

ОРАНТА
АРТЕРІАЛЬНА ОСЦИЛОГРАФІЯ



АРТЕРІАЛЬНА ОСЦИЛОГРАФІЯ: нові можливості вимірювача артеріального тиску з програмним комплексом Оранта-АО

За редакцією:

Д.В. Вакуленко, Л.О. Вакуленко



МІНІСТЕРСТВО ОХОРОНИ ЗДОРОВ'Я УКРАЇНИ

Тернопільський національний медичний університет
імені І. Я. Горбачевського



Артеріальна осцилографія: нові інформаційні можливості вимірювача артеріального тиску з програмним комплексом Оранта-АО

Навчально-методичний посібник

за редакцією
Д.В. Вакуленка, Л.О. Вакуленко



Львів
Видавництво «Магнолія 2006»
2023

УДК 621.317.75+616.1

А 14

*Рекомендовано до видання вченою радою
Тернопільського національного медичного університету
імені І.Я. Горбачевського МОЗ України
(протокол № 6 від 30 травня 2023 р.)*

Рецензенти:

Бабінець Л.С. – д.м.н., проф., завідувач кафедри терапії та сімейної медицини, ТНМУ ім.І. Я Горбачевського;

Лущик У.Б. – д.м.н., академік АТН України; керівник НЦ Істина-Верітас;

Стецюк П.І. – д.ф.-м.н., старший науковий співробітник, завідувач відділу, Інститут кібернетики ім. В.М. Глушкова НАН України.

А 14 Артеріальна осцилографія: нові інформаційні можливості вимірювача артеріального тиску з програмним комплексом Оранта-АО : Навч. –метод. посіб. / за ред. Д.В. Вакуленка, Л.О. Вакуленко. – Львів, Магнолія, 2023. – 508 с. Електронне видання. <https://magnolia.lviv.ua/?p=3108>

У навчально-методичному посібнику представлено в інноваційному форматі новітнє використання вимірювача артеріального тиску шляхом унікального аналізу артеріальної осцилограми (АОГ) за допомогою розробленого авторами Програмного комплексу Оранта-АО. У посібнику описані вперше розроблені авторами (на базі аналізу понад 4000 АОГ) методи, алгоритми, показники норми для морфологічного, часового, спектрального аналізу АОГ та шляхи їх використання для діагностики преморбідних станів, оцінки стану серцево-судинної, автономної нервової систем, рівнів регуляції їх діяльності в нормі, під впливом різноманітних чинників та при різних патологічних станах. Представлено також алгоритми штучного інтелекту для прогнозування ризиків захворювань та значень показників крові і гемодинаміки.

Посібник призначений для викладачів та студентів навчальних дисциплін: основи електрокардіографії, фізіологія та патологічна фізіологія, внутрішня медицина, неврологія, акушерство і гінекологія, сімейна медицина, медична інформатика, кардіореабілітація, функціональна діагностика, фізична терапія, ерготерапія, спортивна медицина. Посібник є навчально-методичним – він дає можливість викладачу та студенту ознайомитись не лише з теоретичними основами, а й з послідовністю етапів розробки та впровадження новітніх методів артеріальної осцилографії, разом з авторами в кожній темі визначати актуальність, мету, матеріал і методи вивчення проблеми, результати дослідження, робити висновки. Згадане дасть можливість викладачу навчити студентів науковому мисленню, вмінню організовувати і проводити наукові дослідження та в майбутньому стати інноватором в науковій та медичній галузях. Посібник стане в нагоді викладачам, студентам, науковцям та лікарям, які працюють за вищезазначеними спеціальностями.

*Відтворення цієї книги чи якоїсь її частини заборонено без письмової згоди авторів.
Будь-які спроби порушення авторських прав переслідуютимуться у судовому порядку.*

ISBN 978-617-574-282-2

© Д.В. Вакуленка, Л.О. Вакуленко, 2023

Зміст

Перелік умовних скорочень	10
Вступ	12
РОЗДІЛ I. Передумови для реєстрації, вивчення та аналізу артеріальних осцилограм (Д.В. Вакуленко, Л.О. Вакуленко).....	18
РОЗДІЛ II. Методи аналізу артеріальних осцилограм (Д.В. Вакуленко, Л.О. Вакуленко).....	30
2.1. Морфологічний аналіз артеріальних осцилограм (Д.В. Вакуленко, Л.О. Вакуленко)	31
2.2. Часовий аналіз артеріальних осцилограм (Д.В. Вакуленко, Л.О. Вакуленко)	61
2.3. Спектральний аналіз артеріальних осцилограм (Д.В. Вакуленко, Л.О. Вакуленко)	68
2.4. Визначення рівня взаємодії регуляторних механізмів та Кореляційний портрет для маркування навантажень та патологічних процесів (Д.В. Вакуленко, Л.О. Вакуленко).....	76
2.5. Опис показників та основних можливостей ПК Оранта-АО (Д.В. Вакуленко, Л.О. Вакуленко)	80
2.6. Показники норми та рівні відхилень від них, розроблені за результатами морфологічного, часового та спектрального аналізу артеріальних осцилограм (Д.В. Вакуленко, Л.О. Вакуленко).....	86
Розділ III. Обґрунтування інформативності методу артеріальної осцилографії та досліджуваних показників, визначених за допомогою ПК Оранта-АО (Д.В. Вакуленко, Л.О. Вакуленко).....	96
3.1. Результати клінічних досліджень, проведених для сертифікації ПК Оранта-АО	96
3.1.1. Порівняльний аналіз показників отриманих з артеріальної осцилограми ВАТ 41-2 та реографічного комплексу РЕОКОМ (Д.В. Вакуленко Л.О. Вакуленко)	97
3.1.2. Порівняльний аналіз показників артеріальних осцилограм з вимірювача АТ ВАТ 41-2, зареєстрованих на компресії, та з вимірювачів Омрон, Др.Фрей і з каналу тиску в манжеті (РЕОКОМ), зареєстрованих на декомпресії	

(Д.В. Вакуленко, Л.О. Вакуленко)	98
3.1.3. Порівняльний аналіз динаміки показників, зареєстрованих на ВАТ 41-2, та показників каналу тиску, зареєстрованих на РЕОКОМ (Д.В. Вакуленко, Л.О. Вакуленко).....	103
3.1.4. Порівняльний аналіз динаміки показників АОГ до та після прийому нітрогліцерину та фізичного навантаження (Д.В. Вакуленко Л.О. Вакуленко)	105
3.1.5. Оцінка показників жорсткості судинної стінки після прийому нітрогліцерину (Д.В. Вакуленко, Л.О. Вакуленко)	109
3.1.6. Застосування регресійних моделей для прогнозування значень показників артеріальних осцилограм (Д.В. Вакуленко, Л.О. Вакуленко)	114
3.1.7. Застосування регресійних моделей артеріальних осцилограм для прогнозування значень показників лабораторних та клінічних досліджень (Д.В. Вакуленко, Л.О. Вакуленко)	121
3.2. Результати досліджень, спрямованих на обґрунтування інформативності артеріальних осцилограм, отриманих з ПК Оранта-АО.....	123
3.2.1. Вивчення та оцінка адаптаційних механізмів до компресії плеча манжетою при вимірюванні артеріального тиску за показниками варіабельності серцевого ритму електрокардіосигналу (Д.В. Вакуленко, Л.О. Вакуленко)	123
3.2.2. Порівняльний аналіз часових та спектральних показників синхронно зареєстрованих артеріальних осцилограм і електрокардіограм та ВСР електрокардіосигналу з літературних джерел (Д.В. Вакуленко, Л.О. Вакуленко)	132
3.2.3. Порівняльний аналіз впливу диференційованого масажу на стан автономної нервової системи хворих на дорсопатію шийного відділу хребта за результатами артеріальної осцилографії, варіабельності серцевого ритму електрокардіосигналу, біохімічних, електроміографічних, реографічних показників (Д.В. Вакуленко, Л.О. Вакуленко).....	137
3.2.4. Порівняльний аналіз динаміки спектральних показників артеріальної осцилограми та електрокардіограми під впливом мультимедійних чинників (Д.В. Вакуленко, Л.О. Вакуленко, О.В. Гевко).....	152

РОЗДІЛ IV. Приклади застосування запропонованих інформаційних технологій оцінки функціонального стану периферійних судин

для вивчення впливу факторів зовнішнього середовища на стан серцево-судинної системи з використанням ПК Оранта-АО.....	154
4.1. Практичне застосування артеріальної осцилографії у фізичній реабілітації.....	156
4.1.1. Фізичний стан школярів за результатами проби Руф'є (<i>Д.В. Вакуленко, Л.О. Вакуленко, О.Р. Барладин, С.З. Храбра, П.М. Петрица</i>)	157
4.1.2. Застосування морфологічного аналізу осцилограми для визначення варіантів функціональних резервів серцево-судинної системи (за результатами проби Руф'є) (<i>Д.В. Вакуленко, Л.О.Вакуленко, О.Р. Барладин, С.З. Храбра</i>).....	161
4.1.3. Механізми адаптації серцево-судинної системи до стандартного фізичного навантаження (проба Руф'є) за показниками морфологічного, часового, спектрального, кореляційного аналізу артеріальних осцилограм (<i>Д.В. Вакуленко, Л.О. Вакуленко, О.Р. Барладин, С.З. Храбра</i>)	167
4.1.4. Застосування морфологічного аналізу артеріальних осцилограм для оцінки динаміки гемодинамічних процесів у пробі Мартіне-Кушелєвського (<i>Д.В. Вакуленко, Л.О. Вакуленко, О.Р. Барладин, С.З. Храбра</i>).....	188
4.1.5. Результати часового та спектрального аналізу артеріальних осцилограм за позитивними, негативними екстремумами та в різні фази компресії плеча під час вимірювання артеріального тиску при проведенні проби Мартіне-Кушелєвського (<i>Д.В. Вакуленко, Л.О. Вакуленко, О.Р. Барладин, С.З. Храбра</i>)	197
4.1.6. Застосування артеріальної осцилографії для оцінки якості Адаптації серцево-судинної системи до зміни положення тіла (активна ортопроба) (<i>Д.В. Вакуленко, Л.О. Вакуленко, О.Р. Барладин, С.З. Храбра</i>)	208
4.2. Застосування артеріальної осцилографії у клінічній практиці	
4.2.1. Порівняльний аналіз реакції периферійних судин лівого та правого плеча на зростаючу компресію під час вимірювання артеріального тиску (<i>Д.В. Вакуленко, Л.О. Вакуленко</i>)	217
4.2.2. Інформативне значення застосування артеріальної осцилографії з використанням ПК Оранта-АО для раннього виявлення, діагностування та прогнозування захворювань серцево-судинної системи (<i>Д.В. Вакуленко, Л.О. Вакуленко</i>)	229

4.2.3. Результати морфологічного, часового та спектрального аналізу артеріальних осцилограм хворих на цукровий діабет (Д.В. Вакуленко, Л.О. Вакуленко)	234
4.2.4. Застосування артеріальної осцилографії для вивчення адаптаційних можливостей організму хворих на COVID-19 (Д.В. Вакуленко, Л.О. Вакуленко, Л.А. Грищук, Л.М. Сас)	240
4.2.5. Ефективність застосування артеріальної осцилографії для оптимізації знеболення під час кесарського розтину в умовах гіперфункції щитоподібної залози породіль (Д.В.Вакуленко, О.М. Якимчук, Л.О. Вакуленко)	257
4.2.6. Застосування артеріальної осцилографії у психофізіології (Д.В. Вакуленко, Л.О. Вакуленко, Л.М. Сас, О.В. Гевко)	265
4.2.7. Застосування артеріальної осцилографії в практиці лікаря сімейної медицини (Д.В. Вакуленко, Л.О. Вакуленко)	274
4.2.8. Аналіз кореляційних зв'язків показників артеріальних осцилограм, зареєстрованих під час вимірювання артеріального тиску у здорових осіб (Д.В. Вакуленко, Л.О. Вакуленко)	280
4.2.9. Порівняльний аналіз кореляційних портретів артеріальних осцилограм здорових та хворих (Д.В. Вакуленко, Л.О. Вакуленко)	283
4.2.10. Аналіз корелят, зареєстрованих при аналізі осцилограм, отриманих під час вимірювання артеріального тиску у хворих, що перенесли гостре порушення мозкового кровообігу (Д.В. Вакуленко, Л.О. Вакуленко).....	290
4.2.11. Застосування кореляційних портретів у диференційній діагностиці захворювань серцево-судинної, легеневої та нервової систем (Д.В. Вакуленко, Л.О. Вакуленко)	294
4.3. Застосування артеріальної осцилографії у спорті.....	301
4.3.1. Порівняльний аналіз впливу перебування у лазні на осіб Різних вікових груп за результатами артеріальної осцилографії (Д.В. Вакуленко, Л.О. Вакуленко).....	302
4.3.2. Оцінка механізму адаптації серцево-судинної системи до фізичного навантаження у процесі тренувань і змагань за показниками артеріальної осцилографії (Д.В. Вакуленко, Л.О. Вакуленко, В.В. Грушко, В. М. Новаківський)	314
4.4. Застосування артеріальної осцилографії для вивчення впливу реабілітаційних заходів на стан організму обстежених	329
4.4.1. Використання артеріальної осцилографії для оцінки	

ефективності застосування масажу при лікуванні посттравматичних стресових розладів в учасників бойових дій (<i>Д.В. Вакуленко, Л.О. Вакуленко, О.Д. Веремчук</i>)	329
4.4.2. Вплив практики Чжун Юань цигун на адаптаційні механізми серцево-судинної систем та психоемоційних стан обстежених (<i>Д.В. Вакуленко, Л.О. Вакуленко</i>).....	335
4.4.3. Вивчення взаємозв'язку мультимедійної симуляції образів стихій зі станом меридіанів та якістю адаптації судин при компресії плеча манжетною під час вимірювання артеріального тиску (<i>Д.В. Вакуленко, О.В. Гевко, Л.О. Вакуленко</i>)	343
4.4.4. Перспектива створення системи віртуальної реальності зі зворотним зв'язком для корекції психологічного стану пацієнта (<i>Д.В. Вакуленко, Л.О. Вакуленко, О.В. Гевко</i>).....	359
РОЗДІЛ V. Застосування машинного навчання для підвищення інформативності артеріальної осцилографії в ПК Оранта-АО.....	367
5.1. Застосування орієнтованих ациклічних графів у диференціальній діагностиці легеневих захворювань на основі аналізу артеріальних осцилограм (<i>В.П. Марценюк, Д.В. Вакуленко, Л.А. Грищук, Л.О. Вакуленко, Н.О. Кравець, Н.Я. Климук</i>)	367
5.2. Використання технології data mining з метою диференціальної діагностики захворювань серцево-судинної, ендокринної та легеневої систем на підставі даних артеріальної осцилографії (<i>Д.В. Вакуленко, В.П. Марценюк, Л.О. Вакуленко</i>).....	384
5.3. Техніка аналізу показників артеріальної осцилограми для диференціації стану футболістів (за методом Д. Вакуленка, Л. Вакуленко) (<i>В.П. Марценюк, Д.В. Вакуленко, Л.О. Вакуленко, Н.О. Кравець, А.В. Семенець, Н.Я. Климук</i>)	402
РОЗДІЛ VI. Нові інформаційні можливості вимірювача артеріального тиску при використанні ПК Оранта-АО в медичній практиці	418
6.1. Нове застосування тонометра на основі методів артеріальної осцилографії з програмним середовищем Оранта-АО (<i>Д.В. Вакуленко, Л.О. Вакуленко, Г.О. Заспа, С.А. Лупенко, П.І. Стецюк, В.О. Стовба</i>).....	418
6.2. Застосування телеметричного комплексу Оранта-АО при вимірюванні артеріального тиску в процесі підготовки студентів-реабілітологів для дистанційного вивчення адаптаційних можливостей серцево-судинної системи (<i>Д.В. Вакуленко, Л.О. Вакуленко</i>)	441

6.3. Особливості розробки та застосування ПК Оранта-АО для телеметричного моніторингу та корекції психологічного стану (Д.В. Вакуленко, Л.О. Вакуленко, О.В. Гевко)	449
6.4. Вказівки для користувача Програмним комплексом Оранта-АО (Д.В. Вакуленко, Л.О. Вакуленко)	458
Список літератури	471
Додатки	493
Післямова	507

Перелік умовних скорочень

АМо – амплітуда моди

АНС – автономна нервова система

АОГ – артеріальна осцилограма

АТ – артеріальний тиск

АТд – діастолічний артеріальний тиск

АТс – систолічний артеріальний тиск

ВПр – вегетативний показник ритму

ВР (ВАР) – варіаційний розмах

ВСР – варіабельність серцевого ритму

ДШВХ – дорсопатія шийного відділу хребта

ІВР – індекс автономної рівноваги

ІВСудЧГ – індекс вегетативного судинного чинника гемодинаміки.

ІВСЧГ – індекс вегетативного серцевого чинника гемодинаміки.

ІК – вегетативний індекс Кердо

ІН – індекс напруження регуляторних систем

ІФСП – інтегрований функціональний судинний потенціал

ІХС – ішемічна хвороба серця

ІЩСудЧГ – індекс централізації серцевого чинника

ІЩСЧГ – індекс централізації серцевого чинника гемодинаміки

НГ – нітрогліцерин

ПАРС.АОГ – показник активності регуляторних систем артеріальної осцилограми

ПК Оранта-АО – Програмний комплекс Оранта-АО

ПСл АНС – парасимпатична ланка автономної нервової системи

РВГ – реовазограма

Сл АНС – симпатична ланка автономної нервової системи

СР – серцевий ритм

ССС – серцево-судинна система

ФРМ – фізична та реабілітаційна медицина

ЧСС – частота серцевих скорочень

НФ – потужність спектру за швидким перетворенням Фур'є з частотою 0,15-0,40 Гц у високочастотному діапазоні (дихальні хвилі)

НVR-індекс – триангулярний індекс

LF – потужність спектру за швидким перетворенням Фур'є з частотою 0,04-0,15 Гц у низькочастотному діапазоні (повільні хвилі 1-го порядку)

Мо – мода

NN50 – кількість послідовних інтервалів (окремо максимумів та мінімумів), різниця між якими перевищує 50 мс

Power_osc_stddev – середнє квадратичне відхилення амплітуд осциляцій

RMSSD – квадратний корінь середніх квадратів різниці між суміжними екстремумами

RR-neg (pos)-std – середнє квадратичне відхилення інтервалів осциляцій за позитивними (чи негативними) екстремумами

RR-neg (pos)-mean – середнє арифметичне значення відхилення інтервалів осциляцій за позитивними (чи негативними) екстремумами

SDNN – стандартне відхилення всіх інтервалів (між максимумами осциляцій)

SDSD – стандартне відхилення різниць між сусідніми нормальними екстремумами

S-Hil-Delta (Тета та ін.) – потужність миттєвої частоти (за перетворенням Гільберта-Хуанга) відповідного інтервалу спектру

S-Hil-faza – потужність миттєвої фази (за перетворенням Гільберта-Хуанга)

Total – загальна потужність спектру (за швидким перетворенням Фур'є) у діапазоні частот від 0 до 100 Гц

Total-04 (TP) – загальна потужність спектру (за швидким перетворенням Фур'є) у діапазонах частот $\leq 0,4$ Гц

ULF – потужність спектру (за швидким перетворенням Фур'є) з частотою менше 0,003 Гц в ультраповільному діапазоні

VLF – потужність спектру (за швидким перетворенням Фур'є) в діапазоні частот 0,003–0,04 Гц у наднизькочастотному діапазоні (повільні хвилі 2-го порядку)

ВСТУП

Організаційні перетворення в сфері охорони здоров'я потребують переосмислення багатьох постулатів, активізації резервів і, головне, – залучення найсучасніших технологій. Інформатизація та комп'ютеризація медицини передбачає корінні зміни технології роботи лікаря з пацієнтом, алгоритмів, методик збирання та обробки інформації і прийняття управлінських рішень [83]. Освіта має йти в авангарді використання сучасних інновацій в підготовці студентів для створення підґрунтя їх подальшого розвитку.

Сучасні інформаційні технології широко втілюються у практику охорони здоров'я, що сприяє ранньому виявленню захворювань, вчасній профілактиці та ефективному лікуванню. Це стосується найбільш поширених захворювань людства, так званих неінфекційних патологій – захворювання серцево-судинної, легеневої системи, цукровий діабет, онкологічні та інші захворювання. Частка цих патологій складає близько 68% всіх смертей у світі [54]. Тому сьогодні особливо важливо впроваджувати сучасні технології для раннього виявлення донозологічних і преморбідних станів та оцінки резервних можливостей організму, які допоможуть лікарю більш ефективно спланувати профілактичний, діагностичний та терапевтичний процес.

На розширення та удосконалення застосування «медичних технологій» насамперед очікують найбільш поширені захворювання людства – захворювання серцево-судинної системи. Згідно з даними Всесвітньої організації охорони здоров'я та Міністерства охорони здоров'я України, нині хвороби системи кровообігу посідають перше місце у світі за поширеністю, зумовлюють понад половину всіх випадків смерті, спричиняють третину випадків інвалідності, переважно за рахунок некомпенсованих судинних станів – інфарктів та інсультів. Серцево-судинна патологія реєструється у 3/4 населення України, а в 62,5% випадків є причиною смерті, що вище, ніж у розвинених країнах [220].

Час висуває вимогу створення єдиного технологічного комплексу для цілісної прижиттєвої динамічної діагностики ССС пацієнта одномоментно на різних регіональних і системному рівнях із виведенням аналітично оброблених результатів дослідження для клінічної інтерпретації та оцінювання лікарем перебігу перебудови ССС в нормі й при різних патологічних станах, в процесі лікування. Найменше досліджень у цьому ранзі присвячені вивченню стану судинної системи – «периферійного серця». Застосування методів математичного аналізу електрокардіосигналів та інших методів для аналізу осцилограм, зареєстрованих електронним тонометром під час вимірювання артеріального тиску, дає можливість поглибити рівень досліджень стану периферійних судин.

Підвищений артеріальний тиск – основний фактор ризику розвитку серцево-судинних катастроф. Хворих на артеріальну гіпертензію в Україні зареєстровано понад 5 млн осіб, що складає близько 10% населення України [220]. Артеріальна гіпертензія – мовчазний і таємничий убивця. Мовчазний – оскільки він часто ніяк себе не виявляє. Таємничий – тому, що дотепер остаточно так і не з'ясовані причини її виникнення. Але як би ми не називали цю недугу, «убивця» щорічно забирає життя близько 60 мільйонів людей в усьому світі [224] і має тенденцію до зростання.

Особливе занепокоєння в системі охорони здоров'я в Україні викликає значне «помолодшання» вказаної патології. За 5 років (2017-2022) частота захворювань серцево-судинної системи у підлітків зросла на 27,9%, це навіть більше, ніж у дорослих (16,9%) [178]. Аналіз «рівня соматичного здоров'я» підлітків, які визнані лікарями «здоровими», проведений в Інституті гігієни і медичної екології АМН України, показав, що «безпечний рівень здоров'я» був визначений лише у кожного третього з них [172]. Обстеження, проведені з участю автора роботи, засвідчили, що із 110 школярів 5-11 класів сільської місцевості низький та задовільний рівень функціонального резерву серця (за результатами проби Руф'є) визначено у 72% учнів, віднесених лікарями до основної медичної групи. Відповідно до додатку № 1 «Інструкції про розподіл учнів на групи для занять на уроках фізичної культури», усі ці учні мали бути віднесені до спеціальної медичної групи. Летальні випадки на уроках фізичної культури у школярів, яким педіатр призначив основну медичну групу, і навіть у висококваліфікованих спортсменів, які регулярно проходять поглиблене медичне обстеження, не тільки в Україні, а і у світі свідчить про негаразди у системі діагностики захворювань.

Таким чином, «помолодшання» судинних катастроф, що призводять до глибокої інвалідності, свідчить про те, що актуальним завданням сьогодення залишається пошук сучасних інформаційних технологій для раннього виявлення донозологічних і преморбідних станів та резервних можливостей організму. Вони допоможуть лікарю більш ефективно спланувати профілактичний, діагностичний та терапевтичний процес [168, 195, 207].

Сьогодні суспільство не має ефективних технологій виявлення судинної патології. Серед наявних методів діагностики захворювань домінують статичні дослідження у локальних сегментах. Не існує алгоритмів доклінічної діагностики судинних негараздів, ефективних технологій профілактичного огляду ССС [224].

Процедура вимірювання тиску широко увійшла в повсякденне життя медичних фахівців, фітнес-галузі, спорт пересічних користувачів. Саме ця

процедура дає можливість визначити рівень артеріального тиску та частоти серцевих скорочень для раннього виявлення і контролю артеріальної гіпертензії. Електронні вимірювачі артеріального тиску прийшли на зміну манометричним або ртутним вимірювачами тиску. За прогнозами, обсяг світового ринку електронних вимірювачів тиску з 2020 по 2025 роки подвоїться і досягне 1440,3 млн доларів у 2025 році [47]. Склалася традиція піддавати аналізу зареєстровані артеріальні пульсації унаслідок перетискання манжетою плеча (кінцівки) тільки для визначення артеріального тиску та частоти серцевих скорочень. Хоча в інших дотичних галузях, як-от реографія, електрокардіографія, енцефалографія, спірографія тощо, сформовано великий досвід аналізу біосигналів із значним спектром методів. До прикладу, в електрокардіографії на основі аналізу інтервалограм значного поширення в світі здобула варіабельність серцевого ритму. Аналіз ВСП свідчить про діяльність серця, рівні регуляції діяльності ССС, стан автономної та центральної нервової систем, їх адаптаційну здатність. Аналіз реографічної кривої дає можливість діагностувати стан кровотоку та судин.

Відомо, що основну роль у організації та проведенні всіх видів профілактики відіграє лікар загальної практики (сімейної медицини). Тому важливо чітко визначити перелік його компетенцій щодо профілактики, скринінгу, завчасної діагностики, диспансерного спостереження, лікування та реабілітації хворих із захворюваннями серцево-судинної системи. Лікарі сьогодні не мають єдиного комплексного підходу до судинної системи, оскільки доконечне й негайно потрібні фундаментальні дослідження ССС та її моделювання при патологічних перебудовах [220, 224]. Так, у стандартах медичної допомоги МОЗ України [172] щодо обстеження пацієнта із синдромом вегето-судинної дистонії навіть не передбачено жодного методу обстеження судин.

Накопичений за останні роки досвід інструментальної діагностики розладів у ССС шляхом УЗДГ, УЗ-сканування й цифрової оптичної капіляроскопії, МРТ в ангіорежимі, математичного аналізу ритму серцевої діяльності та ефективні клінічні результати комплексного лікування серцево-судинних захворювань у пацієнтів різного віку поступово підводять до думки про потребу комплексного підходу до діагностики та корекції змін у ССС [220].

Будь-яка медична техніка потребує чіткої методології отримання інформації про пацієнта, початкової обробки цієї інформації та забезпечення лікаря аналітичними підходами до розуміння глибини процесів для клінічного аналізу ситуації. Тобто сьогодні медична техніка має надавати фахівцеві достовірну інформацію разом із певними діагностичними алгоритмами для аналізування конкретного випадку [224]. Цим вимогам відповідає холтерівське (амбулаторне,

добове) моніторування електрокардіограми (ХМ ЕКГ), яке дає можливість протягом тривалого часу реєструвати ЕКГ в умовах повсякденної активності пацієнта з подальшим аналізом отриманих даних. Проте при цьому не оцінюється стан і роль периферійних судин як однієї з основних складових «периферійного серця» (за М.В. Яновським) – активного гемодинамічного фактора, який допомагає серцю в його пропульсивній роботі [211].

Динамічне дослідження ССС має вийти на принципово новий рівень. Це доконечна потреба сьогодення у боротьбі з «пошестю» серцево-судинних захворювань [215].

Вимірювання артеріального тиску є обов'язковою процедурою в діяльності лікаря на всіх етапах медичної допомоги. В класифікаторі медичних інтервенцій НК 026:2019 серед інших пропонується «Вимірювання показників систолічного артеріального тиску з обох сторін та оцінка форм хвилі у артеріях верхніх кінцівок» за допомогою: доплера, плетизмографії (11611-00). Крім цього, значні навантаження (на межі функціональних можливостей організму) осіб, що займаються спортом, боронять наші рубежі на передовій та підприємствах Оборонпрому, при проведенні різних видів обстежень, в процесі реабілітації, тренувань та змагань вимагає удосконалення методів ранньої діагностики станів, зумовлених неадекватним навантаженням, та обліку ефективності реабілітаційних заходів у профілактиці їх виникнення.

Враховуючи актуальність висвітленої проблеми, колектив авторів посібника поставив перед собою мету поглибити інформативність процедури вимірювання артеріального тиску шляхом аналізу артеріальних пульсацій, зареєстрованих під час вимірювання артеріального тиску за допомогою електронного вимірювача. Осциляторні сигнали, що при цьому реєструються, повністю відображають закономірність процесів, що протікають при формуванні осцилограм артеріальних судин під впливом зростаючого тиску в манжеті, зберігають неспотвореними амплітудно-часові співвідношення [235, 236].

Для розробки та верифікації методу артеріальної осцилографії проведено численні дослідження. Зареєстровано і піддано аналізу більше 4000 осцилограм понад 2000 осіб різного віку та стану здоров'я (із захворюваннями на різних стадіях та різними клінічними проявами): чоловічої та жіночої статі віком 18-87 років, без скарг на стан здоров'я та з різними патологічними проявами (14 нозологій): ІХС (483 особи), артеріальна гіпертензія (160), психоневрологічні захворювання (294), хворі з діагностованим туберкульозом (204), КОВІД-19 (74 особи, 287 вимірювань) та інші. Кожен з обстежених узяв участь у двох-трьох і більше експериментах. АОГ реєстрували під час вимірювання АТ у стані спокою

(положення лежачи та сидячи, на правій і лівій руці) та при впливі різних чинників. Серед них: фізичні (проба Руф'є, Мартіне-Кушелєвського, спортивні тренування та змагання, процедура ЛФК, оздоровча система Чжун Юань цигун, Рейкі), термічні (лазня суха та парна, «моржування»), аудіовізуальні (у найрізноманітніших поєднаннях), механічні (сегментарно-рефлекторний масаж за допомогою пристрою фірми «Нуга Бест»), проба з нітрогліцерином та інші чинники. За їх результатами сформовані діагностичні алгоритми для аналізу осцилограм, запропоновано показники норми.

Додатково весною 2020 року проведено комплексне клінічне дослідження, під час якого обстежено 172 особи: 112 без скарг на стан здоров'я, 60 із захворюваннями ССС (віком 18–65 років). У кожного пацієнта вивчено загальний, біохімічний аналіз крові, коагулограму, ІФА G, M (КОВІД-19), ендотелін. Реєстрували спірограму, ЕКГ (12 відведень), реограму (8-канальним комплексом РЕОКОМ) в таких відведеннях: центральна гемодинаміка (за Кубічком), на обох передпліччях, на плечі, з каналу тиску в манжеті і каналу ЕКГ. Проводили також пробу з 5-хвилинним перетисканням плеча манжетою (для оцінки стану ендотелію). Визначали жорсткість судин (апарат ВАТ 41-2). Проводили пробу Мартіне-Кушелєвського та пробу з нітрогліцерином. Їх результати порівняли та адаптували до оцінки стану судин за артеріальною осцилографією. На даний час дослідження та їх аналіз продовжуються. Підтверджуються результати попередніх досліджень. Так, із 88 обстежених без скарг на стан здоров'я за результатами проби Мартіне-Кушелєвського у 70% з них реєструвались перехідні типи реакції, що є ознакою преморбідних станів, які потребують подальшого поглибленого обстеження.

Авторами методики розроблено алгоритми аналізу АОГ, комплексні показники, алгоритми штучного інтелекту, які реалізовано в Програмному комплексі Оранта-АО. В 2022 році отримано сертифікат відповідності ПК Оранта-АО вимогам технічного регламенту щодо медичних виробів. Оцінка проведена ТОВ «УКРМЕДСЕРТ»: №002/MD-21.10.22/01 від 19.01.2022 р. Результати досліджень опубліковано у фахових виданнях України та зарубіжних періодичних виданнях, у тому числі – індексовані у базі Scopus, а також оприлюднені на всеукраїнських та міжнародних наукових конференціях.

Обстеження здорових та осіб з відхиленнями у стані здоров'я, вивчення та аналіз 4000 артеріальних осцилографій дали можливість розробити критерії, методи та алгоритми аналізу АОГ, визначити комплексні показники, показники норми та ступінь їх відхилення від норми. Результати висвітлюють участь серцевого та судинного чинників гемодинаміки, автономної нервової системи та рівні регуляції їх діяльності при компресії плеча у стані спокою та під впливом

різних чинників. Для забезпечення доступності і зручності застосування методів артеріальної осцилографії та аналізу її результатів авторами розроблено ПК Оранта-АО (вебсередовище, мобільний додаток, хмарне розрахункове ядро).

В кінцевому результаті, застосування артеріальної осцилографії дало можливість узагальнити інформацію щодо вивчення стану серцево-судинної системи; обґрунтувати методи та критерії морфологічного, часового, спектрального, кластерного аналізу артеріальних осцилограм, зареєстрованих в процесі вимірювання артеріального тиску електронним тонометром; окрім цього, порівняти отримані дані з аналогічними показниками математичного аналізу варіабельності серцевого ритму синхронно зареєстрованого електрокардіосигналу та лабораторними дослідженнями; застосувати отримані дані для вивчення динаміки та оцінки адаптаційних можливостей серцево-судинної системи. Алгоритми штучного інтелекту, методи машинного навчання, що входять до складу експертної системи, забезпечують додатковою інформацією фахівців для прийняття рішень. Отримані результати дають можливість використовувати їх для прогнозування різних патологічних, психічних та функціональних станів.

Результати досліджень, які представлені в навчально-методичному посібнику, висвітлені в методичних рекомендаціях, наукових статтях, отримано п'ять патентів на корисну модель, подано три інформаційних повідомлення до переліку науково-технічної продукції. У посібнику знайшли своє відображення результати багаторічних досліджень, започаткованих у докторській дисертації Д.В. Вакулєнка [180].

Навчально-методичний посібник призначений для поглиблення знань здобувачів вищої освіти щодо інформаційних можливостей процедури вимірювання артеріального тиску та зареєстрованих при цьому артеріальних осцилограм. Студенти мають можливість ознайомитись з методами морфологічного, часового, спектрального аналізу артеріальних осцилограм; використанням їх для оцінки рівня адаптаційних можливостей організму, ранньої діагностики преморбідних станів та захворювань серцево-судинної системи; своєчасного лікування, подальшого прогнозування захворювань; моніторингу ефективності застосування реабілітаційних засобів; контролю адекватності дозування навантаження в процесі занять фізично культурою та спортом.

Навчально-методичний посібник призначений для використання в навчальних дисциплінах: основи електрокардіографії, фізіологія та патологічна фізіологія, внутрішня медицина, неврологія, акушерство і гінекологія, сімейна медицина, медична інформатика, кардіореабілітація, фізична реабілітація та спортивна медицина. Стане в нагоді і лікарям, які працюють за вищезазначеними спеціальностями.

РОЗДІЛ І

ПЕРЕДУМОВИ ДЛЯ РЕЄСТРАЦІЇ, ВИВЧЕННЯ ТА АНАЛІЗУ АРТЕРІАЛЬНИХ ОСЦИЛОГРАМ

Д.В. Вакуленко, Л.О. Вакуленко

Система кровообігу – індикатор адаптаційних можливостей організму [164]. Резервні «потужності» системи кровообігу створюють запас міцності на випадок неадекватних впливів на організм. В регуляції діяльності серцево-судинної системи беруть участь 4 рівні: автономний (синусовий вузол), довгастий мозок, гіпоталамо-гіпофізарна система і центральна нервова система, які послідовно мобілізуються у міру зростання необхідності в додаткових функціональних резервах [170]. При цьому важливе значення має не лише своєчасна мобілізація резервів, а й відповідна стимуляція процесів відновлення і захисту [164]. При вивченні питання про функціональні резерви системи кровообігу необхідно комплексно розглядати як міокардіально-гемодинамічний, так і вегетативний гомеостаз [170]. Вегетативна нервова система відіграє провідну роль в регуляції діяльності серця і судин. Окрім хроно- та інотропного впливу (ритм серця та сила його скорочень) на міокард, симпатичні і парасимпатичні нервові волокна забезпечують **регуляцію судинного тону**су. Пружні властивості стінки судин забезпечуються волокнами трьох типів: еластичними, колагеновими, гладком'язевими [157]. Тонічне напруження судинної стінки і ступінь її пасивного розтягнення зумовлені нервово-рефлекторним впливом [25]. Чутливі рецепторні сенсори – баро- і хеморецептори контролюють різні параметри кровообігу в різних точках судинного русла і у самому серці, постійно інформують центральну нервову систему про їх стан [205].

Сучасний етап розвитку медицини, завдяки втіленню інформаційних технологій, характеризується появою нових експериментальних і клінічних фактів, які відображають чисельні особливості системної геодинаміки. Серед них – роботи, присвячені периферійному кровообігу, які складають важливий розділ кардіологічної науки і практики та ілюструють значимість системи гемоциркуляції як цілісного функціонуючого елемента [47].

Периферійний фактор кровообігу ретельно вивчав М.В. Яновський. Він сформулював гіпотезу про існування «периферійного серця» – ритмічної зміни артеріального тону су перистальтичної природи, який поширюється на периферію і допомагає серцю в його пропульсивній роботі [212]. На сучасному етапі гіпотеза має своє експериментальне і клінічне підтвердження. «Периферійне серце» – активний гемодинамічний фактор, який сприяє периферійній гемоциркуляції. Найбільш значну позицію серед елементів периферійного кровообігу посідає

артеріальне русло, якому належать не лише активні механічні, а й електричні властивості [168]. За відсутності еластико-тонічних характеристик реагування артеріальної стінки, серце як насос мало б за об'ємом бути у 80 разів більшим. Через те збереження еластичності артеріальної стінки є важливим складником гармонійного функціонування серця й судин [212].

Периферійний кровотік має високу міжіндивідуальну гетерогенність і залежить від численних факторів: фізичної активності, артеріального тиску, температури та ін. Він може бути різним у однієї і тієї ж особи в одній і тій же судині при різних станах організму [205].

Дослідження артеріального пульсу з діагностичною метою почали практикувати в Олександрії в III столітті до н.е. Першим лікарем, який зрозумів, що властивості артеріального пульсу мають діагностичне значення, був онук Аристотеля й учень відомого лікаря Праксагора Герофіл Халкедонський, який народився в 300 р. до н.е. З давніх-давен у східній медицині широко використовується пульсодіагностика. За цей час методи і технології значно вдосконалились, що надає можливість досліджувати набагато більше вимірюваних параметрів [175, 207, 221]. Бороноев В.В. [175] розробив методіку автоматизації аналізу складових пульсових хвиль за методами тибетської медицини З цією метою використовують реографічний (імпедансометричний), фотоплетизмографічний, сфїгмографічний, осцилометричний та інші методи [83, 172].

Стан периферійних судин вивчає: сфїгмографія, тахоосцилографія, плетизмографія, реографія, (імпедансометрія), осцилографія та інші методи.

Сфїгмографія – метод графічної реєстрації руху артеріальної стінки, що виникає під час викиду ударного об'єму крові в кров'яне русло [235]. Основним енергетичним джерелом руху крові є перепад тиску між початковим і кінцевим відрізками судинного русла [197]. Сфїгмограма була вперше зареєстрована у 1885 році К. Вієрордтом, а більш точні записи проведені у 1905 році О. Франком. Метод заснований на тому, що з кожним скороченням серця збільшується тиск в артеріях і відбувається приріст поперечного перетину, потім відновлюється початковий стан. Ступінь деформації артеріальної стінки при поширенні пульсової хвилі залежить від еластичності судин і рівня тиску крові.

Весь цей цикл перетворень отримав назву артеріального пульсу, а запис його в динаміці – сфїгмографія [236]. Методи, засновані на принципі врівноваження тиску всередині судини відомим зовнішнім тиском, називають компресійними. Компресія може створюватися рідиною, повітрям або твердим тілом [235]. Запис пульсових коливань сегменту кінцівки за допомогою накладеної по її периметру пневматичної манжети чи тензометричного датчика називають об'ємною

сфігмографією. Крива, що реєструє сумарні об'ємні зміни пульсуючих артерій за допомогою манжетки, розміщеної навколо досліджуваної ділянки кінцівки, носить назву об'ємної сфігмограми. Пульсова крива складається з висхідної частини (анакроти), низхідної (катакроти) та розміщеної на ній дикротичної хвилі. Стискання артерії під час діастолічної фази, напевно, супроводжується сплеском автоколивань, якщо тільки артеріальний тиск не падає занадто швидко. Від осцилюючої судини вгору і вниз по потоку поширюються хвилі, передбачається, що це хвилі тиску [235].

Плетизмографія – метод реєстрації зміни обсягу органу або частин тіла, пов'язаних зі зміною кровонаповнення. Він застосовується для оцінки судинного тону. Для отримання плетизмограми використовують різного типу плетизмографи – водяний, електроплетизмограф, фотоплетизмограф. В даний час найбільш поширеним є спосіб, заснований на зміні опору електричному струму, що виникає при наповненні тканин кров'ю. Цей метод отримав назву реографія, або реоплетизмографія [197, 266].

Реовазографія отримала найбільше поширення як метод оцінки стану периферійного кровообігу. Метод заснований на пропусканні струму (10 мА) високої частоти (20 – 40 кГц) через досліджувану ділянку і графічній реєстрації комплексного електричного опору, яке змінюється залежно від кровонаповнення тканин. Збільшення кровонаповнення призводить до зниження опору електричному струму, а зменшення кровонаповнення – до збільшення опору [246].

Варто зважити на те, що повний електричний опір тканин (імпеданс), який вивчається при реографії, включає активну (омічну) і реактивну (ємнісну) компоненти. Змінна складова імпедансу (реограма) відображає зміни електропровідності, зумовлені пульсовими коливаннями об'єму досліджуваної ділянки, що залежить від об'єму притікаючої до неї крові і, відповідно, відображається на амплітуді реографічної кривої. Під час систоли виникає не тільки збільшення об'єму судин через збільшення маси крові, а й підвищення швидкості її переміщення: чим більша швидкість кровотоку, тим більше об'ємне кровонаповнення тканин і, відповідно, менший імпеданс. Різна швидкість кровотоку, швидко змінюваний об'єм після кожної систоли впливає на імпеданс шляхом зміни пульсового об'єму крові в тканинах, і реограма відображає зміни їх кровонаповнення в часі [270].

Важливе місце в аналізі реограм посідає візуальна оцінка її форми. Реограма за формою нагадує звичайну криву пульсового тиску і складається з тих же елементів, що і сфігмограма. Форма реохвилі визначається крутизною нахилу анакроти, конфігурацією анакротичної і катакротичної фаз і характером вершини.

На реограмі можуть зустрічатись додаткові зубці або бути відсутні основні. На реограмі виділяють також екстремуми: умовні максимуми і мінімуми [270].

Загалом, зменшення амплітуди реограми свідчить про зменшення об'ємного кровотоку або кровонаповнення досліджуваної ділянки. Підвищення тону судин супроводжується зменшенням крутизни нахилу анакрати і збільшенням її тривалості, зниженням амплітуди і зміщенням дикротичного зубця до вершини, яка набуває форму «плато». При вазодилатації, навпаки, вершина реохвилі загострюється, збільшується крутизна піднімання анакратичної фази, зменшується її тривалість. Дикротичний зубець зміщується до основи кривої. Поява на кривій декількох дикротичних зубців свідчить про нестійкість судинного тону. Але цей етап аналізу суб'єктивний, тому важливе місце посідає аналіз числових показників реограми [270].

Реографія використовується як для периферійної (реовазографія), церебральної (реоенцефалографія), так і загальної геодинаміки. Реовазографія дає інформацію, яка діагностично значно більш цінна, ніж осцилографія, капіляроскопія, термометрія, і в цьому наближається до об'ємної сфігмографії. Сучасні ультразвукові методи дослідження переважають за своєю точністю найбільш досліджені – реографічні, але не конкурують, а взаємно доповнюють один одного. Численні дослідження підтвердили повну ідентичність форм механічних і імпедансних плетизмограм, записаних з одних і тих же ділянок [180, 267].

Двадцяте століття характеризувалося досить потужним розвитком медичної діагностичної техніки для дослідження судинної системи завдяки використанню тих чи інших біологічних ефектів, прикладного застосування оптики, ультразвуку, електричного й електромагнітного випромінювання та ін. В дослідженні ССС почали застосовувати ультразвукову діагностику (УЗД) – УЗ-сканування структур серця – ехокардіографію, ультразвукову доплерографію (УЗДГ) магістральних артерій, кольорове УЗ-сканування магістральних і периферичних судин тощо. У кожного з них є свої переваги і недоліки. Вони не конкурують, а доповнюють один одного [214].

Інтегральний показник гемодинамічних процесів і стану серцево-судинної системи – артеріальний тиск. Для його визначення використовують інвазивний (прямий) та неінвазивний (непрямий) методи. Останній набув більшого поширення в клінічній практиці. Вперше вимірювання артеріального тиску здійснив Пуазейл (1856) прямим методом. У 1876 році Марей (Marey) запропонував непрямий метод. Залежно від принципу, покладеного в основу визначення артеріального тиску, розрізняють пальпаторний, аускультативний, осцилометричний методи.

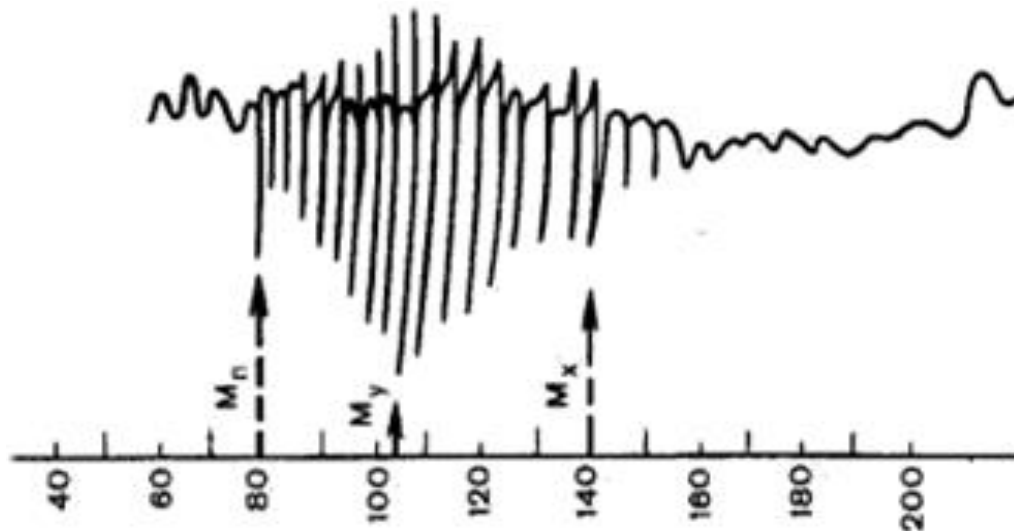
Пальпаторний метод був запропонований Ріва-Роччі (Riva-Rocci, 1896). У 1905 році Н.С. Коротков зробив повідомлення про звуковий феномен, який виникає при стисканні манжетою плечової артерії, що дає можливість аускультативним методом визначати не лише максимальний (систоличний), а й мінімальний (діастолічний) тиск. Дослідженнями М.В. Яновського обґрунтовано 5 фаз звукового феномену Короткова: поява тонів, шуми, голосні тони, зменшення інтенсивності тонів, зникнення тонів [50]. Він пов'язав причину виникнення звуків Короткова зі здатністю артерії стискатися при прикладенні ззовні стискаючих зусиль. Появу першої фази – тонів, а не шумів (коли тиск наближається до систолічного) автор пов'язує з недостатністю часу для розвитку турбулентності в струмені [214].

Процес вимірювання тиску можна розглядати, як навантаження на організм людини. При цьому відбувається перерозподіл кровотоку в організмі, виникає больовий стрес, з перетисненою манжетою та з дистальніше розміщених від місця стискання ділянок кінцівки поступають сигнали від різноманітних рецепторів про відсутність кровотоку, обміну киснем, поживними речовинами тощо [214].

Аналіз процесів, що відбуваються, розширює інформаційні можливості результатів вимірювання артеріального тиску і поглиблює дослідження стану серцево-судинної системи [240, 253].

Артеріальна осцилографія – один з поширених та доступних методів дослідження периферійної артеріальної системи. Якщо осцилограма відображає зміни об'єму ділянки тканин під компресійною манжетою, це буде об'ємна осцилометрія [214]. Вперше осцилограф був сконструйований Л.І. Усковим (1934). Суть методу зводиться до реєстрації за допомогою осцилографа величини пульсових коливань артеріальної стінки при різному тиску в манжеті, а отримана крива відображає амплітуду розтягнення стінки артерії. Основою згаданого та подальших апаратів був датчик, який забезпечував пропорційність вихідної величини тиску по обидві сторони реєструючої мембрани. Запис осцилограми проводився низхідним методом і здійснювався самописцем на градуйованому (в мм рт. ст.) папері [261].

Дослідження стрімко розвивались в 60-90 роках минулого сторіччя. З цією метою найчастіше використовувався осцилограф «Красногвардеец». Запис осцилограми проводився низхідним методом, в період декомпресії, (зниження) тиску в манжеті. Зареєстрована осцилограма мала вигляд трикутника, що складається з групи зубців, які зростають, а потім спадають (мал. 1.1).



Мал. 1.1. Артеріальна осцилограма:

M_n – мінімальний тиск, M_y – середній, M_x – максимальний тиск

Як правило, їх аналіз спрямований на визначення стрімкого підвищення і зниження осциляцій (перший – показник систолічного, другий – діастолічного тиску) та осцилометричного індексу (ОІ) – висоти максимального зубця осцилограми в міліметрах, що є її основним показником [198]. На величину осциляторного індексу впливає калібр судин, величина систолічного об’єму крові, тонус артерій, пружність тканин, які прилягають до манжети. Коли судинний тонус знижується, то величина ОІ зростає. В нормі величина осциляцій плечової артерії сягає 8-12 мм. На правій і лівій руці величина осциляцій повинна бути однаковою або майже однаковою (різниця в 1 мм) [236].

Обладнання, яке використовувалось для отримання осцилограм, мало велику інертність та низьку чутливість. Широкому втіленню осциляторних методів в клінічній практиці заважала складність традиційного опрацювання осциляторних сигналів і недостатнє розроблення питань щодо точності і надійності вимірювання АТ, апаратного і метрологічного забезпечення. Застосування електронних вимірювачів артеріального тиску дало можливість усунути ці недоліки, і багато авторів розширили інформативність процесу вимірювання артеріального тиску [180]. Актуальність роботи пов’язана з необхідністю втілення в широку практику осциляторного методу для ранньої діагностики та контролю ефективності лікування захворювань серцево-судинної системи.

Робота присвячена застосуванню інформаційних технологій для оцінки стану периферійних судин. шляхом аналізу артеріальних осцилограм, що реєструються в процесі вимірювання артеріального тиску електронним вимірювачем.

У роботі розглянуто інформаційне значення застосування кривої тиску (осцилограми), отриманої за допомогою електронного вимірювача артеріального

тиску ВАТ41-2 (виробник «ІКС-ТЕХНО»), здатного реєструвати значення тиску в манжеті в період зростання компресії, та експортувати отримані значення для подальшого аналізу.

Суть осцилометричного методу в існуючих пристроях вимірювання артеріального тиску зводиться до реєстрації величини пульсових коливань артеріальної стінки в манжеті, а отримана крива відображає процес нагнітання повітря в манжету та вплив судинної стінки артерії на манжету.

Формування і запис кривої відбувається протягом усього періоду компресії в автоматичному режимі: синхронно з нагнітанням повітря в манжеті реєструється вплив пульсаційних рухів судинної стінки на манжету, що проявляється в зміні об'єму манжети [180].

Осциляторні сигнали, що при цьому реєструються, повністю відображають закономірність процесів, що протікають при формуванні осцилограм артеріальних судин під впливом зростаючого тиску в манжеті, і зберігають неспотвореними амплітудно-часові співвідношення [235].

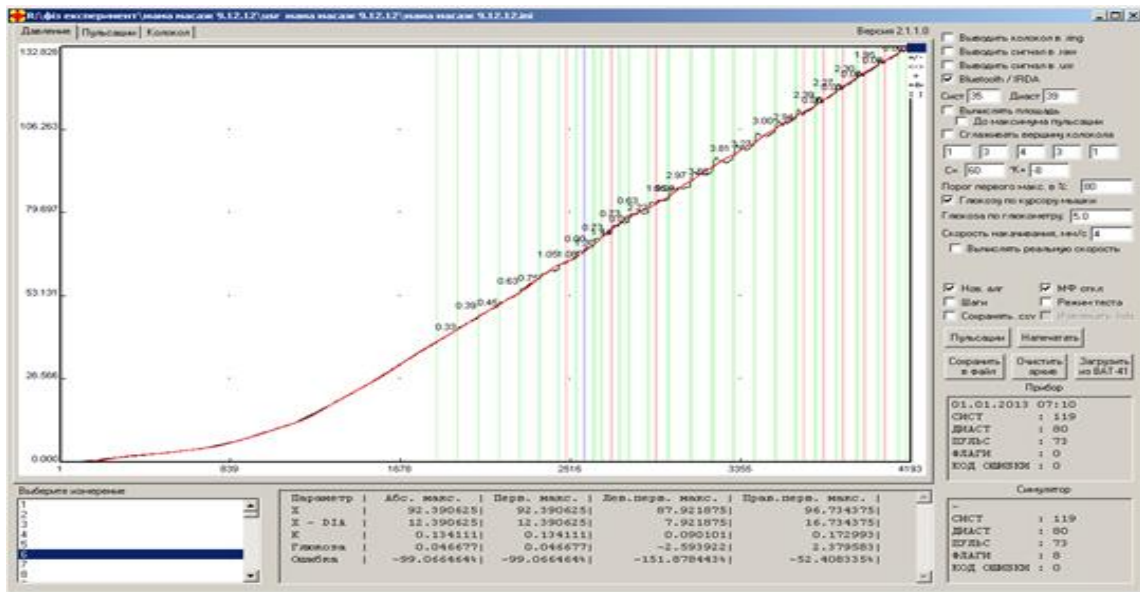
Пневмоманжета сучасних електронних вимірювачів артеріального тиску пов'язана з вимірним блоком, який при зростанні тиску в манжеті приступає до реєстрації пульсових коливань судинної стінки артерії. Пульсові хвилі – це величина зростання об'єму магістральної артеріальної судини, що пролягає під манжетою. У замкнутій пневматичній системі вимірна манжета є елементом, який перетворює змінюваний об'єм кінцівки в сигнали тиску. Зміна об'єму тканин під манжетою кількісно залежить від величини тиску в манжеті. З'єднаний з манжетою пристрій в умовах зростання компресії в манжеті реєструє криву пульсових змін об'єму тканин, розміщених під манжетою. Змінюваний об'єм досліджуваних артерій перетворюється манжетою у сигнали тиску. Амплітуда кожної пульсової хвилі пропорційна змінюваному під тиском в манжеті просвіту магістральної артеріальної судини [205, 235].

На цій основі авторам вдалося вперше розробити методи та алгоритми для морфологічного, часового спектрального аналізу АОГ. У зв'язку з відсутністю подібних досліджень, для морфологічного аналізу АОГ скористались методом порівняння і пошуку логічних закономірностей, а також системою роздумів над аналогічними випадками, впровадженими в плетизмографії і реографії, та адаптували їх до артеріальної осцилографії [12, 235, 236, 246, 261, 270].

Для часового та спектрального аналізу АОГ використано методи та термінологію, що застосовуються в суміжних напрямках досліджень серцево-судинної системи (електрокардіографія, варіабельність серцевого ритму [47, 169, 171, 245, 267]) та нервової системи (енцефалографія [270]). Застосування

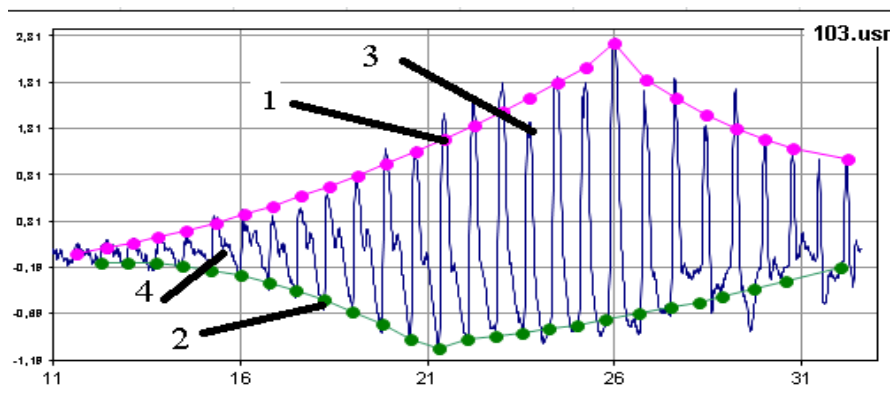
математичного аналізу ВСР дає можливість отримати інформацію з 4 рівнів регуляції: периферійного (автономного), вегетативного, гіпоталамо-гіпофізарного і найвищого – центральної нервової системи. Чим сильніший вплив на організм, тим вищий рівень регуляції бере участь в управлінні. При цьому більш високі рівні гальмують активність більш низьких [12, 47, 170, 235, 236, 246, 261, 270].

Реєстрація артеріального тиску проводилась відповідно до рекомендацій ВООЗ/МОГ (1999 р.) і ВНОК (2001 р.). Крива тиску, після видалення з неї складової тиску внесеною діяльністю компресора, використана для визначення систолічного та діастолічного значення артеріального тиску та частоти серцевих скорочень (мал. 1.2).



Мал. 1.2. Вікно інтерфейсу програми Algorithm Debugger, де відображається крива тиску після експорту з вимірювача артеріального тиску ВАТ 41-2.
Примітка. По осі X відображаються відліки часу в секундах, по осі Y – значення коливань тиску (мм рт. ст.) в манжеті.

Артеріальна осцилограма, отримана без постійно зростаючої складової тиску в манжеті під дією компресора, зображена на малюнку 1.3.



Мал. 1.3. Артеріальна осцилограма, отримана з кривої тиску. По осі Х відображаються відліки часу в секундах, по осі Y – значення коливань тиску, мм рт. ст., в манжеті під впливом судинної стінки артерії, де 1 – огинаюча верхньої частини осцилограми (за максимальними екстремумами), 2 – огинаюча нижньої частини осцилограми (за мінімальними екстремумами), 3 – осциляція, яка відхиляється від верхньої частини огинаючої осцилограми, 4 – дикротичний зубець (термін, запозичений з реографії [229]).

Для аналізу осцилограм, окрім вищезгаданих джерел, використали роботи: Каро К. [12, 205, 235], Педлі Т. [205], КАП ЦГ «Глобус» [211], Лущик У.Б. [215, 216], Чащина А.В. [260], Рогози Н., Ощепкової Е.В, [240], Шабанової Е.В. [261], Ярулліна Х.Х. [270] та ін. Їх аналіз дав можливість використати для оцінки АОГ певну інформацію. Кожна пульсова хвиля починається низькоамплітудною хвилею, зумовленою ізометричним скороченням лівого шлуночка. За нею іде високоамплітудна хвиля, що називається анакрота. Ця ділянка відображає прискорення надходження крові в артерії із лівого шлуночка на початку фази швидкого вигнання, що призводить до збільшення тиску в артеріях і до їх розтягнення. Потім крива переходить у пологую вершину головної хвилі, яка відображає приблизну рівність між притоком крові у магістральні артерії і її відтоком у периферійні судини.

Далі – низхідне коліно – катакрота. Вона відповідає по часу фазі повільного вигнання, коли відтік крові з розтягнутих еластичних артерій починає переважати над притоком. Закінчується катакрота формуванням гострого, спрямованого вниз зубця, який називається інцизура (вирізка) і відповідає закінченню систоли лівого шлуночка, коли тиск у шлуночку стає нижчим, ніж у аорті. У цей момент об'єм аорти різко зменшується за рахунок тієї кількості крові, яка необхідна для заповнення кишень аортального клапану. Найнижча точка інцизури відповідає повному закриттю аортального клапану. Діастолічна частина центральної сфігмограми починається дикротичною хвилею, яка виникає внаслідок відбиття гідравлічної хвилі від замкненого аортального клапану. Наступний плавний спуск кривої відповідає рівномірному відтоку крові із центральних артерій в периферійні судини під час діастоли [236].

Початкова стрибкоподібна зміна амплітуди осциляцій виникає в момент, коли тиск повітря в манжеті починає перевищувати мінімальний (діастолічний) артеріальний тиск. В процесі зростання тиску в манжеті осциляції поступово зростають і досягають найбільшої амплітуди. Збільшення амплітуди зумовлене тим, що тиск в манжеті починає заважати повному розкриттю судини до початкового рівня, у фазі діастоли її просвіт починає зменшуватися. Збільшення

амплітуди осциляцій пояснюється тим, що різниця між площею просвіту судин в діастолу і систолу у цей період починає стрибкоподібно зростати. Коли тиск в манжеті досягає величини середнього гемодинамічного тиску, – артерія в кінці фази діастолу під впливом манжети починає закриватися. У цей момент площа просвіту стиснутої судини рівна нулю. На початку наступної систоли, з приходом нової порції крові, судина розкривається до своєї попередньої величини. Така максимальна амплітуда пульсових хвиль зберігається до того часу, поки тиск в манжеті менший від бокового систолічного артеріального тиску. При цьому перша максимальна осциляція відповідає середньому гемодинамічному тиску, остання – боковому артеріальному тиску. Збереження максимальних розмірів осциляцій пояснюється тим, що різниця між площею просвіту досліджуваних судин в діастолу і систолу у цей період практично не змінюється.

При подальшому стисканні судин величина пульсацій артерії, які передаються манжеті, поступово знижується, що свідчить про неповне розкриття досліджуваної магістральної артеріальної судини у фазі систоли. Тиск в манжеті уже заважає цьому процесу. Зниження амплітуди пояснюється тим, що різниця між площею просвіту судин в діастолу і систолу у цей період починає стрибкоподібно зменшуватись. На цьому відрізку систолічного тиску в артерії вже недостатньо для повного її розкриття, і просвіт артерії в міру подальшого збільшення тиску в манжеті знижується і, нарешті, повністю припиняється. Коли тиск в манжеті досягає величини, рівної систолічному артеріальному тиску, артеріальна судина закривається повністю, кровотік в ній припиняється. Пульсові хвилі, зумовлені ударом крові у проксимальний край, дещо стабілізуються. Їх швидке зменшення за амплітудою припиняється, і вони «лягають» в систолічній ділянці осцилометричної кривої на більш пологому прямому лінії. У роботах Каро К., Педлі Т. (1978) [12, 205, 216] детально описано стан судин у процесі проходження пульсової хвилі, природу додаткових хвиль під час вимірювання АТ.

Автори указують, що реакція судин передпліччя на компресію свідчить про стан координації місцевих саморегуляторних механізмів та центральної нейрогуморальної регуляції діяльності серцево-судинної системи [31, 33], рівень функціонування автономної нервової системи, функціональну здатність серця, рефлекторну реакцію серцево-судинної системи [48, 121, 205, 236], стан русла периферійних судин (тонус, еластичність, пружність, прохідність) [47, 64, 205, 211], активність механізмів термінової реакції на компресію (барорецепторні, хеморецепторні, рефлекс на ішемію) та ін. [19, 48, 236].

Вищезазначену інформацію авторами роботи використано для розроблення та обґрунтування методу морфологічного аналізу АОГ.

Окрім вивчення і аналізу літературних джерел, проведено аналіз більше **4000** осцилограм, зареєстрованих у процесі вимірювання артеріального тиску у стані спокою та під впливом різнохарактерних фізичних (проби Руф'є та Мартіне-Кушелевського, процедура ЛФК, оздоровча система Чжун Юань цигун, Рейкі), термічних (лазня суха та парна, «моржування»), аудіовізуальних (у найрізноманітніших поєднаннях), масажу (сегментарно-рефлекторний, за допомогою пристрою фірми «Нуга Бест») та інших чинників. Усього використано 26 видів різнохарактерних експериментів. Кожен із понад 2000 обстежених узяв участь у одному, двох і більше експериментах.

Інформаційні технології для морфологічного, часового спектрального аналізу АОГ реалізовано в програмному комплексі Оранта-АО. Для кожного із методів аналізу осцилограм запропоновано і обґрунтовано критерії норми, наведена характеристика і оцінка результатів АОГ, що відхиляються від норми. Сформовані додаткові вагові критерії аналізу окремих осцилограм. Вивчено і підтверджено високий рівень кореляційних зв'язків між окремими показниками часового та спектрального аналізу синхронно зареєстрованих електрокардіограм (за показниками ВСР) і осцилограм. Тракткування авторської думки підтверджуються великою кількістю таблиць та малюнків (осцилограм, графіків, гістограм, скатерограм, хаосограм та ін.) та їх детальним аналізом.

Використання запропонованих методів може розширити інформацію про стан адаптаційної здатності серцево-судинної системи, периферійних судин, автономної та центральної нервової систем, фізіологічних механізмів регуляції артеріального тиску; дати оцінку адаптаційних процесів, що відбуваються в організмі при зростаючій компресії плеча у стані спокою та при впливі різних за характером та інтенсивністю чинників. Що дуже важливо – створюється можливість комплексного застосування сучасних методів моніторингу електрокардіосигналів [169,170, 171, 216, 265], реограм [70, 211], енцефалограм [270] та розроблених авторами специфічних алгоритмів для проведення аналізу АОГ [171].

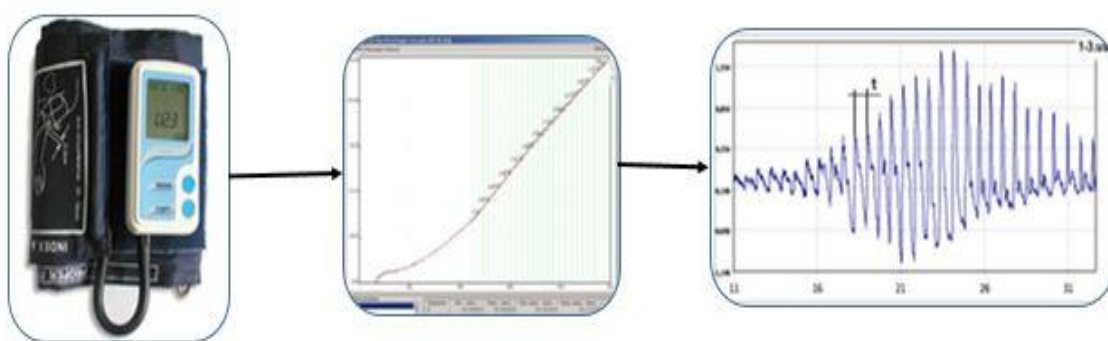
Застосування артеріальної осцилографії може значно допомогти в постановці діагнозу, визначенні подальшого плану обстеження, моніторингу процесу лікування та реабілітації; в дозуванні навантаження у фізичній культурі та спорті, при проведенні досліджень тощо. Результати можуть бути використані як методи ранньої діагностики преморбідних станів та перспективи розвитку захворювань в клінічній, експериментальній, спортивній медицині, для виявлення захворювань серцево-судинної системи та порушення її функціональної здатності, оцінки результатів лікування. Застосування артеріальної осцилографії для

вивчення і оцінки стану периферійних судин сприятиме вирішенню соціальних проблем суспільства, удосконаленню діагностики та лікування найбільш поширених захворювань людства – захворювань серцево-судинної системи. Як наслідок – підвищення якості людського капіталу країни, рівня здоров'я та якості життя населення, профілактика станів, пов'язаних із різними видами стресу, створення рекомендацій щодо формування «індустрії здоров'я».

РОЗДІЛ II

МЕТОДИ АНАЛІЗУ АРТЕРІАЛЬНИХ ОСЦИЛОГРАМ

Суть осцилометричного методу зводиться до реєстрації величини пульсових коливань артеріальної стінки в манжеті, а отримана крива відображає процес нагнітання повітря в манжету та вплив судинної стінки артерії на манжету. Осциляторні сигнали, які при цьому реєструються, відображають закономірність процесів, що перебігають при формуванні осцилограм артеріальних судин під впливом зростаючого тиску в манжеті. Послідовність реєстрації артеріальних осцилограм представлена на мал. 2.1 [231].



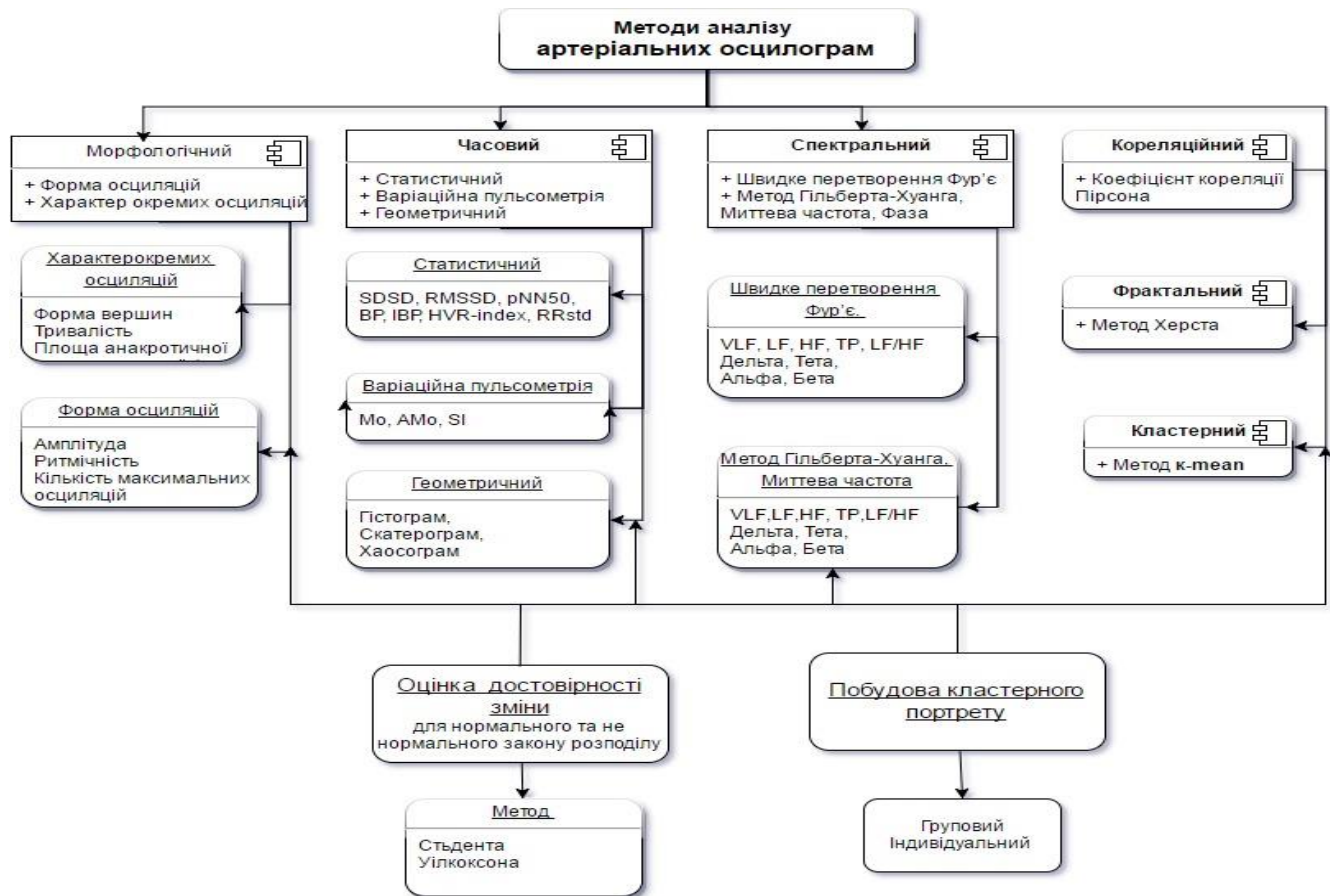
Мал. 2.1. Схематична послідовність реєстрації артеріальних осцилограм: вимірювач артеріального тиску ВАТ 41-2 → вікно інтерфейсу, де відображена крива тиску після експорту з вимірювача → артеріальна осцилограма.

Принцип роботи програмного комплексу Оранта-АО зображений на мал. 2.2.



Мал. 2.2. Принцип роботи програмного комплексу Оранта-АО.

Методи аналізу, використані в артеріальній осцилографії, зображені на малюнку 2.3.



Мал. 2.3. Методи аналізу артеріальної осцилограми.

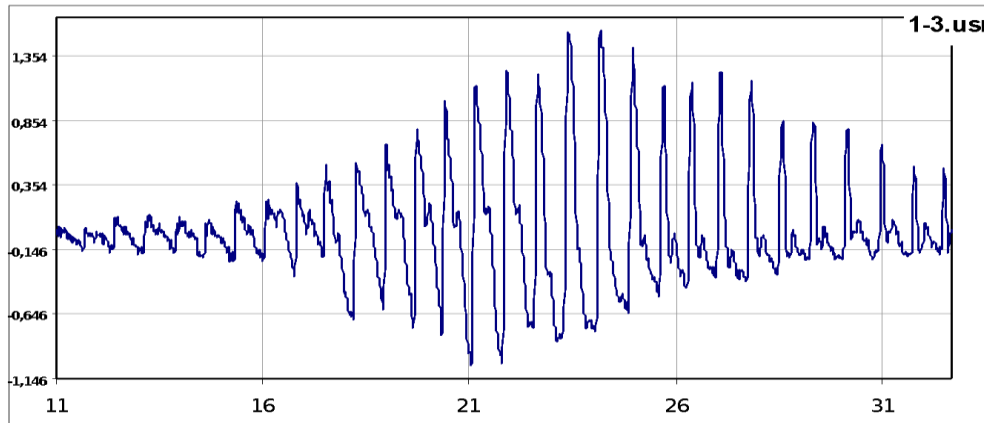
2.1. МОРФОЛОГІЧНИЙ АНАЛІЗ АРТЕРІАЛЬНИХ ОСЦИЛОГРАМ

Д.В. Вакуленко, Л.О. Вакуленко

У зв'язку з відсутністю подібних досліджень, для морфологічного аналізу осцилограми використано інформацію з плетизмографії і реографії [10, 270] та логічно-візуальні, наукові, теоретичні висновки авторів за результатами аналізу 4000 АОГ у 380 здорових [231].

Для аналізу морфологічних характеристик АОГ використано такі критерії: а) **форма** осцилограми (характеристика огинаючих, ритмічність пульсацій, рівномірність зростання та зниження амплітуди осциляцій в процесі збільшення компресії, наявність та кількість максимальних осциляцій з однаковою амплітудою; б) характер **окремих осциляцій** в різних фазах компресії (їх амплітуда, кути

екстремумів, висхідна та низхідна частини, наявність, локалізація, величина **дикротичної та додаткових хвиль** на окремих осциляціях). Для прикладу використано одну з типових із зареєстрованих нами осцилограм (малюнок 2.4); пацієнтка М., 20 років, без скарг на стан здоров'я (2-й розряд легкої атлетики), артеріальний тиск 109 і 63 мм рт. ст.



Мал. 2.4. Осцилограма судин плеча обстеженої М., 20 років.

Примітка: на цьому та наступних рисунках по осі X – час реєстрації окремих осциляцій (с), по осі Y – значення коливань тиску в манжеті під впливом судинної стінки артерії (мм рт. ст.).

Як видно з малюнку, АОГ із стандартною формою окремих пульсацій: анакрота, катакрота, дикротичний зубець (його локалізація та розміри залежать від фази компресії) [211, 232, 261, 270]. Привертає увагу ритмічність пульсацій, гармонійність зростання і спадання їх амплітуд, дві однакові максимальні амплітуди, які зберігаються, незважаючи на зростання компресії. В початковий період обтискання плеча, коли компресія лише наростає і не має суттєвого впливу на його кровообіг, виникає можливість оцінити стан серцево-судинної системи в спокої. Привертає увагу виражене зростання амплітуди осциляцій на 18 с та зниження їх на 32 с. Перше – показник діастолічного тиску (початок компресії судин у фазу діастоли) і є результатом початку стрибкоподібного зростання різниці між площею просвіту судини в діастолу і систолу. Другий – показник систолічного тиску, коли згадана різниця дорівнює нулю [211].

Аналіз АОГ обстеженої М. свідчить про те, що амплітуда кожної пульсової хвилі пропорційна змінюваному під впливом тиску в манжеті просвіту магістральної артеріальної судини і вказує на адекватну рефлекторну реакцію серцево-судинної системи обстежуваної на різні рівні поступово зростаючої компресії судин плеча. Зазначене пов'язане із задовільним станом ССС, нервово-

рефлекторних механізмів регуляції кровообігу та пружно-еластичних властивостей судинної стінки обстеженої [12].

Частини АОГ, визначені у залежності від рівня (фази) компресії плеча манжетою

Для зручності аналізу осцилограми, залежно від стадії зростання компресії плеча, нами виділено три її частини (мал. 2.4).

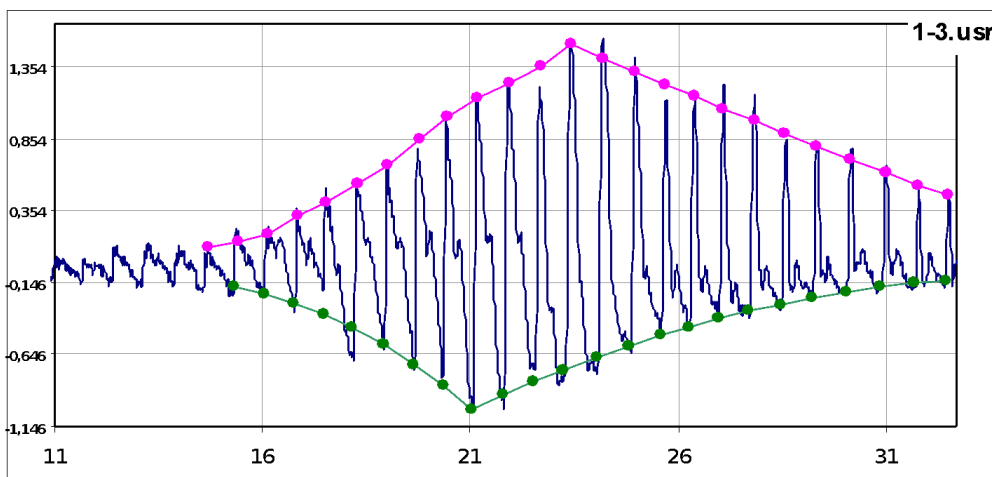
Перша – початок компресії (від початку компресії до моменту стрімкого зростання амплітуди осциляцій, значення діастолічного тиску у нашому прикладі – до 18 с). **Друга** – наростання компресії (від моменту стрімкого зростання амплітуди осциляцій до її стрімкого зниження, значення систолічного тиску – 18-31 с). Своєю чергою, друга частина включала період 2-а – її висхідна частина (період наростання компресії до досягнення повного стиснення судин у фазі діастолі, 18-23 с) і 2-б – її максимальні осциляції та низхідна частина (до досягнення повного стиснення судин у фазі систолі (23 -31 с) [214]. **Третя** – максимальна компресія (тиск у манжеті більший від рівня систолічного тиску – 32-33 с) [211].

Зіставлення аналізу літературних джерел з отриманими нами результатами дало можливість дати характеристику обраних для морфологічного аналізу критеріїв. Для прикладу обрано осцилограми двох практично здорових осіб.

Варіант 1

Використано одну з типових із зареєстрованих нами осцилограм (Мал. 2.1) пацієнтки М., 20 років, практично здорової, артеріальний тиск 109 і 63 мм рт. ст.

Огинаючі. Для візуального аналізу форми осцилограми за показниками максимальних та мінімальних екстремумів осциляцій, розміщених по обидва боки відносно осі Х, побудовано огинаючі (мал. 2.5) [178].



Мал. 2.5. Огинаючі за максимальними та мінімальними екстремумами осцилограми судин плеча обстеженої М., 20 років. *Примітка.* На цій і наступних АОГ посібника по осі *X* – час реєстрації окремих осциляцій (с), по осі *Y* – значення коливань тиску в манжеті під впливом судинної стінки артерії (мм рт. ст.).

При аналізі огинаючої за максимальними екстремумами відзначено її куполоподібну форму: поступове рівномірне зростання до 24-ї секунди вимірювання (до повного перетискання судини у фазі діастолі), наявність вершини, зумовленої двома максимальними екстремумами (23,5–24 с) та поступове зниження її до припинення компресії (до 33 с). При цьому окремі вершини осциляцій дещо відхиляються від огинаючої у бік їх зниження чи підвищення. Огинаюча, побудована за нижніми екстремумами, має практично аналогічну форму, лише в протилежних значеннях. Пік вершини огинаючої за мінімумами (21–22 с) дещо випереджає пік максимумів (23,5–24 с).

Таким чином, симетричне розміщення огинаючих, створених за максимальними та мінімальними екстремумами, їх куполоподібна форма з рівномірним зростанням та зниженням, поява піків за максимумами слідом за мінімальними свідчать про адекватну реакцію судин передпліччя на поступово зростаючу компресію.

Аналіз першої частини осцилограми (мал. 2.4). В початковий період обтискання плеча, коли компресія лише наростає і не має суттєвого впливу на його кровообіг, виникає можливість оцінити стан серцево-судинної системи в спокої [211]. В міру наростання компресії амплітуда пульсацій рівномірно збільшується за рахунок підвищення тиску в манжеті. На низхідній частині осциляцій, окрім дикротичної хвилі, реєструються дрібні додаткові хвилі різної кількості, розмірів та локалізації [198, 211]. Флуктуації на записах тиску різноманітні і численні, тому розцінити якусь із них як наслідок відбиття хвиль від аортальних клапанів не завжди вдається [12, 205, 240].

Згадані реакції зумовлені (насамперед) механізмами термінової реакції на компресію. До них відносять циркулярні реакції нервового походження – барорецепторні, хеморецепторні, рефлекс на ішемію центральної нервової системи та ін., які контролюють різні параметри кровообігу і постійно інформують центральну нервову систему про зміни, що виникають [205]. Неоднорідність реакції судинної стінки на наростання компресії зумовлена станом нервово-рефлекторних механізмів регуляції артеріального тиску та пружно-еластичними властивостями судинної стінки [175, 205, 211, 214].

Однорідність реакції судинної стінки на наростання компресії на осцилограмі обстеженої М. свідчить про задовільний стан нервово-рефлекторних механізмів регуляції артеріального тиску та пружно-еластичних властивостей судинної стінки.

Аналіз другої частини осцилограми (мал. 2.4). На початку другої (2-а) частини (починаючи з 18 с), коли просвіт судин починає зменшуватися (тиск в манжеті протидіє повному розкриттю судин плеча до попередніх розмірів у фазі діастолі), амплітуда осциляцій різко зростає і продовжує збільшуватись в міру зростання компресії та різниці між площею просвіту судин під час діастолі і систолі [211]. Збільшення амплітуди осциляцій пояснюється тим, що різниця між площею просвіту судин в діастолу і систолу в цей період починає стрибкоподібно зростати

На низхідних частинах осциляцій, в кінці систолі, реєструються чітко виражена дикротична хвиля, яка є початком діастолі. Вона зумовлена приходом відбитої хвилі, що виникає внаслідок короткого періоду зворотного руху крові при відбитті гідравлічної хвилі від замкнутого аортального клапана та поширенням її на периферію [198, 205, 235].

На початку компресії (частина 1-а та 2-а) дикротична хвиля, розміщена на середній частині катакоти, зникає при максимальній амплітуді осциляцій, в процесі наростання компресії (період 2-б та 3) появляється знову, але вже на нижній її частині. Останнє свідчить про збільшення тривалості фази повільного вигнання крові в процесі зростання компресії [211], яке зумовлене утрудненням току крові на рівні судин передпліччя, що створює в розташованих проксимально від них артеріях гальмування потоку і умови для стиснення крові в період вигнання її систолічного об'єму зі шлуночків. При цьому лівому шлуночку необхідно докласти більше зусиль, щоб подолати підвищений тиск в аорті [235]. За дикротичною хвилею реєструється плавний спуск кривої, який відповідає рівномірному відтоку крові. Під час діастолі її розміри зменшуються в процесі зниження дикротичної хвилі, що свідчить про утруднення для відтоку крові, зумовлені компресією [56]. Коли на осциляціях з максимальними амплітудами дикротичний зубець відсутній, на мінімальних екстремумах появляються різнохарактерні дрібні осциляції, зумовлені індивідуальною реакцією судинної стінки на початок повного закриття судин у фазу діастолі.

На 23,5-й та 24-й секундах зареєстровано два екстремуми з найбільшими значеннями амплітуд. Перша з максимальних амплітуд свідчить про показник середнього гемодинамічного артеріального тиску, зумовленого найбільшою різницею просвіту досліджуваних судин (під час діастолі судини повністю перетискаються, під час систолі – їх просвіт відновлюється) [211]. Друга, подібна

за амплітудою максимальна осциляція, незважаючи на зростання компресії, залишається без змін, що вказує на те, що різниця між площею просвіту судин в діастолу і систолу не змінюється. Це свідчить про бічний артеріальний тиск – тиск крові на артеріальну стінку в період систоли шлуночків [212]. В даний період надходження максимально можливого об'єму крові в судину зумовлене радіальним розширенням стінок судин під час систоли (завдяки їх пружності) та поверненням у вихідне положення під час діастоли, коли тиск падає [235]. Пружні властивості стінки судин забезпечуються волокнами трьох типів: еластичними, колагеновими, гладком'язевими. Тонічне напруження судинної стінки і ступінь її пасивного розтягнення зумовлені нервово-рефлекторним впливом. Клінічне значення бічного систолічного тиску полягає в тому, що виникає можливість визначити за його рівнем істинний тиск під час систоли, істинну пульсову амплітуду та пружно-еластичні властивості стінки судин [54, 198, 205, 211, 214, 235]. [235].

За даними осцилограми, зображеної на малюнку 2.4, максимальний тиск, з яким в період максимальних осциляцій судини плеча здійснюють свій вплив на манжету під час систоли, становить $\pm 1,4$ мм рт. ст., а стискання судини манжетою під час діастоли становить $-1,1$ мм рт. ст.

В міру зростання компресії, після досягнення повного перетискання судин у фазі діастоли, амплітуда хвиль знижується внаслідок неповного розкриття магістральної артеріальної судини під час систоли (зменшення різниці між площею просвіту судин в діастолу і систолу) [211]. У нашому прикладі за максимальними ідуть дві осциляції з меншою амплітудою, ніж наступні (25-26 с), що є результатом утруднення проштовхування крові в периферійні судини [235] і свідчить про стан координації місцевих саморегуляторних механізмів та центральної нейрогуморальної регуляції діяльності серцево-судинної системи [211]. У обстежуваного діяльність останніх на достатньому рівні: цей період був короткотривалий, усього дві пульсові хвилі. За ними реєструвалось рівномірне зниження амплітуди осциляцій.

Дикротична хвиля в процесі зростання компресії зміщується до нижньої частини катакроти. Її амплітуда поступово збільшується. Це можна пов'язати зі зростанням величини зворотного потоку крові за рахунок розтягнення судин, розміщених між місцем вимірювання і серцем, і є свідченням продовження зв'язку рецепторного апарату і нейром'язевих елементів судин з центральною нервовою системою, що зберігає дію фізіологічних механізмів регуляції артеріального тиску і стану кровоносних судин [198].

За дикротичною хвилею реєструється плавний спуск кривої, який відповідає рівномірному відтоку крові під час діастоли. Її розміри зменшуються в процесі

зниження рівня локалізації дикротичної хвилі, що свідчить про утруднення для відтоку крові, зумовлене наростаючою компресією

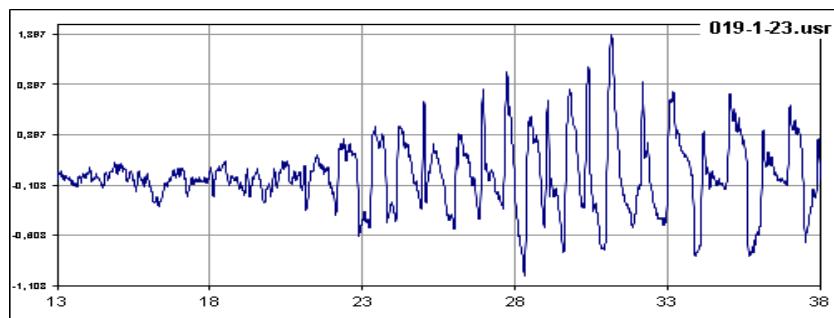
При досягненні в манжеті тиску, рівного систолічному артеріальному тиску, судини закриваються, кровотік в них припиняється. На це указує остання з найбільш виражених осциляцій (перед їх різким зниженням) у кінці осцилограми (на 31 с). Різноманітні дрібні осциляції, що реєструються за дикротичною хвилею, зумовлені ударами крові в проксимальний край манжети, що повністю перетискає судини плеча під час діастолі [198, 211].

Аналіз третьої частини осцилограми. У третій частині осцилограми (мал. 2.4) (після 32-ї секунди) амплітуда осциляцій різко зменшується, що зумовлено повним стисненням артерії і у фазі систоли. На цьому етапі пульсації зумовлені поширенням гідравлічної хвилі по стиснутих судинах. Хвиля, що реєструється при цьому уже не на низхідній частині осциляції, а після неї (32,5 с), свідчить про повне стиснення судин під час систоли. Вона зумовлена гідравлічним ударом, «перекиданням» пульсової хвилі та утворенням ударної хвилі, яка виникає при несподіваній появі перешкоди перед потоком крові [198]. Однотипні дрібні осциляції є результатом дії інерційних сил в період, коли судина повністю стиснута. Вони утримуються до появи наступного гідравлічного удару [157, 198, 211] і є свідченням продовження зв'язку рецепторного апарату і нейром'язових елементів судин з центральною нервовою системою, що зберігає дію фізіологічних механізмів регуляції АТ і стану кровоносних судин [12, 198, 205, 211].

Повну компресію судин (або систолічний тиск) можна визначити не лише за стрімким зменшенням амплітуди осциляцій, а й за зникненням дикротичної хвилі на низхідній частині. Поява хвилі слідом за закінченням катакротичної фази – ознака повного стиснення судин як у фазу діастолі, так і систоли.

Варіант 2

Для порівняння використана осцилограма практично здорової особи, юнака Р. (мал. 2.6).



Мал. 2.6. Осцилограма судин плеча обстеженого Р., 19 років.

При аналізі даної осцилограми привертають увагу хаотичність пульсацій та додаткових хвиль на початку компресії, наявність ектопічних скорочень та випадання окремих серцевих комплексів, відсутність гармонійного зростання та зменшення амплітуди осциляцій, кутів максимумів, закономірностей у наявності та розміщенні дикротичної хвилі (22–24, 33–38 с), високе розміщення дикротичних хвиль (34, 36 с). За дикротичною хвилею реєструються різнохарактерні за розмірами та локалізацією додаткові хвилі (1-ша та 3-тя частини). На 28-29-й секундах наростання компресії пульсові хвилі виявились меншими, ніж попередні і наступні. Після 24 с з'являється позачергова пульсова хвиля, що свідчить про порушення ритму серцевої діяльності [198, 235]. Згадані дані свідчать про порушення функціонального стану судин плеча, неадекватну реакцію судинної стінки на наростання компресії, що пов'язано із порушенням стану кардіального і судинного чинників гемодинаміки, нервово-рефлекторних механізмів регуляції кровообігу та пружно-еластичних властивостей судинної стінки. Хоча обстежений не скаржиться на стан здоров'я та порушення функціональних можливостей.

Застосування морфологічного аналізу АОГ

Вищезазначену інформацію щодо основних характеристик АОГ використано для морфологічного аналізу понад 4000 АОГ здорових та осіб з відхиленнями у стані здоров'я. Дослідження проводили у спокої та під впливом різноманітних чинників: фізичних (проба Руф'є, Мартіне-Кушелєвського, ортопроба, побутові навантаження, тренування та змагання у футболі), термічні («моржування», лазня), механічних (масаж), психоемоційних (перегляд різноманітних відеокомпозицій) тощо.

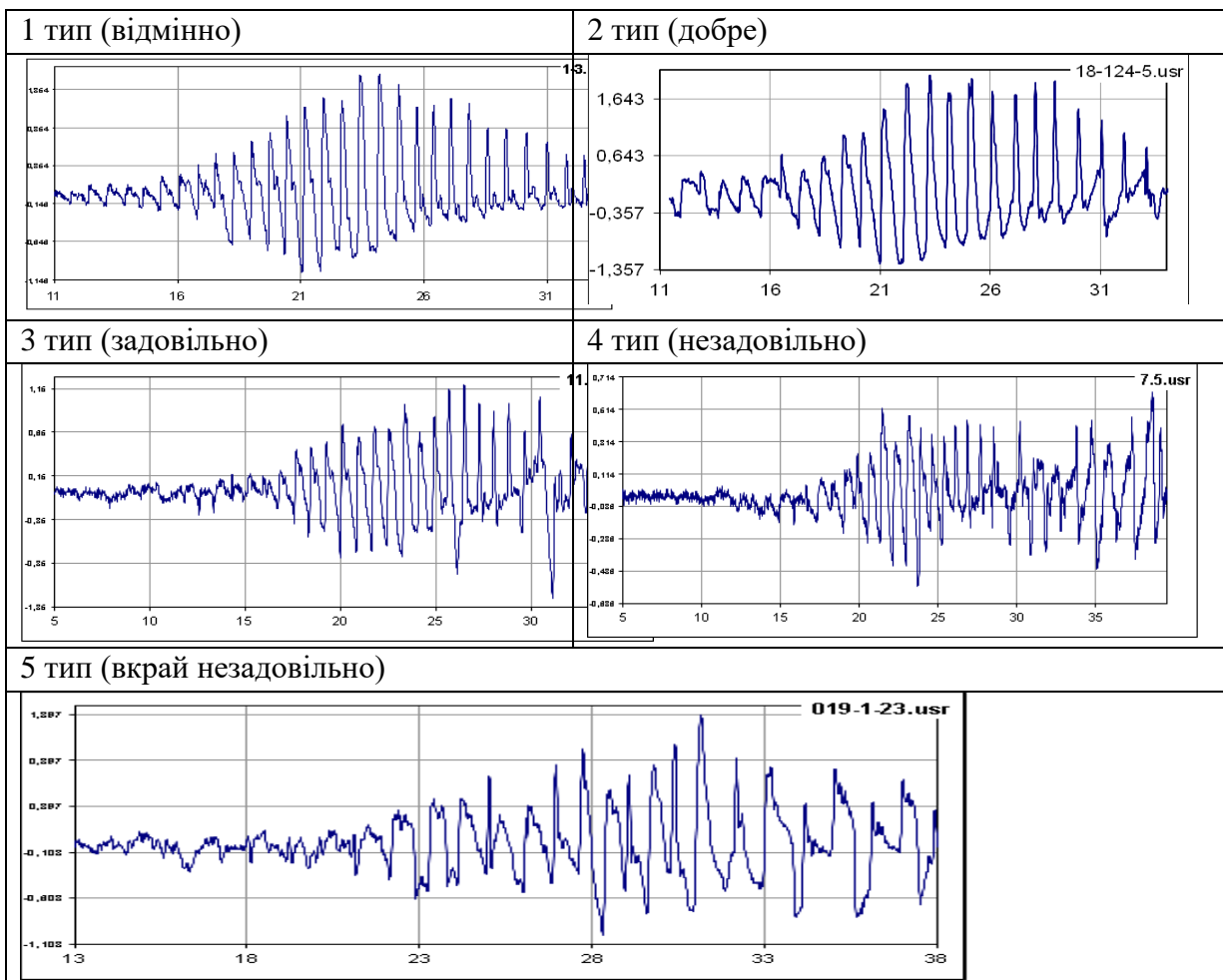
Морфологічний аналіз АОГ проводили експрес-методом та за комплексною оцінкою значень морфологічних показників за 10 критеріями.

Для експрес-методу авторами розроблено критерії візуальної оцінки морфологічних характеристик АОГ. Залежно від ступеня відхилення від ознак, прийнятих за норму, АОГ згруповано за 5 рівнями вагових відмінностей. При цьому, ознаки «погіршення» характеристик змінювались від 1 (відмінно) до 5 (вкрай незадовільно) [180]. Для комплексної оцінки АОГ (M1-M10), використано автоматизований метод визначення значень морфологічних показників з подальшим розрахунком їх середнього значення (M_{ср}).

Візуальна експрес-оцінка морфологічних характеристик АОГ

Для експрес-оцінки використано розроблені авторами технології візуальної оцінки морфологічних характеристик АОГ, диференційованих за 5 ступенями відхилення від ознак, прийнятих за норму. При цьому, ознаки «погіршення»

характеристик зростають від 1 до 5 (відмінно, добре, задовільно, незадовільно, вкрай незадовільно) (див. мал. 2.7 [178]).



Мал. 2.7. Морфологічна характеристика типів осцилограм, диференційованих за ступенем відхилення основних критеріїв від запропонованої авторами норми.

До 1-го типу віднесено АОГ із стандартною формою окремих пульсацій: анакрота, катакрота, дикротичний зубець (його локалізація та розміри залежать від фази компресії) [9]. Звертали увагу на ритмічність пульсацій, гармонійність зростання і спадання їх амплітуд, 2 однакові максимальні амплітуди, які зберігаються, незважаючи на зростання компресії. Відзначене пов'язано із задовільним станом ССС, нервово-рефлекторних механізмів регуляції кровообігу та пружно-еластичних властивостей судинної стінки обстеженої. Для АОГ 2, 3, 4-го типів притаманні різні ступені відхилення від вищезазначених ознак норми під час окремих чи усіх фаз компресії. На АОГ 5-го типу – спотворені форми як окремих пульсацій, так і всієї пульсограми. Відхилення від норми на АОГ 2, 3, 4,

5-го типів пов'язані з різним ступенем порушення функціонального стану серцево-судинної та автономної нервової систем, адаптаційної здатності нервово-рефлекторних механізмів кровообігу до компресії, пружно-еластичних властивостей судинної стінки [12, 205, 214].

Таким чином, аналіз досліджень показав, що для осцилограми практично здорової особи (мал. 2.4) притаманне наступне:

Форма осцилограми

1. Ритмічність осциляцій, поступове рівномірне зростання їх амплітуд, досягнення максимуму та зниження до кінця реєстрації.

2. Збереження в процесі зростання компресії декількох однакових за амплітудою максимальних осциляцій (у період початку повного перетискання судин під час діастоли).

3. Симетричне розміщення огинаючих, створених за максимальними та мінімальними екстремумами, їх куполоподібна форма з рівномірним зростанням та зниженням, поява піків за максимумами слідом за мінімальними екстремумами.

4. Більш виражене зростання амплітуди осциляцій на висхідній частині осцилограми – показник діастолічного тиску, зниження на низхідній – систолічного тиску.

Характер окремих осциляцій в різних фазах компресії

1. Амплітуда кожної пульсової хвилі пропорційна змінюваному під впливом тиску в манжеті просвіту магістральної артеріальної судини: поступово зростає, досягає максимуму і поступово знижується.

2. Вершини верхніх екстремумів загострені. На початку компресії їх кут більший, у процесі зростання компресії – спочатку зменшується, а потім наближається до нуля: верхня частина катакрати максимально наближається до анакрати або збігається з нею.

3. Площа висхідної частини менша, низхідної – більша. Вони співвідносяться між собою як 1 до 6.

4. Тривалість фази повільного вигнання крові в процесі збільшення компресії поступово зростає, фаза діастоли – скорочується.

Наявність, локалізація, величина дикротичної та додаткових хвиль на окремих осциляціях

1. На висхідній частині осциляції додаткові хвилі відсутні.

2. На низхідній частині осциляцій, в кінці систоли, реєструється дикротична хвиля. На початку компресії вона розміщена на середній частині катакрати, зникає при максимальній амплітуді осциляцій. У процесі наростання компресії з'являється знову, але вже на нижній частині катакрати, і в кожній наступній пульсації

поступово наближається до її нижнього краю. Амплітуда дикротичної хвилі при цьому зростає.

3. У процесі зростання компресії на низхідній частині осциляцій, слідом за дикротичною хвилею, реєструються дрібні однотипні додаткові хвилі.

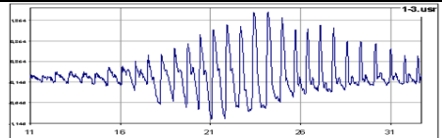
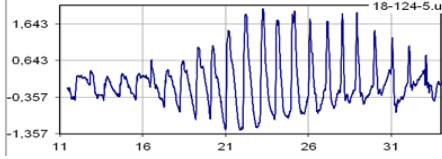
4. Повну компресію судин (або систолічний тиск) можна визначити не лише за стрімким зменшенням амплітуди осциляцій, а й за зникненням дикротичної хвилі на низхідній частині. Поява хвилі слідом за закінченням катакротичної фази – ознака повного стиснення судин, як у фазі діастолі, так і систолі.

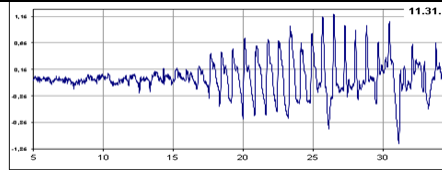
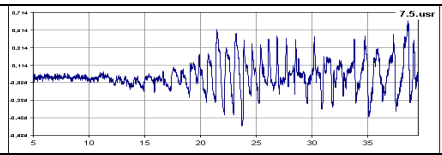
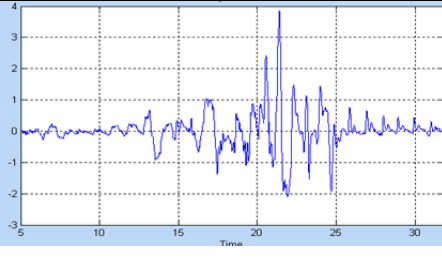
5. Однотипні дрібні осциляції в період, коли судина повністю стиснута, є результатом дії інерційних сил. Вони утримуються до появи наступного гідравлічного удару

Аналіз літературних джерел [205, 211, 235, 236, 270] та результатів власних досліджень [180, 178] дали можливість узагальнити інформацію, співставити з 5 варіантами градації рівня здоров'я, створеними за фізіологічною інтерпретацією ВСР електрокардіосигналу за Р.М. Баєвським [171], і на цій основі – розробити критерії для експрес-оцінки морфологічних характеристик АОГ та їх комплексного аналізу за 10 критеріями. Експрес-оцінка рівня здоров'я, адаптаційних можливостей організму та рекомендації щодо їх корекції за візуальним аналізом морфологічних характеристик АОГ, оціненими залежно від ступеня відхилення від ознак, прийнятих за норму, представлені у таблиці 2.1. Використано також автоматизований метод визначення значень морфологічних показників з подальшим розрахунком їх середнього значення (M_{cp}) за 10 критеріями.

Таблиця 2.1

Експрес-оцінка рівня здоров'я, адаптаційних можливостей організму та рекомендації щодо їх корекції залежно від візуального аналізу морфологічних характеристик типу АОГ (за Вакуленко Д.В., 2015)

Варіант градації	Типи артеріальних осцилограм	Оцінка рівнів	
		здоров'я	адаптації
1 тип <i>Відмінно</i>		Здоровий	Оптимальна адаптація
2 тип <i>Добре</i>		Практично здоровий	Напружена адаптація

3 тип <i>Задовільно</i>		Умовно здоровий	Перенапруження адаптації
4 тип <i>Незадовільно</i>		Стан перед хвороби	Зрив адаптації
5 тип <i>Вкрай незадовільно</i>		Хворий	Адаптація до порушень

Примітка: СЖ – спосіб життя, ЗСЖ – здоровий спосіб життя.

Комплексна оцінка значень морфологічних показників за 10 критеріями

Для оцінки ступеня відхилення від норми осцилограм за морфологічними математичними критеріями розроблено наступні вагові візуальні критерії:

М1. Якість адаптації при мінімальній компресії

М2. Якість адаптації (під час компресії)

М3. Порушення ритмічності

М4. Еластичність судин

М5. Тонус судин (пружно-еластична здатність – на початку і в кінці компресії)

М6. Тонус судин (пружно-еластична здатність – за дрібними осциляціями)

М7. Рівень збудливості м'язів на початку компресії

М8. Оцінка систолічної спроможності серця

М9. Оцінка діастолічної спроможності судин

М10. Рівень збудливості м'язів під час компресії

Мср. Комплексний судинний індекс

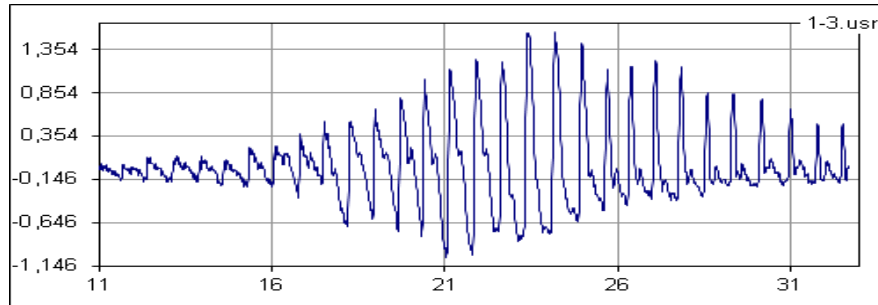
Комплексна оцінка значень морфологічних показників за запропонованими 10 критеріями можна проводити за допомогою **візуального порівняння** з відповідним еталоном, розробленим на базі аналізу понад 4000 АОГ. Для зручності аналізу авторами розроблені автоматизовані алгоритми визначення значень морфологічних показників М1-М10, Мср.

Кожен з відзначених критеріїв згруповано за рівнями вагових відмінностей за шкалою від 1 до 5.

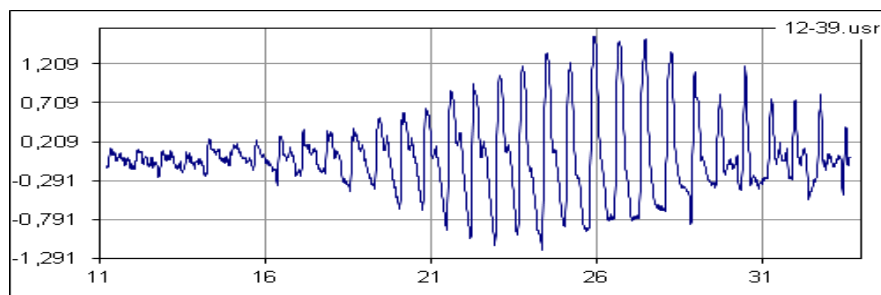
М1. Якість адаптації на початку компресії

Якість адаптації при мінімальній компресії: проводиться оцінка поступовості зміни амплітуди пульсацій на **початку компресії (від її початку до досягнення АТд)**. В початковий період обтискання плеча, коли компресія лише наростає і не має суттєвого впливу на його кровообіг, виникає можливість оцінити стан серцево-судинної системи в спокої.

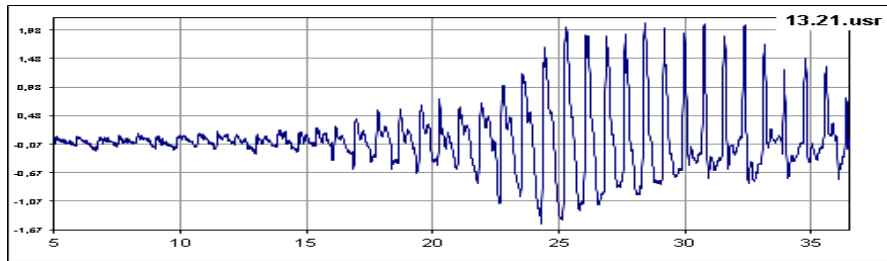
Реакція судин на початок компресії (до досягнення діастолічного тиску) за амплітудою та частотою осциляцій, згрупованих за рівнями вагових відмінностей (шкала від 1 до 5), зображені на малюнках 2.8 (1-5).



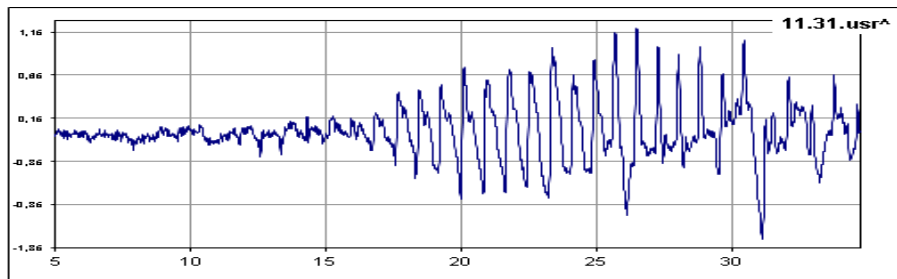
Мал. 2.8.1. На початку компресії амплітуда осциляцій рівномірно зростає, на висхідній частині осциляції додаткові хвилі відсутні, на низхідній частині реєструється незначна кількість рівномірно розміщених однотипних дрібних осциляцій. Висновки: задовільний стан АНС, нервово-рефлекторних механізмів регуляції, кровообігу та пружно-еластичних властивостей судинної стінки.



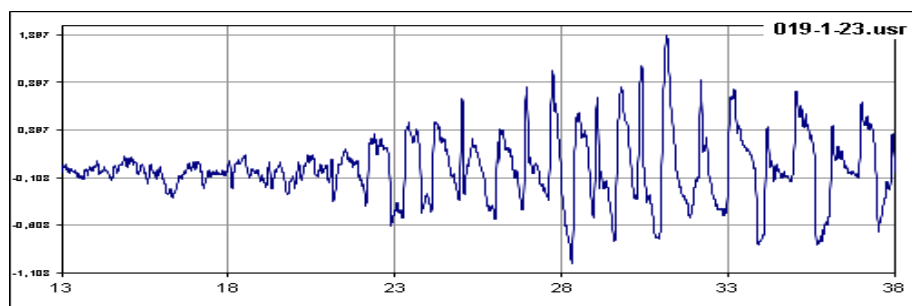
Мал. 2.8.2. На початку компресії амплітуда перших осциляцій змінюється нерівномірно, на висхідній частині осциляції додаткові хвилі відсутні, на низхідній частині реєструються різнохарактерні дрібні осциляції. Висновки: незначні відхилення у стані АНС, нервово-рефлекторних механізмів регуляції кровообігу на початку компресії.



Мал. 2.8.3. На початку компресії амплітуда осциляцій змінюється нерівномірно, на висхідній частині осциляції можуть зустрічатися додаткові хвилі, на низхідній частині реєструються різноманітні дрібні осциляції. Висновки: середній рівень порушень діяльності АНС, нервово-рефлекторних механізмів регуляції серцевої діяльності та стану судин, пружно-еластичних властивостей судинної стінки на початку компресії.



Мал. 2.8.4. На початку компресії амплітуда осциляцій змінюється нерівномірно, на висхідній частині осциляції реєструється велика кількість дрібних осциляцій, на низхідній частині – значна кількість різноманітних дрібних осциляцій. Висновки: незадовільний рівень адаптаційної здатності АНС та нервово-рефлекторних механізмів регуляції серцевої діяльності і стану судин та пружно-еластичних властивостей судинної стінки на початку компресії плеча.



Мал. 2.8.5. На початку компресії реєструються хаотичні за амплітудою, частотою та формою осциляції. Висновки: надзвичайне зниження адаптаційної здатності АНС, пружно-еластичних властивостей стінки судин та нервово-рефлекторних впливів на їхній стан.

Мал. 2.8 (1-5). Реакція судин на початок компресії (до досягнення діастолічного тиску) за амплітудою та частотою осциляцій, згрупованих за рівнями вагових відмінностей (шкала від 1 до 5) з поясненнями.

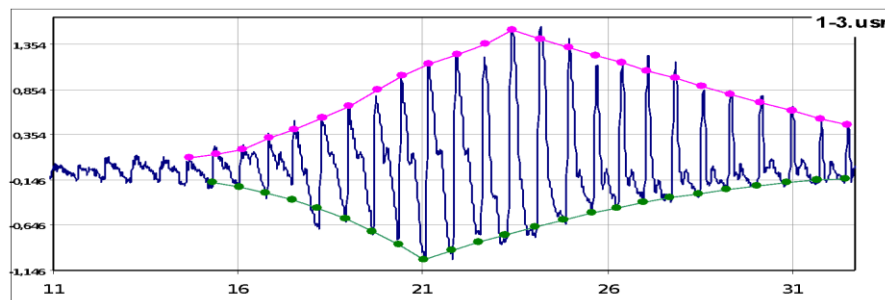
Примітка: на цій і наступних АОГ по осі Х – час реєстрації окремих осциляцій (с), по осі Y – значення коливань тиску в манжеті під впливом судинної стінки артерії (мм рт. ст.).

М2. Якість адаптації до компресії

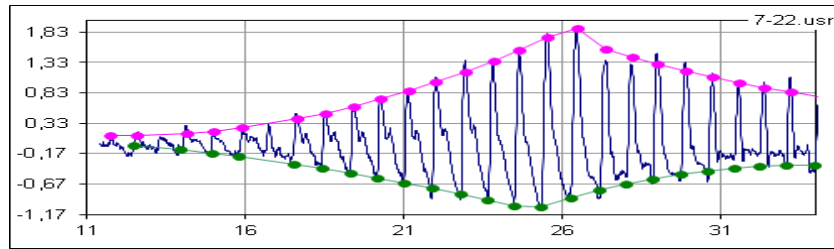
Проводиться аналіз динаміки зростання та спадання **амплітуди** пульсацій від діастолічного тиску і до кінця компресії. Для морфологічного аналізу форми осцилограми за показниками максимальних та мінімальних екстремумів осциляцій, розміщених по обидва боки відносно осі Х, побудовано **огиначаючі** [26].

Симетричне розміщення огиначаючих, створених за максимальними та мінімальними екстремумами, їх куполоподібна форма з рівномірним зростанням та зниженням, поява піків за максимумами слідом за мінімальними свідчить про адекватну реакцію судин передпліччя на поступово зростаючу компресію.

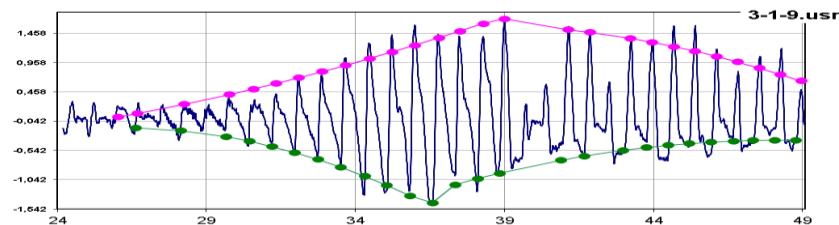
Види осцилограм, згрупованих за рівнями вагових відмінностей (шкала від 1 до 5), зображені на малюнках 2.9 (1-5).



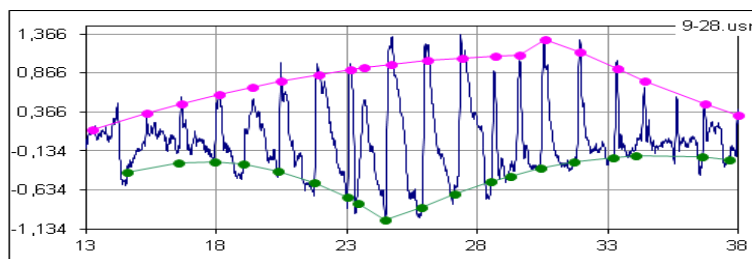
Мал. 2.9.1. Огиначаюча за максимумами рівномірно зростає, досягає свого піку та поступово рівномірно спадає. Огиначаюча за мінімумами має аналогічну форму, розміщену симетрично від осі Х. Лише її максимум розміщений на пульсацію швидше від піку за максимумами. Висновки: задовільний стан АНС, нервово-рефлекторних механізмів регуляції кровообігу, задовільний тонус та еластичність судин.



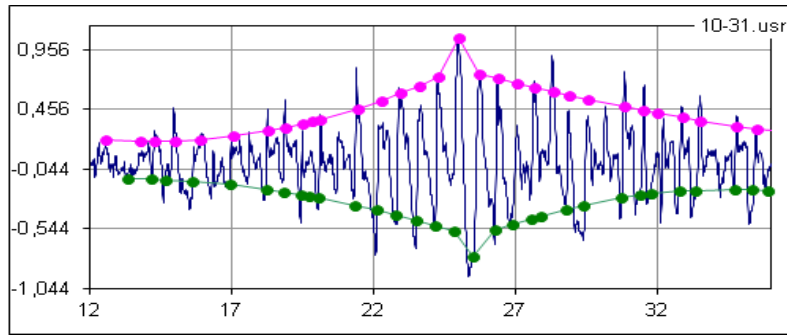
Мал. 2.9.2. Огинача за максимумами рівномірно зростає, досягає свого піку та поступово рівномірно спадає. Огинача за мінімумами має аналогічну форму, розміщену симетрично від осі X. Лише окремі максимуми осциляцій незначно відхиляються від неї (розміщені вище чи нижче від огиначаючої). Висновки: незначні відхилення адаптаційної здатності АНС, нервово-рефлекторних впливів на стан гемодинаміки.



Мал. 2.9.3. Огинача за максимумами рівномірно зростає, досягає свого піку та поступово рівномірно спадає. Огинача за мінімумами має аналогічну форму, розміщену симетрично від осі X. При цьому окремі осциляції мають значне відхилення від огиначаючої в бік їх збільшення чи зменшення. Висновки: середній рівень порушень діяльності АНС, нервово-рефлекторних механізмів регуляції серцевої діяльності та стану судин, порушення пружно-еластичних властивостей судинної стінки.



Мал. 2.9.4. Огинача за максимумами зростає та знижується нерівномірно. Огинача за мінімумами суттєво відрізняється від максимальної. Значна кількість осциляцій мають виражене відхилення від огиначаючої в бік їх збільшення чи зменшення. Висновки: значний рівень порушень діяльності АНС, нервово-рефлекторних механізмів регуляції серцевої діяльності та стану судин.

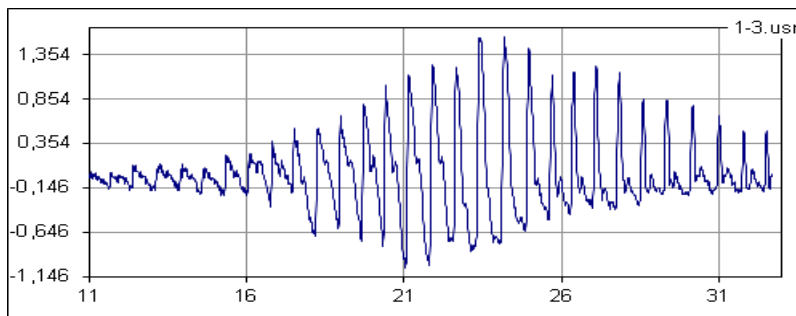


Мал. 2.9.5. Огинаюча за максимумами зростає, досягає свого піку та спадає. Огинаюча за мінімумами відрізняється від максимальної. При цьому переважна кількість осциляцій мають виражений хаотичний характер, відхиляються від огинаючої в бік їх збільшення чи зменшення. Висновки: вкрай незадовільний рівень адаптаційної здатності АНС, нервово-рефлекторних механізмів регуляції серцевої діяльності та стану судин до компресії плеча.

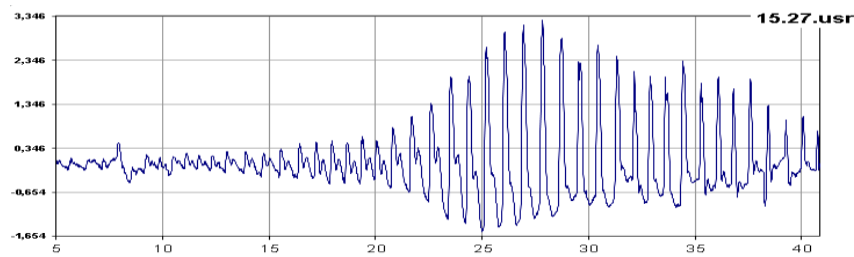
Мал. 2.9 (1-5). Види огинаючих, сформованих за максимальними та мінімальними екстремумами осцилограм судин плеча, згрупованих за рівнями вагових відмінностей (шкала від 1 до 5) з поясненнями.

М3. Порухення ритмічності пульсацій

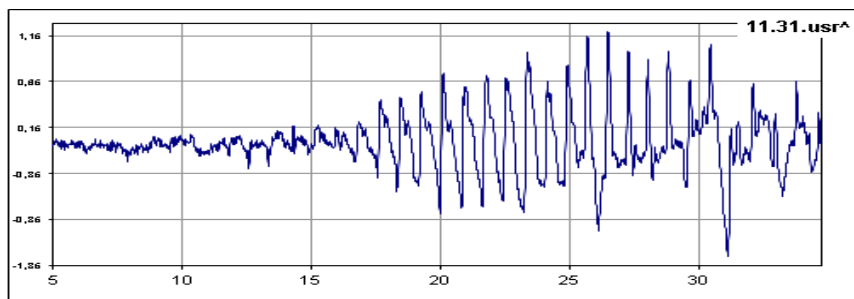
Реакція судин ділянки плеча на компресію за амплітудою, кількістю та наявністю **екстремальних** (з нерівномірним збільшенням) амплітуд осциляцій, згрупованих за рівнями вагових відмінностей (шкала від 1 до 5), зображені на мал. 2.10 (1-5).



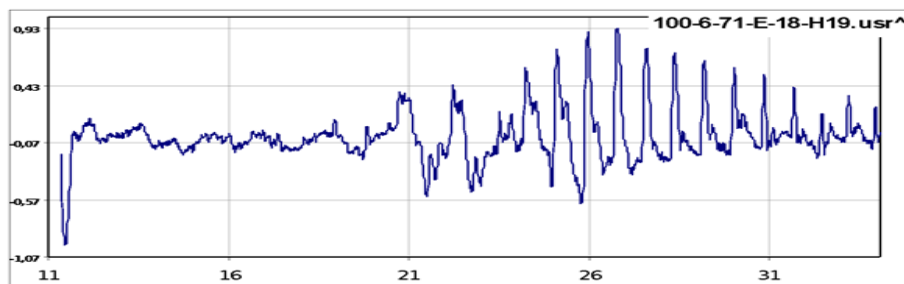
Мал. 2.10.1. Осцилограмі притаманне рівномірне зростання амплітуди осциляцій, досягнення піку та зниження її. Відсутні екстремальні осциляції. Висновки: задовільний стан адаптаційної здатності АНС, нервово-рефлекторних механізмів регуляції кровообігу до компресії плеча, задовільний тонус та еластичність судин.



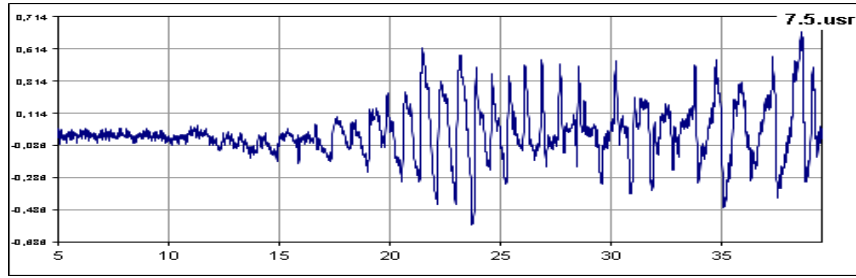
Мал. 2.10.2. Спостерігаються поодинокі осциляції зі зростанням (чи зменшенням) їх амплітуди не більше ніж на 50% від поруч розміщених. Висновки: незначні відхилення в адаптаційній здатності АНС, нервово-рефлекторних механізмах регуляції кровообігу до компресії плеча, задовільний тонус та еластичність судин.



Мал. 2.10.3. На осцилограмі спостерігаються декілька осциляцій із збільшенням (чи зменшенням) їх амплітуд не більше ніж на 50% від поруч розміщених. Висновки: значні відхилення в адаптаційній здатності АНС, нервово-рефлекторних механізмах регуляції кровообігу до компресії плеча, порушення тону та еластичності судин.



Мал. 2.10.4. В процесі компресії в різних частинах осцилограми спостерігаються окремі осциляції із зміною їх амплітуди на понад 50% від поруч розміщених. Висновки: значно виражені відхилення в адаптаційній здатності АНС, нервово-рефлекторних механізмах регуляції кровообігу до компресії плеча, виражені порушення тону та еластичності судин.

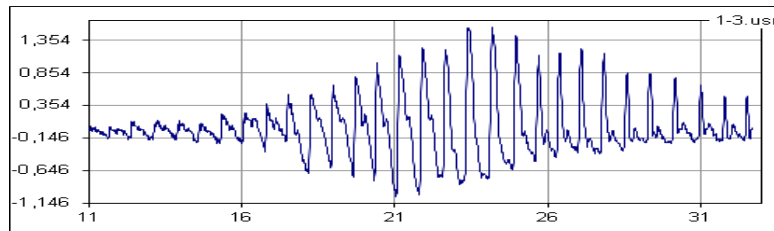


Мал. 2.10.5. В процесі компресії в різних частинах осцилограми спостерігається значна кількість осциляцій зі зростанням (чи зменшенням) їх амплітуди на понад 50% від поруч розміщених. Висновки: вкрай незадовільна адаптаційна здатність АНС, нервово-рефлекторних механізмів регуляції діяльності серця та судин до компресії плеча.

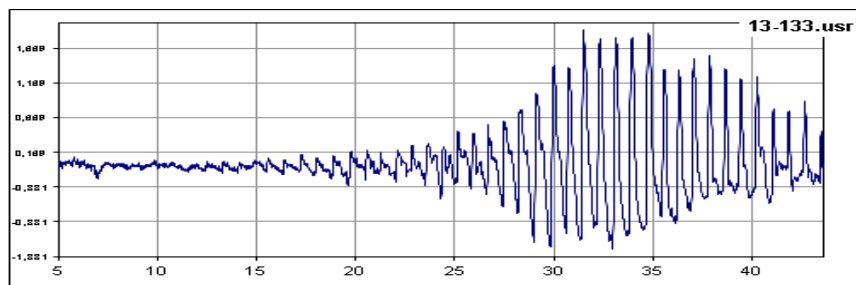
Мал. 2.10 (1-5). Реакція судин ділянки плеча на компресію за амплітудою, кількістю та наявністю екстремальних (з нерівномірним збільшенням амплітуд) осциляцій, згрупованих за рівнями вагових відмінностей (шкала від 1 до 5) з поясненнями.

М4. Еластичність судин

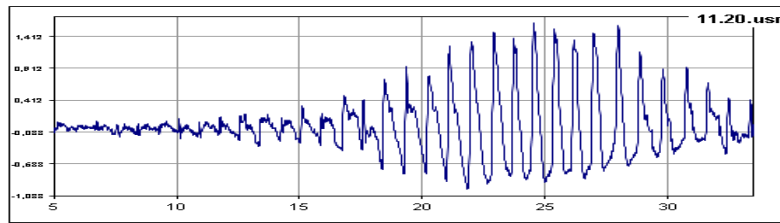
Реакція судин ділянки плеча на компресію за кількістю **максимальних** за амплітудою осциляцій, згрупованих за рівнями вагових відмінностей (шкала від 1 до 5), зображена на мал. 2.11 (1-5).



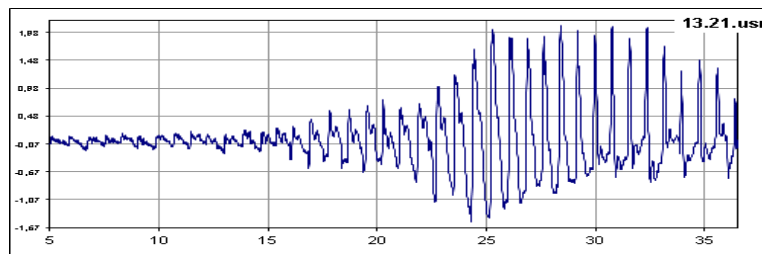
Мал. 2.11.1. Кількість максимальних осциляцій: 1-2. Висока якість пружно-еластичних властивостей судинної стінки, які забезпечуються волокнами трьох типів: еластичними, колагеновими, гладком'язевими). Висновки: високий рівень адаптаційної здатності АНС, нервово-рефлекторних впливів на їх стан.



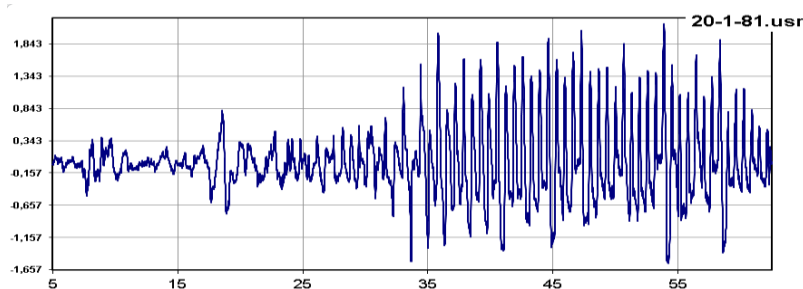
Мал. 2.11.2. Кількість максимальних осциляцій 3-5, які за амплітудою незначно відрізняються. Висновки: незначне зниження рівня пружно-еластичних властивостей стінки судин та нервово-рефлекторних впливів на їх стан.



Мал. 2.11.3. Кількість максимальних осциляцій 6-9, які за амплітудою незначно відрізняються. Висновки: зниження рівня пружно-еластичних властивостей стінки судин та нервово-рефлекторних впливів на їх стан.



Мал. 2.11.4. Кількість максимальних осциляцій 10-20, які за амплітудою незначно відрізняються. Тривале їх збереження без збільшення чи затухання в процесі зростання компресії свідчить про органічну судинну патологію досліджуваної ділянки [46]. Висновки: значне зниження рівня пружно-еластичних властивостей стінки судин та нервово-рефлекторних впливів на їх стан.



Мал. 2.11.5. Відсутність явно виражених двох або більше поруч розміщених осциляцій з максимальними амплітудами. Висновки: максимальні амплітуди періодично рееструються протягом тривалого часу. Надзвичайно знижені пружно-еластичні властивості стінки судин та нервово-рефлекторні впливи на їх стан

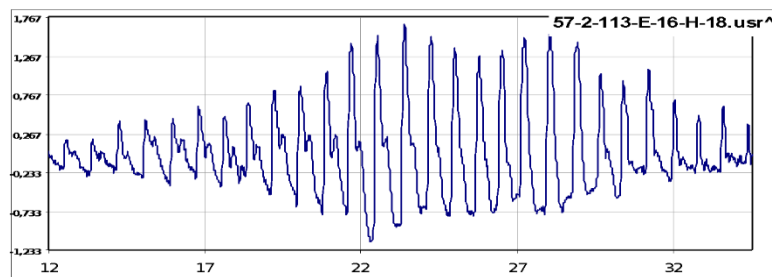
Мал. 2.11 (1-5). Реакція тканин ділянки плеча на компресію за кількістю максимальних за амплітудою осциляцій, згрупованих за рівнями вагових відмінностей (шкала від 1 до 5) з поясненнями.

М5. Тонус судин (пружно-еластична здатність – на початку компресії)

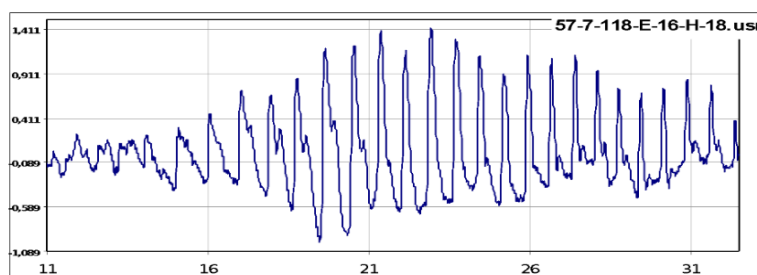
Тонус судин на початку компресії оцінено за формою **верхніх екстремумів**. Тонус судин залежить від пружно-еластичних властивостей судинної стінки, які зумовлені особливостями їх структури (індивідуальними, віковими, патологічними), тонічним напруженням м'язового шару судинної стінки, ступенем пасивного напруження судинної стінки і підлягають нервово-рефлекторним впливам [193]. В нормі вершини верхніх екстремумів загострені. На початку компресії їх кут більший, в процесі зростання компресії – спочатку зменшується, а потім наближається до нуля: верхня частина катакроти значно наближається до анакроти або співпадає з нею.

Підвищення тону судин супроводжується зменшенням крутизни нахилу анакроти і збільшенням її тривалості, зниженням амплітуди і зміщенням дикротичного зубця до вершини, яка набуває форму «плато». При **вазодилатації, навпаки**, вершина реохвилі загострюється, збільшується крутизна піднімання анакротичної фази, зменшується її тривалість. Дикротичний зубець зміщується до основи кривої.

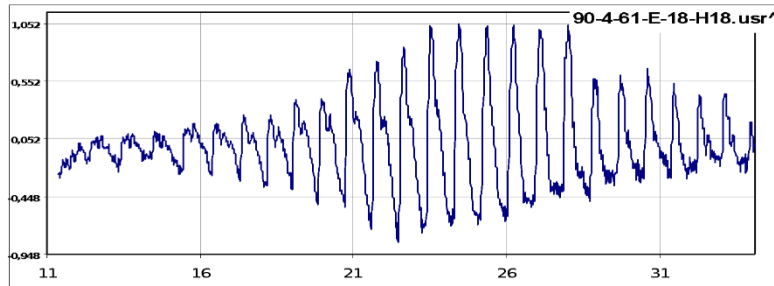
Реакція судин ділянки плеча на компресію за **формою верхніх екстремумів осциляцій на початку компресії** (до появи діастолічного тиску), згрупованих за рівнями вагових відмінностей (шкала від 1 до 5), зображена на мал. 2.12 (1-5).



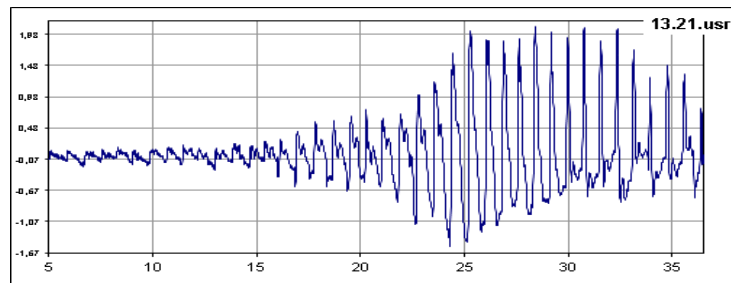
Мал. 2.12.1. Вершини загострені та однотипні. Висновки: задовільний тонус судин, високий рівень адаптаційної здатності АНС, нервово-рефлекторних механізмів регуляції кровообігу. Пружно-еластичні властивості судинної стінки збережені.



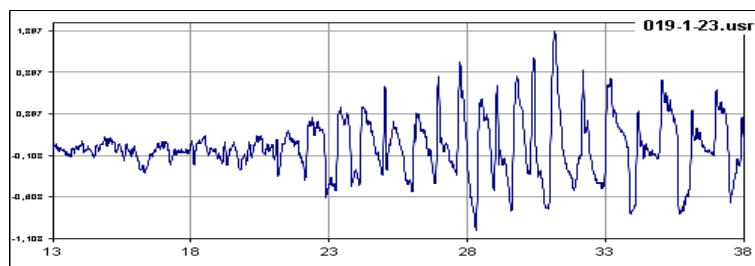
Мал. 2.12.2. Дикротичний зубець розміщений біля вершини, в окремих випадках – перевищує її; вершини двогорбі. Висновки: незначне короткочасне підвищення тону судин, порушення адаптаційної здатності АНС та нервово-рефлекторних впливів на стан гемодинаміки. Пружно-еластичні властивості судинної стінки дещо знижені..



Мал. 2.12.3. Дикротичний зубець розміщений біля вершини, зберігається в процесі компресії – перевищує її; вершини двогорбі. Висновки: значне підвищення тону судин, зумовлене порушенням адаптаційної здатності АНС та нервово-рефлекторних впливів на стан гемодинаміки.



Мал. 2.12.4. Вершини сплюснені за рахунок додаткових хвиль. Висновки: значне, більш тривале підвищення тону судин, значне зниження адаптаційної здатності АНС і нервово-рефлекторних механізмів регуляції стану судин на початку компресії.



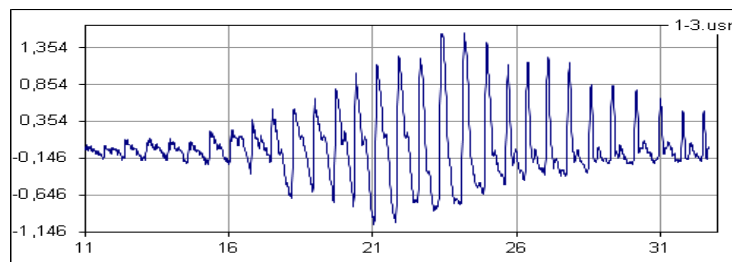
Мал. 2.12.5. Виявити будь-які характеристики, притаманні вершинам осциляцій, не вдалося. Висновки: вкрай незадовільний стан судин, адаптаційної

здатності АНС, нервово-рефлекторних механізмів регуляції стану серцевого та судинного чинників гемодинаміки.

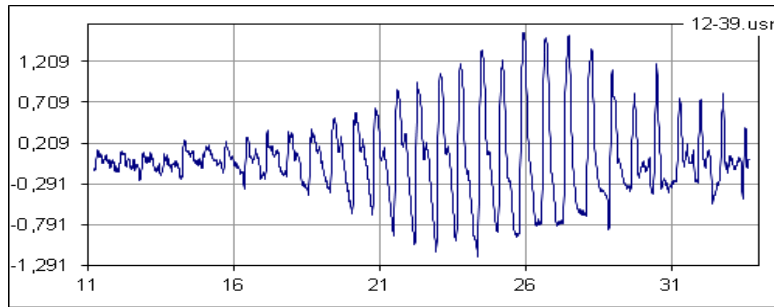
Мал. 2.12 (1-5). Форма верхніх екстремумів осциляцій на початку компресії, до появи діастолічного тиску, згрупованих за рівнями вагових відмінностей (шкала від 1 до 5) з поясненнями.

М6. Тонус судин (пружно-еластична здатність судин та збудливість судинної стінки – за дрібними осциляціями)

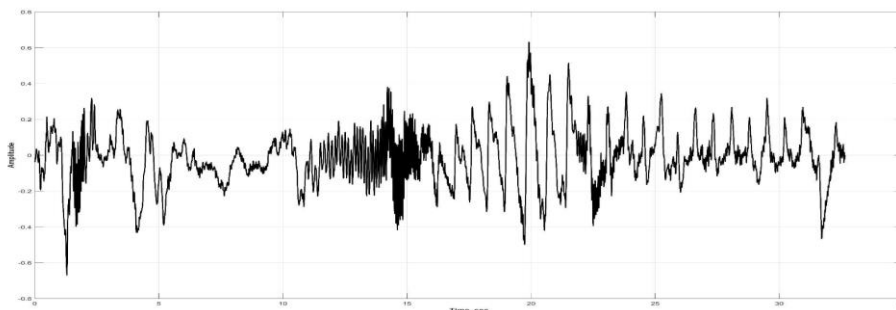
У початковий період обтискання плеча, коли компресія лише наростає і не має суттєвого впливу на кровообіг, виникає можливість оцінити стан серцево-судинної системи в спокої [36]. В міру наростання компресії амплітуда пульсацій рівномірно збільшуються за рахунок підвищення тиску в манжеті. На висхідній частині осциляції додаткові хвилі відсутні. На низхідній – окрім дикротичної хвилі, реєструються дрібні додаткові хвилі різної кількості, розмірів та локалізації [157, 198]. Флуктуації на записах тиску різноманітні і численні, тому розцінити якусь з них як наслідок відбиття хвиль від аортальних клапанів не завжди вдається [157, 202]. Згадані реакції можуть бути зумовлені (насамперед) механізмами термінової реакції гладкої мускулатури судин на компресію. До них відносять циркулярні реакції нервового походження – барорецепторні, хеморецепторні, рефлекс на ішемію центральної нервової системи та ін., які контролюють різні параметри кровообігу і постійно інформують центральну нервову систему про зміни, що виникають. Відзначені чинники проявляють себе як на початку, так і в процесі усєї компресії [179]. Однотипні дрібні осциляції в період, коли судина повністю стиснута, є результатом дії інерційних сил. Вони утримуються до появи наступного гідравлічного удару. Неоднорідність реакції судинної стінки на наростання компресії зумовлена станом нервово-рефлекторних механізмів регуляції судинного чинника та пружно-еластичними властивостями судинної стінки (див. мал. 2.13 (1-5) [1]).



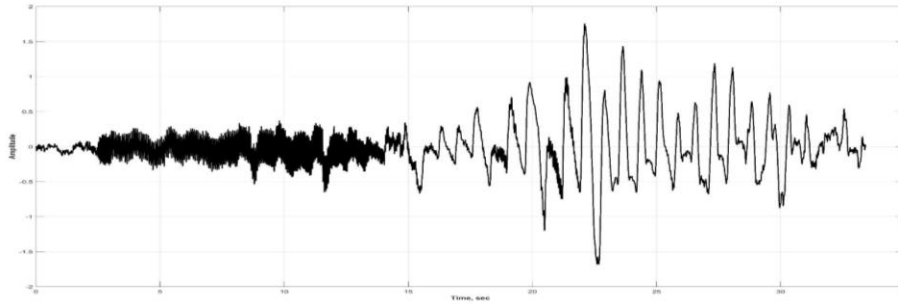
Мал. 2.13.1. На початку компресії амплітуда пульсацій рівномірно зростає, на висхідній частині осциляції додаткові хвилі відсутні, на низхідній частині реєструється незначна кількість рівномірно розміщених однотипних дрібних пульсацій. *Незначна кількість дрібних пульсацій в кінці компресії, при максимальному стисненні судин.* Висновки: задовільний тонус судин, адаптаційна здатність АНС, нервово-рефлекторних механізмів регуляції кровообігу та пружно-еластичних властивостей судинної стінки.



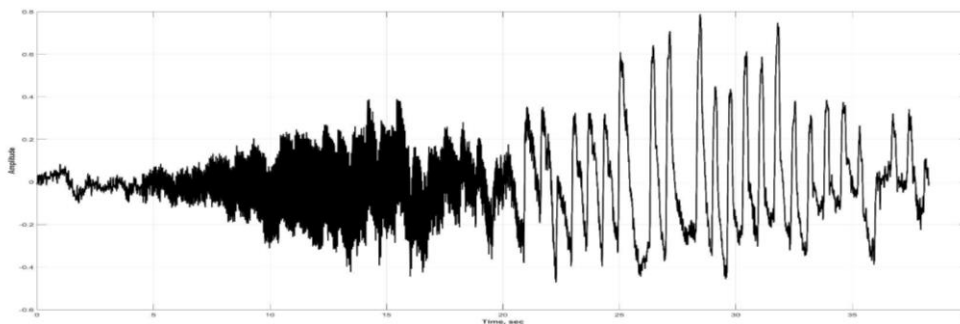
Мал. 2.13. 2. На початку компресії амплітуда пульсацій рівномірно зростає, на висхідній частині осциляції додаткові хвилі відсутні, на низхідній частині реєструється незначна кількість рівномірно розміщених однотипних дрібних пульсацій. *Більша кількість дрібних пульсацій поруч з дикротичною хвилею.* Висновки: незначне зниження адаптаційної здатності АНС, нервово-рефлекторних механізмів регуляції кровообігу в процесі компресії. Деяко підвищений тонус судин.



Мал. 2.13.3. На початку компресії реєструється більш тривалий сплеск автоколивань, амплітуда пульсацій змінюється нерівномірно, *на висхідній частині осциляції можуть зустрічатися додаткові хвилі*, на низхідній частині реєструються різноманітні дрібні додаткові хвилі, що спричиняє автоколивання. Однотипні дрібні осциляції при максимальній компресії в період, коли судина повністю стиснута, є результатом дії інерційних сил. Висновки: зниження пружно-еластичних властивостей судинної стінки, адаптаційної здатності АНС, нервово-рефлекторних механізмів регуляції кровообігу до початку компресії. Підвищення збудливості судинної стінки в процесі компресії, що спричиняє автоколивання.



Мал. 2.13.4. На початку компресії ритмічність та амплітуда пульсацій змінюється нерівномірно, часті автоколювання, на висхідній частині осциляції можуть зустрічатися додаткові хвилі, дрібні осциляції в період, коли судина повністю стиснута. Висновки: значне підвищення збудливості судинної стінки протягом компресії. Значне зниження пружно-еластичних властивостей судинної стінки, адаптаційної здатності АНС, нервово-рефлекторних механізмів регуляції кровообігу протягом компресії.

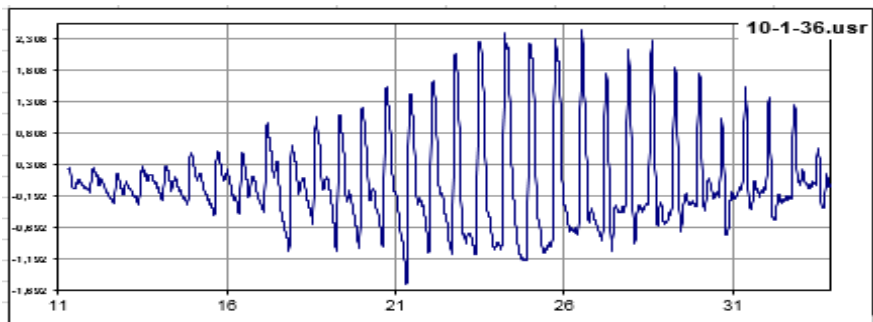


Мал. 2.13.5. Протягом усієї компресії реєструються хаотичні за амплітудою, частотою та формою осциляції. Висновки: вкрай надмірне підвищення збудливості, значне порушення пружно-еластичних властивостей судинної стінки, адаптаційної здатності АНС, нервово-рефлекторних механізмів регуляції кровообігу.

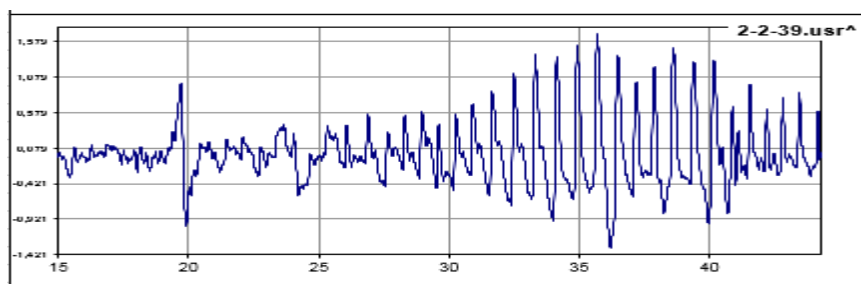
Мал. 2.13 (1-5). Оцінка тону судин (пружно-еластична здатність – за дрібними осциляціями; згруповано за рівнями вагових відмінностей (шкала від 1 до 5) з поясненнями.

М7. Рівень збудливості м'язів на початку компресії

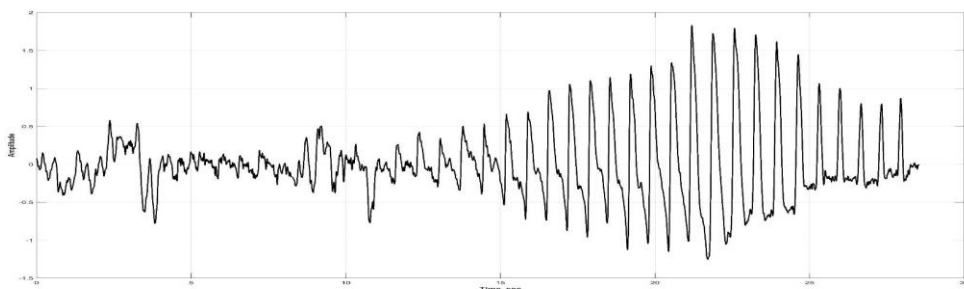
Проводиться оцінка позачергових пульсацій, пов'язаних зі скороченням посмугованих м'язів в місці вимірювання тиску (див. мал. 2.14 (1-5)).



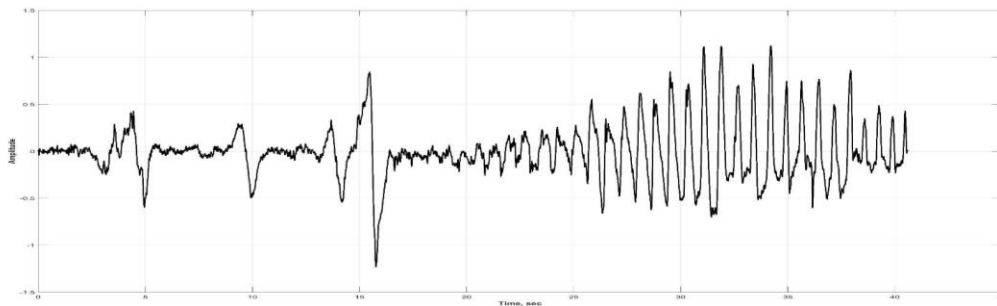
Мал. 2.14.1. Позачергові пульсації, пов'язані зі скороченням м'язів відсутні. Висновки: задовільний стан м'язів плеча, адекватна реакція посмугованої мускулатури на поступово зростаючу компресію плеча. Стан соматичної нервової системи задовільний.



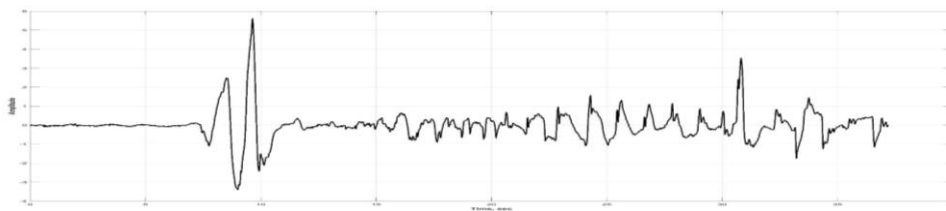
Мал. 2.14.2. Поодинокі позачергові пульсації, пов'язані зі скороченням м'язів. Висновки: незначне підвищення збудливості посмугованої мускулатури при поступово зростаючій компресії плеча. Незначні порушення стану соматичної нервової системи.



Мал. 2.14.3. Одна-дві позачергові пульсації, пов'язані зі скороченням м'язів значно більшої амплітуди. Висновки: підвищення збудливості посмугованої мускулатури при поступово зростаючій компресії плеча. Порушення стану соматичної нервової системи. Порушення адекватності реакції посмугованої мускулатури на поступово зростаючу компресію плеча.



Мал. 2.14.4. 2-3 позачергові пульсації, пов'язані зі скороченням м'язів. Висновки: значне підвищення збудливості посмугової мускулатури при поступово зростаючій компресії плеча. Значне порушення адаптаційної здатності соматичної нервової системи.



Мал. 2.14.5. Групові одноразові чи багаторазові появи позачергових пульсацій, пов'язані зі скороченням м'язів. Висновки: вкрай підвищена збудливість посмугової мускулатури при поступово зростаючій компресії плеча. Значне порушення адаптаційної здатності соматичної нервової системи.

Мал. 2.14 (1-5). Оцінка рівня збудливості м'язів на початку компресії; згруповано за рівнями вагових відмінностей (шкала від 1 до 5) з поясненнями.

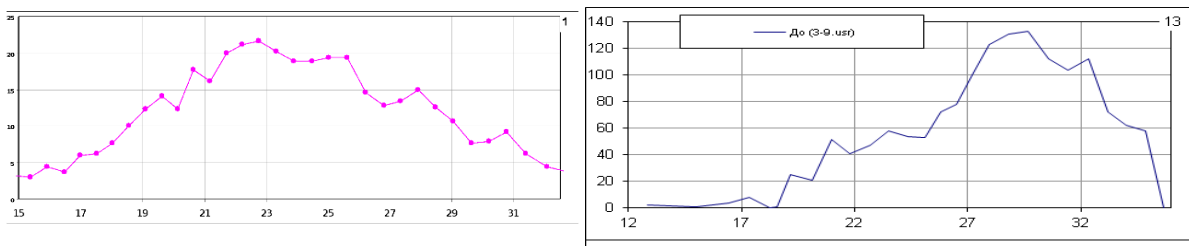
М8 та М9. Оцінка систолічної спроможності серця (М8) та діастолічної спроможності судин (М9) (мал. 2.15 (1-5)).

Ритмічність зміни площі висхідної частини (М8) пульсацій залежить від узгодженості адаптаційних процесів між внутрішньосерцевою та зовнішньосерцевою регуляцією. До перших належать гетерометрична, міжклітинна регуляція, внутрішньосерцеві рефлекторні дуги. Другі – зумовлені імпульсами, які надходять до серця з ЦНС блукаючими та симпатичними нервами. Зміна площі залежить від тривалості висхідної частини осциляцій. Вона відображає потужність пульсової хвилі, створеної систолічним викидом. Прискорення крові на початку фази вигнання виникає дуже швидко, але дуже короткочасно [8].

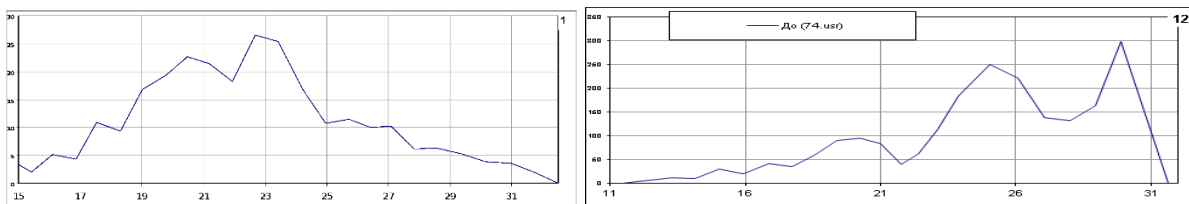
Діастолічну спроможність судин (М9) оцінено за динамікою зміни площі низхідної частини пульсацій. Оцінку динаміки зміни площі низхідної частини пульсацій проведено шляхом визначення площі фігури від максимуму пульсації до наступного нижнього екстремуму та перетину перпендикулярів від максимуму вершини та нижнього екстремуму. Згадана динаміка відображає судинну складову

при адаптації до зміни компресії манжетою. Зміна площі залежить від тривалості низхідної частини осциляцій, (фази повільного вигнання крові та діастоли). Вона більша за анакроту. Це зумовлено тим, що великі судини, у тому числі аорта, – судини еластичного типу, тому протягом систоли вони діють як ємність, що накопичує частину вигнаного об'єму крові, яка потім під час діастоли проштовхується в периферійні судини [267]. Ступінь розтягнення судин залежить від пружно-еластичних властивостей судинної стінки, які зумовлені особливостями їх структури (індивідуальними, віковими, патологічними), тонічним напруженням м'язового шару судинної стінки, ступенем пасивного напруження судинної стінки.

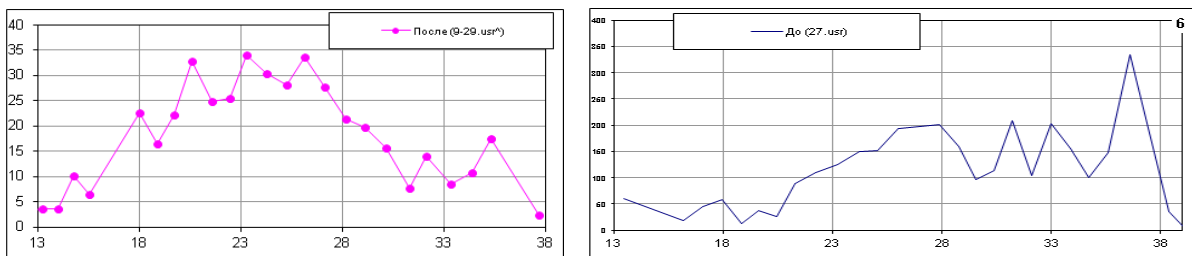
Реакції судин ділянки плеча на компресію за величиною **зміни площі висхідної** та низхідної частини осциляцій (згруповано за рівнями вагових відмінностей (шкала від 1 до 5)), зображені на мал. 2.15 (1-5).



Мал. 2.15.1. Площа осциляцій рівномірно зростає, досягає максимуму і поступово зменшується, коливання площ незначні. Висновки: задовільний стан АНС, нервово-рефлекторних механізмів регуляції кровообігу, задовільний тонус та еластичність судин.

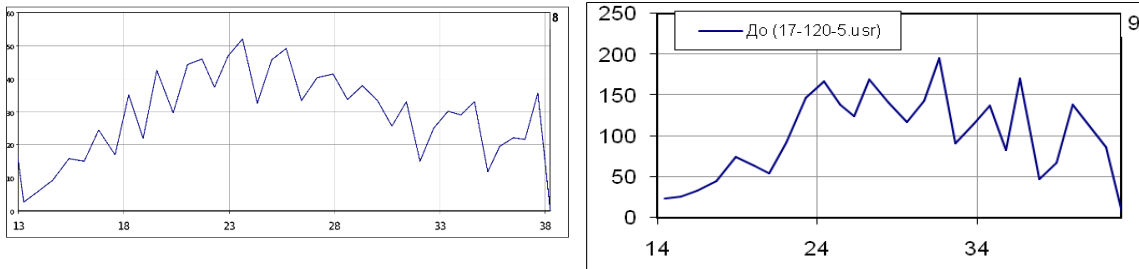


Мал. 2.15.2. Площа осциляцій зростає нерівномірно, коливання площ більш виражені. Висновки: незначні відхилення адаптаційної здатності АНС, нервово-рефлекторних впливів на стан гемодинаміки.

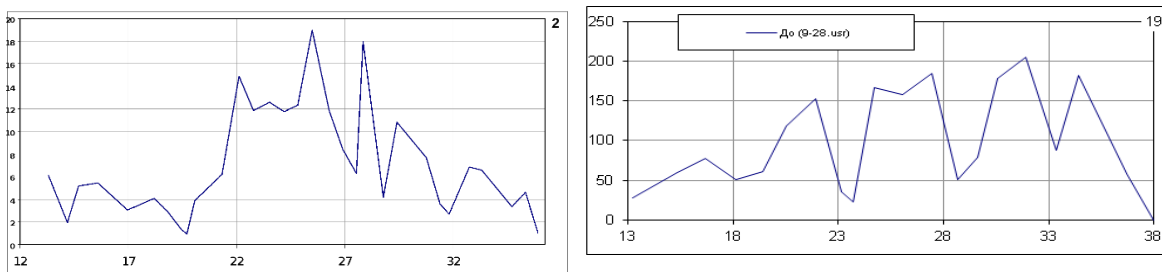


Мал. 2.15.3. Площа осциляцій змінюється нерівномірно,

коливання площ значні. Висновки: середній рівень порушень діяльності АНС, нервово-рефлекторних механізмів регуляції серцевої діяльності та стану судин, порушення пружно-еластичних властивостей судинної стінки.



Мал. 2.15.4. Площа осциляцій змінюється хаотично. Значний рівень порушень діяльності АНС, нервово-рефлекторних механізмів регуляції серцевої діяльності та стану судин.

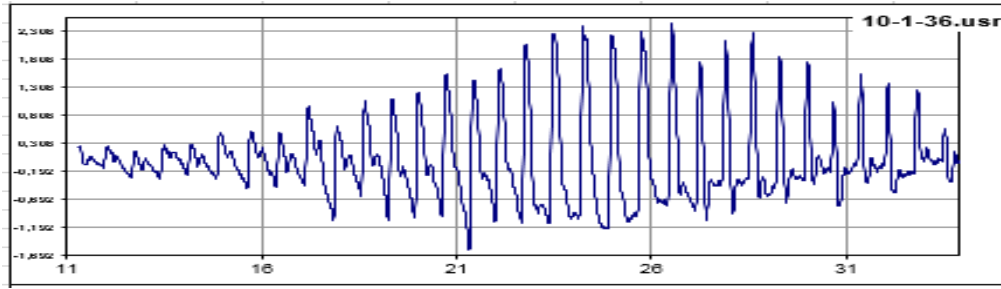


Мал. 2.15.5. Площа осциляцій змінюється значно та хаотично. Висновки: вкрай незадовільний рівень адаптаційної здатності АНС, нервово-рефлекторних механізмів регуляції серцевої діяльності та стану судин до компресії плеча.

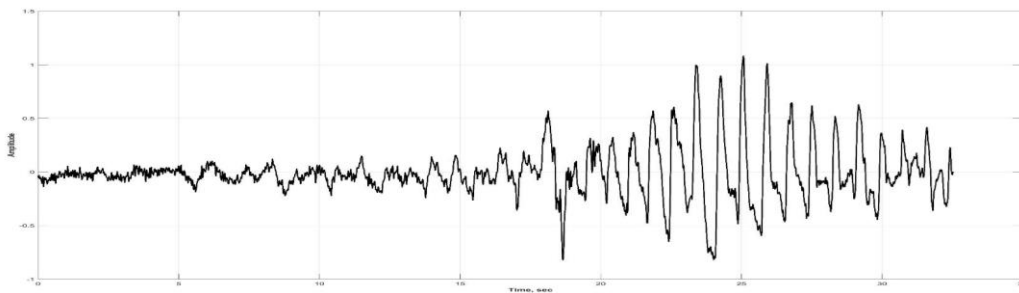
Мал. 2.15 (1-5). Реакція судин ділянки плеча на компресію за величиною зміни площі висхідної (зліва) та низхідної (справа) частини осциляцій (згруповано за рівнями вагових відмінностей (шкала від 1 до 5)). *Примітка: по осі X – час реєстрації окремих осциляцій (с), по осі Y – площа фаз осциляцій.*

М10. Рівень збудливості м'язів в процесі компресії

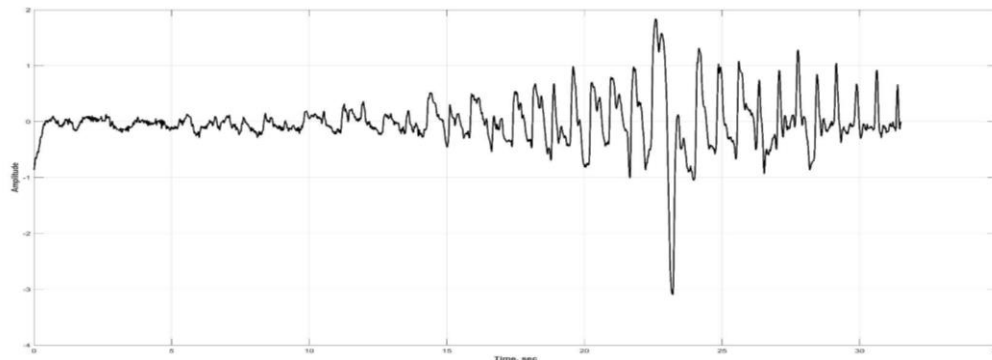
Проводиться оцінка позачергових пульсацій, пов'язаних зі скороченням посмугованих м'язів в місці вимірювання тиску (мал. 2.16 (1-5)).



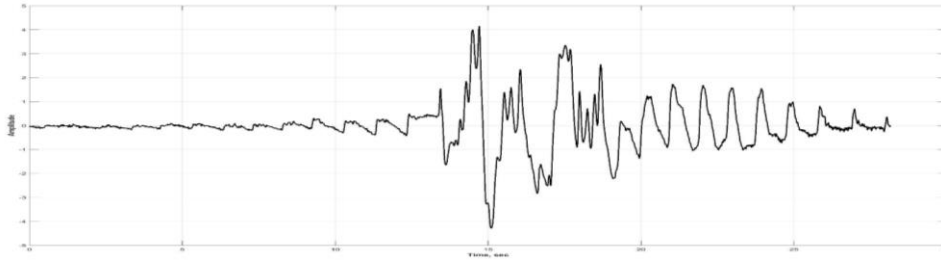
Мал. 2.16.1. Позачергові пульсації, пов'язані зі скороченням м'язів, відсутні. Висновки: задовільний стан м'язів плеча, адекватна реакція посмугованої мускулатури на поступово зростаючу компресію плеча. Стан соматичної нервової системи відмінний.



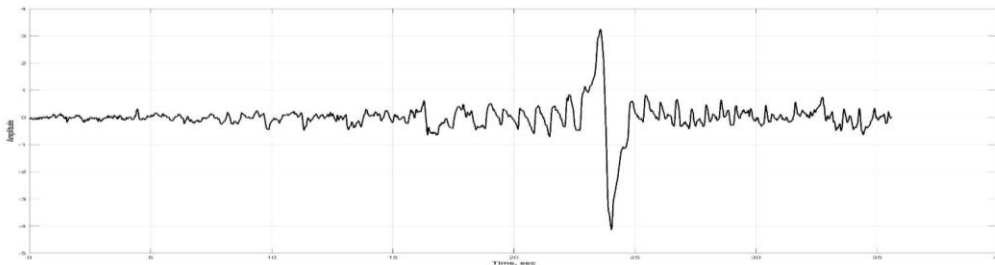
Мал. 2.16.2. Поодинокі позачергові пульсації, пов'язані зі скороченням м'язів. Незначне підвищення збудливості посмугованої мускулатури при поступово зростаючій компресії плеча. Висновки: порушення адекватності реакції посмугованої мускулатури на поступово зростаючу компресію плеча. Стан соматичної нервової системи дещо порушений.



Мал. 2.16.3. 1-2 позачергові пульсації, пов'язані зі скороченням м'язів значно більшої амплітуди. Висновки: підвищення збудливості посмугованої мускулатури при поступово зростаючій компресії плеча. Порушення стану соматичної нервової системи. Порушення адекватності реакції посмугованої мускулатури на поступово зростаючу компресію плеча.



Мал. 2.16.4. Позачергові пульсації, пов'язані зі скороченням м'язів значно більшої амплітуди. Висновки: значне підвищення збудливості посмугованої мускулатури при поступово зростаючій компресії плеча. Значне порушення адаптаційної здатності соматичної нервової системи.



Мал. 2.16.5. Групові одноразові чи багаторазові позачергові пульсації, пов'язані зі скороченням м'язів. Висновки: вкрай підвищена збудливість посмугованої мускулатури при поступово зростаючій компресії плеча. Значне порушення адаптаційної здатності соматичної нервової системи.

Мал. 2.16 (1-5). Оцінка рівня збудливості м'язів під час компресії (згруповано за рівнями вагових відмінностей (шкала від 1 до 5) з поясненнями)

Загальна оцінка морфологічного аналізу АОГ за 10 вищезазначеними критеріями

Кожен з 10 критеріїв комплексного аналізу оцінений за п'ятьма типами АОГ та визначено Мср для кожного з типів, розроблено їх загальну оцінку, рівень здоров'я, стан адаптації. Загальна характеристика стану регуляторних механізмів та рекомендації щодо підтримання (чи корекції) отриманих результатів більш детально описані у додатку А.

Висновки

Застосування інформаційних технологій дало можливість на основі аналізу осцилограм розробити морфологічні критерії оцінки стану ССС.

Морфологічний аналіз АОГ дає можливість оцінити тонус та прохідність судин, стан серцево-судинної та автономної нервової систем, артеріальний тиск, нервово-рефлекторні механізми регуляції кровообігу, пружно-еластичні властивості

судинної стінки та їх функціональну здатність адаптуватися до компресії плеча [42, 53].

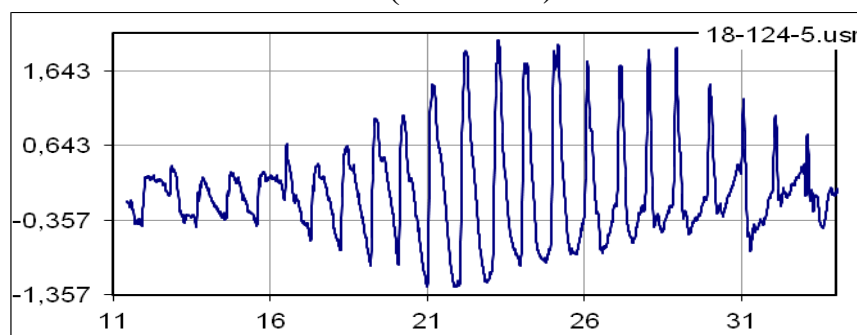
Неоднорідна реакція гладкої мускулатури судин на компресію свідчить про різні рівні чутливості баро- і хеморецепторів, які контролюють різні параметри кровообігу та гнучкості пристосувальної здатності серця і судин до змінюваних умов зовнішнього середовища.

Фізіологічна та клінічна інтерпретація отриманих даних дає можливість ефективніше вирішувати завдання діагностичного і прогностичного профілю, оцінки функціонального стану, контролю ефективності лікувально-профілактичних впливів, прогнозування функціональних станів при профвідборі і визначенні профпридатності. Зазначене є дієвим засобом профілактики «помолодшання» захворювань серцево-судинної системи, запобігання судинних катастроф та інших захворювань.

2.2. ЧАСОВИЙ АНАЛІЗ АРТЕРІАЛЬНИХ ОСЦИЛОГРАМ

Д.В. Вакуленко, Л.О. Вакуленко

Артеріальна осцилограма з визначеними тривалостями інтервалів може нести набагато більше інформації про стан серцево-судинної системи. Для зручності часового аналізу АОГ (як і в розділі I), залежно від ступеня компресії, осцилограму умовно поділено на 3 основні частини (мал. 2.17).



Мал. 2.17. Артеріальна осцилограма юнака К., 18 років

Перша — від початку компресії до різкого зростання амплітуди пульсацій, досягнення у манжеті рівня діастолічного тиску (в розглянутому прикладі — до 18 с). **Друга** — наростання компресії: від меж різкого зростання до різкого спадання амплітуди пульсацій (18–31 с.). **Третя** — від різкого зменшення амплітуди пульсацій до кінця вимірювання АТ (тиск у манжеті більший від рівня систолічного тиску, 32-33 с) [211, 235]. Перша та остання частини оцінені як реакція судин на різні рівні компресії. У другій частині, під час наростання

стиснення, за тривалістю інтервалів між екстремумами оцінено стан регуляторних механізмів системи кровообігу.

Для розрахованих інтервалів використано методи часового аналізу за певними напрямками [169, 171, 180].

- 1. Проведено** аналіз осцилограми з двох сторін від осі X – за максимальними (позитивними) та мінімальними (негативними) екстремумами.
- 2. Оцінено** зміни тривалостей осциляцій окремо між її максимальними та мінімальними екстремумами. При цьому за позитивними екстремумами ми мали можливість оцінити стан серцевого чинника, за негативними – судинного чинника гемодинаміки [12].
- 3. Проведено** аналіз відношення тривалості висхідної частини осциляції (анакроти) до тривалості усєї хвилі.
- 4. Оцінено** характер порушення ритму серцевої діяльності (тривалість, частота і місце його появи).
- 5. При проведенні** часового аналізу АОГ використовували **статистичні методи**, прийняті для оцінки ВСР електрокардіосигналу) [47, 169, 170, 171, 194, 267].

За статистичними показниками вивчено такі показники:

SDSD – стандартне відхилення різниць між сусідніми нормальними екстремумами (мс).

NN50 – кількість послідовних інтервалів (окремо максимумів та мінімумів), різниця між якими перевищує 50 мс.

Mo (мода) – діапазон значень тривалості осциляцій, які зустрічаються найчастіше (мс).

AMo (амплітуда моди) – число інтервалів, які відповідають значенню моди (%).

BP (варіаційний розмах) – різниця максимальних і мінімальних значень тривалості інтервалів між сусідніми осциляціями (с).

IBP (індекс вегетативної рівноваги), $IBP = AMo / BP$ (у.о.).

ВПР (вегетативний показник ритму), $ВПР = 1 / Mo \times BP$ (у.о.).

ІН (індекс напруги регуляторних систем), $ІН = AMo / (2 * BP * Mo)$ (у.о.).

HRV – індекс – триангулярний індекс (у.о.).

RMSSD – квадратний корінь середніх квадратів різниці між суміжними екстремумами (мс).

RR std – стандартне відхилення між екстремумами (мс).

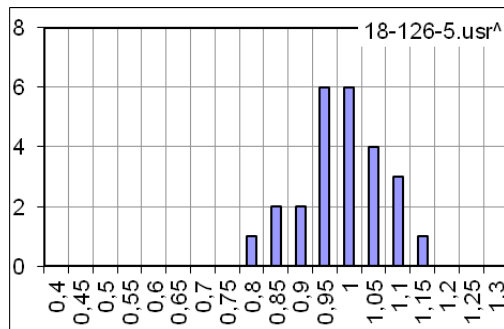
Показники часового аналізу та варіаційної пульсометрії осцилограм

Для прикладу використано показники часового аналізу та варіаційної пульсометрії осцилограми, зареєстрованої у юнака К. (18 років) (мал. 2.17). У стані

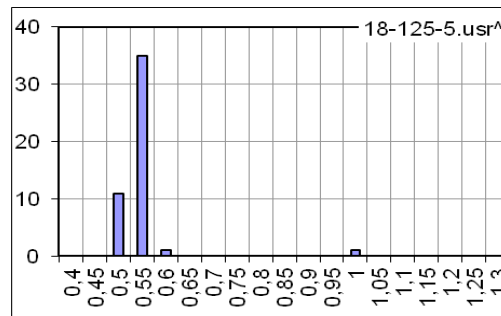
спокою досліджувані показники перебували в межах середніх для обстежених авторами 110 практично здорових осіб, які оцінено як норму (надалі вони подані в дужках): **SDSD** – 0,34 мс (N – 0,45±0,02 мс), **pNN50** – 13% (N – 10,6±0,02), **Mo** – 1,05 (N – 0,87±0,02 мс), **AMo** – 23,81 (N – 37,1±1,1), **IVR** – 52,91 (N – 75,2±7,6), **IN** – 27,78 (N – 32,3±2,9), **HVR-index** – 20,0 (N – 29,2±0,12) [180, 193].

За рівнем відхилення від середніх значень часових показників (від -1 до +1) згруповано 10 категорій АОГ: від -5 до +5 та від 1 до 5).

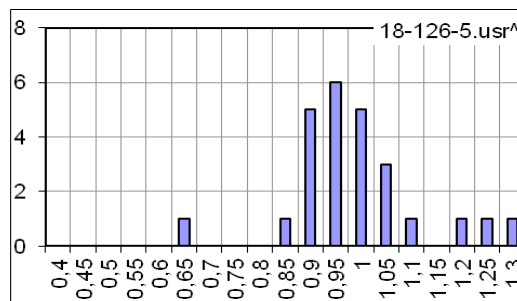
6. Застосовано геометричні методи аналізу осцилограм (гістограма, скатерограма, хаосограма).



а)



б)



в)

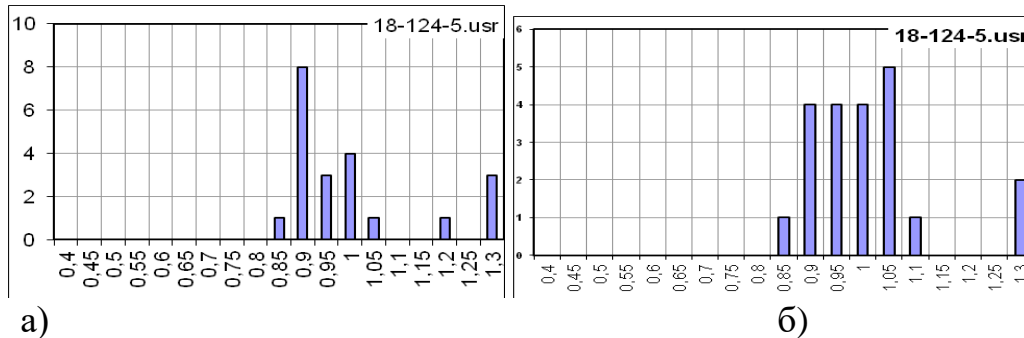
Мал. 2.18. Типи гістограм, створених за аналізом осцилограм. а) 1-й тип, б) – 2-й тип, в) 3-й тип.

Гістограма – графічне зображення частоти повторюваності часових інтервалів. Відображає ступінь централізації управління діяльністю серцево-судинної системи. Визначення тривалості інтервалів між осциляціями дає можливість будувати гістограму, а за її результатами – оцінити стан симпатичної та парасимпатичної ланок автономної нервової системи, однією із функцій якої є забезпечення регуляції тону судин [118, 134, 176, 198] (мал. 2.18).

Отримані дані співпадають з показниками гістограм, зареєстрованих при аналізі електрокардіосигналу (Б). Діапазон основи гістограми – від 0,32 до 1,64 сек. Для стану рівноваги характерне центральне розміщення стовпчиків діаграми з

локалізацією найвищого стовпчика (мода) в діапазоні 0,7-1,0 сек. При переважанні симпатичних впливів характерне значне зміщення вліво і звуження основи гістограми. При парасимпатичних – протилежний ефект. Виявлено 3 основних типи гістограм: ваготонічні (мал. 2.18а), симпатикотонічні (мал. 2.18б), нормотонічні (мал. 2.18в). Несиметрична форма з правим ухилом демонструє перехід від одного рівня функціонування до другого [47,171].

Для прикладу. Гістограма, отримана з осцилограми обстеженого К. (Мал. 2.17), зображена на малюнку 2.19.



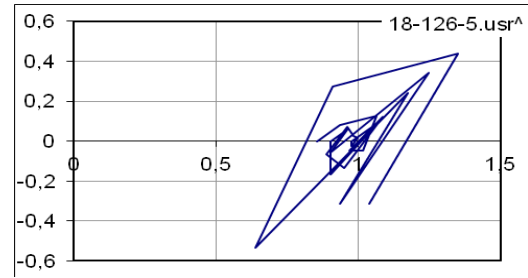
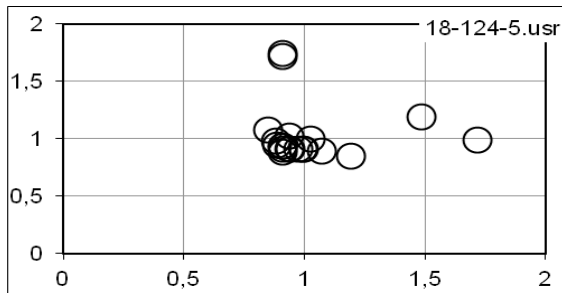
Мал. 2.19. Гістограма, отримана з осцилограми обстеженого К. (18 р.), створена за інтервалами між максимальними (а) та мінімальними (б) екстремумами

При аналізі гістограм на мал. 2.19 привертає увагу різниця активності АНС за позитивними (серцевий чинник) і негативними екстремумами (судинний чинник). За негативними – активність АНС зміщена в бік переваги парасимпатичної ланки АНС (показники гістограми зміщені вправо, а її основа – порівняно ширша) [131, 198, 201, 207]. Індекс Кердо [191] підтверджує отримані результати. Він зафіксував показник 0,9 у.о. за позитивними і 1.0 у.о. – за негативними.

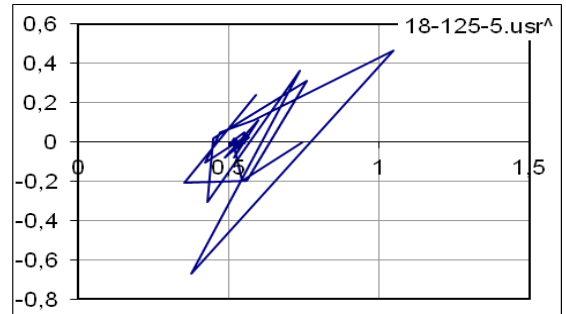
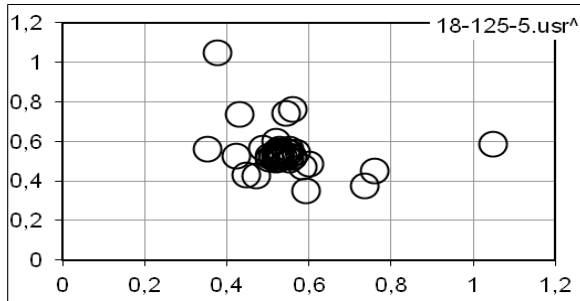
Скатерографія, або кореляційна ритмографія – графічне відображення розподілу суміжних осциляцій осцилограми (попередньої і наступної) в двовірній координатній площині (Мал. 2.20а).

Суть методу полягає у побудові графічного зображення крапок, кожна з яких відповідає тривалості двох сусідніх R-R інтервалів (Бабунц), для осцилограми – пульсацій. При побудові скатерограми утворюється сукупність крапок, центр яких розміщений на бісектрисі. В нормі двовимірною скатерограма має форму еліпса, витягнутого вздовж поздовжньої осі. Оцінюють її за положенням основної хмаринки, площею, контурами, формою зовнішніх країв, наявністю, локалізацією, кількістю, характером відсівів [47, 171].

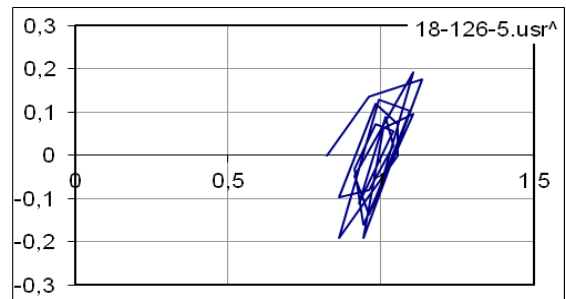
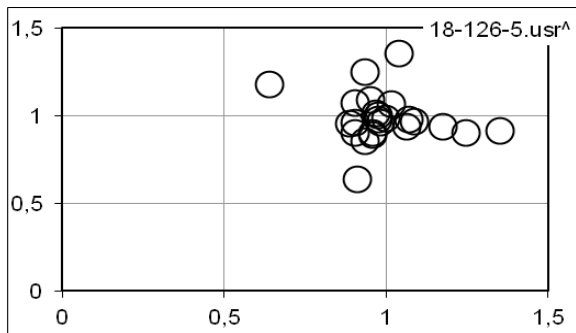
Хаосограма – призначена для аналізу нелінійних «хаотичних» коливань тривалості осциляцій [119, 185, 206] (мал. 2.20).



а)



б)

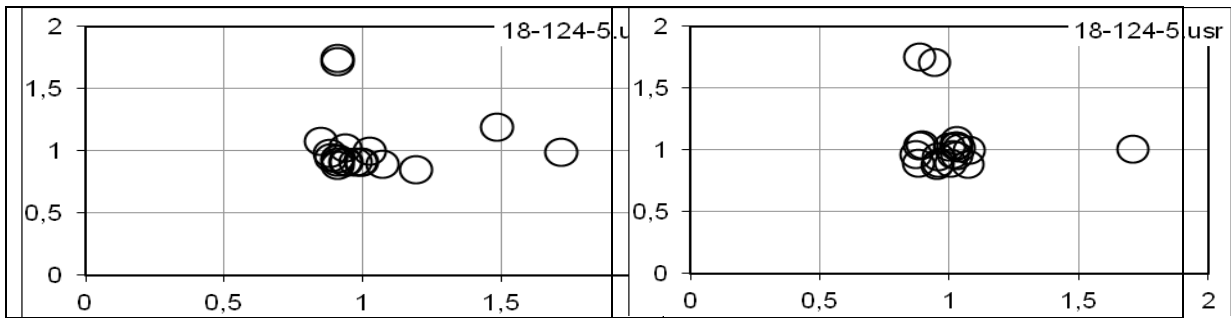


в)

Мал. 2.20. Типи скатерограм (зліва) та хаосограм (справа) залежно від стану автономної нервової системи: а) ейтонія, б) симпатикотонія, в) ваготонія

Як видно з мал. 2.20, при ейтонії основна хмаринка та хаосограма розміщені в межах 1 мс, при ваготонії – вони зміщені по діагоналі вправо, симпатикотонії – вліво.

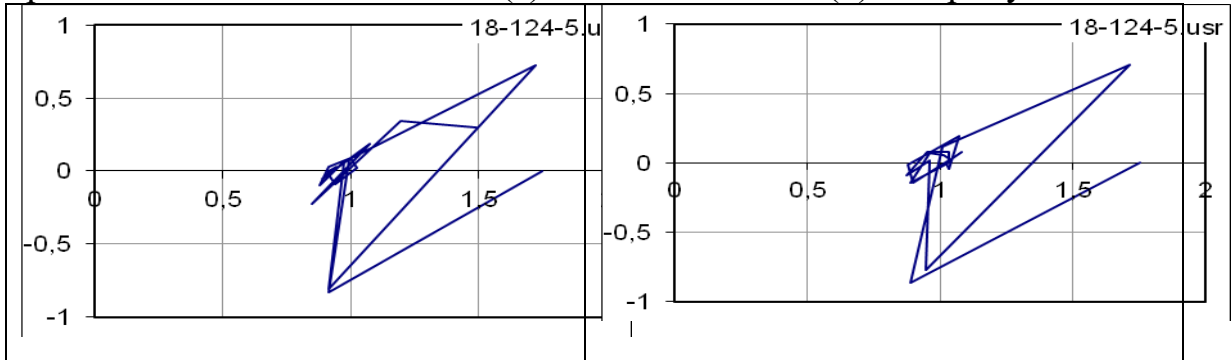
Для прикладу. Скатерограма та хаосограма, отримані з осцилограми обстеженого К. (мал. 2.17), зображені на мал. 2.21 та 2.22.



а)

б)

Мал. 2.21. Скатерограма, отримана з осцилограми обстеженого К., створена за інтервалами між максимальними (а) та мінімальними (б) екстремумами



а)

б)

Мал. 2.22. Хаосограми, отримані з осцилограми обстеженого К. (18 р.), створені за інтервалами між максимальними (а) та мінімальними (б) екстремумами

Як видно з рисунків 2.21 та 2.22, основне розміщення «хмаринки» та хаосограми за негативними екстремумами дещо зміщені і більш розсіяні – по центру, відсіві більше зміщені вправо, що підтверджує показники гістограми та індексу Кердо. Зазначене свідчить про деяку перевагу впливу парасимпатичної ланки АНС на судинний чинник гемодинаміки у практично здорової особи.

Найчастіше тривалості R-R інтервалів осцилограм 110 обстежених здорових у стані спокою відповідали симпатикотонії (40,3%), рідше ейтонії (37,1%) та ваготонії (22,6%), що свідчить про помірний вплив центральної регуляції на функціонування системи кровообігу. Підтверджує отримані результати показник вегетативного індексу Кердо (7,3 та 15,6).

7. Для визначення стану судин плеча, окрім прийнятих в електрокардіографії показників часового аналізу, використано:

- **power_osc_stdev** – середнє квадратичне відхилення амплітуд,
- площі анакротичної та катакротичної фаз пульсацій,
- відношення тривалості анакротичної фази до тривалості усієї хвилі [68].

Для прикладу. На максимальних пульсаціях 110 АОГ здорових остання займає $14,5 \pm 6,7\%$. Для порівняння: на реовазограмах передпліч (за дослідженнями

авторів роботи) у здорових – $11,8\% \pm 0,4\%$, $P < 0,05$, у хворих на шийну дорсопатію (залежно від неврологічного синдрому) – коливалась від $24,1 \pm 2,2\%$ ($P < 0,05$) до $8,9 \pm 0,8\%$ ($P > 0,05$).

Висновки

Для часового аналізу та оцінки показників осцилограм авторам удалось адаптувати критерії та методи, прийняті в електрокардіографії. Визначено їх середнє значення для здорових.

Збіг окремих показників (M_0 , AM_0 , $RMSSD$, $pNN50$, $p < 0,05$) з існуючими в літературі даними ВСП (Бабунц І.В. та ін., 2011) свідчить про об'єктивність та підтверджує їх інформативність не лише в характеристиках діяльності серця, а й судин, а також – про однаковий ступінь участі ВНС в управлінні діяльністю серця та периферійних судин. Відсутність подібних зв'язків між іншими показниками дає можливість передбачити їх залежність від пружно-еластичних властивостей судинної стінки та різних нервово-рефлекторних впливів на діяльність судин.

Для вивчення стану судин плеча є виправданим визначення середнього квадратичного відхилення амплітуд, площі анакротичної та катакротичної фаз пульсацій, відношення тривалості анакротичної фази до тривалості усієї хвилі. Для оцінки стану автономної нервової системи інформаційне значення має застосування гісто-, скатеро- та хаосограми.

Часовий аналіз осцилограм дає можливість оцінити стан автономної нервової, серцево-судинної систем та рівень централізації управління їх діяльністю, стан периферійних судин та їх роль у порушенні гемодинаміки, шляхи та якість адаптації до впливу зовнішніх чинників, що допоможе лікарю завчасно діагностувати та оцінити результати лікування.

2.3. СПЕКТРАЛЬНИЙ АНАЛІЗ АРТЕРІАЛЬНИХ ОСЦИЛОГРАМ

Д.В. Вакуленко, Л.О. Вакуленко

Функціональна система регуляції кровообігу являє собою багаторівневу, ієрархічно організовану систему, в якій домінуюча роль окремих ланок визначається поточними потребами організму [47,171, 231]. Організм як цілісна система буде існувати лише при певних співвідношеннях між коливальними процесами на різних рівнях. Кожен рівень регуляції серцевого ритму характеризується певною періодикою генерованих коливань: чим вищий рівень регуляції, тим довший період, нижча частота [47, 171, 231].

Зміна хвильової структури в центральній нервовій системі (ЦНС) виникає у відповідь на будь-які впливи (зовні та зсередини) і проявляє себе змінами параметрів нейронної активності. Згадані зміни і є той управляючий сигнал, якому підкоряються всі процеси, у тому числі й ритмічна активність серця. Остання можлива лише при існуванні певних фазових співвідношень між коливальними мозковими і серцевими процесами [47, 171, 245]. Система керування цими ритмами функціонально і морфологічно входить до складу єдиної адаптаційної вертикалі, яка забезпечує перебіг пристосувальних реакцій до умов зовнішнього та внутрішнього середовища. Будь-які патологічні зміни розвиваються як наслідок порушення хвильової структури управляючого сигналу ЦНС. І, відповідно, можуть бути виявлені за змінами динамічних параметрів ритмів серця і мозку [47, 212].

Знаючи закономірності цих фазових відношень, можна легко перейти від одного коливального процесу до іншого, що може бути використане для оцінки показників стану регуляторних механізмів, які характеризують адаптаційні можливості організму [47]. Так, повільні (недихальні) коливання серцевого ритму корелюють з аналогічними хвилями артеріального тиску та плетизмограми [171].

Використовуючи для аналізу осцилограм математичний апарат за методом нейродинамічного аналізу ритмограм серця [89], ми перейшли до аналізу біоритмічної активності мозку за показниками миттєвої частоти та миттєвої фази, розрахованими з перетворенням Гільберта-Хуанга (від 0 Гц до 3 кГц).

Методи спектрального аналізу дають можливість отримати інформацію про спектральну потужність (змінюваність ритму серця) за частотами [47, 82, 171, 245]. Виділяють такі складові ритмів серця: дихальні (або синусова аритмія), повільні і надповільні хвилі недихального генезу. Синусова аритмія – періодичні коливання ЧСС, не викликані порушеннями функції автоматизму, провідності і збудливості (Ludwig, 1847), супроводжується скороченням тривалості кардіоінтервалів під час вдиху і подовженням під час видиху – кардіореспіраторна аритмія (Ludwig, 1847; Фогельсон, 1951; Кингисепп, Эплер, 1968).

Спектральний метод аналізу варіації серцевого ритму дає можливість визначити тип автономної регуляції і вегетативного дисбалансу. Фізичний зміст спектрального аналізу заснований на розподілі на окремі складові сумарного часового процесу, отриманого шляхом складання та віднімання амплітуд цих складових [246]. Хвильові процеси відображають активність регуляторних систем і ступінь напруження управляючих механізмів. Кожен рівень регуляції СР характеризується певною періодикою генерованих коливань: чим вищий рівень керування, тим довший період і нижча частота. При оптимальному регулюванні

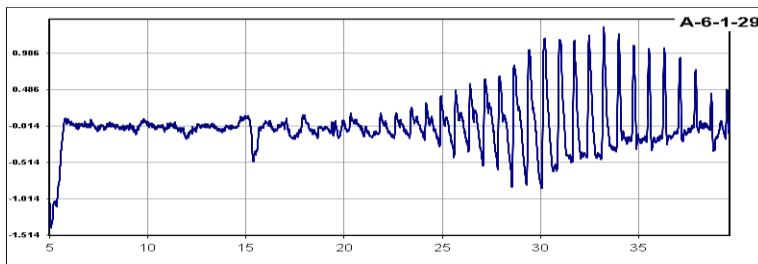
керування відбуваються з мінімальною участю вищих рівнів. При неоптимальному керуванні необхідна активація більш високих рівнів.

Застосування математичного аналізу ВСР дає можливість отримати інформацію з 4 рівнів регуляції діяльності: периферійного (автономного), вегетативного, гіпоталамо-гіпофізарного і найвищого – центральної нервової системи. Чим сильніший вплив на організм, тим вищий рівень регуляції бере участь в управлінні. При цьому більш високі рівні гальмують активність більш низьких [47, 170].

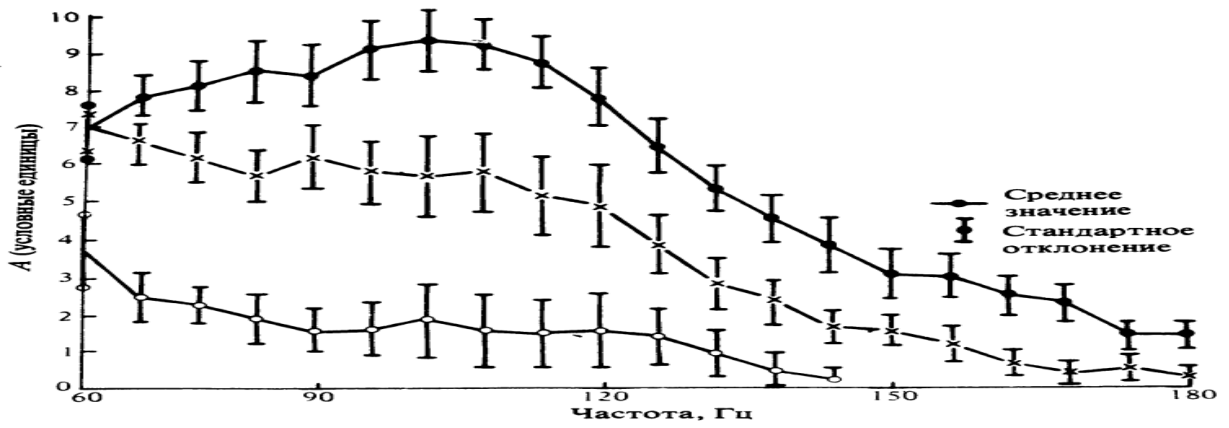
Хвильова структура сигналу ЕКГ дає можливість визначити золоте січення. ступінь невідповідності золотим пропорціям з ідеальними (до здорових)-параметрами «золотого перерізу» [212].

Ритм серця можна розкласти на складові, подібно тому, як сонячний промінь, проходячи крізь призму, розкладається на різномірні спектри. Такою «математичною» призмою є перетворення Фур'є [212]. Перетворення Фур'є – аналіз пульсових хвиль показав, що флуктуації охоплюють широкий частотний спектр – від 500 Гц (вище цієї частоти амплітуда дуже мала, і точні виміри неможливі) до значень нижче 25 Гц, де їх неможливо відрізнити від високочастотних компонент основної хвилі [212].

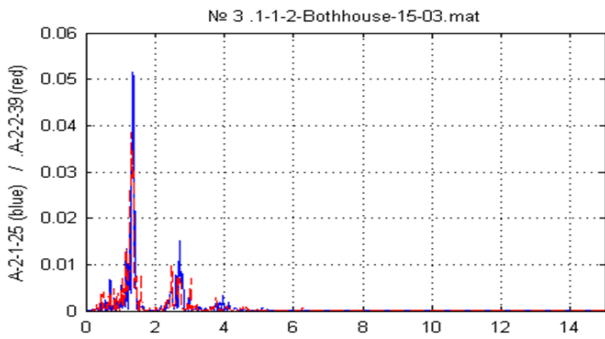
Використання швидкого перетворення Фур'є для оцінки потужності спектру за критеріями спектрального аналізу, прийнятими в ЕКГ [212], спонукало нас до його застосування для аналізу осцилограм. Для кривої, що відображає механічну активність артеріальної стінки (мал. 2.23) в процесі компресії плеча, окрім швидкого перетворення Фур'є в діапазоні частот від 0 Гц до 60 Гц (мал. 2.24.), використано також перетворення Гільберта-Хуанга від 0 Гц до 3 кГц [212] (мал. 2.25, 2.26).



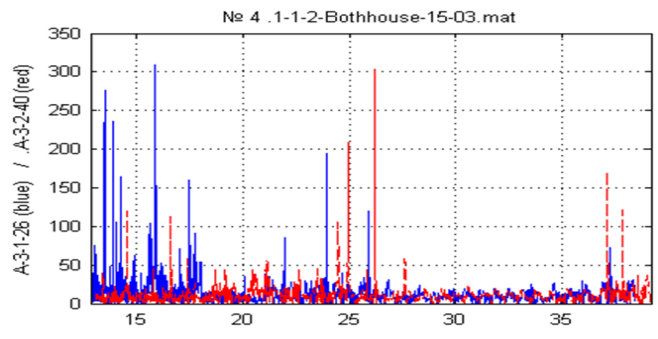
Мал. 2.23. Крива, що відображає механічну активність судинної стінки в процесі компресії плеча манжетю.



Мал. 2.24. Залежність амплітуди високочастотних складових тонів Короткова від частоти: верхня крива – тони до приглушення, середня – приглушені тони, нижня – тони після приглушення

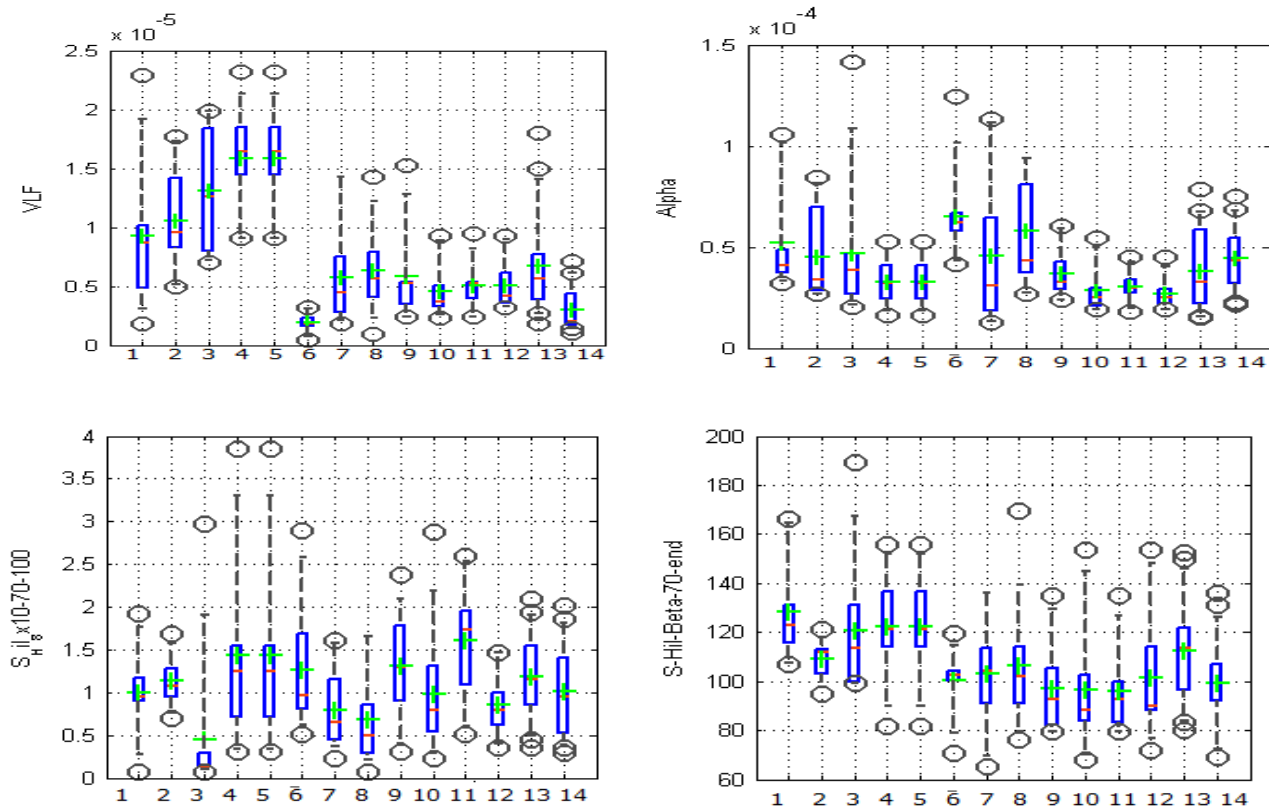


Мал. 2.25. Перетворення Фур'є – загальна потужність спектру – потужність тривалої адаптації



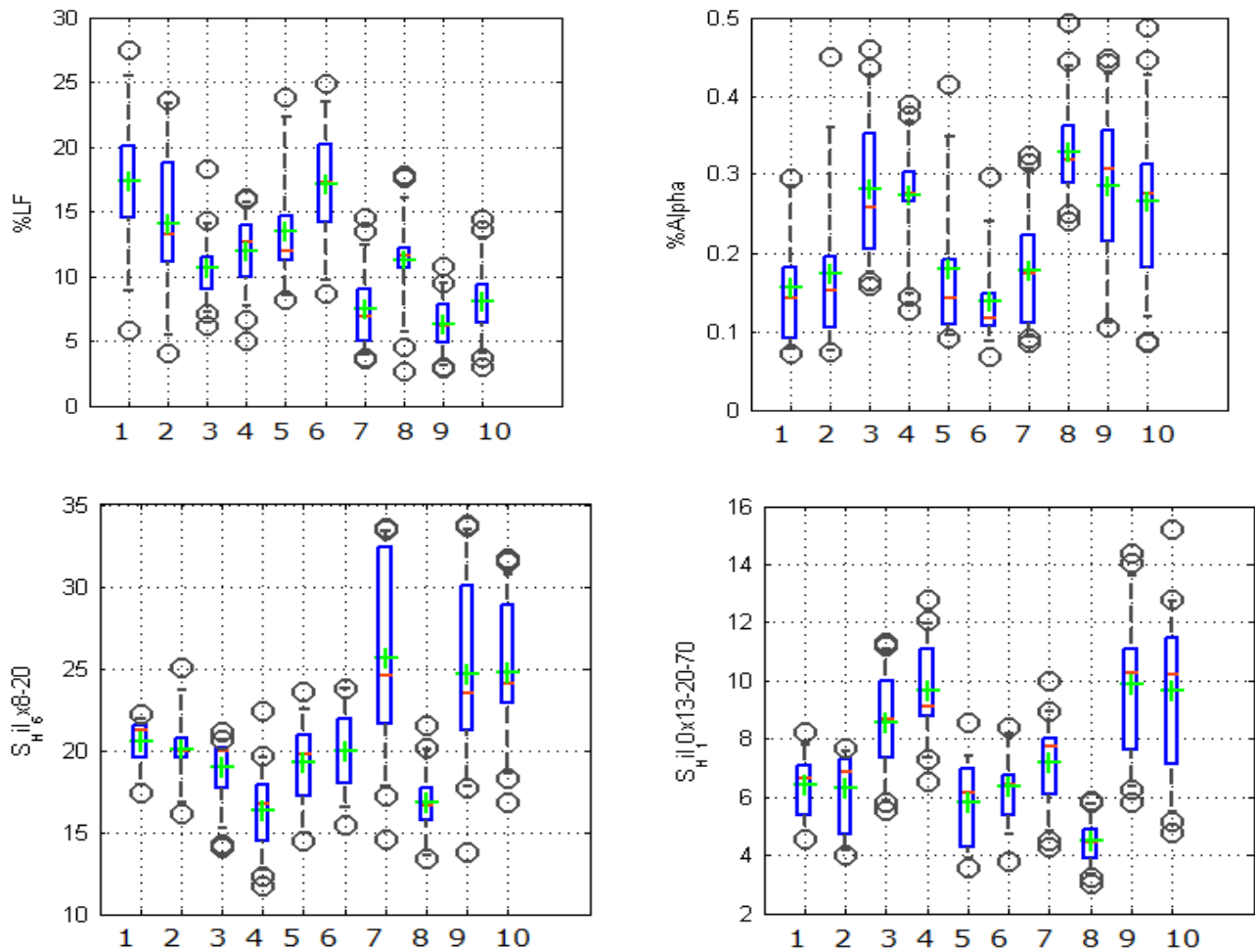
Мал. 2.26. Перетворення Гільберта-Хуанга – миттєва частота та фаза – потужність та фаза – миттєвих адапційних процесів

Динаміка показників спектрального аналізу артеріальних осцилограм під впливом різнохарактерних чинників (у вигляді коробкових графіків) зображена на мал. 2.27 та 2.28.



Мал. 2.27. Динаміка показників спектрального аналізу артеріальних осцилограм під впливом термічних та мультимедійних чинників (представлено у вигляді коробкових графіків). Верхній ряд – перетворення Гільберта-Хуанга (миттєва частота). Нижній ряд – перетворення Фур’є.

Примітка. 1-5 відвідування лазні: 1 – до відвідування лазні, 2 – після сухої лазні, 3 – після вологої (парної) лазні, 4, 5 – після басейну, 6 – після відпочинку; 7-14 перегляд відеокomпозицій з та без термічних чинників: 7, 8 – до та після перегляду відео вогню в каміні та споглядання свічки, 9, 10 – до та після перегляду відео з перетіканням води та зануренням кистей в **холодну** воду, 11, 12 – до та після перегляду відео з перетіканням води та зануренням кистей в **теплу** воду, 13, 14 – до та після перегляду відео з перетіканням води.



Мал. 2.28. Динаміка показників спектрального аналізу артеріальних осцилограм під впливом різнохарактерних чинників (представлено у вигляді коробкових графіків). Верхній ряд – перетворення Гільберта-Хуанга (миттєва частота), нижній ряд – перетворення Фур’є.

Примітка. 1, 2 – вправа споглядання, 3, 4 – сублінгвальний прийом нітрогліцерину (1/3 таблетки), 5, 6 – молитва, 7, 8 – вправа «Велике дерево» за методикою оздоровчої практики Чжун Юань цигун (ЧЮЦ), 9,10 – купання на Водохреща (моржування).

Для оцінки самоподібності фрагментів (фрактальної розмірності) осциляцій використано метод Херста. Аналіз осцилограм за методом Гільберта-Хуанга використано також для оцінки миттєвої частоти шляхом визначення площ: дельта 0,4-4 Гц, тета 4-8 Гц, альфа 8-13 Гц, бета 13-25 Гц, 25-60 Гц, 60 Гц і більше в наступних інтервалах осцилограми: від початку вимірювання до появи діастолічного тиску, від появи діастолічного тиску – до 70% амплітуди, від 70% до 100% амплітуди, від 100% до появи систолічного тиску, від появи систолічного тиску до кінця вимірювання. В цих самих часових інтервалах розраховується

площа для миттєвої фази. Для аналізу використано саму артеріальну осцилограму [212].

Згідно із західними стандартами [20, 3, 50], для електрокардіосигналів в діапазоні від 0 до 0,4 Гц виділяють такі діапазони частот: високочастотний діапазон (дихальні хвилі) – **HF**: 0,15-0,40 Гц (2,5-8,5 сек); низькочастотний діапазон (повільні хвилі 1-го порядку) – **LF**: 0,04-0,15 Гц (6,5- 25 сек); $k = LF/HF$; наднизькочастотний діапазон (повільні хвилі 2-го порядку) – **VLF**: 0,003 – 0,04 Гц (25-333 сек); < 0,40 Гц; ультраповільний діапазон (**ULF**) – менше 0,003 Гц). Total (TP) – сумарна потужність у всіх діапазонах. Зміщення періоду спектральної складової у бік збільшення можна інтерпретувати як передачу управління на більш високі рівні, як включення в процес управління додаткових ланок [38, 122].

Високочастотний діапазон (дихальні хвилі), хвилі HF – індикатор активності автономного контуру, відображають активність парасимпатичного кардіоінгібіторного центру довгастого мозку, вагусний вплив на синусовий вузол [Бабунц]. Потужність дихальних хвиль (HF) визначається не лише у абсолютних цифрах, а й у вигляді відносної величини (у% від сумарної потужності спектру). Зазвичай ця цифра (для ЕКГ) складає 15-25% сумарної потужності спектру. Зміщення до 8-10% указує на зміщення вегетативного балансу у бік переважання симпатичного відділу (B123). Індикатором активності автономного контуру є дихальна (синусова), центрального – недихальна аритмія [47, 82, 169, 170].

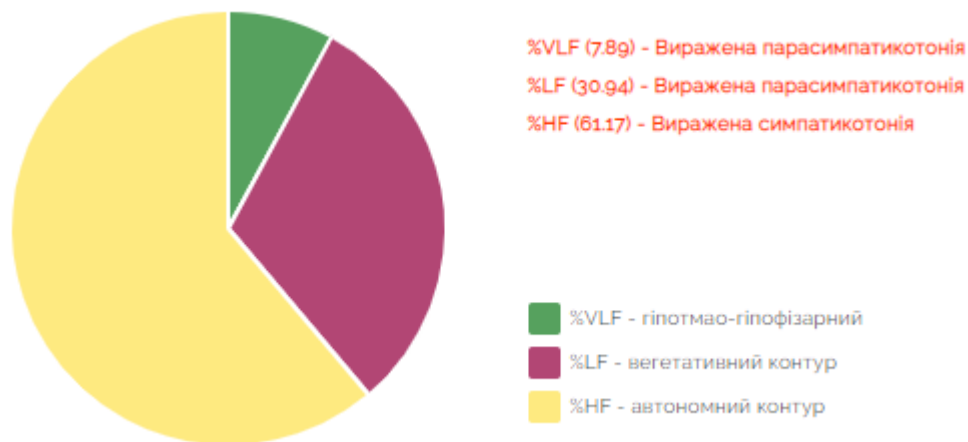
Потужність повільних хвиль 1 порядку (LF, вазомоторних хвиль) відображає активність симпатичного центру довгастого мозку, характеризує стан системи регуляції судинного тону. В нормі чутливі рецептори синокаротидної зони сприймають зміни артеріального тиску, і аферентна нервова імпульсація надходить у судинноруховий (вазомоторний) центр довгастого мозку [170]. У довгастому мозку розміщений модуляторний серцево-судинний центр, який об'єднує вазомоторний, кардіостимуляторний і кардіоінгібіторний центри. Тут здійснюється аферентний синтез (обробка і аналіз поступаючої інформації), і у судинну систему надходять сигнали керування (еферентна нервова імпульсація). Цей процес контролю судинного тону із зворотним зв'язком на гладком'язеві волокна судин здійснюється вазомоторним центром постійно [20]. Регуляція цього центру здійснюється підкорковими вузлами та корою головного мозку. Повільні (недихальні) хвилі серцевого ритму корелюють з аналогічними хвилями артеріального тиску і плетизмографією [122, 271].

Наднизькочастотний діапазон (повільні хвилі 2-го порядку) – **VLF**: спектральна складова серцевого ритму в діапазоні 0,05-0,015 Гц (20-70 с) [20], 0,003 – 0,04 Гц (25-333 сек). Характеризує активність симпатичного відділу АНС,

відображає вплив вищих вегетативних центрів на серцево-судинний підкорковий центр і може використовуватися як надійний маркер ступеня зв'язку автономних (сегментарних) рівнів регуляції кровообігу з надсегментарними, у тому числі з гіпофізарно-гіпоталамічним рівнем, рівнем інтеграції автономної і ендокринної систем, основного виконавця, який реалізує вплив ЦНС на все внутрішнє середовище організму [111]. В нормі потужність хвиль 2-го порядку складає 15-30% сумарної потужності спектру [147].

Ультратовільний (ULF) діапазон (менше 0,003 Гц) інтегрує і адаптує перебудову функціонального стану організму під впливом зовнішніх чинників, забезпечує зв'язок та координацію в ієрархічній регуляції серцевого ритму, між корою і нижче розміщеними рівнями регуляції діяльності системи кровообігу.

Наприклад. Стан показників спектрального аналізу у стані спокою обстеженого К. (відповідно АОГ, мал. 2.17) зображено на мал. 2.29.



Мал. 2.29. Діаграма потужності показників спектрального аналізу АОГ обстеженого К. (18 років), зареєстрованої у стані спокою.

За рекомендаціями Goss CF, Miller EB. 2013 [42], вивчено також потужність хвиль в таких діапазонах: дельта 0,4-4 Гц, тета 4-8 Гц, альфа 8-13 Гц, бета 13-25 Гц, 25 Гц і більше. Для їх аналізу використано саму артеріальну осцилограму, а не інтервали між зубцями, як в спектральному аналізі ЕКГ.

Спектральний аналіз артеріальної осцилограми нами проведений шляхом визначення потужності спектру в діапазонах: високих (HF); низьких (LF), наднизьких частот (VLF), спектру частот 0,003 Гц – 0,4 Гц та 0,4 Гц – 60 Гц. Аналіз згаданих параметрів проведено у різні фази компресії плеча манжетою. Застосовано швидке перетворення Фур'є від 0 Гц до 60 Гц [206, 207], перетворення Гільберта-Хуанга, миттєва частота від 0 Гц до 3 кГц [206] та миттєва фаза. Для оцінки самоподібності фрагментів осциляцій застосовано метод Херста [212]. Патологічні зміни розвиваються як наслідок порушення хвильової структури

управляючого сигналу ЦНС і можуть бути виявлені за змінами динамічних параметрів ритмів серця і мозку [47, 82, 169, 170, 171, 193, 194, 212]. За рівнем відхилення від середніх значень (від -1 до +1) показники спектрального аналізу були авторами згруповані у 10 категорій (від -5 до -1 та від 1 до 5).

Висновки

Спектральний аналіз АОГ дає можливість визначити шляхи адаптації ССС до компресії плеча та рівні регуляції її діяльності у стані спокої та при різноманітних зовнішніх впливах, оцінити активність та взаємодію різних ланок нервової системи, ритмів серця та мозку, стан периферійних судин, адаптаційну здатність організму у здорових та хворих. Адже зниження адаптаційної здатності організму – причина виникнення захворювань. Їх вивчення та оцінка можуть дати достовірну інформацію про динаміку патологічного процесу та ефективність застосування реабілітаційних засобів. Їх об'єктивність підтверджено методом кореляційного аналізу [24, 34, 193, 194, 195].

2.4. ВИЗНАЧЕННЯ РІВНЯ ВЗАЄМОДІЇ РЕГУЛЯТОРНИХ МЕХАНІЗМІВ ТА КОРЕЛЯЦІЙНИЙ ПОРТРЕТ ДЛЯ МАРКУВАННЯ НАВАНТАЖЕНЬ ТА ПАТОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ

Д.В. Вакуленко, Л.О. Вакуленко

Актуальність теми. Здійснення ритмічної активності серця можливе лише при існуванні певних фазових співвідношень між коливальними мозковими і серцевими процесами [47, 170, 245], і, своєю чергою, повільні (недихальні) коливання серцевого ритму корелюють з аналогічними хвилями артеріального тиску і плетизмограми [170]. Зважаючи на зазначене, авторами використано кореляційний і кластерний аналіз осцилограм для маркування навантажень і патологічних процесів та для подальшого порівняння вимірюваних сигналів з наперед ідентифікованими кореляційними портретами.

Мета. Адаптувати методи кореляційного аналізу до аналізу АОГ. Вивчити кореляційні зв'язки між показниками часового та спектрального аналізу осцилограм. На основі отриманої інформації вивчити і оцінити рівень взаємодії регуляторних механізмів, створити кореляційний портрет для маркування норми, адаптаційно-приспосувальних реакцій на впливи фізичних навантажень при груповому аналізі. Крім цього – запропонувати підходи і шляхи ідентифікації зареєстрованих біосигналів з існуючими раніше класифікованими біосигналами.

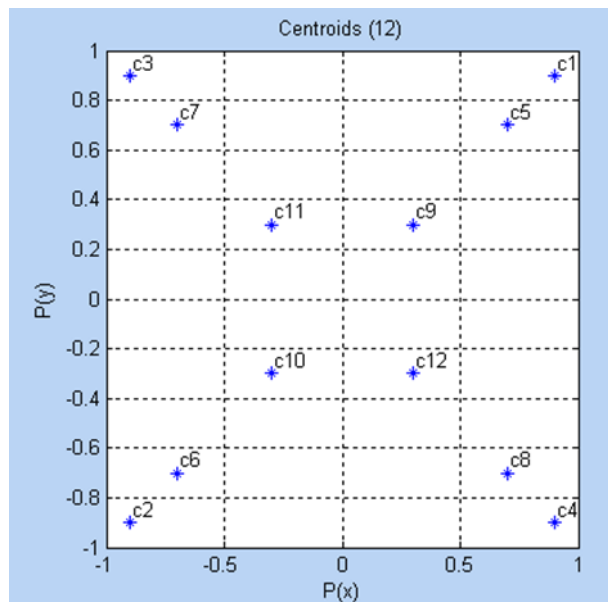
Матеріал та методи. Для проведення кореляційного аналізу осцилограм, зареєстрованих в процесі компресії плеча манжетною при вимірюванні артеріального тиску (216 вимірювань), реалізовано програмний комплекс

«Інформаційна система медичної (фізичної) реабілітації», до складу якого входить блок аналізу даних, отриманих при їх морфологічному, часовому, спектральному аналізі [134]. При цьому аналіз окремих показників осцилограм проводився як тих, що отримані протягом усієї компресії судин плеча, так і на окремих її періодах: 1) 0–20 – від початку компресії до різкого зростання пульсацій (діастолічного тиску); 2) 20–70% та 3) 70–100% – відповідний відсоток від появи різкого зростання амплітуди пульсацій до її максимального зростання (до повного перетискання судин в період діастолі); 4) 100–70% – в період зниження амплітуди (поступового стиснення судин плеча під час систоли); 5) 70% і до кінця – від 70% максимальної компресії судин плеча під час систоли до їх максимальної компресії.

Проведено кореляційний аналіз понад 4000 артеріальних осцилограм, зареєстрованих у всіх групах (здорових і хворих) обстежених. Дослідження проводились у стані спокою та після впливу різних чинників: фізичних (фізичні вправи, проба Руф'є, проба Мартіне-Кушелєвського, ортопроба, тренувальне та змагальне навантаження у футболі), термічних (лазня: суха та волога, «моржування»), різнохарактерних мультимедійних чинників.

Вибрані значення кореляції піддано кластерному аналізу (метод **k-середніх**) [2], де розраховані значення коефіцієнтів кореляції групували окремо всередині одного експерименту та між усіма показниками до та після експерименту в 12 кластерів з наступними координатами центроїдів (мал. 2.30).

	X	Y
Центроїд 1	0,9	0,9
Центроїд 2	-0,9	-0,9
Центроїд 3	-0,9	0,9
Центроїд 4	0,9	-0,9
Центроїд 5	0,7	0,7
Центроїд 6	-0,7	-0,7
Центроїд 7	-0,7	0,7
Центроїд 8	0,7	-0,7
Центроїд 9	0,3	0,3
Центроїд 10	-0,3	-0,3
Центроїд 11	-0,3	0,3
Центроїд 12	0,3	-0,3



Мал. 2.30. Таблиця значень центроїдів та їх графічного відображення.

Своєю чергою, згруповані в кластери кореляції, що містились в інтервалі від 0,85 до 1 та від -0,85 до -1 (значущі), сортували за певними критеріями – складовими кореляційного портрета:

1. В проведених експериментах значення кореляцій в кластері не виходили за межі одного кластера, були нечутливі до діючих чинників.
2. В експерименті значення кластеру було унікальним (специфічними) саме до певного чинника з усього переліку проведених експериментів.
3. При вивченні певних видів впливу вивчали спільні та унікальні кореляти на різних етапах дослідження.
4. Кількість значущих корелятів до та після експерименту.
5. Кількість корелятів з прямою та оберненою залежністю.

Результати досліджень та їх аналіз

Кореляти, що зберігаються у всіх групах досліджуваних (спільні для всіх обстежених)

Проведено кореляційний аналіз понад 4000 артеріальних осцилограм, зареєстрованих у всіх групах (здорових і хворих) обстежених. Зареєстровано 26 пар корелят, що виявились найбільш стійкими: зберігались у всіх групах обстежених як в стані спокою, так і після впливу різних факторів. У подальших результатах досліджень кореляти, спільні для всіх проведених нами експериментів, не включали в аналіз.

Серед показників варіаційної пульсометрії у 4 з 5 випадків реєструвались прямі кореляційні зв'язки між показниками позитивних і негативних екстремумів: варіаційного розмаху (ВР), триангулярного індексу (HVR), а також – між ступенем напруження регуляторних систем (ступінь переваги активності центральних механізмів регуляції над автономними, IN) та індексами автономної рівноваги (ІВР); крім цього, між середнім арифметичним і квадратичним відхиленнями позитивних екстремумів амплітуд. Синхронність змін між згаданими показниками свідчить про достовірність отриманих результатів.

При спектральному аналізі артеріальних осцилограм виявлено наступне. Потужність спектру високочастотної та наднизькочастотної складової входили до складу пар корелят з сумарним рівнем активності різних ланок регуляторного механізму кровообігу та між собою. Низькочастотна складова спектру не реєструвалась.

Серед хвиль мозкової активності найчастіше реєструвались відсоткові та абсолютні показники (зареєстровані у різні періоди компресії плеча) тета- та дельта-хвиль: як у складі однойменних пар, між собою та з сумарним рівнем активності різних ланок регуляторного механізму.

Окрему групу складала визначена за методом Гільберта-Хуанга потужність спектру миттєвої частоти альфа-, бета-, дельта-хвиль та частоти 25-60 Гц у складі 2-3 пар однойменних корелят. У кожній з груп були присутні кореляти,

зареєстровані на початку та в кінці компресії судин плеча, абсолютні значення однойменного спектру та сумарного рівня активності різних ланок регуляторного механізму діяльності системи кровообігу.

Таким чином, із абсолютних та відсоткових показників спектрального аналізу найчастіше до складу пар корелят входили показники дельта- та тета-ритму, сумарного рівня активності різних ланок регуляторного механізму діяльності системи кровообігу. Бета- та альфа-хвилі при цьому не реєструвались.

Визначена за методом Гільберта-Хуанга потужність спектру миттєвої частоти альфа-, бета-, дельта-хвиль та частоти 25-60 Гц у складі 2-3 пар відзначено лише між однойменними корелятами. Тета-хвилі при цьому – не реєструвались.

Приклад застосування кореляційного аналізу АОГ при проведенні проби Руф'є залежно від фази компресії представлено у табл. 2.2.

Таблиця 2.2

Динаміка кореляційних зв'язків показників АОГ у 68 осіб в процесі виконання проби Руф'є (залежно від фази компресії)

Руф'є Р-1 (до навантаження)	*	Руф'є Р-2 (зразу після присідань)		Руф'є Р-3 (через 2 хвилини відпочинку)
Delta-total –power-osc-stdev	1	Delta-total –power-osc-stdev	1	Delta-total –power-osc-stdev
				Delta-total –RR-neg-std
		Delta-20-70 –%HF	1	Delta-20-70 –%HF
				Delta-20-70 –Total
		Delta-20-70 –Delta-total	1	Delta-20-70 –Delta-total
Delta-70-end –power-osc-stdev	1	Delta-70-end –power-osc-stdev	1	Delta-70-end –power-osc-stdev
				Delta-70-end –RR-neg-std
		Delta-70-end –Delta-20-70	1	Delta-70-end –Delta-20-70
S-Hil-Delta-total –HF-70-100	1			S-Hil-Delta-total –HF-70-100
S-Hil-Delta-20-70 –HF-70-100	1			
				S-Hil-Delta-20-70 –HF-70-100
S-Hil-Delta-70-end –HF-70-100	1			S-Hil-Delta-70-end –HF-70-100
		S-Hil-Teta-total –S-Hil-Delta-20	1	S-Hil-Teta-total –S-Hil-Delta-20
S-Hil-Teta-20 –S-Hil-Teta-total	1	S-Hil-Teta-20 –S-Hil-Teta-total	1	S-Hil-Teta-20 –S-Hil-Teta-total
S-Hil-Teta-20-70 –S-Hil-Delta-20-70	1			S-Hil-Teta-20-70 –S-Hil-Delta-20-70
		S-Hil-Teta-70-end –S-Hil-	1	S-Hil-Teta-70-end –S-Hil-

		Delta-20		Delta-20
S-Hil-Teta-70-end –S-Hil-Teta-20	1	S-Hil-Teta-70-end –S-Hil-Teta-20	1	S-Hil-Teta-70-end –S-Hil-Teta-20
S-Hil-Beta-20-70 –HVR-index-pos	1	S-Hil-Beta-20-70 –HVR-index-pos	1	S-Hil-Beta-20-70 –HVR-index-pos
Systola –S-Hil-faza-total	1	Systola –S-Hil-faza-total	1	Systola –S-Hil-faza-total
Systola –S-Hil-faza-70-end	1	Systola –S-Hil-faza-20	1	Systola –S-Hil-faza-20
		Systola –S-Hil-faza-70-end	1	Systola –S-Hil-faza-70-end
Pressure –BPM	1	Pressure –BPM	1	Pressure –BPM
HVR-index-neg –Mo-neg	2	HVR-index-neg –Mo-neg	2	HVR-index-neg –Mo-neg

**Примітка.* 1 – позитивні зв'язки, 2 – від'ємні зв'язки.

Висновки

На осцилограмах, зареєстрованих у практично здорових осіб під час вимірювання артеріального тиску, реєструється ряд корелят, які зберігаються незалежно від характеру джерел впливу зовнішніх факторів. До їх складу входять показники високочастотної складової рівня регуляції СР (що відповідає рівню активності парасимпатичної ланки регуляції), ритми мозкової активності з частотою від 0,5 до 4 Гц (найбільш повільні хвилі мозкової активності, що мають стосунок до відновлення фізичного стану та регуляції активності ПС АНС), потужність амплітуд (ступінь динамічності, потужності, розтягнення стінки судини під час систоли, швидкість зміни сили тиску судини на манжету під час систоли). Слід зазначити, що при всіх експериментальних впливах зберігається прямий кореляційний зв'язок між потужністю ритмів серця та мозку (дельта-ритм та %HF). Зазначене підтверджує наявність певних фазових співвідношень між коливальними мозковими і серцевими процесами. Залишається незмінною і потужність миттєвої частоти різних періодів компресії судин плеча між показниками тета- та дельта-ритму.

Дослідження підтвердили те, що функціональна система регуляції кровообігу являє собою багаторівневу, ієрархічно організовану систему, в якій домінуюча роль окремих ланок визначається поточними потребами організму. Запропоновані критерії кореляційного портрету пропонуються використовувати для маркування навантажень і патологічних процесів та для подальшого порівняння вимірних сигналів з наперед ідентифікованими кореляційними портретами.

2.5. ОПИС ПОКАЗНИКІВ ТА ОСНОВНИХ МОЖЛИВОСТЕЙ ПК ОРАНТА-АО

Д.В. Вакуленко, Л.О. Вакуленко

Актуальність теми. Вимірювання артеріального тиску – простий, доступний (як медичним працівникам, так і пацієнтам) метод обстеження. Його проведення є обов'язковою процедурою при обстеженні хворих, у спортивній медицині, приватній практиці. Компресія плеча манжетною під час вимірювання артеріального тиску може розглядатись, як функціональне навантаження, яке можна використати для оцінки адаптаційних можливостей організму хворих та здорових осіб. Для швидкого, поглибленого, достовірного аналізу результатів вимірювання артеріального тиску авторами розроблений метод артеріальної осцилографії та впроваджений програмний комплекс (ПК) Оранта-АО (вебсередовище, мобільний додаток, програмне середовище сервера та програмний компонент електронного вимірювача тиску [170]. Артеріальна осцилографія дає можливість вивчити і оцінити зміни, що виникають, а також може використовуватись для ранньої діагностики преморбідних станів, оцінки особливостей протікання захворювань, вибору методів та оцінки ефективності лікування [170, 263, 265]

Мета досліджень. Описати основні можливості, обґрунтувати ефективність застосування ПК-Оранта-АО при вимірюванні артеріального тиску в медичній практиці. Визначити основні об'єкти дослідження. Розглянути можливість їх застосування для оцінки різнохарактерних впливів та захворювань.

Матеріал і методи досліджень. Описано результати застосування розробленого авторами ПК Оранта-АО для морфологічного, часового, спектрального, фрактального аналізу понад 4000 артеріальних осцилограм (АОГ), зареєстрованих електронним тонометром (ВАТ 41-2) під час вимірювання АТ. При цьому узагальнено інформацію, яку можна отримати при застосуванні згаданого методу; описано розроблені показники та індекси, які дають можливість оцінити результати комплексних обстежень; описано засоби зовнішнього впливу, які використано для вивчення резервних можливостей організму.

Результати досліджень та їх аналіз

1. Дослідження, спрямовані на отримання певної інформації

Кардіальний чинник гемодинаміки. Зібрано показники, що характеризують діяльність серця та ритмічність пульсацій для вивчення активності автономного

контур та вищих рівнів регуляції діяльності ССС. За інтервалами між максимальними екстремумами оцінювали кардіальний чинник гемодинаміки.

Судинний чинник гемодинаміки. Зібрано ознаки, що характеризують динамічні властивості судин, які проявляються під час компресії манжетою: якість адаптації, тонус судин, рівень збудливості до початку та під час компресії, порушення ритмічності, еластичність судин та систолічна і діастолічна спроможність судин. Проведено комплексний аналіз морфологічних характеристик АОГ за 10 критеріями та експрес-методом.

Реакція судин на компресію при цьому свідчить про стан координації між місцевими саморегуляторними механізмами та центральною нейрогуморальною регуляцією діяльності ССС, ритми серця та мозку, рівень функціонування АНС, функціональну здатність серця, рефлекторну реакцію ССС, стан русла периферійних судин (тонус, еластичність, пружність, прохідність), активність механізмів термінової реакції на компресію (барорецепторні, хеморецепторні, рефлекс на ішемію), адаптаційну здатність організму у здорових та хворих. Адже зниження адаптаційної здатності організму – причина виникнення захворювань [205, 234].

Результати дали можливість зробити такі висновки щодо кожної з АОГ: загальна характеристика АОГ, оцінка АОГ, обґрунтування оцінки, рівень здоров'я та рекомендації. Стан та рівень регуляції діяльності судинного чинника гемодинаміки оцінювали за інтервалами між негативними (мінімальними) екстремумами осцилограм [180].

Нервова система. За аналізом АОГ оцінювали активність 4 рівнів регуляції діяльності ССС: автономний, вегетативний, гіпоталамо-гіпофізарний, центральний та їх роль в адаптації до компресії плеча у стані спокою та при впливі різних за характером та дозуванням чинників. При проведенні спектрального аналізу АОГ вивчено як загальну, так і миттєву потужності спектру частот [180].

2. Дослідження, спрямовані на забезпечення зручності використання розрахованих показників [180]

У процесі досліджень авторами розроблено, обґрунтовано і використано ряд комплексних показників та індексів, які зосереджено в закладках Експертна система:

Індекси централізації серцевого (ІЦСЧГ) та судинного (ІЦСудЧГ) чинника гемодинаміки – детально відображають стан АНС. Вказані показники відображають рівень активації вищих центрів регуляції, необхідний для забезпечення діяльності серця та судин у процесі адаптації до компресії плеча. Рівень їх активності оцінюється від 1 до 5 з такими значеннями: виражений і

помірний вплив автономної регуляції; помірний, переважний і виражений вплив центральної регуляції.

- Участь ланок АНС в регуляції серцевого та судинного чинників гемодинаміки можуть мати 5 значень: виражена чи помірна симпатикотонія, виражена чи помірна парасимпатикотонія, нормотонія.

- Додатково у вигляді кругових діаграм відображається вага рівнів регуляції серцевого та судинного чинників гемодинаміки отриманих на основі аналізу показників потужності спектру.

ПАРС АО [170]. Показник активності регуляторних систем артеріальної осцилограми, в якому до оцінки АОГ адаптовано комплексний показник ПАРС, запропонований Р.М. Баєвським (1997) для аналізу ВСР електрокардіосигналу. Показник розраховують у балах за алгоритмом, що враховує показники гістограми й дані спектрального аналізу АОГ. Може мати такі значення: норма, помірне, виражене, різко виражене функціональне напруження, астенізація (виснаження) регуляторних систем та зрив адаптації.

АКООФС-Осц. Показник комплексної оперативної оцінки функціонального стану за аналізом артеріальних осцилограм АКООФС-Осц (за рекомендаціями Р. М. Баєвського – для аналізу ЕКГ). З виявленням функціональних рівнів: стан фізіологічної норми, донозологічний стан – 1 та 2, преморбідний стан та ймовірна наявність патології.

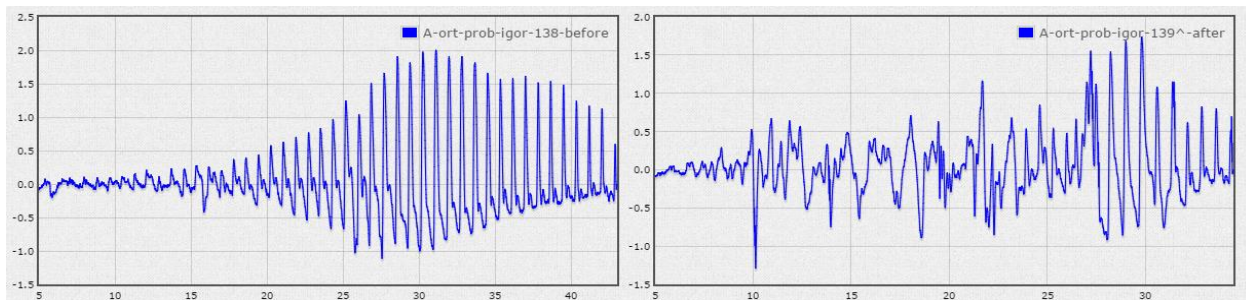
ІФСП. Інтегрований функціональний судинний потенціал (ІФСП) – відображає гемодинамічні властивості серцево-судинної системи з боку діяльності судин та має такі функціональні стани: стан фізіологічної норми, донозологічний стан 1, 2, преморбідний стан, ймовірна наявність патології.

ІВСЧГ. Індекс вегетативного серцевого чинника гемодинаміки.

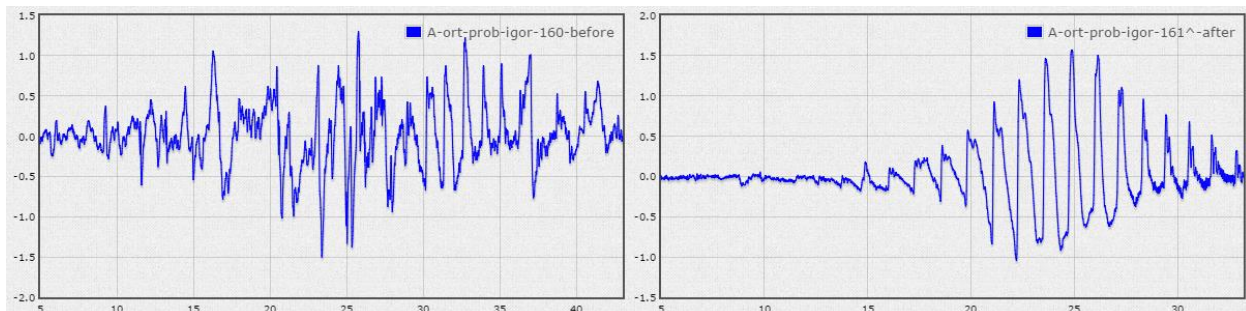
ІВСудЧГ. Індекс вегетативного судинного чинника гемодинаміки.

Зазначені показники дають можливість оцінити участь автономної нервової системи в регуляції діяльності серцевого та судинного чинника гемодинаміки (мал. 2.31)

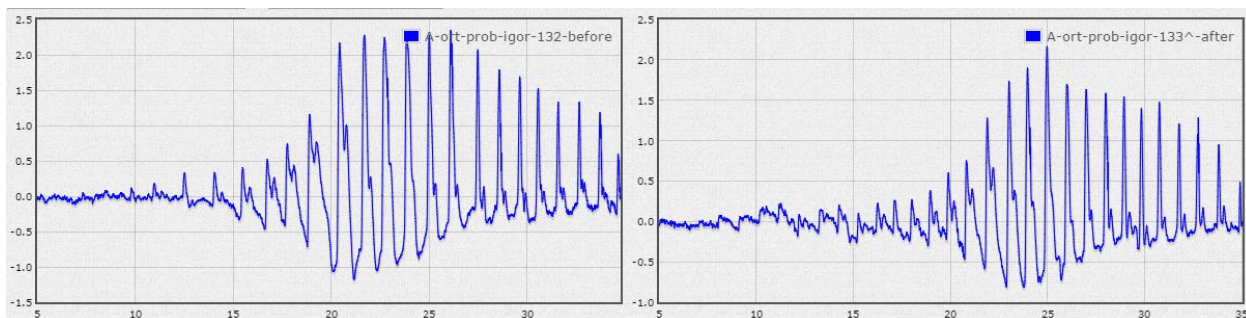
а)



б)



в)



Мал. 2.31. Варіанти АОГ обстежених до (лівий стовпчик) та після (правий стовпчик) фізичного навантаження.

Індекс Кердо дає можливість оцінити динаміку активності АНС в процесі її адаптації до компресії плеча у стані спокою та при різноманітних впливах зовнішніх чинників і порівняти отримані результати з показниками активності АНС, отриманими при аналізі АОГ для підтвердження достовірності її результатів [62].

3. Види зовнішніх впливів, використані для оцінки резервних можливостей організму

Компресія плеча манжетю під час вимірювання артеріального тиску може розглядатись як функціональне навантаження, яке можна використати для оцінки адаптаційних можливостей організму хворих та здорових осіб [1].

Вивчення характеру пульсацій, їх візуальних та числових характеристик в окремі періоди зростаючої компресії дали можливість більш детально оцінити механізми адаптації організму до поступово зростаючої компресії плеча при вимірюванні артеріального тиску. При цьому, за аналізом максимальних пульсацій – оцінити стан кардіального чинника гемодинаміки, а негативних пульсацій – судинного [180].

Проба Мартіне-Кушелєвського (проба з 20 присіданнями за 30 с) – функціональна проба, призначена для визначення функціональних можливостей ССС. Використання артеріальної осцилографії при її проведенні дає можливість удосконалити ефективність застосування цього традиційного, високоінформативного, валідного методу індивідуальних та масових досліджень: детально оцінити особливості роботи серця як єдиного гемодинамічного насосу і судин («периферійного серця») у відповідь на фізичне навантаження; визначити резервні можливості організму, завчасно діагностувати преморбідні стани, розробити програму ранньої реабілітації [182, 229, 250, 255, 256].

Проба Руф'є (проба з 30 присіданнями за 45 с): призначена для визначення резервних можливостей ССС. Використовується при визначенні медичної групи для занять фізичною культурою школярів. Застосування АОГ при цьому дає можливість оцінити адаптаційні можливості серцевого і судинного чинників гемодинаміки при більшій (на 50%), ніж у пробі Мартіне-Кушелєвського, кількості присідань. При цьому додатково пропонується комплексні показники: адаптаційний індекс (за Вакуленко), ПАРС-АО та ІФСП для кожного вимірювання та усереднене значення [180].

Орто статична проба (активна) – перехід із положення лежачи в положення стоячи – призначена для вивчення функціонального стану АНС [229, 250, 255, 256].

Тренувальні та змагальні навантаження у спорті – для вивчення адаптаційної здатності ССС до навантаження, визначеного тренером на тренуваннях, та її стан під час змагань [250, 251, 256].

Перебування у лазні: парній, сухій, у басейні – для порівняння впливу різних за характером термічних чинників на стан серцево-судинної та вегетативної нервової систем [250, 251, 256].

Психоемоційні впливи – перегляд і прослуховування аудіо- та відеоматеріалів – для вивчення впливу різнохарактерних аудіовізуальних чинників на стан ССС як індикатора адаптаційних можливостей організму [250, 251, 256].

Диференційований масаж – для вивчення впливу сегментарно-рефлекторного масажу на стан ССС як індикатора адаптаційних можливостей організму. Для обґрунтування достовірності отриманих результатів вивчено вплив на часові,

спектральні показники ВСР електрокардіосигналу та динаміку біохімічних, електрофізіологічних показників [184, 186, 187, 214].

- **Захворювання** (серцево-судинної та дихальної систем, КОВІД-19, цукровий діабет, психічні захворювання). Використання артеріальної осцилографії дає можливість з'ясувати механізми розвитку захворювань, реакції серцево-судинної, автономної нервових систем та рівнів регуляції їх діяльності, спрямовані на подолання наявних станів. Виявити окремі маркери, які можуть бути специфічними для різних патологічних станів [180].

Висновки

Вимірювання артеріального тиску – простий, доступний метод обстеження, інформаційні можливості якого можна значно розширити. Отримана (за допомогою розробленого авторами ПК Оранта-АО) інформація щодо морфологічного, часового, фрактального, спектрального аналізу АОГ та алгоритмів штучного інтелекту допоможе лікарю зразу після вимірювання артеріального тиску отримати (в офлайн чи онлайн режимі) результати обстеження та необхідні рекомендації.

Артеріальна осцилографія дає можливість визначити шляхи адаптації ССС до компресії плеча та рівні регуляції її діяльності при вимірюванні артеріального тиску у стані спокою та при різноманітних зовнішніх впливах та захворюваннях. Йдеться про такі впливи: фізичні (проби Мартіне-Кушелєвського, Руф'є, ортостатична, тренування та змагання), термічні («моржування», сауна), механічні (масаж), психоемоційні (перегляд різноманітних відеокomпозицій, практики Чжун Юань цигун); захворювання (серцево-судинної і дихальної систем, цукровий діабет, КОВІД-19 та ін.). Актуальність методу важко переоцінити.

2.6. ПОКАЗНИКИ НОРМИ ТА РІВНІ ВІДХИЛЕНЬ ВІД НИХ, РОЗРОБЛЕНІ ЗА РЕЗУЛЬТАТАМИ МОРФОЛОГІЧНОГО, ЧАСОВОГО ТА СПЕКТРАЛЬНОГО АНАЛІЗУ АРТЕРІАЛЬНИХ ОСЦИЛОГРАМ

Д.В. Вакуленко, Л.О. Вакуленко

Актуальність теми. Вимірювання артеріального тиску – простий, доступний (як медичним працівникам, так і пацієнтам) метод обстеження. Його проведення є обов'язковою процедурою при обстеженні хворих, у спортивній медицині, приватній практиці. Компресія плеча манжетою під час вимірювання артеріального тиску може розглядатись як функціональне навантаження, яке можна використати для оцінки адаптаційних можливостей організму хворих та здорових осіб. Для

швидкого, поглибленого, достовірного аналізу результатів вимірювання артеріального тиску авторами розроблений метод артеріальної осцилографії та впроваджений програмний комплекс (ПК) Оранта-АО (вебсередовище, мобільний додаток, програмне середовище сервера та програмний компонент електронного вимірювача тиску [180]).

Інформація щодо показників норми досліджуваних нами морфологічних, часових, спектральних показників та рівнів відхилення від них дасть можливість оцінити стан здоров'я та глибину проявів патологічних змін з боку серцево-судинної, автономної нервової систем та рівнів регуляції їх діяльності [180, 263, 265].

Мета дослідження. За результатами аналізу літературних джерел та оцінки 4000 АОГ розробити показники норми та рівні відхилень від норми для результатів морфологічного, часового, спектрального, фрактального аналізу АОГ

Матеріал і методи дослідження. Оцінку показників морфологічного, часового та спектрального аналізу 4000 артеріальних осцилограм проведено за позитивними та негативними екстремумами, як упродовж усієї компресії плеча, так і в різні її періоди. Щоб оцінити кожний з отриманих показників, визначали показники норми.

Описано результати застосування розробленого авторами ПК Оранта-АО для морфологічного, часового, спектрального, фрактального аналізу більше 4000 артеріальних осцилограм (АОГ), зареєстрованих електронним тонометром (ВАТ 41-2) під час вимірювання АТ. У зв'язку з відсутністю подібних досліджень, для морфологічного аналізу АОГ скористались методом пошуку логічних закономірностей та системою роздумів на основі аналогічних випадків і адаптували інформацію, впроваджену в плетизмографії та реографії [12, 205, 234]. Для часового і спектрального аналізу – адаптовано показники, методи, термінологію, що застосовуються при аналізі варіабельності серцевого ритму електрокардіосигналу [47, 170, 266].

Для морфологічного аналізу використано експрес-та математичний метод оцінки морфологічних характеристик. Для часового, фрактального, спектрального аналізу визначали їх середнє, максимальне та мінімальне значення. При формуванні меж норми для кожного показника прийняли, що 20% значень середніх показників із 4000 АОГ належать до норми (від -1 до 1). Окрім цього, залежно від рівня відхилення від норми, виділили ще по 4 категорії показників, які поступово відхилялись у бік їх збільшення та зменшення (усього 10 категорій). Межі проміжних категорій (вагових коефіцієнтів) розподілили симетрично з однаковим кроком. Для визначення крайніх категорій використали мінімальні та максимальні

значення (окрім артефактів), розраховані з усіх АОГ. У зв'язку з відсутністю подібних досліджень, отримані результати порівняли з однойменними показниками норми, прийнятими при аналізі варіабельності серцевого ритму електрокардіосигналу [47].

Результати досліджень та їх аналіз

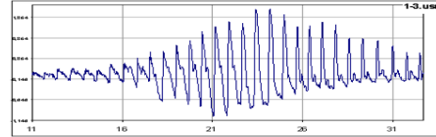
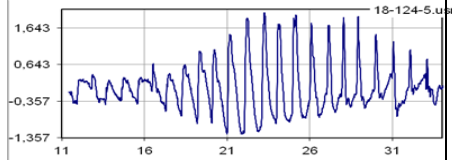
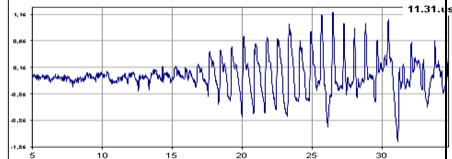
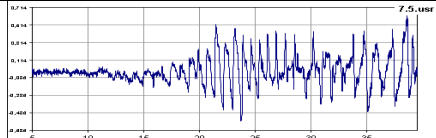
Результати морфологічного аналізу артеріальних осцилограм

В основу математичного аналізу морфологічних характеристик АОГ покладена інтерпретація за 10 критеріями. За відхиленням від норми кожному з цих критеріїв присвоєні бали від 1 до 5.

Для експрес-оцінки морфологічних характеристик за результатами аналізу 4000 АОГ було розроблено показники норми. За ступенем відхилень від запропонованих авторами показників норми, осцилограми поділені на 5 типів [180]. За їх результатами оцінено рівень здоров'я та рівень адаптаційної здатності організму, розроблено рекомендації для їх корекції (табл. 2.3 [178]).

Таблиця 2.3

Експрес-оцінка рівня здоров'я, адаптаційних можливостей організму та рекомендації щодо їх корекції залежно від візуального аналізу морфологічних характеристик типу АОГ

Варіант градації	Типи артеріальних осцилограм	Оцінка рівнів		Рекомендації
		здоров'я	адаптації	
1 тип <i>Відмінно</i>		Здоровий	Оптимальна адаптація	Підтримувати ЗСЖ*
2 тип <i>Добре</i>		Практично здоровий	Напружена адаптація	Корекція СЖ**
3 тип <i>Задовільно</i>		Умовно здоровий	Перенапруження адаптації	Повторне обстеження Превентивна реабілітація
4 тип <i>Незадовільно</i>		Стан перед хвороби	Зрив адаптації	Додаткові обстеження. Реабілітація

5 тип <i>Вкрай</i> <i>Незадові</i> <i>льно</i>		Хворий	Адаптація до порушень	Поглиблене обстеження і лікування
--	---	--------	-----------------------------	---

Примітка: СЖ – спосіб життя, ЗСЖ – здоровий спосіб життя

Показники часового аналізу артеріальних осцилограм

Показники, отримані при часовому аналізі артеріальних осцилограм, згруповані за рівнем відхилення від середніх значень в 10 категоріях (норма від -1 до 1), наведені в таблиці 2.4.

Таблиця 2.4

Показники часового аналізу артеріальних осцилограм: норма (від -1 до 1) та рівні відхилень від неї (від -5 до -1 та від 1 до 5) за позитивними і негативними екстремумами

Позитивні інтервали	-5(<)	-4(<)	-3(<)	-2(<)	-1(<)	1(>)	2(>)	3(>)	4(>)	5(>)
Mo	0,5	0,55	0,6	0,65	0,7	0,85	0,9	1	1,1	1,2
AMo	10	15	20	25	30	40	45	50	60	70
IN	5	10	20	25	40	100	140	180	220	300
IVR	20	30	50	70	80	120	200	250	300	400
VPR	0,02	0,05	0,1	0,15	0,2	0,3	0,4	0,6	0,8	1
HVR	10	15	20	25	30	40	45	50	60	70

Негативні інтервали	-5(<)	-4(<)	-3(<)	-2(<)	-1(<)	1(>)	2(>)	3(>)	4(>)	5(>)
Mo	0,5	0,55	0,6	0,65	0,7	0,85	0,9	1	1,1	1,2
AMo	10	15	20	25	30	40	45	50	60	70
IN	5	10	20	25	40	100	140	180	220	300
IVR	10	15	25	35	50	70	90	110	150	200
VPR	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,8	1	1,2	1,6	2
HVR	10	15	20	25	30	40	45	50	60	70

Як видно з таблиці, для часового аналізу осцилограм використано 24 показники (за позитивними і негативними екстремумами), кожен з них – у 10 категоріях.

Показники норми, прийняті для часового аналізу ЕКГ [169, 170], перебували в межах показників норми, отриманих авторами при аналізі артеріальних осцилограм.

Показники спектрального аналізу артеріальних осцилограм

При розрахунку показників спектрального аналізу використовували методи швидкого перетворення Фур'є (від 0 Гц до 60 Гц), показники потужності миттєвої частоти та миттєвої фази розраховували з перетворенням Гільберта-Хуанга (від 0 Гц до 3 кГц). Значення фрактальної розмірності визначали за методом Херста.

Показники, отримані при спектральному аналізі артеріальних осцилограм, згруповані в 10 категорій, наведені в таблиці 2.5, її розширений варіант – у додатку. Як і в попередніх дослідженнях, категорії формували залежно від рівня відхилення від середніх (норма від -1 до 1) (див. табл. 2.5).

Необхідно звернути увагу на те, що динаміка механічних осциляцій стінок судин, причетних до формування пульсацій, значна, а отримана осцилограма не підлягає фільтрації спектра. Це спонукало нас використати для спектрального аналізу саме артеріальну осцилограму, а не інтервали між екстремумами. Згадані особливості дають можливість сформулювати повніше уявлення про процеси, які відбуваються в судині під час компресії плеча. При формуванні меж норми та вагових коефіцієнтів для показників спектрального аналізу використали аналогічний (вищевказаний) алгоритм.

Таблиця 2.5

Показники спектрального аналізу артеріальних осцилограм: норма (від -1 до 1) та рівні відхилень від неї (від -5 до -1 та від 1 до 5) за позитивними і негативними екстремумами

Позитивні інтервали,%	-5(<)	-4(<)	-3(<)	-2(<)	-1(<)	1(>)	2(>)	3(>)	4(>)	5(>)
%HF-total	30	35	40	45	50	70	75	80	85	90
%HF-20-70	40	45	50	55	60	70	75	80	85	90
%HF-70-end	30	40	45	50	60	70	75	80	85	90
%LF-total	10	12	15	18	20	30	32	35	38	40
%LF-20-70	10	12	15	18	20	30	32	35	38	40
%LF-70-end	10	12	15	18	20	30	32	35	40	50
%VLF-total	-	-	-	0	5	15	20	25	30	35
%VLF-20-70	-	-	-	0	5	15	20	25	30	35
%VLF-70-end	-	-	-	0	5	15	20	25	30	35
TP	150	200	250	300	350	450	500	550	600	650

Негативні інтервали,%	-5(<)	-4(<)	-3(<)	-2(<)	-1(<)	1(>)	2(>)	3(>)	4(>)	5(>)
%HF-total	45	50	55	60	65	75	78	80	82	87
%HF-20-70	45	50	55	60	65	75	78	80	82	87
%HF-70-end	45	50	55	60	65	75	78	80	82	87
%LF-total	-	-	8	10	12	20	22	25	30	35
%LF-20-70	-	-	8	10	12	18	22	25	28	30
%LF-70-end	-	-	8	10	12	18	22	25	28	30
VLF-total	-	-	-	0	5	10	12	15	18	20
%VLF-20-70	-	-	-	0	5	10	12	15	18	20
%VLF-70-end	-	-	-	0	5	10	12	15	18	20
TP	300	350	400	500	600	650	700	750	800	850

Спектральному аналізу підлягали показники артеріальної осцилограми, зареєстровані у різні періоди компресії судин плеча, що дає можливість оцінити ступінь адаптації організму до різного рівня компресії судин плеча. Як видно з таблиці 2.5, однойменні показники спектрального аналізу по-різному реагували на ступінь компресії судин плеча.

Розширена програма ймовірних для застосування критеріїв норми (та рівнів їх відхилення) при аналізі артеріальних осцилограм

Функціональна система регуляції кровообігу є багаторівневою, ієрархічно організованою системою, в якій домінуюча роль окремих ланок визначається поточними потребами організму [229]. Організм як цілісна система може існувати лише при певних співвідношеннях між коливальними процесами на різних рівнях. Знаючи закономірності цих фазових відношень, можна легко перейти від одного коливального процесу до іншого [120]. Це може бути використано для оцінки показників стану регуляторних механізмів, які характеризують адаптаційні можливості організму [207]. Так, повільні (недихальні) коливання серцевого ритму корелюють з аналогічними хвилями артеріального тиску та плетизмограми [120].

При аналізі артеріальних осцилограм з метою моніторингу біоритмічної активності мозку застосували метод нейродинамічного аналізу, що використовується при вивченні варіації серцевого ритму [207].

Ритми хвиль мозкової активності, залежно від їх частот (бета-, альфа- тета-, дельта-ритм) [205], можна визначати в різні періоди компресії судин плеча. Додатково, для оцінки миттєвих адаптаційних реакцій нервової системи через

органи-виконавці (серце та судини), розраховували миттєву частоту та миттєву фазу за перетворенням Гільберта-Хуанга (від 0 Гц до 3 кГц) [112].

Показники фрактального аналізу артеріальних осцилограм

Показники, отримані при фрактальному аналізі артеріальних осцилограм, отриманих у різні періоди компресії судин плеча, згруповані за попереднім принципом, наведені в таблиці 2.6.

Таблиця 2.6

Показники фрактального аналізу: норма (від -1 до 1) та рівні відхилень від неї (від -5 до -1 та від 1 до 5)

	1	2	3	4	5
Hurst-total	0,72 – 0,74	0,7 – 0,72 0,74 – 0,75	0,68 – 0,7 0,75 – 0,77	0,65 – 0,68 0,77 – 0,78	0 – 0,65 0,78 – 1
Hurst-20	0,82 – 0,84	0,8 – 0,82 0,84 – 0,86	0,78 – 0,8 0,86 – 0,87	0,76 – 0,78 0,87 – 0,89	0 – 0,76 0,89 – 1
Hurst-20-70	0,75 – 0,78	0,72 – 0,75 0,78 – 0,8	0,7 – 0,72 0,8 – 0,83	0,65 – 0,7 0,83 – 0,86	0 – 0,65 0,86 – 1
Hurst-70-100	0,78 – 0,83	0,75 – 0,78 0,83 – 0,86	0,72 – 0,75 0,86 – 0,88	0,65 – 0,72 0,88 – 0,9	0 – 0,65 0,9 – 1
Hurst-100-70	0,78 – 0,85	0,75 – 0,78 0,85 – 0,9	0,71 – 0,75 0,9 – 0,93	0,65 – 0,71 0,93 – 0,95	0 – 0,65 0,95 – 1
Hurst-70-end	0,78 – 0,82	0,75 – 0,78 0,82 – 0,84	0,72 – 0,75 0,84 – 0,86	0,65 – 0,72 0,86 – 0,9	0 – 0,65 0,9 – 1

Як видно з таблиці 2.6, фрактальні портрети, визначені у різні періоди компресії плеча, відрізнялись між собою.

Середні значення показників часового і спектрального аналізу артеріальних осцилограм та рівні відхилень від них

За результатами часового та спектрального аналізу понад 4000 осцилограм 380 здорових осіб визначено показники норми, середні значення досліджуваних параметрів та рівні відхилень від них [42]. Розроблені авторами інформаційні технології вагової оцінки показників часового та спектрального аналізу осцилограми дали можливість поділити їх за рівнем відхилення від середніх значень (0) на 10 категорій (від -5 до 0 та +5), які згруповано за п'ятьма рівнями градації (табл. 2.7).

Таблиця 2.7

Рівні градації показників часового та спектрального аналізу осцилограм

Вагові коефіцієнти										
-5	-4	-3	-2	-1	0	+1	+2	+3	+4	+5
↓	↓	↓	↓	↓		↓	↓	↓	↓	↓
5-й	4-й	3-й	2-й	1-й		1-й	2-й	3-й	4-й	5-й

Рівень градації

За аналогією з фізіологічною інтерпретацією ЕКГ та морфологічним аналізом осцилограм, отримані результати співставлено з 5 варіантами градації рівня здоров'я (табл. 2.1). Відсотковий вміст кожної із них відповідає межах градації морфологічних характеристик, що дає можливість аналогічного прийняття рішень лікарем. Згадана інформація допоможе лікарю оцінити стан серцево-судинної системи та прийняти необхідні рішення при різних градаціях рівня здоров'я як при первинному обстеженні, так і в процесі лікування.

Узагальнена таблиця з детальною інтерпретацією отриманих показників

Для зручності загальної оцінки результатів дослідження за прикладом аналізу ВСР електрокардіосигналу [170] розроблено узагальнену таблицю з детальною інтерпретацією отриманих показників, яка включає такі характеристики: рівні функціонування автономної нервової системи, рівень адаптації, функціональні резерви організму, рівень функціонального стану, функціональні резерви організму, психоемоційний стан та рекомендації щодо корекції стану пацієнта (табл. 2.8).

Таблиця 2.8

Характеристика рівнів адаптаційних можливостей організму, сформованих на базі морфологічного, часового, спектрального аналізу АОГ

№	Рівні функціонування			Рівні функціонального стану	Психоемоційний стан		Рекомендовано
	Вегетативна регуляція	Рівень адаптації	Функціональні резерви організму		Психоемоційний стан	Активність	
1	Відповідає нормі	Мінімальне або оптимальне напруження систем регуляції, характерне для задовільної адаптації організму до умов середовища	Високі	Відповідає нормі	Відмінний	Висока	Підтримувати здоровий спосіб життя
2	Відповідає нормі	Стан функціонального напруження, що супроводжується мобілізацією захисних механізмів, у тому числі підвищення активності симпато-адреналової системи і системи гіпофіза-наднирники	В нормі	В межах норми	Добрий	В нормі	Відкоригувати спосіб життя

3	Нижче норми	Стан перенапруження, для якого характерні недостатність адаптаційних захисно-приспосувальних механізмів та неспроможність забезпечити оптимальну адекватну реакцію організму на вплив чинників зовнішнього середовища	Нижче норми	Незначні відхилення від норми	Задовільний	Ознаки накопиченої втоми	Повторне обстеження. Превентивна реабілітація
4	Порушена	Зрив механізмів адаптації, стадія виснаження регуляторних механізмів з перевагою неспецифічних змін	Низькі	Не відповідає нормі	Нервово перенапруження	Ознаки накопиченої втоми	Консультація лікаря
5	Порушена	Преморбідний стан з перевагою специфічних змін	Вичерпані	Стан перед хвороби. Ознаки патологічних змін	Нервовий стрес	Ознаки депресії	Клінічне обстеження

За результатами таблиці лікар може отримати рекомендації щодо підтримання чи корекції стану пацієнта. Більш детальна інформація щодо таблиці 2.8 розміщена у додатку. Зазначена інформація відображається на головній сторінці, в особистому кабінеті користувача (ПК Оранта-АО), також розширену інформацію щодо комплексних показників та функцій організму наведено в закладці «Експертна система».

Висновки. Вимірювання артеріального тиску – простий, доступний метод обстеження, інформаційні можливості якого можна значно розширити. Отримана (за допомогою розробленого авторами портативного ПК Оранта-АО) інформація щодо морфологічного, часового, фрактального, спектрального аналізу АОГ допоможе лікарю зразу після вимірювання артеріального тиску отримати (в офлайн чи онлайн режимах) результати обстежень.

Артеріальна осцилографія дає можливість раннього виявлення преморбідних станів, динаміки патологічних процесів, результатів профілактичних, реабілітаційних заходів. Їх вивчення та оцінка можуть дати достовірну інформацію про динаміку патологічного процесу та ефективність застосування реабілітаційних засобів. Залежно від рівня відхилення отриманих результатів від показників норми створюється можливість планувати профілактичні заходи, провести ранню (превентивну) реабілітацію та запобігти прогресуванню патологічного процесу. Як наслідок – підвищення якості людського капіталу країни, рівня здоров'я та якості життя населення, профілактика станів,

пов'язаних із різними видами стресу, створення рекомендацій щодо формування «індустрії здоров'я».

РОЗДІЛ ІІІ

ОБГРУНТУВАННЯ ІНФОРМАТИВНОСТІ МЕТОДУ АРТЕРІАЛЬНОЇ ОСЦИЛОГРАФІЇ ТА ДОСЛІДЖУВАНИХ ПОКАЗНИКІВ, ВИЗНАЧЕНИХ ЗА ДОПОМОГОЮ ПК ОРАНТА-АО

3.1. РЕЗУЛЬТАТИ КЛІНІЧНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ, ПРОВЕДЕНИХ ДЛЯ СЕРТИФІКАЦІЇ ПРОГРАМНОГО КОМПЛЕКСУ ОРАНТА-АО

Д.В. Вакуленко, Л.О. Вакуленко

Актуальність теми. Оцінка будь-якого методу діагностики та лікування потребує всебічного обґрунтування.

Мета клінічного дослідження – обґрунтування застосування Програмного комплексу Оранта-АО (вебсередовище, мобільний додаток, програмне середовище сервера та програмний компонент електронного вимірювача тиску), реалізованого на основі методу артеріальної осцилографії (Вакуленко Д.В., Вакуленко Л.О.)

Матеріали та методи досліджень. Для проведення клінічного дослідження обстежено 110 осіб віком від 18 до 65 років чоловічої та жіночої статі без скарг на стан здоров'я та 60 осіб із захворюваннями серцево-судинної системи, за власним бажанням та письмовою згодою.

Метод артеріальної осцилографії (Вакуленко Д.В., Вакуленко Л.О.) [180] базується на аналізі артеріальної осцилограми, зареєстрованої під час вимірювання АТ для діагностики стану серцево-судинної, автономної нервової систем, їх адаптаційних можливостей, прогнозування ризиків виникнення захворювань, показників крові, центральної гемодинаміки, функції серця за допомогою вимірювача тиску та ПК Оранта-АО під час компресії та (або) декомпресії.

Для вирішення поставлених завдань проведено загальноприйняті суб'єктивні та об'єктивні обстеження. В останніх застосовувались такі методи апаратних обстежень: електрокардіографія (12 відведень та ритмограма), артеріальна осцилографія (використано 3 вимірювачі), спірографія – комплексне обстеження, визначення жорсткості судин (апарат ВАТ 41-2), реографічне дослідження. Останнє проводилось за допомогою 8-канального реографічного комплексу РЕОКОМ, який включав такі реографічні канали: центральної гемодинаміки (за Кубічеком), правого та лівого передпліччя, лівого плеча (в манжеті – канал тиску та канал ЕКГ). Використано функціональні обстеження з визначенням жорсткості

судин (з перетисканням судин плеча протягом 5 хв.), проведенням нітрогліцеринової проби та проби Мартіне-Кушелєвського і Руф'є.

Реєстрація артеріальних осцилограм до (або після) електрокардіографічних та реографічних досліджень проводилась за допомогою 3 вимірювачів тиску: ВАТ 41-2, Омрон, Др.Фрей. Інтервали між записами ЕКГ, реограми та артеріальних осцилограм тривали від 5 до 20 хвилин. Проводилось порівняння показників шляхом розрахунку кореляції за методом Спірмена. Достовірність розраховували за методом Вілкоксона. Додатково будувались регресійні моделі на основі показників артеріальних осцилограм для прогнозування порівнюваних показників.

Окремі результати клінічних досліджень представлено у даному розділі.

3.1.1. Порівняльний аналіз показників, отриманих з артеріальної осцилограми ВАТ 41-2 та реографічного комплексу РЕОКОМ

Д.В. Вакуленко, Л.О. Вакуленко

Актуальність теми. Для підтвердження інформативності методу АОГ проведено порівняльний аналіз показників, отриманих на 8-канальному реографічному комплексі РЕОКОМ в процесі вимірювання артеріального тиску та синхронно зареєстрованих показників з реографічного каналу в манжеті та з каналу тиску (артеріальної осцилограми).

Матеріали та методи досліджень. Для реєстрації АОГ використано програмний комплекс Оранта-АО та 8-канальний реографічний комплекс РЕОКОМ. Порівняльний аналіз часових та спектральних показників з синхронно зареєстрованих артеріальних осцилограм та реовазограм з реографічного каналу в манжеті на 8-канальному реографічному комплексі РЕОКОМ наведено в табл. 3.1.

Результати досліджень та їх аналіз

Результати досліджень представлені у таблиці 3.1.

Таблиця 3.1

Порівняльний аналіз синхронно зареєстрованих показників, отриманих в процесі вимірювання артеріального тиску з каналу тиску (артеріальної осцилограми) та реографічного каналу в манжеті на 8-канальному реографічному комплексі РЕОКОМ

Складові пар корелят	Коефіцієнт кореляції Пірсона	Ймовірність помилки (pValue)	Достовірність h Value	Вірогідність помилки pValue	Канал тиску в манжеті M±m АОГ	Реографічні показники на основі зниження опору в манжеті M±m
NN50_pos	0,84194	8,4508e-39	0	3,6884e-07	14,03±0,79	11,67±0,78
SDSD_pos	0,44981	2,4694e-08	0	1,5201e-07	0,13±0,01	0,10±0,01
Mo_pos	0,99166	1,0661e-124	0	0,089555	0,85±0,01	0,86±0,01
AMo_po	0,86065	2,7946e-42	0	3,0705e-05	44,76±1.04	47,15±1.08
BP_pos	0,35802	1.4053e-05	1	1.1609e-07	0,82±0,04	0,59±0,03
IVR_pos	0,33739	4,5734e-05	1	4,0424e-09	79,81±5,43	128,04±9,04
VPR_pos	0,36094	1,1812e-05	1	2,5756e-07	0,96±0,04	0,70±0,04
IN_pos	0,40538	6,7485e-07	1	4,9403e-09	49,31±3,69	78,52±6,06
HVR_index_pos	0,98516	1,6665e-107	0	0,022096	114,45±4,88	114,76±4,908
ULF_per_total_int_p	0,65789	1,0365e-18	0	0,00053355	7,10±0,55	8,77±0,68
VLF_per_total_int_p	0,45025	2,3836e-08	0	0,0056662	17,17±0,76	19,01±0,85
LF_per_total_int_p	0,54391	3,7859e-12	0	0,49507	26,69±0,93	25,83±0,93
HF_per_total_int_p	0,38087	3,4458e-06	0	0,013469	49,04±1,42	46,38±1,46
ULF_per_total_int_n	0,53321	1,182e-11	0	0,085392	5,05±0,52	4,19±0,44
VLF_per_total_int_n	0,23363	0,0054682	1	0,00021171	13,16±0,80	9,53±0,61
LF_per_total_int_n	0,15499	0,067478	1	5,3462e-08	24,19±0,90	17,53±0,65

HF_per_total_int_n	0,13962	0,099917	1	5,1323e-07	57,60±1.59	68,75±1.26
Delta_per_total	0,57311	1,365e-13	0	1,6944e-24	91,66±0,30	96,91±0,14
Teta_per_total	0,58003	5,9124e-14	1	1,4897e-24	7,66±0,29	2,78±0,13
Alpha_per_total	0,44716	3,0489e-08	1	1,8957e-22	0,60±0,03	0,26±0,01
Beta_per_total	0,04799 1	0,57339	1	8,7125e-11	0,08±0,00	0,05±0,01

Як видно з таблиці, коефіцієнт кореляції, визначений за Спірменом [108], між показниками каналу тиску (артеріальної осцилограми) та реографічного каналу в манжеті, за часовим аналізом такий: Mo_pos становила $r=0,99$, HVR_index_pos – $r=0,98$, для показників $NN50_pos$, AMo_pos – $r>0,85$. Це свідчить про високий рівень кореляційних зв'язків зазначених показників АОГ з показником реограми. При цьому різниця середніх показників була також незначною. Між іншими показниками ($SDSD_pos$, BP_pos , IVR_pos , VPR_pos , IN_pos) показники кореляції виявилися меншими, що може бути зумовлено біофізичними особливостями каналів реєстрації тиску та опору.

Порівняльний аналіз досліджуваних показників за спектральним аналізом в діапазоні від 0 до 0,4 Гц ($ULF_per_total_int_p$, $VLF_per_total_int_p$, $LF_per_total_int_p$, $HF_per_total_int_p$, $ULF_per_total_int_n$, $VLF_per_total_int_n$, $LF_per_total_int_n$, $HF_per_total_int_n$) інтервалограм виявив значну подібність середніх значень показників, які не відрізнялись більше ніж на 5%. Динаміка середніх значень показників в діапазоні від 4 до 25 Гц ($Delta_per_total$, $Teta_per_total$, $Alpha_per_total$, $Beta_per_total$) мала розкид від 1% до 40%. При цьому слід зауважити значення показників потужності спектру для реографічних показників в діапазоні більше 8 Гц були меншими відносно показників з каналу тиску. Згадана особливість свідчить про нижчу динамічну чутливість реографічного каналу порівняно з каналом тиску.

Висновки

Отримані порівняльні результати часового і спектрального аналізу за каналом тиску (артеріальної осцилограми) та реографічного каналу в манжеті засвідчили про наявність високого рівня кореляційних зв'язків між окремими показниками.

Зазначене дає можливість підтвердити інформативність і достовірність запропонованого авторами методу часового і спектрального аналізу АОГ. Відсутність кореляційних зав'язків між іншими показниками приводить до висновку про їх залежність від біофізичних особливостей каналів реєстрації тиску та опору.

3.1.2. Порівняльний аналіз показників артеріальних осцилограм з вимірювача АТ ВАТ 41-2, зареєстрованих на компресії, та з вимірювачів Омрон, Др.Фрей і з каналу тиску в манжеті (РЕОКОМ), зареєстрованих на декомпресії

Д.В. Вакуленко, Л.О. Вакуленко

Актуальність теми. Для підтвердження інформативності методу АОГ проведено порівняльний аналіз показників артеріальних осцилограм з вимірювачів АТ: ВАТ 41-2, Омрон та Др.Фрей та з каналу тиску в манжеті (з 8-канального реографічного комплексу РЕОКОМ).

Матеріали та методи досліджень. В програмному середовищі Оранта-АО проведено розрахунок з подальшим порівняльним аналізом показників, зареєстрованих з різних вимірювачів тиску: ВАТ, Омрон та Др. Фрей і з каналу тиску в манжеті (з 8-канального реографічного комплексу РЕОКОМ) [108].

Для зареєстрованих сигналів каналу тиску, реограми з манжети та вимірювачів тиску застосовували методи часового та спектрального аналізу за допомогою ПК Оранта-АО

Результати досліджень та їх аналіз

Проведено порівняльний аналіз динаміки показників, зареєстрованих з різних вимірювачів тиску (ВАТ, Омрон та Др. Фрей) та реовазограм, здатних експортувати криву тиску в ПК для подальшого аналізу в програмному середовищі Оранта-АО. Реєстрація артеріальної осцилограми відбулася під час зростання компресії для ВАТ 41-2, а для Омрон та Др. Фрей – на компресії та декомпресії (стравлюванні). Переважну інформаційну складову з Омрон та Др. Фрей отримували на стравлюванні, хоча застосування осцилограми на компресії з вказаних вимірювачів тиску несе важливу додаткову інформацію.

Результати досліджень представлені у таблиці 3.2.

Таблиця 3.2

Показники часового і спектрального аналізу АОГ, зареєстрованих з різних вимірювачів тиску (ВАТ 41-2, Омрон та Др. Фрей) та з каналу тиску в манжеті (з 8-канального реографічного комплексу РЕОКОМ)

Порівнювані показники	ВАТ 41-2 на компресії	Др.Фрей на стравлюванні	Омрон на стравлюванні	Крива тиску на стравлюванні (з реографії)
NN50_pos	7,81±0,27	2,18±0,23	3,68±0,32	14,02±0,79
SDSD_pos	0,16±0,01	0,06±0,01	0,082±0,02	0,13±0,01
Mo_pos	0,79±0,01	0,80±0,01	0,80±0,07	0,85±0,01
AMO_pos	39,83±1,02	54,35±1,49	47,57±4,13	44,76±1,04
BP_pos	0,69±0,03	0,26±0,02	0,39±0,03	0,82±0,04
IVR_pos	85,84±6,85	330,77±25,47	172,72±14,97	79,81±5,44
VPR_pos	0,90±0,037	0,36±0,03	0,51±0,044	0,96±0,04
IN_pos	57,12±4,93	213,68±16,54	111,50±9,66	49,31±3,70
HVR_index_pos	52,75±1,51	36,59±1,49	37,61±3,26	114,45±4,89
RMSSD	0,16±0,01	0,06±0,01	0,08±0,01	0,13±0,01
ПАРС_int	5,60±0,17	7,74±0,23	8,07±0,70	
ІФСП	25,91±0,41	18,15±0,37	20,47±1,77	
ULF_per_total	3,34±0,14	2,93±0,18	0,95±0,08	0,59±0,12
VLF_per_total	13,34±0,59	15,11±0,72	7,45±0,64	4,93±0,58
LF_per_total	24,33±0,78	21,18±0,66	25,67±2,22	16,59±0,90
HF_per_total	58,98±1,13	60,77±1,38	65,92±5,71	77,88±1,28
ULF_per_total_int_p	7,95±0,51	13,91±0,69	11,98±1,03	7,10±0,55
VLF_per_total_int_p	13,48±0,68	19,06±0,78	16,98±1,47	17,17±0,76
LF_per_total_int_p	28,78±0,83	34,41±0,91	32,73±2,83	26,68±0,93
HF_per_total_int_p	49,78±1,62	32,62±1,71	38,29±3,32	49,03±1,42
ULF_per_total_int_n	5,73±0,41	13,19±0,68	10,23±0,88	5,04±0,52
VLF_per_total_int_n	9,63±0,57	18,59±0,80	15,04±1,30	13,16±0,80
LF_per_total_int_n	23,72±0,77	34,34±0,85	31,13±2,67	24,18±0,91
HF_per_total_int_n	60,91±1,45	33,86±1,72	43,59±3,78	57,60±1,59

Як видно з таблиці, середні значення показників ЧСС з трьох вимірювачів тиску перебували в межах 74 ± 1 уд./хв. Показники часового аналізу NN50_pos, SDDSD_pos, BP_pos, VPR_pos, HVR_index_pos, RMSSD power_osc_stdev, ІФСП були більшими (від 20 до 50%) з вимірювача на компресії плеча порівняно з показниками з вимірювачів на стравлюванні. Показники АМо_-С, IVR_pos-Пс, IN_pos-Пс, ПАРС –Пс при цьому були меншими.

Збільшення показників часового аналізу NN50_pos, SDDSD_pos, BP_pos, VPR_pos, HVR_index_pos, power_osc_stdev, ІФСП та зменшення АМо, IVR_pos, IN_pos, ПАРС свідчить про відносно більшу активність Пс АНС на компресії. Зазначене можна пов'язати з порівняно меншим стресовим впливом компресії (порівняно з декомпресією) на стан ССС та її регуляторні механізми, що потребує меншої централізації впливу.

Зазначене підтверджується також тим, що адаптаційна вартість (*рівень централізації*) на основі динаміки показників спектрального аналізу інтервалограм за позитивними і негативними екстремумами (ULF, VLF, LF) на компресії виявились на 20-30% нижчими порівняно з декомпресією. Водночас, показник HF (пов'язаний з активністю ПС ланки АНС) – навпаки, на компресії виявився вищим, ніж на декомпресії, що зумовлено значною активацією симпато-адреналової системи, що підтверджує вище зазначені результати часового аналізу.

При цьому показник HF_per_total_int за негативними екстремумами був на 22% вищим, ніж за позитивними, що свідчить про більш виражену парасимпатичну активність судинного чинника порівняно з серцевим чинником гемодинаміки, що спрямоване на покращення периферійного кровообігу під час компресії плеча. Досліджувані показники, зареєстровані з вимірювачів Омрон та Др.Фрей за позитивними і негативними екстремумами, мали між собою схожу динаміку і не відрізнялись більше ніж на 10%. Зазначене свідчить про більш виражену узгодженість в діяльності між серцевим і судинним чинником гемодинаміки на декомпресії, що можна пов'язати з періодом стабілізації адаптаційної реакції серцевого і судинного чинників гемодинаміки протягом фази компресії. На реовазограмах динаміка спектральних показників наближалась до таких же АОГ, що підтверджує достовірність отриманих даних щодо стану судин.

Висновки

Реєстрація АОГ на компресії (ВАТ 41-2) дає можливість більш детально вивчити рівень адаптаційної здатності судинного та серцевого чинників гемодинаміки. Показник HF, визначений на АОГ, може бути маркером активності ПС АНС та критерієм адаптаційної здатності судинного чинника гемодинаміки до зростаючої компресії.

3.1.3. Порівняльний аналіз динаміки показників, зареєстрованих на ВАТ 41-2 (Оранта-АО), та каналу тиску, зареєстрованих на РЕОКОМ

Д.В. Вакуленко, Л.О. Вакуленко

Актуальність теми. Для підтвердження інформативності методу АОГ проведено порівняльний аналіз динаміки показників, зареєстрованих на ВАТ 41-2 (Оранта-АО) та каналу тиску, зареєстрованих на РЕОКОМ.

Матеріали та методи досліджень. Проведено порівняльний аналіз динаміки показників, зареєстрованих на ВАТ 41-2 (Оранта-АО) та каналу тиску, зареєстрованих на РЕОКОМ [108].

Результати досліджень та їх аналіз

Результати досліджень представлені у таблиці 3.3.

Таблиця 3.3.

Порівняльний аналіз динаміки показників, зареєстрованих на ВАТ 41-2 (Оранта-АО) та каналу тиску, зареєстрованих на РЕОКОМ.

Порівнювані показники	Коеф. корел. за Спірменом	P	Достовірність	Вілкоксон рValue	Оранта-АО M±m	РЕОКОМ – канал тиску M±m
NN50_pos	0,1141	0,17634	1	2,6409e-12	7,81±0,27	14,03±0,79
SDSD_pos	0,044824	0,59633	1 – 0	0,0044283	0,16±0,01	0,13±0,01
Mo_pos	0,7176	9,4325e-24	1 – 0	1,6198e-10	0,80±0,01	0,85±0,01
AMo_pos	0,29705	0,00033092	1 – 0	0,00021456	39,83±1,02	44,76±1,04
BP_pos	0,025568	0,76263	1	0,009683	0,70±0,03	0,82±0,04
IVR_pos	0,2373	0,004462	0	0,44204	85,84±6,85	79,81±5,43
VPR_pos	0,024092	0,77596	0	0,25099	0,90±0,04	0,96±0,04
IN_pos	0,25164	0,0025205	0	0,086966	57,12±4,93	49,31±3,69
HVR_index_pos	0,41088	3,7945e-07	1	1,8519e-24	52,76±1,51	114,45±4,88
RMSSD	0,044594	0,59821	1 – 0	0,0044853	0,16±0,01	0,13±0,01
ULF_per_total	-0,055356	0,51291	1	2,9159e-	3,34±0,14	0,60±0,12

				20		
VLF_per_total	-0,012385	0,8837	1	3,8013e-16	13,34±0,59	4,93±0,58
LF_per_total	0,061843	0,4647	1	8,3074e-09	24,33±0,79	16,59±0,90
HF_per_total	0,036875	0,66307	1	1,4718e-16	58,99±1,13	77,89±1,27
ULF_per_total_in t_p	0,003560 4	0,96646	0	0,18799	7,95±0,51	7,10±0,55
VLF_per_total_in t_p	0,053272	0,52893	1 – 0	0,0019996	13,48±0,69	17,17±0,76
LF_per_total_int_ p	0,084436	0,31777	0	0,085845	28,79±0,83	26,69±0,93
HF_per_total_int_ _p	0,076131	0,36786	0	0,803	49,78±1,62	49,04±1,42
ULF_per_total_in t_n	-0,051482	0,54288	0	0,13847	5,73±0,41	5,05±0,52
VLF_per_total_in t_n	-0,046345	0,58391	1	0,0025876	9,64±0,58	13,16±0,80
LF_per_total_int_ n	0,044288	0,60074	0	0,48296	23,72±0,77	24,19±0,90
HF_per_total_int_ _n	-0,029827	0,72456	0	0,11616	60,91±1,46	57,60±1,59

При порівнянні показників часового аналізу, зважаючи на положення тіла при вимірюванні, спостерігалось дещо нижче значення моди на 4%, отримане з ВАТ 41-2 (положення сидячи). Узгоджується зростання показників NN50_pos, АМО_pos, ВР_pos, VPR_pos з каналу тиску РЕОКОМ (в положенні лежачи і на стравлюванні) та вимірювачах Омрон та Др.Фрей (в положенні сидячи і на стравлюванні) порівняно з середніми значеннями, отриманими на компресії – з ВАТ 41-2 (сидячи). Така ж узгодженість виявлена тільки в напрямку зменшення показників SDSD_pos, RMSSD. Чутливі до положення тіла виявились показники IVR_pos, IN_pos, які були меншими в положенні лежачи при стравлюванні, хоч в положенні сидячи при стравлюванні показники, зареєстровані на вимірювачах тиску Омрон та Др.Фрей, були більшими порівняно з показниками ВАТ 41-2 (на компресії, сидячи).

Аналіз показників спектрального аналізу в діапазоні 4–25 Гц виявив вплив положення тіла та фази вимірювання (компресія чи стравлювання). Найбільша вага потужності спектру в діапазоні дельта- та бета-хвиль спостерігалась при компресії

та в положенні сидячи. В положенні лежачи та при декомпресії плеча переважав діапазон тета- та альфа-хвиль.

Висновки

Отримані результати дали можливість виявити особливості динаміки адаптаційних характеристик серцево-судинної та нервової системи до положення тіла (лежачи, сидячи) та періоду вимірюванні тиску (на компресії та стравлюванні). Так, в положенні сидячи і на компресії реєструвались дещо вищі показники активності симпато-адреналової системи.

3.1.4. Порівняльний аналіз динаміки показників АОГ до та після прийому нітрогліцерину та фізичного навантаження

Д.В. Вакуленко, Л.О. Вакуленко

Актуальність теми. Нітрати є проліками. Вони діють як донори оксиду азоту (NO), що вивільняється в процесі метаболізму, залучаючи в сферу активності NO мільйони синапсів. NO виявляє центральний гальмівний вплив на симпатичний тонус судин, пригнічуючи судинний компонент формування больового синдрому. Вазодилатація – основний гемодинамічний ефект нітрогліцерину (НГ), який діє безпосередньо на гладенькі м'язи переважно венозних та артеріальних судин через нітратний рецептор, що міститься у гладком'язевій оболонці стінки судин, сприяючи зниженню системного артеріального тиску та ударного об'єму і рефлекторному підвищенню ЧСС. Характер та інтенсивність дії нітрогліцерину на серце та периферійні судини залежить від взаємодії центральних та периферійних процесів [208]. Відкриття NO принципово змінили уявлення про механізми передачі інформації в центральній і вегетативній нервовій системі [208].

Мета досліджень. Ми поставили собі за мету вивчити вплив нітрогліцерину на часові та спектральні показники варіабельності серцевого ритму за допомогою методу артеріальної осцилографії та порівняти їх з впливом стандартного фізичного навантаження (проба Мартіне-Кушелєвського з 20 присіданнями) [182, 255, 256].

Матеріали і методи досліджень. У дослідженнях взяли участь 88 осіб віком 18-55 років без скарг на стан здоров'я, за власним бажанням (основна група). Обстеженим (які перебували у положенні сидячи) пропонувалось прийняти сублінгвально ½ таблетки нітрогліцерину (0,25 мг). АОГ реєстрували до та через 3 хвилини після прийому НГ. Метод обстеження базується на часовому та спектральному аналізі АОГ. Для порівняння аналогічний аналіз проведено у 86

осіб (контрольна група) після 20 присідань (проба Мартіне-Кушелєвського) та 30 присідань (проба Руф'є) [250].

Результати досліджень та їх аналіз

Показники ССС. Показники артеріального тиску і ЧСС до та після прийому НГ, 20 та 30 присідань представлені у таблиці 3.4.

Таблиця 3.4

Показники артеріального тиску і ЧСС до та після прийому НГ, 20 та 30 присідань

Методи впливу	АТс (мм рт.ст.)			АТд (мм рт.ст.)			ЧСС (уд./хв.)		
	Період обстеження			Період обстеження			Період обстеження		
	До	Після	%	До	Після	%	До	Після	%
НГ	117±1,24	112±1,80	-4,6	77±1,32	72±1,58	-6,6	73±1,20	83±1,60	+13,7
20 присідань	119±1,44	139±1,31	+16,8	78±0,94	80±1,22	+2,6	73±1,33	85±1,52	+16,4
30 присідань	121±1,52	148±1,56	+22,3	70±1,88	74±1,42	+2,8	75±1,63	102±2,02	+36,1

Як видно з таблиці, у всіх випадках після зовнішнього втручання ЧСС зростала. При цьому, динаміка після прийому НГ і 20 присідань була близькою (+14% і +16%), після 30 присідань – зростала на 36%. Динаміки АТс і АТд – відрізнялись: знижувались після прийому НГ (відповідно 5% і 7%) і зростали після фізичного навантаження. Після 20 присідань АТс зріс на 16%, після 30 присідань – на 22%. При цьому діастолічний тиск у обох останніх випадках зріс в межах 3%.

Часовий аналіз АОГ. Переважна кількість часових показників АОГ є похідною від ЧСС. Її зростання свідчить про активізацію Сл АНС і зростання централізації впливу на діяльність ССС [245, 267]. Результати часового аналізу АОГ до та після прийому НГ (проведені за показниками рNN50 SDS, Мо, Амо, VR, IVR, IN, HVR) засвідчили помірне зростання активності Сл АНС та централізації впливу [47, 245, 270, 267]. Результати обстеження представників контрольної групи також засвідчили помірне зростання активності Сл АНС та централізації впливу після 20 присідань і більш виражене – після 30 присідань. При цьому, у першому випадку (в контрольній групі) реєструвалась достовірна динаміка окремих показників (Мо, VPR, HVR-index), у другому – усіх досліджуваних показників часового аналізу, що підтверджує залежність активності центрального контуру регуляції діяльності ССС від рівня фізичного навантаження.

Спектральний аналіз АОГ. Динаміка показників спектрального аналізу АОГ до і після прийому нітрогліцерину та 20 присідань представлені у таблиці 3.5.

Динаміка показників спектрального аналізу АОГ до і після прийому нітрогліцерину та 20 присідань

Досліджувані показники	Проба з нітрогліцерином			Проба з 20 присіданнями		
	До	Після	Різниця	До	Після	Різниця
ULF_per_int_p	5,97±0,507	6,13±0,31	+2,7%	6,76±0,6	8,98±0,7	+24,7%
VLF_per_int_p	10,4±0,799	9,71±0,59	-6,7%	11,10±0,7	15,91±0,9	+30,2%
LF_per_int_p	30,68±1,034	29,16±0,93	-4,8%	27,94±1,2	29,40±0,9	+4,9%
HF_per_int_p	42,55±1,952	49,04±2,10	+15,3%	54,19±2,1	45,70±1,8	-18,6%

Представлена динаміка показників спектрального аналізу дає можливість з'ясувати механізм впливу НГ. Після прийому НГ реєструвалось зростання ULF (3%), зниження VLF (10%) і LF (5%) та зростання HF (15%). Водночас після 20 присідань HF – навпаки, знижувався (-18%) на фоні зростання усіх інших спектральних показників.

Таким чином, *збільшення ULF* після прийому НГ свідчить про зростання активності центрального контуру регуляції діяльності ССС. *Зниження %VLF* – про зниження активності ерготропних і гуморально-метаболических механізмів регуляції серцевого ритму. *Зниження LF* – свідчить про зниження активності симпатичного центру довгастого мозку (кардіостимулюючого і вазоконстрикторного). *Зростання HF* – про зростання активності парасимпатичного і кардіоінгібіторного центру довгастого мозку, що реалізується через блукаючий нерв, викликаючи вазодилатацію [267]. Саме еферентна вагусна активність створює надає основний внесок у високочастотний компонент (HF) [23].

Зазначене підтверджує висновки Абдуєвої Ф. М. та ін., 2011 [208], що НГ виявляє центральний гальмівний вплив на симпатичний тонус судин, сприяючи їх розширенню. При цьому знижується периферійний опір судин, зменшується венозне повернення та перед- і постнавантаження на серце, сприяючи зниженню системного артеріального тиску та ударного об'єму, що посилює їх антиангінальну ефективність. Зазначене (своєю чергою) зумовлює рефлекторну активацію симпатичного відділу автономної нервової системи, викликаючи рефлекторну тахікардію [161], що підтверджується динамікою отриманих нами показників часового аналізу АОГ.

Зростання показників ULF (24%), VLF (30%) і LF (5%) та зниження HF (19%) після 20 присідань свідчить про зростання централізації впливу усіх рівнів

регуляції діяльності ССС та зниження активності високочастотного домену – зниження активності ПСл АНС (на відміну від її зростання після НГ).

Висновки

АОГ, зареєстровані після прийому НГ, 20 присідань та 30 присідань приводить до висновку про різну чутливість показників часового аналізу до різного рівня подразнюючого чинника. Більш чутливі – Мо, VPR, HVR-index, інші – менш чутливі. Останні проявляють свою участь в адаптаційному процесі при більшому навантаженні (у нашому випадку – 30 присідань за 45 с, проба Руф'є).

Спектральний аналіз АОГ дав можливість вивчити механізм антиангінального впливу НГ. НГ сприяє зростанню активності центрального контуру регуляції діяльності ССС; зниженню активності ерготропних і гуморально-метаболических механізмів регуляції діяльності ССС; зниженню активності симпатичного центру та зростанню активності парасимпатичного і кардіоінгібіторного центрів довгастого мозку. В кінцевому результаті – проявляє центральний гальмівний вплив на симпатичний тонус судин, сприяючи зниженню системного артеріального тиску та ударного об'єму, викликаючи рефлекторну тахікардію, посилення скоротливості міокарда.

Різницю в активності високочастотного домену HF (індикатора активності парасимпатичної ланки АНС), а саме: зростання на прийом НГ і зниження після фізичного навантаження – можна пов'язати з першопричиною виникнення згаданих змін. Після прийому НГ – це вазодилатація, яка викликає усі наступні вищеописані, зміни. Після 20 присідань – це фізичне навантаження, яке викликає активацію Сл АНС та зростання централізації впливу на діяльність ССС.

Зазначене підтверджує дані, що еферентна симпатична і вагусна активація, спрямована на синусовий вузол, може модулюватися центральними (вазомоторними, дихальними центрами) і периферійними (стан судин, коливання АТ, дихальні рухи) впливами. Характер та інтенсивність дії нітроглицерину на серце та периферійні судини залежить від взаємодії центральних та периферійних процесів [208].

Таким чином, артеріальна осцилографія з використанням ПК Оранта-АО є високоінформативним та чутливим методом оцінки гемодинамічних змін, що відбуваються під впливом різних чинників, зокрема нітратів та фізичного навантаження.

3.1.5. Оцінка показників жорсткості судинної стінки після прийому нітрогліцерину

Д.В. Вакуленко, Л.О. Вакуленко

Актуальність теми. Захворювання серцево-судинної системи – найбільш поширене захворювання людства (ВООЗ). «Помолодшання» захворювань диктує необхідність пошуку нових та удосконалення уже існуючих методів профілактики, ранньої діагностики та лікування цих небезпечних захворювань. Останнім часом зростає зацікавленість в дослідженні параметрів центрального артеріального тиску (ЦАТ) і відбитої хвилі з метою вивчення їх внеску в патологічні механізми серцево-судинного континууму. Форма пульсової хвилі, записаної в будь-якому місці артеріального судинного дерева, є результатом сумації переміщення на периферію хвилі, створеної серцевим викидом лівого шлуночка (пряма пульсова хвиля) і «ехо», хвилі, що рухається у зворотному щодо пульсової хвилі напрямку, відбиваючись від периферійних ділянок артеріального русла в діастолу [198].

За умови наявності здорових артерій відбита хвиля зливається з «прямою пульсовою хвилею» в проксимальній частині аорти в діастолу, підвищуючи діастолічний тиск (ДАТ), що сприяє покращенню перфузії коронарних артерій [1]. В умовах підвищеної жорсткості аортальної стінки відбита хвиля не тільки не абсорбується достатньою мірою, але у зв'язку з підвищенням швидкості пульсової хвилі повертається в аорту в систолу, що призводить до підвищення центрального систолічного (цСАТ) і пульсового (ПАТ) артеріального тиску. Зазначене призводить до порушення нормального розслаблення шлуночків і заповнення коронарних артерій [1]. В останні роки появилася велика кількість даних, які підтверджують значення жорсткості артеріальної стінки (ЖАС) як важливого незамінного предиктора серцево-судинних захворювань та їх ускладнень [1, 48, 67, 101, 104, 110, 204, 206].

Мета досліджень. Вивчити та оцінити вплив прийому нітрогліцерину (НГ) на жорсткість центральних та периферійних судин осіб 20-55 років за методами та критеріями, запропонованими авторами методу [156]. Пошук показників АОГ, які можуть свідчити про жорсткість судин.

Матеріали та методи досліджень. В дослідження було включено 156 пацієнтів без скарг на стан здоров'я. Проведений порівняльний аналіз показників ЖАС у 164 пацієнтів без скарг на стан здоров'я віком від 18 до 65 років.

Для дослідження використаний вимірювач тиску ВАТ 41-2 (розробник і виготовлювач ТОВ «ІКС-ТЕХНО»), призначений для визначення параметрів центрального аортального тиску та жорсткості судин [156]. Вивченню підлягали запропоновані авторами методики показники: частота серцевих скорочень (ЧСС, HR, 1/хв.), периферійний (брахіальний) і центральний (аортальний) АТ: систолічний (BPs br, BPs ao), діастолічний (BPdia br, BRao), середній MAP br, MAO ao), пульсовий (PP br, PP ao); індекс аугментації (Aix br, Aix ao), індекс аугментації, приведений до ЧСС 75 уд./хв. (Aix 75 br, Aix 75 ao), швидкість поширення каротидно-феморальної пульсової хвилі (PWVcf, м/с), систолічний (SAI%) та діастолічний (DAI%) індекс площі, індекс ефективності субендокардіального кровотоку (SEVR,%). Вивчали також вихідні дані: P1 та P2 – АТс в максимальних точках амплітуди прямої та відбитої хвиль, T1 та T2 – час першого та другого систолічних піків хвилі. Дослідження проводили за усіма правилами, відповідно до методики, запропонованої ВАТ 41-2 до та через 3 хвилини після сублінгвального прийому 0,25 мг нітрогліцерину.

Результати досліджень та їх аналіз

Показники жорсткості судин до та після прийому Нітрогліцерину представлені у таблиці 3.6.

Показники жорсткості судин до та після прийому нітрогліцерину

№	Досліджувані показники	До прийому нітрогліцерину		Після прийому нітрогліцерину		%
		М	±m	М	±m	
1	HR, 1/хв vs HR, 1/хв	74,023	1,05	83,0274	1,1069	+12%
2	BP _s _br, мм.рт.ст. vs BP _s _плече, мм.рт.ст.	124,570	1,47	116,856	1,2629	-6%
3	BP _s _ao, мм.рт.ст. vs BP _s _аорта, мм.рт.ст.	118,349	1,67	103,945	1,2917	-13%
4	BP_{dia}_br, мм.рт.ст. vs BP_{dia}_плече, мм.рт.ст.	81,3422	0,90	75,6712	0,8912	-7%
5	BP_{dia}_аормм.рт.ст. vs BP_{dia}_аорта, мм.рт.ст.	81,3422	0,90	75,6712	0,8912	-7%
6	MAP_br мм.рт.ст. vs MAP_плече, мм.рт.ст.	95,7651	1,02	89,3767	0,9312	-7%
7	MAP_аор, мм.рт.ст. vs MAP_аорта, мм.рт.ст.	95,7651	1,02	89,3767	0,9318	-7%
8	PP_br, мм.рт.ст. vs PP_плече, мм.рт.ст.	43,2281	1,00	41,1849	0,9245	-19%
9	PP_аорта, мм.рт.ст. vs PP_аорта, мм.рт.ст.	37,0067	1,14	28,2739	0,7949	-24%
10	Aix_br% vs Aix_плече,%	-29,350	2,92	-62,982	2,1222	+53%
11	Aix_аорта,% vs Aix_аорта,%	23,9228	1,04	11,9150	0,7576	-52%
12	Aix(75)_br,% vs Aix(75)_плече,%	-29,936	2,71	-58,506	1,8888	+52%
13	Aix(75)_аорта,% vs Aix(75)_аорта,%	22,4919	1,37	8,03356	0,9558	-64%
14	PWVcf, м/с vs PWVcf, м/с	9,04362	0,079	8,22876	0,0659	-11%
15	SAI,% vs SAI,%	49,9738	0,810	58,3287	1,0665	+18%
16	DAI,% vs DAI,%	50,0261	0,810	41,6712	1,0665	-18%
17	SEVR,% vs SEVR,%	173,866	3,701	154,247	3,9426	-11%
18	P1_P, мм.рт.ст. vs P1_P, мм.рт.ст.	39,2261	1,01	40,0116	0,9261	+3%
19	P1_T, мс vs P1_T, мс	70,8993	0,88	74,7945	0,7287	+6%
20	P2_P, мм.рт.ст. vs P2_P, мм.рт.ст.	27,0543	1,21	14,6821	0,9106	-26%
21	P2_T, мс vs P2_T, мс	222,120	2,09	208,575	2,4168	-6%

Аналіз центральної пульсової хвилі передбачає, окрім вище зазначених показників, визначення ще індексу аугментації. Індекс аугментації (Aix) – показник, який насамперед характеризує вираженість відбитої хвилі і її внесок у збільшення пульсового тиску. Вона визначається як різниця тиску між першим, раннім піком (викликаним серцевою систолою) і другим, пізнім (появляється внаслідок відбиття першої пульсової хвилі) систолічним піком, поділений на цПАД. В нормі індекс Aix для пульсацій, визначених на плечовій артерії, негативний. Зазначене зумовлене тим, що відбита хвиля зливається з проксимальною частиною аорти в діастолу, тим самим підвищуючи ДАТ, що сприяє покращенню перфузії коронарних артерій [1]. У випадку високої жорсткості артерій (та/чи підвищеній амплітуді відбитої хвилі), величина Aix стає позитивною [156].

Визначений нами негативний індекс аугментації на плечовій артерії після прийому НГ зріс у понад два рази (-29% та -63%). На аорті – знизився також у два рази, залишаючись у межах позитивних цифр. Зазначене свідчить, що значення індексу A_{ix} в аорті і плечовій артерії корелюють між собою. Якщо знижується тонус гладкої мускулатури аорти, індекс аугментації зменшується (був 23 – став 12), що свідчить про те, що аугментація (зворотна хвиля) настає пізніше. Описані результати індексу аугментації свідчать про задовільний вихідний стан жорсткості досліджуваних судин обстежених і релаксуючий вплив нітрогліцерину на їхній стан [69].

Вивчення залежності індексу A_{ix} від ЧСС засвідчило, що як на аорті, так і на плечі меншій частоті ССС (74 уд./хв.) до прийому НГ відповідав вищий (відповідно -29% і 22%) індексу A_{ix} . І навпаки – при більшій ЧСС після прийому НГ показник A_{ix} нижчий (відповідно -58% та 8%). Привертає увагу зменшення кожного з показників у два рази, що підтверджує збереження кореляції між ними і при визначенні A_{ix} при ЧСС 75 уд./хв. у обстежених.

Швидкість поширення пульсової хвилі (PWVcf, м/с vs PWVcf, м/с) є достовірним методом визначення жорсткості судин. Європейський консенсус експертів щодо артеріальної жорсткості (2006) [48] указував, що ШППХ між сонною і стегною артеріями є «золотим стандартом» оцінки ригідності аорти. Після прийому НГ цей показник зменшився з 9 до 8,2 м/с (10%), що свідчить про сповільнення швидкості пульсової хвилі, зумовлене зниженням тону мускулатури та підвищенням демпфуючої функції аорти [204].

При об'ємному аналізі вивчали систолічний (SAI%) та діастолічний (DAI%) індекси площі серцевого циклу. *Систолічний індекс* визначається як відношення площі під кривою пульсації тиску в плечовій артерії, що відповідає судинній систолі (періоду, коли клапан аорти відкритий) до повної площі серцевого циклу. *Діастолічний індекс* площі (DAI%) – визначається відношенням судинної діастолі (періоду, коли клапан аорти закритий) до повної площі серцевого циклу [4]. До прийому НГ у обстежених співвідношення відзначених показників було 50% до 50%. Прийом НГ сприяв зменшенню діастолічного (-18%) і, відповідно, зростанню систолічного індексу (+18%), що свідчить про сповільнення швидкості поширення пульсової хвилі, зумовлене релаксуючим впливом НГ на стан гладкої мускулатури судин.

Індекс ефективності субендокардіального кровотоку (SEVR) дає можливість проаналізувати гемодинамічну ефективність діастолі відносно забезпечення коронарного кровотоку. Він визначається відношенням площі під кривою пульсової хвилі тиску в аорті в період діастолі до періоду систолі [69]. Зменшення

SEVR% після прийому НГ у обстежених свідчить про зміну співвідношення площ в бік зростання площі пульсової хвилі, що відповідає періоду систоли. Зростання після НГ систолічного індексу площі (SAI) з 49% до 58% (18,4%) та зниження діастолічного з 50 до 42% (19%) обґрунтовують зниження SEVR% на 11%. Це значить, що відбита хвиля зливається з «прямою пульсовою хвилею» в проксимальній частині аорти в діастолу, підвищуючи діастолічний тиск (ДАТ), що сприяє покращенню перфузії коронарних артерій, ефективності субендокардіального кровотоку [1, 158].

Аналіз вихідних даних. P1_P – АТс в максимальній точці амплітуди прямої хвилі (приймається як тиск викиду). P1_T – час до першого систолічного піку [156]. Зростанню АТс першого піку з 39 до 40 мм рт.ст. та часу хвилі з 71 до 75 мс свідчить про зменшення напруження аорти після прийому НГ. P2_P – АТс в максимальній точці амплітуди відбитої хвилі. P2_T – час до другого систолічного піку. Прийом НГ сприяє пізній появі відбитої хвилі і, відповідно, зменшенню АТс з 27 до 15 мм рт.ст. та її тривалості з 222 до 208 мс, що свідчить про зменшення напруження аорти.

Висновки

Час повернення пульсової хвилі і місце її накладення на центральну пульсову хвилю – провідний чинник, який впливає на показники центрального артеріального тиску. Він визначається швидкістю руху як прямої, так і зворотної (відбитої) пульсової хвилі, тобто залежить від жорсткості судинної стінки.

За умови здорових артерій відбита хвиля зливається з «прямою пульсовою хвилею» в проксимальній частині аорти в діастолу, підвищуючи діастолічний тиск (ДАТ), що сприяє покращенню перфузії коронарних артерій [1].

Вивчення впливу прийому НГ у 165 обстежених засвідчило наступне. Середні показники рівня жорсткості артеріальних судин обстежених перебувають у межах норми. Зростання АТс першого піку і його тривалості та зменшення АТс відбитої хвилі і її тривалості після прийому НГ свідчать про зменшення напруження та релаксуючий вплив НГ на стан центральних і периферійних артеріальних судин. Більш виражена динаміка центрального (аортального) тиску порівняно з периферійним (плечовим) АТс свідчить, що нітрати більшою мірою знижують центральний АТс. Подібна гетерогенність зумовлена особливостями молекулярної, клітинної і гістологічної структури судинної стінки, яка змінюється в міру віддалення від аорти У людини – найбільш еластична аорта [198, 204].

Прийом НГ сприяє зменшенню індексу аугментації, швидкості поширення пульсової хвилі, зміні співвідношення площ пульсової хвилі в бік зростання періоду площі систоли, покращуючи ефективність субендокардіального кровотоку.

Відсутність різниці між отриманими нами показниками середнього АТ в аорті і плечовій артерії та діастолічного АТ в аорті і плечовій артерії дає можливість передбачити, що показники АТд та АТс, зареєстровані на плечовій артерії, можуть бути маркерами зазначених показників аорти [204]. Однакова динаміка індексів аугментації на аорті та плечовій артерії після НГ (змінились у два рази) свідчить про збереження кореляції між тонусом центральних і периферійних судин.

Використання для дослідження вимірювача тиску ВАТ 41-2 (розробник і виготовлювач ТОВ «ІКС-ТЕХНО») та обстеження за запропонованими авторами критеріями дали можливість вивчити і оцінити вплив прийому НГ на стан центральних і периферійних судин у обстежених нами осіб.

Отримані результати дали можливість обґрунтувати вплив НГ на стан периферійних судин, за результатами оцінки артеріальних осцилограм, зареєстрованих при вимірюваннях АТ програмним комплексом Оранта-АО.

3.1.6. Застосування регресійних моделей для прогнозування показників на основі результатів аналізу артеріальних осцилограм

Д.В. Вакуленко, Л.О. Вакуленко

Актуальність теми. Застосування регресійних моделей для прогнозування окремих показників можуть дати можливість завчасно діагностувати преморбідні стани, проводити профілактику їх прогресування.

Мета досліджень. Ми поставили перед собою завдання провести порівняльний аналіз показників синхронно зареєстрованої артеріальної осцилограми (канал тиску) та реографічного каналу в манжеті на 8-канальному реографічному комплексі РЕОКОМ, електрокардіограми, лабораторних методів аналізу крові, використати отримані результати для побудови регресійних моделей для їх прогнозування [22, 71] на основі показників артеріальних осцилограм (табл. 3.7–3.14 та мал. 3.1, 3.2).

Матеріали та методи досліджень. Вивчено тривалість катакрити (центральної гемодинаміки) в манжеті, правому передпліччі, їх інтервали та величину похибки прогнозування.

Результати досліджень та їх аналіз

Результати досліджень представлені у таблиці 3.7.

Таблиця 3.7

Прогнозування тривалості катакרותи (центральної гемодинаміки) в манжеті,
правому передпліччі

Прогнозований показник	Інтервал та величина похибки прогнозування						R	RSQUARE
	Сумарна похибка MAPE, %	MAPE_INT_1	MAPE_INT_2	MAPE_INT_3	MAPE_INT_4	MAPE_INT_5		
Тривал. катакרותи-центральна гемодин.	5,54	0,4 – 0,54 (34,26%)	0,54 – 0,68 (5,79%)	0,68 – 0,82 (4,57%)	0,82 – 0,96 (4,99%)	0,96 – 1,1 (8,49%)	0,86	0,73
Тривал. Катакרותи-Манжет	5,72	0,5 – 0,63 (9,05%)	0,63 – 0,76 (5,18%)	0,76 – 0,89 (4,59%)	0,89 – 1,02 (3,54%)	1,02 – 1,15 (13,44%)	0,85	0,73
Тривал. катакרותи-пр. передпл.	5,52	0,5 – 0,64 (9,81%)	0,64 – 0,78 (5,30%)	0,78 – 0,92 (3,90%)	0,92 – 1,06 (2,71%)	1,06 – 1,2 (15,44%)	0,85	0,73

Прогнозування показника Мо з ЕКГ за допомогою значень АОГ (табл. 3.8).

Таблиця 3.8

Прогнозування показника Мо з ЕКГ за допомогою значень АОГ

Прогнозований показник	Інтервал та величина похибки прогнозування						R	RSQUARE
	Сумарна похибка MAPE, %	MAPE_I NT_1	MAPE_I NT_2	MAPE_I NT_3	MAPE_I NT_4	MAPE_I NT_5		
O_Mo_pos	1,58	45 – 48 (14,39%)	48 – 51 (6,59%)	51 – 54 (4,62%)	54 – 57 (5,04%)	57 – 60 (0,69%)	0,84	0,70

Прогнозування показників крові (отриманих за біохімічним аналізом крові) за допомогою значень АОГ (табл. 3.9).

Таблиця 3.9

Прогнозування показників крові (отриманих за біохімічним аналізом крові) за допомогою значень АОГ

Прогнозований показник	Інтервал та величина похибки прогнозування						R	RSQUARE
	Сумарна похибка MAPE, %	MAPE_IN T_1	MAPE_IN T_2	MAPE_IN T_3	MAPE_IN T_4	MAPE_IN T_5		
Glucose PAP	8,63	3 – 3,8 (44,59%)	3,8 – 4,6 (16,95%)	4,6 – 5,4 (4,84%)	5,4 – 6,2 (8,92%)	6,2 – 7 (19,44%)	0,18	0,03
Calcium AS	5,84	1,8 – 2,01 (18,58%)	2,01 – 2,22 (7,56%)	2,22 – 2,43 (2,47%)	2,43 – 2,64 (7,39%)	2,64 – 2,85 (14,91%)	0,19	0,04
CREA3	14,11	30 – 46 (75,33%)	46 – 62 (31,29%)	62 – 78 (7,29%)	78 – 94 (10,43%)	94 – 110 (23,15%)	0,24	0,06
Калій	7,46	3,5 – 4 (18,84%)	4 – 4,5 (8,13%)	4,5 – 5 (3,78%)	5 – 5,5 (10,09%)	5,5 – 6 (20,86%)	0,03	0,001

Прогнозування показників крові (отриманих за загальним аналізом крові) за допомогою значень АОГ (табл. 3.10).

Прогнозування показників крові (отриманих за загальним аналізом крові) за допомогою значень АОГ

Прогнозований показник	Інтервал та величина похибки прогнозування						R	RSQUARE
	Сумарна похибка MAPE, %	MAPE_IN T_1	MAPE_IN T_2	MAPE_IN T_3	MAPE_IN T_4	MAPE_IN T_5		
МСНС	3,01	300 – 315 (9,56%)	315 – 330 (3,63%)	330 – 345 (1,27%)	345 – 360 (2,97%)	360 – 375 (4,41%)	0,60	0,36
RDW-SD	4,58	30 – 32,9 (19,24%)	32,9 – 35,8 (8,07%)	35,8 – 38,7 (2,43%)	38,7 – 41,6 (4,50%)	41,6 – 44,5 (9,38%)	0,34	0,12
HGB	7,94	100 – 115 (36,62%)	115 – 130 (17,25%)	130 – 145 (5,08%)	145 – 160 (4,55%)	160 – 175 (11,05%)	0,27	0,07
HCT	8,02	0,3 – 0,35 (25,80%)	0,35 – 0,4 (12,84%)	0,4 – 0,45 (3,28%)	0,45 – 0,5 (8,79%)	0,5 – 0,55 (15,36%)	0,20	0,04
MCH	4,45	26 – 27,9 (16,96%)	27,9 – 29,8 (8,27%)	29,8 – 31,7 (2,23%)	31,7 – 33,6 (3,35%)	33,6 – 35,5 (8,26%)	0,13	0,02
RDW-CV	4,2	10 – 10,7 (9,73%)	10,7 – 11,4 (4,25%)	11,4 – 12,1 (1,95%)	12,1 – 12,8 (6,52%)	12,8 – 13,5 (11,80%)	0,12	0,01

Примітка. Загальний аналіз крові МСНС (кількість гемоглобіну)

HGB (Hb, hemoglobin) – концентрація гемоглобіну в цільній крові;

HCT (hematocrit) – гематокрит;

RDW-CV показує відсотковий розподіл клітин за величиною;

RDW-SD відображає їх стандартне відхилення, тобто різницю за розміром між найменшим і найбільшим еритроцитом у зразку крові;

MCH – середній вміст гемоглобіну в окремому еритроциті в абсолютних одиницях;

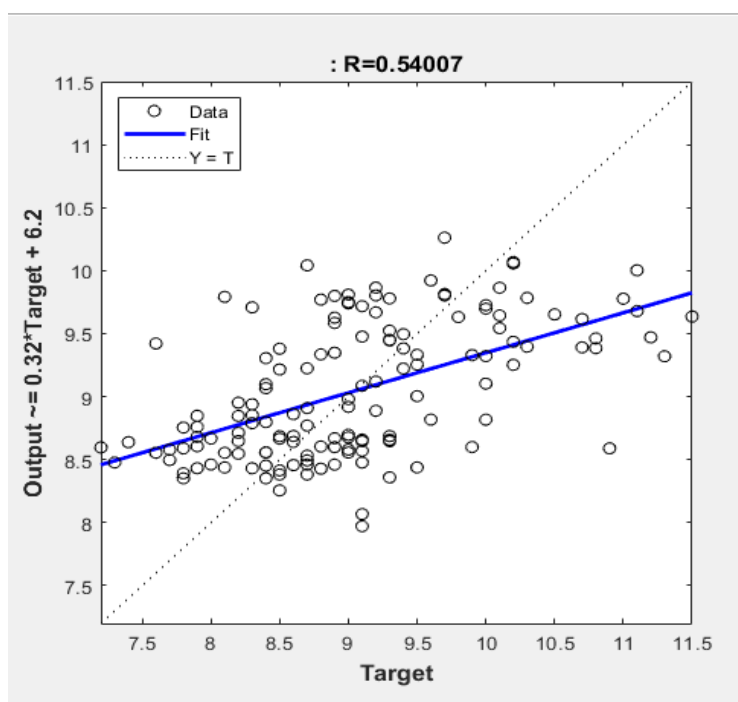
HCT (hematocrit) – гематокрит.

Прогнозування показників жорсткості судин, визначених за швидкістю поширення пульсової хвилі в аорті (отриманих в програмному середовищі Аріада+ та ВАТ-41-2) за допомогою значень АОГ наведено в табл. 3.11 та мал. 3.1.

Таблиця 3.11

Прогнозування показників жорсткості судин, визначених за швидкістю поширення пульсової хвилі в аорті (отриманих в програмному середовищі Аріада+ та ВАТ-41-2) за допомогою значень АОГ

Прогнозований показник	Інтервал та величина похибки прогнозування					R	RSQUARE	
	Сумарна похибка MAPE, %	MAPE_IN T_1	MAPE_IN T_2	MAPE_IN T_3	MAPE_IN T_4			MAPE_IN T_5
PWVcf, м/с	6,76	7,2 – 8,1 (11,67%)	8,1 – 9 (5,38%)	9 – 9,9 (4,83%)	9,9 – 10,8 (6,75%)	10,8 – 11,7 (14,41%)	0,54	0,29



Мал. 3.1. Розподіл прогнозованих показників жорсткості судин, визначених за швидкістю поширення пульсової хвилі в аорті (отриманих в програмному середовищі Аріада+ та ВАТ-41-2) за допомогою значень АОГ на основі регресійної моделі

Прогнозування показника HVR_index (триангулярного індексу), отриманого на стравлюванні у вимірювачі АТ Омрон, за допомогою значень АОГ (табл. 3.12)

Таблиця 3.12

Прогнозування показника HVR_index (триангулярного індексу), отриманого на стравлюванні у вимірювачі АТ Омрон, за допомогою значень АОГ

Прогнозований показник	Інтервал та величина похибки прогнозування						R	RSQUARE
	Сумарна похибка MAPE, %	MAPE_IN T_1	MAPE_IN T_2	MAPE_IN T_3	MAPE_IN T_4	MAPE_IN T_5		
O_HVR_index_pos	18,45	10 – 29 (27,22%)	29 – 48 (11,86%)	48 – 67 (16,33%)	67 – 86 (25,12%)	86 – 105 (51,24%)	0,69	0,47

Прогнозування показника Mo_neg за результатами, отриманими через 2 хв. відпочинку після виконання проби Мартіне-Кушелевського за допомогою значень АОГ (табл. 3.13).

Таблиця 3.13

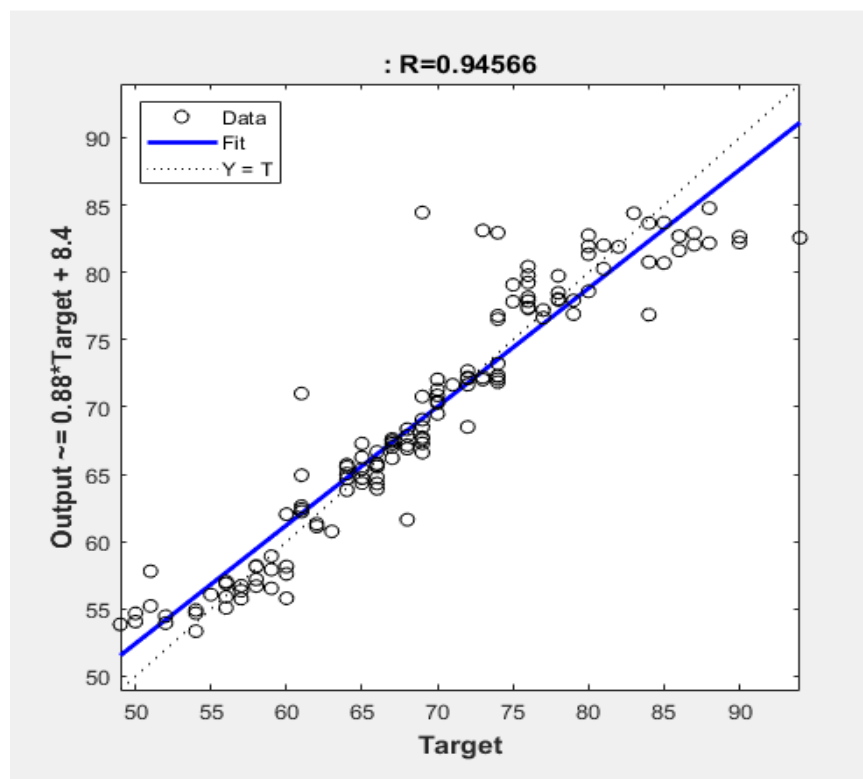
Прогнозування показника Mo_neg за результатами, отриманими через 2 хв. відпочинку після виконання проби Мартіне-Кушелевського за допомогою значень АОГ

Прогнозований показник	Інтервал та величина похибки прогнозування						R	RSQUARE
	Сумарна похибка MAPE, %	MAPE_IN T_1	MAPE_IN T_2	MAPE_IN T_3	MAPE_IN T_4	MAPE_IN T_5		
O_Mo_neg	9,66	0,5 – 0,63 (19,36%)	0,63 – 0,76 (6,29%)	0,76 – 0,89 (7,70%)	0,89 – 1,02 (9,89%)	1,02 – 1,15 (18,10%)	0,72	0,52

Прогнозування показника Mo_pos, ЧСС, Hurst_total за результатами (отриманими реографом РЕОКОМ в каналі тиску) за допомогою значень АОГ (табл. 3.14, мал. 3.2).

Прогнозування показника Mo_pos , ЧСС, $Hurst_total$ за результатами (отриманими реографом РЕОКОМ в каналі тиску) за допомогою значень АОГ

Прогнозований показник	Інтервал та величина похибки прогнозування						R	RSQUARE
	Сумарна похибка MAPE, %	MAPE_IN T_1	MAPE_IN T_2	MAPE_IN T_3	MAPE_IN T_4	MAPE_IN T_5		
O_Mo_pos	2,55	0,5 – 0,65 (15,72%)	0,65 – 0,8 (2,99%)	0,8 – 0,95 (1,55%)	0,95 – 1,1 (2,22%)	1,1 – 1,25 (5,30%)	0,97	0,94
ЧСС	3,06	45 – 55 (5,93%)	55 – 65 (2,69%)	65 – 75 (2,63%)	75 – 85 (2,06%)	85 – 95 (5,81%)	0,94	0,89
Hurst_total	3,16	0,52 – 0,58 (7,81%)	0,58 – 0,64 (3,70%)	0,64 – 0,7 (1,99%)	0,7 – 0,76 (4,73%)	0,76 – 0,82 (7,97%)	0,77	0,59



Мал. 3.2. Розподіл прогнозованих показників Mo_pos , ЧСС, $Hurst_total$ (отриманих реографом РЕОКОМ в каналі тиску) за допомогою значень АОГ

Висновки

За результатами проведеного порівняльного аналізу показників синхронно зареєстрованої артеріальної осцилограми (канал тиску) та реографічного каналу в манжеті на 8-канальному реографічному комплексі РЕОКОМ можна зробити певні висновки.

Коефіцієнт кореляції, визначений за Спірменом, між показниками часового аналізу Mo_pos та HVR_index_pos , становив $r=0,98$, для показників $NN50_pos$, AMo_pos – більше $r>0,85$.

Середні значення $SDSD_pos$, відрізнялись на 4% між собою. VP_pos , IVR_pos , VPR_pos , IN_pos відрізнялись більшою мірою що вказує на біофізичні особливості каналів реєстрації тиску та опору.

Порівняльний аналіз показників спектрального аналізу в діапазоні від 0 до 0,4 Гц інтервалограм та самого сигналу виявив значну подібність: середні значення показників не відрізнялись більше ніж на 5%. Динаміка середніх значень показників в діапазоні від 4 до 25 Гц мала розкид від 1% до 40%. Слід зауважити, що значення показників потужності спектру для реографічних показників в діапазоні більше 8 Гц були меншими відносно показників з каналу тиску.

Згадана особливість свідчить про принципову ідентичність каналів реєстрації пульсової активності судин під впливом діяльності серця. Деякі біофізичні особливості каналів реєстрації тиску та опору вказують на нижчу динамічну чутливість реографічного каналу порівняно з каналом тиску.

3.1.7. Застосування регресійних моделей артеріальних осцилограм для прогнозування значень показників лабораторних та клінічних досліджень

Д.В. Вакуленко, Л.О. Вакуленко

Актуальність теми. Застосування регресійних моделей для прогнозування окремих показників можуть дати можливість завчасно діагностувати преморбідні стани, проводити профілактику їх прогресування.

Мета дослідження. Ми поставили перед собою завдання вивчити можливість застосування регресійних моделей АОГ для прогнозування значень показників лабораторних досліджень.

Матеріали та методи досліджень. За допомогою методів регресійного моделювання [12, 16, 49] побудовано понад 4500 моделей, серед яких обрано моделі, де сумарна похибка $MARE$ менше 20%.

Результати досліджень та їх аналіз

Нижче наведено перелік обраних змодельованих показників, за допомогою показників, розрахованих в ПК Оранта-АО на основі артеріальних осцилограм (табл. 3.15).

Таблиця 3.15

Моделі, побудовані за методом регресійного моделювання, в яких сумарна похибка MAPE менше 20%, за допомогою показників, розрахованих в ПК Оранта-АО на основі артеріальних осцилограм

№	Досліджувані показники	Сумарна похибка MAPE (%)
1.	Біохімічний аналіз крові: Glucose PAP Calcium AS CREA3	8,63% 5,84% 14,11%
2	Загальний аналіз крові: HGB (Hb, hemoglobin) концентрація гемоглобіну в цільній крові HCT (hematocrit) – гематокрит RDW-SD – відображає їх стандартне відхилення, тобто різницю за розміром між найменшим і найбільшим еритроцитом у зразку крові MCH – середній вміст гемоглобіну в окремому еритроциті в абсолютних одиницях MCHC – середня кількість гемоглобіну в еритроциті	7,94% 8,02% 4,58% 4,45% 8,02% 3,01%
3	Жорсткість судин – PWVcf, м/с (швидкість поширення пульсової хвилі в аорті)	6,76%
4	Центральна гемодинаміка – тривалість катакрати (центральної гемодинаміки)	11,27%
5	Проба Мартіне-Кушелевського в момент відновлення. Значення моди: - за негативними інтервалами Mo_neg - за позитивними інтервалами Mo_pos	9,66% 10,81%,

Висновки

Результати застосування методу регресійного моделювання показників, в яких сумарна похибка MAPE менше 20%, для аналізу показників, розрахованих в ПК Оранта-АО на основі артеріальних осцилограм, свідчать про достовірність отриманих результатів і можливість їх використання для прогнозування значень зазначених показників.

3.2. РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ, СПРЯМОВАНИХ НА ОБҐРУНТУВАННЯ ІНФОРМАТИВНОСТІ АРТЕРІАЛЬНИХ ОСЦИЛОГРАМ, ОТРИМАНИХ З ПК ОРАНТА-АО

3.2.1. Вивчення та оцінка адаптаційних механізмів до компресії плеча манжетою при вимірюванні артеріального тиску за показниками варіабельності серцевого ритму електрокардіосигналу

Д.В. Вакуленко, Л.О. Вакуленко

Актуальність теми. Серцево-судинні захворювання (ССЗ) – основна причина смертності у всьому світі. За даними ВООЗ, щорічно від ССЗ помирають близько 17,5 млн людей. При цьому, 80% критичним станам, як-от інфаркт міокарда та інсульт, можна було б запобігти. Підвищений артеріальний тиск – основний фактор ризику розвитку серцево-судинних катастроф. Число хворих на артеріальну гіпертензію у світі становить близько 20–30% населення.

Вимірювання артеріального тиску – основний метод виявлення хворих з артеріальною гіпертензією та є обов'язковою складовою обстеження кожного пацієнта. Компресію плеча манжетою при цьому потрібно розглядати як навантаження на організм людини. Реакція серцево-судинної системи на компресію свідчить про рівень адаптаційних можливостей організму, стан координації між місцевими саморегуляторними механізмами та центральною нейрогуморальною регуляцією [179]. Вивчення процесів, які відбуваються в організмі під час вимірювання артеріального тиску, розширює та поглиблює інформаційні можливості дослідження стану серцево-судинної системи як індикатора адаптаційних реакцій цілісного організму.

Мета досліджень. Вивчити вплив компресії плеча манжетою на діяльність серцево-судинної системи за допомогою математичного аналізу варіабельності серцевого ритму електрокардіосигналу ЕКГ, зареєстрованої до та під час вимірювання артеріального тиску; вивчити, оцінити, порівняти при цьому

показники інтервалів RR, PP, TT; дослідити механізми, задіяні в процесі адаптації до компресії плеча манжетою.

Матеріали та методи досліджень. Обстежено 55 молодих людей віком 18–20 років, без скарг на стан здоров'я. Проведено реєстрацію ЕКГ в першому стандартному відведенні до та під час вимірювання артеріального тиску. Для вивчення адаптаційної здатності автономної нервової системи (АНС) до компресії плеча манжетою проводили аналіз варіабельності серцевого ритму за часовими та спектральними показниками [47, 170, 245]. Вивченню підлягали розраховані показники інтервалів RR, PP, TT. Аналіз записів ЕКГ проводили в розробленій авторами програмі аналізу ЕКГ, артеріальних осцилограм, реограм та пульсограм [135]. Згадана програма дає можливість аналізувати біосигнали за часовим, спектральним, фрактальним, кореляційним, кластерним та статистичними методами аналізу, також проводити розрахунок різних співвідношень інтервалів.

Результати досліджень та їх аналіз

Показники часового і спектрального аналізу електрокардіосигналів, зареєстрованих до та після компресії плеча при вимірюванні артеріального тиску, представлені у таблиці 3.16.

Таблиця 3.16

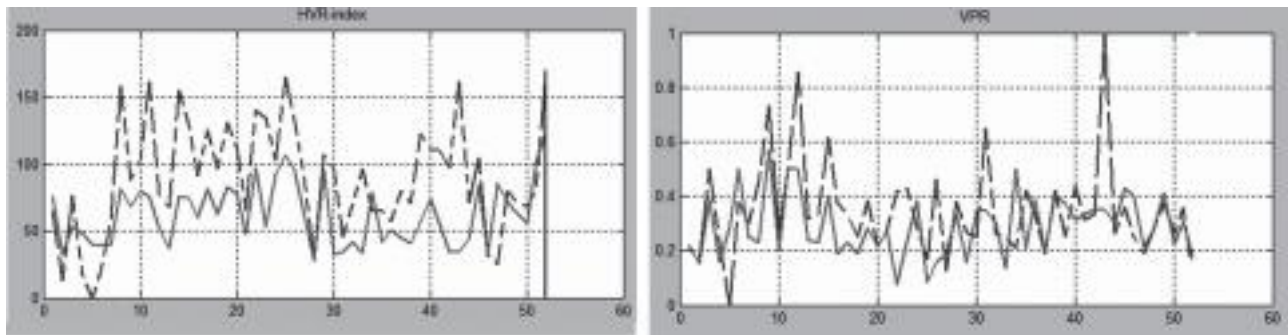
Показники часового, спектрального (частотного) аналізу інтервалів RR, PP та TT до та під час компресії плеча манжетою

Показник	Досліджуваний інтервал														
	RR					PP					TT				
	до компресії		з компресією			до компресії		з компресією			до компресії		з компресією		
	M	m	M	m	P/%	M	m	M	m	p	M	m	M	m	p
BP	0,27	0,02	0,25	0,02	< 0,05 7%	0,311	0,02	0,275	0,016	<0,05	0,348	0,02	0,339	0,027	>0,4
VPR	0,35	0,02	0,29	0,02	< 0,02 20%	0,399	0,9	0,328	0,017	<0,01	0,446	0,03	0,406	0,033	>0,15
HVR	90,7	5,7	62,2 ПС	4,9	< 0,001 31%	89,2	5,7	61,1	3,2	<0,01	88,3	3,6	60,0	2,2	<0,001
VLF _{int}	4,120	0,317	5,259	0,297	< 0,001 26%	4,234	0,33	5,367	0,234	<0,001	4,323	0,34	5,410	0,232	<0,001
LF _{int}	2,218	0,307	2,515	0,239	< 0,001 0,5%	2,235	0,30	2,547	0,136	<0,001	2,286	0,29	2,680	0,155	<0,001
HF _{int}	0,186	0,021	0,219	0,019	< 0,001 16%	0,198	0,02	0,228	0,012	<0,001	0,211	0,03	0,246	0,015	<0,001
Total _{int}	6,523	0,607	7,993-С	0,527	<0,05 23%	6,667	0,62	8,141	0,379	<0,05	6,820	0,644	8,337	0,396	< 0,05

Часовий аналіз (табл. 3.16). Для оцінювання електрокардіосигналу були обрані основні показники варіабельності серцевого ритму: частота серцевих скорочень, SDNN, RMSSD, Mo, AMo, pNN50, HVR-index, VR, VPR. У таблиці 3.16 представлено результати динаміки трьох останніх.

Аналіз динаміки числових показників часового аналізу R-R інтервалів ЕКГ свідчить, що адаптація до компресії плеча супроводжується зростанням активності симпатичної ланки АНС: зниження VPR (20%), HVR (31%) та незначним зниженням ВР (на 7%) за усіма інтервалами. Останнє свідчить про включення в адаптаційний процес Сл АНС. Зазначене підтверджується малюнком 3.3.

Зниження триангулярного індексу ($p < 0,001$) може вказувати на посилений вплив симпатичної ланки ВНС і розташованих вище центрів регуляції серцевого ритму, реакцію нейрогуморальної системи, а також збільшення регулярності ритму.



а)

б)

Мал. 3.3. Динаміка значень: а) триангулярного індексу (HVR-index), б) вегетативного показника ритму (VPR) ЕКГ до (переривчаста лінія) та під час (суцільна лінія) компресії плеча при вимірюванні артеріального тиску (55 осіб, вік 19–20 років)

Як видно з рисунку, показники HVR-index та VPR знижувались, що підтверджує активацію Сл АНС.

Зменшення варіаційного розмаху ($p < 0,001$) свідчить про активацію симпатичної ланки. Достовірність згаданих показників підтверджується їх односпрямованою динамікою, бо вважається, що вони еквівалентні. Зниження вегетативного показника ритму ($P < 0,05$) вказує на активацію центральних механізмів регуляції та зниження впливу парасимпатичної ланки (вагусу) на синусовий вузол [47, 170, 179].

Спектральний аналіз. Для аналізу ритмограми застосували швидке перетворення Фур'є в діапазоні спектру від 0,003 Гц до 0,4 Гц, який формується

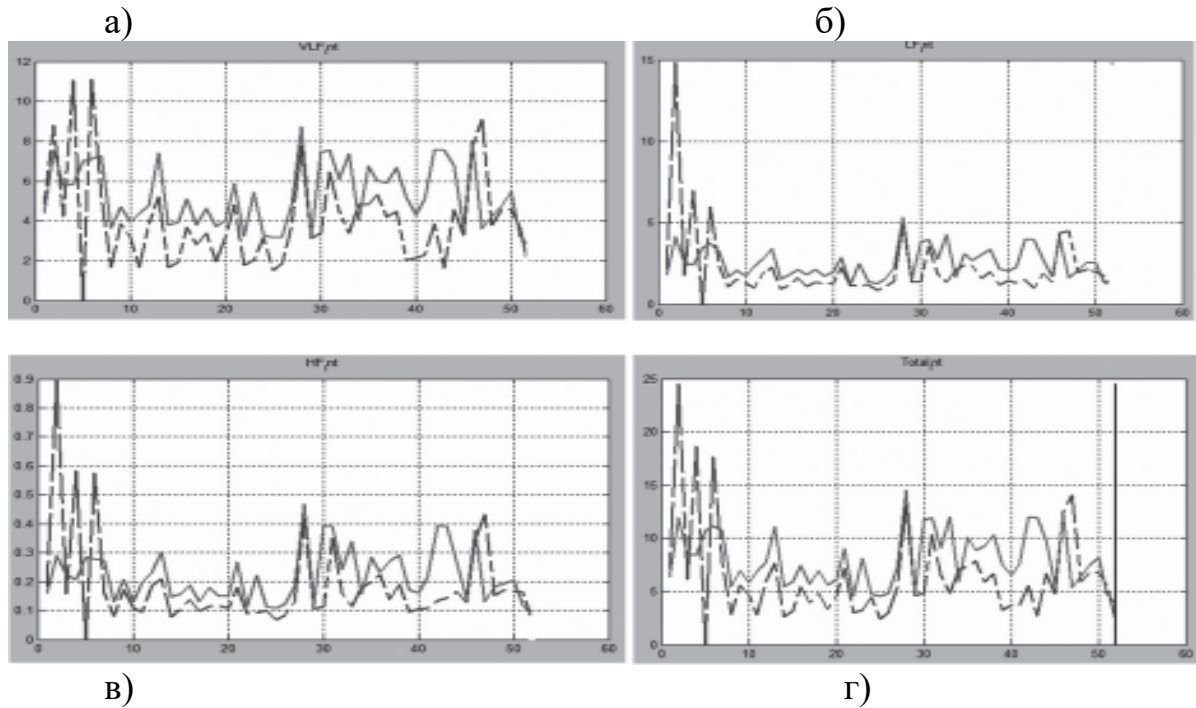
чотирма видами хвиль різного походження: HFint, LFint, VLFint та ULFint. Спектральний аналіз дозволяє розкласти ритмограму на складові її хвилі і кількісно оцінити внесок кожної з них [34]. Спектральний аналіз АОГ 55 обстежених (які не мали скарг на стан здоров'я) засвідчив, що компресія плеча манжетой під час вимірювання артеріального тиску викликає напруження адаптаційних механізмів.

За R-R інтервалами реєструвалось достовірне зростання (16%) спектру HFint (табл. 3.16, мал. 3.4 в), хвиль високої частоти (0,15–0,4 Гц) ($p < 0,001$). Зазначене вказує на зростання активності парасимпатичного кардіоінгібіторного центру довгастого мозку, що реалізується через блукаючий нерв під впливом компресії плеча.

Незначно (0,5%) зростає показник LFint. Він свідчить про потужність хвиль (0,04–0,15 Гц) низької частоти, відображає активність симпатичних центрів довгастого мозку (кардіостимулюючого та вазоконстрикторного), систему регуляції судинного тону. Реалізується через вплив симпатичної і парасимпатичної систем, але переважно за рахунок імпульсів від верхнього грудного симпатичного ганглія. Достовірне ($p < 0,001$) збільшення LFint під час вимірювання артеріального тиску свідчить про активацію симпатичної ланки ВНС.

Активність VLFint, зросла на 21%. Їх трактують як повільні, дуже низькочастотні хвилі другого порядку. Відображають зростання активності гіпоталамо-гіпофізарного рівня, центральних ерготропних і гуморально-метаболических механізмів регуляції серцевого ритму. Їх вплив реалізується через зміни вмісту в крові гормонів (ренін, ангіотензин, альдостерон тощо).

На 23% зросла загальна потужність спектру VCP, Totalint (мал. 3.4г) – абсолютного рівня активності регуляторних систем (діапазон частот $\leq 0,4$ Гц). Відображає вплив симпатичного та парасимпатичного відділів автономної системи, сумарний ефект впливу на серцевий ритм усіх рівнів регуляції. Показник характеризує періодичні процеси в ритмі серця. Збільшення частоти серцевих скорочень при навантаженні супроводжувалося зростанням загальної потужності спектру (мал. 3.4).



Мал. 3.4. Динаміка потужності спектру: а) VLFint, б) LFint, в) HFint, г) Total_int, визначений у 55 обстежених до (переривчаста лінія) та під час (суцільна лінія) компресії плеча

Висновки за результатами часового і спектрального аналізу ВСР на ЕКГ

Дослідження засвідчили, що компресія плеча при вимірюваннях АТ стає навантаженням для ССС та її регуляторних механізмів. Часовий та спектральний аналіз ЕКГ засвідчили участь в адаптаційних процесах автономного, вегетативного, гіпоталамо-гіпофізарного рівня регуляції діяльності ССС. Дослідження підтверджують, що між вегетативними (парасимпатичними, симпатичними) і гуморальними контурами регуляції діяльності ССС в живому організмі чіткої межі провести неможливо. В цілісному контурі регуляції всі його складові діють як єдиний ансамбль, і організм реагує на різноманітні впливи як цілісна система [47, 170, 179, 229]. Їх динаміка залежить від величини впливових чинників та адаптаційних можливостей організму.

Отримані результати підтверджуються: результатами часового і спектрального аналізу АОГ, зареєстрованих синхронно з ЕКГ у стані спокою, аналізом АОГ під час вивчення впливу проби Мартіне-Кушелєвського (20 присідань) і проби Руф'є (30 присідань) [47, 170, 179, 229]. Дослідження показали, що у стані спокою динаміка показників ЕКГ та АОГ була аналогічна; при

проведенні 20 присідань – мала подібну тенденцію, лише дещо більш виражену, а після 30 присідань – чітке пригнічення активності парасимпатичної ланки АНС, яка включалась лише на початку компресії, в процесі її зростання – активність гальмувалась [182].

Зазначена динаміка показників часового і спектрального аналізу ЕКГ, отриманих при вимірюванні артеріального тиску у молодих людей 18-20 років, свідчить про високі адаптаційні можливості їх організму.

Хвилі мозкової активності

Здійснення ритмічної активності серця можливе лише при існуванні певних фазових співвідношень між коливальними мозковими і серцевими процесами. Коливання електричної активності, частотні й амплітудні характеристики головного мозку залежать від стану ЦНС. Найбільш важливий аспект, що зв'язує хвилі мозкової активності зі здоров'ям людини, – це здатність змінювати ці стани у відповідності з вимогами ситуації [47]. Система управління цими ритмами функціонально і морфологічно входить до складу єдиної адаптаційної вертикалі, що забезпечує перебіг адаптаційних реакцій до умов зовнішнього та внутрішнього середовища [47, 170, 212].

При аналізі електрокардіограм з метою моніторингу біоелектричної активності мозку застосували спектральний аналіз ЕКГ. Для визначення потужності спектру мозкової активності використано перетворення Фур'є, для потужності миттєвої частоти – Гільберта-Хуанга до самого сигналу, а не інтервалограми.

Ритми хвиль активності мозку поділяються на види залежно від їх частот (бета, альфа, тета, дельта). Згадані показники визначали до та під час вимірювання артеріального тиску (табл. 3.17).

Таблиця 3.17

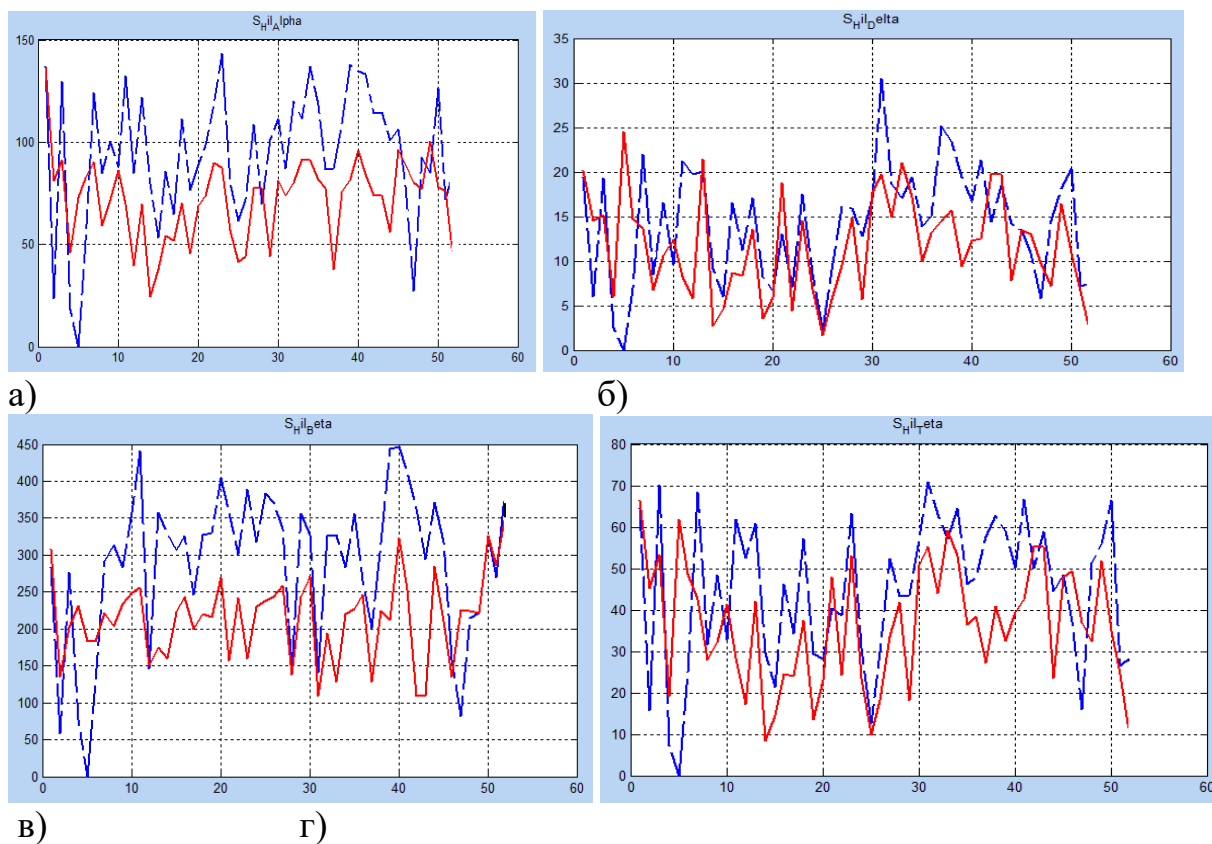
Показники потужності спектру мозкової активності до та під час компресії плеча манжетою

Показник	до компресії		з компресією			
	М	m	М	m	%	p
Alpha	0,784	0,252	0,691	0,230	11,5	< 0,05
Delta H	0,015	0,001	0,012	0,001	20	< 0,05
Teta H	0,046	0,002	0,036	0,002	22%	< 0,05
Alpha H	0,096	0,004	0,072	0,004	25%	< 0,05
BetaH	0,295	0,013	0,215	0,012	27	< 0,05

Примітка. Показники з індексом Н відображають потужності миттєвої частоти, розрахованої за перетворенням Гільберта-Хуанга (DeltaН, TetaН, AlphaН, BetaН), а без вказаного індексу – потужність спектру за перетворенням Фур'є (Alpha)

За перетворенням Фур'є достовірне зменшення ($p < 0,05$) спостерігалось лише для потужності спектру альфа. В інших діапазонах мозкової активності достовірні зміни були відсутні. Активність альфа-хвиль (9–13 Гц) проявляється в період сенсорного спокою, розумової релаксації, медитації. Зменшення потужності спектру згаданого діапазону (за відсутності динаміки з боку інших частот) може бути свідченням характеру мобілізації мозкової активності до компресії плеча.

Водночас при вивченні потужності миттєвої частоти, розрахованої за перетворенням Гільберта-Хуанга (від 0 Гц до 3 кГц), ми отримали достовірне зменшення в діапазонах альфа, бета, тета, дельта ($p < 0,001$), що може свідчити про рівень миттєвих процесів мозкової активності [207] (табл. 3.17, мал. 3.5).



Мал. 3.5. Динаміка показників миттєвої фази за перетворенням Гільберта-Хуанга: а) альфа-хвиль, б) бета-хвиль, в) дельта-хвиль, г) тета-хвиль до (переривчаста лінія) та під час (суцільна лінія) компресії плеча манжетною.

Показники, відображені в табл. 3.17, підтверджуються графічним зображенням на мал. 3.5. Зниження рівня мозкової активності за показниками миттєвої фази (за перетворенням Гільберта-Хуанга) свідчить про високий рівень адаптаційної здатності ССС обстежених, при якому компресія плеча не вимагала посилення ритмічної діяльності мозку [180].

Висновки за результатами вивчення мозкової активності

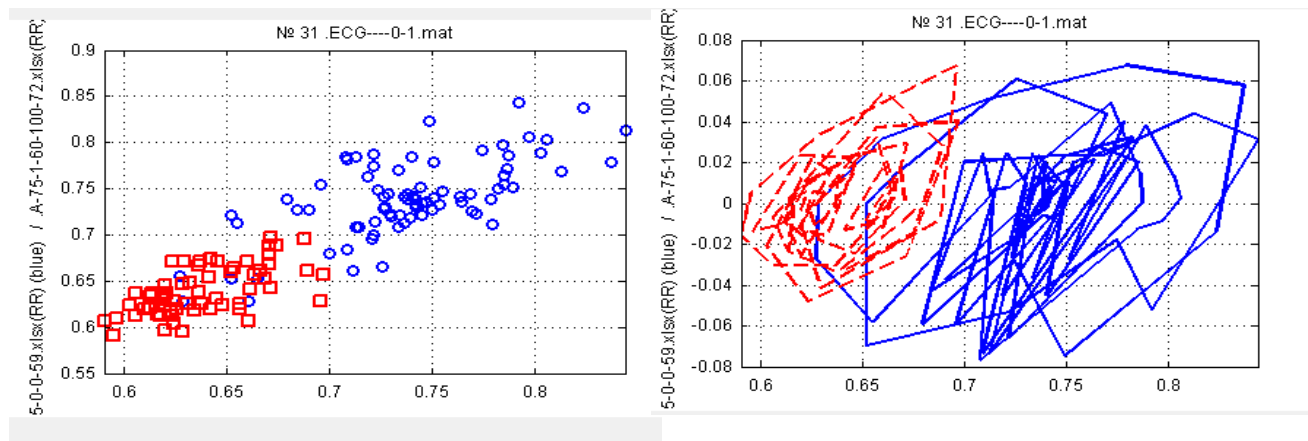
Достовірне зниження показників мозкової активності, визначене під час компресії плеча, зумовленої вимірюванням АТ, свідчить про високий рівень адаптаційних можливостей організму обстежених.

Миттєва частота та фаза є чутливим динамічним індикатором мозкових регуляторних процесів. Використані методи аналізу не є загальноприйнятими у кардіології і потребують більш глибокого анатомо-фізіологічного вивчення та обґрунтування [47, 170, 179, 212].

Геометричні методи аналізу ЕКГ за показниками ВСР

З метою візуалізації аналізу ВСР і оцінки отриманих показників використано геометричний метод, а саме – побудову двовимірної скатерограми та хаосограми [47, 170, 179, 212].

Скатерографія – це кореляційна ритмографія. Для прикладу використано скатерограму та хаосограму юнака Р., 18 років, притаманну для усієї досліджуваної вибірки (мал. 3.6 та 3.7) та зареєстровану до та під час компресії плеча манжетою.



Мал. 3.6. Скатерограма юнака Р., 18 років (притаманна для усієї досліджуваної вибірки), одержана за

Мал. 3.7. Хаосограма юнака Р., 19 років (притаманна для усієї досліджуваної вибірки), одержана

аналізом інтервалів RR ЕКГ, за аналізом інтервалів RR ЕКГ, зареєстрованої до (круглі) та під час зареєстрованої до (суцільна лінія) (квадратні позначки) компресії плеча та під час (переривчаста лінія) компресії плеча

Як бачимо з мал. 3.6, до вимірювання артеріального тиску «хмаринка» не симетрична, з нечіткими контурами зовнішніх країв, численними відсівами. Під час вимірювання артеріального тиску під впливом компресії манжетки «хмаринка» стала більш оформленою, скупченою, без численних відсівів, зміщена більш вліво по відношенню до вихідної. Отримані дані вказують на зменшення активності парасимпатичної та активацію симпатичної ланки АНС під час вимірювання артеріального тиску.

Хаосограма призначена для аналізу нелінійних «хаотичних» коливань. При оцінці хаосограми даного обстеженого (мал. 3.7) отримуємо аналогічні результати. Зміщення хаосограми вліво та її концентрація вказують на зменшення активності парасимпатичної та активацію симпатичної ланки АНС під час вимірювання артеріального тиску.

Висновки. Результати геометричного методу аналізу ЕКГ за скатерограмою та хаосограмою дають можливість зробити висновки, що їх результати ідентичні, тобто підтверджують результати одна одної. Вони відповідають аналогічним показникам, зареєстрованим за результатами аналізу АОГ (мал. 2.20 а, 2.20 б, 2.20 в), що дає можливість підтвердити достовірність показників, зареєстрованих при аналізі АОГ.

Порівняльний аналіз динаміки часових та спектральних показників за RR, PP і TT-інтервалами зареєстрованих на ЕКГ

Нами проведено порівняльний аналіз динаміки часових та спектральних частотних показників інтервалів RR, PP та TT (табл. 3.16). Вивчення динаміки показників часового (HVR index, VPR та VR та спектрального (VLF, LF, HF, TP) аналізу інтервалів RR, PP та TT електрокардіосигналу до та під час компресії плеча засвідчило наступне. Зареєстровано зниження показників часового аналізу. При цьому достовірні зміни на компресію спостерігались в інтервалах RR та PP. В інтервалі TT достовірність була притаманна лише триангулярному індексу.

Динаміка показника **VPR** при адаптації на компресію плеча в TT-інтервалі мала найбільший розкид. Показники спектрального аналізу достовірно змінювались в усіх (RR, PP, TT) інтервалах.

Висновки. Вважаємо, що більш поглиблене вивчення динаміки окремих інтервалів ЕКГ може бути в подальшому використане для вивчення та оцінки

адаптаційної здатності окремих ділянок міокарда до компресії плеча чи інших впливів.

Висновки

Компресія плеча під час вимірювання артеріального тиску сприймається організмом як навантаження.

Адаптація організму до компресії плеча у молодих людей (18-20 років) супроводжується підвищенням активності периферійного (автономного), вегетативного, гіпоталамо-гіпофізарного рівнів регуляції діяльності серцево-судинної системи. Мозкова активність при цьому достовірно знижується.

Продовження досліджень із застосуванням часового та спектрального аналізу ЕКГ в різних інтервалах ЕКГ (R-R, P-P, T-T) дасть можливість в подальшому використовувати отриману інформацію для вивчення адаптаційної здатності окремих ділянок міокарду в період компресії плеча та під впливом інших факторів.

Наявність кореляційних зв'язків між загальноприйнятими показниками часового, графічного, спектрального аналізу електрокардіосигналу та запропонованими авторами роботи артеріальних осцилограм свідчить про достовірність та високу інформативність запропонованих авторами роботи методів.

3.2.2. Порівняльний аналіз часових та спектральних показників синхронно зареєстрованих артеріальних осцилограм і електрокардіограм та з літературних джерел

Д.В. Вакуленко, Л.О. Вакуленко

Актуальність теми. Для підтвердження інформативності методу АОГ нами проведено порівняльний аналіз часових та спектральних показників синхронно зареєстрованих артеріальних осцилограм і електрокардіограм та ВСР електрокардіосигналу з літературних джерел.

Мета досліджень. Провести порівняльний аналіз показників артеріальної осцилограми та електрокардіограми, розрахованих за часовим та спектральним методами аналізу та дати біологічну інтерпретацію отриманих результатів.

Матеріал і методи досліджень. Для проведення порівняльного аналізу ЕКГ та осцилограм у 62 здорових осіб віком 18-23 років обох статей було синхронно зареєстровано артеріальні осцилограми та електрокардіограми у стані спокою та

під впливом мультимедійних чинників. У зв'язку з відсутністю подібних досліджень, використано метод пошуку логічних закономірностей та систему роздумів на основі аналогічних випадків. На їх основі для аналізу артеріальних осцилограм адаптовано алгоритми показників часового, спектрального, фрактального аналізів, впроваджених для дослідження електрокардіосигналів та електроенцефалограм. В часовому аналізі вивчали R-R інтервали ЕКГ та інтервали між верхніми та нижніми екстремумами в осцилограмі. Для розрахунку показників спектрального та фрактального аналізу електрокардіосигналу за вихідні дані брали сам сигнал ЕКГ та RR-інтервали, розраховані з нього, а для аналізу осцилограми визначали тільки спектр з самого сигналу. Оцінено динаміку корелятивів у процесі впливу різних мультимедійних чинників.

Порівняльний аналіз проведено у всієї вибірки. Для зручності представлення отриманих результатів обрано репрезентативні показники з окремих етапів експерименту та його учасників. Оцінку коефіцієнта кореляції між ними проводили за шкалою Чеддока.

Розраховані показники синхронно зареєстрованих сигналів об'єднано в такі групи:

- з сильною кореляцією всієї вибірки;
- з випадками сильної кореляції у вибірці;
- з різним порядком значень корелятивів у випадках сильної кореляції;
- з кореляційним зв'язком менше 0,2.

Результати досліджень та їх аналіз

I. Досліджувані показники артеріальної осцилограми та електрокардіограми у стані спокою представлені на малюнку 3.8.

Група показників з сильною кореляцією

В результаті проведених досліджень можна відзначити спільність в обох сигналах показників моди (діапазон значень кардіосигналів, які зустрічаються найчастіше) та частоти серцевих скорочень (мал. 3.8).



а) частоти серцевих скорочень в



б) показники моди в артеріальній

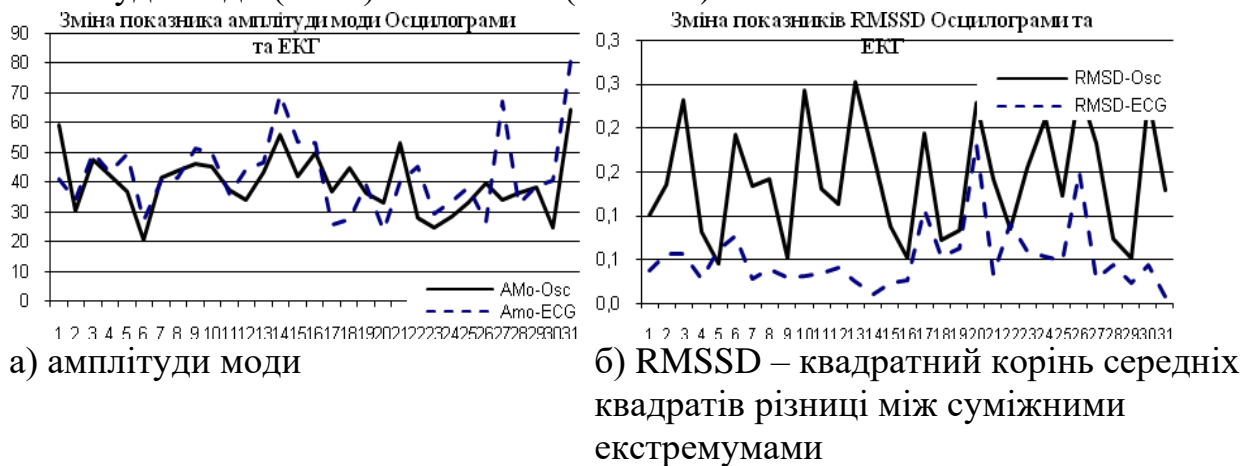
артеріальній осцилограмі та ЕКГ осцилограмі та ЕКГ

Мал. 3.8. Показники частоти серцевих скорочень (зліва) та моди перед початком експерименту синхронно зареєстрованих артеріальної осцилограми та електрокардіограми (репрезентативна вибірка 31 особи).

Кореляція між показниками моди, як і частоти серцевих скорочень, розрахованих з ЕКГ та осцилограми, дорівнювали 0,97, що вказує на сильну кореляцію їх у всій вибірці та підтверджує високу інформативність обраних методів дослідження.

Група показників з випадками сильної кореляції

Випадки сильної кореляції між показниками синхронно зареєстрованих сигналів ЕКГ та осцилограм обстежених найчастіше відзначались у показниках амплітуди моди (АМо) та RMSSD (мал. 3.9).



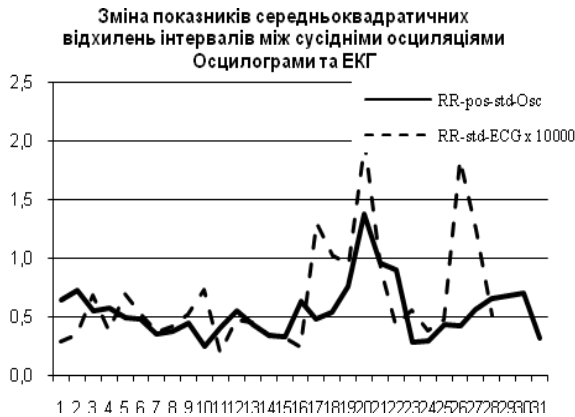
Мал. 3.9. Показники амплітуди моди (АМо) та RMSSD осцилограми та ЕКГ (репрезентативна вибірка 31 особи).

Якщо зважити на те, що АМо характеризує рівень централізації управління ритмом серця [19], то співпадіння його показників на ЕКГ та АОГ приводить до висновку, що АМо характеризує рівень централізації управління діяльністю не тільки серцевого, а й судинного чинників гемодинаміки («другого серця».)

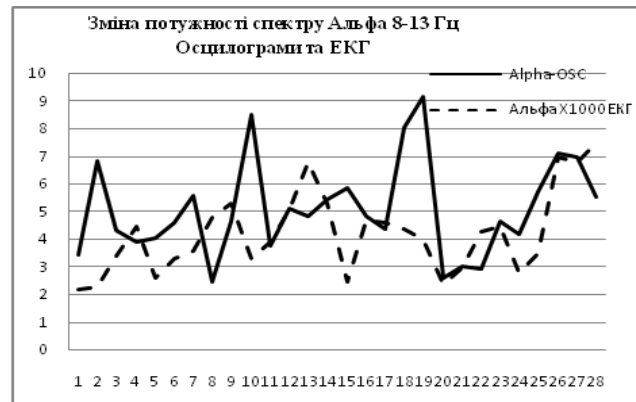
RMSSD – відображає активність автономного контуру регуляції. У частині випадків показник виявився спільним для ЕКГ та АОГ. Це підтверджує думку про те, що в короткотривалих записах показник RMSSD має кращі статистичні властивості [20].

Група показників з різним порядком значень корелятив у випадках сильної кореляції

Дослідження засвідчили, що реєструються синхронні зміни при різних порядках значень досліджуваних показників. Для прикладу, потужності спектру альфа 8-13 Гц ЕКГ-сигналу відрізняються від аналогічного осцилограми в 1000 разів, а порядок середньоквадратичних відхилень інтервалів між сусідніми осциляціями осцилограми в 10000 разів перевищує однойменні значення ЕКГ-сигналу (мал. 3.10).



а) середньоквадратичні відхилення інтервалів (RR-std) між сусідніми осциляціями осцилограми та ЕКГ, помножені на 10000 (31 обстежених)

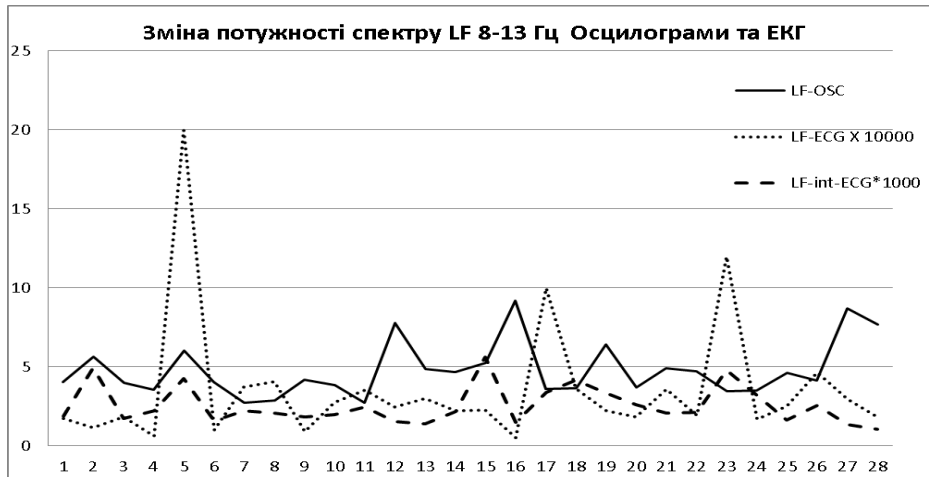


б) потужності спектру альфа 8-13 Гц осцилограми та альфа-хвиль 8-13 Гц ЕКГ, помножені на 1000 (репрезентативна вибірка 28 обстежених)

Мал. 3.10. Середньоквадратичні відхилення інтервалів (RR-std) та потужність спектру альфа синхронно зареєстрованої артеріальної осцилограми та ЕКГ.

Як видно з мал. 3.10, збільшення отриманих даних на декілька порядків дає можливість виявити показники з випадками сильної кореляції спектру потужності альфа (8-13 Гц) та LF (0,04-0,15 Гц). Співпадіння показників LF (або наближення до них) за показниками АОГ та ЕКГ у третини обстежених відображають подібний рівень активності симпатичних центрів довгастого мозку (кардіостимулюючого та вазоконстрикторного) [212].

Співставлення синхронно зареєстрованих показників потужності спектру ЕКГ-сигналу, RR-інтервалів ЕКГ та АОГ дало можливість підтвердити наявність різного порядку у однойменних показників (мал. 3.11).



Малюнок 3.11. Потужність спектру LF, 0,04-0,15 Гц ЕКГ-сигналу, помножена на 10000, R-R інтервалів ЕКГ, помножена на 1000, та осцилограми (репрезентативна вибірка – 28 осіб).

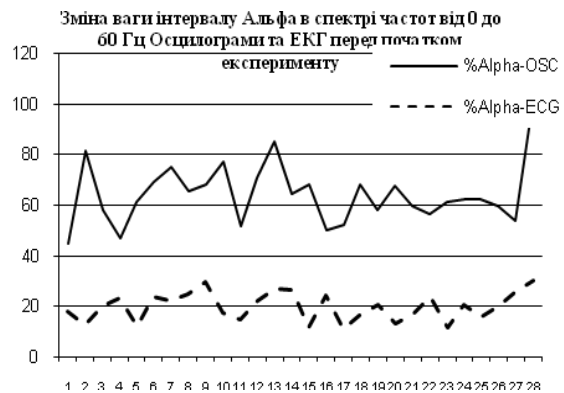
Як видно з мал. 3.11, на синхронно записаних показниках потужності спектру LF (0,04-0,15 Гц) ЕКГ-сигналу, R-R інтервалів ЕКГ та осцилограми спостерігатись висока ступінь кореляції між першим-другим, першим-третім, другим-третім, а часом – між усіма. Синхронність динаміки потужності спектру ЕКГ-сигналу та R-R інтервалів ЕКГ свідчить про синхронність поширення збудження по серцевому м'язу та виникнення QRS-комплексу і зубця R в ньому. Схожа тенденція спостерігалась і у інших показниках спектру досліджуваних сигналів, що потребує подальшого дослідження та інтерпретації.

Група показників з кореляційним зв'язком менше 0,2

Інші (не відзначені) групи показників, притаманні часовому, спектральному та фрактальному аналізу, вказують на нерегулярний взаємозв'язок між однойменними параметрами. Синхронні зміни реєструються лише в окремих осіб (мал. 3.12).



а) потужність LF 0,04-0,15 Гц (показники потужності спектру ЕКГ сигналу, помножені на 1000)



б) вага% альфа 8-13 Гц в спектрі частот від 0 до 60 Гц осцилограми та ЕКГ (репрезентативна вибірка 28)

обстежених)

Мал. 3.12. Показники потужності LF та% альфа осцилограми та ЕКГ.

На мал. 3.12 спостерігається різна потужність спектру однойменних показників осцилограми та ЕКГ, хоча у окремих осіб має місце певна тенденція до односпрямованої динаміки.

Висновки

Наявність групи показників часового і спектрального аналізу з сильною та з випадками сильною кореляцією на синхронно зареєстрованих ЕКГ та АОГ підтверджує достовірність показників, запропонованих для аналізу АОГ та їх інтерпретації.

Дослідження підтвердили залежність досліджуваних показників ЧСС, Мо, АМо, RMSSD, (RR-std) від серцевого і судинного чинників гемодинаміки. Відсутність кореляції між іншими показниками дають можливість передбачити їх залежність переважно від судинного чинника гемодинаміки [179].

3.2.3. Порівняльний аналіз впливу диференційованого масажу на стан автономної нервової системи хворих на дорсопатію шийного відділу хребта за результатами артеріальної осцилографії, варіабельності серцевого ритму електрокардіосигналу, біохімічних, електроміографічних, реографічних показників

Д.В. Вакуленко, Л.О. Вакуленко

Актуальність теми. Оцінка будь-якого методу діагностики та лікування потребує всебічного обґрунтування.

Мета досліджень. Вивчити механізми впливу та ефективність застосування диференційованого масажу у хворих з неврологічними синдромами дорсопатії шийного відділу хребта (ДШВХ) за результатами АОГ та ВСР електрокардіосигналу. Порівняти отримані дані між собою та з попередньо отриманими нами результатами електроміографічних, біохімічних, реографічних досліджень та з літературними джерелами у зазначених хворих до та після масажу.

Матеріал і методи досліджень. Для обґрунтування інформативності та валідності застосування ПК Оранта-АО для аналізу АОГ, зареєстрованих електронним тонометром під час вимірювання АТ, нами проведено порівняльний аналіз результатів впливу диференційованого сегментарно-рефлекторного масажу на стан АНС хворих на дорсопатію (за МКХ 10 – шийно-черепний та шийно-

плечовий синдром, M53) за результатами ВСР електрокардіосигналу, а також – електроміографічних, реографічних, біохімічних досліджень.

Сегментарно-рефлекторний масаж передбачає диференційований за ділянкою та інтенсивністю впливу масаж залежно від клінічних проявів захворювання та індивідуальних особливостей пацієнта. Процедура включала 2 частини. Перша не залежала від клінічних проявів захворювання і включала розширену комірцеву зону. Друга – передбачала масаж ділянки, яка турбувала пацієнта. Дозування масажу залежало від клінічних проявів захворювання та індивідуальних особливостей. Переважно це був заспокійливий чи помірно заспокійливий масаж [186, 214]. Усі зазначені методи дослідження проводили при поступленні, до та після третьої та десятої процедури масажу.

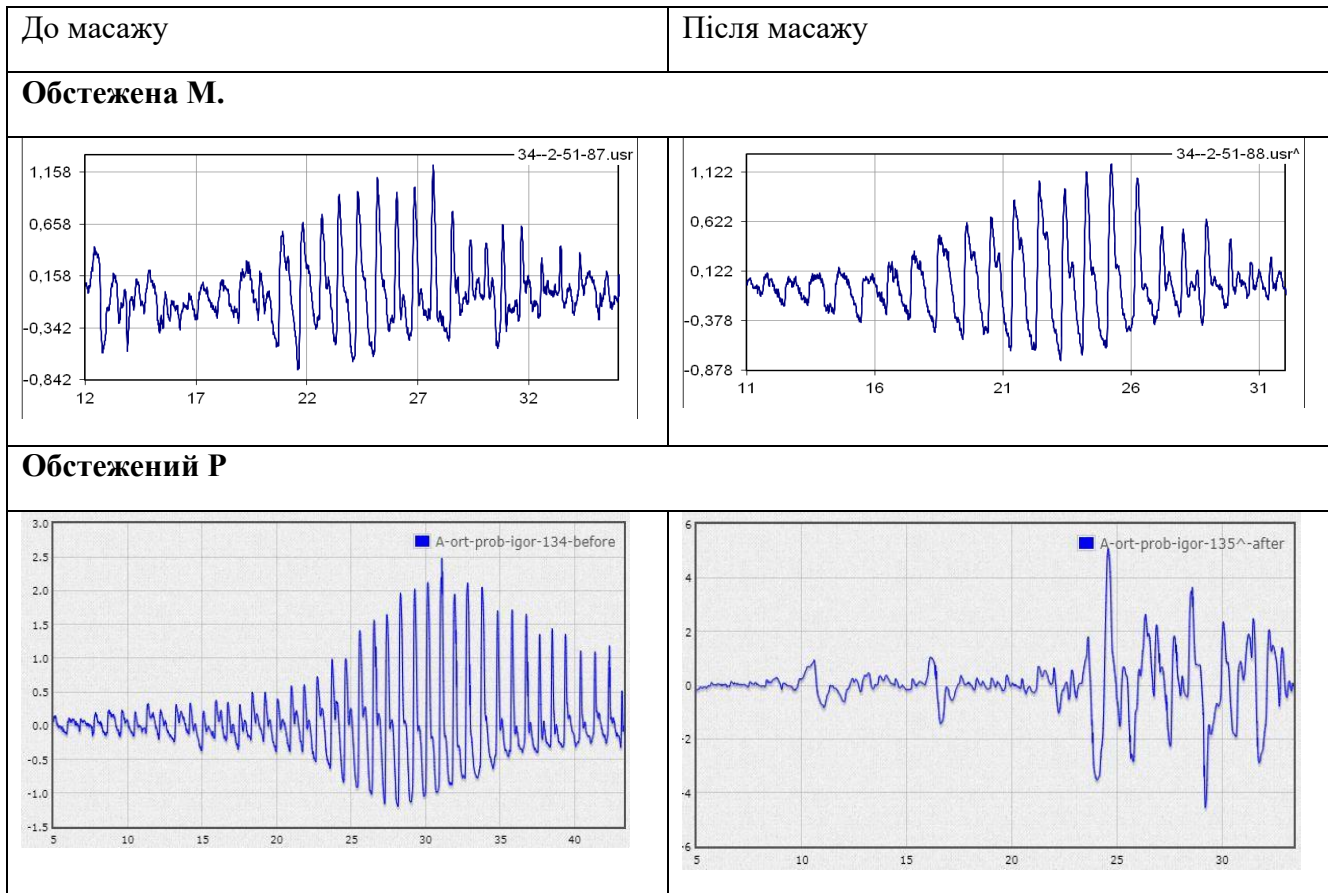
Результати досліджень та їх аналіз

Вплив процедури диференційованого масажу на морфологічні, часові, спектральні показники АОГ

З цією метою обстежено 40 осіб різного віку з неврологічними синдромами ДШВХ (період ремісії). АОГ реєстрували безпосередньо до та після процедури масажу.

Морфологічний аналіз

Для прикладу використана АОГ обстеженої М. (30 р.) зареєстровані до та після 4-ї процедури масажу (мал. 3.13).



Мал. 3.13. Артеріальні осцилограми, зареєстровані до (а) та після (б) процедури сегментарно-рефлекторного масажу обстежених: М. (30 р.) та Р. (35 р.).

Морфологічний експрес-аналіз представлених осцилограм (мал. 3.13) звертає увагу на наступні чинники. До масажу у обстеженої: М. (30 р.) реєструються порушення гармонійності осциляцій, найбільш виражені – у першу та останню фазу компресії. Порушені: рівномірність зростання амплітуди та ритмічність пульсацій, форми вершин, розміщення дикротичних та додаткових хвиль. Початок компресії судин плеча у фазі систоли викликає порушення гармонійності, зниження амплітуди пульсацій, розміщення дикротичної хвилі. Відзначені особливості АОГ свідчать про складнощі в адаптації судин плеча до зростаючої компресії. Після процедури масажу згадані відхилення зникають. Зареєстровану АОГ до масажу можна віднести до III типу, після нього – до I типу. Це наочно свідчить про функціональний характер відзначених змін і провідну роль АНС в підвищенні адаптаційної здатності усіх механізмів керування діяльністю серцево-судинної системи, зумовлену адекватно підбраною і проведеною процедурою масажу.

Водночас на мал. 3.13 у обстеженого Р. (35 р.) реєструється «погіршення» морфологічних характеристик АОГ. Усі обстежені отримали однакову за ділянкою впливу процедуру сегментарно-рефлекторного масажу (масаж спини). «Погіршення» якості АОГ після масажу свідчить про неадекватно підбрану для пацієнта методику масажу. Якщо зважити на те, що методика масажу залежить від ділянки та методу впливу, а перша – була однаковою для всіх, то можна прийти до висновку про неправильне дозування масажних впливів. Причиною може бути те, що лікар недостатньо оцінив індивідуальні особливості пацієнта і дав помилкові вказівки масажисту, або ж масажист неправильно виконав вказівки лікаря. Зазначене підтверджує високу інформативність артеріальної осцилографії і важливе значення оцінки вихідного стану пацієнта, його індивідуальних особливостей для адекватного вибору методики для проведення процедури масажу.

За результатами морфологічних характеристик АОГ авторами проведено експрес-оцінку рівня здоров'я та адаптаційних можливостей обстежених, запропоновано рекомендації щодо їх корекції відповідно до таблиці 2.1.

Відповідно до розробленої авторами класифікації, у обстеженої М. (мал. 3.13) до масажу визначений нами 3-й (задовільний) тип має такі характеристики: умовно здоровий, перенапруження адаптації, рекомендовано повторне обстеження, превентивна реабілітація. Після масажу визначений нами 1-й тип (відмінний) тип АОГ свідчить, що пацієнт: здоровий, має оптимальну адаптацію, рекомендовано підтримувати здоровий спосіб життя.

Зазначена динаміка свідчить про функціональний характер зареєстрованих до масажу відхилень від норми, зумовлений підвищенням активності Сл АНС. Таким чином, покращення морфологічних характеристик АОГ (до масажу 3-й тип, після масажу – 1-й тип) свідчить про нормалізуючий вплив індивідуально підбраної процедури сегментарно-рефлекторного масажу на функціональний стан АНС – покращення адаптаційної здатності судинного чинника гемодинаміки і його регуляторних механізмів щодо компресії плеча. Скорочення вивченої нами тривалості анакротичної фази на АОГ протягом усієї компресії після масажу свідчить про зниження тону судин, зростання скоротливої здатності міокарда і, відповідно, про підвищення адаптаційної здатності серцевого чинника гемодинаміки до компресії плеча манжетою.

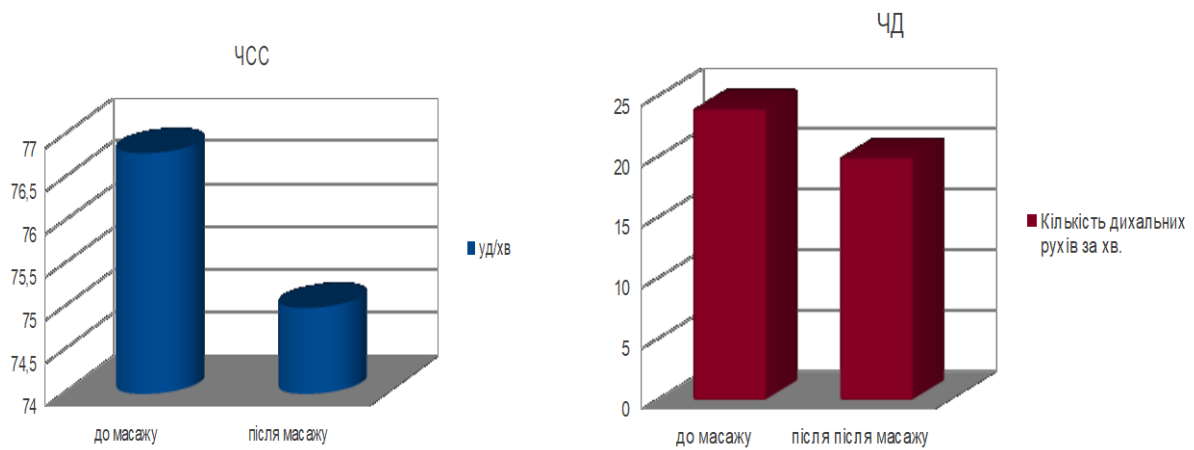
Часовий та спектральний аналіз АОГ [113, 120,135, 136, 138, 227].

Часовий та спектральний аналіз осцилограм, зареєстрованих до та після процедури масажу у 40 осіб, засвідчив достовірне зниження АМо, IVR, IN, HVR-index, VLF та зростання SDSD, рNN50, Мо, HF. Зростає також середнє квадратичне відхилення

амплітуд ($power_osc_stdev$) – потужність амплітуди та $RR-pos-std$ – середнє квадратичне відхилення інтервалів позитивних екстремумів.

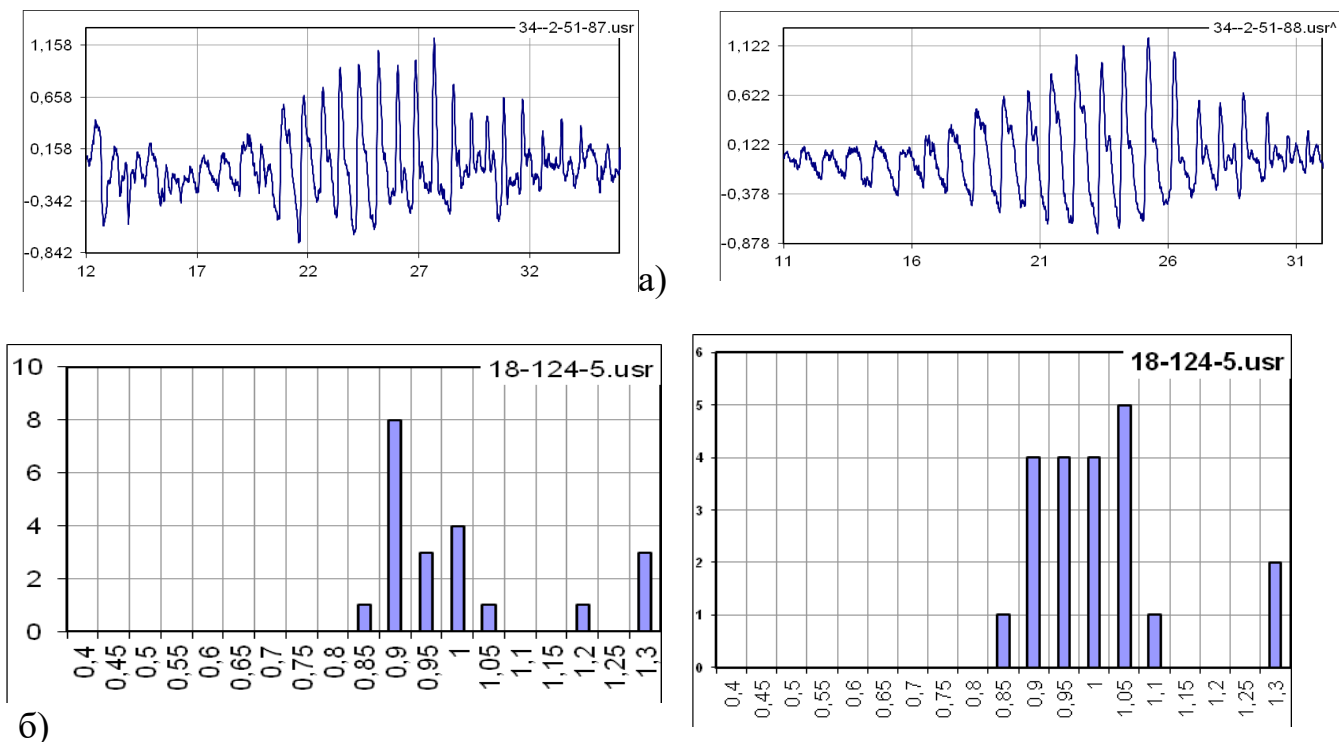
Динаміка показників часового і спектрального аналізу АОГ приводить до висновку, що вплив сегментарно-рефлекторного масажу проявляється у підвищенні активності парасимпатичної ланки АНС, зниженні рівня централізації управління діяльністю ССС, зростанні ступеня динамічності розширення стінки судин – швидкості зміни сили тиску судини на манжету під час систоли [113, 120, 135, 136, 138, 227].

Зазначене підтверджується динамікою показників частоти серцевих скорочень, дихальних рухів та гістограм (мал. 3.14). Середні показники ЧСС знизились з $76,8 \pm 1,8$ до $74,7 \pm 3,2$ уд./хв., частоти дихальних рухів з $24 \pm 1,5$ до $18 \pm 1,3$ ($P < 0,05$). Динаміка відзначених показників свідчить про зростання активності парасимпатичної ланки АНС [187].



Мал. 3.14. Динаміка середніх показників частоти серцевих скорочень та частоти дихальних рухів до масажу (ліві стовпчики) та після процедури масажу (праві стовпчики) 40 обстежених.

Для наочності демонструємо АОГ та їх гістограми (графічне зображення варіабельності серцевого ритму) до та після масажу (мал. 3.15).



Мал. 3.15. Артеріальна осцилограма (А) і її гістограма (Б) до (зліва) та після (справа) процедури масажу (обстежена М., 30 р.) [142]

Представлені гістограми свідчать про покращення її якісних характеристик: розширення основи та зміщення її показників вправо. Зазначене свідчить про позитивний вплив процедури масажу на відновлення активності парасимпатичної ланки АНС, а усе разом – про функціональний характер визначених відхилень від норми та нормалізуючий характер впливу індивідуально підбраного нами диференційованого масажу на стан АНС (180).

Динаміка клінічної симптоматики та біоелектричної активності м'язів після масажу [187]

Позитивна динаміка відзначених показників супроводжувалась позитивною динамікою клінічної симптоматики. При цьому покращилась рухомість хребта, яку оцінювали за відстанню до підлоги кінчиків пальців при нахилах тулуба. Середні показники нахилів тулуба вперед до масажу були 1,2 см, після масажу -0,5. При нахилах тулуба: вліво (відповідно) 45,9 та 42,9; вправо – 46,9 та 43,2. Відзначена позитивна динаміка рухомості хребта зумовлена нормалізуючим впливом масажу на стан м'язів, що підтверджується результатами електроміографічних досліджень.

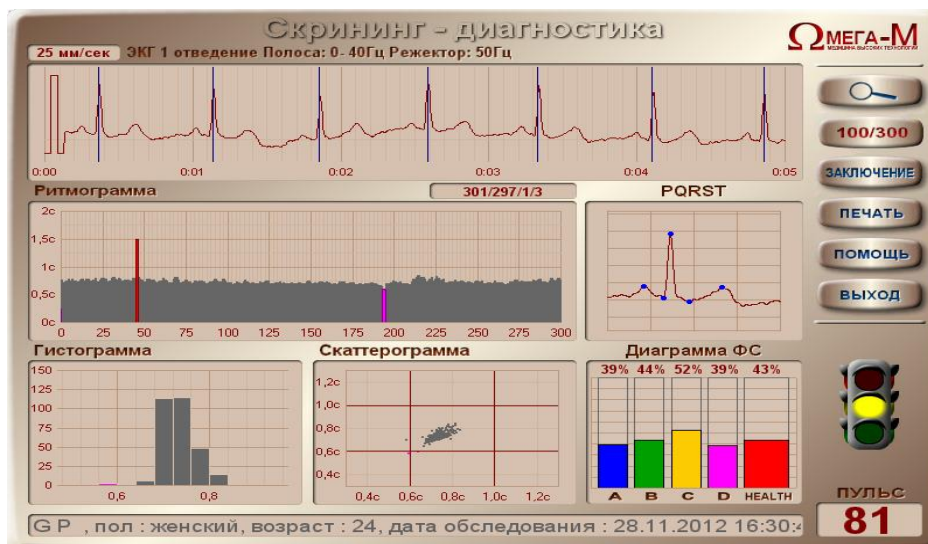
Проведене нами вивчення біоелектричної активності м'язів (метод електроміографії) у 30 обстежених засвідчило, що при ДШВХ зростання активності Сл АНС супроводжується підвищенням біоелектричної активності, тонусу, збудливості (за дихальною, близькою і віддаленою синергією) та виснаженості мотонейронів спинного мозку. Процедура сегментарно-рефлекторного масажу за помірно заспокійливим методом сприяла нормалізації біоелектричної активності і тонусу м'язів, зниженню збудливості та виснаженості мотонейронів спинного мозку. Зазначене супроводжується зниженням активності симпатичної ланки і, відповідно, зростанням парасимпатичної ланки АНС, що нам вдалось підтвердити ще й результатами клініко-лабораторних досліджень.

Вплив масажу на стан автономної нервової системи за результатами часового та спектрального аналізу ВСР електрокардіосигналу [187].

Для вирішення поставлених завдань нами проведено вивчення та аналіз показників часового та спектрального аналізу ВСР електрокардіосигналу, отриманих за допомогою приладу комплексної комп'ютерної діагностики «Омега-М». Прилад дає можливість виявити відмінні особливості біоритмологічних характеристик при зміні діяльності тих чи інших систем організму як в адаптаційно-приспосувальних реакціях, так і при розвитку патологічних процесів [212].

З цією метою нами обстежено 42 хворих з неврологічними синдромами ДШВХ (підгострий період) віком 24-60 років. Реєстрація електрокардіосигналу проводилась безпосередньо до та після 3 чи 4 процедур масажу.

Показники скринінг-діагностики аналізу ВСР електрокардіосигналу обстеженого Р. за показниками цифрового аналізатора біоритмів «Омега-М» представлені на малюнку 3.16.



Мал. 3.16. Показники скринінг-діагностики ЕКГ за показниками одного із слайдів цифрового аналізатора біоритмів «Омега-М» обстеженого Р., 24 роки.

Порівняння результатів ВСР електрокардіосигналу, отриманого за допомогою приладу «Омега-М» обстеженого М, 65 років до та після масажу представлені на мал. 3.17.



Мал. 3.17. Динаміка показників варіабельності серцевого ритму електрокардіосигналу та висновки, зареєстровані до та після масажу (апаратом «Омега-М») обстеженої М., 61 рік.

Порівняння заповненості «стаканчиків», колір годинника, динаміка ЧСС, існуюча та прогностична активність біоритмів протягом дня (зліва від годинника), висновок на кожному слайді дає можливість підтвердити результати, отримані при аналізі АОГ після масажу.

Висновки, зроблені за допомогою цифрового аналізатора біоритмів «Омега-М» засвідчили зростання після масажу інтегрального показника стану на 52,7%. Аналіз окремих кількісних показників указує на те, що позитивний вплив масажу проявляється у стимулюючому впливі його на всі рівні регуляції серцевої діяльності. Найбільший ріст реєструвався у показників рівня адаптації (60,4%) та автономної регуляції (53,1%). Це дає можливість пов'язати позитивну динаміку функціонального стану із зростанням рівня адаптації, який зумовлений переважним впливом масажу на стан АНС та зниженням участі більш високих рівнів регуляції [113, 142].

Отримані результати аналізу ВСР електрокардіосигналу цілком відповідають аналогічним показникам часового та спектрального аналізу АОГ. Для прикладу

демонструємо результати дослідження за показниками цифрового аналізатора біоритмів «Омега-М» (табл. 3.18).

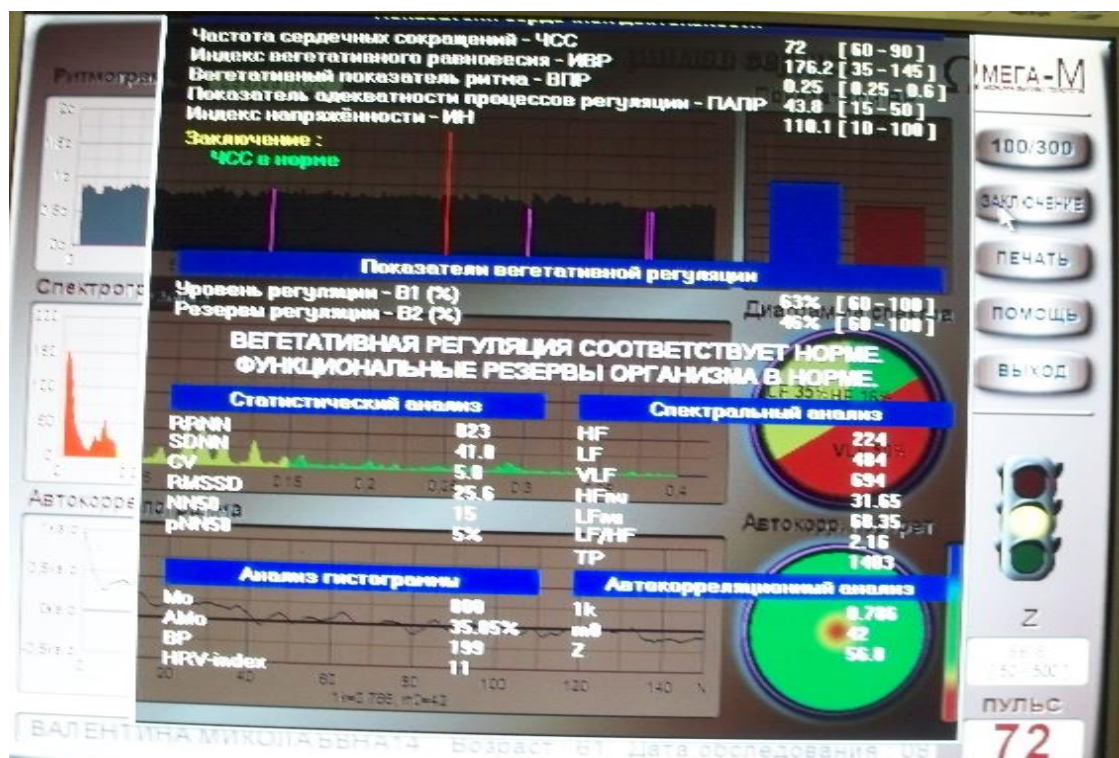
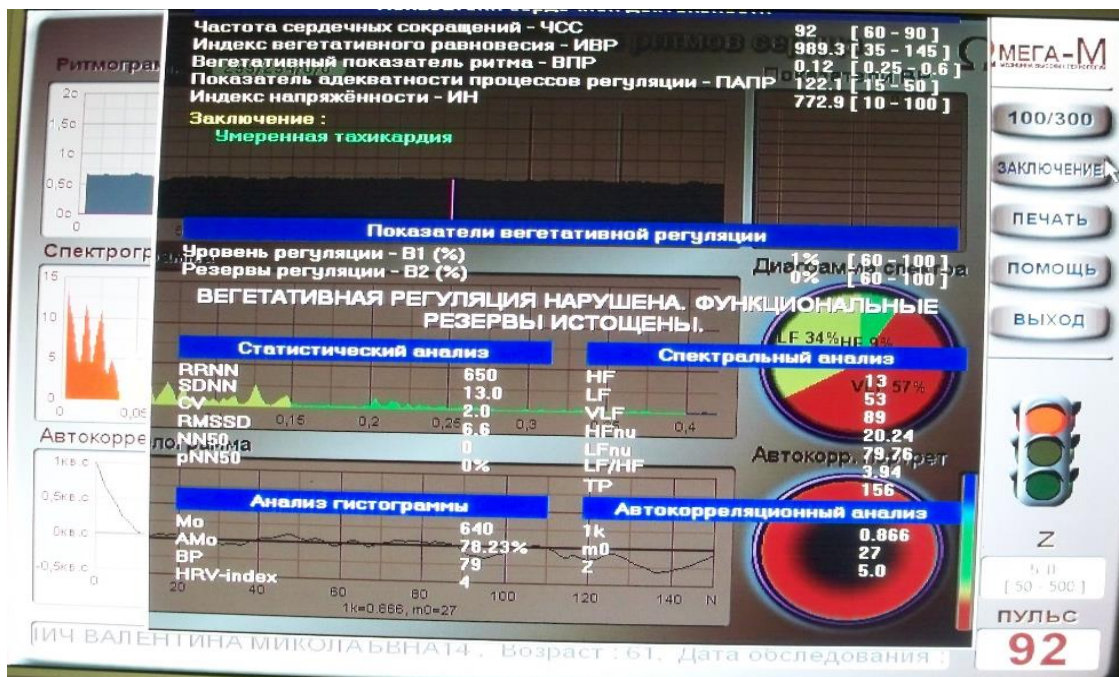
Таблиця 3.18

Показники часового аналізу ВСР електрокардіосигналу і АОГ до та після процедури диференційованого сегментарно-рефлекторного масажу

Електрокардіограма (n -42)			
Параметр	До масажу	Після масажу	P
RR NN (мс)	743,6 ± 37,8	872,6 ± 28,4	p < 0,05
SDNN (мс)	24,3 ± 2,6	35,4 ± 3,1	p < 0,05
pNN50 (%)	3,0 ± 0,2	13,5 ± 3,2	p < 0,05
AMo	55,5 ± 4,4	46,4 ± 3,5	p < 0,05
HVR	35,7 ± 2,3	25,2 ± 2,4	p < 0,05
Артеріальна осцилограма (n – 40)			
Параметр	До масажу	Після масажу	P
RR NN (мс)	791,6 ± 39,2	895,9 ± 24,2	p < 0,05
SDNN (мс)	28,4 ± 2,1	39,3 ± 2,4	p < 0,05
pNN50 (%)	6,2 ± 0,3	10,4 ± 2,7	p < 0,05
AMo	53,2 ± 2,7	47,6 ± 3,5	p < 0,05
HVR	37,3 ± 2,1	24,3 ± 2,2	p < 0,05

Аналіз цієї таблиці дає можливість підтвердити інформативність та достовірність динаміки часових показників до та після масажу, отриманих як за аналізом АОГ, так і за ВСР. Зазначене підтверджується відсутністю достовірної різниці між вихідними даними, а також – односпрямованою, достовірною динамікою після процедури диференційованого сегментарно-рефлекторного масажу за даними ВСР електрокардіосигналу та АОГ. Позитивний вплив процедури масажу за результатами обох обстежень проявляється у нормалізації функціонального стану АНС: зростанні активності її парасимпатичної ланки разом із зменшенням активності її симпатичної ланки [113, 142].

Зазначене підтверджується мал. 3.18 та 3.19 з висновками щодо результатів обстеження за результатами аналізу ВСР електрокардіосигналу і артеріальної осцилограми.

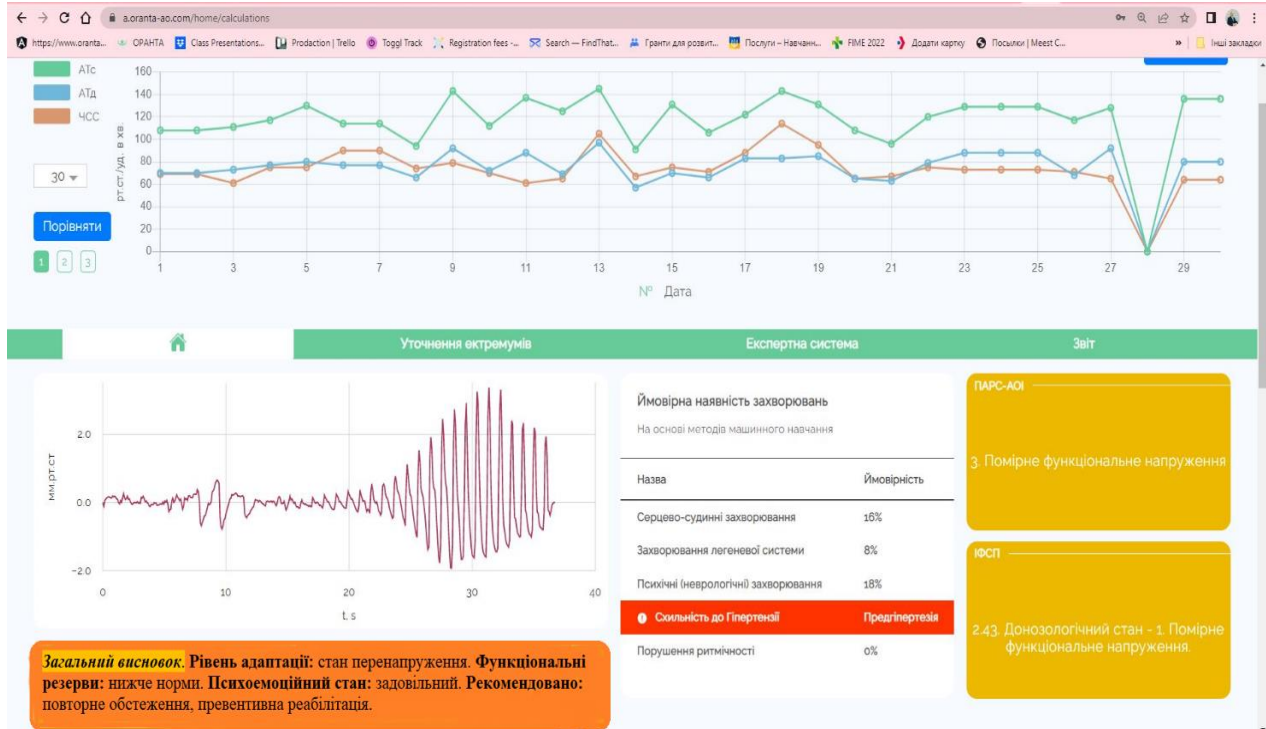


Мал. 3.18. Показники автономної регуляції та функціональні резерви організму за результатами ВСР електрокардіосигналу апаратом «Омега-М» до (верхній слайд) та після (нижній слайд) процедури масажу (обстежений К., 20 років).

Як видно з мал. 3.18, до масажу (у обстеженого К.) висновок аналізу ВСР електрокардіосигналу свідчив про порушення автономної регуляції, вичерпання

резервних можливостей. Після масажу: вегетативна регуляція відповідає нормі, функціональні резерви організму в нормі.

Для порівняння пропонуємо кінцевий висновок за результатами морфологічного, часового, спектрального аналізу АОГ [118], зображений на мал. 3.19.



Мал. 3.19. Кінцевий висновок за результатами морфологічного, часового, спектрального аналізу АОГ (обстежений Д., 45 років).

Як видно з мал. 3.19, результати, отримані за допомогою ПК Оранта-АО при аналізі АОГ, зареєстрованих при вимірювання АТ, за своїм змістом відповідають висновкам ВСР електрокардіосигналу.

Вплив масажу на стан автономної нервової системи за біохімічними показниками

Наукові дослідження Я. Ю. Попелянського [171] показали, що в центрі вегетативних синдромів при ОШВХ перебуває іритативний стан Сл АНС. Проведені нами обстеження хворих з неврологічними синдромами ДШВХ дали можливість підтвердити результати Я.Ю Попелянського про переважний вплив симпатичного відділу ВНС на серцевий ритм. Активація симпатичного відділу ВНС є відображенням зниження адаптаційно-приспосувальних можливостей організму та причиною виникнення рефлекторних (судинних, трофічних, м'язово-тонічних) змін у хворих на ДШВХ [142, 181,187, 168]. Симпатична модуляція здійснюється двома підконтурами – нервовим вегетативним симпатичним і

гуморальним симпатичним (викид катехоламінів наднирковими залозами та ін.), які доповнюють один одного [171].

Керуючись зазначеним, нами було поставлене завдання підтвердити отримані результати аналізу АОГ ще й показниками клініко-лабораторних методів. Вивчено вміст ацетилхолінестерази в крові (метод Hestrin, 1949, в модифікації Ейдельмана, 1983) та вміст адреналіну і норадреналіну в добовій сечі (метод А.М. Бару, 1962) у 110 хворих з неврологічними синдромами ДШВХ до та після однієї процедури та курсу лікування масажем (табл. 3.19 та 3.20).

Таблиця 3.19

Активність ацетилхолінестерази в крові у хворих з неврологічними синдромами при дорсопатії шийного відділу хребта до та після процедури помірно тонізуючого масажу (в мікромолях зруйнованого ацетилхоліну)

Група обстежених	Період обстеження	Статистичні показники			
		n	M	±m	p
Здорові		20	3,3	0,05	-
Хворі з неврологічними синдромами дорсопатії шийного відділу хребта	До масажу	65	2,5	0,05	< 0,05*
	Після масажу	65	2,9	0,04	< 0,05**
<i>Примітка.</i> Достовірність подана відносно показників: * – здорових; ** – до масажу					

Екскреція адреналіну та норадреналіну з сечею хворих з неврологічними синдромами при ДШВХ до та після процедури помірно тонізуючого масажу (в мкг/добу) наведена в табл. 3.20.

Таблиця 3.20

Екскреція адреналіну та норадреналіну з сечею у хворих з неврологічними синдромами при ДШВХ до та після процедури помірно тонізуючого масажу (в мкг/добу)

Групи обстежених	Період обстеження	Статистичні показники			
		n	M	±m	p
Адреналін					
Здорові		20	16,3	2,15	
Хворі з неврологічними синдромами дорсопатії шийного відділу хребта	До масажу	20	24,0	2,36	< 0,05*
	Після масажу	20	15,2	1,32	< 0,05**
Норадреналін					

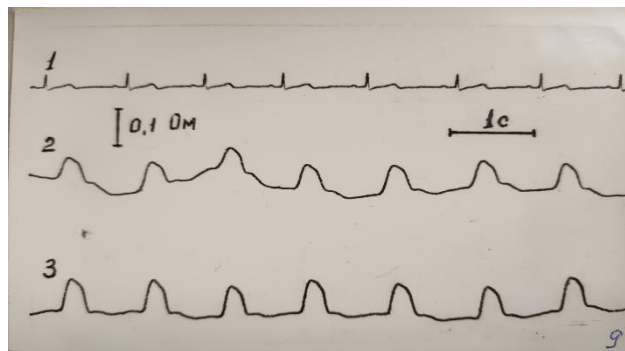
Здорові		20	32,1	3,20	
Хворі з неврологічними синдромами дорсопатії шийного відділу хребта	До масажу	20	43,3	4,39	< 0,05*
	Після масажу	20	31,2	3,0	< 0,05**
<i>Примітка.</i> Достовірність подана відносно показників: * – здорових; ** – до масажу					

Дані таблицях підтверджують результати аналізу АОГ та ВСР електрокардіосигналу. Хворим з неврологічними синдромами ДШВХ притаманне достовірне підвищення вмісту адреналіну (на 126%) і норадреналіну (на 46,1%) в сечі ($p < 0,05$) та зниження активності ацетилхолінестерази в крові ($p < 0,05$), що свідчить про підвищення тону симпатичної та зниження тону парасимпатичної ланки АНС. Процедура масажу сприяла нормалізації досліджуваних показників біохімічних досліджень ($p < 0,05$) і як результат – нормалізації функціонального стану АНС.

Вплив масажу на стан центральної та периферійної гемодинаміки

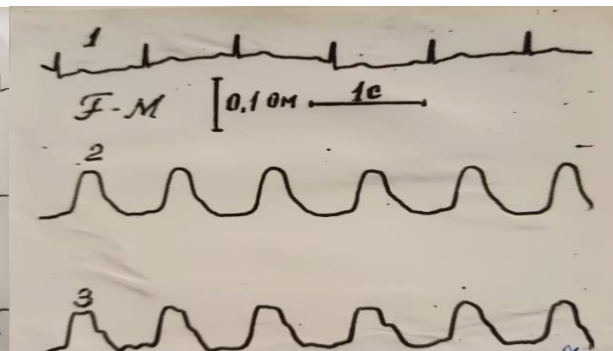
Нами проведений аналіз реоенцефало- та реовазограм хворих з неврологічними синдромами ДШВХ. Реовазограми (РВГ), зареєстровані методом поверхневої реовазографії передпліч та каротидної реоенцефалографії (фронтально-мастоїдальне відведення) до та після курсу лікування масажем зображено на мал. 3.20.

Реовазограми передпліч:

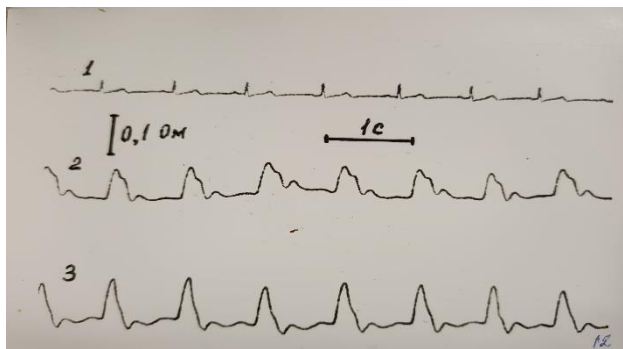


РВГ до 4-ї процедури масажу

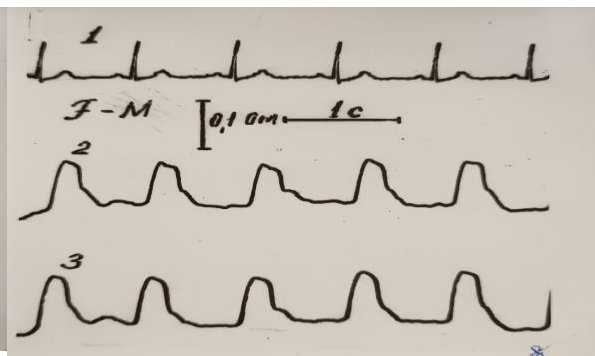
Каротидні реоенцефалограми:



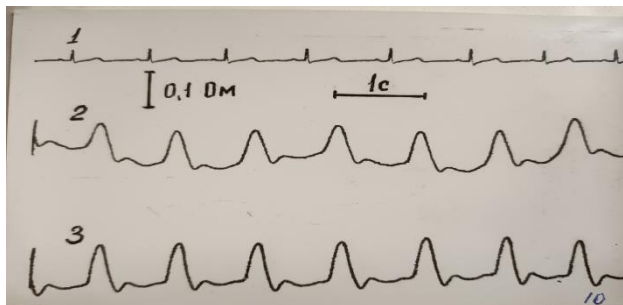
РЕГ (ф-м) до 4-ї процедури масажу



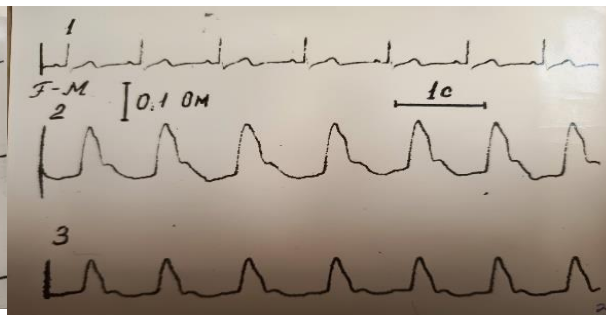
РВГ після 4-ї процедури масажу



РЕГ (ф-м) після 4-ї процедури масажу



РВГ після прийому НГ (при поступленні)



РЕГ (ф-м) після прийому НГ(при поступленні)

Мал. 3.20. Реограми хворої Л., 45 років. Діагноз: дорсопатія, шийно-плечовий синдром (M53.1). Верхній рядок – до 4-ї процедури масажу; середній – безпосередньо після 4-ї процедури масажу; нижній – після прийому нітрогліцерину на початку лікування.

Примітка. На кожній з реограм (лівий стовпчик) : 1 – ЕКГ у другому стандартному відведенні, 2 – РВГ правої верхньої кінцівки, 3 – лівої. На кожній з каротидних реоенцефалограм: 1 – ЕКГ у другому стандартному відведенні, 2 – фронто-мастоїдальне відведення справа; 3 – фронто-мастоїдальне відведення зліва.

Аналіз представлених реоенцефало- та реовазограм до 4-ї процедури масажу засвідчує наступне: вершини пульсових хвиль заокруглені, дикротичний зубець відсутній або слабо виражений, тривалість анакротичної фази та її відношення до тривалості усієї хвилі (порівняно зі здоровими) подовжені. Це свідчить про дефіцит церебрального і периферійного кровонаповнення, підвищення тону судин досліджуваних басейнів. Після 4-ї процедури масажу реографічна картина мала позитивну динаміку: загострилися вершини пульсацій, появилася або поглибилася дикротична хвиля, тривалість анакротичної фази та її відношення до тривалості

усієї хвили зменшились ($P < 0,05$). Зазначене свідчить про зниження тону судин та покращення скоротливої функції міокарду після процедури масажу.

Порівняння фонових реограм з реограмами, зареєстрованими після прийому 1/3 таблетки нітрогліцерину (до 3-ї процедури масажу), свідчить про роль функціонального характеру в порушенні кровообігу досліджуваних басейнів. При цьому (як видно з мал. 3.20), НГ має більш виражений вплив на церебральний кровообіг. Водночас реовазограми, зареєстровані після 4-ї процедури масажу, були навіть «кращими», ніж після НГ: загострилися вершини пульсацій, появився дикротичний зубець, зменшилась тривалість анакрати (більше справа). Це свідчить не лише про нервовий, а й про гуморальний механізм впливу масажу. Зазначене підтверджується результатами вищезгаданих досліджень.

Таким чином, результати реографічних досліджень засвідчили генералізований характер підвищення тону судинного русла як церебральної, так і периферійної гемодинаміки, зумовленого підвищенням тону Сл АНС у хворих на шийну дорсопатію. Масаж сприяє покращенню реографічних показників як центральної, так і периферійної гемодинаміки. Дослідження підтверджують результати вищезазначених біохімічних досліджень та достовірність результатів аналізу АОГ, отриманих при використанні програмного комплексу Оранта-АО.

Висновки

Порівняння АОГ та ВСР електрокардіограми, узагальнення електроміографічних, реографічних, біохімічних досліджень підтвердили результати досліджень, отриманих при аналізі АОГ з використанням ПК Оранта-АО щодо підвищення тону Сл АНС у хворих на шийну дорсопатію, нормалізуючий вплив на її стан адекватно підбраного сегментарно-рефлекторного масажу та необхідність індивідуального підходу при дозуванні масажних впливів.

АОГ – це валідний, високоінформативний метод дослідження, що дає можливість вивчити стан АНС, рівні регуляції діяльності та адаптаційні можливості ССС як у стані спокою, так і при різних зовнішніх впливах.

Результати, отримані за допомогою ПК Оранта-АО, підтверджуються динамікою клінічної симптоматики, результатами аналізу ВСР електрокардіосигналу та електроміографічними, біохімічними, реовазо-реоенцефалографічними дослідженнями.

3.2.4. Порівняльний аналіз динаміки спектральних показників артеріальної осцилограми та електрокардіограми під впливом мультимедійних чинників

Д.В. Вакуленко, Л.О. Вакуленко, О.В. Гевко

Актуальність теми. Сучасна ситуація в Україні є причиною виникнення найрізноманітніших психічних розладів.

Мета досліджень. Ми поставили собі за мету вивчити вплив мультимедійних чинників на адаптаційну здатність ССС. провести порівняльний аналіз динаміки спектральних показників артеріальної осцилограми та електрокардіограми під впливом мультимедійних чинників

Матеріал і методи досліджень. Для вивчення адаптаційної здатності серцево-судинної системи до впливу зовнішніх чинників нами обстежено 68 осіб 18-22 років.

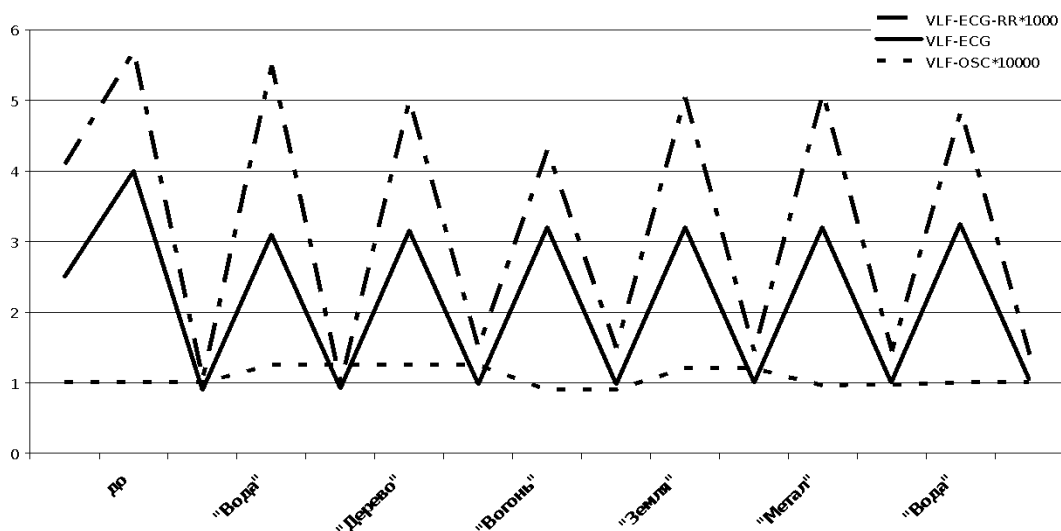
Для вирішення поставлених завдань нами проводився аналіз синхронно зареєстрованих артеріальних осцилограм до і після прослуховування різнохарактерних музичних композицій (коло У-сін). При цьому протягом всього експерименту реєстрували ще електрокардіограми (20 хвилин): до вимірювання тиску 1 хвилину, під час вимірювання тиску – 7 разів та під час прослуховування 5 музичних композицій. Після прослуховування кожному з обстежених вимірювали АТ (з реєстрацією АОГ та одночасно з реєстрацією ЕКГ). Після цього, ще протягом 1 хвилини проводили запис ЕКГ. Отримані показники підлягали кореляційному аналізу

Музична композиція «Вода» прослуховувалась на початку та в кінці експерименту в інтервалі до моменту діастолічного значення артеріального тиску, тобто на початку компресії [180].

Результати досліджень та їх аналіз

Для прикладу демонструємо показники АОГ та ВСР ЕКГ (мал. 3.21).

Зміна потужності спектру ЕКГ, ЕКГ інтервалів RR та осцилограми в інтервалі частот від 0,003 Гц до 0,04 Гц отриманих з ШГФ в процесі прослуховування музичних композицій (ТКМ, коло У-сін)



Мал. 3.21. Зміна показників потужності спектру (обстежений П., 20 р.) в інтервалі частот від 0,003 Гц до 0,04 Гц (VLF), отриманих з інтервалів R-R ЕКГ, помножених на 1000, та осцилограми (помножених на 10000), зареєстрованих в процесі прослуховування музичних композицій.

Як видно з малюнку, пацієнту П. притаманна синхронність динаміки показників потужності спектру VLF на АОГ та R-R інтервалів ЕКГ в процесі прослуховування музичних композицій.

Вивчення впливу музичних композицій показали, що динаміка досліджуваних показників має тенденцію до виникнення однаково спрямованих змін після прослуховування музичних творів напрямку «Вода», «Дерево», «Земля», «Вода» та протилежного напрямку – «Вогонь».

Висновки

Наявність групи показників з сильною та з випадками сильної кореляції, зареєстрованих синхронно на ЕКГ та АОГ, підтверджує достовірність показників, запропонованих для аналізу АОГ та їх інтерпретації, дає можливість підтвердити достовірність запропонованих авторами методів аналізу АОГ.

РОЗДІЛ ІV

ПРИКЛАДИ ЗАСТОСУВАННЯ ЗАПРОПОНОВАНИХ ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ОЦІНКИ ФУНКЦІОНАЛЬНОГО СТАНУ ПЕРИФЕРІЙНИХ СУДИН ДЛЯ ВИВЧЕННЯ ВПЛИВУ ФАКТОРІВ ЗОВНІШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА НА СТАН СЕРЦЕВО-СУДИННОЇ СИСТЕМИ З ВИКОРИСТАННЯМ ПК ОРАНТА-АО

Адаптаційні можливості організму – це запас функціональних резервів, які постійно витрачаються на підтримку рівноваги між організмом і середовищем. Запас функціональних резервів – це інформаційні, енергетичні і метаболічні ресурси, витрата яких супроводжується постійним відновленням. Функціональна система регуляції кровообігу є багатоконтурною, ієрархічно організованою системою, в якій домінуюча роль окремих ланок визначається поточними потребами організму [47, 164].

Функціональні резерви системи кровообігу традиційно визначають шляхом застосування функціональних проб та навантажувальних тестів. При цьому для отримання порівняльних даних важливо призначати особам без скарг на стан здоров'я, однакових вікових груп однакові дозовані навантаження [164].

Чим вищий функціональний резерв, тим менше зусиль вимагає адаптація до звичайних і незвичайних умов існування. Резервні «потужності» системи кровообігу створюють запас міцності на випадок неадекватних впливів на організм. При цьому важливе значення має не лише своєчасна мобілізація резервів, а й відповідна стимуляція процесів відновлення і захисту. Тому при вивченні питання про функціональні резерви системи кровообігу необхідно комплексно розглядати і міокардіально-гемодинамічний та вегетативний гомеостаз. Останній має відношення до управління функціональними резервами організму загалом і системи кровообігу зокрема. Ступінь напруження регуляторних систем, у тому числі тонусу симпатичної ланки автономної нервової системи, впливає на рівень функціонування кровообігу шляхом мобілізації різного рівня функціональних резервів [164, 170].

Несприятливий вплив факторів довкілля при достатньому функціональному резерві нерідко протягом тривалого часу не викликає порушення міокардіально-гемодинамічного гомеостазу, а лише веде до деякого зміщення значень фізіологічних показників в межах загальноприйнятого діапазону норм, це супроводжується напруженням регуляторних систем. Коли ж функціональні резерви незначні, то вже невелике збільшення ступеня напруження регуляторних

систем у відповідь на стресові впливи довкілля може викликати порушення гомеостазу [164, 170].

Інформаційні технології оцінки функціонального стану периферійних судин використано нами для вивчення впливу факторів зовнішнього середовища на стан серцево-судинної системи. Використано 26 видів різнохарактерних експериментів. Кожен із 446 обстежених взяв участь у одному, двох і більше експериментах. Серед них фізичні (проба Руф'є, процедура ЛФК, оздоровча система Чжун Юань цигун, Рейкі), масаж (сегментарно-рефлекторний, за допомогою пристрою фірми «Нуга Бест»), термічні (лазня суха та парна, моржування), аудіовізуальні (у найрізноманітніших поєднаннях) та інші чинники. Р.М. Баєвський указує, що при впливі фізичних навантажень, гіпоксії, температурних факторів найважливішу роль відіграють резервні адаптаційні можливості кардіореспіраторної системи [170].

У зв'язку з великою кількістю досліджень та їх напрямків у наведених прикладах, динаміку запропонованих автором критеріїв аналізу та оцінки АОГ (морфологічного, часового, спектрального, кореляційного) найповніше представлено при застосуванні фізичного навантаження – 30 присідань за 45 с (проба Руф'є) та 20 присідань за 30 с (проба Мартіне-Кушелєвського). Саме вони дали можливість вивчити вплив різних чинників не лише за видом, а й за дозуванням. В інших прикладах використано найінформативніші (на думку авторів) факти, які висвітлюють різні напрямки потенційних можливостей морфологічного, часового, спектрального, кореляційного аналізу осцилограм, зареєстрованих під час вимірювання артеріального тиску.

Одним з найраціональніших методів застосування часового і спектрального аналізу осцилограм (зареєстрованих у процесі вимірювання артеріального тиску і оцінених за міжнародними стандартами аналізу серцевого ритму [47]) є визначення і оцінка стану АНС. Адже, окрім впливу на серцеву діяльність, її симпатичний і парасимпатичний відділи забезпечують регуляцію судинного тону, беруть участь у рефлекторній регуляції гемодинаміки [12, 170, 180, 191, 259]. У наш час традиційним і класичним вважають уявлення про ВСР як про метод вивчення вегетативного балансу, дослідження взаємодії симпатичного й парасимпатичного відділів автономної нервової системи [47]. Стан вегетативних реакцій на зовнішні впливи є найточнішим маркером реактивності і резистентності організму [12, 191, 259]. ВСР є кінцевою ланкою не тільки нервової, а й гуморальної регуляції, тому, вивчаючи закономірності змін ВСР, можна сказати про стан систем регуляції організму загалом [47].

Застосування запропонованих нами методів морфологічного, часового та спектрального аналізу артеріальних осцилограм, зареєстрованих під час вимірювання артеріального тиску, також дає можливість оцінити стан автономної нервової системи та рівень централізації управління діяльністю серцево-судинної системи і на цій основі розробити шляхи нормалізації їх функціонального стану. Отримана інформація (як і результати інших досліджень) може бути використана з діагностичною метою, в процесі вивчення ефективності медикаментозної терапії, реабілітаційних заходів, занять фізичною культурою і спортом тощо.

4.1. Практичне застосування артеріальної осцилографії у фізичній реабілітації

«Помолодшання» судинних катастроф, що призводять до глибокої інвалідності, свідчить про те, що актуальним завданням сьогодення залишається пошук сучасних інформаційних технологій для раннього виявлення донозологічних і преморбідних станів та резервних можливостей організму. Вони допоможуть лікарю більш ефективно спланувати профілактичний, діагностичний, терапевтичний, реабілітаційний процес [213].

Традиційні фактори ризику серцево-судинних та інших захворювань є лише індикаторами ризику [9]. В основу парадигми медичної профілактики і зниження смертності від серцево-судинних та інших захворювань повинна бути покладена стратегія індивідуальної масової профілактики, яка базується на принципах вимірювання резервів здоров'я людини [164, 166].

Запас функціональних резервів – це інформаційні, енергетичні та метаболічні ресурси, витрати яких супроводжуються постійним відновленням. У випадку його порушення виникає функціональна недостатність організму, яка проявляється патологічними синдромами чи захворюваннями [4,7]. Функціональні резерви системи кровообігу традиційно визначаються шляхом застосування функціональних навантажувальних проб та тестів. Резерви гомеостазу при цьому оцінюються за: часом, протягом якого показники внутрішнього середовища підтримуються в межах фізіологічної норми, здатністю відповідати на навантаження без патологічних проявів, швидкістю повернення до вихідного рівня регуляції [82, 115, 145, 170].

Для вивчення резервних можливостей ССС використовують стандартні функціональні проби та проби на визначення фізичної працездатності. Для проведення останніх необхідні спеціальні умови: відповідно підготовлений

медичний персонал та обладнання, необхідне для надання реанімаційних заходів. З функціональних проб найчастіше використовується: ортостатична проба, проба Руф'є (30 присідань за 45 с), проба Мартіне-Кушелєвського (20 присідань за 30 с та ін.) [182, 250, 254, 255, 256]. Проба Руф'є є обов'язковою при визначенні медичної групи для занять фізичною культурою школярів.

Доступним методом оцінки глобальних гемодинамічних процесів та адаптаційних можливостей ССС є моніторинг артеріального тиску (АТ) [177, 180, 134]. Реакція судин на компресію при цьому свідчить про стан координації між місцевими саморегуляторними механізмами та центральною нейрогуморальною регуляцією діяльності ССС [119,131], рівень функціонування ВНС [134], функціональну здатність серця, рефлексорну реакцію ССС [157], стан русла периферійних судин (тонус, еластичність, пружність, прохідність) [134], активність механізмів термінової реакції на компресію (барорецепторні, хеморецепторні, рефлекс на ішемію) та ін. [157].

Нами проведено порівняльні дослідження впливу стандартних проб та побутового навантаження на стан кардіореспіраторної системи. Дослідження показали, що 20 присідань відповідають навантаженню, отриманому при сходженні на 3-й поверх, а проба Руф'є – перевершує навантаження при сходженні на 5-й поверх. Відзначене дає можливість лікарю при ознайомленні з анамнезом попередньо зорієнтуватись щодо резервних можливостей ССС обстежуваного.

4.1.1. Фізичний стан школярів за результатами проби Руф'є

Д.В. Вакуленко, Л.О. Вакуленко, О.Р. Барладин, С.З. Храбра, П.М. Петрица

Актуальність теми. Фізичний стан – сукупність взаємопов'язаних ознак, передусім – фізичної працездатності, функціонального стану органів і систем, фізичного розвитку і навіть фізичної підготовленості [165]. Система кровообігу – чутливий індикатор фізичного стану цілісного організму [12]. Серцево-судинна система – індикатор адаптаційних можливостей організму. Її патологія реєструється у 3/4 населення України, а в 62,5% випадків є причиною смерті, що значно вище, аніж у розвинених країнах [215]. Особливу небезпеку система охорони здоров'я в Україні фіксує для підлітків, у яких за 5 років (2003-2008) частота захворювань серцево-судинної системи росла на 27,9%, а у дорослих за цей час – на 16,9% [213]. Зрештою це призвело до того, що в останні роки несподівано стали помирати здорові (за даними медичних оглядів) діти у школі чи

у побуті. Насторожує і той факт, що ще 20-25 років тому такі випадки були надзвичайною рідкістю.

Мета досліджень. Ми поставили собі за мету підтвердити актуальність поглибленого вивчення стану ССС у підростаючого покоління (дітей шкільного віку). З цією метою за допомогою проби Руф'є вивчили функціональні резерви серцево-судинної системи двох груп школярів: перша – школярі, яким медична група для занять фізичною культурою призначалась лише за результатами поглибленого огляду лікаря-педіатра чи сімейного лікаря, без проведення функціональних проб, та друга – з проведенням проби Руф'є.

Матеріал та методи досліджень. Нами обстежено 250 школярів різних шкіл західного регіону України. У першу групу ввійшли архівні документи 140 учнів 4-11 класів загальноосвітніх шкіл I-III ст. (розміщених у сільській місцевості). За результатами поглибленого медичного огляду цим учням було призначено основну групу для занять фізичною культурою. Дослідження проводились у 2010-2011 навчальному році, коли наказ щодо впровадження проби Руф'є ще не був втілений в практику охорони здоров'я в сільській місцевості.

В другу групу ввійшли 110 школярів, яким поруч з поглибленим медичним обстеженням проводилась проба Руф'є.

Функціональний стан серцево-судинної системи вивчали і оцінювали за методикою функціональної проби Руф'є, наведеної в додатку 3 «Інструкції про розподіл учнів на групи для занять на уроках фізичної культури» Наказу Міністерства охорони здоров'я України та Міністерства освіти і науки України від 20.07.09 р. № 518/674 «Про забезпечення медико-педагогічного контролю за фізичним вихованням учнів у загальноосвітніх навчальних закладах».

Результати досліджень та їх аналіз

Усі обстежені виконували пробу Руф'є. Під час досліджень автори роботи уважно стежили за збереженням стандартних вимог до її проведення. За результатами індексу Руф'є, відповідно до Інструкції, визначено рівні функціонального резерву серця з урахуванням п'яти градацій: якщо індекс Руф'є дорівнював або був менше 3 – високий рівень, 4-6 – вище середнього (добрий), 7-9 – середній, 10-14 – нижче середнього (задовільний); 15 або більше – низький рівень. Отримані результати представлені в таблиці 4.1.

Таблиця 4.1

Градація рівнів функціональних резервів серця учнів 4-11 класів за індексом Руф'є (перша група)

Клас	n	Рівні функціональних резервів серця				
		Високий	Вище середнього (добрий)	Середній	Нижче середнього (задовільний)	Низький
4-й	20	5%	15%	10%	50%	20%
5-й	20	0%	5%	30%	25%	40%
6-й	20	0%	0%	17%	48%	35%
7-й	20	5%	15%	25%	30%	25%
8-й	20	0%	10%	20%	60%	10%
9-й	20	0%	5%	20%	60%	15%
10-й	10	0%	20%	0%	60%	20%
11-й	10	0%	10%	10%	50%	30%
Загалом по школі	140	1%	9%	18%	47%	25%

Відповідно до згаданого офіційного документу, школярі першої групи, що мають високий, вище середнього і середній рівні функціонального резерву серця повинні бути віднесені до основної групи, а задовільний та низький – до спеціальної медичної групи. Як видно з таблиці, задовільний та низький рівень реєструвався (відповідно) у 47% і 25% школярів.

Таким чином, 72% усіх обстежених школярів першої групи, що за результатами поглибленого медичного огляду були віднесені до основної групи, за результатами проведеної нами проби Руф'є повинні займатися у спеціальній медичній групі. Якщо зважити, що ще для 10,2% учнів школи лікарі призначили спеціальну медичну групу, то разом виходить, що за фізичним станом 82% учнів школи мають такі відхилення у стані здоров'я, що вимагають призначення спеціальної медичної групи. Це дуже невтішні показники.

Аналіз функціональних резервів серця по класах указує на зростання резервних можливостей серця у школярів до 7 класу і поступове зниження їх у подальших класах, що підтверджує дані Булич Е.Г. та Муравова І.В. про загрозу зростання захворювань серцево-судинної системи в юнацькому віці [131].

Результати обстеження школярів другої групи (з проведенням лікарем-педіатром функціональної проби Руф'є) представлені у табл. 4.2.

Порівняльний аналіз функціональних резервів організму учнів 6 класу ЗОШ м. Тернополя і сільської ЗОШ Рівненської області за результатами проби Руф'є

Рівень резервних можливостей організму	м. Тернопіль, обстежених – 24		Рівненська область, обстежених – 23	
	К-ть	%	К-ть	%
Високий	4	17	4	17
Вище середнього	8	33	18	78
Середній	10	42	1	4
Нижче середнього	2	8	0	0
Низький	0	0	0	0

Як видно з таблиці, в м. Тернополі до основної групи належало 50% учнів, у Рівненській області (сільська школа) – 96%.

Висновки

Результати обстеження показали, що в першій групі (без проведення проби Руф'є педіатром) 82% учнів загальноосвітньої школи I-III ст. мають такі відхилення у фізичному стані, що вимагають призначення спеціальної медичної групи.

Обстеження школярів, яким проводилась проба Руф'є, засвідчили ефективність її застосування при визначенні лікарем медичних груп для занять фізичною культурою. При цьому, фізичний стан учнів сільської школи виявився вищим, ніж у м. Тернополі. У м. Тернополі до основної групи належало 50% учнів, у Рівненській області (сільська школа) – 96% від загальної кількості учнів.

Обов'язкове проведення функціональних проб як під час планових, так і позачергових обстежень школярів (після перенесених захворювань) дасть можливість визначити порушення резервних можливостей серця на ранніх його етапах, що сприятиме застосуванню превентивної реабілітації, підвищенню якості людського капіталу країни, а головне – запобіганню нещасних випадків у школярів. Залучення артеріальної осцилографії може значно полегшити діяльність лікаря, дасть можливість завчасно діагностувати початкові прояви зниження резервних можливостей організму школярів і, відповідно, планувати оздоровчі та реабілітаційні заходи для цієї дитини.

4.1.2. Застосування морфологічного аналізу осцилограми для визначення варіантів функціональних резервів серцево-судинної системи (за результатами проби Руф'є)

Д.В. Вакуленко, Л.О. Вакуленко, О.Р. Барладин, С.З. Храбра

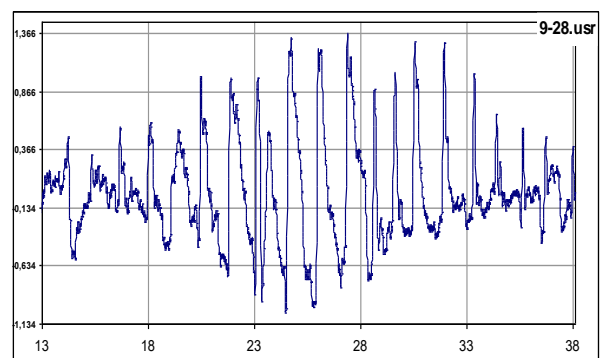
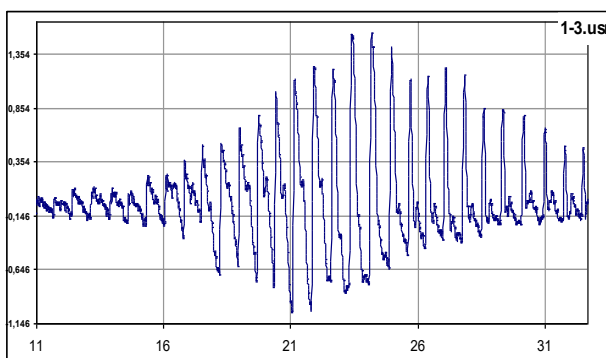
Актуальність теми. Застосування сучасних інформаційних технологій для морфологічного аналізу осцилограм дали можливість розробити та обґрунтувати критерії вивчення та оцінки стану периферійних судин. Вони включають: ритмічність, частоту, форму, амплітуду осциляцій та тривалість їх фаз, а також наявність, розміри, локалізацію дикротичного зубця і додаткових хвиль на низхідній частині осциляцій та їх динаміку в процесі зростання компресії. Їх вивчення та оцінка дають можливість оцінити не лише рівень артеріального тиску, а й стан периферійних судин («периферійного серця» за М.В. Яновським) та функціональну спроможність організму адаптуватися до компресії судин передпліччя [168, 227].

Мета досліджень. Вивчити зміни морфологічних характеристик осцилограми після фізичного навантаження (30 присідань за 45 с – проба Руф'є).

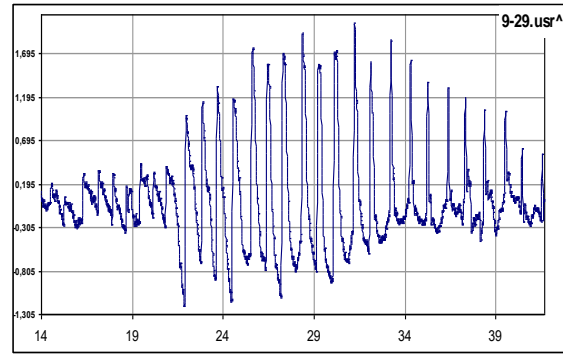
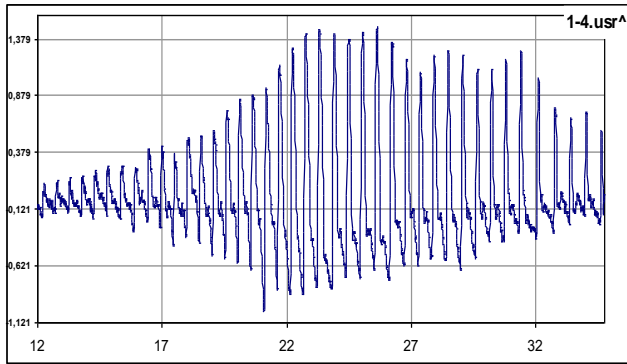
Матеріал та методи досліджень. Для вирішення поставленої мети нами в пакеті Matlab R 2010a у 75 осіб 18-22 років без скарг на стан здоров'я з кривої артеріального тиску, отриманої за допомогою електронного вимірювача тиску ВАТ 41-2, виділено артеріальні осцилограми та проведено їх морфологічний аналіз. Формування та запис кривої відбувався в автоматичному режимі, синхронно з нагнітанням повітря в манжету і реєстрацією відповіді артерії на компресію шляхом зміни тиску в ній протягом усього періоду компресії. Дослідження проводились до, після фізичного навантаження та через 2 хвилини відпочинку.

Результати досліджень та їх аналіз

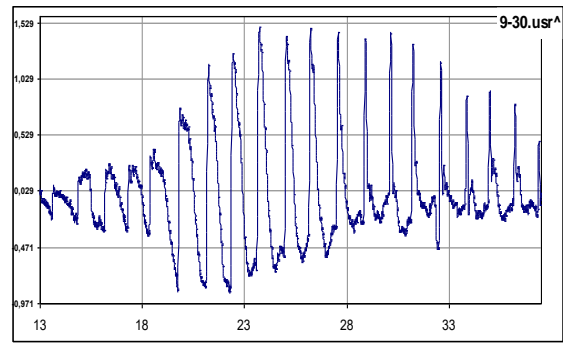
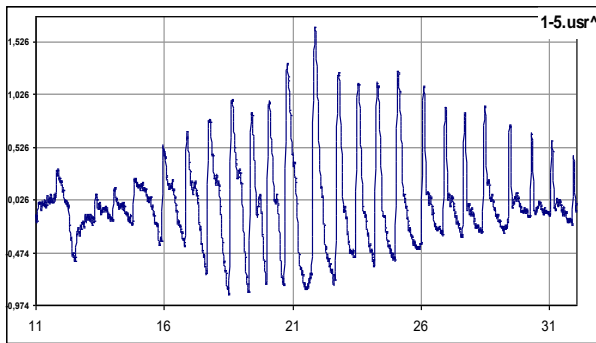
Для прикладу наводимо аналіз осцилограм обстеженої М., 20 р. (жіноча стать, 2-й спортивний розряд з туризму) та С., 20 р. (чоловіча стать, 1-й спортивний розряд з вільної боротьби) (мал. 4.1).



а)



б)



в)

Мал. 4.1. Осцилограми обстежених М. 20 р. (лівий стовпчик) та С. 20 р. (правий стовпчик): а) – до навантаження; б) – після 30 присідань; в) – через 2 хвилини відпочинку

Обстежена М.

При порівняльному загальному аналізі осцилограм обстеженої М., записаних до та після навантаження, привертає увагу збільшення частоти пульсацій зразу після присідань та зменшення її вже до кінця вимірювання. За 5 с в проміжку між 12–17 с їх було 9, між 27–32 с – стало 8. До 23 с реєструється плавне зростання амплітуди осциляцій. Впродовж 23–25 с амплітуда практично не змінюється, після 26 с – дещо знижується і зберігається з незначними змінами до 31 с. Після 31 с відзначається виражене зниження амплітуди пульсацій, які в подальшому також відрізняються незначно. При цьому на 16 с зареєстровано більш різке зростання та на 33 с – зниження осциляцій.

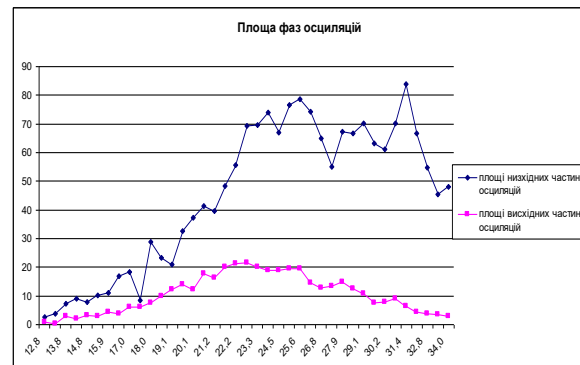
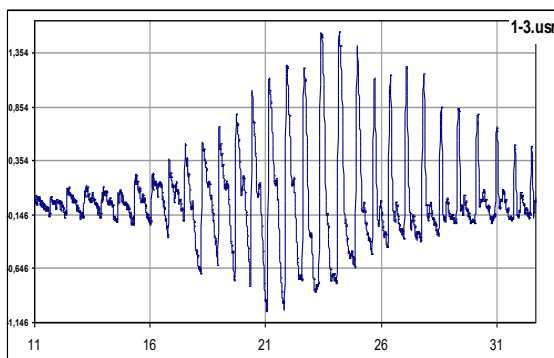
Збереження між 22 і 26 с шести осциляцій приблизно однакової амплітуди свідчить про те, що, незважаючи на поступове зростання компресії, тиск всередині артерії (трансмуральний тиск) залишається незмінним. Значення трансмурального тиску свідчить насамперед про навантаження, проти якого повинне працювати серце, стан русла периферійних судин, рефлекторні реакції серцево-судинної

системи, а також про багато інших фізіологічних процесів, які досягаються завдяки координації діяльності між місцевими саморегулюючими механізмами і центральною нейрогуморальною регуляцією [12]. Здатність підтримувати трансмуральний тиск судин передпліччя обстежуваної після навантаження стабільним в умовах зростання компресії свідчить про високий рівень функціональних резервів вищезгаданих механізмів адаптації. Якщо зважити, що ступінь розтягнення судин залежить від пружно-еластичних властивостей судинної стінки, які зумовлені особливостями їх структури (індивідуальними, віковими, патологічними), тонічним напруженням м'язового шару судинної стінки, ступенем пасивного напруження судинної стінки і підлягають нервово-рефлекторним впливам [214], то можна підтвердити високий рівень адаптаційної здатності серцево-судинної системи обстежуваної.

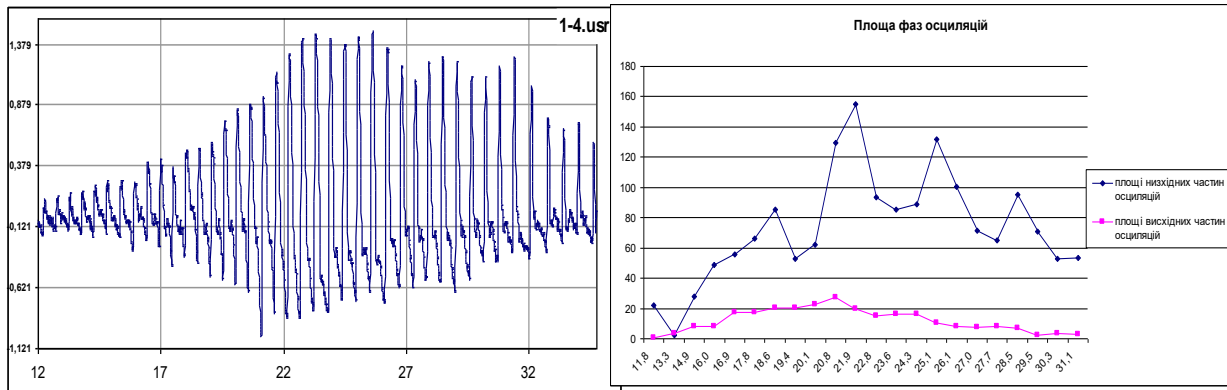
Дикротичний зубець до досягнення максимуму осциляцій розміщується нижче, ніж до навантаження, відповідно, зменшується тривалість діастолі. Зменшення тривалості діастолічної фази свідчить про збільшення серцевого викиду [12].

Вершини максимумів більш загострені уже на початку компресії, що може бути зумовлене збільшенням частоти серцевих скорочень. На нижніх екстремумах у період зростання осциляцій реєструються гострі кути. Додаткові хвилі під час діастолі з'являються пізніше, після 30 с компресії (до навантаження – після 26 с).

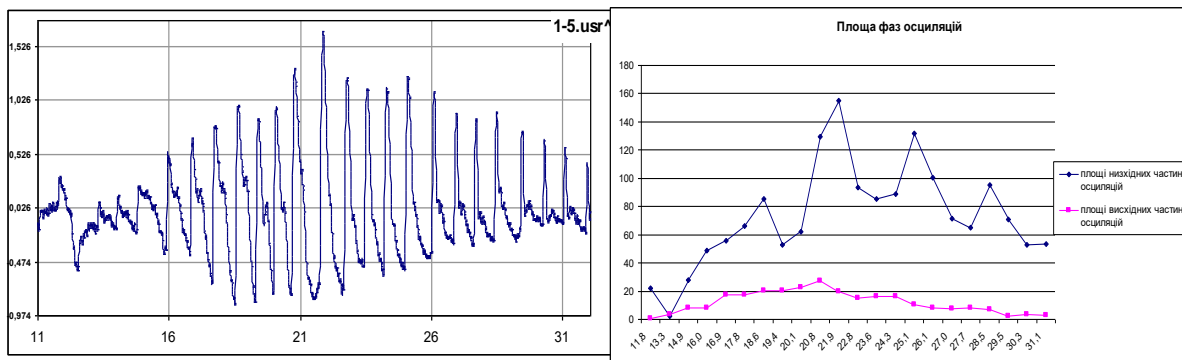
Після навантаження низхідна частина максимальних осциляцій займає 26% площі усієї осциляції, низхідна – 74% (до навантаження, відповідно, 14,5% і 85,5%). Вони співвідносяться між собою як 1 : 2,8 (до навантаження – 1 : 5,9). Збільшення площі (і, відповідно, тривалості) фази швидкого вигнання крові після навантаження свідчить про зростання потужності систолічного викиду [51], що характеризує рівень адаптаційної здатності серцево-судинної системи (мал. 4.2.).



a)



б)



в)

Мал. 4.2. Осцилограми обстеженої М., 20 р. (зліва) та площі висхідної і низхідної фаз осциляцій (справа): а – до проби Руф'є; б – після неї; в – через 2 хв. відпочинку.

Зазначена вище динаміка свідчить про рівень гнучкості пристосування серцевого і судинного чинника гемодинаміки до змінюваних умов функціонування внаслідок адекватної діяльності досконалих механізмів регуляції кровообігу [235].

У початковий період обтискання плеча пульсації ритмічні, амплітуда зростає поступово, вершини стають більш загострені, дикротична хвиля розміщується нижче її середини, кількість додаткових хвиль зменшується. Це свідчить про високий рівень кореляції між складовими, які контролюють різні параметри кровообігу, та адаптаційної здатності серцево-судинної системи до змінюваних умов зовнішнього середовища, зумовлених фізичним навантаженням [235].

Після досягнення діастолічного тиску привертає увагу більш низьке розміщення дикротичних хвиль, які зникають ще до досягнення максимальних осциляцій.

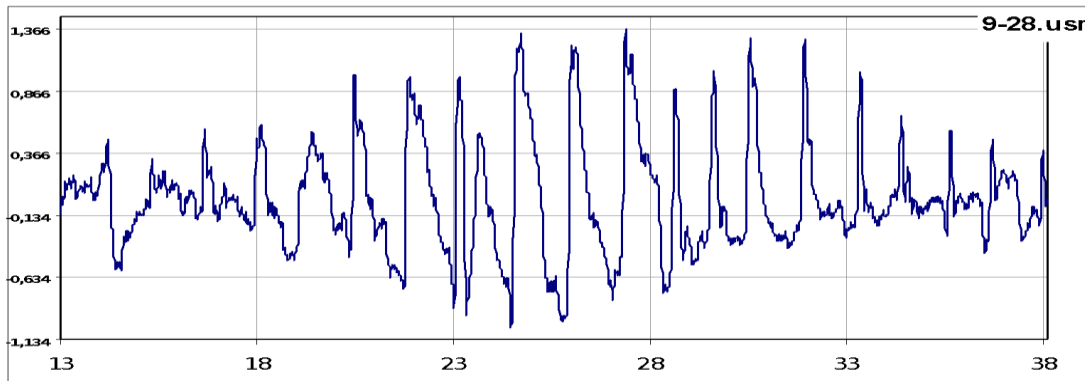
Період максимальних осциляцій характеризується тривалим збереженням приблизно однакових осциляцій від 23 до 26 с. Дикротична хвиля менш виражена, ніж до навантаження. Додаткові хвилі після дикротичного зубця з'являються пізніше, після 30 с.

Заключна частина осцилограми (після досягнення систолічного тиску) характеризується більш тривалим зближенням вершин висхідної та низхідної частин окремих пульсацій. Реєструються однотипні (менші за амплітудою, ніж до навантаження) дикротичні зубці та додаткові хвилі в кінці низхідних частин осциляцій, які утримуються до появи наступного гідравлічного удару [168, 236].

При порівнянні осцилограм, записаних до та після фізичного навантаження, можна прийти до висновку, що адекватна реакція супроводжується такою динамікою:

1. Зростання частоти осциляцій зразу після навантаження і зменшення її уже до кінця вимірювання тиску.
2. Вершини максимальних екстремумів більш загострені, додаткові осциляції на нижніх екстремумах відсутні.
3. Амплітуди максимальних осциляцій практично не змінюються.
4. Максимальна амплітуда зберігається на більшій, ніж до навантаження, кількості осциляцій.
5. Тривалість анакротичної фази збільшується. Відсоток площі висхідної частини на максимальних осциляціях зростає. Вона відноситься до площі низхідної частини як 1 : 3,0 (до навантаження – як 1 : 6,0).
6. Тривалість фази повільного вигнання крові протягом усього періоду дослідження більша, ніж до навантаження.
7. Дикротична хвиля на початку компресії розміщується нижче, в нижній третині катакроти, зникає ще до появи максимальних осциляцій, з'являється знову на останніх максимальних осциляціях і утримується до кінця компресії.
8. Амплітуда дикротичної хвилі після навантаження менша.

Обстежений С. (мал. 4.3)



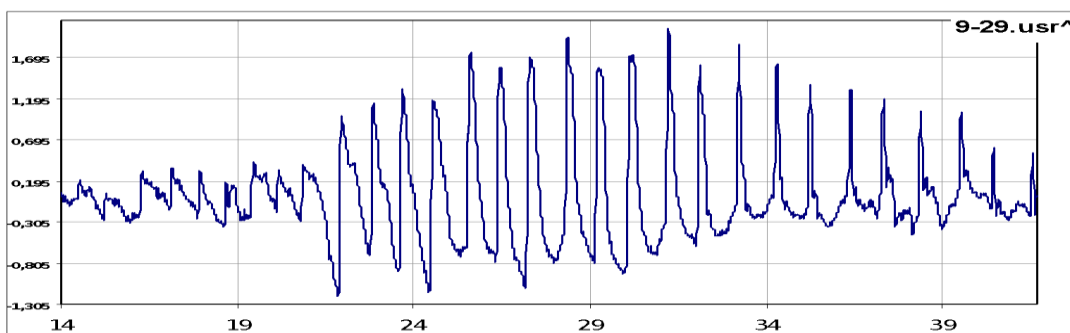
Мал. 4. 3. Осцилограма судин плеча обстеженого С., 20 років

до навантаження

Примітка: по осі X – час реєстрації окремих осциляцій (с), по осі Y – значення коливань тиску в манжеті під впливом судинної стінки артерії (мм рт. ст.)

При аналізі даної осцилограми, зареєстрованої до фізичного навантаження, звертає на себе увагу відсутність гармонійного зростання та зменшення амплітуди осциляцій, кутів максимумів, закономірностей в наявності та розміщенні дикротичної хвилі (для прикладу – 21, 22, 23, 24 с). За дикротичною хвилею реєструються різнохарактерні за розмірами та локалізацією додаткові хвилі (1-ша та 3-тя частини осцилограми), спуск кривої до меж нижчих, ніж при попередній осциляції (19, 22 с), пресистоличні хвилі (29, 32, 34, 35 с). На 19 с на висхідній частині зареєстровано додатковий зубець. На 14 секунді наростання компресії пульсова хвиля виявилась більшою, ніж попередня і наступна. Після 23 с появляється позачергова пульсова хвиля, що свідчить про порушення ритму серцевої діяльності [9]. Згадані дані свідчать про порушення функціонального стану судин передпліччя, неадекватну реакцію судинної стінки на наростання компресії у спортсмена С.

Осцилограма судин плеча обстеженого С., 20 років, зареєстрована після фізичного навантаження, зображена на мал. 4.4.



Мал. 4.4. Осцилограма судин плеча обстеженого С., 20 років, після фізичного навантаження

Примітка: по осі Х – час реєстрації окремих осциляцій (с), по осі Y – значення коливань тиску в манжеті під впливом судинної стінки артерії (мм рт. ст.)

Як видно з мал. 4.4, на артеріальній осцилограмі обстеженого С. після навантаження реєструється тенденція до покращення осцилографічної картини за усіма досліджуваними візуальними морфологічними критеріями, що свідчить про певну роль функціонального фактору у виникненні відзначених вище відхилень до навантаження. Функціональний стан артеріальних судин залежить від їх пружно-еластичних властивостей, зумовлених нервово-рефлекторними впливами, і свідчить про рівень функціональних резервів системи кровообігу [235].

Якщо зважити, що обстежена М. – представниця жіночої статі, яка має 2-й спортивний розряд з туризму, а обстежений С. – чоловічої статі, має 1-й спортивний розряд із вільної боротьби, то ще раз можна підтвердити високу адаптаційну здатність ССС М. до фізичних навантажень, а у обстеженого С. – функціональний характер відзначених відхилень на осцилограмі у стані спокою.

Висновки

Використання інформаційних технологій для реєстрації осцилограм і проведення їх морфологічного аналізу до та після фізичного навантаження дає можливість визначити резервні можливості серцево-судинної системи, диференціювати органічні та функціональні причини порушення стану судин.

Результати досліджень можуть бути використані як в клінічній, так і в експериментальній медицині для виявлення преморбідних станів і захворювань серцево-судинної системи, порушення її функціональної здатності та в фізичній реабілітації, спортивній медицині.

4.1.3. Механізми адаптації серцево-судинної системи до стандартного фізичного навантаження (проба Руф'є) за показниками морфологічного, часового, спектрального, кореляційного аналізу артеріальних осцилограм

Д.В. Вакуленко, Л.О. Вакуленко, О.Р. Барладин, С.З. Храбра

Актуальність теми. Реалії сьогодення вимагають удосконалення стратегії профілактичного напрямку, зокрема первинної профілактики, яка передбачає не

тільки запобігання формування захворювання та розвитку хвороби у здорової людини, а й ранню донозологічну діагностику функціонального стану організму. Серцево-судинна система – індикатор адаптаційних можливостей організму. Визначення її функціонального стану дає можливість завчасно діагностувати преморбідні стани та розробляти програму запобігання розвитку захворювань. Одним із доступних методів донозологічної діагностики функціонального стану організму є моніторинг артеріального тиску. Автори дослідження розробили інноваційну інформаційну систему аналізу АОГ, зареєстрованих при вимірюванні артеріального тиску, що дає можливість поглибити діагностичні можливості процедури вимірювання артеріального тиску.

Мета досліджень. Удосконалити інформативні можливості процесу та результатів вимірювання артеріального тиску. З цією метою за допомогою морфологічного, часового, спектрального, кореляційного аналізу АОГ, зареєстрованих під час вимірювання АТ, вивчити та оцінити стан і функціональні резерви ССС, визначити механізми її адаптації до компресії плеча у стані спокою та після фізичного навантаження осіб віком 18-20 років.

Матеріал та методи досліджень. Обстежено 178 практично здорових осіб (68 основної та 110 контрольної груп) чоловічої та жіночої статі віком 18-20 років, без скарг на стан здоров'я. АОГ реєстрували під час вимірювання плечового артеріального тиску (в період зростання компресії) за допомогою електронного тонометра ВАТ 41-2. У 68 представників основної групи (45 чоловічої та 22 жіночої статі) АОГ реєстрували у стані спокою, безпосередньо після 30 присідань за 45 с (проби Руф'є) [164, 170] та через 2 чи 5 хвилин відпочинку. У 54 обстежених основної групи до навантаження синхронно з осцилограмою реєстрували також електрокардіограму (ЕКГ), яку піддано часовому та спектральному аналізу [42,164, 170]. У 110 осіб контрольної групи АОГ реєстрували у спокої, отримані дані оцінено і використано для порівняння з вихідним станом АОГ представників основної групи.

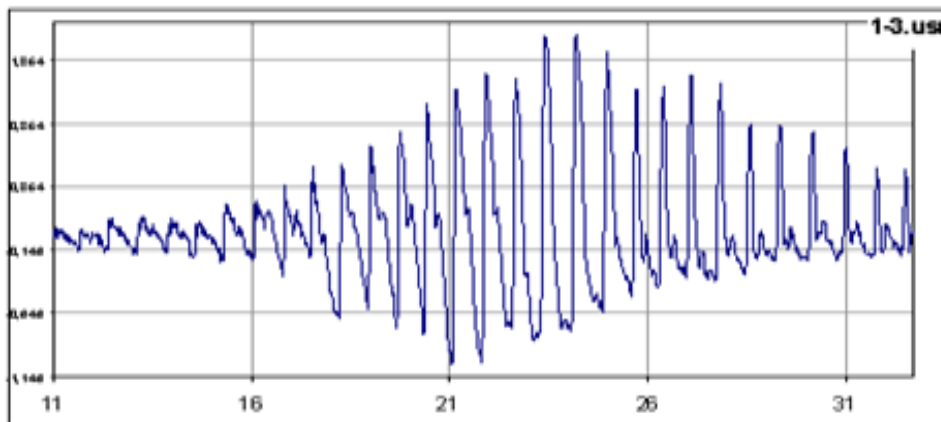
Морфологічний, часовий, спектральний аналіз АОГ проводили за допомогою запропонованих авторами роботи спеціальних комп'ютерних програм [135]. Статистичний аналіз даних проводили за допомогою пакету програм Microsoft Excel (Microsoft Office 2007). Оцінку закону розподілу вибірки проводили за допомогою визначення ексцес (kurtosis) та асиметрії (skewness). Статистична значущість відмінностей між середнім арифметичним і відносними значеннями була оцінена за методом Стюдента t-test (t) для нормального розподіленого набору даних.

Статистичне опрацювання результатів проводили з використанням комп'ютерної програми Microsoft Excel, застосовували критерій Стюдента. Зміни показників вважали статистично значущими в разі $p < 0,05$.

Результати досліджень та їх аналіз

Для морфологічного аналізу АОГ використано розроблені авторами (на основі аналізу 4000 АОГ) інформаційні технології вагової оцінки як окремих пульсацій, так і усієї осцилограми, диференційованої за 5 ступенями відповідності ознакам, прийнятим за норму [133]. Окремі пульсації оцінювали за якістю та тривалістю анакроти, катакроти, дикротичного зубця [9-12,18, 23]. Уся осцилограма оцінювалась за ритмічністю пульсацій, гармонійністю зростання і спадання їх амплітуд, збереження максимальних амплітуд у 2 з них (незважаючи на зростання компресії).

Для прикладу демонструємо АОГ обстеженої М. (20 р.) (мал. 4.5), яка відповідає зазначеним ознакам 1 типу.



Мал. 4.5. Артеріальна осцилограма судин плеча, зареєстрована під час вимірювання артеріального тиску (обстежена М., 20 років).

Примітка: по осі X – час реєстрації окремих осциляцій (с), по осі Y – значення коливань тиску в манжеті під впливом судинної стінки артерії (мм рт. ст.).

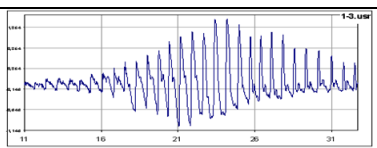
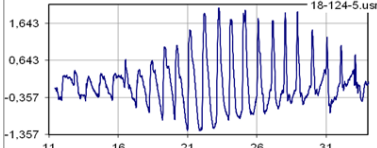
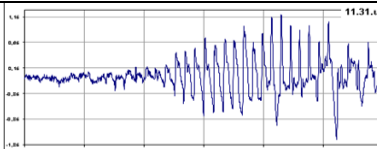
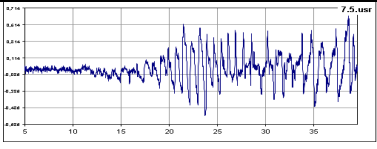
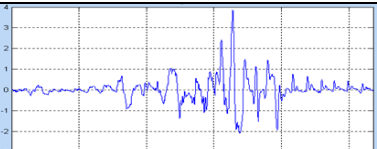
Її оцінка свідчить про задовільний стан ССС, нервово-рефлекторних механізмів регуляції кровообігу та пружно-еластичних властивостей судинної стінки обстеженої [170].

На АОГ 2, 3, 4 типу реєструвались різні ступені відхилення від вищезазначених ознак під час окремих чи усіх фаз компресії. На АОГ 5 типу – спотворені форми як окремих пульсацій, так і всієї пульсограми. Відхилення від норми на АОГ 2, 3, 4, 5 типів свідчили про різний ступінь порушення функціонального стану ССС та АНС, адаптаційної здатності нервово-рефлекторних механізмів кровообігу до компресії, пружно-еластичних властивостей судинної стінки [1, 15].

Проведений морфологічний аналіз АОГ представників основної групи (без скарг на стан доров'я), зареєстрованих до та після фізичного навантаження, дав можливість визначити відсотковий вміст кожного з типів в усій групі обстежених, оцінити якість АОГ у стані спокою та її динаміку після навантаження. А також – співставити отримані результати з 5 варіантами градації рівня здоров'я, створеними авторами відповідно до фізіологічної інтерпретації ВСР електрокардіосигналу (табл. 4.3.) [170].

Таблиця 4.3

Результати оцінки морфологічних характеристик АОГ представників основної групи, зареєстрованих до та після фізичного навантаження (30 присідань за 45 с) та їх фізіологічна інтерпретація (n=68)

Варіант градації	Тип АОГ		Вид артеріальних осцилограм	Оцінка рівнів		Рекомендації
	До*	Після**		здоров'я	адаптації	
1 тип <i>Відмінно</i>	8,8	2,9		Здоровий	Оптимальна адаптація	Підтримувати ЗСЖ ⁺
2 тип <i>Добре</i>	23,5	32,3		Практично здоровий	Напружена адаптація	Корекція СЖ ⁺⁺
3 тип <i>Задовільно</i>	44,1	41,2		Умовно здоровий	Перенапруження адаптації	Повторне обстеження. Превентивна реабілітація
4 тип <i>Незадовільно</i>	20,6	17,6		Стан перед хвороби	Зрив адаптації	Додаткове обстеження. Реабілітація
5 тип <i>Вкрай незадовільно</i>	2,9	5,9		Хворий	Адаптація до порушень	Поглиблене обстеження і лікування

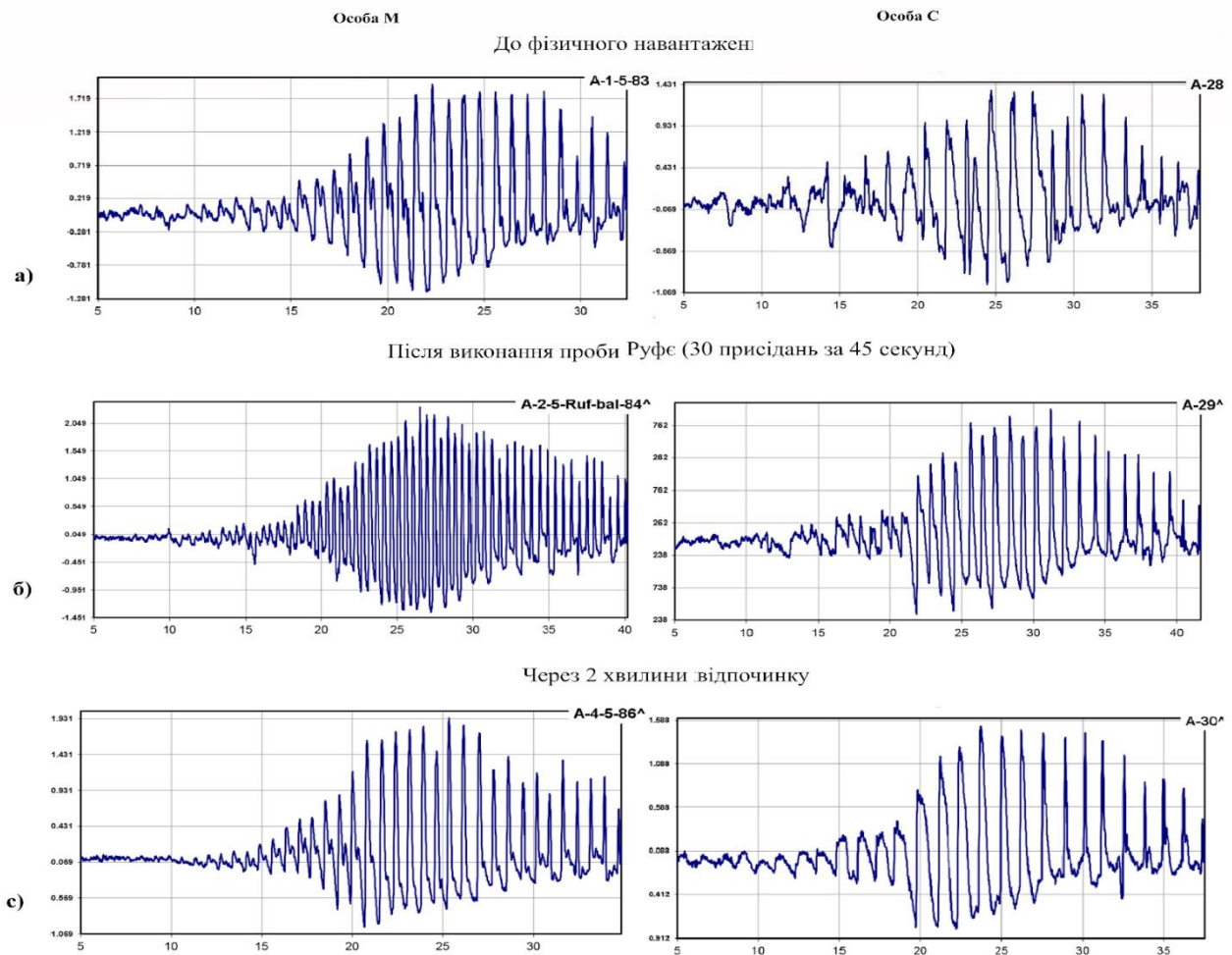
Примітка: * – % зазначеного типу АОГ в загальній групі обстежених, зареєстрованих до навантаження, ** – % зазначеного типу АОГ в загальній групі

обстежених, зареєстрованих після навантаження; ЗСЖ⁺ – здоровий спосіб життя, СЖ⁺⁺ – спосіб життя.

Морфологічний аналіз АОГ представників основної групи, зареєстрованих у стані спокою, засвідчив, що до навантаження найчастіше зустрічався 3-й тип варіантів градації АОГ – умовно здоровий. Лише у 32% випадках були визначені 1 та 2 типи АОГ і, відповідно, рівень здоров'я – здоровий і практично здоровий та адаптація – оптимальна і напружена. У 23,5% (з 4 та 5 типом АОГ) – стан передхвороби і хворий.

Після навантаження відзначалась неоднорідна реакція судин на компресію. Зміну градацій у бік покращення зареєстровано у 41,8%, погіршення – у 23,5% обстежених. Покращення свідчить про функціональний характер порушень, зумовлених лабільністю АНС – найбільш точного маркеру реактивності та резистентності організму [12, 54, 74, 170] та позитивний вплив дозованого фізичного навантаження. Погіршення – про зниження функціональної здатності ССС та надмірне фізичне навантаження. Через дві хвилини відпочинку у 85% випадків реєструвалось часткове або повне повернення досліджуваних показників до вихідного рівня, що свідчить про високі адаптивні можливості ССС обстежених. У 12% з них вони виявились кращими, ніж у стані спокою. Водночас реєстрація у 6% випадків у осіб без скарг на стан здоров'я АОГ 5 типу свідчить про наявність у них захворювань, що потребує поглибленого обстеження та лікування.

Приклади АОГ окремих осіб основної групи до та після навантаження представлено на мал. 4.6.

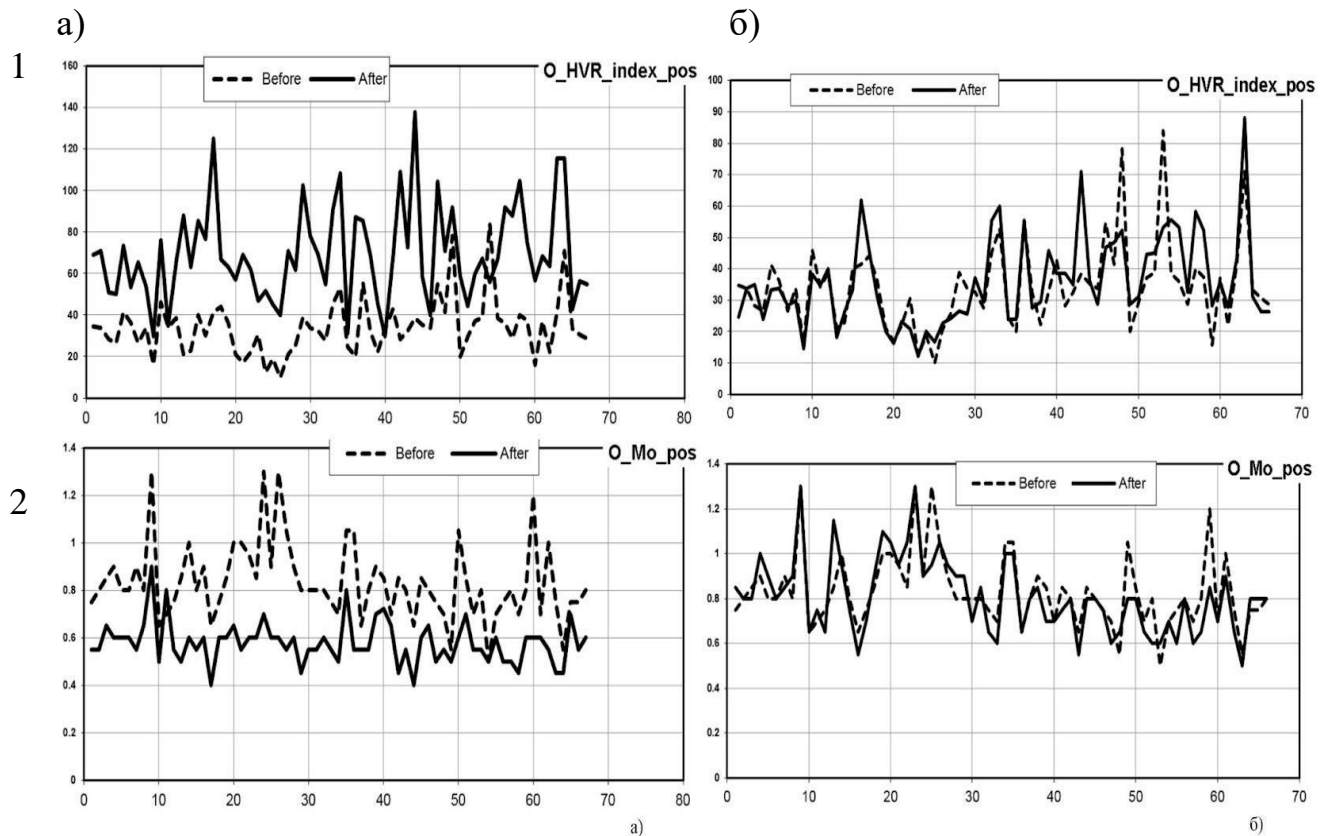


Мал. 4.6. Осцилограми осіб основної групи: М. (20 р., лівий стовпчик) та С. (20 р., правий стовпчик): а) до навантаження, б) після 30 присідань, в) через 2 хвилини відпочинку.

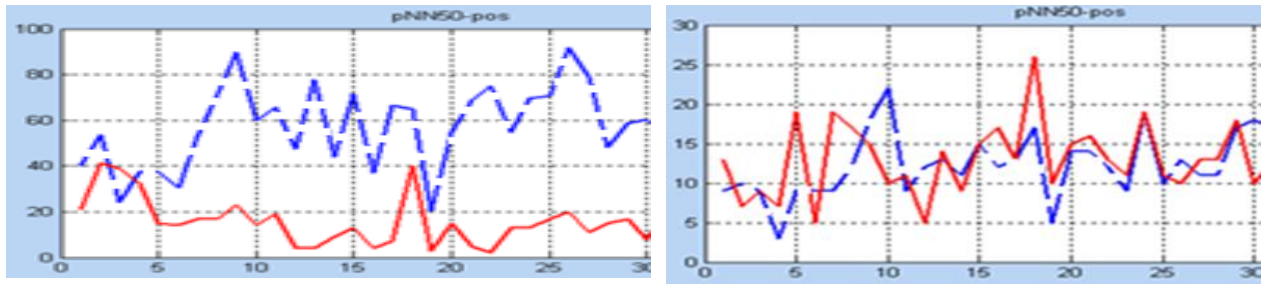
При аналізі АОГ обстеженої М. до навантаження реєструється 1-й тип АОГ. Після навантаження збільшується частота пульсацій, зберігається ритмічність, гармонійне зростання і спадання амплітуд, гострі вершини, більш низьке розміщення дикротичного зубця. Однакові максимальні амплітуди зберігаються на 6 пульсаціях. Через 2 хвилини відпочинку зазначені характеристики АОГ повертаються до вихідних, ЧСС стає меншою, ніж до навантаження. Відзначена динаміка показників АОГ свідчить про морфологічні зміни, що виникають після навантаження та через 2 хвилини відпочинку при адекватній діяльності механізмів регуляції кровообігу [12, 19, 68, 169, 246]. У обстеженого С. до навантаження реєструвався 3-й тип АОГ, після нього – покращився (2-й тип). Оцінку АОГ може дати лікар уже при її візуальному аналізі.

Часовий аналіз осцилограм у осіб основної та контрольної груп проведено шляхом визначення тривалості інтервалів між вершинами осциляцій. Вивчено значення таких показників [27, 29, 30, 33,43, 50, 85, 119,120,135]: **SDSD** – $0,45\pm 0,02$ с, **RMSSD** – $0,36\pm 0,2$ с **pNN50** – $10,6\pm 0,02$, **Mo** – $0,87\pm 0,02$ с, **AMo** – $37,1\pm 1,1\%$, **BP** – $0,6\pm 0,01$; **IVR** – $75,2\pm 7,6$, **VPR** – $0,75\pm 0,03$, **IN** – $32,3\pm 2,9$, **HVR-index** – $29,2\pm 0,12$. Показники АОГ представників основної та контрольної груп достовірно не відрізнялись. Окремі з них вкладались в діапазон коливань (різниця недостовірна) даних, отриманих за аналізом ВСР ЕКГ-сигналу з літературних джерел: Mo ($0,9\pm 0,03$ с), AMo ($37,5\pm 3\%$). RMSSD ($0,43\pm 0,19$ с), pNN50 ($18,1\pm 13$) [30]. Це дає можливість підтвердити достовірність отриманих при аналізі АОГ даних та їх приналежність до характеристик діяльності як серця, так і судин.

Зразу після навантаження ознаки дихальної аритмії зменшились, тривалість інтервалів стабілізувалась. Зареєстровано достовірне зниження показників SDSD, Mo ($P<0,001$) (мал. 4.7.2а), pNN50 (мал. 4.7.3а) та зростання AMo ($P<0,01$), IVR, IN та HVR-index (мал. 4.7.1а), середнього квадратичного відхилення амплітуд осциляцій ($P<0,001$), що (за аналогією з ЕКГ [38, 41, 42, 47, 63, 74, 122, 169, 170, 180]) свідчить про зростання симпато-адреналових впливів та централізації управління системою кровообігу.



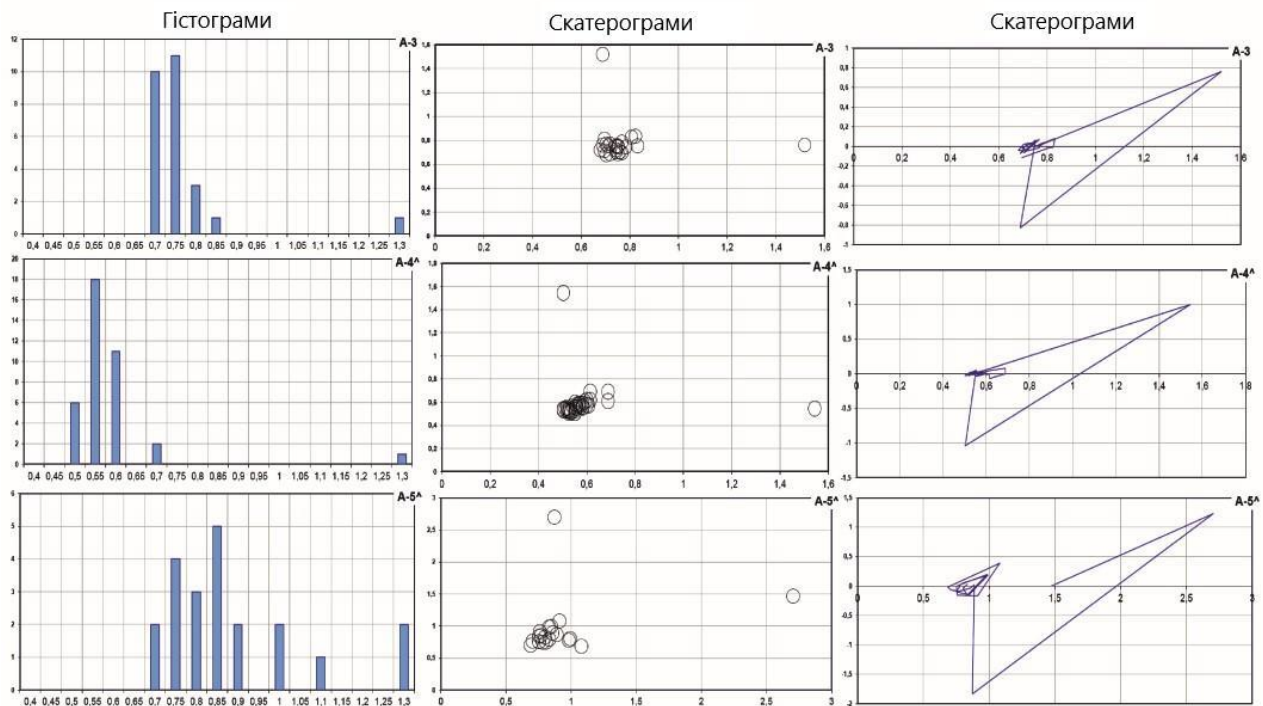
3



Мал. 4.7. Динаміки показників HVR-index (верхній рядок) та Mo (середній рядок), pNN50 (нижній рядок): а) до та після проби Руф'є; б) до проби Руф'є та через 2 хвилини відпочинку. Переривчаста лінія – до навантаження, суцільна лінія – після нього.

Після 2 хвилин відпочинку у більшості обстежених згадані показники повертались (або наближались) до вихідних (мал. 4.7, стовпчик б). Фізичне навантаження, що супроводжувалось підвищенням тону су симпатичної ланки автономної нервової системи, сприяло зростанню відсотка анакротичної фази у тривалості усієї осциляції (з $14,5 \pm 6,7\%$ у спокої до $26 \pm 4,1\%$ після навантаження, $P < 0,05$), що дає можливість засвідчити зростання напруження лівого шлуночка під час систоли [8, 73, 106 120, 135] та підвищення тонічного напруження судинної стінки [8, 46, 120, 135], що мало тенденцію повернення до вихідного рівня уже через 2 хвилини після проби (до $18 \pm 8,4\%$, $P > 0,05$).

За результатами аналізу тривалості R-R інтервалів осцилограм осіб основної групи створено гістограми (графічне зображення частоти повторюваності часових інтервалів), скатерограми (кореляційну ритмограму) та хаосограми (нелінійні «хаотичні» коливання тривалості осциляцій) [7]. Їх графічні зображення при ейтонії, симпатикотонії, ваготонії представлені на мал. 4.8.

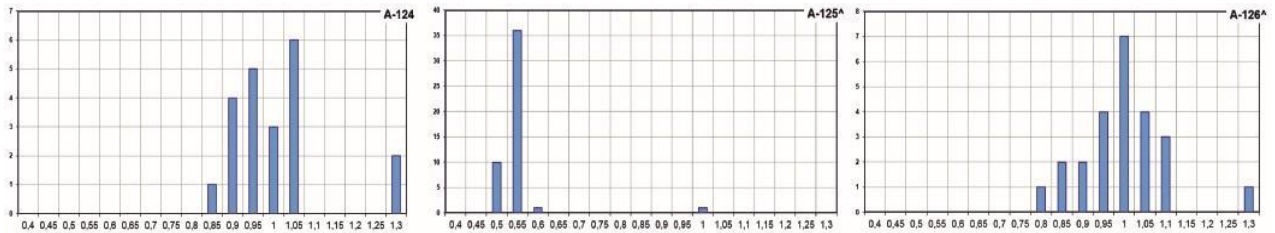


Малюнок 4.8. Типи гістограм (лівий стовпчик), скатерограм (середній стовпчик) та хаосограм (правий стовпчик), створених за аналізом тривалості R-R інтервалів осцилограм. Верхній стовпчик – до навантаження, середній – після навантаження, нижній – через 2 хвилини відпочинку

Як видно з малюнка, для ейтонії характерна тривалість осциляцій в межах 0,7-1,0 с. При ваготонії вони зміщуються вправо, при симпатикотонії – вліво [119, 120, 135].

До навантаження середні значення R-R інтервалів АОГ обстежених основної групи перебували в межах від 0,80 до 1,15 с (мал. 4.9), що свідчить про незначне підвищення функціонального стану парасимпатичної ланки АНС [169, 170, 180]. Після навантаження на переважній (85%) кількості гістограм (мал. 4.9,б), хаосограм та скатерограм реєструвалось зміщення показників тривалості інтервалів вліво, що вказує на зменшення тривалості пульсацій, зростання впливу симпатичної ланки АНС та рівня централізації впливу на систему кровообігу [43, 169, 170, 180].

Через 2 хвилин відпочинку вищезазначені показники повертались або наближались до вихідного рівня (мал.4.9,в), що свідчить про зниження рівня централізації управління системою кровообігу, зростання тонуусу парасимпатичної ланки ВНС та високу якість відновних процесів [216, 222]. Подібна динаміка спостерігалась на 85% осцилограм.



а)

б)

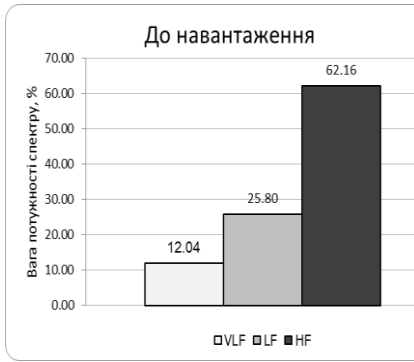
в)

Мал. 4.9. Гістограма, створена за інтервалами між максимальними екстремумами пульсацій, зареєстрованих: а) до проби Руф'є; б) зразу після неї, в) через 2 хв. після навантаження (обстежена М., 18 років).

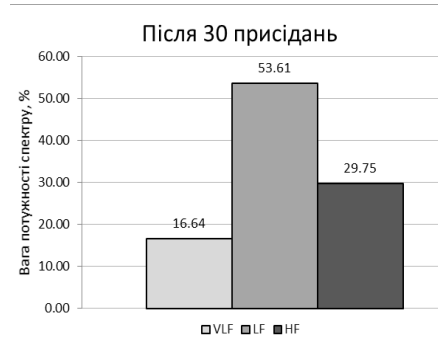
Примітка: по осі Х – тривалість інтервалів між максимумами; по осі Y – їх кількість.

Таким чином, часовий аналіз осцилограм відображає стан ВНС та рівень централізації управління діяльністю серцево-судинної системи. Використання проби Руф'є дає можливість оцінити рівень та механізми процесу адаптації організму до дозованого фізичного навантаження та відновлення після нього.

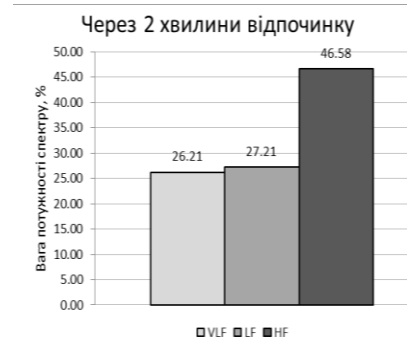
Спектральний (частотний) аналіз. Спектральний аналіз осцилограм засвідчив, що у стані спокою у загальному спектрі частот переважали швидкі (HF) хвилі (індикатор стану парасимпатичної ланки ВНС). Фізичне навантаження сприяло підвищенню показників відсотка потужності спектру низьких (%LF – $P < 0,01$) та наднизьких (%VLF – $P < 0,01$) частот, потужності спектру тета-ритму ($P < 0,01$) та зниженню рівня високих (%HF, $P < 0,01$) частот у загальному спектрі частот [50, 96, 119, 120, 135, 205]. Зазначене свідчить про зростання централізації керування діяльністю ССС під час фізичного навантаження. Після відпочинку досліджувані показники повертаються (або наближаються) до вихідних (мал. 4.10). Повернення отриманих показників до вихідного рівня через 2 хвилини свідчить про високу адаптаційну здатність організму обстежених. Його сповільнення – про зниження адаптаційних можливостей та низьку стресову стійкість організму, що є вегетативним маркером тривоги.



До навантаження



Після 30 присідань

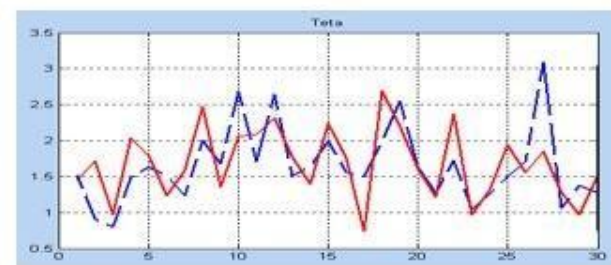
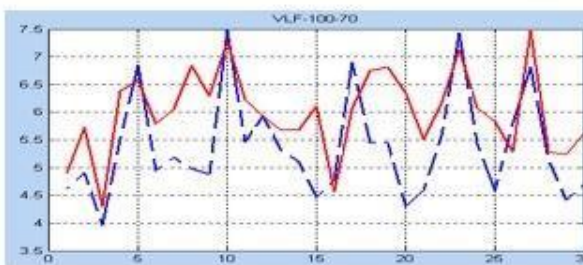
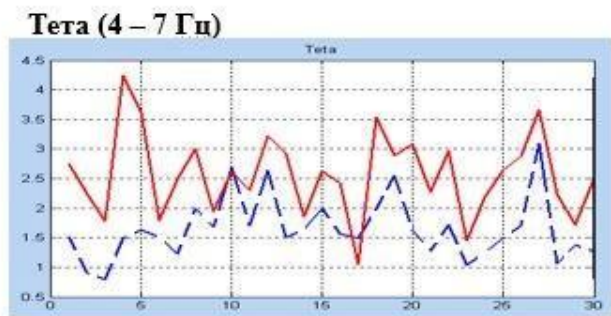
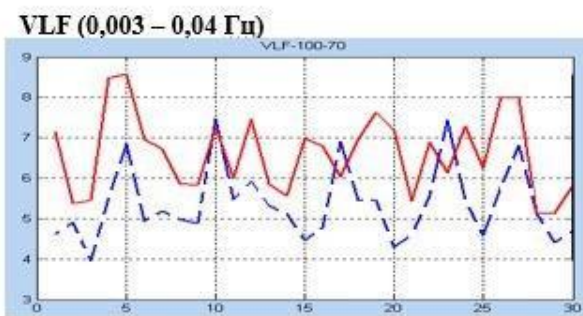


Через 2 хвилини відпочинку

Мал. 4.10. Розподіл потужностей спектру частот: до навантаження; після 30 присідань; через 2 хв. відпочинку у діапазонах високих (HF), низьких (LF), наднизьких (VLF) частот.

Як видно з діаграм, після навантаження зростає централізація впливу на діяльність ССС. Зростає активність вегетативного (LF) та гіпоталамо-гіпофізарного (VLF) рівня, знижується – автономного (HF). Через 2 хв. спостерігається тенденція повернення до вихідного рівня, що свідчить про адекватну реакцію ССС. Активність гіпоталамо-гіпофізарного рівня значно зростала через 2 хвилини після навантаження, що свідчить про участь ендокринного (повільного) чинника гемодинаміки в адаптації до навантаження.

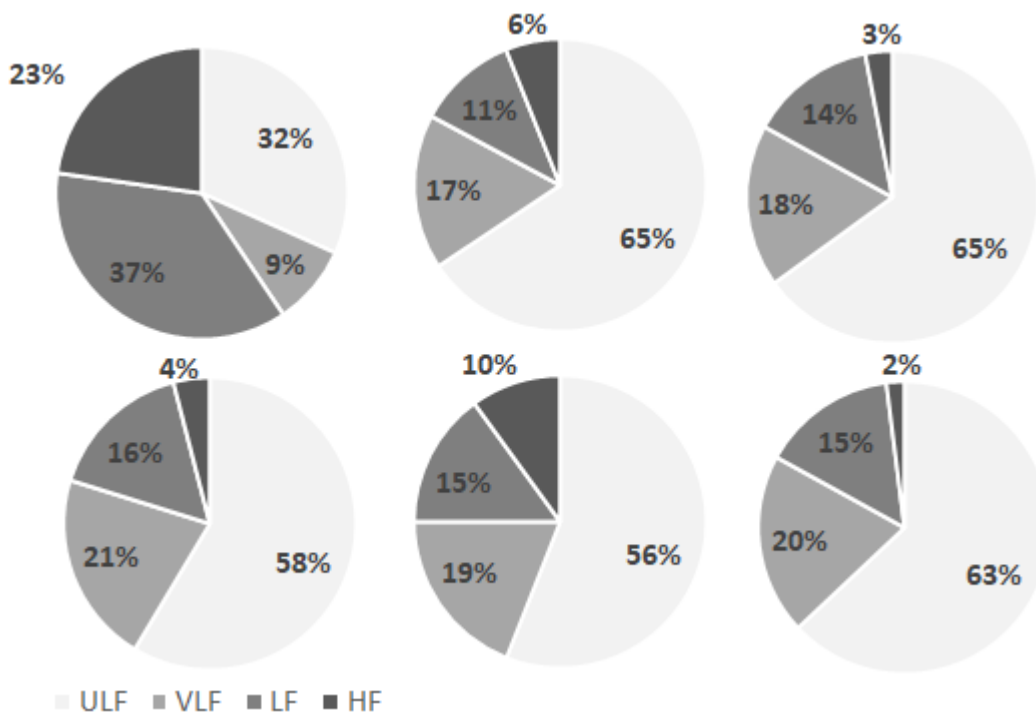
При цьому, звертала на себе увагу синхронність змін показників %VLF та тета-спектру (мал. 4.11).



Мал. 4.11. Динаміка показників потужності спектру VLF (лівий стовпчик) і тета (правий стовпчик) до та після проби Руф'є (репрезентативна вибірка – 30 осіб).

Примітка. Верхній рядок – до навантаження та після нього. Нижній рядок – до навантаження та через 5 хвилин відпочинку; до навантаження – переривчаста лінія, після навантаження – суцільна лінія.

Динаміка співвідношень потужностей спектру 4-х рівнів регуляції діяльності ССС при задовільному і незадовільному стані регуляторних механізмів діяльністю ССС представлені на малюнку 4.12.

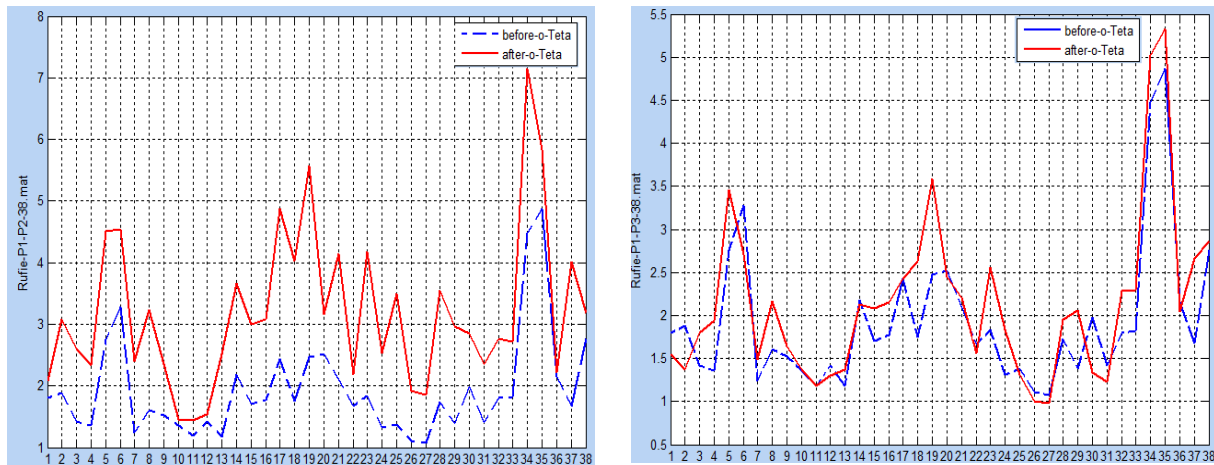


Мал. 4.12. Динаміки співвідношень потужностей спектру 4-х рівнів регуляції діяльності ССС до (зліва), після 30 присідань (середина), через 2 хв. відпочинку (справа). Досліджувані показники спектрального аналізу: %ULF, %VLF, %LF, %HF. Верхній рядок (обстежена М.) – задовільний, нижній рядок (обстежений Р.) – незадовільний стан усіх рівнів регуляції діяльності ССС.

При порівнянні обох рядків звертає на себе увагу те, що у верхньому рядку вихідний стан і динаміка показників відповідає вищеописаним, характерним для задовільного стану адаптаційних можливостей ССС і її регуляторних механізмів. У нижньому – до навантаження низький рівень активності хвиль %HF та високий %ULF та %VLF, що свідчить про переважання активності симпатичної ланки

АНС та гіпоталамо-гіпофізарного рівня управління діяльністю ССС у стані спокою. Після навантаження – динаміка протилежна нормі.

Результати проведеного спектрального аналізу артеріальних осцилограм підтверджують показники, притаманні аналізу електрокардіосигналів [20, 106]. Вивчена динаміка показників спектрального аналізу засвідчила, що фізичне навантаження сприяє підвищенню тону симпатичної ланки автономної нервової системи та зростанню рівня централізації управління системою кровообігу. Повернення отриманих показників до вихідного рівня уже через 2 хвилини свідчить про відновлення міокардіально-гемодинамічного гомеостазу, зумовленого високою адаптаційною здатністю організму обстежених. Його сповільнення – про зниження адаптаційних можливостей та низьку стресову стійкість організму, що є вегетативним маркером тривоги [49, Михайлов В.М., 2002]. Схожа тенденція спостерігається в діапазоні тета-хвиль (5–7 Гц), хоча для появи тенденції до повернення до вихідного стану після проби Руф'є знадобилось 5 хвилин, що вказує на більшу інертність адаптаційних механізмів, пов'язаних з діяльністю на рівні центральної нервової системи (мал. 4.13).



Збільшення показників тета-хвиль після навантаження свідчить про участь у відновленні фізичного стану та регулюванні активності парасимпатичної ланки автономної нервової системи (Сівер Д., 2001) [63], (обстежено 30 осіб).

Зменшення показників тета-хвиль через 5 хвилин після присідання свідчить про зменшення участі у відновленні фізичного стану та регулюванні активності парасимпатичної ланки автономної нервової системи (обстежено 30 осіб).

Мал. 4.13. Динаміка показників спектрального аналізу осцилограм тета-хвиль (5–7 Гц) при виконанні проби Руф'є (до присідання, зразу після присідання та через 5 хвилин після виконання проби).

Примітка. Переривчастий графік – до навантаження, графік, відображений суцільною лінією, – після нього.

Кореляційний аналіз

Кореляційному аналізу піддано осцилограми усієї групи обстежених, здорових та хворих, до та після фізичного навантаження, масажу, перегляду мультимедійних композицій, після процедури лікувальної фізкультури у хворих, що перенесли інсульт, тощо. Після експерименту виявлено кореляти, які не змінились (нечутливі) внаслідок проведених в експерименті впливів, та унікальні, специфічні, притаманні для певного чинника (які можуть стати маркерами відповідних станів), а також ті, що мали пряму чи обернену залежність. Кореляти, які реєстрували при всіх видах експериментів (незалежно від їх виду) – між Total-04 та %LF, HF-total, HF-70-end; S-Hil-Delta-total та S-Hil-Delta-20; S-Hil-Alpha-total та S-Hil-Alpha-70-end.

Кореляційні зв'язки при проведенні проби Руф'є

Аналізували артеріальні осцилограми, зареєстровані у 68 практично здорових молодих осіб чоловічої (60%) та жіночої (40%) статі віком 18–22 років у стані спокою, після фізичного навантаження (проба Руф'є з 30 присіданнями за 45 с) та через 2 хвилини відпочинку після навантаження. При цьому кореляти, спільні для усіх проведених нами досліджень (усього 1600 осцилограм), не підлягали аналізу. В таблиці 4.4 подано розподіл корелят при виконанні проби Руф'є.

Таблиця 4.4

Розподіл корелят при виконанні проби Руф'є

Руф'є P1	Руф'є P2	Руф'є P3
33 пари поз.- 1- нег.	27 поз., 2 – нег.	37 поз., 1 – нег.
Hurst-20 –Hurst-total		
Hurst-20- Hurst-70-end		
BP-pos – VPR-pos –		
	RR-pos-mean –RR-pos-std	RR-pos-mean –RR-pos-std
	RR-neg-std –power-osc-stdev	
	RR-neg-std –RR-pos-std	
BP-pos – IN-pos –		
	BP-neg –BP-pos	BP-neg –BP-pos
LF –% VLF		
%LF –% VLF		
–%LF –HF		HF –%LF
Total –power-osc-stdev	Total –power-osc-stdev	Total –power-osc-stdev
%HF –power-osc-stdev	%HF –power-osc-stdev	%HF –power-osc-stdev
		%HF –RR-neg-std

HF – Total-04 –		Total-04 –HF
	Total –RR-neg-std	Total –RR-neg-std
HF-total –% VLF		Total-04 Гц
HF-total –HF		HF-total –HF
HF-20-70 –%LF	HF-20-70 –%LF	HF-20-70 –%LF
HF-20-70 –HF	HF-20-70 –HF	HF-20-70 –HF
HF-20-70 –Total-04	HF-20-70 –Total-04	HF-20-70 –Total-04
HF-20-70 –HF-total	HF-20-70 –HF-total	HF-20-70 –HF-total
HF-100-70 –LF	HF-100-70 –% VLF	
HF-100-70 –Total-04		
HF-70-end –% VLF		HF-100-70 –% VLF
HF-70-end –HF		HF-70-end –HF
HF-70-end –HF-20-70	HF-70-end –HF-20-70	HF-70-end –HF-20-70

У стані спокою. При аналізі осцилограм 68 практично здорових молодих осіб чоловічої (60%) та жіночої (40%) статі віком 18–22 років у стані спокою зареєстровано 33 пари першого та 1 пара – другого кластера (відповідно, з прямим та зворотним кореляційним зв'язком).

Серед них однойменні показники фрактального портрету зареєстрованих протягом усієї, на початку та в кінці компресії; варіаційного розмаху – з триангулярним індексом та індексом напруження за позитивними екстремумами.

Частотні показники (3 пари) включали відсотковий вміст потужності спектра високочастотних, повільних і надповільних компонент варіабельності спектра в сумарній потужності коливань. Серед абсолютних показників найчастіше (16 випадків) до складу корелят входила потужність високочастотної компоненти спектра ВСР, зареєстрованої в різні періоди компресії судин плеча. У 5 з них згадані показники поєднувались між собою; у 4 – із загальною потужністю спектра у діапазонах частот $\leq 0,4$ Гц, у 3 – з потужністю спектра миттєвої частоти дельта-ритму, у двох – з відсотком наднизькочастотної та низькочастотної складових показників спектра ВСР.

Серед показників потужності хвиль мозкової активності реєструвались пари, що включали показники дельта-ритму (6 випадків) у поєднанні з показниками потужності амплітуд та з однойменними показниками. Дельта-ритм у 3 випадках входив також до складу пар з визначеною за методом Гільберта-Хуанга потужністю миттєвого спектра, зареєстрованою в різні періоди компресії. У кожній з них другим корелятом були показники потужності високочастотної складової спектра ВСР, зареєстровані в період наростання компресії судин плеча під час діастоли.

Тета-ритм мозкової активності реєстрували лише у складі корелят, що відображали потужність спектра миттєвої частоти. У двох парах він поєднувався з однойменними показниками, в одному – з потужністю спектра миттєвої частоти дельта-ритму. Бета-ритм зустрічався лише один раз, у поєднанні з триангулярним індексом. Зворотні зв'язки реєструвались у одній парі: між триангулярним індексом та модою за негативними екстремумами.

Таким чином, серед корелят, зареєстрованих у практично здорових осіб у стані спокою, привертало увагу переважання потужності високочастотної складової спектра ВСР та дельта-ритму мозкової активності. При цьому вони поєднувались як у межах власних діапазонів частот, зареєстрованих у різні періоди компресії, так і між собою. Це може підтвердити синхронність ритмічної активності серця та мозку [22].

Привертає увагу (4 випадки) наявність кореляційних зв'язків між показниками потужності амплітуд power-osc-stdev, що дає можливість оцінити ступінь динамічності (потужність) розширення стінки судин під час систоли з показниками потужності ритмів мозку (Total, Delta-total, Delta-70-end) та серця (%HF). Повільні, надповільні складові спектра ВСР та тета-ритмів мозкової активності зустрічались у складі корелят рідше, бета- – лише один раз, альфа- – не реєструвались.

Після проби Руф'є. Після присідань зареєстровано 27 пар корелят з позитивними зв'язками, 2 – зі зворотними. При їх аналізі привертало увагу те, що 13 із них виявились стійкими, вони реєструвались і до навантаження. Повністю збереглись кореляти за участю показників потужності амплітуди коливань, потужності високочастотної складової спектру ВСР, дельта- та тета-ритму мозкової активності. Але за вищезазначеними показниками певних періодів компресії судин плеча їх виявилось менше: у першому випадку – 7 (з 16 до навантаження), у другому – 3 (з 6), у останньому – 2 (з 3). Зникли пари з показниками відсоткового вмісту низькочастотної та наднизькочастотної складових спектра ВСР та ті, які поєднували показники хвильової активності серця і мозку.

Серед нових пар корелят, що з'явились на артеріальних осцилограмах, зареєстрованих зразу після фізичного навантаження, насамперед привертало увагу збільшення (на 2 випадки) потужності амплітуд. З'явились також кореляти, що включали показники тривалості інтервалів, варіаційного розмаху, тривалості середньоквадратичних та арифметичних відхилень інтервалів між позитивними та негативними екстремумами. До складу нових пар корелят увійшли однойменні показники потужності дельта- та тета-ритму, зареєстровані на початку та в кінці

компресії судин плеча. Альфа-ритм у складі корелят був відсутній. Бета-хвилі реєструвались лише 1 раз, вони (як і до навантаження) збереглись у поєднанні з триангулярним індексом. Зворотний кореляційний зв'язок реєструвався між триангулярним індексом і модою (як і до навантаження) та індексом напруження і показниками вегетативного розмаху.

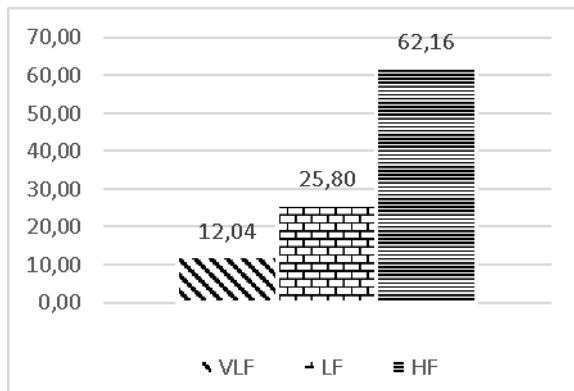
Через 2 хвилини відпочинку після навантаження у обстежених відновлювалась переважна більшість (60%) кореляційних зв'язків, притаманних показникам до навантаження, що свідчить про високий рівень адаптаційної здатності ССС, тобто про високий показник рівня функціонування міокардіально-гемодинамічного гомеостазу обстежуваного [25, 29]. На осцилограмах, зареєстрованих через 2 хвилини після фізичного навантаження, реєструвалося 37 пар корелят. Серед них 14 були найбільш стійкими, вони зберігались до, зразу після навантаження та через 2 хвилини відпочинку. Серед них привертала увагу наявність у 5 випадках показників потужності амплітуд, у 2 випадках – потужності миттєвої частоти тета-ритму (у поєднанні з однойменним показником дельта-ритму). У період відпочинку наближалась до вихідного кількість пар корелят з високочастотною складовою спектра ВСР, які переважно поєднувались з однойменними показниками та з дельта-хвилями. Загалом після відпочинку в парах корелят збільшилась як абсолютна кількість дельта-хвиль, так і потужність спектра їх миттєвої частоти (зареєстрованих в період зростання та максимальної компресії судин плеча). Останні реєструвались у парі як з однойменними показниками, так і з тета-хвилями. Після відпочинку зникли показники зі зворотним кореляційним зв'язком між індексом напруження та варіаційним розмахом за позитивними екстремумами і залишились ті, що були до навантаження, – між триангулярним індексом та модою за негативними екстремумами.

Згадані факти свідчать про включення до пристосувально-адаптаційного процесу реакції на фізичне навантаження більш високих рівнів керування адаптаційними процесами [118]. Через дві хвилини відпочинку після присідань у обстежених відновлювалась переважна більшість (60%) кореляційних зв'язків, притаманних показникам до навантаження, що свідчить про високий рівень адаптаційної здатності ССС, тобто про високий показник рівня функціонування міокардіально-гемодинамічного гомеостазу обстежуваного [14, 153].

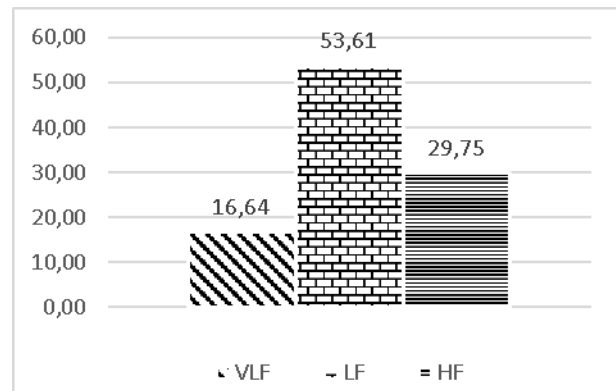
Отримані дані дають можливість створити кореляційний портрет для маркування рівня взаємодії регуляторних механізмів у стані спокою та при дозуванні навантажень. Так, при проведенні фізичної реабілітації хворих, які перенесли інсульт, позитивна динаміка клінічної симптоматики супроводжувалась зменшенням на $(32,1 \pm 2,7\%)$ кількості корелят у досліджуваному діапазоні,

zareєстрованих на ураженій верхній кінцівці, що може свідчити про адекватність підбраного фізичного навантаження. При оптимальній регуляції для забезпечення адаптації організму задіяна мінімальна кількість рівнів системи (Ярілов С.В., 2001) [180].

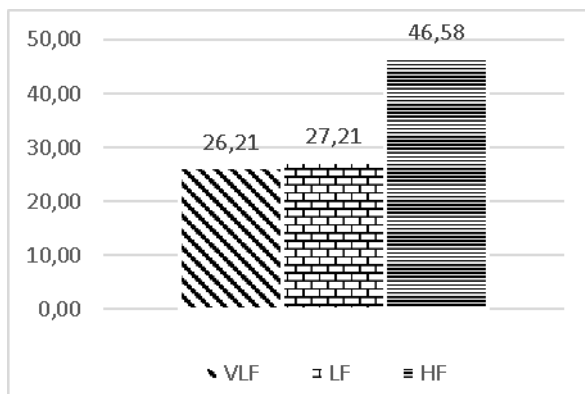
Для прикладу розглянемо динаміку потужності спектра юнака К. (18 р.), здоровий. Проведено вимірювання артеріального тиску у стані спокою, після 30 присідань за 45 секунд (проба Руф'є) та через 21 хвилину відпочинку після навантаження (мал. 4.14).



а)



б)



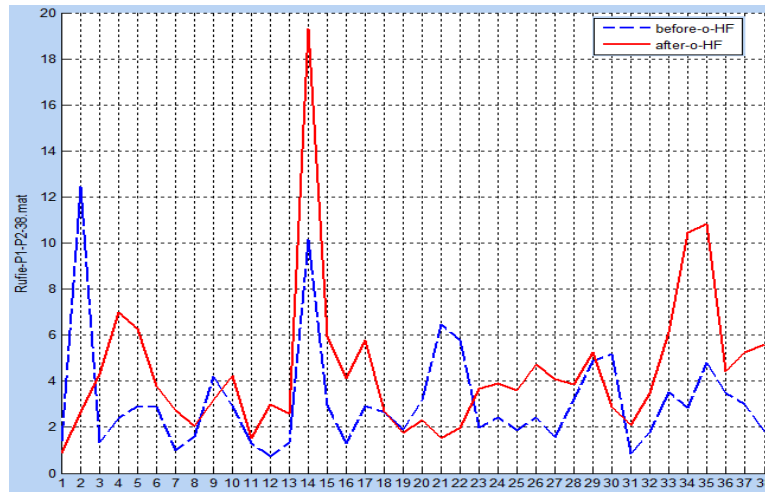
в)

Мал. 4.14. Діаграма розподілу потужностей спектра: а – до навантаження, б) після навантаження (30 присідань); в) – через 2 хвилини після навантаження.

До навантаження спостерігалось переважання швидких хвиль HF 62% (індикатора стану парасимпатичної ланки автономної нервової системи), після навантаження потужність спектра HF знизилась до 30%. Водночас частка повільних хвиль (LF) у загальному спектрі частот зросла від 26 до 54%, що свідчить про те, що адаптація до фізичного навантаження супроводжувалась

підвищенням тонусу симпатичної ланки автономної нервової системи. Через 2 хвилини після навантаження спостерігалась тенденція до повернення до вихідного стану, що свідчить про високу адаптаційну здатність серцево-судинної системи до фізичного навантаження.

Слід зазначити, що вказана динаміка потужності спектра HF, розрахованої з артеріальної осцилограми до виконання проби Руф'є та зразу після її виконання, не є правилом (мал. 4.15). Вказана особливість потребує подальшого дослідження.



Мал. 4.15. Потужність спектра швидких хвиль HF, визначених у 38 осіб до і після виконання проби Руф'є.

Примітка. Переривчастий графік – до навантаження, графік, відображений суцільною лінією, – після нього.

Таким чином, аналіз осцилограм, проведений за результатами оцінки окремих пульсацій та усієї пульсограми, дає можливість візуально оцінити стан, якість та механізми адаптації системи кровообігу до зростання компресії плеча під час вимірювання АТ у спокої, після навантаження і в процесі відновлення після нього. При морфологічному аналізі осцилограм виявлено, що зниження рівня здоров'я було зареєстровано у 67% випадків, це співпадає з результатами досліджень інших авторів [5].

Застосування фізичного навантаження дає можливість не лише оцінити якість адаптації системи кровообігу до фізичного навантаження, а й диференціювати причини відхилень від прийнятої нами норми. Покращення морфологічної картини зразу після навантаження (яка була притаманна 41,2% обстежених) свідчить про функціональний характер порушень, зумовлених лабільністю АНС – найбільш точного маркера реактивності та резистентності організму [34], та позитивний вплив фізичного навантаження при цьому. Погіршення у 23,5% – про зниження функціональних резервів серцево-судинної системи та неадекватність навантаження. Високий рівень функціональних резервів

серцево-судинної системи 85% обстежених основної групи підтвердився результатами часового, спектрального, кореляційного аналізу АОГ.

Згадане спрямовує на напрямок профілактичної діяльності лікаря. Низький рівень здоров'я і резервних можливостей є причиною розвитку хронічних захворювань [120]. Тому особам з 3-м типом варіантів градації уже необхідна корекція способу життя і превентивна реабілітація, з 4-м – детальне вивчення стану периферійних судин та серцево-судинної системи загалом та превентивна реабілітація, а з 5-м – термінове обстеження та лікування [170]. Дослідження достовірно підтверджують, що важливим елементом у процесі відновлення здоров'я є заняття фізичними вправами.

Результати часового, спектрального, кореляційного аналізу АОГ дали можливість визначити механізми адаптації ССС до компресії плеча та фізичного навантаження. Після припинення навантаження повернення до вихідного стану супроводжується підвищенням тонузу парасимпатичної ланки АНС, зниженням рівня централізації впливу на діяльність системи кровообігу, зниженням тонузу судин плеча, зменшенням навантаження на лівий шлуночок. Отримані результати відповідають динаміці, прийнятій для аналізу варіабельності серцевого ритму [38, 42, 74, 122, 169, 170].

Дослідження підтверджують дані інших авторів [12, 105, 127, 170, 236, 246, 270] про те, що неоднорідна реакція гладкої мускулатури судин на компресію та фізичне навантаження зумовлена: *різним вихідним станом організму* (функціональним станом серцево-судинної та автономної нервової систем, якістю централізації управління діяльністю ССС, пружно-еластичними властивостями судинної стінки) *та рівнем адаптаційної здатності системи кровообігу* (чутливості баро- і хеморецепторів, які контролюють різні параметри кровообігу, гнучкості пристосувальної здатності серця і судин до змінюваних умов зовнішнього середовища). Час та якість відновних процесів свідчить про здатність організму відновлюватися після зовнішніх впливів, що є також об'єктивним показником рівня здоров'я [34, 41, 96, 164].

Достовірність досліджень підтверджена порівнянням отриманих числових показників з даними літературних джерел, синхронними записами ЕКГ, кореляційним та статистичним аналізом. Випадки сильної кореляції між показником M_0 , ЧСС, $RMSSD$ ($0,97 \pm 0,02$, $p < 0,05$) на синхронно зареєстрованих ЕКГ та осцилограмі підтверджує високу інформативність обраних методів дослідження.

Висновки

Результати морфологічного, часового, спектрального, кореляційного аналізу АОГ дали можливість визначити механізми адаптації ССС до компресії плеча та фізичного навантаження

Дослідження засвідчили, що для збереження гомеостазу при виконанні фізичного навантаження включаються такі механізми: підвищується тонус симпатичної ланки ВНС та рівень централізації управління діяльністю системи кровообігу, зростає тонус судин плеча та напруження в діяльності лівого шлуночка під час систоли.

Своєю чергою, фізичне навантаження, що супроводжується підвищенням тону симпатичної ланки автономної нервової системи, сприяло збільшенню відсотка анакротичної фази у тривалості усієї осциляції, що дає можливість засвідчити підвищення тонічного напруження судинної стінки [37], яке мало тенденцію до повернення до вихідного рівня уже через 2 хвилини після закінчення тесту.

Після припинення навантаження повернення до вихідного стану супроводжується підвищенням тону парасимпатичної ланки АНС, зниженням рівня централізації впливу на діяльність системи кровообігу, зниженням тону судин плеча, зменшенням навантаження на лівий шлуночок. Отримані результати відповідають динаміці, прийнятій для аналізу варіабельності серцевого ритму [25, 27, 30, 119, 120], та динаміці визначених авторами показників індексу Кердо.

Використання запропонованих авторами інформаційних технологій морфологічного, часового, спектрального, кореляційного аналізу осцилограм (зарєєстрованих у стані спокою та після фізичного навантаження) для клінічної інтерпретації, оцінювання та прийняття рішень лікарем значно підвищують інформативність процедури вимірювання артеріального тиску.

Застосування АОГ дає можливість оцінити адаптаційну здатність організму до компресії плеча у стані спокою і після фізичного навантаження та механізми розвитку вказаних процесів. Можуть бути використані для раннього виявлення донозологічних і преморбідних станів та функціональних резервів системи кровообігу, які допоможуть більш ефективно спланувати профілактичний, діагностичний та терапевтичний процес.

4.1.4. Застосування морфологічного аналізу артеріальних осцилограм для оцінки динаміки гемодинамічних процесів у пробі Мартіне-Кушелєвського

Д.В. Вакуленко, Л.О. Вакуленко, О.Р. Барладин, С.З. Храбра

Актуальність теми. Значне «помолодшання» та зростання смертності від захворювань ССС свідчить про те, що сьогодні суспільство не має ефективних технологій профілактики, раннього виявлення, лікування цих небезпечних захворювань. Зазначене диктує необхідність пошуку нових, удосконалення уже існуючих засобів діагностики, профілактики, лікування захворювань ССС. Серед них стратегія ранньої діагностики і профілактики залишається основною [166].

Останнім часом дещо зменшилась частота застосування проби Мартіне-Кушелєвського, яка використовувалася протягом багатьох десятиліть [242, 250, 255] та не втратила своєї актуальності і в наш час [166]. Проба відповідає основним вимогам до проведення функціональних проб. Насамперед – однотипність, стандартність і дозованість (що дає можливість порівнювати дані, отримані у різних людей або у однієї людини в різні періоди часу, тобто в динаміці); а також цілковита безпечність і водночас достатня інформативність, простота і доступність, непотрібність особливих навичок для їх виконання [217]. Використовується при індивідуальних та масових обстеженнях. Дає можливість оцінити гемодинаміку осіб різних вікових груп не лише фізкультурників та спортсменів, а й осіб з відхиленнями у стані здоров'я, завчасно діагностувати початкові прояви відхилень від меж норми [229, 216]. При проведенні проби Мартіне-Кушелєвського використовується стандартне фізичне навантаження – 20 присідань за 30 с. Методи її проведення, оцінки, критерії норми, причини появи станів, для яких вони характерні, – загальноприйняті й висвітлені в монографіях, статтях, навчальній літературі [189, 203, 210, 255, 256].

Застосування електронних тонометрів при цьому дає можливість фіксувати показники частоти серцевих скорочень (ЧСС), артеріального тиску (АТ) та артеріальні пульсації впродовж усього дослідження і як результат – більш детально оцінити особливості роботи серця як єдиного гемодинамічного насосу і артеріальних судин, тобто апарату кровообігу загалом [256].

Мета досліджень. Вивчити і оцінити функціональну здатність серцево-судинної системи адаптуватися до компресії судин плеча при вимірюванні артеріального тиску у стані спокою та після проведення проби Мартіне-Кушелєвського за допомогою (запропонованих авторами роботи) інформаційних

технологій морфологічного аналізу артеріальних осцилограм (АОГ) та обґрунтувати їх інформативність.

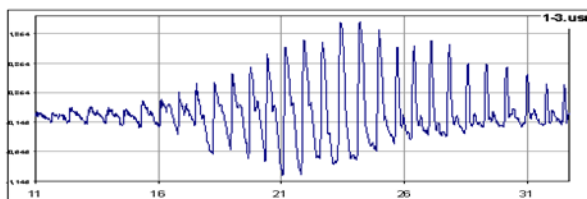
Матеріал і методи досліджень. Обстежено 105 практично здорових осіб чоловічої та жіночої статі віком 18-55 років, без скарг на стан здоров'я, за власним бажанням та письмовою згодою. Вікові розбіжності дали можливість отримати різноманітні реакції на фізичне навантаження за результатами проби Мартіне-Кушелевського та морфологічного аналізу АОГ обстежених. АОГ реєстрували при вимірюванні АТ до навантаження, після 20 присідань за 30 с та через 3 хвилини відпочинку.

У зв'язку з відсутністю подібних досліджень, для морфологічного аналізу осцилограми використано інформацію, впроваджену в плетизмографії і реографії [12] та логічно-візуальні, наукові, теоретичні висновки авторів за результатами аналізу 2500 АОГ у 380 здорових [183].

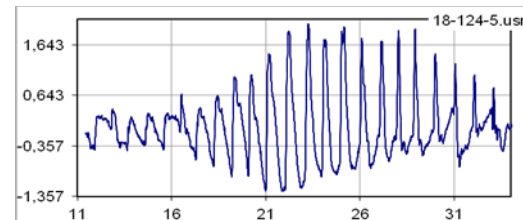
Морфологічний аналіз АОГ проводили шляхом візуального аналізу та за допомогою математичного аналізу якості АОГ.

При візуальному аналізі проводили загальну візуальну характеристику усієї осцилограми та її окремих пульсацій. Використано розроблені авторами критерії вагової оцінки осцилограми, диференційованої за 5 ступенями відхилення від ознак, прийнятих нами за норму. При цьому, кількість балів зростала від 1 до 5 в міру збільшення кількості відхилень від прийнятої норми (мал. 4.16).

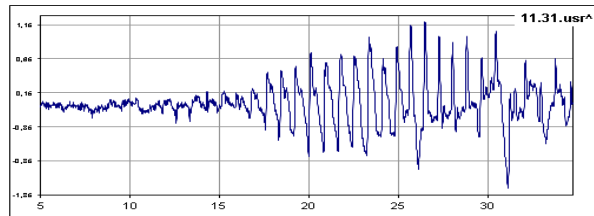
1-й тип



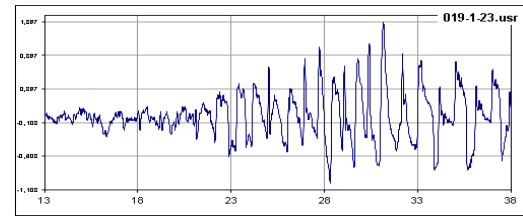
2-й тип



3-й тип

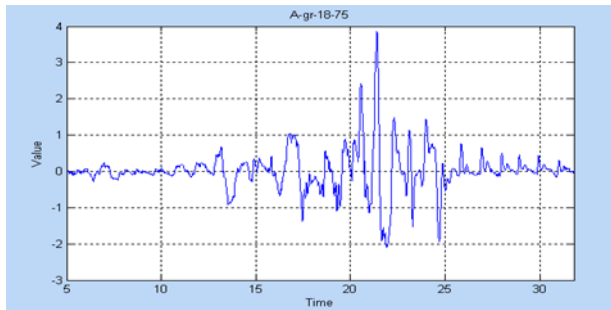


4-й тип



5-й тип

Мал. 4.16. Типи осцилограм,



диференційованих за ритмічністю пульсацій, їх формою та динамікою зростання та спадання амплітуд.

Примітка. По осі X – час реєстрації осцилограми (с), по осі Y – значення коливань тиску в манжеті під впливом пульсацій судинної стінки артерії (мм рт. ст.).

До 1-го типу віднесено АОГ із стандартною формою окремих пульсацій: анакрота, катакрота, дикротичний зубець (його локалізація та розміри залежать від фази компресії) [9]. Звертає увагу ритмічність пульсацій, гармонійність зростання і спадання їх амплітуд, 2 однакові максимальні амплітуди, які зберігаються незважаючи на зростання компресії. Відзначене пов'язано із задовільним станом ССС, нервово-рефлекторних механізмів регуляції кровообігу та пружно-еластичних властивостей судинної стінки обстеженого [8]. Для АОГ 2, 3, 4-го типів притаманні різні ступені відхилення від вищезазначених ознак норми під час окремих чи усіх фаз компресії. На АОГ 5-го типу – спотворені форми як окремих пульсацій, так і всієї пульсограми. Відхилення від норми на АОГ 2, 3, 4, 5-го типів пов'язані з різним ступенем порушення функціонального стану ССС та автономної нервової системи (АНС), адаптаційної здатності нервово-рефлекторних механізмів кровообігу до компресії, пружно-еластичних властивостей судинної стінки [8, 105, 138].

При математичному аналізі морфологічних характеристик використано 9 критеріїв: М1 – якість адаптації на початку компресії (за аналізом динаміки зростання та спадання амплітуди пульсацій до діастолічного тиску); М2 – якість адаптації під час компресії (аналіз динаміки зростання та спадання амплітуди пульсацій від діастолічного тиску і до кінця компресії); М3 – порушення ритмічності (кількісна оцінка порушення ритмічності пульсацій); М4 – еластичність судин (кількість максимальних за амплітудою осциляцій); М5 – тонус судин на початку компресії (форма верхніх екстремумів осциляцій на початку компресії); М6 – тонус судин (оцінка осцилограми за наявністю дрібних осциляцій); М7 – рівень збудливості судинної стінки (оцінка за величиною амплітуди, кількістю та наявністю екстремальних з нерівномірним збільшенням амплітуди осциляцій); М8 – оцінка динаміки зміни площі висхідної частини осциляцій; М9 – оцінка динаміки зміни площі низхідної частини осциляцій. За

рівнем відхилення від запропонованих нами меж норми (визначених за аналізом 3500 АОГ) кожен з критеріїв оцінений за п'ятибальною системою. Кількість балів зростала в міру збільшення кількості відхилень від критеріїв норми. При цьому вивчено і оцінено згадані критерії у кожного з обстежених, усієї групи та середні показники за кожним з них.

Статистичне опрацювання результатів проводили з використанням комп'ютерної програми Statistica, застосовували критерій Стьюдента при нормально розподілених даних, в іншому випадку – метод Вілкоксона. Зміни показників вважали статистично значущими в разі $p < 0,05$.

Результати дослідження та їх аналіз

Проба Мартіне-Кушелєвського. Оцінка результатів проби Мартіне-Кушелєвського за типами реакції ССС представлені у таблиці 4.5.

Таблиця 4.5

Типи реакції ССС на функціональну пробу Мартіне-Кушелєвського

№	Критерій	Тип реакції (n=88)					Перехідний
		Сприятливий		Несприятливий			
		Нормотонічний	Гіпертонічний	Дистонічний	Астенічний	Східчастий	
1	Кількість	17	6	0	2	1	62
2	Відсоток	19	7	0	3	1	70%

Перехідні типи визначені у 91 осіб. Переважній більшості з них притаманна збудливість пульсу до 80%, час його відновлення – до 3 хв., що свідчить про задовільну функціональну здатність кардіального чинника у гемодинамічних процесах організму обстежених. Серед них найчастіше зустрічались відхилення від норми показників АТ. Їм було характерне збільшення часу відновлення АТ – більше 3 хв.: АТ систолічного (АТс) у 31% та АТ діастолічного (АТд) у 13% обстежених. АТд після навантаження підвищився у 26% випадків. Зазначене пов'язано з різними рівнями адаптаційної здатності нервово-рефлекторних механізмів кровообігу до компресії та навантаження, пружно-еластичних властивостей судинної стінки, що підтверджується подальшим аналізом АОГ [8, 105].

Показники морфологічного аналізу

Підрахунок результатів візуального аналізу АОГ засвідчив чітку динаміку їх якісних характеристик після навантаження (табл. 4.6.).

Результати візуального аналізу типів АОГ залежно від періоду обстеження

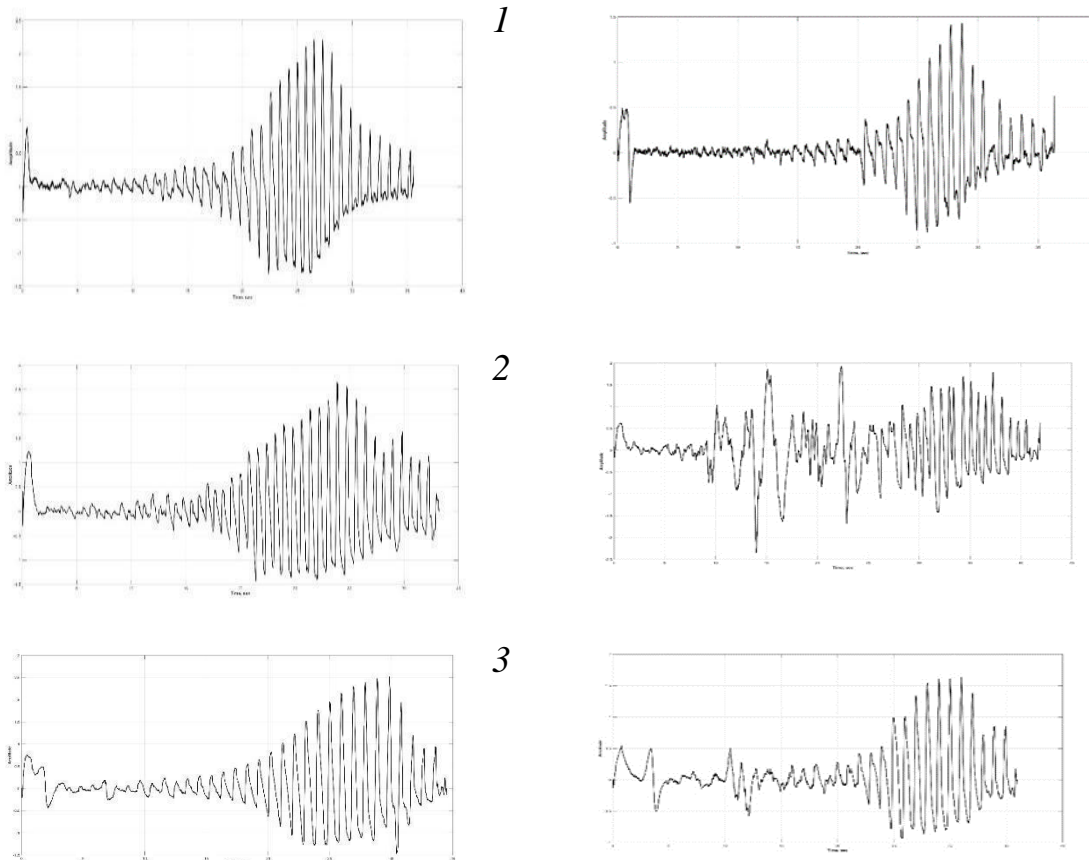
Тип АОГ	Період обстеження, показники											
	До навантаження (1)		Після навантаження (2)				Через 3 хв. відпочинку (3)					
			Показник		Різниця 1-2		Показник		Різниця 2-3		Різниця 1-3	
	К-ть	%	К-ть	%	%	P	К-ть	%	%	P	%	P
1 – відмінно	24	28	0	0	-28	<0,05	2	3	3	> 0,05	-26	< 0,05
2 – добре	44	53	31	37	-16	< 0,05	35	42	5	> 0,05	-11	< 0,05
3-задовільно	14	17	45	54	37	< 0,05	41	49	-5	> 0,05	3	< 0,05
4 – незадовільно	1	1	5	6	5	> 0,05	5	7	1	> 0,05	6	> 0,05
5 – вкрай незадовільно		0	2	2	2	> 0,05		0	-2	> 0,05	0	0

Аналіз АОГ до та після проби Мартіне-Кушелевського засвідчив найрізноманітнішу динаміку візуальних морфологічних характеристик у процесі обстеження. У стані спокою найчастіше зустрічався 1-й (28%) та 2-й (53%) типи АОГ. Після навантаження переважав 3-й тип (54%), який зріс на 37% за рахунок зменшення відсотка 1-го типу (28%) та 2-го типу (16%). Таким чином, під час фізичного навантаження зростають вимоги до адаптаційної здатності організму, що проявляється у «погіршенні» якості АОГ, яке можна оцінити візуально. Після 3 хв. відпочинку навіть при нормотонічному типі реакції на фізичне навантаження АОГ мали динаміку як в бік «покращення», так і «погіршення». Нерідко у випадках, коли цифрові показники проби незначно відрізнялись між собою, реєструвались найрізноманітніші типи АОГ. Найчастіше – при неадекватній реакції АТ. Зазначене пов'язано з різними рівнями адаптаційної здатності нервово-рефлекторних механізмів кровообігу до компресії та навантаження, пружно-еластичних властивостей судинної стінки.

Для прикладу використано АОГ 2 обстежених: Б. (38 р.) та Г. (44 р.) (мал. 4.17).

Обстежена Г. (44 р.)

Обстежена Б (38 р.)



Мал. 4.17. Порівняльний аналіз динаміки артеріальних пульсацій: 1 – до навантаження, 2 – після навантаження, 3 – через 3 хвилини відпочинку в процесі проведення проби Мартіне-Кушелевського.

Примітка. По осі Х – час реєстрації осцилограми (с), по осі Y – значення коливань тиску в манжеті під впливом пульсацій судинної стінки артерії.

Як видно з мал. 4.17, у обстеженої Г. (44 р.) на трьох АОГ збережені ритмічні пульсації на початку компресії, при цьому чітко сформовані вершини, гармонійне зростання пульсацій у процесі зростання компресії, 3 максимальні пульсації та рівномірне зменшення амплітуд в процесі зростання компресії плеча у фазі систоли. Після фізичного навантаження реєструється гармонійне зростання частоти пульсацій та її зменшення після відпочинку.

У правому стовпчику в обстеженої Б. (38 р.) звертає на себе увагу гармонійність пульсацій до навантаження з поодиноким порушенням ритму на етапі зменшення амплітуди пульсацій (2-й тип). При цьому різниця між Г. (44 р.) та Б. (38 р.) незначна. Водночас, зразу після навантаження у обстеженої Б. (38 р.)

реєструвалось значне погіршення усіх візуальних морфологічних характеристик (4-й тип) та покращення після відпочинку (3-й тип).

Для порівняння функціональних можливостей обстежених Г. (44 р.) та Б. (38 р.) демонструємо протоколи проведення та оцінки результатів проби Мартіне-Кушелєвського (табл. 4.7), які співставили із зареєстрованими АОГ.

Таблиця 4.7

Протоколи проби Мартіне-Кушелєвського													
А. Протокол проведення проби Мартіне-Кушелєвського													
Час (с)	Обстежена Г. (44 р.)						Час (с)	Обстежена Б. (38 р.)					
	До навант.		Після навантаження					До наван.		Після навантаження			
	ЧСС, АТс	АТ д	1 хв.	2 хв.	3 хв.	4 хв.		ЧСС АТс	АТ д	1 хв.	2 хв.	3 хв.	4 хв.
10	12		16	12	11	11	10	11		15	11	11	
20				11	11	11	20	11			11	11	
30				11	11	11	30	11			12	11	
40				11	11	11	40				12		
50				11	11		50				11		
60				11	11		60				11		
АТс	114		13 4			12 5	АТс	111		162		133	
АТд		84	76			89	АТд		91	87		89	
Б. Оцінка результатів проби Мартіне-Кушелєвського													
Критерій оцінки			Обстежена Г. (44 р.)			Обстежена Б. (38 р.)							
Збудливість пульсу			33%			36%							
Час відновлення пульсу			1 хв. 20 с			1 хв. 50 с							
Реакція АТс			17%			45%							
Реакція АТд			-9%			-5%							
Час відновлення АТ			> 3 хв.			> 3 хв.							
Тип реакції			Перехідний			Перехідний							

При порівняльному аналізі обох протоколів зафіксовані результати можна віднести до перехідного типу з огляду на певні відхилення від стандартів (нормотонічного типу). У першому випадку Г. (44 р.) – це відновлення пульсу до показника, нижчого від вихідного уже на початку 2-ї хвилини. При цьому АТ на фоні задовільної реакції безпосередньо на навантаження не відновився за 4 хв. У другому випадку Б. (38 р.) маємо швидке відновлення пульсу, уже на 2-й хвилині, що свідчить про високий рівень адаптаційних можливостей ССС до фізичного навантаження. Проте, звертає на себе увагу стан АТ. Низький пульсовий тиск у стані спокою (20 мм рт.ст), що зумовлено показником АТд, який вище від верхніх показників норми. Після навантаження – значне зростання АТс і неповне його

відновлення через 3 хв. Якщо порівняти особливості динаміки візуальних морфологічних характеристик артеріальних пульсацій у Б. (38 р.), то чітко простежується значне їх погіршення безпосередньо після навантаження (з 2-го до 4-го типу) та незначне покращення – через 3 хвилини відпочинку (3-й тип). При адекватній реакції частоти пульсу у обстежуваного Б. (38 р.) можемо виключити обмеження функціональної здатності серцевого компонента та пов'язати з судинним компонентом системи кровообігу, зумовленим дисфункцією окремих ланок АНС. Таким чином, застосування АОГ при проведенні проби Мартіне-Кушелєвського дає можливість більш детально оцінити стан серцево-судинної системи та визначити причини відхилень окремих показників від нормотонічного типу.

Вивчення результатів математичного аналізу морфологічних характеристик АОГ дали можливість детальніше (порівняно з візуальним) оцінити АОГ за більшою кількістю (10) критеріїв в різних фазах компресії плеча. За середніми показниками 9 критеріїв спостерігалась тенденція, отримана і при візуальному аналізі АОГ: до навантаження вони оцінені в 2,8 бали, після навантаження їх якість погіршувалась, бали зростали до 3,5, через 3 хвилини наблизились до вихідних 2,98 балів. Нерідко у випадках навіть нормотонічного типу реакції на пробу Мартіне-Кушелєвського морфологічні характеристики АОГ не відновлювались до початкових (табл. 4.8.), що підтверджує високу інформативність запропонованого методу морфологічного аналізу АОГ. За характером пульсацій можна судити про тонус та прохідність судин, стан серцево-судинної та автономної нервової систем, артеріальний тиск, нервово-рефлекторні механізми регуляції кровообігу та пружно-еластичні властивості судинної стінки [12, 148].

Фізіологічна інтерпретація аналізу та оцінки типу АОГ дали можливість співставити їх з 5 варіантами градації рівня здоров'я, створеними за фізіологічною інтерпретацією варіабельності серцевого ритму електрокардіосигналу Р. М. Баєвського [170] (табл. 4.8).

Таблиця 4.8

Морфологічна характеристика типу артеріальних осцилограм обстежених до та після проби Мартіне-Кушелєвського, їх фізіологічна інтерпретація (за Р.М. Баєвським)

Тип АОГ	До навант.	Після навант.	Рівень здоров'я та адаптації	Рекомендації
1-й тип відмінно	28%	0%	Здоровий, оптимальна адаптація	Підтримувати здоровий спосіб життя

2-й тип добре	53%	37%	Практично здоровий, напружена адаптація	Корекція способу життя
3-й тип задовільно	17%	54%	Умовно здоровий, пере- напруження адаптації	Превентивна реабілітація
4-й тип незадовіль- но	1%	6%	Стан передхвороби, зрив адаптації	Детальне обстеження, вивчення стану ССС
5-й тип вкрай незадовіль- но	0%	2%	Хворий,(адаптація до порушень	Детальне обстеження та лікування

Відповідно до використаної інтерпретації Р.М. Баєвського автори отримали можливість за показниками АОГ оцінити рівень здоров'я та адаптаційні можливості організму обстежених та запропонувати рекомендації до їх корекції, які відображені у таблиці 4.8 Зазначена інформація може бути використана сімейним лікарем для оцінки реабілітаційного потенціалу та подальшої його корекції у разі необхідності.

Висновки

Проба Мартіне-Кушелєвського – доступний, інформативний, валідний метод, який застосовується при масових обстеженнях і не втратив своєї актуальності на даний час. Дає можливість оцінити адаптаційну здатність серцево-судинної системи осіб різних вікових груп, завчасно діагностувати початкові прояви відхилень від меж норми та спрямувати пацієнтів до поглибленого обстеження [2, 6].

Аналіз АОГ до та після проби Мартіне-Кушелєвського засвідчив найрізноманітнішу динаміку морфологічних характеристик АОГ в процесі обстеження. Неоднорідна реакція гладкої мускулатури судин на компресію свідчить про різні рівні чутливості баро- і хеморецепторів, які контролюють різні параметри кровообігу та гнучкості пристосувальної здатності серця і судин до змінюваних умов зовнішнього середовища.

Застосування візуального та математичного аналізу морфологічних характеристик АОГ дає можливість більш детально (порівняно з оцінкою проби Мартіне-Кушелєвського) оцінити стан гемодинамічних процесів обстежених, їх рівень здоров'я та адаптаційні можливості.

АОГ значно розширює сферу її використання. Фізіологічна та клінічна інтерпретація отриманих даних дає можливість ефективніше вирішувати завдання діагностичного і прогностичного профілю, оцінки функціонального стану, контролю ефективності лікувально-профілактичних впливів, прогнозування

функціональних станів при профвідборі і визначенні профпридатності. Зазначене є дієвим засобом профілактики «помолодшання» захворювань серцево-судинної системи, запобігання судинних катастроф та інших захворювань.

Перспективи подальших досліджень. Проведення часового, спектрального, кореляційного аналізу АОГ в процесі проведення проби Мартіне-Кушелєвського.

4.1.5. Результати часового та спектрального аналізу артеріальних осцилограм за позитивними, негативними екстремумами та в різні фази компресії плеча манжетою під час вимірювання артеріального тиску при проведенні проби Мартіне-Кушелєвського

Д.В. Вакуленко, Л.О. Вакуленко, О.Р. Барладин, С.З. Храбра

Актуальність теми. Втілення сучасних інформаційних технологій у практику охорони здоров'я дає можливість підвищити рівень профілактики, діагностики, превентивної реабілітації та лікування захворювань [167]. Насамперед це стосується найбільш поширених захворювань людства – захворювань серцево-судинної системи, які значно «помолодшали» в наш час [116]. Зазначене потребує пошуку нових та вдосконалення існуючих методів ранньої діагностики та профілактики захворювань.

Останнім часом дещо зменшилась частота застосування проби Мартіне-Кушелєвського, яка використовувалася протягом багатьох десятиліть при індивідуальних і масових профілактичних (донозологічних) обстеженнях різних контингентів населення [250] та не втратила своєї актуальності і в наш час [184, 188, 229, 255, 256]. Відповідає усім вимогам до проведення функціональних проб. Передбачає використання стандартного фізичного навантаження – 20 присідань за 30 с. Методи її проведення, оцінки, критерії норми, причини появи станів, для яких вони характерні, – загальноприйняті, висвітлені в монографіях, статтях, навчальній літературі [255, 256]. Застосування електронних тонометрів при цьому дає можливість фіксувати показники частоти серцевих скорочень (ЧСС), артеріального тиску (АТ) та артеріальні пульсації впродовж усього дослідження і як результат – більш детально оцінити особливості роботи серця як єдиного гемодинамічного насосу і судин («периферійного серця»), тобто апарату кровообігу загалом [18, 180, 188, 213].

Мета досліджень. Вивчити і оцінити функціональну здатність ССС адаптуватися до компресії судин плеча при вимірюванні АТ у стані спокою та після проведення проби Мартіне-Кушелєвського за допомогою (запропонованих

авторами роботи) інформаційних технологій часового та спектрального аналізу артеріальних осцилограм (АОГ), обґрунтувати їх інформативність.

Матеріал і методи досліджень. В роботі використано досвід аналізу результатів проведення 3500 АОГ [135, 141] та 300 проб Мартіне-Кушелєвського [137]. Для вирішення поставлених завдань нами обстежено 88 практично здорових осіб чоловічої та жіночої статі віком 18-55 років, без скарг на стан здоров'я, за власним бажанням та письмовою згодою. Вивчено та порівняно показники проби Мартіне-Кушелєвського та часового і спектрального аналізу АОГ, зареєстровані при вимірюванні АТ в процесі проведення проби: до навантаження, після 20 присідань за 30 с та через 3 хв. відпочинку.

У зв'язку з відсутністю подібних досліджень, для часового та спектрального аналізу артеріальних осцилограм (АОГ) використано інформацію та термінологію, що застосовується при аналізі варіабельності серцевого ритму (BCP) електрокардіосигналу [12-17, 47, 80, 119, 120, 208, 227]. BCP дає можливість отримати інформацію з 4 рівнів регуляції діяльності ССС: периферійного (автономного, відображає активність серцевої регуляції на рівні серця), вегетативного (відображає вплив симпатичної та парасимпатичної ланок АНС на рівні вище периферійного до центрів автономної іннервації в довгастому мозку), гіпоталамо-гіпофізарного (на цьому рівні проявляється подвійна природа регуляції: нервова і гуморальна), центральної нервової системи (інтегрує і адаптує перебудову функціональної діяльності організму під впливом зовнішніх і внутрішніх чинників) [33, 117, 169, 170, 247, 227]. Для реєстрації АОГ використано електронний тонометр ВАТ 41-2. Оцінку показників проводили за визначенням інтервалів між вершинами екстремумів (окремо максимальних і мінімальних) протягом усієї компресії та під час окремих її фаз. А також – за потужністю судинної стінки, визначеної за тиском, що чинить судинна стінка на манжету під час систоли. Отримані результати порівняли між собою.

Для часового аналізу використали частоту серцевих скорочень (ЧСС), $moda$ – значення RR-інтервалу, який найчастіше зустрічається; AMo (амплітуда моди) – кількість інтервалів, що відповідають моді; показники $SDSD$; показник $pNN50$, який дорівнює відношенню кількості пар кардіоінтервалів з різницею більше 50 мс у % до загальної кількості кардіоінтервалів; $BP\ deltaX$ – варіаційний розмах; IN – індекс напруження, IBP – індекс автономної рівноваги; $ВІР$ – вегетативний показник ритму; $ПАІР$ – показник адекватності процесів регуляції; HRV – індекс, $RR\ std$, а також – $power_osc_stdev$ – середнє квадратичне відхилення амплітуд [120].

Спектральний аналіз АОГ проводили шляхом визначення потужності спектру у діапазоні від 0 до 0,4 Гц: TP – загальна потужність спектру, HF – потужність спектру високої частоти, LF – низької, VLF – дуже низької, ULF – ультранизької частоти у загальній потужності спектру [33]. Загалом у комплексі регуляції зазначені ланки відповідають 4 рівням регуляції діяльності ССС і діють як єдиний ансамбль [227].

За показниками в діапазонах: 0-4 Гц (дельта), 4-8 Гц (тета), 8-13 Гц (альфа), 13-25 Гц, 25 Гц і більше Гц (бета) мали можливість визначити рівень мозкової активності. З цією метою використано перетворення Фур'є та Гільберта-Хуанга, які відображають загальну та миттєву адаптаційну реакцію на компресію плеча [207].

Вивчено також показник активності регуляторних систем (ПАРС), який дає можливість диференціювати різні ступені напруження регуляторних систем і оцінити адаптаційну здатність організму [80, 119]. Значення ПАРС визначається в балах від 1 до 10.

Для підтвердження достовірності отриманих даних проведено часовий і спектральний аналіз АОГ в кількох групах. Отримані результати у 110 здорових у стані спокою (КГ-1) порівняли з показниками основної групи і літературними даними щодо аналогічних показників ВСР електрокардіосигналу. У 54 здорових осіб (КГ-2) синхронно реєстрували АОГ та електрокардіограми (ЕКГ). Для порівняння ще використано АОГ 68 здорових осіб, зареєстрованих при проведенні проби Руф'є (до та після присідань) (КГ-3).

Усі досліді проводили у відповідності до Конвенції Ради Європи «Про захист прав людини і людської гідності в зв'язку з застосуванням досягнень біології та медицини: Конвенція про права людини та біомедицину (ETS № 164)» від 04.04.1997 р., і Гельсінської декларації Всесвітньої медичної асоціації (2008 р.). З усіма учасниками підписували інформовану згоду.

Статистичне опрацювання результатів проводили з використанням комп'ютерної програми Statistica, застосовували критерій Стьюдента при нормально розподілених даних, в іншому випадку – метод Вілкоксона. Зміни показників вважали статистично значущими в разі $p < 0,05$.

Результати дослідження та їх аналіз

Проба Мартіне-Кушелєвського. Оцінка результатів проби Мартіне-Кушелєвського за типами реакції ССС представлені у таблиці 4.9.

Таблиця 4.9

Типи реакції ССС на функціональну пробу Мартіне-Кушелєвського (n = 88)

№	Критерій	Тип реакції (n=88)		
		Сприятливий	Несприятливий	Перехі

		Нормотонічний	Гіпертонічний	Дистонічний	Астенічний	Східчастий	дний
1	Кількість	17	6	0	2	1	62
2	Відсоток	19	7	0	3	1	70%

Як видно з таблиці, серед обстежених нормотонічний тип реакції виявлено у 19% обстежених. Перехідні типи визначені у 62 осіб (70%), що відповідає результатам попередніх досліджень [12, 13]. Переважній більшості з них було притаманна збудливість пульсу до 80%, час його відновлення – до 3 хв., що свідчить про задовільну функціональну здатність кардіального чинника у гемодинамічних процесах організму обстежених. Реакція відрізнялась динамікою АТ: збільшення часу відновлення (більше 3 хв.) АТ систолічного (АТс) у 31% та АТ діастолічного (АТд) у 13% обстежених. АТд після навантаження підвищився у 26% випадків. Артеріальна осцилографія дала можливість поглибити результати досліджень.

Часовий аналіз. Результати часового аналізу АОГ 88 обстежених основної групи, отримані при вимірюванні АТ до проби Мартіне-Кушелєвського, засвідчили, що більшість часових та інтегральних показників відповідають таким же, отриманим при аналізі АОГ 110 обстежених КГ-1, зареєстрованих у стані спокою (вказані в дужках): $M_0 - 0,813 \pm 0,01$ ($0,87 \pm 0,02$) с; $AM_0 - 37,9 \pm 1,17$ ($37,1 \pm 1,1$) %; $BP - 0,70 \pm 0,018$ ($0,6 \pm 0,01$); $IVR - 63,42 \pm 4,30$ ($75,2 \pm 7,6$); $VPR - 0,87 \pm 0,02$ ($0,75 \pm 0,03$). Представлені результати підтверджують достовірність вихідних показників проби Мартіне-Кушелєвського.

Порівняно до показників, отриманих з літературних джерел [119], зареєстровані при аналізі ЕКГ наші дані (подані в дужках) вкладаються в діапазон їх коливань (різниця недостовірна): $M_0 0,9 \pm 0,03$ с ($0,813 \pm 0,01$) с; $AM_0 37,5 \pm 3\%$, ($37,9,0 \pm 1,17\%$), що підтверджує достовірність отриманих результатів аналізу АОГ.

Аналіз часових показників ЕКГ, зареєстрованої синхронно з АОГ у 54 здорових осіб (КГ-2) засвідчив наявність сильної кореляції між показником M_0 , ЧСС, $RMSSD$ ($0,97 \pm 0,02$, $p < 0,05$) на синхронно зареєстрованих ЕКГ та осцилограмі. Зазначене підтверджує високу інформативність обраних методів дослідження, дозволяє зробити висновок, що згадані показники характеризують рівень управління діяльністю не лише серця, а й судин («периферійного серця»). Відсутність подібних зв'язків між іншими показниками дає можливість передбачити їх залежність від чутливості рецепторного апарату, пружно-еластичних властивостей судинної стінки та різних нервово-рефлекторних впливів на їх діяльність [157], що ЕКГ не реєструє.

Часовий аналіз АОГ 88 обстежених основної групи проведений за максимальними та мінімальними екстремумами. Перші засвідчують особливості

роботи серця, другі – зумовлені станом судин в загальному гемодинамічному процесі [252]. При порівнянні показників часового аналізу АОГ, зареєстрованих до проведення проби Мартіне-Кушелевського, за максимальними та мінімальними екстремумами незначна різниця виявлена лише між показниками Мо, HVR-index, інші – достовірно відрізнялись ($P < 0,05$). При цьому, за негативними екстремумами (порівняно з позитивними) реєструвалось збільшення рNN50 (13%), SDDSD (52%), VP (42%), VPR (55%) та зниження АМо (16%), IVR (48%), IN (52%). Зазначене дає можливість пов'язати з переважанням активності ПСл (зниження активності Сл) АНС, що зумовлено різними шляхами адаптації серцевого і судинного чинники гемодинаміки, які задіюються в процесі зростання компресії плеча [80]. Водночас Мо, HVR-index не відрізнялись, що свідчить про відсутність залежності даних показників від стану судинної системи, що підтверджує їх спільну залежність лише від ЧСС.

Зразу після фізичного навантаження як за позитивними, так і за негативними екстремумами реєструвалось достовірне зниження показників Мо (19%), зростання VPR (50%), HVR (52%), що свідчить про підвищення тону су СЛ АНС. При цьому Мо, HVR-index мали однакові показники не лише до навантаження, а й після нього.

Якщо порівняти з динамікою досліджуваних показників при виконанні проби Руф'є (КГ-3), то вони виявились більш вираженими. Всі досліджувані показники (рNN50 SDDSD, Мо, Амо, VR, IVR, IN, HVR) за позитивними та негативними екстремумами засвідчили достовірне зростання активності СЛ АНС. Відзначена динаміка показників (за аналогією з ВСР) в обох випадках свідчить про зростання симпато-адреналових впливів та централізації управління системою кровообігу [18, 33, 210, 216]. Зазначене підтверджується також зростанням АТс (25%), АТд (5%) та ЧСС (19%). Зміна вегетативного балансу в бік активації симпатичної ланки АНС розглядається як неспецифічний компонент адаптаційної реакції у відповідь на різні стресові впливи [33, 80, 119, 120, 208, 227]. При цьому, результати дослідження також приводять до висновку, що активація Сл ВНС та зростання централізації впливу у обстежених зростають відповідно до збільшення інтенсивності навантаження. При помірних навантаженнях (наприклад, проба Мартіне-Кушелевського) найбільш інформативними показниками є Мо, VPR, HVR, а динаміка інших показників засвідчила активацію ПСл АНС, що вимагає подальшого клініко-фізіологічного обґрунтування. При більш інтенсивних (наприклад, проба Руф'є) навантаженнях усі досліджувані нами показники за позитивними та негативними екстремумами підтверджують більш виражену активацію Сл АНС та централізацію впливу на діяльність системи кровообігу.

Порівняльний аналіз динаміки гемодинамічних показників проби Мартіне-Кушелєвського та АОГ (при цьому) засвідчив, що нерідко у випадках, коли цифрові показниками проби окремих обстежених незначно відрізнялись між собою, то на АОГ реєструвались найрізноманітніша динаміка показників часового та спектрального аналізу. Найчастіше це спостерігалось при неадекватній реакції АТ. Через 3 хв. відпочинку у процесі відновлення навіть при нормотонічному типі реакції на фізичне навантаження (як за показниками пульсу, так і АТ) нерідко показники АОГ повністю не відновлювались, мали лише тенденцію до відновлення. Зазначене пов'язане з різними рівнями адаптаційної здатності нервово-рефлекторних механізмів кровообігу до компресії та навантаження, пружно-еластичних властивостей судинної стінки, що підтверджується подальшим спектральним аналізом АОГ [180, 188]. А ЧСС відображає лише кінцевий результат численних регуляторних впливів на апарат кровообігу. Одній і тій же частоті пульсу можуть відповідати різні комбінації активності ланок системи, що керує вегетативним гомеостазом [170].

Спектральний аналіз

Результати спектрального аналізу АОГ за позитивними, негативними екстремумами, до навантаження, зразу після нього та через 3 хвилини відпочинку представлені у таблиці 4.10.

Таблиця 4.10

Результати спектрального аналізу АОГ за позитивними, негативними екстремумами, потужністю самого сигналу в стані спокою, після 20 присідань та через 3 хвилини відпочинку

Досліджуваний критерій		Період обстеження, показники									
		До навантаження (1)	Після присідань (2)				Через 3 хв. відпочинку (3)				
			Показник	Різниця 1-2		Показник	Різниця 2-3		Різниця 1-3		
				M±m	%		P	M±m	%	P	%
%ULF	Поз-1	6,76±0,58	8,98±0,71	24,7	*	8,16±0,6	-9,9	**	17,2	*	
	Нег-2	4,28±0,4	6,62±0,64	35,2	*	6,40±0,5	-3,4	**	49	*	
	Різниця 1-2	-36,6%	-27%			-21,6%					
	Потужність	4.3±0,21	3.1±0,20	-40%	*	3,43±0,02	11,0	**	-24	*	
%VLF	Поз-1	11,1±0,72	15,91±0,90	30,2	*	13,8±0,7	-14,9	*	19,8	*	
	Нег-2	7,6±0,3	11,7±0,49	52	*	12,5±0,5	10,0	**	65	*	
	Різниця 1-2	28%	-29%			-9%					
	Потужність	14,2±0,52	11,9±0,79	-19	*	14,6±11,7	18,1	*	2,58	**	
%LF	Поз-1	27,94±1,2	29,40±0,89	4,9	**	29,7±0,9	1,1	**	6,0	**	
	Нег-2	22,50±08	23,99±0,88	6,2	**	24,1±0,9	0,71	**	6,9	**	

	Різниця 1-2	-19%	-21%			-17%				
	Потужність	26,0±0,71	22,9±1,17	-13	**	24,5±1,2	6,3	**	-6,0	**
%HF	Поз-1	54,19±2,1	45,70±1,76	-18,6	*	48,2±1,9	5,3	**	-12,3	**
	Нег-2	65,57±1,4	57,68±1,76	-13,7	**	58,6±1,9	1,66	**	-11,7	**
	Різниця 1-2	17%	21%			17%				
	Потужність	55,5±2,1	62,0±1,68	10,	**	57,2±1,68	-8,0	**	4	**

Примітка. Поз-1 – за позитивними, Нег-2 – за негативними екстремумами;* – достовірна динаміка; ** – динаміка недостовірна.

Як видно з таблиці, за позитивними екстремумами АОГ виявлено, що під час компресії плеча до навантаження у загальному спектрі частот найбільш виражена відносна значення потужності хвиль високої частоти (% HF). Відсоток потужності повільних (LF), найбільш повільних (VLF) і ультраповільних (ULF) хвиль послідовно знижується.

Зразу після навантаження відсоток HF зростає на 25% та VLF – на 35% у загальному спектрі частот, що свідчить про зростання активності центрального контуру регуляції діяльності ССС, а саме гіпоталамо-гіпофізарного рівня, рівня інтеграції автономної і ендокринної систем, основного виконавця, який реалізує вплив ЦНС на все внутрішнє середовище організму. Показник LF (що характеризує стан системи регуляції судинного тону [47] зростає також, але меншою мірою – на 5%. Вважається, що ці хвилі формуються за участі як симпатичної, так і парасимпатичної ланок ВНС [117]. Підтверджує результати зростання централізації управління діяльністю ССС зниження активності спектру високих частот (%HF) після навантаження на 19%. Через 3 хв. після навантаження показники ULF, VLF, LF наближались до вихідних, але залишались підвищеними (відповідно) на 17, 20, 6 відсотків відносно вихідних, а %HF став на 12% нижче вихідного. Зазначене підтверджує синхронізацію в регуляції як адаптаційних, так і відновних процесів у обстежених після фізичного навантаження. Але звертає на себе увагу те, що 3 хвилин відпочинку недостатньо для повного відновлення функціональної здатності ССС, що необхідно враховувати при дозуванні навантаження при заняттях фізичними вправами.

Спектральний аналіз АОГ за позитивними екстремумами. Нами вивчено і порівняно динаміку показників АОГ за позитивними екстремумами у процесі зростання компресії плеча протягом одного вимірювання АТ після фізичного навантаження. На початку компресії (порівняно зі станом спокою) реєструвалось підвищення активності %HF (5%) та %LF (5%), зниження %VLF (3%) та ULF (44%); при максимальній компресії – зниження %HF (16%) та зростання інших

показників (відповідно, 10%, 15%, 13%). *Зазначене демонструє фази адаптації* ССС до зростаючої компресії: при незначній компресії активуються нижчі рівні регуляції, а більш високі – постійно контролюють, коректують їх діяльність і в екстремальних ситуаціях беруть управління на себе [24, 47, 117, 169, 170, 180, 182, 188, 267].

Спектральний аналіз АОГ за негативними екстремумами дав можливість прийти до висновку, що отримані показники відрізнялись від показників позитивних екстремумів. У стані спокою ULF – на 37%, %VLF – на 5%, %LF – на 19% виявились нижче від позитивних. Слід зазначити *збільшення* (порівняно з позитивними екстремумами) на 17% відносного рівня високочастотної ланки нейрогуморальної регуляції (%HF) у загальному спектрі частот. Зазначене свідчить про рівень активності парасимпатичного кардіоінгібіторного центру довгастого мозку [169], яку пов'язують з активністю ПСл АНС [213]. Зазначене підтверджується також вище зареєстрованою активністю ПСл АНС за часовими показниками АОГ. *Якщо зважити на те, що за негативними екстремумами оцінюється стан судинної складової загальної гемодинаміки, можна передбачити, що підвищення тонусу ПСл АНС забезпечує покращення кровообігу за рахунок зменшення тонусу периферичних судин при компресії плеча у стані спокою [252].* При посиленій м'язовій роботі значно підвищується кількість гістаміну, що забезпечує необхідне розширення судин і тим самим доставку необхідної кількості крові [270].

Після навантаження зріс на 35% ULF, %VLF – на 52%, %LF – на 7%, що є (відповідно) на 27%, 29%, 21% нижче від позитивних. *Водночас %HF на 17% залишався вищим, ніж за позитивними екстремумами, що підтверджує активацію судинного чинника гемодинаміки.* Зміна зазначених даних відповідає динаміці показників, отриманих при вивченні впливу проби Руф'є. Лише проба Руф'є сприяла більш вираженій динаміці.

Через 3 хв. відпочинку не відновились і показники спектрального аналізу негативних екстремумів. При цьому, ULF, %VLF, %LF – виявились нижчими, %HF – на 21% вищим від позитивних. *Зазначене свідчить, що 3 хвилин не вистачає і судинному чиннику гемодинаміки для повного відновлення навіть у випадках, коли за результатами проби Мартіне-Кушелєвського реєструвався нормотонічний тип реакції.* Зазначене приводить до висновку, що саме сповільнення відновлення судинного чинника, невідповідність між потребами кардіального чинника і можливостями судинного чинника гемодинаміки при цьому і є причиною неприємних реакцій, які спостерігаються після надмірного навантаження навіть у кваліфікованих спортсменів.

Динаміка спектральних показників за негативними екстремумами у процесі зростання компресії плеча під час одного вимірювання АТ наступна. Після фізичного навантаження на початку компресії спостерігалось збільшення лише високочастотного домену %HF (22%), та зниження –%ULF (53%),%VLF (44%),%LF (18%). Під кінець компресії зріс відсоток ULF (29%), знизився %VLF (24%) та LF (11%). При цьому активність високочастотного домену %HF залишалась на 13% вищою від вихідного, в той час як за позитивними екстремумами в кінці компресії вона була на 16% нижчим від вихідного.

Вважаємо, що саме активність високочастотного (периферійного, автономного) домену у загальному спектрі частот (%HF) може стати маркером якості адаптаційної здатності судинного чинника гемодинаміки до компресії плеча. Він залежить від стану автономної нервової системи, пружно-еластичних властивостей судинної стінки, чутливості баро- і хеморецепторів, які контролюють різні параметри кровообігу, гнучкості пристосувальної здатності серця і судин до змінюваних умов зовнішнього середовища [207]. Робочими структурами автономного контуру регуляції є: синусовий вузол, блукаючі нерви та їх ядра в довгастому мозку (контур парасимпатичної регуляції). Синусовий вузол – чутливий індикатор адаптаційної реакції організму в процесі його адаптації [119].

Потужність пульсової хвилі. На початку компресії у загальній потужності спектру сигналу вага потужності окремих сигналів розподілялась наступним чином:%ULF – 4%, %VLF – 14%, %LF – 26%, %HF – 55%. Звертає на себе увагу зв'язок потужності пульсової хвилі з показниками інтервалограми у стані спокою. За відсотком HF, LF наближається до позитивних, ULF – до негативних екстремумів.

Після фізичного навантаження перші три рівномірно знижувались (відповідно) на 40%, 19%, 13%. Прикметним було зростання %HF на 11%. Зазначене підтверджує роль потужності високочастотного домена в адаптації до компресії плеча після фізичного навантаження.

Порівняння з показниками інтервалограми засвідчили, що після навантаження потужність %LF, %VLF не відрізнялись від негативних екстремумів, %ULF – за негативними екстремумами на 100%, за позитивними – і на 200% менші. Потужність %HF – на 5% більша від негативних і на 38% більша від позитивних екстремумів. Зазначене підтверджує переважне значення високочастотного домену потужності спектру в адаптації до фізичного навантаження. Через 3 хвилини відпочинку саме цей показник відновлювався найбільш повільно.

Щодо потужності спектру сигналу у процесі зростання компресії плеча дослідження дали можливість констатувати наступне. На її початку %ULF реєструвався у 2%, %VLF – 12%, %LF 29%, %HF – 58% випадків. При максимальній компресії зростала активність перших двох до 4% і 23% відповідно, та знижувалась %LF до 29%, %HF до 53%. Зазначене підтверджує зростання централізації впливу на потужність спектру сигналу у процесі зростання компресії плеча.

Звертає на себе увагу зв'язок потужності пульсової хвилі з показниками інтервалограми після навантаження із станом спокою. За відсотком HF, LF наближається до позитивних, ULF – до негативних екстремумів. Перші два свідчать про зростання ролі судинного чинника, участі довгастого мозку у процесі адаптації, ULF – про зростання ролі серцевої складової у гемодинамічному процесі та гіпоталамо-гіпофізарного чинника [120].

Показник активності регуляторних систем ПАРС дає можливість отримати комплексну оцінку функціонального стану [169, 170]. Ми скористались рекомендаціями Р.М. Баєвського [120] щодо визначення ПАРС та його 10-бальною оцінкою. Отриманий середній показник – $3,688 \pm 0,19$ ум. од. Він відповідає стану помірного напруження регуляторних систем, коли для адаптації до компресії плеча організму необхідні додаткові резерви, підвищення активності симпато-адреналової системи. Після навантаження ПАРС зріс до $6,0 \pm 0,25$ (на 39%), що відповідає верхній межі стану вираженого напруження адаптаційних систем, зумовленій активною мобілізацією захисних сил організму, у тому числі підвищенням активності симпато-адреналової системи та системи гіпофіз-наднирники. Через 3 хвилини відпочинку ПАРС знизився до $5,158 \pm 0,25$ (на 17%), але залишився в межах попередньої класифікації і був на 28% вищий від вихідного ($P < 0,05$). Показники систолічного, діастолічного АТ та ЧСС при цьому відповідають динаміці показників ПАРС. Проте після відпочинку вони відрізняються від вихідних лише на 2,1 та 3% відповідно ($P > 0,05$). Таким чином, показник ПАРС, отриманий при аналізі АОГ, зареєстрованих під час вимірювання АТ, дає можливість більш детально диференціювати різні ступені напруження регуляторних механізмів.

Перспективи подальших досліджень. Більш детальне проведення часового, спектрального, кореляційного аналізу АОГ, зареєстрованих в процесі проведення проби Мартіне-Кушелєвського здорових осіб та осіб з відхиленнями у стані здоров'я.

Висновки

Проба Мартіне-Кушелєвського – інформативний, валідний, доступний метод вивчення функціональних можливостей ССС, який може використовуватись при індивідуальних і масових обстеженнях для визначення рівня здоров'я та функціональних можливостей організму і дозволяє завчасно виявляти ранні прояви захворювань. Застосування електронного тонометра при проведенні проби дало можливість реєструвати показники ЧСС та АТ протягом усього обстеження, що поглиблює результати досліджень.

Використання (запропонованого авторами роботи) часового і спектрального аналізу зареєстрованих АОГ дає можливість вивчити, оцінити, провести порівняльний аналіз АОГ, зареєстрованих в процесі проведення проби Мартіне-Кушелєвського, за позитивними, негативними екстремумами та в різних фазах компресії плеча.

За часовими показниками негативних екстремумів до навантаження (порівняно з позитивними) переважала активність ПСл АНС, що зумовлено різними нервово-рефлекторними впливами на серцевий і судинний чинники гемодинаміки, які задіюються в процесі зростання компресії плеча [13]. Після фізичного навантаження на обох екстремумах реєструвалось зростання симпато-адреналових впливів та централізації управління системою кровообігу, що розглядається як неспецифічний компонент адаптаційної реакції у відповідь на стресові впливи.

За спектральним аналізом позитивних екстремумів до навантаження переважало відносне значення потужності хвиль високої частоти (% HF). Після фізичного навантаження реєструвалось зростання активності центрального контуру регуляції діяльності ССС, а саме гіпоталамо-гіпофізарного рівня та зниження – автономного контуру.

Результати спектрального аналізу АОГ за негативними екстремумами відрізнялись від позитивних. До навантаження %HF негативних екстремумів виявився на 17% вище від позитивних, що свідчить про відносне підвищення тону ПСл АНС, яка забезпечує покращення кровообігу за рахунок зменшення тону периферичних судин при компресії плеча у стані спокою. Після фізичного навантаження %HF знижувався (інші зростали), але через 3 хвилини відпочинку залишався вищим (на 17%), ніж за позитивними екстремумами.

При вивченні динаміки спектральних показників у процесі одного вимірювання АТ (за позитивними і негативними екстремумами) на початку компресії активуються нижчі рівні регуляції, а більш високі – постійно контролюють, коректують їх діяльність і в екстремальних ситуаціях (при максимальній компресії) беруть управління на себе. При цьому активність

високочастотного домена (%HF) за негативними екстремумами під кінець компресії залишалась на 13% вищою від вихідного, тимчасом як за позитивними екстремумами в кінці компресії вона була на 16% нижчою від вихідного.

Якщо зважити на те, що за позитивними екстремумами оцінюється активність кардіального чинника, за негативними – судинного чинника загальної гемодинаміки, то саме активність високочастотного (периферійного, автономного) домену у загальному спектрі частот (%HF) може стати маркером якості адаптаційної здатності судинного чинника гемодинаміки до компресії плеча. Він залежить від стану автономної нервової системи, пружно-еластичних властивостей судинної стінки, чутливості баро- і хеморецепторів, які контролюють різні параметри кровообігу, гнучкості пристосувальної здатності серця і судин до змінюваних умов зовнішнього середовища.

Комплексна оцінка функціонального стану, проведена за допомогою показника активності регуляторних систем (ПАРС), засвідчила, що до навантаження середній показник ($3,688 \pm 0,19$ ум. од.) відповідав стану помірного напруження регуляторних систем. Після навантаження ПАРС зріс до $6,0 \pm 0,25$ (на 39%), що відповідає верхній межі стану вираженого напруження адаптаційних систем. Після 3 хвилин відпочинку він знизився, але залишився в межах попередньої градації і був на 28% вищий від вихідного. Результати свідчать, що для адаптації до компресії плеча організму необхідні додаткові резерви, підвищення активності симпато-адреналової системи. Після фізичного навантаження зростає централізація впливу на діяльність ССС.

Порівняння якості відновлення досліджуваних показників проби Мартіне-Кушелевського і АОГ засвідчив, що навіть у випадку нормотонічного типу реакції, 3 хвилин відпочинку недостатньо для відновлення гемодинаміки. На це необхідно звертати увагу при дозуванні фізичного навантаження у фізичній культурі і спорті.

4.1.6. Застосування артеріальної осцилографії для оцінки якості адаптації серцево-судинної системи до зміни положення тіла (активна ортопроба)

Д.В. Вакуленко, Л.О. Вакуленко, О.Р. Барладин, С.З. Храбра

Ортостатична проба – найбільш проста і доступна проба (серед функціональних тестів), яка дає можливість оцінити функціональні резерви механізмів регуляції кровообігу. При цьому ортостатичний вплив (гравітаційне навантаження) безпосередньо спрямоване на механізм регуляції кровообігу і зазвичай практично не впливає на енергетичні та метаболічні процеси в організмі [256]. В нормі у відповідь на ортостаз відбувається перерозподіл значної частини об'єму циркулюючої крові з короткочасним застоєм її в емкісних судинах. Це

призводить до зниження притока крові у праві відділи серця і зменшення серцевого викиду. Внаслідок цього знижується артеріальний тиск, запускаються механізми регуляції кровообігу [170, 256].

Реакція організму на ортостатичний вплив містить два компоненти: специфічний і неспецифічний. Перший – вазомоторний, пов'язаний з регуляцією судинного тону. Він реалізується через вазомоторний центр і полягає у його активації у відповідь на ортостатичний вплив. Другий – зумовлений мобілізацією необхідних інформаційних і енергетичних резервів, що супроводжується механізмами активації симпатичного відділу автономної нервової системи (ВНС), такими ж, як і при відповіді організму на будь-які інші стресорні впливи. Обидва ці механізми при ортостатичних впливах забезпечують єдину відповідь організму, адекватну новим умовам кровопостачання тканин та органів. Їх стан добре відображається показниками кардіоінтервалів [171]. Застосування осцилографічного методу дає можливість оцінити роль периферійного кровообігу в ортостатичній пробі та механізми його регуляції [170, 207].

Мета досліджень. Вивчити і оцінити функціональну здатність системи кровообігу адаптуватися до компресії судин плеча при вимірюванні артеріального тиску у стані спокою та після активної ортостатичної проби за допомогою (запропонованих авторами роботи) інформаційних технологій морфологічного, часового, спектрального аналізу артеріальних осцилограм. Отримані результати часового і спектрального аналізу АОГ порівняти з такими ж, отриманими після виконання 30 присідань за 45 с (проба Руф'є).

Матеріал та методи досліджень. Обстежено 21 особу віком 18-22 років без скарг на стан здоров'я. Дослідження проводились на базі Тернопільського національного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка (ТНПУ) в 2017-2018 роках. Вивчено показники систолічного, діастолічного артеріального тиску (АТс, АТд), частоти серцевих скорочень (ЧСС) та індексу Кердо (ІК). Для їх реєстрації використано електронний вимірювач ВАТ 41-2. Зазначений прилад дав можливість також отримати артеріальні осцилограми (АОГ), піддані візуальному морфологічному аналізу авторами роботи. Дослідження проводили (відповідно вимог до стандартів проведення згаданих досліджень) у стані спокою та після активної ортостатичної проби.

Результати досліджень та їх аналіз

Аналіз гемодинамічних показників. Аналіз показників систолічного артеріального тиску (АТс) засвідчив, що у стані спокою показники АТс коливались в межах 112-166, середній показник – $127 \pm 4,5$ мм рт.ст, що відповідає нормі. Після

ортопроби діапазон коливань зменшився до 113-153, середній показник дещо знизився – до $126 \pm 2,7$ мм рт. ст.

Аналіз показників діастолічного артеріального тиску (АТд) засвідчив, що у положенні лежачи середній показник АТд був $78 \pm 3,1$ мм рт.ст., коливався в межах 59–107 мм. рт. ст. Після ортопроби середні показники АТд змістились у бік підвищення (до $81 \pm 2,5$ мм рт. ст.) у 17 обстежуваних. Це свідчить про збільшення напруження стінки периферійних судин, зумовлене перерозподілом крові.. А в 3 обстежуваних (№5, 14,16) тонус периферійних судин знизився, що свідчить про неадекватну адаптацію їх гемодинаміки до зміни положення (ортопроби).

Частота серцевих скорочень у положенні лежачи коливалась в межах 60-80, середній $68,7 \pm 2,1$ уд./хв., у положенні стоячи вони зросли до $79,1 \pm 2,1$ уд./хв. (на 20%), збільшившись у 20 обстежених. Зазначене підтверджує зростання активності Сл АНС при виконанні активної ортопроби.

Вегетативний індекс Кердо (за формулою $IK = 1 - (АТд/ЧСС) \times 100$ у положенні лежачи складав -13 у.о., стоячи – -2 у.о. Динаміка свідчить про зміщення вегетативного балансу у бік активності Сл АНС.

Висновки за розглянутими дослідженнями. При переході у положення стоячи гравітаційне навантаження сприяє зміщенню активності АНС у бік зменшення активності парасимпатичної ланки АНС, незначному зменшенню систолічного викиду, зростанню напруження судинного чинника гемодинаміки, зумовленого перерозподілом крові.

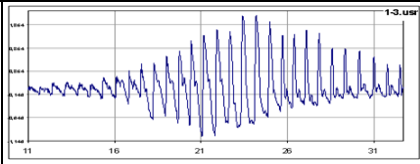
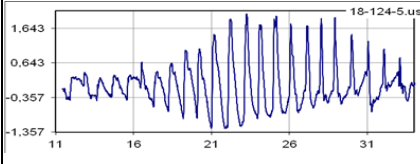
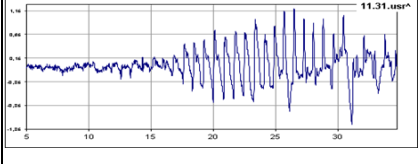
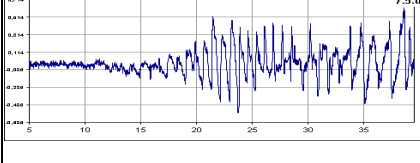
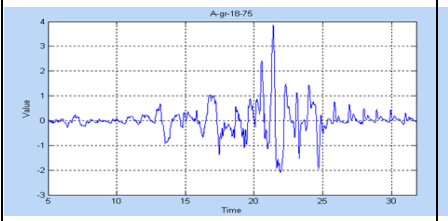
Морфологічний аналіз артеріальних осцилограм

Морфологічна характеристика типу артеріальних осцилограм до та після ортопроби, їх фізіологічна інтерпретація [178] представлені у таблиці 4.11.

Таблиця 4.11

Морфологічна характеристика типу артеріальних осцилограм до та після ортопроби, їх фізіологічна інтерпретація

Типи осцилограм, <i>оцінка</i>	Кількість (у%)		Фізіологічна інтерпретація (за Р.М.Басєвським)	
	Період обстеження			
	Лежачи	Стоячи	Рівень здоров'я	Рівень адаптації

1-й тип <i>Відмінно</i>		5%	5%-	Здоровий	Оптимальна адаптація
2-й тип <i>Добре</i>		28%	28%	Практично здоровий	Напружена адаптація
3-й тип <i>Задовільно</i>		28%-	57%-	Умовно здоровий	Перенапруження адаптації
4-й тип <i>Незадовільно</i>		14%-	14%	Стан передхвороби	Зрив адаптації
5-й тип <i>Вкрай незадовільно</i>		24%-	5%	Хворий	Адаптація до порушень

Як видно з таблиці, у положенні лежачи візуальна характеристика також мала різноманітних характер: від 1-го до 5-го типу. Це, відповідно до інтерпретації рівня здоров'я (за Р.М. Баєвським), характеризує різні рівні здоров'я та адаптаційної здатності: переходу від стану здоров'я до хвороби. Найчастіше зустрічалися 2, 3, 5-й типи АОГ. У 37% обстежених до ортопроби рівень здоров'я був оцінений як стан передхвороби (14%) та хворий (24%).

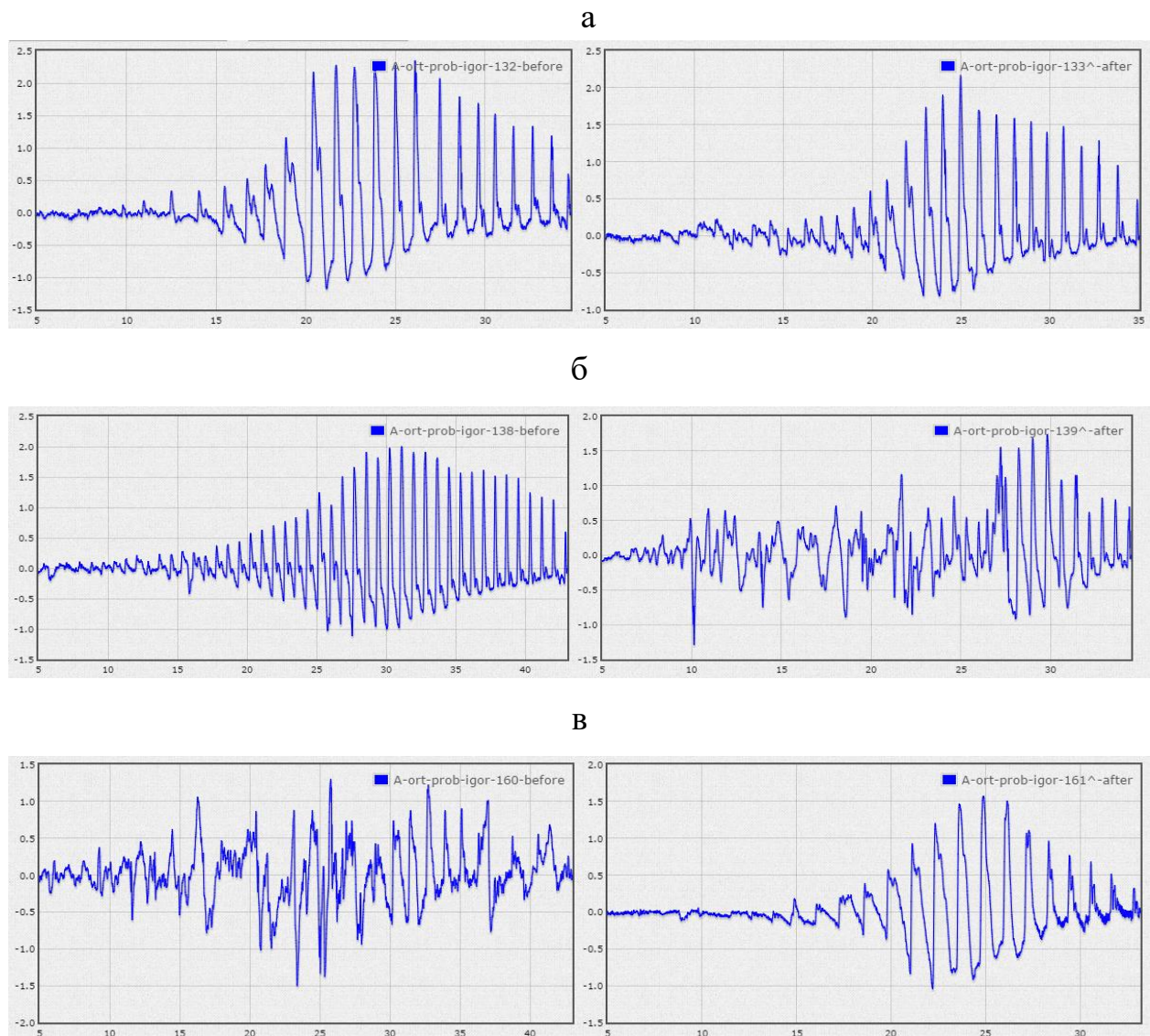
Зміну градацій у бік покращення після ортопроби зареєстровано у 41,2%, погіршення – у 23,5%, обстежених. При цьому, АОГ 5-го типу зменшився з 24% до 5%, перемістившись у бік покращення – до показників 3-го типу (умовно здоровий) з 28 до 57%.

Висновки за розглянутими дослідженнями. Позитивна динаміка візуальних характеристик як окремих пульсацій, так і усієї осцилограми обстежених свідчить про функціональний характер порушень, зумовлених лабільністю АНС (найбільш точного маркера реактивності і резистентності організму) [11, 15, 19, 43], та позитивний вплив навантаження (у вигляді ортопроби) на пульсаційну здатність

судин. Погіршення – про зниження функціональної здатності ССС та надмірне фізичне навантаження.

Відзначене свідчить про доцільність використання АОГ для оцінки стану здоров'я та адаптаційної здатності при масових обстеженнях, при заняттях фізичною культурою та спортом. Особам з 3-м типом АОГ необхідна корекція способу життя, 4-м – обстеження та превентивна реабілітація, з 5-м – негайне обстеження та лікування. Особливо інформативно – при зміні рухової активності хворих, що перебувають на ліжковому режимі. Зазначене дає можливість оцінити адекватність отриманого навантаження. Позитивна динаміка – показник для розширення режиму рухової активності.

На мал. 4.18 зображено варіанти динаміки показників АОГ на активну ортопробу.



Мал. 4.18. Варіанти осцилограм обстежених до (лівий стовпчик) та після (правий стовпчик) ортопроби.

Як видно із цих малюнків, осциляції у відповідь на компресію плеча манжетою у стані спокою та після ортопроби можуть бути різні. У верхньому рядку (А) зареєстрована відмінна реакція судин на компресію як у положенні лежачи, так і після переходу у вертикальне положення. Привертають увагу осцилограми у середньому рядку (Б). Вони належать спортсменці, кандидату у майстри спорту (спортивна ходьба). Порушення гармонійності пульсацій після ортопроби насторожує щодо стану регуляції системою кровообігу (можливого стану перетренованості). Застосування морфологічного аналізу осцилограм дає можливість ранньої діагностики преморбідних станів. Згадана спортсменка потребує поглибленого обстеження. На нижніх осцилограмах (В) після ортопроби покращилась гармонійність пульсацій, що свідчить про функціональний характер порушень. У нижньому рядку зміна характеристик АОГ у обстеженого (№8) з підвищеним АТ (166/80 лежачи та 153/86 мм рт.ст. стоячи) свідчить про функціональний характер зареєстрованих змін, тому показана нормалізація функціонального стану АНС за допомогою фізичних тренувань. Адже перехід від норми до патології, від здоров'я до хвороби відбувається поступово у міру зниження адаптаційних можливостей організму, у міру переходу від напруги регуляторних систем до їх перенапруження і виснаження.

Висновок за розглянутими дослідженнями. Активна ортостатична проба супроводжується незначним підвищенням АТс, АТд, ЧСС. Застосування АОГ при проведенні активної ортостатичної проби може стати ефективним засобом завчасної діагностики преморбідних станів та контролю ефективності результатів лікування та занять фізичними вправами у осіб, що займаються фізичною культурою і спортом.

Результати часового і спектрального аналізу АОГ

Часовий і спектральний аналіз АОГ проведений за показниками максимальних (позитивних, pos) і мінімальних (негативних, neg) екстремумів. Перший свідчить про кардіальний чинник, другий – про судинний чинник гемодинаміки.

Проба Руф'є. Для зручності порівняння при початковому аналізі використано динаміку часового та спектрального аналізу осцилограм при проведенні проби Руф'є. Часовий аналіз проведено шляхом визначення тривалості інтервалів між вершинами осциляцій в процесі зростання компресії плеча за максимальними та мінімальними екстремумами.

З цією метою використані (прийняті в електрокардіографії) такі показники, як SDSD, NN50, pNN50, Mo, AMo, BP, Si, ВІП, ІН, HRV-індекс, RMSSD, RR std, а також – power_osc_stddev – середнє квадратичне відхилення амплітуд. Їх середні

значення: **SDSD** – $0,45 \pm 0,02$ с, **RMSSD** – $0,36 \pm 0,2$ с **pNN50** – $10,6 \pm 0,02$, **Mo** – $0,87 \pm 0,02$ с, **AMo** – $37,1 \pm 1,1\%$, **BP** – $0,6 \pm 0,01$; **IVR** – $75,2 \pm 7,6$, **VPR** – $0,75 \pm 0,03$, **IN** – $32,3 \pm 2,9$, **HVR-index** – $29,2 \pm 0,12$. Порівняно до отриманих з літературних джерел [6] показників, зареєстрованих при аналізі ЕКГ (поданих в дужках), наші дані вкладаються в діапазон їх коливань: Mo ($0,9 \pm 0,03$ с), AMo ($37,5 \pm 3\%$), RMSSD ($0,43 \pm 0,19$ с), pNN50 ($18,1 \pm 13$).

Зразу після навантаження у обстежених на максимальних екстремумах зареєстровано достовірне **зниження** показників **SDSD**, **pNN50**, **Mo** ($P < 0,001$) та **зростання** показників **AMo** ($P < 0,01$), **IVR**, **IN** та **HVR-index**, середнього квадратичного відхилення амплітуд осциляцій ($P < 0,001$), що (за аналогією з ЕКГ) свідчить про зростання симпато-адреналових впливів та підвищення рівня централізації керування системою кровообігу [119].

Спектральний аналіз. Фізичне навантаження сприяло підвищенню показників відсотка потужності спектру низьких (%LF – $P < 0,01$) та наднизьких (%VLF – $P < 0,01$) частот, потужності спектру тета-ритму ($P < 0,01$) та зниженню рівня високих (%HF, $P < 0,01$) частот у загальному спектрі частот. Це свідчить про збільшення активності симпатичного відділу автономної нервової системи, активацію симпатичного судинного центру; спектру VLF – про збільшення активності центру терморегуляції й енергометаболического обміну, а тета-ритму – про зростання централізації впливу на кровообіг [170].

Зміну положення тіла (ортопробу) за показниками часового і спектрального аналізу АОГ вивчено у 21 особи. Досліджувані показники обстежених першої групи у стані спокою достовірно не відрізнялись від аналогічних осіб другої групи. Проте ортостатична проба не викликала очікуваної динаміки (подібної до 30 присідань) досліджуваних показників (табл. 4.12).

Таблиця 4.12

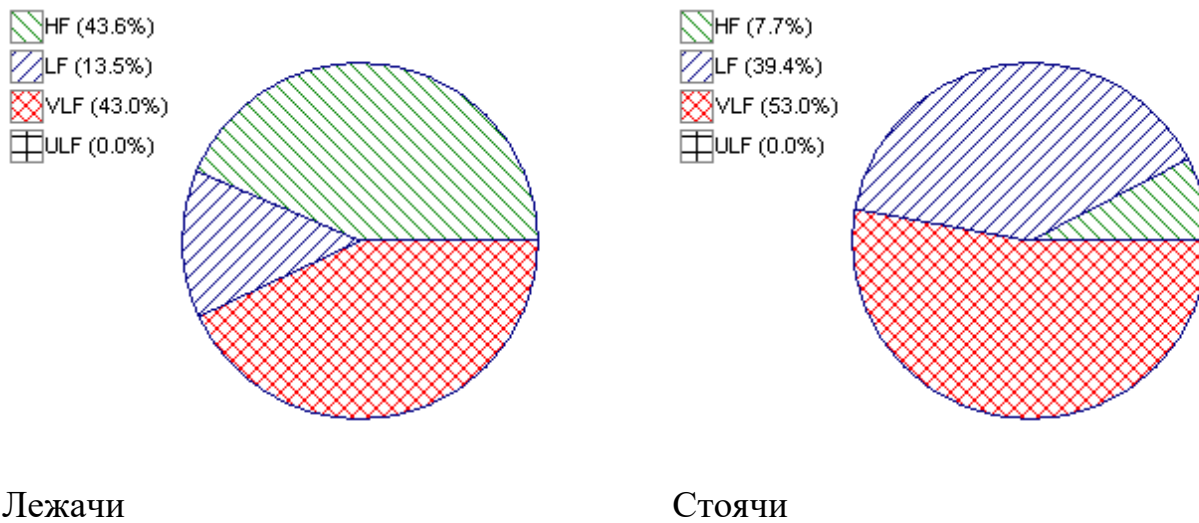
Динаміка показників варіаційної пульсометрії, часового, спектрального аналізу осцилограм при проведенні активної ортостатичної проби

Динаміка досліджуваних показників осцилограм					
Показники, динаміка яких відповідає динаміці при пробі Руф'є			Показники, динаміка яких не відповідає динаміці при пробі Руф'є		
	До ортопроби	Після ортопроби	Показник	До ортопроби	Після ортопроби
SDSD-pos Б-Пс	$0,142 \pm 0,008$	$0,125 \pm 0,008$ С	SDSD-neg	$0,365 \pm 0,012$	$0,380 \pm 0,012$ Пс
NN50-pos Б-Пс	$43,95 \pm 1,329$	$40,34 \pm 1,293$ С	NN50-neg	$62,16 \pm 1,018$	$69,53 \pm 0,991$ Пс
Mo-pos М-С	$1,04 \pm 0,012$	$0,88 \pm 0,012$ С	AMo-pos Б-С	$48,07 \pm 1,363$	$31,01 \pm 1,354$ Пс

Mo-neg	1,05±0,013	0,86±0,013 C	AMo-neg	41,04±1,152–	24,99±1,134 Пс
VPR-pos М-Пс	0,29±0,008	0,54±0,008 C	BP-pos Б-Пс	0,29±0,008	0,44±0,008 Пс
VPR-neg	0,69±0,015	1,04±0,015- C	BP-neg Б-Пс	0,68±0,012	0,75±0,012 Пс
BPM- ЧСС Б-С	62,22±0,793	71,55±0,771 C	IVR-pos Б-С	260,7±15,694	95,74±15,41 Пс
RMSSD 0,43 Б- Пс	0,142±0,008	0,125±0,008 C	IVR-neg Б-С	75,56±3,779	36,34±3,703 Пс
			IN-pos Б-С	148,3±10,539	42,35±10,33 Пс
			IN-neg	43,01±2,546–	17,35±2,493 Пс
			HVR- index-pos Б-Пс!	31,039±0,713	37,020±0,69 Пс
			HVR- index-neg	30,06±0,743	41,23±0,724 Пс
			Total-04	110.0±134.2	72.0±113.4
			VLF	19,19±2.31,8	12.00±160.2
			LF	46±3,5	11±0,4
			HF	1480±342.5	1200±231,8

Порівняльний аналіз динаміки досліджуваних показників на активну ортопробу засвідчив відсутність однотипної (з пробою Руф'є [180] реакції показників часового та спектрального аналізу осцилограм обстежених як за позитивними, так і негативними екстремумами (табл. 4.12). У лівій частині таблиці містяться показники осцилограм, динаміка яких на ортопробу відповідає динаміці на пробу Руф'є, у правій – не співпадає з нею. Для оцінки отриманих результатів скористались даними Р.М. Баєвського [170] про наявність двох взаємопов'язаних механізмів регуляції серцевого ритму при ортостатичних впливах: специфічного (вазомоторного, пов'язаного з регуляцією судинного тонусу) і неспецифічного симпато-адреналового. Згадана інформація дає можливість висловити гіпотезу, що при проведенні активної ортопроби показники у лівому стовпчику зумовлені активацією неспецифічного (симпато-адреналового) механізму. А показники у правому стовпчику – специфічного (вазомоторного, пов'язаного з регуляцією судинного тонусу) механізму [205). Можна передбачити, що показники у лівому стовпчику залежать від активності лише серцевого чинника гемодинаміки, у правому – серцевого і судинного разом або лише судинного.

На малюнку 4.19 зображена динаміка показників спектрального аналізу АОГ при проведенні активної ортостатичної проби.



Мал. 4.19. Діаграма динаміки показників спектрального аналізу АОГ при проведенні активної ортостатичної проби.

Висновки за розглянутими дослідженнями. За результатами часового і спектрального аналізу АОГ можна прийти до висновку, що ортопроба (за більшістю показників негативних екстремумів) викликає зростання активності парасимпатичної ланки АНС і, відповідно, розширення периферійних судин.

Підвищення АТд зумовлене напруженням судинної стінки, пов'язаним з розміщенням більшої кількості крові внаслідок її перерозподілу, зумовленого гравітаційним навантаженням [157]. При пробі Руф'є подібного не спостерігалось: при аналізі АОГ за негативними екстремумами реєструвалась активація симпатичної ланки АНС і, відповідно, збільшення тонуусу периферійних судин [180].

Достовірність висновків підтверджується наступним:

1. Особливості контингенту обстежених.

Обстеженню підлягали молоді, без скарг на стан здоров'я особи, що займаються спортом.

Відсутність вікових змін з боку системи кровообігу.

Отримані показники вихідного стану за показниками АОГ відповідають загальноприйнятим в літературі [169] та мали високий рівень кореляційного зв'язку з показниками ВСР синхронно записаної авторами ЕКГ.

2. Особливості реакції на фізичне навантаження (проба Руф'є).

Динаміка показників є достовірною і співпадає з даними інших авторів про характер реакції на стресову ситуацію: зростання симпато-адреналових впливів та підвищення рівня централізації керування системою кровообігу.

Отримані показники мають високий рівень кореляційних зв'язків з показниками ВСП електрокардіосигналу, зареєстровані до та після проби Руф'є.

Вивчення досліджуваних показників через 2 хвилини відпочинку засвідчило їх відновлення. В окремих осіб вони виявились навіть нижчими, ніж до навантаження, що вказує на високий рівень адаптаційних можливостей системи кровообігу обстежених.

3. Обстеження проводились за допомогою одного і того ж приладу (ВАТ 41-2) для вимірювання артеріального тиску. Аналіз осцилограм проводився за однією і тією ж програмою, за допомогою ПК Оранта-АО [195].

4. Вихідні дані до навантаження відповідали таким у осіб 2 групи.

Все це дало можливість провести порівняльний аналіз часового та спектрального аналізу осцилограм після виконання проби Руф'є та активної ортостатичної проби.

Висновки

Загальні висновки засвідчують, що застосування морфологічного, часового, спектрального аналізу АОГ при проведенні активної ортостатичної проби може стати ефективним засобом завчасної діагностики преморбідних станів, контролю ефективності результатів лікування та занять фізичними вправами та спортом. Використання при цьому розробленого авторами ПК Оранта-АО дає можливість лікарю (як і пацієнту) в офлайн чи онлайн режимі, зразу після вимірювання артеріального тиску отримати висновки щодо стану ССС та її регуляторних механізмів.

4.2. ЗАСТОСУВАННЯ АРТЕРІАЛЬНОЇ ОСЦИЛОГРАФІЇ У КЛІНІЧНІЙ ПРАКТИЦІ

4.2.1. Порівняльний аналіз реакції периферійних судин лівого та правого плеча на зростаючу компресію під час вимірювання артеріального тиску

Д.В. Вакуленко, Л.О. Вакуленко)

Актуальність теми. При проведенні вимірювання артеріального тиску на обох руках нерідко спостерігається різниця показників.

Мета досліджень. Зареєструвати АОГ на правому та лівому плечі, провести морфологічний аналіз за 8 критеріями, порівняти отримані результати.

Матеріал і методи досліджень. Обстежено 31 особу без скарг на стан здоров'я, віком 18-24 років. АОГ реєстрували за допомогою електронного вимірювача тиску на плечах правої і лівої руки під час вимірювання артеріального тиску. Усього зареєстровано 62 АОГ, проведено їх порівняльний аналіз. Морфологічний аналіз АОГ включав візуальну характеристику усієї осцилограми та її окремих пульсацій [36, 38, 40]. Розглянуто можливості застосування отриманої інформації для оцінки адаптаційних можливостей серцево-судинної системи, ранньої діагностики преморбідних станів та моніторингу захворювань серцево-судинної системи [36, 38].

Дослідження, вивчення, оцінка, порівняльний аналіз стану периферійних судин правого і лівого плеча проведені шляхом реєстрації артеріальної осцилограми електронним вимірювачем тиску, її аналізу та оцінки за допомогою методів морфологічного аналізу [36, 38, 40].

Використано 8 критеріїв: 1) форма огинаючих за максимальними та мінімальними екстремумами; 2) наявність порушення ритмічності осциляцій, 3) реакція судин на початок компресії (до досягнення діастолічного тиску); 4) реакція судин ділянки плеча на компресію за амплітудою, наявністю та кількістю екстремальних (з нерівномірним збільшенням амплітуд) осциляцій (гармонійність зростання та зниження амплітуди коливань); 5) кількість максимальних за амплітудою осциляцій; 6) форма верхніх екстремумів осциляцій на початку компресії; 7) характер зміни площі висхідної частини осциляцій; 8) характер зміни площі низхідної частини осциляцій [36, 38].

Аналіз за кожним із вказаних критеріїв проводився в дослідницькому середовищі аналізу біосигналів шляхом порівняння з погрупованими на 5 типів за ваговими коефіцієнтами. Кожний з них визначали окремо, залежно від ступеня відхилення від основних критеріїв, прийнятих нами за норму (розділ II, мал 2.8–2.16) Ознаки «погіршення» характеристик зростають від 1 до 5 [36, 38].

Результати досліджень та їх аналіз

Результати візуального аналізу артеріальних осцилограм за кожним із критеріїв дав можливість зареєструвати результати, наведені в табл 4.13.

Таблиця 4.13

Порівняльна оцінка стану периферійних судин правого і лівого плеча за результатами морфологічного аналізу осцилограм осіб 18-24 років (здорові)

Критерії оцінки осцилограм		Оцінка критерію за ваговими коефіцієнтами		Різниця між ваговими коефіцієнтами
№	Назва	Ліве плече	Праве плече	

		Середнє значення $M \pm m$	Переважаючий номер критерію	Середнє значення $M \pm m$	Переважаючий номер критерію	обох плечей (y%)	
						0-1*	3 і > **
1	Форма огинаючих	2,4 ± 0,266	2	3,8 ± 0,219	4	56%	44%
2	Порушення ритмічності осциляцій	3,2 ± 0,182	2	2,7 ± 0,197	2	71%	29%
3	Реакція судин на початок компресії	2,4 ± 0,166	2	1,8 ± 0,139	1	68%	32%
4	Гармонійність зміни амплітуди коливань, наявність та кількість екстремальних осциляцій	2,5 ± 0,161	3	3,0 ± 0,149	1	68%	32%
5	Кількість максимальних за амплітудою осциляцій	2,4 ± 0,194	3	2,5 ± 0,148	2	62%	38%
6	Форма верхніх екстремумів осциляцій на початку компресії	2,7 ± 0,116	3	2,6 ± 0,225	3	68%	32%
7	Характер зміни площі висхідної частини осциляцій	3,0 ± 0,209	3	3,5 ± 0,155	3	75%	25%
8	Характер зміни площі низхідної частини осциляцій	3,5 ± 0,238	4	4,0 ± 0,156	4	56%	44%
	Середнє значення та достовірність	2,94 ± 0,21	2,75	2,95 ± 0,21	2,5	65,5%	64,5%

Примітка: 0-1* – вагові коефіцієнти відрізняються не більше, ніж на 1 критерій (були схожі), 3 і >** – вагові коефіцієнти відрізнялися на 3 критерії і більше.

Як видно з таблиці, реакція судин правого і лівого плеча на зростаючу компресію манжетою була неоднакова за усіма критеріями, в окремих випадках – значно відрізнялась. Найменша різниця реєструвалась при визначенні характеру зміни площі висхідної частини осциляцій. У 75% випадків (у 23 обстежених) вони виявились однаковими або відрізнялись лише за 1 критерієм, тобто тривалість швидкого вигнання крові зі шлуночків під час систоли виявилась однаковою на обох плечах.

Тривалість висхідної частини осциляцій відображає потужність пульсової хвилі, створеної систолічним викидом [58]. Відсутність значної різниці свідчить про однакову швидкість поширення пульсової хвилі, зумовленої швидким вигнанням крові із лівого шлуночка під час систоли на маршруті серце-плече з обох боків у 75% обстежених. Вважаємо, що зазначене значною мірою залежить

від анатомічних особливостей судинного русла. Ліва підключична артерія (*arteria subclavia sinistra*) відходить безпосередньо від дуги аорти, а права підключична артерія (*arteria subclavia dextra*) – від аорти відходить у складі плечеголового стовбуру (*truncus brachiocephalicus*) довжиною до 4 см.

Водночас тривалість катакрати (повільне вигнання крові із шлуночків, дикротична хвиля (зворотний удар крові об замкнуті аортальні клапани) та діастоли виявились однаковими лише у 56% (17 осіб) обстежених. Це зумовлено тим, що великі судини, у тому числі аорта – це судини еластичного типу, тому протягом систоли вони діють як ємність, яка накопичує частину вигнаного об'єму крові, який потім під час діастоли прощтовхується в периферійні судини [58]. *Неоднорідність* реакції судинної стінки на наростання компресії зумовлена анатомічними особливостями відстані від аорти до обох плечей, рівнями функціональної здатності нервово-рефлекторних механізмів регуляції артеріального тиску та пружно-еластичних властивостей судинної стінки [87].

Лише у 17 обстежених (56%) була відсутньою або мінімальною різниця в характеристиках огинаючих. За усіма іншими показниками різниця у вагових критеріях становила 3 та більше. При цьому за реакцією судин на початок компресії та гармонійністю зміни амплітуди коливань, наявністю і кількістю екстремальних осциляцій вагові характеристики на правому плечі були кращими (усі – 1-й тип), ніж на лівому (2-3-й тип). За іншими характеристиками вони практично не відрізнялись. Різний (часом протилежний) напрямок змін досліджуваних критеріїв на правому і лівому плечі сприяли тому, що різниця між ними не виявила достовірності ($2,94 \pm 0,208$ на лівому і $2,95 \pm 0,210$ – на правому плечі).

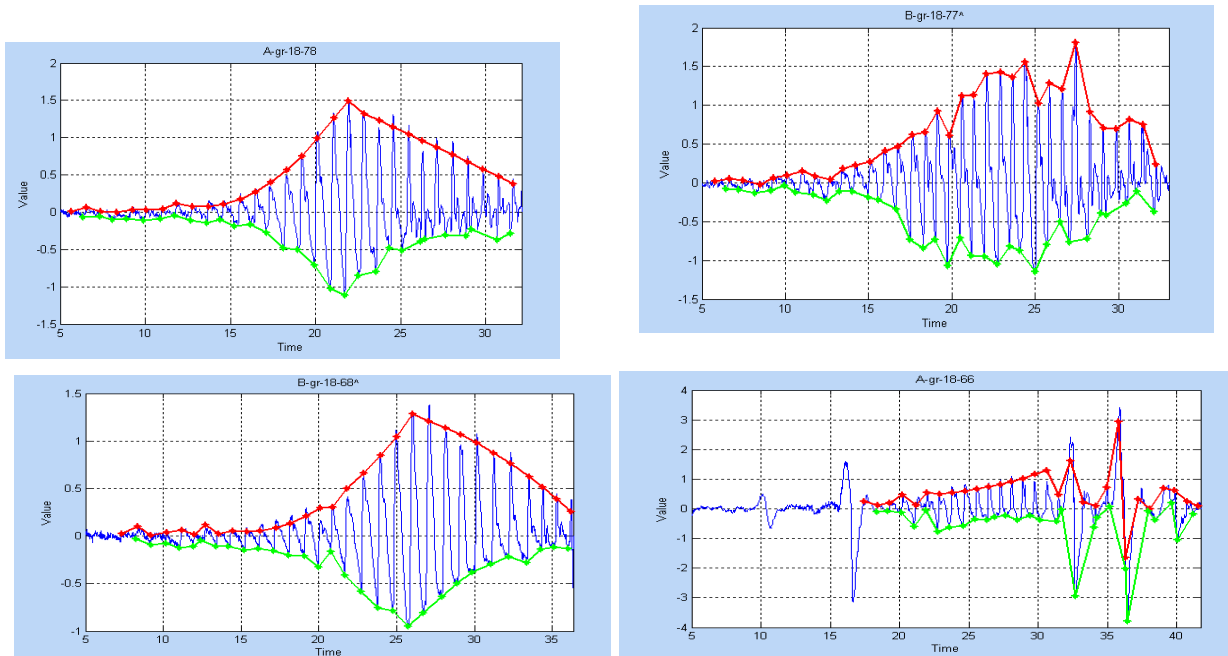
Незначна асиметрія показників морфологічного аналізу (в межах 1-2 критеріїв) може бути зумовлена індивідуальними особливостями обстеженого, послідовністю (а не одночасністю) реєстрації осцилограм, певною суб'єктивністю їх оцінки.

На окремих осцилограмах реєструвались значні відхилення від визначених нами критеріїв норми. Осцилограми, на яких реєструвалось найменше і найбільше відхилення від визначеної нами норми, представлені на малюнках нижче (мал. 4.20). У лівому стовпчику розміщені осцилограми лівого плеча, у правому – правого; у верхньому рядку – пари осцилограм правого і лівого плеча, які найменше відрізнялись між собою, у нижньому – найбільше. У дужках подані закодовані номери обстежених: перший код – осцилограми обстеженого верхнього рядка, другий – нижнього (мал. 4.20, 1-6).

1) *Перший критерій*. Аналіз огинаючої (мал. 4.20.1).

У 17 обстежених (56%) була відсутня або мінімальна різниця в характеристиках огинаючих, що свідчить про адекватну реакцію судин передпліччя на поступово зростаючу компресію. У 14 осіб вони відрізнялись за 3 і більше критеріями. При цьому на правому плечі ці відхилення були більш виражені (середнє значення відхилень за ваговими критеріями – 3,8, на лівому – 2,4).

Для прикладу: АОГ обстеженого С. (19 р.) (верхній рядок) та П. (18 р.) (нижній рядок) зображені на мал. 4.20.1.



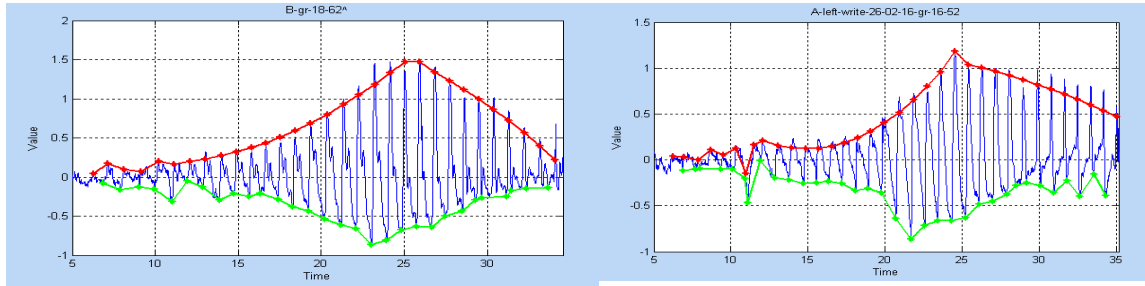
Мал. 4.20.1. АОГ обстеженого С. (19 р.) (верхній рядок) та П. (18 р.) (нижній рядок)

Примітка. На малюнках 4.20–4.21: зліва – АОГ, зареєстровані на лівому плечі, справа – на правому плечі.

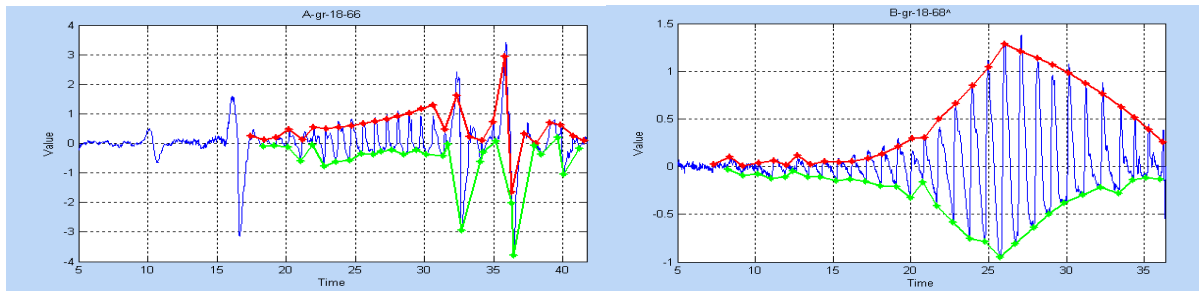
2. *Другий критерій.* Порушення ритмічності осциляцій (П., 20 р.) та П., (18 р.), мал. 4.20.2.

Оцінка другого критерію – величина аритмії – показала, що середнє значення показників для лівої руки становить 3,2 та найчастіше спостерігалась ознака під номером 2 – огинаюча за максимумами рівномірно зростає та спадає; огинаюча за мінімумами має аналогічну форму, розміщену рівномірно від осі X, лише окремі максимума осциляцій незначно відхиляються від неї. Середнє значення показників для правої руки становить 2,7, та найчастіше спостерігається ознака під номером 2. Найбільш вираженим це показник представлений на мал 4.20.2. В результаті аналізу артеріальних осцилограм лівої та правої руки спостерігались артеріальні осцилограми, вагові коефіцієнти яких відрізнялися не більше ніж на 1 (були схожі),

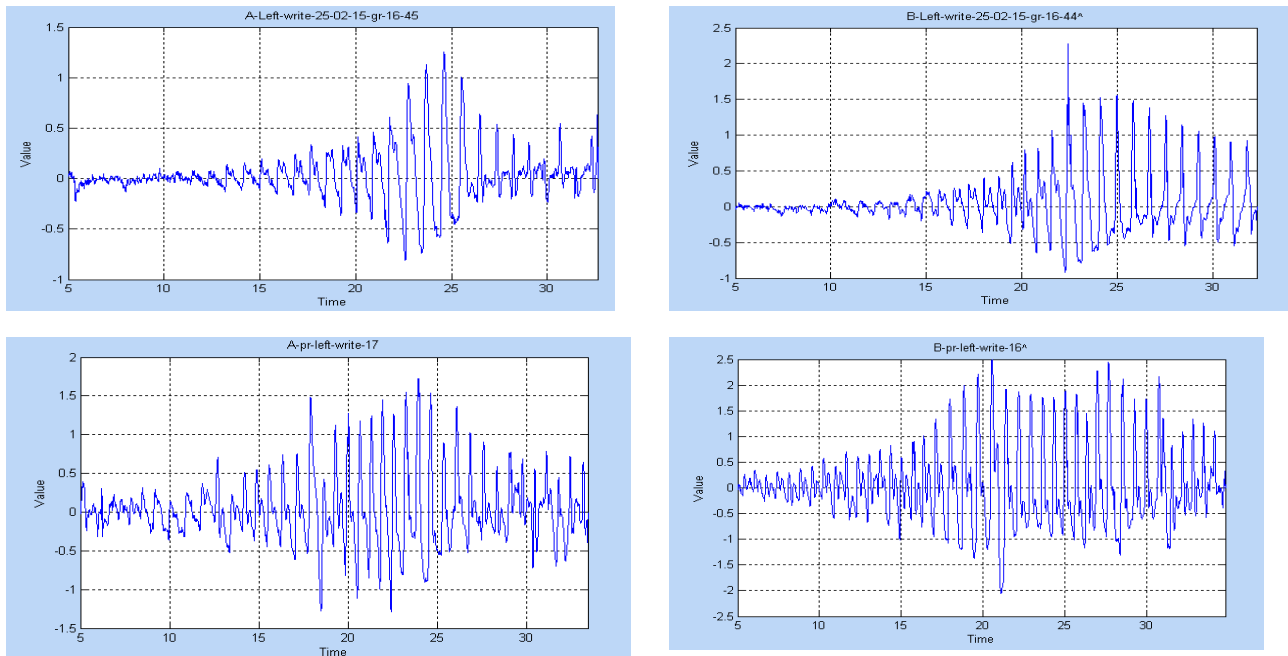
кількість таких обстежуваних складає близько 71%, а в 3% вони відрізнялися на понад 2 критерії.



Мал. 4.20.2.



3. Третій критерій. Реакція судин на початок компресії у обстежених Л. (18.р) та Т. (19 р.) зображені на мал. 4.20.3.

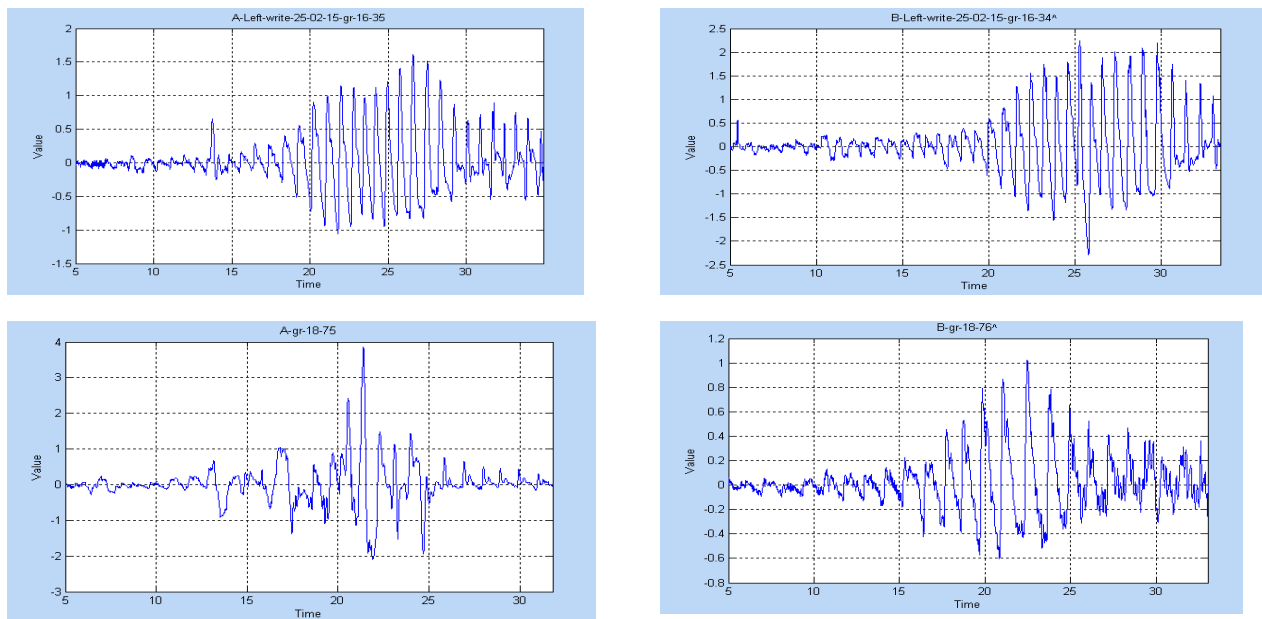


Мал. 4.20.3.

Оцінка третього критерію – реакція судин на початок компресії – показала, що середнє значення показників для лівої руки становить 2,4, відповідно показник

2 спостерігався найчастіше – на початку компресії амплітуда осциляцій змінюється нерівномірно, на висхідній частині осциляції додаткові хвилі відсутні, на низхідній частині реєструються різнохарактерні дрібні осциляції. Середнє значення для правої руки становить 1,8, та найчастіше спостерігався показник під номером 1 – на початку компресії амплітуда осциляцій рівномірно зростає, на висхідній частині осциляцій додаткові хвилі відсутні, на низхідній частині реєструється незначна кількість рівномірно розміщених однотипних дрібних осциляцій. В результаті аналізу артеріальних осцилограм лівої та правої руки спостерігались артеріальні осцилограми, вагові коефіцієнти яких відрізнялися не більше ніж на 1 (були схожі), кількість таких обстежуваних складає близько 68%, а в 6% вони відрізнялися більше ніж на 2.

4. *Четвертий критерій.* Реакція судин ділянки плеча на компресію за амплітудою, кількістю та наявністю екстремальних осциляцій (Л., 18 р. та Б., 19 р.), мал. 4.20.4.

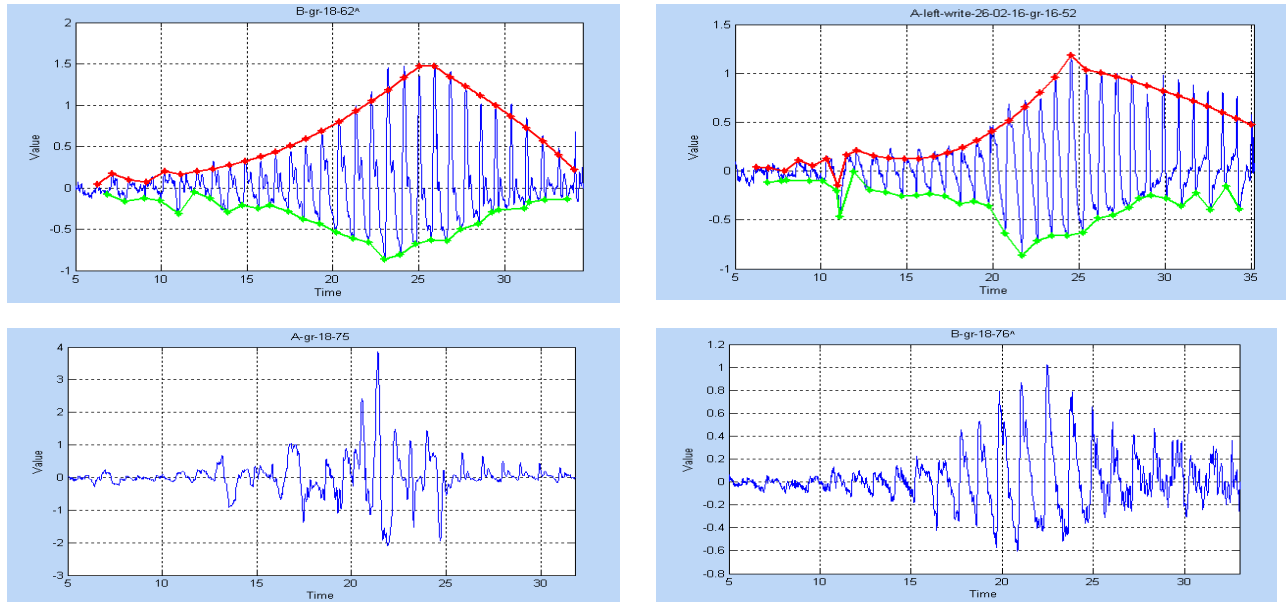


Мал. 4.20.4.

Оцінка четвертого критерію – реакція тканин ділянки плеча на компресію за амплітудою, кількістю та наявністю екстремальних осциляцій- показала, що середнє значення показників для лівої руки становить 2.5, але найчастіше спостерігався показник під номером 3 – на осцилограмі спостерігаються декілька осциляцій зі зростанням їх амплітуди не більше ніж на 50% від поруч розміщених. Середнє значення показників для правої руки становить 3.0 та відповідно цей показник спостерігається найчастіше. В результаті аналізу артеріальних осцилограм лівої та правої руки спостерігались артеріальні осцилограми, вагові

коефіцієнти яких відрізнялися не більше ніж на 1 (були схожі), кількість таких обстежуваних складає близько 68%, а в 3% вони відрізнялися більше ніж на 2.

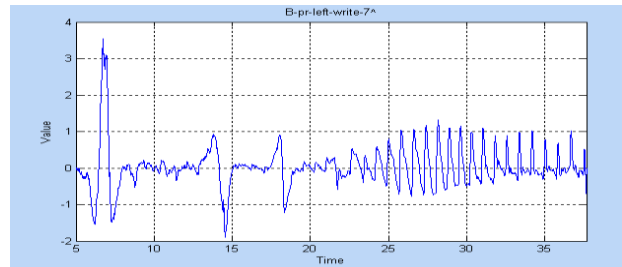
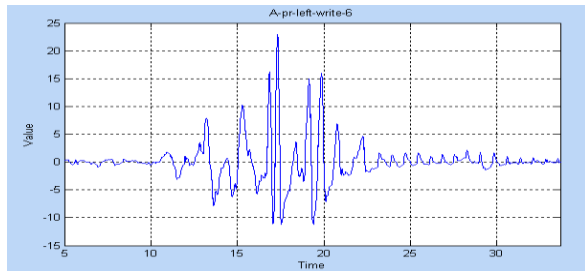
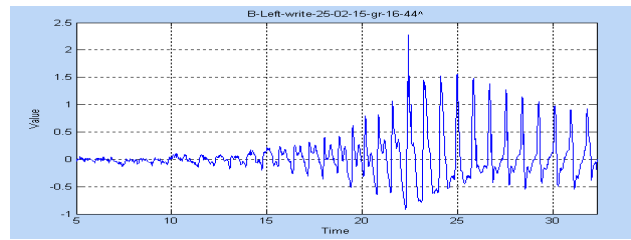
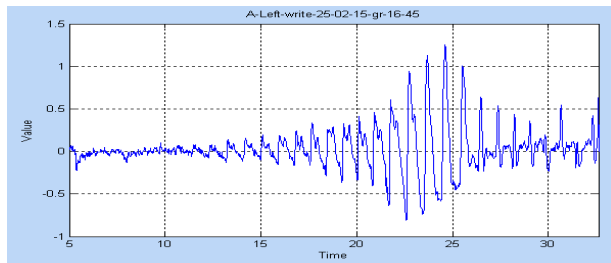
5. *П'ятий критерій.* Кількість максимальних за амплітудою осциляцій (П., 20 р. та Б. 19 р.), мал. 4.20.5.



Мал. 4.20.5.

Оцінка п'ятого критерію – кількість максимальних за амплітудою осциляцій – показала, що середнє значення показників для лівої руки становить 2,4, та найчастіше спостерігався показник під номером 3 – кількість максимальних осциляцій 6-9, які за амплітудою незначно відрізняються. Середнє значення показників для правої руки становить 2,5, та найчастіше зустрічається показник під номером 2 – кількість максимальних осциляцій – 3-5, які за амплітудою незначно відрізняються. В результаті аналізу артеріальних осцилограм лівої та правої руки спостерігались артеріальні осцилограми, вагові коефіцієнти яких відрізнялися не більше ніж на 1 (були схожі), кількість таких обстежуваних складає близько 62%, а в 3% вони відрізнялися більше ніж на 2.

6. *Шостий критерій.* Форма верхніх екстремумів осциляцій на початку компресії (Т., 18 р. та Б., 19 р.), мал. 4.20.6.



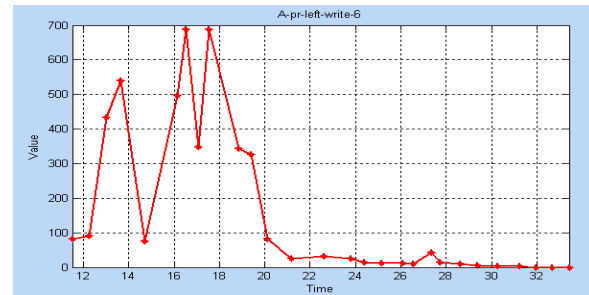
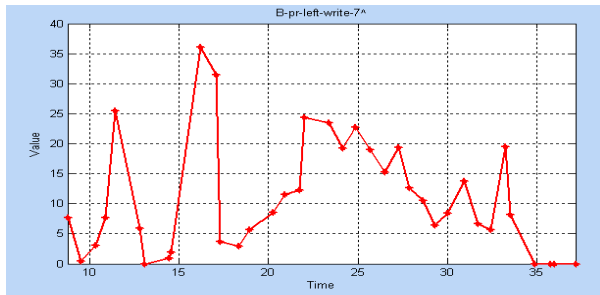
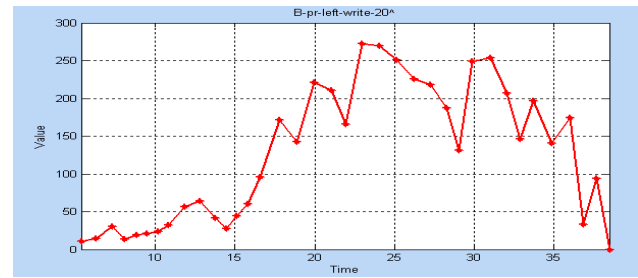
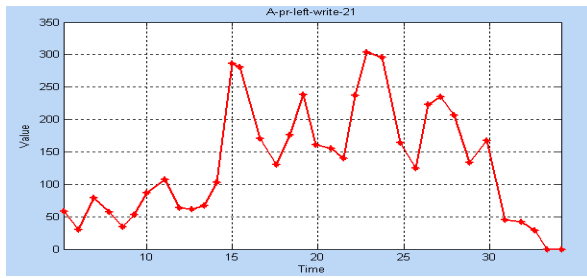
Мал. 4.20.6.

Мал. 4.20. 1-6. Осцилограми, на яких реєструвалось найменше (верхній рядок) і найбільше (нижній рядок) відхилень від визначеної нами норми на лівому (зліва) та правому (справа) плечі кожного із 6 критеріїв.

Примітка: по осі X – час реєстрації артеріальної осцилограми (с), по осі Y – значення коливань тиску в манжеті під впливом пульсацій судинної стінки (мм. рт. ст.).

Оцінка шостого критерію – форма верхніх екстремумів осциляцій на початку компресії – показала, що середнє значення показників для лівої руки становить 2,7 та найчастіше спостерігався критерій під номером 3 – дикротичний зубець біля вершини зберігається, в процесі компресії – перевищує її, вершини двогорбі. Середнє значення показників для правої руки становить 2,6, та найчастіше спостерігався показник під номером 3. В результаті аналізу артеріальних осцилограм лівої та правої руки спостерігались артеріальні осцилограми, вагові коефіцієнти яких відрізнялися не більше ніж на 1 (були схожі), кількість таких обстежуваних складає близько 68%, а в 2% вони відрізнялися більше ніж на 2.

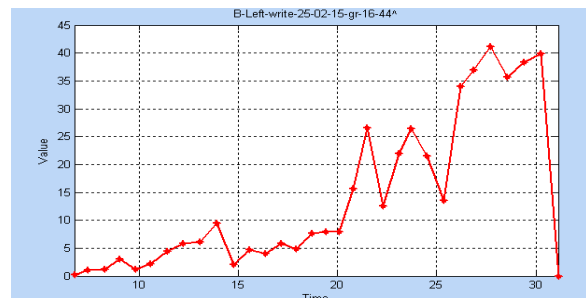
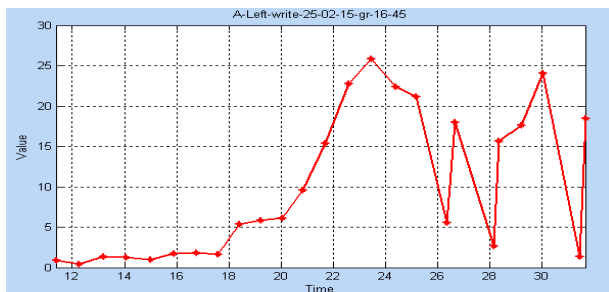
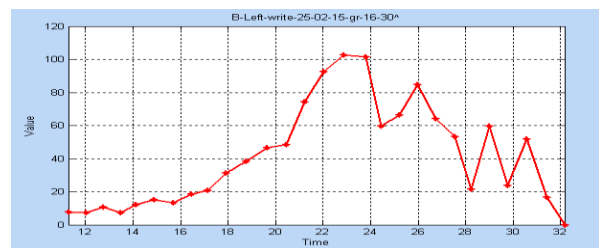
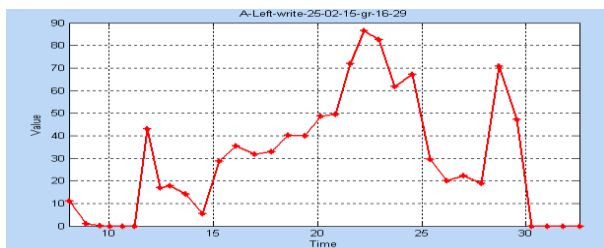
7. *Сьомий критерій.* Характер зміни площі висхідної частини осциляцій (К., 18 р. та К. 19 р.), мал. 4.21.1.



Мал. 4.21.1.

Оцінка сьомого критерію – характер зміни площі висхідної частини осциляцій – показала, що середнє значення показників для лівої руки становить 3,0, та найчастіше спостерігався показник під номером 3 – площа осциляцій змінюється нерівномірно, коливання площ значні. Середнє значення показників для правої становить 3,5, та найчастіше спостерігався показник під номером 3. В результаті аналізу артеріальних осцилограм лівої та правої руки спостерігались артеріальні осцилограми, вагові коефіцієнти яких відрізнялися не більше ніж на 1 (були схожі), кількість таких обстежуваних складає близько 75%, а в 3% вони відрізнялися більше ніж на 2.

8. *Восьмий критерій.* Характер зміни площі низхідної частини осциляцій (Т., 19 р. та Б., 19 р.), мал. 4.21.2.



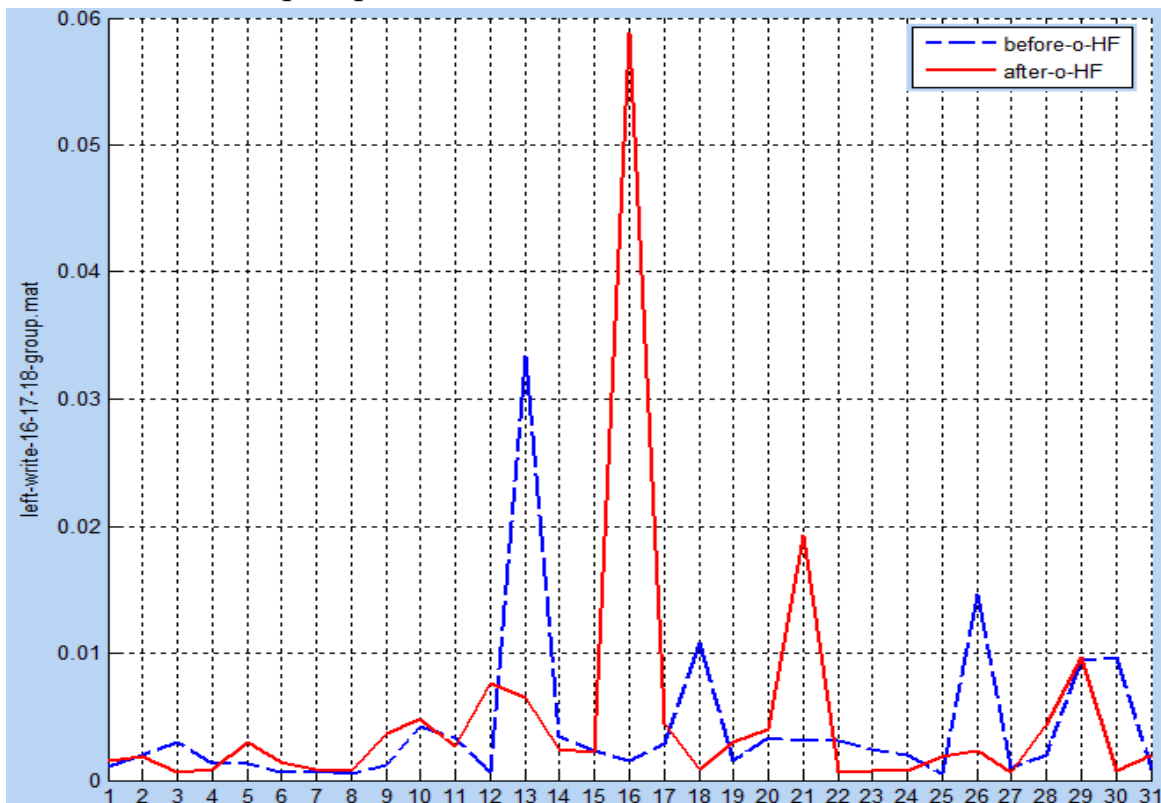
Мал. 4.21.2.

Мал. 4.21 (1-2). Площі висхідної (1) та низхідної (2) частин пульсацій осцилограм, на яких реєструвалось найменше (верхній рядок) і найбільше (нижній рядок) відхилень від визначеної нами норми на лівому (зліва) та правому (справа) плечі.

Примітка по осі X – час реєстрації артеріальної осцилограми (с), по осі Y – №7 – площі висхідної, №8 – площі низхідної частини осциляцій (мм²).

Аналіз показав, що середнє значення показників для лівої руки становить 3,5, проте найбільш часто спостерігався показник під номером 5 – площа осциляцій змінюється значно та хаотично. Середнє значення показників для правої руки становить 4, та, відповідно, цей показник найчастіше зустрічається – площа осциляцій змінюється хаотично. В результаті аналізу артеріальних осцилограм лівої та правої руки спостерігались артеріальні осцилограми, вагові коефіцієнти яких відрізнялися не більше ніж на 1 (були схожі), кількість таких обстежуваних складає близько 56%, а в 21% вони відрізнялися більше ніж на 2.

Відхилення показників морфологічного аналізу від визначених нами критеріїв норми у пацієнта Б. 19 (номер дослідження 6) та деяких інших підтвердились результатами спектрального аналізу (мал. 4.22), у якому на фоні незначної асиметрії показників HF інших обстежених реєструвалась значна відмінність згаданого критерію.



Мал. 4.22. Показники потужності спектру HF на правому та лівому плечі; 31 обстежених, метод реєстрації – послідовний.

Примітка: переривчастий графік – до навантаження; графік, відображений суцільною лінією, – після нього.

Висновки

При проведенні морфологічного аналізу артеріальних осцилограм правого і лівого плеча асиметрія стану периферійного кровообігу зареєстрована у кожного обстеженого (31 особа). Ступінь проявів асиметрій була різною і залежала від оцінюваного критерію та індивідуальних особливостей обстеженого. Найменше відхилень від визначеної нами норми та різниці між осцилограмами обох плечей виявлено при визначенні характеру зміни площі висхідної частини осциляцій (25%), найбільше – характеру зміни площі низхідної частини осциляцій та за формою огинаючих (44%). При цьому за формою огинаючі виявились «гіршими» на правому плечі, тимчасом як за реакцією судин на початок компресії, гармонійністю зміни амплітуди коливань, наявністю і кількістю екстремальних осциляцій на правому плечі були «кращими».

На осцилограмах окремих обстежених зареєстрована не лише асиметрія кровонаповнення обох плечей, а й значні відхилення від визначених нами критеріїв норми на кожному з них (мал.4.20.6. – нижній рядок). Так, обстеженим Б. 19 р. та Т. 18 р. необхідно звернутися до лікаря для поглибленого обстеження з метою визначення причини виявлених відхилень.

Зареєстрована асиметрія стану судин правого і лівого плеча насамперед зумовлена анатомічними особливостями судинного русла. Ліва підключична артерія (*arteria subclavia sinistra*) відходить безпосередньо від дуги аорти, а права підключична артерія (*arteria subclavia dextra*) – від аорти відходить у складі плечеголовного стовбуру (*truncus brachiocephalicus*) довжиною до 4 см. Це спільно для всіх обстежених. Крім цього, асиметрія залежить від індивідуальних особливостей організму обстежених: ступеня та якості реакції судин плеча на компресію, нервово-рефлекторних впливів на їх стан, пружно-еластичних властивостей судинної стінки, які зумовлені особливостями їх структури (індивідуальними, віковими, патологічними), тонічним напруженням м'язового шару судинної стінки, ступенем пасивного напруження судинної стінки [87]. До останніх відносять циркуляторні реакції нервового походження – барорецепторні, хеморецепторні, рефлекс на ішемію ЦНС, які контролюють різні параметри кровообігу і постійно інформують центральну нервову систему про зміни, що виникають [25, 36, 38]. Вважаємо, що не виключена і їх залежність від переважної «працюючої» руки, що потребує подальших підтверджень.

Отримана інформації може використовуватись для оцінки адаптаційних можливостей серцево-судинної та автономної нервової систем, ранньої діагностики

преморбідних станів та моніторингу захворювань серцево-судинної системи [26, 27].

4.2.2. Інформативне значення застосування артеріальної осцилографії з використанням ПК Оранта-АО для раннього виявлення, діагностування та прогнозування захворювань серцево-судинної системи

Д.В. Вакуленко, Л.О. Вакуленко

Актуальність теми. Варіабельність серцевого ритму широко використовують при захворюваннях серцево-судинної системи (ССС), що має важливе діагностичне та прогностичне значення. Робочою групою з вивчення ВСР Європейського товариства кардіологів та Північноамериканського електрофізіологічного товариства були зроблені основні висновки про клінічне значення аналізу ВСР у пацієнтів з ішемічною хворобою серця (ІХС) та гострим інфарктом міокарда (ГІМ): зниження ВСР є самостійним прогностичним фактором підвищеного ризику виникнення загрозливих для життя станів [47]. Подібні дані відомі для показників систолічної функції лівого шлуночка у хворих із застійною серцевою недостатністю (внаслідок гіпертонічної хвороби, ІХС, дилатаційної кардіоміопатії) [16, 165, 259, 260]. У хворих з нестабільною стенокардією виявлено значне зниження показників ВСР, яке корелює зі зниженням сегмента ST на ЕКГ [260].

Відомо, що АНС відіграє провідну роль не лише в регуляції діяльності серця. Симпатичні та парасимпатичні нервові волокна забезпечують також регуляцію судинного тону, забезпечуючи пристосування місцевого кровотоку до функціональних потреб організму [191, 259]. Водночас у доступній фаховій літературі ми не знайшли даних про дослідження ВСР щодо вивчення судинного чинника гемодинаміки.

Мета досліджень. Вивчити і оцінити літературні джерела щодо стану ВНС при захворюваннях ССС за результатами математичного аналізу ВСР електрокардіосигналу. Вивчити і оцінити стан ВНС, ССС та функціональну здатність серцевого і судинного чинників гемодинаміки пацієнтів із захворюваннями ССС до компресії судин плеча при вимірюванні артеріального тиску за допомогою (запропонованих авторами роботи) інформаційних технологій часового та спектрального аналізу АОГ. Обґрунтувати їх інформативність, оцінити клініко-діагностичні можливості АОГ як методу та інтегрувати отримані результати в експертну систему ПК Оранта-АО.

Матеріали та методи досліджень. Обстежено 171 особу віком 18-55 років. Всі дали письмову згоду на участь у клінічних обстеженнях. Серед них 101 особа – без скарг на стан здоров'я, та 70 осіб – із захворюваннями серцево-судинної системи, зумовленими хронічною ішемічною хворобою серця, артеріальною гіпертензією та поєднанням їх із серцевою недостатністю I–II ФК (zareєстровані в амбулаторній карті). Перші були віднесені до контрольної, другі – основної групи досліджень. Проводився часовий та спектральний аналіз АОГ, zareєстрованих у стані спокою за загальноприйнятою методикою. При цьому вивчали АМо, ІН, ІVР (показники часового аналізу) та ТР, VLF, LF, HF (показники спектрального аналізу), а також – показник активності регуляторних систем (ПАРС) [171].

Результати досліджень та їх аналіз

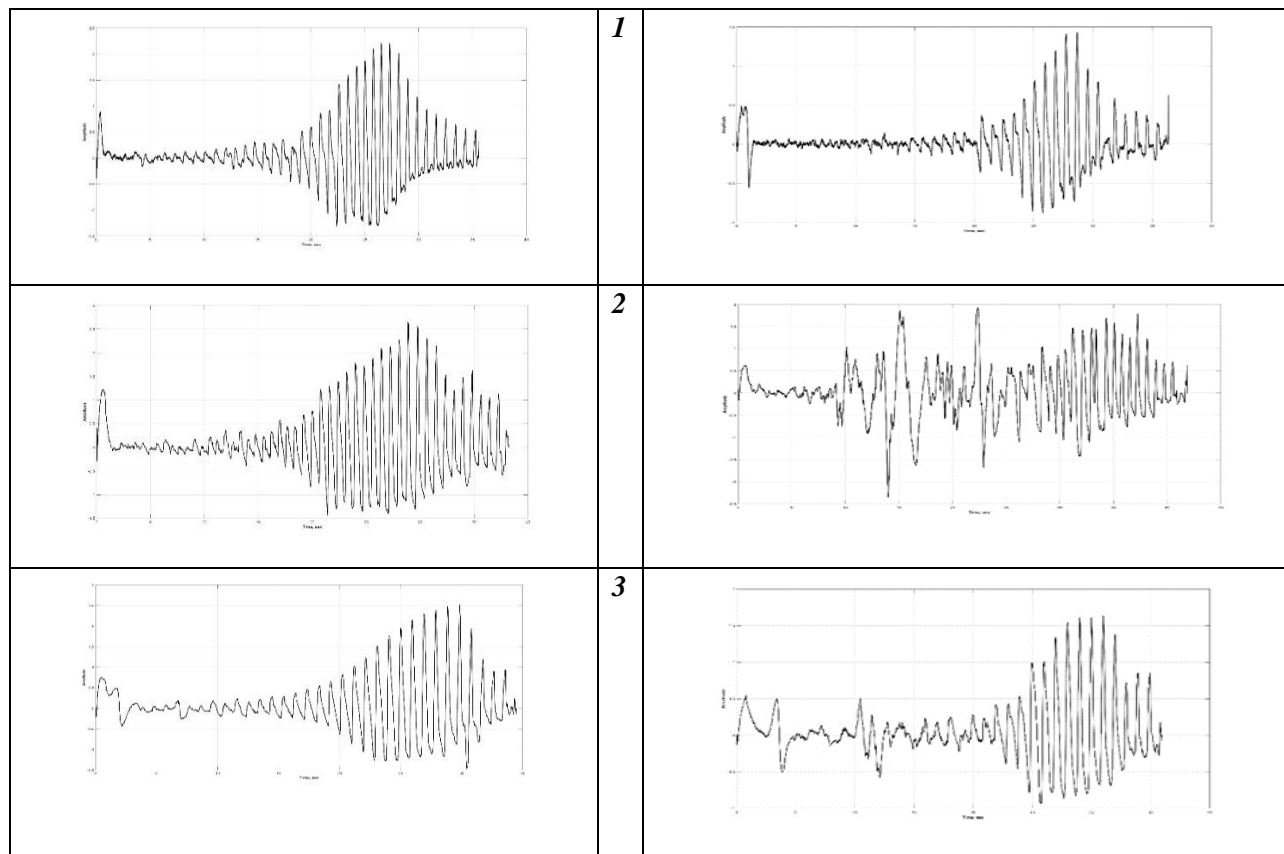
Часовий аналіз АОГ. За позитивними екстремумами виявлено збільшення показника АМо – на 11%, ІVР – на 15%, ІН – на 25% ($P < 0,05$). За негативними екстремумами ІVР виявився більшим на 10% ($P < 0,05$), а ІН – на 7%, АМо – на 4% ($P > 0,05$).

Спектральний аналіз за позитивними і негативними екстремумами засвідчив зниження сумарної потужності спектру (відповідно на 16% і 10%). За показником % VLF – динаміка практично відсутня, %LF зріс відповідно на 10% і 6%, %HF – в обох випадках зменшився на 4%. Отримані результати підтвердились Показник активності регуляторних систем (ПАРС) базується на часових та спектральних показниках АОГ. У хворих він виявився на 25% вищим, ніж у здорових, що свідчить про зниження адаптаційних можливостей організму.

Отримані результати підтверджуються обстеженням представників контрольної групи. Вивчено функціональний стану судинного чинника гемодинаміки за морфологічним аналізом АОГ, zareєстрованих до та після проби Мартіне-Кушелевського (20 присідань за 30 с.) У 87% з них після навантаження збудливість пульсу і час його відновлення відповідали нормотонічному типу реакції (відповідно, до 80% та 3 хв). У переважної більшості з них (81%) до навантаження АОГ були оцінені на відмінно і добре. Прикметно, що для 50% обстежених здорових після навантаження 3 хвилин відпочинку виявилось недостатньо для відновлення параметрів судинного чинника гемодинаміки – морфологічних характеристик АОГ [132]. Тобто у кожного другого представника контрольної групи (без скарг на стан здоров'я) при задовільній функціональній здатності кардіального чинника було виявлено порушення функціональної здатності судинного чинника гемодинаміки.

Для прикладу використано АОГ обстежених контрольної групи (мал. 4.23).

Обстежена Г. (44 р.)	Обстежена Б. (38 р.)
----------------------	----------------------



Мал. 4.23. Артеріальні пульсації: 1 – до навантаження, 2 – після навантаження, 3 – через 3 хвилини відпочинку в процесі проведення проби Мартіне-Кушелєвського.

Примітка. По осі X – час реєстрації осцилограми (с), по осі Y – значення коливань тиску в манжеті під впливом пульсацій судинної стінки артерії.

При цьому ЧСС обох обстежених до навантаження, після нього та через 3 хв. відпочинку значно не відрізнялись. За показниками ЧСС відповідали нормотонічному типу реакції. АОГ до навантаження: у обстеженої Г.– 1-й тип (відмінно), у обстеженої

Б. – 2-й тип (добре). Малюнок 4.23 наочно демонструє динаміку морфологічних характеристик артеріальних пульсацій двох обстежених контрольної групи після навантаження і через 3 хвилини відпочинку. Їх аналіз підтверджує концепцію про те, що ЧСС – лише вершина айсбергу в тих адаптаційних процесах, що відбуваються в організмі при впливі різноманітних чинників. При цьому після фізичного навантаження у обстежених контрольної групи (здорових) за часовими показниками підтверджувалось зростання активності симпатичної ланки АНС. За спектральними показниками – на фоні зростання загальної потужності спектру реєструвалось достовірне зростання показників %VLF, % LF та зниження %HF.

Зазначене свідчить про задовільний рівень адаптаційних можливостей ССС та її регуляторних механізмів [171] у представників контрольної групи.

Таблиця 4.14

Кількість корелят із значеннями від 0,9 до 0,999 та від -0,999 до -0,9. залежно від фази компресії плеча під час вимірювання артеріального тиску здорових та при захворюваннях ССС

Інтервал	Фаза компресії	Здорові		Захворювання ССС		Різниця здорові -хворі*
		-0,999: - 0,9	0,9: 0,999	-0,999: -0,9	0,9: 0,999	
Інтервал: 0-20	Перша	2	348	24	363	4%
Інтервал: 20-70	Друга	0	402	0	382	-5%
Інтервал: 70-100	Третя	0	447	26	692	55%
Інтервал: 100-70	Четверта	0	705	0	712	1%
Інтервал: 70-end	П'ята	0	428	20	1081	152%
Разом		2	1580	70	4810	204%

Примітка. *Різницю визначено за позитивною динамікою показників у складі корелят.

Аналіз результатів таблиці засвідчив, що у складі достовірних корелят з позитивним зв'язком спостерігалось наступне. Загальна кількість складових пар корелят у хворих виявилась більшою на 204%. Найбільшою різниця була в процесі зростання компресії плеча в її третій та (особливо) п'ятій фазах. Зазначене свідчить про те, що адаптація до компресії плеча при вимірюванні артеріального тиску у пацієнтів із захворюваннями ССС (порівняно зі здоровими) потребує значно більшого зростання системних та міжсистемних зв'язків між показниками.

Висновки

Адаптація часового і спектрального методів математичного аналізу ВСР електрокардіосигналу для аналізу артеріальних осцилограм, зареєстрованих при вимірюванні артеріального тиску, та використання при цьому програмного комплексу Оранта-АО (розробленого авторами роботи) дали можливість вивчити стан серцевого і судинного чинників гемодинаміки при захворюваннях ССС. Так, визначене авторами зростання на 25% показника активності регуляторних систем (ПАРС, що базується на аналізі показників часового і спектрального аналізу) дало можливість констатувати у хворих донозологічний стан, який характеризується

більш вираженим (порівняно зі здоровими) напруженням регуляторних систем, функціональним напруженням, погіршенням пристосованості організму до поточних умов, зниженням функціональних (адаптаційних) можливостей.

При захворюваннях ССС реєструється достовірне пригнічення енергетичної потужності серцевої діяльності, що є наслідком симпатикотонії, зниження загальної потужності спектру та пригнічення функціональної здатності усіх рівнів регуляції діяльності ССС. Отримані результати відповідають результатам аналізу ВСР електрокардіосигналу, вказаним у літературних джерелах [169, 170, 193, 266].

При захворюваннях ССС реєструється порушення функціональної здатності механізмів регуляції судинним чинником гемодинаміки. Зазначене підтверджується зниженням ВСР, пригніченням активності парасимпатичної та зростанням – симпатичної ланки АНС; зниженням загальної потужності спектру та відсотка наднизькочастотної складової на фоні відсутності динаміки високочастотного домену потужності спектра. Зростання потужності спектру LF (на 10%) є недостатнім для підтримання потужності загального спектру частот та адаптаційної здатності організму. Зазначене утруднює роботу і самого серця, адже еферентна симпатична і вагусна активація, спрямована на синусовий вузол, може модулюватися центральними (вазомоторними, дихальними центрами) і периферійними впливами (основною складовою яких є судини) [22].

Зазначене об'єктивно підтверджує необхідність акцентувати увагу на стані не лише серцевого, а й судинного чинників гемодинаміки в процесі діагностичних, профілактичних заходів та лікування захворювань ССС.

Встановлена достовірна різниця між показниками часового і спектрального аналізу АНС у хворих та здорових респондентів демонструє значну клінічну чутливість методу і широкі діагностичні, прогностичні можливості використання ПК Оранта-АО. Виявлене при цьому зниження ВСР є самостійним прогностичним фактором підвищеного ризику виникнення загрозливих для життя станів [4]. Застосування алгоритмів машинного навчання дає можливість провести більш точну діагностику стану пацієнта, підібрати діагностичні критерії.

4.2.3. Результати морфологічного, часового та спектрального аналізу артеріальних осцилограм хворих на цукровий діабет

Д.В. Вакуленко, Л.О. Вакуленко

Актуальність теми. «Неінфекційна епідемія ХХІ століття» – цукровий діабет (ЦД) – затягнула у свій вир в Україні понад 1,3 млн хворих, із яких понад 212 134 потребують щоденних ін'єкцій інсуліну (МОЗ України, 2013). Назріла необхідність удосконалення сучасних інформаційних технологій для раннього виявлення донозологічних і преморбідних станів та резервних можливостей організму хворих на ЦД [130, 169]. Застосування артеріальної осцилографії як дешевого, неінвазивного, об'єктивного методу оцінки стану гемодинаміки у хворих на ЦД допоможе лікарю більш ефективно спланувати профілактичний, діагностичний, терапевтичний процес. Зареєструвати артеріальну осцилограму (АОГ) можна під час вимірювання артеріального тиску (прилад ВАТ 41-2) [180]. Подальший її аналіз проводиться за допомогою запропонованих авторами спеціальних комп'ютерних програм.

Мета досліджень. Вивчити і оцінити стан гемодинаміки у хворих на ЦД за допомогою морфологічного, часового, спектрального аналізу осцилограм та сформувані діагностичні маркери для раннього виявлення ризиків виникнення захворювання, оцінки ефективності лікування.

Матеріал та методи досліджень. Нами обстежено 169 осіб. З них 61 хворий на цукровий діабет (обох видів) віком 20-55 років – основна група. До складу контрольної групи ввійшло 68 здорових осіб 20-25 років. Усім обстеженим реєстрували артеріальні осцилограми, які були піддані морфологічному, часовому, спектральному, кластерному аналізу. У 23 хворих на ЦД зареєстровано також ЕКГ з подальшим аналізом ВСР, які порівняли з результатами аналогічного обстеження 25 здорових. Для контролю використано осцилограми 68 здорових, зареєстрованих нами до та після фізіологічного стресу (проби Руф'є). При часовому та спектральному аналізі скористались інформацією, методами та термінологією, що застосовуються при аналізі варіабельності серцевого ритму електрокардіосигналу [170, 207, 227].

Результати обстежень та їх аналіз

Морфологічний аналіз осцилограм. Для морфологічного аналізу осцилограм використано 9 критеріїв, кожен з яких (в порядку зростання відхилень від прийнятої нами норми) оцінено за шкалою від 1 до 5 балів. Кількісній оцінці підлягали: динаміка зростання та спадання амплітуди осциляцій на початку компресії плеча манжетою (М-1) та від досягнення діастолічного тиску і до

завершення компресії (М-2); наявність порушень ритмічності осциляцій (М-3); кількість максимальних за амплітудою осциляцій (у фазі максимальної компресії плеча під час діастолі, М-4); форми верхніх екстремумів осциляцій на початку компресії (М-5); наявність дрібних осциляцій на початку компресії (М-6); кількість екстремальних осциляцій (М-7); динаміка зміни площі висхідної частини осциляцій (М-8); динаміка зміни площі низхідної частини осциляцій (М-9).

Результати морфологічного аналізу артеріальних осцилограм хворих на ЦД та здорових представлені у таблиці 4.15.

Таблиця 4.15

Порівняльна характеристика критеріїв морфологічного аналізу осцилограм здорових на хворих на цукровий діабет (ЦД)

Назва критерію	Здорові (n-68) M±m	Хворі на ЦД (n-61) M±m	P
М-1	4, 15±0,21	3,02±0,16	<0,001
М-2	2,89±0,36	2,12±0,17	<0,001
М-3	2,55±0,47	1,59±0,18	<0,001
М-4	2,60±0,16	3,59±0,09	<0,001
М-5	1,79±0,22	2,49±0,14	<0,05
М-6	1,77±0,17	1,52±0,11	<0,001
М-7	2,24±0,36	1,26±0,09	<0,001
М-8	3,80±0,21	4,15±0,34	<0,001
М-9	3,69±0,17	4,92±0,08	<0,001

Як видно з таблиці, усі досліджувані показники достовірно відрізнялись, хоча мали різнонаправлену динаміку. Так, показники М-1, 2, 3, 6, 7 знижувались, що може свідчити про сповільнення термінової реакції судинної стінки на наростання компресії, яка зумовлена нервово-рефлекторними механізмами регуляції артеріального тиску [157] і є результатом порушення стану координації між місцевими саморегуляторними механізмами та центральною нейрогуморальною регуляцією діяльності ССС [211]. Показники М-4, 5, 8, 9 зростали, Показник М-4 зумовлений радіальним розширенням судинної стінки під час систолі. Значне збільшення кількості осциляцій з максимальною амплітудою в процесі зростання компресії свідчить про зростання ступеня пасивного розтягнення судин під час систолі, що зумовлено зниженням пружно-еластичних властивостей судинної стінки [157]. Збільшення двох останніх показників є результатом утруднення проштовхування крові в периферійні судини і свідчить про порушення стану координації місцевих саморегуляторних механізмів та центральної нейрогуморальної регуляції діяльності ССС [205, 211].

Часовий аналіз. Дослідження показників часового аналізу та варіаційної пульсометрії привели до наступних висновків. Обстеженим нами хворим притаманне достовірне зниження (порівняно із здоровими) показників: рNN50, Мо, SDD та зростання ЧСС, VPR, HVR-index. Згадана динаміка свідчить про зростання активності симпатичної ланки (СЛ) автономної нервової системи (ВНС) та підвищення ролі центрального контуру в діяльності ССС у хворих на цукровий діабет. Отримана динаміка досліджуваних показників осцилограм відповідає даним інших авторів, отриманим при аналізі ВСР електрокардіосигналу у хворих на ЦД [169, 171, 180].

Проте зниження показників АМо, ІN, ІVР та зростання ВР осцилограм у хворих на ЦД ($P < 0,05$) свідчить (за аналогією з ВСР при аналізі ЕКГ) про збереження (навіть незначне зростання) активності парасимпатичної ланки (ПС) ВНС. Отримані дані співпадають з напрямком їх динаміки за осцилограмами здорових, зареєстрованих після проби Руф'є. (табл. 4.16).

Таблиця 4.16

Показники часового аналізу осцилограм, що свідчать про зростання активності ПС ланки ВНС у хворих на ЦД та у здорових після проби Руф'є

Показник	Хворі на ЦД (n= 51)	Здорові (n = 68)	
		До проби Руф'є	Після проби Руф'є
АМо (%)	44,29 ± 1,969*	48,07±1,363	31,01±1,354
ІN (y.o)	63,83 ± 5,72*	148,3±10,539	42,35±10,333
ІVР (y.o)	125,173±0,03*	260,7±15,694	95,74±15,412
ВР (y.o)	0,40 ± 0,027*	0,29±0,008	0,44±0,008
RMSSD (с)	0,10 ± 80,07	0,142±0,008	0,125±0,008

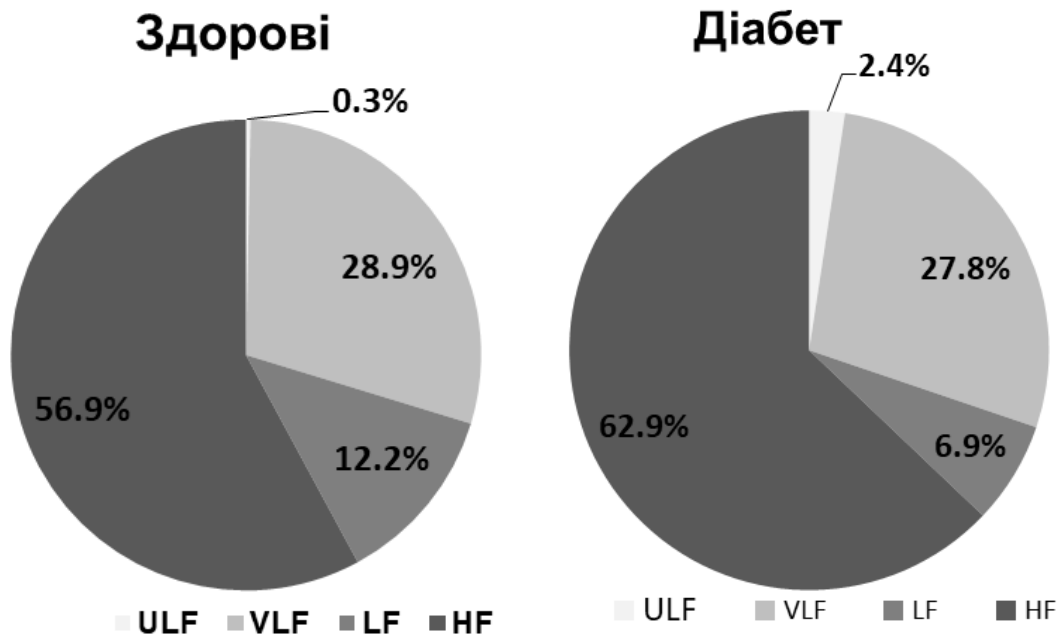
Примітка. * – достовірні зміни відносно показників здорових.

Аналіз представлених результатів осцилограм дає можливість пов'язати згадану динаміку з пружно-еластичними властивостями судинної стінки і віднести їх до специфічних показників, що характеризують стан судин. Адже симпатичні та парасимпатичні нерви, окрім хроно- та інотропного впливу на міокард, забезпечують регуляцію судинного тонусу.

Привертає увагу не лише відсутність зниження, а й незначне зростання RMSSD (с) у хворих на ЦД, яке не відповідає навіть динаміці у здорових на пробу Руф'є (табл. 4.16). Водночас підвищення RMSSD реєструвалось у хворих на ЦД і за показниками ЕКГ. RMSSD – міра потужності високочастотних нейрогуморальних впливів, показник активності ПС ланки ВНС. Бабунц І. В. [169] вважає, що показник RMSSD ЕКГ більш інформативний, ніж показники рNN50 (%) та NN50, бо має кращі статистичні властивості. Не виключено, що RMSSD осцилограм у

процесі подальших досліджень можна буде використовувати як маркер стану хворих при ЦД.

Спектральний аналіз. Порівняння показників спектрального аналізу осцилограм (мал. 4.24) між обстеженими нами здоровими та хворими на ЦД засвідчило наступне.



Мал. 4.24. Показники спектрального аналізу осцилограм здорових (зліва) і хворих на ЦД (справа)

У хворих на ЦД спостерігається зростання (на 39,1%) загальної потужності спектру нейрогуморальної модуляції (TP мс²), що відображає сумарний ефект впливу на стан кровообігу усіх рівнів регуляції в діапазоні частот $\leq 0,4$ Гц. При цьому на 24% (P<0,05) зріс відсоток ULF – міри потужності ультранизкочастотних впливів нейрогуморальної регуляції. Водночас на 3,8% зменшився відсоток потужності спектру VLF – повільних хвиль другого порядку, які відображають активність центральних ерготропних і гуморально-метаболических механізмів регуляції гемодинаміки і характеризують вплив вищих вегетативних центрів на серцево-судинний підкірковий центр. Найбільше (на 44%, P<0,05) зменшився відсоток LF (вазомоторних) хвиль, які відображають активність центрів довгастого мозку – кардіостимулюючого і судинорухового (вазомоторного). Водночас на 9,4% зріс відсоток потужності дихальних хвиль (HF), представлених стовбуровими структурами довгастого мозку, що визначають активність автономного контуру регуляції діяльністю ССС, за яку відповідає ПС відділ АНС [170] (мал. 4.25).

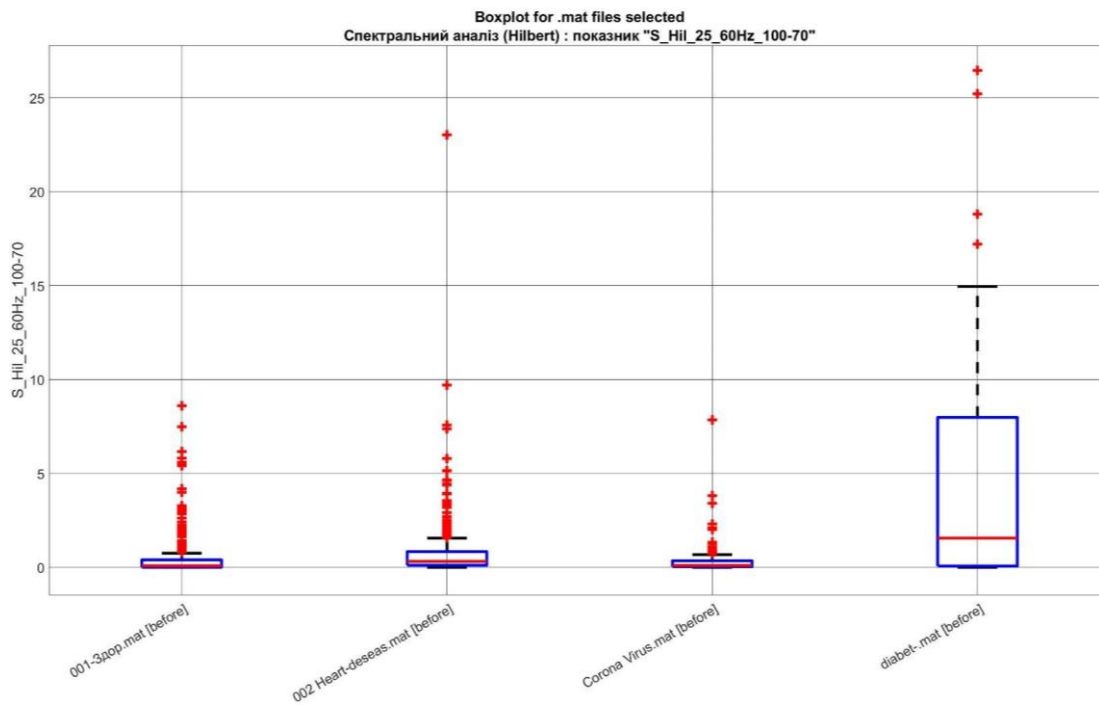
При аналізі літературних джерел щодо ВСР електрокардіосигналу у хворих на ЦД ряд авторів (Баєвський, Бабунц, Воробйов) указують на різке зниження потужності хвиль 1-го порядку (LF) та дихальних хвиль (HF). Перший критерій підтверджується нашими дослідженнями, проте другий – не співпадає. Незначне зростання відсотка потужності дихальних хвиль, визначених нами при аналізі осцилограм у хворих на ЦД, дає можливість передбачити вплив пружно-еластичних властивостей судинної стінки та рефлекторних (хемо- та барорецепторних) механізмів регуляції кровообігу, що включаються під час компресії плеча манжетою в процесі вимірювання АТ та реєстрації осцилограм. При цьому, збудження хеморецепторів аорти і сонної артерії викликає судинні пресорні рефлекси, а подразнення барорецепторів – депресорні [120].

Коефіцієнт LF/HF зріс на $9,26 \pm 0,2\%$. На думку Воробйова (за показниками ВСР ЕКГ), при напруженій і малоефективній програмі пристосувальних реакцій організму коефіцієнт LF/HF зростає.

Ритми мозку. Зареєстровано зниження відсоткового вмісту потужності %Teta (на $29,0 \pm 1,2\%$) і %Delta-хвиль (на $3,03 \pm 0,13\%$) та зростання відсотка Alpha (на $63 \pm 4,2\%$) і Beta (на $88 \pm 3,7\%$). Зростання відсотка Delta та Alpha-хвиль дає можливість пов'язати їх активність з процесами, що відбуваються при розвитку і прогресуванні ЦД. Розвиток і прогресування захворювання пов'язане з розвитком 3 основних чинників: дисемінованою дегенерацією дрібних нервових волокон обох відділів ВНС, які призводять до периферійної автономної недостатності; розвитком мікро- і ангіопатій; дисметаболічного та токсичного пошкодження міокарду [1171].

Побудова кореляційного портрету. Для побудови кореляційного портрету здорових та хворих на ЦД відібрали показники, де коефіцієнт кореляції був в межах від 0,9 до 1 та -0,9 до -1. Виявлено пари позитивних корелят між ваговими значеннями Alpha (8-13 Гц) та Beta (14-25 Гц) осцилограми, притаманні лише для хворих на цукровий діабет. Від'ємна кореляція виявлена між ваговими значеннями Delta та Alpha. Потужність спектру інтервальної оцінки HF корелювала з вагою HF в загальному спектрі (0-0,4 Гц), що узгоджується зі зростанням вказаних показників за результатами часового аналізу

Для формування достовірних меж з метою диференціальної діагностики досліджуваних груп проведено відбір показників (серед 432), значення яких не перетинається в 90%, що для прикладу проілюстровано на мал. 4.25 за допомогою коробкових графіків досліджуваних вибірок.



Мал. 4.25. Динаміка зміни показника **HF** (визначеного за перетворенням Гільберта-Хуанга) відображена за допомогою коробкових графіків. За порядком зліва направо – здорові в положенні сидячи, хворі на серцево-судинні захворювання, хворі на Covid-19, хворі на ЦД.

Дослідження показали, що для хворих на ЦД потужність спектру за перетворенням Гільберта-Хуанга в діапазоні від 15 до 60 Гц в період досягнення максимальної амплітуди осциляцій може бути також маркером для диференційної діагностики при цукровому діабеті.

Висновки

При морфологічному аналізі осцилограм виявлено, що хворим на ЦД притаманне порушення співвідношення активності обох ланок ВНС, зниження збудливості судинної стінки під час компресії плеча, порушення координації між місцевими саморегуляторними механізмами та центральною нейрогуморальною регуляцією діяльності ССС, зниження пружно-еластичних властивостей судинної стінки.

Показники АМо, IN, IVR, BP, RMSSD осцилограм залежать від пружно-еластичних властивостей судинної стінки. Показник RMSSD можна віднести до специфічних показників, що характеризують стан судин у хворих на ЦД. Результати спектрального аналізу осцилограм приводять до висновку, що у хворих на цукровий діабет достовірно зростає активність нейрогуморальної регуляції і знижується активність вазомоторного центру, який регулює судинний тонус. Останній (LF) можна віднести до специфічних механізмів мобілізації

функціональних резервів хворих на ЦД. При цьому зберігається активність парасимпатичної ланки ВНС. Зростання відсотка Delta та Alpha-хвиль дає можливість пов'язати їх активність зі змінами, що відбуваються в процесі розвитку і прогресування ЦД.

Вивчення морфологічного, часового та спектрального аналізу артеріальних осцилограм хворих на цукровий діабет допоможуть лікарю більш ефективно спланувати профілактичний, діагностичний, терапевтичний процес.

4.2.4. Застосування артеріальної осцилографії для вивчення адаптаційних можливостей організму хворих на COVID-19

Д.В. Вакуленко, Л.О. Вакуленко, Л.А. Гришук, Л.М. Сас

Актуальність теми. Актуальність роботи пов'язана з наявністю пандемії COVID-19, яка характеризується високим рівнем захворюваності, смертності, тривалими наслідками післядії захворювання [210]. Всесвітня організація охорони здоров'я в 2020 році оголосила захворювання COVID-19 глобальною пандемією [156]. Через масштабну пандемію вірус SARSCoV-2 опинився в центрі уваги дослідників усього світу [210]. На сьогоднішній день патогенетичні механізми розвитку COVID-19 вивчені недостатньо [210]. Ускладнюють перебіг захворювання зміни психічного статусу хворих [14, 41, 210]. Тривають пошуки маркерів складних патологічних процесів, що виникають при COVID-19 для удосконалення методів діагностики, лікування, контролю віддалених результатів цього небезпечного захворювання, перебіг якого значною мірою залежить від адаптаційних можливостей організму [210].

Рівень адаптаційної здатності організму – один із важливих критеріїв здоров'я [47]. Система кровообігу з її нейрогуморальним апаратом управління і саморегуляцією – універсальний індикатор адаптаційно-приспосувальної діяльності цілісного організму [170].

Доступним методом оцінки глобальних гемодинамічних процесів є моніторинг артеріального тиску (АТ) [8 10 Nirmal, 11Moxham IM–16]. Реакція судин на компресію при цьому свідчить про: стан координації між місцевими саморегуляторними механізмами та центральною, нейрогуморальною регуляцією діяльності серцево-судинної системи (ССС) [27, 29]; рівень функціонування автономної нервової системи (АНС) [8, 71]; функціональну здатність серця, рефлекторну реакцію ССС [29, 200]; стан русла периферійних судин (тонус,

еластичність, пружність, прохідність) [106,200], активність механізмів термінової реакції на компресію (барорецепторні, хеморецепторні, рефлекс на ішемію) та ін. [36, 41, 236].

Для реєстрації артеріального сигналу використовують різні інвазійні та неінвазійні пристрої [14, 48, 147, 180, 183, 215]. Впровадження інформаційних технологій для його аналізу дає можливість значно розширити інформативність результатів вимірювання АТ [74, 126, 164, 169, 212, 267]. Ефективним і перспективним методом оцінки артеріальних пульсацій є використання методів, що застосовуються при математичному аналізі варіабельності серцевого ритму (ВСР) [147, 180, 183, 215].

ВСР – інтегральний показник функціонального стану організму, який відображає діяльність основних фізіологічних систем. Він дає можливість отримати інформацію з 4 рівнів регуляції діяльності ССС: периферійного (автономного), вегетативного, гіпоталамо-гіпофізарного, центральної нервової системи [8, 9, 24-26]. При оптимальній регуляції для забезпечення адаптації організму задіяна мінімальна кількість рівнів системи. Включення більш високих рівнів регуляції зумовлене неспроможністю попередніх справитися зі своїми функціями та у разі необхідності координації діяльності декількох підсистем. Чим вищі адаптаційні можливості організму, тим більш надійний захист, менший ризик виникнення хвороби [12, 34, 63, 74, 122, 171].

Мета досліджень. За результатами аналізу АОГ вивчити, як протікають адаптаційні процеси у хворих на COVID-19. На сьогоднішній день патогенетичні механізми розвитку COVID-19 вивчені недостатньо [163]. Визначенню адаптаційних можливостей організму та механізмів їх порушення при тяжкому перебігу COVID-19 за допомогою артеріальної осцилографії присвячене наше дослідження.

Матеріал та методи досліджень. Дослідження базуються на результатах часового, спектрального, кореляційного аналізу АОГ, зареєстрованих під час вимірювання АТ. Обстеженню підлягали 67 хворих на важку форму COVID-19, що перебували на лікуванні в Тернопільському обласному фтизіопульмонологічному центрі (основна група). Контрольна група (578 особи) включала студентів Тернопільського національного медичного університету імені І. Я. Горбачевського та Тернопільського національного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка, а також – 28 пацієнток, що перебували на лікуванні у закритому відділенні Тернопільської обласної психоневрологічної лікарні.

До основної групи увійшло 67 осіб, хворих на COVID-19, яким за клінічним перебігом була призначена інтенсивна терапія в Тернопільському обласному

фтизіопульмонологічному центрі. Серед них – 34 (50,7%) чоловічої та 33 (49,3%) жіночої статі. За віком: до 20 років – 1 (1,5%), 21-40 – 19 (28,4%), 41-46 – 29 (43,3%), понад 60 років – 18 (26,8%). Найбільш типові скарги хворих при поступленні: підвищена температура і кашель (100%), задишка (79,1%), загальна слабкість (71,6%), біль та першіння в горлі (47,8%), втрата нюху (38,8%) та смаку (23,9%), біль в ділянці грудної клітки (31,3%), підвищена пітливість (28,4%). Скарги на депресію чи ейфорію, безсоння, різкі зміни настрою з агресією, іноді психомоторним збудженням спостерігались у 26,8% пацієнтів. Дослідження проводили з березня по вересень 2020 року.

Діагноз виставляли на основі анамнезу, скарг, контакту з іншими хворими, проведення лабораторних досліджень, зокрема виявлення генетичного матеріалу (РНК) SARS-CoV-2 шляхом полімеразно-ланцюгової реакції. Проводили загальноклінічні аналізи (загальний аналіз крові, сечі, біохімічний аналіз крові, коагулограма), інструментальні дослідження (ультразвукова діагностика, електрокардіографія). Обов'язково – рентгенологічні дослідження, за показаннями – комп'ютерна томографія. Позитивний результат полімеразно-ланцюгової реакції відзначений у 57 (85,1%). Сатурація менше 95% – у 26 (38,8%), зміни в легенях на рентгенограмі – у 65 (97,0%) обстежених. З лабораторних показників відзначена лімфопенія (34,3%) та прискорена ШОЕ (41,8%). В мокротинні у 19 осіб (28,4%) виявлено неспецифічну флору. Серед супутніх захворювань частіше зустрічались серцево-судинні (46,3%), у тому числі, гіпертонічна хвороба (23,9%). Після проведеного лікування пацієнти у задовільному стані були виписані зі стаціонару для продовження амбулаторного лікування.

АОГ реєстрували під час вимірювання АТ при поступленні хворого в стаціонар та в процесі лікування. Зареєстровано 282 АОГ. В статті представлений аналіз 68 з них (що зареєстровані при поступленні). Порівняльний аналіз динаміки показників АОГ, зареєстрованих в процесі лікування, стане предметом подальших досліджень.

До контрольної групи увійшли 548 осіб 18-22 років без скарг на стан здоров'я (КГ-1), вибраних шляхом випадкового відбору, добровільно, за усною згодою. До КГ-2 увійшли 28 пацієток, що перебували на лікуванні у закритому відділенні психоневрологічної лікарні. АОГ у них реєстрували під час вимірювання АТ в процесі лікування. Результати досліджень використано для порівняльної оцінки адаптаційних можливостей серцево-судинної, автономної, центральної нервової систем представників експериментальної та контрольної груп.

У КГ-1 було виділено 3 групи. *КГ 1-а* – найбільша, включала 548 осіб 18-22 років без скарг на стан здоров'я. АОГ у них реєстрували у стані спокою. Отримані

результати використано для їх загальної оцінки як стандарту показників АОГ здорових та для порівняння з показниками хворих на COVID-19 [180].

В число *КГ 1-в* увійшли 54 особи контрольної групи, у яких синхронно з АОГ реєстрували електрокардіограму (ЕКГ), які також підлягали часовому та спектральному аналізу [73, 104, 126, 138]. Отримані результати використано для порівняльного аналізу відповідності окремих показників ВРС електрокардіосигналу [47, 105, 169, 170] та АОГ [33, 147, 180, 182].

В число *КГ 1-с* увійшли 68 представників контрольної групи (45 чоловічої та 23 жіночої статі) віком 18-22 років без скарг на стан здоров'я. АОГ у них реєстрували у стані спокою, безпосередньо після проби Руф'є (30 присідань за 45 с [13, 38] та через 2 хвилини відпочинку. Використано для вивчення динаміки показників АОГ при впливі стресових (фізіологічних) чинників, оцінки механізмів адаптації при цьому та порівняння з показниками хворих на тяжкий перебіг COVID-19.

До складу КГ-2 увійшли 28 хворих (32-65 років), які перебували на лікуванні в Тернопільській обласній клінічній психоневрологічній лікарні (група ХПНЛ), у закритому відділенні для хворих з психічними розладами. Вибір для контролю осіб КГ-2 зумовлений появою в інформаційних джерелах вказівок на наявність у хворих на COVID-19 психічних розладів у вигляді депресії, ейфорії, безсоння, різкої зміни настрою з агресією, іноді психомоторним збудженням на фоні важкої гіпоксії [13, 20, 210]. При аналізі АОГ представників різних груп психіатричного відділення лікарні з подібними скаргами виявилось, що за часовим та кореляційним аналізом АОГ хворих саме закритого відділення найбільш наближались до АОГ хворих на COVID-19 [183].

Програма обстеження представників КГ-2 включала клініко-психологічні дослідження (клінічне інтерв'ю, психологічна бесіда, збір психологічного анамнезу). Оцінка ступеня психічних та психотичних розладів проводилась за шкалою Монтгомері-Асберга (MADRS) та Короткою психіатричною оціночною шкалою (BPRS). Основний спектр діагнозів: параноїдна шизофренія, біполярний афективний розлад та важкі депресивні розлади з психотичними включеннями, що потребують систематичного та тривалого, як правило, позитивного вживання антипсихотропних препаратів.

Артеріальна осцилографія. В роботі використано розроблені авторами інформаційні технології часового, спектрального, кореляційного аналізу АОГ, зареєстрованих при вимірюванні АТ (в процесі зростання компресії плеча) за допомогою електронного тонометра ВАТ 41-2, виробник ІКС Техно [147, 180, 183]. Для їх аналізу використано методи, показники, термінологію, що застосовуються

при вивченні та оцінці результатів математичного аналізу ВСР електрокардіосигналу [31, 41, 47, 63, 74, 138, 164, 169, 170, 212, 212, 265]. З метою контролю достовірності результатів у 54 осіб здорових синхронно з АОГ реєстрували ЕКГ, які також піддані вищезазначеному аналізу. Для вивчення і оцінки процесу адаптації організму до компресії плеча аналізували як показники, отримані протягом усієї компресії плеча, так і в окремих її (п'яти) періодах [26, 27].

Часовий аналіз осцилограм проведено шляхом статистичного аналізу мінливості тривалості пульсацій [26, 27]. Вивчено значення показників: SDD, RMSSD, pNN50, Mo, AMo, BP; IVR, VPR, IN, HVR-index. Часовий аналіз дає можливість оцінити стан серцево-судинної, автономної нервової систем та рівень централізації управління їх діяльністю [31, 41, 47, 63, 74, 138, 164, 169, 170, 212, 212, 265].

Спектральний (частотний) аналіз осцилограм. Здійснення ритмічної активності серця можливе лише при існуванні певних фазових співвідношень між коливальними мозковими і серцевими процесами. Система управління цими ритмами функціонально і морфологічно входить до складу єдиної адаптаційної вертикалі, яка забезпечує адаптацію організму до умов зовнішнього і внутрішнього середовища [31, 41, 47, 63, 74, 138, 164, 169, 170, 212, 212, 265].

Спектральний аналіз АОГ проводили шляхом визначення потужності спектру у діапазоні від 0 до 0,4 Гц: HF – високі частоти, LF, VLF, ULF – низькі, наднизькі та ультранизькі частоти. Швидка, повільна, дуже повільна і ультраповільна регуляція контролюється усіма ланками (парасимпатичними, симпатичними, гуморальними, терморегуляторними та ін.). Вплив ПСЛ більше в швидкій, симпатичної – в повільній і дуже повільній, а гуморальних – в дуже повільній і ультраповільній регуляції [31, 41, 47, 63, 74, 138, 164, 169, 170, 212, 212, 265]. За показниками в діапазонах: 0-4 Гц (дельта), 4-8 Гц (тета), 8-13 Гц (альфа), 13-25 Гц, 25 Гц і більше Гц (бета) мали можливість визначити рівень мозкової активності. З цією метою використано перетворення Фур'є та Гільберта-Хуанга, які відображають загальну та миттєву адаптаційну реакцію на компресію плеча [165, 207].

Кореляційний аналіз. При кореляційному аналізі артеріальної осцилограми до уваги приймалися значення коефіцієнта кореляції Пірсона від 0,9 до 1 та -0,9 до -1. Вибрані значення кореляції підлягали кластерному аналізу (метод k-середніх) [49, 68, 108], де групувались розраховані значення кореляції окремо всередині одного експерименту у 12 кластерах.

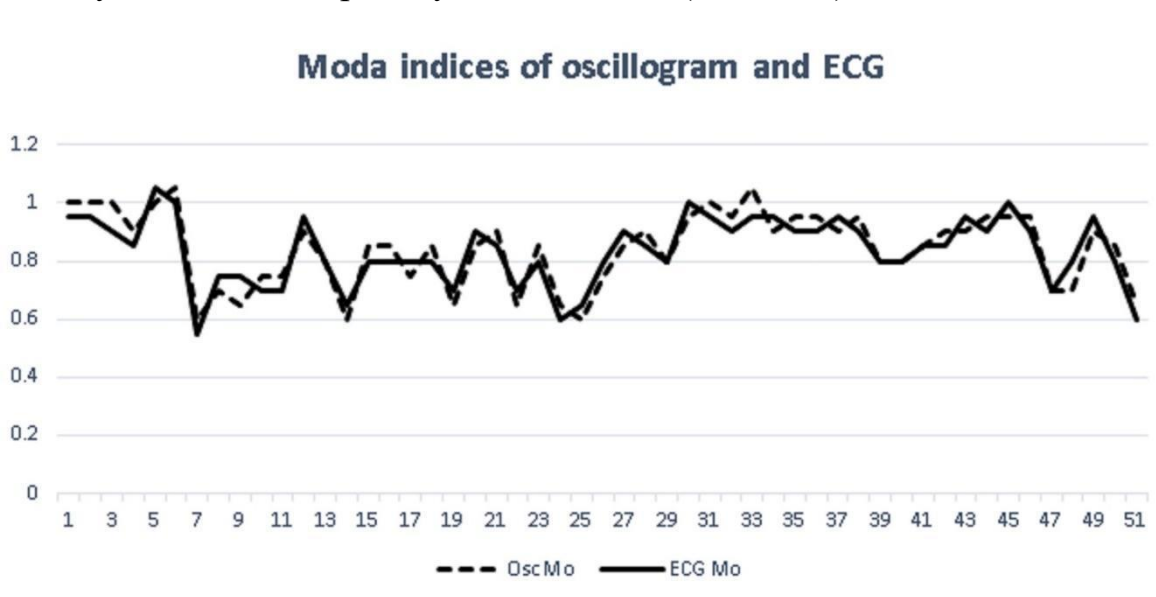
Актуальність роботи пов'язана з наявністю пандемії COVID-19, яка характеризується високим рівнем захворюваності, смертності, тривалими наслідками післядії захворювання. Патогенетичні механізми розвитку COVID-19 вивчені недостатньо [165]. Отримані результати допоможуть лікарям звернути увагу на можливі варіанти механізмів розвитку патогенетичних процесів при COVID-19, планувати профілактичний, діагностичний, лікувальний, реабілітаційний процес.

Результати досліджень та їх аналіз

Результати часового аналізу АОГ представників основної та контрольних груп

Часовий аналіз осцилограм (за аналогією з ВСР) відображає стан АНС та рівень централізації управління діяльністю серцево-судинної системи.

Здорові КГ 1-в. Для підтвердження достовірності показників АОГ здорових, у представників *КГ 1-в* проведено часовий аналіз АОГ та ЕКГ, зареєстрованих синхронно у 54 осіб 18-22 років у стані спокою (мал. 4.26).



Мал. 4.26. Показники моди (Mo), отримані за аналізом АОГ та ЕКГ.

Примітка. По осі X – репрезентативна вибірка з 30 осіб, по осі Y – зліва тривалість R-R інтервалів (с).

Отримані випадки сильної кореляції між показником Mo, ЧСС. RMSSD ($0,97 \pm 0,02$, $p < 0,05$) на синхронно зареєстрованих ЕКГ та АОГ приводять до висновку, що відзначені показники характеризують рівень управління діяльністю не лише серця, а й судин («периферійного серця» [31, 41, 47, 63, 74, 138, 164, 169, 170, 212, 212, 265] та підтверджують високу інформативність обраних методів дослідження. Відсутність достовірності між іншими показниками часового аналізу ЕКГ та АОГ дає можливість передбачити їх залежність від чутливості

рецепторного апарату та пружно-еластичних властивостей судинної стінки, які включаються в процесі зростання компресії плеча, що ЕКГ не реєструє [147, 180, 183]. Аналогічні результати отримали при аналізі часових показників ЕКГ з літературних джерел. Так, за даними І.В. Бабунца [119] показник M_0 відповідає $0,8 \pm 0,03$ с, $RMSSD = 0,43 \pm 0,19$ с, що співпадає з нашими результатами і підтверджує достовірність показників, отриманих при аналізі зареєстрованих нами АОГ.

Результати часового аналізу АОГ здорових, хворих на COVID-19 та хворих, що перебувають на лікуванні у закритому відділенні психоневрологічної лікарні (ХПНЛ), окремо та в порівнянні між собою представлені у таблиці 4.17.

Таблиця 4.17

Показники часового аналізу АОГ здорових, хворих на COVID-19 та осіб, що перебувають на лікуванні у закритому відділенні психоневрологічної лікарні, їх співвідношення та значення динаміки

Показник *	Вплив збільшення показника на стан АНС**	COVI D-19	Здорові	COVID-19 – здорові		ХПНЛ				
		M±n	M±n	%	P	M±n	ХПНЛ- здорові		COVID-19 – ХПНЛ	
							%	P	%	P
M_0 , (с)	Б-ПС	$0,848 \pm 0,003$	$0,7945 \pm 0,002$	6,37	$>0,05$	$0,7134 \pm 0,008$	-10,15	$>0,05$	-15,87	$>0,05$
pNN50 (%)	Б-ПС	$22,503 \pm 0,094$	$14,894 \pm 0,084$	33,81	$<0,05$	$26,10 \pm 0,247$	75,24	$<0,01$	-1,39	$>0,05$
SDSD (с)	Б-ПС	$0,381 \pm 0,002$	$0,1696 \pm 0,001$	55,64	$<0,01$	$0,335 \pm 0,004$	98,22	$<0,01$	-18,52	$>0,05$
AMo (%)	Б-С	$31,68 \pm 0,049$	$33,49 \pm 0,143$	-5,88	$>0,05$	$31,19 \pm 0,407$	-6,87	$>0,05$	-1,39	$>0,05$
IN, (y.o)	Б-С	$12,53 \pm 0,037$	$22,80 \pm 0,139$	-32,04	$<0,05$	$14,07 \pm 0,167$	-38,	$<0,05$	-18,52	$>0,05$
BP, (с)	Б-ПС	$0,89 \pm 0,001$	$0,58 \pm 0,003$	25,64	$<0,05$	$0,857 \pm 0,006$	47,76	$<0,01$	9,87	$>0,05$
RMSSD (с)	Б-ПС	$0,38 \pm 0,001$	$0,40 \pm 0,002$	-5,26	$>0,05$	$0,335 \pm 0,004$	-16,2	$>0,05$	-11,84	$>0,05$

Примітка: * – інформативне значення досліджуваних показників: M_0 (мода) – діапазон значень тривалості осциляцій, які зустрічаються найчастіше (с); pNN50 – відсоток послідовних інтервалів (окремо максимумів та мінімумів),

різниця між якими перевищує 50 мс; *SDSD* – стандартне відхилення різниць між сусідніми нормальними екстремумами (с); *АМо* (амплітуда моди) – число інтервалів, які відповідають значенню моди (%); *ІН* – індекс напруги регуляторних систем); *ВР* (варіаційний розмах) – різниця максимальних і мінімальних значень тривалості інтервалів між сусідніми осциляціями (с); *RMSSD* – квадратний корінь середніх квадратів різниці між суміжними екстремумами (с);

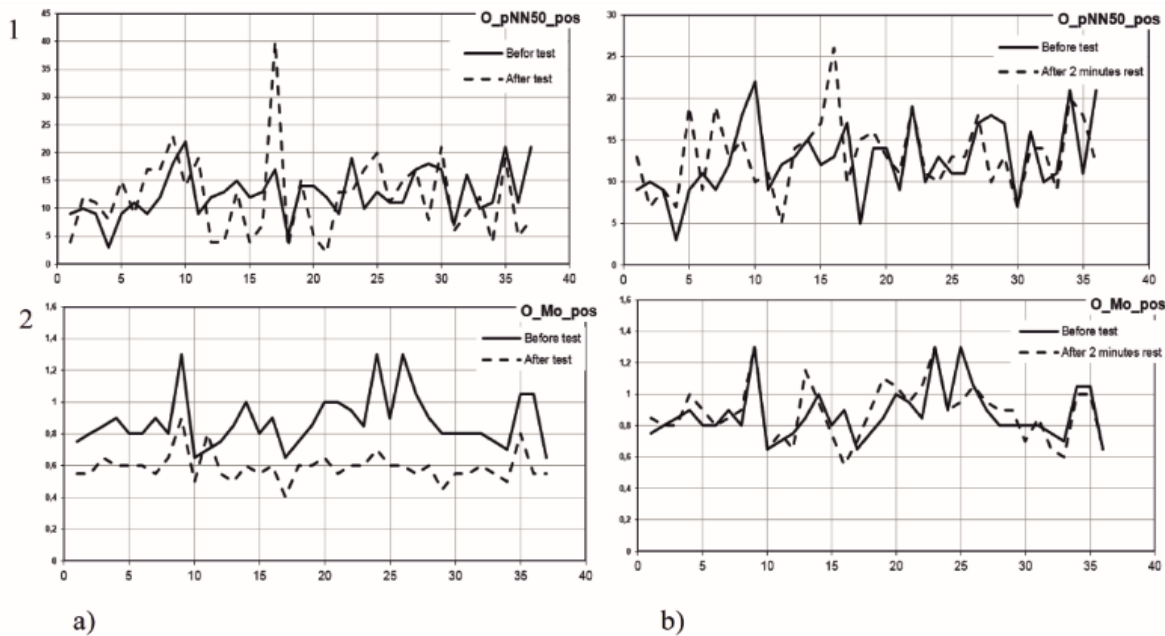
** – вплив збільшення (Б) показників щодо активності симпатичної (С) та парасимпатичної (ПС) ланок АНС. Більш детально – в подальшому тексті.

Хворі на COVID-19 (основна група). Як видно з таблиці 4.17, у хворих на COVID-19 (порівняно зі здоровими) зареєстровано збільшення показників *SDSD*, *pNN50*, *ВР* ($P < 0,05$) та *Мо* ($P > 0,05$), зниження *IVR*, *IN* ($P < 0,05$) та *АМо* ($p > 0,05$). Отримані результати (за аналогією з показниками *BCP* ЕКГ [8, 9, 14, 25, 26]) свідчать про незначне зростання активності парасимпатичної ланки АНС, відсутність симпато-адреналової реакції та централізації управління захисними силами організму. Гомеостаз може бути збережений завдяки підвищенню активності симпатичного відділу АНС, який можна оцінити за ступенем гальмування її парасимпатичного відділу [34, 126]. У хворих на COVID-19 не знижувалась, а зростала активність парасимпатичного відділу АНС. Зазначене є вегетативним корелятором тривоги і призводить до зниження функціональних резервів та стресової стійкості.

Здорові КГ 1-с (проба Руф'є). Для вивчення реакції організму здорових на екстремальну ситуацію використано фізіологічну стресову ситуацію – фізичне навантаження (30 присідань за 45 с, проба Руф'є). У нормі фізичне навантаження сприяє активації центрального контуру регуляції, що супроводжується посиленням симпатичної активності і проявляється стабілізацією ритму, зменшенням розкиду тривалості кардіоінтервалів, збільшенням кількості однотипних за тривалістю інтервалів [31, 41, 47, 63, 74, 138, 164, 169, 170, 212, 212, 265]. Зазначене підтверджується результатами наших досліджень. Зразу після навантаження у представників групи *КГ 1-с* на АОГ зареєстровано достовірне зниження показників *SDSD*, *pNN50* (Мал.2.-1а), *Мо* ($P < 0,001$) (мал. 4.27а) та зростання показників *АМо* ($P < 0,01$), *IVR*, *IN* та *HVR-index*, середнього квадратичного відхилення амплітуд осциляцій ($P < 0,001$). Після 2 хвилин відпочинку у більшості обстежених згадані показники повертались (або наближались) до вихідних (мал. 4.27б).

Для прикладу демонструємо динаміку показників *pNN50* (відсоток від числа пар R-R інтервалів, які відрізняються більше ніж на 50 мс) та *Мо* (значення тривалості інтервалів осциляцій, які зустрічаються найчастіше), зареєстровані у 30

представників групи *КГ 1-с* до, після навантаження на через 2 хвилини відпочинку (мал. 4.27).



Мал. 4.27. Динаміка показників $rNN50$ (1) та Mo (2): а) до та після проби Руф'є; б) до проби Руф'є та через 2 хвилини відпочинку. Переривчаста лінія – до навантаження, суцільна лінія – після нього.

Примітка. Репрезентативна вибірка з 30 осіб.

Як видно з мал. 4.27.1, після проби Руф'є реєструється зростання показників $rNN50$ (1) та Mo (2) і повернення (наближення) до вихідних через 2 хвилини відпочинку. Відзначена динаміка досліджуваних показників (за аналогією з ВСР по ЕКГ) свідчить про зростання тонузу симпатичної ланки АНС та підвищення рівня централізації керування системою кровообігу [31, 41, 47., 63, 74, 138, 164, 169, 170, 212, 212, 265]. Повернення до вихідного рівня досліджуваних показників після 2 хвилин відпочинку свідчить про високий рівень відновлювальної здатності організму після стресових впливів [164].

У хворих на COVID-19, незважаючи на надзвичайну стресову ситуацію, подібної динаміки досліджуваних показників не спостерігалось. Вони виявились навіть нижчими, ніж у здорових у стані спокою. Зазначене підтверджує попередні висновки про низьку стресову стійкість, зумовлену відсутністю симпато-адреналової реакції та централізації управління захисними силами організму у хворих на COVID-19. Стан автономної реакції на зовнішні впливи є найбільш точним маркером реактивності і резистентності організму [241, 164, 171, 212, 213].

Хворі КГ-2 (група ХПНЛ). Як видно з табл. 4.17, отримані результати часового аналізу АОГ хворих закритого відділення у більшості випадків мали показники, подібні до COVID-19, різниця між ними була незначна, не мала достовірності. Це може свідчити про однакову спрямованість патологічних процесів у хворих з тяжким перебігом COVID-19 та у хворих з психічними розладами, які приймають нейролептики та перебувають на закритому режимі перебування.

Спектральний аналіз показників АОГ представників основної та контрольних груп

Результати спектрального аналізу АОГ здорових, хворих на COVID-19 та ХПНЛ представлені у табл. 4.18.

Таблиця 4.18

Показники спектрального аналізу АОГ здорових, хворих на COVID-19, хворих психоневрологічної лікарні (ХПНЛ) та їх співвідношення

Показник *	Хворі на COVID-19 (Ко-19)	Здорові			Хворі психоневрологічної лікарні (ХПНЛ)				
		Показник	Ко-19 – Здорові		Показник	ХПНЛ – Здорові		Ко-19 – ХПНЛ	
			%	P		%	P	(%)	P
%ULF	1,15±0,02	0,85±0,01	+26,1	<0,05	1,443±0,030	41,1	<0,01	-25,5	<0,05
%VLF	19,79±0,28	20,244±0,19	-7,36	>0,05	31,582±0,917	48,66	<0,01	-59,60	<0,01
%LF	9,27±0,06	10,24±0,06	-10,51	>0,05	8,543±0,169	-16,57	>0,05	+7,80	>0,05
%HF	69,81±0,42	67,64±0,35	+3,15	>0,05	57,718±1,373	-21,0	>0,05	+17,3	>0,05

Примітка. * – інформативне значення досліджуваних показників: %HF – міра потужності високочастотного домену, %LF – міра потужності низькочастотного, %VLF – міра потужності дуже низькочастотного, %ULF – міра потужності наднизькочастотного домену у загальному спектрі частот. Вплив парасимпатичної активності більше в швидкій, симпатичної – в повільній і дуже повільній, а гуморальної – в дуже повільній і ультраповільній регуляції [31, 41, 47, 63, 74, 138, 164, 169, 170, 212, 212, 265]. Більш детально описано у подальшому тексті.

Хворі на COVID-19 (основна група). Як видно з табл. 4.18, відзначається специфічна адаптаційна картина у хворих на COVID-19. Привертає увагу незначне підвищення відсотка потужності високочастотного домена (%HF) у загальному спектрі частот (порівняно зі здоровими). Згадане (як і за результатами часового аналізу) свідчить про зміщення вегетативного балансу в бік зростання активності

парасимпатичного відділу АНС. Тимчасом як ступінь саме її гальмування (а не зростання) є індикатором зростання тонузу симпатичної ланки АНС, необхідної для збереження гомеостазу [34, 126].

Відзначене підтверджувалось тим, що відсоток потужності спектру LF виявився на 10% нижчим, ніж у здорових. Спектр LF є індикатором активності вазомоторного центру, відображає симпатичні і парасимпатичні впливи від рівня вище периферійного і до центрів автономної іннервації в довгастому мозку [9, 14, 24-26, 34]. Регуляція ними здійснюється підкорковим вузлами і корою головного мозку [48, 36].

%VLF виявився нижчим, ніж у здорових. Він відображає вплив вищих вегетативних центрів на серцево-судинний підкорковий центр. Може використовуватися як маркер ступеня зв'язку автономних (сегментарних) рівнів регуляції кровообігу з надсегментарними, у тому числі з гіпофізарно-гіпоталамічним (з його нервовою та гуморальною регуляцією) і корковим рівнем [170, 212].

Необхідно відзначити, що за даними літературних джерел (відповідно до ВСР за ЕКГ) в нормі потужність %VLF у загальному спектрі частот складає 15-30% [170], що також відповідає показникам наших досліджень. Відсутність динаміки %VLF у хворих з тяжким перебігом COVID-19 порівняно з показниками здорових може свідчити про порушення вищезазначених зв'язків та функцій відповідних рівнів регуляції.

Водночас показник %ULF у загальному спектрі часто вищий, ніж у здорових (на 26%). Останній інтегрує і адаптує перебудову функціонального стану організму під впливом зовнішніх чинників [41, 169, 171, 212]. Відсутність при цьому значної різниці показників %HF, %LF, %VLF у хворих на COVID-19 та здорових може бути зумовлена неспроможністю центрального контуру регуляції інтегрувати і адаптувати перебудову функціональної діяльності організму при тяжкому перебігу захворювання. Зазначене можна пов'язати з відсутністю необхідних зав'язків та координації між рівнями регуляції діяльності системи кровообігу у хворих на COVID-19.

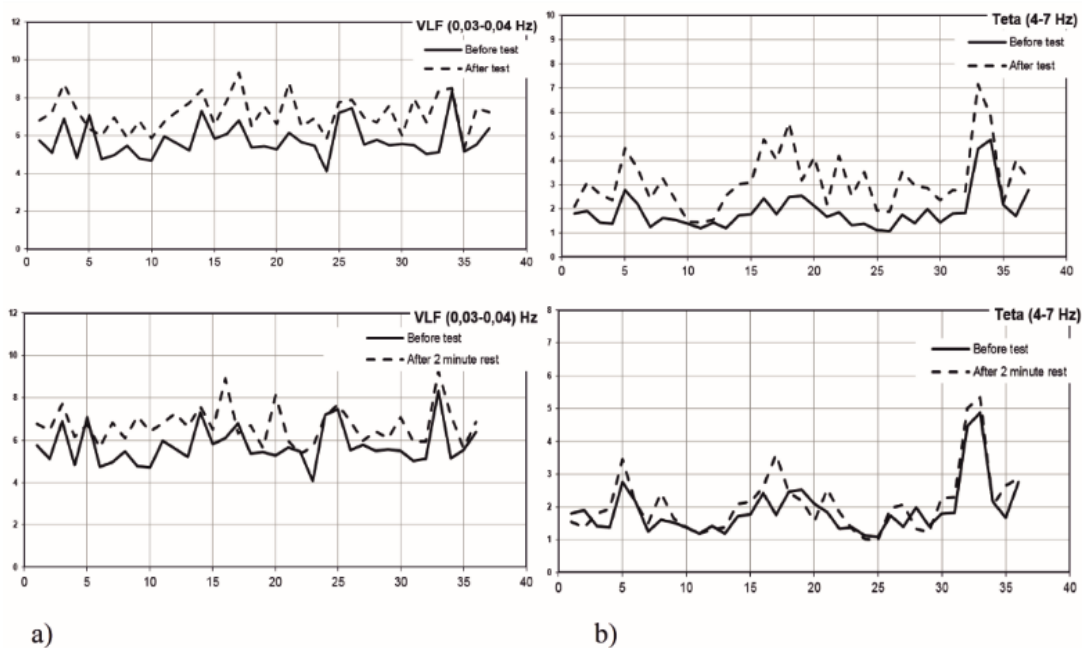
Оскільки у цій вертикалі вже %VLF нижчий, ніж у здорових (-3%), то не виключено, що саме на такому рівні пригнічується зв'язок та координація між корою і нижче розміщеними рівнями регуляції діяльності системою кровообігу.

Необхідно відзначити, що останнім часом з'явилось припущення, що у хворих на COVID-19 причиною дихальної недостатності може бути «пошкодження не легень, а стовбура мозку, де розташований командний центр, який забезпечує процес дихання навіть у непритомному стані» [54]. Можливо, відзначена нами

інформація є напрямком пошуку маркерів складних патологічних процесів, що виникають при COVID-19. Дослідження тривають.

Здорові КГ 1-с (проба Руф'є). Спектральний аналіз осцилограм (табл. 4.18), засвідчив, що у стані спокою у загальному спектрі частот також переважали швидкі (HF) хвилі (індикатор стану парасимпатичної ланки ВНС).

Фізичне навантаження сприяло підвищенню показників відсотка потужності спектру низьких (%LF – $P < 0,01$) та наднизьких (%VLF – $P < 0,01$) частот, потужності спектру тета-ритму ($P < 0,01$) та зниженню рівня високих (%HF, $P < 0,01$) частот у загальному спектрі частот (мал. 4.28). При цьому звертає на себе увагу синхронність змін показників %VLF та тета-спектру. Зазначене свідчить про збільшення після навантаження активності симпатичного відділу АНС, зростання централізації впливу на діяльність ССС та високу стресову стійкість організму обстежених [8, 14, 41, 47, 212, 169, 212, 267]. Після відпочинку (мал. 4.28) досліджувані показники повертались (або наближались) до вихідних, що підтверджує високу адаптаційну здатність організму обстежених [31, 41, 47, 63, 74, 138, 164, 169, 170, 212, 212, 265], а сповільнення – про зниження функціональних резервів та низьку стресову стійкість організму, що є вегетативним маркером тривоги [9, 10, 19, 24, 34] (мал. 4.28).



Мал. 4.28. Динаміка показників потужності спектру VLF (лівий стовпчик) і тета (правий стовпчик) до, після проби Руф'є та через 2 хв. відпочинку.

Примітка. По осі X – репрезентативна вибірка з 30 осіб, по осі Y – потужність спектру (mc^2); верхній рядок – до навантаження та після нього; нижній рядок – до навантаження та через 2 хвилини відпочинку. До навантаження – переривчаста лінія, після навантаження – суцільна лінія.

Порівняння спектральних показників хворих на COVID-19 та здорових після фізичного навантаження засвідчило, що (незважаючи на складну стресову ситуацію, зумовлену важким перебігом захворювання) у хворих на COVID-19 не спостерігався зазначений напрямок адаптаційної реакції організму здорових. Згадане підтверджує порушення функції, координації та зв'язку в ієрархічній регуляції діяльності системи кровообігу, що призводить до зниження функціональних резервів та низької стресової стійкості організму.

Хворі КГ-2 (ХПНЛ). За частотним аналізом АОГ хворих, що перебували на лікуванні у закритому відділенні психоневрологічної лікарні (табл. 4.18) виявлено незначне зниження відсотка ваги потужності спектру високих (HF), низьких (LF) та достовірне підвищення відсотка VLF (49%) і ULF (41%) частот порівняно зі здоровими. Саме два останніх відображають активність центрального контуру регуляції функціональної здатності серцево-судинної системи [12, 27, 63, 74, 125]. Їх діяльність тісно пов'язана з психоемоційними напруженнями [9]. Необхідно звернути увагу на те, що в нормі напруження центральних контурів регуляції виникає як результат реакції на стресову ситуацію і зникає за її відсутності [12, 43, 50, 85], що також підтверджено результатами наших досліджень (проба Руф'є). Можна передбачити, що тривале напруження активності центрального контуру регуляції, який інтегрує і адаптує перебудову функціональної діяльності організму, може зумовлювати психічні розлади представленої групи обстежених.

При порівнянні показників спектрального аналізу хворих на COVID-19 та ХПНЛ, спільним виявилось тривале напруження %ULF у загальному спектрі частот, що можна пов'язати з наявністю у них психічних розладів.

Кореляційний аналіз АОГ обстежених основної та контрольної груп

Хворі на COVID-19 (основна група). Аналіз кореляційних зав'язків при COVID-19 засвідчив обмеження їх кількості. Якщо у здорових (групи КГ 1-с) реєструвалось 28 пар корелят, то у хворих на COVID-19 – лише 10, і то вони появлялись лише в останніх фазах компресії плеча. В кореляційних парах були відсутні показники часового аналізу. Хвилі LF, VLF, HF – зустрічались, відповідно, у 15, 15, 5 відсотках випадків. Серед показників мозкової активності в парах корелят тета-ритм зустрічався найчастіше, рідше альфа, бета, гамма (відповідно – 20%, 15%, 10%, 5%). Найбільш високим аспектом, який пов'язує хвилі мозкової активності зі здоров'ям людини, – є здатність змінювати ці стани у відповідності до вимог ситуації [47, 89, 110]. У хворих на COVID-19 лише максимальна компресія провокувала незначне включення в кореляційні зв'язки мозкової активності, що свідчить про глибоке порушення адаптаційної здатності до впливу зовнішніх чинників.

Здорові, КГ 1-с (проба Руф'є). До навантаження кореляційні зв'язки реєструвались у 28 парах корелят, переважно між часовими показниками осцилограми: Мо, АМо, NN50, IVR. Крім цього – між хвилями високої (HF) і найбільш повільної (VLF) частоти спектрального аналізу та з часовими показниками в різних числових і відсоткових значеннях та періодах компресії.

Зразу після проби Руф'є реєструвалось 19 пар корелят. Кореляційні зв'язки спокою переважно зникали. Участь в корелятах показників HF також зменшились з 16 до 8 випадків. Виникали нові – найчастіше між абсолютним та відсотковим вмістом тета, альфа, бета, дельта-ритмів мозку. Вони зустрічались (відповідно) у 16%, 13%, 8%, 8% випадках і реєструвались протягом усієї компресії плеча. Гамма-хвилі не зустрічались.

Отримані результати свідчать про зростання у здорових після навантаження скоординованої хвильової активності ритмів мозкової та серцевої діяльності. Через дві хвилини після присідань у обстежених реєструвалось відновлення переважної більшості кореляційних зв'язків, притаманних показникам до навантаження.

При цьому виявилось, що потужність HF-спектру зберігалась як у спокої, так і після навантаження та через 2 хвилини відпочинку, що підтверджує скоординовану діяльність ритмів серцевої та мозкової активності.

Якщо порівняти результати кореляційного аналізу АОГ здорових після фізіологічного стресу (фізичного навантаження) та хворих на COVID-19, то головні відмінності у тому, що кількість корелят у здорових більша, до їх складу входять показники як часового, спектрального аналізу, так і мозкової активності. Реакція у здорових проявлялась з початку до кінця компресії, у хворих – лише у її останніх фазах, при максимальній компресії плеча.

Хворі КГ-2 (ХПНЛ). Обстеження показали, що серед 4 відділень психоневрологічної лікарні найменше кореляційних зав'язків на АОГ реєструвалось у хворих, що лікувались у закритому відділенні. Власне, вони і підлягали вивченню. Найчастішими складовими 12 кореляційних пар були: бета (20%), гамма (14%), дельта-ритми (11%) мозкової активності. У кореляційних парах – поєднувались бета та гамма, VLF та LF. Наднизькі частоти (VLF) зустрічались у 20%, %LF та %HF – по одному разу. Привертає увагу виникнення кореляційних зав'язків лише у останніх фазах компресії плеча.

Якщо порівнювати кореляційні портрети хворих на COVID-19 та хворих закритого відділення, то тета-хвилі переважають у перших, а бета і поява гамма-хвиль – у других. Спостерігалася обмежена кількість кореляційних зав'язків між ритмами мозкової та серцевої активності в обох групах. При цьому, вони появлялись лише в останніх фазах компресії плеча, що свідчить про глибоке

порушення адаптаційної здатності до впливу зовнішніх чинників. За результатами досліджень можна передбачити спільність патогенетичних механізмів виникнення психічних розладів у ХПНЛ та хворих на COVID-19. Необхідно звернути увагу на наявність в інформаційних джерелах даних про порушення психіки та тривалі наслідки післядії захворювання при COVID-19 [14,20].

Висновки

Дослідження спрямовані на пошук маркерів складних патологічних процесів, що виникають при COVID-19 та призводять до значного зниження функціональних резервів, низької стресової стійкості організму і як результат – до важкого перебігу захворювання та відновних процесів при COVID-19. З цією метою використаний (запропонований авторами роботи) часовий, спектральний, кореляційний аналіз АОГ [19-21]. Метод базується на адаптації математичного аналізу варіабельності серцевого ритму (BCP) електрокардіосигналу [31, 41, 47, 63, 74, 138, 164, 169, 170, 212, 212, 265] до аналізу варіабельності артеріальних пульсацій, зареєстрованих під час вимірювання артеріального тиску за допомогою електронного тонометра ВАТ 41-2.

Метод АОГ розроблений авторами вперше. Базується на особистому досвіді наукових досліджень щодо морфологічного, часового, спектрального, кореляційного аналізу 3500 АОГ осіб різного віку і стану здоров'я. У здорових АОГ реєстрували у стані спокою та після впливу різних (механічних, термічних, фізичних, психологічних та ін.) чинників. Осцилографічному обстеженню підлягали хворі із захворюваннями серцево-судинної, дихальної, нервової систем [180].

Для обґрунтування достовірності результатів застосування артеріальної осцилографії проведений порівняльний аналіз результатів математичного аналізу ЕКГ та АОГ, синхронно зареєстрованих у стані спокою (54 особи). Отримані випадки сильної кореляції між показником M_0 , ЧСС, RMSSD ($0,97 \pm 0,02$, $p < 0,05$) на синхронно зареєстрованих ЕКГ та АОГ приводять до висновку, що відзначені показники характеризують рівень управління діяльністю не лише серця, а й судин («периферійного серця» [31, 41, 47, 63, 74, 138, 164, 169, 170, 212, 212, 265], та підтверджують високу інформативність обраних методів дослідження. Відсутність достовірності між іншими показниками часового аналізу ЕКГ та АОГ дає можливість передбачити їх залежність від чутливості рецепторного апарату та пружно-еластичних властивостей судинної стінки, які включаються в процесі зростання компресії плеча, що ЕКГ не реєструє [147, 180, 183].

Для даного дослідження використано часовий, спектральний, кореляційний аналіз АОГ, проведений і оцінений у 67 хворих з тяжким перебігом COVID-19.

Результати порівнювали з АОГ 28 пацієток закритого відділення психоневрологічної лікарні і 548 здорових (у тому числі, 68 осіб після фізичного навантаження та через 2 хвилини відпочинку).

У хворих на COVID-19 виявлено порушення функції, координації та зв'язку на всіх (чотирьох) рівнях регуляції діяльності ССС, яка є універсальним індикатором адаптаційно-приспосувальної діяльності цілісного організму [170]. При цьому реєструвалось значне зниження функціональних резервів та низька стресова стійкість організму, зумовлена відсутністю симпато-адреналової реакції та централізації управління захисними силами організму, порушенням зв'язків та координації на всіх рівнях адаптаційної вертикалі. Зазначене підтверджується наступними результатами досліджень.

1. Зареєстровано збільшення показників SDD, pNN50, BP ($P < 0,05$) та Mo ($P > 0,05$), зниження IVR, IN ($P < 0,05$) та AMo ($p > 0,05$) порівняно зі здоровими. Отримані результати (за аналогією з показниками ВСР ЕКГ) [47, 171, 212, 207, 267] свідчать про відсутність симпато-адреналової реакції та централізації управління захисними силами організму хворих з тяжким перебігом COVID-19. Для порівняння в роботі проведено аналіз АОГ у 68 осіб без скарг на стан здоров'я до та після фізичного навантаження (проби Руф'є). Після навантаження (фізіологічного стресу) реєструвалась статистично достовірна протилежна динаміка вищезазначених показників. Зазначене свідчить про зростання активності симпатичної ланки АНС та централізації впливу на ССС після фізичного навантаження [9] і відновлення їх після 2 хвилин відпочинку.

2. У обстежених нами пацієнтів з важким перебігом COVID-19 за часовими та спектральними показниками АОГ активність парасимпатичного відділу АНС виявилась навіть вищою, ніж у здорових у стані спокою. Тимчасом як гомеостаз може бути збережений завдяки підвищенню активності симпатичної відділу АНС, який можна оцінити за ступенем гальмування її парасимпатичного відділу [8, 9], а стан автономної реакції на зовнішні впливи є найбільш точним маркером реактивності і резистентності організму [47, 171, 212, 207, 267].

3. Реєструвалось зниження (порівняно зі здоровими) потужності %VLF, дуже низькочастотного домену у загальному спектрі частот, маркеру ступеня зв'язку автономних (сегментарних) рівнів регуляції кровообігу з надсегментарними, у тому числі з гіпофізарно-гіпоталамічним і корковим рівнем [126, 207]. Його зниження (порівняно з показниками здорових) при важкому перебігу COVID-19 може свідчити про порушення вищезазначених зв'язків та функцій відповідних рівнів регуляції.

3. Зростання потужності % ULF, наднизькочастотного домену у загальному спектрі частот, який інтегрує і адаптує перебудову функціональної діяльності організму під впливом зовнішніх чинників [47, 171, 212, 207, 267], на фоні зменшення %VLF дало можливість передбачити, що саме на цьому рівні пригнічується зв'язок між корою головного мозку і нижчими рівнями регуляції діяльності ССС.

4. Аналіз кореляційних зв'язків [49, 54, 56, 58] при COVID-19 засвідчив обмеження їх кількості як окремо в сегментах часових і спектральних показників, так і між ними. Якщо у здорових (групи *КТ І-с*) реєструвалось 28 пар корелят, то у хворих на COVID-19 – лише 10. Зазначене свідчать про порушення зв'язків між коливальними серцевими і мозковими ритмами [169, 212]. При цьому вони появлялись переважно в останніх (максимальних) фазах компресії плеча. Зазначене підтверджує значне зниження адаптаційних можливостей організму, коли лише максимальна компресія плеча мала здатність вивести їх із цього стану.

5. Поява психічних розладів у хворих на COVID-19 [14, 20] спонукали нас порівняти адаптаційну модель, яку вибудовує їх організм під впливом захворювання, та у пацієнтів закритого відділення психоневрологічної лікарні, які постійно приймають нейролептики. Саме у останніх вона виявилась найбільш подібною порівняно з іншими представниками психіатричних відділень. Виявлено відсутність достовірної різниці в результатах часового, кореляційного аналізу АОГ та значне підвищення в обох випадках %ULF у загальному спектрі частот (діяльність якого тісно пов'язана з психоемоційними напруженнями). Зазначене може свідчити про однакову спрямованість патологічних процесів у обох групах обстежених і обґрунтувати наявність психічних відхилень у хворих на COVID-19.

6. Проведені дослідження дали можливість досягнути поставленої мети та проінформувати читачів про наступне:

А. У хворих на COVID-19 виявлено і обґрунтовано механізми зниження адаптаційної здатності організму, порушення функціонального стану серцево-судинної, автономної, центральної нервової систем, психічних розладів. Отримані результати допоможуть лікарям звернути увагу на можливі варіанти механізмів розвитку патогенетичних процесів при COVID-19 і врахувати їх при виборі засобів корекції відзначених порушень та включити у протокол діагностики, лікування та реабілітації хворих на COVID-19 на стаціонарному та амбулаторному етапах лікування.

Б. Обґрунтовано інформативність та ефективність застосування артеріальної осцилографії, яка може стати засобом пошуку маркерів складних патологічних процесів, що виникають при COVID-19. Може застосовуватись для удосконалення

методів діагностики, лікування, реабілітації, контролю віддалених результатів цього небезпечного захворювання у клінічній та сімейній медицині.

В. Для втілення в практику необхідно в нових моделях електронних вимірювачів артеріального тиску передбачити можливість застосування методу АОГ. Апарат має здатність реєструвати значення тиску в манжеті в період зростання компресії та експортувати отримані значення для подальшого аналізу. Процедура застосування АОГ включає: вимірювання АТ, надсилання даних в особистий кабінет вебсервісу Оранта-АО, отримання результатів аналізу у вигляді значень показників та рекомендації експертної системи для подальшого прийняття рішень лікарем.

7. Автори продовжують дослідження в різних галузях, співпрацюють з фізіологами, кардіологами, неврологами та іншими фахівцями для подальшого обґрунтування методів АОГ.

8. Перспектива досліджень щодо даної проблеми: проведення морфологічного аналізу АОГ, комплексний аналіз динаміки показників АОГ хворих на COVID-19, апробація експертної системи для підтримки прийняття рішень на етапах стаціонарного лікування та реабілітації після перенесеного захворювання в амбулаторних умовах, під контролем сімейного лікаря.

4.2.5. Ефективність застосування артеріальної осцилографії для оптимізації знеболення під час кесарського розтину в умовах гіперфункції щитоподібної залози породіль

Д.В.Вакуленко, О.М.Якимчук, Л.О.Вакуленко

Актуальність теми. Знеболювання оперативного родорозрішення має велике практичне значення і є одним із основних завдань акушерської анестезіології. Головною умовою, що визначає найраціональніший спосіб знеболювання та його дозування, є принцип індивідуального підходу з урахуванням стану здоров'я та автономної реакції на стрес жінки та плода.

Проте на сьогодні відсутня оцінка ефективності патогенетично обґрунтованого застосування контролю за глибиною наркозу під час кесарського розтину та його впливу на новонароджених, які отримували об'єктивізований моніторинг кількості медикаментозного навантаження при наданні анестезіологічної допомоги в пологах.

Мета досліджень. Провести об'єктивну оцінку стану автономної нервової та серцево-судинної систем пацієнток у передопераційному періоді та операції

методом артеріальної осцилографії. Вивчити стан та динаміку показників морфологічного, часового, спектрального аналізу АОГ в процесі оперативного втручання. Використати отримані результати для оптимізації знеболювання оперативного родорозрішення залежно від рівня індивідуальної седації пацієнтів із різною функцією щитоподібної залози.

Наукова новизна одержаних результатів. В роботі вперше розроблено методіку визначення оптимальної кількості наркотичних препаратів для знеболення пологів залежно від рівня індивідуальної седації пацієнтів із різним функціональним станом щитоподібної залози. При цьому (поруч з контролем BIS-моніторингу та суб'єктивною і об'єктивною оцінкою стану породіллі) використано метод артеріальної осцилографії. Метод артеріальної осцилографії апробований, розроблений та запатентований у патенті «Оцінка рівня больової чутливості методом артеріальної осцилографії». Метод дає можливість визначити вплив вегетативних реакцій на серцево-судинну систему пацієнтів із різними станами щитоподібної залози за рівнем індивідуальної седації та перебігом післяопераційного періоду. Його застосування у складі розробленого комплексного алгоритму дає можливість оптимізувати знеболювання оперативного родорозрішення, оцінити ефективність використання об'єктивної оцінки глибини наркозу залежно від рівня індивідуальної седації та перебігу післяопераційного періоду пацієнтів із транзиторним гестаційним гіпертиреозом.

Матеріал і методи досліджень. Клінічна частина роботи присвячена апробуванню розробленого та запатентованого способу «Оцінка рівня больової чутливості методом артеріальної осцилографії» та оцінці ефективності використання розробленого комплексного алгоритму об'єктивної оцінки глибини наркозу за рівнем індивідуальної седації та перебігом післяопераційного періоду. З цією метою обстежено 120 породіль, яким проводилось знеболювання пологів спінальною та внутрішньовенною анестезією і які (поруч з контрольною групою) були поділені на 4 групи (табл. 4.19).

Таблиця 4.19

Характеристика груп обстежених пацієнтів

Групи	n	Вид знеболення	скорочення
Контрольна група (n=30)	30	загальне знеболювання з класичним методом контролю + еутиреоз	(ЗА)
I група (n=30)	30	Спінальна анестезія + еутиреоз	(СА)
II група (n=30)	30	Спінальна анестезія + транзиторний гестаційний гіпертиреоз	(СА+ТГТ)

III група (n=30)	30	Загальне знеболення з контролем рівня глибини наркозу за допомогою (BIS) монітора + еутиреоз	(3A+BIS)
IV група (n=30)	30	Загальне знеболення з контролем рівня глибини наркозу за допомогою (BIS) монітора + транзиторий гестаційний гіпертиреоз	(3A+BIS+ТГТ)

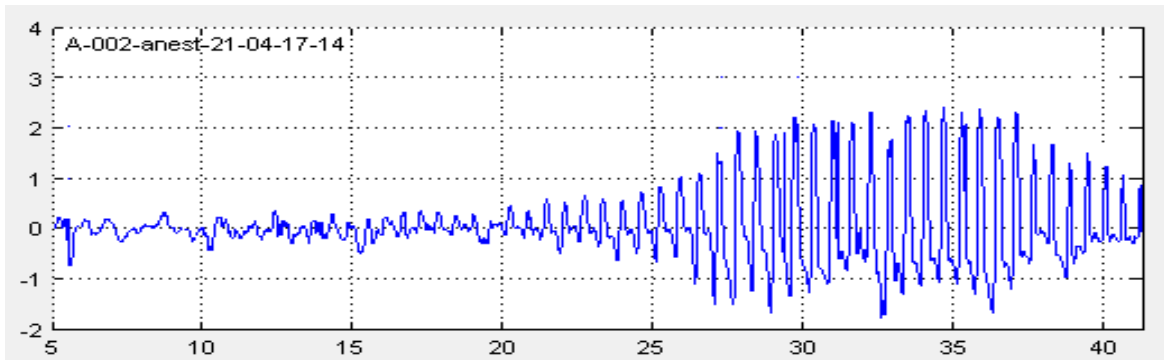
Вимірювання артеріального тиску та реєстрація для подальшого аналізу артеріальних осцилограм проводились поетапно: I етап – до знеболення та операції кесарського розтину, II етап – через 10 хвилин після початку знеболення (спінальної анестезії або внутрішньовенного наркозу з ШВЛ), III етап – в кінці оперативного втручання та, відповідно, знеболення (виняток – спінальна анестезія), IV етап – після оперативного втручання та знеболення, коли пацієнтка перебувала в ПІТ.

Оцінка артеріальних осцилограм проводилась за максимальними та мінімальними екстремумами при морфологічному, часовому, спектральному аналізі осцилограм. Морфологічний аналіз включав 8 критеріїв. При часовому аналізі вивчено показники SDD, Mo (мс) Aмо (%), BP (ум.од.), RMSSD та варіаційної пульсометрії: IBP, BPP, IH, PAIP. При спектральному аналізі – показники HF, LF, VLF, ULF та у відсотках відносно загального спектру частот %HF, %LF, %VLF, %ULF. Два останніх оцінювались за методами аналізу варіабельності серцевого ритму електрокардіосигналу.

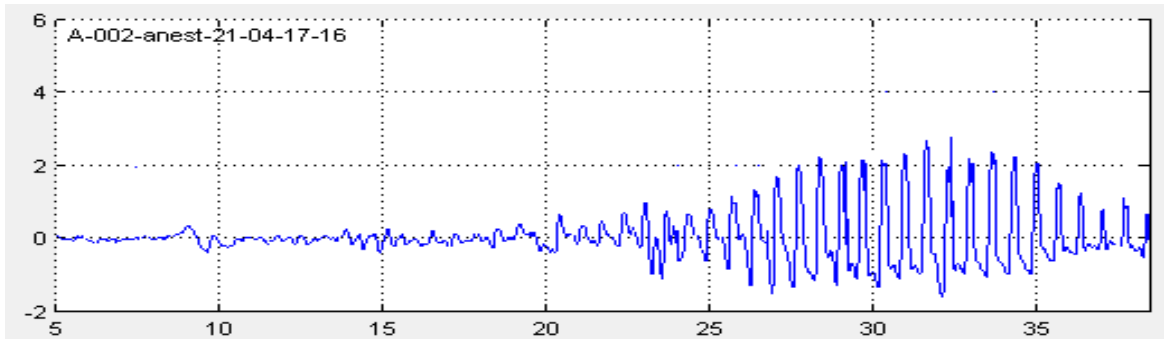
Результати досліджень та їх аналіз

Морфологічний аналіз АОГ за 8 критеріями засвідчив достовірне покращення якості адаптації судин (на початку компресії): $4,4 \pm 0,3$ ум. од. – до введення анестетика, $3,7 \pm 0,3$ ум. од. – через 10 хвилин після введення анестетика та $3,1 \pm 0,6$ ум.од. – в кінці оперативного втручання. Для прикладу демонструємо АОГ обстеженої М. (23 р.) (мал. 4.29).

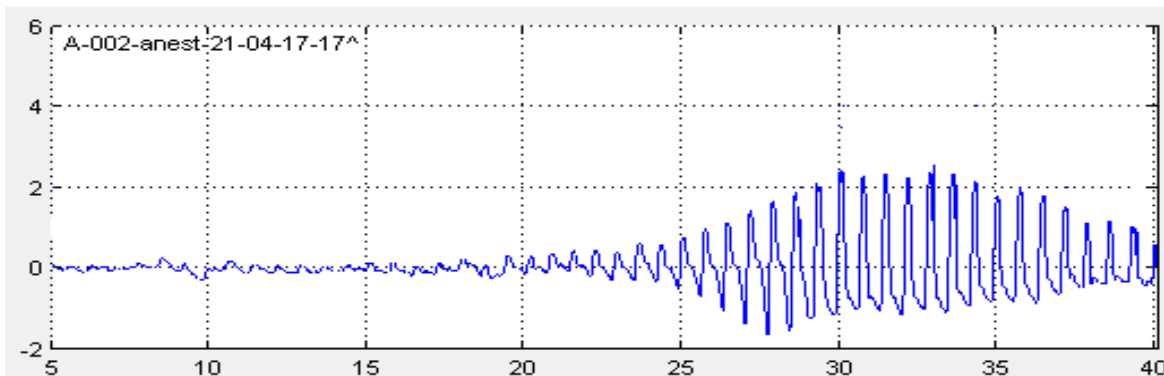
А



Б



В



Мал. 4.29. Артеріальні осцилограми обстеженої М., 23 р. (II група) до оперативного втручання (А), через 10 хвилин після введення анестетика (Б), в кінці оперативного втручання (В).

Аналіз кожної осцилограми протягом усієї компресії свідчить про покращення ритмічності та гармонійності пульсацій на АОГ «Б» та особливо – «В», що пов'язано з блокадою анестетиками больових відчуттів та стресової реакції на оперативне втручання.

При цьому виявлено достовірне зменшення площі висхідної частини осциляцій: $6,1 \pm 0,3$ мс – до введення та $5,3 \pm 0,4$ мс – через 10 хвилин після введення

анестетика, що пов'язано зі зменшенням тону судин плеча. Зменшення кількості максимальних за амплітудою пульсацій свідчить про покращення їх еластичності.

Досліджувані часові і спектральні показники АОГ у пацієнток різних груп представлені у таблиці 4.20.

Таблиця 4.20

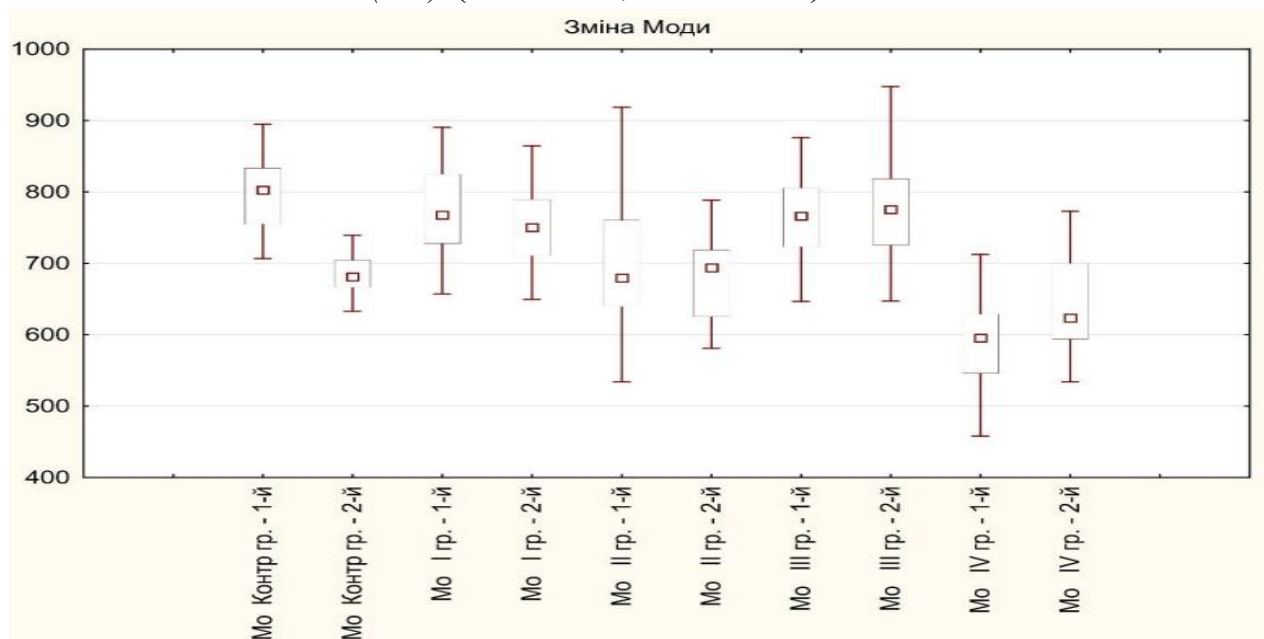
Показники артеріальної осцилографії у пацієнтів різних груп

Група	Контрольна група (ЗА)		I (СА)		II (СА+ТГТ)		III (ЗА+BIS)	IV (ЗА+BIS+ТГТ)		
	1 етап	2 етап	1 етап	2 етап	1 етап	2 етап	1 етап	2 етап	1 етап	2 етап
Показник										
ЧСС	75,92±3,49	87,64±5,31	77,23±5,43	79,23±4,34	101,23±5,22*	88,33±4,13	76,12±3,69	84,15±4,05	103,12±4,62*	93,15±3,91
Мо, мс	791±31	685±40	776±50	757±39	593±29*	679±30	788±36	713±32	582±25*	644±25
ΔX, мс	73±4	80±4	100±9	78±4	58±8*	60±3**	72±5	64±3	50±4*	50±3**
Амо%	37,72±3,01	47,65±1,49	32,45±4,31	29,75±3,25	37,81±1,60	46,71±2,38**	38,43±2,72	44,19±1,84	39,26±2,33	41,32±1,81
ІН	3,68±0,52	4,34±0,18	2,09±0,21	2,51±0,53	5,49±0,47*	5,73±0,35**	3,38±0,46	4,82±0,29	6,73±0,36*	6,41±0,47**
ІВР	0,517±0,04	0,596±0,03	0,324±0,05	0,381±0,04	0,652±0,03*	0,767±0,04**	0,528±0,05	0,687±0,04	0,781±0,05*	0,784±0,04**
HF мс	1581,65±39,62	1832,61±41,25	1430,81±38,93	1525,72±29,31	1221,41±38,43*	1467,42±32,56	1523,41±44,91	1705,71±36,12	1116,82±37,13*	1061,34±43,24**
LF мс	1423,18±171,28	1875,83±166,62	1743,26±192,23	1451,34±264,81	2324,61±238,61*	1935,65±245,61**	1407,32±169,38	1605,16±156,11	1821,57±183,11*	2034,72±221,92**
VLF мс	1205,04±223,08	1326,31±218,72	1002,95±194,12	1173,44±242,27	1543,81±247,32*	1862,52±249,56**	1186,06±236,67	1212,62±231,43	1813,52±225,02*	1823,39±247,43**
ULF мс	902,31±195,32	1132,74±241,58	875,23±151,56	967,72±179,93	1456,71±183,73*	1318,62±201,31**	892,13±185,62	943,37±182,74	1621,25±219,29*	1561,72±132,87**
HF%	34,98±1,93	30,13±2,02*	31,23±1,45*	39,21±1,78*	19,64±1,73*	16,32±1,82**	35,83±1,91	31,73±1,82*	18,84±1,43*	16,04±1,41**
LF%	29,66±2,14	34,24±1,91	39,27±1,56	29,19±1,09*	46,62±1,78*	42,71±1,53**	29,76±2,24	33,17±1,69	50,12±1,83	47,74±1,54**
VLF%	18,02±1,72	16,42±2,71	19,51±1,41	18,85±2,12*	28,61±1,82*	29,32±1,62**	17,55±1,63	18,47±2,18	25,73±1,96*	27,91±2,11**
ULF%	14,53±1,78	13,71±1,58	8,56±1,44	10,71±1,62	4,24±1,47*	9,61±1,84	14,61±1,88	15,42±1,39	4,11±1,63*	8,35±1,15**
Група	Контрольна група (ЗА)		I (СА)		II (СА+ТГТ)		III (ЗА+BIS)	IV (ЗА+BIS+ТГТ)		

Примітка: * – достовірність (p<0,05) між показниками I та II і III та IV на I етапі дослідження; ** – достовірність (p<0,05) між показниками I та II і III та IV на II етапі дослідження; *** – достовірність (p<0,05) між показниками контрольної та III групи на I і II етапі дослідження.

Для прикладу (із зазначених в таблиці показників) використаємо аналіз середніх показників моди (Mo), Амо, та HF,%LF на різних етапах дослідження, які зображені на малюнках 4.30 (1-3).

Показник Моди (Mo) (табл. 4.20, мал. 4.30.1)



Мал. 4.30.1. Показник моди (Mo) на різних етапах дослідження

Примітка. На цьому і наступних малюнках 4.30 зареєстровані показники АОГ на різних етапах дослідження: 1-4 – спінальна анестезія, 5-8 – внутрішньовенна загальна анестезія, 1,5 – перед проведенням анестезії, 2,6 – через 10 хвилин після проведення анестезії, 3, 7 – в кінці оперативного втручання, 4, 8 – на наступний день.

Як видно з таблиці 4.20 та мал. 4.30.1, показник моди (Mo) в контрольній групі до початку оперативного втручання становив 791 ± 31 мс, що достовірно відрізнялося від показників в II групі (593 ± 29 мс) та IV групі (582 ± 25 мс, $P < 0,05$). Аналізуючи показник моди у пацієток III групи, які знеболювалися загальним наркозом з ШВЛ та класичним контролем глибини наркозу BIS-моніторингом, варто відзначити таку особливість: стан нормокардії був у пацієток на 1 етапі (788 ± 36 мс), і на 2 етапі (713 ± 32 мс, $p > 0,05$) вимірювання не змінювався. В IV групі у пацієток з транзиторним гестаційним гіпертиреозом на 1 етапі (582 ± 25 мс) та 2 етапі (644 ± 25 мс) вимірювання спостерігалася більш виражена тахікардія в порівнянні з III групою на 1 етапі (788 ± 36 мс) та 2 етапі (713 ± 32 мс) відповідно ($p > 0,05$). Водночас у II групі пацієнтів відзначалася достовірна різниця між 1 та 2 етапом дослідження ($0,652 \pm 0,03$ ум.од.) та ($0,767 \pm 0,04$ ум.од.) відповідно ($P < 0,05$) на 1 етапі.

Амплітуда моди (Амо). Як видно з таблиці 4.20, амплітуда моди на першому етапі у всіх групах в межах 5-7% ($p>0,05$), що свідчить про стабільність активності всіх механізмів, що реалізують регуляторні впливи адренергічної ланки через гуморальний канал та збереження вегетативного гомеостазу. Але при спінальній анестезії, на відміну від загального наркозу зі ШВЛ, на 2-му етапі дослідження **амплітуда моди** достовірно зростала на 23% ($p<0,05$), тоді як у групах пацієток з гестаційним транзиторним тиреотоксикозом передопераційний стрес викликав достовірне зростання даного показника на 35%, що може служити маркером надлишкової активації симпатичної нервової системи та ризику ускладнень під час знеболювання.

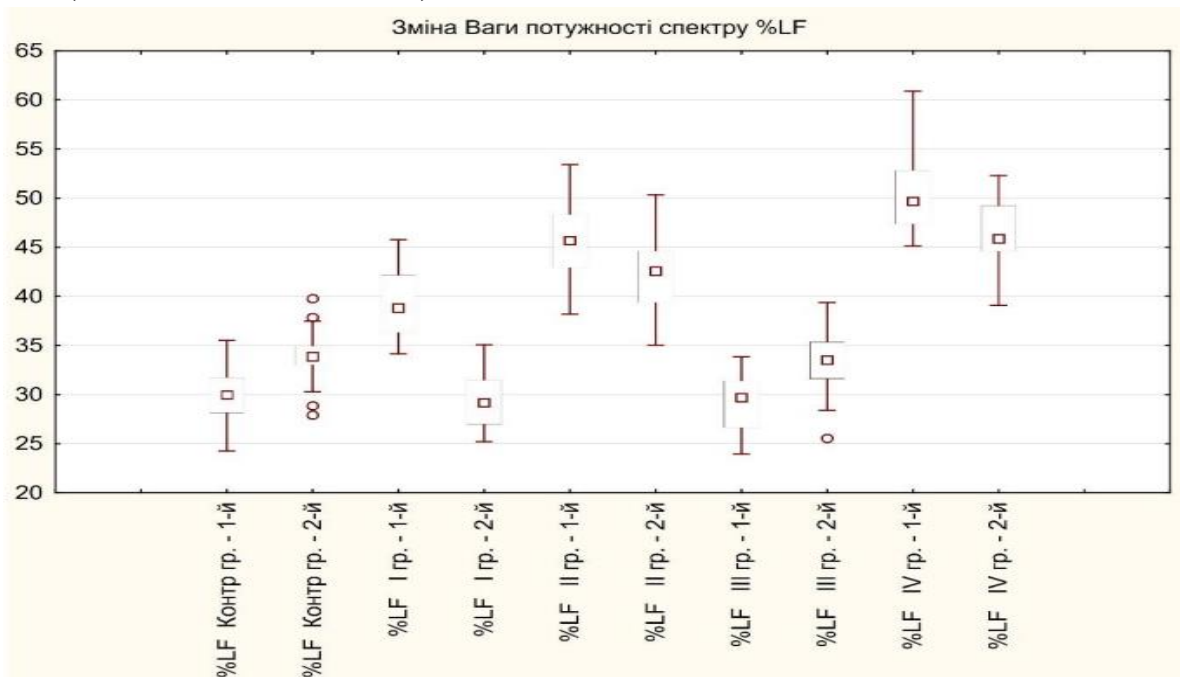
HF – потужності високочастотного домену, спектр яких відображає стан структур довгастого мозку і визначає активність автономного контуру регуляції діяльності ССС, за яку відповідає ПС відділ ВНС (табл. 4.20, мал. 4.30.2).



Мал. 4.30.2. Відсоток потужності високочастотного домену спектру хвиль (HF) на різних етапах дослідження

У II групі пацієток, які знеболювалися регіонарним методом анестезії до операції та під час операції, зростав показник HF ($p<0,05$), а під загальним знеболенням (III група) відзначається помірне зниження активності парасимпатичних впливів ЦНС ($p>0,05$). Такі результати можуть свідчити, що пацієтки однаково хвилювалися до початку операції. Більш виражені прояви порушення серцевої регуляції в групах II та IV свідчить про посилення впливу патології щитоподібної залози на вегетативний гомеостаз.

LF – показник низькочастотних (вазомоторних) хвиль, які відображають активність кардіостимулюючого і судинорухового (вазомоторного) центрів довгастого мозку, який віддзеркалює активність переважно симпатичної нервової системи (табл. 4.20, мал. 4.30.3).



Мал. 4.30.3. Показник спектру хвиль низької частоти (LF) на різних етапах дослідження.

Передопераційний стрес викликав помірне посилення впливу на підкоркові центри регуляції у I та III групах та достовірно – у II (59%) та IV (89%) групах пацієнтів (порівняно з контрольною групою). Загальний наркоз незначно гальмує активність кардіостимулюючого і судинорухового (вазомоторного) центрів під час самого знеболення та помірно ослаблює впливи на підкоркові центри регуляції.

У I та II групі пацієнок на спінальній анестезії на 2-му етапі, згідно з інтерпретацією показника LF, відзначалося помірне ослаблення активності кардіостимулюючого і судинорухового (вазомоторного) центрів. Зростання такого показника артеріальної осцилографії, як низькочастотні хвилі (LF), на 59% у II та на 89% у IV групі у жінок з транзиторним гестаційним гіпертоксикозом при обстеженні до оперативного лікування, свідчить про посилення впливу патології щитоподібної залози на вегетативний гомеостаз і може служити маркерами надлишкової активації симпатичної нервової системи. Застосовуючи метод артеріальної осцилографії перед операцією, можна визначити групу пацієнтів з ризиком порушень регуляції автономної нервової системи та серцево-судинної системи і, відповідно до результатів, вибрати оптимальний метод знеболювання.

При порівнянні груп на спінальній анестезії з групами, де проводився загальний наркоз з ШВЛ, варто зазначити, що розлади автономної регуляції серцево-судинної діяльності більш виражені в групах із загальним знеболенням, що може пояснюватись симпатолітичним ефектом місцевих анестетиків, які застосовуються при спінальній анестезії та урівноважують дисбаланс у впливі патології щитоподібної залози на вегетативну регуляцію нервової системи.

Висновки

Застосування артеріальної осцилографії з морфологічним, часовим, спектральним аналізом осцилограм перед операцією дає можливість виділити групу жінок із надлишковою активацією симпатичної нервової системи та ризиком ускладнень під час знеболювання жінок, які заплановані на кесарський розтин. Зростання таких показників артеріальної осцилографії, як низькочастотні хвилі (LF), на 25% та дуже низькочастотних хвиль (VLF) на 35%, можуть служити маркерами надлишкової активації симпатичної нервової системи.

Співставлення результатів артеріальної осцилографії та BIS-моніторингу дозволяє оптимізувати знеболення під час кесарського розтину залежно від рівня індивідуальної седації та раціонально зменшити дози анестетиків, уникнути інтраопераційного пробудження і скоротити час відновлення свідомості у ранньому післяопераційному періоді, зменшити постнаркозну депресію свідомості і дихання.

В результаті оптимального застосування засобів для наркозу, а також значного зменшення використання наркотичних препаратів, новонароджені діти, народжені від матерів I групи ($8,80 \pm 0,19$) балів на першій та п'ятій ($9,43 \pm 0,18$) хвилинах, мали достовірно ($p < 0,05$) вищі показники оцінки загального стану за шкалою Апгар. Отже, спінальна анестезія нівелює порушення, спричинені дисфункцією щитоподібної залози, і діти, народжені у цій групі, показують вищі значення оцінки за шкалою Апгар.

4.2.6. Застосування артеріальної осцилографії у психофізіології

Д.В. Вакуленко, Л.О. Вакуленко, Л.М. Сас, О.В. Гевко

А. Застосування спектральних та кореляційних методів аналізу біосигналів у психофізіології

Актуальність теми. Посттравматичні стресові розлади (ПТСР), пов'язані із захистом незалежності України, стрімка інформатизація суспільства вимагають

розробки нових, доступних та високоінформативних методів діагностики, моніторингу та прогнозування станів пацієнта [135]. Насамперед це стосується системи кровообігу як індикатора адаптаційних можливостей організму [145].

Функціональна система регуляції кровообігу являє собою багатоконтурну, ієрархічно організовану систему, в якій домінуюча роль окремих ланок визначається поточними потребами організму [229]. Ритмічна діяльність серця можлива лише при існуванні певних фазових співвідношень між коливальними мозковими та серцевими процесами [145]. Будь-які патологічні зміни розвиваються як наслідок порушення хвильової структури управляючого сигналу ЦНС і, відповідно, можуть бути виявлені за змінами динамічних параметрів ритмів серця і мозку [229].

Мета досліджень. Виявити зміни активності ритмів мозку та серця в процесі адаптації до змінюваних умов зовнішнього середовища за допомогою морфологічного, часового, спектрального, кореляційного аналізу артеріальних осцилограм (АОГ), запропонованих Вакуленком Д.В, 2015 [135].

Матеріал та методи досліджень. Обстежено 720 осіб обох статей, різного віку та стану здоров'я. АОГ реєстрували в стані спокою та при впливі різних (фізичних, термічних, мультимедійних та ін.) чинників. Їх аналіз проведено за методами, прийнятими для аналізу варіабельності серцевого ритму [120]. Усього зареєстровано і піддано аналізу 3640 осцилограм, 470 електрокардіограм, 45 міограм, 57 пульсограм, 43 енцефалограми. До аналізу інтервалограм періодичних сигналів і до самого біосигналу застосували також методи спектрального аналізу (перетворення Фур'є (загальна потужність) та Гільберта-Хуанга (миттєва частота та фаза). Частотні інтервали в діапазоні від 0 до 70 Гц розділено на інтервали з кроком від 2 до 5 Гц (350 показників). Для формування кореляційного портрету визначених показників застосували кореляційний та кластерний аналіз [135].

Результати досліджень та їх аналіз

Виявлено зміни активності ритмів мозку під впливом різних чинників. Так, після фізичного навантаження (проба Руф'є у здорових) поруч з іншими показниками виникали нові кореляційні зв'язки між абсолютним і відсотковим вмістом дельта, тета, альфа (окрім бета) ритмів мозку та загальною потужністю коливань (від 0 до 100 Гц) і між собою протягом усієї компресії судин плеча та в окремі її періоди, а також – між визначеною за методом Гільберта-Хуанга потужністю миттєвої частоти дельта- і тета-хвиль.

Кореляційні пари зразу після фізичного навантаження найчастіше включали: прямі зв'язки %Alpha – 6 випадків, %Teta – 6 випадків, рідше – %Delta, %Beta (по 3 випадки), зворотний зв'язок – між Teta і Delta. Через дві хвилини після присідань

реєструвалось зникнення вищезазначених показників та відновлення переважної більшості корелят, притаманних показникам до навантаження.

Висновки

Проведений аналіз отриманих показників в експерименті свідчить про наявність індивідуальної та групової достовірної чутливості показників у досліджуваних діапазонах спектру.

Виявлена динаміка показників потребує психофізіологічної інтерпретації. Вказані методи допоможуть сформуванню додаткових підходів до маркування різноманітних станів у нормі та при патології, визначати їх вже при вимірюванні АТ.

Б. Стан вегетативного балансу у пацієнтів з депресивними розладами, визначеного за допомогою ПК Оранта-АО

Актуальність теми. Депресія є одним з найбільш розповсюджених захворювань у всьому світі, а за оцінкою експертів Всесвітньої організації охорони здоров'я, депресивні стани переживають близько 500 мільйонів людей. Складність цієї ситуації полягає ще й в тому, що на цю недугу найбільше страждають люди працездатного віку, що лягає важким тягарем на суспільство і є вагомим проблемою стосунків (максимальне число зазначеного стану припадає на період 20-39 років).

Депресія стала значною проблемою в сучасній медичній практиці через високу її коморбідність: зустрічається разом із множинними супутніми патологіями, особливо серцево-судинними захворюваннями (ССЗ), разом з тим є фактором ризику певних проблем, в тому числі метаболічного синдрому з його наслідками для периферичних судин та міокарду (МС) [3].

В Україні хвороби серцево-судинної системи за останні десятиліття збільшилися майже у 2 рази і на сьогоднішній день впевнено посідають лідируючі позиції в структурі загальної смертності в Україні і залишаються одним із найвищих показників у Європі і світі. У кожного п'ятого пацієнта з ішемічною хворобою серця та серцевою недостатністю діагностується депресія, що вдвічі статистично збільшує смертність, інвалідизацію та знижує якість життя пацієнта, причому ця залежність корелює з важкістю самої депресії. Депресія впливає на вегетативний тонус, змінюючи баланс вегетативних впливів та адаптаційні можливості міокарда. Виявлено, що важкість депресивних ознак пов'язана з інтенсивністю вагусної активності. Відзначене свідчить про необхідність

удосконалення системи профілактики, раннього виявлення, надання допомоги особам з депресивними розладами та підкреслює актуальність даної проблеми.

Мета досліджень. Виявити зміни вегетативного балансу у пацієнтів з депресивними розладами за допомогою методу артеріальної осцилографії.

Матеріал і методи досліджень. В роботі використано досвід аналізу результатів більше 4000 АОГ [147]. Окрім цього, обстежено 161 учасник клінічних досліджень віком від 18 до 65 років. За при допомогою Госпітальної шкали тривоги і депресії (HADS) було проведено оцінку рівня тривоги і депресії. Додатково кожному з учасників реєстрували ЕКГ, реограму, артеріальну осцилограму та проводили лабораторне визначення обстеження показників загального аналізу крові. Критеріями оцінки даних за HADS є: 0-7 балів – норма; 8-10 балів – субклінічно виражена тривога/депресія; 11 і вище – клінічно виражена тривога/депресія. За результатами проведення тестування було виявлено значення показників рівня депресії в межах від 0 до 16. Для зручності аналізу дані розділили по групах: від 0 до 3 – 66 осіб, від 4 до 5 – 36 осіб, від 6 до 10 – 42 особи, від 10 до 16 – 17 осіб.

Обстежено також 25 пацієток віком від 32-65 років, що перебували на лікуванні в КНП «Тернопільська обласна клінічна психоневрологічна лікарня» з психічними розладами. Програма обстеження включала клініко-психологічне дослідження (клінічне інтерв'ю, психологічна бесіда, збір психологічного анамнезу). Оцінка ступеня психічних і психотичних розладів проводилася за Госпітальною шкалою депресії (HDRS) та шкалою депресії, тривоги, стресу DASS-21. Основний спектр діагнозів: біполярний афективний розлад з поточним епізодом депресії та депресивні розлади без психотичних включень з депресивним синдромом різного ступеню важкості. АОГ реєстрували при поступленні пацієнта на стаціонарне лікування. Проводився часовий та спектральний аналіз АОГ.

Для часового аналізу використано такі показники: ЧСС, Moda; АМо; SDSD, pNN50; BP deltaX; ІН, ІВР, ПАПР, HRV, RR std, а також – power_osc_stddev [47, 171]; для спектрального аналізу: TP, HF, LF, ULF [32, 47, 170, 221]. За показниками в діапазонах: 0-4 Гц (дельта), 4-8 Гц (тета), 8-13 Гц (альфа), 13-25 Гц, 25 Гц і більше Гц (бета) визначали рівень мозкової активності. З цією метою використано перетворення Фур'є та Гільберта-Хуанга, які відображають загальну та миттєву адаптаційну реакцію на компресію плеча [171]. Вивчено також комплексний показник активності регуляторних систем (ПАРС).

Статистичне опрацювання результатів проводили з використанням комп'ютерної програми Statistica, застосовували критерій Стьюдента при

нормально розподілених даних, в іншому випадку – метод Вілкоксона. Зміни показників вважали статистично значущими в разі $p < 0,05$.

Результати досліджень та їх аналіз

Часовий аналіз. У пацієнтів з депресивними розладами відзначено стійку тенденцію до зростання амплітуди моди (АМо). Даний показник відображає збільшення кількості однотипних за тривалістю кардіоінтервалів, що свідчить про стабілізацію ритму. Таким чином, вже при клінічно легкому ступені депресії було відзначено зростання даного показника з наступним його зростанням поряд з наростанням важкості депресії. Якщо у контрольній групі даний показник становив $33,49 \pm 8,8$, то при найлегших розладах психіки його рівень становив $39,16 \pm 7,4$, а при важких – $48,63 \pm 9,3$. Дані зміни є наслідком активації центрального контуру через посилення симпатичних впливів, що виникають за умов психічного навантаження і спрямовані на екстрену мобілізацію. Такий характер змін даного показника свідчить про недостатність і обмеженість функціональних резервів організму обстежених.

Ці дані підтверджують закономірності зміни показника активності регуляторних систем (ПАРС): по підгрупах рівня захворювання даний показник у хворих з депресією та в середньому становив 7,1, тимчасом як у здорових людей осіб його рівень – 3,4. Стрімке зростання показника також свідчить про різко виражене функціональне напруження, яке виникло на ґрунті обмежених функціональних можливостей резервів.

Мода вказує на найбільш ймовірний рівень функціонування синусового вузла. Чим більше значення показника, тим більше зростає активність функціонування синусового вузла. В наших дослідженнях показник моди фактично залишався незмінним, тому можна припустити стабільність активності синусового вузла за умов депресії.

Цікавою виявилася тенденція змін ВР. У пацієнтів з легким ступенем депресії ВР збільшився, але погіршення психічного стану пацієнта призвело до поступового, але неухильного зменшення даного показника. Важкі форми депресії характеризувалися зниженням показника нижче норми. Так, у здорових осіб він становив $0,27 \pm 0,01$, а згодом зменшився до $0,21 \pm 0,02$. Вірогідно, незначні зміни психічного стану демонструють включення пристосувальних механізмів, які намагаються привести дисбаланс в норму, але за умов прогресування депресії або первинно важкої її форми адаптаційним механізмам не під силу справитися з навантаженням, що проявляється у зростанні активності симпатичної ланки АНС.

Кількісно оцінити значення рівня стресу можна за допомогою індексу напруженості (ІН) регуляторних систем. У наших пацієнтів його зміни носили

хвилеподібний характер, а саме – при легкій депресії спостерігалось різке його зниження, що знову ж таки очевидно носить захисний характер і є відображенням включення потужних захисних механізмів на ранніх етапах захворювання, або ж є свідченням незначного стресового чинника, сила якого є меншою від можливостей організму. Подальше прогресування пригнічення психічних функцій або вплив інтенсивного стресового фактору призводить до збільшення ІН. Цей момент демонструє виснаження ресурсів швидкого реагування та вразливість регуляторних систем. Наступним етапом є повторне зниження показника фактично до вихідного рівня поряд з тим, що тяжкість симптомів депресії у цих хворих була більшою. Дана динаміка, на нашу думку, є наслідком ще однієї хвили адаптаційних можливостей, яка активує інші, більш потужні механізми. При їх неефективності або виснаженні, ІН різко зростає до високих цифр.

Спектральний аналіз. Цікавими та достатньо інформативними виявилися зміни показників спектрального аналізу, оскільки зміни емоційного фону викликали суттєві перебудови у хвильовій структурі серцевого ритму.

Таким чином, відзначалось значуще зниження всіх аналізованих позитивних показників спектрального аналізу за винятком HF, хоча спостерігалась суттєва варіативність їх реакцій. Ці зміни свідчать про активацію симпатичного відділу автономної нервової системи. Відзначене підтверджується зниженням активності LF, що свідчить про зниження активності нижчих центрів регуляції та ведучий контроль центральних контурів.

Попри реактивність всіх аналізованих показників найбільш значущими виявились варіативні зміни для LF та TP. Причому помітно, що LF, який відображає активність вазомоторного центру, утримувався на близькому значенні до вихідного рівня при незначних психічних порушеннях, але з наростанням важкості депресії показник різко знизився. Таким чином LF демонстрував значуще зниження при депресії 4-5. У пацієнтів з глибшою депресією показник підвищився, практично досягнувши рівня контролю, але в подальшому знову зменшився, і найнижчий його рівень сягав -31% у порівнянні зі здоровими особами.

Зміни HF характеризувалися поступовим зростанням величини, за винятком незначного зниження у пацієнтів з помірними показниками депресії, що свідчить про активацію парасимпатичної ланки автономної нервової системи. За умов стресового напруження регуляторних систем можна думати про компенсаторне включення вагусних механізмів задля стабілізації вегетативного контролю та намагання обмежити контроль симпатичного відділу.

Таким чином, якщо в процесі пристосувальних реакцій зміни носять різнонаправлений характер, то ми можемо говорити про ефективність адаптивних реакцій.

Зміни VLF характеризувались неухильним зниженням. У пацієнтів з важкою формою депресії він був нижчим в порівнянні зі здоровими людьми на 39,2%, що становило статистично значущу різницю ($p < 0,05$).

Щодо змін негативних спектральних інтервалів, то вони відзначалися дещо іншими особливостями. Так, показник VLF змінювався хвилеподібно. В основному його зміни характеризувалися збільшенням протягом обстежень з найбільш значущим посиленням, що складало 50,42% та носило статистично значущий характер ($p < 0,05$) за умов важкої депресії. Різке зниження показника відзначалось при середній важкості депресивних реакцій.

Показник LF також демонстрував тенденцію до збільшення: від легких форм депресії до важких, але при важких формах показник повернувся до вихідного значення [32, 47, 170].

HF різко знижувався уже при незначних емоційних розладах та досягнув мінімального рівня при депресії 4-5, коли відрізнявся від контрольного рівня на 12,15% і був статистично достовірним ($p < 0,01$). З наростанням важкості депресії HF досягнув вихідного рівня.

Однонаправленими щодо демонстрації змін на рівні серця та судинного русла були зміни показника загальної потужності спектру, який зазнавав поступового зниження. Дані зміни свідчать про значне пригнічення функціональної здатності усіх рівнів регуляції судинним чинником гемодинаміки. Хоча потрібно зазначити, що більша інтенсивність змін стосувалася механізмів регуляції судинного русла в порівнянні з впливами серця, тому можна стверджувати, що власне зміни в судинах є зусиллями, що направлені на утримання вегетативного балансу та зумовлюють адаптивні захисні механізми щодо серця.

Висновки

Аналіз артеріальних осцилограм, зареєстрованих при вимірюванні артеріального тиску, та використання при цьому програмного комплексу Оранта-АО (розробленого співавторами роботи) дали можливість вивчити стан автономної нервової системи та серцевого і судинного чинників гемодинаміки при розладах психіки депресивного спектру.

Активация симпато-адреналовой системы є детермінуючим чинником у розвитку несприятливих серцевих подій. За умов депресивних розладів різного ступеня важкості виявлено дисбаланс у керуванні серцево-судинною системою, що

має негативний вплив на варіабельність серцевого ритму та може стати несприятливим фактором для подальшого розвитку серцево-судинних ускладнень.

При депресивних розладах реєструються порушення функціональної здатності усіх рівнів регуляції судинним (як і серцевим) чинником гемодинаміки. Зазначене підтверджується змінами ВСР та відсотка низько- і наднизькочастотної складової, дисбалансом ВНС, зниженням загальної потужності спектру. Це утруднює роботу і самого серця, адже еферентна симпатична і вагусна активація, спрямована на синусовий вузол, може модулюватися центральними (вазомоторними, дихальними центрами) і периферійними впливами (основною складовою яких є судини).

Оцінка кардіогемодинамічних показників у пацієнтів з напруженим психоемоційним станом є вкрай важливим діагностичним заходом. Результати кардіоінтервалометрії (осцилографії) можуть бути підставою припускати, які ланки регуляції страждають, та дають можливість виявити механізми, що погіршують прогноз таких пацієнтів.

Таким чином, нами встановлено, що важливим механізмом впливу депресивного синдрому на організм є активація симпато-адреналової системи, що впливає на вазоконстрикцію, регуляцію ритму серця і проявляється низькою варіабельністю серцевого ритму (ВСР), що перебуває в прямій залежності від ступеня вираженості депресивного синдрому.

Разом з тим, дослідження продемонстрували, що описані зміни супроводжуються включенням регуляторних механізмів, які направлені на збільшення тону парасимпатичної нервової системи та ослаблюють дисбаланс автономної системи загалом, покращуючи адаптивні реакції. Можна стверджувати, що психічні розлади, а саме депресивні порушення, є підґрунтям для розвитку певних серцево-судинних проблем, і раннє виявлення предиспозицій цих проблем є важливою задачею.

В. Зміни часових характеристик артеріальних осцилограм під впливом природних звуків

Актуальність теми. Безперервні стресові ситуації приводять до дисбалансу між симпатичними і парасимпатичними відділами автономної нервової системи. Різні психологічні методи впливу націлені на урегулювання даного процесу [47, 170, 180, 191]. Особливої уваги заслуговує лікувальний вплив за допомогою природних звуків. На сьогоднішній день у науковому світі регулярно з'являються

публікації про сприятливий вплив звуків дзюрчання води, щебету птахів на працездатність та настрої [3, 23, 100, 72, 158, 243].

Мета досліджень. Вивчити вплив відеокомпозиції «Вода» на функціональний стан людини за оцінкою показників часового аналізу артеріальної осцилограми [180].

Матеріал та методи досліджень. Враховували здатність серцево-судинної системи адаптуватись до компресії судин плеча при вимірюванні артеріального тиску в стані спокою [180] та оцінювали аналогічні показники після п'ятихвилинного перегляду відеокомпозиції дзюрчання струмка (природних звуків води). Часовий аналіз осцилограм проводили за загальноприйнятими методами для оцінки варіабельності серцевого ритму.

Результати дослідження та їх аналіз

При цьому виявили достовірні зміни АМо, ІN та ІVР під впливом композиції «Вода». Зокрема, показник АМо, залишаючись без змін за позитивними екстремумами, знизився за негативними екстремумами; ІN-pos та ІVР-pos достовірно підвищилися, тимчасом як ІNneg та ІVР-neg повели себе діаметрально протилежно – знизились. Неоднозначно прореагували ВР-pos та ВР-neg: перший – достовірно зменшився, тоді як другий – зріс. При цьому показник RMSSD після перегляду відео достовірно знизився.

Отже, після перегляду відеокомпозиції «Вода» за показниками часового аналізу АОГ спостерігалась неоднозначна динаміка досліджуваних показників. За позитивними екстремумами (що відображають стан кардіального чинника гемодинаміки) реєструвалось достовірне зростання активності симпатичної нервової системи. За негативними екстремумами (що відображають активність судинного чинника гемодинаміки), навпаки, зростала активність парасимпатичної ланки автономної нервової системи. Таким чином, перегляд відеокомпозиції «Вода» сприяв посиленню активності синусового вузла і розширенню периферійних судин. Зазначене підтверджувалось вищезазначеними показниками, отриманими при аналізі депресивних станів. Переважні зміни також стосувались саме судинного чинника гемодинаміки і залежали від рівня депресивних станів. Можна стверджувати, що власне зміни в судинах є зусиллями, спрямованими на утримання вегетативного балансу та зумовлюють адаптивні захисні механізми щодо серця, а перегляд відеокомпозиції «Вода» є дійовим засобом їх корекції.

Висновок

Проаналізовані дані свідчать про сприятливий вплив відеокомпозиції «Вода», яка може бути використана в якості психомодельючого чинника для відновлення гомеостазу автономної нервової системи.

4.2.7. Застосування артеріальної осцилографії в практиці лікаря сімейної медицини

Д.В. Вакуленко, Л.О. Вакуленко

Актуальність теми. Концепція здоров'я, що розвивається в даний час у валеології, розглядає перехід від здоров'я до хвороби як процес зниження адаптаційних можливостей організму [180]. Так, основним фактором ризику розвитку серцево-судинних катастроф є підвищений артеріальний тиск. За літературними даними, сьогодні на планеті від артеріальної гіпертензії страждають близько 2 мільярдів осіб, і, на жаль, менш ніж 30% знають про своє захворювання, і лише половина з них правильно лікується. А до 2025 року, згідно з прогнозами вчених, уже 6 мільярдів людей будуть страждати від гіпертензії. Це при тому, що вимірювання артеріального тиску використовують як один із початкових параметрів діагностики стану пацієнта. Основну роль у організації та проведенні всіх видів профілактики захворювань відіграють лікарі загальної практики (сімейної медицини) [180].

Час висуває вимогу створення єдиного технологічного комплексу для цілісної прижиттєвої динамічної діагностики ССС пацієнта одномоментно на різних регіональних і системному рівнях. Зазначене потребує виведення аналітично оброблених результатів дослідження для клінічної інтерпретації та оцінювання лікарем перебігу перебудови ССС в нормі й при різних патологічних станах, в процесі лікування. Найменше досліджень у цьому напрямку присвячено вивченню стану судинної системи – «периферійного серця» [175, 227, 243, 243].

Мета досліджень. Дати інформацію сімейному лікарю щодо методів морфологічного, часового, спектрального, кореляційного аналізу артеріальних пульсацій, зареєстрованих при вимірюванні артеріального тиску. Серед них – візуальна експрес-оцінка морфологічних характеристик та методи ознайомлення з результатами оцінки досліджуваних показників АОГ, отриманих за допомогою програмного комплексу Оранта-АО.

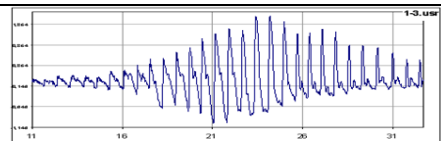
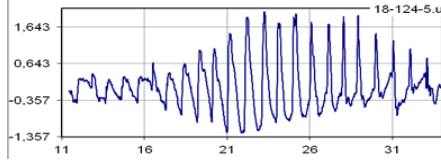
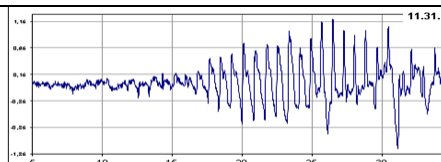
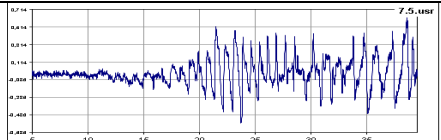

Матеріал та методи дослідження. Робота базується на аналізі 1440 артеріальних осцилограм 446 осіб різного віку та стану здоров'я, отриманих за допомогою електронного вимірювача артеріального тиску ВАТ 41-2 (виробник «ІКС ТЕХНО»), здатного експортувати отримані значення для подальшого аналізу. Аналіз виконували за допомогою запропонованих авторами інформаційних технологій з використанням ПК Оранта-АО [180].

Результати досліджень та їх аналіз

За ступенем відхилень від запропонованої авторами норми осцилограми поділені на 5 типів [180]. Отримані результати співставлено з 5 варіантами градації рівня здоров'я, створеними за фізіологічною інтерпретацією варіабельності серцевого ритму електрокардіосигналу за Р.М. Баєвським, 2001 (див. табл. 4.21). Зразу ж після вимірювання АТ (за наявності відповідних програм) сімейний лікар зможе провести експрес-оцінку артеріальних пульсацій, віднести отриману АОГ до одного з варіантів градації, зареєстрованих у таблиці. За її результатами – оцінити рівень здоров'я та рівень адаптаційної здатності організму обстеженого, ознайомитись з результатами щодо подальшого підтримання або корекції способу життя чи проведення подальших, більш поглиблених обстежень згідно з табл. 4.21 [178].

Таблиця 4.21

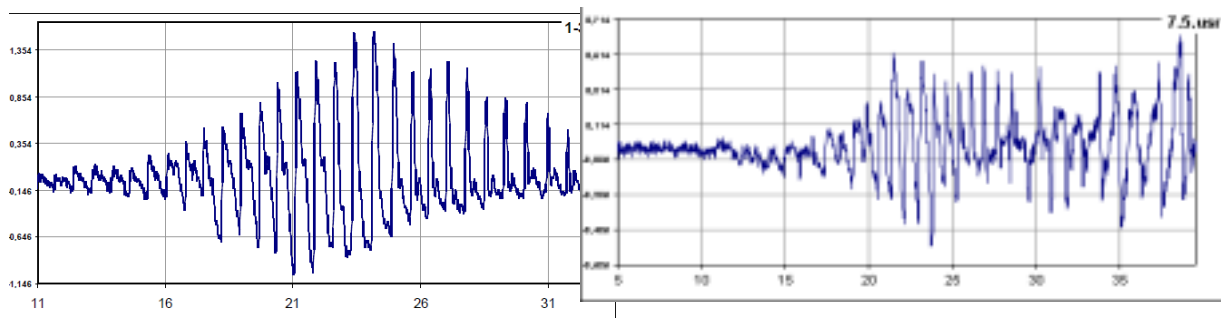
Експрес-оцінка рівня здоров'я, адаптаційних можливостей організму та рекомендації щодо їх корекції залежно від візуального аналізу морфологічних характеристик типу АОГ

Варіант градації	Типи артеріальних осцилограм	Оцінка рівнів		Рекомендації
		здоров'я	адаптації	
1 тип <i>Відмінно</i>		Здоровий	Оптимальна адаптація	Підтримувати ЗСЖ*
2 тип <i>Добре</i>		Практично здоровий	Напружена адаптація	Корекція СЖ**
3 тип <i>Задовільно</i>		Умовно здоровий	Перенапруження адаптації	Повторне обстеження. Превентивна реабілітація
4 тип <i>Незадовільно</i>		Стан перед-хвороби	Зрив адаптації	Додаткові обстеження. Реабілітація
5 тип <i>Вкрай незадовільно</i>		Хворий	Адаптація до порушень	Поглиблене обстеження і лікування

Примітка: СЖ – спосіб життя, ЗСЖ – здоровий спосіб життя.

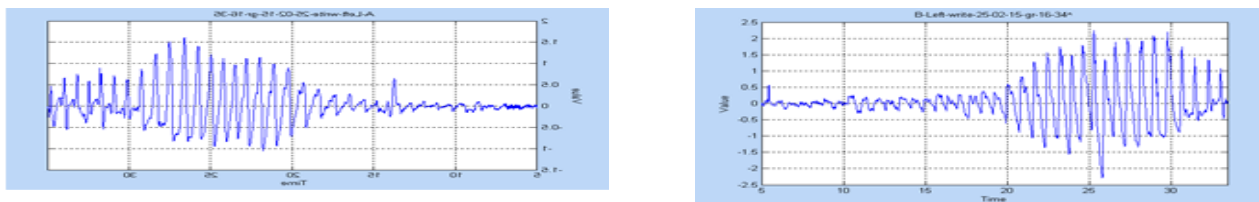
Загальний аналіз осцилограм 110 осіб віком 20–25 років без скарг на стан здоров'я (за аналогією з фізіологічною інтерпретацією електрокардіосигналу [3]) засвідчив наступне: 1 тип (здоровий, оптимальна адаптація) зареєстровано у 8,8% обстежених, 2 тип (практично здоровий, напружена адаптація) – у 44,1%, 3 тип (умовно здоровий, перенапруження адаптації) – у 23,5%, 4 тип (стан передхвороби, зрив адаптації) – у 20,7%, 5 тип (хворий, адаптація до порушень) – у 2,9%. Таким чином, у обстежених найчастіше зустрічався 2 тип градації – напруження адаптації. Особи з 3 типом осцилограм потребують профілактичного обстеження, з 4 – більш поглибленого обстеження, з 5 – ще і лікування. Наші результати підтверджують дані Булич Е. [132], що навіть серед тих підлітків, які визнані лікарями здоровими, лише третина має середній і високий рівень соматичного здоров'я. Діагностичні можливості методу більш перспективні, потребують подальшого удосконалення та втілення в практику охорони здоров'я.

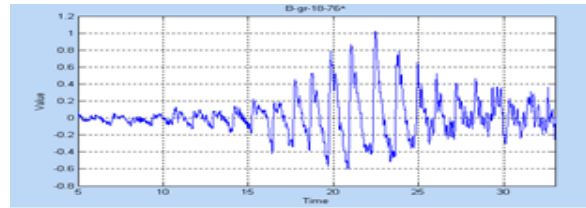
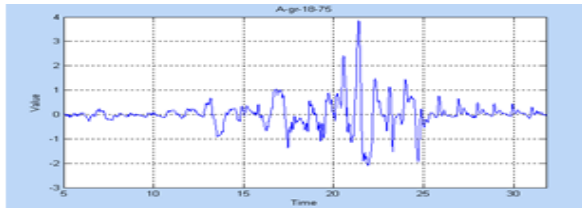
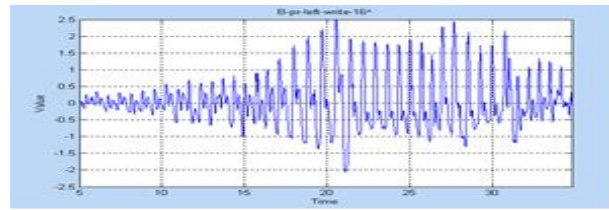
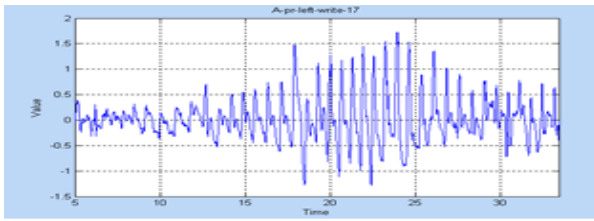
Приклади різного виду АОГ за їх морфологічними характеристиками наведені на мал. 4.31.



Мал. 4.31. Осцилограма судин плеча обстежених М., 20 років (зліва, 1-й тип) та Р., 20 років (справа, 4-й тип). По осі Х – час реєстрації окремих осциляцій (с), по осі Y – значення коливань тиску в манжеті під впливом судинної стінки артерії (мм рт. ст.)

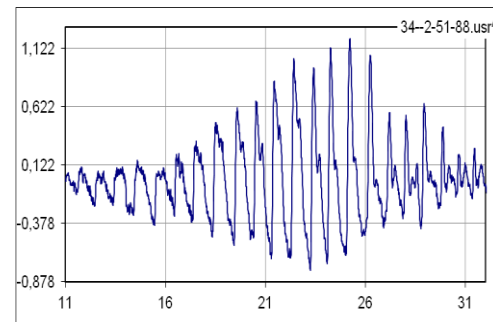
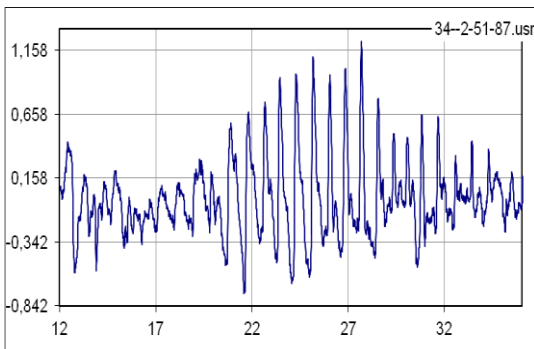
Лікарям відомо, що показники артеріального тиску на правій і лівій руці можуть бути як однакові, так і різні (мал. 4.32).





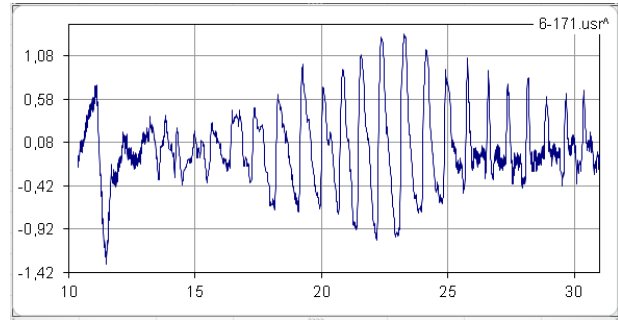
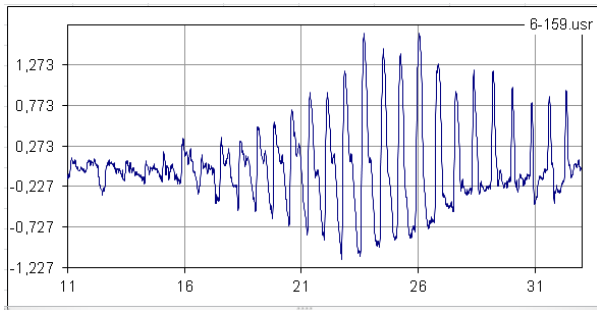
Мал. 4.32. Варіанти артеріальних осцилограм: лівий стовпчик – ліва, правий – права рука.

Повторне обстеження після корекції способу життя чи лікування дасть можливість оцінити їх результати (мал. 4.33).



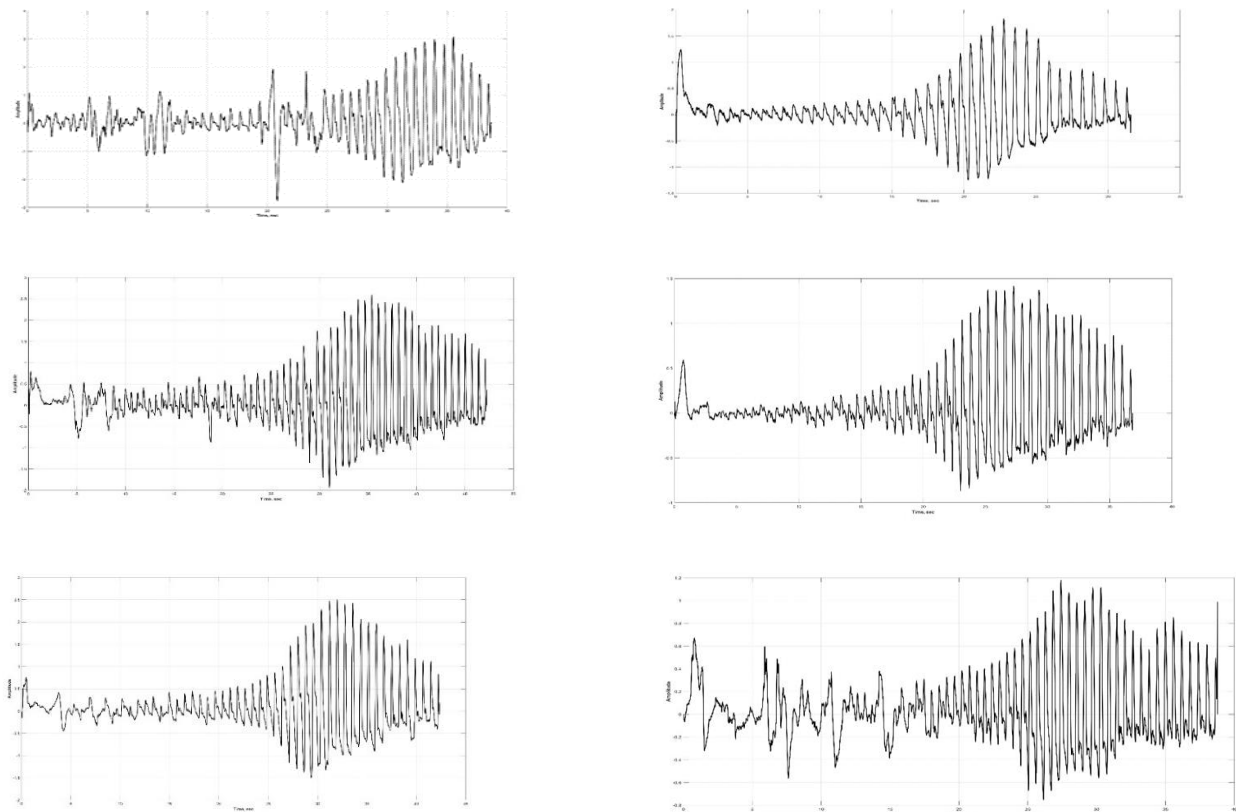
Мал. 4.33. Динаміка морфологічних характеристик АОГ до та після процедури масажу (обстежений С., 22 роки).

Осцилограма пацієнта П. (23 р.) до (ліворуч) та після (праворуч) перегляду відео з полум'ям зображена на мал. 4.34.



Мал. 4.34. Осцилограма пацієнта П. до (ліворуч) та після (праворуч) перегляду відео з полум'ям.

Морфологічний аналіз АОГ дасть можливість лікарю диференціювати причини відхилень від функціональних порушень. Лікар зможе диференціювати причину відхилень морфологічних характеристик від норми: наявність патологічного процесу чи порушення функціонального стану організму. Для цього лікар може використати фізичне навантаження (мал. 4.35).

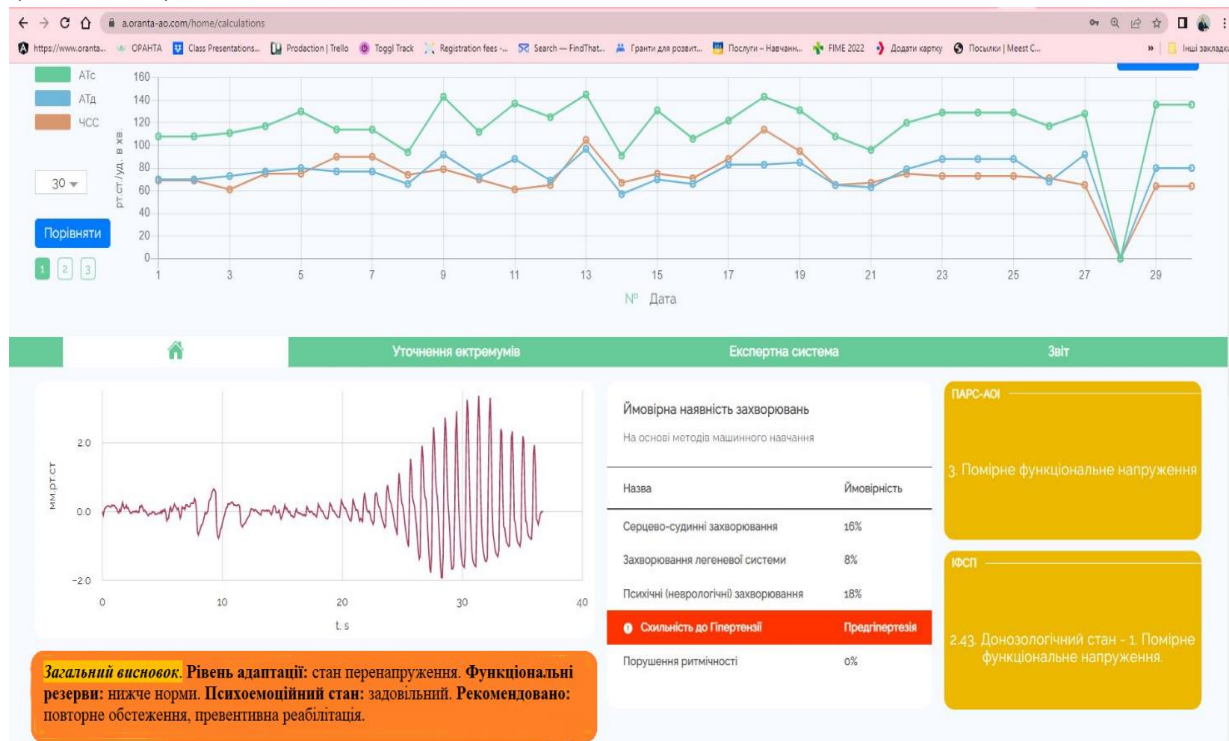


Мал. 4.35. АОГ обстежених Х., 46 р. (лівий стовпчик) та Ш., 30 р. (правий стовпчик); до присідань – верхній рядок, після 20 присідань – середній рядок, через 3 хвилини відпочинку – нижній рядок.

Як видно з малюнка, у обстеженого №97 відхилення морфологічних характеристик від норми (3-й тип, АОГ) зменшились після фізичного

навантаження (2-й тип) і характеристики стали ще кращими (1-2 тип) після 3 хв. відпочинку. Відзначене свідчить про функціональний характер зареєстрованих до навантаження АОГ. У стовпчику справа – погіршення морфологічних характеристик зразу після навантаження та через 3 хв. відпочинку. Відзначене свідчить про ступінчастий тип адаптації до фізичного навантаження.

Програмний комплекс Оранта-АО здатний провести аналіз та дати кінцевий результат морфологічного, часового, спектрального аналізу АОГ [180] (мал. 4.36).



Мал. 4.36. Кінцевий висновок за результатами морфологічного, часового, спектрального аналізу АОГ.

За результатами зразу після вимірювання АТ у стані спокою (за наявності відповідної програми) сімейний лікар в кабінеті споживача може отримати інформацію щодо рівня здоров'я та адаптаційних можливостей організму, наявності преморбідних станів, рівнів регуляції діяльності ССС в спокої та під впливом різноманітних чинників, центрального і периферійного кровообігу, стану судин та про їх динамічну реакцію на компресію, стан автономної нервової системи, ризику серцево-судинних, легеневих, психічних та COVID-19 захворювань з точністю 85-97%.

Висновки

Морфологічний аналіз осцилограми дає можливість візуально оцінити стан судин до компресії та їх пульсаційну здатність протидіяти зростанню компресії манжетою під час вимірювання артеріального тиску.

Характер пульсацій допоможе лікарю оцінити ритмічність пульсацій, серцеву діяльність, стан автономної нервової системи, артеріальний тиск та нервово-рефлекторні впливи на стан судин, диференціювати функціональні і органічні причини зміни їх стану. Застосування запропонованих морфологічних критеріїв вагової оцінки осцилограми для оцінки рівня здоров'я допоможуть лікарю прийняти адекватні рішення як при первинному обстеженні, так і для моніторингу ефективності лікування.

Для лікаря загальної практики (сімейної медицини) часовий та спектральний аналіз АОГ, зареєстрованих електронним тонометром під час вимірювання артеріального тиску, окрім показників АТ, дає можливість поглибити рівень досліджень стану периферійних судин, розширити інформацію про стан адаптаційної здатності серцево-судинної системи, автономної та центральної нервової систем [135].

Можуть бути використані для раннього виявлення донозологічних і преморбідних станів та функціональних резервів системи кровообігу, контролю ефективності лікування, які допоможуть лікарю більш ефективно спланувати профілактичний, діагностичний та терапевтичний процес.

4.2.8. Аналіз кореляційних зв'язків показників артеріальних осцилограм, зареєстрованих під час вимірювання артеріального тиску у здорових осіб

Д.В. Вакуленко, Л.О. Вакуленко

Актуальність теми. Час висуває вимогу створення єдиного технологічного комплексу для цілісної прижиттєвої динамічної діагностики ССС пацієнта одномоментно на різних регіональних і системному рівнях. Це потребує виведення аналітично оброблених результатів дослідження для клінічної інтерпретації та оцінювання лікарем перебігу перебудови ССС в нормі й при різних патологічних станах, в процесі лікування. Найменше досліджень у цьому напрямку присвячено вивченню стану судинної системи – «периферійного серця».

Мета досліджень. Адаптувати методи кореляційного аналізу до аналізу АОГ. Провести аналіз кореляційних зв'язків часових та спектральних показників АОГ здорових осіб, зареєстрованих під час вимірювання артеріального тиску в стані спокою та після впливу різнохарактерних чинників.

Матеріал та методи досліджень. У 380 здорових осіб 17-23 років вивчено часові та спектральні показники АОГ, зареєстрованих під час вимірювання артеріального тиску. Проведено кореляційний аналіз отриманих даних, зареєстрованих протягом усієї компресії та в окремих її фазах, за позитивними і негативними екстремумами, у стані спокою та після різнохарактерних зовнішніх впливів. З цією метою використано електронний тонометр з розробленим авторами програмним комплексом Оранта-АО.

Результати досліджень та їх аналіз

При проведенні кореляційного аналізу показників АОГ у стані спокою виявлено 26 пар корелят, що належали до першого та до другого кластеру (відповідно, з прямими і зворотним кореляційним зв'язком). Показники позитивних екстремумів дали можливість оцінити стан кардіального чинника, негативних – судинного чинників гемодинаміки.

Оцінка кореляційних зв'язків у стані спокою.

У прямому кореляційному зв'язку перебували такі показники:

Із показників часового аналізу до складу корелят входили такі кореляти:

- між ЧСС та триангулярним індексом (*HVR-index*) за позитивними і негативними екстремумами;
- між середнім арифметичним значенням інтервалів екстремумів позитивних осциляцій (*RR-pos-mean*) та потужністю амплітуд (*power-osc-stdev*) – ступенем динамічності (потужністю) розширювання стінки судин під час систоли (швидкістю зміни сили тиску судини на манжету під час систоли).

Із показників спектрального аналізу до складу корелят входили:

- відсоток високочастотної складової у структурі загальної потужності спектру в діапазоні 0,15–0,4 Гц (*%HF*), що в ЕКГ відповідає рівню активності парасимпатичної ланки регуляції;
- сумарний рівень потужності спектру від 0 до 100 Гц (*Total*),
- ритми мозкової активності з частотою 0,5–4 Гц (*дельта – найбільш повільні хвилі мозкової активності*);
- ритми мозкової активності з частотою 5–7 Гц (*мета-ритм*).

Кожен з них входив до пари корелят, які включали:

- потужність амплітуди (*power-osc-stde*),
- середні арифметичні значення інтервалів між екстремумами (*RR-pos-mean*),
- середні квадратичні значення інтервалів між екстремумами позитивних (*RR-pos-std*), останнє – ще й негативних (*RR-neg-std*) екстремумів.

Зворотний кореляційний зв'язок реєструвався між триангулярним індексом (*HVR-index-pos*,) та модою (*Mo*), зареєстрованими за позитивними та негативними екстремумами. Перший відображає активність парасимпатичної, другий – симпатичної ланки автономної нервової системи, чим підкреслюється їх синхронна (узгоджена) діяльність.

Кореляційний портрет показників осцилограм практично здорових осіб до та після експериментів (усіх видів) представлений у табл. 4.22.

Таблиця 4.22

Кореляційний портрет показників осцилограм практично здорових осіб до та після експериментів (усіх видів)

Здорові до експерименту (380)	Здорові після експериментів (380)	Здорові до експерименту (380) <i>продовження</i>	Здорові після експериментів (380)
BPM --HVR-index-pos	1	Delta-total --RR-pos-mean	1
BPM --HVR-index-neg	1	Delta-total --RR-neg-std	1
RR-pos-mean --power-osc-stdev	1	Delta-20 --RR-pos-mean	1
	BP-neg --BP-pos		Delta-total --RR-neg-std
			Delta-20-70 --%HF
%HF --power-osc-stdev	1 %HF --power-osc-stdev		Delta-20-70 --Total
%HF --RR-pos-std	1	Delta-70-end--pow-osc-stdev	Delta-20-70 --Delta-total
%HF --RR-pos-mean	1	Delta-70-end --RR-pos-std	1
%HF --RR-neg-std	1 %HF --RR-neg-std	Delta-70-end --RR-pos-mean	1
	Total-04 --%VLF	Delta-70-end --RR-neg-std	Delta-70-end --RR-neg-std
	HF-20-70 --%LF	Teta-total --RR-pos-mean	Delta-70-end --Delta-20-70
	HF-20-70 --Total-04	Teta-20 --RR-pos-mean	
	HF-20-70 --HF-total	Teta-70-end --RR-pos-mean	
	HF-100-70 --%VLF		
	HF-70-end --HF-20-70		
%Delta --RR-pos-mean	1		S-Hil-Teta-tot-S-Hil-Delt-20
%Teta --RR-pos-mean	1		S-Hil-Teta-20-S-Hil-Teta-to
Total --power-osc-stdev	1		S-Hil-Tet-S-H-S-Hil-DeS-H
Total --RR-pos-std	1		S-Hil-Tet-D-en-S-Hil-Del-D
Total --RR-pos-mean	1		S-Hil-Tet-S-en-S-Hil-Tet-D
Total --RR-neg-std	1		S-Hil-Beta-D-H-HVR-in-po
Delta-total --power-osc-stdev	1	S-Hil-Bet-20-70-S-Hil-Bet-to	1
Delta-total --RR-pos-std	1	HVR-index-pos --Mo-pos	2
		HVR-index-neg --Mo-neg	2

Оцінка кореляційних зв'язків після впливу різнохарактерних чинників

У обстежених осіб без відхилень у стані здоров'я виявлені стійкі кореляти, які збереглись у всіх випадках застосування різноманітних впливів: фізичних (фізичні вправи, масаж), термічних (лазня сухоповітряна та парна, «моржування»), аудіовізуальних та ін. Виявлено 23 пари корелят.

Серед тих, що не змінились порівняно зі станом до експериментів, належать пари: *%HF* з *RR-neg-std* та *power-osc-stde*.

Потужність амплітуди (*power-osc-stde*) збереглась і у парі: із *дельта*-хвилями (їх загальним спектром (*Delta-total*) та в період максимальної компресії судин плеча під час систоли (*Delta-70-end*)).

Нові кореляти, що появились у відповідь на зовнішні впливи, спільні для усіх експериментів. До їх складу увійшла (ще 6 випадків) високочастотна складова структури загальної потужності спектру ритмограми (*HF*), зареєстрована протягом усієї компресії плеча та в окремі її періоди у парі з відсотком низькочастотних (*%LF*), наднизькочастотних коливань (*%VLF*) та з однойменними параметрами.

Частіше від інших також реєструвались показники *дельта*-ритму (10 випадків), які входили до пар корелят з однойменними показниками, *%HF* хвиль, середнім квадратичним значенням інтервалів екстремумів негативних пульсацій (*RR-neg-std*). *Дельта*-ритм реєструвався у складі потужності миттєвої частоти, найчастіше у парі з такими ж показниками *тема*-ритму.

Привертає увагу поява корелятних зв'язків між показниками ритму мозку та високочастотною складовою ритму серця (*Delta-20-70 – %HF*)

Висновок

Якщо зважити на кількість обстежених (380) практично здорових осіб 17-23 років, то можна дійти висновку, що аналіз артеріальних осцилограм дає можливість визначити кореляти, які можуть стати маркерами для оцінки стану периферійних судин та рівня централізації управління системою кровообігу. До маркерів (насамперед) можна віднести корелятні зв'язки між показниками ритму мозку та високочастотною складовою ритму серця (*Delta-20-70 – %HF*), що підтверджують наявність певних фазових співвідношень між коливальними мозковими і серцевими процесами у здорових осіб.

4.2.9. Порівняльний аналіз кореляційних портретів артеріальних осцилограм здорових та хворих

Д.В. Вакуленко, Л.О. Вакуленко

Здійснення ритмічної активності серця можливе лише при існуванні певних фазових співвідношень між коливальними мозковими і серцевими процесами [65], своєю чергою, повільні (недихальні) коливання серцевого ритму корелюють з аналогічними хвилями артеріального тиску і плетизмограми [30].

Мета досліджень. Адаптувати методи кореляційного аналізу до аналізу показників АОГ, зареєстрованих під час вимірювання артеріального тиску. За допомогою розробленого авторами ПК Оранта-АО провести порівняльний аналіз

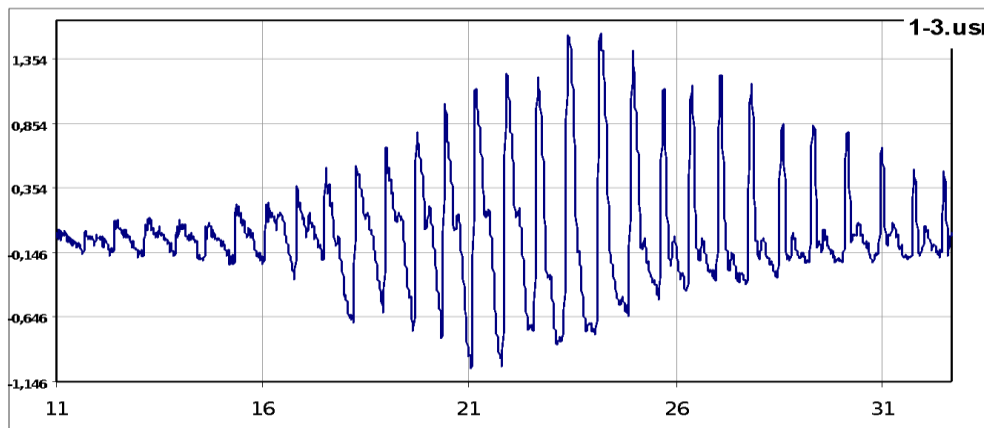
кореляційних зв'язків часових та спектральних показників АОГ здорових та осіб з відхиленнями у стані здоров'я.

Матеріал і методи досліджень. Робота базується на досвіді кореляційного аналізу показників 1600 артеріальних осцилограм, зареєстрованих у групах здорових і хворих. Вивченню підлягали (розроблені авторами роботи) показники часового та спектрального аналізу АОГ, зареєстровані за позитивними та негативними екстремумами протягом усієї компресії плеча та в її окремих (п'яти) фазах.

Результати досліджень та їх аналіз

Кореляційний аналіз адаптовано нами до аналізу показників АОГ.

А. Методи кореляційного аналізу АОГ. Проведено кореляційний аналіз показників часового, спектрального аналізу АОГ (мал. 4.37).



Мал. 4.37. Артеріальна осцилограма обстеженого М., 20 років

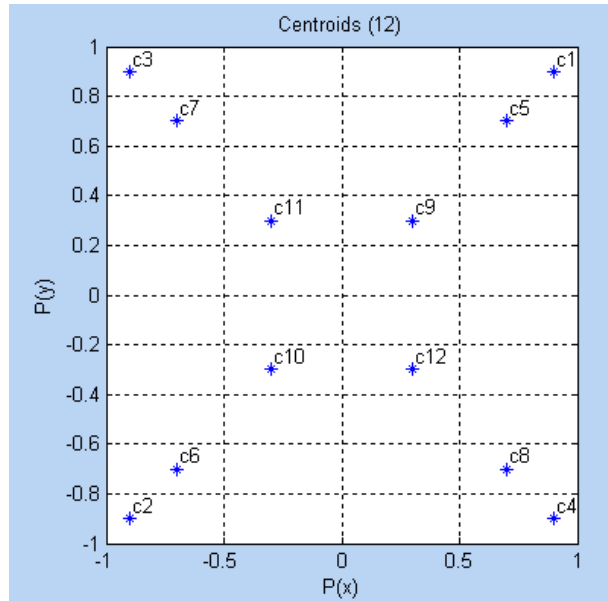
Часовому та спектральному аналізу показників осцилограм підлягали як ті, що отримані протягом усієї компресії плеча, так і в окремих її періодах. *Перший період* – від початку компресії до різкого зростання амплітуди пульсацій (показник діастолічного тиску, 0-17 с). Період зростання амплітуди пульсацій включав два періоди: *другий* – від 20 до 70% висхідної частини АОГ (17-21 с), *третій* – 70-100% до моменту максимальної амплітуди (21-24 с). Низхідна частина АОГ включала: *четвертий* період 100-70% – від максимальних амплітуд до їх різкого зниження (показник систолічного тиску, 24-32 с) та *п'ятий* – 70% до кінця – до закінчення реєстрації осцилограми, максимальної компресії судин плеча, 32 с і далі) [211].

При кореляційному аналізі артеріальної осцилограми до уваги бралися значення коефіцієнта кореляції Пірсона від 0,9 до 1 та -0,9 до -1 (позитивні та від'ємні кореляти). Виявлено кореляти, які не змінились (нечутливі) внаслідок проведених в експерименті впливів, та унікальні, специфічні, притаманні для певного чинника (які можуть стати маркерами відповідних станів), а також ті, що

мали пряму чи обернену залежність. Кореляти, які реєстрували при всіх видах експериментів (незалежно від їх виду) – між Total-04 та %LF, HF-total, HF-70-end; S-Hil-Delta-total та S-Hil-Delta-20; S-Hil-Alpha-total та S-Hil-Alpha-70-end.

При цьому до уваги бралися значення коефіцієнта кореляції Пірсона від 0,9 до 1 та -0,9 до -1, який широко використовується в науці для вимірювання ступеня лінійної залежності між двома змінними. Вибрані значення кореляції підлягали кластерному аналізу (*метод k-середніх*) [99], де групувались розраховані значення кореляції окремо в середині одного експерименту та між усіма показниками до та після експерименту в 12 кластерах з координатами центроїдів (мал. 4.37а).

	X	Y
Centroid 1	0,9	0,9
Centroid 2	-0,9	-0,9
Centroid 3	-0,9	0,9
Centroid 4	0,9	-0,9
Centroid 5	0,7	0,7
Centroid 6	-0,7	-0,7
Centroid 7	-0,7	0,7
Centroid 8	0,7	-0,7
Centroid 9	0,3	0,3
Centroid 10	-0,3	-0,3
Centroid 11	-0,3	0,3
Centroid 12	0,3	-0,3



Мал. 4.37а. Координати центроїдів між усіма показниками до та після експерименту в 12 кластерах.

Своєю чергою, згруповані в кластери кореляти, що перебували в інтервалі від 0,85 до 1 та -0,85 до -1 (значущі), сортували за критеріями – складовими кореляційного портрету:

- значення кореляцій в кластері, які не виходили за межі одного кластера, не були чутливі до діючих чинників,
- значення кластеру, яке було унікальним (специфічним) саме до певного чинника з усього переліку проведених експериментів,
- спільні та унікальні кореляти на різних етапах дослідження,
- кількість значущих корелятивів до та після експерименту,
- кількість корелятивів з прямою та оберненою залежністю.

Механічна активність артеріальної стінки. Для оцінки кривої, що відображає механічну активність артеріальної стінки в процесі компресії плеча,

адаптовано ряд методів спектрального аналізу. Швидке перетворення Фур'є – для оцінки потужності спектру (за критеріями спектрального аналізу, прийнятими в ЕКГ) в діапазоні від 0 до 0,4 Гц (HF: 0,15-0,40 Гц; LF: 0,04-0,15 Гц; VLF: 0,003–0,04 Гц; Total 0,4 < 0,40 Гц; менше < 0,003 Гц) та в наступних діапазонах: дельта (0-4 Гц), тета (4-8 Гц), альфа (8-13 Гц), бета (13–25 Гц, 25 Гц і більше в діапазоні частот від 0 до 60 Гц), Total – загальна потужність коливань (від 0 до 100 Гц) та перетворення Гільберта-Хуанга (від 0 до 3 кГц). Для оцінки самоподібності фрагментів осциляцій артеріальної осцилограми застосували метод Херста, використавши саму артеріальну осцилограму, а не інтервали між зубцями, як в спектральному аналізі ЕКГ.

Б. Показники часового та спектрального аналізу АОГ здорових, їх кореляційні зв'язки.

Зареєстровано 26 пар корелят, що виявились найбільш стійкими: зберігались у всіх груп обстежених.

Часовий аналіз. Серед показників варіаційної пульсометрії у 4 з 5 випадків реєструвались прямі кореляційні зв'язки між показниками позитивних і негативних екстремумів: варіаційного розмаху (BP), триангулярного індексу (HVR), а також – між ступенем напруження регуляторних систем (ступінь переваги активності центральних механізмів регуляції над автономними, IN) та індексами автономної рівноваги (IBP), між середнім арифметичним і квадратичним відхиленнями позитивних екстремумів амплітуд. Синхронність змін між згаданими показниками підтверджує достовірність отриманих результатів.

Спектральний аналіз. При спектральному аналізі артеріальних осцилограм виявлено наступне. Потужність спектру високочастотної (%HF) та наднизькочастотної (%ULF) складової входила до складу пар корелят з сумарним рівнем активності різних ланок регуляторного механізму кровообігу та між собою. Низькочастотна складова спектру не реєструвалась.

Серед хвиль мозкової активності найчастіше реєструвались відсоткові та абсолютні показники (зареєстровані у різні періоди компресії плеча) тета- та дельта- хвиль: як у складі однойменних пар, так і між собою та з сумарним рівнем активності різних ланок регуляторного механізму.

Окрему групу складала визначена за методом Гільберта-Хуанга потужність спектру миттєвої частоти альфа-, бета-, дельта-хвиль та частоти 25-60 Гц у складі 2-3 пар однойменних корелят. У кожній з груп були присутні кореляти, зареєстровані на початку та в кінці компресії судин плеча, абсолютні значення

однойменного спектру та сумарного рівня активності різних ланок регуляторного механізму діяльності системи кровообігу.

Таким чином, із абсолютних та відсоткових показників спектрального аналізу найчастіше до складу пар корелят входили показники дельта- та тета-ритму, сумарного рівня активності різних ланок регуляторного механізму діяльності системи кровообігу. Бета- та альфа-хвилі при цьому не реєструвались.

Визначена за методом Гільберта-Хуанга потужність спектру миттєвої частоти альфа-, бета-, дельта-хвиль та частоти 25-60 Гц у складі 2-3 пар відзначена лише між однойменними корелятами. Тета-хвилі при цьому – не реєструвались.

У здорових від'ємні кореляти (2) реєструвались лише на початку компресії. У хворих до складу від'ємних корелят у першій фазі входило 24 показники, в наступних – ще 46.

В. Порівняльний аналіз кореляційних портретів здорових та осіб з відхиленнями у стані здоров'я (табл. 4.23-а)

Таблица 4.23-а

Складова кореляційного портрету деяких станів (назви показників, частота їх появи, додатні та від'ємні кореляти)

Здорові		ІХС		Інсульт, гостра фаза		Постінсульт		Інфаркт міокарду	
Додатні - 16	К-ть	Додатні-22	К-ть	Додатні-27	К-ть	Додатні-17		Додатні- 26	К-ть
VLF	3	VLF	3	VLF	3	VLF	3	HF	4
VLF-int_p	3	Alpha	3	Alpha	3	VLF_int_p	3	VLF	3
IVR-pos	2	VLF_int_p	3	VLF_int_p	3	IVR-p	2	Alpha	3
HVR-ind-p	1	IVR-p	2	IVR-p	2	HF	2	VLF_int_p	3
HVR-ind-n	1	HF	2	IVR-n	2	HVR-ind-p	1	IVR-p	2
SI_pos	1	Beta	2	HF	2	HVR-ind-n	1	%HF	2
L1_pos	1	HFx25	2	%HF	2	SI_p	1	%Alpha	2
Delta	1	HFx25	2	%Alpha	2	L1_p	1	Beta	2
Teta	1	HVR-p	1	Beta	2	Delta	1	%Beta	2
Alpha	1	HVR-n	1	%Beta	2	Total	1	HFx25	2
Total	1	SI_pos	1	HFx25	2	power_25	1	%HFx25	2
Power-25	1	L1_pos	1	%HFx25	2	Total_pow	1	HFx25	2
Total_pow	1	Delta	1	HFx25	2	HF_int_p	1	HVR-ind-p	1
Delta_int_p	1	Teta	1	HVR-ind-p	1	HF_per_int_p	1	HVR-ind-n	1
power int_p	1	%Alpha	1	HVR-ind-n	1	Delta_int_p	1	SI_p	1
Total_int_p	1	%Beta	1	SI_p	1	powe5_int_p	1	L1_p	1
		Total	1	L1_p	1	Total_int_p	1	Delta	1
		Power-25	1	SI_n	1			Teta	1
		Total_pow	1	L1_n	1			Total	1

		Delta_int_p	1	Delta	1			power25	1
		power_25_int_p	1	Teta	1			Total_pow	1
		Total_int_p	1	Total	1			HF_int_p	1
				power_25	1			HF_per_int_p	1
				Total_pow	1			Delta_int_p	1
				Delta_int_p	1			power25_int_p	1
				power25_int_p	1			Total_pow-int_p	1
				Total_nt_p	1				
від'ємні-6	К-ть			від'ємні-8	К-ть	від'ємні-3	від'ємні		
RR-neg-mean	2			%Delta	3	RR-n-mean	2	%Delta	3
Delta	1			RR-n-mean	2	Delta	1	RR-neg-mean	2
%Delta	1			%HF	1	Total	1	%HF	1
%Alpha	1			Delta	1			Delta	1
Total	1			%Alpha	1			%Alpha	1
				%Beta	1			%Beta	1
				%HFx25	1			%HFx25	1
				Total	1			Total	1

Наведені в таблиці складові корелятних пар демонструють наявність притаманних кожному стану корелят та їх кількість. Аналіз та проведення патофізіологічної інтерпретації дає можливість не тільки сформулювати кореляційний портрет для диференціальної діагностики, а й пояснити задіяні механізми та їх рівні.

Співвідношення кількості додатних і від'ємних корелят є найменшим для здорових і дорівнює 2,3 для АОГ і 2,1 для ЕКГ. Слід зазначити, що вказане співвідношення для ЕКГ зустрічається і для хворих з ішемічною хворобою серця та артеріальною гіпертензією першого ступеня.

Для хворих на інфаркт міокарда виявили кореляційний зв'язок між триангулярним індексом (*HVR-index*) та потужністю спектру хвиль другого порядку (*%LF*), що відображає участь вищих вегетативних центрів у загальній варіабельності серцевого ритму. Нами визначено кількість корелят АОГ із значеннями від 0,9 до 0,999 та від -0,999 до -0,9 залежно від фази компресії плеча під час вимірювання артеріального тиску здорових та при захворюваннях ССС (табл. 4.23-б)

Таблиця 4.23-б

Кількість корелят із значеннями від 0,9 до 0,999 та від -0,999 до -0,9 залежно від фази компресії плеча під час вимірювання артеріального тиску здорових та при захворюваннях ССС

Інтервал	Фаза компресії	Здорові		Захворювання ССС		Різниця здорові -хворі*
		-0,999: -0,9	0,9: 0,999	-0,999: -0,9	0,9: 0,999	
Інтервал: 0- 20	Перша	2	348	24	363	4%
Інтервал: 20-70	Друга	0	402	0	382	-5%
Інтервал: 70-100	Третя	0	447	26	692	55%
Інтервал: 100-70	Четверта	0	705	0	712	1%
Інтервал: 70-end	П'ята	0	428	20	1081	152%
Разом		2	1580	70	4810	204%

Примітка. *Різницю визначено за позитивною динамікою показників у складі корелят.

Аналіз результатів таблиці засвідчив, що у складі достовірних корелят з позитивним зв'язком спостерігалось наступне. Загальна кількість складових пар корелят у хворих виявилась більшою на 204%. Найбільшою різниця була в процесі зростання компресії плеча, в її третій та (особливо) п'ятій фазах. Зазначене свідчить про те, що адаптація до компресії плеча при вимірюванні артеріального тиску у пацієнтів із захворюваннями ССС (порівняно зі здоровими) потребує значно більшого зростання системних та міжсистемних зв'язків між показниками.

Висновки

При патологічних станах збільшується кількість корелятних зв'язків у часових та спектральних показниках АОГ, що свідчить про зростання активності системних та міжсистемних зв'язків, спрямованих на корекцію стану організму. Кожному із захворювань притаманні як спільні, так і відмінні, специфічні складові кореляційних пар. Дослідження дають можливість оцінити рівень централізації управління системою кровообігу, стан серцевого та судинних чинників гемодинаміки, АНС, визначити маркери, специфічні для окремих захворювань. До них передусім можна віднести відсоток високочастотної складової (%HF) у загальному спектрі частот. Застосування під час вимірювання артеріального тиску ПК Оранта-АО (запропонованого авторами роботи) дає можливість лікарю (і пацієнту) зразу ж після закінчення вимірювання в офлайн чи онлайн режимі отримати усі вище зазначені результати.

4.2.10. Аналіз корелят, зареєстрованих при аналізі осцилограм, отриманих під час вимірювання артеріального тиску у хворих, що перенесли гостре порушення мозкового кровообігу

Д.В. Вакуленко, Л.О. Вакуленко

Актуальність теми. За даними Всесвітньої організації охорони здоров'я кожного року від захворювань серцево-судинної системи помирає 17,5 мільйонів осіб (31% від усіх смертей у світі). Особливо насторожує їх «помолодшання» [225]. Зазначене диктує необхідність удосконалення засобів діагностики, методів лікування, профілактики та раннього виявлення преморбідних станів. Важливе місце серед них займає вимірювання АТ, що є обов'язковою процедурою при зверненні пацієнта до лікаря. Використання при цьому електронного тонометра із спеціальною програмою реєстрації АОГ та їх подальшого аналізу значно підвищить діагностику преморбідних станів, вивчення ефективності лікування та реабілітаційних засобів [217].

Мета досліджень. Вивчити та оцінити показники часового, спектрального аналізу АОГ та їх кореляційні зв'язки у хворих, що перенесли гостре порушення мозкового кровообігу, у стані спокою та після виконання комплексу адекватних, індивідуально підібраних фізичних вправ.

Матеріал та методи досліджень. Обстеженню (181) підлягали 40 осіб, що перенесли гостре порушення мозкового кровообігу в басейні середньої мозкової артерії, гострий період, розширений ліжковий режим рухової активності. Лівобічний геміпарез діагностовано у 34 хворих. Осцилограми [180] реєстрували на «хворій» (ураженій) та симетричній («здоровій») верхній кінцівці, у стані спокою та після виконання комплексу активних і пасивних вправ, підібраних індивідуально (відповідно до періоду захворювання, клінічних проявів та індивідуальних особливостей) для кожного хворого [249].

Результати досліджень та їх аналіз

Ліва, «хвора», верхня кінцівка – у стані спокою. На осцилограмах, зареєстрованих у стані спокою, на «хворій» кінцівці реєструвалось 108 пар корелят. Їх умовно можна поділити на ті, що включають показники часового, спектрального аналізу, та поєднання між ними.

Вивчення корелятивних зв'язків між показниками статистичного аналізу осцилограм дають можливість оцінити стан автономної регуляції діяльності серцево-судинної системи. Прямі кореляційні зв'язки реєструвались між VPR-pos – BP-pos, IVR-neg – AMo-neg, RMSSD –SDSD-pos, RMSSD –SDSD-neg.

Серед показників часового аналізу найчастіше реєстрували кореляти, що характеризують інтервали позитивних, а також негативних екстремумів, середні

арифметичні та квадратичні відхилення (RR-neg-std –RR-pos-std, RR-neg-std –RR-pos- mean. RR-neg-std –power-osc-stdev). Вони переважно корелюють з потужністю спектру в діапазоні від 0,4 до 4,0 Гц (дельта-хвилі) в період досягнення максимальної компресії судин плеча під час діастоли і зберігаються на початку компресії судин плеча під час систоли. У трьох випадках вони були у парі з хвилями HF, по одному – із значенням максимальної компресії судин плеча під час систоли та середнім квадратичним відхиленням амплітуд. Останній показник, що відображає швидкість зміни сили тиску судини на манжету під час систоли (їх потужність), входив до складу 5 пар корелят.

Серед 108 корелят переважали показники частотного аналізу (99% пар корелят). Вони характеризують відсоткові та абсолютні показники, зареєстровані у різні періоди компресії плеча, та визначену за методом Гільберта-Хуанга потужність спектру миттєвої частоти.

Привертає увагу наявність серед них (40 пар) показників потужності спектру в діапазоні від 0,003 до 0,4 Гц. Якщо зважити на те, що хвилі спектру HF, LF, VLF свідчать про рівень централізації управління діяльністю серця, можемо припустити, що він також відображає **участь окремих ланок автономної нервової системи в процесі адаптації судин плеча до компресії** в згаданому спектрі. Найчастіше (33 випадки) в парах зустрічаються показники високочастотної складової потужності спектру в діапазоні від 0,15–0,4 Гц (HF-хвилі). Вони корелюють з показниками LF, VLF, Total 0,4 та HF (зареєстровані у різні періоди компресії судин плеча), середнім квадратичним відхиленням амплітуд, а також з показниками більш високих частот. Показники спектру менших частот реєструвались значно рідше. LF входили до складу 10, VLF – 7 пар корелят.

Серед показників ритму більш високої потужності найчастіше реєструвалась потужність ритму в діапазоні від 0,4 до 4,0 Гц (дельта-хвилі – 32 пари) та 5-7 Гц (тета-хвилі – 30 пар). Вони поєднувались між собою, з HF- та, рідше, з LF- і VLF-хвилями. Альфа-хвилі зустрічались лише у складі однієї пари. Привертає увагу наявність у 2 парах обох показників потужності миттєвої фази частот 25–60, 60 і більше Гц.

Наступними за повторюваністю (30 випадків) були ті, що характеризують визначену за методом Гільберта-Хуанга потужність спектру миттєвої частоти. До них переважно належить потужність спектру частот тета- (28) та дельта-хвиль (22), які поєднувались між собою і абсолютними та відсотковими показниками більш повільних хвиль, визначеними у різні періоди компресії судин плеча. Найчастіше – це HF-хвилі.

Таким чином, при аналізі артеріальних осцилограм хворих, що перенесли гостре порушення мозкового кровообігу (zareєстрованих на плечі «хворої» верхньої кінцівки), у стані спокою найчастіше виникають прямі кореляційні зв'язки між такими показниками: часові показники – це інтервали між екстремумами, амплітуда осциляцій, частотні – хвилі в діапазоні HF-, тета- і дельта-частот. Вони включали абсолютні і відсоткові показники у різних періодах компресії судин плеча, а частотні – ще і визначену за методом Гільберта-Хуанга потужність спектру миттєвої частоти. Таким чином, при порушенні мозкового кровообігу **зміни ритмічної активності мозку, а саме – тета- і дельта-частот, супроводжуються синхронними змінами високочастотної складової ритмів серця (HF).**

Ліва, «хвора», верхня кінцівка після фізичного навантаження

Досліджувалася наявність кореляційних зв'язків показників осцилограми, zareєстрованої на «хворому» плечі після виконання комплексу активних і пасивних фізичних вправ, підібраних індивідуально, відповідно до призначеного режиму рухової активності.

Zareєстровано 71 пару корелят. 68 з них виявилися стійкими до впливу фізичних вправ, після навантаження не змінилися. Із нових пар корелят zareєстровано лише одну. Вона характеризує синхронність інтервалів середніх арифметичних та квадратичних відхилень позитивних осциляцій. Серед менш стійких пар корелят, тобто тих, що не збереглися, були такі: показники миттєвої потужності різних періодів компресії тета- та дельта-ритмів у поєднанні між собою та з HF-хвилями. Крім цього, не збереглися пари корелят, до складу яких входили показники частот 60 і більше Гц та 25-60 Гц. Зникають також пари корелят, які включають показники потужності миттєвої фази у період наростання компресії судин плеча під час діастоли (20-70) з показниками дельта-, тета- та альфа-ритму.

Якщо зважити на те, що процедура ЛФК сприяла покращенню різного ступеня рухової здатності хворих та їх психічного стану, то можна перебачити, що адекватна реакція на фізичне навантаження супроводжується зменшенням кількості пар корелят, до складу яких входять показники потужності миттєвої фази тета-, дельта- та HF-хвиль і хвиль з частотою 25-60 та більше Гц.

Привернула увагу наявність зворотних кореляційних зв'язків, які реєструються між показниками триангулярного індексу та модою, визначеними за негативними екстремумами як до, так і після фізичного навантаження.

Права, «здорова», верхня кінцівка у стані спокою

Стан кореляційних зв'язків на осцилограмах, zareєстрованих на правій, «здоровій», руці при лівобічному геміпарезі до навантаження, дещо відрізнявся від

таких на «хворій». Усього реєструвалось 47 пар корелят. 41 з них відповідали показникам «хворої» руки. Серед тих, що не реєструвались на «хворій» руці, найчастіше були показники інтервалів між позитивними та негативними екстремумами.

Рідше зустрічались в кореляційних парах показники хвиль тета- і дельта-ритму та потужності миттєвої фази, зареєстровані в різні періоди компресії плеча у поєднанні між собою та у парах з показниками HF-хвиль. Жодної нової пари корелят на «хворій» руці не було зареєстровано.

Можна припустити, що зникнення на «хворій» руці вищезазначених корелят може стати прогностичним маркером щодо відновних процесів в ураженій верхній кінцівці.

Права, «здорова», верхня кінцівка після фізичного навантаження

На осцилограмах, зареєстрованих на «здоровій» руці після фізичного навантаження (46 пар), як і на «хворій» руці появились пари корелят, що характеризують інтервали середніх арифметичних та квадратичних відхилень інтервалів позитивних і негативних екстремумів потужністю амплітуд (*power-osc-stdev*). Зникають кореляти, що включають показники HF-хвиль різних періодів компресії між собою та з %LF та %VLF.

Привертає увагу те, що показників потужності спектру частот HF-хвиль, зареєстрованих у період наростання компресії судин плеча під час систоли на «здоровій» руці у стані спокою, менше, ніж на «хворій» (як у стані спокою, так і після виконання вправ). Після фізичного навантаження вони зникають цілком. Аналогічна ситуація з корелятами, які характеризують визначену за методом Гільберта-Хуанга потужність спектру миттєвої частоти тета-хвиль.

Це дає можливість передбачити, що зникнення в корелятах показників HF та потужності тета-спектру в період максимальної компресії судин плеча під час систоли також можуть стати маркером позитивної динаміки.

Як і на «хворій» руці, після навантаження також зникають кореляти, які характеризують потужність миттєвої фази з частою хвиль 25- 60 і більше Гц. Якщо оцінити отримане хворими навантаження як адекватне, то вважаємо, що це також може стати позитивним прогностичним критерієм.

Реєструвались пари корелят, які не змінювались під впливом фізичних вправ як на осцилограмах «хворого», так і «здорового» плеча. До їх складу входили показники потужності спектру в діапазоні від 0,15 до 0,4 Гц (HF) на початку компресії судин плеча під час діастоли.

Залишались незмінними при всіх експериментах (у 6 парах корелят) показники потужності спектру в діапазоні від 0,4 до 4 Гц (дельта) з середніми

квадратичними відхиленнями тривалостей інтервалів за позитивними і негативними екстремумами, з показниками загальної потужності спектру (0-100 Гц) та HF-хвилями.

Висновки

При порушенні мозкового кровообігу на «хворій» руці зареєстровано 108 пар корелят. Найчастіше до їх складу входили: інтервали між екстремумами, амплітуда осциляцій; з частотних – хвилі в діапазоні HF та тета- і дельта-частот. Адекватна реакція на фізичне навантаження супроводжується зменшенням кількості пар корелят, до складу яких входять показники потужності миттєвої фази, тета-, дельта- та HF-хвиль і хвиль з частотою 25-60 та більше Гц.

На АОГ, зареєстрованих на «здоровому» плечі, виявилось 47 пар корелят. 41 з них відповідала показникам «хворої» руки. Рідше зустрічались в кореляційних парах показники хвиль тета- і дельта-ритму та потужності миттєвої фази. Вважаємо, що саме зростання в кореляційних парах (зареєстрованих з АОГ «хворої» руки) кількості показників хвиль тета- і дельта-ритму та потужності миттєвої фази може стати прогностичним маркером щодо відновних процесів в ураженій верхній кінцівці у хворих після гострого порушення мозкового кровообігу.

Після фізичних вправ зникають кореляти, що включають показники HF-хвиль різних періодів компресії між собою та з %LF та %VLF. Таким чином, високочастотний показник спектрального аналізу (HF) може бути індикатором рівня здоров'я, адаптаційних можливостей організму та ефективності реабілітаційних процесів, свідчить про рівень активності парасимпатичної ланки АНС.

Аналіз літературних джерел та власних досліджень підтвердив актуальність вивчення стану периферійних судин. Отримані результати дають можливість підвищити інформативність діагностики стану серцево-судинної системи шляхом аналізу артеріальної осцилограми, зареєстрованої в процесі вимірювання артеріального тиску із застосуванням морфологічного, часового, спектрального, кластерного аналізу у кожного пацієнта, тобто у 100% обстежених.

4.2.11. Застосування кореляційних портретів у диференційній діагностиці захворювань серцево-судинної, легеневої та нервової систем

Д.В. Вакуленко, Л.О. Вакуленко

Актуальність теми. У різних областях медицини, біології, організації охорони здоров'я, соціально-гігієнічних та клінічних дослідженнях проводиться

статистичний аналіз зв'язків, вивчення закономірностей і факторів, що на них впливають. Існують два види прояву кількісних взаємозв'язків між ознаками (явищами, факторами) – функціональні і кореляційні. При функціональних залежностях кожному значенню однієї змінної величини відповідає одне цілком визначене значення іншої змінної. Такі залежності спостерігаються в математиці й фізиці. Різні вимірні прилади засновані на функціональній залежності, наприклад висота ртутного стовпчика дає однозначну відповідь про температуру.

Кореляційні, або статистичні, зв'язки – це ті, при яких чисельному значенню однієї змінної відповідає багато значень іншої змінної. Досліджувані процеси можуть мати різний характер зміни, часто вони відрізняються від лінійних. Для визначення лінійного ступеня взаємозв'язку між показниками використовують метод Пірсона [116], за яким розраховують коефіцієнт кореляції. В цій роботі запропоновано підхід для оцінки лінійних взаємозв'язків між досліджуваними показниками, щодо інших – це предмет наступних досліджень.

Наприклад, при підйомі сходами зазвичай достатньо скоротливої функції м'язів ніг. При втомі, в похилому віці вже виникає потреба у використанні перил, милиць, тощо. Це вказує, що на виконання однієї задачі може бути задіяна різна кількість механізмів. До кожного нового явища, патологічного стану організм людини адаптується можливим для нього чином, задіюючи необхідні (можливі) для цього механізми. Функціональний зв'язок має місце щодо кожного конкретного спостереження. Натомість кореляційний зв'язок проявляється в середньому для всієї сукупності спостережень – виявлення взаємодії факторів, визначення сили і спрямованості. Практичне використання кореляційного аналізу полягає у виявленні взаємодії факторів, визначенні сили та напрямку синергії адаптаційного портрету кожного стану.

Слід підкреслити, що визначення наявності зв'язку між явищами і факторами є справою фахівців. Статистика лише вимірює цей зв'язок.

При проведенні фундаментальних досліджень перебігу захворювання чи реабілітаційного процесу важливо бачити так званий кореляційний портрет. Тобто визначити вплив (участь) кожного показника у процесі адаптації. Нами розроблено алгоритм побудови кореляційного портрету на основі аналізу артеріальної осцилограми [160].

Мета досліджень. На основі існуючих підходів [160] вивчення взаємозв'язків реакцій при різних патологічних станах запропонувати підхід побудови кореляційного портрету адаптаційних механізмів (патологічного процесу) у відповідь на внутрішній чи зовнішній подразник.

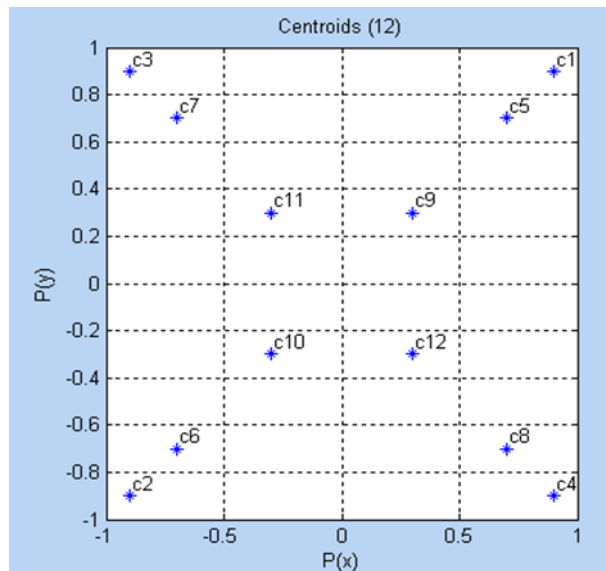
Матеріал та методи досліджень. Обстежено 720 осіб чоловічої та жіночої статі віком 18-87 років, без скарг на стан здоров'я та з різними патологічними станами (14 нозологій). Вимірювання проводились на кафедрі медичної інформатики ТДМУ ім. І.Я. Горбачевського, в санаторії-профілакторії ТНПУ ім. В.Гнатюка, на клінічних базах Тернополя та Житомира в 2012–2017 роках. Для порівняльного аналізу використано відкриту базу біосигналів physionet.org. Осцилограми реєстрували в стані спокою (в положенні сидячи та лежачи), на правій та лівій руці та при різних фізичних, термічних та мультимедійних впливах (28 видів).

Вимірювання артеріального тиску з подальшою реєстрацією артеріальної осцилограми проведено за допомогою електронного вимірювача тиску ВАТ 41-2 (виробник «ІКС- ТЕХНО») на лівому та правому плечі. Формування та запис артеріальної осцилограми відбувався в автоматичному режимі, синхронно з нагнітанням повітря в манжету і реєстрацією відповіді артерії на стискання протягом усього періоду компресії з подальшим застосуванням морфологічного, часового, спектрального аналізу та його методів [180]. Два останні проводились відповідно до методів, що використовуються при аналізі варіабельності серцевого ритму ЕКГ.

Аналіз біосигналів з подальшим розрахунком показників та статистичним аналізом проводили за допомогою, розробленого авторами програмного середовища OScECgREoEEgPuls, в якому додатково до прийнятих методів часового та спектрального аналізу RR інтервалів реалізовано спектральний аналіз (за допомогою перетворень Фур'є та Гільберта-Хуанга) самого сигналу; для артеріальних осцилограм – 413 показників, а для ЕКГ – 132 показників. Між згрупованими за патологіями та різними навантаженнями показниками визначався коефіцієнт кореляції.

Вибрані значення кореляції піддавались кластерному аналізу (*метод k-середніх*) [21], де групувались розраховані значення кореляції. Кореляти групували окремо всередині одного експерименту та між усіма показниками до та після експерименту в 12 кластерів з координатами центрідів (мал. 4.38).

	X	Y
Centroid 1	0,9	0,9
Centroid 2	-0,9	-0,9
Centroid 3	-0,9	0,9
Centroid 4	0,9	-0,9
Centroid 5	0,7	0,7
Centroid 6	-0,7	-0,7
Centroid 7	-0,7	0,7
Centroid 8	0,7	-0,7
Centroid 9	0,3	0,3
Centroid 10	-0,3	-0,3
Centroid 11	-0,3	0,3
Centroid 12	0,3	-0,3



Мал. 4.38. Координати центроїдів між усіма показниками до та після експерименту в 12 кластерах.

Згруповані в кластери кореляти, що перебували в інтервалі від 0,9 до 1 та від -0,9 до -1 (значущі), сортували за критеріями – складовими кореляційного портрету:

1. У проведених експериментах значення кореляцій в кластері не виходили за межі одного кластера, були нечутливі до діючих чинників.
2. В експерименті значення кластера було унікальним (специфічним) саме до певного чинника з усього переліку проведених експериментів.
3. При вивченні певних видів впливу вивчали спільні та унікальні кореляти на різних етапах дослідження.
4. Кількість значущих корелят до та після експерименту.
5. Кількість та вага показників у кореляційному портреті.
6. Кількість корелят з прямою та оберненою залежністю.
7. Кількість корелят з кожного рівня регуляції нервової системи.
8. Які рівні регуляції нервової системи корелюють та як часто (ULF, VLF, LF, HF).
9. Частота та кількість залучених у адаптаційні процеси показників частотою більше 0,4 Гц (пов'язаних з мозковою діяльністю) за перетворенням Фур'є та Гільберта-Хуанга.
10. Частота та кількість корелят показників, розрахованих за позитивними та негативними екстремумами.
11. Частота та кількість корелят між показниками часового та спектрального аналізу.
12. Кореляційна особливість адаптації за фазою компресії плеча.
13. Яка складова спектру корелює з ширшим за діапазоном спектром (приклад: VLF – Delta-0-0,4 Гц).

14. Кількість, рівні та якості регуляторних механізмів, залучених у адаптації (сумарний ефект регуляції, функція автоматизму, вегетативний баланс, стійкість регуляції, активність серцево-судинного підкоркового нервового центру (ПНЦ)).

Результати досліджень та їх аналіз. Для наочності пропонуємо результати застосування описаного алгоритму для аналізу адаптаційних механізмів до компресії плеча при вимірюванні артеріального тиску. Використано часові та спектральні показники артеріальних осцилограм (розроблених авторами роботи) та ЕКГ у здорових та при різних патологічних станах: ішемічна хвороба серця (ІХС), атеросклероз (АС), артеріальна гіпертензія першого типу (АГ-1), екстрасистолія (ЕС), гіпертонічна хвороба 2-го типу (ГХ-2), кардіосклероз (КС), порушення ритму серця (ПРС), постінфарктний кардіосклероз (ПКС), цукровий діабет (ЦД), стенокардія спокою (СКС), стенокардія напруги (СКН), порушення функції провідності серця (ПФПС), хронічне обструктивне захворювання легень (ХОЗЛ), шийна дорсопатія (ШДП). В таблиці 4.24 показано складові кореляційного портрету деяких станів (назви показників, частота їх появи, додатні та від'ємні кореляти).

Таблиця 4.24

Складова кореляційного портрету деяких станів (назви показників, частота їх появи, додатні та від'ємні кореляти)

Здорові		ІХС		Інсульт, гостра фаза		Постінсульт		Інфаркт міокарду, кардіосклероз	
додатні	К-ть	додатні	К-ть	додатні	К-ть	додатні	К-ть	додатні	
VLF	3	VLF	3	VLF	3	VLF	3	HF	4
VLF-int_p	3	Alpha	3	Alpha	3	VLF_int_p	3	VLF	3
IVR-pos	2	VLF_int_p	3	VLF_int_p	3	IVR-p	2	Alpha	3
HVR-ind-p	1	IVR-p	2	IVR-p	2	HF	2	VLF_int_p	3
HVR-ind-n	1	HF	2	IVR-n	2	HVR-ind-p	1	IVR-p	2
SI_pos	1	Beta	2	HF	2	HVR-ind-n	1	%HF	2
L1_pos	1	HFx25	2	%HF	2	SI_p	1	%Alpha	2
Delta	1	HFx25	2	%Alpha	2	L1_p	1	Beta	2
Teta	1	HVR-p	1	Beta	2	Delta	1	%Beta	2
Alpha	1	HVR-n	1	%Beta	2	Total	1	HFx25	2
Total	1	SI_pos	1	HFx25	2	power_25	1	%HFx25	2
Power-25	1	L1_pos	1	%HFx25	2	Total_pow	1	HFx25	2
Total_pow	1	Delta	1	HFx25	2	HF_int_p	1	HVR-ind-p	1
Delta_int_p	1	Teta	1	HVR-ind-p	1	HF_per_int_p	1	HVR-ind-n	1
power_int_p	1	%Alpha	1	HVR-ind-n	1	Delta_int_p	1	SI_p	1
Total_int_p	1	%Beta	1	SI_p	1	powe5_int_p	1	L1_p	1

		Total	1	L1_p	1	Total_int_p	1	Delta	1
		Power-25	1	SI_n	1			Teta	1
		Total_pow	1	L1_n	1			Total	1
		Delta_int_p	1	Delta	1			power25	1
		power_25_int_p	1	Teta	1			Total_pow	1
		Total_int_p	1	Total	1			HF_int_p	1
				power_25	1			HF_per_int_p	1
				Total_pow	1			Delta_int_p	1
				Delta_int_p	1			power25_int_p	1
				power25_int_p	1			Total_pow-int_p	1
				Total_nt_p	1				
від'ємні	К-ть			від'ємні	К-ть	від'ємні	від'ємні		
RR-neg-mean	2			%Delta	3	RR-n-mean	2	%Delta	3
Delta	1			RR-n-mean	2	Delta	1	RR-neg-mean	2
%Delta	1			%HF	1	Total	1	%HF	1
%Alpha	1			Delta	1			Delta	1
Total	1			%Alpha	1			%Alpha	1
				%Beta	1			%Beta	1
				%HFx25	1			%HFx25	1
				Total	1			Total	1

Наведена в табл. 4.24 динаміка показників демонструє наявність притаманних кожному стану корелят та їх кількість. Аналіз та проведення патофізіологічної інтерпретації дає можливість не тільки сформувати кореляційний портрет для диференціальної діагностики, а й пояснити задіяні механізми та їх рівні.

Саме для хворих на інфаркт міокарда виявили притаманний кореляційний зв'язок між триангулярним індексом та потужністю спектру хвиль другого порядку, що відображає участь вищих вегетативних центрів у загальній варіабельності серцевого ритму. Співвідношення кількості додатних і від'ємних корелят є найменшим для здорових і дорівнює 2,3 для АОГ і 2,1 для ЕКГ. Слід зазначити, що вказане співвідношення для ЕКГ зустрічається і для хворих з ішемічною хворобою серця та артеріальною гіпертензією першого ступеня.

Наведений в табл. 4.25 порівняльний аналіз кількісних ознак кореляційних портретів на основі аналізу артеріальних осцилограм АОГ та ЕКГ відображає ряд особливостей. Кількість корелят в ЕКГ значно більша, ніж в АОГ, як позитивних та негативних зв'язків, хоча кількість досліджуваних показників в АОГ – 413, а в ЕКГ – 132. Вказана особливість потребує подальшої інтерпретації. Кількість корелят

для здорових за аналізом ЕКГ та АОГ є достовірно меншою ($p < 0,05$), що може бути маркером здоров'я.

Таблиця 4.25

Динаміка кількості додатних та від'ємних корелят артеріальних осцилограм та ЕКГ у проведених дослідженнях

Назва патології	К-ть обстежених	Артеріальна осцилограма			ЕКГ		
		К-ть додатних корелят (дк)	К-ть від'ємних корелят (вк)	Відношення = дк/вк	К-ть додатних корелят	К-ть від'ємних корелят	Відношення = дк/вк
Здорові	50	14	6	2.3	64	30	2.1
ІХС	255	32	10	3.2	72	35	2.1
Атеросклероз	27	28	10	2.8	78	19	4.1
Артеріальна гіпертензія 1 типу	92	32	10	3.2	75	35	2.1
Екстрасистолія	32	24	10	2.4	95	15	6.3
Кардіосклероз	5	30	10	3	86	15	5.7
Постінфарктний кардіосклероз	52	30	10	3	95	15	6.3
Цукровий діабет	38	28	10	2.8	95	15	6.3
Стенокардія спокою	28	28	10	2.8	95	15	6.3
Стенокардія напруження	20	26	10	2.6	88	13	6.8
ХОЗЛ	45	28	10	2.8	95	15	6.3

Для проведення побудови кореляційного портрету на основі аналізу біосигналів (АОГ, ЕКГ, ЕЕГ, пульсограма, аудіограма) розроблено програмне середовище OscEcgReoPuls.

Застосування запропонованих критеріїв побудови кореляційного портрету допоможе створити специфічну групу ознак для досліджуваного патологічного стану чи терапії.

Висновки

Побудова кореляційних портретів дозволяє доповнити існуючі методи диференціальної діагностики для більш якісного їх проведення та застосувати їх для оцінки ефективності терапії.

Запропонований алгоритм допоможе глибше зрозуміти патоморфологічні механізми, задіяні при адаптації організму до різних патологічних станів.

Вказаний підхід може бути використаний для побудови кореляційних портретів у медицині (різних патологічних станів, реакцій на фізичне навантаження, лікувальних та діагностичних алгоритмів; у страховій медицині, діяльності лікувального закладу), в економіці (діяльність підприємства, курс валют), екології тощо.

4.3. ЗАСТОСУВАННЯ АРТЕРІАЛЬНОЇ ОСЦИЛОГРАФІЇ У СПОРТІ

Актуальність теми. У сучасному спорті значно зростає рівень спортивних досягнень, що вимагає збільшення кількості та інтенсивності тренувань, що призводить до різкого зростання фізичних та психоемоційних навантажень, які перебувають на межі фізичних можливостей людини. Регулярні фізичні навантаження суттєво впливають на серцево-судинну систему людини. Контроль над адаптивними реакціями організму при фізичних навантаженнях дозволяє раціонально організувати тренувальний процес, уникнути порушень і перевантажень в діяльності серцево-судинної системи [49, 54].

Найважливішими для спортсмена морфофункціональними змінами є зміни у системі кровообігу як індикаторі адаптаційних можливостей організму. Функціональні особливості серця спортсмена стосуються всіх його функцій: автоматизму, збудливості, провідності, скорочення. У роботі тренера чи викладача фізичного виховання найбільший інтерес викликає скорочувальна функція міокарда, яку оцінюють, в основному, за показниками кардіодинаміки та гемодинаміки [59, 60]. Межа між фізіологічними, адаптивними, морфофункціональними та патологічними змінами в діяльності серця при великих фізичних навантаженнях є нечіткою, тому дослідження особливостей цих змін було і залишається актуальною проблемою [169].

Все це диктує необхідність пошуку нових й удосконалення вже існуючих засобів підвищення працездатності та відновлення її після інтенсивних тренувань. Важливим засобом запобігання перетренованості є адекватне тренувальне навантаження, постійний медичний, педагогічний, психологічний контроль, завчасна діагностика преморбідних станів, вивчення ефективності застосування реабілітаційних заходів [33]. Артеріальна осцилографія – доступний об'єктивний метод обстеження, який дає можливість оцінити фізичний стан організму спортсмена, вивчити шляхи адаптації організму до фізичних навантажень, рівні

регуляції діяльності ССС, оцінити динаміку адаптаційних процесів у тренувальному процесі.

4.3.1. Порівняльний аналіз впливу перебування у лазні на осіб різних вікових груп за результатами артеріальної осцилографії

Д.В. Вакуленко, Л.О. Вакуленко

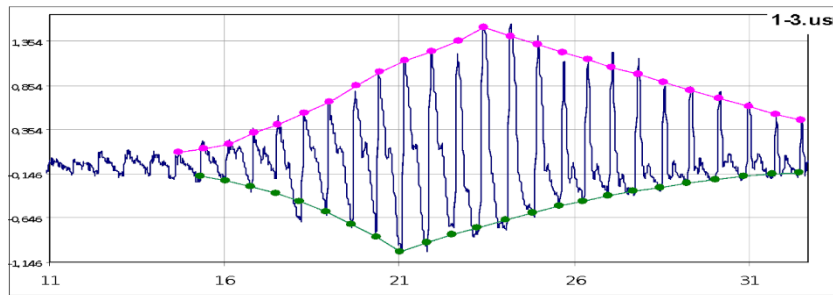
Актуальність теми. Ефективність застосування лазень в наш час важко переоцінити [203]. З давніх-давен найбільшого поширення і популярності серед лазенних процедур отримала парна і суха (фінська) лазні та їх різновиди. Загалом дія на організм людини сухої і парної лазні схожа, бо і в одному, і в іншому випадку основним чинником є сильне нагрівання з подальшим охолодженням. Різниця полягає в дії вологого повітря парної лазні і сухого повітря сауни [190]. Застосування сучасного обладнання дає можливість поглибити дослідження щодо впливу як перебування у лазні взагалі, так і в лазнях окремих видів.

Мета досліджень. Вивчити вплив перебування у лазні на стан серцево-судинної системи (ССС) у осіб різних вікових груп та вплив на її стан окремих лазенних процедур (з використанням парної, сухої лазні, занурювання у басейн) за допомогою артеріальної осцилографії (АОГ). З'ясувати залежність між якісними характеристиками АОГ та індексом Кердо (ІК) як показником стану автономної нервової системи.

Матеріал та методи досліджень. Метод АОГ застосовано для обстеження 45 осіб. Серед них – 25 осіб, у яких вивчали вплив перебування у лазні, та 20 здорових осіб (контрольної групи), у яких як засіб впливу використано пробу Руф'є. Особи основної групи А (10 осіб віком 18-20 років) взяли участь у 5 експериментах. У них артеріальні осцилограми (АОГ) реєстрували до та після перебування у лазні, а також – після користування сухою (температура 90°, вологість 10%) та парною (температура 70°, вологість 80%) лазнями (по 10 хв.), після занурювання в басейн (температура 22°C). У 15 осіб основної групи Б (42-75 років) АОГ реєстрували до та після комплексного застосування лазенних впливів (сухої, парної лазні, занурювання у басейн чи прохолодний душ) за методами і дозуванням, підібраними в процесі власного практичного досвіду відвідування лазні протягом тривалого часу (5-20 років). У 20 осіб контрольної груп (18-20 років) АОГ реєстрували до та після проби Руф'є.

АОГ реєстрували за допомогою електронного вимірювача артеріального тиску, здатного передавати отриману криву тиску для подальшого аналізу, який проводили за методами, запропонованими авторами статті [180]. При

морфологічному аналізу АОГ вивченню підлягала загальна характеристика усієї осцилограми (форма, ритмічність пульсацій, рівномірність зростання і спадання амплітуди осциляцій, наявність та кількість пульсацій з максимальною амплітудою) та її окремих пульсацій (амплітуда, кути екстремумів, висхідна та низхідна частини, наявність, локалізація, величина дикротичного зубця) [180]. Осцилограми оцінювали за п'ятибальною системою (критерії розроблені авторами статті), при якій ознаки «погіршення» характеристик (збільшення кількості відхилень від норми) зростають від 1 до 5 (мал. 4.39) [180].



Мал. 4.39. Осцилограма, яка відповідає нормі

Використовували також показники електронного тонометра: АТ, частоту серцевих скорочень (ЧСС) та на цій базі – визначали індекс Кердо (ІК).

Результати досліджень та їх аналіз

Обстеження представників основної групи А (18-29 років). Результати морфологічного аналізу осцилограм обстежених групи А представлені в таблиці 4.26.

Таблиця 4.26

Морфологічний аналіз осцилограм, зареєстрованих у процесі досліджень (група А)

Типи	У стані спокою		Після сухої лазні		Після вологої лазні		Після басейну		Після усіх процедур	
	Кількість	%	Кількість	%	Кількість	%	Кількість	%	Кількість	%
I тип	5	50%	6	60%	2	20%	8-4	40%	4	40%
II тип	5	50%	1	10%	2	20%	6-4	40%	3	30%
III тип			3	30%	6	60%	2	20%	2	20%
IV тип					1	10%			1	10%

M±m	1,5±0,14	1,7±0,21	2,8±0,29	1,9±0,24	1,5±0,29
-----	----------	----------	----------	----------	----------

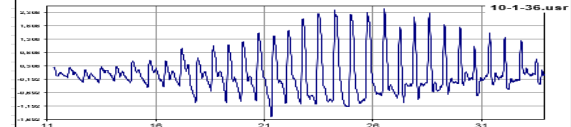
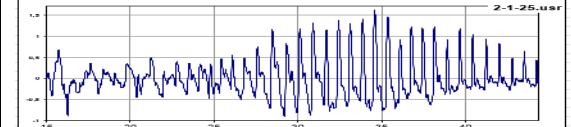
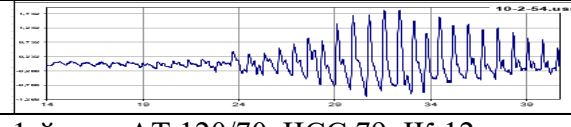
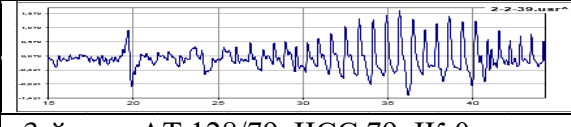
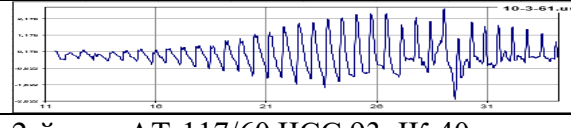
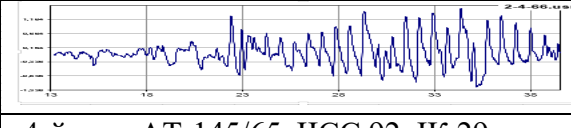
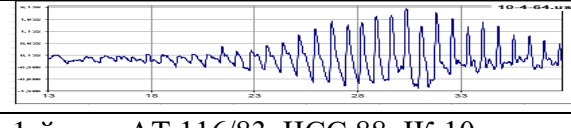
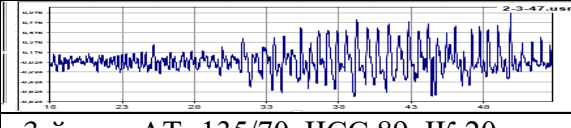
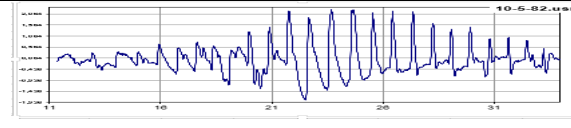
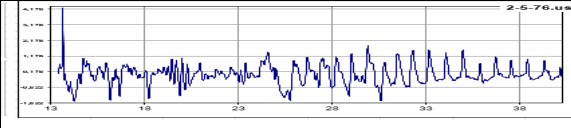
Результати аналізу АОГ осіб основної групи А засвідчили, що до експерименту у 100% обстежених реєструвався I та II типи, тобто відхилення від норми були незначні чи зовсім відсутні. Отримані дані достовірно не відрізнялись від показників АОГ осіб контрольної групи (у яких реєструвалась адекватна реакція на пробу Руф'є). Зазначене свідчить про задовільний стан судин плеча осіб основної групи А (як фрагмента усієї судинної системи). Після сухої лазні у 30% обстежених проявився III тип АОГ. Після вологої реакції погіршились: у більшості (70%) обстежених відзначався III та IV типи. Згадане свідчить, що сухе повітря високої температури викликає незначні порушення гармонійності пульсацій, а після парної – відхилення більш виражені. Після занурювання у басейн показники покращились: IV тип АОГ зник, кількість АОГ I типу зросла від 20% (після парної) до 40%, III типу – знизилася від 60 до 30%. Після усіх процедур I та II типи реєструвались у 70% обстежених. Такі дані свідчать про високий рівень функціональної здатності ССС як індикатора адаптаційних можливостей організму 70% обстежених. При цьому середні показники АТ, ЧСС, ІК виявились нижчими (з різним ступенем достовірності), ніж до експериментів, що свідчить про позитивний вплив лазенних процедур на обстежених.

Аналіз показників ІК у представників групи А дав можливість констатувати наступне. У 8 обстежених переважали позитивні показники (від +8 до +30) і у двох негативні (-6 та -1), середні становили $+12,1 \pm 0,31$, тобто переважав тонус симпатичної ланки ВНС. Після сухої лазні, басейну вони значно не відрізнялись. Після парної ІК зріс удвічі ($P < 0,05$). Після всіх процедур – знизився на 50% (порівняно з вихідним). Це свідчить, що перебування у парній має найбільший стресовий вплив на організм обстежених та високу адаптаційну здатність організму обстежених групи А.

Дослідження засвідчили різні типи реакції АТ на окремі лазенні чинники та позитивний вплив перебування у лазні на показники АТ. При цьому середні показники АТ досліджуваної групи знизились з 131/75 до 121/74 мм.рт.ст. Визначити кореляційну залежність між гармонійністю пульсацій на АОГ і показниками АТ не вдалось.

У процесі досліджень виявилось, що у 30% обстежених якісні показники АОГ не відновились. III тип реєструвався у 2 осіб, IV тип – у 1, що свідчить про зниження рівня адаптаційних можливостей ССС. При цьому IV тип був притаманний особі №2 і після парної.

Для прикладу на малюнку 4.40 представлені осцилограми обстежених К., 21 р. (№2) та В., 20 р. (№10) з протилежними якісними характеристиками

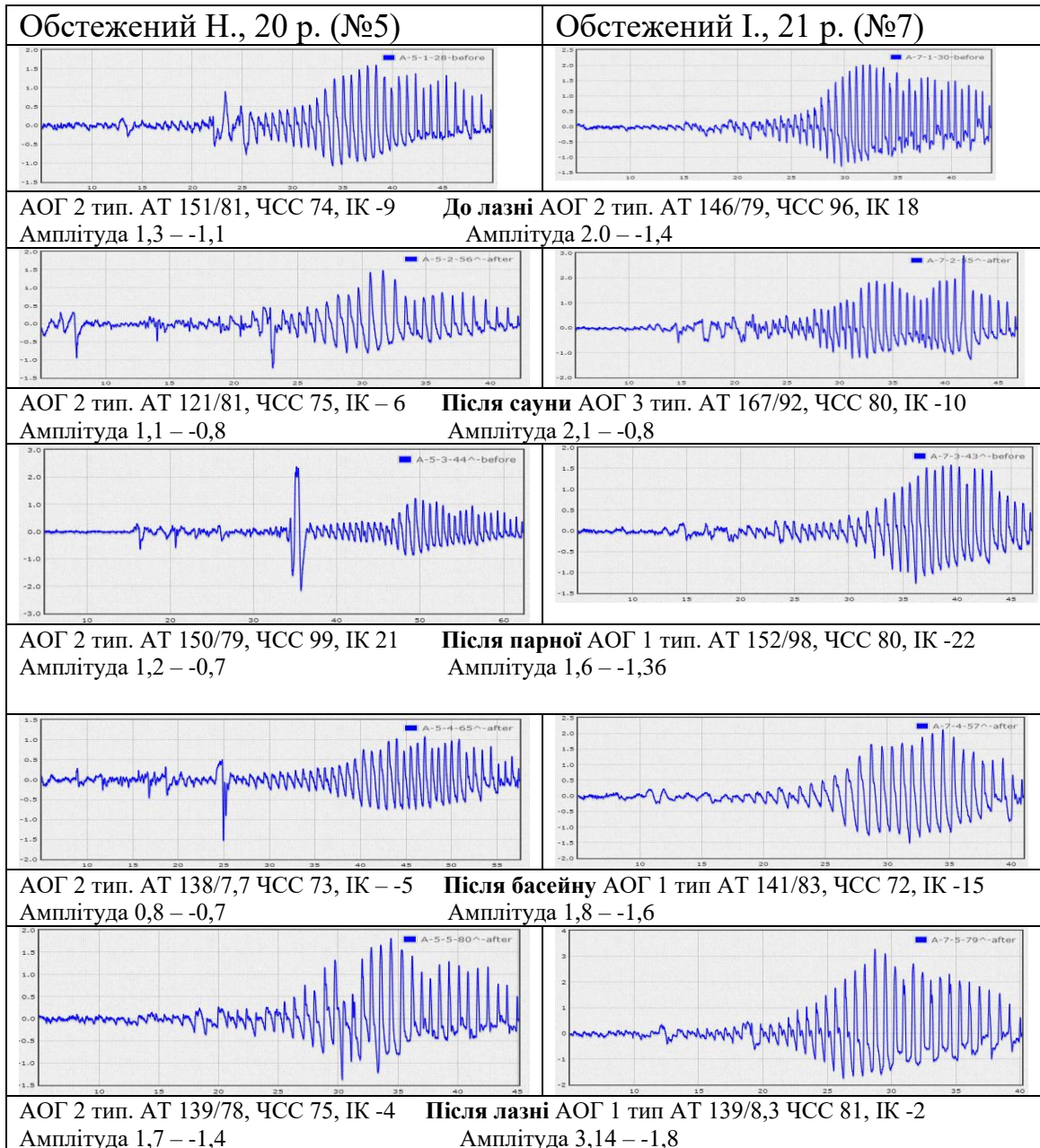
Обстежений В. 20 р.	Обстежений К., 21
До експерименту	
	
1-й тип. АТ 113/61, ЧСС 85, ІК 30	2-й тип. АТ 133/70, ЧСС 79, ІК 10
Після сауни	
	
1-й тип. АТ 120/70, ЧСС 79, ІК 12	3-й тип. АТ 128/79, ЧСС 79, ІК 0
Після парної	
	
2-й тип. АТ-117/60 ЧСС 93, ІК 40	4-й тип. АТ-145/65, ЧСС 92, ІК 29
Після басейну	
	
1-й тип. АТ 116/83, ЧСС 88, ІК 10	3-й тип. АТ- 135/70, ЧСС 89, ІК 20
Після експерименту	
	
2-й тип. АТ 103/89, ЧСС 69, ІК 0	4-й тип. АТ 115/57, ЧСС- 95, ІК 40

Мал. 4.40. Осцилограми, показники АТ (мм.рт.ст), ЧСС (уд./хв.), та ІК (ум.од.) обстежених В., 20 р. (№10) та К., 21 р. (№2) , зареєстровані у процесі експериментів.

Якщо звернути увагу на динаміку якості АОГ та показників ІК на мал. 4.40, то можна зробити висновок, що у обстежених не реєструвалось прямої залежності між ними. Так, у №10 при II типі АОГ ІК був 40 після парної, а після усіх експериментів – 0. Тимчасом як у К. (21 р.) при IV типі АОГ він був відповідно 29 і 40. Аналогічні висновки можна зробити і за змінами ЧСС. Так, при незначній різниці вихідної ЧСС (85 і 79) на всі види впливів реакції ЧСС виявились майже однакові, а після процедур – відповідно 69 і 95, що свідчить про різну якість відновних процесів обстежених. Не вдалося з'ясувати і залежність між динамікою типу АОГ і АТ (табл. 4.26). Якщо у В. (20 р.) він практично не змінився, то у К. (21

р.) – знизився від 130/70 мм.рт.ст. (на початку досліджень) до 115/57 мм.рт.ст. (після них). Зазначене приводить до висновку про зниження як сили серцевих скорочень і об’єму крові, що викидається в аорту, так і тонусу периферійних судин у обстеженого К. (21 р.).

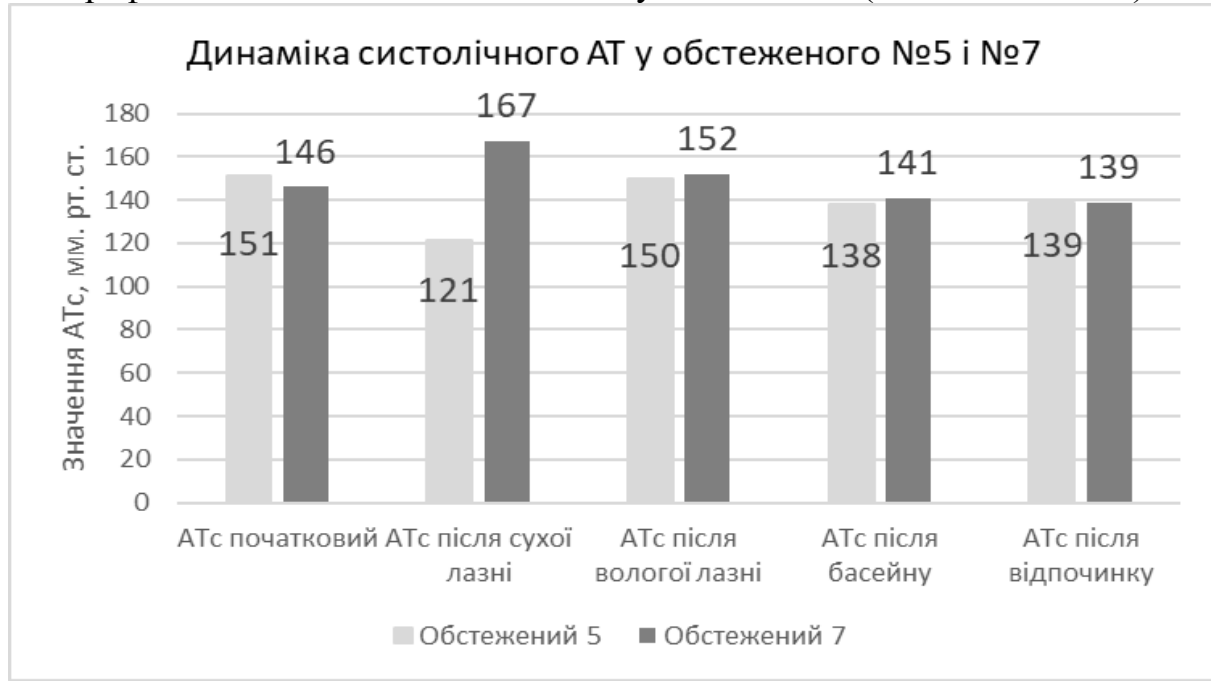
Вивчено і оцінено АОГ та показники АТ осіб з підвищеним артеріальним тиском в процесі перебування у лазні. Для аналізу обрано показники обстежених Н., 20 р. (№5) та І., 21 р. (№7), у яких вихідні показники АТ відрізнялись незначно (мал. 4.41). Скарги щодо самопочуття відсутні (мал. 4.41).



Мал. 4.41. Осцилограми, показники АТ, ЧСС, ІК обстежених Н., 20 р. (№5) – лівий стовпчик та І., 21 р. (№7) – правий стовпчик, зареєстровані у процесі експериментів

Примітка. Амплітуда – показник амплітуди пульсацій, перша цифра – за показником максимального екстремуму, друга – мінімального.

Графічно показники АТ мають наступний вигляд (мал. 4.42 та 4.43).



Мал. 4. 42. Динаміка систолічного АТ у обстежених Н., 20 р.(№5) та І., 21 р. (№7).



Мал. 4.43. Динаміка діастолічного АТ у обстежених Н., 20 р. (№5) та І., 21 р. (№7).

Як видно з мал. 4.41, 4.42, 4.4,3, у осіб з незначною різницею показників АТ на початку досліджень реакція АТ на суху лазню мала протилежну динаміку (-30 у першого і +21 мм. рт. ст. у другого). У всіх інших випадках – практично не відрізнялись. Після усіх процедур систолічний тиск знизився у обох до 139, діастолічний – знизився до 79 і 81 мм.рт.ст (відповідно. Діастолічний АТ у обстеженого І. (21 р.), незважаючи на дещо нижчі показники до обстеження, підвищувався: після сухої лазні – на 11, після парної лазні – на 9 мм.рт.ст. та на 5-6 у інших випадках.

При цьому якісні характеристики АОГ у обстеженого Н. (20 р.) значно не змінились. У нього на початку компресії реєструвались позачергові, з великою амплітудою, поодинокі пульсації, які зберігались після кожної процедури, що виключає випадковість їх появи і може бути свідченням характеру адаптації ССС до наростаючої компресії. Після усіх процедур вони зникали. У обстеженого І. (21 р.), огинаюча після сухої лазні мала двохвильовий характер, коли АТ виявився найбільший. Після парної, басейну та усіх процедур осцилограми мали 1 тип, що на фоні зниження АТ свідчить про позитивний вплив перебування у лазні на стан ССС обстеженого Н. (20 р.). Осцилограмам І. (21 р.) була притаманна більша амплітуда максимальних (між екстремумами та мінімумами) пульсацій, що відзначено на мал. 4.41. Після сухої лазні вона коливалась від 2,1 (за верхніми екстремумами) до -0,8 (за нижніми), після усіх процедур – відповідно 3,14 і -1,8. Це дає можливість передбачити, що АОГ осіб з більш вираженою тенденцією до підвищеного АТ (вони реєструються у період зростання компресії) притаманні більші амплітуди пульсацій.

Більш несприятлива динаміка морфологічних показників АОГ обстеженого І. (21 р.), була після сухої лазні, у Н (20 р.) – після парної лазні. З осцилограм випливає, що для обстеженого Н (21 р.) більше підходить суха, для Н (20 р.) – парна лазня.

Обстеження представників основної групи Б (жінки 42-75 років). Види і методику застосування різних видів лазенних впливів обстежені виробили індивідуально, в процесі тривалого відвідування лазні (5-25 років) та завдяки періодичним консультаціям у лікарів. В лазні перебували по 1,5-2 години. Між процедурами відпочивали, пили чай, декотрі – отримували масаж. Морфологічний аналіз осцилограм, зареєстрованих у процесі досліджень групи Б, представлений у таблиці 4.27.

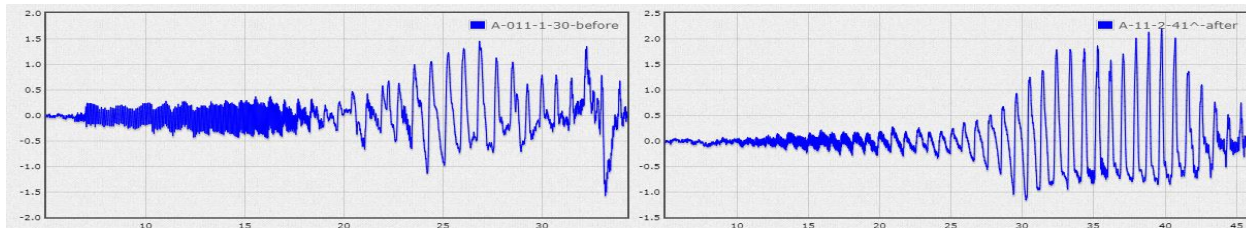
Таблиця 4.27

Морфологічний аналіз осцилограм, зареєстрованих у процесі обстежень групи Б

Типи осцилограм	До перебування у лазні		Після перебування у лазні	
	Кількість	%	Кількість	%
I тип	4	27	5	33
II тип	4	27	4	27
III тип	6	40	6	40
IV тип	1	7		
V тип				
M+m	2, 25 \pm 0,12		2.1 \pm 0,21	

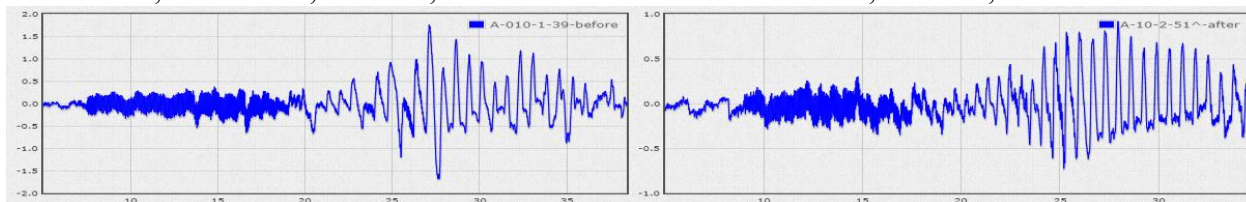
Як видно з таблиці, у обстежених переважали I-III типи АОГ. IV тип реєструвався у однієї обстеженої. Після перебування у лазні якісні характеристики АОГ змінились у бік покращення, що стало несподіваними для нас, адже це люди старшого віку, практику користування лазнею вони виробили на власному досвіді. АОГ окремих із них (що на них автори вважали за доцільне звернути увагу) представлені на мал. 4.44.

№10



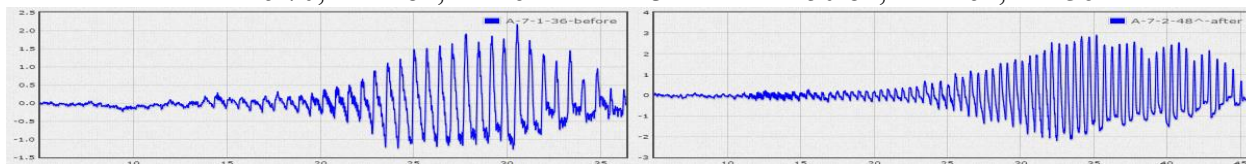
АОГ-3 тип, АТ 134/74, ЧСС 81, ІК 9 АОГ-2 тип, АТ 125/79, ЧСС 95, ІК-17

№11



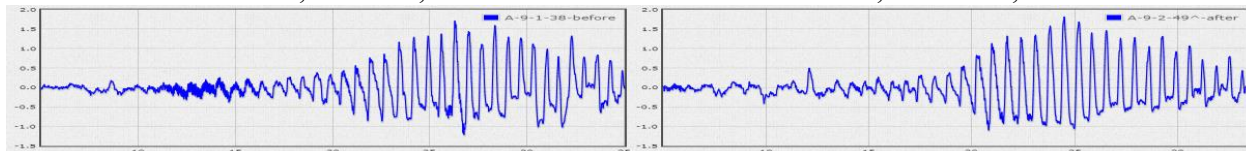
АОГ- 4 тип, АТ 126/70, ЧСС 81, ІК-16 АОГ-3 тип, АТ 150/84, ЧСС 64, ІК -30

№7



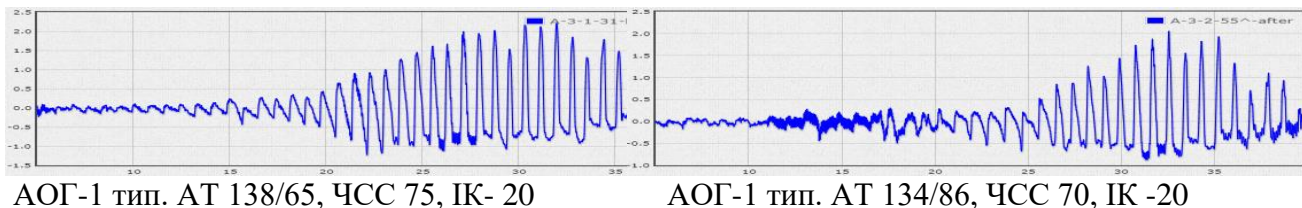
АОГ1 тип, АТ 128/85, ЧСС 87, ІК -3 АОГ- 1 тип, АТ 171/102, ЧСС 119, ІК 25

№9



АОГ-2 тип, АТ 121/70, ЧСС 88, ІК 21 АОГ- 1 тип, АТ 108/65, ЧСС 87, ІК 26

№3



Мал 4.44. Осцилограми обстежених основної групи Б до (лівий стовпчик) та після (правий стовпчик) перебування у лазні (ІК- індекс Кердо); №3-11 – номери протоколу обстежених.

Спільним для усіх зображених АОГ є позитивна динаміка характеристик після перебування у лазні. При цьому, у обстеженого №10 знизився АТ, збільшились ЧСС та ІК. Їх синхронні зміни свідчать про зростання активності симпатичної ланки ВНС, що супроводжувалось покращенням якісних характеристик АОГ, що свідчить про адекватну адаптацію до отриманих банних впливів. На другій АОГ (№11) привертає увагу зростання АТ та ІК на фоні зниження ЧСС. На третій (№7): значне зростання ЧСС від 85 до 119, АТ – від 128/85 до 171/102 мм. рт. ст., ІК – від 3 до 25 не призвело до виражених порушень гармонійності пульсацій. При цьому, незважаючи на зростання компресії плеча манжетою, велика амплітуда пульсацій зберігалась тривалий час. Розширення судин під час систоли тривалий час долало поступово наростаючу компресію плеча манжетою уже після повного стискання судин під час діастоли. Четверта АОГ (№3) привернула увагу тим, що була зареєстрована у жінки 75 років. ЧСС та АТ змінились незначно. Вражає висока якість морфологічних характеристик АОГ, зареєстрованих до та після півторагодинного перебування у лазні, яку вона відвідує близько 20 років. При цьому ІК змінився від +20 до -20 у.о, що свідчить про значне зростання активності парасимпатичної ланки ВНС після перебування у лазні, тобто значне зниження стресового напруження обстежуваної.

Зареєстровані в процесі експериментів показники ЧСС, артеріального тиску та індексу Кердо представлені у таблиці 4.28.

Як видно з таблиці, найбільш виражена реакція автономної нервової системи (за індексом Кердо) спостерігалась після парної (вологої) лазні, що підтверджує результати, отримані при морфологічному аналізі осцилограм.

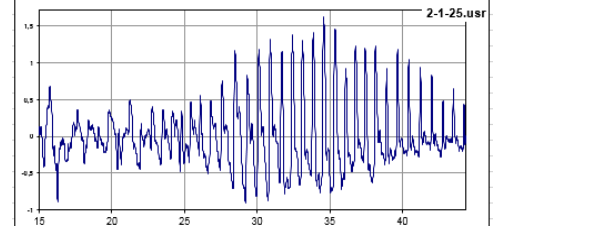
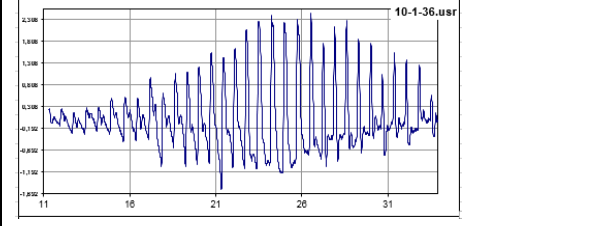
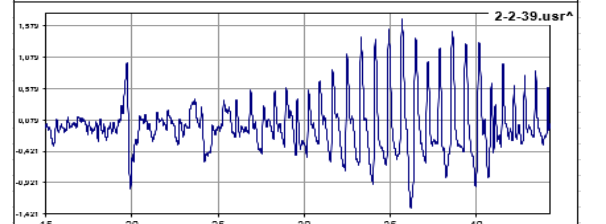
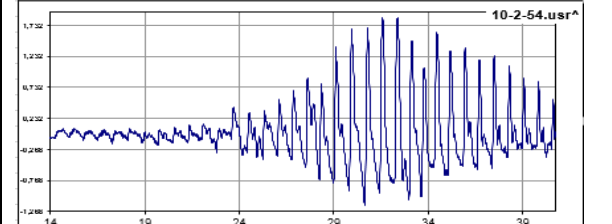
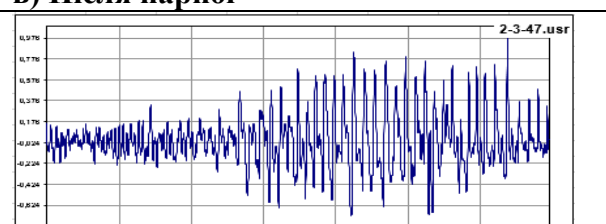
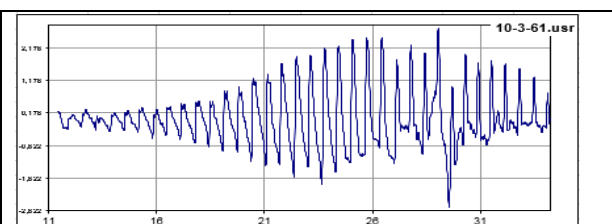
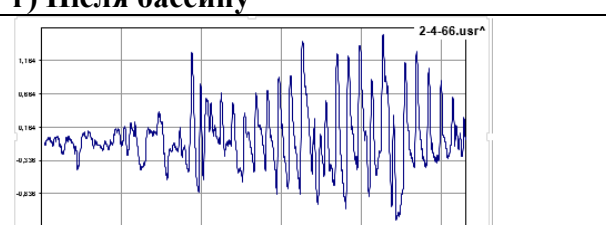
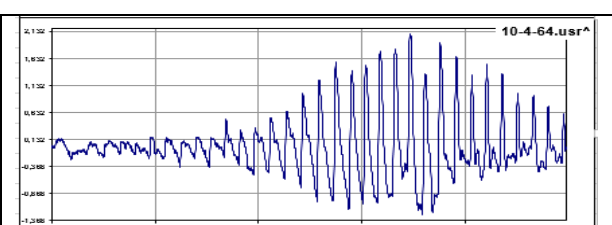

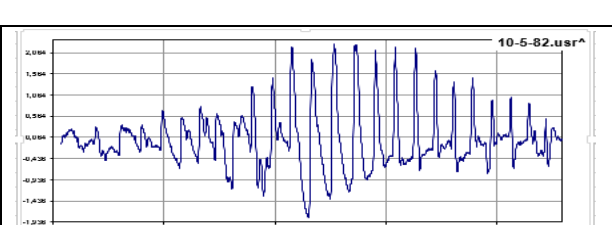
Таблиця 4.28

Показники індексу Кердо, артеріального тиску, частоти серцевих скорочень визначених у процесі проведення експериментів

№	Маса тіла	До експерименту			Суша лазня			Волога лазня			Басейн			Після експерименту		
		ІК	АТ	ЧСС	ІК	АТ	ЧСС	ІК	АТ	ЧСС	ІК	АТ	ЧСС	ІК	АТ	ЧСС
1	70,6	10	115	69	30	124	80	5	121	64	-20	118	66	-20	120	67
	70,1		/76			/59			/61			/79				
2	94,5	10	133	79	0	128	79	29	145	92	20	135	89	40	116	95
	94,1		/70			/79			/65			/70			/57	
3	67,6	8	125	84	10	127	91	37	120	103	20	128	90	18	111	83
	66,9		/78			/81			/65			/75			/68	
4	73	20	123	99	30	135	107	25	128	98	20	115	102	4	126	80
	72,4		/79			/79			/74			/79			/77	
5	116,4	-9	151	74	6	121	75	21	150	99	-5	138	73	-4	139	75
	116		/81			/71			/79			/77			/78	
6	60	-6	132	79	4	131	87	14	135	100	30	134	108	-2	117	82
	59,5		/84			/84			/86			/74			/84	
7	74,9	18	146	96	-10	167	85	-22	152	80	-15	141	72	-2	139	81
	74,1		/79			/92			/98			/83			/83	
8	89,5	30	139	102	10	136	99	50	149	130	20	132	96	24	136	88
	89		/70			/92			/68			/81			/67	
9	66,9	20	134	88	13	125	86	52	120	106	30	111	89	-4	112	74
	66		/74			/75			/51			/61			/77	
10	73,6	30	113	85	12	120	79	40	117	93	10	116	88	0	103	69
	73,1		61			/70			/60			/83			/69	
Середні		12	131	85	9	131	87	25	134	96	12	117	87	5	112	79
			/75			/78			/70		/76			/74		

Примітка: ІК – індекс Кердо; у графі «маса тіла» у чисельнику – маса тіла до лазні, у знаменнику – після неї.

Для порівняння демонструються осцилограми осіб, у яких під час перебування у лазні зафіксовані найвищі показники індексу Кердо (мал. 4.45).

Обстежений К., 21 р. (№2) (№ осцилограм – 25, 39, 47, 66, 76)	Обстежений В., 20 р. (№10) (№ осцилограм – 36, 54, 61, 64, 67)
а) До лазні	
	
АТ 133/70, ЧСС 79, ІК -10	АТ 113/81, ЧСС 85, ІК -5
б) Після сауни	
	
АТ 128/79, ЧСС 79, ІК 0	АТ 120/70, ЧСС 79, ІК -12
в) Після парної	
	
АТ 145/65, ЧСС 92, ІК -20	АТ 117/60, ЧСС 93, ІК -36
г) Після басейну	
	
АТ 135/70, ЧСС 89, ІК -20	АТ 116/83, ЧСС 88, ІК -10
д) Після повернення з лазні	
	
АТ 116/57, ЧСС 95, ІК -40	АТ 103/69, ЧСС 69, ІК 0

Мал. 4.45. Артеріальні осцилограми з показниками артеріального тиску (АТ), частоти серцевого скорочення (ЧСС) та індексу Кердо (ІК) обстеженого К., 21 р. (№2) та В., 20 р. (№10) у процесі відвідування лазні.

Примітка: а) до лазні, б) після сауни, в) після парної, г) після басейну, д) після повернення з лазні.

Як видно з мал. 4.45, у обстеженого №2 високий показник індексу Руф'є, при вираженій симпатикотонії (ІК 40) супроводжувався порушенням морфологічної структури артеріальної осцилограми, який реєструвався після проходження усіх експериментів. Водночас у обстеженого №10 морфологічний стан осцилограми при ІК 36 (після парної лазні) був навіть кращим, ніж після усіх експериментів при ейтонії (ІК 0)

Часовий і спектральний аналіз осцилограм засвідчив також найбільш виражену реакцію симпато-адреналової системи на вологу, менше – на суху лазню. Найбільш сприятливий вплив реєструвався після перебування у басейні.

Таким чином, морфологічний, часовий і спектральний аналіз осцилограм, зареєстрованих у процесі перебування у лазні, засвідчує різнохарактерну реакцію судинної системи на однотипні види навантаження, навіть при однаковому її типі у стані спокою. Отримані результати засвідчують різні рівні адаптаційної здатності серцево-судинної системи до впливу однотипних термічних факторів і підтверджують необхідність індивідуального підходу до вибору загальновідомих засобів впливу. Людина зовні може не проявляти хвилювання, виглядати абсолютно спокійною, але в її внутрішньому світі у цей час може «вирувати буря». Природа цієї бурі може бути найрізноманітніша, від порушення у психічній сфері до проблем в окремих ланках регуляції на периферії. Ретельне клінічне обстеження пацієнта дає можливість встановити джерело і природу бурі, що сприяє якісному лікуванню [103].

Аналіз анкет обстежених показав, що після перебування у лазні задовільне самопочуття відзначили 35%, відчуття припливу сил – 26%, відчуття втоми, яке зникало через 1-2 години після лазні, – 22%, відчуття припливу сил зразу після лазні – 17%.

Висновки

Артеріальна осцилографія дає можливість оцінити стан судинної системи («периферійного серця»), завчасно виявляти донозологічні і преморбідні стани, оцінити резервні можливості серцево-судинної системи, шляхи адаптації організму до стресових впливів.

Раціональне поєднання сухої, парної лазень та басейну має позитивний вплив на стан ССС. Кореляційної залежності між динамікою показників АТ, ЧСС, індексом Кердо (як показником стану автономної нервової систем) та морфологічними показниками артеріальних осцилограм в процесі перебування у лазні та після неї виявити не вдалось, що свідчить про участь більш високих рівнів

регуляції діяльності серцево-судинної системи (гіпоталамо-гіпофізарний, центральний) в процесі адаптації до лазневих стресових впливів [170].

Морфологічний аналіз артеріальних осцилограм засвідчив, що різні види банних процедур не мають однозначного впливу на стан серцево-судинної системи осіб 18-20 років. Перебування у сухій лазні та в басейні має більш виражений позитивний вплив на морфологічні показники артеріальних осцилограм та загальний стан ССС, ніж волога (парна) лазня. Індивідуальна реакція на різні види лазень може бути різною, що вимагає попередніх обстежень.

Морфологічний аналіз артеріальних осцилограм осіб 42-75 років засвідчив позитивну реакцію судин на роками відпрацьовану систему користування лазнею (види, тривалість, температура, вологість). Індивідуальна реакція на перебування у лазні може бути найрізноманітнішою. Відвідування лазень потребує постійного контролю лікаря.

4.3.2. Оцінка механізму адаптації серцево-судинної системи до фізичного навантаження у процесі тренувань і змагань за показниками артеріальної осцилографії

Д.В. Вакуленко, Л.О. Вакуленко, В.В. Грушко, В. М. Новаківський

Актуальність теми. Сучасний спорт характеризується надзвичайно великими навантаженнями. Тренер зобов'язаний контролювати реакцію організму спортсмена на фізичне навантаження та динаміку відновних процесів задля запобігання стану перетренованості.

Мета досліджень. Вивчити і оцінити функціональний стан та резервні можливості серцево-судинної і автономної нервової системи спортсменів професійного футбольного клубу за результатами морфологічного аналізу артеріальних осцилограм та динаміки показників АТс, АТд, ЧСС та їх похідних.

Матеріал та методи досліджень. Дослідження проводилось на базі професійного футбольного клубу. Обстеженню підлягали 15 спортсменів чоловічої статі, віком від 17 до 33 років. Стаж занять футболом: 5 р. – 2 особи; 8 р. – 5 осіб; 10 р. – 5 осіб; більше 15 р. – 3 особи.

Вивчення і оцінку функціонального стану ССС проводили до та після тренувань, до та після змагань (участь у чемпіонаті області). Вивченню підлягали: функціональний стан серцево-судинної та автономної нервової систем за такими показниками: частота серцевих скорочень, артеріальний тиск систолічний (АТс) та

діастолічний (АТд), індекс Робінсона (подвійний добуток), систоло-частотний коефіцієнт, вегетативний індекс Кердо, артеріальна осцилографія.

Індекс Робінсона (подвійний добуток) є критерієм енергопотенціалу, характеризує ефективність функціонування серцево-судинної системи і розраховується за такою формулою:

$$IP = ЧСС \cdot АТс / 100$$

де IP – індекс Робінсона, у.о.; ЧСС – частота серцевих скорочень, уд./хв.; АТс – артеріальний тиск систолічний, мм рт.ст. [247] (табл. 4.29).

Таблиця 4.29

Оцінка результатів за індексом Робінсона

Критерії оцінювання:	
Низький рівень	101
Нижче середнього	91-100
Середній рівень	90-81
Вище середнього	80-75
Високий	74

Систоло-частотний показник. Характеризує реакцію на фізичне навантаження за показниками систолічного тиску (СТ) та частоти серцевих скорочень (ЧСС) [257].

Метод проведення. Вивчити показники ЧСС та систолічного тиску до та після допустимого для спортсмена фізичного навантаження та співставити отримані результати за формулами:

$$СТ = \frac{СТр - СТсп}{СТсп} \cdot 100, \quad ЧСС = \frac{ЧССр - ЧССсп}{ЧССсп} \cdot 100.$$

Де СТсп, ЧССсп – систолічний тиск та частота серцевих скорочень в стані спокою; СТр, ЧССр – ті ж показники після навантаження [208] (табл. 4.30).

Таблиця 4.30

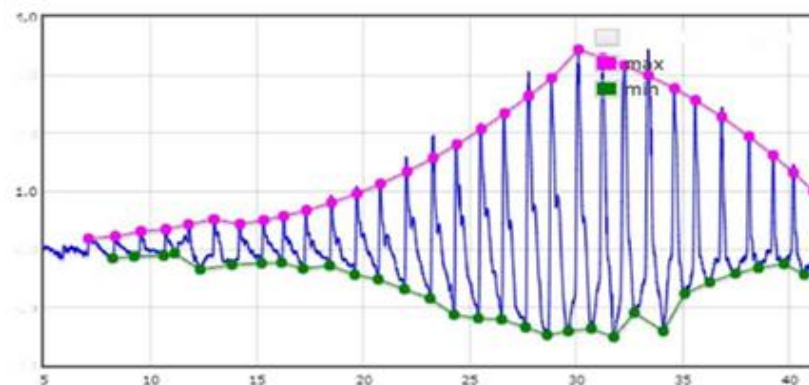
Оцінка систоло-частотних показників

Показники	Характеристика стану ССС	Оцінка реакції	Висновки щодо рухової активності
СТ більше >ЧСС (більше ніж на 5%)	Адаптація до навантаження відбувається за рахунок збільшення СТ.	Сприятлива	Розширити
СТ менше < ЧСС	Адаптація до навантаження відбувається за рахунок збільшення ЧСС.	Несприятлива	Зменшити або скасувати

ЧСС= СТ (в межах $\pm 5\%$)	Адаптація до навантаження відбувається за рахунок рівномірного збільшення як ЧСС, так і СТ	Задовільна	Зменшити або скасувати. Залишити попередній
------------------------------	--	------------	--

Індекс Кердо. Показник, який використовують для оцінки діяльності автономної нервової системи, за формулою $IK = 1 - (ATд/ЧСС) \times 100$, де АТд – діастолічний тиск, ЧСС – пульс. У здорової людини він близький до 0, при переважанні тону симпатичної ланки ВНС спостерігається збільшення, парасимпатичної – зменшення досліджуваного показника [62].

Артеріальна осцилографія. Артеріальні осцилограми реєстрували під час вимірювання артеріального тиску до та після тренувань та змагань. З цією метою використано розроблений авторами ПК Оранта-АО. Зареєстровані АОГ піддавали морфологічному аналізу усієї АОГ та її окремих пульсацій (мал. 4.46).



Мал. 4.46. Артеріальна осцилограма спортсмена Н., 20 р. (№5) до тренування, 1-й тип.

Аналіз та оцінку АОГ поводити за розробленими авторами критеріями (180).

Результати досліджень та їх аналіз

Аналіз АТ та ЧСС до та після фізичних навантажень. Показники діяльності серцево-судинної системи в процесі досліджень представлені у таблиці 4.31.

Таблиця 4.31

Показники діяльності серцево-судинної системи в процесі обстежень

№*	1-й день – тренування						2-й день – змагання					
	До тренування			Після тренування			До гри			Після гри		
	АТ (с)	АТ (д)	ЧС С	АТ (с)	АТ (д)	ЧС С	АТ (с)	АТ (д)	ЧС С	АТ (с)	АТ (д)	ЧС С
1	110	67	71	115	88	89	113	76	59	146	89	108
2	121	81	87	110	95	181	126	75	52	133	80	100
3	125	79	68	143	74	74	157	72	58	115	74	92
4	139	58	68	132	66	101	127	70	64	125	78	95
5	116	62	70	127	91	87	126	66	80	131	74	95
6	123	76	61	159	81	111	139	102	60	85	68	75
7	118	62	53	124	81	98	142	89	56	123	77	82
8	112	60	47	119	93	129	115	69	47	106	68	67
9	122	82	76	129	76	85	141	92	89	117	88	116
10	138	86	74	105	70	88	144	94	73	140	82	92
11	136	65	49	146	83	68	146	75	52	138	94	98
12	117	74	82	118	95	118	128	83	95	130	79	148
13	144	73	48	110	93	87	148	78	50	223	134	102
14	136	50	53	110	45	137	137	72	77	139	77	95
15	117	62	62	104	72	145	124	83	62	136	82	88
М	125	69	65	122	80	106	132	79	66	132	83	97
±m	3,3	0,7	0,9	3,1	1,2	0,5	0,7	0,7	0,9	0,7	0,7	1,7

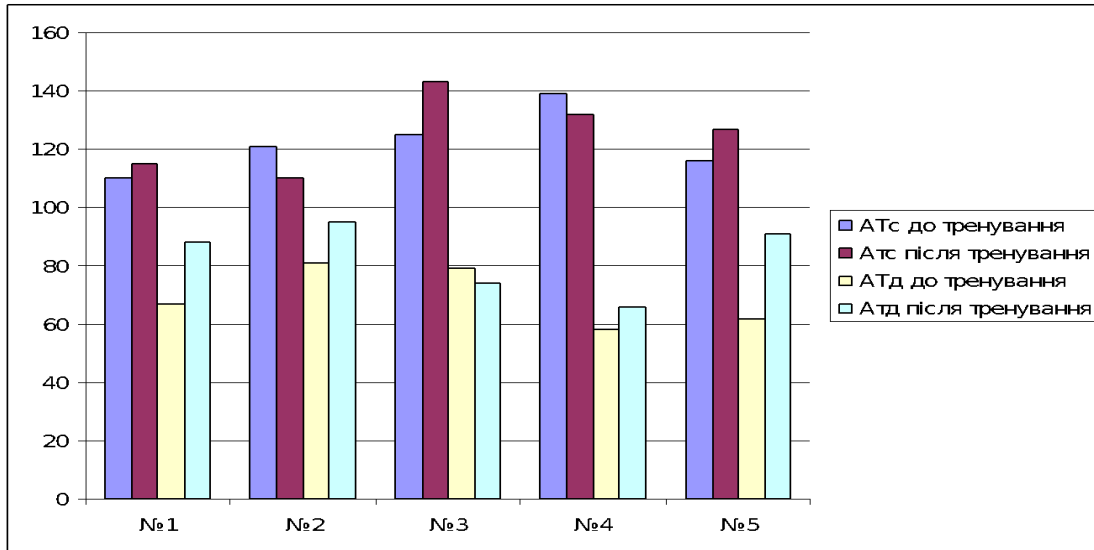
Примітка. №* – номер обстеженого спортсмена за протоколом

Аналіз показників таблиці засвідчив, що до тренування середні показники обстежених перебували в межах норми. Після тренувань АТс дещо зменшився, АТд зріс на 15 мм рт. ст., пульсовий тиск знизився з 56 до 42 мм.рт.ст. (25%). ЧСС практично подвоїлась, що свідчить про адаптацію до навантаження переважно за рахунок ЧСС, що є менш економним. Відзначене свідчить про підвищений тонус Сл АНС, зниження систолічної здатності серця, зростання тонузу периферійних судин після тренувань, що зумовлено отриманим фізичним навантаженням.

Обстеження, проведені до та після змагань, засвідчили наступні результати. До змагань показники були в межах норми. При цьому показники АТс та АТд дещо вищі, ніж до тренувань. Це можна пов'язати з нервово-психічним навантаженням, зумовленим передстартовим станом або ж недостатнім відновленням після попередніх тренувань. Середній показник ЧСС був $66 \pm 0,9$, що підтверджує думку, що підрахунок лише ЧСС не завжди є об'єктивним показником стану спортсмена.

Після змагань (порівняно з періодом після тренувань) – систолічний викид більший, ЧСС – менша, що свідчить про більш економну роботу серця під час змагань.

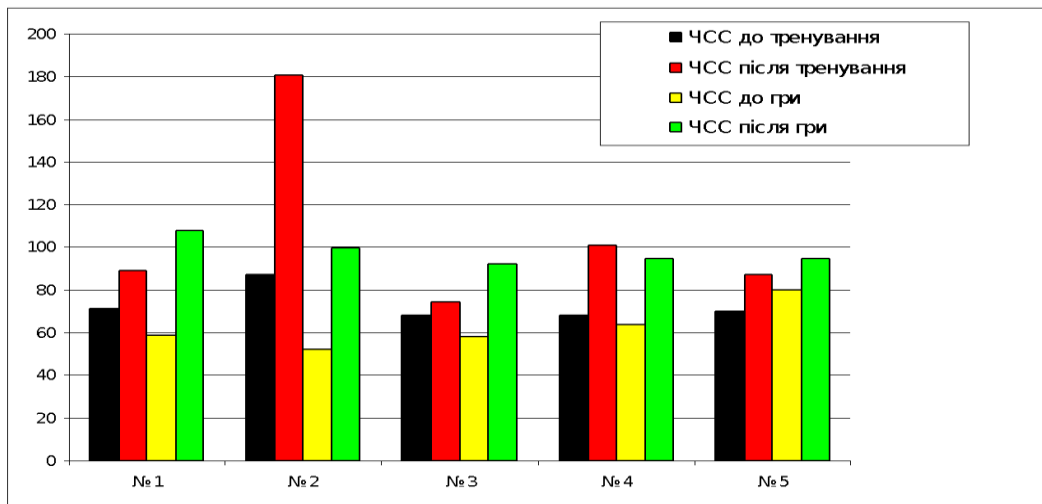
Індивідуальна динаміка АТс, АТд у 5 обстежених до та після тренувань зображена на малюнку 4.47.



Мал. 4.47. Динаміка АТс і АТд до та після тренування (5 обстежених)

Як видно з малюнка, динаміка показників була різноманітна, що свідчить про різний рівень адаптаційних можливостей обстежених. У №2 та №4 АТс після навантаження навіть знизився, що є неадекватною реакцією.

Динаміка ЧСС до та після гри та тренувань зображена на мал. 4.48.



Мал. 4.48. ЧСС до та після гри і тренування (5 обстежених)

Прикметники є показники №2. На фоні зниження АТс після тренувань зростання ЧСС до 180 уд./хв. свідчить про порушення резервних можливостей організму, що може бути зумовлене недостатнім рівнем тренуваності або станом перетренованості. ЧСС після змагань становило 100 уд./хв., таке різке зростання ЧСС після тренувань можна пов'язати з психоемоційною лабільністю та порушенням функціонального стану АНС. Останнє підтверджується зростанням індексу Кердо на 102%.

Аналіз індексу Кердо, Робінсона та систоло-частотного показників до та після тренувань представлені у табл. 4.32.

Таблиця 4.32.

Показники індексу Кердо (ІК), Робінсона (ІР) та систоло-частотного (СЧп) до та після тренувань

№	Етапи дослідження	До та після тренування						
		ІР		ІК		СЧп.		
		Показник	Енергопотенціал	Показник	Сл АНС	Динаміка за		Оцінка реакції
				АТс	ЧСС			
1.	До навант.	78,1	В.середн.	5,6	Знижується 4 ум.од.	15	-11	Сприятлива
	Після навант.	102,3	Низький	1,12				
2.	До навант.	105,2	Низький	6,8	Зростає 40 ум.од.	10	81	Несприятлива
	Після навант.	199,1	Низький	47,5				
3.	До навант.	85	Середній	-16,1	Зростає 16 ум.од.	43	-26	Сприятлива
	Після навант.	105,8	Низький	0				
4.	До навант.	94,5	Н. середн.	14,7	Зростає 20 ум.од.	32	1	Сприятлива
	Після навант.	133,3	Низький	34,6				
5.	До навант.	81,2	Середній	11,4	Зниж. 15 ум.од.	27	-13	Сприятлива
	Після навант.	110,5	Низький	-4,5				
6.	До навант.	75,3	В.середн.	-24,5	Зростає 51 ум.од.	59	11	Сприятлива
	Після навант.	176,4	Низький	27				
7.	До навант.	62,5	Високий	-16,9	Зростає 33 ум.од.	24	-2	Сприятлива
	Після навант.	121,5	Низький	17,3				
8.	До навант.	52,6	Високий	-27,6	Зростає 56 ум.од.	19	29	Несприятлива
	Після навант.	153,5	Низький	27,9				
9.	До навант.	92,7	Н.середн.	-7,8	Зростає 18 ум.од.	29	-15	Сприятлива
	Після навант.	109,6	Низький	10,5				
10.	До навант.	102,1	Низький	-16,2	Зростає 36 ум.од.	5	-12	Сприятлива
	Після навант.	92,4	Н. середн.	20,4				

11.	До навант.	66,64	Високий	-32,6	Зростає 11 ум.од.	46	-32	Сприятлив а
	Після навант.	99,2	Н. середн.	-22				
12.	До навант.	95,94	Н. середн.	9,7	Зростає 10 ум.од.	18	18	Задовільна
	Після навант.	139,2	Низький	19,4				
13.	До навант.	69,1	Високий	-52	Зростає 45 ум.од.	10	-13	Сприятлив а
	Після навант.	95,7	Н.середн.	-6,8				
14.	До навант.	72,08	Високий	5,6	Зростає	-15	37	Несприятл ива
	Після навант.	116,4	Низький	67,1				
15.	До навант.	72,5	Високий	0	Зростає	4	45	Несприятл ива
	Після навант.	150,8	Низький	50,3				

Примітка. * Н. середн. – нижче середнього; **В. середн. – вище середнього; *** Сл АНС – динаміка показника активності Сл АНС (в ум.од.).

Як видно з таблиці, енергопотенціал (ІР) до тренувань був на рівні середнього, після тренувань – низький. Активність Сл АНС зростає у 13 спортсменів. За результатами систоло-частотного показника несприятлива динаміка реєструвалась у вище згаданого №2 та у №14 і №15. Останнє свідчить що адаптація до навантаження відбувається переважно за рахунок ЧСС і зниження при цьому систолічного викиду. Зазначені спортсмени потребують поглибленого обстеження.

Результати досліджуваних показників до та після змагань представлені у таблиці 4.33.

Таблиця 4.33

Показники індексу Кердо (ІК), Робінсона (ІР) та систоло-частотного (СЧп)
до та після змагань

№	Етапи дослідження	До та після змагань						
		ІР		ІК		СЧп		Оцінка реакції
		Показник	Енергопотенціал	Показник	***Сл АНС	Динаміка за		
		АТс	ЧСС					
1	До навант.	66,67	Високий	-28,8	Зростає 47 ум.од.	46	8	Сприятлива
	Після навант.	157,68	Низький	17,5				
2	До навант.	65,52	Високий	-44,2	Зростає 64 ум.од.	33	0	Сприятлива
	Після навант.	133	Низький	20				
3	До навант.	91,06	Н.сер.	-24,1	Зростає 43 ум.од.	15	-8	Сприятлива
	Після навант.	105,8	Низький	19,5				

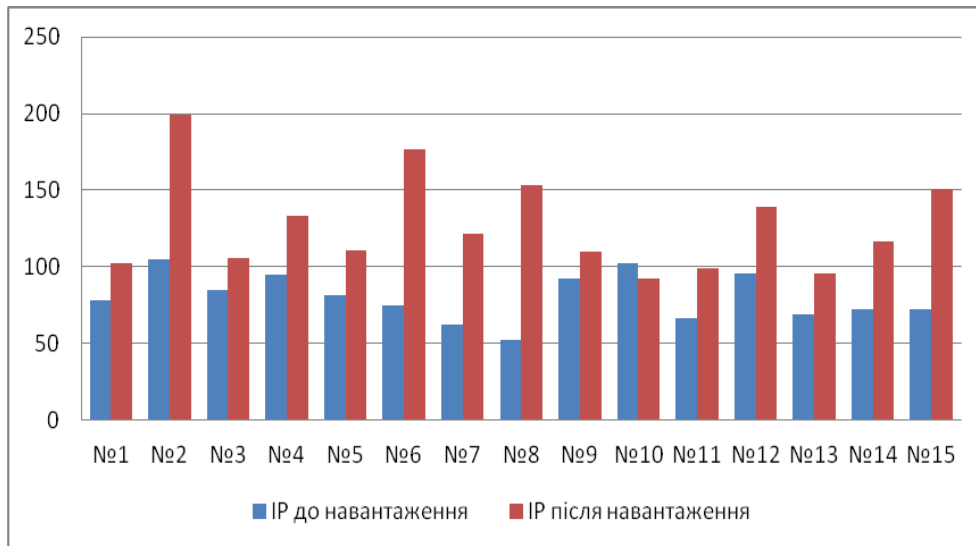
4	До навант.	81	Середній	-9,3	Зростає 27 ум.од.	25	-5	Сприятлива
	Після навант.	118,7 5	Низький	17,8				
5	До навант.	100,8	Низький	17,5	Зростає 5 ум.од.	31	-5	Сприятлива
	Після навант.	124,4	Низький	22,1				
6	До навант.	83,4	Н.сер.	-70	Зростає 79 ум.од.	-15	-25	Сприятлива
	Після навант.	63,75	Високий	9,3				
7	До навант.	79,52	Н.сер.	-58,9	Зростає 65 ум.од.	23	-18	Сприятлива
	Після навант.	100,8 6	Низький	6				
8	До навант.	54,05	Високий	-46,8	Зростає 32 ум.од.	6	-33	Сприятлива
	Після навант.	71,02	Високий	-1,4				
9	До навант.	125,4 9	Низький	-3,3	Зростає 27 ум.од.	17	16	Сприятлива
	Після навант.	135,7	Низький	24,1				
10	До навант.	105,1 2	Низький	-28,7	Зростає 38 ум.од.	40	-8	Сприятлива
	Після навант.	128,8	Низький	10,8				
11	До навант.	75,92	В.сер	-44,2	Зростає 48 ум.од.	38	-2	Сприятлива
	Після навант.	135,2 4	Низький	4				
12	До навант.	121,6	Низький	12,6	Зростає 34 ум.од.	30	48	Сприятлива
	Після навант.	192,4	Низький	46,6				
13.	До навант.	74	Високий	-56	Зростає 25 ум.од.	123	2	Несприят- лива
	Після навант.	227,4 6	Низький	-31,3				
14	До навант.	105,4 9	Низький	6,4	Зростає 112 ум.од.	39	-5	Сприятлива
	Після навант.	132,0 5	Низький	18,9				
15	До навант.	76,88	В.сер.	-33,8	Зростає 40 ум.од	36	-12	Сприятлива
	Після навант.	119,6 8	Низький	6,8				

Примітка. *Н. сер. – нижче середнього; **В. сер. – вище середнього; *** Сл АНС – динаміка показника активності Сл АНС (в ум.од.)

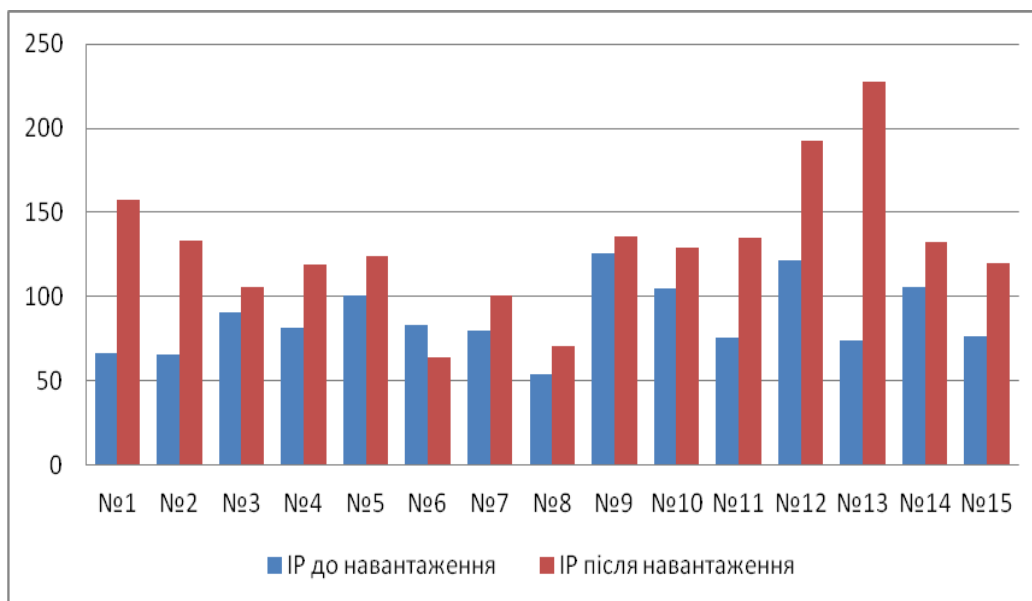
Як видно з таблиці, реакція на змагальні навантаження була найрізноманітнішою. З низьким енергопотенціалом прийшли спортсмени № 5, 10, 12, 14. З високим – № 1, 2, 8, 13. У всіх зростала активність СлАНС. Найбільше у №2 (на 64 ум. од. та у №6 (на 79 ум. од.). За показниками систоло-часового показника у всіх спортсменів реакція була сприятлива, тобто адаптація до змагального навантаження відбувається за рахунок збільшення систолічного

викиду. Аналіз зазначених показників дає можливість визначити адаптаційні можливості ССС, АНС, психоемоційний стан спортсменів.

Показники індексу Робінсона до та після тренувань та змагань представлені на мал. 4.49, 4.50.



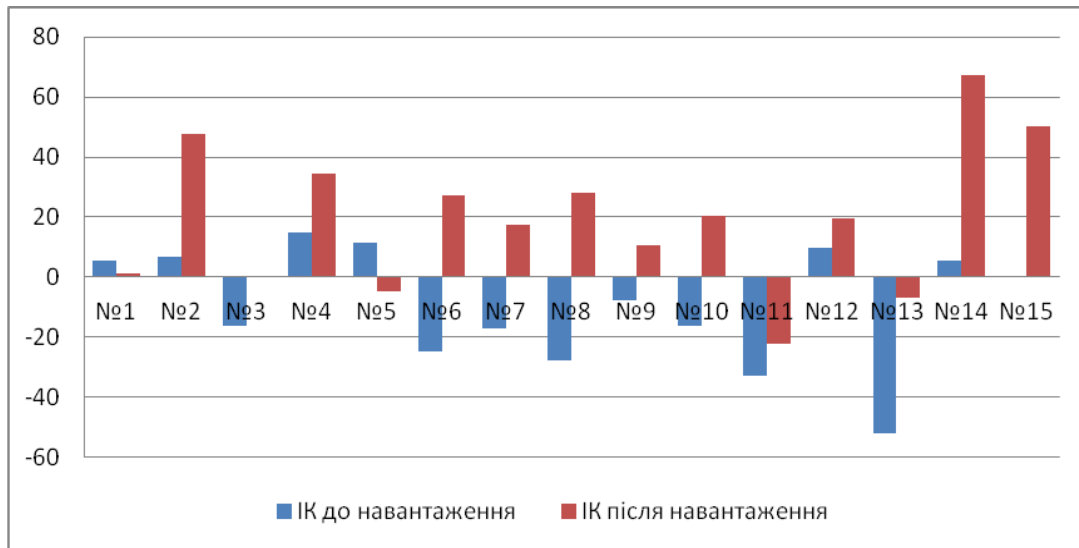
Мал. 4.49. Динаміка індексу Робінсона до та після тренування



Мал. 4.50. Показник індексу Робінсона до та після змагань.

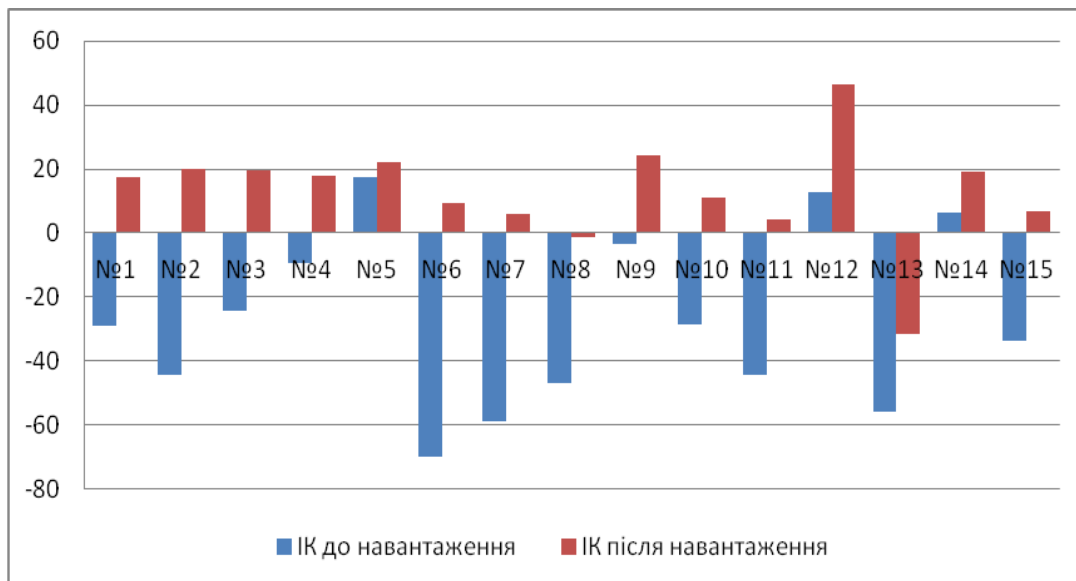
Індекс Робінсона (подвійний добуток) характеризує ефективність функціонування серцево-судинної системи людини. Середні показники наших досліджуваних до гри становили $87,12 \pm 1,2$ після $129,7 \pm 1,3$. Показники до тренування $80,3 \pm 0,5$, після $127 \pm 0,5$. Дані результати обстеження свідчать про середню ефективність функціонування ССС до навантаження і низьку після нього.

Показники індексу Кердо до та після тренувань та змагань представлені на мал. 4.51 та 4.52.



Мал. 4.51. Показники індексу Кердо до та після тренування.

Після тренувань активність Сл АНС у 10 спортсменів зростала більше, ніж після матчу. При цьому у 6 з них ІК виявився більшим 20 ум. од.

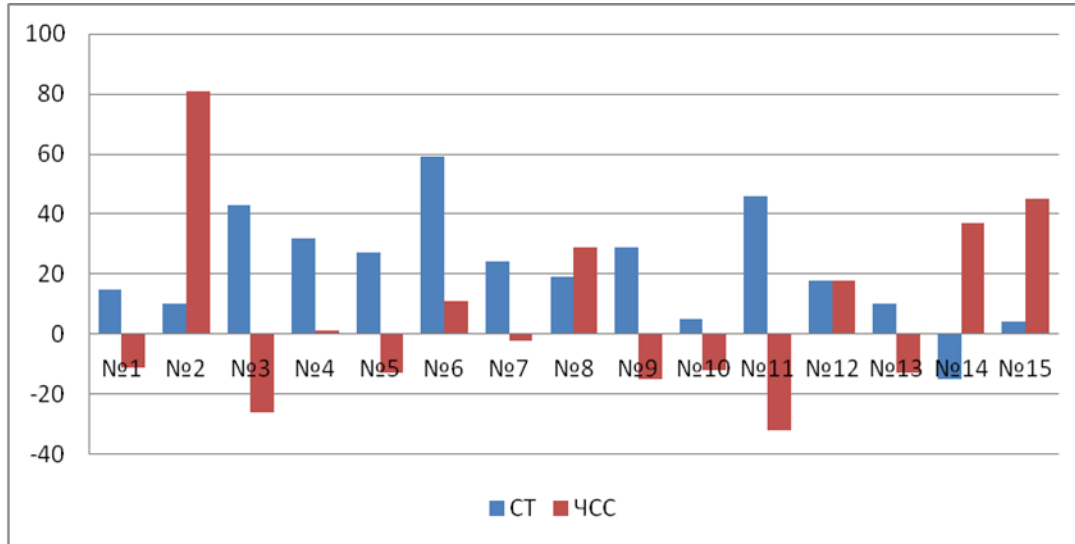


Мал. 4.52. Показники індексу Кердо до та після матчу.

Як видно з мал. 4.52, до матчу у більшості (12) обстежених переважала активність Пс ланки АНС. Після матчу – змістилась у бік активації її Сл, в

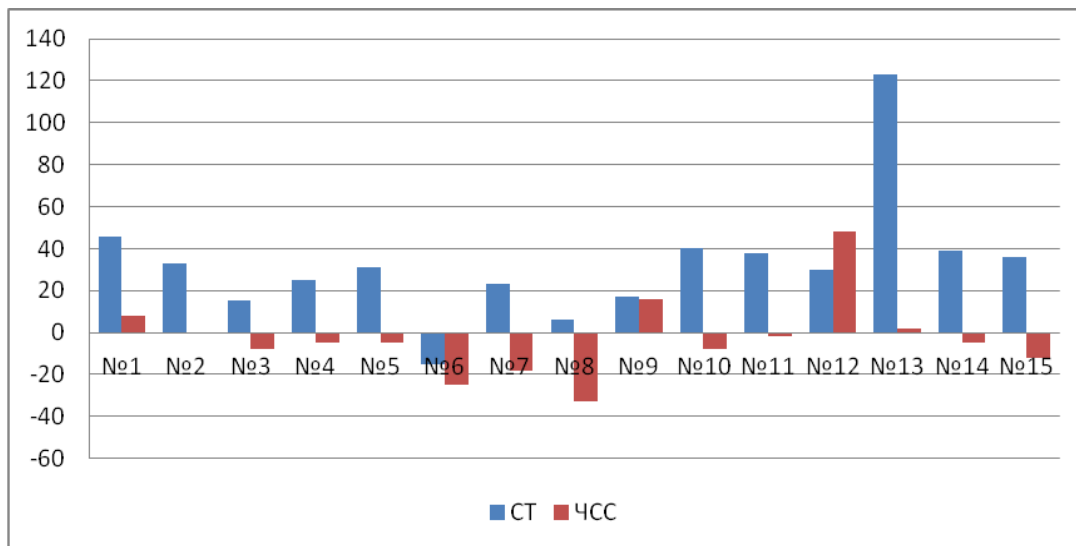
напрямку 20 ум. од. у 50% спортсменів. При цьому після тренувань активність Сл АНС у 10 спортсменів зростала більше, ніж після матчу. При цьому у 6 з них ІК виявився більшим на 20 ум. од.

Результати вивчення систоло-частотного показника представлені на мал. 4.53 та 4.54.



Мал. 4.53. Систоло-частотний показник після тренувань.

Після тренувань хвилинний об'єм крові зростав переважно за рахунок систолічного викиду. Виняток складають спортсмени № 2, 8, 14, 15. Вони потребують поглибленого обстеження.



Мал. 4.54. Систоло-частотний показник після змагань.

Після змагань хвилинний об'єм крові зростає переважно за рахунок систолічного викиду, що підтверджує високий рівень адаптаційної здатності спортсменів і відповідність навантаження його резервним можливостям. Після тренування подібна динаміка спостерігалась у меншій кількості з них.

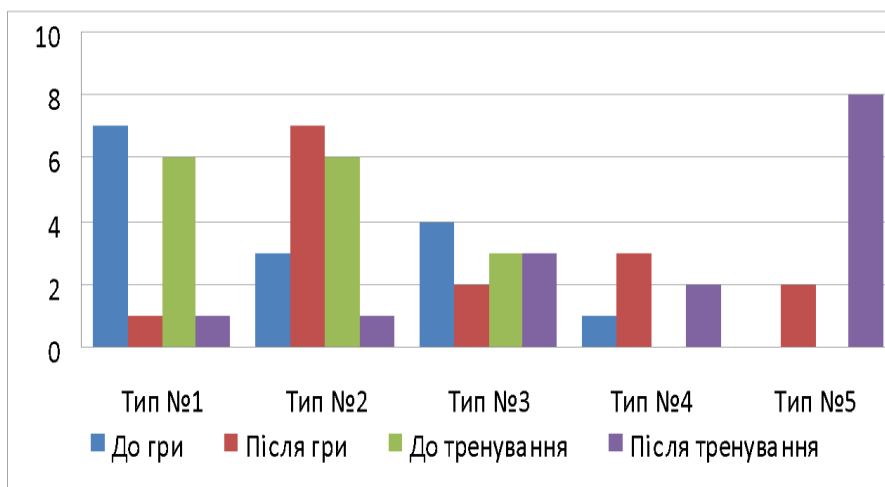
Артеріальна осцилографія

Відповідно до критеріїв норми, розроблених для візуального аналізу морфологічних характеристик, артеріальні осцилограми обстежених оцінено за 5 типами (табл. 4.34, мал. 4.55).

Таблиця 4.34

Морфологічний аналіз АОГ обстежених, зареєстрованих в процесі тренувань та змагань

Тип АОГ		Тренування				Змагальна гра			
		До		Після		До		Після	
Тип	Оцінка стану судин	К-ть	%	К-ть	%	К-ть	%	К-ть	%
1-й тип	Відмінно	6	40	1	7	7	47	1	7
2-й тип	Добре	6	40	1	7	3	20	7	47
3-й тип	Задовільно	3	20	3	20	4	27	2	13
4-й тип	Незадовільно	0	0	2	13	1	7	3	20
5-й тип	Вкрай незадовільно	0	0	8	53	0	0	2	13

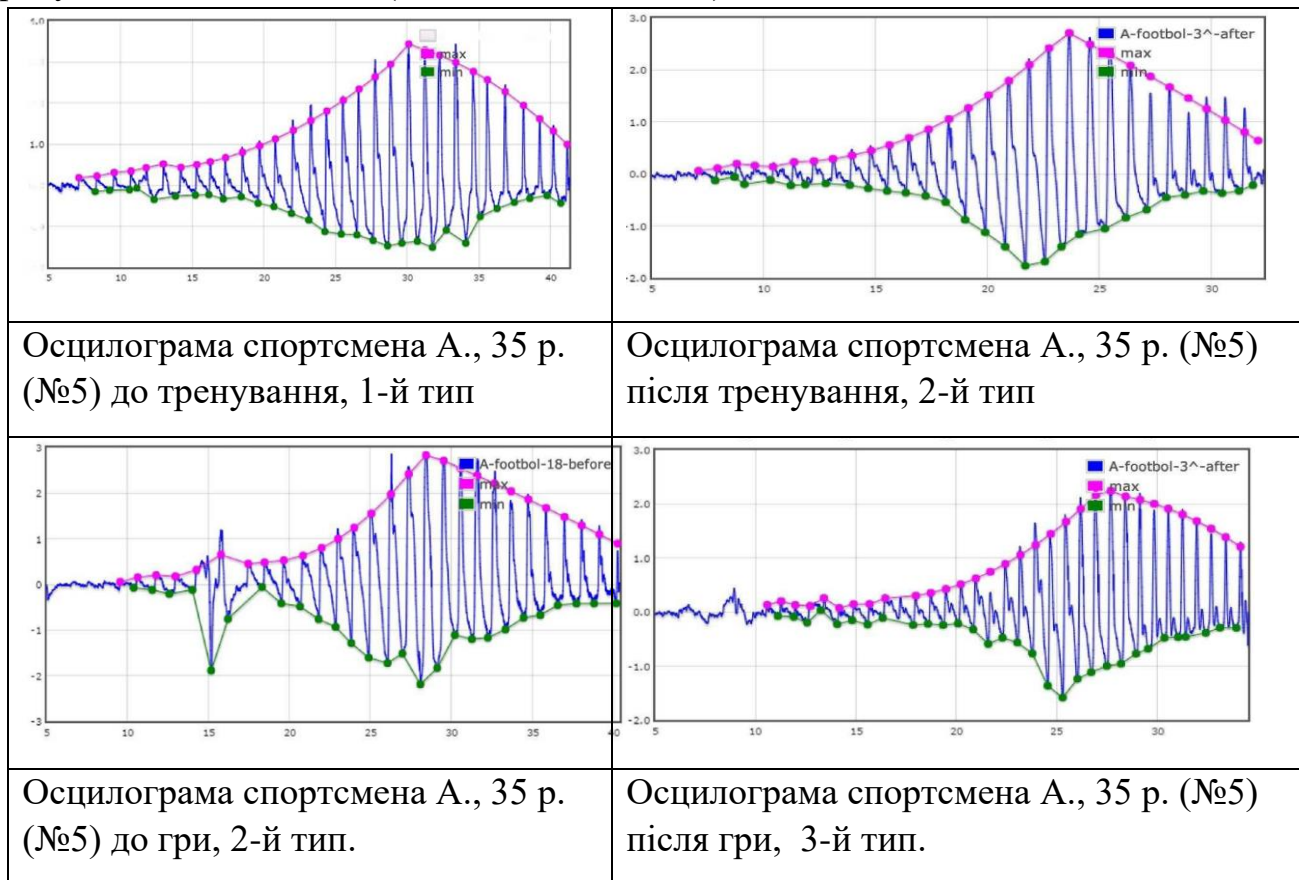


Мал. 4.55. Аналіз осцилограм до та після навантаження за типами.

Примітка. №1 – відмінний, №5 – вкрай незадовільний.

Вихідні дані АОГ до тренувань і змагань відрізнялись між собою. Так, 1-й та 2-й типи АОГ до тренувань були у 80%, до змагань – у 60% спортсменів. Це підтверджує недостатнє відновлення спортсменів після попереднього дня тренувань. Після змагань АОГ були «кращими». 1-2 тип АОГ після тренувань був у 14%, після змагань – у 54% спортсменів. Наявність після тренувань у 10 спортсменів (67%) 4-5 типів АОГ також підтверджує надмірне навантаження, яке отримали спортсмени напередодні гри і не встигли відновитись до наступного дня. Зазначене підтверджується вище проведеним цифровим аналізом показників гемодинаміки і диктує необхідність удосконалення засобів відновлення після тренувань.

Для прикладу демонструємо АОГ спортсмена А., 35 р. (№5), у якого цифрові показники гемодинаміки відповідають нормі до та після навантаження на тренуваннях і змаганнях (мал. 4.56, табл. 4.35).



Мал. 4.56. Артеріальні осцилограми спортсмена А., 35 р. (№5) до та після різних видів фізичного навантаження (тренувань і змагань).

Як видно з малюнка, до тренувань – 1-й тип АОГ, після – 2-й тип. До тренувань артеріальні пульсації гармонійні, поступово рівномірно зростають і знижуються за позитивними і негативними екстремумами. Після тренувань

реєструється порушення ритмічності та амплітуди пульсацій, особливо на початку компресії плеча. До гри у спортсмена на фоні гармонійних пульсацій появились дві пульсації, зумовлені скороченням м'язових волокон, підвищенням рівня їх збудливості, що може бути зумовлено передстартовим станом чи недостатнім відпочинком після попереднього дня тренувань. Після гри реєструється порушення ритмічності та амплітуди пульсацій, особливо на початку компресії плеча. Характер артеріальних пульсацій «гірший», ніж після тренувань.

Показники АТс, АТд, ЧСС, індексу Робінсона (ІР) до та після тренувань, та змагань спортсмена №5 представлено у таблиці 4.35.

Таблиця 4.35

Показники АТс, АТд, ЧСС, індексу Робінсона (ІР) до та після тренувань і змагань спортсмена №5

№	До тренування					Після тренування				
	АТс	АТд	ЧСС	ІР		АТс	АТд	ЧСС	ІР	
				Показн.	Оцінка				Показн.	Оцінка
5	116	62	70	81	Сер.	127	91	87	116	Низьк.
До гри						Після гри				
5	126	66	80	101	Низьк.	131	74	95	124	Низьк.
Різниця показників гри порівняно з тренуваннями										
	+10	+4	+10	20		+4	-17	+8	+8	

Аналіз АОГ та числових показників гемодинаміки щодо гри. Прикметним є підвищення усіх досліджуваних показників перед грою, що свідчить про підвищення активності Сл АНС. Зазначене супроводжувалось ізольованими скороченнями окремих м'язових волокон плеча. Щодо причини «погіршення» візуальних характеристик АОГ слід звернути увагу на таке.. Зростання АТс після гри на 5, а після тренувань на 11 мм рт.ст. свідчить про зменшення систолічного викиду крові під час змагань. При цьому динаміка ЧСС відрізнялась незначно: після тренувань вона зросла на 17, після гри – на 15 уд./хв. Це свідчить про те, що збільшення хвилинного об'єму крові під час тренувань відбувалось переважно за рахунок систолічного викиду, під час змагань – хвилинний об'єм крові зменшився. Зазначене свідчить про зниження економізації діяльності серцевого чинника гемодинаміки під час гри. При цьому індекс Робінсона (подвійний добуток), який дає можливість оцінити стан резервів серцево-судинної системи, є критерієм

енергопотенціалу, характеризує систолічну роботу серця до гри, виявився низьким (101), тимчасом як до тренувань – був середній (81). Після навантаження він виявився також гіршим, ніж після тренувань (відповідно 116 і 124). Крім цього, показник АТд був нижчим на 17 мм рт.ст. після гри (порівняно з тренуваннями), що свідчить про зниження якості діяльності судинного чинника гемодинаміки. Судинний чинник гемодинаміки – важливий критерій, який забезпечує м'язову працездатність. Все це знайшло своє відображення у «погіршенні» морфологічних характеристиках АОГ після гри порівняно з тренуваннями.

Таким чином, у обстеженого №5 показники гемодинаміки (АТс, АТд, ЧСС) в процесі тренувань і змагань перебували в межах допустимих коливань. АОГ дала можливість визначити неадекватну реакцію ССС на участь у змаганнях. Щодо причини: можна дійти висновку, що перед грою у спортсмена №5 показники гемодинаміки були гірші, ніж перед тренуваннями, що (найбільш вірогідно) пов'язано з недостатнім відновленням після тренувань.

Висновки за результатами візуального аналізу морфологічних характеристик АОГ.

Аналіз АОГ дав можливість підтвердити різний стан ССС у спортсменів після тренувань і змагань, оцінити діяльність як серцевого, так і судинного чинника гемодинаміки у стані спокою та після тренувальних та змагальних занять.

Висновки

Проведені дослідження дали можливість виявити різноманітну індивідуальну реакцію на гру та на тренування. При цьому на тренуваннях ССС спортсмена отримувала більше навантаження, що проявлялось у більш вираженому зростанні ЧСС. Найчастіше це реєструвалось у обстежених 2, 8, 14, 15. Вони потребують поглибленого обстеження.

Аналіз показників гемодинаміки дав можливість визначити функціональні можливості та адаптаційну здатність ССС у кожного спортсмена. Дослідження засвідчили різну реакцію ССС обстежених на тренування і змагання. Різниця зумовлена тим, що під час матчу спортсмени спокійно налаштовувались, враховуючи те, що команда суперника була не з найсильніших. Після тренування у більшості гравців не спостерігалась подібна адекватна реакція. Це може свідчити про те, що гравці старались максимально використовувати власні можливості, (які нерідко були на межі), аби потрапити у склад основної команди на наступну гру. Найчастіше це реєструвалось у обстежених 2, 8, 14, 15. Вони потребують поглибленого обстеження.

Результати АОГ підтверджуються вищезазначеними показниками гемодинаміки.

Показники морфологічного аналізу АОГ підтверджуються результатами аналізу гемодинамічних показників. Реакція судин на компресію при цьому свідчить про стан координації між місцевими саморегуляторними механізмами та центральною нейрогуморальною регуляцією діяльності ССС [255, 256], рівень функціонування ВНС [134, 229], функціональну здатність серця, рефлекторну реакцію ССС [134, 136], стан русла периферійних судин (тонус, еластичність, пружність, прохідність) [134, 217], активність механізмів термінової реакції на компресію (барорецепторні, хеморецепторні, рефлекс на ішемію) та ін. [62, 127, 229, 251, 255, 256].

Застосування для вимірювання артеріального тиску портативного (розробленого авторами роботи) ПК Оранта-АО у спорті дає можливість лікарю в будь-яких умовах (у тому числі, в умовах спортивного комплексу) одразу після вимірювання АТ отримати усю вищезазначену інформацію. Розроблена авторами роботи артеріальна осцилографія дає можливість оцінити рівень адаптаційних можливостей організму, завчасно діагностувати зниження функціонального стану спортсменів, у тому числі запобігти стану перетреновання. Завчасно відкоригувати засоби і методи відновлення після тренувань, оцінювати їх ефективність.

4.4. ЗАСТОСУВАННЯ АРТЕРІАЛЬНОЇ ОСЦИЛОГРАФІЇ ДЛЯ ВИВЧЕННЯ ВПЛИВУ РЕАБІЛІТАЦІЙНИХ ЗАХОДІВ НА СТАН ОРГАНІЗМУ ОБСТЕЖЕНИХ

4.4.1. Використання артеріальної осцилографії для оцінки ефективності застосування масажу при лікуванні посттравматичних стресових розладів в учасників бойових дій

Д.В. Вакуленко, Л.О. Вакуленко, О.Д. Веремчук

Актуальність теми. Тривалі бойові дії в Україні супроводжуються численними людськими жертвами, гуманітарною кризою та негативно позначаються на всіх її учасниках та мирних жителях. Бойові дії, фізичні травми, позбавлення сну, погані санітарні умови, екстремальні фізичні навантаження є провокуючими чинниками, які призводять до виникнення стресу та порушення адаптаційної здатності організму захисників Вітчизни. Кожен п'ятий учасник бойових дій (УБД) за відсутності органічної патології приносить з собою у мирне життя посттравматичний стресовий розлад (ПТСР): від замкнутості і головного

болю до спалахів агресії і пияцтва. Застосування досконалих засобів реабілітації допомагає успішному поверненню захисників Вітчизни до мирного життя. Серед них важливе місце належить масажу. Проте відсутність досконалих, доступних методів дослідження впливу масажу нерідко стає причиною сповільнення його застосування, незважаючи на потребу в ньому [238].

Мета досліджень. Використати розроблений нами метод сегментарно-рефлекторного масажу для лікування ПТСР в учасників бойових дій та оцінити його вплив на психоемоційний статус, стан серцево-судинної і автономної нервової систем. Обґрунтувати інформативність простих, доступних методів дослідження, що базуються на вивченні показників стану серцево-судинної системи (як індикатора адаптивних можливостей всього організму): артеріального тиску систолічного (АТс), діастолічного (АТд), частоти серцевих скорочень (ЧСС) та їх різноманітних співвідношень. Підтвердити отримані дані результатами аналізу артеріальних осцилограм, зареєстрованих під час вимірювання артеріального тиску. Обґрунтувати ефективність застосування сегментарно-рефлекторного масажу [164, 179] для лікування ПТСР в учасників бойових дій та інформативність застосування при цьому артеріальної осцилографії [184].

Матеріал та методи досліджень. Нами обстежено 40 учасників бойових дій (УБД) в Україні (чоловічої статі, віком 35-45 років) після повернення до мирного життя, без виражених органічних розладів, за спрямуванням лікуючого лікаря. Найбільш характерними скаргами було: підвищена дратівливість, поганий сон, головний біль різної локалізації та інтенсивності. 50% скаржились на відчуття напруження м'язів плечового пояса та спини, появу больових відчуттів при рухах в плечових суглобах (переважно правого) та в поперековому відділі хребта. Кожен з них отримав курс лікування масажем (10 процедур). Проводили масаж голови, комірцевої зони, спини, поперекової ділянки (у разі необхідності – кінцівок) за заспокійливим методом. Особливу увагу звертали на масаж хребта, прихребтових зон, плоских м'язів спини, ділянки шиї, з акцентом на місця початку та прикріплення м'язів. У разі необхідності – проводили ще масаж кінцівок [113, 187].

Досвід використання масажу базується на практичному застосуванні його у понад 300 хворих, підтверджений результатами клінічних, лабораторних, електрофізіологічних методів дослідження. Для вивчення впливу масажу використали розроблений авторами метод артеріальної осцилографії – аналіз артеріальних осцилограм, зареєстрованих під час вимірювання артеріального тиску. Їх оцінку проводили за розробленим авторами роботи методом морфологічного аналізу АОГ. Для підтвердження отриманих результатів вивченню підлягали ще показники АТс, АТд, частота серцевих скорочень (ЧСС), індекс

Кердо (ІК) [62] та їх похідні (індекс Робінсона [166], відношення АТд/ЧСС, АТс/АТд, пульсовий тиск).

Дослідження проводили до та після 4 чи 5 процедур масажу і курсу лікування. Саме 4-та чи 5-та процедура масажу – це період, коли масажист адаптується до стану пацієнта (і навпаки), що дає можливість повною мірою адаптувати показану йому техніку та методи масажу та внести корективи у разі необхідності.

Результати досліджень та їх аналіз

Скарги. Найбільш характерними скаргами було: підвищена дратівливість, поганий сон, головний біль різної локалізації та інтенсивності. 50% обстежених скаржились на відчуття напруження м'язів плечового пояса та спини, появу больових відчуттів при рухах в плечових суглобах (переважно правого) та в поперековому відділі хребта.

АТс до масажу коливався в межах 110-150 мм рт. ст. (нижня межа – у 20% обстежених). Після масажу реєструвалась незначна динаміка: зростання більш низьких і зниження більш високих показників. Тому достовірної динаміки середніх показників АТс після масажу виявити не вдалось.

АТд реєструвався у межах 65-100 мм рт. ст., у 70% з них він був 90 мм рт.ст. і вище, що свідчить про підвищення тонузу периферійних судин. Масаж сприяв зменшенню тонузу периферійних судин. АТд знизився (в межах 5-15 мм рт.ст) у 75% обстежених, переважно це були особи з вищими вихідними показниками, у 20% – залишився без змін.

Пульсовий тиск (АТп) обстежених у стані спокою був нижчий від середнього (до 40 мм рт.ст.) у більшості (70%) обстежених. Процедура масажу сприяла підвищенню АТп у 80% осіб (у межах 10-15 мм. рт.ст), що свідчить про зростання адаптаційного потенціалу обстежених.

Частота серцевих скорочень (ЧСС) до масажу коливалась у межах 57-101 уд./хв., від 60 до 80 уд./хв. у 70% обстежених. Процедура масажу сприяла зниженню ЧСС у 50% обстежених, що свідчить про зростання економізації роботи серця.

Стан автономної нервової системи (ВНС) визначали за індексом Кердо (ІК) [42]. Тонус парасимпатичної ланки ВНС переважав у 75% обстежених, що може бути ознакою перенесених перенапружень. При цьому ІК коливався в межах від +20 до -56. Після масажу у 70% обстежених функціональний стан ВНС наблизився до ейтонії: за рахунок зниження активності як симпатичної, так і парасимпатичної ланок ВНС.

Індекс Робінсона (подвійний добуток, ІР) характеризує систолічну роботу серця, дає можливість оцінити рівень обмінно-енергетичних процесів, що

відбуваються в міокарді. Його визначали за формулою: $IP = (ЧСС \times АТс.): 100$. Оцінювали за рекомендаціями Г.Л.Апанасенка (1988) [166]. Низький і нижче середнього рівні соматичного здоров'я реєструвались у 60%, а високий, вище середнього – у 30% обстежених. Процедура масажу сприяла зменшенню показників IP у 80% обстежених, що свідчить про зростання їх енергопотенціалу.

Відношення АТс/АТд. Якщо визначити співвідношення середніх показників норми АТс (120) до АТд (108), отримуємо – 1,6, тобто, показник гармонійності, «золотий переріз», що можна прийняти за норму. До масажу у жодного обстеженого досліджуваній показник не відповідав «золотому перерізу». Відхилення реєструвались в межах 0,1-0,6 у.о. Після масажу у 80% випадків це співвідношення наблизилось до 1,6; у 50% відповідало «золотому перерізу», що може свідчити про удосконалення гармонійності діяльності серцевого та судинного чинників в гемодинаміці обстежених.

Відношення АТд/ЧСС. Середній показник ЧСС 72 ± 12 уд./хв., а АТ– 120/75 мм. рт.ст., що демонструє близькість до «1» відношення АТд та ЧСС. Саме цей показник може бути ознакою гармонійності в діяльності серця та периферійних судин. До масажу відношення АТд/ЧСС відповідало «1» у 10% обстежених. Підвищення показників АТд/ЧСС (відносно одиниці) реєструвалось у 70% обстежених, зниження – у 20%, відповідало «1» – лише у 10%. У перших це зумовлено підвищенням АТд порівняно з ЧСС (відносно середніх), у другому – навпаки. Після масажу цей показник у 70% обстежених наблизився до «1». Зазначене свідчить про позитивний вплив масажу на гармонійність в діяльності ССС, а саме – діяльності серця і периферійних судин.

Артеріальна осцилографія. АОГ [180] реєстрували безпосередньо до та після 4-5-ї процедури масажу. Оцінка проводилась за п'ятибальною системою, залежно від ступеня відхилення морфологічних характеристик АОГ від розроблених авторами показників норми. Результати представлені у таблиці 4.36.

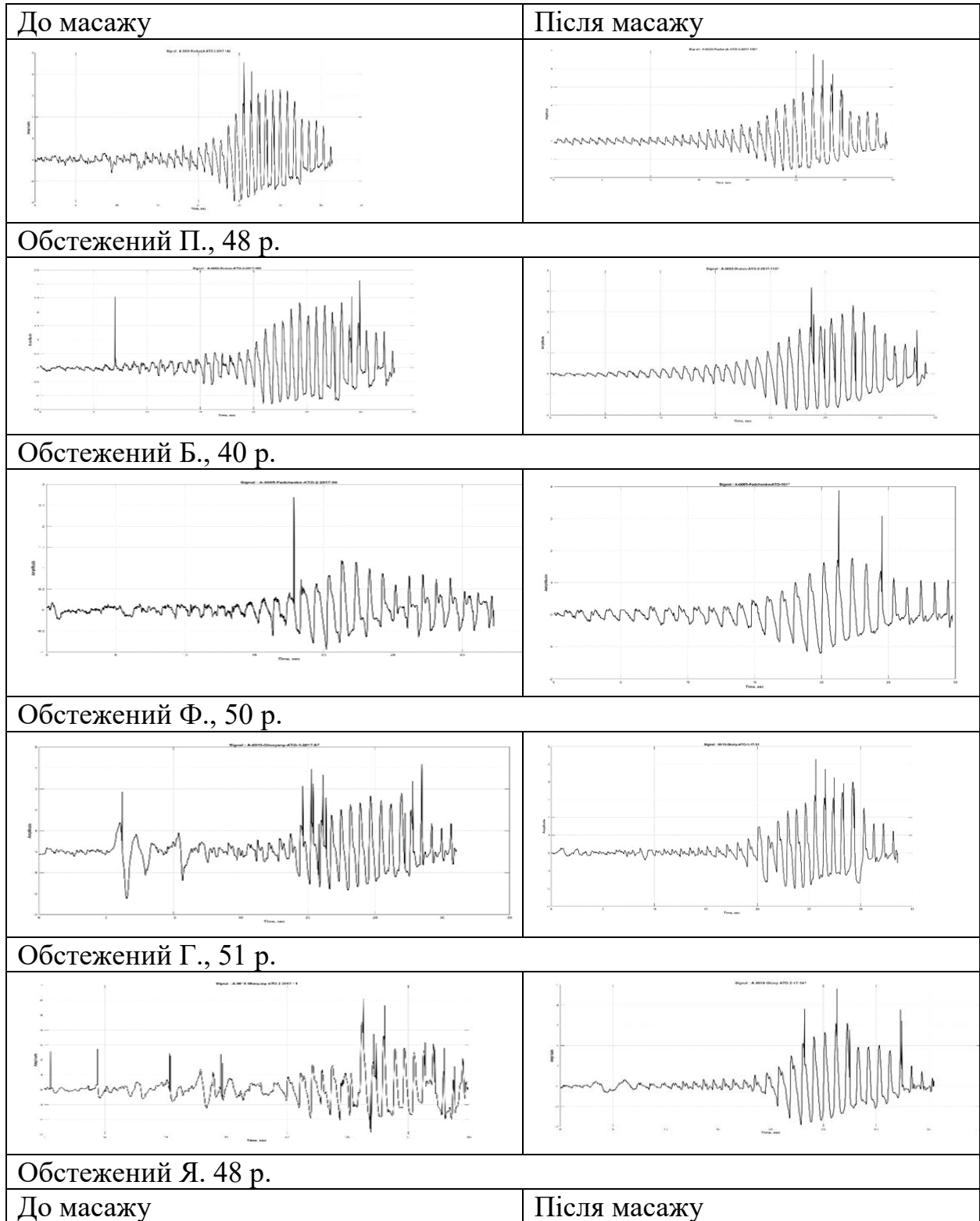
Таблиця 4.36

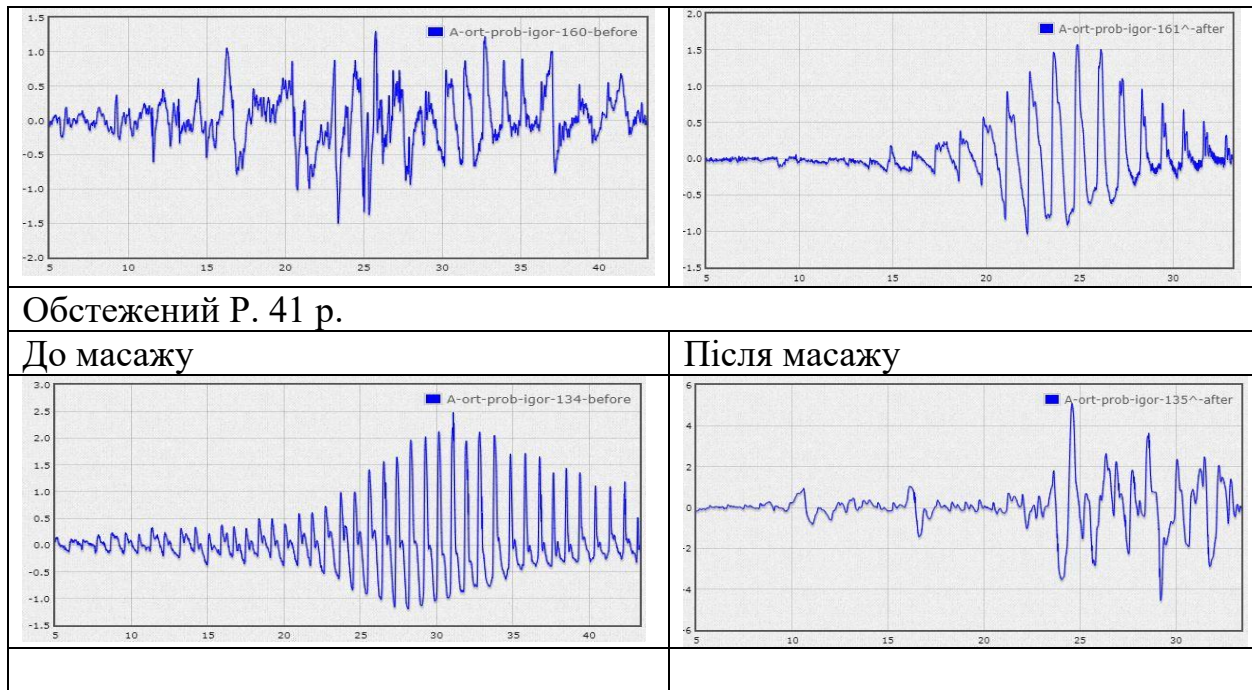
Оцінка АОГ зареєстрованих до та після процедури масажу

Період обстеження	Типи артеріальних осцилограм				
	Перший <i>Відмінно</i>	Другий <i>Добре</i>	Третій <i>Задовільно</i>	Четвертий <i>Незадовільно</i>	П'ятий <i>Вкрай незадовільно</i>
До масажу	3	8	16	9	4
Після масажу	9	13	13	5	-
Динаміка	+15%	+12%	-7%	-10%	-10%

Як видно з таблиці, у загальній характеристиці АОГ після масажу збільшилась кількість АОГ першого і другого типу, інших – зменшилась. Зазначене свідчить про покращення якості АОГ, що зумовлено зростанням адаптаційної

здатності серцевого та судинного чинника гемодинаміки та їх регуляторних механізмів. Приклади динаміки АОГ представлені на малюнку 4.57.





Мал. 4.57. АОГ, зареєстровані до та після 4-ї чи 5-ї процедури масажу.

Отримані показники функціональної здатності ССС підтверджують результати аналізу АОГ (табл.4.34). Найчастіше до масажу на АОГ реєструвалось порушення гармонійності зростання амплітуд, ритмічності пульсацій, велика кількість максимальних пульсацій. Найбільш виражені – на початку компресії. Процедура масажу сприяла покращенню морфологічних характеристик АОГ. Якщо зважити на те, що обстеження проводилось безпосередньо до і після процедури масажу, то можна підтвердити саме функціональний характер отриманих відхилень. Зазначене свідчить про порушення функціонального стану ССС, адаптаційних механізмів як судинного, так і серцевого чинника гемодинаміки та рівнів регуляції її діяльності до масажу, насамперед – АНС. Аналіз АОГ засвідчив, що процедура масажу сприяла покращенню адаптаційної здатності серцевого та судинного чинників гемодинаміки та їх регуляторних механізмів. Зазначене підтверджено результатами аналізу показників ЧСС, АТс, АТд та їх похідних, у тому числі, індексів Кердо та Робінсона.

При цьому, на мал. 4.57 у обстеженого. **Р, 41 р.** реєструється «погіршення» морфологічних характеристик АОГ. «Погіршення» якості АОГ після масажу свідчить про неадекватно підбрану пацієнту методику масажу. Якщо зважити на те, що методика масажу залежить від ділянки та методу впливу, і перша – була однаковою для всіх, то можна дійти висновку про неправильне дозування масажних впливів. Причиною може бути те, що лікар недостатньо оцінив індивідуальні особливості пацієнта і дав помилкові вказівки масажисту або ж масажист неправильно виконав вказівки лікаря. Це підтверджує високу

інформативність артеріальної осцилографії і важливе значення оцінки вихідного стану пацієнта, його індивідуальних особливостей для адекватного вибору методики для проведення процедури масажу.

Висновки

У 60% обстежених нами учасників бойових дій на сході України виявлено підвищення ЧСС, діастолічного тиску та зниження пульсового тиску, зміщення вегетативного статусу в бік збільшення активності її парасимпатичної ланки, відносне зниження енергопотенціалу (який визначали за індексом Робінсона), порушення гармонійності між станом периферійних судин, ЧСС та систолічним викидом.

Масаж сприяв: покращенню загального стану обстежених, зменшенню напруження периферійних судин, зростанню енергопотенціалу, наближенню стану ВНС до ейтонії, гармонізації в діяльності периферійних судин («периферійного серця») з ЧСС та систолічною роботою серця. Цьому сприяв адекватний підбір методики масажу, постійний контроль за станом обстежуваних і своєчасна корекція техніки масажу у разі необхідності. Використані методи обстеження є високоінформативними та доступними об'єктивними методами дослідження. Масаж за запропонованою методикою може використовуватись для реабілітації учасників бойових дій.

Артеріальна осцилографія дала можливість підтвердити, що процедура глибокого рефлекторно-м'язового масажу сприяла покращенню її морфологічних характеристик завдяки покращенню адаптаційної здатності серцевого та судинного чинників гемодинаміки та їх регуляторних механізмів. Зазначене підтверджено результатами аналізу показників ЧСС, АТс, АТд та їх похідних, у тому числі, індексів Кердо та Робінсона.

4.4.2. Вплив практики Чжун Юань цигун на адаптаційні механізми серцево-судинної системи та психоемоційний стан обстежених

Д.В. Вакуленко, Л.О. Вакуленко

Актуальність теми. Альтернативна медицина привертає дедалі більшу увагу науковців [28, 135]. Підвищення інтересу до альтернативної медицини зумовлено усвідомленням світового медичного співтовариства недостатньої ефективності зусиль клінічної медицини в справі профілактики, лікування захворювань, відновлення та компенсації втрачених у процесі хвороби фізіологічних функцій організму [241]. Дедалі більшого поширення у світі набуває Традиційна китайська

медицина (ТКМ) [128, 158]. Значні здобутки має китайська оздоровча методика Чжун Юань Цигун.

Мета досліджень. Вивчити вплив вправи «Велике Дерево» оздоровчої методики Чжун Юань цигун на стан серцево-судинної системи та її регуляторних механізмів за допомогою артеріальної осцилографії.

Матеріал та методи досліджень. Обстежено 36 чоловіків віком 20-45 років, які були поділені на дві категорії. До першої увійшли 35 осіб, які займаються оздоровчою практикою Чжун Юань цигун в середньому по 3 роки. До другої – особа Д. зі стажем занять 20 років. У перших артеріальну осцилограму (АОГ) реєстрували на літніх тренінгах в Карпатах безпосередньо до та після 3-го чи 4-го заняття (70 досліджень), у другій – щоденно, протягом 25 днів занять (50 досліджень) в Карпатах. Вправу «Велике Дерево» виконували в першій половині дня. Усього аналізу підлягало 437 показників АОГ.

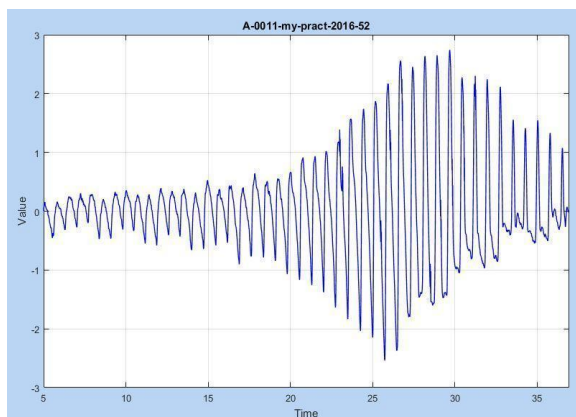
Артеріальні осцилограми реєстрували під час вимірювання артеріального тиску (ділянка плеча) за допомогою електронного вимірювача артеріального тиску ВАТ 41-2 (виробник «ІКС-ТЕХНО»), в період зростання компресії. Подальший їх аналіз проводили за розробленими авторами роботи спеціальними комп'ютерними програмами морфологічного, часового, спектрального аналізу АОГ [85]. Статистичний аналіз проводили в спеціально розробленому програмному середовищі OscEcgReoPuls. Статистичну достовірність між середніми значеннями вибірки та їх надійність оцінювали за методом Стюдента t-test (t) при нормально розподілених даних. Для вибірок, розподіл яких відрізнявся від нормального, використовували метод Вілкоксона.

Результати дослідження та їх аналіз

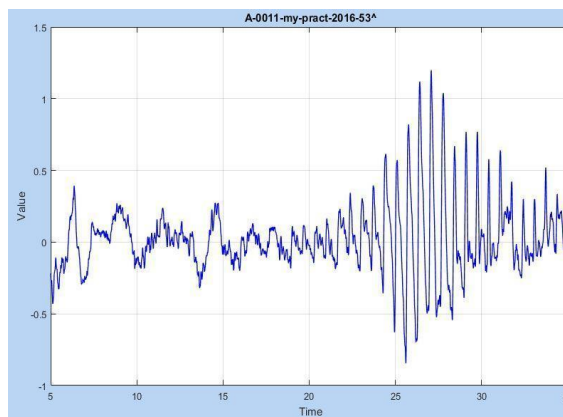
Результати дослідження були поділені на чотири вибірки. В першу та другу вибірки входили показники, відібрані у стані спокою та після виконання вправи «Велике Дерево» з досвідом занять *в середньому 3 роки*. Третя та четверта вибірки формувались показниками до та після виконання вправи «Велике Дерево» особою Д. протягом 25 щоденних занять в Карпатах. Тривалість занять 45 хв.

Морфологічний аналіз АОГ та показники серцево-судинної системи.

Амплітуда коливань тиску в манжеті під впливом пульсації судинної стінки після занять достовірно зменшилась (для виб. 1,2 $p < 0,05$, виб. 3,4 $p < 0,001$). При цьому в особи Д., виб. 3, 4, (мал. 4.58) вона зменшилась у понад два рази (з 2,8 мм рт. ст. до 1,2 мм рт. ст.).



а)



б)

Малюнок 4.58. Артеріальні осцилограми обстеженого Д. (20 р.): а) до, б) після виконання вправи «Велике Дерево»

Примітка. По осі X – час реєстрації окремих осциляцій (с), по осі Y – значення коливань тиску в манжеті під впливом пульсації судинної стінки артерії (мм рт. ст.).

Якщо зважити на те, що амплітуда відтворює величину коливання артеріальної стінки під час пульсового поштовху крові, то її зменшення після занять можна пов'язати із зменшенням систолічного викиду, що підтверджується достовірним зниженням значень систолічного артеріального тиску (для виб. 1,2,3,4 $p < 0,05$, табл. 4.37). Достовірне зростання показників діастолічного тиску вказує на збільшення тону судин («периферійного серця») при забезпеченні периферійного кровотоку. Збільшення частоти серцевих скорочень (ЧСС) може бути зумовлене адаптаційною реакцією серцево-судинної системи, спрямованою на компенсацію хвилинного об'єму крові при цьому.

Таблиця 4.37

Динаміка показників артеріальних осцилограм, отриманих до та після занять

	Показник	Виб. 1	Виб. 2	P	%	Виб. 3	Виб. 4	P	%
1	САТ	116,1±0,6 5	113,1±0,99	<0,05	-3	112,6±0,39	108,9±0,56	<0,001	-4
2	ДАТ	72,3±0,75	73,9±1,99	<0,05	+2	69,1±0,31	73,0±0,29	<0,05	+6
3	ЧСС	64,5±0,89	84,4±1,98	<0,05	+31	69,3±0,95	82,9±0,52	<0,001	+19
4	pNN50	39,8±1,01	45,2±1,143	<0,05	+19	35,9±0,59	45,8±0,63	<0,001	+28
5	HVR-index	31,8±1,0	34,60±1,11	<0,05	+9	28,9±0,56	49,4±0,64	<0,001	+75
6	VR	0,32±0,01	0,35±0,02	<0,05	+6	0,61±0,02	0,72±0,012	<0,001	+18
7	VPR	0,34±0,02	0,41±0,02	<0,05	+20	0,64±0,02	1,02±0,020	<0,001	+59

Примітка. 1-3 – показники, зареєстровані електронним тонометром; 4-7 – результати часового аналізу АОГ.

Часовий аналіз АОГ. Вивченню підлягали HVR-index – триангулярний індекс, VPR – вегетативний показник ритму, VR – варіаційний розмах, pNN50 – число пар кардіоінтервалів з різницею більше 50 мс (у %). Отримано достовірне збільшення (для виб. 1,2 $p < 0,05$, виб. 3,4 $p < 0,001$) усіх вищезазначених показників (табл. 4.37). Відповідно до аналізу ВСР [15, 16, 18, 19, 20] та результатів власних досліджень, отриману динаміку можна трактувати наступним чином.

Збільшення *триангулярного індексу* свідчить про послаблення впливу симпатичної ланки (СЛ) автономної нервової системи (ВНС) і вище розташованих центрів регуляції серцевого ритму, а також активності нейрогуморальної системи. Достовірне *зростання pNN50* – про відносну ступінь переважання парасимпатичної ланки (ПСЛ) регуляції над СЛ, зменшення ролі центрального контуру регуляції серцевого ритму, зниження тонуусу СЛ ВНС, збільшення синусової аритмії. Збільшення *варіаційного розмаху* свідчить про активацію ПСЛ, підвищення впливу ПСЛ (вагусу) на синусовий вузол. Зростання *вегетативного показника ритму* вказує на послаблення впливу центральних механізмів регуляції та підвищення впливу ПСЛ (вагусу) на синусовий вузол, посилення автономного контуру регуляції.

Достовірність згаданих показників підтверджується їх односпрямованою динамікою, бо вважається, що вони еквівалентні [130]. Привертає увагу більш виражена динаміка досліджуваних показників у особи з більшим стажем занять.

Спектральний аналіз АОГ. Спектральний аналіз дозволяє розкласти ритмограму на складові її хвиль і кількісно оцінити взаємодію окремих рівнів керування діяльністю серцево-судинної системи та ресурс адаптаційних механізмів кожної з них [148]. Для спектрального аналізу застосували швидке перетворення Фур'є в діапазоні спектру від 0,003 Гц до 0,4 Гц. Він формується чотирма видами хвиль різного походження: ULF (ультранизких), VLF (наднизких), LF (низких) та HF (швидких). Визначали динаміку ваги потужності спектру зазначених хвиль в загальному спектрі: 1) для інтервалограм АОГ, зумовлених діяльністю серця та 2) для АОГ, зумовлених діяльністю судин плеча.

Вага потужності спектру інтервалограм, отриманих з артеріальних осцилограм під час вимірювання артеріального тиску, представлена у таблиці 4.38.

Таблиця 4.38

Динаміка ваги потужності спектру %ULF, %VLF, %LF, та %HF хвиль в загальному спектрі для інтервалограм з артеріальних осцилограм, викликаних діяльністю серця.

Показник	Виб. 1	Виб. 2	P	%	Виб. 3	Виб. 4	P	%
%ULFint	16,5±0,32	17,9±0,35	>0,05	+8	20,5±0,22	13,6±0,16	< 0,001	-31
%VLFint	70,5±0,45	70,2±0,41	>0,05	-0,4	71,9±0,38	59,7±0,63	< 0,001	-17
%LFint	7,0±0,17	6,7±0,18	>0,05	-4	6,1±0,14	10,2±0,25	< 0,001	+78
%HFint	3,3±0,14	3,2±0,13	>0,05	-3	4,1±0,13	13,6±0,52	< 0,001	+233

Як видно з таблиці, після виконання вправи «Великого Дерева» у осіб, що мають менший досвід занять (виб. 1, 2) середні показники не мали достовірної динаміки, що зумовлено різноспрямованими сценаріями зміни індивідуальних показників: зменшення, зростання та без змін. Водночас у виб. 3, 4 реєструвалась переконлива достовірна динаміка ($p < 0,001$) (табл. 4.38).

На 31% зменшився %ULF-int (що вказує на зменшення активності гуморально-метаболических механізмів регуляції діяльності серця під час адаптації до компресії плеча [47]) та на 17% – вага потужності спектру %VLF-int (що свідчить про зниження активності центральної ерготропної регуляції серцевого ритму). Достовірно (на 78%) збільшився %LF-int (що свідчить про активацію симпатичних центрів довгастого мозку: кардіостимулюючого і системи регуляції судинного тону, на 233% – %HF-int (що вказує на зростання активності парасимпатичного кардіоінгібіторного центру довгастого мозку).

Динаміка ваги потужності спектру %ULF, %VLF, %LF, %HF хвиль в загальному спектрі для артеріальних осцилограм, викликаних діяльністю судин плеча, представлені у таблиці 4.39.

Таблиця 4.39

Динаміка ваги потужності спектру %ULF, %VLF, %LF, %HF хвиль в загальному спектрі для артеріальних осцилограм, викликаних діяльністю судин плеча.

Показник	Виб. 1	Виб. 2	P	%	Виб. 3	Виб. 4	P	%
%ULF	22,9±0,82	18,9±1,13	<0,05	-17	15,8±0,57	1,5±0,21	< 0,001	-90
%VLF	19,0±0,97	18,01±1,12	>0,05	-5	27,9±0,66	34,0±0,82	< 0,001	+22
%LF	8,1±0,48	9,86±0,45	<0,05	+22	6,0±0,20	10,3±0,16	< 0,001	+72
%HF	49,7±2,12	52,4±2,39	>0,05	+5	50,2±0,98	53,9±0,91	<0,05	+7

Після занять вправою «Велике Дерево» реєструвалась позитивна динаміка досліджуваних показників у всіх обстежених, що свідчить про зниження рівня централізації впливу на діяльність судин. У виб. 1, 2 – зменшився відсоток хвиль ULF і VLF та зріс LF і HF. У виб. 3, 4 при цьому (на відміну від виб. 1, 2) дещо зріс-%VLF (22%), що може бути пов'язане зі значним зниженням (на 90%) активності хвиль ULF.

На відміну від попередніх досліджень (табл. 4.38), привертало увагу переважне зростання після занять потужності спектру LF (відповідно 22% та 72%). Це свідчить про переважну роль симпатичних центрів довгастого мозку (кардіостимулюючого, вазоконстрикторного) в системі регуляції судинного тонуусу у процесі адаптації до компресії судин плеча манжетою під час вимірювання АТ та реєстрації осцилограм. Загалом схожа динаміка розподілу потужності спектру за перетворенням Фур'є інтервалограм (виб. 3, 4) та самого сигналу артеріальних осцилограм (виб. 1, 2 та 3, 4) вказує на позитивну роль вправи «Велике Дерево» у підвищенні адаптаційного ресурсу як серцевої, так і судинної ланки серцево-судинної системи. На ефективність впливає тривалість практичного досвіду учасників експерименту.

Ритми мозкової діяльності та стан периферійних судин. Здійснення ритмічної діяльності серця можливе лише при існуванні певних фазових співвідношень між коливальними мозковими та серцевими процесами [170]. Оцінка динаміки ваги потужності спектру артеріальних осцилограм до та після виконання вправи «Велике Дерево» за перетворенням Фур'є в діапазоні %Delta, %Teta, %Alpha, %Beta вказує на відображення мозкової активності і в діяльності периферійних судин (табл. 4.40).

Таблиця 4.40

Динаміка ваги потужності спектру %Delta, %Teta, %Alpha та %Beta хвиль в загальному спектрі для артеріальних осцилограм, викликаних діяльністю судин плеча

Показник	Виб. 1	Виб. 2	P	%	Виб. 3	Виб. 4	P	%
%Delta	97,3±0,11	97,3±0,1	>0,05	0	96,8±0,12	95,43±0,15	>0,05	-1
%Teta	2,01±0,05	2,9±0,08	<0,05	+44	2,43±0,059	3,77±0,08	< 0,001	+55
%Alpha	0,09±0,001	0,22±0,01	<0,001	+144	0,076±0,002	0,37±0,01	< 0,001	+386
%Beta	0,09±0,003	0,06±0,01	<0,001	-34	0,09±0,005	0,05±0,001	< 0,001	-44

При аналізі показників у виб. 1, 2 та 3, 4 привертає увагу достовірною динамікою досліджуваних показників після занять. Зріс відсоток Teta-хвиль (44% та 55%), що свідчить про наближення до стану сну, медитативного стану, та Alpha-хвиль (144% та 386%), що свідчить про посилення стану релаксації неспання, сенсорного спокою, розумової релаксації, медитації. Водночас достовірно зменшилась вага потужності Beta-спектру (34% та 44%), який активізується при стресових ситуаціях, тривожних станах. Delta-хвилі домінують, коли ми засинаємо, і продовжують переважати в стані глибокого сну [115, 170, 211]. Їх відсоток змінився незначно. Таким чином, за результатами спектрального аналізу АОГ можна отримати інформацію щодо рівня і характеру мозкової активності та її ролі в адаптації судин до компресії плеча під час вимірювання АТ.

Кореляційний портрет. Для побудови кореляційного портрету у вибірці 2 та у вибірці 4 (після виконання вправи «Велике Дерево») відібрали показники, де коефіцієнт кореляції був в межах від 0,9 до 1 та -0,9 до -1,0 [48]. Виявлено 47 унікальних пар корелят, притаманних лише для вибірки 2, серед них позитивних 45 та 2 від'ємних. Найчастіше корелювали показники у вибірці 2 з показниками VLF – 22 рази, ULF – 14 разів та Alpha – 6 разів. Виявлені кореляти відображають переважання (VLF та ULF) механізмів, пов'язаних з участю центральних ерготропних та гуморально-метаболических механізмів регуляції діяльності «периферійного серця» під час адаптації до компресії плеча, та Alpha – що вказує на задіяння адаптаційних механізмів, пов'язаних із станом релаксації неспання, спокою.

Притаманних лише для вибірки 4 виявлено 36 унікальних пар корелят, серед них позитивних – 31 та 5 від'ємних. Найчастіше корелювали показники у вибірці 4 з показниками Teta – 21 раз, Alpha – 9 разів та HF – 7 разів. Виявлені кореляти відображають регулюючу участь механізмів, пов'язаних з Teta (наближення до стану сну, медитативного стану), Alpha (здіяння адаптаційних механізмів, пов'язаних із станом релаксації неспання, спокою) та з HF (зростання активності парасимпатичного кардіоінгібіторного центру довгастого мозку) під час адаптації на компресію плеча після виконання вправи «Велике Дерево». Така динаміка свідчить про більш виражений позитивний вплив вправи «Велике Дерево» на стан ССС та рівнів регуляції її діяльності та реєструється у осіб з більш тривалим досвідом занять. Порівняння кореляційних портретів вибірок 2 та 4 приводить до висновку, що при виконанні вправи «Велике Дерево» адаптаційні сценарії базуються на різних частотних діапазонах. При більш тривалому досвіді модераторами адаптаційних механізмів стають Teta, Alpha, менше HF ритми, у менш досвідчених осіб – VLF, ULF, менше ритми Alpha.

Висновки

Вивчення за допомогою артеріальної осцилографії впливу занять вправою «Велике Дерево» з методики Чжунь Юань цигун на стан серцево-судинної системи та адаптаційні механізми організму, задіяні в адаптації до компресії плеча манжетой під час вимірювання артеріального тиску, привело до наступних висновків.

Часовий аналіз АОГ. Після занять реєструвалось зменшення ролі центрального контуру регуляції серцевого ритму, послаблення активності нейрогуморальної системи, зниження тону симпатичної, активація парасимпатичної ланки ВНС та підвищення її впливу на синусовий вузол, посилення автономного контуру регуляції, збільшення синусової аритмії.

Спектральний аналіз свідчить про позитивний вплив занять на підвищення адаптаційного ресурсу як серцевої, так і судинної ланки серцево-судинної системи.

Ритми мозкової діяльності та стан периферійних судин. Після занять реєструвалось достовірне зростання відсотка потужності спектру Teta, Alpha та зменшення Beta хвиль. Зазначене свідчить про посилення стану релаксації неспання, сенсорного спокою, розумової релаксації, медитації. За результатами спектрального аналізу АОГ можна отримати інформацію щодо рівня і характеру мозкової активності та її ролі в адаптації судин до компресії плеча під час вимірювання АТ.

Морфологічний аналіз АОГ та показники серцево-судинної системи. Узагальнення отриманих результатів дало можливість констатувати підвищення адаптаційного ресурсу як серцевої, так і судинної ланки серцево-судинної системи. Посилення стану сенсорного спокою, релаксації, збільшення активності ПСЛ ВНС та автономного контуру регуляції, що виникає після заняття вправою «Велике Дерево», супроводжується відповідною динамікою морфологічних показників АОГ та основних показників серцево-судинної системи. Реєструвалось зменшення амплітуди пульсацій судинної стінки (що свідчить про зменшення систолічного викиду) та зниження систолічного артеріального тиску.

Водночас за результатами спектрального аналізу АОГ зареєстровано переважне зростання активності симпатичних центрів довгастого мозку (кардіостимулюючого, вазоконстрикторного). Зазначене супроводжувалось збільшенням діастолічного артеріального тиску, що вказує на підвищення тону судин («периферійного серця», [12]) при забезпеченні периферійного кровотоку, і зростанням частоти серцевих скорочень, що може бути зумовлене адаптаційною реакцією серцево-судинної системи, спрямованою на компенсацію хвилинного об'єму крові при цьому.

Кореляційні портрети. При виконанні вправи «Велике Дерево» адаптаційні сценарії у обстежених 2 та 4 вибірок базуються на різних частотних діапазонах. При більш тривалому досвіді модераторами адаптаційних механізмів стають Teta, Alpha, менше HF ритми, у менш досвідчених – VLF, ULF, менше ритми Alpha.

Проведені дослідження свідчать про позитивний вплив вправи «Велике Дерево» на стан ССС та рівнів регуляції її діяльності, більш виражена динаміка реєструється у осіб з більш тривалим досвідом занять. Вправа «Велике Дерево» китайської оздоровчої методики Чжун Юань Цигун може використовуватись для корекції психоемоційного стану та лікування посттравматичних стресових розладів, зумовлених бойовими діями в Україні.

Артеріальна осцилографія – ефективний, доступний, високоінформативний метод вивчення стану серцево-судинної системи та її адаптаційних механізмів, що може використовуватись для ранньої діагностики захворювань та вивчення впливу різних чинників на їх стан.

4.4.3. Вивчення взаємозв'язку мультимедійної симуляції образів стихій зі станом меридіанів та якістю адаптації судин при компресії плеча манжеткою під час вимірювання артеріального тиску

Д.В. Вакуленко, О.В. Гевко, Л.О. Вакуленко

Актуальність теми. Незважаючи на бурхливий розвиток медицини сьогодення, залишається лєвова частка невирішених питань, як у діагностиці захворювань, так і у лікуванні. Інтегративна, холістична медицина привертає дедалі більшу увагу науковців [29, 135]. В поняття інтегративної медицини вкладають поєднання західної медицини і натуральної, включаючи східну медицину. Відповідно, традиційна Китайська медицина (ТКМ), як альтернативна, набуває дедалі більшого поширення у світі. [128]. Варто зазначити, що історія китайської медицини налічує понад 5000 років [158].

Акценти, закладені у фундаментальних працях Bien Chue (407-310 до н.е.) та його послідовників [2, 53], а саме: застосування образу органів (zangxiang) пацієнта для діагностики та лікування, з часом втратило значення в ТКМ. Лише останнім часом професор Сюй Мінтан, сучасний наступник школи Bien Chue, успадкував її знання і заснував імідж-медичну школу Bien Chue – незалежну систему діагностики та лікування захворювань. Проте багато медичних журналів в Китаї, є недоступними в Європі. Недолік західної медицини полягає в тому, що вона лікує захворювання з мікроскопічної точки зору, тому нерідко наслідком такого лікувального впливу є розлади імунної реактивності та значна кількість побічних

ефектів, тимчасом як китайська медицина вивчає біооб'єкт з макроскопічної точки зору, підтримує імунний баланс, не має жодних побічних ефектів.

Теорія Ін-Ян, У-Сін широко використовується у традиційній китайській медицині, проте у багатьох науковців є ряд невирішених питань щодо даної сфери [72]. Згідно із концепцією У-Сін, всі процеси у Всесвіті перебувають у безперервному русі і мають природу п'яти елементів: Дерева, Металу, Вогню, Землі, Води [39]. Дану теорію китайська медицина використовує для пояснення фізіологічних та патологічних процесів в організмі, обґрунтовуючи тісний взаємозв'язок між органами. Згідно вчення Ін-Ян, у кожному з п'яти елементів У-Сін є «іньська» та «янська» складові, тому, відповідно, є «іньський» та «янський» орган. Так, елемент Дерева представлений печінкою та жовчним міхуром. Вогонь містить два елементи: основний (серце, тонкий кишківник) та функціональний (перикард, потрійний обігрівач). До Землі відносять селезінку, підшлункову залозу та шлунок. Елементу Метал належать легені та товстий кишківник, а Воді – нирки та сечовий міхур. При цьому всі паренхіматозні органи відносять до Ін, а порожнинні – до Ян.

Китайська медицина в теорії п'яти елементів пояснює взаємовідношення внутрішніх органів та тканин між собою. Відповідно, при пошкодженні або впливі на один орган спостерігається реакція з боку інших органів (взаємопородження та взаємоподолання). Взаємопородження полягає в тому, що Дерево породжує Вогонь, Вогонь породжує Землю, Земля породжує Метал, Метал породжує Воду, Вода породжує Дерево. Кожен попередній орган-меридіан-«мати» впливає на наступний за годинниковою стрілкою орган-«син». В протилежному напрямку діє взаємоподолання за правилом «дід-онук»: Дерево руйнує Землю, Земля поглинає Воду, Вода знищує Вогонь, Вогонь плавить Метал, Метал знищує Дерево.

З точки зору наукових позицій західної медицини важко інтерпретувати дану концепцію. У вітчизняних наукових джерелах практично відсутні дослідження в цьому напрямку. Окремі дослідники вивчали застосування теорії п'яти елементів у фітотерапії [35], голкотерапії. За даними китайської медицини, кожен орган, крім своїх характерних функцій, володіє ще додатковими.

Мета досліджень. Визначити взаємозалежність між структурами організму при впливі на них п'ятьма стихіями. Гіпотетично стихію Води ототожнювали з відеозображенням плинущого струмка, Вогню – з відеозображенням палахкотіння полум'я, Металу – з відеозображенням дзвонів.

Саме перспективність застосування Імідж-медицини, сформованої школою Vien Chue [2], холістичний підхід до організму з позиції концепції Ін-Ян та п'яти першоелементів спонукали нас оцінити взаємозв'язок між Образом (іміджем),

ініційованим переглядом відео, з функцією меридіанів мозку, серця, судин, м'язів та психоемоційного стану людини.

Матеріал та методи досліджень. Під час проведення дослідження було обстежено групу з 70 практично здорових людей, до якої увійшли студенти ТНТУ ім. І.Пулюя та ТДМУ ім. І.Я. Горбачевського м. Тернополя віком – 19-23 років (юнаки та дівчата). Учасники експерименту були попередньо ознайомлені з усіма умовами проведення і дали згоду на обстеження. Реєстрацію відповідних параметрів виконували в однаковий час доби 10.00-13.00. Досліджували вплив стихій (у вигляді перегляду та прослуховування впродовж 5 хвилин мультимедійних композицій Води [50], Вогню [52], Металу [51] з перервою 10 хвилин після кожного впливу) на стан меридіанів та морфологічні показники артеріальної осцилограми [180].

Стан меридіанів вивчали методом електропунктурної комп'ютерної діагностики [2] за допомогою апаратно-програмного комплексу Комп'ютерна діагностика Дзин-Ло. Цей метод та обладнання є прийнятим у деяких регіонах світу та використовується для ознайомлення.

Досліджено електропровідність 24 репрезентативних точок, розміщених на дистальних ділянках верхніх та нижніх кінцівок, що дозволяє оцінити опір у 12 меридіанах справа та зліва, які пов'язані з внутрішніми органами (24 атрибути). Для реєстрації артеріальних осцилограм вимірювали артеріальний тиск за допомогою електронного вимірювача артеріального тиску ВАТ 41-2 (виробник ІКС-ТЕХНО), в період зростання компресії. Подальший їх аналіз проводили за допомогою запропонованих авторами роботи спеціальних комп'ютерних програм [14]. У зв'язку з відсутністю подібних досліджень, для морфологічного аналізу осцилограм авторами використано інформацію (9 атрибутів), впроваджену в плетизмографії і реографії [180], а також – логічно-візуальні, наукові, теоретичні висновки авторів за результатами аналізу 4273 осцилограм 890 здорових та хворих осіб (23 нозології) [180].

Статистичний аналіз даних проводили за допомогою програмного пакету OscEcgReoPuls. Статистична значущість відмінностей між середнім арифметичним і відносними значеннями оцінювалася за допомогою t-критерію Стьюдента для нормального розподіленого набору даних. Для вибірок, які відрізнялися від нормального закону розподілу, використовувався метод Вілкоксона.

Додатково було застосовано ensemble of algorithms Random Forest Classifier [16,17] для виявлення вагомих показників та їх меж.

Результати дослідження та їх аналіз

Результати дослідження були розділені на чотири групи. В першу групу входили показники, відібрані у стані спокою (вихідному стані), без будь-яких сторонніх впливів. До другої групи увійшли показники, відібрані після 5-хвилинного перегляду відеофрагментів перетікання води в струмку, що ототожнювали зі стихією Вода, третьої – палахкотіння полум'я в каміні, що ототожнювали зі стихією Вогонь, четвертої – дзвоніння дзвонів, що ототожнювали зі стихією Метал. Таким чином, було проаналізовано 12 меридіанів (табл. 4.41).

Таблиця 4.41

Динаміка значень електропровідності у репрезентативних точках під впливом мультимедійної симуляції стихій: Вода, Вогонь, Метал (вимірювання на апаратно-програмному комплексі Комп'ютерна діагностика Дзин-Ло, що прийнята в окремих медичних спільнотах; наводиться для ознайомлення)

	Вихідний стан	Вплив «Води» показник	Вплив «Вогню» показник	Вплив «Металу» показник
Метал				
Lung Meridian (LU) right	-9,22±1,54	-7,33±3,373	-6,02±1,51	-3,52±2,78
Lung Meridian (LU) left	-9,78±2,90	-6,89±2,73	-1,33±2,16**	0,88±2,45
Large Intestine Meridian (LI) right	-20,67±4,92	-25,89±4,19	-27,33±6,35	-31,75±4,31
Large Intestine Meridian (LI) left	-18,22±4,50	-26,33±5,11	-14,22±5,58**	-25,13±4,29***
Земля				
Stomach Meridian (ST) right	12,44±5,97	3,44±7,53	-2,56±7,40	-1,13±8,39
Stomach Meridian (ST) left	5,11±3,75	0,89±5,84	2,44±4,70	2,88±6,31
Spleen Meridian (SP) right	9,78±4,65	19,11±4,36*	14,44±5,25	11,63±5,39
Spleen Meridian (SP) left	13,78±3,44	20,22±2,86*	14,01±3,89	13,02±4,67
Вогонь				
Heart Meridian (HT) right	2,22±4,36	5,44±4,88	6,78±3,75	6,13±4,19
Heart Meridian (HT) left	7,33±4,94	6,89±6,61	10,56±3,80	13,50±4,02
Small Intestine Meridian (SI) right	-6,33±4,14	0,11±1,93*	8,33±5,16**	4,63±2,68
Small Intestine Meridian (SI) left	0,33±2,53	6,02±2,68*	7,22±4,63	7,88±2,99
Вода				
Bladder Meridian (BL) right	9,11±4,37	19,44±5,81*	11,33±6,38	13,25±4,46

Bladder Meridian (BL) left	15±4,54	10,78±8,14	13,56±3,55	14,88±4,72
Kidney Meridian (KI) right	4,11±4,23	6,56±7,59	-2,44±5,63	4,88±4,94
Kidney Meridian (KI) left	9,89±3,56	1,05±3,72*	10,33±5,29**	9,50±6,32
Вогонь				
Pericardium Meridian (PC) right	-10,89±3,56	-8,11±5,11	-4,56±2,63	-3,50±3,80
Pericardium Meridian (PC) left	-4,22±4,13	-4,67±3,35	-0,89±3,08	6,63±2,74***
Triple Heater (San Jiao) Meridian (SJ) right	-24,33±4,49	-24,22±4,89	-26,89±5,89	-23,75±5,40
Triple Heater (San Jiao) Meridian (SJ) left	-16,44±2,82	-22,44±2,12*	-24,02±6,35	-24,12±6,18
Дерево				
Gallbladder Meridian (GB) right	4,55±4,50	-1,11±6,33	-9,11±6,74	-9,22±5,20
Gallbladder Meridian (GB) left	2,89±4,655	-0,67±5,590	-5,44±4,81	1,13±4,63
Liver Meridian (LV) right	11,78±6,83	14,44±6,05	12,67±5,01	6,63±10,17
Liver Meridian (LV) left	8,89±6,73	14,09±6,19	15,11±4,81	5,88±4,22***

Достовірні зміни між вихідним станом і переглядом відео «Вода» *

Достовірні зміни між переглядом відео «Вода» і «Вогонь» **

Достовірні зміни між переглядом відео «Вогонь» і «Метал» ***

Оскільки паралельно з методом рідораку була проведена артеріальна осцилометрія, то аналогічно були згруповані й осцилографічні показники. Для морфологічного аналізу осцилограм використано 9 критеріїв (табл. 4.42), кожен з яких (в порядку зростання відхилень від прийнятої нами норми) оцінено за шкалою від 1 до 7 балів. До даних показників відносять: М1 – якість адаптації на початку компресії; М2 – якість адаптації протягом усієї компресії; М3 – порушення ритмічності (кількісна оцінка порушення ритмічності пульсацій); М4 – еластичність судин (кількість максимальних за амплітудою осциляцій); М5 – тонус судин (форма верхніх екстремумів осциляцій на початку компресії); М6 – реакція посмугованої мускулатури на компресію – тонус м'язів (оцінка осцилограми за наявністю дрібних осциляцій); М7 – рівень збудливості (оцінка за амплітудою, кількістю та наявністю екстремальних, з нерівномірним збільшенням амплітуд) осциляцій; М8 – оцінка динаміки зміни площі висхідної частини осциляцій; М9 – оцінка динаміки зміни площі низхідної частини осциляцій [18].

Динаміка морфологічного аналізу осцилографічних параметрів під впливом мультимедійної симуляції стихій: Вода, Вогонь, Метал (з динамікою у відсотках)

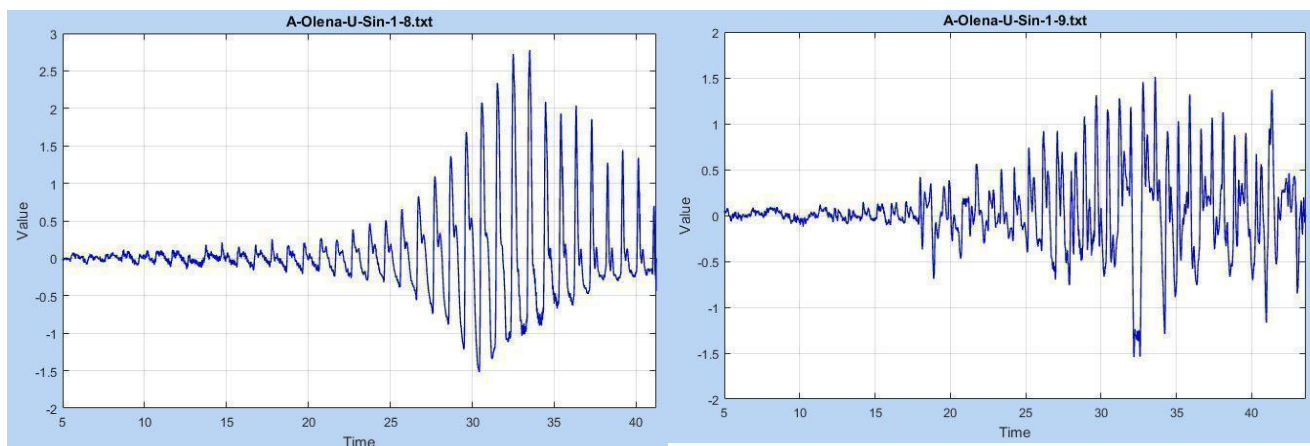
	Вихідний стан	Вплив «Води»		Вплив «Вогню»		Вплив «Металу»	
		Показник	%	показник	%	показник	%
M1	3,14±0,422	2,26±0,109*	-28	2,65±0,420	-16	4,42±0,266***	+29
M2	1,72±0,183	3,02±0,339*	+43	1,23±0,009**	-28	3,65±0,213***	+53
M3	1,14±0,086	4,24±0,236*	+27	2,36±0,331**	+52	3,36±0,289***	+66
M4	2,18±0,338	2,46±0,297	+11	2,42±0,066	+10	2,76±0,127***	+21
M5	1,47±0,016	1,428±0,056	-3	1,522±0,109	+3	1,501±0,103	+2
M6	2,81±0,381	2,53±0,194	-10	1,65±0,068**	-41	2,16±0,065***	-23
M7	1,05±0,033	1,078±0,040	+3	1,027±0,028	-2	1,16±0,042***	+9
M8	5,76±0,351	5,84±0,262	+1	5,97±0,206	-3	6,19±0,261	+7
M9	4,575±0,145	4,565±0,222	-0,2	3,93±0,146**	-14	3,82±0,152	-16

Достовірні зміни між вихідним станом і переглядом відео «Вода» *

Достовірні зміни між переглядом відео «Вода» і «Вогонь» **

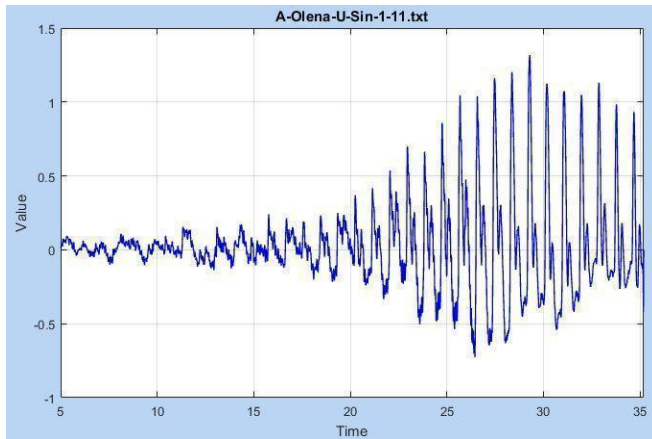
Достовірні зміни між переглядом відео «Вогонь» і «Метал» ***

На мал. 4.59 подано артеріальні осцилограми волонтера G у вихідному стані та після перегляду мультимедійних образів Вода, Вогонь, Метал.

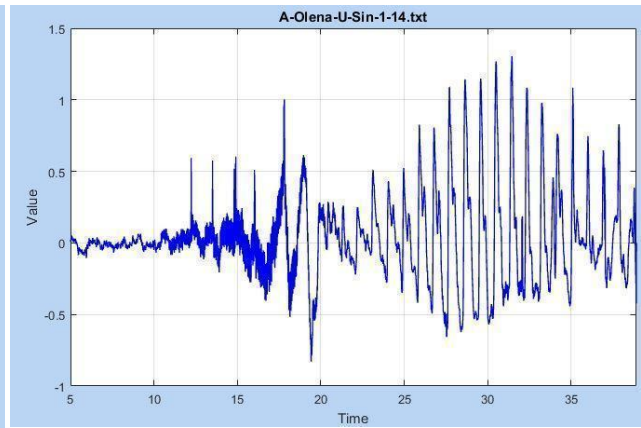


а)

б)



в)

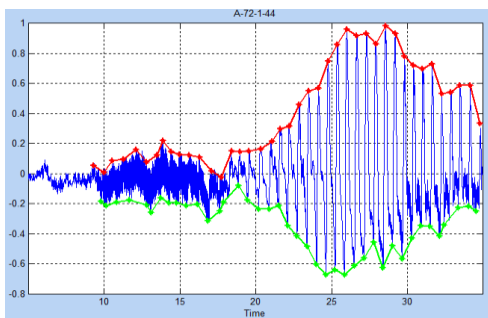


г)

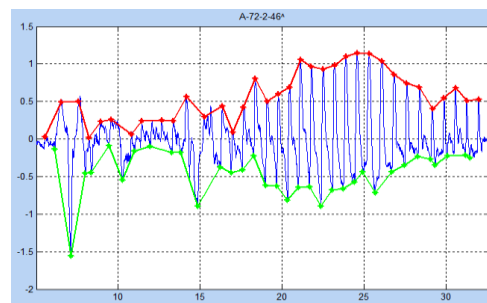
Мал. 4.59. Артеріальні осцилограми волонтера Ж. (22 р.) : а) – в стані спокою, після перегляду композиції «Вода»; б) – після перегляду композиції «Вогонь»; с) – після перегляду композиції «Древо»; г) після перегляду композиції «Метал»;

Приклад 1. До проведеного експерименту серед 96 зареєстрованих АОГ спостерігалось 12 випадків з дрібними осциляціями різної інтенсивності.

Для прикладу використано осцилограми обстеженого У. (23 роки), здоровий) (мал. 4.60).



а) до експерименту



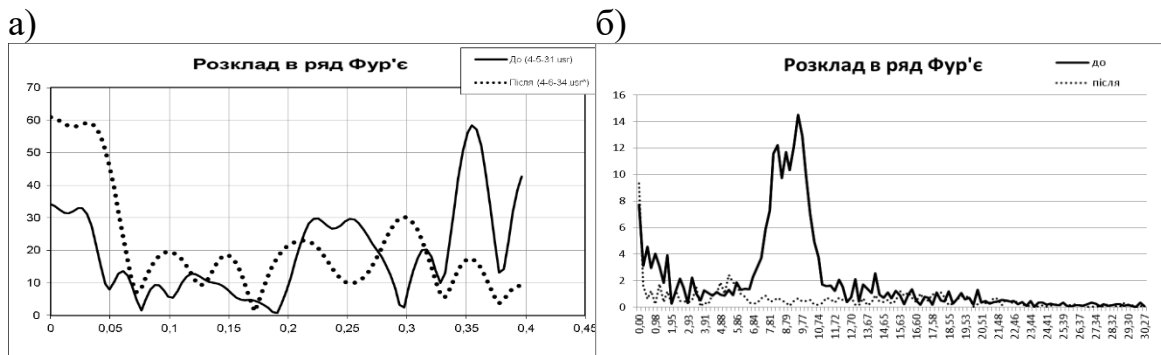
б) після експерименту;

Мал. 4.60. Артеріальні осцилограми обстеженого У. (23 роки), до та після прослуховування композиції «Вода» протягом 2 хвилин.

Візуальний аналіз осцилограм. На осцилограмі (мал. 4.61-а), зареєстрованій до експерименту, на початку осцилограми спостерігається велика кількість дрібних осциляцій, які після прослуховування протягом 2 хвилин музичної композиції «Вода» зникають (мал. 4.61-б). Вказана тенденція спостерігалась у всіх виявлених випадках.

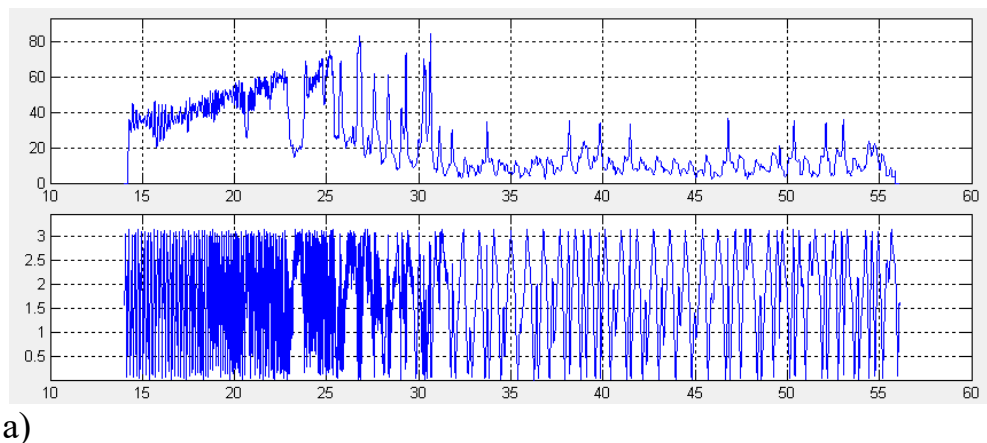
На мал. 4.61 подано розклад за перетворенням Фур'є артеріальних осцилограм пацієнта В. (21 рік) до та після прослуховування аудіовізуальної композиції із записом перетікання води в струмку протягом 2 хвилин.

З мал. 4.61 видно, що основний частотний спектр, що був чутливий до прослуховування 2-хвилинної музичної композиції перетікання води в струмку, лежав у межах від 6 до 14 Гц (альфа- та тета-ритми).

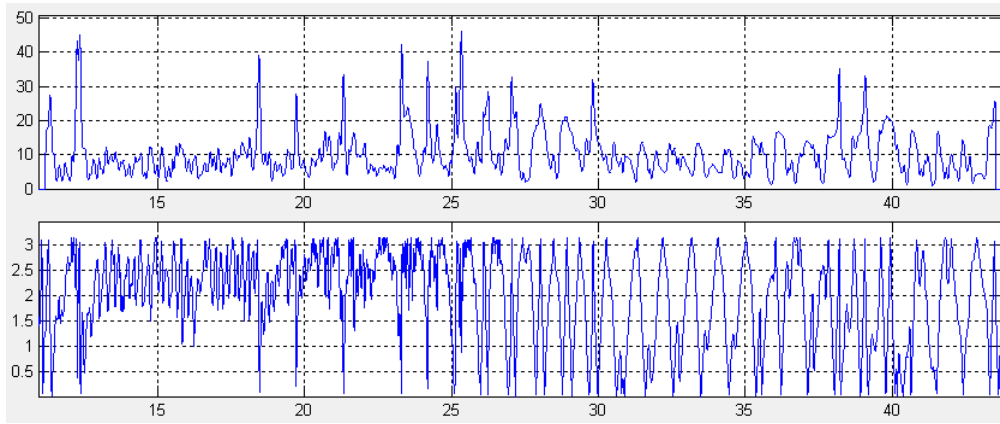


Мал. 4.61. Динаміка зміни частотного спектру осцилограми, розрахованого за перетворенням Фур'є, до та після прослуховування 2-хвилинної аудіовізуальної композиції «Вода» пацієнтом В. (21 рік): а) в діапазоні від 0 до 0,4 Гц; б) в діапазоні від 0 до 30,27 Гц.

Динаміка зміни миттєвої частоти та миттєвої фази, розрахованих за перетворенням Гільберта-Хуанга, до та після прослуховування 2-хвилинної аудіовізуальної композиції «Вода» зображена на мал. 4.62.



а)



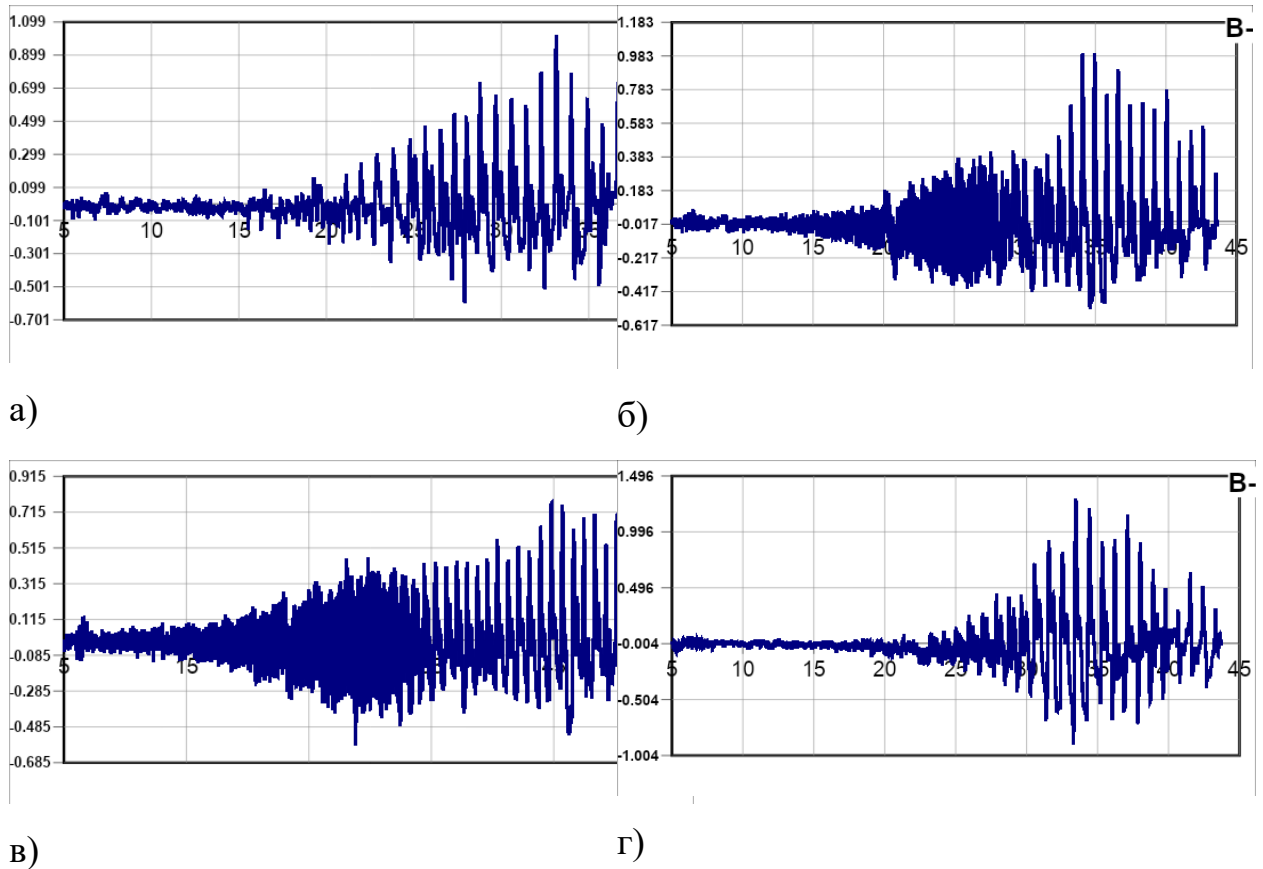
б)

Мал. 4.62. Динаміка зміни миттєвої частоти та миттєвої фази, розрахованих за перетворенням Гільберта-Хуанга, до та після прослуховування 2-хвилинної аудіовізуальної композиції «Вода» обстеженим С., 20 р. : а) частотного спектру (верхній графік) та фазового (нижній графік) до експерименту; б) частотного спектру (верхній графік) та фазового (нижній графік) спектру після експерименту.

Приклад 2. Проведено аналіз динаміки зміни артеріальних осцилограм під впливом музичних композицій згідно з послідовністю принципів кола У-Сін з традиційної китайської медицини (ТКМ). В експерименті взяли участь 96 осіб від 18 до 24 років. Протягом 20 хвилин по чергово прослуховувалось 7 музичних композицій на народних китайських інструментах, які використовують для збалансування стихій згідно з концепцією У-Сін, в такій послідовності: «Вода», «Дерево», «Вогонь», «Земля», «Метал», «Вода». Розглянемо артеріальні осцилограми пацієнта В. (20 років) після прослуховування музичних композицій «Дерево», «Вогонь» [52], «Земля» та «Метал» [51], зображені на мал. 4.63.

Подані на малюнку артеріальні осцилограми вказують на динаміку реакції судин плеча на прослуховування музичних композицій. Слід зазначити, що згідно з концепцією У-Сін, до органів, пов'язаних з принципом «Вогонь», відносять серце, до тканин – судини.

Пацієнт В. виявив чутливість до впливу вказаної композиції, що призвело до зростання тонічного напруження гладкої мускулатури судин плеча, яке повернулось до вихідного стану лише після прослуховування музичної композицій «Земля» та «Метал» (мал. 4.63).



Мал. 4.63. Артеріальні осцилограми пацієнта В. (20 років) після прослуховування музичної композиції «Дерево» (а), «Вогонь» (б), «Земля» (в), «Метал» (г).

Вивчення впливу музичних композицій, узгоджених з впливом за принципами У-Сін з традиційної китайської медицини, вказує на своєрідну реакцію, що має тенденцію до реакцій організму, описаних в ТКМ під впливом вказаних стихій.

Приклад 3. Для прикладу демонструємо показники АТ, ЧСС та інші показники, отримані при їх взаєморозрахунку обстеженого №8 (22 років, практично здоровий) (табл. 4.43).

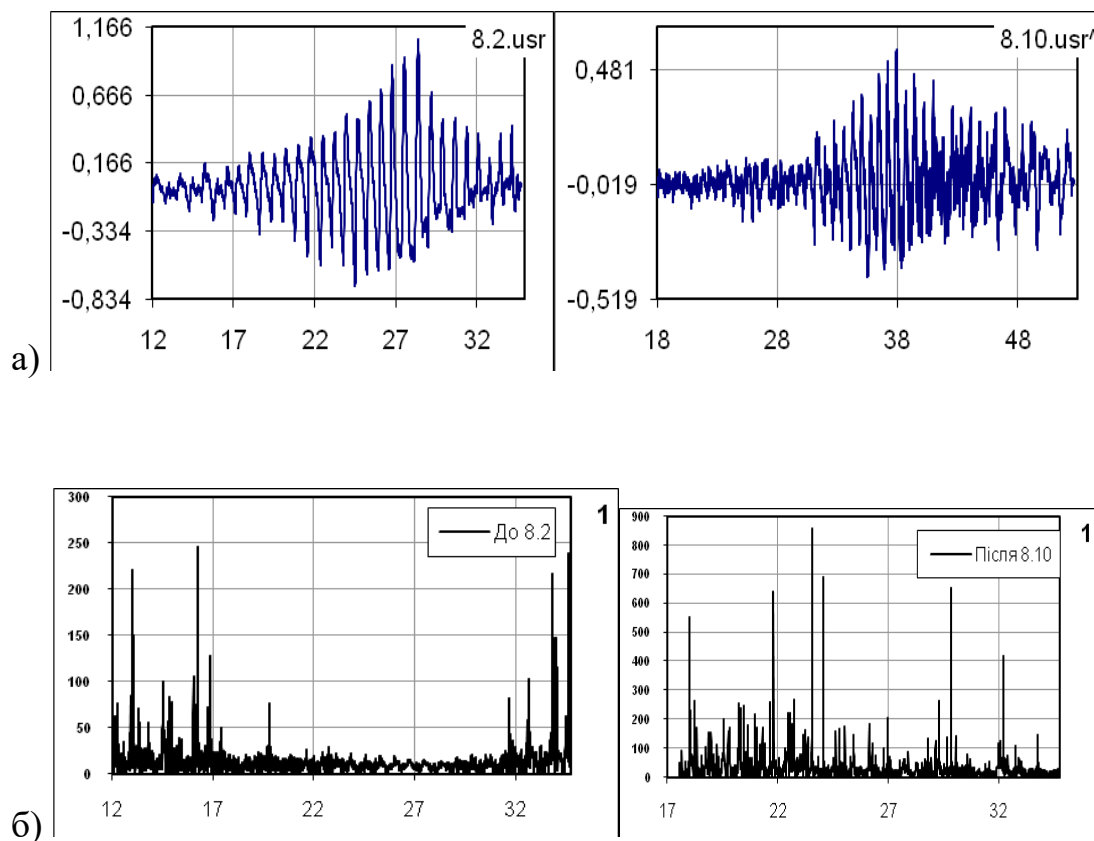
Таблиця 4.43

Показники артеріального тиску, частоти серцевих скорочень та похідних, отриманих при їх взаєморозрахунку

Показники	До експерименту	Після експерименту
Систолічний тиск (мм. рт. ст.)	102	116

Діастолічний тиск (мм. рт. ст.)	64	60
ЧСС	81	89
Індекс Кредо	21	25
Індекс Робінсона	82	93
Золотий переріз	1,59	1,9
Пульсовий тиск	38	56

Як видно з таблиці, адаптація організму до перегляду відео з полум'ям у каміні викликало підвищення систолічного та пульсового тиску, тонусу симпатичної ланки автономної нервової системи, індексу Робінсона, зрушення зі стану рівноваги «золотого перерізу» у бік його зростання. Отримані дослідження підтверджується аналізом осцилограм (мал. 4.64).



Мал. 4.64. Артеріадбні осцилограми зареєстровані: а) у пацієнта К., 22 р. до (зліва) та після (справа) перегляду відео з полум'ям у каміні; б) спектр миттєвої частоти представленої осцилограми, отриманий за допомогою перетворення Гільберта-Хуанга.

Як видно з малюнка, після перегляду відео з полум'ям збільшилась тривалість 1-ї фази компресії, досягнення максимуму амплітуд зросло з 28 с до 38 с, що свідчить про напруження адаптаційної здатності організму обстеженого.

Характер пульсацій оцінювався до та після експерименту за кількома критеріями (табл. 4.44).

Таблиця 4.44

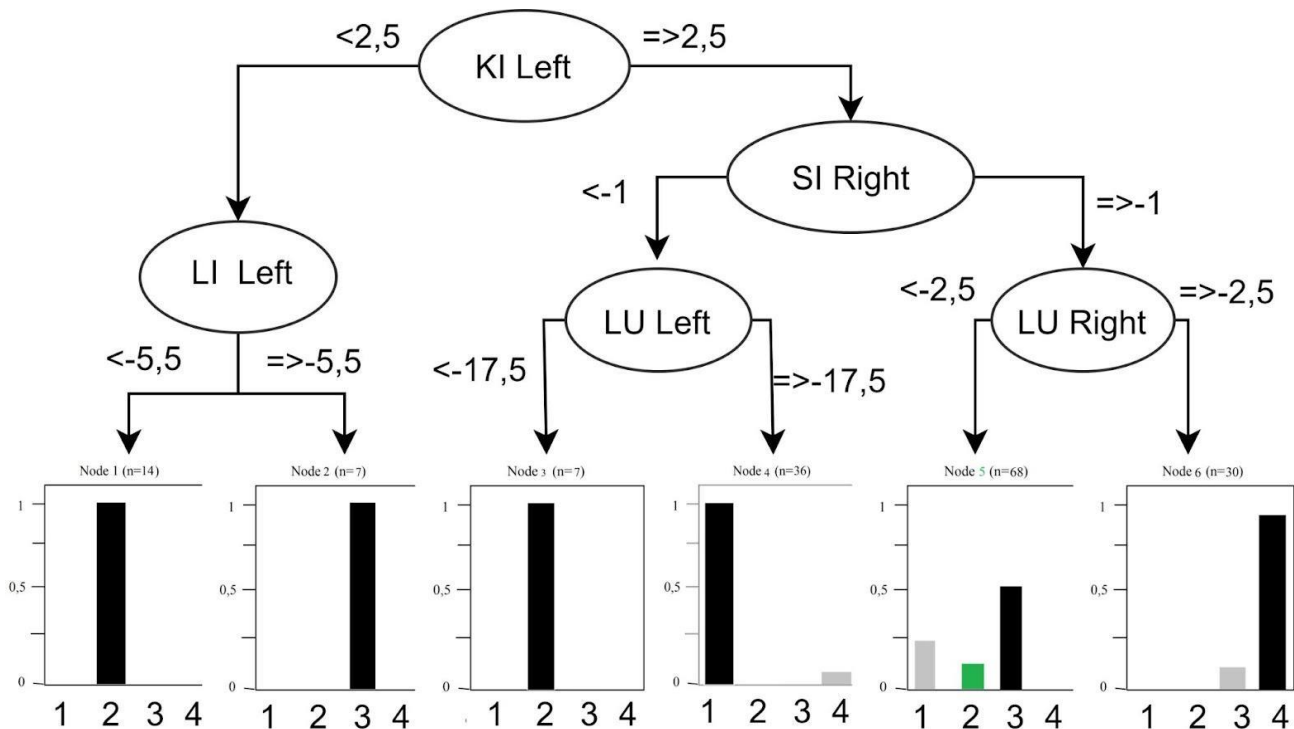
Характер пульсацій, що підлягають аналізу

Характер пульсацій, що підлягають аналізу	Період обстеження	
	До експерименту	Після експерименту
Переважає більшість	До 20 Гц	До 150 Гц
Середня кількість	70-100 Гц	200-250 Гц
Максимальні осциляції	220-250 Гц	500-850 Гц

Музика є одним з найбільш потужних видів втручання в регуляцію. Нею можна успішно користуватися у всіх випадках порушення регуляції. З використанням технологій осцилометрії можна підібрати і запропонувати пацієнту музичні твори, які найбільш відповідають здоров'ю, будуть покращувати його і створювати сприятливу базу для інших чисто лікарських втручань [92].

Узагальнення результатів впливу відзначених нами факторів привели до висновку, що реакція серцево-судинної системи навіть у випадку відносно однотипного вихідного стану і впливі однакових факторів не є однозначною, що об'єктивно підтверджує необхідність подальших досліджень.

Для диференціальної діагностики станів пацієнтів під впливом мультимедійних композицій побудовано ensemble of algorithms Random Forest Classifier, використано технології data mining. Для вивчення показників провідності меридіанів побудовано 100 варіантів дерев рішень. В кожному з побудованих дерев запропоновано алгоритм диференціації станів пацієнтів у вихідному стані та після перегляду трьох мультимедійних композицій (Вода, Вогонь, Метал). Приклад одного з дерев рішень подано на малюнку 4.65.



Мал. 4.65. Дерево рішень на підставі даних про провідність меридіанів за методом Накатані, отриманих на апаратно-програмному комплексі Комп'ютерна діагностика Дзин-Ло (70 осіб)

Таким чином, оцінюючи вплив Води на стан меридіанів, було відзначено достовірне зростання показників правого і лівого меридіанів селезінки і підшлункової залози (SP), що віднесені до стихії Земля. Ці дані співзвучні з тим фактом, що згідно з теорією У-Сін, Вода діє на Землю стимулююче. На вплив Води неоднозначно прореагувала стихія Вогню. Під даним впливом стан меридіанів серця (HT) фактично не змінювався, проте достовірно знизився лівий янський канал потрійного обігрівача (SJ) і зріс канал тонкого кишківника (SI). Оскільки Вода гасить Вогонь, то такий дисбаланс у серцевому каналі можна пояснити вищенаведеним фактом. Також перегляд відеофрагментів «Вода» пригнітив відповідну стихію Води, змінивши лівий іньський канал нирок (KI) та на противагу – стимулював правий янський канал сечового міхура (BL). Спостерігалася тенденція до активації каналу LV (стихія Дерева).

Відомо, що осцилометричні показники характеризують стан судинної системи, зокрема тонус судин, який визначає параметри системної гемодинаміки і регулюється міогенними, гуморальними і нейрогенними механізмами. В результаті, з точки зору китайської медицини, за судини найбільшою мірою відповідають три стихії: Земля, Вогонь і Вода. Таким чином, канал селезінки,

підшлункової залози контролює м'язову стінку судин, а канал перикарду – діяльність автономної нервової системи через вплив на симпатичну нервову систему, канал потрійного обігрівача – через вплив на парасимпатичну систему, канал нирок впливає на залози внутрішньої секреції, головний і спинний мозок.

Під впливом відео «Вода» було відзначене достовірне спадання показника M1, що відповідає стану покращення перистальтичної регулярності судинної стінки в спокої, без активного залучення нервово-рефлекторних механізмів регуляції (до значень діастолічного тиску). Очевидно, що Вода активізувала Землю (активізувались меридіани селезінки, активізувався міогенний механізм регуляції тону судин), що й вплинуло на покращення M1. Крім гладко-м'язових клітин, даний показник характеризує активацію ендотелію, котрий також регулює судинний тонус.

При цьому стан показників M2 та M3 погіршився. Власне, змінилась якість адаптації під час компресії і не повною мірою спрацювали нервово-рефлекторні механізми адаптації, порушилась ритмічність пульсацій. Можна припустити, що M1 більшою мірою характеризує стан гладких м'язів судин, коли приєднується компресія, починає домінувати нервова регуляція судинного тону, за яку відповідає стихія Вогонь. Під впливом стихії Води у стихії Вогню відбулась депресія в каналі SJ, що проявилась зниженням впливу парасимпатичної нервової системи. Крім того, зміни каналу нирок та сечового міхура безперечно спричиняли розлади гуморального впливу та впливу ЦНС на тонус судинної стінки. Інші осцилометричні показники виявились інтактними до впливу Води.

Мішенню після перегляду відео стихії Вогню стали органи, що відносяться до стихії Метал (Вогонь пригнічує Метал). Спостерігалось розбалансування під впливом Вогню: підвищився лівий «янський» меридіан товстого кишківника LI (left) та лівий «інський» меридіан легень (LU). Вплив Вогню спричинив достовірні зміни у каналі SI right (активація каналу), що віднесений до стихії Вогню. З меридіаном тонкого кишківника безпосередньо пов'язані артерії та судини верхніх кінцівок. Вогонь діє стимулююче на стихію Води, а отже, і на відповідні органи, що й проявилось активацією каналу KI лівої нирки (стихія Води). Проте не спостерігався достовірний вплив Вогню на стихію Землі. Вищенаведені зміни сприяли покращенню осцилометричних показників M2 та M3, M6 та M9. Вочевидь Вогонь стимулював судини та нирки (активація ЦНС та ендокринних органів з метою регуляції тону судинної стінки). В даному випадку покращилась якість адаптації під час компресії (M2), зумовлена нервово-рефлекторними механізмами (активація каналу KI), та відновились ритмічність пульсацій (M3). Спостерігалось покращення тону судин (M6), що оцінювався в

осцилограмі за наявністю дрібних осциляцій, зумовлених високочастотним скороченням посмугованих м'язів плеча у відповідь на компресію (зміни у каналі SI right). Позитивна динаміка зміни площі низхідної частини осциляцій (M9), що характеризує якість адаптації у відповідь на компресію плеча переважно судинною складовою, свідчила про зміни у каналі SI right.

Перегляд відеофрагменту «Дзвін» пригнітив лівий меридіан LI, віднесений до стихії Метал, та лівий меридіан печінки (LV), віднесений до стихії Дерево. Теорія У-Сін вказує на пригнічувальну дію Металу щодо Дерева. Метал стимулював лівий меридіан перикарду (PC), що пояснюється стимулюючим впливом даної стихії на Вогонь. Оскільки перикард відповідає за симпатичну іннервацію, то вочевидь її надмірна стимуляція погіршила осцилометричні показники: M1, M2, M3, M4, M6, M7. Проте не відзначалось достовірного впливу Металу на Воду. Отже, відеофрагмент «Дзвін» негативно вплинув як на якість адаптації судинної стінки на початку компресії, так і під час компресії, спричинив порушення ритмічності пульсацій (M3) та еластичності судин (M4). Оскільки тонічне напруження судинної стінки і ступінь її пасивного розтягнення зумовлені нервово-рефлекторним впливом, то вагому роль відіграє стимуляція меридіану перикарду (PC), що відповідає за активацію симпатичної нервової системи і спричинила дисбаланс у вищенаведених показниках.

Аналізуючи побудоване дерево рішень на основі проведених вимірювань провідності меридіанів, з подальшим аналізом показників (атрибутів) у чотирьох групах у вихідному стані після перегляду мультимедійних композицій «Вода», «Вогонь», «Метал» (70 осіб), доходимо висновку, що за інформативністю на першому місці стоїть показник провідності КІ зліва (мал. 4.65). При значеннях цього показника (КІ зліва) $< 2,5$ рекомендується оцінити значення провідності меридіану LI зліва. Якщо LI зліва $< -5,5$, то обстежені належать до групи пацієнтів, що переглянули мультимедійну композицію «Вода». Таких виявлено 56 осіб. При LI зліва $\geq -5,5$ (7 осіб) обстежені належать до групи осіб, що переглянули мультимедійну композицію «Вогонь» з ймовірністю $p=100\%$. При значеннях КІ зліва $\geq 2,5$ рекомендується оцінити значення провідності меридіана SI праворуч і при значеннях SI праворуч < -1 необхідно додатково оцінити значення LU ліворуч. При значенні LU ліворуч $< -17,5$, 7 осіб віднесено до групи, що переглянули мультимедійну композицію «Вода» з ймовірністю $p=100\%$. При значенні LU ліворуч $\geq -17,5$, 56 осіб належать до групи, що перебувала у вихідному стані (перед експериментом) та 7 осіб – до групи, що переглянула мультимедійну композицію «Метал» з ймовірністю $p=90\%$. У випадку значення провідності в меридіані SI праворуч ≥ -1 та LU праворуч $< -2,5$, 56 осіб належить до групи «Вогонь», 14 осіб –

до групи до експерименту, та 7 осіб – до групи після перегляду мультимедійної композиції «Вода» з ймовірністю $p=72\%$. При значеннях LU справа $\geq -2,5$, 63 особи віднесено до групи, що переглянула мультимедійну композицію «Метал», та 7 осіб – що переглянули мультимедійну композицію «Вогонь» з ймовірністю 90% .

Слід зазначити, що незважаючи на порівняння різнохарактерних впливів, де засобом оцінки є показники провідності меридіанів, має місце досить низька похибка диференціації досліджуваних груп від 0 до 33% . Найпростіше було диференціювати групу після перегляду мультимедійної композиції «Вода» ($p=0\%$), а найбільша похибка диференціації була у вихідному стані $p=33\%$.

Висновки

Перегляд стихії Води спричинив достовірні зміни у меридіанах SP, SJ, SI, KI, VL, тобто достовірно вплинув на стихії Землі, Вогню, Води, спостерігалась тенденція стимулюючого впливу на Дерево. Після даного перегляду також виявлено зміни осцилометричних показників: покращення M1 та погіршення M2, M3. Стихія Вогню достовірно змінила стан меридіанів LI, LU, SI, KI, що належать до стихій Металу, Вогню, Води. Даний факт сприяв покращенню M2, M3, M6 та M9. Проте не відзначено впливу на Землю.

Стихія Металу (перегляд відеофрагменту Дзвін) вплинула на меридіани LI, LV, PC, що притаманні відповідним стихіям Металу, Вогню і Дерева. Цей вплив також зумовив негативні зміни показників M1, M2, M3, M4, M6, M7. Проте не відзначено впливу на Воду.

В результаті, побудовано 100 варіантів дерев рішень. В кожному з них запропоновано алгоритм диференціації станів пацієнтів у вихідному стані та після перегляду трьох мультимедійних композицій «Вода», «Вогонь», «Метал». Проведено інтерпретацію одного з дерев рішень, показано, що найпростіше було диференціювати групу після перегляду мультимедійної композиції «Вода» ($p=0\%$), а найбільша похибка диференціації була у вихідному стані ($p=33\%$).

Аналізуючи вищенаведені факти, можна стверджувати, що існує нерозривний взаємозв'язок всіх п'яти першоелементів (Дерева, Вогню, Землі, Металу, Води) з механізмами адаптації на компресію плеча через нервову та серцево-судинну систему. Земля впливає безпосередньо на м'язову стінку судин, Вогонь – на діяльність автономної нервової системи через симпатичну та парасимпатичну ланки, Вода регулює діяльність серцево-судинної системи через ЦНС та гуморальні чинники. При цьому кожний з них пов'язаний з іншими за допомогою продуктивних і деструктивних процесів, що потребують подальшого вивчення та переосмислення розуміння процесів життєдіяльності з позицій системного підходу (психосоматична модель китайської медицини).

Також слід зазначити, що існує взаємозв'язок мультимедійної симуляції образів стихій зі станом меридіанів та якістю адаптації судин при компресії. У такий спосіб підтверджено теорію Vien Chue про взаємозв'язок між іміджем (образом) та функціональним станом організму.

В результаті запропоновано альтернативний шлях впливу на стан меридіанів та судинний тонус за допомогою мультимедійних композицій та образів на додачу до голковколуювання, припікання, впливу трав, харчування тощо.

Вказані підходи можна широко використовувати в практичній діяльності. Так, приклад реалізованого психомодуючого мультимедійного середовища реалізовано в медичній інформаційній системі реабілітації Оранта-МІС (подано за посиланням <https://oranta-mis.com>) як додатковий профілактичний та реабілітаційний компонент для підвищення рівня здоров'я нації та для індивідуалізації методів, запропонованих в джерелах інформації [87] та [186].

4.4.4. Перспектива створення системи віртуальної реальності зі зворотним зв'язком для корекції психологічного стану пацієнта

Д.В. Вакуленко, Л.О. Вакуленко, О.В. Гевко

Актуальність теми. Сучасний ритм життя, психологічні наслідки пандемії COVID-19, бойові дії в Україні, соціальні та економічні зміни сприяють зростанню рівня тривожно-депресивних розладів, психоемоційного напруження, психологічної дезадаптації, зниженню стресостійкості. Зростає поширеність цих проблем і серед студентів [258]. Своєчасна діагностика рівня тривожності та його психотерапевтична корекція є важливою проблематикою в умовах сьогодення.

Оцінка варіабельності серцевого ритму дозволяє визначити стан автономної нервової системи [47, 171]. Адже варіабельність серцевого ритму характеризує мінливість часових інтервалів між скороченнями серця, відповідно, її аналіз відображає стан регуляторних механізмів і їхню стійкість до впливу фізичних та психоемоційних чинників [47, 171]. Тому дана методика слугує індикатором психоемоційної дезадаптації, і її використовують для експрес-діагностики функціонального стану організму. Підвищення активності парасимпатичного відділу автономної нервової системи вважається маркером стресостійкості. В останні роки науковців зацікавила артеріальна осцилографія як перспективний, простий і високоінформативний метод для оцінки варіабельності і якості адаптації.

Автором Вакуленком Д. [85] розроблена програма для використання показників електрокардіосигналу при аналізі пульсових коливань периферійних судин на артеріальних осцилограмах, зареєстрованих під час вимірювання артеріального тиску. Оскільки амплітуда пульсової хвилі є пропорційною до просвіту судини, то застосування даного методу дозволяє оцінити периферичний кровотік. Провівши математичний аналіз осцилограм з використанням часового та спектрального методів, можна оцінити співвідношення між симпатичною і парасимпатичною ланками автономної нервової системи і, відповідно, їхню роль у судинному тонусі [178, 180].

Окремі дослідники проводять чітку асоціацію між нейропсихологічним статусом і характеристиками варіабельності серцевого ритму [196]. Попри ці моменти, важливим питанням для вирішення корекції порушень, що викликані стресом, тривожно-депресивними розладами, є методика біологічного зворотного зв'язку за параметрами варіабельності серцевого ритму. Актуальними на сьогоднішній день є тренінги, націлені на підвищення парасимпатичного тонусу, що позитивно впливають на стан людей, запобігають виникненню серцево-судинної патології, різного роду неврозів. Диференційовані релаксаційні техніки зможуть вирішити в майбутньому проблему стресостійкості [66,111].

Існує ряд наукових робіт, присвячених даній тематиці, проте не вивчався вплив перегляду відеофрагментів на стан судинного тонусу. Відповідно, оцінюючи стан стресостійкості за параметрами даних математичного аналізу артеріальних осцилограм, можна аналізувати вихідний психологічний стан обстежуваного і за допомогою системи зворотного зв'язку безпосередньо впливати на нього, підбираючи картинки, відеофрагменти, що здатні викликати позитивні емоції. Незаперечним є той факт, що перегляд зображень викликає своєрідні емоції, які можуть відображатись як у варіабельності серцевого ритму, так і на електроенцефалограмі (ЕЕГ). Зокрема, перегляд картинок з різним емоційним забарвленням спричиняє зміну ритмів ЕЕГ [57], низка авторів наголошує саме на бета-діапазоні [100].

Нашу увагу привернув ряд наукових публікацій, де підкреслено заспокійливий ефект природних звуків (шум водоспаду, дощу, вітру, щебетання птахів тощо) [3]. Так, ще Ulrich R.S [144] висловив у своїх дослідженнях думку, що вплив природного середовища має відновлювальний ефект і викликає позитивні емоції. Згідно з його дослідженнями, перегляд відеофільмів зі зображенням природи сприяли швидшому відновленню після стресу. Вивчалася також перевага впливу приємних звуків (50 дБА) природного середовища над шумами міського середовища і їхня перевага у відновленні після стресу. При цьому нерідко

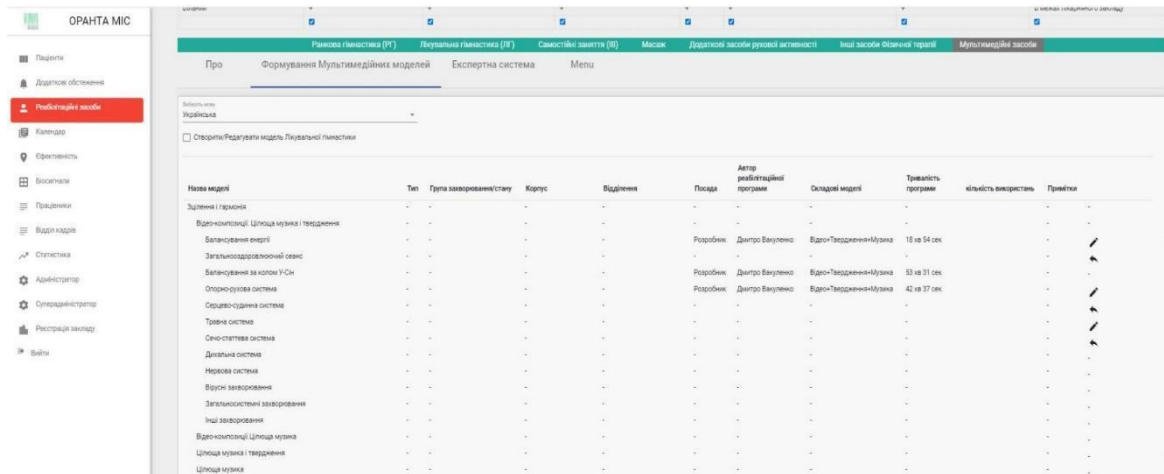
використовували показники варіабельності [3]. Є дані, що звуки вітру та щебетання птахів суттєво знижують активність амілази слинної залози, яка слугує маркером психоемоційного напруження [157]. Власне, впливати за допомогою віртуального середовища, використовуючи звуки природи, природні ландшафти та інші імітації, є досить перспективною ідеєю, яка потребує більш детального вивчення.

Віртуальна реальність (VR) – це тривимірна модель реальності, яка створена комп'ютерними засобами і створює ефект присутності людини в ній. Віртуальна реальність, впливаючи на систему органів чуття, здатна викликати безумовні емоційні реакції. Перспективним напрямком вважається вивчення впливу систем VR на людину, і зокрема на тривожні розлади [23, 73]. Якщо раніше шоломи віртуальної реальності застосовувались як розвага, то в умовах сьогодення головні дисплеї фірм Oculus Rift, HTC Vive та інші оснащені різного роду датчиками, вмонтованими у шолом та з'єднаними з іншими пристроями та датчиками, що моніторять фізіологічний стан систем і органів.

Відповідно, досить перспективним напрямком є вивчення впливу візуальної і звукової віртуалізації на біооб'єкт і, відповідно, подальше використання даного впливу з метою корекції тривожних розладів.

Мета досліджень. Метою нашої роботи було вивчення впливу відео «дзюрчання води» на вегетативний баланс з перспективою створення системи VR для психологічної реабілітації. Для реалізації поставленої мети досліджували стан автономної системи у студентів, оскільки вони перебувають в зоні ризику стосовно напруження регуляторних систем, що пов'язано з екзаменаційними стресовими ситуаціями, незвичним для їхнього сприйняття дистанційним навчанням. Незаперечним є той факт, що поширеність дезадаптивних розладів серед студентів коливається від 5,8 до 61,35% [258].

Матеріали та методи досліджень. Було обстежено 80 студентів (45 хлопців, 35 дівчат) ТНТУ ім. Пулюя та ТДМУ ім. І.Я. Горбачевського м. Тернополя. Дослідження проводили у два етапи. На першому етапі визначали рівень тривожності та оцінювали параметри варіабельності серцевого ритму у спокої, на другому – аналогічні параметри визначали після 5-хвилинного впливу відеокомпозиції «дзюрчання води». Як аудіовізуальний вплив був використаний модуль реабілітації пацієнта засобами віртуальної реальності, який інтегрований до медичної інформаційної системи Оранта-МІС (мал. 4.66). Вказаний реабілітаційний засіб є складовою реабілітаційної програми.



Мал. 4.66. Вебінтерфейс для формування програми реабілітації на основі середовища віртуальної реальності

Стан автономної нервової системи оцінювали за показниками артеріальної осцилограм, зареєстрованої під час вимірювання артеріального тиску електронним вимірювачем артеріального тиску ВАТ 41-2 (виробник ІКС-ТЕХНО). За допомогою спеціальних комп'ютерних програм, розроблених Вакуленком Д.В. [85], проводили аналіз артеріальних осцилограм. Показники пульсацій осцилограм оцінювали за максимальними (позитивними) екстремумами – *max* (під час проходження систолічної хвилі, серцева складова) та мінімальними (негативними) екстремумами – *min* (у період діастолі, судинна складова).

Стан вегетативного балансу та рівні керування діяльністю серцево-судинної системи оцінювали за показниками часового і спектрального аналізу артеріальних осцилограм. Досліджували часові показники осцилограм у вигляді *IN*, *IVR*, *BP*, *RMSSD*, де *IN* – індекс напруження, *IVR* – індекс автономної рівноваги, *BP* – вегетативний показник ритму, *RMSSD* – квадратний корінь із середньої суми квадратів різниць між сусідніми *NN*-інтервалами. *IVR* оцінювався як показник, що дорівнює відношенню амплітуди моди гістограми розподілу кардіоінтегралів до різниці між максимальним і мінімальним кардіоінтервалами у вибірці. Даний індекс залежить від співвідношення між активністю симпатичної та парасимпатичної ланок автономної нервової системи. Своєю чергою, показники *BP* і *RMSSD* характеризують ступінь впливу парасимпатичної ланки регуляції: чим менший *BP*, тим більше переважає парасимпатична регуляція, а *RMSSD* відображає здатність синусоїдального вузла до концентрації серцевого ритму. Показником, чутливим до посилення тону симпатичної ланки вегетативного контуру, вважається *IN*, який відображає ступінь напруження регуляторних систем і переважання активності центральних механізмів регуляції над автономними.

Фізіологічний зміст спектрального аналізу артеріальної осцилограми (за аналогією з варіабельністю серцевого ритму електрокардіосигналу) полягає у тому, що за його допомогою оцінюються взаємовідносини окремих рівнів керування як ритмом серця [1], так і діяльністю судин [180]. Оцінювали спектральні показники: ULF, VLF, LF, HF. Відповідно, ULF – хвилі ультранизької частоти (менше 0,0033 Гц), VLF – хвилі дуже низької частоти (0,04–0,0033 Гц), LF – низькочастотний компонент спектру (0,04–0,15 Гц), HF – високочастотна складова спектру (0,15–0,4 Гц). При цьому показник LF і VLF характеризують симпатичний тонус, а показник HF – парасимпатичний [32]. Точне походження показника ULF залишається невідомим, вважається, що даний діапазон відображає активність вищих центрів регуляції серцевого ритму. Підвищення даного показника є характерним для зриву адаптації серцевого ритму.

Рівень особистісної тривожності визначали за методикою Ч.Д. Спілбергера, ступінь прояву нейротизму проводили за методикою Г.Айзенка, використовуючи 23 питання за шкалою нейротизм-стабільність [23].

Статистичний аналіз отриманих результатів проводився з використанням програмного пакету OscEcgReoPuls. Статистичну оцінку достовірності показників здійснювали за допомогою критерію Стьюдента.

Результати досліджень та їх аналіз

Серед обстежених студентів у 30 (37,5%) за даними опитування тесту Спілбергера було виявлено рівень особистісної тривожності більше 45 балів, та у 25 (31,25%) високий ступінь прояву нейротизму. Все ж домінуючими залишались вибірки з низьким і помірним рівнем особистісної тривожності. Дані показники особливо тісно корелювали з показниками спектрального аналізу, як-от LF і HF. Власне, між показником HF і рівнем тривожності відзначався тісний негативний корелятивний зв'язок, натомість з LF – тісний позитивний корелятивний зв'язок. Показник LF був неодноразово описаний в науковій літературі як стрес-регулюючий, адже високий рівень тривожності пов'язаний з активацією симпатичної нервової системи. Збільшення показника HF свідчить про збільшення адаптивних резервів, тому даний показник був достовірно вищим у студентів з низьким і помірним ступенем тривожності.

Як видно з таблиці 4.45, перегляд відео «дзюрчання води» викликав значну достовірну динаміку досліджуваних показників як у групі з вихідним високим рівнем тривожності, так і без неї. У загальній вибірці студентів при часовому аналізі артеріальних осцилограм за максимальними (позитивними) екстремумами зареєстровано різке зростання показників IN (активності центрального контуру керування), IVR (активності симпатичної ланки ВНС) та зниження при цьому ВР,

RMSSD (активності її парасимпатичної ланки). Зазначене свідчить, що перегляд відео «Вода» сприяє зростанню централізації впливу на діяльність серця, зростають церебральні ерготропні впливи. Водночас судинний компонент зреагував по-іншому, спостерігалось достовірне зменшення впливу симпатичної ланки ВНС на стан судин. Про це свідчать показники, зареєстровані за мінімальними (негативними) екстремумами: значне зниження IN, IVR та зростання BP ($p < 0,05$). Власне, судинний компонент впливу проявлявся різким зниження симпатикотонії (табл. 4.45).

Таблиця 4.45

Часовий аналіз варіабельності серцевого ритму за показниками максимальних (pos) і мінімальних (neg) екстремумів артеріальних осцилограм, зареєстрованих до обстеження та після перегляду відеокомпозиції «дзюрчання води» (n=80)

Показник	У стані спокою	Після візуалізації
IN-pos	17,61±1,642	33,35±9,673*
IVR-pos	44,7±3,27	108,64±17,384*
BP-pos	0,71±0,048	0,2928±0,028*
RMSSD	0,12±0,019	0,075±0,006*
AMo-neg	43,05±2,480	25,05±2,113*
IN-neg	45,29±4,034	10,89±0,810*
IVR-neg	109,45±10,781	29,45±2,372*
BP-neg	0,31±0,043	0,857±0,018*

Примітка: * $p < 0,05$ – достовірні зміни між вихідним станом і після перегляду відео «Вода».

Очевидна різниця між показниками часового аналізу за позитивними і негативними екстремумами підтверджує неоднозначний вплив візуалізації відеофрагментів як на центральний контур, так і на судинний. Власне, в центральному контурі посилилась симпатична ланка автономної нервової системи, а в судинному вона знизилась і зсунувся баланс у бік парасимпатичної системи.

Спектральний аналіз (табл. 4.46) артеріальних осцилограм дав можливість вивчити і оцінити вплив різних рівнів регуляції діяльності серцево-судинної системи, а саме – вплив безпосередньо на стан судин. Привертає увагу достовірною динаміка всіх досліджуваних показників при «зануренні» обстежених у віртуальну

реальність за допомогою відеокomпозиції «дзюрчання води». В процесі дослідження відбулось достовірне підвищення показників HF(%) і LF(%). Причём підвищення компоненту HF було домінуючим, що вказує на позитивний вплив відеокomпозиції на вегетативний баланс і повністю співпадає з фактом про роль компонента HF у здатності до саморегуляції та оптимального вегетативного регулювання [14]. На протипагу вищезгаданим показникам HF і LF, відсоток коливань дуже низької частоти VLF в загальній потужності спектру і ультранизької частоти ULF достовірно знизився майже однаковою мірою (-51% і -53%). Спадання потужності VLF свідчило також про зниження гуморальної регуляції і активності симпатичного компоненту регуляції.

Таблиця 4.46

Спектральний аналіз показників артеріальних осцилограм за загальною потужністю спектру сигналу, зареєстрованих до обстеження та після перегляду відеокomпозиції «дзюрчання води» (n=80)

	У стані спокою	Після візуалізації	
%ULF	2,33±0,104	1,14±0,25*	-51%
%VLF	35,98±6,63	17,03±1,96*	-53%
%LF	13,56±1.23	16,25±1.54*	+20%
%HF	48,13±5,81	64,63±3,43*	+34%

Примітка. * $p < 0,05$ – достовірні зміни між вихідним станом і після перегляду відео «Вода».

Отже, перегляд відеокomпозиції «дзюрчання води» сприяв зниженню впливу симпатичної ланки ВНС на стан судин, зменшенню психоемоційного напруження. Про це свідчить зниження відсотка ULF та VLF у загальному спектрі частот та виражене зростання HF (високочастотна складова спектру, що відповідає рівню активності парасимпатичної ланки регуляції).

Таким чином, автоматизована система формування складової реабілітаційної програми пацієнта з використанням віртуальної реальності зі зворотним зв'язком для корекції психофізіологічного стану пацієнта повинна включати блок для відбору артеріальної осцилограми, блок обробки даних та блок для аудіовізуального впливу.

Зворотний зв'язок передбачає оцінку часових і спектральних характеристик артеріальної осцилограми і відстежування їх змін під аудіовізуальним впливом

мультимедійного середовища. Особлива увага звертається на показники, які характеризують стан АНС. Симпатичну активність оцінювали за часовим (IN) та спектральними (LF і VLF) показниками, активність парасимпатичної ланки – за часовими (BP, RMSSD) та спектральними (HF) показниками. Відеозображення буде подаватись під контролем досягнення автономної рівноваги. Як блок для аудіовізуалізації можна застосовувати VR-окуляри.

Висновки

Частотний аналіз варіабельності серцевого ритму слугує індикатором стану регуляторних механізмів, зокрема нервової системи і психологічного стану. Зазначені тісні кореляційні зв'язки між рівнем особистісної тривожності та показниками варіабельності серцевого ритму відображають стан симпатичної та парасимпатичної ланок автономної нервової системи, за ними можна прогнозувати рівень стресового стану людини.

Аналіз варіабельності серцевого ритму під впливом перегляду композицій «дзюрчання води» за часовим і спектральним методами показали позитивний заспокійливий вплив і доцільність застосування даної методики у системах віртуальної реальності зі зворотним зв'язком, що допоможе контролювати рівень стресового стану і впливати відповідними відеофрагментами. Відбір і аналіз артеріальної осцилограми у такій системі віртуальної реальності буде слугувати маркером в оцінці психологічного стану людини, а відеозображення композиції «дзюрчання води» дозволить коректувати психологічний стан пацієнта.

Перспективою подальших досліджень є вивчення впливу різного роду відеофрагментів на вегетативний баланс і розробка реабілітаційної автоматизованої системи віртуальної реальності зі зворотним зв'язком, в основу якої вкладено автоматизований відбір і аналіз артеріальної осцилограми для застосування у боротьбі зі стресом.

РОЗДІЛ V

ЗАСТОСУВАННЯ МАШИННОГО НАВЧАННЯ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ ІНФОРМАТИВНОСТІ АРТЕРІАЛЬНОЇ ОСЦИЛОГРАФІЇ В ПК ОРАНТА-АО

5.1. Застосування орієнтованих ациклічних графів у диференціальній діагностиці легеневих захворювань на основі аналізу артеріальних осцилограм

*В.П. Марценюк, Д.В. Вакуленко, Л.А. Грищук, Л.О. Вакуленко,
Н.О. Кравець, Н.Я. Климук*

Актуальність теми. Туберкульоз – інфекційна хвороба, яка викликається мікобактеріями туберкульозу і характеризується утворенням специфічних гранулом в різноманітних органах та тканинах (найчастіше у легенях) і поліморфною клінічною картиною. Одночасно туберкульоз – це глобальне захворювання, яке зустрічається у всіх країнах світу. Це провідна інфекційна причина смерті в усьому світі. За оцінками Всесвітньої організації охорони здоров'я, 1,8 мільярда людей – близько чверті всього населення світу – заражені мікобактеріями туберкульозу. Минулого року 10 мільйонів захворіли на туберкульоз, 1,5 мільйона померли. Туберкульоз несе відповідальність за економічне спустошення та виникнення бідності та хвороб, що охоплює сім'ї, громади та навіть цілі країни. Серед найбільш уразливих – жінки, діти та ВІЛ / СНІД-інфіковані [40]. Зростає стійкість мікобактерій до доступних ліків, а це означає, що захворювання важче піддається лікуванню. На даний час хворих на туберкульоз можна віднести до групи ризику захворювання на коронавірус COVID-19. Відомо, що при туберкульозі уражаються майже всі органи і системи організму людини, зокрема судинна система. Важливою є своєчасна діагностика і диференціальна діагностика туберкульозу [49]. Диференціальну діагностику туберкульозу легень проводять з іншими легенежими хворобами, а саме – неспецифічними та вірусними пневмоніями, хронічним обструктивним захворюванням легень, ураженням легень при серцево-судинних захворюваннях.

За відсутності рандомізованого контрольованого дослідження (RCT), Big data analysis methods може використовуватись для диференціації різних патологічних станів, ранньої діагностики та оцінки ефективності терапевтичного втручання, при прийнятті рішень у галузі охорони здоров'я [9, 10, 56, 75, 98, 121, 133, 137, 154]. Навіть коли результати прямих діагностичних методів є переконливими, застосування методів ОАГ (орієнтовані ациклічні графи) можуть дати більш уточнену оцінку та розуміння закономірностей перебігу захворювання [9, 10, 56,

133, 137, 154]. Якщо доказова база складається з мережі RCT, що включає діагностування прийнятими прямими методами (лабораторними чи апаратними) чи (та) опосередкованими, результати можуть бути синтезовані за допомогою *by means* чи *a network meta-analysis* [58, 85, 86, 88, 98].

Мета досліджень: побудувати АОГ (орієнтовані ациклічні графи) за допомогою показників, отриманих при аналізі артеріальних осцилограм (Д. Вакуленко, Л. Вакуленко) [84, 147], зареєстрованих при вимірюванні артеріального тиску. Виявити значущі додаткові діагностичні маршрути та показники, оцінити вагомість та надати їм біологічну інтерпретацію у осіб з раніше діагностованими захворюваннями дихальної системи (137 осіб), серцево-судинної (322 особи) системи та здорових (471 особа).

Матеріали та методи досліджень. Обстеженню підлягало 960 осіб. Вибірка складалась з таких категорій обстежених: із захворювання дихальної системи (137 осіб), серцево-судинної (322 особи) та здорових (471 особа). До групи з легеневиими захворюваннями увійшли особи з активною формою туберкульозу (84 особи): різного ступеню складності (з ураженням 1 та 2 легень, хіміорезистентний туберкульоз), різної статі, зі шкідливими звичками і без (палять, не палять); хворі на хронічні обструктивні захворювання легень (45 осіб), пневмонію (8 осіб). У хворих на серцево судинні захворювання основним діагнозом були різні клінічні прояви ішемічної хвороби серця (255 осіб) та артеріальна гіпертензія (67 осіб).

Артеріальні осцилограми реєстрували під час вимірювання артеріального тиску під час зростання компресії за допомогою електронного тонометра ВАТ 41-2 (манжета накладена на плече). Подальший аналіз АТ проводили за методикою, запропонованою Д.В. Вакуленком, Л.О. Вакуленко [84, 98, 147]. Структура атрибутів, які використовувалися в алгоритмах аналізу даних, представлена в табл. 5.1.

Таблиця 5.1

Атрибути індукції дерева рішень, що базується на показниках артеріальної осцилографії

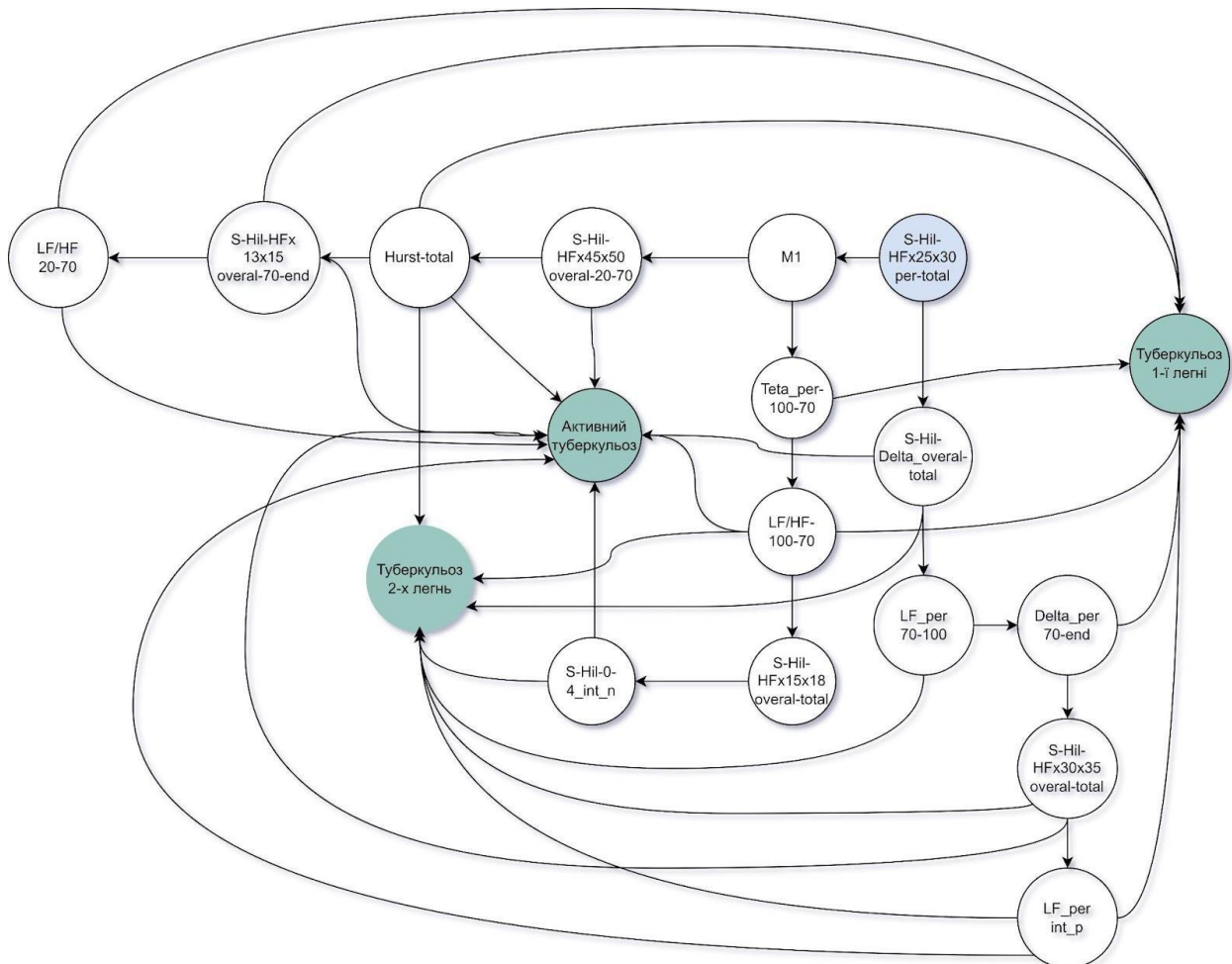
Позначення атрибута	Специфікація атрибута	Тип значень атрибутів
A1...A9	Морфологічний аналіз	Дійсні числа
A10	Фрактальна розмірність	Дійсні числа
A11...A49	Часовий аналіз	Дійсні числа
A50...A475	Спектральний аналіз	Дійсні числа
A50...A335	Потужність спектру осцилограм за перетворенням Фур'є	Дійсні числа
A406...A455	Потужність спектру інтервалограм осцилограми за перетворенням Фур'є	Дійсні числа

A336...A405	Потужність спектру осцилограм їх частоти та фази за перетворенням Гільберта-Хуанга	Дійсні числа
A456...A475	Потужність частоти та фази інтервалограм осцилограми за перетворенням Гільберта-Хуанга	Дійсні числа

ОАГ – це графічна структура, що складається з набору відповідних вузлів, кожен з яких пов'язаний з випадковою змінною, та відповідні стрілки, що з'єднують вузли, які відображають показники, що є ключовими в диференціації патологічних станів [9, 10, 56, 135, 137, 180].

Результати досліджень та їх аналіз

Аналіз орієнтованих ациклічних графіків (ОАГ) на основі вимірювань артеріального тиску з подальшим аналізом показників (атрибутів), отриманих з артеріальних осцилограм, у групі пацієнтів з 1-стороннім туберкульозом (31 особа), 2-стороннім туберкульозом (43 особи), активним туберкульозом (24 особи), наведений на мал. 5.1.



Мал. 5.1. Орієнтовані ациклічні графи (ОАГ), що відображають залежності між пацієнтами з 1-стороннім туберкульозом (31 особа), 2-стороннім туберкульозом (43 особи), активним туберкульозом (24 пацієнти).

Розглянемо можливі маршрути для виявлення хворих на туберкульоз з двома ураженими легенями.

Для диференціювання туберкульозу 1-ї легені знадобилось 7 атрибутів (Teta_per-100-70, LF/HF-100-70, Delta_per_70-end, LF_per_int_p, Hurst-total, S-Hil-HFx13x15_overal-70-end, LF/HF_20-70). У 93,55% (29 осіб) хворих диференційовано правильно, а в 6,45% (2 особи) зараховано до хворих на активну форму туберкульозу.

Розглянемо можливі маршрути для виявлення хворих на туберкульоз з однією ураженою легенею.

1. маршрут складається з 3 вузлів S-Hil-HFx25x30_per-total (0,32) → M1 (0,52) → Teta_per-100-70 (0,29) → 1-сторонній туберкульоз (1), шлях повної ймовірності – 0,048
2. маршрут складається з 4 вузлів S-Hil-HFx25x30_per-total (0,32) → M1(0,52) → Teta_per-100-70 (0,29) → LF/HF-100-70 (0,077) → 1-сторонній туберкульоз (1), шлях повної ймовірності – 0,004
3. маршрут складається з 4 вузлів S-Hil-HFx25x30_per-total (0,32) → S-Hil-Delta_overal-total (0,104) → LF_per-70-100 (0,142) → Delta_per-70-end (0,167) → 1-сторонній туберкульоз(1), шлях повної ймовірності – 0,001
4. маршрут складається з 4 вузлів S-Hil-HFx25x30_per-total (0,32) → M1 (0,52) → S-Hil-HFx45x50_overal-20-70 (0,63) → Hurst-total (0,7) → 1-сторонній туберкульоз (0,29), шлях повної ймовірності – (0,021)
5. маршрут складається з 5 вузлів S-Hil-HFx25x30_per-total (0,32) → M1 (0,52) → S-Hil-HFx45x50_overal-20-70 → Hurst-total (0,7) → S-Hil-HFx13x15_overal-70-end (0,83) → 1-сторонній туберкульоз (0,05), шлях повної ймовірності – 0,03
6. маршрут складається з 6 вузлів S-Hil-HFx25x30_per-total (0,32) → M1 (0,52) → S-Hil-HFx45x50_overal-20-70 (0,63) → Hurst-total (0,7) → S-Hil-HFx13x15_overal-70-end (0,83) → LF/HF-20-70 (0,94) → 1-сторонній туберкульоз (1), шлях повної ймовірності – 0,057
7. маршрут складається з 6 вузлів S-Hil-HFx25x30_per-total (0,32) → S-Hil-Delta_overal-total (0,104) → LF_per-70-100 (0,14) → Delta_per-70-end (0,17) → S-Hil-HFx30x35_overal-total (0,17) → LF_per_int_p (0,107) → 1-сторонній туберкульоз (0,43), шлях повної ймовірності – 0,000006

Найбільше значення ймовірності при виявленні хворих на туберкульоз з однією ураженою легенею було виявлено в шостому маршруті (0,057). Ключовою кінцевою ознакою була оцінка здатності автономної нервової системи утримати рівновагу симпатичної та парасимпатичних ланок під час адаптації на початку компресії плеча LF/HF-20-70. При значеннях LF/HF-20-70 $\leq 7,97$ (16 осіб) хворі на туберкульоз з однією ураженою легенею, а при LF/HF-20-70 $> 7,97$ хворі на туберкульоз з двома ураженими легенями.

При диференціюванні 2-стороннього туберкульозу знадобилось 8 кінцевих атрибутів (LF_per_int_p, LF/HF-20-70, Delta_per-70-end, LF/HF-100-70, Hurst-total, S-Hil-HFx45x50_overal-20-70, LF_per-70-100, S-Hil-Delta_overal-total). В 90,70% (39 осіб) хворих диференційовано правильно, в 2,33% (1 особа) зараховано до хворих з 1-стороннім туберкульозом, в 6,98% (3 особи) зараховано до хворих на активну форму туберкульозу.

Розглянемо можливі маршрути для виявлення хворих на туберкульоз з двома ураженими легенями.

1. маршрут складається з 2 вузлів S-Hil-HFx25x30_per-total (0,44) \rightarrow S-Hil-Delta_overal-total (0,54) \rightarrow Туберкульоз із двома ураженими легенями (0,92), шлях повної ймовірності – 0,219
2. маршрут складається з 3 вузлів S-Hil-HFx25x30_per-total (0,44) \rightarrow S-Hil-Delta_overal-total (0,54) \rightarrow LF_per-70-100 (0,4) \rightarrow Туберкульоз із двома ураженими легенями (1), шлях повної ймовірності – 0,217
3. маршрут складається з 3 вузлів S-Hil-HFx25x30_per-total (0,44) \rightarrow M1 (0,34) \rightarrow S-Hil-HFx45x50_overal-20-70 (0,18) \rightarrow Туберкульоз із двома ураженими легенями (1), шлях повної ймовірності – 0,062
4. маршрут складається з 4 вузлів S-Hil-HFx25x30_per-total (0,44) \rightarrow M1 (0,34) S-Hil-HFx45x50_overal-20-70 (0,18) \rightarrow Hurst-total (0,1) \rightarrow Туберкульоз із двома ураженими легенями (0,29), шлях повної ймовірності – 0,001
5. маршрут складається 4 вузлів S-Hil-HFx25x30_per-total (0,44) \rightarrow M1 (0,34) \rightarrow Teta_per-100-70 (0,65) \rightarrow LF/HF-100-70 (0,85) \rightarrow Туберкульоз із двома ураженими легенями (0,92), шлях повної ймовірності – 0,075
6. маршрут складається 6 вузлів S-Hil-HFx25x30_per-total (0,44) \rightarrow S-Hil-Delta_overal-total (0,54) \rightarrow LF_per-70-100 (0,4) \rightarrow Delta_per-70-end (0,3) \rightarrow S-Hil-HFx30x35_overal-total (0,32) \rightarrow LF_per_int_p (0,42) \rightarrow Туберкульоз із двома ураженими легенями (0,58), шлях повної ймовірності – 0,002
7. маршрут складається 6 вузлів S-Hil-HFx25x30_per-total (0,44) \rightarrow S-Hil-Delta_overal-total (0,54) \rightarrow LF_per-70-100 (0,4) \rightarrow Delta_per-70-end (0,3) \rightarrow S-

Nil-HF_{x30x35_overall-total} (0,32) → LF_per_int_p (0,42) → Туберкульоз із двома ураженими легенями (0,143), шлях повної ймовірності – 0,001.

Найбільше значення ймовірності при виявленні хворих на туберкульоз з двома ураженими легенями було виявлено в першому маршруті (0,219). Ключовою кінцевою ознакою була оцінка миттєвої відновлювальної здатності під час адаптації на компресію плеча S-Nil-Delta_overall-total, розрахованою миттєвою частотою за перетворенням Гільберта-Хуанга в діапазоні від 0 Гц до 4 Гц [84, 119].

Для диференціювання хворих на активну форму туберкульозу знадобилось 7 кінцевих атрибутів (S-Nil-Delta_overall-total, Hurst-total, LF/HF-100-70, LF/HF-100-70, S-Nil-HF_{x13x15_overall-70-end}, S-Nil-HF_{x30x35_overall-total}, LF_per_int_p). В 45,83% (11 осіб) хворих диференційовано правильно, в 29,17% (7 особа) зараховано до хворих з туберкульозом із двома ураженими легенями, в 25,00% (6 особи) зараховано до хворих з 1-стороннім туберкульозом.

Розглянемо можливі маршрути для виявлення хворих з активною формою туберкульозу легень з двома ураженими легенями.

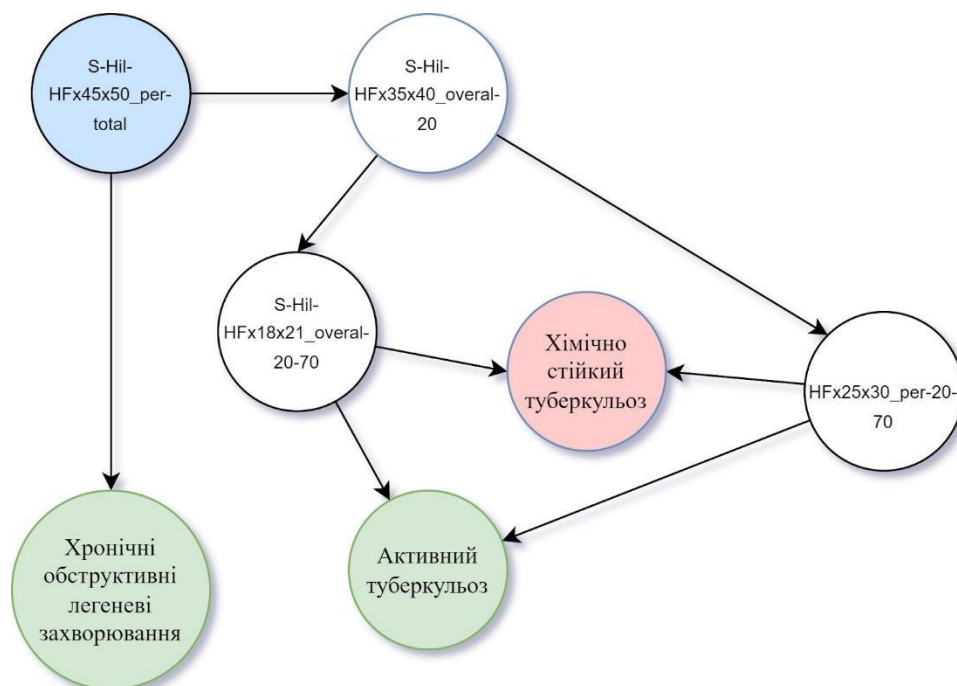
1. маршрут складається з 2 вузлів S-Nil-HF_{x25x30_per-total} (0,24) → S-Nil-Delta_overall-total (0,35) → Активний туберкульоз (0,077), шлях повної ймовірності – 0,0067
2. маршрут складається з 4 вузлів S-Nil-HF_{x25x30_per-total} (0,24) → M1 (0,14) → S-Nil-HF_{x45x50_overall-20-70} (0,18) → Hurst-total (0,2) → Активний туберкульоз (0,43), шлях повної ймовірності – 0,0005
3. маршрут складається 4 вузлів S-Nil-HF_{x25x30_per-total} (0,24) → M1 (0,14) → Teta_per-100-70 (0,059) → LF/HF-100-70 (0,077) → Активний туберкульоз (0,083), шлях повної ймовірності – 0,00001
4. маршрут складається з 5 вузлів S-Nil-HF_{x25x30_per-total} (0,24) → M1 (0,14) → S-Nil-HF_{x45x50_overall-20-70} (0,18) → Hurst-total (0,2) → S-Nil-HF_{x13x15_overall-70-end} (0,13) → Активний туберкульоз (0,5), шлях повної ймовірності – 0,0001
5. маршрут складається 5 вузлів S-Nil-HF_{x25x30_per-total} (0,24) → S-Nil-Delta_overall-total (0,35) → LF_per-70-100 (0,46) → Delta_per-70-end (0,53) → S-Nil-HF_{x30x35_overall-total} (0,57) → Активний туберкульоз (0,89), шлях повної ймовірності – 0,01
6. маршрут складається 6 вузлів S-Nil-HF_{x25x30_per-total} (0,24) → S-Nil-Delta_overall-total (0,35) → LF_per-70-100 (0,46) → Delta_per-70-end (0,53) → S-Nil-HF_{x30x35_overall-total} (0,57) → LF_per_int_p (0,42) → Активний туберкульоз (0,41), шлях повної ймовірності – 0,0021

7. маршрут складається 6 вузлів S-Hil-HFx25x30_per-total (0,24) → S-Hil-Delta_overal-total (0,35) → LF_per-70-100 (0,46) → Delta_per-70-end (0,53) → S-Hil-HFx30x35_overal-total (0,57) → LF_per_int_p (0,42) → Активний туберкульоз (0,43), шлях повної ймовірності – 0,0022

Найбільше значення ймовірності при виявленні хворих на активну форму туберкульозу було виявлено в п'ятому маршруті (0,0107 – 8 осіб). Ключовою кінцевою ознакою була оцінка миттєвої відновлювальної здатності балансу гальмування і збудження імпульсів під час адаптації на компресію плеча S-Hil-HFx30x35_overal-total, розрахованою за миттєвою частотою за перетворенням Гільберта-Хуанга в діапазоні від 30 Гц до 35 Гц [84, 108].

Змінний ранг показників у диференціюванні досліджуваних станів був наступний: S-Hil-HFx13x15_overal-20-70 (1,0), Hurst-total (0,99), S-Hil-HFx60_overal-20-70 (0,98), Alpha_per-100-70 (0,98).

Аналіз орієнтованих ациклічних графіків (ОАГ) на основі вимірювань артеріального тиску з подальшим аналізом показників (атрибутів), отриманих з артеріальних осцилограм у групі пацієнтів з хронічним обструктивним захворюванням легень (45 пацієнтів), активною формою туберкульозу легень (24 пацієнти), хіміорезистентним туберкульозом легень (14 пацієнтів) наведено на мал. 5.2.



Мал. 5.2. Орієнтовані ациклічні графі (ОАГ), що відображають залежності між пацієнтами з хронічним обструктивним захворюванням легень (45 пацієнтів),

активною формою туберкульозу легень (24 пацієнти), хіміорезистентним туберкульозом легень (14 пацієнтів).

Розглянемо можливі маршрути для виявлення хворих з хронічним обструктивним захворюванням легень.

1. маршрут складається з 1 вузла S-Nil-HFx45x50_per (0,54) → Хронічне обструктивне захворюванням легень (1), шлях повної ймовірності (0,54)

Розглянемо можливі маршрути для виявлення хворих з активною формою туберкульозу легень.

1. маршрут складається з 3 вузлів S-Nil-HFx18x21_overal-20-70 (0,29) → S-Nil-HFx35x40_overal-20(0,63) → S-Nil-HFx18x21_overal-20-70 (0,15) → Активна форма туберкульозу легень (1), шлях повної ймовірності – (0,03)
2. маршрут складається з 3 вузлів S-Nil-HFx18x21_overal-20-70 (0,29) → S-Nil-HFx35x40_overal-20 (0,63) → HFx25x30_per-20-70 (0,88) → Активна форма туберкульозу легень (1), шлях повної ймовірності (0,16)

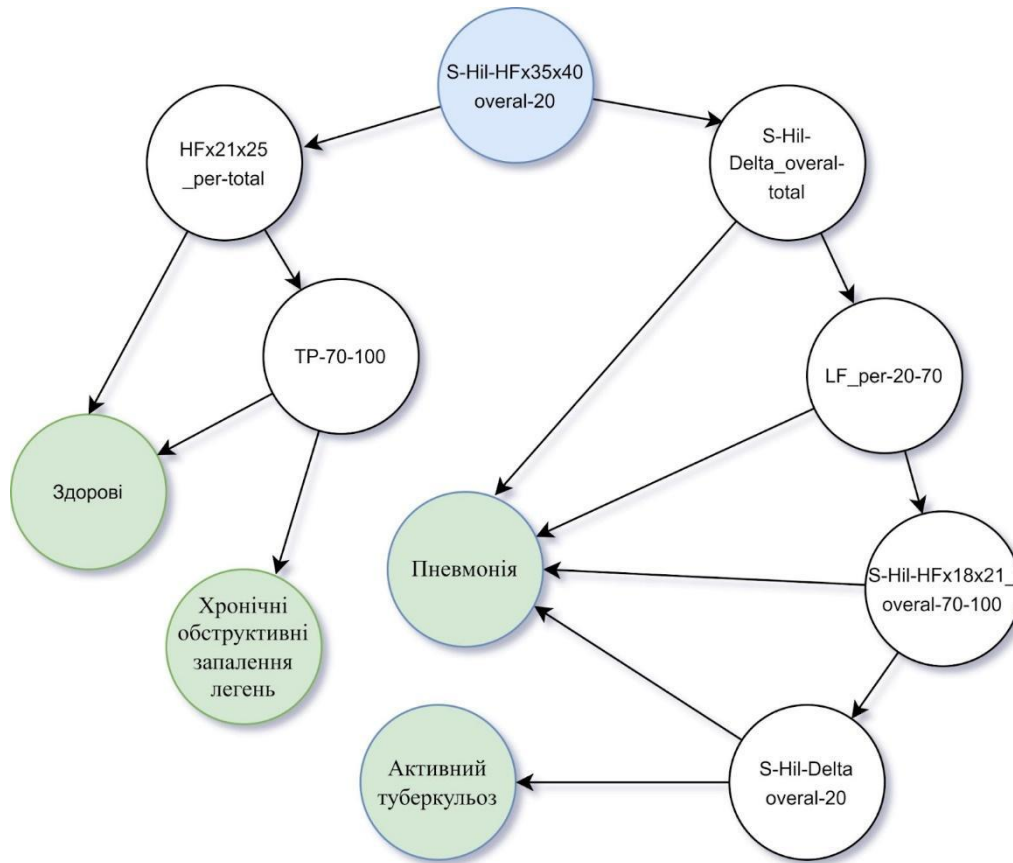
Розглянемо можливі маршрути для виявлення хворих з хіміорезистентною формою туберкульозу легень.

1. маршрут складається з 3 вузлів S-Nil-HFx18x21_overal-20-70 (0,17) → S-Nil-HFx35x40_overal-20(0,37) → S-Nil-HFx18x21_overal-20-70 (0,85) → Хіміорезистентна форма туберкульозу легень (1), шлях повної ймовірності (0,05)
2. маршрут складається з 3 вузлів S-Nil-HFx18x21_overal-20-70 (0,17) → S-Nil-HFx35x40_overal-20 (0,37) → HFx25x30_per-20-70 (0,12) → Хіміорезистентна форма туберкульозу легень (1), шлях повної ймовірності (0,01)

Найбільше значення ймовірності при виявленні хворих з хронічним обструктивним захворюванням легень було виявлено в першому маршруті, шлях повної ймовірності 0,54 (45 осіб).

Ключовою кінцевою ознакою була оцінка миттєвої відновлювальної здатності балансу гальмування і збудження під час адаптації на компресію плеча S-Nil-HFx45x50_per-total – вага миттєвої потужності спектру за перетворенням Гільберта-Хуанга в діапазоні від 45 до 50 Гц [55, 75].

Аналіз орієнтованих ациклічних графів (ОАГ) на основі вимірювань артеріального тиску з подальшим аналізом показників (атрибутив), отриманих з артеріальних осцилограм Д.Вакуленка, Л.Вакуленко, у групі здорових (50 пацієнтів), хронічна обструктивна хвороба легень (45 пацієнтів), активний туберкульоз (84 пацієнти), пневмонія (8 пацієнтів) наведено на мал. 5.3.



Мал. 5.3. Орієнтовані ациклічні графи (ОАГ), що відображають залежності між пацієнтами (50 пацієнтів), хронічна обструктивна хвороба легень (45 пацієнтів), активний туберкульоз (84 пацієнти), пневмонія (8 пацієнтів).

Розглянемо можливі маршрути для виявлення здорових.

1. маршрут складається з 2 вузлів S-Hil-HFx35x40_overall-20 (0,27) → HFx21x25_per-total (0,53) → Здорові (1), шлях повної ймовірності (0,14)
2. маршрут складається з 2 вузлів S-Hil-HFx35x40_overall-20 (0,27) → HFx21x25_per-total (0,53) TP-70-100 (0,02) → Здорові (1), шлях повної ймовірності (0,002862)

Розглянемо можливі маршрути для виявлення хворих з Пневмонія.

1. маршрут складається з 2 вузлів S-Hil-HFx35x40_overall-20 (0,04) → S-Hil-Delta_overall-total (0,09) → Пневмонія (1), шлях повної ймовірності (0,0036)
2. маршрут складається з 3 вузлів S-Hil-HFx35x40_overall-20 (0,04) → S-Hil-Delta_overall-total (0,09) → LF_per-20-70 (0,06) → Пневмонія (1), шлях повної ймовірності (0,000216)
3. маршрут складається з 4 вузлів S-Hil-HFx35x40_overall-20 (0,04) → S-Hil-Delta_overall-total (0,09) → LF_per-20-70 (0,06) → S-Hil-HFx18x21_overall-70-100 (0,03) → Пневмонія (0,67), шлях повної ймовірності (0,0000043416)

4. маршрут складається з 5 вузлів S-Hil-HFx35x40_overal-20 (0,04) → S-Hil-Delta_overal-total (0,09) → LF_per-20-70 (0,06) → S-Hil-HFx18x21_overal-70-100 (0,03) → S-Hil-Delta_overal-20 (0,01) → Пневмонія (1) шлях повної ймовірності (0,0000000648)

Розглянемо можливі маршрути для виявлення хворих з хронічною обструктивною легеневою хворобою.

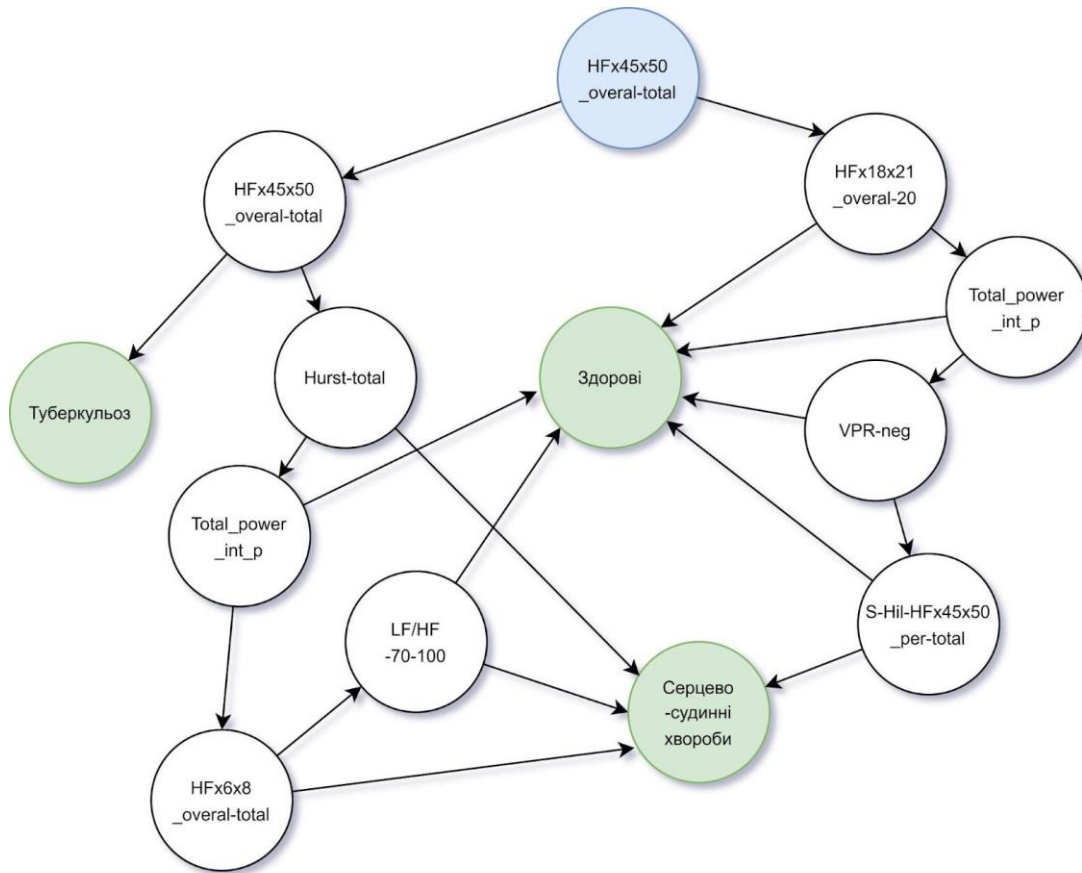
1. маршрут складається з 3 вузлів S-Hil-HFx35x40_overal-20 (0,24) → HFx21x25_per-total (0,47) → TP-70-100 (0,97) → Хронічна обструктивна легенева хвороба (1), шлях повної ймовірності (0,11)/

Розглянемо можливі маршрути для виявлення хворих з активним туберкульозом легенів.

2. маршрут складається з 5 вузлів S-Hil-HFx35x40_overal-20 (0,45) → S-Hil-Delta_overal-total (0,91) → LF_per-20-70 (0,94) → S-Hil-HFx18x21_overal-70-100 (0,97) → S-Hil-Delta_overal-20 (0,99) → Активний туберкульоз (1), шлях повної ймовірності (0,37)

У маршруті при виявленні хворих на активну форму туберкульозу була найвища повна ймовірність – 0,37 (83 особи). Ключовою кінцевою ознакою була оцінка миттєвого стресового рівня до початку компресії плеча S-Hil-Delta – миттєва потужність спектру за перетворенням Гільберта-Хуанга в діапазоні від 1 Гц до 4 Гц [55, 82]. При виявленні здорових з 50 осіб у досліджуваній вибірці саме адаптаційна здатність була ключовою ознакою, шлях повної ймовірності 0,14 (49 осіб) під час адаптації до компресії плеча манжетою в діапазоні 21-25 Гц – загальна потужність спектру розрахована за перетворенням Фур'є.

Аналіз орієнтованих ациклічних графів (ОАГ) на основі вимірювань артеріального тиску з подальшим аналізом показників (атрибутів), отриманих з артеріальних осцилограм Д.Вакуленка, Л.Вакуленко, у групі здорових (471 пацієнт), серцево-судинні захворювання (322 пацієнти), активний туберкульоз легень (84 пацієнти) наведено на мал. 5.4.



Мал. 5.4. Орієнтовані ациклічні графи (ОАГ), що відображають залежності між здоровими (471 пацієнт), серцево-судинні захворювання (322 пацієнти), активний туберкульоз легенів (84 пацієнтів).

Розглянемо можливі маршрути для виявлення хворих з активним туберкульозом легенів.

1. маршрут складається з 2 вузлів HFx45x50_overall-total (0,1) → HF_overall_int_n (0,15) → активний туберкульоз легенів (1), шлях повної ймовірності (0,01)
2. маршрут складається з 3 вузлів HFx45x50_overall-total (0,37) → HF_overall_int_n (0,06) → Hurst-total (0,07) → активний туберкульоз легенів (1), шлях повної ймовірності (0,00010878)

Розглянемо можливі маршрути для виявлення хворих із захворюваннями серцево-судинної системи (серцево-судинні захворювання).

1. маршрут складається з 5 вузлів HFx45x50_overall-total (0,37) → HF_overall_int_n (0,06) → Hurst-total (0,07) → Total_power_int_p (0,02) → HFx6x8_overall-total (0,01) → серцево-судинні захворювання (1), шлях повної ймовірності (0,0000003108)

2. маршрут складається з 6 вузлів HFx45x50_overal-total (0,37) → HF_overal_int_n (0,06) → Hurst-total (0,07) → Total_power_int_p (0,02) → HFx6x8_overal-total (0,01) → LF/HF-70-100 (0,01) → серцево-судинні захворювання (1), шлях повної ймовірності (0,000000003108)
3. маршрут складається з 5 вузлів HFx45x50_overal-total (0,37) → HFx18x21_overal-20 (0,93) → Total_power_int_p (0,98) → VPR-neg(0,99) → S-Nil-HFx45x50_per-total (1) → серцево-судинні захворювання (1), шлях повної ймовірності (0,33)

Розглянемо можливі маршрути для виявлення здорових.

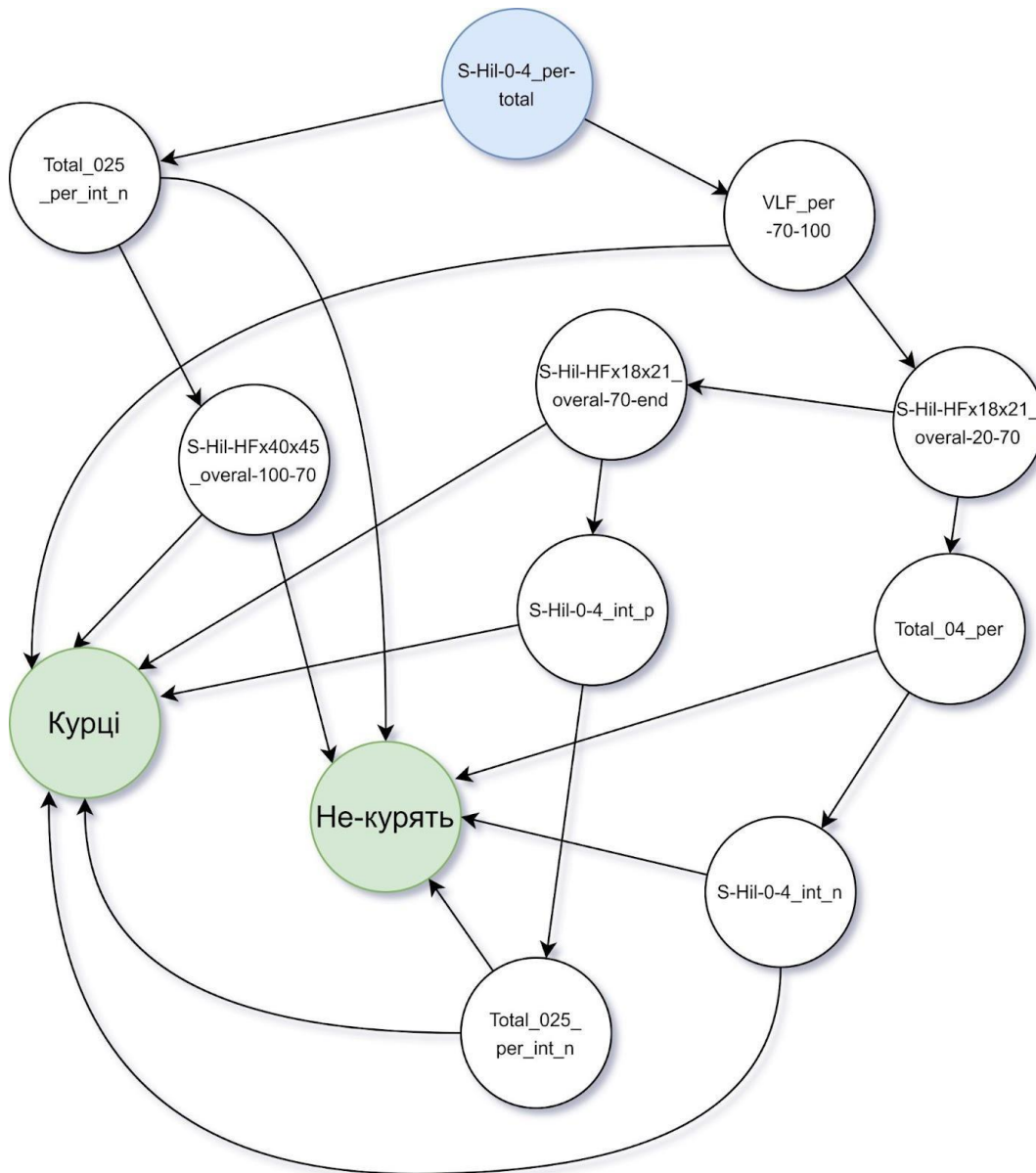
1. маршрут складається з 6 вузлів HFx45x50_overal-total (0,54) → HF_overal_int_n (0,79) → Hurst-total (0,93) → Total_power_int_p (0,98) → HFx6x8_overal-total (0,99) → LF/HF-70-100 (0,99) → Здорові (1), шлях повної ймовірності (0,38)
2. маршрут складається з 4 вузлів HFx45x50_overal-total (0,54) → HF_overal_int_n (0,79) → Hurst-total(0,93) → Total_power_int_p (0,98) → Здорові (0,53), шлях повної ймовірності (0,2)
3. маршрут складається з 2 вузлів HFx45x50_overal-total (0,54) → HFx18x21_overal-2 (0,07) → Здорові (0,8), шлях повної ймовірності (0,03)
4. маршрут складається з 3 вузлів HFx45x50_overal-total (0,54) → HFx18x21_overal-20 (0,07) → Total_power_int_p (0,02) → Здорові (0,8), шлях повної ймовірності (0,0006048)
5. маршрут складається з 5 вузлів HFx45x50_overal-total (0,54) → HFx18x21_overal-20 (0,07) → Total_power_int_p(0,02) → VPR-neg (0,01) → S-Nil-HFx45x50_per-total (0,04) → Здорові (1), шлях повної ймовірності (0,0000003024)
6. маршрут складається з 4 вузлів HFx45x50_overal-total (0,54) → HFx18x21_overal-20 (0,07) → Total_power_int_p(0,02) → VPR-neg (0,01) → Здорові (1), шлях повної ймовірності (0,00000756)

Найбільше значення ймовірності при виявленні здорових було виявлено в першому маршруті для здорових – 0,38 (443 особи). Ключовою кінцевою ознакою була оцінка здатності автономної нервової системи утримати рівновагу симпатичної та парасимпатичних ланок під час адаптації на початку компресії плеча LF/HF-70-100. При значеннях LF/HF-70-100 \leq 10,9 (443 особи) → Здорові, а при LF/HF-20-70 $>$ 10,9 → хворі на серцево-судинні захворювання.

Наступний за вагомістю маршрут виявив хворих з серцево-судинними захворюваннями, шлях повної ймовірності (0,33). Ключовою кінцевою ознакою

була оцінка миттєвої відновлювальної здатності балансу гальмування і збудження імпульсів під час адаптації на компресію плеча S-Hil-HF \times 45 \times 50_per-total миттєва потужність спектру за перетворенням Гільберта-Хуанга в діапазоні від 45 Гц до 50 Гц [84, 108].

Аналіз спрямованих ациклічних графів (ДАГ) на основі вимірювань артеріального тиску з подальшим аналізом показників (атрибутів), отриманих з артеріальних осцилограм Д.Вакуленка, Л.Вакуленко, у групі хворих, що палять та страждають на активний туберкульоз (46 пацієнтів), у групі хворих, що НЕ палять та страждають на активний туберкульоз (80 пацієнтів) наведено на мал. 5.5.



Мал. 5.5. Орієнтовані ациклічні графи (ОАГ), що відображають залежності між групами пацієнтів: курці з активним туберкульозом (46 пацієнтів), НЕ курці з активним туберкульозом (80 пацієнтів).

Розглянемо можливі маршрути для виявлення осіб з активним туберкульозом, що НЕ палять

1. маршрут складається з 2 вузлів S-Hil-0-4_per-total (0,63) → Total_025_per_int_n (0,23) → Не курять (1), шлях повної ймовірності (0,15)
2. маршрут складається з 3 вузлів S-Hil-0-4_per-total (0,63) → Total_025_per_int_n (0,23) → S-Hil-HFx40x45_overal-100-70 (0,09) → Не курять (1), шлях повної ймовірності (0,01)
3. маршрут складається з 6 вузлів S-Hil-0-4_per-total (0,63) → VLF_per-70-100 (0,74) S-Hil-HFx18x21_overal-20-70 (0,8) → S-Hil-HFx18x21_overal-70-end (0,93) → S-Hil-0-4_int_p (0,96) → Total_025_per_int_n (0,98) → Не курять (1), шлях повної ймовірності (0,33)
4. маршрут складається з 5 вузлів S-Hil-0-4_per-total (0,63) → VLF_per-70-100 (0,74) → S-Hil-HFx18x21_overal-20-70 (0,8) → Total_04_per (0,58) → Total_025_per_int_n (0,25) → Не курять (1) шлях повної ймовірності (0,05)
5. маршрут складається з 4 вузлів S-Hil-0-4_per-total (0,63) → VLF_per-70-100 (0,74) → S-Hil-HFx18x21_overal-20-70 (0,8) → Total_04_per (0,58) → Не курять (0,85), шлях повної ймовірності (0,19)

Розглянемо можливі маршрути для виявлення курців з активним туберкульозом

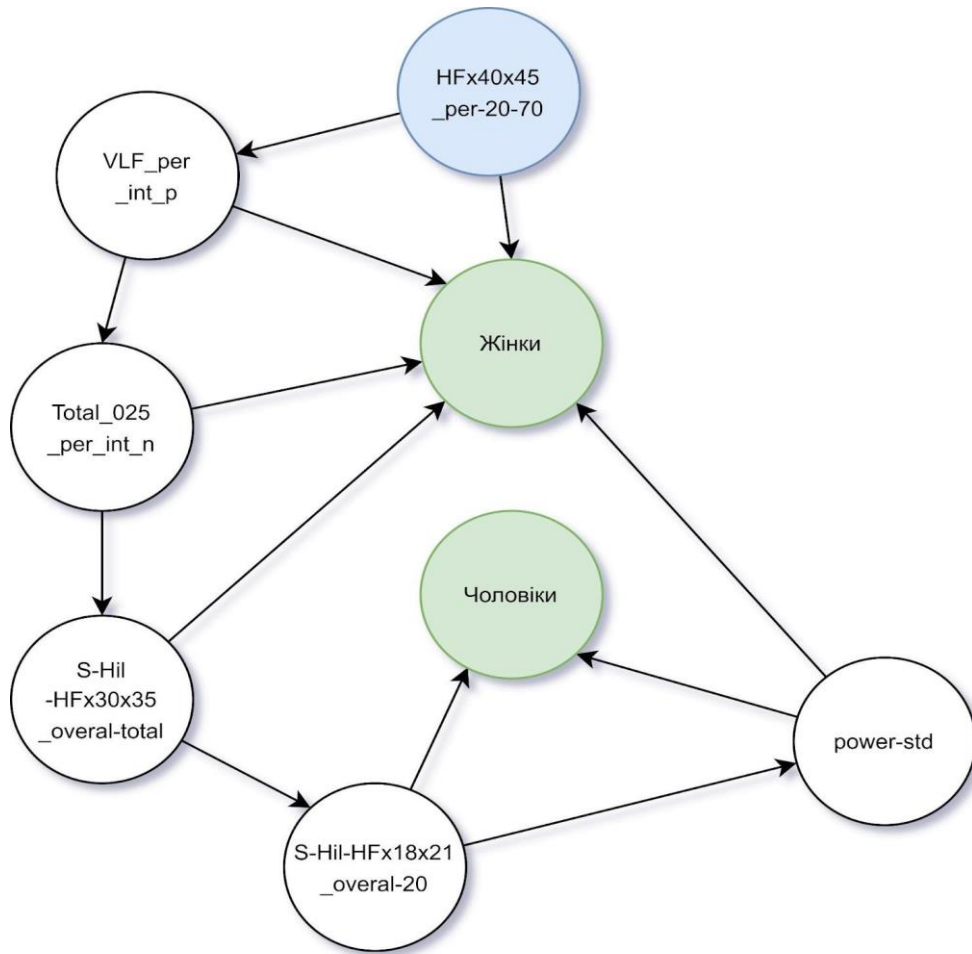
1. маршрут складається з 3 вузлів S-Hil-0-4_per-total (0,37) → Total_025_per_int_n (0,77) → S-Hil-HFx40x45_overal-100-70 (0,01) → Курці (1), шлях повної ймовірності (0,26)
2. маршрут складається з 2 вузлів S-Hil-0-4_per-total (0,37) → VLF_per-70-100 (0,26) → Курці (1) шлях повної ймовірності (0,09)
3. маршрут складається з 4 вузлів S-Hil-0-4_per-total (0,37) → VLF_per-70-100 (0,26) → S-Hil-HFx18x21_overal-20-70 (0,2) → S-Hil-HFx18x21_overal-70-end (0,07) → Курці (1), шлях повної ймовірності (0,0013468)
4. маршрут складається з 5 вузлів S-Hil-0-4_per-total (0,37) → VLF_per-70-100 (0,26) → S-Hil-HFx18x21_overal-20-70 (0,02) → S-Hil-HFx18x21_overal-70-end (0,07) → S-Hil-0-4_int_p (0,04) → Курці (1), шлях повної ймовірності (0,0000053872)
5. маршрут складається з 5 вузлів S-Hil-0-4_per-total (0,37) → VLF_per-70-100 (0,26) → S-Hil-HFx18x21_overal-20-70 (0,2) → Total_04_per (0,42) → Total_025_per_int_n (0,75) → Курці (1), шлях повної ймовірності (0,01)

б. маршрут складається з 5 вузлів S-Hil-0-4_per-total (0,63) → VLF_per-70-100 (0,74) → S-Hil-HFx18x21_overal-20-70 (0,8) → Total_04_per (0,58) → Total_025_per_int_n (0,25) → Не курять (1), шлях повної ймовірності (0,05)

Найбільше значення ймовірності при виявленні хворих, що не палять, з активною формою туберкульозу було виявлено в третьому маршруті – 0,33 (53 особи). Ключовою кінцевою ознакою була оцінка адаптаційної судинної здатності під час діастолі під час компресії плеча манжетною Total_025_per_int_n. потужності спектру в діапазоні від 0 до 4 Гц за перетворенням Фур'є нижніх екстремумів інтервалограми.

Наступний за вагомістю маршрут виявив хворих з активною формою туберкульозу, що палять, шлях повної ймовірності 0,26 (20 осіб). Ключовою кінцевою ознакою була оцінка миттєвої відновлювальної здатності балансу гальмування і збудження імпульсів під час адаптації на компресію плеча при перетиснутій артерії під час діастолі S-Hil-HFx40x45_overal-100-70 миттєва потужність спектру за перетворенням Гільберта-Хуанга в діапазоні від 45 Гц до 50 Гц. Вказана особливість вказує на ураження судинної спроможності [84, 108].

Аналіз спрямованих ациклічних графів (ДАГ) на основі вимірювань артеріального тиску з подальшим аналізом показників (атрибутів), отриманих з артеріальних осцилограм Д.Вакуленка, Л.Вакуленко, у групі пацієнтів чоловічої (79) та жіночої (12 осіб) статі з активною формою туберкульозу наведена на мал. 5.6.



Мал. 5.6. Орієнтовані ациклічні графи (ОАГ), що відображають залежності осіб чоловічої (79 пацієнтів) та жіночої (12 пацієнтів) статі з активною формою туберкульозу.

Розглянемо можливі маршрути для виявлення осіб жіночої статі з активним туберкульозом легень

1. маршрут складається з 3 вузлів HFx40x45_per-20-70 (0,13) → VLF_per_int_p (0,1) → Total_025_per_int_n (0,08) → Жінки (1), шлях повної ймовірності (0,00104)
2. маршрут складається з 4 вузлів HFx40x45_per-20-70 (0,13) → VLF_per_int_p (0,1) → Total_025_per_int_n (0,08) → S-Hil-HFx30x35_overal-total (0,06) → Жінки (1) шлях повної ймовірності (0,0000624)
3. маршрут складається з 6 вузлів HFx40x45_per-20-70 (0,13) → VLF_per_int_p (0,1) → Total_025_per_int_n (0,08) → S-Hil-HFx30x35_overal-total (0,06) → S-Hil-HFx18x21_overal-20 (0,05) → power-std (0,01) → Жінки (1) шлях повної ймовірності (0,0000000312)
4. маршрут складається з 2 вузлів HFx40x45_per-20-70 (0,13) → VLF_per_int_p (0,1) → Жінки (1), шлях повної ймовірності (0,01)

5. маршрут складається з 1 вузла HFx40x45_per-20-70 (0,13) → Жінки (0,75), шлях повної ймовірності (0,1)

Розглянемо можливі маршрути для виявлення осіб чоловічої статі з активним туберкульозом легень

1. маршрут складається з 5 вузлів HFx40x45_per-20-70 (0,87) → VLF_per_int_p (0,9) → Total_025_per_int_n (0,92) → S-Nil-HFx30x35_overal-total (0,94) → S-Nil-HFx18x21_overal-20 (0,95) → Чоловіки (0,63), шлях повної ймовірності (0,4)
2. маршрут складається з 6 вузлів HFx40x45_per-20-70 (0,87) → VLF_per_int_p (0,9) → Total_025_per_int_n (0,94) → S-Nil-HFx30x35_overal-total (0,95) → S-Nil-HFx18x21_overal-20 (0,95) → power-std (0,99) → Чоловіки (1), шлях повної ймовірності (0,63)

Найбільше значення ймовірності при виявленні хворих чоловічої статі з активною формою туберкульозу було виявлено в останньому маршруті – 0,63 (73 особи). Ключовою кінцевою ознакою була оцінка значення середньоквадратичного відхилення амплітуди пульсацій артеріальної осцилограми power-std.

Висновки

За допомогою ОАГ побудовано маршрути диференціації раніше діагностованих легеневих (167 осіб), серцево-судинних захворювань (322 особи) та здорових (471 особа) за допомогою показників, отриманих з артеріальних осцилограм Д. Вакуленка, Л. Вакуленко, зареєстрованих при вимірюванні артеріального тиску. Виявлено додаткові послідовності показників та оцінено їх вагомість.

Найбільше значення ймовірності з побудованих маршрутів було виявлено у хворих з хронічним обструктивним захворюванням легень, шлях повної ймовірності 0,54 (45 осіб). Ключовою кінцевою ознакою була оцінка миттєвої відновлювальної здатності балансу гальмування і збудження імпульсів під час адаптації на компресію плеча S-Nil-HFx45x50_per-total миттєва потужність спектру за перетворенням Гільберта-Хуанга в діапазоні від 45 Гц до 50 Гц.

Наступне значення ймовірності при обстеженні здорових, яке було виявлено в маршруті, – 0,38 (443 особи). Ключовою кінцевою ознакою була оцінка здатності автономної нервової системи утримати рівновагу симпатичної та парасимпатичних ланок під час адаптації на початку компресії плеча LF/HF-70-100. При значеннях LF/HF-70-100 $\leq 10,9$ (443 особи) → здорові, а при LF/HF-20-70 $> 10,9$ → хворі на серцево-судинні захворювання.

Третім за вагомістю при виявленні хворих на активну форму туберкульозу було значення повної ймовірності – 0,37 (83 особи). Ключовою кінцевою ознакою

була оцінка миттєвого стресового рівня до початку компресії плеча S-Hil-Delta – миттєва потужність спектру за перетворенням Гільберта-Хуанга в діапазоні від 1 Гц до 4 Гц.

Найчастіше ключовою кінцевою ознакою була оцінка миттєвої відновлювальної здатності балансу гальмування і збудження під час адаптації на компресію плеча – миттєва потужність спектру за перетворенням Гільберта-Хуанга в діапазоні від 30 Гц до 50 Гц. Наступною за вагомістю була здатність автономної нервової системи утримати рівновагу симпатичної та парасимпатичних ланок під час адаптації на початку компресії плеча LF/HF-70-100 потужність спектру за перетворенням Фур'є [147].

Виявлені показники вказують на ураження не тільки легеневої тканини в групі легеневих захворювань, а й на системне ураження різних рівнів нервової системи, залучених в процес адаптації до компресії судин плеча. Передусім це стосується миттєвої адаптаційної здатності мозкової активності в діапазоні від 30 до 50 Гц: спостерігалось переважання загальної потужності симпатичної ланки автономної нервової системи та збільшення активності судинного центру довгастого мозку. Значення зростали у міру ускладнення захворювань легень.

За результатами проведених досліджень можемо припустити, що ураження легенів, спричинені коронавірусом COVID-19, матиме адаптаційну картину, притаманну легенеvim захворюванням.

5.2. Використання технології data mining з метою диференціальної діагностики захворювань серцево-судинної, ендокринної та легеневої систем на підставі даних артеріальної осцилографії

Д.В. Вакуленко, В.П. Марценюк, Л.О. Вакуленко

Актуальність теми. Вимірювання артеріального тиску – простий, доступний (як медичним працівникам, так і пацієнтам) метод обстеження. Його проведення є обов'язковою процедурою при обстеженні хворих, у спортивній медицині, приватній практиці. Компресія плеча манжетою під час вимірювання артеріального тиску може розглядатись, як функціональне навантаження, яке можна використати для оцінки адаптаційних можливостей організму хворих та здорових осіб. Артеріальна осцилографія (АОГ) дає можливість вивчити і оцінити зміни, що виникають при цьому, а також використовуватись для ранньої діагностики преморбідних станів, оцінки особливостей протікання захворювань, вибору методів та оцінки ефективності лікування [170, 263, 265].

Основні характеристики захворювань, що підлягають оцінці

Хронічне обструктивне захворювання легень (ХОЗЛ) – хронічне запальне захворювання дихальних шляхів і легень, що супроводжується набряком слизової оболонки бронхів і утворенням запального ексудату. Це сприяє звуженню, частковій або повній обструкції бронхів, яка призводить до стійкого, зазвичай прогресуючого, обмеження прохідності дихальних шляхів, зменшенню дихальної поверхні легень, виникненню задишки, порушенню газообміну. До симптомів ХОЗЛ належать: хронічний кашель, хронічне виділення мокроти, задишка, яка прогресує [112, 189, 200, 262, 267].

Цукровий діабет (ЦД) – група ендокринних захворювань, які розвиваються внаслідок абсолютної чи відносної недостатності гормону інсуліну, появи інсулінорезистентності. Виникає гіперглікемія – стійке підвищення рівня глюкози у крові, яка призводить до порушення вуглеводного, жирового та інших видів обміну речовин та порушення функціональної активності усіх органів та систем. Характерними симптомами є спрага, сухість у роті, надмірне сечовиділення, загальна слабкість, свербіж тіла, періодичний фурункульоз, погане загоєння ран. У процесі прогресування захворювання приєднуються симптоми, які залежать від порушення функції тих чи інших органів та систем (судинні, неврологічні, зорові та інші порушення) [112, 189, 200, 262].

Ішемічна хвороба серця (ІХС) – гостра чи хронічна дисфункція серцевого м'яза, яка виникає внаслідок абсолютного або відносного порушення кровопостачання міокарду через ураження коронарних артерій. Переважно ішемічну хворобу серця зумовлює атеросклероз. Для коронарного атеросклерозу типовим є ознаки стабільної стенокардії напруження, при спазмі коронарних артерій – спонтанна стенокардія, при надриві атеросклеротичної бляшки – нестабільна стенокардія. Типовою ознакою стабільної стенокардії є стискальний біль за грудниною, який виникає під час фізичного або психоемоційного навантаження, триває в межах 5 хвилин. Швидко припиняється після прийому нітрогліцерину. В основі поділу на функціональні класи (ФК) захворювання лежить здатність хворого витримувати різні фізичні навантаження. Якщо добре переносить фізичне навантаження, а напади стенокардії виникають лише при навантаженнях великої інтенсивності – I ФК, при незначних обмеженнях – II ФК, при виражених обмеженнях – III ФК, при значному обмеженні та виникненні серцевого нападу у стані спокою – IV ФК. При спонтанній стенокардії напади не завжди пов'язані з навантаженням, виникають частіше у спокої, вночі, ангінозний синдром більш інтенсивний та тривалий, гірше піддається дії нітрогліцерину. При надриві атеросклеротичної бляшки з пристінковим тромбоутворенням розвивається

метаболична стенокардія. Прогресування останньої з повною оклюзією тромбом коронарної судини спричиняє розвиток некрозу, тобто інфаркту міокарда. Профілактика, завчасна діагностика і лікування ІХС мають всі шанси зменшити кількість серцевих катастроф [112, 189, 200, 262, 267].

Артеріальна гіпертензія (АГ), гіпертонічна хвороба (ГХ) – захворювання, яке супроводжується тривалим підвищенням систолічного і (або) діастолічного артеріального тиску (АТ) і порушенням регуляції місцевого і загального кровообігу. **Артеріальна гіпертензія (АГ)** – стан, при якому спостерігається підвищення АТ за відсутності очевидної причини його виникнення, тобто виникає первинно (ВООЗ, 1978). Термін «вторинна гіпертензія», або «симптоматична гіпертензія», використовують у випадках підвищення АТ, зумовленого іншими захворюваннями (нирок, ендокринних залоз, центральної нервової системи, порушень гемодинаміки та ін.). Важкість захворювання оцінюється за показниками АТ, їх стабільністю. Артеріальна гіпертензія небезпечна своїми ускладненнями (інфаркт міокарда, інсульт та ін.) [59, 61, 112, 189, 200, 221, 225, 267].

Гостре порушення мозкового кровообігу (інсульт) – захворювання, яке супроводжується структурними змінами в тканині мозку і стійкими органічними неврологічними симптомами, зумовленими порушеннями мозкового кровообігу. Найбільш частими причинами є: атеросклероз (мозкових судин, загальний атеросклероз), гіпертонічна хвороба та їх поєднання.

Виділяють ішемічний та геморагічний інсульти. *Ішемічні інсульти* (мозковий інфаркт, розм'якшення мозку) зустрічаються частіше від геморагічних: відповідно 85% і 15%. Основними причинами ішемічного інсульту є церебральний атеросклероз, артеріальна гіпертензія, ішемічна хвороба серця з порушенням ритму, ревматизм, вади серця, хвороби крові та ін. *Геморагічний інсульт* – це крововилив, зумовлений розривом судини всередині мозку: пошкоджується стінка зміненої артерії (атеросклероз, аневризми, вроджені вади та ін.). При цьому, як правило, присутній провокуючий фактор, що призводить до підвищення тиску.

Неврологічна симптоматика залежить від конкретної локалізації вогнища ушкодження та його розмірів. Може проявлятися у вигляді: зміни в формі обличчя, парезів або паралічів верхніх та нижніх кінцівок; психічних розладів, порушення чутливості; розладів мови; ковтання та ін. [24, 59, 61, 131, 140, 189, 200, 225].

Мета досліджень: використати методику побудови дерева рішень, що ґрунтується на алгоритмі C5.0. для вивчення стану судин під час компресії плеча манжетою у хворих (хронічне обструктивне захворювання легень (ХОЗЛ), цукровий діабет, ішемічна хвороба серця (ІХС), артеріальна гіпертензія, інсульт) та

у здорових (в положенні лежачи та сидячи, за базою даних артеріальної осцилографії (Вакуленко Д.В., Вакуленко Л.О.)

Матеріали і методи дослідження. Обстежено 276 осіб, серед них 216 хворих віком 25-55 років: у 62 з них – артеріальна гіпертензія (АГ), II стадія, СН 0-I; у 55 – хронічне обструктивне захворювання легень (ХОЗЛ), дихальна недостатність (ДН), ДН-0 (10 осіб), ДН-I – (45 осіб), фаза неповної ремісії; у 38 осіб – цукровий діабет 1-2 типу; у 32 – ішемічна хвороба серця (ІХС), стабільна стенокардія напруження, I-II ФК, у 26 осіб – стан після гострого порушення мозкового кровообігу в басейні середньої мозкової артерії (інсульт), відновний період.

Реєстрація осцилограм проводилась у положенні хворих лежачи. Усі хворі отримували необхідну, призначену лікарем терапію. Отримані дані порівнювались з досліджуваними показниками 63 здорових осіб віком 18-23 років, у 50 з них АОГ реєстрували у положення сидячи, у 13 – лежачи. Пацієнти проходили обстеження в кабінеті функціональної діагностики: проводився запис ЕКГ та вимірювання артеріального тиску з реєстрацією артеріальної осцилограми. Інформацію про захворювання пацієнтів отримували з амбулаторних карток хворих.

Артеріальну осцилографію (АОГ) застосовували для оцінки адаптаційних можливостей та їх механізмів у відповідь на компресію плеча при різних положеннях тіла та патологічних станах [180].

Артеріальні осцилограми реєстрували під час вимірювання артеріального тиску, в період зростання компресії, за допомогою електронного тонометра ВАТ 41-2 (манжета накладалась на плече). Подальший аналіз АОГ проводили за допомогою запропонованих авторами роботи спеціальних комп'ютерних програм [180]. У зв'язку з відсутністю подібних досліджень, для морфологічного аналізу осцилограми (9 атрибутів) авторами використано інформацію, впроваджену в плетизмографії і реографії [12, 78, 119, 229], а також – логічно-візуальні, наукові, теоретичні висновки авторів за результатами аналізу 4273 осцилограм 890 здорових [180]. Часовий аналіз (37 атрибутів) та спектральний аналіз (483 показники) осцилограм проведено за методами, що застосовуються при вивченні варіабельності серцевого ритму (ВСР) електрокардіосигналу [169, 170, 267, 227, 270]. Для зручності аналізу використано термінологію, прийняту при вивченні варіабельності серцевого ритму по ЕКГ [61]. В спектральному аналізі проводили розрахунок потужності спектру інтервалограми (50 атрибутів) та артеріальної осцилограми за перетворенням Фур'є (318 атрибутів) та миттєву частоту та фазу за перетворенням Гільберта-Хуанга (89 атрибутів). Для зручності аналізу артеріальну осцилограму ділили на 5 частин: до досягнення діастолічного тиску, від діастолічного тиску до 70% амплітуди осцилограми, від 70% до 100% амплітуди

осцилограми, від 100% до 70% амплітуди, від 70% до кінця вимірювання. Для кожного з вказаних інтервалів АОГ застосовували перетворення Фур'є (по 62 атрибутах) та миттєву частоту та фазу за перетворенням Гільберта-Хуанга (по 15 атрибутах).

Застосування атрибутів індукції дерева рішень. Математично задача індукції дерева рішень формулюється таким чином. Маємо множину D , яке містить N наборів навчальних даних. При цьому i -й набір $(A_1^i, A_2^i, \dots, A_p^i, C^i)$ складається з вихідних даних – атрибутів A_1, \dots, A_p і вихідних даних – атрибута класу C . Атрибути A_1, \dots, A_p можуть приймати як числові, так і категоріальні значення. Атрибут класу C приймає одне з K дискретних значень: $C \in \{1, \dots, K\}$. Метою є прогнозування деревом рішень значення атрибута класу C на основі значень атрибутів A_1, \dots, A_p . При цьому необхідно максимізувати точність прогнозування атрибута класу, а саме $P\{C = c\}$ на термінальних вузлах для будь-якого $c \in \{1, \dots, K\}$. Алгоритми індукції дерев рішень автоматично розбивають на вузлах значення численних атрибутів A_i на два інтервали: $A_i \leq x_i$ и $A_i > x_i$, а категоріальних атрибутів A_j – на дві підмножини: $A_j \in S_j, A_j \notin S_j$.

Розбиття численних атрибутів базується, як правило, на основі ентропії чи індексів Джині [52, 60, 61, 174]. Процес розбиття рекурсивно повторюється доти, поки не буде спостерігатись покращення точності прогнозування. Останній крок передбачає виключення вузлів для запобігання оверфітінгу моделі. В результаті ми повинні отримати множину правил, які йдуть від кореня до кожного термінального вузла, містять нерівності для численних атрибутів та умови включення для категоріальних атрибутів.

Ми поставили собі за мету використати метод індукції дерева рішень для програмної реалізації в системі прийняття рішень відносно 62 хворих, що отримували компенсаційне лікування щодо артеріальної гіпертензії (АГ), 10 хворих на ХОЗЛ ДН-0, 27 хворих на ІХС ІІ-ФК, 5 – ІХС І-ФК, 50 та 13 здорових в положенні сидячи та лежачи відповідно.

Метод індукції дерева рішень. За основу взято таку рекурсивну процедуру роботи [174]:

Генерація дерева рішень

Вхідні дані: D – множина наборів навчальних даних $(A_1^i, A_2^i, \dots, A_p^i, C^i)$.

Вихідні дані: дерево рішень

Метод:

1. Створити вузол N .
2. Якщо всі набори в D належать до загального класу C , тоді вернути вузол N як лист з назвою класу C .
3. Якщо список атрибутів (а значить і D) виявиться пустим, тоді повернути вузол N як лист з назвою найбільш поширеного класу в D .
4. Застосувати *Алгоритм відбору атрибута* із списку атрибутів і для множини D з метою пошуку «найкращого» атрибута ділення.
5. Видалити атрибут ділення із списку атрибутів.
6. Для кожної умови ділення J для атрибута ділення розглянемо D_j – множини наборів з D , які задовільняють умові ділення J .
7. Якщо D_j – пусте, тоді приєднати до вузла N лист під заголовком найбільш поширеного класу в D_j , або – приєднати до N вузла, який повертається рекурсивним викликом методу *Генерація дерева рішень* з вхідними даними D_j і списком атрибутів.
8. Кінець циклу кроку 6.
9. Повернути вузол N .

В основу *Алгоритму відбору атрибута* на J -м в кроці рекурсії покладений такий інформаційний показник:

$$Gain(A_i) = Info(D_j) - Info_{A_i}(D_j). \quad (1)$$

Тут

$$Info(D_j) = - \sum_{k=1}^K p_k^j \log_2(p_k^j) \quad (2)$$

- інформація, необхідна для класифікації набору (A_1, A_2, \dots, A_p) в D_j ,

$$Info_{A_i}(D_j) = \sum_{l=1}^{K_i} \frac{\#(D_j^l)}{\#(D_j)} Info(D_l) \quad (3)$$

- інформація, необхідна для класифікації (A_1, A_2, \dots, A_p) в D_j після ділення D_j на підмножини D_j^l відповідно до значень атрибута A_i .

У формулі (2) вірогідність того, що будь-який набір з D_j належить множині

C_{k,D_j} оцінюється як $p_k^j = \frac{\#(C_{k,D_j})}{\#(D_j)}$, де C_{k,D_j} – множина наборів з D_j , для яких атрибут класу $C = k$. Тут $\#(\bullet)$ – кількість елементів в множині.

У формулі (3.3) $\frac{\#(D_j^l)}{\#(D_j)}$ – оцінка вірогідності того, що будь-який набір з D_j належить множині D_j^l , де D_j^l – множина наборів з D_j , для яких атрибут $A_i = a_i^l$. Тут атрибут $A_i \in \{a_i^1, a_i^2, \dots, a_i^{K_i}\}$.

Таким чином, $Gain(A_i)$ оцінює зменшення інформації, необхідної для класифікації будь-якого набору даних в D_j за рахунок відомого значення атрибуту A_i . Таким чином, з наявних атрибутів на кожному вузлі дерева рішень для умов ділення необхідно вибрати атрибут A_i^* з найбільшим значенням $Gain(A_i^*)$. Внаслідок такого вибору для завершення процесу класифікації набору даних в D_j буде потрібно найменше інформації.

При застосування вищеописаного алгоритму для побудови дерева рішень використано набір атрибутів, зображених в таблиці 5.2. При побудові дерева з врахуванням даних на основі показників артеріальної осцилографії (Вакуленко Д.В., Вакуленко Л.О.) груп: 62 хворих, що отримували компенсційне лікування, щодо артеріальної гіпертензії (АГ), 10 хворих на ХОЗЛ ДН-0, 27 хворих на ІХС І-ФК, 5 – ІХС І-ФК, 50 та 13 здорових в положенні сидячи та лежачи відповідно, використана комбінація атрибутів (табл. 5.2).

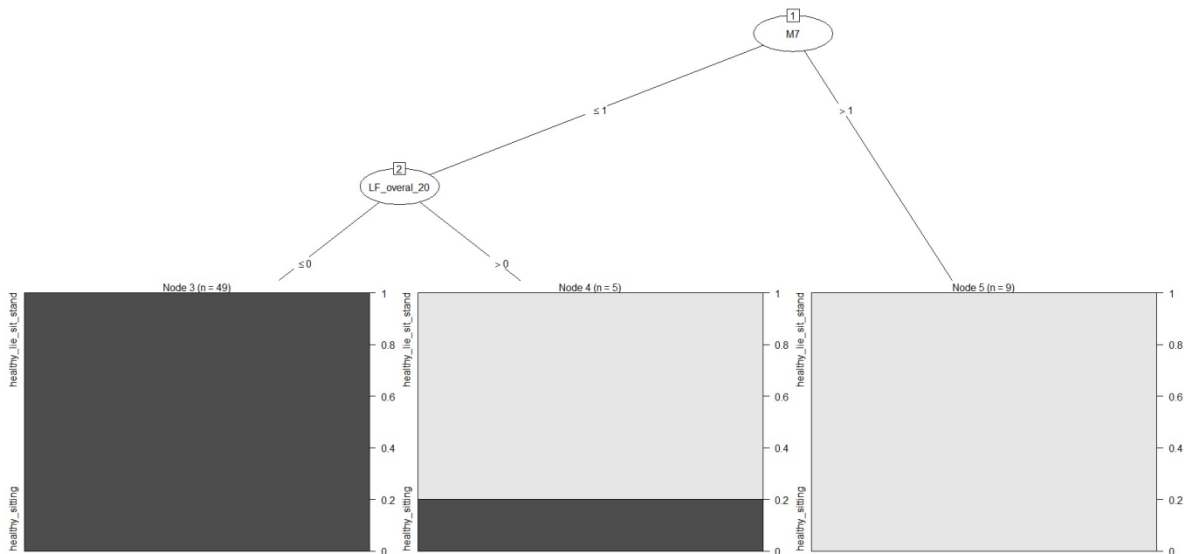
Таблиця 5.2

Атрибути для індукції дерева рішень на основі показників артеріальної осцилографії (Вакуленко Д.В., Вакуленко Л.О.)

Позначення атрибута	Опис атрибута	Тип значень атрибута
A1...A9	Морфологічного аналізу	Значення
A10	Фрактальна розмірність	Значення
A11...A49	Часового аналізу	Значення
A50...A475	Спектрального аналізу	Значення
A50...A335	Потужність спектру з перетворенням Фур'є осциляцій	Значення

A405...A455	Потужність спектру з перетворенням Фур'є інтервалограми	Значення
A336...A406	Потужність миттєвої частоти та фази за перетворенням Гільберта-Хуанга осциляцій	Значення
A456...A475	Потужність миттєвої частоти та фази за перетворенням Гільберта-Хуанга інтервалограми	Значення

У роботі використана реалізація алгоритму мовою R за допомогою пакета C50. Побудовані дерева рішень. Здорові в положенні сидючи та лежачи (63 особи), мал. 5.7.



Мал. 5.7. Дерево рішень на підставі даних морфологічного, фрактального, часового та спектрального методів артеріальної осцилографії (за Вакуленком Д.В., Вакуленко Л.О.) для здорових в положенні сидючи та лежачи (63 особи)

Методи аналізу дерева рішень

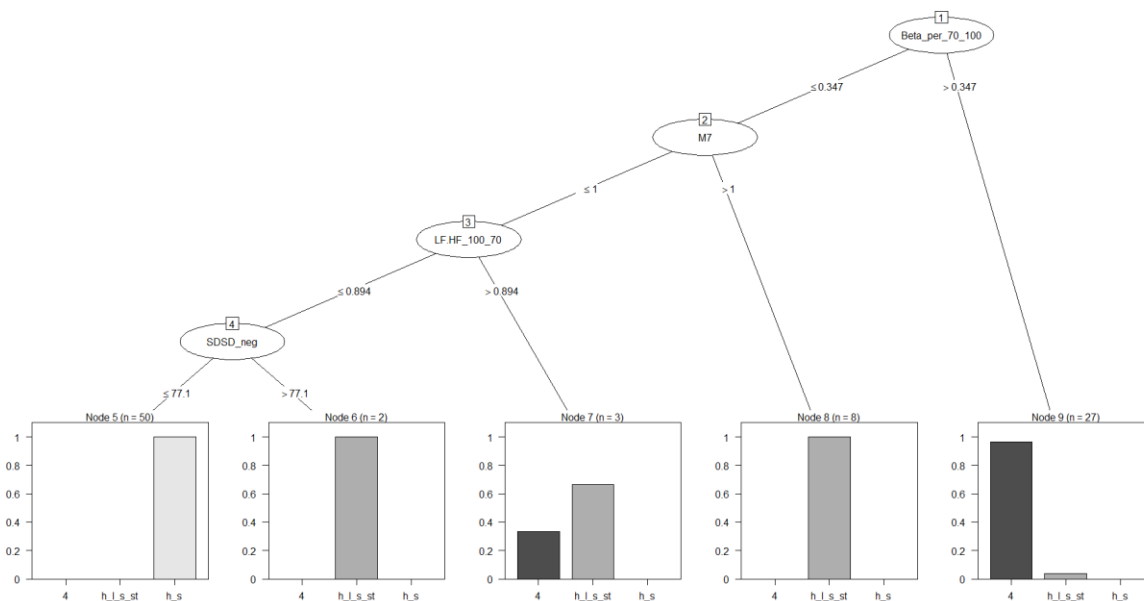
Аналізуючи дерево рішень, побудоване на основі проведених вимірювань артеріального тиску, з подальшим аналізом показників (атрибутів), отриманих з артеріальних осцилограм у двох груп студентів, здорових, в положенні сидючи та лежачи (мал. 5.7), бачимо, що за інформативністю на першому місці стоїть показник рівня збудливості тканин плеча на компресію манжетою. При значеннях $M7 > 1$ з ймовірністю $p=100\%$ (9 випадків) пацієнт перебував у положенні лежачи.

При значеннях $M7 \leq 1$ проводять оцінку значення показника потужності спектру за перетворенням Фур'є в діапазоні від 0,04 до 0,15 Гц на інтервалі від досягнення значення діастолічного тиску до 70% амплітуди артеріальної осцилограми. Якщо значення $LF_{20-70} \leq 3.79e-006$ (49 випадків), пацієнт з ймовірністю $p=100\%$ перебуває в положенні сидячи, і при умові $LF_{20-70} \geq 3.79e-006$ (5 випадків) 4 пацієнти в положенні лежачи та один в положенні сидячи з ймовірністю $p=80\%$.

Проведено оцінку інформативності показників (використовуваність): показник $M7 = 100\%$, а $LF_{20-70}=85,71\%$.

Досліджено похибку діагностування з використанням дерева (мал. 5.7). Загалом на досліджуваних даних похибка становить 1,6% (тобто 1 випадок з 63). При цьому помилково діагностується один випадок з групи в положенні лежачи, якого додано до групи пацієнтів в положенні сидячи.

Здорові в положенні сидячи, лежачи та ІХС II-ФК (90 осіб), мал. 5.8.



Мал. 5.8. Дерево рішень на підставі даних морфологічного, фрактального, часового та спектрального методів артеріальної осцилографії (за Вакуленком Д.В., Вакуленко Л.О.) для здорових в положенні сидячи, лежачи та хворих на ІХС II-ФК (положення лежачи) (90 осіб)

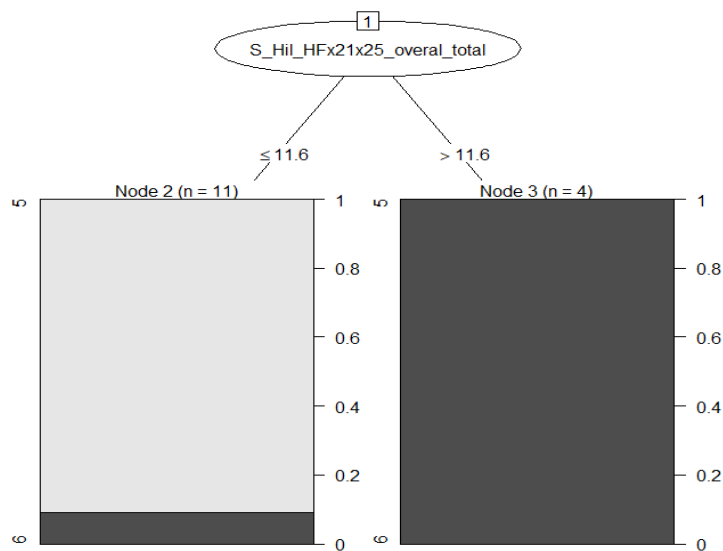
Аналізуючи дерево рішень, побудоване на основі проведених вимірювань артеріального тиску, з подальшим аналізом показників (атрибутів), отриманих з артеріальних осцилограм у трьох групах в положенні сидячи, лежачи та хворих на ІХС II-ФК (мал. 5.8), бачимо, що за інформативністю на першому місці стоїть показник ваги потужності спектру від 0 до 50 Гц за перетворенням Фур'є в діапазоні Beta хвиль від 13 до 25 Гц на інтервалі від 70% амплітуди до досягнення 100% амплітуди пульсацій артеріальної осцилограми. При значеннях $\%Beta_{70-100} > 0.347$ в 26 випадках з 27 у пацієнтів була діагностована ІХС II-ФК (положення

пацієнта при вимірюванні АТ лежачи) при цьому в одного пацієнта не була діагностована ІХС ІІ-ФК і він перебував у положенні лежачи з ймовірністю $p=96,3\%$, а при значеннях $\%Beta_{70-100} \leq 0,347$ слід врахувати значення $M7$, при $M7 > 1$ з ймовірністю $p=100\%$ (8 випадків) пацієнт у положенні лежачи. При значенні $M7 \leq 1$ слід оцінити значення співвідношення LF/HF від 100% амплітуди (момент досягнення максимальних пульсацій) до досягнення 70% амплітуди пульсацій артеріальної осцилограми. $LF/HF_{100-70} > 0,894$ в 2 випадках з 3 пацієнт перебував у положенні лежачи і в одному – сидячи з ймовірністю $p=66,7\%$. У випадку $LF/HF_{100-70} \leq 0,894$ слід оцінити значення $SDSD$ (середньо-квадратичне відхилення інтервалів між негативними інтервалами). У випадку $SDSD_{neg} \geq 77.1$ (50 випадків) з ймовірністю $p=100\%$ – положення пацієнтів лежачи, а при $SDSD_{neg} < 77.1$ (2 випадки) – положення пацієнта сидячи з ймовірністю $p=100\%$.

Проведено оцінку інформативності показників (використовуваність): показник $\%Beta_{70-100}=100\%$, $M7=70\%$, $LF/HF_{100-70}=61,11\%$, та $SDSD_{neg}=57,78\%$.

Досліджено похибку діагностування з використанням дерева рішень (мал. 5.8). Загалом на досліджуваних даних похибка становить $2,2\%$ (тобто 2 випадки з 90). При цьому помилково діагностується один випадок з 27, віднесений до ІХС ІІ-ФК з числа здорових в положенні лежачи, 1 випадок з 13 у випадку положення лежачи був віднесений до числа хворих на ІХС ІІ-ФК.

Хворі на ХОЗЛ ДН-0 (10 осіб) та ІХС І-ФК (5 осіб), мал. 5.9.



Мал. 5.9. Дерево рішень на підставі даних морфологічного, фрактального, часового та спектрального методів артеріальної осцилографії (за Вакуленком Д.В., Вакуленко Л.О.) ХОЗЛ ДН-0 (10 осіб) та ІХС І-ФК (5 осіб)

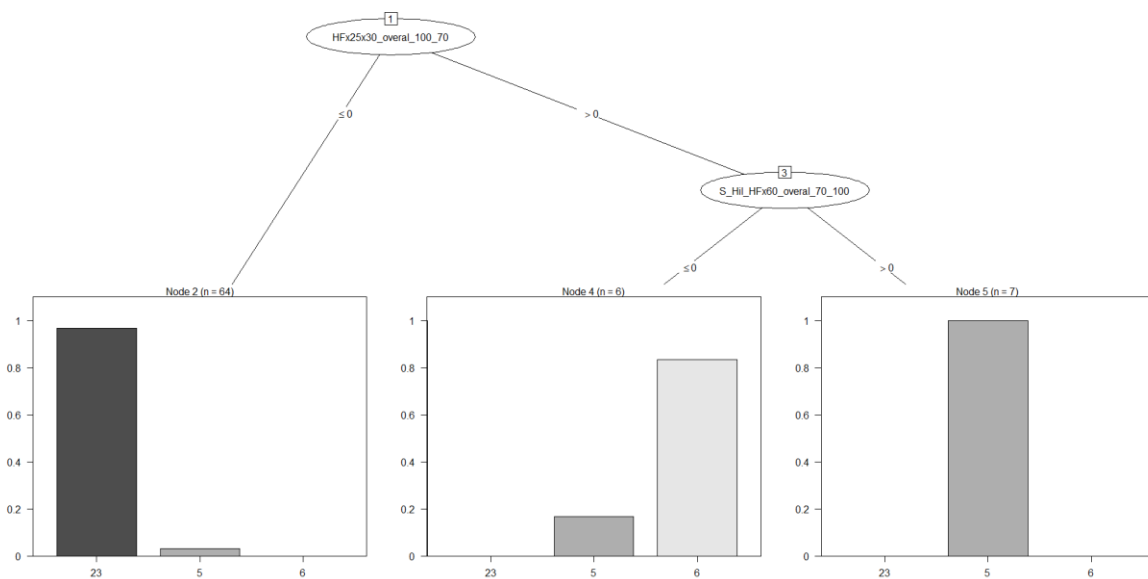
За результатами побудованого дерева рішень, на основі проведених вимірювань артеріального тиску, з подальшим аналізом показників (атрибутів), отриманих з артеріальних осцилограм у двох групах хворих на ХОЗЛ ДН-0 (10 осіб) та ІХС з І-ФН (5 осіб) (мал. 5.9), виявлено, що по інформативності на першому місці стоїть показник потужності спектру за перетворенням Гільберта-Хуанга в діапазоні Beta хвиль від 21 до 25 Гц артеріальної осцилограми.

У випадку, коли $HF(21-25) \leq 11.6$, в побудованому дереві рішень (10 осіб) мають ХОЗЛ ДН-0 та 1 хворий на кардіосклероз з ймовірністю $p=90,1\%$, а при значенні $HFx21-25 > 11.6$ в (4 випадки) – хворі на ІХС І-ФК з ймовірністю $p=100\%$.

Проведено оцінку інформативності показників (використовуваність): показник $HFx21-25 = 100\%$.

Досліджено похибку діагностування з використанням дерева рішень (мал. 5.9). Загалом на досліджуваних даних похибка становить 6,7% (тобто 1 випадок з 15). При цьому помилково діагностується один випадок з 5 в разі атеросклерозу, відповідно, хворий з атеросклерозом доданий до групи з 10 хворих на бронхіт.

Хворі з ХОЗЛ ДН-0, ІХС з І-ФН та артеріальною гіпертензією АГ, що отримують гіпотензивну терапію (77 осіб), мал. 5.10.



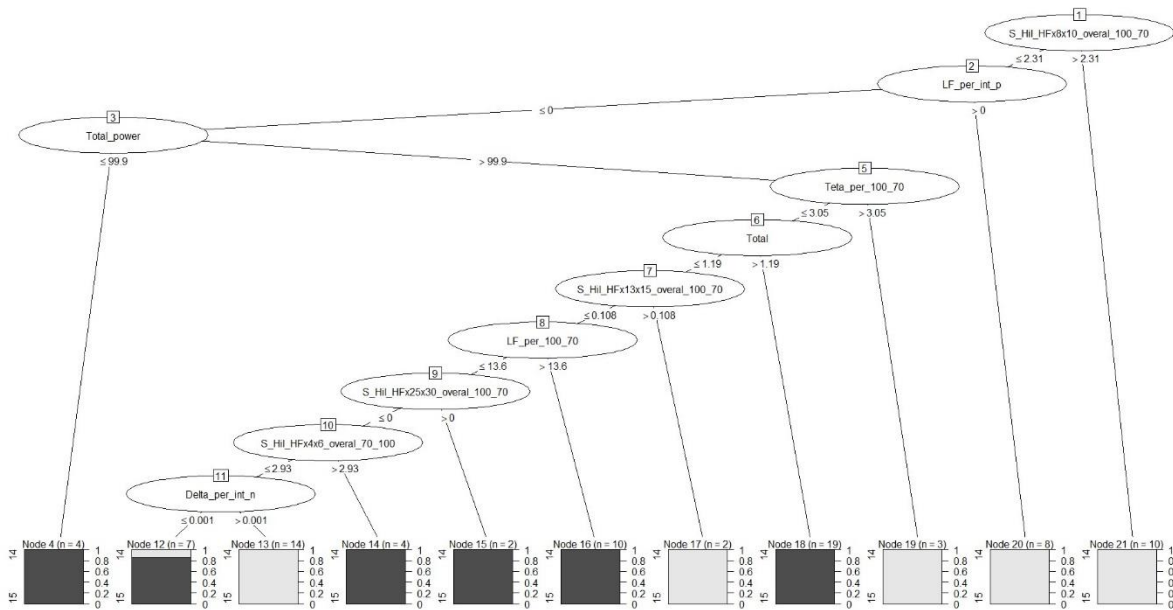
Мал. 5.10. Дерево рішень на підставі даних морфологічного, фрактального, часового та спектрального методів артеріальної осцилографії (за Вакуленком Д.В., Вакуленко Л.О.) хворих з ХОЗЛ ДН-0, ІХС з І-ФН та артеріальною гіпертензією АГ, що отримують гіпотензивну терапію (77 осіб)

Аналізуючи побудоване дерево рішень, на основі проведених вимірювань артеріального тиску, з подальшим аналізом показників (атрибутів), отриманих з артеріальних осцилограм у трьох групах хворих на ХОЗЛ ДН-0, ІХС з І-ФН та артеріальною гіпертензією АГ, що отримують гіпотензивну терапію (77 осіб) (мал. 5.10), бачимо, що за інформативністю на першому місці стоїть показник ваги потужності спектру за перетворенням Фур'є в діапазоні від 25 до 30 Гц на інтервалі від 100% амплітуди до досягнення 70% амплітуди пульсацій артеріальної осцилограми. При значеннях $HF(25-30)_{100-70} \leq 1.37e-006$ з 64 пацієнтів, що відповідали цій умові, у 62 (усієї групи) з артеріальною гіпертензією АГ, що отримують гіпотензивну терапію з приводу АГ, та 2 хворих з бронхітом з ймовірністю $p=96.8\%$. При значеннях $HF(25-30)_{100-70} > 1.37e-006$ слід врахувати значення потужності спектру за перетворенням Гільберта-Хуанга в діапазоні більше 60 Гц від 70% амплітуди до досягнення 100% амплітуди пульсацій артеріальної осцилограми $S_{Nil}(60)_{(70-100)}$, при $S_{Nil}(60)_{(70-100)} \leq 0$ (6 осіб) – 5 хворих на ІХС з І-ФН та 1 хворий на ХОЗЛ ДН-0 з ймовірністю $p=83.3\%$. У випадку $S_{Nil}(60)_{(70-100)} > 0$ (7 осіб) і всі з них належать до групи хворих на ХОЗЛ ДН-0.

Проведено оцінку інформативності показників (використовуваність): показник $HF(25-30)_{100-70} = 100\%$, $S_{Nil}(60)_{(70-100)} = 16,88\%$.

Досліджено похибку діагностування з використанням дерева рішень (мал. 5.10). Загалом на досліджуваних даних похибка становить 3,9% (тобто 3 випадки з 77). При цьому помилково до групи хворих на АГ, що отримують гіпотензивну терапію додано 2 хворих на ІХС з І-ФН. До групи на ІХС з І-ФН віднесено 1 хворого на ІХС з І-ФН.

Хворі на цукровий діабет 1-2 типу та ХОЗЛ ДН-I (83 особи), мал. 5.11.



Мал. 5.11. Дерево рішень на підставі даних морфологічного, фрактального, часового та спектрального методів артеріальної осцилографії (за Вакуленком Д.В., Вакуленко Л.О.) для хворих на цукровий діабет 1-2 типу та ХОЗЛ ДН-I (83 особи)

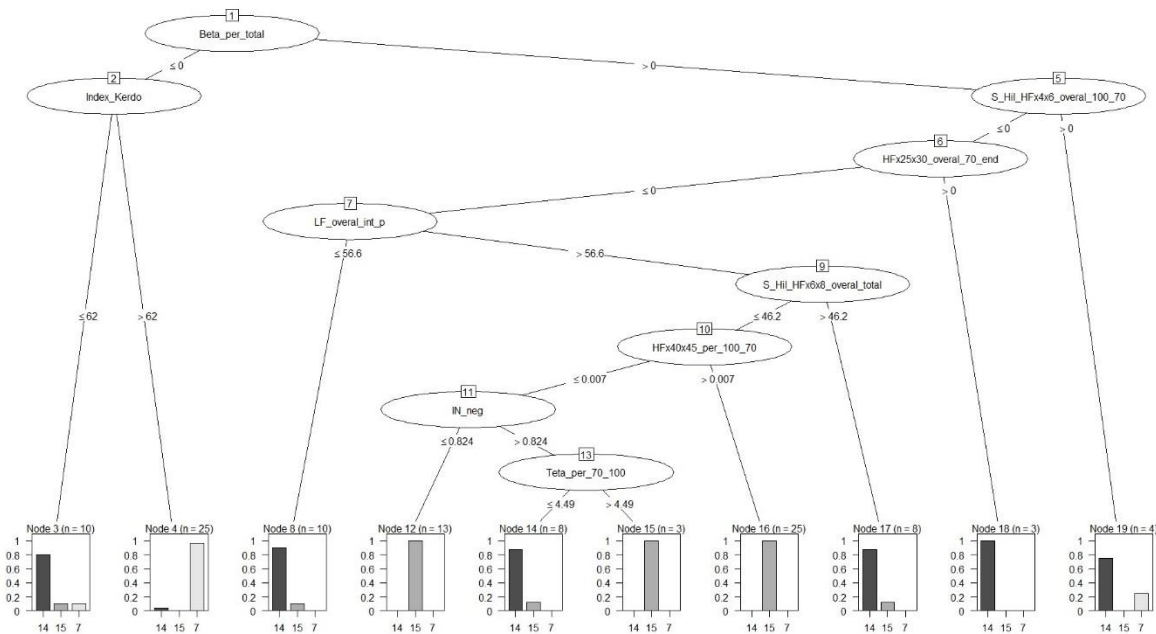
Аналізуючи побудоване дерево рішень, на основі проведених вимірювань артеріального тиску, з подальшим аналізом показників (атрибутив), отриманих з артеріальних осцилограм у двох групах для хворих на цукровий діабет 1-2 типу та ХОЗЛ ДН-I (83 особи) (мал. 5.11), бачимо, що за інформативністю на першому місці стоїть показник потужності спектру миттєвої частоти за перетворенням Гільберта-Хуанга в діапазоні Alpha хвиль від 8 до 10 Гц від 100% амплітуди в період до досягнення 70% амплітуди пульсацій артеріальної осцилограми $S_Hil(8-10)_100-70$, при значеннях $S_Hil(8-10)_100-70 > 2.31$ (10 осіб) мали цукровий діабет ($p=100\%$). При значеннях $S_Hil(8-10)_100-70 \leq 2.31$ рекомендується оцінити вагу потужності спектру від 0 до 0.4 Гц за перетворенням Фур'є в діапазоні від 0,04 до 0,15 Гц на основі аналізу позитивних інтервалів артеріальної осцилограми $\%LF_int_p$. При значеннях $LF_int_p > 0.000102$ (8 осіб) мали цукровий діабет ($p=100\%$), а при $\%LF_int_p \leq 0.000102$ згідно з побудованим деревом рішень пропонується оцінити значення потужності спектру за перетворенням Фур'є в діапазоні від 0 до 100 Гц $Total_power$. При значеннях $Total_power \leq 99.9$ (4 особи) мали ХОЗЛ ДН-I ($p=100\%$), а при $Total_power > 99.9$ пропонується провести оцінку ваги потужності спектру від 0 до 100 Гц за перетворенням Фур'є в діапазоні Teta хвиль від 1 до 4 Гц від 100% до 70% амплітуди пульсацій артеріальної осцилограми $\%Teta_100-70$. При $\%Teta_100-70 > 3.05$ 3 особи мали цукровий діабет з ймовірністю $p=100\%$, а при $\%Teta_100-70 \leq 3.05$ пропонується провести оцінку потужності спектру за перетворенням Фур'є в діапазоні від 0 до 4 Гц $Total(0-4)$.

У випадку $Total(0-4) > 1.19$ в 19 осіб було діагностовано ХОЗЛ ДН-I з ймовірністю $P=100\%$, а при $Total(0-4) \leq 1.19$ пропонується оцінити значення потужності спектру миттєвої частоти за перетворенням Гільберта-Хуанга в діапазоні від 13 до 15 Гц від 100% амплітуди до досягнення 70% амплітуди пульсацій артеріальної осцилограми $S_Hil(13-15)_100-70$. За умови $S_Hil(13-15)_100-70 > 0.108$, 2 особи були віднесені до хворих на цукровий діабет ($p=100\%$), а при умові $S_Hil(13-15)_100-70 \leq 0.108$ слід оцінити вагу потужності спектру від 0 до 0.4 Гц за перетворенням Фур'є в діапазоні від 0.04 до 0.15 Гц на основі аналізу позитивних інтервалів артеріальної осцилограми $\%LF_100-70$. При значеннях $\%LF_100-70 > 13.6$ в 10 обраних пацієнтів була діагностована ХОЗЛ ДН-I $P=100\%$, а для випадку $\%LF_100-70 \leq 13.6$ пропонується перевірити показник потужності спектру миттєвої частоти за перетворенням Гільберта-Хуанга в діапазоні від 25 до 30 Гц від 100% амплітуди до досягнення 70% амплітуди пульсацій артеріальної осцилограми $S_Hil(25-30)_100-70$. При значеннях $S_Hil(25-30)_100-70 > 0$ (2 особи) мали хронічне обструктивне захворювання легень ($p=100\%$), а при $S_Hil(25-30)_100-70 \leq 0$ пропонується додатково перевірити показник потужності спектру миттєвої частоти за перетворенням Гільберта-Хуанга в діапазоні від 4 до 6 Гц від 100% амплітуди до досягнення 70% амплітуди пульсацій артеріальної осцилограми $S_Hil(4-6)_100-70$. При значеннях $S_Hil(4-6)_100-70 > 2.93$ в 4 осіб діагностовано ХОЗЛ ДН-I ($p=100\%$), а при $S_Hil(4-6)_100-70 \leq 2.93$ пропонується перевірити вагу потужності спектру від 0 до 100 Гц за перетворенням Фур'є в діапазоні Delta хвиль від 0 до 4 Гц на основі аналізу негативних інтервалів артеріальної осцилограми $\%Delta_int_n_100-70$. При $\%Delta_int_n_100-70 \leq 0.000889$ (8 осіб) в 7 хворих було діагностовано ХОЗЛ ДН-I з ймовірністю $p=85,7\%$, а для одного хворого – цукровий діабет. За умови $\%Delta_int_n_100-70 > 0.000889$ (14 осіб) мали цукровий діабет з ймовірністю $p=100\%$.

Проведено оцінку інформативності показників (використовуваність): показник $S_Hil(8-10)_100-70=100\%$, $\%LF_int_p=87.95\%$, $Total_power=78,31\%$, $\%Teta_100-70=73.49\%$, $Total(0-4)=69,88\%$, $S_Hil(13-15)_100-70=46.99\%$, $\%LF_100-70=44.58\%$, $S_Hil(25-30)_100-70=32.53\%$, $S_Hil(4-6)_100-70=30.12\%$, $\%Delta_int_n_100-70=25.30\%$.

Досліджено похибку діагностування з використанням дерева рішень (мал. 5.12). Загалом на досліджуваних даних похибка становить 1,2% (тобто 1 випадок з 83). При цьому помилково до групи з ХОЗЛ ДН-I (45 осіб) додано 1 хворого на цукровий діабет

Хворі на цукровий діабет та ХОЗЛ ДН-I та порушення мозкового кровообігу з лівобічним геміпарезом (інсульт) (109 осіб), мал. 5.12.



Мал. 5.12. Дерево рішень на підставі даних морфологічного, фрактального, часового та спектрального методів артеріальної осцилографії (за Вакуленком Д.В., Вакуленко Л.О.) для цукрового діабету та ХОЗЛ ДН-I та порушення мозкового кровообігу з лівобічним геміпарезом (інсульт) (109 осіб)

Аналізуючи побудоване дерево рішень, на основі проведених вимірювань артеріального тиску, з подальшим аналізом показників (атрибутів), отриманих з артеріальних осцилограм у трьох групах для хворих на цукровий діабет та ХОЗЛ ДН-I та порушенням мозкового кровообігу з лівобічним геміпарезом (інсульт) (109 осіб) (мал. 5.12), бачимо, що за інформативністю на першому місці стоїть показник ваги потужності спектру від 0 до 50 Гц за перетворенням Фур'є в діапазоні Beta хвиль від 13 до 25 Гц артеріальної осцилограми. При значеннях $\%Beta \leq 4.45e-005$ рекомендується оцінити значення індексу Кердо, якщо $Index_K\ddot{o}rdo \leq 62$, тоді (10 осіб) відносяться до листа 3, де 8 з них матимуть цукровий діабет та по одному – хронічне обструктивне захворювання легень та порушення мозкового кровообігу з ймовірністю $p=80\%$. Для пацієнтів з $Index_K\ddot{o}rdo > 62$ з 25 відібраних осіб у 24 осіб було порушення мозкового кровообігу, а в одного хворого був діагностований цукровий діабет з ймовірністю $p=96\%$.

При значеннях $\%Beta > 4.45e-005$ рекомендується оцінити значення потужності спектру миттєвої частоти за перетворенням Гільберта-Хуанга в діапазоні від 4 до 6 Гц від 100% амплітуди до досягнення 70% амплітуди пульсацій артеріальної осцилограми, при $S_Hil(4-6)_100-70 > 0$ з чотирьох осіб, що задовільняють цій умові, в трьох хворих був діагностований цукровий діабет, а в

одного – порушення мозкового кровообігу з ймовірністю $p=75\%$. При значеннях $S_Hil(4x6)_{100-70} \leq 0$ побудований алгоритм рекомендує перевірити значення потужності спектру за перетворенням Фур'є в діапазоні від 25 до 30 Гц на інтервалі від 70% амплітуди пульсацій артеріальної осцилограми до кінця вимірювання. При значеннях $HF(25x30)_{70-end} > 2.73e-009$ в трьох випадках були пацієнти з цукровим діабетом ($p=100\%$), а при $HF(25x30)_{70-end} \leq 2.73e-009$ пропонується провести оцінку потужності спектру за перетворенням Фур'є в діапазоні від 0,04 до 0,15 Гц на основі аналізу позитивних інтервалів артеріальної осцилограми. При значеннях $LF_int_p \leq 56.6$ з 10 осіб, що віднесені до листа, 8–9 осіб мали цукровий діабет, а 1 особа мала ХОЗЛ ДН-I з ймовірністю $p=90\%$. На наступному кроці побудований алгоритм пропонує для значень $LF_int_p > 56.6$ перевірити значення потужності спектру миттєвої частоти за перетворенням Гільберта-Хуанга в діапазоні від 6 до 8 Гц артеріальної осцилограми, при $S_Hil(6-8) > 46.2$ з 8 обраних хворих було 7 з діагностованим цукровим діабетом, а один – з ХОЗЛ ДН-I з ймовірністю $p=87,5\%$. При значеннях $S_Hil(6-8) \leq 46.2$ проводиться порівняння ваги потужності спектру від 0 до 100 Гц за перетворенням Фур'є в діапазоні від 40 до 45 Гц на основі аналізу позитивних інтервалів артеріальної осцилограми від 100% амплітуди до досягнення 70% амплітуди пульсацій артеріальної осцилограми $\%HF(40-45)_{(100-70)}$. У випадку $\%HF(40-45)_{(100-70)} > 0.00747$, 25 осіб діагностовані на ХОЗЛ ДН-I $P=100\%$, а при $\%HF(40-45)_{(100-70)} \leq 0.00747$ проводиться оцінка значень індексу напруження за негативними інтервалами (часовий аналіз) IN_neg . При $IN_neg \leq 0.824$ для 13 осіб було діагностовано ХОЗЛ ДН-I ($p=100\%$). При $IN_neg > 0.824$ пропонується провести оцінку ваги потужності спектру від 0 до 100 Гц за перетворенням Фур'є в діапазоні Тета хвиль від 1 до 4 Гц артеріальної осцилограми від 70% до 100% амплітуди пульсацій артеріальної осцилограми $\%Teta_{70-100}$. При $\%Teta_{70-100} \leq 4.49$ в побудованому дереві рішень в листі 14 – 7 осіб мали цукровий діабет з 8 осіб, а один мав ХОЗЛ ДН-I з ймовірністю $p=87,5\%$, а при $\%Teta_{70-100} > 4.49$, 15 осіб мали хронічне обструктивне захворювання легень ($p=100\%$).

Проведено оцінку інформативності показників (використовуваність): показник $\%Beta=100\%$, $S_Hil(4-6)_{100-70}=67.89\%$, $HF(25x30)_{70-end}=64.22\%$, $LF_int_p=61.47\%$, $S_Hil(6-8)=52.29\%$, $\%HF(40-45)_{(100-70)}=44,95\%$, $Index_K\ddot{r}do=32.11\%$, $IN_neg=22.02\%$, $\%Teta_{70-100}=10.09\%$.

Досліджено похибку діагностування з використанням дерева рішень (мал. 5.12). Загалом на досліджуваних даних похибка становить 6,4% (тобто 7 випадків з 109). При цьому помилково до групи хворих на цукровий діабет (37 з 38 осіб) додано 4 хворих з ХОЗЛ ДН-I та 2 хворих з порушенням мозкового кровообігу з

лівобічним геміпарезом. До групи на ХОЗЛ ДН-I (41 з 45 осіб) не віднесено помилково жодного хворого з порушенням мозкового кровообігу.

Результати досліджень та їх аналіз

Побудовано дерева рішень для диференційної діагностики для таких груп захворювань:

- Здорові в положенні сидячи та лежачи (63 особи)
- Здорові в положенні сидячи, лежачи та хворі з ІХС II-ФК (90 осіб)
- Хворі на ХОЗЛ ДН-0 (10 осіб) та ІХС I-ФК (5 осіб)
- Хворі з ХОЗЛ ДН-0, ХОЗЛ ДН-II та артеріальною гіпертензією, що отримують гіпотензивну терапію з приводу АГ (77 осіб)
- Хворі на цукровий діабет та ХОЗЛ ДН-I (83 особи)
- Хворі на діабет та ХОЗЛ ДН-I та порушення мозкового кровообігу з лівобічним геміпарезом (109 осіб)

Слід зазначити, що незважаючи на порівняння різнохарактерних системних патологічних процесів, де засобом оцінки є показники артеріальної осцилографії, отримані в процесі вимірювання артеріального тиску у здорових та хворих, має місце досить низька похибка диференціації досліджуваних груп від 1,2 до 6,7%.

На початку дослідження вивчено особливості адаптаційних механізмів організму здорових на компресію плеча манжетою у положенні сидячи та лежачи. Виявлено, що за інформативністю на першому місці стоїть показник рівня збудливості тканин плеча. В положенні лежачи у всіх пацієнтів цей показник більше одиниці. Показник потужності спектру за перетворенням Фур'є в діапазоні від 0,04 до 0,15 Гц на інтервалі від досягнення значення діастолічного тиску до 70% амплітуди артеріальної осцилограми вказує на участь гіпоталамо-гіпофізарних центрів в адаптаційних процесах до положення тіла.

Зважаючи на поширеність у світі захворювань на ІХС, важливість ранньої діагностики та питання впливу положення тіла на проведені дослідження показало, що положення тіла впливає на адаптаційні механізми в організмі, але в будь-якому з положень можливо виявити та диференціювати вказане захворювання. До пріоритетних показників належать такі дані: показник ваги потужності спектру від 0 до 50 Гц за перетворенням Фур'є в діапазоні Beta хвиль від 13 до 25 Гц на інтервалі від 70% амплітуди до досягнення 100% амплітуди пульсацій артеріальної осцилограми, який вказує на участь мозкових центрів у забезпеченні адаптації організму до ІХС II-ФК і не притаманний для здорових, незважаючи на положення тіла.

Враховуючи різноманітність досліджуваних захворювань дихальної та серцево-судинної системи (ХОЗЛ ДН-0, ІХС ІІ-ФК, артеріальна гіпертензія), виявлено, що за інформативністю на першому місці стоїть показник потужності спектру за перетворенням Гільберта-Хуанга в діапазоні Beta хвиль від 21 до 25 Гц артеріальної осцилограми для диференціації ХОЗЛ ДН-0 та ІХС І-ФК. Для виявлення з-поміж цих обстежених осіб на артеріальну гіпертензію за інформативністю на першому місці стоїть показник ваги потужності спектру за перетворенням Фур'є в діапазоні від 25 до 30 Гц на інтервалі від 100% амплітуди до досягнення 70% амплітуди пульсацій четвертої артеріальної осцилограми.

Привертає увагу те, що із 64 пацієнтів із значенням $HF(25-30)_{100-70} \leq 1.37e-006$ усі 62 особи – з групи хворих з артеріальною гіпертензією, що отримують гіпотензивну терапію, та 2 хворих на хронічний бронхіт.

Проведено порівняння результатів аналізу побудованого дерева рішень, у хворих на цукровий діабет, ХОЗЛ ДН-І та гостре порушення мозкового кровообігу. Виявлено, що за інформативністю на першому місці стоїть показник потужності спектру миттєвої частоти за перетворенням Гільберта-Хуанга в діапазоні Alpha хвиль від 8 до 10 Гц в інтервалі від 100% амплітуди до досягнення 70% амплітуди пульсацій 4-ї частини артеріальної осцилограми ($S_{Hil(8-10)}_{100-70}$). Слід зазначити, що до переліку вузлових показників аналізу захворювань на цукровий діабет та ХОЗЛ ДН-І входять: показники потужності спектру за перетворенням Фур'є 0-4 та 0-100 Гц; показники інтервалограм – потужності миттєвої частоти за перетворенням Гільберта-Хуанга в діапазоні 8-10, 13-15, 25-30 Гц; показники часового аналізу (індекс напруження); показник автономної рівноваги – індекс Кердо. Зазначений спектр показників вказує на характер адаптаційних механізмів, залучених до підтримання вимушеного гомеостазу.

Висновки

Вимірювання артеріального тиску – простий, доступний (як медичним працівникам, так і пацієнтам) метод обстеження. Використання даних морфологічного, фрактального, часового, спектрального методів аналізу артеріальних осцилограм (за Вакуленком Д.В., Вакуленко Л.О.) в медичній, спортивній, приватній практиці можуть підвищити інформативність процедури вимірювання АТ, стати засобом раннього виявлення преморбідних станів, виявлення особливостей протікання адаптаційних процесів при різних захворюваннях. Дає можливість: оцінити адаптаційні можливості та механізми реакції організму на компресію плеча, стан функціонування міокардіально-гемодинамічного гомеостазу при цьому; визначити рівень регуляції і управління станом серцево-судинної системи, активність та взаємодію різних ланок нервової

системи; вивчити стан та реакцію периферійних судин у відповідь на компресію плеча манжетою у здорових осіб та при різних захворюваннях.

Побудовані дерева рішень дали можливість виявити групи послідовних додаткових ознак для диференціальної діагностики у здорових (в положенні сидячи та лежачи) та у хворих на ХОЗЛ ДН-0-I, ІХС I-II-ФК, артеріальну гіпертензію, цукровий діабет, гостре порушення мозкового кровообігу з лівобічним геміпарезом.

Слід зазначити, що до переліку вузлових показників для диференціації зазначених захворювань входять показники: потужності спектру за перетворенням Фур'є 0-4 Гц, 4-6 Гц, 8-10 Гц, 13-15 Гц, 21-25 Гц та 0-100 Гц артеріальної осцилограми та її інтервалограми; потужності миттєвої частоти за перетворенням Гільберта-Хуанга в діапазоні 0-4 Гц, 8-10 Гц, 13-15 Гц, 25-30 Гц, у різних фазах компресії плеча; часового аналізу осцилограм (індекс напруження); автономної рівноваги – індекс Кердо; морфологічного аналізу осцилограм. Згаданий спектр показників вказує на різні системні адаптаційні механізми, залучені до підтримки вимушеного гомеостазу організму при різних захворюваннях і можуть використовуватись для виявлення преморбідних станів, диференціальної діагностики та оцінки ефективності лікування.

5.3. Техніка аналізу показників артеріальної осцилограми для диференціації стану футболістів (за методом Д. Вакуленка, Л. Вакуленко)

*В.П. Марценюк, Д.В. Вакуленко, Л.О. Вакуленко, Н.О.,
Кравець, А.В. Семенець, Н.Я. Климук*

Актуальність теми. Футбол є одним з найбільш травмонебезпечних видів спорту. За оцінками фахівців, в Європі 50-60% всіх спортивних травм, а також 3,5-10% всіх травм, які доводиться лікувати в лікарнях, пов'язані з футболом. Як показує практика, більшу частину травм футболісти отримують в процесі гри у результаті різних падінь, викликаних зіткненнями з іншими учасниками матчу. Для підтримання фізичної форми гравця має значення не лише тренування та відсутність травм, а й харчування, психологічний стан та щоденний моніторинг стану основних систем організму. За сумною статистикою смертності футболістів у світі, більша частина летальних випадків наставала в результаті зупинки серця та важких травм [257].

Тренувальні заняття є основною формулою процесу підготовки футболістів, коли тренер реалізує цілі і задачі плану підготовки гравця. Тренування – це не випадковий процес. Саме тут розв'язуються конкретні задачі, що впливають з

оперативного і річного плану роботи з командою. Правильна побудова тренувального заняття з науково-обґрунтованим змістом є найважливішою і складною проблемою роботи тренера. Якість тренування і ступінь його впливу на зростання спортивних результатів залежать від детально обміркованої, конкретної системи підготовки футболістів та стану здоров'я кожного гравця. Традиційно перед початком тренувальних зборів у футболістів перевіряють функціональний стан всіх систем, зокрема стан серцево-судинної системи, м'язової та дихальної систем. Також вони проходять обстеження на функціональність зорових і слухових аналізаторів, динамометрію, антропометрію, загальний аналіз крові. У процесі їх проектування та впровадження використовуються не лише класичні статистичні методи (multidimensional logistic regression, discriminant analysis, Bayesian classifiers or the method of k-Means), але також аналіз даних і штучний інтелект (including neural networks, fuzzy logic, bayesian networks, supporting vector machines, classification and regression trees) [12, 25, 58, 59, 60, 81, 84, 169, 170]. Запропоноване дослідження показує ефективність застосування методів артеріальної осцилографії (Д.Вакуленко, Л. Вакуленко), спрямованих на виявлення ознак за допомогою алгоритму індукції дерева рішень. Дерева класифікації (також відомі як дерева рішень) – це сімейство статистичних методів, що використовують діаграми (так звані неорієнтовані ациклічні когерентні графи) для послідовного поділу простору даних на класи (підпростори) зі схожими властивостями. Історія дерев рішень почалася з публікації книги Breiman et al., що представила модель CART (дерево класифікації та регресії).

Мета досліджень. Оцінити ефективність застосування алгоритму індукції дерева рішень, спрямованого на виявлення ознак порушення адаптаційної здатності організму спортсмена за допомогою артеріальної осцилографії (Д.Вакуленко, Л.Вакуленко).

Матеріали і методи досліджень

Обстежено 565 осіб, проведено 752 вимірювання: 471 особа, 327 чоловічої та 144 жіночої статі. Із зазначеної вибірки обстежили при функціональному навантаженні:

- 67 осіб, з них 41 чоловічої та 26 жіночої статі, до виконання проби з 30 присіданнями за 45 секунд (проба Руф'є), після навантаження та через 2 хвилини відпочинку,
- 11 осіб футболістів-аматорів під час чемпіонату ТНПУ ім. В. Гнатюка віком 18 – 22 роки, професійних гравців футбольної команди національного рівня до та після матчу;
- 15 осіб та 14 осіб (тієї ж команди) 18-27 років до та після тренування.

Професійні гравці у футбол та аматори були чоловічої статі.

Артеріальні осцилограми реєстрували під час вимірювання артеріального тиску, в період зростання компресії, за допомогою електронного тонометра ВАТ 41-2 (манжета накладалась на плече). Подальший аналіз АОГ проводили за допомогою методів, запропонованих Д.В.Вакуленком, Л.О.Вакуленко [12, 25, 58, 59, 60, 81, 84, 169, 170] та реалізованих у програмному комплексі Оранта-АО. У зв'язку з відсутністю подібних досліджень, для морфологічного аналізу осцилограми (9 атрибутів) авторами використано інформацію, впроваджену в плетизмографії і реографії [85, 86, 98, 267], а також – логічно-візуальні, наукові, теоретичні висновки авторів за результатами аналізу 2740 осцилограм 680 здорових осіб [81]. Часовий аналіз (37 атрибутів) та спектральний аналіз (483 показники) осцилограм проведено за методами, що застосовуються при вивченні варіабельності серцевого ритму (BCP) електрокардіосигналу [81, 267]. Для зручності аналізу використано термінологію, прийняту при вивченні варіабельності серцевого ритму по ЕКГ [270]. В спектральному аналізі проводили розрахунок потужності спектру інтервалограми (45 атрибутів) та артеріальної осцилограми за перетворенням Фур'є (340 атрибутів) та миттєву частоту та фазу за перетворенням Гільберта-Хуанга (90 атрибутів). Артеріальну осцилограму ділили на 5 частин: до досягнення діастолічного тиску, від діастолічного тиску до 70% амплітуди осцилограми, від 70% до 100% амплітуди осцилограми, від 100% до 70% амплітуди та від 70% до кінця вимірювання. Для кожного з вказаних інтервалів АОГ застосовували перетворення Фур'є (по 68 атрибутів) та миттєву частоту та фазу за перетворенням Гільберта-Хуанга (по 18 атрибутів).

Застосування алгоритму індукції дерева рішень

Ми представляємо математичну проблему індукції дерева рішень у такий спосіб. Нехай D – множина, що містить N наборів навчальних даних. Тут будь-який набір $A_1i, A_2i \dots A_{ri}, C_i$ включає атрибути $A_1 \dots A_r$ як вхідні дані та атрибут класу C як вихідні дані. Атрибути $A_1 \dots A_r$ може приймати як числові, так і категоризовані значення. Атрибут класу C отримує одне з K дискретних значень: $C \in \{1 \dots K\}$. Мета полягає в тому, щоб передбачити значення атрибута класу C за допомогою дерева рішень на основі значень атрибутів $A_1 \dots A_r$. Крім того, необхідно максимізувати точність передбачення атрибута класу, тобто ймовірність $P\{C = c\}$ на термінальних вузлах для довільних $c \in \{1 \dots K\}$. Алгоритми індукції дерева рішень автоматично розбивають на вузлах значення числових атрибутів A_i на два інтервали: $A_i \leq x_i$ та $A_i > x_i$, значення категоризованих атрибутів A_j поділяють на дві підмножини: $A_j = S_j, A_j \neq S_j$.

Розщеплення числових атрибутів базується, як правило, на мірах, заснованих на ентропії, або індексі Джині. Процес розподілу повторюється рекурсивно, доки не почне спостерігатися покращення точності передбачення. Останній крок передбачає виключення вузлів, щоб уникнути переобладнання моделі. В результаті нам потрібно отримати набір правил, які йдуть від кореня до кожного термінального вузла, містять нерівності для числових атрибутів та умови включення для категоризованих. Наша мета – застосувати метод індукції дерев рішень для програмної реалізації в системі підтримки прийняття рішень на основі даних артеріальної осцилографії. Метод індукції дерева рішень заснований на такій рекурсивній процедурі [56, 57, 67]:

Генерація дерева рішень

Вхідні дані: D – набір навчальних вибірок $A_1, A_2, \dots, A_p, C_i$.

Вихідні дані: метод дерев рішень:

1. Створіть вузол N .
2. Якщо всі вибірки з D належать до загального класу C , то поверніть вузол N як вузол з ім'ям класу C .
3. Якщо список атрибутів (тому D) порожній, то поверніть вузол N як лист із назвою найбільш розширеного класу в D .
4. Застосувати алгоритм вибору атрибутів зі списку атрибутів для набору D для пошуку «найкращого» атрибута розщеплення.
5. Видалити атрибут розщеплення зі списку атрибутів.
6. Для будь-якої умови розщеплення j для атрибута розщеплення розглянемо D_j , тобто набір вибірок з D , що задовольняють умові розщеплення j .
7. Якщо D_j порожній, приєднайте до вузла N лист, позначений ім'ям найбільш розширеного класу D_j , приєднати до N вузол, який повертається рекурсивним викликом методу генерації дерева рішень з вхідними даними.

8. Кінець циклу кроку 6.

9. Зворотний вузол N .

За основу алгоритму вибору атрибутів на j -му кроці рекурсії ми використовуємо такий інформаційний захід:

$$\text{Gain}(A_i) = \text{Info}(D_j) - \text{Info}_{A_i}(D_j). \quad (1)$$

де

$$\text{Info}(D_j) = - \sum_{k=1}^K p_{kj} \log_2(p_{kj}) \quad (2)$$

Це інформація, яка необхідна для класифікації вибірок (A_1, A_2, \dots, A_p) в D_j

$$\text{Info}_{A_i}(D_j) = - \sum_{l \in \{D_j\}} \#(D_j)_l \text{Info}(D_l) \quad (3)$$

Це інформація, яку нам потрібно класифікувати (A_1, A_2, \dots, A_p) в D_j після розщеплення D_j на підмножини D_{j1} щодо значень атрибута A_i .

У виразі (2) ймовірність того, що будь-яка вибірка з D_j належать до множини C_k , D_j оцінюється як $p_{kj} = \frac{\#(C_k, D_j)}{\#(D_j)}$, де C_k , D_j є набір вибірок з D_j , для якого атрибут класу $C = k$. Має місце $\#(\bullet)$ – кількість елементів у вибірці.

У виразі (3) $\#D_j \#(D_j)$ – це оцінка ймовірності того, що будь-який набір від D_j належать до множини D_{j1} , де D_{j1} є набір вибірок з D_j для атрибута $A_i = a_{i1}$, де атрибут $A_i \in \{a_{i1}, a_{i2}, \dots, a_{iK_i}\}$.

Таким чином, $Gain(A_i)$ оцінює зменшення інформації, необхідної для класифікації будь-якого набору вибірок D_j при врахуванні відомого значення атрибута A_i . Отже, з доступних атрибутів для кожного вузла дерева рішень для умови розщеплення нам потрібно вибрати атрибут A_i^* з найбільшою цінністю $Gain(A_i^*)$. В результаті такого відбору для завершення процесу класифікації в D_j нам потрібна найменша кількість інформації. З метою застосування алгоритму індукції дерева рішень ми використали дані артеріальної осцилографії (Вакуленко Д.В., Вакуленко Л.О.) для диференціації функціональних станів (до та після матчу, до та після тренування) професійних гравців у футбол і футболістів-аматорів та студентів (при виконанні проби з 30 присіданнями (проба Руф'є)). Структура атрибутів, які використовувалися в алгоритмі аналізу даних, представлена в табл. 5.3.

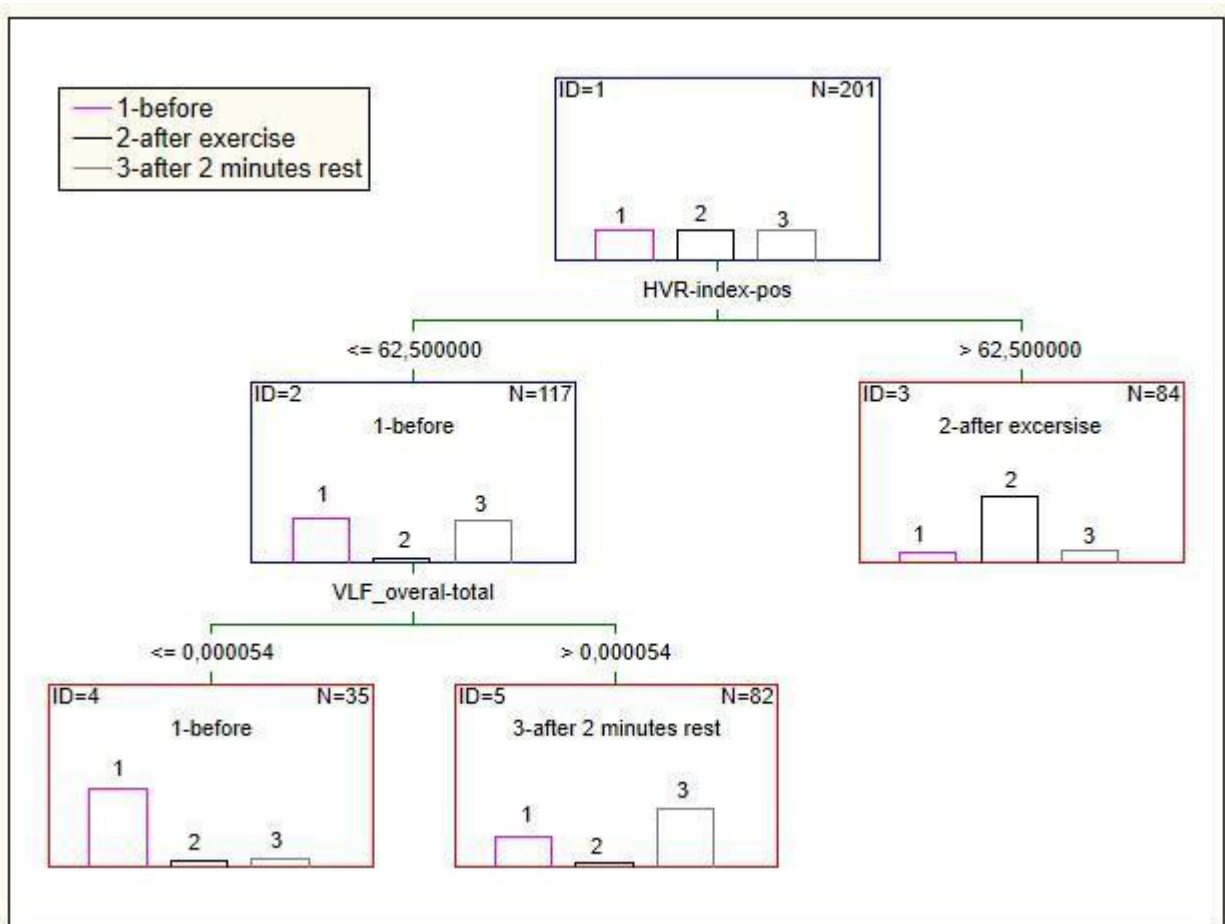
Результати досліджень та їх аналіз

У стані спокою (перед фізичним навантаженням) і відразу після проби Руф'є (30 присідань за 45 секунд) і через 2 хвилини відпочинку (67 осіб) ми отримали дерево рішень, представлене на мал. 5.13.

Таблиця 5.3

Атрибути для індукції дерева рішень, що базується на індексах артеріальної осцилографії

Позначення атрибута	Специфікація атрибута	Тип значень атрибутів
A1...A9	Морфологічний аналіз	Дійсні числа
A10	Фрактальна розмірність	Дійсні числа
A11...A49	Часовий аналіз	Дійсні числа
A50...A475	Спектральний аналіз	Дійсні числа
A50...A335	Потужність спектру за перетворенням Фур'є осцилограм	Дійсні числа
A406...A455	Потужність спектру за перетворенням Фур'є інтервалограм осцилограми	Дійсні числа
A336...A405	Потужність частоти та фази за перетворенням Гільберта-Хуанга осцилограм	Дійсні числа
A456...A475	Потужність частоти та фази за перетворенням Гільберта-Хуанга інтервалограм осцилограми	Дійсні числа



Мал. 5.13. Дерево рішень на підставі морфологічного, фрактального, часового та спектрального методів аналізу артеріальної осцилографії (за Вакуленком Д.В., Вакуленко Л.О.) для оцінки функціональних можливостей організму в стані спокою (перед фізичною активністю) (1 – before) і відразу після тесту Руф'є (30 присідань за 45 секунд) (2 – after exercise) і після 2 хвилин відпочинку (3 – after 2 minutes rest) (67 осіб).

Аналізуючи дерево рішень, побудоване на основі проведених вимірювань артеріального тиску, з подальшим аналізом показників (атрибутив), отриманих з артеріальних осцилограм у групі із 67 студентів до навантаження, зразу після навантаження та через 2 хвилини після навантаження (мал. 5.13), бачимо, що за інформативністю на першому місці стоїть показник HVR-index-pos – триангулярний індекс, отриманий з інтервалограми позитивних інтервалів. При значеннях $HVR-index-pos > 62,50$ з ймовірністю 73,9% (62 випадки) студент перебував у стані зразу після навантаження. При значеннях $HVR-index-pos \leq 62,5$ проводять оцінку значення показника VLF_overal-total – потужність спектру за перетворенням Фур'є в діапазоні 0,003-0,04 Гц. Якщо значення $VLF_overal-total > 0,000054$ (52 випадки) – студент з ймовірністю 63,5% перебував у стані через

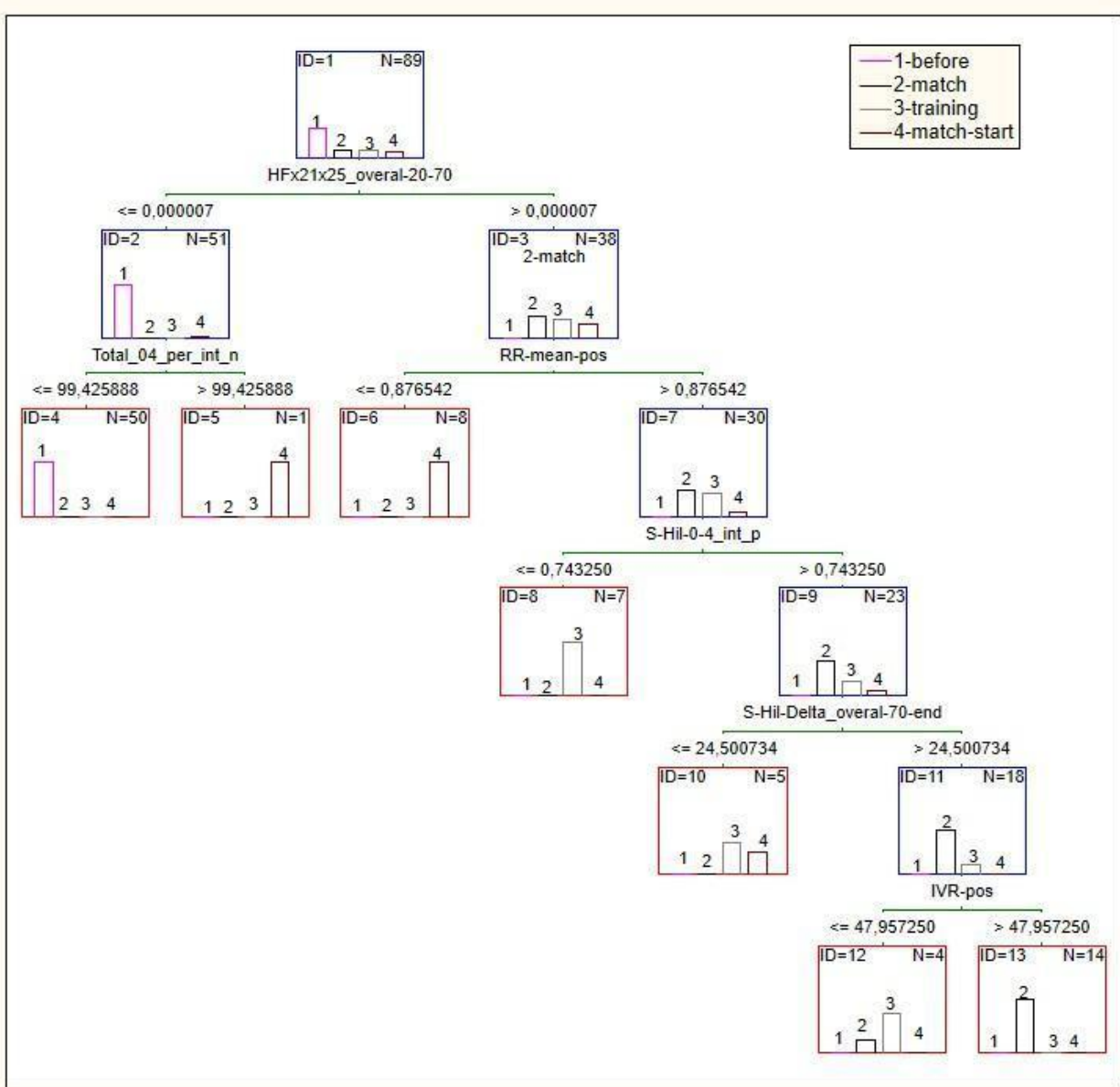
2 хвилини відпочинку після навантаження, при умові VLF_overall-total 0,000054 з ймовірністю 85,7% – 30 студентів перебували у стані перед навантаженням.

Досліджено точність діагностування з використанням дерева рішень (мал. 5.13). При діагностуванні станів після навантаження та 2 хвилин після навантаження точність становить 92,5% та 77,6% відповідно. При діагностуванні стану до навантаження точність становить 44,7%. Помилково до групи студентів до навантаження додано групу студентів через 2 хвилини після відпочинку.

Точність результатів обраного дерева рішень при диференціюванні досліджуваних станів під час виконання проби Руф'є така: до навантаження – 17,4%, зразу після присідань – 41,8% та через 2 хвилини відпочинку – 40,8%. Низький відсоток до навантаження зумовлений різними вихідними станами обстежених. Показники 27 осіб до навантаження виявились схожими до тих, що зареєстровані через 2 хвилини після відпочинку, а у 10 – як зразу після присідань. Водночас після присідань у 62 осіб (92%) був виявлений однотипний адаптаційний портрет, що дає можливість підтвердити мобілізуючий вплив фізичних навантажень. Через 2 хвилин відпочинку лише у 12 осіб він не відновився.

До групи найбільш інформативних показників при побудові дерев рішень були обрані ті, що відображають: варіабельність серцевого ритму – ВСР та показник VLF – рівень участі гіпоталамо-гіпофізарного центру в адаптації до компресії плеча на різних етапах досліджень проби Руф'є.

Дерево рішень на основі даних морфологічних, фрактальних, часових та спектральних методів артеріальної осцилографії (Д.Вакуленко, Л.Вакуленко) диференціювання функціональних станів серцево-судинної системи професійних футболістів, які спостерігаються перед тренуванням (3 – training) і перед ігровим матчем (2 – match), футболістів-любителів (4 – match-start) та студентів медичного університету (1 – before) представлено на малюнку 5.14.



Мал. 5.14. Дерево рішень на основі даних морфологічного, фрактального, часового та спектрального методів артеріальної осцилографії диференціювання функціональних станів серцево-судинної системи професійних футболістів, які спостерігаються перед тренуванням (3 – training) і перед ігровим матчем (2 – match), футболістів-любителів (4 – match-start) та студентів медичного університету (1 – before).

Аналізуючи дерево рішень, побудоване на основі проведених вимірювань артеріального тиску, з подальшим аналізом показників (атрибутів), отриманих з артеріальних осцилограм у групі із 26 футболістів: 13 осіб до тренування, команда «Нива»; 15 осіб до матчу, команда «Нива»; 11 осіб до матчу футбольного аматорського клубу, 50 студентів в стані спокою (мал. 5.14), бачимо, що за інформативністю на першому місці стоїть показник HFx21x25_overal-20-70 – потужність спектру за перетворенням Фур'є в діапазоні 21-25 Гц під час

наростаючої компресії. При значеннях $HFx21x25_overal-20-70 > 0,000007$ рекомендується провести оцінку показника $RR-mean-pos$, а при $HFx21x25_overal-20-70 \leq 0,000007$ проводять оцінку показника $Total_04_per_int_n$ – потужність спектру за перетворенням Фур'є в діапазоні 0-0,4 Гц на основі аналізу інтервалограм (інтервалів між нижніми екстремумами осцилограм). Якщо показник $RR-mean-pos > 0,876542$, то проводять оцінку значення показника $S-Hil-0-4_int_p$ – потужність спектру за перетворенням Гільберта-Хуанга в діапазоні 0-0,4 Гц на основі аналізу інтервалограм (інтервалів між верхніми екстремумами осцилограм), при значенні $RR-mean-pos$ – середнє значення інтервалів верхніх екстремумів осцилограми, $RR-mean-pos \leq 0,876542$ з ймовірністю 100% (8 випадків) стверджують, що футболіст перебував у стані до матчу футбольного аматорського клубу.

При значеннях показника $HFx21x25_overal-20-70 \leq 0,000007$ проводять оцінку показника $Total_04_per_int_n$. Якщо значення $Total_04_per_int_n > 99,425888$, то футболіст перебував у стані до матчу футбольного аматорського клубу з ймовірністю 100% (1 випадок), а при значенні $Total_04_per_int_n \leq 99,425888$ з ймовірністю 100% (50 випадків) – студенти у стані спокою.

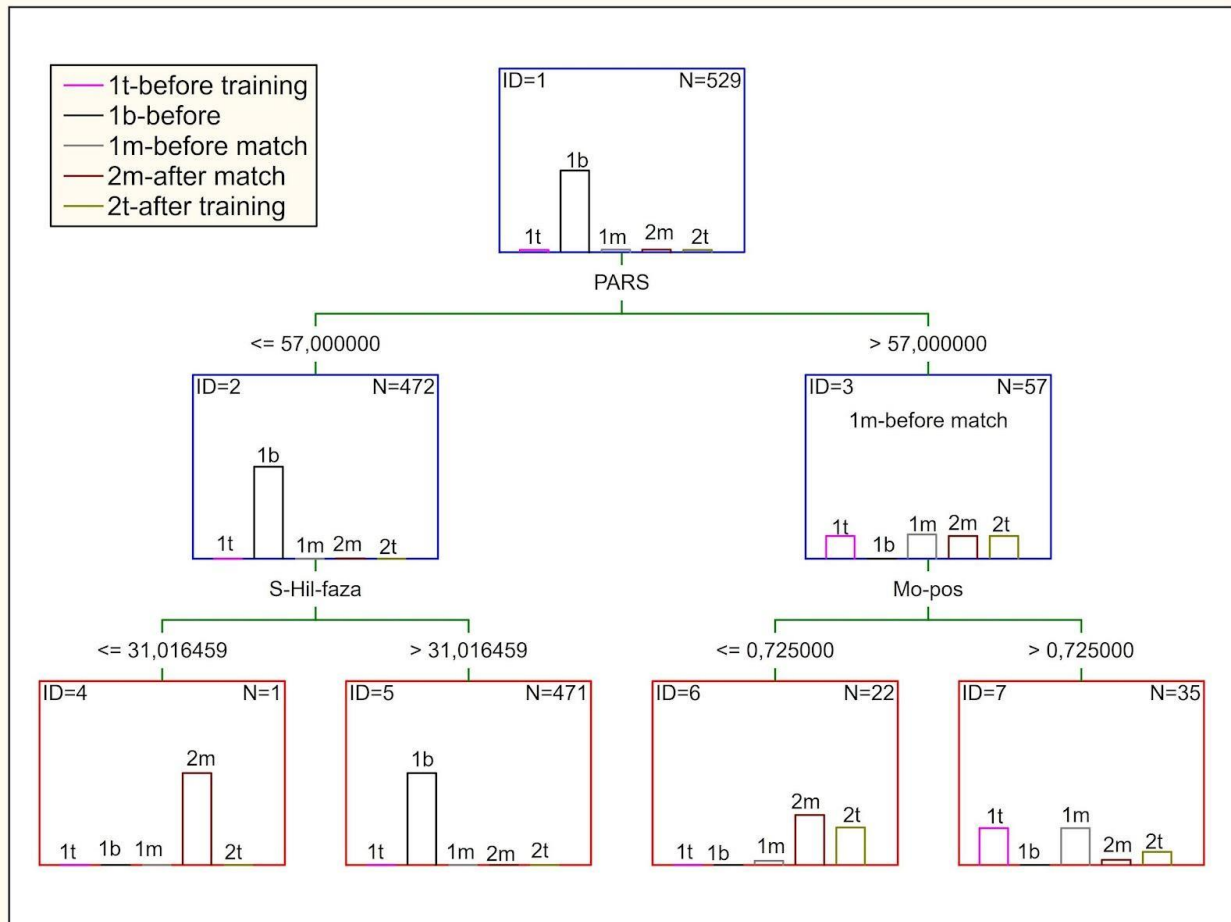
При значеннях показника $S-Hil-0-4_int_p > 0,743250$ проводять оцінку значення $S-Hil-Delta_overal-70-end$ – потужність спектру за перетворенням Гільберта-Хуанга в діапазоні 0-4 Гц на основі аналізу осцилограми. Якщо $S-Hil-0-4_int_p \leq 0,743250$ (7 випадків), футболіст команди «Нива» з ймовірністю 100% перебував у стані до тренування.

При значеннях показника $S-Hil-Delta_overal-70-end \leq 24,500734$ (5 випадків), то футболіст перебував у стані до тренування з ймовірністю 60% (3 випадки), та 40% (2 випадки) футболісти перебували до матчу футбольного аматорського клубу, а при $S-Hil-Delta_overal-70-end > 24,500734$ рекомендується провести оцінку показника $IVR-pos$.

Наступним кроком потрібно оцінити $IVR-pos$ – індекс автономної рівноваги. При значенні показника $IVR-pos > 47,957250$ футболіст перебував у стані до матчу з ймовірністю 100% (14 випадків), а при значенні $IVR-pos \leq 47,957250$ з ймовірністю 25% (1 випадок) футболіст перебував у стані до матчу, та 75% (3 випадки) футболісти перебували у стані до тренування.

Аналіз результатів дерева рішень на основі даних морфологічного, фрактального, часового та спектрального методів артеріальної осцилографії (Д.Вакуленко, Л.Вакуленко) дає можливість диференціювати функціональні стани серцево-судинної системи осіб без скарг на стан здоров'я (471 особа), професійних

футболістів до і після тренування (14 осіб), перед ігровим матчем та після матчу (15 осіб), що представлено на малюнку 5.15.



Мал. 5.15. Дерево рішень на основі даних морфологічного, фрактального, часового та спектрального методів артеріальної осцилографії диференціювання функціональних станів серцево-судинної системи осіб без скарг на стан здоров'я (1b – before) (471 особа), професійних футболістів до (1t – before training) і після тренування (2t – after training) (14 осіб), перед ігровим матчем (1m – before match) і після матчу (2m – after match) (15 осіб).

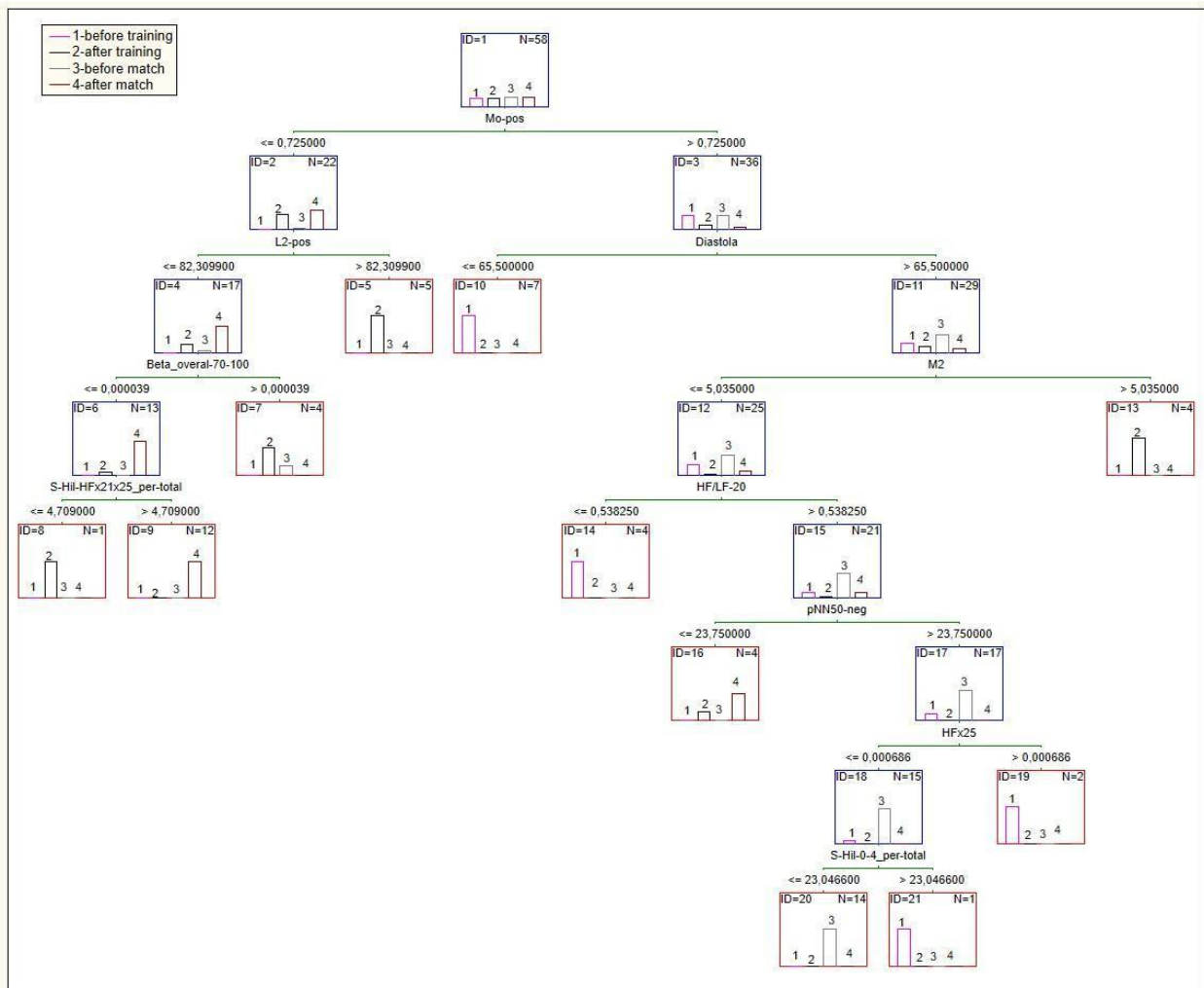
Аналізуючи дерево рішень, побудоване на основі проведених вимірювань артеріального тиску, з подальшим аналізом показників (атрибутів), отриманих з артеріальних осцилограм у групі із 471 осіб без скарг на стан здоров'я та осіб до тренування та після тренування (14 осіб), до матчу та після матчу (15 осіб) (мал. 5.15), разом 529 випадків, бачимо, що за інформативністю на першому місці стоїть показник PARS – показник активності автономної системи. При значеннях PARS >57 рекомендується провести оцінку показника Mo-pos – мода, розрахована з інтервалів між верхніми екстремумами осцилограм, а при значенні показника

PARS 57 проводять оцінку показника S-Hil-faza – потужність фази за перетворенням Гільберта-Хуанга.

Якщо значення показника Mo_{-pos} 0,73 (22 випадки), то особи перебували у стані після тренування з ймовірністю 41% (9 випадків), 4,5% (1 випадок) – у стані перед матчем та 54,5% (12 випадків) – у стані після матчу. Якщо значення показника $Mo_{-pos} > 0,73$ (35 випадків), то перебували у стані перед тренуванням з ймовірністю 40% (14 випадків), 14,3% (5 випадків) – у стані після тренування, 40% (14 випадків) – у стані перед матчем та 5,7% (2 випадки) – у стані після матчу.

При значенні показника S-Hil-faza – потужність фази за перетворенням Гільберта-Хуанга, $S-Hil-faza > 31,017$ (471 випадок), з ймовірністю 100% відсотків особи були без скарг на стан здоров'я, а при значенні S-Hil-faza 31,017 (1 випадок) з ймовірністю 100% особа перебувала у стані після матчу.

Дерево рішень на основі даних морфологічного, фрактального, часового та спектрального методів артеріальної осцилографії (Д.Вакуленко, Л.Вакуленко) диференціювання функціональних станів серцево-судинної системи професійних футболістів до тренування (1 – before training) і після тренування (2 – after training) (14 осіб), до матчу (3 – before match) і після матчу (4 – after match) (15 осіб, 58 вимірювань) представлено на малюнку 5.16.



Мал. 5.16. Дерево рішень на основі даних морфологічного, фрактального, часового та спектрального методів артеріальної осцилографії (Д.Вакуленко, Л.Вакуленко) диференціювання функціональних станів серцево-судинної системи професійних футболістів до тренування (1 – before training) і після тренування (2 – after training) (14 осіб), до матчу (3 – before match) і після матчу (4 – after match) (15 осіб, 58 вимірювань).

Аналізуючи дерево рішень, побудоване на основі проведених вимірювань артеріального тиску, з подальшим аналізом показників (атрибутів), отриманих з артеріальних осцилограм у групі із 15 футболістів до тренування, після тренування, до матчу та після матчу (мал. 5.16), бачимо, що за інформативністю на першому місці стоїть показник Mo-pos – мода, розрахована з інтервалів між верхніми екстремумами осцилограм. При значеннях Mo-pos >0,725 рекомендується провести оцінку показника Diastola, а при Mo-pos 0,725 проводять оцінку показника L2-pos – величина відображає активність парасимпатичного відділу. Якщо показник Diastola – значення діастолічного тиску Diastola >65,5, то проводять оцінку значення

показника M2 – якість адаптації під час компресії, а при значенні Diastola 65,5 з ймовірністю 100% (7 випадків) стверджують, що футболіст перебував у стані перед тренуванням.

При значеннях показника L2-pos 82,3099 проводять оцінку показника Beta_overall-70-100. Якщо значення L2-pos > 82,3099, то футболіст перебував у стані після тренування з ймовірністю 100% (4 випадки).

Наступним показником для аналізу пропонується оцінити Beta_overall-70-100 – потужність спектру за перетворенням Фур'є в діапазоні 13-25 Гц в під час зростаючої компресії. При значеннях Beta_overall-70-100 > 0,000039 рекомендується провести оцінку показника S-Ni-HFx21x25 – вага потужності спектру за перетворенням Гільберта-Хуанга в діапазоні 21-25 Гц на основі аналізу осцилограми. Наступним пропонується оцінити Beta_overall-70-100 > 0,000039 – з ймовірністю 75% футболіст перебував у стані після тренування (3 випадки).

Якщо показник S-Ni-HFx21x25 > 4,709, то футболіст з ймовірністю 100% перебував у стані після тренування, а при значенні S-Ni-HFx21x25 > 4,709 з ймовірністю 100% футболіст перебував у стані після матчу (12 випадків).

При значеннях показника M25,035 проводять оцінку значення HF/LF-20 – співвідношення потужностей спектрів за перетворенням Фур'є в діапазонах HF 0,15-0,4 Гц та LF 0,04-0,15 Гц на початку компресії. Якщо M2 > 5,035 (4 випадки), футболіст з ймовірністю 100% перебував у стані після тренування.

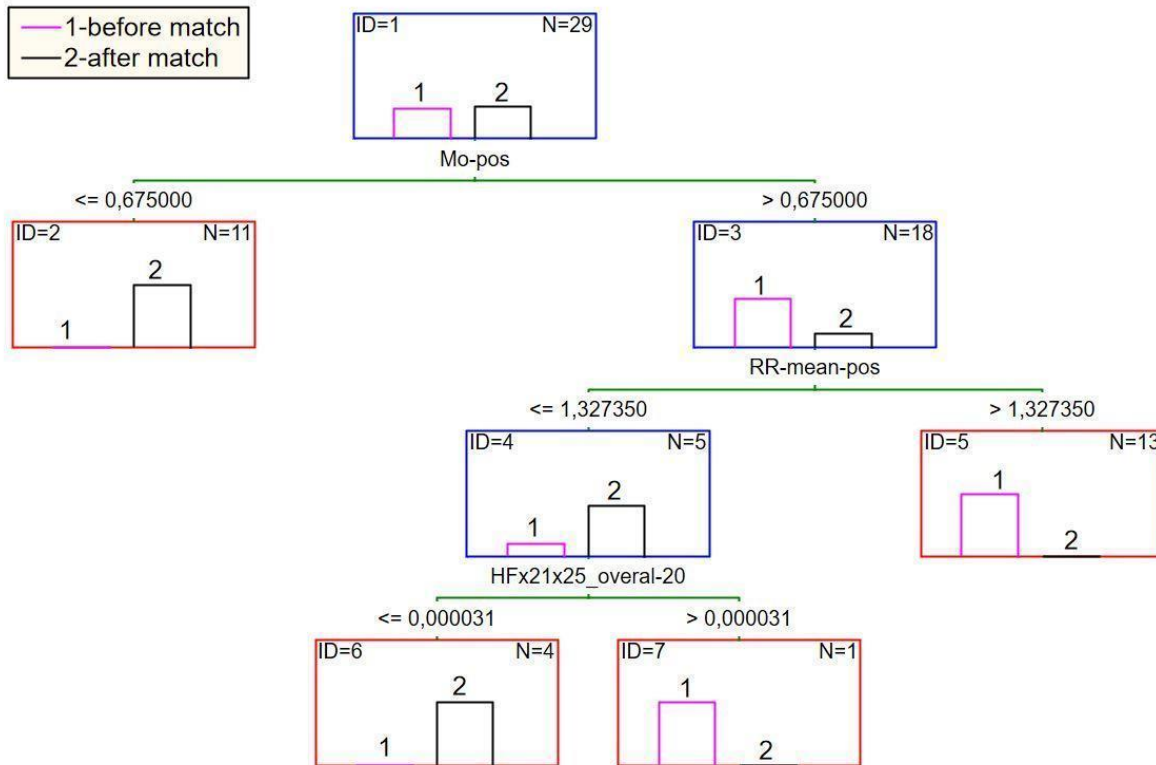
При значеннях показника S-Ni-HFx21x25 > 0,53825, то футболіст з ймовірністю 100% перебував у стані перед тренуванням (4 випадки), а при S-Ni-HFx21x25 > 0,53825 рекомендується провести оцінку показника pNN-neg.

Якщо значення pNN-50-neg > 23,75, то футболіст перебував у стані після матчу з ймовірністю 75% (3 випадки), при значенні pNN-neg > 23,75 проводять оцінку значення HFx25 – потужність спектру за перетворенням Фур'є від 0 до 25 Гц. При значенні показника HFx25 > 0,000686 з ймовірністю 100% стверджують, що футболіст перебував в стані перед тренуванням, а якщо HFx25 > 0,000686, то проводять оцінку значення показника S-NI-0-4_per-total.

При значенні показника S-NI-0-4_per-total > 23,0466 футболіст перебував у стані перед тренуванням з ймовірністю 100% (1 випадок), а при значенні S-NI-0-4_per-total > 23,0466 з ймовірністю 100% футболіст перебував у стані перед матчем (14 випадків).

Досліджено точність визначення стану футболістів з використанням дерева рішень (мал. 5.16). При визначенні станів перед тренуванням та після матчу точність становить 100%, а при визначенні стану після тренування та стану перед матчем становлять 92,7% та 93% відповідно.

Дерево рішень на основі даних морфологічного, фрактального, часового та спектрального методів артеріальної осцилографії диференціювання функціональних станів серцево-судинної системи професійних футболістів до матчу (1 – before match) і після матчу (2 – after match) (15 осіб, 29 показників) представлено на малюнку 5.17.



Мал. 5.17. Дерево рішень на основі даних морфологічного, фрактального, часового та спектрального методів артеріальної осцилографії (Д.Вакуленко, Л.Вакуленко) диференціювання функціональних станів серцево-судинної системи професійних футболістів до матчу (1 – before match) і після матчу (2 – after match) (15 осіб, 29 вимірювань).

Досліджено отримане дерево рішень на основі даних морфологічного, фрактального, часового та спектрального методів артеріальної осцилографії професійних футболістів, які спостерігаються до і після матчу (мал. 5.17). Визначено та розглянуто найбільш інформативні атрибути.

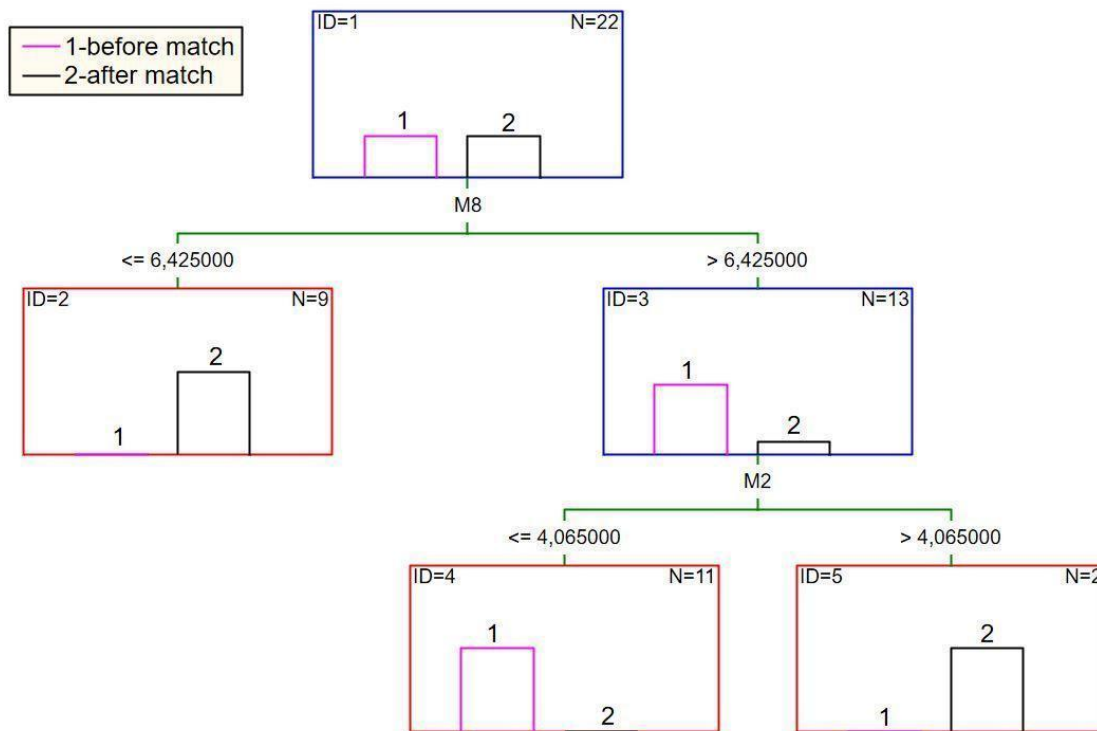
Максимальний рівень інформації, отримано з показника Mo-pos. Величина Mo-pos <= 0,675 з ймовірністю P = 100% (11 випадків) дані гравців були отримані після матчу. У випадку Mo-pos > 0,675 RR-mean-pos дозволяє ідентифікувати гравців, які спостерігалися перед матчем (13 осіб для показників RR-mean-pos > 1,327530 з ймовірністю P = 100%). Якщо величина RR-mean-pos <= 1,327530, розрахованого за перетворенням Фур'є в діапазоні від 21 Гц до 25 Гц на початку компресії манжетою, HFx21x25_overal-20 дозволяє ідентифікувати решту гравців, як це

спостерігалось перед матчем (1 особа для показників HFx21x25_overall-20 > 0,000031 з ймовірністю P = 100%) чи після матчу (для показників 4 гравців HFx21x25_overall-20 <= 0,000031 з ймовірністю P = 100%)

Проводиться оцінка інформативності показника. Показник для Mo-pos застосовується в 60,25%, і для RR-mean-pos в 90,44% і також для HFx21x25_overall-20 – 80%.

Досліджено помилку класифікації за допомогою дерева рішень (мал. 5.17). Загальна помилка класифікації проаналізованих даних становить 0% (тобто не було жодної неправильної класифікації).

Дерево рішень на основі даних морфологічного, фрактального, часового та спектрального методів артеріальної осцилографії (Д.Вакуленко, Л.Вакуленко) диференціювання функціональних станів серцево-судинної системи футболістів-аматорів до матчу (1 – before match) та після матчу (2 – after match) (11 осіб, 22 вимірювання) представлено на малюнку 5.18.



Мал. 5.18. Дерево рішень на основі даних морфологічного, фрактального, часового та спектрального методів артеріальної осцилографії (Д.Вакуленко, Л.Вакуленко) диференціювання функціональних станів серцево-судинної системи футболістів-аматорів до матчу (1 – before match) та після матчу (2 – after match) (11 осіб, 22 вимірювання).

Аналізуючи дерево рішень, побудоване на основі проведених вимірювань артеріального тиску, з подальшим аналізом показників (атрибутів), отриманих з артеріальних осцилограм групи здорових осіб – аматорів-футболістів (мал. 5.18), бачимо, що за інформативністю на першому місці стоїть показник морфологічного аналізу M8, що відображає якість адаптації до компресії плеча на основі аналізу поступовості зростаючих частин площ артеріальних осцилограм. Якщо $M8 \leq 6,43$, то з ймовірністю $P=100\%$ 9 гравці потраплять у другий лист, а якщо $M8 > 6,43$ з ймовірністю $P=100\%$ 13 гравців потрапляє у третій лист дерева рішень. Наступним показником, вибраним як один з найбільш вагомих, є M2, що відображає якість адаптації до компресії плеча на основі аналізу поступовості зміни амплітуд пульсацій артеріальних осцилограм. Коли його значення $M2 \leq 4,07$, то з ймовірністю $P=100\%$, 11 гравців потрапляє у 4-й лист, а коли $M2 > 4,07$, з ймовірністю $P=100\%$ 2 гравці потрапляє у лист 5.

Досліджено похибку класифікації з використанням дерева (мал. 5.18), яка на досліджуваних даних становить 0% (жодної помилкової класифікації для 22 випадків).

Висновки

При побудові ансамблів дерев рішень щодо професійних гравців у футбол до та після тренування і матчу виявлені характерні адаптаційні портрети, що вказують на значне місце психоемоційного стресу. Побудований алгоритм помилився в одному випадку при диференціації професійного гравця у футбол після тренування та після матчу. Зазначене підтверджує необхідність психоемоційної підготовки обстежених професіоналів до тренувань та змагань.

Вимірювання артеріального тиску є простим, доступним (як для медичних працівників, так і для пацієнтів) методом обстеження. Це обов'язкова процедура обстеження пацієнтів, у спортивній медицині, приватній практиці [18, 52, 67]. Компресію манжети плеча під час вимірювання артеріального тиску можна розглядати як функціональне навантаження, яке можна використовувати для оцінки адаптаційних можливостей організму пацієнтів та здорових осіб. Артеріальна осцилографія (Д.Вакуленко, Л.Вакуленко) дає можливість досліджувати та оцінювати адаптаційні зміни, що виникають, а також використовувати для спортивної медицини, первинної діагностики преморбідних станів, оцінки особливостей захворювання, вибору методів та оцінки ефективності лікування.

Використання адаптаційного портрету на основі дерева рішень у клінічній практиці може сприяти прийняттю рішень щодо терапевтичного лікування певних захворювань та забезпечити цінні соціально-економічні переваги.

РОЗДІЛ VI

НОВІ ІНФОРМАЦІЙНІ МОЖЛИВОСТІ ВИМІРЮВАЧА АРТЕРІАЛЬНОГО ТИСКУ ПРИ ВИКОРИСТАННІ ПК ОРАНТА- АО В МЕДИЧНІЙ ПРАКТИЦІ

6.1. Нове застосування тонометра на основі методів артеріальної осцилографії з програмним середовищем Оранта-АО*

*Д.В. Вакуленко, Л.О. Вакуленко, Г.О. Засна, С.А. Лупенко,
П.І. Стецюк, В.О. Стовба*

Актуальність теми. Серцево-судинна система – індикатор адаптаційних можливостей організму. За даними ВООЗ, захворювання ССС – найбільш поширені захворювання людини. Їх «помолодшання» диктує необхідність пошуку нових, удосконалення існуючих методів профілактики, ранньої діагностики та лікування цих небезпечних захворювань [58-60, 265].

Вимірювання АТ є обов'язковою процедурою в роботі лікаря на всіх етапах надання медичної допомоги [267, 270]. Для оцінки форм хвиль в артеріях верхніх кінцівок автори вперше запропонували новий метод – артеріальну осцилографію, що дозволяє значно розширити інформативність вимірювання артеріального тиску [67, 265].

Стрімкий розвиток цифрових технологій проникає в усі сфери життя, у тому числі – в медицину. Зазначене стосується і реєстрації артеріальних пульсацій під час вимірювання АТ. Вперше осцилограф сконструював Л. І. Усков (1934). Суть цього методу полягає в реєстрації за допомогою осцилографа величини пульсових коливань стінки артерії при зміні тиску в манжеті, а отримана крива відображає амплітуду розтягування стінки артерії [4]. Зараз аналіз артеріальних осцилограм проводиться в кожному електронному тонометрі, але весь аналіз зводиться до визначення систолічного, діастолічного, середнього АТ та ЧСС [48, 105, 170, 265].

Авторами розроблено ПК Оранта-АО для аналізу пульсацій, що виникають в манжеті у відповідь на стиснення плеча (іншої частини тіла) під впливом пульсової активності судин на компресію або (і) декомпресію [8, 103, 139].

Для реєстрації артеріальних пульсацій електронний тонометр ВАТ 41-(1,2) та вимірювачі інших виробників здатні реєструвати значення тиску в манжеті в період підвищення (та/або зниження) компресії (проводити розрахунки методами артеріальної осцилографії (АОГ) та експортувати отримані значення для подальшого аналізу в особистому кабінеті користувача у вебсередовищі).

Достовірність досліджень підтверджується зареєстрованими та проаналізованими більше 4000 АОГ у людей різного віку та статі, здорових та з відхиленнями у здоров'ї (14 нозологічних станів), у стані спокою та під впливом різних зовнішніх факторів. Крім того, підтверджено відповідність значень деяких досліджуваних показників АОГ отриманим з літератури показникам варіабельності серцевого ритму (BCP) електрокардіографічного сигналу. Також зареєстровано збіг значень деяких досліджуваних параметрів, отриманих із одночасно зроблених авторами електрокардіограм (ЕКГ) та АОГ (кореляція 0,75–0,98) у 354 осіб без скарг на стан здоров'я та осіб з відхиленнями у здоров'ї. Спостерігається однаковий напрям динаміки досліджуваних параметрів, отриманих авторами до та після процедури сегментарного рефлекторного масажу у хворих на дорсопатію шийного відділу хребта, зареєстровану за допомогою АОГ (ВАТ 41-(1,2)) та BCP (Omega-M), що було підтверджено динамікою біохімічних показників (адреналін, норадреналін в сечі, ацетилхолінестераза в крові) [14, 68, 148, 153].

Крім того, навесні 2021 року було проведено комплексне клінічне дослідження, де обстежено 172 особи: 112 без скарг, 60 із захворюваннями серцево-судинної системи (вік 18–65 років). У кожного пацієнта досліджували загальний, біохімічний аналіз крові, коагулограму, ІФА G, M (COVID-19), ендотелін. Записано спірограму, ЕКГ (12 відведень). Крім того, записували реограму (8-канальний реокомплекс REOCOM) у відведеннях: центральна гемодинаміка (за Кубічеком), на обох передпліччях, на плечі, каналі тиску манжети та каналі ЕКГ. А також – проба з 5-хвилинним скороченням плеча манжетною (для оцінки стану ендотелію). Визначали жорсткість судин (ВАТ-41-2). Окремі результати були опубліковані.

Обстеження здорових осіб дало можливість розробити стандарти показників морфологічного, часового, спектрального, кореляційного аналізу, які висвітлюють участь серцевого та судинного чинників гемодинаміки та рівні регуляції їх діяльності в процесі компресії плеча в стані спокою та під впливом різних факторів. Розраховані показники дають можливість використовувати їх для порівняння з різними групами показників, отриманими раніше, які є характерними для різних захворювань. В даний час найбільш вивченими є АОГ та ЕКГ при захворюваннях різної стадії та клінічних проявів: ішемічна хвороба серця (303 особи), гіпертонія (160), психоневрологічні захворювання (294), туберкульоз (204), COVID-19 (74 особи, 287 вимірювань) та інші [26, 84, 85, 152].

Аналіз отриманих результатів дав можливість авторам розробити та обґрунтувати нові методи артеріальної осцилографії. Отримані результати представлені в дисертаційній роботі доктора біологічних наук, монографії,

методичних рекомендаціях (затверджених МОЗ), 7 патентах на корисну модель; у 11 статтях, проіндексованих у Scopus та Web of Science, 35 статтях у фахових виданнях [26, 85, 86, 87, 88, 89, 98, 86, 123, 148].

Використання морфологічного, часового, спектрального аналізу АОГ, зареєстрованої при вимірюванні артеріального тиску, дає можливість додатково проводити комплексну оцінку здоров'я, функціонального стану серцево-судинної системи, її резервних можливостей; отримати інформацію з 4 рівнів регулювання діяльності АНС; вивчити стан кровоносних судин; виявити стан захворювання, ефективність лікувально-профілактичних та реабілітаційних заходів. Автори також розробили експертну систему (на основі методів машинного навчання) для диференціальної діагностики ризиків серцевих, легеневих, психічних захворювань та прогнозу деяких показників крові [89, 147, 152].

На основі розроблених в результаті досліджень методів та алгоритмів розроблено інформаційну систему «Оранта-АО», яка дозволяє користувачеві проводити вимірювання АТ електронним тонометром, завантажувати їх у систему, отримувати розрахункові показники, переглядати їх у зручний спосіб і одержати аналітичну інформацію, на основі якої можна оцінити стан серцево-судинної системи та прийняти рішення про подальші дії [84, 89, 147, 152].

Застосування методу артеріальної осцилографії можливе у всіх прийнятих ділянках застосування тонометрів. Інновація АО забезпечує розширену та додаткову діагностику, особливо актуальну для спортивної, космічної та військової медицини, щоденного моніторингу, фітнесу, профілактичних та функціональних оглядів, а також для побутового використання. Користувачем ПК Оранта-АО можуть бути пацієнт, медсестра, сімейний лікар, кардіолог та інші [26, 147, 152].

Жодних досліджень, подібних до запропонованих нами методів артеріальної осцилографії, виявлено не було. Такий висновок ґрунтується на аналізі публікацій у світі, відвідуванні медичних виставок в Україні, Австрії та Німеччині (Dusseldorf, Medica 2016, 2018, 2020). Програмне забезпечення «Оранта-АО» призначене для доповнення інформативності динамічних адаптивних властивостей судин при доплерівському, реографічному, пульсовому та електрокардіографічному дослідженні серця.

Мета та завдання. Метою роботи є розробка концепції, обґрунтування методів, алгоритмів та засобів нового застосування тонометра. Для цього необхідно розробити інформаційну технологію оцінки та прогнозування стану здоров'я людини на основі даних артеріальної осцилографії, отриманих від тонометра. Це включає:

- методику аналізу пульсацій, що виникають в манжеті тонометра у відповідь на стиснення плеча (або іншої частини тіла) під впливом пульсової активності кровоносних судин на стиснення або (і) декомпресію;
- вибір та обґрунтування використання математичного апарату розв'язування задач для реалізації методів;
- програмне забезпечення, що дозволяє користувачеві пройти всі етапи від прямого вимірювання до повного аналізу результатів. Більш детально: він отримує дані від монітора тиску, передає дані для розрахунків, проводить розрахунки на основі розроблених методик, зберігає результати і представляє їх користувачеві в зручному для аналізу вигляді.

Розробка методів аналізу пульсацій, які виникають в манжеті тонометра у відповідь на стиснення плеча (або іншої частини тіла) під впливом пульсової активності судин на стиснення або (і) декомпресії. Вибір та обґрунтування використання математичного апарату для розв'язування задач для реалізації методів.

Методи повинні забезпечувати аналіз:

- морфологічна складова артеріальної осцилограми, окремі пульсації та їх складові в різні фази компресії;
- інтервалограма з позитивним і негативним інтервалами – для використання методів варіабельності серцевого ритму;
- спектральна складова самого сигналу, як повна, так і миттєва потужність;
- подібність компонентів АОГ (фрактальний аналіз);
- додаткова оцінка адаптивних компонентів, що беруть участь у реакції на стиснення манжети (кореляційний аналіз);
- методи обробки артеріальних осцилограм на основі моделі у вигляді циклічного випадкового процесу: додаткова оцінка адаптивних компонентів, що беруть участь у реакції на компресію манжети (кореляційний аналіз);
- для вирішення задачі кластеризації, представленій як задача змішаного цілочисельного програмування, використовувався алгоритм k-means і k-means++;
- ймовірності подібності розрахованих показників АОГ до стану досліджуваних захворювань (методи машинного навчання – задача класифікації);
- прогнозування значень показників крові, активності центральної гемодинаміки, судин, нервової системи та інших показників (за регресійним аналізом).

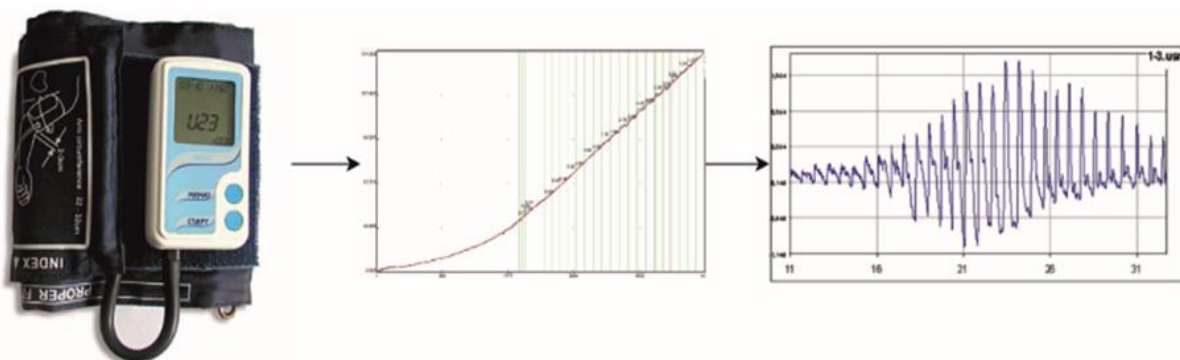
Розробка програмного забезпечення, що дозволяє користувачеві пройти всі етапи від безпосереднього вимірювання до повного аналізу результатів. Більш детально отримувати дані з вимірювача тиску, передавати дані для розрахунків, робити розрахунки на основі розроблених методів, зберігати результати та представляти їх користувачеві в зручному для аналізу вигляді.

Методи аналізу артеріальних осцилограм

1. Види методів аналізу артеріальних осцилограм

Значний прогрес у аналізі електрокардіограм, реограм та енцефалограм та наукового обґрунтування результатів дозволили адаптувати ці знання до аналізу артеріальних осцилограм. Оскільки необхідної термінології, яка б характеризувала розрахункові характеристики та результати для опису осцилограми тиску, не було знайдено, були використані терміни та методи, що використовуються у суміжних областях дослідження серцево-судинної системи (реографія, електрокардіографія) та нервової (енцефалографія) систем. В електрокардіографії використовуються методи часового і спектрального аналізу (перетворення Фур'є), в реографії – методи морфологічного аналізу, а в енцефалографії – методи спектрального аналізу сигналу (перетворення Фур'є). Оскільки під час вимірювання тиску організм формує адаптивну реакцію на стиснення плеча і існують різні типи реакцій, для оцінки миттєвих адаптаційних реакцій організму додатково було введено перетворення Гільберта-Хуанга [12, 58, 59, 60, 89, 103, 123, 139, 211, 212, 265].

У світовій практиці розрізняють 3 види пульсацій, які можна проаналізувати: компресійну, декомпресійну і обидва. Для кращого розуміння характеристик кожного типу пульсацій було проаналізовано понад 500 послідовно записаних осцилограм кожного типу.



Мал. 6.1. Зареєстровані зміни тиску в манжеті під впливом компресора та пульсової активності судин з подальшим розділенням пульсової активності судин

Морфологічний аналіз дає таку інформацію: тонус і прохідність судин, функціональна здатність, причина відхилень (функціональних або органічних),

серцевої діяльності, артеріального тиску та нервово-рефлекторного впливу на їх стан.

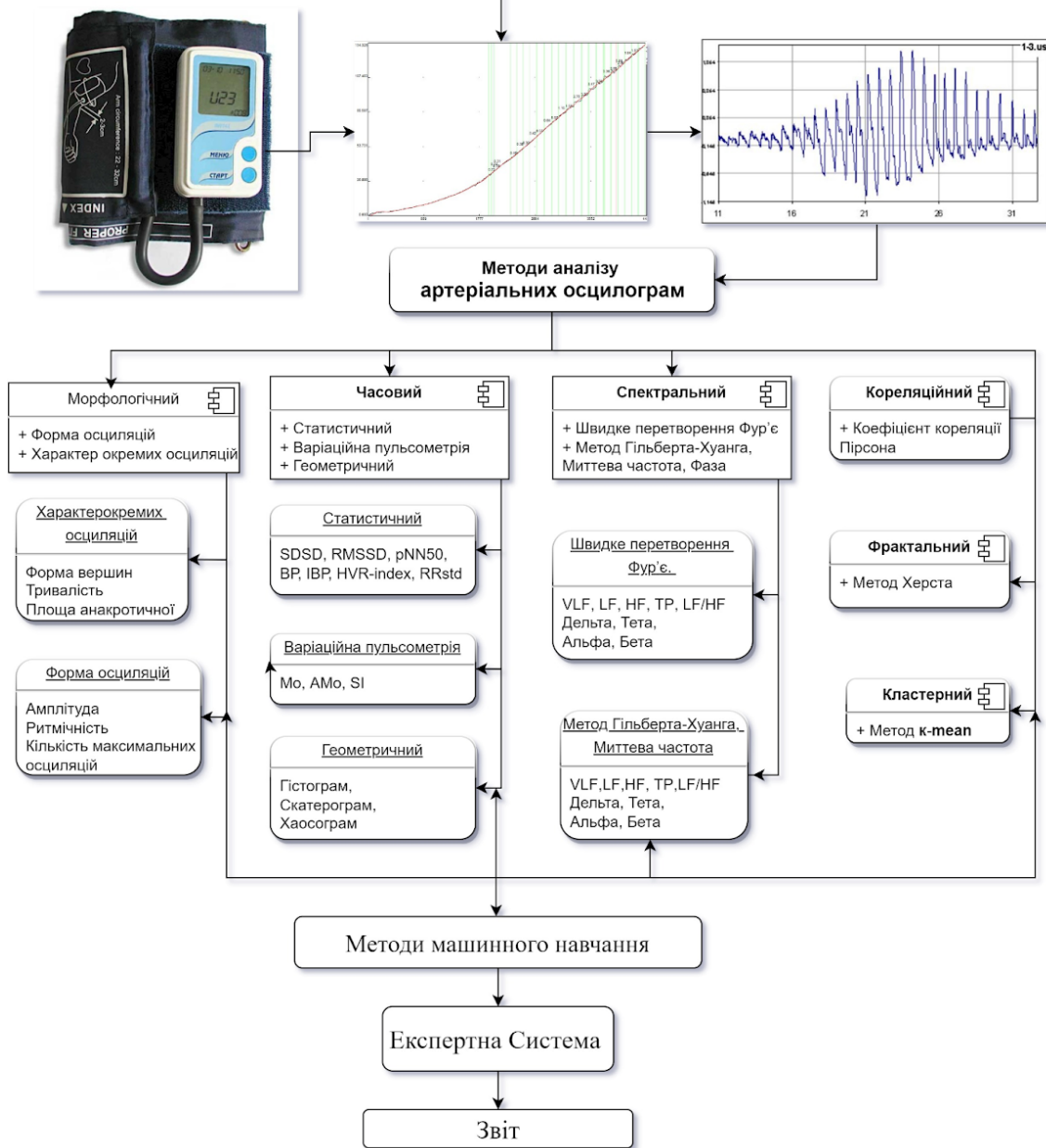
Об'єктами дослідження морфологічного аналізу є загальна форма осцилограми та характер окремих пульсацій у різних фазах стиснення. У загальному аналізі осцилограми використовуються такі ознаки: ритмічність коливань, характер зростання амплітуди, досягнення максимуму та їх зменшення в процесі стиснення плеча, кількість коливань максимальної амплітуди, форма та симетрія розміщення огинаючої, створеної при максимальному та мінімальних екстремумі [12, 103, 139, 265].

Характер окремих коливань у різних фазах стиснення оцінюється за: тривалістю висхідної та низхідної частини в одній пульсації, формами піків максимального та мінімального екстремуму, динамікою зміни ділянок висхідних і низхідних коливань, наявністю, локалізацією, величиною дикротичного зубця і додатковими хвилями на окремих коливаннях. В АОГ, залежно від ступеня компресії, три (від зареєстрованих коливань при мінімальному тиску в манжеті до досягнення діастолічного тиску (АТд), між АТд і систолічним тиском (АТс), від АТс до максимального стиснення) і п'ять частин (від зареєстрованих коливань при мінімальному тиску в манжеті до досягнення АТд, від появи АТд до 70% амплітуди пульсації, від 70% до 100% амплітуд, від 100% до появи АТс, від появи АТс до максимального стиснення).

Проаналізовано та оцінено мінливість тривалості коливань (за допомогою методів і показників часового аналізу та варіаційної пульсометрії, прийнятої для оцінки електрокардіографічних сигналів), кореляційного ритму або розсіювання, хаосграми.

Для отримання додаткової інформації про природу та механізми адаптації до різних впливів у дослідженнях показники додатково піддаються кореляційному аналізу для подальшого включення до експертної системи. Блок-схема застосовуваних методів у програмному комплексі ПК Оранта-АО наведена на мал. 6.2.

**Алгоритм роботи процесора за методом
артеріальної осцилографії
(Д.В. Вакуленко, Л.О. Вакуленко)**



Мал. 6.2. Структурна схема методів, що використовуються для аналізу артеріальної осцилограми

Зареєстровані під час вимірювання артеріального тиску пульсації включають компоненти діяльності компресора та пульсації судин, які після надходження в хмарний розрахунковий сервіс розділяються з подальшим виявленням позитивних і

негативних екстремумів, артефактів, морфологічних особливостей кожної пульсації (амплітуда, радіус вершини, окремих складових зубця, фаза повільного та швидкого вигнання); вибір алгоритмів перетворення Фур'є та Гільберта-Хуанга.

Для аналізу артеріальних осцилограм використовуються 849 показників, серед яких: морфологічний аналіз (10 показників), часовий (37 показників), фрактальний аналіз (6 показників) та спектральний аналіз (796 показників) осцилограм. Спектральний аналіз розраховує спектральну потужність інтервалограми (134 показники), артеріальної осцилограми за перетворенням Фур'є (307 показників) та потужність миттєвої частоти та фази за перетворенням Гільберта-Хуанга, потужність інтервалограми (115 показників) та артеріальної осцилограми (240 показників). Артеріальна осцилограма ділиться на 5 частин: до досягнення діастолічного тиску, від діастолічного тиску до 70% амплітуди осцилограми, від 70% до 100% амплітуди осцилограми, від 100% до 70% амплітуди, від 70% до кінця вимірювання. Для кожного з цих інтервалів АОГ використовували перетворення Фур'є (68 показників) та миттєву частоту та фазу перетворення Гільберта-Хуанга (18 показників) [26, 63, 74, 83, 86, 89, 105, 130, 138, 246].

Алгоритм ідентифікації імпульсної складової судин із суміші шумів, отриманих від датчика тиску за ковзним середнім

Задача виявлення екстремумів є важливою, оскільки від якості алгоритму залежить об'єктивність кінцевого результату. Алгоритми ідентифікації екстремуму використовуються для різних періодичних сигналів електрокардіографії, пульсографії, фонокардіографії, реографії. Завдання ускладнюється динамічним характером артеріальної осцилограми, заповненої різноманітними артефактами. У зв'язку з участю в пульсовій складовій серцевого (максимальні екстремуми АОГ) і судинного (мінімальні екстремуми АОГ) факторів, необхідно виділити максимальний і мінімальний екстремуми. Для вирішення цієї проблеми був адаптований метод ковзного середнього [55].

Для побудови кривих артеріальних осцилограм використовували згладжування за допомогою двосторонніх ковзних середніх. Як правило, часовий ряд складається з плавної базової тенденції, що спостерігається з помилкою:

$$y_t = f(t) + \varepsilon_t,$$

де $f(t)$ є гладкою та неперервною функцією t , і це ряд помилок із нульовим середнім.

Ковзне середнє – це часовий ряд, побудований шляхом взяття кількох середніх послідовних значень іншого часового ряду. Це тип математичної згортки. Якщо ми представимо вихідний часовий ряд за допомогою y_1, \dots, y_n , то двостороннє ковзне середнє часового ряду $\{y_t\}$. Таким чином z_{k+1}, \dots, z_{n-k} , формує новий часовий

ряд, який базується на середніх значеннях початкового часового ряду. Оцінка $f(t)$ відома як згладжування, і двостороннє ковзне середнє є одним із способів зробити це:

$$z_t = \frac{1}{2k+1} \sum_{j=0}^k y_{t+j}, t = k+1, k+2, \dots, n-k,$$

Ідея використання ковзних середніх для згладжування полягає в тому, що спостереження, близькі за часом, також, ймовірно, будуть близькими за значенням. Таким чином, взявши середнє значення точок поблизу спостереження, ви отримаєте обґрунтовану оцінку тенденції в цьому спостереженні. Середнє значення усуває частину випадковості в даних, залишаючи плавний компонент тенденції. Ковзні середні не дозволяють оцінити $f(t)$ біля кінців часового ряду (у першому k та останньому k періодах). Це може спричинити труднощі, коли оцінка тенденції використовується для прогнозування або аналізу останніх даних. Кожне середнє складається з $2k+1$ спостережень. Іноді це відоме як згладжувач $(2k+1)MA$. Чим більше значення k , тим більш плоскою та плавною буде оцінка $f(t)$. Плавна оцінка зазвичай бажана, але плоска оцінка є упередженою, особливо поблизу піків і спадів $f(t)$. Коли $\{e_t\}$ є рядом білого шуму (тобто незалежним і однаково розподіленим із нульовим середнім значенням і дисперсією 2), зсув визначається $E[f(x)] - f(x) \approx \frac{1}{2} f''(x)k(k+1)$ і дисперсія на $V[f(x)] \approx \frac{2}{2k+1}$. Отже, існує компроміс між збільшенням зсуву (з великим k) і збільшенням дисперсії (з малим k).

Моделювання артеріальних осцилограм на основі її моделі у вигляді циклічного випадкового процесу

У роботах автора [78, 79, 80] показано, що циклічні серцеві сигнали, в тому числі артеріальні осцилограми, можна адекватно описати на основі математичного апарату циклічних випадкових функцій, а саме за допомогою циклічного випадкового процесу та вектору циклічних ритмічно пов'язаних випадкових процесів, оскільки ці математичні моделі та розроблені на їх основі методи статистичної обробки кардіосигналів враховують як циклічність і стохастичність їх морфологічної структури, так і варіабельність ритмічної структури серцевих сигналів, а також, за належної модифікації, як обговорювалося в [77], дозволяють врахувати стохастичність їхнього ритму.

Таким чином, виходячи з вищевикладених міркувань, для математичного моделювання артеріальних осцилограм використовуються циклічні випадкові процеси, які більш повно (див. табл. 6.1) враховують морфологічну та ритмічну структури циклічних кардіосигналів у порівнянні з їх відомими математичними моделями.

**Порівняльна характеристика відомих і нових математичних моделей
кардіосигналів**

	Відомі математичні моделі кардіосигналів (КС)								Нова модель
	Детермінований	Стохастичний							
	Детермінована функція, яка описує форму одного серцевого циклу	Періодичні та майже періодичні функції	Вектор випадкових величин як модель реперних точок кардіоциклу	Аддитивні, мультиплікативні, адитивно-мультиплікативні моделі	Періодично корельований випадковий процес	Періодично розподілений випадковий процес	Лінійний періодичний випадковий процес	Вектор лінійно періодичний у часі з різними періодами та випадковими процесами	Циклічний випадковий процес
Враховує циклічність КС	-	+	-	+	+	+	+	+	+
Враховує випадковий характер КС	-	-	+	+	+	+	+	+	+
Враховує стохастичний зв'язок між кардіоциклами	-	-	-	-	+	+	+	+	+
Описує КС в термінах функцій розподілу	-	-	+	+	-	+	+	+	+
Враховує варіативність ритму КС	-	-	-	-	-	-	-	+	+
Враховує зміну ритму КС за довільним законом	-	-	-	-	-	-	-	-	+
Враховує загальний ритм синхронно зареєстрованих КС	-	-	-	-	-	-	-	-	-

«+» – враховує (виводить)

«-» – не враховується (не відображається)

Область визначення циклічного випадкового процесу впорядкована дискретним чином:

$$W = D = \{t_{ml} \in R, m \in Z, l = \underline{1}, L, L \geq 2\}$$

множина або множина $W = R$ дійсні числа. У разі визначення дискретної області $W = D$ для її елементів існує такий тип лінійного впорядкування:

$t_{m_1 l_1} < t_{m_2 l_2}$, якщо $m_2 > m_1$, чи якщо $m_2 = m_1$, і $l_2 > l_1$, в іншому випадку $t_{m_1 l_1} > t_{m_2 l_2}$ ($m_1, m_2 \in Z, l_1, l_2 \in \underline{1, L}, 0 < t_{m, l+1} - t_{m, l} < \infty$)

Відповідно до робіт [55, 80] даються визначення циклічного випадкового процесу неперервного аргументу та циклічного дискретного випадкового процесу.

Визначення 1. Роздільний випадковий процес $\xi(\omega, t), \omega \in \Omega, t \in R$, називається циклічним випадковим процесом безперервного аргументу, якщо така функція існує $T(t, n)$, що задовольняє умови функції ритму, які є скінченновимірними векторами $(\xi(\omega, t_1), \xi(\omega, t_2), \dots, \xi(\omega, t_k))$ і

$(\xi(\omega, t_1 + T(t_1, n)), \xi(\omega, t_2 + T(t_2, n)), \dots, \xi(\omega, t_k + T(t_k, n))), n \in Z$

Де $\{t_1, t_2, \dots, t_k\}$ – сукупність роздільності процесу $\xi(\omega, t), \omega \in \Omega, t \in R$, для всіх цілих чисел $k \in N$ стохастично еквівалентні в широкому сенсі.

Функція ритму $T(t, n)$ задовольняє такі умови:

- а) $T(t, n) > 0$ if $n > 0$ ($T(t, 1) < \infty$)
 - б) $T(t, n) = 0$ if $n = 0$
 - в) $T(t, n) < 0$ if $n < 0, t \in W$
- (1)

Для будь-якого $t_1 \in W$ і $t_2 \in W$, для котрого $t_1 < t_2$, для функцій $T(t, n)$ виконується суворя нерівність:

$$T(t_1, n) + t_1 < T(t_2, n) + t_2, \forall n \in Z \quad (2)$$

Функції $T(t, n)$ мають найменший модуль $(|T(t, n)| \leq |T_\gamma(t, n)|)$ серед усіх таких особливостей $\{T_\gamma(t, n), \gamma \in \Gamma\}$, які задовольняють (1), (2).

Циклічний випадковий процес неперервного аргументу характеризується тим, що сімейство його узгоджених функцій розподілу задовольняє наступні рівняння:

$$\begin{aligned} F_{k\xi}(x_1, \dots, x_k, t_1, \dots, t_k) &= F_{k\xi}(x_1, \dots, x_k, y(t_1, n), \dots, y(t_k, n)) = \\ &= F_{k\xi}(x_1, \dots, x_k, t_1 + T(t_1, n), \dots, t_k + T(t_k, n)), x_1, \dots, x_k, t_1, \dots, t_k \in R, n \in Z, k \in N \end{aligned} \quad (3)$$

Якщо $T(t, n) = n \cdot T, T = const, T > 0$, то матимемо випадковий циклічний процес зі стійким ритмом, який у літературі відомий як стохастично періодичний процес (циклостационарний випадковий процес, періодично розподілений випадковий процес). Якщо $T(t, n) \neq n \cdot T$, то матимемо випадковий циклічний процес зі змінним ритмом.

Подібно до визначення 1, ми визначаємо циклічний випадковий процес з дискретним аргументом.

Визначення 2. Дискретний випадковий процес, $\xi(\omega, t_{m_l}), \omega \in \Omega, t_{m_l} \in D$ називається циклічним дискретним випадковим процесом, якщо така дискретна функція існує $T(t_{m_l}, n)$, що задовольняє умови функції ритму, які є скінченновимірними векторами, $\xi(\omega, t_{m_1 l_1}), \xi(\omega, t_{m_2 l_2}), \dots, \xi(\omega, t_{m_k l_k})$
 $\xi(\omega, t_{m_1 l_1} + T(t_{m_1 l_1}, n)), \xi(\omega, t_{m_2 l_2} + T(t_{m_2 l_2}, n)), \dots, \xi(\omega, t_{m_k l_k} + T(t_{m_k l_k}, n)), n \in Z,$

для всіх цілих чисел $k \geq 1$ стохастично еквівалентні в широкому сенсі.

Для дискретного циклічного випадкового процесу сім'я його функцій розподілу задовольняє такі рівняння:

$$F_{k\xi}(x_1, \dots, x_k, t_{m_1 l_1}, \dots, t_{m_k l_k}) = F_{k\xi}(x_1, \dots, x_k, t_{m_1 l_1} + T(t_{m_1 l_1}, n), \dots, t_{m_k l_k} + T(t_{m_k l_k}, n)) = \\ = F_{k\xi}(x_1, \dots, x_k, y(t_{m_1 l_1}, n), \dots, y(t_{m_k l_k}, n)), x_1, \dots, x_k \in R, t_{m_1 l_1}, \dots, t_{m_k l_k} \in D, n \in Z, k \in N \quad (4)$$

Методи обробки артеріальних осцилограм на основі їх моделі у вигляді циклічного випадкового процесу

Оцінка функції ритму артеріальних осцилограм

Розглянемо найпростіший вид інтерполяції – кусково-лінійну інтерполяцію. В даному випадку функція інтерполяції $\hat{F}(t, 1)$ буде виглядати так:

$$\hat{F}(t, 1) = \sum_{m \in Z} \sum_{i=1}^N \hat{T}_{mi}(t), t \in R \quad (5)$$

Де $\{\hat{T}_{mi}(t)\}$ – набір функцій, що дорівнює:

$$\hat{T}_{mi}(t) = \{k_{mi} \cdot t + b_{mi}, t \in W_{mi}, m \in Z, i = \underline{1, N}, 0, t \notin W_{mi} \quad (6)$$

Площа $W_{mi} = [\tilde{t}_{mi}, \tilde{t}_{m,i+1})$ відповідає i -ї зони m -го циклу артеріальної осцилограми. Якщо $i = N$ потім $\tilde{t}_{m,N+1} = \tilde{t}_{m+1,1}$. Звичайно, на практиці приймає значення з кінцевої підмножини цілих чисел.

Тому при кусково-лінійній інтерполяції функції ритму необхідно знаходити набори коефіцієнтів $\{k_{mi}, m \in Z, i = \underline{1, N}\}$ і $\{b_{mi}, m \in Z, i = \underline{1, N}\}$, що повністю визначить інтерполяційну функцію $\hat{F}(t, 1)$. Знайти вирази для обчислення шуканих коефіцієнтів інтерполяційної функції. Для цього запишемо рівняння відрізка, що сполучає точки з координатами $(\tilde{t}_{m,i}, T(\tilde{t}_{m,i}, 1))$ і $(\tilde{t}_{m,i+1}, T(\tilde{t}_{m,i+1}, 1))$, тобто об'єднує показники функції дискретного ритму $T(\tilde{t}_{m,i}, 1)$ часом $\tilde{t}_{m,i}$ і $\tilde{t}_{m,i+1}$:

$$\frac{\hat{T}_{mi}(t) - T(\tilde{t}_{m,i+1}, 1)}{T(\tilde{t}_{m,i+1}, 1) - T(\tilde{t}_{m,i}, 1)} = \frac{t - \tilde{t}_{m,i+1}}{\tilde{t}_{m,i+1} - \tilde{t}_{m,i}}, t \in W_{mi}, m \in Z, i = \underline{1, N} \quad (7)$$

Легко показати, що ці рівняння можна звести до наступних рівнянь:

$$\hat{T}_{mi}(t) = \frac{T(\tilde{t}_{m,i+1,1}) - T(\tilde{t}_{m,i,1})}{\tilde{t}_{m,i+1} - \tilde{t}_{m,i}} \cdot t + T(\tilde{t}_{m,i+1}, 1) - \frac{T(\tilde{t}_{m,i+1,1}) - T(\tilde{t}_{m,i,1})}{\tilde{t}_{m,i+1} - \tilde{t}_{m,i}} \cdot \tilde{t}_{m,i+1}, \quad (8)$$

$t \in W_{mi}, m \in Z, i = \underline{1, N}$

Або аналогічно:

$$\hat{T}_{mi}(t) = \frac{T(\tilde{t}_{m,i+1,1}) - T(\tilde{t}_{m,i,1})}{\tilde{t}_{m,i+1} - \tilde{t}_{m,i}} \cdot (t - \tilde{t}_{m,i+1}) + T(\tilde{t}_{m,i+1}, 1), t \in W_{mi}, m \in Z, i = \underline{1, N} \quad (9)$$

Отже, коефіцієнти $\{k_{mi}, m \in Z, i = \underline{1, N}\}$ і $\{b_{mi}, m \in Z, i = \underline{1, N}\}$ будуть визначатися співвідношеннями:

$$k_{mi} = \frac{T(\tilde{t}_{m,i+1,1}) - T(\tilde{t}_{m,i,1})}{\tilde{t}_{m,i+1} - \tilde{t}_{m,i}}, m \in Z, i = \underline{1, N} \quad (10)$$

$$b_{mi} = T(\tilde{t}_{m,i+1}, 1) - \frac{T(\tilde{t}_{m,i+1,1}) - T(\tilde{t}_{m,i,1})}{\tilde{t}_{m,i+1} - \tilde{t}_{m,i}} \cdot \tilde{t}_{m,i+1}, m \in Z, i = \underline{1, N} \quad (11)$$

Статистичні методи оцінки ймовірнісних характеристик артеріальних осцилограм

Запишемо формули для розрахунку реалізацій відповідних статистичних оцінок ймовірнісних характеристик циклічного випадкового процесу у випадку, коли задана деяка його тривала реалізація $\xi_{\omega}(t), t \in \underline{W}$, що містить достатньо велику кількість своїх повних циклів.

Реалізація статистичної оцінки математичного сподівання:

$$\hat{m}_{\xi}(t) = \frac{1}{M} \sum_{n=0}^{M-1} \xi_{\omega}(t + T(t, n)), t \in W_{c_1} = [\tilde{t}_1, \tilde{t}_2] \quad (12)$$

Де $t_1 \neq 0$ в загальному випадку.

Реалізація статистичної оцінки дисперсії:

$$\hat{d}_{\xi}(t) = \frac{1}{M-1} \cdot \sum_{n=0}^{M-1} [\xi_{\omega}(t + T(t, n)) - \hat{m}_{\xi}(t + T(t, n))]^2, t \in W_{c_1} = [\tilde{t}_1, \tilde{t}_2] \quad (13)$$

Реалізація статистичного оцінювання функції початкового моменту k -го порядку:

$$\hat{m}_{\xi}^k(t) = \frac{1}{M} \cdot \sum_{n=0}^{M-1} \xi_{\omega}^k(t + T(t, n)), t \in W_{c_1} = [\tilde{t}_1, \tilde{t}_2] \quad (14)$$

Реалізація статистичного оцінювання функції центрального моменту k -го порядку:

$$\hat{d}_{\xi}^k(t) = \frac{1}{M-1} \cdot \sum_{n=0}^{M-1} [\xi_{\omega}(t + T(t, n)) - \hat{m}_{\xi}(t + T(t, n))]^k, t \in W_{c_1} = [\tilde{t}_1, \tilde{t}_2] \quad (15)$$

Реалізація статистичного оцінювання функції змішаного початкового миттєвого порядку $p = \sum_{i=1}^k Ri$

$$\begin{aligned} \hat{c}_{p_{\xi}}(t_1, \dots, t_k) &= \\ &= \frac{1}{M - M_1 + 1} \cdot \sum_{n=0}^{M-1} [\xi_{\omega}^{R_1}(t_1 + T(t_1, n)) \cdot \dots \cdot \xi_{\omega}^{R_k}(t_k + T(t_k, n))], \\ & \quad t \in W_{c_1}, t_2, \dots, t_k \in \bigcup_{m=1}^{M_1} W_{c_m} \end{aligned} \quad (16)$$

Де $M_1 (M_1 \ll M)$ – кількість циклів, в яких аргументи набувають значення t_2, \dots, t_k .

Реалізації статистичної оцінки змішаної центральної моментної функції

порядку: $p = \sum_{i=1}^k R_i$

$$\hat{r}_{p_{\xi}}(t_1, \dots, t_k) = \frac{1}{M-M_1} \cdot \sum_{n=0}^{M-M_1} [(\xi_{\omega}(t_1 + T(t_1, n)) - \hat{m}_{\xi}(t_1 + T(t_1, n)))^{R_1} \cdot \dots \cdot (\xi_{\omega}(t_k + T(t_k, n)) - \hat{m}_{\xi}(t_k + T(t_k, n)))^{R_k}], t_1 \in W_{c_1}, t_2, \dots, t_k \in \cup_{m=1}^{M_1} W_{c_m}$$

(17)

Спектральний аналіз

Методи спектрального аналізу знайшли широке застосування в різних галузях аналізу сигналів. Проведено детальне обґрунтування біологічного змісту перетворення Фур'є, яке вказує на силу участині певного механізму адаптації в досліджуваному процесі. Перетворення Гільберта-Хуанга набуло меншого поширення, біологічний зміст отриманих показників відображає миттєві механізми адаптації, задіяні в досліджуваному явищі.

Дискретне перетворення Фур'є

Спектральний аналіз. Для аналізу біосигналів у частотному спектрі використовувалися методи швидкого перетворення Фур'є (RFT) [7, 150]. Дискретне перетворення Фур'є для векторів, що складаються з N елементів, має вигляд:

$$X_m = \sum_{n=0}^{M-1} x_{2n} a_M^{mn} + \exp(-2\pi i \frac{m}{N}) \sum_{n=0}^{M-1} x_{2n+1} a_N^{mn} \quad (18)$$

Використання перетворення Гільберта-Хуанга (ННТ) для життєво важливих показників частоти та фази в спектрі дослідження біосигналів

Для вивчення миттєвих адаптаційних механізмів нервової системи через органи-виконавці серце та судини застосовано оцінку миттєвої частоти та фази в спектрі за перетворенням Гільберта-Хуанга (ННТ). Мається на увазі метод емпіричної модової декомпозиції (Empirical Mode Decomposition, EMD) нелінійних і нестационарних процесів і спектральний аналіз Гільберта (Hilbert Spectral Analysis, HSA) [83]. ННТ є частотно-часовим аналізом даних і не вимагає апріорної функціональної основи перетворення. Миттєві частоти (IF) обчислюються з похідних фазових функцій Гільберта шляхом перетворення базисних функцій.

Наступним кроком у перетворенні Гільберта-Хуанга є перетворення Гільберта. Використання перетворення для кожного сигналу дозволяє отримати значення миттєвої частоти та амплітуди для кожного моменту часу.

Спектральні методи аналізу артеріальної осцилограми використовують безпосередньо для значень зміни тиску в манжеті під час компресії плеча, без урахування складової тиску, що створює компресор в манжеті. Для кривої, що відображає механічну активність артеріальної стінки в процесі компресії плеча,

застосовують візуальний аналіз та кількісні ознаки, локалізацію, наявність невеликих коливань.

Кластеризація K -середніх

Проблема кластеризації за мінімальною сумою квадратів (MSSC) [45]

$$\left\{ \sum_{j=1}^m \min_{c \in C} \|a^j - c\|^2, |C| = k \right\} \quad (19)$$

це знайти k центри кластерів $c^i \in R^n, i \in I\{1, \dots, k\}$, щоб мінімізувати загальну суму квадратів евклідових відстаней між елементами даних та їх найближчими центрами [45]. Її можна представити як таку задачу змішаного цілочисельного програмування:

$$\sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^m x_{ij} \|y^i - a^j\|^2 \rightarrow \min_{(x,y)}, \quad (20)$$

$$\sum_{i=1}^k x_{ij} = 1, \forall j = 1, \dots, m, \quad (21)$$

$$x_{ij} \in \{0,1\}, \forall i = 1, \dots, k, \forall j = 1, \dots, m. \quad (22)$$

Для вирішення задачі (19) і (20)–(22) використовується алгоритм k -середніх (алгоритм Ллойда). Алгоритм k -середніх працює у два повторювані кроки: призначення кожного елемента даних найближчим центрам кластера та обчислення нових центрів кластера як середніх елементів даних, призначених тим самим кластерам.

Незважаючи на ефективність і простоту алгоритму k -середніх, він має деякі недоліки. Для цього потрібно $O(mnk)$ часу, що в гіршому випадку досить багато. Крім того, він збігається лише до локальних оптимумів і багато в чому залежить від вибору початкової точки. Однією з модифікацій алгоритму k -means, яка бореться з цією проблемою, є алгоритм k -means++ [6]. Це дозволяє встановити кращі вихідні точки та отримати $(\log k)$ конкурентні рішення. Алгоритм k -means++ вбудований у багато бібліотек різних мов програмування. Наприклад, MATLAB має реалізацію k -means, яка використовує k -means++ за замовчуванням для заповнення [93], а також бібліотеку Scikit-learn для Python.

Вирішення задачі класифікації методом індукції дерева рішень у складі експертної системи

Метою є застосування методу індукції дерева рішень для програмної реалізації в системі прийняття рішень щодо класифікації та прогнозування ризиків виникнення захворювань на основі аналізу артеріальної осцилограми.

Проведено дослідження практично здорових пацієнтів та пацієнтів з відхиленнями у стані здоров'я (14 нозологічних станів), у стані спокою та під впливом різних зовнішніх факторів. Серед них захворювання різної стадії та клінічних проявів: ішемічна хвороба серця (303 пацієнти), гіпертонія (160),

психоневрологічні захворювання (294), хворі на туберкульоз (204), COVID-19 (74 пацієнти, 287 вимірювань) та інші.

Для вирішення проблеми класифікації був побудований ліс дерев рішень на основі методів машинного навчання [153]. Матриця станів кожної вибірки (серцево-судинні, легеневі, психічні захворювання, Covid-19 та інші) включає показники морфологічного, часового, спектрального, кластерного аналізу, на основі моделі у вигляді циклічного випадкового процесу та статистичних методів оцінки імовірнісних характеристик артеріальних осцилограм.

З використанням методів машинного навчання: класифікації задач і методів регресійного аналізу, проводиться навчання та аналіз результатів. Результати інтегруються в обчислювальне ядро інформаційної системи «Оранта-АО» для розрахунку ймовірнісної оцінки ризику захворювань (серцево-судинних, легеневих, психічних захворювань, Covid-19 та інших).

Основні етапи аналізу даних за допомогою дерев рішень.

1. Постановка задачі та підготовка даних (з файлів .mat).

Оскільки у пацієнта може бути кілька захворювань одночасно, це завдання формується як «Проблема класифікації з кількома мітками». Для її вирішення проводиться перетворення вихідної задачі, а саме:

- початкова проблема класифікації з кількома мітками перетворюється на набір задач бінарної класифікації, наприклад «хворий-здоровий» для кожної пари відповідних класів;
- кожна з новоутворених проблем розв'язується окремо шляхом побудови для неї відповідного алгоритму (моделі);
- для кожної із задач бінарної класифікації формується власний навчальний і тестовий набори даних;
- здійснюється самостійне навчання моделей для кожного завдання на відповідному навчальному наборі даних;
- проводиться незалежна оцінка якості моделей для кожного завдання на відповідному наборі тестових даних;
- навчені моделі тестуються на нових (майбутніх) даних;
- результати всіх моделей утворюють загальний результат.

2. Вибір моделі/алгоритму аналізу даних.

У цьому випадку в якості моделі обрано класифікатор випадкового лісу. Це ансамблевий алгоритм, сформований як композиція дерев рішень, які діють як базові (елементарні) алгоритми. Кожне дерево в такому ансамблі вивчається самостійно та на власному наборі даних (навчальна вибірка). Така навчальна вибірка формується шляхом вибірки даних наявного повного навчального набору

даних (статистична вибірка). Слід зазначити, що структура кожного дерева формується на основі аналізу різноманітних атрибутів (ознак, параметрів), доступних у навчальному наборі. У загальному випадку оптимальна кількість таких атрибутів (ознак, параметрів) для побудови дерев визначається або експериментально, або на основі наявних евристичних даних.

3. Вибір параметрів моделі/алгоритму

Підбір параметрів моделі є досить складним завданням, яке можна вирішити одним із наступних способів:

- перебрати всі можливі комбінації параметрів (використовується дуже рідко через ресурсоємність);
- використання алгоритмів оптимізації;
- використання евристичних даних;
- використання власних дослідів.

В результаті експериментів для кожної моделі були обрані такі основні параметри:

- кількість дерев в ансамблі 100;
- максимальна кількість гілок (ярусів) дерева – 5;
- максимальна кількість атрибутів для формування вершин дерева – 10;
- Алгоритм побудови дерева рішень CART.

4. Вибір стратегії та метрики для оцінки якості моделі.

Оцінка якості моделі (моделей) здійснюється за допомогою перехресної перевірки *k-Fold* ($k = 3$). Оскільки існує дисбаланс даних, одним із критеріїв, який дає об'єктивну оцінку якості моделі, є F-міра (F1-міра).

Нехай D – множина N показників навчальної вибірки. Тут будь-яка множина зі значенням $A_1, A_2, \dots, A_p, C_i$ включає атрибути A_1, \dots, A_p . Можуть прийматися як числові, так і категоризовані значення для атрибутів A_1, \dots, A_p класу C атрибутів отримує одне з K дискретних значень: $C \in \{1, \dots, K\}$. Мета полягає в тому, щоб передбачити значення атрибута класу C за допомогою дерева рішень на основі значень атрибутів A_1, \dots, A_p .

Генерація дерева рішень. Алгоритм вибору атрибутів на кроці рекурсії j заснований на наступному інформаційному індикаторі:

$$\text{Підсилення } A_i = \text{Info}(D_j) - \text{Info}_{A_i}(D_j). \quad (1)$$

$$\text{Info}(D_j) = - \sum_{k=1}^K p_{kj} \log_2(p_{kj}) \quad (2)$$

Інформація, необхідна для класифікації вибірки (A_1, A_2, \dots, A_p) у D_j

$$\text{Info}_{A_i}(D_j) = - \sum_{k=1}^K \#(D_{j1}) \#(D_{jk}) \text{Info}(D_i) \quad (3)$$

Інформація, необхідна для класифікації (A_1, A_2, \dots, A_p) у D_j після розбиття D_j на підмножини D_{j1} щодо значень атрибута A_i .

У (2) ймовірність того, що будь-яка вибірка із D_j походить із множини C_k, D_j , оцінюється як $p_{kj} = \frac{|C_k \cap D_j|}{|D_j|}$ де C_k, D_j – множина вибірок з D_j , для яких атрибут класу $C = k$. Тут $|\bullet|$ – кількість елементів у наборі.

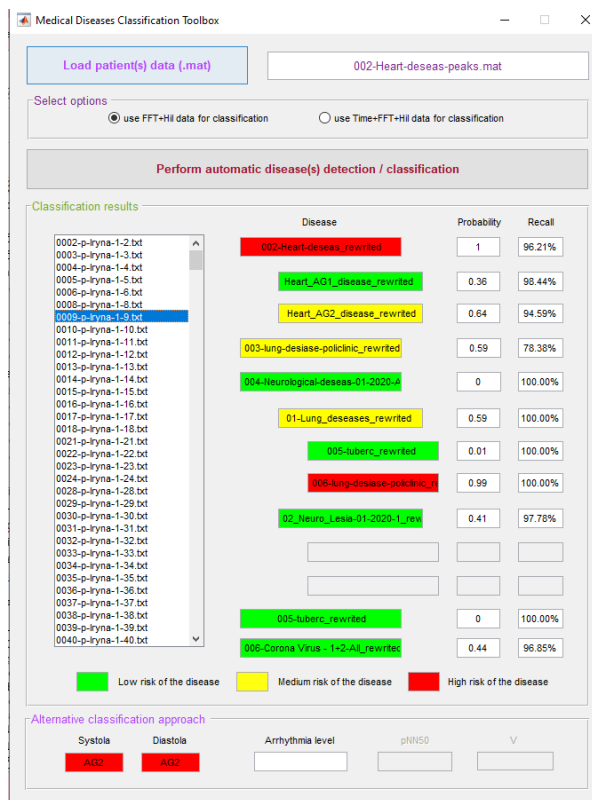
З (3) $\frac{|D_{j1}|}{|D_j|}$ – це оцінка ймовірності того, що будь-яка вибірка із D_j належить до множини D_{j1} , де D_{j1} – множина вибірок із D_j , для якої атрибут $A_i = a_{i1}$. Атрибутом є $A_i \in \{a_{i1}, a_{i2}, \dots, a_{iK_i}\}$.

$\text{Gain}(A_i)$ оцінює зменшення інформації, необхідної для класифікації будь-якого набору вибірок у D_j з урахуванням відомого значення атрибута A_i . Тому з доступних атрибутів для кожного вузла дерева рішень для умови розщеплення необхідно вибрати атрибут A_i^* з найбільшим значенням $\text{Gain}(A_i^*)$. В результаті такого відбору для завершення процесу класифікації в D_j нам потрібна найменша кількість інформації [153].

Використовуючи методи машинного навчання (методи класифікації проблем і регресійного аналізу), проводиться навчання та аналіз результатів. Результати інтегруються в розрахункове ядро інформаційної системи Оранта-АО для розрахунку ймовірнісної оцінки ризику захворювань (серцево-судинні ($\pm 4,165\%$), легеневі ($\pm 6,35\%$), психічні захворювання ($\pm 3,67\%$), Covid -19 ($\pm 12,32\%$) та інші).

Приклад реалізації програмного дослідження в середовищі Matlab 2020

На мал. 6.3 показано приклад реалізації програмного дослідження в середовищі Matlab 2020. Класифікаційні завдання для наступної пари: здоров'я – хвороба серця, здоров'я – хвороба легень, здоров'я – психоневрологічна хвороба.



Мал. 6.3. Завдання класифікації інтерфейсу (здоров'я – серцево-судинні захворювання, здоров'я – легеневі захворювання, здоров'я – психічні захворювання) у середовищі Matlab 2020 з імовірністю та значенням відкликання

Вікно інтерфейсу побудованих моделей класифікаційних завдань за класами захворювань (серцево-судинні, легеневі, психічні та інші). Лівий стовпчик відображає список вимірювань пацієнтів із серцево-судинними захворюваннями, центральний стовпчик Захворювання представляє список побудованих моделей з кольоровим відображенням залежно від величини ймовірності захворювання. Наступний стовпчик показує ймовірність приналежності до класу і згадує про якість побудованої моделі. У нижній частині вікна показано Альтернативний класифікаційний підхід, який включає ймовірності АГ першого і другого типу та деякі інші показники.

Використовуючи методи машинного навчання (методи класифікації проблем і регресійного аналізу), проводиться навчання та аналіз результатів. Результати інтегруються в розрахункове ядро інформаційної системи Оранта-АО для розрахунку ймовірнісної оцінки ризику захворювань (серцево-судинні ($\pm 4,165\%$), легеневі ($\pm 6,35\%$), психічні захворювання ($\pm 3,67\%$), Covid -19 ($\pm 12,32\%$) та інші).

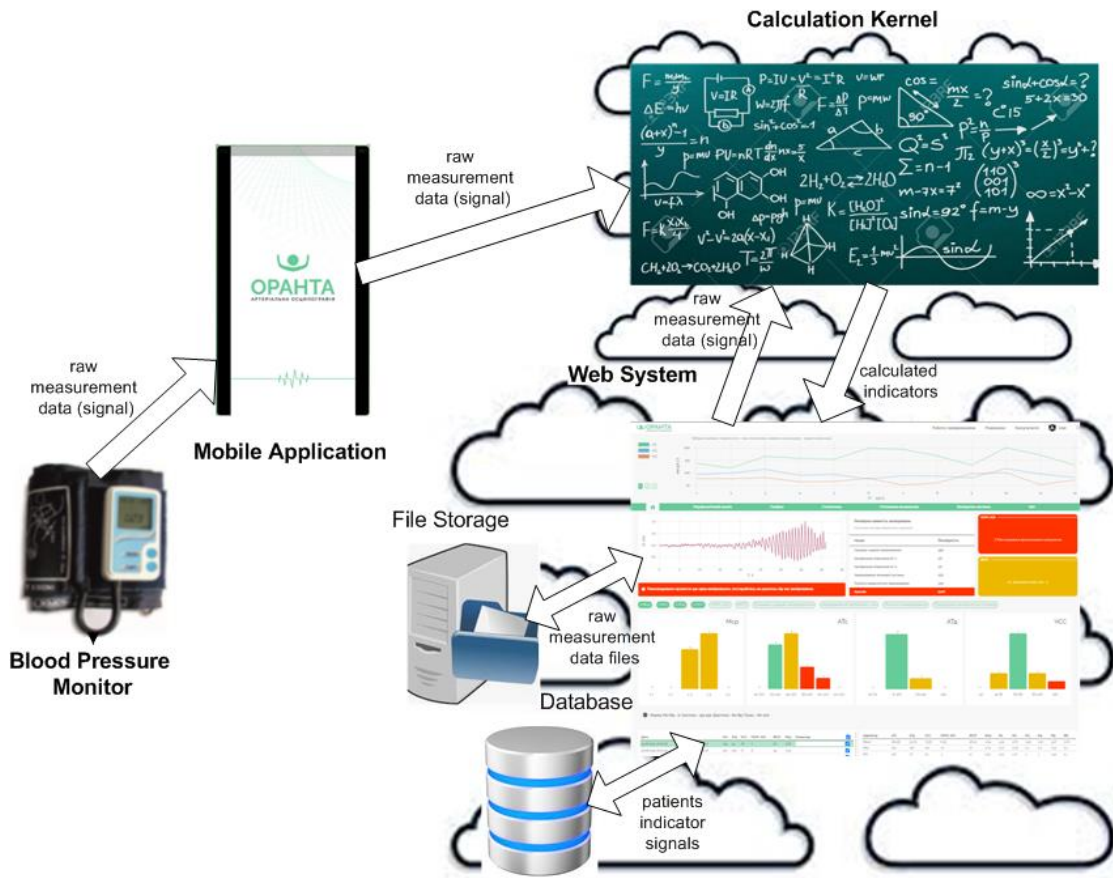
Інформаційна система

Інформаційна система Оранта-АО виконує такі завдання:

- отримання вимірювань з електронного вимірювача тиску;
- передача даних вимірювань на розрахунок показників, що характеризують рівень здоров'я, ризики серцево-судинних, легеневих і психічних захворювань та прогнозовані показники крові, центральної гемодинаміки та психічного стану;
- збереження даних вимірювань і обчислених показників;
- відображення даних вимірювань та обчислених показників у зручній для користувача формі, що дозволяє якісно проаналізувати стан пацієнта та дати рекомендації щодо подальших дій щодо збереження/покращення здоров'я пацієнта.

Інформаційна система Оранта-АО реалізована в програмному комплексі Оранта-АО, який складається з таких частин: мобільний додаток, розрахункове ядро та вебсистема (мал. 6.4).

Для отримання артеріальних осцилограм на компресії використовувався тонометр ВАТ 41-2, Ікс-Техно, Україна. Електронні тонометри Omron, Японія, та Dr. Frei, Швейцарія, були обрані для отримання артеріальних осцилограм при компресії та декомпресії. Оскільки монітори цих виробників не передбачають можливості отримання артеріальних осцилограм, автори розробили модуль для отримання пульсацій від датчика тиску, їх збереження та відправки в ядро Python на сервер через ПК або мобільний додаток з подальшим відображенням у вебдодатку.



Мал. 6.4. Структура інформаційної системи Оранта-АО

Мобільний додаток призначений для передачі інформації вимірювань з манометра до обчислювального ядра. Програма з цією функціональністю необхідна, оскільки сам манометр цього не може зробити. Перед використанням програми користувач повинен увійти під ім'ям і паролем, які він створює при реєстрації у вебсистемі. Дані вимірювань, що передаються з мобільного додатка в ядро обчислень, містяться у файлі з розширенням txt, який записує послідовність чисел, що представляють значення осцилограми.

Мобільний додаток розроблено на Flutter 2.2.3 [38], тому він є багатоплатформним. Його тестування проводилося на пристроях Android та iOS.

Обчислювальне ядро є центральною частиною інформаційної системи, заснованої на методах, розроблених у цьому дослідженні. Воно розраховує показники, які можна використовувати для аналізу та прогнозування діяльності серцево-судинної системи та інших систем людського організму. Воно розроблене на Python 3.7 [109]. Набір бібліотек Numpy 1.19.5, Pandas 1.2.4, Scipy 1.6.3, Hurst 0.0.5, Emd 0.3.2 використовувався для реалізації алгоритмів часового, фрактального, спектрального, морфологічного та інших типів аналізу сигналів, а також як набір бібліотек Scikit-learn 0.24.2, Lightgbm 3.1.1 для реалізації алгоритмів

прогнозування показників серцево-судинної системи організму людини та класифікації станів здоров'я людини.

Обчислювальне ядро може працювати у двох напрямках передачі даних:

1. Отримувати вимірювання від мобільного додатка, виконувати обчислення та надсилати запит з результатом у вебсистему для зберігання та відображення;
2. Отримувати вимірювання з вебсистеми, виконувати розрахунки та передавати результат назад у вебсистему для збереження та відображення.

Обчислювальне ядро здатне отримувати вхідні дані в чотирьох форматах:

- необроблені дані вимірювань (txt);
- попередньо розраховані дані зі специфікацією (json);
- множинні вимірювання з деякими додатковими даними (ini);
- Файли MATLAB (mat).

Результати повертаються у форматі json, який може містити результати для одного або кількох вимірювань.

Вебсередовище складається з бази даних, призначеної для зберігання результатів обчислень, виконаних обчислювальним ядром, і фронтенда та бекенда для відображення цих результатів у зручній для користувача формі.

Внутрішня частина надає REST API для інтерфейсної частини, розробленої з використанням nodejs 12.16 [106] та express framework 4.16 [31]. Також використовувався сервер баз даних mongodb 4.2 [102]. Частина інтерфейсу розроблена на основі мови TypeScript і фреймворку Angular 11 [5]. Структура функцій вебсистеми показана на малюнку 6.5.



Мал. 6.5. Структура вебсередовища Оранта-АО.

Вебсередовище можна використовувати як пацієнтами, так і з лікарями чи консультантами. Пацієнт може завантажити свої персональні дані вимірювань і переглянути розраховані показники. Він також може вибрати консультантів, які допоможуть у інтерпретації даних. Консультант може завантажити дані вимірювань своїх пацієнтів і переглянути розраховані для них показники.

І обчислювальне ядро, і вебсередовище розгорнуті на серверах AWS і зараз доступні в тестовому режимі.

Висновки

Авторами вперше запропоновано нове застосування електронного тонометра. Для цього розроблено оригінальні концепції, обґрунтування, методи та обґрунтовано алгоритми нового застосування тонометра. Методи реалізовано в розробленому ПК «Оранта-АО».

Застосування методів артеріальної осцилографії, що реєструється при вимірюванні артеріального тиску, дає можливість проводити додаткову систематичну оцінку здоров'я людини загалом, функціонального стану серцево-судинної системи, її резервних можливостей; отримати інформацію з 4 рівнів регуляції діяльності ССС (периферично-автономної, вегетативної, гіпоталамо-гіпофізарної, центральної нервової системи); вивчити стан судин: їх тонус, еластичність, якість адаптації до різних рівнів компресії при вимірюванні артеріального тиску; визначити стан захворювання, ефективність лікувально-профілактичних та реабілітаційних заходів. Автори також розробили Експертну систему (на основі методів машинного навчання) для диференціальної діагностики ризиків серцево-судинної системи ($\pm 4,165\%$), легенів ($\pm 6,35\%$), психічних захворювань ($\pm 3,67\%$) та прогнозу деяких параметрів крові.

Для математичного моделювання артеріальних осцилограм використовували циклічні випадкові процеси. Розроблено методику оцінки функції ритму артеріальних осцилограм та статистичні методи оцінки ймовірнісних характеристик артеріальних осцилограм.

Автори також включили в Експертну систему алгоритми (на основі задачі кластеризації з використанням алгоритму *k-means* і *k-means++* і методів машинного навчання) для диференційної діагностики ризиків серцевих, легеневих, психічних захворювань і прогнозування деяких параметрів крові.

Ще одним компонентом Експертної системи (на основі методів машинного навчання) є модуль для диференціальної діагностики ризиків серцево-судинної системи ($\pm 4,165\%$), легенів ($\pm 6,35\%$), психічних захворювань ($\pm 3,67\%$) та прогнозу деяких параметрів крові.

На основі розроблених в результаті досліджень методів і алгоритмів було розроблено ПК «Оранта-АО», що дозволяє користувачеві проводити вимірювання АТ за допомогою електронного тонометра, завантажувати їх в систему, отримувати розрахункові показники, переглядати їх у зручному вигляді та ознайомитися з аналітичною оцінкою стану серцево-судинної системи та прийняття рішення про подальші дії.

Програмний комплекс «Оранта-АО» складається з трьох взаємопов'язаних частин: мобільного додатка, обчислювального ядра та вебсередища. Обчислювальне ядро та вебсередище розгорнуті на серверах AWS і зараз тестуються. Доступна версія українською та англійською мовами.

Розроблене програмне забезпечення значно розширить сферу застосування електронних вимірювачів тиску. Розроблене середище має на меті інтегруватися в кожен нову модель електронних вимірювачів тиску у світі. Сертифікація (EN 62304:2014, ISO 13485:2018) в Україні завершена, отримано 2 пріоритети РСТ. Наступним кроком стане налагодження співпраці з виробниками електронних тонометрів та сертифікації в Європі, США та інших країнах. Діяльність інформаційної системи «Оранта-АО» забезпечує можливість інтеграції в системи моніторингу пацієнтів, а також інші інформаційні системи.

6.2. Застосування програмного комплексу Оранта-АО при вимірюванні артеріального тиску в процесі підготовки студентів-реабілітологів для дистанційного вивчення адаптаційних можливостей серцево-судинної системи

Д.В. Вакулєнко, Л.О. Вакулєнко

Актуальність теми. Втілення сучасних інформаційних технологій у практику охорони здоров'я дає можливість підвищити рівень профілактики, діагностики [84, 87], превентивної реабілітації та лікування захворювань. Насамперед це стосується найбільш поширених захворювань людства – захворювань серцево-судинної системи (ССС), які значно «помолодшали» в наш час [47]. Зазначене потребує пошуку нових та удосконалення існуючих методів ранньої діагностики, профілактики захворювань, лікування та реабілітації.

В основу парадигми медичної профілактики і зниження смертності від серцево-судинних та інших захворювань повинна бути покладена стратегія індивідуальної та масової профілактики, яка базується на принципах вимірювання резервів здоров'я людини. Функціональні резерви системи кровообігу традиційно визначаються шляхом застосування навантажувальних проб та тестів. Резерви гомеостазу при цьому оцінюються за: часом, протягом якого показники

внутрішнього середовища підтримуються в межах фізіологічної норми, здатністю відповідати на навантаження без патологічних проявів, швидкістю повернення до вихідного рівня регуляції [4, 34]. Серед функціональних тестів ССС, що застосовуються при масових та індивідуальних обстеженнях, найбільш доступними є проби Руф'є та Мартіне-Кушелєвського. Останнім часом дещо зменшилась частота застосування проби Мартіне-Кушелєвського, хоча вона застосовується протягом багатьох десятиліть, відповідає усім вимогам до проведення функціональних проб [255, 256], не втратила своєї актуальності і в наш час [182], передбачає використання стандартного фізичного навантаження – 20 присідань за 30 с [4, 34] з реєстрацією показників ЧСС та АТ. Методи її проведення, оцінки, критерії норми, причини появи станів, для яких вони характерні, – загальноприйняті, висвітлені в монографіях, статтях, навчальній літературі [4, 34, 229, 255, 256]. Дослідження продовжуються [182].

Важливою складовою оцінки резервних можливостей організму є реєстрація артеріального тиску (АТ), яка є обов'язковою при кожному лікарському обстеженні. В наш час широко використовуються електронні тонометри.

Реєстрація артеріальних пульсацій під час вимірювання АТ дає можливість розширити інформативність процедури. Реакція судин на компресію свідчить про стан координації між місцевими саморегуляторними механізмами та центральною нейрогуморальною регуляцією діяльності ССС; рівень функціонування ВНС, функціональну здатність серця, рефлекторну реакцію ССС [148, 169, 170], а також, стан русла периферійних судин (тонус, еластичність, пружність, прохідність), активність механізмів термінової реакції на компресію (барорецепторні, хеморецепторні, рефлекс на ішемію) та ін. [12, 105, 139, 148, 205, 235]. Для реєстрації та оцінювання артеріальних пульсацій авторами розроблений метод морфологічного, часового, спектрального аналізу артеріальних осцилограм – артеріальної осцилографії (АОГ) [188-178].

У зв'язку з відсутністю подібних досліджень, для їх морфологічного аналізу авторами узагальнені результати вивчення літературних джерел щодо стану судинного русла гемодинаміки [12, 105, 146, 169, 205, 235] та методи, що використовуються при аналізі варіабельності серцевого ритму (ВСР) електрокардіосигналу [48, 170, 270]. Досвід базується на аналізі понад 4000 АОГ, зареєстрованих як у стані спокою, так і після впливу різноманітних фізичних, механічних, термічних, психоемоційних та інших чинників.

Застосування методу артеріальної осцилографії з використанням компонентів Програмного комплексу Оранта-АО для теледіагностики, телеметрії ТК дає можливість удосконалити процес ранньої діагностики та лікування

захворювань, більш детально оцінити особливості роботи серця як єдиного гемодинамічного насосу і судин («периферійного серця»), тобто апарату кровообігу загалом, та передавати отриману інформацію для подальшого аналізу [217, 218, 231-234, 178-188].

Дослідження присвячені оцінці ефективності застосування (розробленого авторами) програмного комплексу (ПК) Оранта-АО для дистанційного (телеметричного) вивчення адаптаційних можливостей серцевого і судинного чинників гемодинаміки до компресії плеча у спокої та при різних рівнях фізичних навантажень [147].

Застосування телереабілітації ставить пацієнта у центр догляду, надаючи йому доступ до реабілітаційних послуг у зручний для нього спосіб [112, 147, 231].

Мета досліджень. Використати методи артеріальної осцилографії, апаратних та програмних засобів ПК Оранта-АО при проведенні проби Мартіне-Кушелєвського для онлайн і офлайн оцінки адаптаційної здатності ССС.

Використати можливості ПК Оранта-АО при застосуванні (запропонованих авторами роботи) інформаційних технологій морфологічного, часового і спектрального аналізу артеріальних осцилограм (АОГ) з метою вивчення і оцінки функціональної здатності ССС адаптуватися до компресії плеча під час вимірювання АТ у стані спокою та після проведення проби Мартіне-Кушелєвського.

Оцінити ефективність та інформативність застосування ПК Оранта-АО для офлайн та онлайн контролю при проведенні проби Мартіне-Кушелєвського.

Розглянути перспективи та обмеження застосування проби Мартіне-Кушелєвського з використанням ПК Оранта-АО у телереабілітації.

Матеріал і методи дослідження. Для підтвердження інформативності застосування ПК Оранта-АО в роботі використано досвід аналізу результатів понад 4000 АОГ [147] та 300 проб Мартіне-Кушелєвського [182]. Отримані результати аналізу АОГ оцінювалися за допомогою комплексного показника активності регуляторних систем [171] і порівнювалися з результатами проби Мартіне-Кушелєвського.

Для вирішення поставлених завдань нами обстежено 88 практично здорових осіб чоловічої та жіночої статі віком 18-55 років, без скарг на стан здоров'я. Вивчено та оцінено результати часового і спектрального аналізу АОГ, зареєстрованих при вимірюванні АТ в процесі проведення проби: до навантаження, після 20 присідань за 30 с та через 3 хв. відпочинку.

Для часового та спектрального аналізу АОГ використано інформацію та термінологію, що застосовується при аналізі варіабельності серцевого ритму (ВСР)

електрокардіосигналу [48, 170]. ВСР дає можливість отримати інформацію про рівень регуляції діяльності ССС.

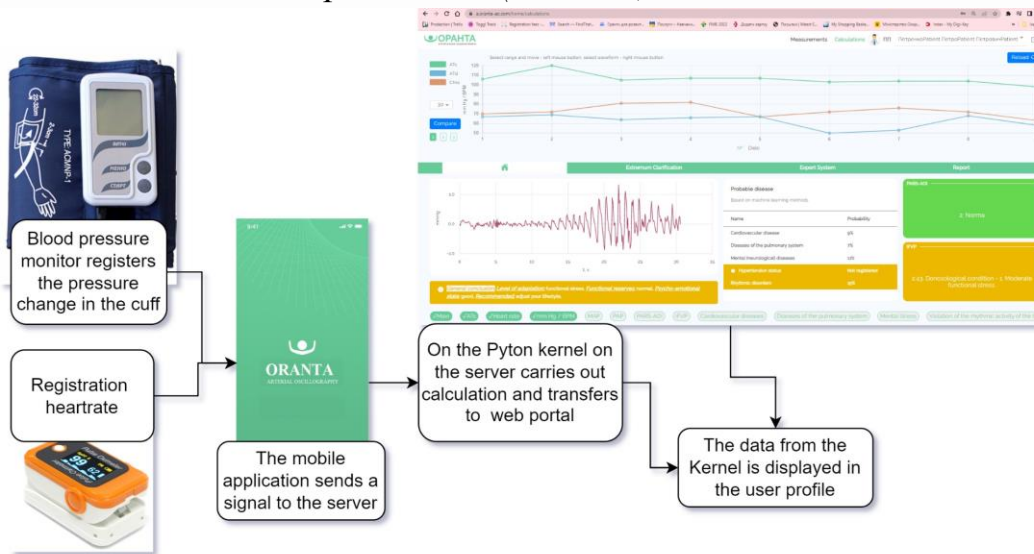
Для реєстрації АОГ використано електронний тонометр ВАТ 41-2. Оцінку АОГ проводили за визначенням інтервалів між вершинами позитивних та негативних екстремумів протягом усієї компресії та під час окремих її фаз. А також – за потужністю судинної стінки, визначеної за тиском, що чинить судинна стінка на манжету під час систоли [147].

Отримані результати оцінено за допомогою комплексного показника активності регуляторних систем (ПАРС), запропонованого Р.М. Баєвським. Він вираховується в балах (від 1 до 10) за спеціальним алгоритмом, який враховує статистичні показники, показники гістограми, спектрального аналізу інтервалів на АОГ. ПАРС дає можливість диференціювати різні ступені напруження регуляторних систем і оцінити адаптаційну здатність організму [170]. Усі досліді проводили у відповідності до Конвенції Ради Європи № 164) від 04.04.1997 р. і Гельсінської декларації Всесвітньої медичної асоціації (2008 р.). З усіма учасниками підписували інформовану згоду.

Статистичне опрацювання результатів проводили з використанням комп'ютерної програми Statistica, застосовували критерій Стьюдента при нормально розподілених даних, в іншому випадку – метод Вілкоксона. Зміни показників вважали статистично значущими в разі $p < 0,05$.

Результати дослідження та їх аналіз

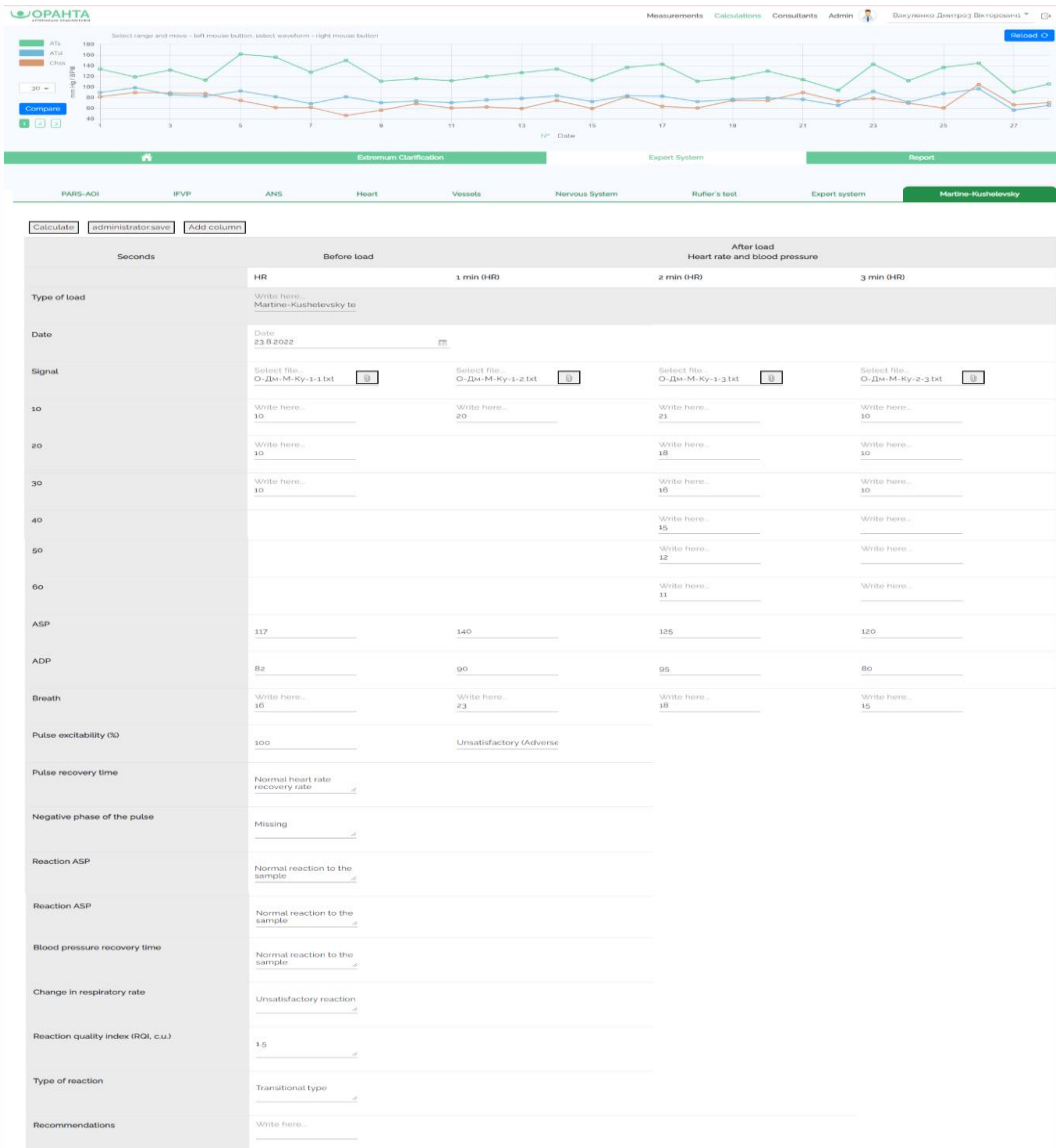
Алгоритм проведення функціональної проби Мартіне-Кушелєвського з використанням засобів ПК Оранта-АО (мал. 6.6).



Мал. 6.6. Структурна схема ПК Оранта-АО для проведення проби Мартіне-Кушелєвського.

Для проведення проби необхідна наявність вимірювача артеріального тиску та реєстратора пульсацій, що здатні взаємодіяти з ПК Оранта-АО [147]. Користувач має створити свій профіль у вебсередовищі a.oranta-ao.com. Для проведення проби манжету та вимірювач тиску фіксують на плечі, а реєстратор пульсацій розміщують на передпліччі або на пальці (залежно від моделі). Користувач перед виконанням присідань повинен декілька хвилин перебувати в спокої для забезпечення комунікації з вимірювачем тиску та реєстратором пульсацій. Після повідомлення з мобільного додатку (коли протягом останніх 30 секунд значення пульсу були незмінні) виникає можливість проведення вимірювання артеріального тиску і розпочати пробу.

Для проведення проби користувач встає, виконує 20 присідань за 30 с. Після виконання присідань користувачу необхідно повернутись у положення сидячи та провести вимірювання тиску. Після повідомлення мобільного додатку про необхідність провести ще одне вимірювання артеріального тиску та завершення обстеження. Дані частоти серцевих скорочень та зареєстрованих АОГ через мобільний додаток передаються на розрахункове ядро ПК Оранта-АО для визначення досліджуваних показників та висновку експертної системи про результати проведення проби. Можливість вмикати процедуру вимірювання тиску передбачена на мобільному додатку та на приладі безпосередньо [147].



Мал. 6.7. Інтерфейс модуля для відображення значень та висновків при проведенні проби Мартіне-Кушелівського

До переліку отриманих показників (мал. 6.7.) за результатами проби Мартіне-Кушелівського входять: Пульсова збудливість (%), Час відновлення пульсу, Негативна фаза пульсу, Реакція АТс, Реакція АТд, Час відновлення артеріального тиску, Зміна частоти дихання, Індекс якості реакції (ІЯР, у.о.), Тип реакції, Рекомендації

Оцінка показників проби Мартіне-Кушелівського за типами реакції ССС. Отримані результати представлені у таблиці 6.2.

Таблиця 6.2

Типи реакції ССС на функціональну пробу Мартіне-Кушелівського (n = 88)

№	Критерій	Тип реакції (n=88)
---	----------	--------------------

		Сприятливий	Несприятливий				Перехідний
		Нормотонічний	Гіпертонічний	Дистонічний	Астенічний	Східчастий	
1	Кількість	17	6	0	2	1	62
2	Відсоток	19	7	0	3	1	70%

Як видно з таблиці, серед обстежених (без скарг на стан здоров'я) нормотонічний тип реакції виявлено лише у 19% обстежених. Перехідні типи визначені у 62 осіб (70%), що відповідає результатам попередніх досліджень [182]. Переважній більшості з них була притаманна збудливість пульсу до 80%, час його відновлення – до 3 хв., що свідчить про задовільну функціональну здатність кардіального чинника у гемодинамічних процесах організму обстежених. Реакція відрізнялась динамікою АТ: збільшенням часу відновлення (більше 3 хв.): АТ систолічного (АТс) – у 31% та АТ діастолічного (АТд) – у 13% обстежених. АТд після навантаження підвищився у 26% випадків. Зазначене є важливим передвісником можливості розвитку хронічних захворювань [255]. АОГ дає можливість поглибити результати досліджень, завчасно визначити преморбідні стани та спрямувати пацієнта на подальше обстеження і застосування необхідних засобів профілактики.

Показник активності регуляторних систем (ПАРС) дає можливість отримати комплексну оцінку функціонального стану організму. Ми скористались рекомендаціями Р.М. Баєвського щодо визначення ПАРС та його 10-бальної оцінки [170]. У стані спокою отримано середній показник ПАРС – $3,688 \pm 0,19$ бали. За класифікацією він відповідає стану помірного напруження регуляторних систем, коли для адаптації до компресії плеча організму необхідні додаткові резерви, підвищення активності симпато-адреналової системи. Після навантаження ПАРС зріс до $6,0 \pm 0,25$ балів (на 39%), що відповідає верхній межі стану вираженого напруження адаптаційних систем, зумовленій активною мобілізацією захисних сил організму, у тому числі підвищенням активності симпато-адреналової системи та системи гіпофіз-наднирники [170]. Показники систолічного, діастолічного АТ та ЧСС зразу після навантаження відповідають динаміці показників ПАРС.

Через 3 хвилини відпочинку ПАРС знизився до $5,158 \pm 0,25$ балів (на 17%), але залишився в межах попередньої класифікації і був на 28% вищий від вихідного ($P < 0,05$). При цьому, після відпочинку середні показники також відрізнялись від вихідних: АТс = на $9,1 \pm 0,46\%$ та АТд – на $7 \pm 0,34\%$ ($P < 0,05$). Таким чином, 3

хвилини відпочинку виявились недостатніми для відновлення судинного чинника гемодинаміки після навантаження. Відзначене підтверджується наявністю перехідних типів реакції на пробу з 20 присіданнями у 70% обстежених без скарг на стан здоров'я.

Таким чином, показник ПАРС, отриманий при аналізі АОГ, зареєстрованих під час вимірювання АТ з використанням ПК Оранта-АО, дає можливість більш детально диференціювати різні ступені напруження адаптаційних можливостей організму у спокої та після навантаження при онлайн та офлайн обстеженні.

Перспективи подальших досліджень

Подальше використання ПК Оранта-АО для більш детального вивчення морфологічного, часового, спектрального, кореляційного аналізу АОГ, зареєстрованих в процесі проведення проби Мартіне-Кушелєвського, проби Руф'є та під впливом інших чинників у практично здорових та осіб з відхиленнями у стані здоров'я; в профілактичній, спортивній та реабілітаційній медицині, при лікуванні хворих в процесі офлайн та онлайн спілкування. При цьому, залежно від віку, стану здоров'я, кількість присідань може зменшуватись (15, 10, 5). Але кожне присідання виконується за 1,5 секунд. Визначення ПАРС і у цих випадках до та після навантаження мають можливість визначити резервні можливості організму.

Наші дослідження засвідчили, що 20 присідань за навантаженням на ССС відповідає сходженню на 3-й поверх. Описане обстеження можна використовувати для вивчення впливу побутового навантаження, за умови, що на 3-му поверсі буде забезпечена можливість реєстрації АОГ. Таким чином, особливістю ПК Оранта-АО є те, що електронний вимірювач портативний, він може залишатися на плечі пацієнта і використовуватись під час інших побутових чи реабілітаційних заходів, за умови забезпечення необхідних умов для проведення дослідження та передачі отриманої інформації на ПК Оранта-АО.

Висновки

Проведені дослідження засвідчили високу інформативність застосування ПК Оранта-АО як телеметричного комплексу для дистанційного вивчення адаптаційних можливостей серцево-судинної системи

Доступний до застосування як для медичного працівника, так і пацієнта. Дає можливість оцінити функціональні можливості серцево-судинної системи не лише онлайн, але і офлайн, за допомогою телереабілітації.

Для проведення обстежень необхідне обладнання, яке підтримує ПК Оранта-АО.

Застосування ПК Оранта-АО як телеметричного комплексу дає можливість оцінювати адаптаційні можливості серцево-судинної системи не лише за

результатами функціональних проб, а й побутових навантажень. Підбір для телереабілітації оптимальних фізичних навантажень слід робити відповідному фахівцю.

6.3. Особливості розробки та застосування ПК Оранта-АО для телеметричного моніторингу та корекції психологічного стану

Д.В. Вакуленко, Л.О. Вакуленко, О.В. Гевко

Актуальність теми. Нещодавня пандемія COVID-19 та воєнні конфлікти, які тривають по нинішній день в Україні, сприяють підвищеному рівню тривожних розладів серед населення (Kurarov et al., 2023). Особливого підходу потребують люди, які проживають у районах, уражених конфліктом, де професійна допомога є важкодоступною. Відомим є той факт, що 10% цивільних осіб, які пережили війну, за даними Всесвітньої організації охорони здоров'я, мають значні проблеми з психічним здоров'ям (Zasiekina et al., 2023). Ці та інші аспекти зумовлюють особливу потребу у телемедицині системах, які здатні не тільки відслідковувати психологічні розлади, а й здійснювати своєчасну корекцію. Завжди підґрунтям для розробки даних проектів був брак досконалих фахівців, обмежені економічні ресурси, недостатність кваліфікованої допомоги у віддалених районах, та можливість покращення якості життя пацієнта (Esposito et al., 2023). З іншого боку, телемедицині системи зручні для пацієнта, тому що їх можна застосовувати як у режимі реального часу (Bhavani et al., 2016), так і у відкладеному, як під час скринінгу зриву адаптації, так і впродовж моніторингу лікування, психотерапії. Очевидним є той факт, що інноваційні методи на всіх етапах свого розвитку створюють нові можливості для покращення якості медичних послуг та полегшення доступу пацієнта за спеціалізованою допомогою (Neves et al., 2022). В основі телемедицині системи є дві концепції. Одна з них базується на живому спілкуванні, а інша – у зберіганні і якісній передачі даних. (Host et al., 2018)

Можливості телемедицині систем як психологічної та психіатричної допомоги описуються багатьма дослідниками (Alonazi et al., 2021; Esposito et al., 2023; Carroll et al., 2022). На наш погляд, перспективними вважаються дослідження, які за динамікою варіабельності серцевого ритму дозволяють відслідковувати психологічний стан пацієнта.

Варіабельність серцевого ритму визначає ступінь напруженості рефлекторно-вегетативних механізмів, оскільки серцево-судинна система є найчутливішим індикатором адаптаційних реакцій організму. Власне, симпатична нервова система керує реакціями стресу, а парасимпатична – розслаблення. Ці системи в нормі повинні працювати узгоджено і збалансовано. Дискутується подібність між

варіабельністю частоти пульсу та варіабельністю серцевого ритму. І ряд науковців відзначають високий рівень спорідненості між відповідними показниками. Так, існують публікації, де за безперервним записом пульсу, отриманим за допомогою фотоплетизмографії, спостерігали зміни варіабельності (Lu et al., 2007).

Існують численні повідомлення, що будь-яка зміна патофізіологічного стану корелює зі зміною варіабельності серцевого ритму, яка не тільки відображає стан серця, а і водночас – мозку (Ernst et al., 2017). Легкість і доступність збору показників варіабельності серцевого ритму, їхня клінічна значимість та тісний зв'язок з психологічним станом активізують роботу науковців в даному напрямку (Pham et al., 2021). Існують припущення, що серцевий вагусний тонус відображає не лише функціональний баланс, а зокрема емоції. Відомим є той факт, що в основі варіабельності лежить математичний аналіз ритмограми, що побудована на основі вимірювання RR інтервалів електрокардіограми (Martynenko et al., 2019; Shaffer et al., 2017; Antali et al., 2021). Здорові люди зазвичай мають вищі значення варіабельності серцевого ритму, бо вони володіють більшою гнучкістю реакції регуляторних систем у відповідь на різні сторонні чинники, тимчасом як патофізіологічні розлади знижують дану тенденцію (Ernst et al., 2017). А знижена варіабельність асоціюється як з серцево-судинною патологією, так і з психологічними та когнітивними розладами (Gaebler et al., 2013). Відомо, що на варіабельність серцевого ритму впливає низка чинників: хімічні, гормональні, гемодинамічні, проте зміні балансу симпатичних і парасимпатичних впливів відводиться особлива роль. Багатообіцяючий потенціал є в основі моніторингу даних впливів і їх кореляції зі зміною психологічного стану (Wen et al., 2023). Гіпоталамус відомий як контролер парасимпатичної нервової системи, ендокринної та нейронної, що відповідальна за мотивацію, соціальну поведінку (Saper et al., 2002).

Моніторинг варіабельності серцевого ритму може дати відповідь на питання ступеня порушення адаптації, вегетативного дисбалансу, оцінити рівень стресу. Тому особливо актуальною в напрямку діагностики донозологічних порушень психічного стану є телемедична система моніторингу показників варіабельності серцевого ритму. Проте за допомогою телемедичної системи можна не тільки відбирати фізіологічні параметри, а й створювати певний вплив на пацієнта за допомогою методів візуалізації та прослуховування. Сьогодні технології віртуальної реальності створюють широкий спектр таких можливостей (Barratt et al., 2023).

Зокрема, телемедична система може передавати музичні композиції. В сучасному науковому світі ряд публікацій присвячені вивченню реакції організму

на музику, котра може бути свідомою або несвідомою, за участю гормональних і неврологічних реакцій (McCrary et al., 2021). Відомим є факт, що прослуховування музики використовують у різних галузях медицини та з різною метою, зокрема: як протибольовий засіб, в реабілітаційній медицині, неврології, психіатрії (Wigram et al., 1999; Santiváñez-Acosta et al., 2020). Неодноразово вивчався вплив музикотерапії і на різні фізіологічні процеси, на серцевий ритм, на центральну нервову систему (Trappe et al., 2016; Koelsch et al., 2015). Низка досліджень показує, що повільна музика надає релаксуючий ефект зі зниженням ЧСС і активацією парасимпатичної нервової системи, тимчасом як швидка створює збуджуючий ефект з активацією симпатичної гілки (Suguna et al., 2017). Здатність музики модулювати вегетативний тонус може бути ключовим центральним механізмом, що лежить в основі складних взаємодій між дихальною діяльністю і вегетативним серцево-судинним контролем (Nihade Nur Pamuk et al., 2023). Експериментальні результати показують, що музична терапія може ефективно зменшити активність симпатичних нервів і активізувати парасимпатичні нерви (Wu et al., 2020). Окремі дослідження свідчать, що прослуховування музики може мати довгостроковий вплив на баланс симпатичної та парасимпатичної активності (McCrary et al., 2021). Низка досліджень присвячена вивченню аудіовпливу на психіку людини також природніх звуків, як-от шум води, палахкотіння полум'я, щебетання птахів, шуму вітру (Alvarsson et al., 2010). Зокрема, проводились дослідження варіабельності серцевого ритму під цим впливом (Thoma et al., 2013).

Своєрідним та привабливим напрямком досліджень вважається також вплив на біооб'єкт візуалізації, споглядання. Так, з'являються повідомлення, що візуальні враження від споглядання природи, «природного середовища» у порівнянні з міським сприяють відновленню психіки після стресових ситуацій. Наприклад, перегляд водних ландшафтів зменшує активацію зорової зони мозку та активує зону уваги (Tang et al., 2017), а відеозображення «природних середовищ» здійснюють релаксаційний ефект (Tsutsumi et al., 2017). Тема «природних середовищ» і їхній вплив на людську психіку дедалі більше набуває обертів та потребує вивчення.

На наш погляд, вкрай необхідним завданням є створення телемедицини автоматизованих систем, які б не лише оцінювали психологічний стан, а за принципом зворотного зв'язку могли проводити корекцію, застосовуючи аудіовізуалізацію, зокрема «природних середовищ».

Мета роботи. Вивчити вплив «природних середовищ» на вегетативний гомеостаз з метою застосування їх для усунення психічного дисбалансу, розробити телемедицину автоматизовану систему для психокорегуючого впливу,

використовуючи осцилометричні показники варіабельності серцевого ритму для оцінки психологічного стану та аудіовізуальний вплив «природних середовищ» у вигляді корекції зсуву вегетативного гомеостазу

Матеріал та методи дослідження

На базі ТНТУ ім. І. Пулюя та ТНМУ ім. І.Я. Горбачевського проведено комплексне дослідження 80 студентів віком від 18 до 23 років. Етичні норми дотримувалися відповідно до національних та інституційних вказівок та базувались на етичних принципах, які застосовуються до медичних досліджень на живих суб'єктах (людях) і які опубліковані в останньому виданні Гельсінської декларації (Фінляндія, 2013).

Як «природні середовища» застосовували відеозображення «Вода» (з дзюрчанням води) та «Вогонь» (палахкотіння полум'я). Всім студентам перед обстеженням надавали 15-хвилинний відпочинок, після чого вони проходили анкетування на стресостійкість, потім послідовно переглядали (з перервою 10 хвилин) два 5-хвилинних відеофрагменти «Вода» та «Вогонь». До та після перегляду відеокомпозицій вимірювали артеріальний тиск з відповідним моніторингом артеріальної осцилограми. При цьому використано медичну телеметричну систему ПК Оранта-АО з індивідуальним додаванням для пацієнта вимірювача артеріального тиску ВАТ 41-2 (виробник «ІКС-ТЕХНО»), який реєстрував артеріальну осцилограму. Безпосередньо дані осцилограми передавались на телеметричну систему Оранта-АО, і з допомогою реабілітаційного модуля з відповідними відеозображеннями здійснювався зворотний зв'язок, а саме – аудіовізуальний вплив на пацієнта.

Дана телеметрична система Оранта-АО здійснювала аналіз артеріальних осцилограм з допомогою програмного забезпечення, розробленого Вакуленком Д.В. При оцінці показників пульсацій враховували позитивні екстремуми (серцева складова) та негативні (судинна складова).

Проведено морфологічний, часовий та спектральний аналіз осцилограм. В основу морфологічного аналізу покладено інтерпретація за 9 критеріями. За відхиленням від норми, кожному з цих критеріїв присвоєні бали від 1 до 7. Проаналізовано такі показники, як: М1 – якість адаптації (на початку компресії); М2 – якість адаптації (протягом усієї компресії); М3 – порушення ритмічності (кількісна оцінка порушення ритмічності пульсацій); М4 – параметр еластичності судин (кількість максимальних за амплітудою осциляцій); М5 – параметр тону судин (форма верхніх екстремумів осциляцій на початку компресії); М6 – параметр реакції посмугованої мускулатури на компресію; М7 – рівень збудливості (оцінка за амплітудою, кількістю та наявністю екстремальних (з нерівномірним

збільшенням амплітуд) осциляцій; M8 – оцінка динаміки зміни площі висхідної частини осциляцій; M9 – оцінка динаміки зміни площі низхідної частини осциляцій [180].

Часовий аналіз осцилограм проводили за загальноприйнятими методами для оцінки варіабельності серцевого ритму. Показники варіабельності серцевого ритму у часовій області представлені, як RMSSD, AМо, IN, BP та IVR (Yugar et al., 2023). Так, RMSSD – це квадратний корінь із середньоквадратичних різниць між послідовними парами інтервалів N–N (RMSSD), виражається у мс. Фізіологічно RMSSD в основному відображає діяльність парасимпатичної нервової системи. AМо – показує частку інтервалів, які відповідають значенню моди, показує ступінь впливу симпатичної нервової системи. IN – індекс напруги регуляторних систем, індекс напруги регуляторних систем ($IN = AМо / (2 \times BP \times Mo)$), відображає ступінь централізації управління серцевим ритмом; BP – показник варіабельності серцевого ритму, характеризує парасимпатичні зрушення вегетативного балансу; IVR – індекс вегетативної рівноваги ($IVR = AМо / BP$), що вказує на співвідношення між активністю симпатичного і парасимпатичного відділів.

Отже, показники BP і RMSSD характеризують ступінь впливу парасимпатичної ланки регуляції, чим більший BP, тим більше переважає парасимпатична регуляція, а RMSSD відображає здатність синусового вузла до концентрації серцевого ритму. Показником, чутливим до посилення тону симпатичної ланки вегетативного контуру, вважається IN, який відображає ступінь напруження регуляторних систем і переважання активності центральних механізмів регуляції над автономними.

Вивчали спектральні показники варіабельності серцевого ритму. Зокрема, HF – потужність спектрів високих частот (0,15-0,4 Гц), VLF – потужність спектрів дуже низьких частот (менше 0,04 Гц), LF – потужність низькочастотного компонента спектра (0,04-0,15 Гц), ULF – потужність наднизькочастотного компонента спектра (менше 0,003 Гц). Відомо, що параметри VLF та LF складової спектру пов'язують з симпатичною активністю, а HF – з парасимпатичною.

Результати досліджень та їх обговорення

Після перегляду композиції «Вода» 58 студентів (72,5%) суб'єктивно відзначили покращення настрою, заспокоєння. Водночас, аналізуючи морфологічні показники артеріальної осцилограми, було відзначене достовірне зменшення параметру M1, як наслідок – покращення перистальтичної регулярності судинної стінки в спокої, активація ендотелію, покращення судинного тону. Проте змінилась якість адаптації під час компресії і не повною мірою спрацювали нервово-рефлекторні механізми адаптації, порушилась ритмічність пульсацій, що

проявилось у вигляді достовірного збільшення M2, M3. Інші осцилометричні показники залишились без змін.

Візуалізація «Вогонь» привела до достовірного зниження показників M2, M3, M6 та M9. Відповідні зміни M2 свідчать про покращення якості адаптації під час компресії, що зумовлено нервово-рефлекторними механізмами. Зниження M3 характеризує відновлення ритмічності пульсацій (M3). Достовірні зміни M6 вказують на покращення тону судин, що оцінювався в осцилограмі за наявністю дрібних осциляцій, викликаних високочастотним скороченням посмугованих м'язів плеча у відповідь на компресію. Динаміка параметру M9 вказує на зміни площі низхідної частини осциляцій, що характеризує якість адаптації у відповідь на компресію плеча переважно судинною складовою.

Отже, перегляд відеофрагментів «Вода» призвів до змін осцилометричних показників у вигляді покращення M1 та погіршення M2, M3. Водночас аудіовізуалізація «Вогонь» достовірно покращила M2, M3, M6 та M9 (табл. 6.3).

Таблиця 6.3

Морфологічний аналіз ВР показників артеріальних осцилограм після впливу відеофрагментів «Вода» та «Вогонь»

	Вихідний стан	Вплив відео «Вода»		Вплив відео «Вогонь»	
		показник	%	показник	%
M1	3,14±0,422	2,26±0,109*	-28	2,6±0,420	-16
M2	1,72±0,183	3,02±0,339*	+43	1,23±0,009**	-28
M3	1,14±0,086	4,24±0,236*	+27	2,36±0,331**	+52
M4	2,18±0,338	2,46±0,297	+11	2,420±0,066	+10
M5	1,47±0,016	1,428±0,056	-3	1,522±0,109	+3
M6	2,81±0,381	2,53±0,194	-10	1,65±0,068**	-41
M7	1,05±0,033	1,078±0,040	+3	1,027±0,028	-2
M8	5,76±0,351	5,8±0,262	+1	5,97±0,206	-3
M9	4,575±0,145	4,565±0,222	-0,2	3,93±0,146**	-14

Примітка. * – достовірні зміни між вихідним станом і переглядом відео «Вода», **достовірні зміни між переглядом відео «Вода» і «Вогонь»

Аналіз часових показників показав динаміку змін, які відбулися під впливом композиції «Вода». Так, показники IN-pos, IVR-pos достовірно підвищилися, тимчасом як IN-neg та IVR-neg – знизилися. АМо за позитивними екстремумами не змінилась, а за негативними достовірно зменшилась. Ці дані свідчать про послаблення симпатичної ланки судинного тону після перегляду композиції «Вода». Відзначали також достовірне збільшення під впливом відео «Вода»

показника RMSSD та VP-neg, проте VP-pos – достовірно знизився. Дані особливості вказують на активацію композицією «Вода» парасимпатичної ланки вегетативної нервової системи.

Вплив відео «Вогонь», на противагу «Воді», призвів до інших результатів у часовому аналізі. Зокрема, IN-neg, IN-pos, IVR-neg достовірно зросли, а RMSSD, VP-neg, VP-pos – достовірно знизились. Ці дані показують тенденцію до активації симпатичної гілки судинного тонуусу та послаблення парасимпатичної під впливом композиції «Вогонь» (табл. 6.4).

Таблиця 6.4

Часовий аналіз показників артеріальних осцилограм після впливу відеофрагментів «Вода» та «Вогонь»

	Стан спокою	Вплив відеофрагментів «ВОДА»	Вплив відеофрагментів «ВОГОНЬ»
АМо- pos	34,21±0,078	32,55±1,539	32,51±1,742
IN-pos	17,61±1,642	33,3±59,673*	55,93±6,684#
IVR-pos	44,70±3,266	108,64±17,384*	132,56±13,244
VP-pos	0,71±0,048	0,292±80,028*	0,2±0,043#
RMSSD (с)	0,12±0,019	0,24±0,032*	0,058±0,014#
АМо- neg	43,05±2,480	25,05±2,113*	26,65±1,209
IN-neg	45,294±0,034	10,8±0,810*	13,93±0,955#
IVR-neg	109,45±10,781	29,45±2,372*	35,68±2,659#
VP-neg	0,31±0,043	0,85±70,018*	0,718±0,030#

Примітка. * – достовірні зміни між вихідним станом і переглядом відео «Вода»,

– достовірні зміни між переглядом відео «Вода» і «Вогонь».

При аналізі спектральних параметрів привертає увагу той факт, що впливи відеофрагментів «Вода» та «Вогонь» залишили без змін параметр ULF, що підтверджує думку багатьох авторів про відсутність у даного показника зв'язку з параметрами вегетативної регуляції. Водночас відслідковуємо достовірне

зниження показника VLF під впливом композиції «Вода» та достовірне збільшення HF, що вказує на активацію парасимпатичного тону. Водночас композиція «Вогонь» достовірно збільшила параметр VLF та знизила HF, що вказує на активацію симпатичного тону (табл. 6.5).

Таблиця 6.5

Спектральний аналіз показників артеріальних осцилограм після впливу відеофрагментів «Вода» та «Вогонь»

	Стан спокою	Вплив відеофрагментів «ВОДА»	Вплив відеофрагментів «ВОГОНЬ»
%ULF	14,87±2,322	13,61±1,395	13,14±1,289
%VLF	50,69±4,962	32,62±3,607*	39,68±2,540#
%LF	9,24±1,295	7,4±10,500	7,8±0,694
%HF	25,20±2,499	46,36±3,831*	39,32±1,520#

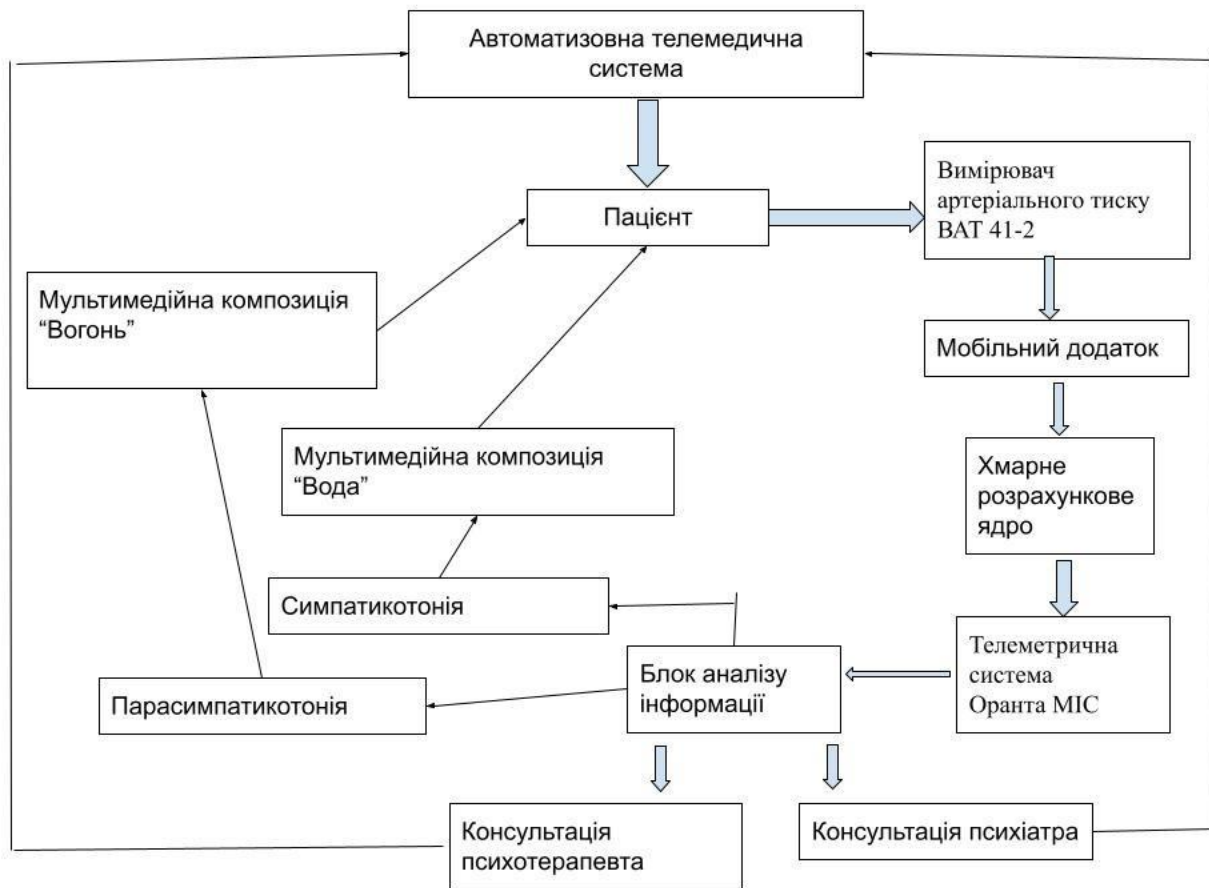
Примітка. * – достовірні зміни між вихідним станом і переглядом відео «Вода»,

– достовірні зміни між переглядом відео «Вода» і «Вогонь».

Отже, перегляд різних відеозображень відображається на морфологічних, часових та спектральних параметрах осцилограм, про що свідчать вищенаведені достовірні зміни цих показників. Цей факт потребує дообстеження з вивченням впливу інших відеофрагментів на дані параметри. Чітка тенденція у активації парасимпатичної ланки вегетативної нервової системи під час мультимедійної симуляції відеозображенням «Води» та активація симпатичного тону внаслідок впливу відеозображень «Вогонь» уможлиблює керування вегетативним балансом, а отже й психологічним станом людини.

Створення телемедичної системи з психокорегуючим ефектом

Перспективним є створення телемедичної системи, в основі якої лежить дистанційне відслідковування морфологічних, часових та спектральних характеристик осцилометричних параметрів у комплексі з психологічним тестуванням для своєчасного виявлення змін психологічного стану людини, зокрема стресу. На мал. 6.8 наведено алгоритмічне моделювання даної системи.



Мал 6.8. Загальний алгоритм телемедичної системи психокорекції

Пацієнт вносить паспортні дані, заповнює короткий бланк зі скаргами та анамнезом, відзначаючи при цьому певні рядки (скарги, анамнез) відповідними позначками, після чого проходить тест на наявність стресу. Наступним кроком є накладання осцилометричної манжети на руку і відбір осцилометричних показників. Після обробки морфологічних, часових та спектральних характеристик осцилограми, інформація надходить у блок інтерпретації результатів і подається на робоче місце дослідника. При суттєвих змінах варіабельності пацієнт перенаправляється на телемедичну консультацію до психіатра або психотерапевта. При помірних змінах результат з переважанням симпатичної ланки вегетативної системи активізує мультимедійне середовище «Вода», яке починає транслюватись на монітор пацієнта за системою зворотного зв'язку. Якщо у пацієнта домінує парасимпатична ланка вегетативної нервової системи, то активізується мультимедійне середовище «Вогонь» і транслюється на монітор пацієнта. В результаті, симуляція мультимедійними середовищами буде відбуватись під чітким контролем осцилометричних параметрів.

Висновки

Вивчено динаміку осцилометричних показників (морфологічний, часовий та спектральний аналіз) під аудіовізуальним впливом відео «Вода» та «Вогонь», що проявляється у достовірній активації парасимпатичної гілки судинного тону під впливом відео «Вода» та симпатичної ланки – під впливом відео «Вогонь». На основі даних досліджень розроблено телеметричний комплекс для дистанційного моніторингу психологічного стану людини за осцилометричними показниками і відповідної корекції шляхом аудіовізуальної симуляції відеофрагментами «Вода» та «Вогонь» зі зворотним зв'язком під контролем даних морфологічного, часового та спектрального аналізу осцилометричних показників. Вивчення диференційованого аудіовізуального впливу на вегетативний гомеостаз потребує дообстеження та подальших досліджень з метою удосконалення реабілітаційного модуля.

6.4. Вказівки для користувача Програмним комплексом Оранта-АО (Програмний комплекс, виконання Оранта-АО-Веб)

Д.В. Вакуленко, Л.О. Вакуленко

Вебсередовище, мобільний додаток та хмарне розрахункове ядро Оранта-АО створено для забезпечення інформаційної технології «Артеріальна осцилографія» (Вакуленко Д.В., Вакуленко Л.О.), розробленого за унікальною технологією ТОВ «Інновації в медицині», забезпечує можливість:

- провести комплексну оцінку функціонального стану серцево-судинної системи, її резервної адаптаційної здатності до компресії плеча при вимірюванні артеріального тиску у стані спокою та під впливом різнохарактерних фізичних чинників (функціональні проби, тренувальне фізичне навантаження, масаж), термічних (суха і парна лазня, «моржування»), психічних та ін. чинників у осіб різного віку та фізичної підготовленості;

- визначити функціональний стан автономної нервової системи та її адаптаційну здатність при впливі вищезазначених чинників;

- вивчити стан судин: їх тонус, еластичність, якість адаптації до різного рівня компресії при вимірюванні артеріального тиску, що характеризують локальну (в місці вимірювання) та центральну загальну гемодинаміку;

- оцінити рівень здоров'я, адаптаційні можливості організму, преморбідні стани, ефективність терапевтичних, профілактичних та реабілітаційних заходів;

- вивчити і оцінити рівні регуляції діяльності серцево-судинної системи (як індикатора адаптаційних можливостей організму) в процесі компресії плеча при

вимірюванні артеріального тиску у стані спокою та при впливі різноманітних (термічних, механічних, фізичних та ін.) чинників;

- використати можливості експертної системи для диференціальної діагностики ризиків серцевих, легеневих, психічних захворювань та прогнозування показників крові, центральної гемодинаміки та функції серця.

Оранта-АО-Веб. Вебсередовище, мобільний додаток та програмне середовище сервера для забезпечення інформаційної технології «Артеріальна осцилографія» (Вакуленко Д.В. Вакуленко Л.О.) для раннього виявлення, прогнозування та оцінки ефективності лікування захворювань серцево-судинної, нервової, легеневої систем та інших, виявлення ризиків захворювань за допомогою вимірювача тиску під час компресії та (або) стравлювання.

За результатами проведеного дослідження в особистому кабінеті користувач, залежно від свого фаху, може отримати висновок за результатами обстеження протягом декількох хвилин. Метод артеріальної осцилографії (Д. Вакуленко, Л. Вакуленко) надає велику кількість важливої інформації, тому фахівці різних медичних спеціальностей, пов'язаних з роботою серця, судин, нервовими, психічними захворюваннями, спортом, фітнесом, сімейною, військовою та космічною медициною, реабілітацією тощо, зможуть знайти для себе багато цінної інформації для встановлення діагнозу, оцінки ефективності терапевтичних або реабілітаційних заходів.

Для забезпечення експертного супроводу в подальшому планується можливість надання консультацій за результатами проведених вимірювань.

Опис роботи

Програмний комплекс Оранта-АО дає можливість:

- провести комплексну оцінку функціонального стану серцево-судинної системи, її резервних можливостей;

- визначити функціональний стан автономної нервової систем та її адаптаційну здатність;

- вивчити стан судин: їх тонус, еластичність, якість адаптації до різних рівнів компресії при вимірюванні артеріального тиску, що характеризують локальну (в місці вимірювання) та центральну гемодинаміку;

- оцінити рівень здоров'я, адаптаційні можливості організму, преморбідні стани, ефективність терапевтичних, профілактичних та реабілітаційних заходів.

За допомогою Експертної системи можлива диференціальна діагностики ризиків серцевих, легеневих, психічних захворювань та прогнозування показників крові, центральної гемодинаміки, функції серця.

На головній сторінці особистого кабінету вебпорталу <https://www.a.oranta-ao.com> графічно та чисельно відображаються значення останніх вимірювань згідно з вибором користувачем АТс, АТд, ЧСС, комплексних показників ПАРС, ІФСР, судин, прогнозованих ризиків захворювань та деяких показників крові, центральної гемодинаміки та психічних станів. На наступних графіках – рівень здоров'я, ризику захворювань ССС, легеневі та психічні захворювання та прогнозовані деякі показники крові, центральна гемодинаміка та психічні стани.

Використання за призначенням

Експлуатаційні обмеження

Застосування методів артеріальної осцилографії (Д.Вакуленко, Л. Вакуленко) можливо в електронних вимірювачах артеріального тиску, що підтримують роботу з програмним комплексом Оранта-АО. Галузь застосування методу АОГ можлива у всіх прийнятих напрямках застосування вимірювачів артеріального тиску. Інновація АОГ, реалізована в ПК Оранта-АО, надає розширену та додаткову діагностику особливо актуальну для спортивної, космічної та військової медицини, добового моніторингу, фітнесу, профілактичних та функціональних оглядів, а також побутового використання. Користувачами ПК Оранта-АО можуть бути пацієнт, медсестра, сімейний лікар, кардіолог та інші користувачі.

Фізичні та інші характеристики експлуатації електронних вимірювачів тиску регламентовано в інструкціях з користування цими приладами.

Програмний комплекс, виконання Оранта-АО-Веб

Підготовка Програмного комплексу Оранта-АО (ПК Оранта-АО) до використання

Вимоги безпеки при підготовці до вимірювання.

ПК Оранта-АО виготовлений з урахуванням всіх вимог безпеки, що гарантує безпеку під час його обслуговування.

ПК Оранта-АО працює з вимірювачами тиску, які безпосередньо проводять вимірювання тиску, а ПК Оранта-АО проводять аналіз зареєстрованих АО. Тому уважно познайомтесь з настановами безпеки при підготовці до вимірювання, правилами і порядком огляду і перевірки готовності вимірювача до використання та інших настанов.

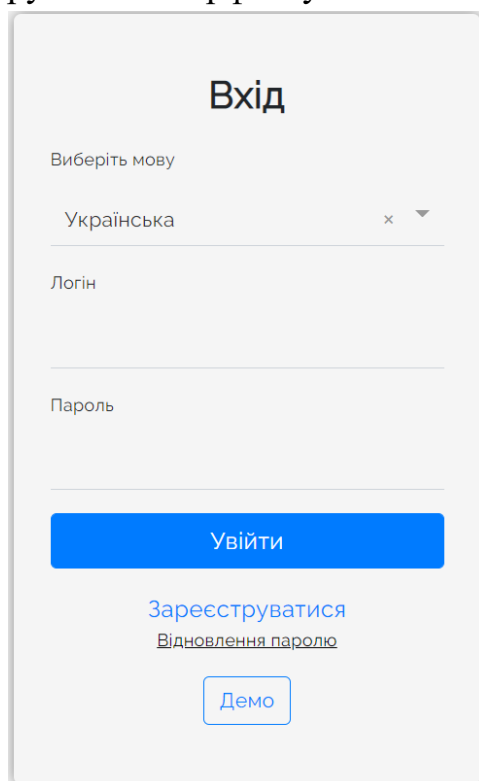
Використання ПК Оранта-АО

Встановлення програмного середовища.

Для забезпечення роботи з вимірювачем тиску у виконанні **Оранта-АО-Веб** та перегляду результатів вимірювання в особистому кабінеті додатково необхідний смартфон з ПО Андроїд не нижче 5.1 з встановленим додатком Oranta-АО для завантаження даних в особистий кабінет користувача. Для зручності рекомендуємо переглядати результати вимірювань на персональному комп'ютері, ноутбуку або планшеті у веббраузері Google Chrome, Mozilla, Opera, Microsoft Edge, для цього потрібне також під'єднання до мережі інтернет.

Реєстрація користувача на вебпорталі a.oranta-ao.com.

На порталі a.oranta-ao.com передбачено можливість реєстрації особистого кабінету, з можливістю вибору мови інтерфейсу.



Вхід

Виберіть мову

Українська x ▾

Логін

Пароль

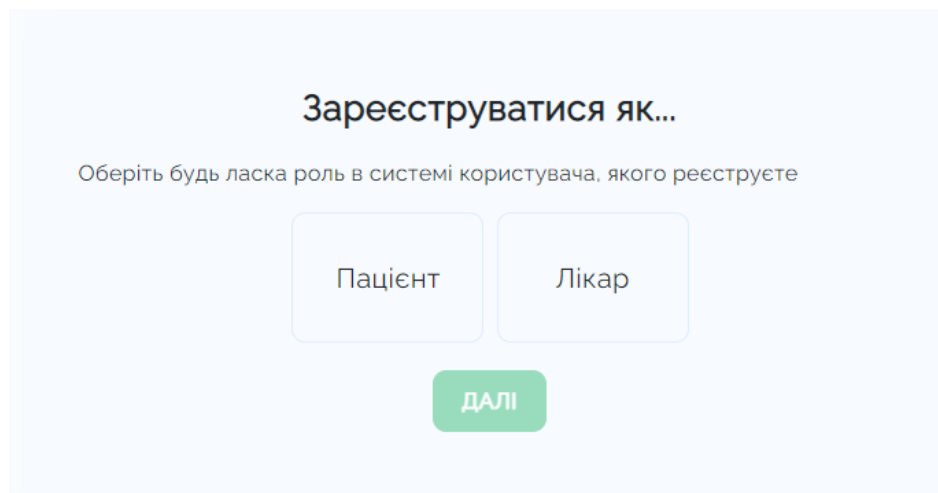
Увійти

[Зареєструватися](#)

[Відновлення паролю](#)

Демо

Для проведення реєстрації особистого кабінету необхідно обрати поле «Зареєструватися» з подальшим вибором свого статусу як пацієнт або лікар (згодом буде ще консультант). Зірочками «*» відзначено поля, необхідні для заповнення.



Спочатку слід обрати роль користувача Пацієнт чи Лікар і натиснути кнопку Далі.

The image displays two registration forms side-by-side. The left form is titled "Зареєструватися як пацієнт" (Register as patient) and includes fields for: Прізвище* (Surname), Ім'я* (Name), По-батькові (Patronymic), Дата народження* (Date of birth), and Стать* (Gender) with radio buttons for Чоловік (Male) and Жінка (Female). It also has fields for: Електронна пошта (Email), Рекомендовано для заповнення (Recommended for completion), Номер телефону (Phone number), Обрати експерта (Select expert), Обрати лікаря (Select doctor), and Медична установа (Medical institution). The right form is titled "Зареєструватися як лікар" (Register as doctor) and includes fields for: Прізвище* (Surname), Ім'я* (Name), По-батькові (Patronymic), Дата народження* (Date of birth), and Стать* (Gender) with radio buttons for Чоловік (Male) and Жінка (Female). It also has fields for: Медична установа (Medical institution), Освіта (Education), Кваліфікація (Qualification), Спеціальність (Specialty), and Науковий ступінь (Degree). Both forms have a "Логін*" (Login) field with the value "3" and a "Пароль*" (Password) field with a note "Пароль має містити велику літеру" (Password must contain a capital letter). Both forms feature a green "ЗАРЕЄСТРУВАТИСЯ" (REGISTER) button.

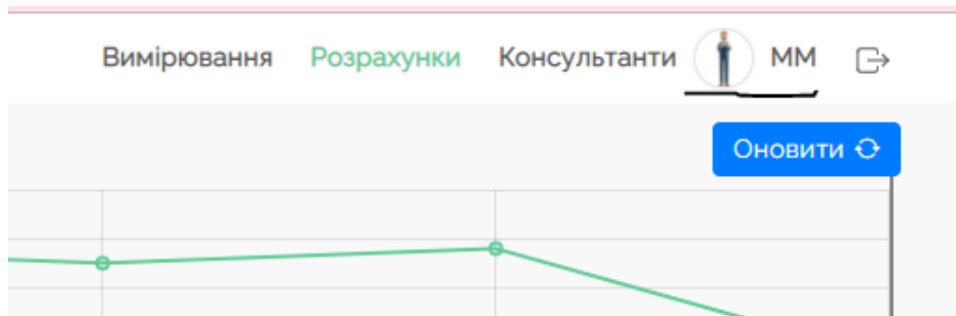
Форма реєстрації пацієнта

Форма реєстрації лікаря

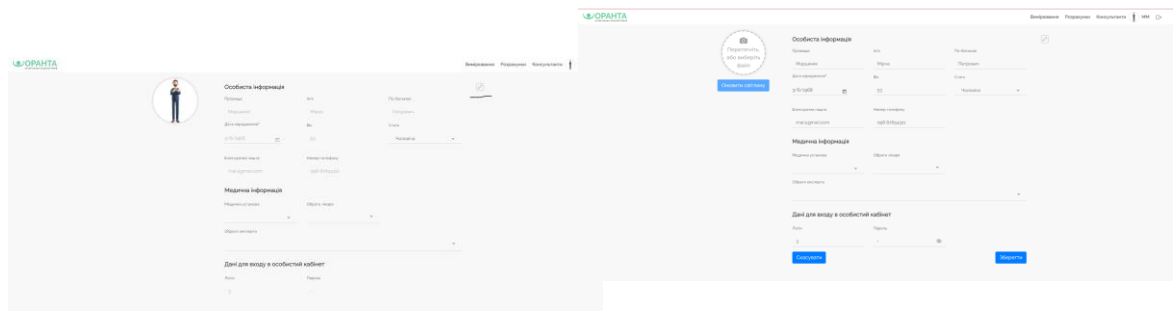
В реєстраційній формі необхідно вказати ім'я, прізвище, вік та стать, електронну пошту, номер мобільного телефону для забезпечення можливості відновлення пароля в особистому кабінеті.

Після завершення реєстрації (вибору поля «Зареєструватися») буде проведено переадресацію на початкове вікно входу в особистий кабінет. Внесені в реєстраційній формі значення логіну та паролю будуть актуальні для входу в особистий кабінет на вебпорталі a.oranta-ao.com та в мобільному додатку Оранта-АО.

Внесенні дані під час реєстрації можна змінити в своєму особистому кабінеті, обравши круглу піктограму в правому верхньому куті екрану.



Поле для переходу до інтерфейсу перегляду, редагування особистих даних



Під надписом «Вимірювання» Вікно для внесення змін слід обрати піктограму з олівцем особистих даних з можливістю для проведення редагування вибору необхідної дії: особистих даних Збереження, Скасування

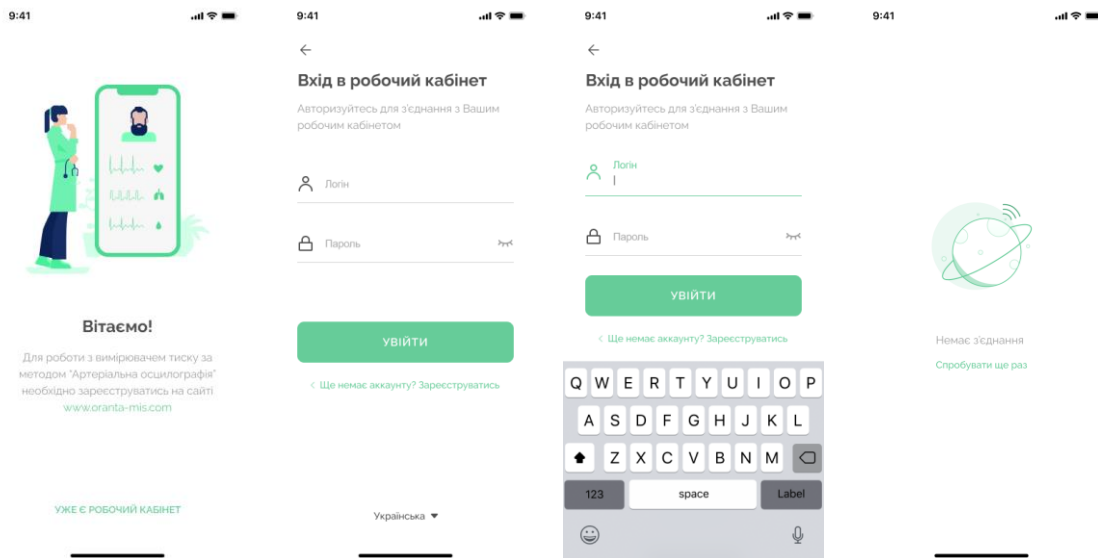
Завантаження, встановлення та робота з мобільним додатком Oranta-AO

Завантажити та встановити мобільний додаток Oranta-AO можна у Play Market або з сайту oranta-ao.com на смартфоні Андроїд не нижче 5.1 (або згодом – iOS).



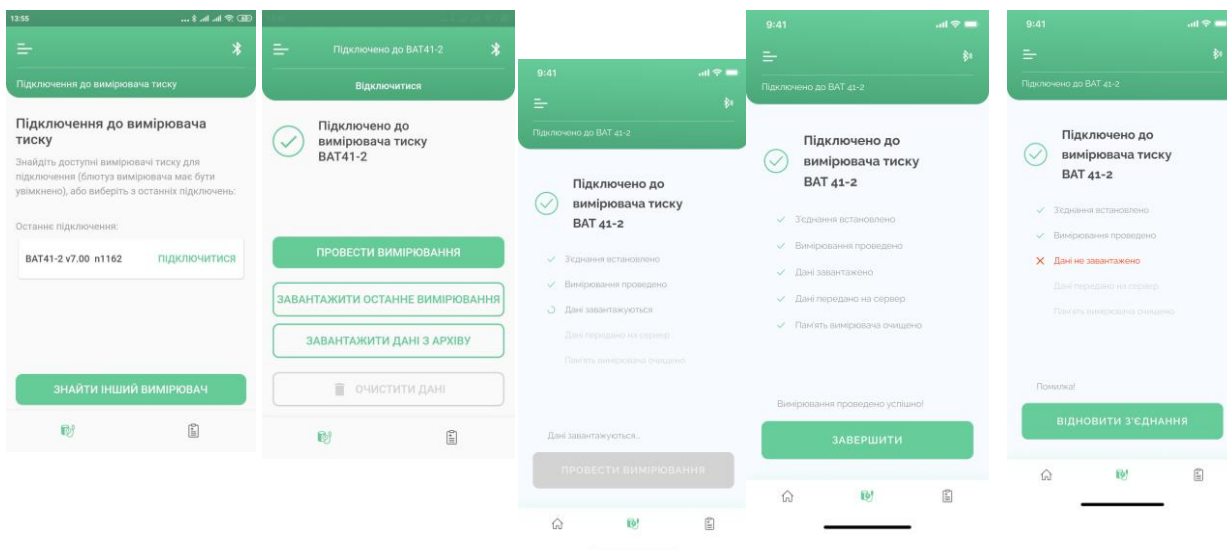
Для початку роботи потрібно прив'язати додаток Oranta-AO до Вашого персонального кабінету шляхом внесення логіна та пароля у встановленому на Ваш смартфон мобільному додатку Оранта-АО, згідно із зареєстрованими Вами логіном та паролем на сайті a.oranta-ao.com. У випадку відсутності з'єднання з інтернетом буде відповідне повідомлення.

Для початку роботи з передачі даних в особистий кабінет необхідно подбати про включення пристрою блютуз у вимірювачі тиску, про це має бути в інструкції з використання вимірювача тиску. Наступним кроком потрібно в налаштуваннях смартфону встановити з'єднання (через Bluetooth смартфону) та в мобільному додатку Оранта-АО – потрібно обрати «Підключитися» в полі необхідного вимірювача тиску або провести його пошук (Знайти інший вимірювач). У випадку його відсутності в переліку доступних для під'єднання вимірювачів тиску необхідно перевірити увімкнутість Bluetooth модуля у вимірювачі тиску та наявність в переліку підключених необхідного вимірювача тиску серед пристроїв у розділі Bluetooth на Вашому смартфоні. Після цього в додатку на смартфоні Oranta-AO вибрати кнопку «Провести вимірювання», завантажити останнє (всі вимірювання з архіву) вимірювання в робочий (особистий) кабінет.



За допомогою Внесення логіну і паролю до Повідомлення про відсутність робочий кабінет» та про відсутність вибір мови інтерфейсу з'єднання з інтернетом пропонується перейти у вікно авторизації

Про хід передавання вимірювань в робочий кабінет будуть з'являтися сповіщення в мобільному додатку. У випадку наявності обраного вимірювання в робочому кабінеті, вимірювання заміниться останнім, а у випадку корегованих екстремумів раніше, тоді у робочому кабінеті буде додаткове сповіщення про необхідність заміни вимірювання.



Пошук необхідного вимірювача з подальшим підключення м необхідного вимірювача тиску	Вибір необхідної дії – провести вимірювання, завантажити до останнє вимірювання, дані з архіву	Відображен ня стану виконання обраної дії	Повідомленн я про успішне виконання обраної дії	Повідомлення про помилку. Необхідно відновити з'єднання та повторити дію
---	---	--	---	---

За успішного завершення передавання даних в робочому кабінеті протягом декількох хвилин додадуться розраховані результати вимірювання.

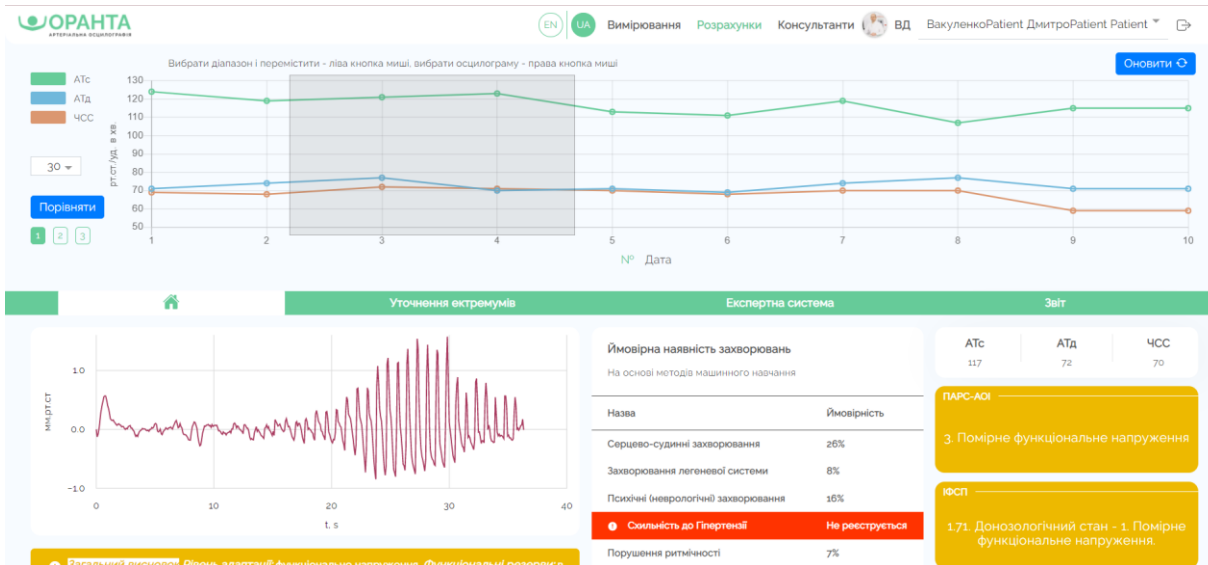
За результатами проведеного дослідження в особистому кабінеті користувач, залежно від свого фаху, може отримати висновок за результатами обстеження. Оскільки інформативність методу артеріальної осцилографії (Д.Вакуленко, Л. Вакуленко) дуже широка і має велику кількість важливої інформації, тому фахівці різних медичних спеціальностей, пов'язаних з роботою серця, судин, нервовими, психічними захворюваннями, спортом, фітнесом, сімейною, військовою та космічною медициною, реабілітацією тощо, зможуть знайти для себе багато цінної інформації для встановлення діагнозу, оцінки ефективності терапевтичних або реабілітаційних заходів.

Для забезпечення експертного супроводу планується можливість надання консультацій за результатами проведених вимірювань.

Робота з особистим кабінетом вебпорталу a.oranta-ao.com

Для використання ресурсу порталу a.oranta-ao.com необхідно зареєструватись (безкоштовно) для створення особистого кабінету і відображення результатів проведених вимірювань.

У вікні робочого кабінету головної сторінки «Результати» відображаються основні результати останніх вимірювань. При потребі можна обрати необхідне вимірювання (правою кнопкою миші, або подвійним натисканням лівою кнопкою миші, або пальцем) або діапазон вимірювань (обравши інтервал лівою кнопкою миші). Додатково передбачена можливість для вибору необхідних вимірювань, перегляду усереднених значень в лівому нижньому вікні інтерфейсу «Розрахунки».



Для більш детального знайомства з результатами передбачено закладку Експертна система, в якій згруповано результати по напрямках. До прикладу, в закладці ВНС розміщено інформацію про діяльність автономної нервової системи за обраним вимірюванням.

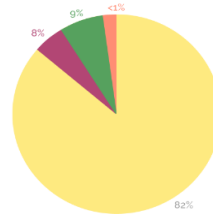


Спектральна структура ритму на основі інтервалограм

Оберіть запис
Середнє

Нейрогуморальна регуляція		Надсегм. рівні пер. суд. адаптації		Симпатичний вазомоторний центр		Судинна парасимпатична активність		Сумарна потужність спектру
Вара %ULFint	Значення ULFint	Вара %VLFint	Значення VLFint	Вара %LFint	Значення LFint	Вара %HFint	Значення HFint	TPint
0,7	0,7	2	2	8	8	82	82	0,0002

Бал	Сумарний ефект регуляції	Функції автоматизму	Вегетативний гомеостаз	Стійкість регуляції
	Мо, с	ВР, с	АМо, с, ІН, 1/с2	V, с
	0,84	0,51	31,38, 34,12	14,58
+2	Виражена тахікардія, <0,56	Стабільний ритм, <0,...	Виражене переважання...	Дис регуляція, <-2
+1	Помірна тахікардія, 0,8-0,66	Виражена синусова...	Помірне переважання СН...	>2, <-5
0	Нормокардія 0,8-1	Помірна синусова ар...	Вегетативний гомеостаз	Стійка регуляція, >...
-1	Помірна брадикардія, 1-1,2	Помірне порушення	Помірне переважання	>8, <-10
-2	Виражена брадикардія, >1,2	Виражене порушення	Виражене переважання	Дис регуляція, >10



%ULF (0,69115) - Помірне зниження
 %VLF (8,61) - Виражене зниження
 %LF (8,4237) - Норма
 %HF (82,2751) - Виражена активність

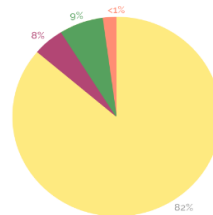
■ %ULF - центральна нервова система
■ %VLF - гіпотламо-гіпофізарний
■ %LF - вегетативний контур
■ %HF - автономний контур

Спектральна структура ритму на основі аналізу артеріальної осцилограм

Оберіть запис
Середнє

Нейрогуморальна регуляція		Надсегм. рівні пер. суд. адаптації		Симпатичний вазомоторний центр		Судинна парасимпатична активність		Сумарна потужність спектру
Вара %ULFint	Значення ULFint	Вара %VLFint	Значення VLFint	Вара %LFint	Значення LFint	Вара %HFint	Значення HFint	TPint
0,7	0,7	2	2	8	8	82	82	0,0002

Бал	Сумарний ефект регуляції	Функції автоматизму	Вегетативний гомеостаз	Стійкість регуляції
	Мо, с	ВР, с	АМо, с, ІН, 1/с2	V, с
	0,84	0,51	31,38, 34,12	14,58
+2	Виражена тахікардія, <0,56	Стабільний ритм, <0,...	Виражене переважання...	Дис регуляція, <-2
+1	Помірна тахікардія, 0,8-0,66	Виражена синусова...	Помірне переважання СН...	>2, <-5
0	Нормокардія 0,8-1	Помірна синусова ар...	Вегетативний гомеостаз	Стійка регуляція, >...
-1	Помірна брадикардія, 1-1,2	Помірне порушення	Помірне переважання	>8, <-10
-2	Виражена брадикардія, >1,2	Виражене порушення	Виражене переважання	Дис регуляція, >10



%ULF (0,69115) - Помірне зниження
 %VLF (8,61) - Виражене зниження
 %LF (8,4237) - Норма
 %HF (82,2751) - Виражена активність

■ %ULF - центральна нервова система
■ %VLF - гіпотламо-гіпофізарний
■ %LF - вегетативний контур
■ %HF - автономний контур

Дата	Ім'я	АТс	АТд	ЧСС	ІФСР	Мср	ПАРС-АОІ	Коментар
27.12.2020	A-O-D-006	103	58	70	18	2		Донозологічний стан - 1 <input type="checkbox"/>
28.12.2020	A-O-D-008	123	55	48	16	2		Донозологічний стан - 1 <input type="checkbox"/>
29.12.2020	A-O-D-009	141	78	79	19	2		Донозологічний стан - 1 <input checked="" type="checkbox"/>
30.12.2020	A-O-D-0014	148	78	67	16	2		Донозологічний стан - 1 <input type="checkbox"/>
31.12.2020	A-O-D-0020	133	66	82	24	2		Донозологічний стан - 1 <input type="checkbox"/>
1.01.2021	A-O-D-0025	114	72	70	18	2		Донозологічний стан - 1 <input type="checkbox"/>

В майбутньому планується додатковий сервіс з надання консультації фахівцями порталу щодо поглибленої інтерпретації результатів вимірювання (згідно з обраним тарифним планом).

В закладці Звіт передбачена можливість отримання звітів у скороченому або розширеному форматі, також у полі «Висновки» передбачено можливість внести необхідну інформацію. При виборі піктограми з принтером відбудеться передавання на друк звіту (у відтинках сірого – для чорно-білого друку).

Уточнення екстремумів
Експертна система

Звіт

Пацієнт: Марциняк Мірча Петрович Дата народження: 06/03/1968 Вік: 53 Стать: Чоловіча

Протокол обстеження:

Спрощений
Розширений

Ймовірна наявність захворювань
На основі методів машинного навчання

Назва	Ймовірність
Серцево-судинні захворювання	27%
Артеріальна гіпертензія АГ-1	20%
Артеріальна гіпертензія АГ-2	8%
Захворювання легеневої системи	10%
Психічні (неврологічні) захворювання	19%
Порушення ритмічності	26%

ПАРС-АОІ

4. Помірне функціональне напруження

ЮСП

2.33. Дозологічний стан - 1. Помірне функціональне напруження.

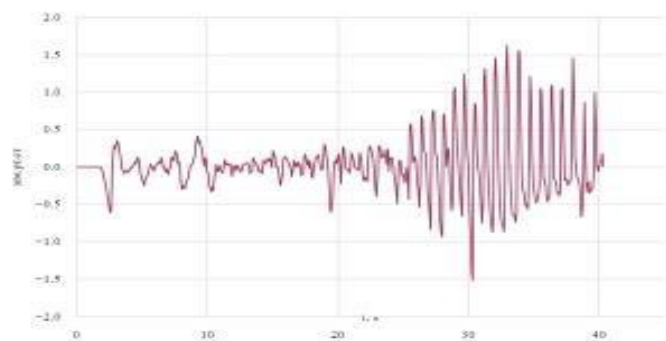
Заключення
Стан є ознакою неадекватної відповіді організму на вплив факторів довкілля. Воно пов'язане з активною мобілізацією захисних механізмів, в тому числі підвищенням активності симпатoadреналової системи і системи гіпофіз-наднирники (ПАРС=4-6)

Вигляд спрощеної версії звіту представлено нижче

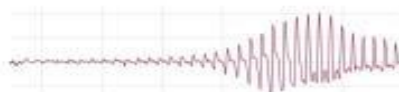
Звіт

Пацієнт: Вокуленко Дмитро Дата народження: 10/04/1973 Вік: 50 Стать: Чоловік

Дата обстеження: 08/12/2023



Норма



Загальний висновок: Рівень адаптації: функціонально напруження. Функціональні резерви: в нормі. Показники стану: добрий.
Рекомендовано: відкоригувати спосіб життя.

Ймовірна наявність захворювань на основі методів мішенного націлювання

Назва	Ймовірність
Серцево-судинні захворювання	17%
Емоційно-психічні порушення	11%

АТс: 127 АТд: 71 ЧСС: 72

ПАРС-АОІ
3. Помірне функціональне напруження

Специфічність регуляції систем: 44%
Помірні інтегративні захворювання: 15%

ІНСП
1.57. Динамічний стан-1. Помірне функціональне напруження.

Сумарність до Пейрленд: Пригальмування
Порушення ритмічності: 10%

Таким чином, лікар (чи пацієнт) зразу після вимірювання артеріального тиску за допомогою ПК Оранта-АО зможе в офлайн чи онлайн режимі (окрім показників артеріального тиску) отримати інформацію щодо рівня здоров'я, резервних можливостей організму, стану серцево-судинної, автономної нервової системи, рівнів регуляції їх діяльності. Зазначене дасть можливість лікарю завчасно діагностувати преморбідні стани, відповідно до отриманих результатів розробляти програму профілактики, корекції стану пацієнта; оцінювати динаміку в процесі лікування та реабілітації.

Джерела інформації

1. Agabiti-Rosei E., Mancia G., O'Rourke M.F. et al. (2007) Central blood pressure measurements and antihypertensive therapy: a consensus document. *Hypertension*, 50(1): 154–160.
2. Ahn AC, et al. Electrical properties of acupuncture points and meridians: a systematic review. *Bioelectromagnetics* 2008; 29(4):245-56.
3. Alvarsson, J. J., Wiens, S., & Nilsson, M. E. (2010). Stress recovery during exposure to nature sound and environmental noise, 1036–1046. <http://doi.org/10.3390/ijerph7031036>.
4. Amosov NM, Bendet YA (1989) Physical activity and heart. *Zdorovia*, Kyiv. Russian
5. Angular Docs, 2021. URL: <https://angular.io/docs>.
6. Arthur D, Vassilvitskii S (2007) K-means++: the advantages of careful seeding. *Proceedings of the Eighteenth Annual ACM-SIAM Symposium on Discrete Algorithms, SODA* 1027–1035. <https://theory.stanford.edu/~sergei/papers/kMeansPP-soda.pdf>
7. Brigham E. O. *The Fast Fourier Transform* / E. O. Brigham. – New York : Prentice-Hall, 2002.
8. Brooks M. COVID-19 Tied to Wide Range of Neuropsychiatric Complications. *Medscape*. June 29, 2020. <https://www.medscape.com/viewarticle/933136>
9. Bucher HC, Guyatt GH, Griffith LE, Walter SD. The results of direct and indirect treatment comparisons in meta-analysis of randomized controlled trials. *J Clin Epidemiol* 1997;50:683e91.
10. Caldwell DM, Ades AE, Higgins JPT. Simultaneous comparison of multiple treatments: combining direct and indirect evidence. *Br Med J* 2005;331:897e900.
11. Can doctors and nurses recognize depression in patients hospitalized with an acute myocardial infarction in the absence of formal screening? / R.C. Ziegelstein, S.Y.Kim, D. Kao et al. *Psychosom. Med.* 2005. Vol. 67. P. 393–397.
12. Caro C.G. *The mechanics of the circulation*. 2nd ed. / C.G Caro, T.J. Pedley, R.C. Schroter et al. // London: Cambridge University Press; 2012. – 400 c.
13. Carod-Artal F.J. Neurological complications of coronavirus and COVID-19. *Revista de Neurologia*. 2020. 70(9): 311– 322. DOI: <https://doi.org/10.33588/rn.7009.2020179>
14. Chamos C, Vele L, Hamilton M, et al. (2013) Less invasive methods of advanced hemodynamic monitoring: principles, devices, and their role in the perioperative hemodynamic optimization. *Perioper Med*. <https://doi.org/10.1186/2047-0525-2-19>

15. Chantler PD, Lakatta EG, Najjar SS. Arterial-ventricular coupling: mechanistic insights into cardiovascular performance at rest and during exercise. *J Appl Physiol* 2008; 105: 1342–1351
16. Circadian variation of autonomic tone assessed by heart rate variability analysis in healthy subjects and in patients with chronic heart failure / A. R. Bilge, E. Jobin, Jerard et al. // *Eur. Heart J.* – 1998. – Vol. 19 (Suppl.). – P. 369.
17. Clinton F. Goss; Eric B. Miller (August 2013). "Dynamic Metrics of Heart Rate Variability". arXiv:1308.6018 . Bibcode:2013arXiv1308.6018G.
18. Coates A, Ng AY. Learning Feature Representations with K-means. Stanford University, 2012. Available from URL: https://www-cs.stanford.edu/~acoates/papers/coatesng_nntot2012.pdf. COVID-1938
19. Coppola G, Caro C (2009) Arterial geometry, flow pattern, wall shear and mass transport: potential physiological significance. *J. R. Soc. Interface.* <https://doi.org/10.1098/rsif.2008.0417>
20. Cormier Z. How Covid-19 can damage the brain. *BBC News.* 23 June 2020. <https://www.bbc.com/future/article/20200622-the-long-term-effects-of-covid-19-infection>
21. David Arthur How Slow is the k-means Method? / David Arthur, Sergei Vassilvitskii // *Proceedings of the 2006 Symposium on Computational Geometry (SoCG).* – Sedona, Arizona, USA, 2006. – P. 15–21.
22. De Fátima Marin H, Massad E, Guiterre MA, et al. eds. *Global health informatics. How Information technology can change our lives in a globalized world.* Academic Press; 2016.
23. Diemer J, Mühlberger A, Pauli P, Zwanzger P. Virtual reality exposure in anxiety disorders: impact on psychophysiological reactivity. *World J Biol Psychiatry* 2014 Aug;15(6):427–442
24. *Diseases of the nervous system: a guide for doctors / under. Ed. P.V. Melnichuk.* – T. 1. – M.: Medicine, 2010. – 368 p.
25. Dmytro V. Vakulenko, Vasyl P. Martseniuk, Liudmyla O. Vakulenko, Petro R. Selskyi, Oksana V. Kutakova, Olena V. Gevko, Taras B. Kadobnyj (2019) Cardiovascular system adaptability to exercise according to morphological, temporal, spectral and correlation analysis of oscillograms / *Family Medicine & Primary Care Review* 2019; 21(3): 253–263.
26. Dmytro Vakulenko, Liudmyla Vakulenko, Leonid Hryshchuk and Lesya Sas Application Arterial Oscilography to Study the Adaptive Capacity of Subject with COVID-19 in Primary Care Submitted: May 10th 2021Reviewed: May 25th

- 2021Published: August 19th 2021 DOI: 10.5772/intechopen.98570
<https://www.intechopen.com/online-first/77590>.
27. Ekelhof S. The genesis of the Wheatstone bridge. *Eng Sci Educ J* February 2001; 10(1): 37–40.
 28. Ernst E., White A. BBC survey of complementary medicine use in the UK. *Complement Ther Med*. 2000. № 8 (1). P. 32-36.
 29. Ernst, E., Resch, K. L., Mills, S., Hill, R., Mitchell, A., Willoughby, M., & White, A. (1995). Complementary medicine – a definition. *The British Journal of General Practice*, 45(398), 506. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1239386/>
 30. Esper SA, Pinsky MR. Arterial waveform analysis. *Best Pract Res Clin Anaesthesiol* 2014; 28(4): 363–380.
 31. Express – Node.js web application framework, 2021. URL: <http://expressjs.com>.
 32. Fazekas T., Scherlag B. J., Vos M. et al. Magnesium and the heart: antyarrhythmic therapy with magnesium. // *Clin. Cardiol.* – 1993. – № 16. – P. 768–774.
 33. Fisher R. A. Studies in crop variation. II. The manurial response of different potato varieties / R. A. Fisher, W. A. Mackenzie // *Journal of Agricultural Science.* – 1923. – Vol. 13. – P. 311–320.
 34. Fletcher GF, Ades PA, Kligfield P, et al. Exercise standards for testing and training: a scientific statement from the American Heart Association. *Circulation* 2013; 128(8): 873–934, doi: 10.1161/CIR.0b013e31829b5b44.
 35. Flower A., Lewith G., Liu J.-P., Gibbs R., Hicks J. Applying the principles of the Five Phase (Wu Xing) model to inform good practice for studies of Chinese herbal medicine. *European Journal of Integrative Medicine* 8 (2016) P. 191–197.
 36. Flutter documentation, 2021. URL: <https://flutter.dev/docs>.
 37. Forstner K (2011) Microlife Intellectual Property Gmbh, assignee. System and method for processing and presentation of arrhythmia information in the detection and treatment of arrhythmias. US 7907996 B2 (Patent). <https://patents.justia.com/inventor/klaus-forstner>. Accessed
 38. Garthwaite J., Boulton C. Nitric oxide signalling in the central nervous system // *Ann. Rev.). Physiol.* 1995. 57. P. 683 706. 6–8, 10].
 39. Giovanni Maciocia (2014) *The foundations of chinese medicine*, 3rd Edition 1320 p.
 40. *Global Tuberculosis Report 2019* – World Health Organization <https://www.who.int/tb/global-report-2019>
 41. Goldberger E AL, Stein PK. Evaluation of heart rate variability. *UpToDate* [cited 02.09.2018]. Available from URL: <https://www.uptodate.com/contents/evaluation-of-heart-rate-variability>. *lectrophysiol* 2017; 40(9): 1004–1009, doi: 10.1111/pace.13138.

42. Goss CF, Miller EB. Dynamic Metrics of Heart Rate Variability 2013; 1–4. arXiv:1308.6018. Bibcode:2013arXiv1308.6018G. Available from URL: <https://arxiv.org/abs/1308.6018>.
43. Gruzdeva TV, Ushakov AV (2021) K-Means Clustering via a Nonconvex Optimization Approach. *Mathematical Optimization Theory and Operations Research* 12755:462–476. https://doi.org/10.1007/978-3-030-77876-7_31
44. Hamilton MA, Cecconi M, Rhodes A. A systematic review and meta-analysis on the use of preemptive hemodynamic intervention to improve postoperative outcomes in moderate and high-risk surgical patients. *Anesth Analgesia* Jun 2011; 112(6): 1392–1402.
45. Hansen P, Jaumard B (1997) Cluster analysis and mathematical programming. *Math. Program* 79(1–3):191–215. <https://doi.org/10.1007/BF02614317>
46. Hastie, T., Tibshirani R., Friedman J. Chapter 15. Random Forests // *The Elements of Statistical Learning: Data Mining, Inference, and Prediction*. – 2nd ed. – Springer-Verlag, 2009. – 746 p. – ISBN 978-0-387-84857-0. <https://link.springer.com/book/10.1007%2F978-0-387-84858-7>
47. Heart rate variability. Standards of measurement, physiological interpretation and clinical use // *Circulation*.–1996.–Vol. 93. – P. 1043–1065.
48. Heart rate variability. Standards of measurement, physiological interpretation, and clinical use Task Force of The European Society of Cardiology and The North American Society of Pacing and Electrophysiology (Membership of the Task Force listed in the Appendix. *Heart Journal*, Mar. 1996, vol. 17, p. 354-381
49. Hryshchuk L., Okusok O., Boiko T., Lykhatska H., Radetska L. / Functional hepatic disorders in the patients with first diagnosed pulmonary tuberculosis // *Georgian medical news* – 2017 – №10(271) – P.43–55 <https://medikom.ua/koronavirus-simptomyy-i-profilaktika/>
50. <https://www.youtube.com/watch?v=Bppu0VeJFFQ&feature=youtu.be>.
51. <https://www.youtube.com/watch?v=zVXnoIoWu88&feature=youtu.be>.
52. https://youtu.be/qRnqLVtIy_s.
53. Hua Tuo 1985 *The Classic of the Secret Transmission (Zhong Cang Jing)*. Jiangsu Scientific Publishing House, Nanjing, first published c AD 198.
54. Huang N. E. *Hilbert-Huang Transform and its applications* / N. E. Huang. – World Scientific Publishing, 2005. – 291 c.
55. Hyndman RJ (2011) Moving Averages. Lovric M. (eds) *International Encyclopedia of Statistical Science*. Springer, Berlin, Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-642-04898-2_380

56. Ioannidis JPA. Indirect comparisons: the mesh and mess of clinical trials. *Lancet* 2006;368:1470e2.
57. Iosilevich E.A, Chernysheva E.G., Chernyshev B.V. Psychophysiological study of the connection between the valence of the emotional response and the EEG spectral power indicators of human // *Modern Psychology: Theory and Practice: Materials of the V International Scientific and Practical Conference, Moscow.* – 2012. – Special book. – P. 21–27.
58. Jonathan H. Kim, Casey Hollowed, Chang Liu, Ahmed Al-Badri, Ayman Alkhoder, Morgan Dommissse, Zaina Gowani, Arthur Miller, Parker Nguyen, Ganesh Prabakaran, Arianna Sidoti, Mohamad Wehbe, Angelo Galante, Carla L. Gilson, Craig Clark, Yi-An Ko, Arshed A. Quyyumi, Aaron L. Baggish. Weight Gain, Hypertension, and the Emergence of a Maladaptive Cardiovascular Phenotype Among US Football Players. *JAMA Cardiology*, 2019; DOI: 10.1001/jamacardio.2019.3909
59. Kaplan N.M. *Clinikal Hipertension.* Willians & Wilkins. – 1988.
60. Kariyawasam, A., Ariyasinghe, A., Rajaratnam, A. et al. Comparative study on skill and health related physical fitness characteristics between national basketball and football players in Sri Lanka. *BMC Res Notes* 12, 397 (2019). <https://doi.org/10.1186/s13104-019-4434-6>
61. Karl V.A. *Neurology: a guide for doctors.* 3rd ed. / VA Charles – M.: LLC "Medical information agency", 2011. – 664 pp.
62. Kérdö I. Ein aus Daten der Blutzirkulation kalkulierter Index zur Beurteilung der vegetativen Tonuslage / I. Kérdö // *Acta neurovegetativa.* – 1966. – Bd. 29, № 2– S. 250–268.
63. Klaus Forstner, inventor. Microlife Intellectual Property Gmbh, assignee. System and method for processing and presentation of arrhythmia information in the detection and treatment of arrhythmias. US 7907996 B2 (Patent) 2011 March. Available from URL: <https://patents.justia.com/inventor/klaus-forstner>.
64. Knyazeva L.I. Textbook "Internal Diseases" L.I. Knyazev, L.A. Knyazeva II Goryainov Kursk: KSMU 2013. – 363 p.
65. Kovaleva A.V., Panova E.N., Gorbacheva A.K. Analysis of heart rate variability and possibilities of its use in psychology and psychophysiology // *Sovremennaja zarubezhnaja psihologija.* 2013. No 1. Pp. 35-50.
66. Kovaleva A.V., Panova E.N., Gorbacheva A.K. Analysis of heart rate variability and possibilities of its use in psychology and psychophysiology // *Sovremennaja zarubezhnaja psihologija.* 2013. No 1. Pp. 35-50.

67. Kroeker E.J., Wood E.H. (1955) Comparison of simultaneously recorded central and peripheral arterial pressure pulses during rest, exercise and tilted position in man. *Circ. Res.*, 3(6): 623–632
68. Langewouters G.J, Wesseling K.H, Goedhard W.J. The static elastic properties of 45 human thoracic and 20 abdominal aortas in vitro and the parameters of a new model. *J Biomech* 1984; 17(6): 425–435.
69. Latham RD, Westerhof N, Sipkema P, Rubal BJ, Reuderink P, Murgo JP. Regional wave travel and reflections along the human aorta: a study with six simultaneous micromanometric pressures. *Circulation*. 1985; 72:1257–1269.
70. Laurent S., Cockcroft J., Van Bortel L., et al. Expert consensus document on arterial stiffness: methodological issues and clinical applications // *Eur Heart J.*- 2006.- Vol.27.- P. 2588-2605.
71. Lee Rodgers J, Nicewander WA, Thirteen ways to look at the correlation coefficient. *Am Stat* 1988; 42(1): 59–66.
72. Lehmann H. A Westerner's question about traditional Chinese medicine: are the Yinyang concept and the Wuxing concept of equal philosophical and medical rank? *Zhong Xi Yi Jie He Xue Bao*. 2012 Mar;10(3):237-48.
73. Lindner P, Miloff A, Hamilton W, Reuterskiöld L, Andersson G, Powers MB & Carlbring P. Creating state of the art, next-generation Virtual Reality exposure therapies for anxiety disorders using consumer hardware platforms: design considerations and future directions. *Cogn Behav Ther* 2017 Sep;46(5):404–420.
74. Lombardi F, Stein PK. Origin of heart rate variability and turbulence: an appraisal of autonomic modulation of cardiovascular function. *Front Physiol* 2011; 2: 95, doi: 10.3389/fphys.2011.00095.
75. Lu G, Ades AE. Combination of direct and indirect evidence in mixed treatment comparisons. *Stat Med* 2004;23:3105e24.
76. Ludwig A. Altered states of consciousness // *Archives of general psychiatry*. – N 15, 1966. P. 225–234. <https://jamanetwork.com/journals/jamapsychiatry/article-abstract/489135>
77. Lupenko S, Lutsyk N, Yasniy O, Zozulia A (2019) The Modeling and Diagnostic Features in the Computer Systems of the Heart Rhythm Analysis with the Increased Informativeness. *Proceedings of 9th International Conference on Advanced Computer Information Technologies* 121-124.
78. Lupenko S, Lytvynenko I, Onyskiv P (2020) Method of Evaluation of Discrete Rhythm Structure of Cyclic Signals with the Help of Adaptive Interpolation. *Proceedings of IEEE 15th International Scientific and Technical Conference on Computer Sciences and Information Technologies* 1:155–158.

79. Lupenko S, Lytvynenko I, Stadnyk N (2020) Method of Statistical Processing of Discrete Cycle Random Processes, by their Reduction to Isomorphic Periodic Random Sequences. Proceedings of 10th International Conference on Advanced Computer Information Technologies 209–212.
80. Lupenko S, Orobchuk O, Stadnik N, Zozulya A (2018) Modeling and signals processing using cyclic random functions. Proceedings of 13th IEEE International Scientific and Technical Conference on Computer Sciences and Information Technologies (CSIT) 1: 360-363. Lviv, Ukraine.
81. Lyapandra, A.S., Martsenyuk, V.P., Gvozdetska, I.S., Szklarczyk, R., Rajba, S.A. Qualitative analysis of compartmental dynamic system using decision-tree induction(2015) Proceedings of the 2015 IEEE 8th International Conference on Intelligent Data Acquisition and Advanced Computing Systems: Technology and Applications, IDAACS 2015, 2, art. no. 7341391, pp. 688-692. DOI: 10.1109/IDAACS.2015.7341391
82. Malik M. Components of heart rate variability – what they really mean and what we really measure / M. Malik, A. J. Camm // Am. J. Cardiol. – 1993. – № 72 (11). – С. 821–822.
83. Martseniuk V., Lupenko S., Semenets A., Vakulenko D., Kravets N. and Klymuk N., "On Data Mining Technique for Differentiation Condition of Football Players Using of Arterial Oscillography," 2021 11th International Conference on Advanced Computer Information Technologies (ACIT), 2021, pp. 662-665, doi: 10.1109/ACIT52158.2021.9548644.
84. Martsenyuk V, Vakulenko D, Vakulenko L, et al. Information system of arterial oscillograph for primary diagnostics of cardiovascular diseases. 17th International Conference, CISIM 2018; 2018 September 27–29; Olomouc, Czech Republic. New York: Springer; 2018:46–56, doi: 10.1007/978-3-319-99954-8_5.
85. Martsenyuk V, Vakulenko D, Vakulenko L, Kłos-Witkowska A, Kutakova O (2018) Information System of Arterial Oscillography for Primary Diagnostics of Cardiovascular Diseases. Lecture Notes in Computer Science (including subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics), 17th International Conference, CISIM, Olomouc, Czech Republic:46-56. Springer, Berlin
86. Martsenyuk V. P., Vakulenko D. V. On Model of Interaction of Cell Elements at Bone Tissue. Remodeling Journal of Automation and Information Sciences, Begellhouse, 39(3), 68-80 (2007) DOI: 10.1615/JAutomatInfScien.v39.i3.70.
87. Martsenyuk V. P., Vakulenko D. V. On Model of Interaction of Cell Elements in the Process of Remodeling Bone Tissue on the Basis of Nonlinear Partial Differential

Equations Journal of Automation and Information Sciences, Begellhouse, 39(7), 75-83 (2007) DOI: 10.1615/JAutomatInfScien.v39.i7.60.

88. Martsenyuk V.P., Vakulenko D.V., Skochylyas S.M., Vakulenko L.O. (2020) Modeling and Stability Investigation of Investment of Health Sector on Regional Level. In: Wilimowska Z.Borzemski L., Świątek J. (eds) Information Systems Architecture and Technology: Proceedings of 40th Anniversary International Conference on Information Systems Architecture and Technology – ISAT 2019. ISAT 2019. Advances in Intelligent Systems and Computing, vol 1052. Springer, Cham. DOI https://doi.org/10.1007/978-3-030-30443-0_11

89. Martsenyuk VP, Vakulenko DV, Hryshchuk LA, Vakulenko LO, Kravets NO, Klymuk NY (2022) On the Development of Directed Acyclic Graphs in Differential Diagnostics of Pulmonary Diseases with the Help of Arterial Oscillogram Assessment. Mechanisms and Machine Science 107:157-173. https://doi.org/10.1007/978-3-030-76787-7_8

90. Martsenyuk, V., Warwas, K., Augustynek, K., Klos-Witkowska, A., Karpinskyi, V., Klymuk, N., Mayhruk, Z. On multivariate method of qualitative analysis of Hodgkin-Huxley model with decision tree induction (2017) International Conference on Control, Automation and Systems, art. no. 7832365, pp. 489-494. DOI: 10.1109/ICCAS.2016.7832365

91. Martsenyuk, V.P., Andrushchak, I.Y. & Gvozdetska, I.S. Qualitative Analysis of the Antineoplastic Immunity System on the Basis of a Decision Tree. Cybern Syst Anal 51, 461–470 (2015). <https://doi.org/10.1007/s10559-015-9737-6>

92. Marushchak, M., Krynytska, I., Mikolenko, A., Andreychyn, Y., Bodnar, Y., & Chornomydz, I. (2018). Chronic heart failure causes osteopathy or is osteopathy a factor in development of chronic heart failure? Asian Journal of Pharmaceutical and Clinical Research, 11(1), 111-115. doi:10.22159/ajpcr.2018.v11i1.17532.

93. MATLAB kmeans (2021) k-means clustering. <https://www.mathworks.com/help/stats/kmeans.html>. Accessed

94. Mementaler M, Neurology / Marco Mutamental, Heinrich Matle; Per. with him For zag Ed. O.S. Levina. – M.: MED.press-inform. – 2011 – 920 p.

95. Mental disorders across the adult life course and future coronary heart disease: evidence for general susceptibility Gale: Mental disorder and risk of coronary heart disease / C. R. Gale, G. D. Batty, D. P. J. Osborn et al. // Circulation. 2014. Vol. 129 (2). P. 186–193.

96. Mercedes R. Carnethon. Physical activity and cardiovascular disease: how much is enough? Am J Lifestyle Med 2009; 3(1 Suppl.): 44S–49S, doi: 10.1177/1559827609332737.

97. Mingtang Xu, Tamara Martynova. Zhong Yuan Qigong: First Stage of Ascent: Relaxation. CreateSpace Independent Publishing Platform, (2012) ISBN-10: 1467903949
98. Mintser O., Martsenyuk V., Vakulenko D. (2020) On Data Mining Technique for Differential Diagnostics Based on Data of Arterial Oscillography. In: Zawiślak S., Rysiński J. (eds) Engineer of the XXI Century. Mechanisms and Machine Science, vol 70. Springer, Cham, (2020) 253-262. https://doi.org/10.1007/978-3-030-13321-4_23.
99. Mirkes E.M., K-means and K-medoids applet. \ Mirkes E.M. University of Leicester, 2011
100. Miskovic V., Schmidt L.A. Cross-regional cortical synchronization during affective image viewing // Brain Res. 2010. Vol. 29. P. 102–111.
101. Mitchell G.F., Parise H., Vita J.A. et al. (2004) Local shear stress and brachial artery flow-mediated dilation: the Framingham Heart Study. Hypertension, 44(2): 134–139.
102. MongoDB Documentation, 2021. URL: <https://docs.mongodb.com/>.
103. Moxham IM. Understanding arterial pressure waveform. Southern African Journal of Anaesthesia and Analgesia 2003; 9(1): 40–42, doi: 10.1080/22201173.2003.10872991
104. Nichols W.W., O'Rourke M.F. McDonald's blood flow in arteries. Theoretical, Experimental and Clinical Principles. 5th ed. Oxford University Press; 2005:624.
105. Nirmalan M, Dark PM. Broader applications of arterial pressure wave form analysis. Continuing Education in Anaesthesia Critical Care & Pain 2014; 14(6): 285–290.
106. Node.js documentation, 2021. URL: <https://nodejs.org/en/docs>.
107. Node.js web application framework (2021) Express. <http://expressjs.com>. Accessed 28 August 2021.
108. Orekhova Elena V., Rostovtseva Ekaterina N., Manyukhina Viktoriya O., Prokofiev Andrey O., Obukhova Tatiana S., Nikolaeva Anastasia Yu., Schneiderman Justin F., Stroganova Tatiana A. Spatial suppression in visual motion perception is driven by inhibition: Evidence from MEG gamma oscillations// NeuroImage. Volume 213, 2020, 116753. ISSN 1053-8119, <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2020.116753>.
109. Our Documentation | Python.org, 2021. URL: <https://www.python.org/doc>.
110. Pauca A.L., Wallenhaupt S.L., Kon N.D., Tucker W.Y. (1992) Does radial artery pressure accurately reflect aortic pressure? Chest, 102(4): 1193–1198.
111. Paul M., Garg K. The effect of heart rate variability biofeedback on performance psychology of basketball players // Applied Psychophysiology and Biofeedback. 2012. Vol. 37, № 2. P. 131–44.
112. Perediy V.G. Basics of internal medicine. Volume 3: Textbook / VG Ferrry, SM Weaver. – New book, – 2010. – 1006 s.

113. Python.org (2021) Our Documentation. <https://www.python.org/doc>. Accessed 26 September 2021
114. R.C. Ziegelstein, S.Y.Kim, D. Kao et al. *Psychosom. Med.* 2005. Vol. 67.P. 393–397.
115. Revonsuo, A. (2010). *Consciousness*. London: Psychology Press <https://doi.org/10.4324/9780203859605>
116. Rodgers J. L. Thirteen ways to look at the correlation coefficient / J. L. Rodgers, W. A. Nicewander. // *The American Statistician*. – 1988. – №42. – C. 59–66.
117. Roman M. Baevsky, Anna G. Chernikova, Heart rate variability analysis: physiological foundations and main methods; *Cardiometry* No.10 (May 2017) 66-76.
118. Romano SM, Pistolesi M. Assessment of cardiac output from systemic arterial pressure in humans. *Crit Care Med* Aug 2002; 30(8): 1834–1841.
119. Rösler, Frank. From Single-Channel Recordings to Brain-Mapping Devices: The Impact of Electroencephalography on Experimental Psychology *History of Psychology : journal*. – 2005. – Vol. 8, no. 1. – P. 95–117. – doi:10.1037/1093-4510.8.1.95. – PMID 16021767
120. Safar M.E., Levy B.I., Struijker)Boudier H. Current perspective on arterial stiffness and pulse pressure in hypertension and cardiovascular disease. *Circulation* 2003; 107: 2864–2869.
121. Salanti G, Higgins JP, Ades AE, Ioannidis JP. Evaluation of networks of randomized trials. *Stat Methods Med Res* 2008;17:279e301.
122. Sassi R, Cerutti S, Lombardi F, et al. Advances in heart rate variability signal analysis: joint position statement by the e-Cardiology ESC Working Group and the European Heart Rhythm Association co-endorsed by the Asia Pacific Heart Rhythm Society. *Europace* 2015; 17(9): 1341–1353, doi: 10.1093/europace/euv015.
123. Selskyy P, Vakulenko D, Televiak A, Veresiuk T (2018) On an algorithm for decision-making for the optimization of disease prediction at the primary health care level using neural network clustering. *Family Medicine & Primary Care Review* 20(2):171–175. <https://doi.org/10.5114/fmpcr.2018.76463>.
124. Selskyy Petro, Vakulenko Dmytro, Televiak Anatolii, Veresiuk Taras. On an algorithm for decision-making for the optimization of disease prediction at the primary health care level using neural network clustering. *Family Medicine & Primary Care Review* 2018; 20(2): 171–175. <https://doi.org/10.5114/fmpcr.2018.76463>.
125. Serdyuk N.M. *Hospital Therapy* / Ed. Neiko E. M. – Kyiv, Healthy, 2008. – 468 p.
126. Shachak A, Borycki E, Shmuel P. *ReisHealth Professionals' Education in the Age of clinical information systems, mobile computing and social networks*. Academic Press; 2017.

127. Shah SA, Kambur T, Chan C, et al. Relation of short-term heart rate variability to incident heart failure (from the Multi-Ethnic Study of Atherosclerosis). *Am J Cardiol* 2013; 112(4): 533–540.
128. Shang A, Huwiler K, Nartey L, Jüni P, Egger M. Placebo-controlled trials of Chinese herbal medicine and conventional medicine comparative study. *Int J Epidemiol*. 2007;36(5):1086–92. <https://doi.org/10.1093/ije/dym119>
129. Shlyk NI (2009) Heart rhythm and type of regulation in children, adolescents and athletes. Izd-vo Udmurtskoy universitet, Izhevsk. Russian
130. Siver David. Mind machines. Rediscovering ABC Technology, 2000. Available from: <http://www.mindmachine.ru/book/>. Russian.
131. Skochyi PG "Nervous diseases" / P.G. Slab – Lviv, 1995 – 608 pp.
132. Smirnov KY (2001) Development and research of methods of mathematical modeling and analysis of bioelectric signals. Dynamics, 2001.
133. Song F, Altman DG, Glenny AM, Deeks JJ. Validity of indirect comparison for estimating efficacy of competing interventions: empirical evidence from published meta-analyses. *Br Med J* 2003;326(7387):472.
134. Sports cardiology essentials / C. E. Lawless, M. J. Ackerman, Ahmed S. [et al.]. – New York : Springer, 2011. – 412 p.
135. Staroverova T., Gorkova O., Tsibisov A. Puncture reflexology as an alternative method for the treatment of arterial hypertension. *Medicinskij al'manah*. 2013. № 4. P. 127-128. [Russia].
136. Sudden cardiac death in athletes: the Lusanne recommendations / K. Bille, D. Figueiras, P. Schamasch [et al.] // *European journal of cardiovascular prevention and rehabilitation*. – 2006. – V. 13. – P. 859-875.
137. Sutton A, Ades AE, Cooper N, Abrams K. Use of indirect and mixed treatment comparisons for technology assessment. *Pharmacoeconomics* 2008;26:753e67.
138. Takahashi N, Kuriyama A, Kanazawa H, et al. Validity of spectral analysis based on heart rate variability from 1-minute or less ECG recordings. *Pacing Clin Electrophysiol* 2017; 40(9): 1004–1009, <https://doi.org/10.1111/pace.13138>.
139. Tartiere JM, Tabet JY, Logeart D, et al. Noninvasively determined radial dP/dt is a predictor of mortality in patients with heart failure. *Am Heart J* 2008; 155(4): 758–763.
140. Therapeutic Directory of Washington University / For the grandfather. M. Woodley and AA Uhelan: Per. from english – M.: Practice. 1995, 832 p.
141. Thiele RH, Durieux ME. Arterial waveform analysis for the anesthesiologist: past, present, and future concepts. *Anesth Analg* 2011; 113(4): 766–776.

142. Thomas GR, DiFabio JM, Gori T et al. Once daily therapy with isosorbide dinitrate causes endothelial dysfunction in humans: evidence of free-radical-mediated mechanism. *Am J Cardiol*, 2007; 49:1289–129.
143. Trends in sudden cardiovascular death in young competitive athletes after implementation of a preparticipation screening program / Corrado D., Basso C., Pavei A. [et al.] // *JAMA*. – 2006. – V. 296, № 13. – P.1593–601.
144. Ulrich RS. View through a window may influence recovery from surgery. *Science*. 1984;224:420–421.
145. US Patent 7907996 B2. System and method for processing and presenting arrhythmia information in the detection and treatment of arrhythmias / Klaus Forstner заявник, Microlife Intellectual Property GmbH USA – US 11/739,037 ; заявл. 23.04.2007 ; publ. 15. 03.2011.
146. Vakulenko D, Vakulenko L, Hryshchuk L, Sas L (2021) Application Arterial Oscillography to Study the Adaptive Capacity of Subject with COVID-19 in Primary Care. *Primary Health Care*. <https://doi.org/10.5772/intechopen.98570>
147. Vakulenko D, Zaspá H, Lupenko S (2021) New Application of Blood Pressure Monitor with Software Environment Oranta-AO based on Arterial Oscillography Methods Proceedings of the 4th International Conference on Informatics & Data-Driven Medicine Valencia, Spain. <http://ceur-ws.org/Vol-3038/paper11.pdf>
148. Vakulenko D.V., Martseniuk V.P, Vakulenko L.O, Selskyy P.R, Kutakova O.V, Gevko O.V, Kadobnyj TB. Cardiovascular system adaptability to exercise according to morphological, temporal, spectral and correlation analysis of oscillograms. *Fam Med Prim Care Rev* 2019; 21(3): 253–263, <https://www.termedia.pl/Cardiovascular-system-adaptability-to-exercise-according-to-morphological-temporal-spectral-and-correlation-analysis-of-oscillograms,95,37867,1,1.html>
149. Vakulenko Dmytro V. Cardiovascular system adaptability to exercise according to morphological, temporal, spectral and correlation analysis of oscillograms / Dmytro V.Vakulenko, Vasyl P. Martseniuk, Liudmyla O. Vakulenko, // *Family Medicine & Primary Care Review* 2019; 21(3): 253–263. DOI: <https://doi.org/10.5114/fmpcr.2019.88385>.
150. Vakulenko DV, Martseniuk VP, Vakulenko LO, Selskyy PR, Kutakova OV, Gevko OV, Kadobnyj TB (2019) Cardiovascular system adaptability to exercise according to morphological, temporal, spectral and correlation analysis of oscillograms. *Fam Med Prim Care Rev* 21(3):253–263.
151. Vakulenko, D., Vakulenko, L. (2022) The Influence of Zhong Yuan Qigong Practices on the Adaptive Mechanisms of the Cardiovascular System. In: Eleanor H. Bennington (eds.) *Horizons in World Cardiovascular Research*. Volume 24, Nova

- Science Publishers, Inc. USA. 47-61. <https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-5143993745&origin=resultslist&sort=plf-f>
152. Vakulenko, D., Vakulenko, L., Zaspа, H. et al. (2022) Components of Oranta-AO software expert system for innovative application of blood pressure monitors. *J Reliable Intell Environ*. <https://doi.org/10.1007/s40860-022-00191-4>
153. Warner HR, Swan SH, Connolly DC, et al. Quantitation of beat-to-beat changes in stroke volume from the aortic pulse contour in man. *J Appl Physiology* 1953; 5: 495–507.
154. Wells GA, Sultan SA, Chen L, Khan M, Coyle D. Indirect evidence: indirect treatment comparisons in meta-analysis. Ottawa, ON: Canadian Agency for Drugs and Technologies in Health; 2009.
155. Winters R, Winters A, Amedee RG. Statistics: a brief overview. *Ochsner J* 2010; 10: 213–216.
156. World Health Organization. 2020. Q&A on coronaviruses (COVID-19). Retrieved on May 1, 2020 from <https://www.who.int/news-room/q-a-detail/q-a-coronaviruses>.
157. Y. C.P. Arai, S. Sakakibara, A. Ito, K. Ohshima, T. Sakakibara, T. Nishi, S. Hibino, S. Niwa, and K. Kuniyoshi. 2008. Intra-operative natural sound decreases salivary amylase activity of patients undergoing inguinal hernia repair under epidural anesthesia. *Acta Anaesthesiologica Scandinavica* 52, 7 (2008), 987–990. DOI: <http://dx.doi.org/10.1111/j.1399-6576.2008.01649>.
158. Yingshan Zhang Mathematical Reasoning of Treatment Principle Based on “Yin Yang Wu Xing” Theory in Traditional Chinese Medicine. *Chinese Medicine*, 2011, 2, 6-15. <https://www.scirp.org/journal/paperinformation.aspx?paperid=9075>
159. Zhu, N., Zhang, D., Wang, W., Li, X., Yang, B., Song, J., Zhao, X., Huang, B., Shi, W., Lu, R., et al. 2020. A novel coronavirus from patients with pneumonia in China, 2019. *New England Journal of Medicine*. 382:727–733. <https://doi.org/10.1056/NEJMoa2001017>.
160. А. с. № 59105 Україна. Комп’ютерна програма «Інформаційна система медичної (фізичної) реабілітації» / Вакуленко Д. В., Марценюк В. П. ; дата реєстрації 01.04.15.
161. Абдуєва Ф. М., Бичкова О. Ю., Бондаренко І. О. та ін. (2011).
162. Агаджанян Н. А. Адаптация и резервы организма. – М.: Физкультура и спорт, 1983, 176 с.
163. Аксенова А. М. Глубокий рефлекторно-мышечный массаж и растяжение мышц при заболеваниях внутренних органов / А. М. Аксенова ; под ред. К. М. Резникова. – Воронеж, 1996. – 348 с.

164. Амосов Н.М., Бендет Я.А. Физическая активность и сердце. – 2-е изд., доп. – К.: Здоров'я, 1989. – 213 с.
165. Амосова, К. М. Варіабельність серцевого ритму і її зв'язок з морфофункціональним станом правого шлуночка у хворих на хронічне легеневе серце внаслідок хронічного обструктивного захворювання легень / К.М. Амосова, Л.Ф. Конопльова, Д.О. Решотько, Є.В. Андрєєв, Ю.В. Руденко // Український пульмонологічний журнал. 2004, № 3. С. 33-36.
166. Апанасенко Г.Л. Введение в новую парадигму здравоохранения. Здоровье и фитнес. / Г, Л. Апанасенко. – К.: Изд-во ООО «Юрка Любченка». – 2020. – 287 с.
167. Апанасенко Г.Л., Попова Л.О. Медична валеологія (вибрані лекції). – К.: Здоров'я, 1998. – 248 с., іл.
168. Аринчин Н. И. Периферические «сердца» человека. – Н.И. Аринчин. – М.: Наука и техника, 1980. – 236 с.
169. Бабунц И. В. Азбука анализа variability сердечного ритма / И. В. Бабунц, З. М. Мириджанян, Ю. А. Машаех. – Компакт-диск. Электронная версия книги. – Ставрополь, 2002. – 237 с..
170. Баевский Р.М. Оценка адаптационных возможностей организма и риск развития заболеваний / Р.М. Баевский, А.П. Берсенева. – М.: Медицина. 1997. – 265 с.
171. Баевский Р. М. Вариабельность сердечного ритма : теоретические аспекты и возможности клинического применения / Р. М. Баевский, Г. Г. Иванов // Ультразвуковая и функциональная диагностика. – 2001. – № 3. – С. 106–127.
172. База стандартів медичної допомоги в Україні / Офіційний сайт МОЗ України : [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.moz.gov.ua/ua/main/-docID=12144>.
173. Бердник О. В. Оздоровче виховання молоді: від гуманізації освіти до гуманізації суспільства / О. В. Бердник, В. Ю. Зайковська, О. В. Добрянська // Мікдzynarodowy Sympozjum Naukowy. Igrіes, 2009. – S. 9–12.
174. Бобров В. О., Дослідження variability серцевого ритму у кардіологічній практиці: Метод. рекомендації / В.О.Бобров В. О., Чубучний В. М., Жарінов О. Й. та ін. К., 1999. – 26 с.
175. Бондарчук А.В. Заболевания периферических сосудов /А.В. Бондарчук. М. : Медицина, 1969. 497 с. С 31.
176. Бороноев В. В. Физические основы пульсовой диагностики заболеваний в тибетской медицине : автореф. дис. на соискание ученой степени д-р тех. наук / В. В. Бороноев. – Улан-Удэ, 1999.

177. Булич Э. Г. На пути познания сущности здоровья: достижения и опасности / Э. Г. Булич, И. В. Муравов // Довкілля та здоров'я. – 2011. – № 1 (56). – С. 36–44.
178. Вакуленко Д. В. Застосування інформаційних технологій морфологічного аналізу осцилограми для визначення функціональних резервів серцево-судинної системи / Д. В. Вакуленко // Медична інформатика та інженерія. – 2014. – № 4. – С. 98–104.
179. Вакуленко Д. В. Інформативне значення окремих показників осцилограм судин верхньої кінцівки, зареєстрованих в процесі вимірювання артеріального тиску / Д. В. Вакуленко // Медична інформатика та інженерія. – 2013. – № 4. – С. 67–80.
180. Вакуленко Д. В. Інформаційна система морфологічного, часового, частотного та кореляційного аналізу артеріальних осцилограм у фізичній реабілітації : монографія / Д. В. Вакуленко. – Тернопіль : ТДМУ, 2015. – 212 с.
181. Вакуленко Д. В. Інформаційна технологія оцінки стану серцево-судинної системи з використанням методів часового аналізу осцилограм / Д. В. Вакуленко, Л. О. Вакуленко / Медична інформатика та інженерія. – 2014. – № 3. – С. 80–89.
182. Вакуленко Д.В. Варіанти інтерпретації показників проби Мартіне-Кушелєвського / Д.В. Вакуленко, С.З. Храбра, О.Р. Барладин, Л.О. Вакуленко, та ін. // The 8th International scientific and practical conference “Fundamental and applied research in the modern world” (March 17-19, 2021) VoScience Publisher, Boston, USA. 2. – P. 375-385.
183. Вакуленко Д.В. Застосування спектральних та кореляційних методів аналізу біосигналів у психофізіології / Д.В. Вакуленко, Л.О. Вакуленко, О. В. Кутакова // «Психофізіологічні та вісцеральні функції в нормі і патології»: VIII Міжнародна наукова конференція, присвячена 175-річчю кафедри фізіології та анатомії людини та тварини Київського національного університету імені Тараса Шевченка 17–20 жовтня 2017 року. Київський національний університет імені Тараса Шевченка. – К.: ТОВ РА «АМТ», с. 26.
184. Вакуленко Д.В. Результати вивчення механізмів впливу диференційованого масажу на хворих з неврологічним синдромом остеохондрозу шийного відділу хребта за допомогою цифрового аналізатора біоритмів / Д.В. Вакуленко, Л.О. Вакуленко // Клин. информат. и телемед. 2014. Т.10. Вып.11. С. 66–73.
185. Вакуленко Л. О. Атлас масажиста / Л. О. Вакуленко, Г. В. Прилуцька, Д. В. Вакуленко. – Тернопіль : Укрмедкнига, 2005. – 306 с.
186. Вакуленко Л. О. Лікувальний масаж / Л.О. Вакуленко, Г. В. Прилуцька, Д. В. Вакуленко. – Тернопіль : ТДМУ, 2006. – 468 с.

187. Вакуленко Л.О. Применение глубокого рефлекторно мышечного массажа в комплексном лечении больных с неврологическими нарушениями при остеохондрозе шейного отдела позвоночника : автореф. дис. канд. мед наук / Л.А. Вакуленко. Киев, 1982
188. Вакуленко Л.О. Порівняльний аналіз впливу стандартних і побутових фізичних навантажень на стан серцево-судинної системи осіб 18–20 років /Л.О. Вакуленко, Д.В. Вакуленко, О.Р. Барладин та ін. // Матеріали Всеукраїнської науково-практичної конференції з міжнародною участю «Перспективи розвитку медичної та фізичної реабілітації» – Тернопіль: ТНМУ, 2020. – С. 21-24.
189. Василюк В.М. Семіотика та діагностика внутрішніх хвороб. М. Василюк – Тернопіль, ТДМУ «Укрмедкнига, 2005. – 460 с.
190. Васюк Ю. В., Довженко Т. В., Школьник О. Л. Особливості патогенетичних відносин між депресією і серцево-судинними захворюваннями. Психічні розлади в загальній медицині. 2007. Т. 2, № 1. С. 8–12.
191. Вейн А.М. (ред.) Заболевания вегетативной нервной системы. Руководство для врачей. М.: Медицина. 1991. С 623. С.
192. Виберс Д., Фейгин В., Браун Р., Инсульт (Клиническое руководство), пер. с англ., 2-е изд., Бином, 2005. – 607с.
193. Воробьев К. П. Теоретические основы использования параметров variability сердечного ритма для оценки функционального состояния организма // Загальна патологія та патологічна фізіологія. – 2011. – Т. 6, № 4. – С. 5–17.
194. Воронков Л.Г., Богачова Н.В. Клінічне значення варіабельності серцевого ритму при хронічній серцевій недостатності / Л.Г. Воронков, Н.В. Богачова // Материалы I международной научной конференции „Анализ variability сердечного ритма сердца в клинической практике”. – К., 2002. – С. 31-32.
195. Глезер О. Сегментарный массаж ; пер. с нем. / О. Глезер, В. А. Далихо. – М. : Медицина, 1965. – 124 с.
196. Голухова Е.З., Полунина А.Г. Перцепция сердцебиений, variability сердечного ритма и нейропсихологические функции / Креативная Кардиология. 2012. №2. С. 67–74.
197. Демченко В. А. Клініко-психопатологічні особливості психічних розладів у пацієнтів загальносоматичного профілю в аспекті необхідності інтеграції психіатричної допомоги в первинну медико-санітарну мережу. // Укр. вісник психоневрології. 2010. Т. 18, вип. 3 (64). С. 32–37.

198. Дзяк Г.В., Центральное аортальное давление на фоне длительной комбинированной антигипертензивной терапии / Дзяк Г.В., Колесник Т.В., Колесник Э.Л. /Український часопис. №4 (90)
199. Ендокринологія / за ред. П.М. Боднара – К.: Здоров'я. 2002. – 512 с
200. Єпішин А.В. Пропедевтика внутрішніх хвороб / А.В. Єпішин. – Тернопіль; ТДМУ «Укрмедкнига», 2001. – 766 с.
201. Зайцев О. О. Очерки пульсовой диагностики: техника, синдромология, лечение. – Кишинев : Картя Молдовиняскэ, 1991. – 140 с.
202. Зарубин В. А. Новая методика анализа сфигмографической кривой / В. А. Зарубин // Сб. науч. трудов Ин-та мед. климатологии и климатотерапии. – Ялта, 1958. – С. 261–267.
203. Злочевський В. Загартування організму: плюси і мінуси різних методик / Злочевський, В. – К. : Здоров'я, 1994. – 224 с.
204. Измеритель артериального давления ВАТ 41-2. Руководство пользователю в части определения параметров центрального аортального давления и жесткости сосудов. // ООО «ИКС-ТЕХНО» для дослідження вимірювач тиску ВАТ 41-2 (розробник і виготовлювач ООО «ИКС-ТЕХНО»). – 23 с.
205. Каро К. Механика кровообращения / К. Каро, Т. Педли, Р. Ротер, У. Сид // Перевод с англ. – М.: Мир, 1981. – 624 с.
206. Кисляк О.А., Стародубова А.В. (2009) Значение определения артериальной жесткости и центрального давления для оценки сердечно-сосудистого риска и результатов лечения пациентов с артериальной гипертензией. Consilium Medicum, 11(10) (<http://www.consilium-medicum.com/article/18501>).
207. Клінічна фармакологія : Підручник для студентів і лікарів / [Абдуєва Ф. М., Бичкова О. Ю., Бондаренко І. О. та ін.]; за загальною редакцією М. І. Яблучанського та В. М. Савченка. – Х. : ХНУ імені В. Н. Каразіна, 2011. – 405 с.
208. Коган О.Г., Найдин В.Л. Медицинская реабилитация в неврологии и нейрохирургии / АМН СССР. – М.: Медицина, 1988. – 304 с.
209. Комісаренко, Сергій. Світова COVID-19 криза. – К.: ЛАТ&К, 2020. – 120 с., іл.
ISBN 978-617-7824-26-7
<https://files.nas.gov.ua/PublicMessages/./0/./200924152350305-1709.pdf>
210. Комплекс аппаратно-программный неинвазивного исследования центральной гемодинамики методом объемной компрессионной осциллометрии «КАП ЦГ осм- «Глобус». Инструкция по применению. Белгород: ООО «Глобус». 2004. – 51 с.

211. Комплекс компьютерный для оценки функционального состояния организма человека «Динамика»: документация пользователя. – Санкт-Петербург: Динамика, 2011. 59 с.
212. Корнацький В. М. Проблеми здоров'я суспільства та продовження життя / В. М. Корнацький. – К. : Ін-т кардіології ім. М. Д. Стражеска, 2006. – 46 с.
213. Лікувально-реабілітаційний масаж : навч. посіб. / Д.В. Вакуленко, Л.О. Вакуленко, О.В. Кутакова, Г.В. Прилуцька. – К. : ВСВ «Медицина», 2020. – 568 с.
214. Лущик У. Б. Деякі аспекти прикладної гемодинаміки в епоху прижиттєвих візуалізуючих технологій / У. Б. Лущик, В. В. Новицький. – К. : [Б. в.], 2005. – 136 с.
215. Лущик У. Б. Обґрунтування потреби інноваційних медичних технологій у сучасних інформаційних програмних носіях на прикладі технологій діагностики та корекції серцево-судинної патології / У. Б. Лущик, В. В. Новицький // Запорозький медичний журнал. – 2013. – №1 (76). – С. 97–100.
216. Марценюк В. П. Системний аналіз методів медико-біологічних процесів / В. П. Марценюк, А. Г. Наконечний. – Тернопіль : Укрмедкнига, 2003. – 241 с.
217. Марценюк В.П., Вакуленко Д.В., Вакуленко Л.О. Інформаційні технології аналізу артеріальних осцилограм при діагностиці стану серцево-судинної системи (методичні рекомендації). Тернопіль: ТДМУ; 2016. 36 с.
218. Матвейков Г. П. Клиническая реография / Г. П. Матвейков, С. С. Пшоник. – Минск : Беларусь, 1976. – 175 с.
219. Медична реабілітація : сучасні стандарти, тести, шкали та критерії ефективності. Низькоінтенсивна резонансна фізіотерапія і її застосування в реабілітаційній медицині : посібник / [В. П. Лисенюк, І. З. Самосяк, Л. І. Фісенко та ін.] – К. : Видавничо-поліграфічний центр «Київський університет», 2007. – 264 с.
220. Местные механизмы регуляции кровообращения : [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://fiziologiya.info/nozdrachev-kniga-vtoraya/8-6-1-mestnye-mexanizmu-regulyacii-krovoobrashheniya.html> с. 241.
221. Методи обстеження неврологічного хворого: Навч. посіб. для мед. ВНЗ III–IV р.а. Рекомендовано ВР НМУ ім. О.О. Богомольця / За ред. Л.І. Соколової, Т.І. Ілляш. – К., 2015. –144 с.
222. Минцер О. П. Медицинские информационные системы: пути развития и перспективы в реальной жизни / О. П. Минцер // Кибернетика и вычислительная техника. – 2001. – № 2. – С. 37–60.
223. Найдин В.Л. Реабилитация нейрохирургических больных с двигательными нарушениями. – М.: Медицина, 1972. – 248 с.

224. Неврологія: підручник / І.А. Григорова, Л.І. Соколова., С.С. Пшик С.С. та ін.; за ред. І.А. Григорової, Л.І. Соколової. – К.: ВСВ « Медицина», 2015. 640 с.+ 32 с. кольор.вкл. (ISBN 978-617-505-300-3).
225. Нервові хвороби / за ред. С.М.Віничука, Є.Г.Дубенка. – К.: Здоров'я. – 2001 – 696 с.
226. Обрезан А. Г. Теория «периферического сердца» профессора М. В. Яновского: классические и современные представления / А. Г. Обрезан, Т. Н. Шункевич // Вестник Санкт-Петербургского университета. – Сер. 11. – 2008. – Вып. 3 – С. 14–22.
227. Основи практичної психології / за ред. В.Г.Панка. –3-е вид. – К.: Либідь, 2006.
228. Основи реабілітації, фізичної терапії, ерготерапії : підручник / [Л. О. Вакуленко, В. В. Клапчук, Д. В. Вакуленко та ін.] ; за ред. Л. О. Вакуленко, В. В. Клапчука. – Тернопіль, ТДМУ, 2018. – 372 с.
229. Панченко О. А. Применение информационных технологий в современной реабилитологии / О. А. Панченко, О. П. Минцер. – К. : КВИЦ, 2013. – 136 с.
230. Пат. на корисну модель № 98210 Україна, МПК А61В 5/02 (2006.01). Спосіб оцінки стану серцево-судинної системи з використанням методів спектрального аналізу осцилограми / Д. В. Вакуленко ; Державний вищий навчальний заклад «Тернопільський державний медичний університет імені І. Я. Горбачевського МОЗ України». – u201410489; заяв. 27.09.2014 ; опубл. 27.04.2015, бюл. № 8.
231. Пат. на корисну модель № 99425 Україна, МПК А61В 5/02 (2006.01). Спосіб оцінки стану серцево-судинної системи з використанням методів часового аналізу осцилограми / Д. В. Вакуленко ; Державний вищий навчальний заклад «Тернопільський державний медичний університет імені І. Я. Горбачевського МОЗ України». – u201410486; заяв. 25.09.2014 ; опубл. 10.06.2015; бюл. № 11.
232. Пат. на корисну модель № 104133 Україна, МПК А61В 5/02 (2006.01). Спосіб побудови кореляційного портрету серцево-судинної системи на основі аналізу артеріальної осцилограми / Д. В. Вакуленко, Л. О. Вакуленко, Н. О. Кравець. – № u201507212 ; заявл. 17.07.15 ; опубл. 12.01.16, Бюл. № 1.
233. Пат. на корисну модель № 145374 Україна, МПК А61В 5/02 (2006.01), Спосіб раннього виявлення, прогнозування та оцінки ефективності лікування захворювань серцево-судинної, нервової та легеневої систем / Д. В. Вакуленко, Л. О. Вакуленко, А.В. Павлишин. – № u202003295; заяв. 01.06.2020; опубл. 10.12.2020, бюл. № 23.
234. Педли Т. Гидродинамика крупных кровеносных сосудов / Т. Педли ; пер. с англ. – М. : Мир, 1983. – 400 с.

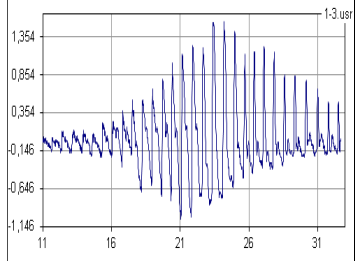
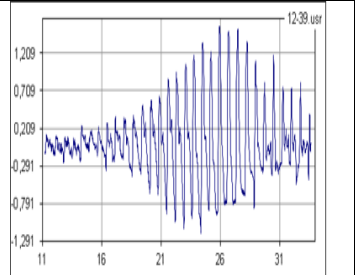
235. Покровский А. В. Клиническая ангиология / А. В. Покровский. – М. : Медицина, 1979. – 366 с.
236. Попелянский Я.Ю. Ортопедическая неврология (вертебрология): руководство для врачей / Я.Ю. Попелянский. – М.: МЕДпресс-информ, 2003. – 244 с.
237. Посттравматичний стресовий розлад: [навч. посібн. для студентів вищ. мед. навч. закл. МОЗ України / Венгер О. П. та ін.] ; ДВНЗ «Тернопіл. держ. мед. ун-т ім. І. Я. Горбачевського МОЗ України». – Тернопіль: ТДМУ, 2016. – 260 с.
238. Предикторна цінність аналізу варіабельності серцевого ритму в діагностиці фатальних аритмій у хворих із гострим інфарктом міокарда. Автори: Голдовський Б.М., Юрчак Ю.В., Сідь Є.В. – ДЗ «Запорізька медична академія післядипломної освіти МОЗ України», кафедра медицини невідкладних станів. С. 109-113. Рубрики: Медицина невідкладних станів, Кардіологія
239. Рогоза А. Н. Современные неинвазивные методы измерения артериального давления для диагностики артериальной гипертензии и оценки эффективности антигипертензивной терапии : пособие для врачей / А. Н. Рогоза, Е. В. Ощепкова, Е. В. Цагарейшвили. – М. : МЕДИКА, 2007. – 72 с.
240. Розпорядження Кабінету Міністрів України «Про схвалення Концепції Загальнодержавної програми “Здоров’я 2020: український вимір”» [Електронний ресурс] // № 1164-р, Київ – Режим доступу до ресурсу: <https://www.kmu.gov.ua/ua/npas/244717787>.
241. Руководство по кинезитерапии / П. Слипчев, Л. Бонев, С. Банква [и др.]: пер с болгарского Е Колачевой. – София: Медицина и физкультура, – 1978. – 355 с.
242. Рунова Е. В. Вегетативные корреляты произвольных отображений эмоционального стресса / Е. В. Рунова, В. Н. Григорьева, К. А. Григорьева и др. // Современные технологии в медицине. – 2013. – Т. 5, № 4. – С. 69-77.
243. Сивер Дэвид. Майнд машины. Открываем заново технологию АВС / Д. Сивер. – Электрон. текстовые данные. – М. : [б. и.], 2000.
244. Сичов О.С. Варіабельність серцевого ритму: фізіологічні механізми, методи дослідження, клінічне і прогностичне значення (О.С. Сичов, О.Й. Жарінов) <https://compendium.com.ua/uk/glava-4-variabelnist-sertsevogo-ritmu-fiziologichni-mehanizmi-metodi-doslidzhennya-klinichne-i-prognostichne-znachennya/>
245. Смирнов И. В. Функциональная диагностика. ЭКГ, реография, спирография / И. В. Смирнов, А. М. Старшов. – М. : Эксмо, 2008. – 224 с
246. Спортивная медицина: практические рекомендации / Г. Дуглас Белл, В. Лан, Д. Линдсей [и др.] ; пер с англ. Г. Гончаренко ; под ред. Р. Джексона. – К. : Олимпийская литература, 2003. – 383 с.

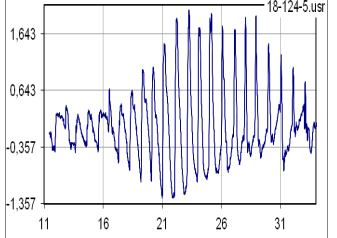
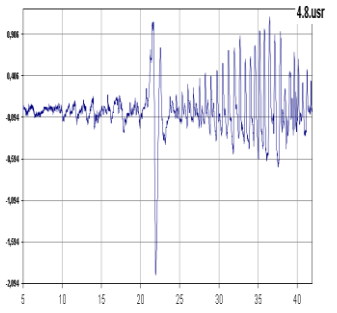
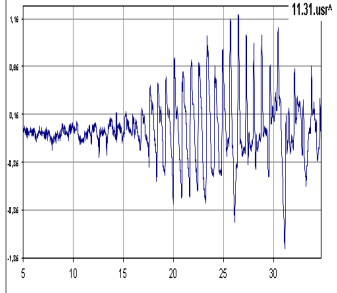
247. Способ раннего выявления, прогнозирования и оценки эффективности лечения заболевания сердечно-сосудистой, нервной и легочной систем: Патент зарегистрированный у Всесвітній організації інтелектуальної власності (154 країни): Номер публикации wo/2021/246995. Дата публикации 09.12.2021.
248. Столярова Т.Г., Ткачева Г.Р. Реабилитация больных с постинсультными двигательными расстройствами. – М.: Медицина, 1978. – 216 с.
249. Тесты в спортивной практике: пер. с нем. / Х. Бубе, Г. Фэк, Х. Штюблер, Ф. Трогш. – М. : Физкультура и спорт, 1968. – 239 с.
250. Уилмор Дж. Х. Физиология спорта / Дж. Х. Уилмор, Д. Л. Костилл. – К. : Олимпийская литература, 2005. – 502 с.
251. Усанов Д.А. Методы и аппаратура для диагностики состояния сердечнососудистой системы по характеристикам пульсовой волны /Д.А. Усанов. В.В. Скрипаль, А.Ю. Вагарин, А.П. Рытик А.П. // Саратов: Изд-во Саратов. ун-та, 2009. – 96 с.: ил.
252. Фізіологія : підручник для студ. вищ. мед. навч. закладів / В.Г. Шевчук, В.М. Мороз, С.М. Белан та ін.] ; за редакцією В.Г. Шевчука. – Вінниця : Нова Книга, 2012. – 448 с.
253. Фізична реабілітація хворих, що перенесли гостре порушення мозкового кровообігу: навч. посібн. [пробне видання] / Л. О. Вакуленко, Г. В. Прилуцька, Д. В. Вакуленко [та ін.]. – Тернопіль: ТНПУ, 2011. – 112 с.
254. Фізична реабілітація, спортивна медицина : підручник для студ. вищих мед. навч. закладів / Абрамов В. В., Клапчук В. В., Неханевич О. Б., Магльований А.В. [та ін.] ; за ред. професора В. В. Абрамова та доцента О. Л. Смирнової. – Дніпропетровськ, Журфонд, 2014. – 456 [с. 78-79].
255. Фізична, реабілітаційна та спортивна медицина : Підручник для студентів і лікарів / За заг. ред. В.М. Сокрута. – Краматорськ: Каштан, – 2019. – 480 с.
256. Франков А. В. Футбол по-українски – Харьков: Книжный клуб семейного досуга, 2006.
257. Хаустова Е. А. Терапия тревожно-депрессивных расстройств в сочетании с артериальной гипертензией / Ліки України. 2010. № 9 (145) С. 111–117.
258. Чабан Т. І. Сучасні методи дослідження автономної нервової системи при серцевій недостатності // Укр. кардіол. журн.– 1998.– № 4.– С. 59–63.
259. Чубучный В. Н. Вариабельность сердечного ритма у больных с хронической сердечной недостаточностью / В. Н. Чубучный, О. И. Жаринов // Укр. кардіол. журн.– 1995.– № 6.– С. 68–72.

260. Шабанова Е. В. Амплитудно-временные характеристики пульсограммы лучевой артерии : автореф. дисс. на соискание ученой степени канд. физ.-мат. наук / Е. В. Шабанова. – Улан-Удэ, 1994. – 16 с.
261. Швед М.І. Клінічна ендокринологія в схемах і таблицях / М.І. Швед, Н. В. Пасічник. – Тернопіль, ТДМУ «Укрмедкнига», 2006. – 344 с.
262. Швед М.І.,. Основи клінічної медицини: Підручник / М.І. Швед, М.А. Андрейчин, Н.В. Пасічник та ін. [Ред. Е. Швед] – Тернопіль, ТДМУ, 2008. – 2008. – 796 с.
263. Шевага В.М. Неврологія: підручник / [ред. проф. В. М. Шевага, проф. А. В. Панеок] – Київ: Медицина, 2009 – 656 с.
264. Шлык Н. И. Сердечный ритм и центральная гемодинамика при физической активности у детей / Н. И. Шлык. – Ижевск : [б. и.], 1991. – С. 417.
265. Щепотин Б. М. Методические рекомендации по определению основных параметров гемодинамики и тонуса сосудов методом тетраполярной, трансоракальной, импедансной реоплетизмографии / Б. М. Щепотин, С. В. Волосюк, М. И. Гуревич. – К. : Наукова думка, 1980. – 19 с.
266. Яблучанский Н. И. Вариабельность сердечного ритма в помощь практическому врачу. Для настоящих врачей / Н. И. Яблучанский, А. В. Мартыненко. – Харьков [Б. и.], 2010. – 131 с.
267. Якимчук О. М., Кліщ І. М., Бойчук А. В., Вакуленко Д. В., Якимчук Ю. Б., Якимчук М. М., Павлишин А. В. Спосіб оцінки передопераційного стресу (передопераційної тривожності) за допомогою артеріальної осцилографії : патент України на корисну модель № 132078, МПК А61В 5/01. № u201809117 ; заяв. 03.09.2018; опубл. 11.02.2019, Бюл. 3/2019 Аркуш. 1.
268. Якимчук О.М. Клініко-експериментальне дослідження особливостей впливу засобів для наркозу на гомеостаз в умовах гіперфункції щитоподібної залози – Кваліфікаційна наукова робота на правах рукопису : дис. доктора філософії за спеціальністю 222 «Медицина» (22 «Охорона здоров'я»). – Тернопільський національний медичний університет імені І.Я. Горбачевського МОЗ України, Тернопіль, 2021.
269. Яруллин Х. Х. Клиническая реоэнцефалография / Х. Х. Яруллин. – М. : Медицина, 1983. – 271 с.

ДОДАТОК

Взаємозв'язок показників морфологічного аналізу АОГ з рівнями здоров'я, їх характеристиками та рекомендаціями щодо корекції з прикладами АОГ
(згруповано за 10 критеріями та рівнями вагових відмінностей та шкалами від 1 до 5 кожного з них)

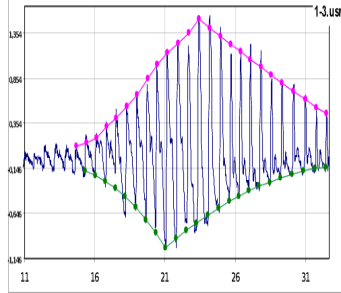
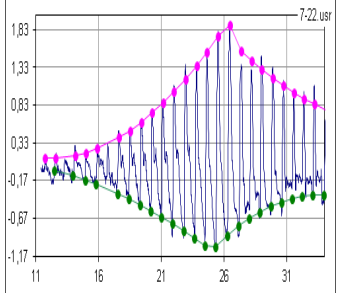
№	Т	Оцінка	Характеристика	Обґрунтування	Рівень здоров'я	Рекомендації	Приклад АОГ
<p>М1. Якість адаптації при мінімальній компресії – проводиться оцінка поступовості зміни амплітуди пульсацій на початку від її початку до досягнення <i>АТд</i> (при компресії) та від <i>АТд</i> – до кінця реєстрації (при вимірюванні тиску на декомпресії).</p>							
1	1	Відмінно	На початку компресії амплітуда пульсацій рівномірно зростає, на висхідній частині пульсації додаткові хвилі відсутні, на низхідній частині реєструється незначна кількість рівномірно розміщених однотипних дрібних хвиль.	Задовільний стан АНС, нервово-рефлекторних механізмів регуляції, кровообігу та пружно-еластичних властивостей судинної стінки	Здоровий, оптимальна адаптація	Підтримувати здоровий спосіб життя	
	2	Добре	На початку компресії реєструються поодинокі порушення ритмічності та амплітуди пульсацій. На низхідній частині реєструється незначна кількість нерівномірно розміщених різнохарактерних дрібних хвиль.	Незначні відхилення у стані АНС, нервово-рефлекторних механізмів регуляції кровообігу на початку компресії	Практично здоровий, напружена адаптація	Корекція способу життя	

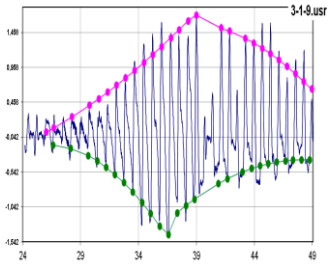
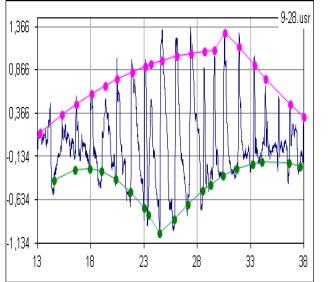
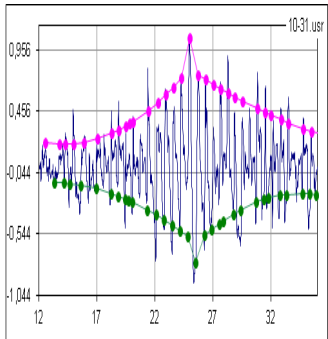
3 Т И П	Задовільно	На початку компресії амплітуда пульсацій змінюється нерівномірно, на висхідній частині можуть зустрічатися поодинокі дрібні додаткові хвилі, на низхідній частині реєструються різноманітні (за частотою і амплітудою) дрібні додаткові хвилі.	Середній рівень порушень діяльності АНС, нервово-рефлекторних механізмів регуляції серцевої діяльності та стану судин, пружно-еластичних властивостей судинної стінки на початку компресії.	Умовно здоровий, перенапруження адаптації	Превентивна реабілітація	
4 Т И П	Незадовільно	На початку компресії ритмічність та амплітуда пульсацій змінюється нерівномірно, на висхідній частині пульсації реєструється велика кількість дрібних хвиль, на низхідній частині – значна кількість різноманітних дрібних хвиль	Незадовільний рівень адаптаційної здатності АНС та нервово-рефлекторних механізмів регуляції серцевої діяльності і стану судин на початку компресії плеча.	Стан передхвороби, зрив адаптації	Детальне обстеження, вивчення стану ССС	
5 Т И П	Вкрай незадовільно	На початку компресії реєструються хаотичні за амплітудою, частотою та формою пульсації та додаткові хвилі.	Вкрай незадовільний рівень адаптаційної здатності АНС та нервово-рефлекторних механізмів регуляції серцевої діяльності і стану судин на початку компресії плеча.	Хворий, (адаптація до порушень)	Детальне обстеження та лікування	

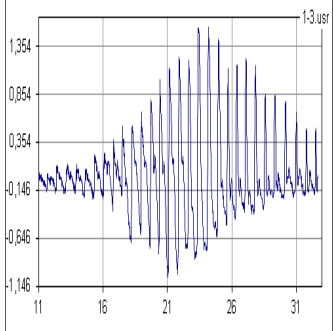
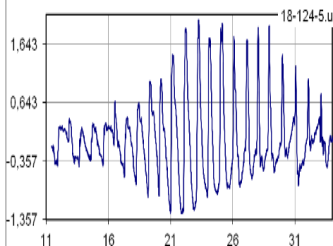
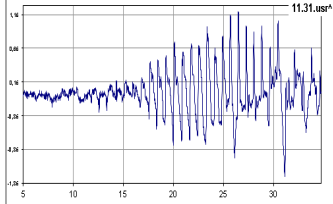
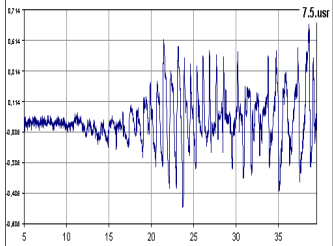
М2. Якість адаптації до компресії. Аналіз динаміки зростання та спадання амплітуди пульсацій від діастолічного тиску і до кінця компресії. Для морфологічного аналізу форми осцилограми за показниками максимальних та мінімальних екстремумів осциляцій, розміщених по обидва боки відносно осі Х, побудовано **огинаючі**

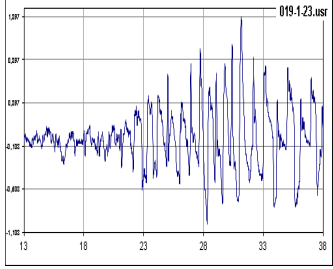
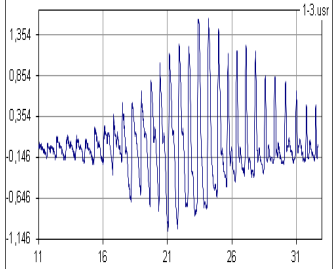
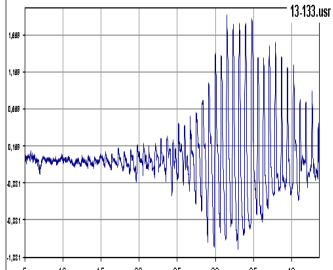
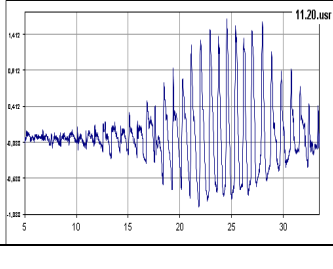
При загальному візуальному аналізі осцилограми представленої АОГ привертає увагу її певна гармонійна (куполоподібна) форма: поступове зростання амплітуди пульсацій, досягнення максимуму на 23–24 с (стан повного перетискання судини у фазі діастолі), наявність вершини, зумовленої двома максимальними екстремумами (23,5–24 с) та поступове зниження її до припинення компресії (до 33 с), відсутність ектопічних скорочень та випадання окремих серцевих комплексів. Для зручності візуального аналізу форми осцилограми за показниками максимальних та мінімальних екстремумів

пульсацій, розмічених по обидва боки відносно осі X, побудовано **огиначаючі**. Огиначаюча, побудована за нижніми екстремумами, має практично аналогічну форму, лише в протилежних значеннях. Пік вершини огиначаючої за мінімумами (21–22 с) дещо випереджає пік максимумів (23,5–24 с).

2 1 т и п	Від мін- но	Огиначаюча за максимумами рівномірно зростає, досягає свого піку та поступово рівномірно спадає. Огиначаюча за мінімумами має аналогічну форму, розміщена симетрично від осі X. Лише її максимум роміщений на 1-3 пульсації раніше від піку за максимумами.	Задовільний стан АНС, нервово- рефлекторних механізмів регуляції кровообігу, задовільний тонус та еластичність судин	Здоровий, оптимальн а адаптація	Підтриму вати здоровий спосіб життя	
2 т и п	Доб ре	Огиначаюча за максимумами рівномірно зростає, досягає свого піку та поступово рівномірно спадає. Огиначаюча за мінімумами має аналогічну форму, розміщена симетрично від осі X. Лише окремі максимуми осциляцій незначно відхиляються від неї (розміщені вище чи нижче від огиначаючої).	Незначні відхилення адаптаційної здатності АНС, нервово- рефлекторних впливів на стан гемодинаміки.	Практично здоровий, напружена адаптація	Корекція способу життя	

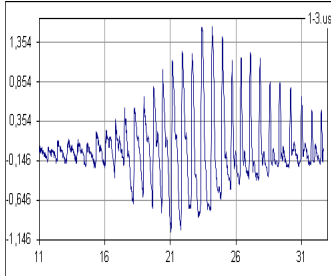
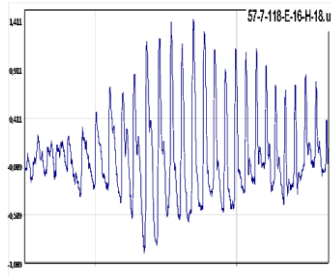
3 Т и п	Задовільно	Огинаюча за максимумами рівномірно зростає, досягає свого піку та поступово рівномірно спадає. Огинаюча за мінімумами має аналогічну форму, розміщена симетрично від осі Х. При цьому окремі осциляції мають значне відхилення від огинаючої в бік їх збільшення чи зменшення.	Середній рівень порушень діяльності АНС, нервово-рефлекторних механізмів регуляції серцевої діяльності та стану судин, порушення пружно-еластичних властивостей судинної стінки	Умовно здоровий, перенапруження адаптації	Превентивна реабілітація	
4 Т и п	Незадовільно	Огинаюча за максимумами зростає та знижується нерівномірно; огинаюча за мінімумами суттєво відрізняється від максимальної. Значна кількість осциляцій мають виражене відхилення від огинаючої в бік їх збільшення чи зменшення.	Значний рівень порушень діяльності АНС, нервово-рефлекторних механізмів регуляції серцевої діяльності та стану судин,	Стан передхвороби, зрив адаптації	Детальне обстеження, вивчення стану ССС	
5 Т и п	Вкрай незадовільно	Огинаюча за максимумами зростає, досягає свого піку та спадає; огинаюча за мінімумами відрізняється від максимальної. При цьому переважна кількість осциляцій мають виражений хаотичний	Вкрай незадовільний рівень адаптаційної здатності АНС, нервово-рефлекторних механізмів регуляції серцевої діяльності та стану судин до компресії плеча	Хворий, (адаптація до порушень	Детальне обстеження та лікування	

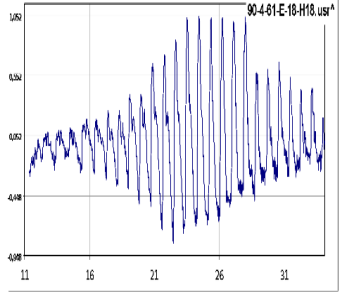
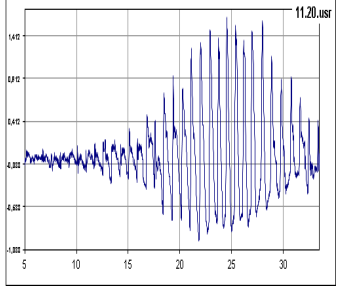
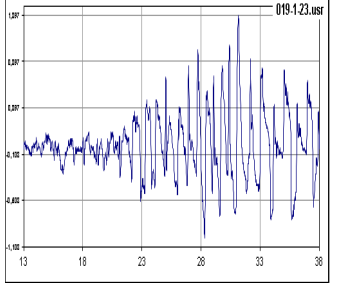
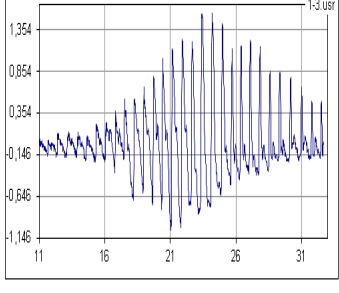
			характер, відхиляються від огинаючої в бік їх збільшення чи зменшення.				
М3 – Порушення ритмічності. Кількісна оцінка порушення ритмічності пульсацій							
3	1	Відмінно	Осцилограмі притаманне рівномірне зростання амплітуди осциляцій, досягнення піку та зниження її. Відсутні екстремальні осциляції. Ритмічність пульсацій збережена.	Задовільний стан адаптаційної здатності АНС, нервово-рефлекторних механізмів регуляції кровообігу до компресії плеча, задовільний тонус та еластичність судин	Здоровий, оптимальна адаптація	Підтримувати здоровий спосіб життя	
	2	Добре	На фоні ритмічних пульсацій реєструються окремі (1-2) випадки її порушення у вигляді поодиноких екстрасистол на початку компресії плеча.	Незначні відхилення в адаптаційній здатності АНС, нервово-рефлекторних механізмів регуляції кровообігу до компресії плеча, задовільний тонус та еластичність судин	Практично здоровий, напружена адаптація	Корекція способу життя	
	3	Задовільно	На фоні ритмічних пульсацій реєструються поодинокі (3-4) випадки їх порушення, які повторюються як на початку, так і в процесі зростаючої компресії плеча	Значні відхилення в адаптаційній здатності АНС, нервово-рефлекторних механізмів регуляції кровообігу до компресії плеча.	Умовно здоровий, перенапруження адаптації	Превентивна реабілітація	
	4	Незадовільно	Гармонійність пульсацій порушена протягом усієї компресії. Спостерігаються лише окремі випадки збереження їх гармонійності	Значно виражені відхилення в адаптаційній здатності АНС, нервово-рефлекторних механізмів регуляції	Стан передхвороби, зрив адаптації	Детальне обстеження, вивчення стану ССС	

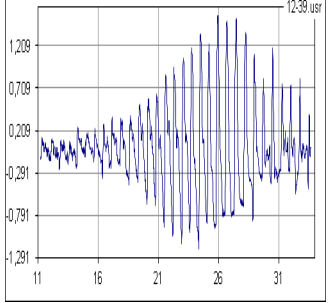
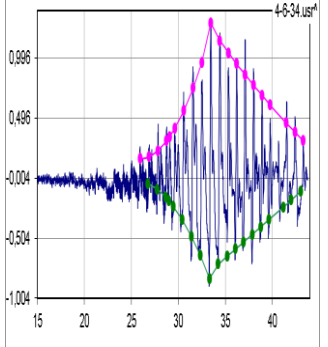
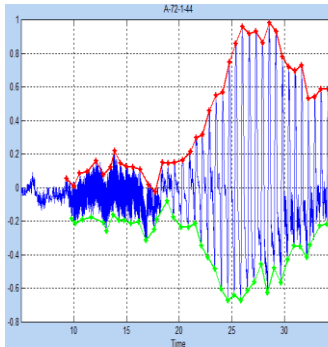
			кровообігу до компресії плеча.				
5	Вкрай низько	Гармонійність пульсацій порушена протягом усієї компресії.	Вкрай незадовільна адаптаційна здатність АНС, нервово-рефлекторних механізмів регуляції діяльності серця та судин до компресії плеча.	Хворий, (адаптація до порушень	Детальне обстеження та лікування		
М4 – Еластичність судин. Кількість максимальних за амплітудою пульсацій.							
4	1	Відмінно	Кількість однакових максимальних пульсацій –2-3. Збереження двох-трьох однакових амплітуд при зростанні компресії зумовлене радіальним розширенням стінок судин під час систоли.	Висока якість пружно-еластичних властивостей судинної стінки, які забезпечуються волокнами трьох типів: еластичними, колагеновими, гладком'язовими. Високий рівень адаптаційної здатності АНС, нервово-рефлекторних впливів на їх стан.	Здоровий, оптимальна адаптація	Підтримувати здоровий спосіб життя	
	2	Добре	Кількість максимальних пульсацій, які за амплітудою незначно відрізняються: 4-5.	Незначне зниження рівня пружно-еластичних властивостей стінки судин та нервово-рефлекторних впливів на їх стан.	Практично здоровий, напружена адаптація	Корекція способу життя	
			Кількість максимальних пульсацій – одна.	Підвищення тону судин та нервово-рефлекторних впливів на їх стан.			
	3	Задовільно	Кількість максимальних пульсацій, які за амплітудою незначно відрізняються: 6-9.	Зниження рівня пружно-еластичних властивостей стінки судин та нервово-рефлекторних впливів на їх стан.	Умовно здоровий, перенапруження адаптації	Превентивна реабілітація	

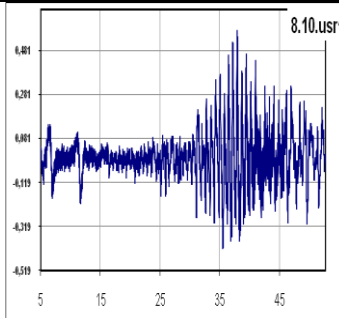
4	Незадовільно	Кількість максимальних пульсацій: 10–20, які за амплітудою незначно відрізняються. Тривале їх збереження без збільшення чи затухання в процесі зростання компресії свідчить про органічну судинну патологію досліджуваної ділянки [46].	Значне зниження рівня пружно-еластичних властивостей стінки судин та нервово-рефлекторних впливів на їх стан.	Стан передхвороби, зрив адаптації	Детальне обстеження, вивчення стану ССС	
5	Вкрай нездовільно	Відсутність явно виражених двох або більше поруч розміщених пульсацій з максимальними амплітудами. Максимальні амплітуди періодично реєструються протягом тривалого часу.	Надзвичайно знижені пружно-еластичні властивості стінки судин та нервово-рефлекторні впливи на їх стан	Хворий, (адаптація до порушень	Детальне обстеження та лікування	

M5 – Тонус судин (на початку компресії) – форма верхніх екстремумів пульсацій на початку компресії

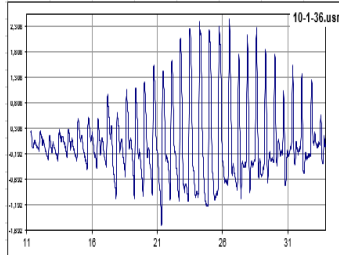
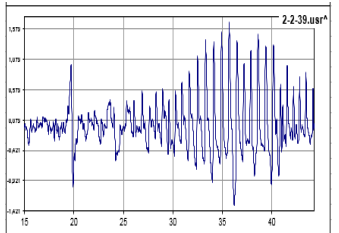
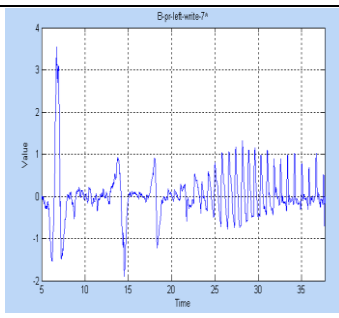
5	1	Відмінно	На початку компресії пульсації ритмічні, вершини загострені та однотипні. Їх кут у межах 45°	Задовільний тонус судин, високий рівень адаптаційної здатності АНС, нервово-рефлекторних механізмів регуляції кровообігу та пружно-еластичних властивостей судинної стінки	Здоровий, оптимальна адаптація	Підтримувати здоровий спосіб життя	
	2	Добре	Поодинокі (1-2) порушення форми та структури окремих пульсацій на початку компресії плеча, які швидко відновлюються. Високе розміщення дикротичної хвилі у	Незначне короточасне підвищення тону судин, порушення адаптаційної здатності АНС та нервово-рефлекторних впливів на стан гемодинаміки	Практично здоровий, напружена адаптація	Корекція способу життя	

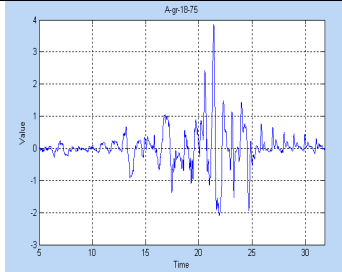
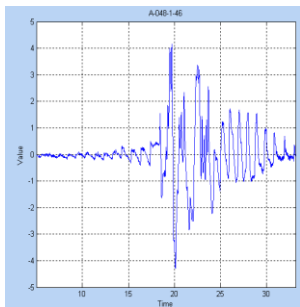
		2-3 пульсаціях					
3	Задовільно	Дикротичний зубець розміщений біля вершини, перевищує її, вершини двогорбі, зберігається на 4-5 пульсаціях.	Значне підвищення тону судин, зумовлене порушенням адаптаційної здатності АНС та нервово-рефлекторних впливів на стан гемодинаміки	Умовно здоровий, перенапруження адаптації	Превентивна реабілітація		
4	Незадовільно	Значне порушення форми та структури пульсових хвиль на початку компресії. Дикротичний зубець, розміщений біля вершини, перевищує її, вершини двогорбі, зберігається на 6-10 пульсаціях	Значне більш тривале підвищення тону судин, значне зниження адаптаційної здатності АНС і нервово-рефлекторних механізмів регуляції стану судин на початку компресії	Стан передхвороби, зрив адаптації	Детальне обстеження, вивчення стану ССС		
5	Вкрай незадовільно	Виявити будь-які характеристики, притаманні вершинам пульсацій, як і самих пульсацій, не вдалося. Порушення гармонійності та ритмічності пульсацій зберігається протягом усієї компресії.	Вкрай незадовільний стан судин, адаптаційної здатності АНС, нервово-рефлекторних механізмів регуляції стану серцевого та судинного чинників гемодинаміки	Хворий, (адаптація до порушень)	Детальне обстеження та лікування		
М6 – Тонус судин (пружно-еластична здатність) за дрібними осциляціями							
6	1	Відмінно	На початку компресії амплітуда пульсацій рівномірно зростає, на висхідній частині осциляції додаткові хвилі відсутні, на низхідній частині реєструється незначна кількість рівномірно розміщених	Задовільний тонус судин, адаптаційна здатність АНС, нервово-рефлекторних механізмів регуляції кровообігу та пружно-еластичних властивостей судинної стінки.	Здоровий, оптимальна адаптація	Підтримувати здоровий спосіб життя	

		однотипних дрібних пульсацій				
2 т и п	Добре	На початку компресії амплітуда пульсацій змінюється нерівномірно, на висхідній частині осциляції додаткові хвилі відсутні, на низхідній частині реєструються різнохарактерні дрібні осциляції.	Незначне зниження адаптаційної здатності АНС, нервово-рефлекторних механізмів регуляції кровообігу до початку компресії. Пружно-еластичні властивостей судинної стінки збережені.	Практично здоровий, напружена адаптація	Корекція способу життя	
3 т и п	Задовільно	На початку компресії реєструється сплеск автоколивань, амплітуда пульсацій змінюється нерівномірно, на висхідній частині осциляції можуть зустрічатися додаткові хвилі, на низхідній частині реєструються різноманітні дрібні додаткові хвилі, що спричиняє автоколивання	Зниження пружно-еластичних властивостей судинної стінки адаптаційної здатності АНС, нервово-рефлекторних механізмів регуляції кровообігу до початку компресії. Підвищення збудливості судинної стінки на початок компресії, що спричиняє автоколивання	Умовно здоровий, перенапруження адаптації	Превентивна реабілітація	
4 т и п	Незадовільно	На початку компресії ритмічність та амплітуда пульсацій змінюється нерівномірно, часті автоколивання	Значне підвищення збудливості судинної стінки на початок компресії, що спричиняє автоколивання. Значне зниження пружно-еластичних властивостей судинної стінки, адаптаційної здатності АНС, нервово-рефлекторних механізмів регуляції кровообігу до початку компресії.	Стан передхвороби, зрив адаптації	Детальне обстеження, вивчення стану ССС	

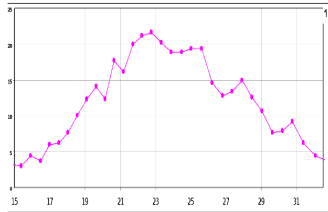
5	Вкрай низькою	Протягом усієї компресії реєструються хаотичні за амплітудою, частотою та формою осциляції, що спричиняє автоколивання	Вкрай надмірне підвищення збудливості судинної стінки, що спричиняє автоколивання. Значне зниження пружно-еластичних властивостей судинної стінки, адаптаційної здатності АНС, нервово-рефлекторних механізмів регуляції кровообігу.	Хворий, (адаптація до порушень)	Детальне обстеження та лікування	
---	---------------	--	--	---------------------------------	----------------------------------	---

М7 – Рівень збудливості посмугованих м'язів проводиться оцінка позачергових пульсацій, пов'язаних зі скороченням посмугованих м'язів в місці вимірювання тиску).

7	1	Відмінно	Позачергові пульсації, пов'язані зі скороченням м'язів, відсутні	Задовільний стан м'язів плеча, адекватна реакція посмугової мускулатури на поступово зростаючу компресію плеча. Стан соматичної нервової системи задовільний	Здоровий, оптимальна адаптація	Підтримувати здоровий спосіб життя	
	2	Добре	Поодинокі позачергові пульсації, пов'язані зі скороченням м'язів	Незначне підвищення збудливості посмугової мускулатури при поступово зростаючій компресії плеча. Незначні порушення стану соматичної нервової системи	Практично здоровий, напружена адаптація	Корекція способу життя	
	3	Задовільно	2-3 позачергові пульсації, пов'язані зі скороченням м'язів	Підвищення збудливості посмугової мускулатури при поступово зростаючій компресії плеча. Порушення стану соматичної нервової системи.	Умовно здоровий, перенапруження адаптації	Превентивна реабілітація	

			Порушення адекватності реакції посмугової мускулатури на поступово зростаючу компресію плеча. Підвищення збудливості			
4 т д о в и п	Незадовільно	4-5 позачергових пульсацій, пов'язаних зі скороченням м'язів	Значне підвищення збудливості посмугової мускулатури при поступово зростаючій компресії плеча. Значне порушення адаптаційної здатності соматичної нервової системи	Стан передхвороби, зрив адаптації	Детальне обстеження, вивчення стану ССС	
5 т и п	Вкрай незадовільно	Групові одноразові чи багаторазові появи позачергових пульсацій, пов'язаних зі скороченням м'язів	Вкрай підвищена збудливість посмугової мускулатури при поступово зростаючій компресії плеча. Значне порушення адаптаційної здатності соматичної нервової системи	Хворий, (адаптація до порушень)	Детальне обстеження та лікування	

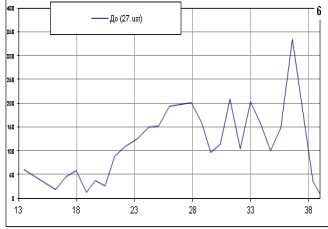
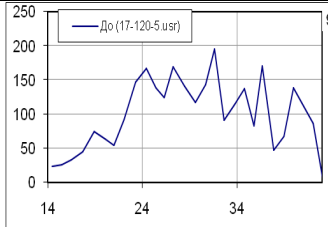
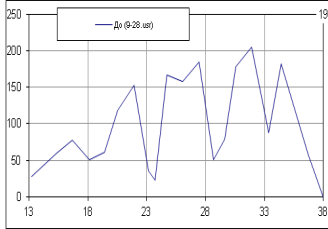
М-8 – Ритмічність зміни площі висхідної частини пульсацій залежить від координації адаптаційних процесів між внутрішньосерцевою та зовнішньосерцевою регуляцією. До першої належить гетерометрична, міжклітинна регуляція, внутрішньосерцеві рефлекторні дуги. Друга – зумовлена імпульсами, які надходять до серця з ЦНС блукаючими та симпатичними нервами

8 т и п	1 Відмінно	Площа висхідної частини пульсацій рівномірно зростає, досягає максимуму і поступово зменшується, коливання площ незначні	Задовільний стан АНС, нервово-рефлекторних механізмів регуляції кровообігу, задовільний тонус та еластичність судин	Здоровий, оптимальна адаптація	Підтримувати здоровий спосіб життя	
	2 Добре	Площа висхідної частини пульсацій зростає нерівномірно, коливання площ більш виражені.	Незначні відхилення адаптаційної здатності АНС, нервово-рефлекторних впливів на стан гемодинаміки.	Практично здоровий, напружена адаптація	Корекція способу життя	

3	Задовільно	Площа висхідної частини пульсацій змінюється нерівномірно, коливання площ значні.	Середній рівень порушень діяльності АНС, нервово-рефлекторних механізмів регуляції серцевої діяльності та стану судин, порушення пружно-еластичних властивостей судинної стінки	Умовно здоровий, перенапруження адаптації	Превентивна реабілітація	
4	Незадовільно	Площа висхідної частини пульсацій змінюється хаотично	Значний рівень порушень діяльності АНС, нервово-рефлекторних механізмів регуляції серцевої діяльності та стану судин,	Стан передхвороби, зрив адаптації	Детальне обстеження, вивчення стану ССС	
5	Вкрай незадовільно	Площа висхідної частини пульсацій змінюється значно та хаотично.	Вкрай незадовільний рівень адаптаційної здатності АНС, нервово-рефлекторних механізмів регуляції серцевої діяльності та стану судин до компресії плеча	Хворий (адаптація до порушень)	Детальне обстеження та лікування	

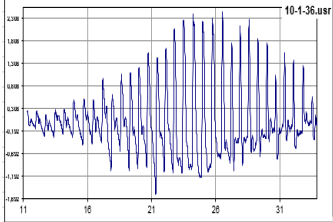
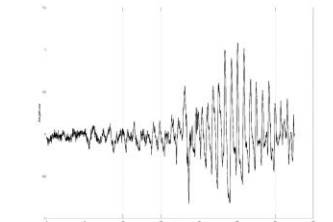
М9 – Оцінка динаміки зміни площі низхідної частини пульсацій. Оцінка діастолічної спроможності судин – оцінюється динаміка зміни площі низхідної частини пульсацій шляхом визначення площі фігури від максимуму пульсації до нижнього екстремуму та перетину перпендикулярів від максимуму вершини та нижнього екстремуму. Згадана динаміка відображає судинну складову при адаптації до зміни компресії манжетою.

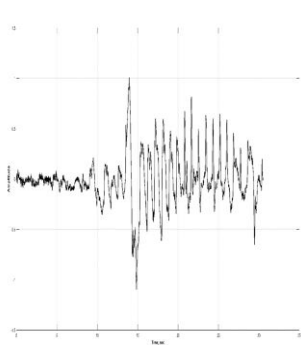
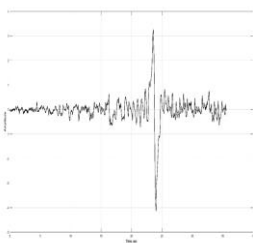
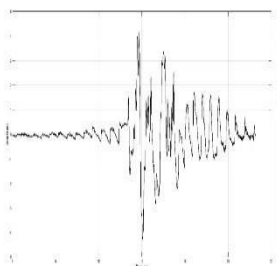
9	1	Відмінно	Площа низхідної частини пульсацій рівномірно зростає, досягає максимуму і поступово зменшується, коливання площ незначні	Задовільний стан АНС, нервово-рефлекторних механізмів регуляції кровообігу, задовільний тонус та еластичність судин	Здоровий, оптимальна адаптація	Підтримувати здоровий спосіб життя	
	2	Добре	Площа низхідної частини пульсацій зростає рівномірно, коливання площ більш виражені.	Незначні відхилення адаптаційної здатності АНС, нервово-рефлекторних	Практично здоровий, напружена адаптація	Корекція способу життя	

			вплив на стан гемодинаміки.			
3	Задовільно	Площа низхідної частини пульсацій змінюється нерівномірно, коливання площ значні.	Середній рівень порушень діяльності АНС, нервово-рефлекторних механізмів регуляції серцевої діяльності та стану судин, порушення пружно-еластичних властивостей судинної стінки	Умовно здоровий, перенапруження адаптації	Превентивна реабілітація	
4	Незадовільно	Площа низхідної частини пульсацій змінюється хаотично	Значний рівень порушень діяльності АНС, нервово-рефлекторних механізмів регуляції серцевої діяльності та стану судин	Стан передхвороби, зрив адаптації	Детальне обстеження, вивчення стану ССС	
5	Вкрай незадовільно	Площа низхідної частини пульсацій змінюється значно та хаотично	Вкрай незадовільний рівень адаптаційної здатності АНС, нервово-рефлекторних механізмів регуляції серцевої діяльності та стану судин до компресії плеча	Хворий, (адаптація до порушень	Детальне обстеження та лікування	

М10 – Рівень збудливості м'язів в процесі компресії

Проводиться оцінка позачергових пульсацій, пов'язаних зі скороченням позмугованих м'язів в місці вимірювання тиску протягом усієї компресії

9	1	Відмінно	Позачергові пульсації, пов'язані зі скороченням м'язів, відсутні	Задовільний стан м'язів плеча, адекватна реакція позмугованої мускулатури на поступово зростаючу компресію плеча. Стан соматичної нервової системи задовільний	Здоровий, оптимальна адаптація	Підтримувати здоровий спосіб життя	
	2	Добре	Поодинокі позачергові пульсації, пов'язані зі скороченням м'язів	Незначне підвищення збудливості позмугованої мускулатури при поступово зростаючій компресії плеча.	Практично здоровий, напружена адаптація	Корекція способу життя	

			Незначні порушення стану соматичної нервової системи			
3 т и п	Задовільно	2-3 позачергові пульсації, пов'язані зі скороченням м'язів	Підвищення збудливості посмугової мускулатури при поступово зростаючій компресії плеча. Порушення стану соматичної нервової системи. Порушення адекватності реакції посмугової мускулатури на поступово зростаючу компресію плеча Підвищення збудливості соматичної нервової системи	Умовно здоровий, перенапруження адаптації	Превентивна реабілітація	
4 т и п	Незадовільно	4-5 позачергових пульсацій, пов'язаних зі скороченням м'язів	Значне підвищення збудливості посмугової мускулатури при поступово зростаючій компресії плеча. Значне порушення адаптаційної здатності соматичної нервової системи	Стан передхвороби, зрив адаптації	Детальне обстеження, вивчення стану CCC	
5 т и п	Вкрай незадовільно	Групові одноразові чи багаторазові появи позачергових пульсацій, пов'язаних зі скороченням м'язів	Вкрай підвищена збудливість посмугової мускулатури при поступово зростаючій компресії плеча. Значне порушення адаптаційної здатності соматичної нервової системи	Хворий, (адаптація до порушень	Детальне обстеження та лікування	

ПІСЛЯМОВА

Шановний читачу, Ви маєте нагоду познайомитись з результатами осяяння, пошуку, експериментів, співпраці, розробки, тестувань, клінічних випробувань, впровадження нового погляду на таку звичну процедуру, як вимірювання артеріального тиску. Більшою мірою не на саму процедуру, а на інформацію, яку ми отримуємо і можемо отримати за результатами цієї процедури. Вже понад 140 років процедура вимірювання артеріального тиску асоціюється з визначенням значення систолічного і діастолічного тиску. Якщо ми звернемо увагу на зміст цієї процедури, а саме на процес стискання манжетою плеча (або іншої ділянки) і процеси, які вона викликає в організмі, тоді ми зрозуміємо її неймовірно великий діагностичний потенціал для розуміння адаптаційних можливостей органів і систем, які залучені у формування динамічної адаптаційної відповіді на компресію манжетою. Саме з такого осяяння все почалось в 2010 році. Для того щоб це осяяння могло відбутись, йому передувало зростання в медичному та раціоналізаторському середовищі в родині Людмили Олексіївни та Віктора Михайловича Вакуленка, за що їм дуже вдячний; навчання в Технічному університеті м. Тернополя за спеціальністю «Біомедичні системи і апарати»; приватні розробки вимірювача артеріального тиску; робота на радіозаводі «Оріон» ведучим конструктором з впровадження вимірювача артеріального тиску; багаторічна плідна співпраця з Володимиром Миколайовичем Ломаковським, нині ведучим інженером-конструктором з розробки та впровадження вимірювачів артеріального тиску ВАТ 41-2, Ікс-Техно м. Київ.

Неоціненну підтримку в подорожі в світ Науки надав проф. Василь Петрович Марценюк, за що йому дуже вдячний.

Співавтором розробки ідеї, методів артеріальної осцилографії, фізіологічної та патофізіологічної інтерпретації результатів досліджень є доц., к.м.н., майстер спорту, Людмила Олексіївна Вакуленко. Саме за її підтримки та багаторічної праці метод артеріальної осцилографії, навчально-методичний посібник та ПК Оранта-АО стали можливими для використання в медичній практиці. Багаторічна підтримка, розуміння та допомога дружини – Мар'яни Ярославівни Вакуленко важко переоцінити. Слід висловити вдячність колективу кафедри медичної інформатики Тернопільського національного медичного університету ім. І.Я. Горбачевського. Неоціненну допомогу в розробці та реалізації програмного дослідницького та користувацького середовища належить Нестору Дем'янчуку. Доценту, к.т.н. Григорію Заспі – вдячність за допомогу в розробці вебсередовища

Оранта-АО, а трохи згодом – Андрію Нивчику, Марті Марцінків та команді розробників мобільного додатку.

На різних етапах розробки, експерименту мав за честь співпрацювати з проф., д.м.н. Миколою Івановичем Шведом, проф., д.м.н. Леонідом Андрійовичем Грищуком, доц., к.м.н. Лесею Михайлівною Сас, проф., д.м.н. Лілею Степанівною Бабінець, командою лікарів та медсестер, що допомогли в проведенні клінічного випробування.

В навчально-методичному посібнику використано результати дослідження, виконанні в рамках проектів: Українського фонду стартапів № 45-1/11/2020 «Артеріальна осцилографія», Національного фонду досліджень України 2021.01/0136 «Розробка хмарної платформи пацієнт-центричної телереабілітації онкологічних хворих на основі математичного моделювання».

Проф. Дмитро Вакуленко

Навчальне видання

Артеріальна осцилографія: нові інформаційні можливості вимірювача артеріального тиску з програмним комплексом Оранта-АО

Навчально-методичний посібник

за редакцією
Д.В. Вакуленка, Л.О. Вакуленко

Підп. до друку 28.12.2023 р.
Формат 70x100/16. Гарнітура Times New Roman.
Папір офсетний. Друк цифровий.
Умовн. друк. арк. 44,20. Обл.-вид.арк. 42,91
Електронне видання.

Видавництво «Магнолія 2006»
м. Львів-53, 79053, Україна, тел.: +38 (050) 370-19-57
e-mail: magnol06@ukr.net
<https://magnolia.lviv.ua>

Свідоцтво про внесення суб'єкта видавничої справи
до Державного реєстру видавців, виготівників і розповсюджувачів
видавничої продукції: серія ДК №2534 від 21.06.2006 року,
видане Державним комітетом інформаційної політики,
телебачення та радіомовлення України

Надруковано у друкарні видавця Марченко Т. В.