

УДК 531.374:539.213

Ю.Б. Паляниця

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

ОБҐРУНТУВАННЯ МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ ФОНОКАРДІОСИГНАЛУ У ВИГЛЯДІ ІМПУЛЬСНОГО ПЕРІОДИЧНО КОРЕЛЬОВАНОГО ВИПАДКОВОГО ПРОЦЕСУ

Y.B. Palaniza

RATIONALE THE MATHEMATICAL MODEL OF THE SIGNAL AS A PULSE PERIODICALLY CORRELATED RANDOM PROCESS

Проведені дослідження свідчать про надзвичайну поширеність факторів ризику серцево-судинних захворювань в Україні, смертність від яких перевищує середньоєвропейський показник в 2, а окремих країн – в 3,5 рази. Тому актуальним завданням сучасної кардіології є своєчасне виявлення патології, проведення адекватного обстеження (діагностування) та лікування серцево-судинної системи.

Діагностика стану серцево-судинної системи (ССС) за фонокардіосигналом (ФКС) дає змогу встановити функціональні зміни на ранніх стадіях прогресування захворювання, та провести профілактичні заходи з метою недопущення можливих негативних наслідків патологічного процесу або ж провести відповідні реабілітаційні заходи в разі виявлення важких наслідків хвороби. Цей факт підтверджено авторами багатьох робіт медичного спрямування, такими як Л. І. Фогельсон, М. В. Черноручський, І. І. Савченков, С.Ф. Олійник, А.І. Кобленц-Мішке, Р. Лаэннек, А. Л. Мясніков та низка інших.

Вибір правильної стратегії лікування залежить від адекватності математичної моделі ФКС, на якій базується наявна діагностична апаратура, що уможлиблює встановлення діагнозу з високою точністю та достовірністю в автоматизованому режимі, а також простежити динаміку розвитку захворювання. Відомі два підходи щодо побудови математичних моделей ФКС: детермінований (Кебот і Додж (1925), Мангеймер (1941), Г. І. Касирським (1957)) та стохастичний (С.А. Лупенко). Такі підходи не мають 13 засобів оцінювання статистичної взаємопов'язаності між різними циклами однієї і тієї ж серії спостережень, а також властивої фонокардіосигналу повторюваності та випадковості, і не можуть бути використовуватися для своєчасного виявлення захворювання. Розширити можливості автоматизованих систем комп'ютерної діагностики дала можливість праця Осухівської Г.М. [1], де в термінах енергетичної теорії стохастичних сигналів, запропонованої Драганом Я.П. [2], обґрунтовано можливість використання періодично корельованого випадкового процесу як моделі для опису й аналізу тонового сигналу серця людини.

Однак така математична модель як теоретичний концепт не в змозі адекватно описати серцеву діяльність у відповідності з реальною фізіологічною природою серцевих скорочень, а лише розглядає роботу серця як процес, що повторюється в деяких межах через приблизно рівні проміжки часу. Вона не враховує вплив регуляції серцевого ритму (Шмидт-Фойгт, Keitx A, Flack MW, Aschoff KA, Tawara S, Harrison DC, Schroeder JS, Berke OK Graham AF. Rider AK, Stinson EB), як основного чинника, що включає в себе сино-атріальний вузол, який генерує збудження, що, в свою чергу, поширюється по структурах провідної системи (His W, Purkinje JP), спричиняючи послідовне скорочення ділянок міокарда та, відповідно, їх послідовне розслаблення (систола/діастола). Таким чином всі етапи серцевих скорочень/розслаблень відбуваються у відповідь на подразник, що задає серцевий ритм [3]. Фази серцевого циклу синхронізовані у відповідності до потенціалу дії рис. 1.

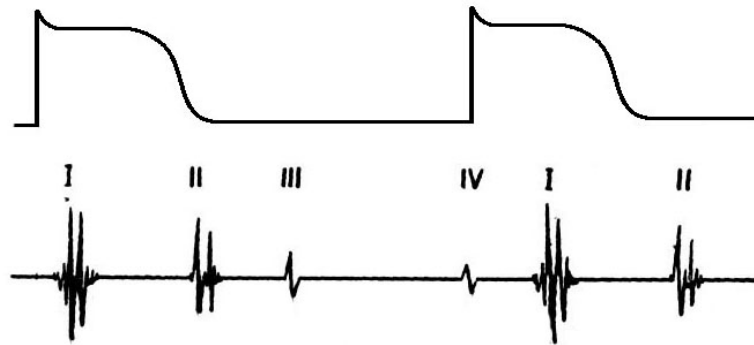


Рис. 1. Відповідність між тонами серця та фазами потенціалу дії робочих кардіоміоцитів

Припущено, що роботу серця можна описати «модуляцією» – кожен з послідовності імпульсів потенціалу дії спричиняє відповідь у вигляді серії послідовних рознесених в часі серцевих скорочень/розслаблень, при цьому форма, тривалість і фазові зсуви цих імпульсів можуть змінюватися в залежності від ступеня навантаження, емоційного стану та цілого комплексу інших екзогенних та ендогенних впливів. Відгуки також не будуть мати постійних параметрів, які, в свою чергу, будуть залежати від таких факторів як стан провідної системи (блокада ніжки пучка Гіса), опору структур потоку крові (пролапси, стенози, аневризми), постінфарктних рубців і ще багато іншого, що має велику діагностичну цінність.

Математична модель ФКС, як формальне відображення дійсності, повинна враховувати у своїй структурі наведені вище нюанси. Пропоную в якості адекватного ФКС математичного підходу використати модель у вигляді імпульсного періодично корельованого випадкового процесу (ІПКВП) класу π^T , що зображується у вигляді збіжного в \hbar^T подвійного ряду:

$$\xi(t) = \sum_{p \in Z} \sum_{k \in N} a_k(p) \Phi_k(t - pT), \quad (1)$$

де $a(p) = [a_k(p)]_{k \in N}$, $p \in Z$ – векторна стаціонарна послідовність;
 $\{\Phi_p(t), p \in N\}$ – трансляційний базис у функційному просторі $L^2(0, T)$;
 $a(n), n \in Z$ – послідовність трансляційних стаціонарних компонент.

Отже запропонована математична модель ФКС дасть змогу впровадити нові інформативно-інваріантні ознаки та на основі них побудувати метод опрацювання фонокардіосигналу для оперативного та своєчасного виявлення змін на ранніх стадіях патологічного процесу, що жодним чином себе не проявляє явно, що значно розширить можливості сучасних систем діагностики ССС людини.

Література

1. Осухівська Г. М. Математична модель тонового сигналу для діагностики стану клапанів серця людини: автореф. дис. канд. техн. наук: 01.05.02 / Г.М. Осухівська. - Тернопіль, 1999.
2. Драган Я.П. Енергетична теорія лінійних моделей стохастичних сигналів / Я.П. Драган – Львів: Центр стратегічних досліджень еко-біо-технічних систем, – 1997. – XVI+333с.
3. Карпман В.Л. Фазовый анализ сердечной деятельности / В.Л. Карпман – М., 1985.