

УДК 617.7-007.681

Ткачук А. – ст. гр. РМ_М-51

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ ТРАНСПОРТУВАННЯ ВНУТРІШНЬООЧНОЇ РІДИНИ В ДРЕНАЖНИХ СИСТЕМАХ ПРИ ГЛАУКОМІ

Науковий керівник: д.т.н., проф. Р.А. Ткачук

Tkachuk A. A.

Ternopil State Technical University named after Ivan Pul'uj

MODELING PROCESS OF TRANSPORTATION INTRAOCULAR FLUID IN DRAINAGE SYSTEMS WITH GLAUCOMA

Supervisor: prof. R. A. Tkachuk

Ключові слова: глаукома, внутрішньоочна рідина, дренажні системи.

Keywords: glaucoma, intraocular fluid, drainage systems

За допомогою очей людина сприймає 90% інформації, тому одним з важливих завдань є збереження зору пацієнта. Серед захворювань очей, що призводять до часткової або повної втрати зорових функцій є глаукома, яка характеризується підвищенням внутрішньоочного тиску (ВОТ) внаслідок змін в організмі та внутрішніх структурах ока. Глаукома є другою причиною виникнення сліпоти [1], за даними всесвітньої організації здоров'я у світі станом на 2010 рік налічується 68 мільйонів хворих на глаукому, більше 10% з них повністю втратили зір на обидва ока, а за прогнозом у 2020 році чисельність хворих на глаукому збільшиться до 79 мільйонів [2].

Сучасні проблеми зору, викликані захворюванням на глаукому, погіршують сприйняття інформації та додають незручності у житті людини. Глаукома – це патологічний стан з прогресуючою загибеллю аксонів гангліозних клітин, що спричиняє порушення поля зору, пов'язаного з високим ВОТ [3]. Симптомокомплекс глаукоми має наступні прояви: порушення гідродинаміки ока, непостійність ВОТ, підвищення рівня офтальмотонусу, атрофія зорового нерву з ексавацією і погіршенням зорових функцій [4]. Основною причиною глаукоми є зменшення руху та відтоку внутрішньоочної рідини, яка є важливим джерелом живлення внутрішніх структур ока, особливо трабекулярної мережі. Вона утворюється відростками циліарного тіла та транспортується до переднього сегменту очного яблука. Від циліарного тіла внутрішньоочна рідина надходить в задню камеру ока, а через зіницю в передню камеру ока. Нормальна швидкість утворення внутрішньоочної рідини 2-2,5 $\mu\text{л/хв}$ [3,4], тобто за добу через передній відділ ока витікає приблизно 3 мл рідини. Зниження відтоку внутрішньоочної рідини спричинене зниженням ефективності трабекулярної мережі та зміну кута передньої камери, що призводить до блокади трабекулярної мережі.

При лікуванні глаукоми найпоширенішими методами є медикаментозні, застосування лазерної терапії, трабекулетомії та вживлення дренажних пристроїв. Медикаментозні методи не завжди є ефективними та мають безліч побічних ефектів, а через особливості пацієнтів ускладнюється підбір медикаментів, від яких залежить лікування глаукоми і збереження зору пацієнта. Лазерні операції є більш ефективними, але їх ефект з часом зменшується через загоєння отворів від лазера, а повторні операції вже не забезпечують необхідного ефекту. Трабекулектомія – це утворення фістули для відтоку внутрішньоочної рідини. Операція має безліч побічних ефектів, а також утворення рубцевої блокади. Цей метод регулювання внутрішньоочного тиску є

залежним від кваліфікації хірурга, що створює високі ризики для пацієнта. Найдієвішим способом зменшення внутрішньоочного тиску та запобігання шкоди зору є імплантація шунтових дренажів, а саме імплантати Ahmed і Molteno [5,6]. Ці імплантати є ефективними засобами для зниження ВОТ навіть після попереднього невдалого лікування іншими методами та підходять для пацієнтів різного віку, проте в них не враховані регулюючі функції, а саме те, що при зниженні ВОТ існуючі клапани продовжують виводити рідину з постійною швидкістю, що може викликати гіпотонію та втрату зору. Через відсутність підбору розмірів дренажних трубок часто не враховуються особливості пацієнтів, що може призвести до неефективної операції і втрати зору. Тому запропоновано впровадження методу підбору дренажних трубок та розробка регулюючого клапана, який зможе відкриватись при підвищеному та закриватись при пониженому ВОТ, а це дозволить ефективно нормалізувати ВОТ та запобігти післяопераційним ускладненням, що є важливим науковим завданням. Тому такий підхід потребує розробки математичної моделі, яка описує рух і дію на стінки ока внутрішньоочної рідини, що дозволить підвищити ефективність застосування імплантованого клапана та врахувати індивідуальні особливості пацієнта.

Розроблено математичну модель напруження стінок ока на одиницю площі поперечного розрізу оболонки ока T_s :

$$T_s = \frac{1}{2d} \cdot \left(\frac{\frac{F}{1}}{R_d + R_z + R_u + R_1 + R_2 + R_3 + R_4} + (P_k - \alpha) \right) \cdot r_k, \quad (1)$$

де F – швидкість утворення рідини; P_k – тиск в кров'яних судинах ока; α – ригідність стінок кров'яних судин ока; r_k – радіус кривизни ока; d – товщина оболонки ока; R_d – опір діафрагми ока; R_z – опір кута передньої камери ока; R_u – опір увеосклерального відтоку; R_1 – опір увеальній трабекулі; R_2 – опір корнеосклеральній трабекулі; R_3 – опір юкстаканікулярній тканині; R_4 – опір шлемового каналу;

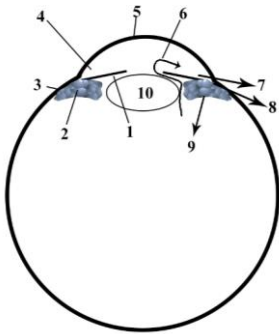


Рис. 1. Схематичне зображення проходження рідини в оці:

1 - діафрагма; 2 - циліарне тіло; 3 - склера; 4 - кут передньої камери; 5 - рогівка; 6 - рух внутрішньоочної рідини; 7 - трабекулярний шлях відтоку внутрішньоочної рідини; 8 - увеосклеральний шлях відтоку внутрішньоочної рідини; 9 - шлях проходження внутрішньоочної рідини від циліарного тіла; 10 - кришталик;

На основі математичної моделі руху внутрішньоочної рідини визначено дію сил на структури оболонки ока, враховано вплив індивідуальних параметрів пацієнта та особливостей транспортування рідини через трабекулярну мережу. Ці результати підтверджують потребу в розробці удосконаленого клапану, який враховуватиме особливості пацієнта і буде регулювати рівень тиску, що виключатиме недоліки існуючих клапанів і не допустить виникнення гіпотонії.

Література:

1. [електронний ресурс] <http://www.who.int/>
2. [електронний ресурс] <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/>
3. Ри Дуглас Дж. Глаукома: атлас / пер. с англ. под ред. С. Э. Аветисова, В. П. Еричева. - М. : ГЭОТАР-Медиа, 2010. - 472 с.
4. Нестеров А. П. Глаукома. - М.: МИА, 2008. - 358 с
5. Eid T.E., Katz L.J., Spaeth G.L., Augsburger J.J. Tube-shunt surgery versus neodymium: YAG cyclophotocoagulation in the management of neovascular glaucoma // Ophthalmology.- 1997.- Vol. 104.- No. 10.- P. 1692-1700.
6. Ho C.L., Wong E.Y., Chew P.T. Effect of diode laser contact transscleral pars plana photocoagulation on intraocular pressure in glaucoma // Clin. Experiment. Oph- thalmol.- 2002.- Vol. 30.- No. 5.- P. 343-347.