



УДК 517:519.178/612.13

АНАЛІЗ ТА ПОБУДОВА МОДЕЛІ СЕРЦЕВО-СУДИННОЇ СИСТЕМИ

Анастасія Олександрівна Новікова¹, Олександр Олександрович Новіков¹, Євгеній Володимирович Соловійов¹

¹ Кафедра Інформаційно-вимірювальних технологій електроніки та інженерії/Херсонський національний технічний університет, м. Херсон, Україна

Адреса для листування: Анастасія Новікова, к.т.н., доцент

Місце роботи: Кафедра Інформаційно-вимірювальних технологій електроніки та інженерії, Херсонський національний технічний університет

Email: gingary1979@gmail.com

Анотація. Наукова робота присвячена аналізу моделей серцево-судинної системи: математичних, динамічних, структурних, а також побудові регресійної моделі, як найбільш інформативної, на основі морфо-функціональної будови серцево-судинної системи. Був проведений системний аналіз функціонування серцево-судинної системи і на його основі, а також на основі існуючих моделей була побудована модель ССС.

Визначено основні характеристики моделі: стійкість, адекватність і інформативність. Установлено, що дана модель, відповідно до характеристик, може бути придатна для подальших аналізів у лабораторіях, медичних установах з метою діагностики і профілактики, хворих серцево-судинними захворюваннями..

Ключові слова: модель, серце, кров, нейромережа.

Вступ. До теперішнього часу накопичений значний банк даних про будову і функції судинної системи, нейрогуморальної регуляції кровообігу, сформульовані основні принципи організації системи управління кровообігом. І, проте, багато закономірностей діяльності серцево-судинної системи ще далекі від остаточного розуміння. Усебічні знання про функцію окремих судин ще не дають повного уявлення про регуляцію усього судинного дерева. Для цього необхідно враховувати архітектоніку кровоносного русла, жорсткість стінки і калібр судин різних генерацій галуження і ряд інших чинників. Рішення подібних завдань неможливе без використання апарату математичного моделювання. Існує досить багато математичних моделей усієї системи кровообігу і моделей регуляції потоку крові в окремих органах. На тлі неослабної гостроти серцево-судинних

захворювань актуальний всемірний розвиток кількісних методів дослідження механізмів кровообігу. Стає очевидним, що успішне рішення цієї проблеми можливе тільки при застосуванні методів математичного і комп'ютерного моделювання механізмів кровообігу. [1-3] Тому, на наш погляд, вибрана тема є актуальною.

Матеріали та методи дослідження. Метою роботи є створення математичної моделі серцево-судинної системи, що якнайповніше відбиває морфо-фізіологічний стан системи на основі існуючих моделей. Для досягнення поставленої мети в роботі були поставлені наступні завдання:

1. Проаналізувати роботу ССС з точки зору морфо-фізіологічного підходу. Розглянути роботу судин в стаціонарному і динамічному станах;

2. Проаналізувати існуючі моделі ССС: динамічні, нейромережеві, категорійні, знайти найбільш оптимальний метод моделювання ССС, який би відбивав морфо-фізіологічний стан системи;

3. На основі проведеного аналізу створити найбільш оптимальну модель ССС, що відбиває морфо-фізіологічний стан системи.

Об'єктом дослідження є процеси, що протікають в судинах в стаціонарному положенні і при різних впливах.

Предметом дослідження є методи і засоби моделювання ССС, у тому числі судин в стаціонарному і динамічному станах.

Методи дослідження побудовані на основі регресійного аналізу, який якнайповніше відбиває зовнішні і внутрішні зміни при різних імовірнісних станах системи.

Наукова новизна отриманих результатів :

- вдосконалена модель ССС за рахунок аналізу морфо-фізіологічних змін судин системи в стаціонарному і динамічному станах;

- побудована математична модель ССС, яка базується на результатах обстеження пацієнтів із захворюванням, - артеріальна гіпертонія;

- проведений порівняльний аналіз теоретичної і емпіричної моделей ССС з метою визначення їх інформативності, адекватності і стійкості.

Практична значимість отриманих результатів. Отримані результати досліджень надалі можуть бути використані в донозологічній діагностиці і ранніх стадіях захворювань ССС. Отримані моделі можуть бути використані в нанотехнологіях по розробці штучних систем живого організму..

Результати досліджень. В основу опису руху крові в кровоносній системі покладемо закони збереження маси й імпульсу (кількості руху).

Судини будемо вважати досить протяжними в порівнянні зі своїми поперечними розмірами (діаметром), що дозволяє використовувати для їхнього математичного опису квазіодномірне наближення [S].

Як просторову координату x виберемо довжину дуги (осі судини), що з'єднує центри перетину судини, яку будемо вважати круговим. Площа перетину $S(x, t)$ залежить від координати x і часу t . Швидкість руху крові будемо вважати спрямованої уздовж осі судини й позначати $u(x, t)$. Тиск у крові будемо позначати $p(x, t)$. Щільність крові ρ вважаємо постійною (нестислива рідина).

Облік фізичної в'язкості будемо проводити, розглядаючи кров як нестисливу рідину з коефіцієнтом кінематичної в'язкості ν . Локальну величину сили тертя з обліком квазіодномірності плинину оцінимо виходячи зі стаціонарного рішення Пуазейля [S] для труби круглого перетину. Також враховані ці показники при ламінарному і турбулентному русі рідини.

Одним з типових елементів судинної системи є ділянка, у якій сходяться кілька судин. По деяким із цих судин кров прибуває, а по іншим відбувається її відтік із зони розгалуження. Будемо вважати, що розгалуження судин локалізоване в малій просторовій області, у якій не відбувається застою крові. Це означає, що вся кров, що надходить в одиницю часу в зону розгалуження судин, повністю виходить із неї за те ж час. По артеріальній частині судинної системи кров надходить до тканин. Можна вважати, що процес проходження крові через тканини подібно фільтрації рідини через пористе середовище [4]. При цьому треба враховувати, що сумарна кількість крові, яка поступає у тканину за фіксований час може відрізнятись від кількості крові, що попала із тканини у вени за теж самий час.

Система, кровообігу являє собою мережу судин різних типів, що з'єднують різні органи. Як відзначалося вище, система кровообігу може бути умовно розбита на кілька класів елементів. У розглянутій постановці виділено чотири таких класи: серце, судини, вузли розгалуження, тканини. Проведемо формальний опис системи кровообігу. Кров нагнітається серцем у систему, що розгалужується, судин (аорта й т.д.). Точку, у якій з'єднуються кілька судин, назовемо вузлом розгалуження Судини можуть з'єднуються із тканинами, які моделюють відповідні органи. Після проходження тканин, кров по венозній частині судинної системи знову надходить у серце.

Обговорення результатів. Критерії адекватності підсумкової моделі відповідали необхідному рівню. Оцінки дисперсій помилок близькі до нуля. Проаналізовано основні механізми функціонування серцево-судинної системи на основі анатомічної й морфологічної будови ССС. Проведено аналіз роботи згідно відомих структурних, системних і динамічних моделей системи. Проаналізовано основні методи моделювання й визначено, що найбільш інформативним і стійким методом моделювання є регресійний аналіз, що і був використаний для розробки моделі ССС.

Проведено математичне моделювання ССС, засноване на морфо- фізіологічній будові системи. Проаналізовано всі можливі стани стаціонарної й динамічної системи судин. Проведено порівняльний аналіз теоретичної моделі з емпіричними даними.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Физиология кровообращения. Физиология сердца. Л.: Наука. -1980. – С. 72-82.
2. Кузнецов Г.В., Яшин А.А. Моделирование сердечно-сосудистой системы человека методами внешней алгебры с привлечением понятия субпроективного пространства // Вестник новых медицинских технологий. Тула, 1997. Т. 4. - С. 13-16.
3. Кузнецов Г.В., Яшин А.А. Векторные поля и их приложения в гемодинамике // Теория приближений и гармонический анализ. Тезисы докл. межд. конференции. Тула, 1998. С. 139-140.; Kuznetsov G.V., Yashin A.A. Hemodynamics of the human cardiovascular system in turbulent blood flow // Russian Journal of Biomechanics. Vol. 4. -P. 86-92, 2000.
4. Новиков В.А. СОГЛАСОВАННОСТЬ РЕАКЦИИ СЕРДЕЧНО –СОСУДИСТОЙ СИСТЕМЫ И МОРФОЛОГИИ БИОЖИДКОСТИ В РАЗНОМ ВОЗРАСТЕ // Биомедицинская инженерия и электроника. – 2013. – № 1;
URL: biofbe.esrae.ru/184-917 (дата обращения: 12.11.2017)..