

Ковальова Анастасія Андріївна, студент,
Аврунін Олег Григорович, професор, д-р техн. наук,
Харківський національний університет радіоелектроніки

МОЖЛИВОСТІ ОЦІНКИ МІКРОЦИРКУЛЯЦІЇ ЗА ДОПОМОГОЮ КАПІЛЯРОСКОПІЇ

Актуальним питанням сучасної медицини є пошук нових методів діагностики, що дозволяють виявити найдрібніші зміни ще на доклінічному етапі [1, 2]. Вивчення системи мікроциркуляції вельми важливо для діагностики, оцінки тяжкості і характеру перебігу патологічних процесів в організмі людини, прогнозування їх динаміки, контролю за ефективністю лікування. Для дослідження мікроциркуляції традиційно застосовують біомікроскопического методи дослідження капілярного кровотоку. Головна перевага цих методів полягає в можливості оцінки таких показників, як діаметр мікросудин, пасаж крові по ним, агрегатний стан крові, щільність розташування капілярів, що неможливо при будь-якій іншій неінвазивної методикою. Одним з таких найбільш актуальних і перспективних методів є капіляроскопія [2, 3].

Метою дослідження є оцінка показників мікроциркуляції таких як діаметру мікросудин, розмірів периваскулярної зони та швидкості капілярного кровотоку за допомогою капіляроскопії [1, 2].

У роботі використовуються прилади для візуалізації кровотоку: портативний капіляроскоп, капіляроскоп, створений в СРСР декілька десятків років тому та сучасний імпортований капіляроскоп. Розглянута фізична модель капіляра.

Капіляри відіграють ключову роль у підтримці гомеостазу в організмі, забезпечуючи обмін кисню, поживних речовин і продуктів обміну між тканинами і кров'яним руслом. У той же час вони першими реагують на вплив факторів зовнішнього середовища, забезпечуючи пристосування місцевої гемодинаміки до потреб організму. Зміни в капілярному ланці тісно корелюють зі зрушеннями в центральній гемодинаміці, що дозволяє використовувати параметри мікроциркуляції в якості прогностичних і діагностичних критеріїв для оцінки загального фізичного стану та здоров'я обстежуваних осіб.

Відома класифікація порушень мікроциркуляції для формування медичного висновку про міру вираженості розладів гемодинаміки [3]. Вона створена на основі кількісних характеристик, таких як величина периваскулярної зони і швидкості кровотоку.

Початковим етапом цього аналізу є оцінка розмірів посудин, співвідношення їх відділів. Для цього використовувалася калібрувальний мікрометричний слайд. Знявши зображення шкали мікрометра, при кожному робочому збільшенні мікроскопа і вказавши відому відстань в режимі калібрування, задається коефіцієнт перерахунку на реальні одиниці довжини в міжнародній системі СІ [4].

У капіляроскопії калібрувальний слайд застосовується для проведення калібрування цифрової системи візуалізації мікроскопа для подальшого

автоматичного вимірювання відстаней. Знявши зображення шкали мікрометра, при кожному робочому збільшенні мікроскопа і вказавши відоме відстань в режимі калібрування, Ви задаєте коефіцієнт перерахунку на реальні одиниці довжини в міжнародній системі СІ (метр, міліметр, мікрометр, нанометр і т.д.).

Ключові моменти методики полягають у наступному:

- фотографування шкали окуляр-мікрометра при обраному збільшенні мікроскопа і фіксованих параметрах зйомки;
- визначення ціни її поділу при вибраних параметрах зйомки за допомогою об'єкт-мікрометра;
- зміна розміру зображення будь-яким графічним редактором таким чином, щоб ціна ділення шкали окуляр-мікрометра при вибраних параметрах зйомки співпала з найближчим цілим і зручним у використанні значенням;
- впровадження в зображення шкали числа, що позначає ціну поділки.

За підсумками були отримані наступні результати. Портативний капіляроскоп не є придатним для калібрування і проведення даного експерименту, він може використовуватися виключно з метою демонстрації кровотоку, але не отримання параметрів. Наступний капіляроскоп, що є якісним, але несучасним, вже підлягає калібруванню і має достатню збільшення для якісного розгляду вимірювальної шкали, установки масштабу. Але збільшення даного приладу не вистачає для того, щоб в повній мірі розглянути капіляри пацієнта - вони видно не чітко і занадто малі.

При проведенні експерименту з найбільш сучасним капіляроскопом були отримані позитивні результати. Даний вимірювальний прилад підлягає калібруванню і має відповідне збільшення, що дає можливість встановлювати різні параметри капіляра, такі як радіус, довжина, величина периваскулярні зони, співвідношення відділів - артеріального і венозного.

Розглядаючи капіляри в динаміці, проводяться виміри швидкості капілярного кровотоку. Основні механізми регуляції гемодинаміки спрямовані саме на те, щоб об'ємна швидкість кровотоку відповідала потребам органів в кровоточу та обчислювалась за формулою

$$Q = (P_1 - P_2) / R, \quad (1)$$

де Q – об'ємна швидкість, P_1 – тиск на початку труби, P_2 – тиск у кінці труби, R – опір руху рідини в трубі.

Згідно із загальними законами гемодинаміки опір потоку крові по посудинах залежить від довжини посудин, їх діаметру і в'язкості крові :

$$R = (8hl) / \pi r^4 \quad (2)$$

де R – опір, h – в'язкість крові, l – довжина посудин, r – радіус посудин.

Також важливим показником гемодинаміки є лінійна швидкість кровотоку, що є відстанню, яку частка крові проходить за одиницю часу в тій або іншій посудині.

Висновки. Таким чином, дослідження допомогло встановити, що вивчення мікроциркуляції за допомогою такого методу як капіляроскопія дозволяє виявити початкові морфологічні і функціональні зміни при розвитку ряду захворювань [4, 5]. В процесі дослідження були оцінені та візуалізовані [6]

найважливіші показники мікроциркуляції. Оцінивши ці параметри, можна судити про наявність і стадію розладу мікроциркуляції. Було проведено перший етап калібровки та з'ясовано, що декілька капіляроскопів можуть використовуватись лише з метою візуалізації, бо використовуючи їх у дослідженні, отримати параметри кровотоку неможливо. Перспективами даного дослідження є оцінка перфузійного індексу та обробка якісних показників кровотоку таких як прозорість, колір периваскулярного фону, яскравість, насиченість судини.

Список використаних джерел

1. Oleg G. Avrunin, Natalia O. Shushlyapina, Yana V. Nosova, Wojciech Surtel, Aron Burlibay, Maral Zhassandykyzy. Method of expression of certain bacterial microflora mucosa olfactory area. Proc. SPIE 9816, Optical Fibers and Their Applications, 2015, 98161L (December 18, 2015), doi:10.1117/12.2229074.
2. Avrunin O.G., Nosova Y.V., Shuhlyapina N.O., Zlepko S.M., Tymchuk S.V., Hotra O., Imanbek B., Kalizhanova A., Mussabekova A., Principles of computer planning in the functional nasal surgery. Przegląd Elektrotechniczny 93(3)/2017, 140-143.
3. Lutchik U.V. Modern opportunities of capillaroscopy. - 2004, p. 36-38
4. Розробка комп'ютерної системи визначення порушень гемомікроциркуляції / А.А. Ковальова, С.А. Худаєва, Н.О. Шушляпіна, О.Г. Аврунін // Матеріали науково-практичної конференції з міжнародною участю Актуальні питання клінічної та виробничої трансфузіології. – Харків. – 2019. – С. 17.
5. Носова, Я. В. Разработка метода экспресс диагностики бактериальной микрофлоры полости носа / Я. В. Носова, Х. Фарук, О. Г. Аврунин // Проблемы інформаційних технологій. – Херсон, 2013. – № 13. – С. 99-104.
6. Гурфинкель Ю.И., Кузнецов М.И., Певгов В. Г. Устройство и способ неинвазивного исследования характеристик капилляров и капиллярного кровотока. Режим доступа: <http://bd.patent.su/2389000-2389999/pat/servlet/servlet34cf.html>.
7. Аврунин О. Г. Опыт разработки биомедицинской системы цифровой микроскопии / О. Г. Аврунин // Прикладная радиоэлектроника. – 2009. – Т.8. – № 1. – С. 46-52.
8. Аврунин О.Г. Визуализация вентролатерального ядра таламуса головного мозга человека / О. Г. Аврунин, В. В. Семенец, С. Ю. Масловский// Радиоэлектроника и информатика.– 1998.– № 1/(2). – С. 132– 134
9. Oleg G Avrunin, Yana V Nosova, Victor G Paliy, Natalia O Shushlyapina, Maksat Kalimoldayev, Paweł Komada, Azhan Sagymbekova. Study of the air flow mode in the nasal cavity during a forced breath. Proceedings Volume 10445, Photonics Applications in Astronomy, Communications, Industry, and High Energy Physics Experiments 2017; 104453H (2017); doi: 10.1117/12.2280941
10. Аврунін О.Г., Безшапочний С.Б., Бодянський Є.В., Семенець В.В., Філатов В.О. Інтелектуальні технології моделювання хірургічних втручань. – Харків : ХНУРЕ, 2018. – 224 с.