

УДК 681.7

*Н.В. Мороз, студент гр. ПК-42
НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського»*

ВИКОРИСТАННЯ МЕТОДУ ФОТОПЛЕТИЗМОГРАФІЇ ДЛЯ ВИМІРЮВАННЯ ПУЛЬСУ

Анотація. Розглянуто неінвазійний метод фотоплетизмографії для реєстрації пульсової хвилі, його переваги у застосування порівняно з іншими відомими методами. Описано особливості та реалізацію методу.

Ключові слова: пульсова хвиля, фотоплетизмографія, реографія, сфінгомографія, інфрачервоний світлодіод, фото транзистор.

ВСТУП

Останні статистичні дані свідчать, що кількість українців, які мають захворювання серцевої системи, складає близько 50% від всього населення країни [1]. Несвоєчасне виявлення серцево-судинних захворювань призводить до хронічних проблем зі здоров'ям та летальних наслідків.

Основними причинами виникнення та розвитку судинних патологій називають підвищений артеріальний тиск (13% від загального числа смертей у світі), за ним — тютюнопаління (9%), підвищений рівень цукру в крові (6%), відсутність фізичної активності (6%), надмірна маса тіла/ожиріння (5%) [2]. Таким чином своєчасне виявлення порушень роботи серцево-судинних органів дозволяє уникнути багатьох негативних наслідків для організму людини, а тому є надзвичайно актуальною задачею сучасності.

Головним інформативним параметром функціонального стану людини є пульс. Дослідження цього параметру дозволяє виявити на ранніх стадіях різні хвороби, а також контролювати процес лікування пацієнта.

З огляду на сучасний ритм життя більшості людей, доцільним є проведення вимірювання пульсу під час виконання фізичного навантаження або стресових ситуацій. Однак ці фактори дозволяють застосовувати не кожен існуючий метод дослідження пульсуючої хвилі. На практиці широко застосовуються методи, що дозволяють якісно та кількісно оцінити параметри кровоносної системи. Найпоширенішими серед них є електроконтактний, механічний та оптичний методи. Проте не кожен з них є достатньо інформативним, точним, безпечним та економічним.

МЕТОДИ ВИЗНАЧЕННЯ ПАРАМЕТРІВ КРОВОНОСНОЇ СИСТЕМИ

Електроконтактний метод ґрунтується на реографії – спосіб діагностування кровотоку в певних тканинах, конкретних органах або всього організму в цілому. Метою даного виду дослідження є графічна реєстрація змін електропровідності конкретного органу, які спровоковані коливаннями пульсу кровотоку. Реограму записують за допомогою реографа, до складу якого входить блок живлення, генератор струму високої частоти, підсилювач, записуючий прилад і електрод.

Недоліками такого методу є формування загального висновку про стан судинної системи шляхом аналізу однієї кривої на реограмі. Роздільна здат-

ність обмежується реєстрацією зниження кровонаповнення усієї судинної системи, а не конкретної судини. Крім того, важливими параметрами, що впливають на показники реограми є ще й геометричні параметри електродів, відстані між ними та інші фактори, що впливають на струм високої частоти. Через це необхідним є використання розчинів, які зменшують ємнісну складову, що у свою чергу ускладнює систему діагностики пульсуючої хвилі.

Інший метод для безконтактного дослідження кровообігу людини механічний (сфігмографія), який ґрунтується на графічній реєстрації пульсу (сфігмограм). Для запису сфігмограм застосовують датчики, які розташують над сонною артерією або поверхнево розташованими артеріями кінцівок. Синхронний запис цих кривих дозволяє виміряти час запізнення периферійного пульсу по відношенню до центрального і визначити швидкість поширення пульсової хвилі.

Проте, даний метод рідко застосовується в практичній медицині і відноситься до аналітичних методів, а не діагностичних. Крім того, використовуючи даний метод, необхідно враховувати вплив артефактів пов'язаних з рухом і диханням суб'єкту, якість сенсора, що відображаються на зареєстрованій сфігмограмі у вигляді сильних спотворень графіку. Вищезазначене накладає ще одну умову при проведенні дослідження – сфігмографічні датчики необхідно встановлювати лише на аорті, що обмежує можливе розміщення приладу на різних частинах та ділянках тіла [3].

Оптимальна методика для вимірювання пульсу повинна відповідати ряду вимог: неінвазивність, простота, надійність, відтворюваність, можливість отримання експрес-результату. Одним з таких, що володіє перерахованими вище якостями, є метод фотоплетізмोगрафії, заснований на визначенні обсягу крові в мікросудинному потоці тканини.

ОСОБЛИВОСТІ МЕТОДУ ФОТОПЛЕТИЗМОГРАФІЇ

Усі людські органи містить тканину і об'єм, що заповнений кров'ю. При цьому обсяг тканин постійний, а обсяг крові змінюється в залежності від фази серцевого циклу. Ці зміни залежать від дихання, терморегуляції і активності симпатичної нервової системи та підлягають реєстрації.

Метод фотоплетізмोगрафії полягає у реєстрації оптичної щільності тканини. Досліджувану ділянку просвічують інфрачервоним випромінюванням, яке потім потрапляє на фотоперетворювач. Довжина хвилі випромінюваного світла має бути підібрана таким чином, щоб він поглинався еритроцитами в артеріальному потоці крові. Інтенсивність кровотоку залежить від кількості крові в досліджуваній тканині. Зареєстрований сигнал за таких умов називається фотоплетізмогограмою, оцінювання якої проводиться за певними параметрами.

Розрізняють два способи реєстрації кровообігу – в режимі просвітлення та режимі відбиття (рис. 1) [4].

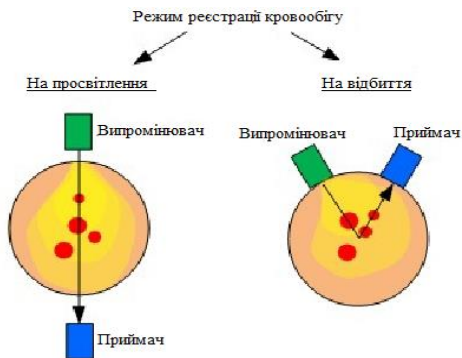


Рис. 1. Способи розташування датчиків для реєстрації кровообігу

Спосіб на просвітлення дозволяє встановлювати датчик на палець або мочку вуха, адже випромінювач має повністю просвітити ділянку дослідження наскрізь, а розташований перпендикулярно приймач фіксує світловий потік який пройшов через палець.

Принцип дії другого способу (на відбиття) полягає у тому, що світловий потік від випромінювача потрапляє на певну ділянку тіла, при цьому частина світла поглинається, а частина відбивається та потрапляє на приймач. Цей спосіб є більш універсальним, так як є можливість розташовувати датчик на будь якій ділянці тіла за умови забезпечення повного контакту з ним [5].

РЕАЛІЗАЦІЯ МЕТОДУ ФОТОПЛЕТИЗМОГРАФІЇ

В якості випромінювача можна використовувати інфрачервоний світлодіод, що випромінює світло, яке потім реєструється фототранзистором (рис. 2) [6].



Рис. 2. Датчик для методу палацовий фотоплетизмографія (дослідження відбитого сигналу)

Оптичний датчик для методу фотоплетизмографії характеризується простою конструкції, необхідними параметрами та можливістю кріплення на різних ділянках тіла, зокрема слизових оболонках людського організму без стиснення тканин. Крім того вплив електромагнітних зарядів відсутній. Не-

великим недоліком, який необхідно враховувати під час калібрування, є варіації властивостей різних об'єктів дослідження. Зокрема це різна товщина шкіри, пігментація тощо.

ВИСНОВОК

Застосування методу фотоплетизмографії у відбитому випромінюванні дозволяє отримувати інформативні сигнали двома способами: сигнал, що характеризує об'ємні зміни кровонаповнення судин/або тканин, та відбитий від тканини світловий потік промодульований переданими на поверхню шкіри коливаннями пульсового тиску в артерії.

Таким чином, перевагами використання методу фотоплетизмографії є неінвазивність, висока точність, висока інформаційна ємність світлового поля, висока швидкість розповсюдження оптичних сигналів. Крім того, оптичне випромінювання є природним для організму, а тому не завдає шкоди. Датчик для реалізації методу має просту конструкцію, не створює впливу електромагнітних завад та надає можливість дослідження судин в будь-якій частині шкіри та слизових оболонок людського організму без стиснення тканин.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Коваленко М.В. Серцево-судинні хвороби: медично-соціальне значення та стратегія розвитку кардіології в Україні / В.М. Коваленко, А.П. Дорогой // Український кардіологічний журнал. - 2016. - № 3. - С. 5-14.
2. Дудник С. Серцево-судинні захворювання в Україні [Електронний ресурс] // Ваше здоров'я: кардіологія. – Доступ: <http://www.vz.kiev.ua/sercevo-sudinni-zaxvoryuvannya-v-ukrayini-prognozi-nevtishni/> – останній доступ: 13.04.2018. – Назва з екрану.
3. Валтерис А.Д. Сфигмография как метод оценки изменения гемодинамики под влиянием физической загрузки / А.Д. Валтерис– Рига: Зинатне, 1988. – 131 с.
4. Алпатов А. [Електронний ресурс] // Как умные часы, спортивные трекеры и прочие гаджеты измеряют пульс? Часть 1 – Доступ: https://geektimes.ru/company/darta_systems/blog/246856/ – останній доступ: 06.03.2015
5. Павлов С. В. Фотоплетизмографічні технології контролю серцево-судинної системи : монографія / С. В. Павлов, В. П. Кожем'яко, В. Г. Петрук, П. Ф. Колісник. – Вінниця: УНІВЕРСУМ-Вінниця. – 2007. – 254 с.
6. [Електронний ресурс] // Датчик пульса – Доступ: <http://makerplus.ru/wiki/datchik-pulsa>

Науковий керівник: ас. Лисенко Ю.Ю.