

ЗАСТОСУВАННЯ ФОТОПЛЕТИЗМОГРАФІЇ У КОНТРОЛІ СЕРЦЕВОГО РИТМУ ПІД ЧАС РЕАБІЛІТАЦІЙНИХ ВПРАВ

Харківський національний університет радіоелектроніки

Анотація

У тезах представлено аналіз застосування фотоплетизмографії для контролю серцевого ритму під час реабілітаційних вправ. Розглянуто переваги методу фотоплетизмографії як безперервного моніторингу серцевої діяльності, його точність під час фізичних навантажень та можливість оцінки варіабельності серцевого ритму. Особливу увагу приділено адаптації фізичних навантажень за допомогою фотоплетизмографічного контролю, а також проблемі артефактів руху та способам їх усунення. Окреслено перспективи інтеграції фотоплетизмографії з іншими сенсорними технологіями у клінічній практиці.

Ключові слова: фотоплетизмографія, серцевий ритм, реабілітація, варіабельність серцевого ритму, моніторинг, фізичне навантаження, сенсорні технології.

Фотоплетизмографія (ФПГ) є неінвазивним методом оптичного моніторингу, який дозволяє оцінювати серцевий ритм шляхом аналізу змін об'єму крові в периферичних судинах, зокрема за допомогою оптичних сенсорів, вмонтованих у смарт-годинники, браслети та інші носимі пристрої [1]. У контексті реабілітаційних вправ, особливо після серцево-судинних захворювань, ФПГ набуває особливого значення завдяки своїй здатності забезпечувати безперервний та точний контроль за серцевою діяльністю пацієнтів.

Однією з ключових переваг ФПГ є її здатність до безперервного моніторингу серцевого ритму під час фізичних навантажень різної інтенсивності. Дослідження показали, що ФПГ може забезпечити надійний моніторинг пульсу та інтервалів між ударами серця під час високої інтенсивності інтервальних тренувань, що є важливим для реабілітації пацієнтів після серцевих подій [2]. Зокрема, під час реабілітаційних програм важливо визначити рівень адаптації серцево-судинної системи до навантаження [3]. У цьому аспекті показники ЧСС у фазі відновлення, отримані з ФПГ, можуть бути використані як прогностичні маркери серцевого ризику [4].

Технології дистанційного моніторингу з використанням фотоплетизмографії набувають особливої актуальності в умовах телемедицини. Пристрої на базі ФПГ дозволяють не лише лікарю, а й самому пацієнту отримувати оперативну інформацію про стан серцево-судинної системи, своєчасно коригувати інтенсивність навантажень, уникати перенапруги та запобігати аритміям [5].

Крім того, ФПГ дозволяє оцінювати варіабельність серцевого ритму (ВСР), яка є важливим показником вегетативної регуляції серцевої діяльності. ВСР може бути використана для оцінки ефективності реабілітаційних програм та адаптації фізичних навантажень відповідно до індивідуальних потреб пацієнтів. Дослідження показали, що ФПГ може забезпечити точне вимірювання ВСР навіть у пацієнтів похилого віку, що є важливим для контролю за станом серцево-судинної системи в цій групі пацієнтів [6].

У контексті реабілітаційних вправ, використання ФПГ дозволяє забезпечити персоналізований підхід до контролю за серцевим ритмом. Завдяки можливості безперервного моніторингу, лікарі можуть адаптувати програми реабілітації відповідно до індивідуальних реакцій пацієнтів на фізичні навантаження. Це сприяє підвищенню ефективності

реабілітаційних заходів та зменшенню ризику ускладнень і може використовуватися при застосуванні телемедицини сервісів [7].

Сучасні дослідження фокусуються також на впровадженні алгоритмів машинного навчання для автоматичної обробки ФПГ-сигналів, що значно підвищує достовірність аналізу навіть за наявності рухових артефактів. Завдяки цьому фотоплетизмографія все частіше використовується у клінічних реабілітаційних протоколах для пацієнтів після інфаркту міокарда, операцій на серці, а також при лікуванні хронічної серцевої недостатності [8].

У порівнянні з традиційними методами контролю, ФПГ надає перевагу у можливості безперервного збору даних у домашніх умовах, зменшуючи необхідність частих відвідувань клініки. Це сприяє не лише підвищенню ефективності реабілітації, але й забезпечує високий рівень мотивації пацієнта до дотримання рекомендованого режиму тренувань.

Таким чином, фотоплетизмографія є перспективним інструментом у сфері фізичної реабілітації завдяки поєднанню точності, зручності та технологічної інтегрованості. Її подальший розвиток, особливо у напрямі персоналізованої медицини та цифрових платформ здоров'я, дозволить значно підвищити якість медичного супроводу пацієнтів із серцево-судинними захворюваннями у процесі відновлення.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Vermunicht P., Verberckt C., Makayed K. Validity of the Fitbit Inspire 2 heart rate monitor: impact of device placement, wrist movement, and sport activities // *European Journal of Preventive Cardiology*. 2024.
2. Vijgeboom T., Muller M., Ebrahimkheil K. та ін. Evaluation of photoplethysmography-based monitoring of pulse rate, interbeat-intervals, and oxygen saturation during high-intensity interval training // *BioMedical Engineering OnLine*. 2024. Vol. 23. P. 114.
3. Аврунин О. Г. Особенности исследования носового дыхания при физических нагрузках / О. Г. Аврунин, Я. В. Носова, С. А. Худяева. // Тези доповіді 5-й всеукраїнської науково-практичної конференції «Здоров'я нації та вдосконалення фізкультурно-спортивної освіти в Україні». – 2018. – С. 117–119.
4. Kaltsatou A., Foster J., Ikäheimo T.M. Climate change and cardiovascular health: photoplethysmography in monitoring dynamic upper-body exercise // *Frontiers in Physiology*. 2024.
5. Ramezani R., Iranmanesh S., Naeim A. AI-driven patient monitoring based on PPG // *Frontiers in Digital Health*. 2025.
6. Verkruijsse W., Svaasand L.O., Nelson J.S. Remote plethysmographic imaging using ambient light // *Optics Express*. 2008. Vol. 16, № 26. P. 21434–21445.
7. Avrunin, O., Kolisnyk, K., Nosova, Y., Tomashevskyi, R., & Shushliapina, N. (2020). Improving the methods for visualization of middle ear pathologies based on telemedicine services in remote treatment. Paper presented at the 2020 IEEE KhPI Week on Advanced Technology, KhPI Week 2020 - Conference Proceedings, 347- 350. doi:10.1109/KhPIWeek51551.2020.9250090.
8. Liu K., Tang J., Jiang Z., et al. Summit Vitals: Multi-Camera and Multi-Signal Biosensing at High Altitudes Using vPPG // *arXiv preprint*. 2024.

Коршчіков Андрій Миколайович – аспірант кафедри біомедицинської інженерії, Харківський національний університет радіоелектроніки, м.Харків, andrii.korshchikov@nure.ua.

APPLICATION OF PHOTOPLETHYSMOGRAPHY FOR HEART RATE CONTROL DURING REHABILITATION EXERCISES

Abstract

This paper presents an analysis of the application of photoplethysmography for heart rate monitoring during rehabilitation exercises. The advantages of this non-invasive method for continuous cardiac activity monitoring are discussed, along with its accuracy during physical activity and the ability to assess heart rate variability. Particular attention is given to adapting physical loads through photoplethysmographic feedback and to the issue of motion artifacts and methods of their compensation. The prospects of integrating photoplethysmography with other sensor technologies in clinical practice are also highlighted.

Keywords: photoplethysmography, heart rate, rehabilitation, heart rate variability, monitoring, physical exercise, sensor technologies.

Korshchikov Andrii Mykolaiovych – Postgraduate student, Department of Biomedical Engineering, Kharkiv National University of Radio Electronics, Kharkiv, andrii.korshchikov@nure.ua.