

УДК 621.391:004.93:616.12-073.97(075.8)621.38:61(0.75.8)

АНАЛИЗ ЭЛЕКТРОКАРДИОСИГНАЛОВ ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ ДИАГНОСТИЧЕСКИХ ПРИЗНАКОВ ПОСТТРАВМАТИЧЕСКОЙ МИОКАРДИОДИСТРОФИИ

Н. Г. ИВАНУШКИНА¹, Е. О. ИВАНЬКО¹, Е. С. КАРПЛЮК¹, О. В. ЧЕСНОКОВА, И. А. ЧАЙКОВСКИЙ²,
С. В. СОФИЕНКО², Г. В. МЯСНИКОВ²

¹Национальный технический университет Украины
«Киевский политехнический институт им. Игоря Сикорского»,
Украина, Киев, 03056, пр-т Победы 37

²Национальный военно-медицинский клинический центр
«Главный военный клинический госпиталь»,
Украина, Киев,

Аннотация. В статье исследованы возможности применения метода электрокардиографии высокого разрешения (ЭКГ ВР) для диагностики посттравматической миокардиодистрофии, имеющей многофакторный генезис. На основе клинических исследований выполнены численные эксперименты по обработке и анализу электрокардиосигналов военнослужащих после минно-взрывных ранений. Разработан комплексный метод анализа электрокардиосигналов, основанный на сочетании вейвлет-анализа, разложения в базисе собственных векторов и анализа главных компонент. С помощью разработанного метода исследовано, что низкоамплитудные изменения в ЭКГ сигнале при посттравматической миокардиодистрофии имеют низкочастотный характер, который связан с медленными электрофизиологическими процессами. Показано, что данные низкочастотные низкоамплитудные компоненты проявляются на высоких уровнях (8-й и 9-й) детализации при 9-ти уровне вейвлет-разложения усредненных кардиоциклов. На основе метода главных компонент предложены и определены интегральные параметры для выявления признаков посттравматической миокардиодистрофии: сумма квадратов проекций сигналов на собственные подпространства (H_k) и средние значения собственных чисел ковариационных матриц ансамблей электрокардиосигналов (λ_{cp}).

Ключевые слова: ЭКГ ВР; посттравматическая миокардиодистрофия; вейвлет-анализ; базис собственных векторов; анализ главных компонент

ВВЕДЕНИЕ

При травмах любой локализации наряду с нарушением функций пораженного органа возникает общая реакция организма — травматическая болезнь [1, 2]. Со стороны сердечно-сосудистой системы травматическая болезнь чаще всего проявляется в виде миокардиодистрофии.

Миокардиодистрофия представляет собой невоспалительное поражение сердечной мыш-

цы в виде нарушений ее метаболизма под влиянием внесердечных факторов. Дистрофия миокарда происходит из-за недостатка энергообеспечения клеток сердца и изменения проницаемости каналов для ионов Ca^{2+} . Следствием данных процессов могут быть нарушение сердечного ритма и недостаточность сократительной функции сердца [3].

В основу работы легли клинические исследования пациентов, которые находились на ле-

DOI: [10.20535/S0021347017090047](https://doi.org/10.20535/S0021347017090047)

© Н. Г. Иванушкина, Е. О. Иванько, Е. С. Карплюк, О. В. Чеснокова, И. А. Чайковский, С. В. Софиенко, Г. В. Мясников, 2017

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Khazaie, H.; Saidi, M. R.; Sepehry, A. A.; Knight, D. C.; Ahmadi, M.; Najafi, F.; Parvizi, A. A.; Samadzadeh, S.; Tahmasian, M. Abnormal ECG patterns in chronic post-war PTSD patients: a pilot study. *Int. J. Behav. Med.*, v.20, n.1, p.1-6, 2013. DOI: [10.1007/s12529-011-9197-y](https://doi.org/10.1007/s12529-011-9197-y).
2. İlhan, E.; Kaplan, A.; Güvenç, T. S.; Biteker, M.; Karabulut, E.; Işıklı, S. Electrocardiographic features of patients with earthquake related posttraumatic stress disorder. *World J. Cardiol.*, v.5, n.3, p.60-64, 2013. DOI: [10.4330/wjcv5.i3.60](https://doi.org/10.4330/wjcv5.i3.60).
3. Исаева А.Д. Миокардиодистрофия. Причины, симптомы, признаки, диагностика и лечение патологии. URI: <http://www.polismed.com/articles-miokardio-distrofija-prichiny-simptomu-priznaki.html>.
4. *Военно-полевая хирургия*: учебник. Под ред. Е. К. Гуманенко. 2-е изд., изм. и доп. М.: ГЭОТАР-Медиа, 2008. URI: <http://www.studmedlib.ru/book/ISBN9785970409114.html>.
5. Иванушкина, Н.Г.; Иванько, К.О. *Цифровая обработка низкоамплитудных компонент электрокардиосигналов*: навч. посіб. Николаїв, 2014. 184 с.
6. Рангайян, Р. М. *Анализ биомедицинских сигналов. Практический подход*. Пер. с англ. под ред. А.П.Немирко. М.: ФИЗМАТЛИТ, 2007. 440 с.
7. Ivanushkina, N.; Chesnokova, O.; Ivanko, K.; Karplyuk, Y.; Chaikovskiy, I.; Sofienko, S.; Mjasnikov, G. Formation of the diagnostic HR ECG features of post-traumatic myocardial dystrophy. *Proc. of 2016 IEEE 36th Int. Conf. on Electronics and Nanotechnology*, ELNANO, 19-21 Apr. 2016, Kiev, Ukraine. IEEE, 2016, p.206-209, DOI: [10.1109/ELNANO.2016.7493049](https://doi.org/10.1109/ELNANO.2016.7493049).
8. Иванушкина, Н.Г.; Иванько, Е.О.; Чеснокова, О.В.; Чайковский, И.А. Вейвлет-анализ электрокардиосигналов для выявления признаков посттравматической миокардиодистрофии. *Вісник НТУУ «КПІ». Серія Радіотехніка. Радіоапаратобудування*, № 65, с.90-98, 2016. URI: <http://radap.kpi.ua/radiotechnique/article/view/1221>.
9. Seena, V.; Yomas, J. A review on feature extraction and denoising of ECG signal using wavelet transform. *Proc. of 2014 2nd Int. Conf. on Devices, Circuits and Systems*, ICDCS, 6-8 Mar. 2014, Combiatore, India. IEEE, 2014, p.1-6, DOI: [10.1109/ICDCSyst.2014.6926190](https://doi.org/10.1109/ICDCSyst.2014.6926190).
10. Haque, A. K.; Ali, M. H.; Kiber, M. A.; Hasan, M. T. Detection of small variations of ECG features using wavelet. *ARPN J. Eng. Appl. Sci.*, v.4, n.6, p.27-30, 2009. URI: http://www.arpnjournals.com/jeas/research_papers/rp_2009/jeas_0809_223.pdf.
11. Castells, F.; Laguna, P.; Sörnmo, L.; Bollmann, Andreas; Roig, J. M. Principal component analysis in ECG signal processing. *EURASIP J. Adv. Signal Process.*, v.2007, Article ID 74580, 21 pages, 2007. DOI: [10.1155/2007/74580](https://doi.org/10.1155/2007/74580).
12. Martis, Roshan Joy; Acharya, U. Rajendra, Mandana, K. M.; Ray, A. K.; Chakraborty, Chandan. Application of principal component analysis to ECG signals for automated diagnosis of cardiac health. *Expert Systems with Applications*, v.39, n.14, p.11792-11800, 2012. DOI: [10.1016/j.eswa.2012.04.072](https://doi.org/10.1016/j.eswa.2012.04.072).

Поступила в редакцию 24.10.2016

После переработки 16.06.2017