

УДК 616.12-008.46-002.2-073.7

DOI: <https://doi.org/10.17816/brmma63710>

Научная статья



ПРИМЕНЕНИЕ ДИСТАНЦИОННОГО МОБИЛЬНОГО МОНИТОРИРОВАНИЯ С ПОМОЩЬЮ ЭЛЕКТРОКАРДИОГРАФА ECG-DONGLE У ПАЦИЕНТОВ, СТРАДАЮЩИХ ХРОНИЧЕСКОЙ СЕРДЕЧНОЙ НЕДОСТАТОЧНОСТЬЮ

Д.С. Фролов, В.В. Салухов, Е.А. Изилиева, И.А. Степаненко, Т.С. Свеклина

Военно-медицинская академия имени С.М. Кирова МО РФ, Санкт-Петербург, Россия

Резюме. Обосновывается актуальность дистанционного контроля состояния пациента, ранней диагностики и своевременного выявления предвестников ухудшения течения хронической сердечной недостаточности с помощью систем телемониторинга. Обследовано 10 пациентов (4 женщины и 6 мужчин в возрасте 64 ± 12 лет), страдающих сердечной недостаточностью с высоким риском неблагоприятных исходов, средняя фракция выброса левого желудочка составила $34,4 (32,1; 37,6) \%$, а также 10 здоровых мужчин (контрольная группа, средний возраст 21 ± 3 года). Каждый участник был снабжен комплектом для домашнего мониторинга и связи (планшетный компьютер с доступом в интернет, мобильный электрокардиограф ECG-Dongle). Также для участников был разработан индивидуальный план лечения сердечной недостаточности и сопутствующих заболеваний. Получаемое изображение с помощью мобильного электрокардиографа полностью соответствует данным стационарного электрокардиографа в 12 отведениях. Применение мониторинга электрокардиограммы с помощью удаленного доступа решает задачу своевременного персонализированного выявления предикторов ухудшения состояния системы кровообращения пациента, при этом помогает выявить возможную причину дестабилизации течения сердечной недостаточности, что способствует своевременной коррекции терапии на ранних этапах. В настоящее время в системах телемониторинга стали внедрять мобильные вычислительные технологии для обеспечения удаленного доступа, передачи данных и обработки информации. Система дистанционного реабилитационного наблюдения на основе мобильной связи может быть использована в качестве вспомогательной модели амбулаторной помощи при ведении пациентов, страдающих хронической сердечной недостаточностью. Полагаем, что благодаря использованию таких систем работа с пациентом может быть более эффективной, а именно, повышен самоконтроль поведения и улучшено качество жизни, что, в свою очередь, может привести к снижению частоты повторных госпитализаций и смертности пациентов, страдающих хронической сердечной недостаточностью.

Ключевые слова: телемедицина; электрокардиограф; дистанционное мобильное мониторингирование; удаленный доступ; хроническая сердечная недостаточность; система кровообращения; сниженная фракция выброса левого желудочка; КардиоОблако.

Как цитировать:

Фролов Д.С., Салухов В.В., Изилиева Е.А., Степаненко И.А., Свеклина Т.С. Применение дистанционного мобильного мониторингирования с помощью электрокардиографа ECG-Dongle у пациентов, страдающих хронической сердечной недостаточностью // Вестник Российской военно-медицинской академии. 2021. Т. 23, № 4. С. 71–78. DOI: <https://doi.org/10.17816/brmma63710>

DOI: <https://doi.org/10.17816/brmma63710>

Scientific article

APPLICATION OF REMOTE MOBILE MONITORING USING THE “ECG-DONGLE” ELECTROCARDIOGRAPH IN PATIENTS WITH CHRONIC HEART FAILURE

D.S. Frolov, V.V. Saluhov, E.A. Izilyaeva, I.A. Stepanenko, T.S. Svekline

Military Medical Academy named after S.M. Kirov of the Ministry of Defense of the Russian Federation, Saint Petersburg, Russia

ABSTRACT: The urgency of remote monitoring of the patient's condition, early diagnosis, and timely detection of precursors of deterioration during chronic heart failure using the telemonitoring systems is substantiated. We examined 10 patients (4 women and 6 men aged 64 ± 12 years) suffering from a heart failure with a high risk of adverse outcomes, the mean left ventricular ejection fraction was 34.4% (32.1%; 37.6%), as well as 10 healthy men (control group, mean age 21 ± 3 years). Each participant was provided with a home monitoring and communication kit (tablet computer with the Internet access, mobile ECG-Dongle electrocardiograph). Also, an individual plan for the treatment of heart failure and associated diseases was developed for the participants. The resulting image using a mobile electrocardiograph “ECG-Dongle” fully corresponds to the data of a stationary 12-lead electrocardiograph. The use of monitoring the electrocardiogram using a remote access solves the problem of timely personalized identification of predictors of deterioration in the patient's circulatory system, while helping to identify a possible cause of destabilization of the course of heart failure, which contributes to the timely correction of the therapy in the early stages. Mobile computing technologies for a remote access, data transfer, and information processing are now being introduced in telemonitoring systems. The remote rehabilitation monitoring system based on the mobile communication could be used as an auxiliary model of outpatient care in the management of patients suffering from a chronic heart failure. We believe that by using such systems, work with the patient could be more effective, namely, self-control of behavior and improved quality of life, which in turn, could lead to a decrease in the rate of the repeated hospitalizations and mortality of the patients suffering from a chronic heart failure.

Keywords: telemonitoring; electrocardiograph; remote mobile ECG monitoring; remote access; chronic heart failure; circulatory system; reduced left ventricular ejection fraction; «CardioCloud».

To cite this article:

Frolov DS, Saluhov VV, Izilyaeva EA, Stepanenko IA, Svekline TS. Application of remote mobile monitoring using the “ecg-dongle” electrocardiograph in patients with chronic heart failure. *Bulletin of the Russian Military Medical Academy*. 2021;23(4):71–78. DOI: <https://doi.org/10.17816/brmma63710>

Received: 19.03.2021

Accepted: 24.08.2021

Published: 20.12.2021

ВВЕДЕНИЕ

В последнее время в системах телемониторинга стали использоваться мобильные вычислительные технологии для обеспечения удаленного доступа, передачи и обработки информации [1]. Мобильные технологии облегчают как регистрацию электрокардиограммы (ЭКГ) в течение нескольких недель или месяцев, так и сбор других жизненно важных данных и клинически значимой информации. Мобильные устройства ЭКГ также позволяют проводить клинические исследования в тех масштабах, которые до сих пор были недоступны. Теперь представляется возможным собрать данные ЭКГ даже от нескольких пациентов в разных странах за короткий промежуток времени. Более того, мобильные технологии делают регистрацию ЭКГ доступной не только для медицинских работников, но и для пациентов.

За последнее десятилетие мобильные технологии явно изменили повседневную жизнь. Можно ожидать, что их влияние на клиническую практику будет столь же глубоким. Применение передовых методов сбора и обработки данных ЭКГ с помощью мобильных устройств является лишь одним из аспектов этого изменения.

В настоящее время использование мобильной технологии ЭКГ не имеет широкого признания и принятия в клинических рекомендациях. Проверенные клинические данные, показывающие реальную пользу новых мобильных технологий ЭКГ, могут быть получены в крупных, рандомизированных, многоцентровых исследованиях. Клиническая практика, скорее всего, будет усовершенствована, когда станут доступны результаты исследований. Предполагается, что внедрение таких систем может привести к положительному эффекту работы с пациентом, повышению самоконтроля поведения и улучшению качества жизни, что, в свою очередь, может привести к снижению частоты повторной госпитализации и смертности пациентов, страдающих хронической сердечной недостаточностью (ХСН) [2–5].

Цель исследования — дистанционный контроль состояния пациента, ранняя диагностика и выявление предикторов ухудшения течения ХСН.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В исследовании принимали участие 20 человек, проходивших обследование и лечение в 1-й клинике (терапии усовершенствования врачей) Военно-медицинской академии им. С.М. Кирова в 2019 г. Из них 10 пациентов (4 женщины и 6 мужчин в возрасте 64 ± 12 лет), страдающих ХСН II–III функционального класса (ФК) по классификации Нью-Йоркской ассоциации сердца, (New York Heart Association — NYHA) и сниженной фракцией выброса (ФВ) левого желудочка (ЛЖ) (средняя

фракция выброса $34,4$ ($32,1$; $37,6$ %) ишемической и неишемической этиологии для оценки возможной пользы от дистанционного мониторинга и лечения, а также 10 здоровых мужчин (контрольная группа, средний возраст 21 ± 3 года). Участники исследования были снабжены комплектом для домашнего мониторинга и связи (смартфон или планшет пациента, электрокардиограф ECG-Dongle) (рис.1).

Кардиофлешка устройства ECG-Dongle — инновационная разработка компании «Нордавинд» (Россия), позволяющая регистрировать ЭКГ в домашних условиях. Она подключается к любому смартфону на базе Android и iOS через стандартный OTG-кабель. Данные считываются с помощью 4 электродов устройства ECG-Dongle или 10 электродов устройства ECG-Dongle full (рис. 2), в зависимости от модели можно регистрировать 6 или 12 отведений, которые любой человек может легко установить самостоятельно, следуя инструкции [6].

На экран смартфона выводятся показатели частоты пульса, уровня стресса и кардиограмма, тем самым с его помощью можно снять не только ЭКГ, но и проконтролировать уровень стресса и частоту пульса, что позволит получить более объемную информацию о состоянии организма. Полученные данные можно сохранить в мобильном приложении смартфона в формате PDF, MIT-BIN



Рис. 1. ЭКГ-устройство ECG-Dongle, 4 электрода
Fig. 1. ECG-device «ECG-Dongle», 4 electrodes



Рис. 2. ЭКГ-устройство ECG Dongle full, 12 электродов
Fig. 2. ECG-device «ECG-Dongle full», 12 electrodes

и EDF для последующей распечатки или оперативно отправить лечащему врачу либо в облачный сервис «КардиоОблако» для получения рекомендаций врача-кардиолога. Прибор для работы не требует каких-либо батареек, не содержит собственных элементов питания и работает от аккумулятора смартфона или планшета. Мобильное приложение для работы с кардиофлешкой распространяется бесплатно и доступно на Google Play и App Store [<https://cardio-cloud.ru/>].

Для каждого участника был разработан индивидуальный план лечения сердечной недостаточности и сопутствующих заболеваний.

Статистическая обработка результатов исследования проводилась с помощью пакета программ Statistica 7.0 (Statsoft, США). Количественные данные представлены как *Me* (25; 75%), где *Me* — медиана, 25; 75% — интерквартильный размах в виде 25 и 75% процентилей.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

На 1-м этапе сравнивались данные, полученные с помощью мобильного ЭКГ-устройства и с помощью стационарного электрокардиографа в 12 отведениях. Полученные данные совпали в 10 случаях из 10. Сравнивались интервалы P-Q, R-R, Q-T, зубец P и комплекс QRS. Один из примеров сравниваемых кардиограмм представлен на рис. 3, 4.

Таким образом, дистанционное мобильное ЭКГ-мониторирование с помощью устройства ECG-Dongle может стать действительно важным и полезным устройством для работы клиницистов и углубленного ведения пациентов на длительный срок.

На 2-м этапе работы проводился дистанционный ЭКГ — контроль с помощью устройства ECG-Dongle full (1 раз в неделю) за состоянием 10 пациентов, страдающих

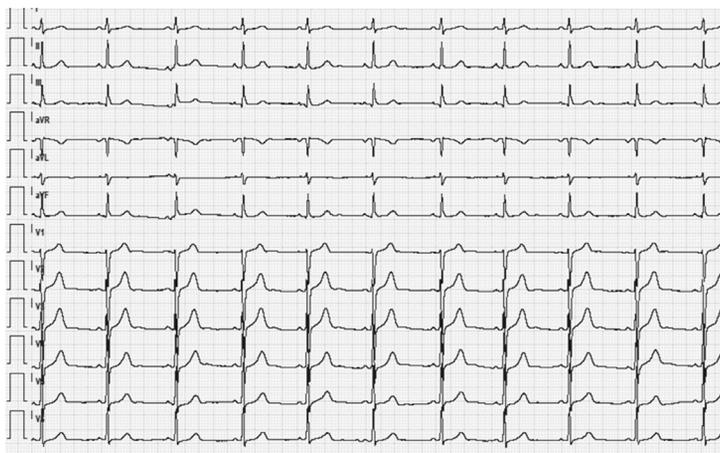


Рис. 3. Пациент Б., 20 лет. ЭКГ, записанная стационарным электрокардиографом: P — 80 мс, P-Q — 160 мс, QRS — 90 мс, Q-T — 420 мс. Ритм синусовый, нормальное положение электрической оси сердца (ЭОС)

Fig. 3. Patient B., 20 years old. ECG recorded by a stationary electrocardiograph: P — 80 ms, P-Q — 160 ms, QRS — 90 ms, Q-T — 420 ms. Sinus rhythm, normal position of the electrical axis of the heart

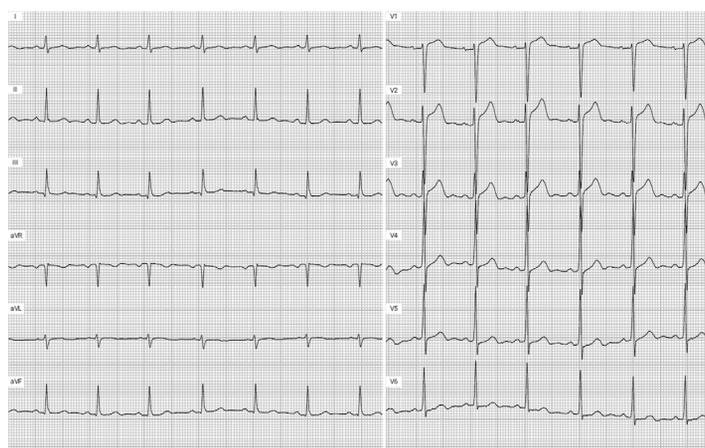


Рис. 4. Пациент Б., 20 лет. ЭКГ, записанная устройством ECG-Dongle: P — 80 мс, P-Q — 160 мс, QRS — 90 мс, Q-T — 420 мс. Ритм синусовый, нормальное положение ЭОС

Fig. 4. Patient B., 20 years old. ECG recorded by a device «ECG-Dongle»: P — 80 ms, P-Q — 160 ms, QRS — 90 ms, Q-T — 420 ms. Sinus rhythm, normal position of the electrical axis of the heart

ХСН II–III ФК по классификации NYHA со сниженной ФВ ишемической и неишемической этиологии на протяжении 12 недель (табл.). Пациент самостоятельно или с помощью родственника регистрировал ЭКГ, используя устройство ECG-Dongle full и результаты отправлял на электронную почту врачам-исследователям. Наложение электродов происходит так же, как и при регистрации традиционной ЭКГ. Примеры кардиограмм у исследуемых пациентов, записанных с помощью мобильного ЭКГ-устройства ECG-Dongle, представлены на рис. 5–8.

Установлено, что наиболее частыми причинами ухудшения течения ХСН явились возникновение пароксизма фибрилляции предсердий (ФП), переход постоянной формы ФП из нормосистолии в тахисистолию, появление частой экстрасистолии, дестабилизация течения гипертонической болезни. Причем изменения

на ЭКГ зачастую предшествовали клиническим проявлениям. Таким образом, полученные данные позволяют предупредить значимое клиническое ухудшение течения ХСН.

Нами предложен алгоритм использования мобильной системы ЭКГ-мониторинга у пациентов кардиологического профиля, страдающих ХСН (рис. 9).

Таким образом, применение дистанционного ЭКГ-мониторинга с помощью устройства ECG-Dongle решает задачу персонализированного выявления предвестников ухудшения состояния системы кровообращения пациента, а также выявляет возможную причину дестабилизации течения заболевания.

Результаты проведенного исследования показывают, что система дистанционного реабилитационного наблюдения на основе мобильной связи может быть

Таблица. Выявленная патология при использовании мобильной системы ЭКГ-мониторинга

Table. Identified pathology when using a mobile ECG monitoring system

Показатель	Пациенты, страдающие ХСН	Здоровые
Синусовая брадикардия	2	5
Синусовая тахикардия	5	3
Частая наджелудочковая экстрасистолия	6	0
Частая желудочковая экстрасистолия	3	0
Впервые выявленная мерцательная аритмия	1	0
Пароксизм мерцательной аритмии	2	0
Постоянная форма мерцательной аритмии, тахисистолическая форма	2	0
Блокада левой ножки пучка Гиса	3	0
Блокада правой ножки пучка Гиса	2	5
Депрессия сегмента S–T	2	0

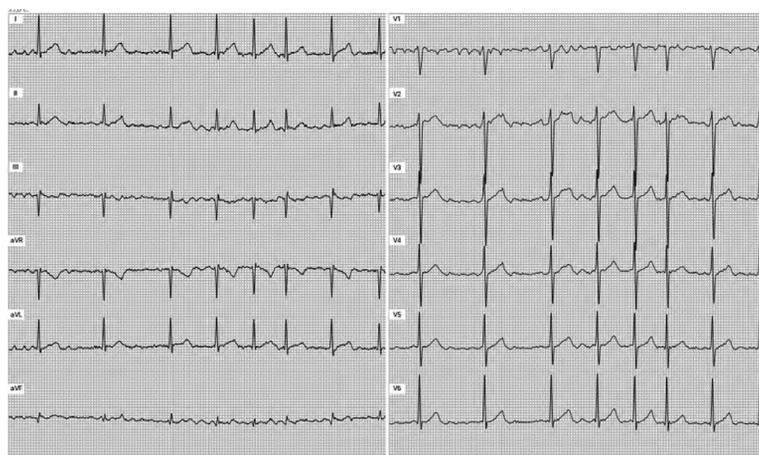


Рис. 5. Пациент И., 56 лет. На ЭКГ, записанной мобильным ЭКГ-устройством ECG-Dongle full, зарегистрирован пароксизм фибрилляции предсердий

Fig. 5. Patient I., 56 years old. Atrial fibrillation paroxysm was recorded on the ECG recorded by the mobile ECG device "ECG-Dongle full"



Рис. 6. Пациент К., 72 года. Ритм трепетания предсердий, неправильная форма с атриовентрикулярным (АВ) проведением 2:1—4:1. ЭОС отклонена резко влево. Блокада передней ветви левой ножки пучка Гиса

Fig. 6. Patient K., 72 years old. Atrial flutter rhythm, irregular shape with atrioventricular (AV) conduction 2:1—4:1. EOS is deflected sharply to the left. Anterior branch block of the left bundle branch

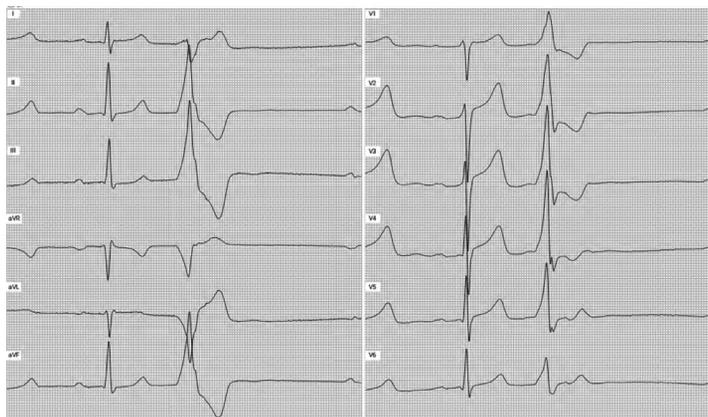


Рис. 7. Пациент С., 67 лет. Синусовый ритм. Нормальное положение ЭОС. Одиночная конкордантная базальная желудочковая экстрасистола

Fig. 7. Patient S., 67 years old. Sinus rhythm. EOS normal position. Single concordant basal ventricular premature beats

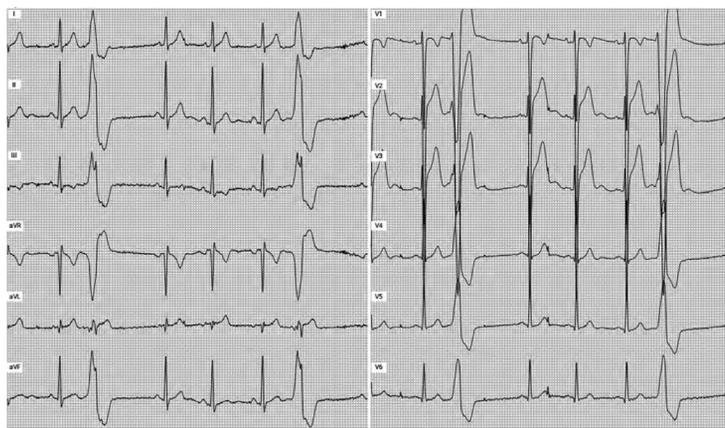


Рис. 8. Пациент Е., 50 лет. Синусовый ритм. Нормальное положение ЭОС. Одиночные монотопные, мономорфные правожелудочковые экстрасистолы

Fig. 8. Patient E., 50 years old. Sinus rhythm. EOS normal position. Single monotypic, monomorphic right ventricular premature beats

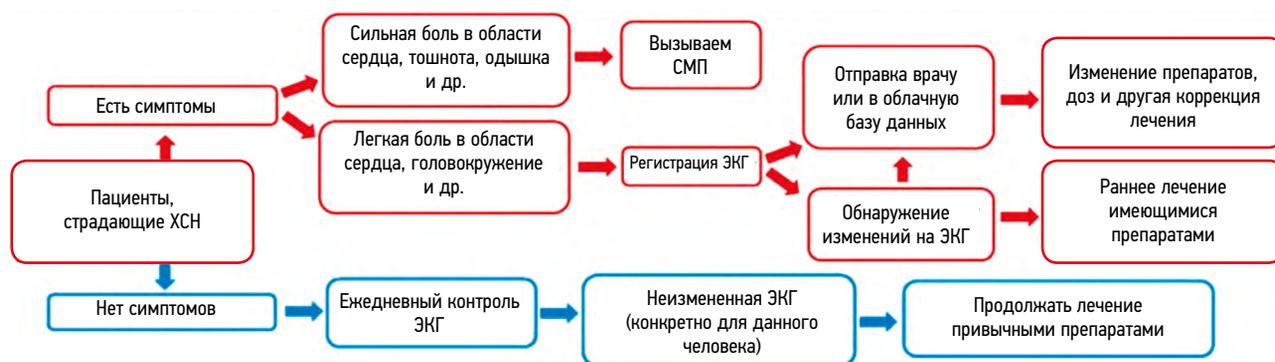


Рис. 9. Алгоритм использования мобильной системы ЭКГ-мониторинга у пациентов кардиологического профиля, страдающих ХСН. СМП — скорая медицинская помощь

Fig. 9. Algorithm for using a mobile ECG monitoring system in cardiac patient with CHF. MEOP — Medical emergency onboard

использована в качестве вспомогательной модели амбулаторной помощи при ведении больных, страдающих ХСН. Комплексным благоприятствующим фактором является повышение мотивированности пациентов к реабилитации и лечению при вовлечении их в процесс самопомощи и улучшения качества коммуникации «врач — пациент».

ВЫВОДЫ

1. Получаемое изображение ЭКГ с помощью устройства ECG-Dongle полностью соответствует данным стационарного электрокардиографа в 12 отведениях.

2. У пациентов ЭКГ-предвестниками ухудшения течения ХСН являются возникновение пароксизма ФП, переход постоянной формы ФП из нормосистолии в тахисистолию, появление частой экстрасистолии.

3. Система дистанционного ЭКГ-мониторинга на основе мобильной связи может быть использована в качестве вспомогательной модели амбулаторной помощи при ведении больных, страдающих ХСН.

Финансирование статьи и конфликт интересов между авторами статьи и производителем системы ECG-Dongle отсутствуют.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Владимирский А.В., Лебедев Г.С. Телемедицина. Москва: ГЭОТАР-Медиа, 2018. 576 с.
2. SUPPORT-HF 2 Investigators and Committees. Home monitoring with IT-supported specialist management versus home monitoring alone in patients with heart failure: Design and baseline results of the SUPPORT-HF 2 randomized trial // *Am Heart J*. 2019. Vol. 208. No. 1. P. 55–64.
3. Крюков Е.В., Зарецкий А.П., Кириллова К.К., и др. Анализ современных тенденций в области электрофизиологических исследований персистирующей формы фибрилляции предсердий // *Вестник новых медицинских технологий*. 2017. Т. 24, № 4. С. 89–104. DOI: 10.12737/article_5a38f5d0ee1814.76985721

4. Громыко Г.А., Крюков Е.В. Внезапная сердечная смерть пациентов с постинфарктным кардиосклерозом и имплантированным кардиовертером-дефибриллятором – нужна ли дальнейшая стратификация риска? // *Вестник Российской военно-медицинской академии*. 2017. № 3. С. 228–231.
5. Ойоткинова О.Ш., Ермаков Н.А., Шкловский Б.Л., и др. Роль техногенных факторов в развитии сердечно-сосудистых заболеваний // *Кремлевская медицина. Клинический вестник*. 2019. № 4. С. 37–44. DOI: 10.26269/5cvy-tz32
6. ЭКГ сделает флэшка // *Современная кардиология*. 2017. № 2. С. 3.

REFERENCES

1. Vladzimirsky AV, Lebedev GS. Telemedicine. Moscow: GEOTAR-Media; 2018. 576 c. (In Russ.).
2. SUPPORT-HF 2 Investigators and Committees. Home monitoring with IT-supported specialist management versus home monitoring alone in patients with heart failure: Design and baseline results of the SUPPORT-HF 2 randomized trial. *American Heart Journal*. 2019;1:55–64.
3. Kryukov EV, Zaretsky AP, Kirillova KK., et al. Analysis of current trends in the field of electrophysiological studies of persistent atrial fibrillation. *Bulletin of New Medical Technologies*. 2017;24(4):89–104. (In Russ.). DOI: 10.12737/article_5a38f5d0ee1814.76985721

4. Gromyko GA, Kryukov EV. Sudden cardiac death in patients with postinfarction cardiosclerosis and an implanted cardioverter-defibrillator – is further risk stratification necessary? *Bulletin of the Russian Military Medical Academy*. 2017;3(59):228–231. (In Russ.).
5. Oynotkinova OSh, Ermakov NA, Shklovsky BL, et al. The role of technogenic factors in the development of cardiovascular diseases. *Kremlin Medicine Clinical Bulletin*. 2019;4:37–44. DOI: 10.26269/5cvy-tz32
6. Flash drive will perform an ECG. *Modern Cardiology*. 2017;2:3.

ОБ АВТОРАХ

***Дмитрий Сергеевич Фролов**, кандидат медицинских наук; e-mail: froloff_82@mail.ru; ORCID: 0000-0002-4625-2671; SCOPUS: 48761185800; SPIN-код: 4089-0078

Владимир Владимирович Салухов, доктор медицинских наук, доцент; e-mail: vlasaluk@yandex.ru; ORCID: 0000-0003-1851-0941; SCOPUS: 55804184100; SPIN-код: 4531-6011

Изиляева Елизавета Анатольевна, e-mail: izi_li55@bk.ru; ORCID: 0000-0003-2756-8686; SPIN-код: 1311-5535

Иван Александрович Степаненко, кандидат медицинских наук; e-mail: icetp@rambler.ru; ORCID: 0000-0001-6436-5656; SPIN-код: 9174-8800

Татьяна Сергеевна Свеклина, кандидат медицинских наук; e-mail: icetp@rambler.ru; ORCID: 0000-0001-9546-7049; SCOPUS: 3700129990; SPIN-код: 3561-6503

AUTHORS INFO

***Dmitriy S. Frolov**, candidate of medical sciences; e-mail: froloff_82@mail.ru; ORCID: 0000-0002-4625-2671; SCOPUS: 48761185800; SPIN code: 4089-0078

Vladimir V. Salukhov, doctor of medical sciences, доцент; e-mail: vlasaluk@yandex.ru; ORCID: 0000-0003-1851-0941; SCOPUS: 55804184100; SPIN code: 4531-6011

Elizaveta A. Izilyaeva, e-mail: izi_li55@bk.ru; ORCID: 0000-0003-2756-8686; SPIN code: 1311-5535

Ivan A. Stepanenko, candidate of medical sciences; e-mail: icetp@rambler.ru; ORCID: 0000-0001-6436-5656; SPIN code: 9174-8800

Tatyana S. Svekлина, candidate of medical sciences; e-mail: sveklina@rambler.ru; ORCID: 0000-0001-9546-7049; SCOPUS: 3700129990; SPIN code: 3561-6503

* Автор, ответственный за переписку / Corresponding author