



УДК 616.1

DOI 10.17802/2306-1278-2022-11-1-112-123

## СОВРЕМЕННЫЕ СПОСОБЫ ДИСТАНЦИОННОГО НАБЛЮДЕНИЯ И РЕАБИЛИТАЦИИ ПАЦИЕНТОВ С СЕРДЕЧНО-СОСУДИСТЫМИ ЗАБОЛЕВАНИЯМИ

И.Н. Ляпина, Т.Н. Зверева, С.А. Помешкина

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Научно-исследовательский институт комплексных проблем сердечно-сосудистых заболеваний», Сосновый бульвар, 6, Кемерово, Российская Федерация, 650002

### Основные положения

- В обзоре суммированы последние достижения в области дистанционных мониторинговых систем, освещены основные преимущества и ограничения современных методов удаленного контроля и реабилитации пациентов с сердечно-сосудистой патологией.

### Резюме

Устройства для дистанционного мониторинга показателей здоровья и реабилитации с использованием возможностей телемедицины становятся все более востребованными при сердечно-сосудистых заболеваниях. Современные технологии выступают доступными и надежными помощниками медицинского персонала, позволяя отслеживать показатели пациентов в домашних условиях, обеспечивают раннее выявление нежелательных событий и своевременно оповещают о необходимости обращения за медицинской помощью. В обзоре обобщены последние достижения в области амбулаторных дистанционных мониторинговых систем диагностики и динамического контроля больных сердечно-сосудистой патологией, а также в кардиореабилитации. Суммированы основные преимущества и ограничения методов удаленного отслеживания состояния здоровья, обсуждены особенности внедрения в клиническую практику.

### Ключевые слова

Телемедицинские технологии • Устройства дистанционного мониторинга • Кардиореабилитация • Сердечно-сосудистые заболевания

Поступила в редакцию: 28.01.2021; поступила после доработки: 16.10.2021; принята к печати: 03.12.2021

## MODERN METHODS OF REMOTE MONITORING AND REHABILITATION OF PATIENTS WITH CARDIOVASCULAR DISEASES

I.N. Lyapina, T.N. Zvereva, S.A. Pomeskina

Federal State Budgetary Institution "Research Institute for Complex Issues of Cardiovascular Diseases", 6, Sosnoviy Blvd., Kemerovo, Russian Federation, 650002

### Highlights

- The review summarizes the latest achievements in the field of remote patient monitoring, highlights the main advantages and limitations of modern methods of remote monitoring and rehabilitation of patients with cardiovascular diseases.

### Abstract

Devices for remote health monitoring and rehabilitation that use modern telemedicine technologies are becoming more and more widespread in cardiovascular disease management. Modern technologies are affordable and reliable assistants for healthcare professionals, they assist in monitoring patients "at home", early detection of adverse events, and timely notification of the need for medical help. The review summarizes the latest achievements in the field of remote patient monitoring for ambulatory management, diagnostics, dynamic monitoring, and cardiac rehabilitation of patients with cardiovascular diseases. The main advantages and limitations of remote patient monitoring technologies are presented, and methods for the implementation of these technologies are discussed.

Для корреспонденции: Ирина Николаевна Ляпина, zaviirina@mail.ru; адрес: Сосновый бульвар, 6, Кемерово, Россия, 650002

Corresponding author: Irina N. Lyapina, zaviirina@mail.ru; address: 6, Sosnoviy Blvd., Kemerovo, Russia, 650002

**Keywords**

Telemedicine technologies • Devices for remote cardiac monitoring • Remote cardiac rehabilitation • Cardiovascular diseases

*Received: 28.01.2021; received in revised form: 16.10.2021; accepted: 03.12.2021***Список сокращений**

АД – артериальное давление	ЧСС – частота сердечных сокращений
ССЗ – сердечно-сосудистые заболевания	ЭКГ – электрокардиография/электрокардиограмма
ФП – фибрилляция предсердий	ХМ ЭКГ – холтеровские мониторы ЭКГ
ФПГ – фотоплетизмография	

**Введение**

Сердечно-сосудистые заболевания (ССЗ) и их осложнения – одни из лидирующих причин преждевременной смертности и инвалидности населения [1]. Это диктует необходимость своевременной верификации ССЗ и дальнейшей динамической оценки состояния пациента, а также совершенствования методов вторичной профилактики.

В последнее десятилетие в мировой практике активно используют устройства для дистанционного длительного непрерывного мониторинга состояния кардиологического больного, а также диагностики таких ССЗ, как нарушения ритма и проводимости сердца, ишемические события, апноэ сна, артериальная гипертензия [2, 3]. Методы удаленного контроля показателей гомеостаза актуальны и для пациентов, нуждающихся в реабилитации, в том числе после инфаркта миокарда и кардиохирургических вмешательств.

Целесообразность дистанционного мониторинга больных ССЗ с помощью портативных устройств объясняется практичностью и доступностью, компактностью и удобством при пролонгированном использовании. Помимо этого, удаленное отслеживание состояния пациентов осуществляется в комфортных для них (домашних) условиях, при этом обеспечивает незамедлительное оповещение о событиях, требующих срочной медицинской помощи или госпитализации (ишемия, нарушения ритма, повышение/снижение артериального давления (АД)) [4, 5]. Некоторые портативные устройства не требуют очного визита пациента для обслуживания: контролировать функционирование девайса можно дистанционно, что важно при их использовании лицами, проживающими в регионах, отдаленных от крупных городов с развитой кардиологической службой, в том числе в сельской местности [5]. Наибольшее развитие отмечено на рынке устройств удаленного контроля кардиореспираторной системы больных в США и странах Европы [2], однако и на территории Российской Федерации в последние годы наблюдается интенсивный рост количества потребителей дистанционных медицинских технологий [6, 7].

Актуальность широкого применения такого подхода значительно возросла во время пандемии COVID-19 – вследствие ограничения возможности очного консультирования пациентов с ССЗ. Зарубежные периодические издания изобилуют информацией об активном внедрении за последний год методов цифровизации при диагностике и динамической оценке состояния больных кардиологического профиля [8–12]. Меры социального дистанцирования и ограниченный доступ в медицинские учреждения способствовали внедрению удаленных методов отслеживания состояния пациентов с хроническими заболеваниями без клинических признаков COVID-19. Телекоммуникация стала единственным способом оказания амбулаторной помощи в ряде стран в период пандемии, способствуя активному развитию информационных технологий в здравоохранении [9]. Ряд экспертов утверждают, что методы дистанционного контроля показателей жизнедеятельности больных, в том числе ССЗ, будут актуальны и после окончания пандемии, поскольку такие преимущества, как доступность, вовлеченность широкого контингента пациентов, экономичность, определяют целесообразность их активного дальнейшего развития [10]. Между тем эффективность телекоммуникаций между врачом и пациентом значительно выше, если аудиовизуальное общение сочетается с динамической оценкой физиологических показателей здоровья [13].

**Цель настоящего обзора** – обобщение достижений в области амбулаторных дистанционных мониторинговых систем (портативных устройств, смартфонов и других регистраторов) для диагностики и динамического контроля электрокардиограммы (ЭКГ) пациентов с сердечно-сосудистой патологией, а также используемых для выполнения кардиореабилитационных программ в домашних условиях.

**Методы и устройства дистанционного мониторинга пациентов с ССЗ**

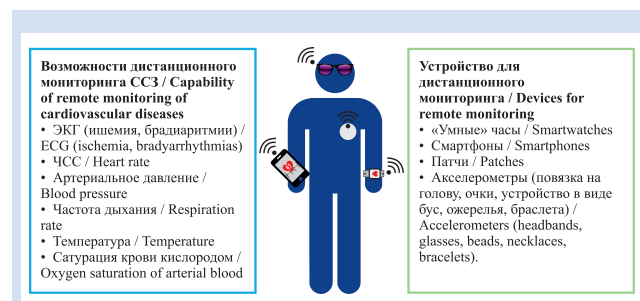
Система дистанционного мониторинга состоит из трех основных компонентов: 1) портативный датчик, собирающий данные о физиологических

параметрах; 2) сетевой и коммуникационный интерфейс, позволяющий передавать эти данные на удаленную станцию мониторинга, такую как терминал медсестры/врача или смартфон; 3) удаленная аналитическая платформа, позволяющая выявлять ключевые параметры здоровья пациента и рекомендовать оптимальные способы изменения компонентов немедикаментозного/медикаментозного лечения [3].

Существующие методы дистанционного мониторинга основаны на записи ЭКГ-сигналов, измерении АД, фотоплетизмографии (ФПГ), акселерометрах, акустике и пр. С помощью портативных устройств, смартфонов или других мобильных девайсов возможно совершенствование удаленного контроля состояния больных ССЗ (рисунки). Данные методы актуальны для лиц, требующих динамического контроля ритма сердца и корректности работы имплантированных устройств при сердечной недостаточности или брадиаритмиях, для исключения причин синкопальных состояний, выявления ишемических событий, оценки эффектив-

ности и безопасности медикаментозной терапии и реабилитационных мероприятий.

Основные устройства, обладающие функцией удаленного отслеживания ЭКГ, и их характеристики представлены в таблице.



Методы и устройства дистанционного мониторинга состояния пациентов с сердечно-сосудистыми заболеваниями. Адаптировано из [5]

**Примечание:** ССЗ – сердечно-сосудистые заболевания; ЧСС – частота сердечных сокращений; ЭКГ – электрокардиография/электрокардиограмма.

Methods and devices for remote monitoring of patients with cardiovascular diseases. Adapted from [5]

**Note:** ECG – electrocardiography.

Характеристика устройств дистанционного мониторинга ЭКГ  
Characteristics of devices for remote ECG monitoring

Устройство / Device	Регистрируемые показатели / Recordings	Продолжительность работы / The working time	Область применения / Application	Преимущества / Advantages	Ограничения / Limitations	Перспективы / Perspectives
Холтеровский монитор ЭКГ / Holter Monitor [14, 15]	ЭКГ / ECG	24–48 ч / 24–48 hours	Диагностика нарушений ритма и проводимости / Detection of arrhythmias and conduction disorders	Регистрация нескольких отведений ЭКГ; высокая диагностическая точность / Multi-lead ECG recording; high diagnostic accuracy	Большое количество проводов, дискомфорт при ношении, ограниченное количество времени записи, вероятные артефакты при записи, возможность оценки записи только после окончания исследования с использованием специализированной рабочей станции / Large number of wires, wearing the device can cause discomfort, limited recording time, possible recording artifacts, interpretation of the recordings can be done only at the end of the study using a specialized software	Развитие беспроводных технологий / Development of wireless technologies
Патч Zio / Zio Patch [16]	ЭКГ / ECG	14 дней / 14 days	Диагностика нарушений ритма и проводимости / Detection of arrhythmias and conduction disorders	Водостойкий, беспроводной, нет необходимости зарядки или замены батареи / Water-resistant, wireless, no need to charge or replace the battery	Одно отведение; расшифровка после снятия прибора / 1 lead ECG recording; interpretation of the recordings after removal of the device	Передача и анализ данных в режиме реального времени / Real-time transmission and analysis of ECG data
NUVANT Mobile Cardiac Telemetry [17]	ЭКГ / ECG	До 30 дней / Up to 30 days	Диагностика нарушений ритма и проводимости / Detection of arrhythmias and conduction disorders	Беспроводной; передача данных в режиме реального времени / Wireless; real-time ECG data transmission	Расшифровка данных после скачивания, не онлайн / ECG data are not available in real time	Анализ данных в режиме реального времени / Real-time analysis of ECG data

ECG Check [17, 20]	ЭКГ/ ECG	По требованию / On demand	Detection нарушений ритма и проводимости / Detection of arrhythmias and conduction disorders	Всегда под рукой (встроен в смартфон); данные в режиме реального времени отражаются в смартфоне и могут быть переданы в медицинский сервис / Always at hand (in a smartphone); real-time transmission of ECG data to the smartphone, the data can be transmitted to a medical professional	Непродолжительная запись; одно отведение / Short recording time; 1 lead ECG recording	Пролонгирование записи ЭКГ, получение информации по большому количеству отведений / Prolongation of ECG recording time, multi-lead ECG recording
Cvr Phone [23]	ЭКГ/ ECG	24–48 ч / 24–48 hours	Диагностика нарушений ритма и проводимости, ишемических событий, апноэ / Detection of arrhythmias and conduction disorders, myocardial ischemic events, apnea	Широкий спектр диагностируемых нозологий; высокая чувствительность / Detects a wide range of disorders; high sensitivity	Стоимость / Cost	Расширение производства систем; определение предрасположенности к ишемии и аритмии миокарда с помощью удобной клинически приемлемой мобильной платформы / Product development; detection of predisposition to cardiac arrhythmias and ischemia using convenient and approved mobile platform
Домашний мониторинг / Home monitoring [25]	ЭКГ/ ECG	До 36 мес. / Up to 36 months	Диагностика нарушений ритма, проводимости, ишемических событий / Detection of arrhythmias and conduction disorders, myocardial ischemic events	Продолжительность; получение данных в режиме реального времени / Working time of the device; real-time transmission of ECG data	Имплантация под кожу / Subcutaneous implantation	Расширение возможностей диагностики заболеваний с помощью функции IEGM online / Function expansion by incorporation of IEGM online
Reveal [28]	ЭКГ/ ECG	До 3 лет / Up to 3 years	Диагностика нарушений ритма и проводимости / Detection of arrhythmias and conduction disorders	Продолжительность; система не имеет внешних электродов / Working time of the device; no external electrodes	Имплантация под кожу / Subcutaneous implantation	Использование в научных целях / The use of the device for scientific purposes
Apple Watch [18]	ЭКГ + акселерометр / ECG + accelerometer	Постоянно / Constant	Текущая оценка состояния и активности человека; диагностика ФП / Real-time assessment of the state and activity of a person; diagnosis of AF	Постоянное использование в структуре смарт-часов, доступность для пользователя в режиме онлайн / Constant use via smartwatch, accessible for the user in real time	Стоимость / Cost	Создание бюджетных версий; неинвазивный мониторинг уровня глюкозы в крови, мониторинг АД / Development of budget models; non-invasive blood glucose monitoring, blood pressure monitoring
Scanadu Scout [20]	ФПГ (ЧСС, АД, ЧД, термометрия, SpO <sub>2</sub> ) / PPG, (HR, BP, RR, thermometry, SpO <sub>2</sub> )	По требованию / On demand	Комплексная диагностика физиологического состояния организма / Complex diagnostics of the physiological state of the body	Отображение данных на смартфоне в режиме реального времени, многофункциональность / Real-time display of ECG data on a smartphone, multifunctional device	Для работы требуется удержание между пальцами / Needs to be held between fingers to work	Упрощение использования / Product simplification

**Примечание:** АД – артериальное давление; ФП – фибрилляция предсердий; ФПГ – фотоплетизмография; ЧД – частота дыхания; ЧСС – частота сердечных сокращений; ЭКГ – электрокардиограмма; SpO<sub>2</sub> – насыщение артериальной крови кислородом.

**Note:** AF – atrial fibrillation; BP – blood pressure; ECG – electrocardiogram; PPG – photoplethysmography; HR – heart rate; RR – respiratory rate; SpO<sub>2</sub> – arterial blood oxygen saturation

### **Холтеровское мониторирование ЭКГ**

Холтеровские мониторы ЭКГ (ХМ ЭКГ) уже давно являются приборами выбора для диагностики различных ССЗ в течение длительных промежутков времени. Пациент носит ЭКГ-регистратор постоянно – ЭКГ непрерывно регистрируется. После данного метода обследования, результатом которого становится информативный отчет, можно верифицировать значимые нарушения ритма и проводимости сердца, своевременно предприняв соответствующие меры по дальнейшему обследованию и выбору тактики лечения. Кроме того, при необходимости современные телемедицинские технологии позволяют передать запись ХМ ЭКГ через виртуальное облако в экспертный центр для анализа и получения мнения более квалифицированных специалистов [14, 15]. Как правило, в клинической практике ХМ ЭКГ проводят в течение 24–48 ч, редко увеличивая продолжительность записи до 96 ч. Однако даже при увеличении длительности записи ХМ ЭКГ у большинства больных симптомы нарушений ритма и проводимости могут отсутствовать [3]. В связи с этим целесообразно использование ХМ ЭКГ лишь пациентам с частыми, ежедневными, симптомами.

### **Устройства неинвазивного телемониторинга ЭКГ и сердечного ритма**

Наиболее часто для амбулаторного мониторинга ЭКГ используют патч-мониторы (непрерывные наружные регистраторы одного или двух отведений ЭКГ с беспроводной передачей данных), петлевые регистраторы (мониторы, предназначенные для прерывистой записи, активируемые больным или автоматически при развитии приступа/события), наружный регистратор событий (активируемый пациентом или автоматически активирующийся после события).

Одним из широко используемых в настоящее время устройств для продолжительного (до 14 дней) мониторинга сердечного ритма и идентификации аритмий служит патч Zio (ZIO® XT iRhythm Technologies Inc., США). Данный патч представляет собой клейкий пластырь, фиксируемый на область грудной клетки слева, с помощью которого записывается ЭКГ. Устройство имеет кнопку маркера событий, которую больной может использовать при появлении симптомов. Патч Zio демонстрирует более высокий потенциал для обнаружения аритмии, чем метод ХМ ЭКГ [16].

В свою очередь устройство NUVANT Mobile Cardiac Telemetry (Corventis, США) обеспечивает мониторинг ЭКГ и анализ аритмии в режиме реального времени [17]. Система состоит из портативного патча, устройства передачи данных, а также магнита, который используют в качестве триггерной кнопки, когда пациент испытывает симптомы (аритмии, боли в сердце, обморок). ЭКГ-информа-

ция передается в режиме реального времени, но недоступна больному, что затрудняет своевременную диагностику патологических состояний. С этой позиции более удобными представляются часы Apple Watch (Apple Inc., США), продемонстрировавшие высокий уровень чувствительности (87%) и специфичности (97%) при выявлении несимптомной фибрилляции предсердий (ФП) [18].

Кроме того, за последние 7 лет разработано несколько решений для смартфонов, предназначенных для амбулаторной диагностики сердечных аритмий, прошедших клиническую апробацию или получивших одобрение регуляторных органов: Kardia (AliveCor Inc., США) [19], ECG Check (Cardiac Designs, США) [17, 20], ZeniCor-ECG (ZeniCor, Швеция) [21], CardioQVARK (ООО «КардиоКВАРК», Россия) [22]. Чтобы записать одноканальную ЭКГ, пользователь помещает один палец левой и правой руки на электроды, интегрированные со смартфоном, обеспечивая контакт по крайней мере на 30 секунд. В данном случае результаты анализа ЭКГ доступны больному, более того, запись может быть отправлена лечащему врачу, в том числе в PDF-формате.

Группа исследователей [23] представила систему ЭКГ с 12 отведениями на основании смартфона cvrPhone (Massachusetts General Hospital, США). Данная система способна идентифицировать ишемические события в течение 2 минут после начала болевого синдрома, а эпизод апноэ – в течение 7,9+1,1 секунды с использованием алгоритмов оценки интервалов RR и в течение 5,5+2,2 секунды – при оценке дыхательного объема.

Современные системы мониторинга помимо ЭКГ позволяют регистрировать дополнительные показатели. Так, портативное устройство Scanadu Scout (Scanadu, США) основано на сигналах ФПГ и удерживается между пальцами, что обеспечивает оценку широкого спектра физиологических параметров. Девайс работает со смартфоном, используя последний для отображения, хранения, отслеживания, передачи и анализа данных [17]. Одним из наиболее распространенных датчиков для дистанционного мониторинга пациентов с ССЗ является акселерометр, оценивающий незначительные движения человеческого тела, объем и динамику двигательной активности на основе инерционных принципов. Для удаленного кардиомониторинга предложены сенсорные системы, базирующиеся на платформе акселерометров и портативных устройств. Некоторые из этих систем используют как фитнес-бандажи, в то время как другие имеют датчики, встроенные в ткань (текстильный материал). Эти портативные системы способны собирать данные акселерометра со всех трех осей движений и выводить важные физиологические параметры, включая частоту сердечных сокращений (ЧСС)

с помощью баллистокардиографии, анализирующей повторяющиеся движения человеческого тела с учетом ЧСС и сердечного выброса [20]. Акселерометры смартфона можно в том числе использовать для оценки ЧСС, даже когда телефон находится в сумке или кармане. Одна из таких методик, основанная на акселерометрах и баллистокардиографии, проанализирована у 12 испытуемых (в разных позах тела) и продемонстрировала среднюю абсолютной ошибки всего лишь 1,16±3 удара/мин [24].

Вместе с тем общим ограничением данных систем служит невозможность осуществлять долгий непрерывный контроль показателей ЭКГ.

### ***Имплантируемые устройства длительного мониторинга ЭКГ в домашних условиях***

Дистанционный мониторинг с имплантируемыми устройствами для записи ЭКГ актуален для пациентов с кардиовертерами-дефибрилляторами, электрокардиостимуляторами и устройствами сердечной ресинхронизирующей терапии [25].

Наиболее часто используемыми и доказавшими эффективность в своевременной идентификации нежелательных событий являются такие имплантируемые устройства для удаленного отслеживания, как Merlin.net™ (St. Jude Medical, США) [26], Boston Scientific LATITUDE RPM (Marlborough, США) [27], Home monitoring (Biotronik, Германия) [4, 25]. Их применение способствует своевременной идентификации нежелательных ишемических и/или аритмических событий, профилактике осложнений в виде острого нарушения мозгового кровообращения при длительной ФП, лучшей приверженности больного терапии и его удовлетворенности лечением. Благодаря таким технологиям послеоперационный мониторинг пациента не ограничивается амбулаторными осмотрами в медицинском учреждении, а охватывает время между визитами. Имплантированный девайс передает запрограммированные и триггерные телеметрические сообщения прибору Cardiomessenger; тот, в свою очередь, через систему мобильной телефонной связи – в сервисный центр. Уже через несколько минут отчет поступает лечащему врачу. Таким образом, врач имеет постоянный доступ к информации, отражающей состояние системы электрокардиотерапии, эпизоды нарушений ритма и проводимости.

Кроме того, следует вспомнить и об имплантируемых кардиомониторах, позволяющих осуществлять регистрацию сердечной деятельности до 1,5–3 лет. Примером такого устройства является последнее поколение Reveal LINQ (Medtronic Inc., США). Система не имеет внешних электродов, однако ее имплантация подразумевает установку под кожу грудной клетки через разрез длиной 1–2 см. Подобные устройства целесообразно применять для исключения аритмогенной причины синкопаль-

ных состояний, а также диагностики бессимптомной ФП и подбора антиаритмической терапии [28].

Ученые из Кузбасса выполнили проспективное двухцентровое рандомизированное исследование, посвященное дистанционному ЭКГ-мониторингу больных, перенесших криптогенный инсульт давностью более 3 мес. Пациентам имплантировали устройства Reveal XT (Medtronic), подключенные к системе удаленного отслеживания CareLink. Каждую ночь устройство при помощи системы CareLink передавало на облачный сервер фрагмент из последних 10 секунд наиболее длительного пароксизма нарушений ритма. Кроме того, пользователи самостоятельно могли индуцировать удаленную передачу данных в систему CareLink. В данном исследовании показана более ранняя верификация наджелудочковых нарушений ритма/нарушений проводимости сердца с использованием имплантируемого устройства для кардиомониторинга. При этом повторные инсульты в группе с имплантированным устройством отсутствовали, в то время как их наблюдали у участников двух других групп ( $p > 0,05$ ) [29].

Имплантируемые устройства для дистанционного мониторинга ЭКГ продемонстрировали эффективность и у больных хронической сердечной недостаточностью, влияя на уменьшение частоты повторных госпитализаций, улучшение прогноза, снижая более чем в два раза общую и сердечно-сосудистую смертность [30, 31]. Так, имплантация микроэлектромеханической системы (CardioMEMS; Abbott Inc., США) для динамического контроля давления в легочной артерии у пациентов с сердечной недостаточностью позволяет фиксировать уровень давления еще до клинического прогрессирования явлений застоя в легких и своевременно корректировать терапию [31].

### **Устройства для дистанционной реабилитации пациентов с ССЗ**

Принципы телемедицины наиболее востребованы и для пациентов, нуждающихся в длительной программе кардиореабилитации [32]. Реабилитация – один из ключевых методов вторичной профилактики ССЗ, важность и эффективность которой отражается в снижении смертности, частоты повторных госпитализаций, большем проценте возвращения к привычной трудовой деятельности [33]. Однако проведение полноценной реабилитации больных сердечно-сосудистого профиля во всем мире имеет ряд ограничений. Данные американских исследований демонстрируют участие в реабилитационных программах лишь 20% нуждающихся [34], что в первую очередь связано с логистическими проблемами, в том числе географической удаленностью пациентов от медицинской организации. В Российской Федерации доля участников реабилитационных программ еще ниже [35].

В основном это связано с отсутствием подготовленных кадров, неполноценным освещением вопросов реабилитации в повседневной клинической практике, недостаточным финансированием и количеством реабилитационных центров. Кроме того, значимую роль играет низкая приверженность больных реабилитации в домашних условиях, что характерно для населения многих стран. Развитие и расширение транспортной системы, информационно-цифровых технологий, урбанизация в целом способствуют снижению бытовой физической активности населения [33]. Многие лица не могут или не хотят участвовать в программах реабилитации вне домашних условий ввиду неприязни к групповым мероприятиям, неудобного времени проведения занятий, финансовых потерь при использовании отгулов для участия в программе [32]. Вследствие этих причин предложены альтернативные модели кардиореабилитации, не предполагающие посещения пациентами медицинской организации. Пандемия COVID-19 дополнительно усилила развитие этого направления [8, 12].

Участие больного в реабилитационных программах в домашних условиях является одним из вариантов решения вышеуказанных проблем, позволяющим повысить доступность реабилитационных программ и включить в данные программы больше пациентов с возможностью контроля специалистами [36]. С помощью современных дистанционных технологий возможны контроль выполнения тренировок и их переносимости в режиме реального времени, а также коррекция программы реабилитации с учетом субъективных ощущений больного и динамики основных физиологических параметров [32]. В настоящее время в литературе активно обсуждают эффективность и безопасность домашних тренировок. Результаты большинства исследований указывают на сопоставимость программ реабилитации в медицинском центре и домашних условиях [36–39]. Однако одно из условий, повышающих эффективность и безопасность тренировок дома, являющихся важной составляющей реабилитационных программ, – возможность дистанционного отслеживания показателей гомеостаза (ЧСС, АД, нарушений ритма и проводимости) [34]. По мнению К. Carter, J. Rawstorn [38] и А. Avila и соавт. [39], уровень реабилитации пациентов с патологией коронарных артерий в домашних условиях под онлайн-контролем квалифицированных специалистов не ниже такового в рамках экспертного центра.

Существует множество телемедицинских технологий, устройств и датчиков, способствующих повышению доступности дистанционной реабилитации и приверженности физическим тренировкам самого пациента [36]. Многие девайсы, используемые для динамического наблюдения кардиологиче-

ских больных и диагностики ССЗ, описанные выше, также активно используют в кардиореабилитации.

В исследовании HEART продемонстрирована эффективность применения мобильного приложения с персонализированным автоматизированным пакетом текстовых СМС-сообщений и сайтом с видеосообщениями для кардиореабилитации пациентов с ишемической болезнью сердца в домашних условиях. Результаты показали достоверно более высокую толерантность к физической нагрузке с лучшим качеством жизни (SF36) у когорты больных с дистанционной кардиореабилитацией при сравнении с группой пациентов, проходящих реабилитацию в медицинском учреждении [38].

В ряде зарубежных работ также продемонстрирован эффект удаленной реабилитации в домашних условиях с использованием мобильного приложения среди пациентов с патологией коронарных артерий или приобретенными пороками сердца. После комплексной оценки статуса больного специалист индивидуально формирует программу физических упражнений. Установка приложения на смартфон пациента и использование браслета для оценки ЧСС позволяют дистанционно контролировать выполнение упражнений, их интенсивность и длительность. Полученные во время физических упражнений данные загружаются на сайт с помощью Bluetooth для анализа и последующего контакта с пациентом с помощью электронной почты или телефона. Как результат, данный способ реабилитации влиял на динамику пикового потребления кислорода, улучшая качество жизни больных [40, 41].

На территории Австралии и Новой Зеландии для дистанционного наблюдения пациентов с мультифокальным атеросклерозом сформированы программы кардиологической реабилитации (COACH, CATCH, программы контроля приверженности медицинской реабилитации CARDIHAB) и программы, позволяющие участникам получать индивидуальные консультации о возможностях поддержания здорового образа жизни по телефону или электронной почте [42].

За последний год на сайтах ряда крупных кардиологических организаций (Cardiac College, British Heart Foundation) опубликованы видеокурсы с упражнениями для реабилитации больных различными ССЗ, что также нацелено на повышение доступности кардиореабилитационных программ [43]. Для дистанционной реабилитации больных предложены виртуальные физические тренировки, встроенные в программы с использованием видеоигр, которые также могут быть использованы для пациентов кардиологического профиля. Однако результаты крупных исследований по применению этих программ пока не представлены. При этом стоит отметить, что данное направление перспективно и в частности повышает физическую активность среди пациентов молодого возраста [44].

На территории Российской Федерации опыт применения телемедицинских технологий для реабилитации больных сердечно-сосудистой патологией пока отражен в единичных исследованиях [7, 45].

### Ограничения и перспективы внедрения современных дистанционных технологий

Множество нерешенных проблем по-прежнему создают препятствия для более широкого использования дистанционных устройств мониторинга состояния здоровья пациента и являются причиной ограниченного внедрения систем телемониторинга во всем мире. Так, многие больные недостаточно знакомы с современными технологиями, чтобы использовать их в повседневной жизни. Особенно это актуально для лиц пожилого возраста, что подразумевает необходимость обучающих тренингов для расширения когорты пациентов, понимающих цель использования технологий дистанционного мониторинга и активно их применяющих.

Важный аспект, влияющий на приверженность больных методам удаленного контроля, – возможность сохранения прямого контакта с лечащим врачом. Для специализированных центров, направленных на лечение пациентов определенной нозологии (например, хронической сердечной недостаточности), эффект дистанционного мониторинга может быть незначимым [46], что определяет необходимость сочетания личного контакта врача с пациентом и дистанционных методов отслеживания.

Несмотря на доказанную, по результатам большинства зарубежных работ, экономическую целесообразность использования удаленных методов мониторинга больных ССЗ [47], остается ряд финансовых аспектов, ограничивающих применение таких технологий во многих медицинских учреждениях. В частности, проблемой при внедрении дистанционных технологий в клиническую практику могут быть высокая стоимость девайсов и необходимость обучения медицинского персонала работе с данными устройствами. Кроме того, важно акцентировать внимание на несовершенстве регламентирующих документов, отсутствии обобщенных рекомендаций по использованию удаленных методов наблюдения и стандартов оказания кардиореабилитации посредством телемедицины, а также проблеме оплаты труда специалистов.

Существуют и технические сложности применения дистанционных технологий. Так, изменения

температуры, движения тела, волос, цвет кожи и даже наличие татуировок могут оказывать влияние на точность измерений методом ФПГ [18]. В свою очередь акселерометры могут отслеживать не только общее движение тела, но и незначительные колебания поверхности кожи, вызванные сердцебиением и кровообращением, что затрудняет интерпретацию данных. Сигналы ЭКГ могут быть искажены шумом и артефактами движения при использовании дистанционных технологий мониторинга показателей. При применении штатных сенсоров смартфонов, таких как камера или акселерометры, качество сенсора и его технические характеристики могут меняться в зависимости от модели смартфона [5].

Для решения вышеуказанных проблем необходимы разработка алгоритмов, стандартов выполнения дистанционных программ реабилитации, регламентирующих документов, а также проведение организационных мероприятий, нацеленных на решение вопроса кадрового и материально-технического обеспечения, не только на местном (город, область), но и федеральном уровне [48].

### Заключение

Разработка и использование устройств для дистанционного мониторинга и реабилитации пациентов с ССЗ – перспективное направление, обеспечивающее высококачественную доступную медицинскую помощь с персонифицированным подходом. Применение устройств удаленного отслеживания способствует сокращению расходов на здравоохранение вследствие более раннего выявления сердечно-сосудистой патологии и предотвращения повторных госпитализаций. Дистанционный мониторинг позволяет увеличить количество пациентов, участвующих в программах кардиореабилитации, обеспечивает более эффективный контроль статуса больных, тем самым повышая их приверженность физической активности в домашних условиях.

### Конфликт интересов

И.Н. Ляпина заявляет об отсутствии конфликта интересов. Т.Н. Зверева заявляет об отсутствии конфликта интересов. С.А. Помешкина заявляет об отсутствии конфликта интересов.

### Финансирование

Авторы заявляют об отсутствии финансирования исследования.

### Информация об авторах

Ляпина Ирина Николаевна, кандидат медицинских наук научный сотрудник лаборатории реабилитации отдела клинической кардиологии федерального государственного бюджетного научного учреждения «Научно-исследовательский институт комплексных проблем сердечно-сосудистых заболеваний», Кемерово, Российская Федерация; ORCID 0000-0002-4649-5921

### Author Information Form

Lyapina Irina N., PhD, Researcher at the Laboratory of Rehabilitation, Department of Clinical Cardiology, Federal State Budgetary Institution “Research Institute for Complex Issues of Cardiovascular Diseases”, Kemerovo, Russian Federation; ORCID 0000-0002-4649-5921



*Зверева Татьяна Николаевна*, кандидат медицинских наук научный сотрудник лаборатории реабилитации отдела клинической кардиологии федерального государственного бюджетного научного учреждения «Научно-исследовательский институт комплексных проблем сердечно-сосудистых заболеваний», Кемерово, Российская Федерация; **ORCID** 0000-0002-2233-2095

*Помешкина Светлана Александровна*, доктор медицинских наук заведующая лабораторией реабилитации отдела клинической кардиологии федерального государственного бюджетного научного учреждения «Научно-исследовательский институт комплексных проблем сердечно-сосудистых заболеваний», Кемерово, Российская Федерация; **ORCID** 0000-0003-3333-216X

*Zvereva Tatiana N.*, PhD, Researcher at the Laboratory of Rehabilitation, Department of Clinical Cardiology, Federal State Budgetary Institution "Research Institute for Complex Issues of Cardiovascular Diseases", Kemerovo, Russian Federation; **ORCID** 0000-0002-2233-2095

*Pomeshkina Svetlana A.*, PhD, Head of the Laboratory of Rehabilitation, Department of Clinical Cardiology, Federal State Budgetary Institution "Research Institute for Complex Issues of Cardiovascular Diseases", Kemerovo, Russian Federation; **ORCID** 0000-0003-3333-216X

#### Вклад авторов в статью

*ЛИН* – анализ данных исследования, написание статьи, утверждение окончательной версии для публикации, полная ответственность за содержание

*ЗТН* – интерпретация данных исследования, корректировка статьи, утверждение окончательной версии для публикации, полная ответственность за содержание

*ПСА* – интерпретация данных исследования, корректировка статьи, утверждение окончательной версии для публикации, полная ответственность за содержание

#### Author Contribution Statement

*LIN* – data analysis, manuscript writing, approval of the final version, fully responsible for the content

*ZTN* – data interpretation, editing, approval of the final version, fully responsible for the content

*PSA* – data interpretation, editing, approval of the final version, fully responsible for the content

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Nichols M., Townsend N., Luengo-Fernandez R., Leal J., Gray A., Scarborough P., Rayner M. European Cardiovascular Disease Statistics 2012. European Heart Network, Brussels, European Society of Cardiology. Sophia: Antipolis. 2012; p.125. ISBN: 978-2-9537898-1-2.
- Ajami S., Teimouri F. Features and application of wearable biosensors in medical care. *J Res Med Sci.* 2015;20(12):1208-1215. doi:10.4103/1735-1995.172991.
- Patel S., Park H., Bonato P., Chan L., Rodgers M. A review of wearable sensors and systems with application in rehabilitation. *J Neuroeng Rehabil.* 2012;9:21. doi:10.1186/1743-0003-9-21.
- Varma N., Epstein A.E., Irimpen A., Schweikert R., Love C.; TRUST Investigators. Efficacy and Safety of Automatic Remote Monitoring for Implantable Cardioverter-Defibrillator Follow-Up: the Lumos-T Safely Reduces Routine Office Device Follow-up (TRUST) Trial. *Circulation.* 2010;122(4):325-332. doi:10.1161/CIRCULATIONAHA.110.937409.
- Sana F., Isselbacher E.M., Singh J.P., Heist E.K., Pathik B., Armoundas A.A. Wearable Devices for Ambulatory Cardiac Monitoring: JACC State-of-the-Art Review. *J Am Coll Cardiol.* 2020;75(13):1582-1592. doi:10.1016/j.jacc.2020.01.046.
- Аронов А.М., Пастушенко В.Л., Иванов Д.О., Рудин Я.В., Дрыгин А.Н. Современные аспекты внедрения в лечебную практику и учебный процесс инновационных медицинских визуализационных цифровых технологий. *Педиатр.* 2018;9(4):5-11. doi:10.17816/PED945-11.
- Лямина Н.П., Котельникова Е.В. Пациент-ориентированная модель организации реабилитационной помощи на основе интернет-технологий. *Вестник восстановительной медицины.* 2017;(1):96-102
- Khera A., Baum S.J., Gluckman T.J., Gulati M., Martin S.S., Michos E.D., Navar A.M., Taub P.R., Toth P.P., Virani S.S., Wong N.D., Shapiro M.D. Continuity of care and outpatient management for patients with and at high risk for cardiovascular disease during the COVID-19 pandemic: a scientific statement from the American Society for Preventive Cardiology. *Am J Prev Cardiol.* 2020;1:100009. doi: 10.1016/j.ajpc.2020.100009.
- Poppas A., Rumsfeld J.S., Wessler J.D. Telehealth is having a moment. Will it last? *J Am Coll Cardiol* 2020; 75(23):2989-2991. doi: 10.1016/j.jacc.2020.05.002.
- AlGhatrif M., Cingolani O., Lakatta E.G. The dilemma of coronavirus disease 2019, aging, and cardiovascular disease: insights from cardiovascular aging science. *JAMA Cardiol* 2020;5(7):747-748. doi: 10.1001/jamacardio.2020.1329.
- Gabriels J., Saleh M., Chang D., Epstein L.M. Inpatient use of mobile continuous telemetry for COVID-19 patients treated with hydroxychloroquine and azithromycin. *HeartRhythm Case Rep.* 2020; 6:241-3. doi.org/10.1016/j.hrcr.2020.03.017
- European Society of Cardiology. ESC guidance for the diagnosis and management of CV disease during the COVID-19 pandemic. Available at: <https://www.escardio.org/Education/COVID-19-and-Cardiology/ESC-COVID-19-Guidance>. (Accessed April 29, 2020).
- U.S. Food and Drug Administration. Enforcement policy for non-invasive remote monitoring devices used to support patient monitoring during the coronavirus disease- 2019 (COVID-19) public health emergency: guidance for industry and Food and Drug Administration staff. Available at: <https://www.fda.gov/regulatory-information/searchfda-guidance-documents/enforcement-policy-non-invasive-remote-monitoring-devices-used-support-patient-monitoring-during>. (Accessed April 18, 2020).
- Козловская И.Л., Лопухова В.В., Булкина О.С., Карпов Ю.А. Телемедицинские технологии в кардиологии. Часть 1. Персональный телемониторинг электрокардиограммы в амбулаторной практике: выбор оптимального подхода. *Доктор. Ру.* 2020;19(5):35-41. doi:10.31550/1727-2378-2020-19-5-35-41.
- Макаров Л.М., Комолятова В.Н., Куприянова О.О., Первова Е.В., Рябыкина Г.В., Соболев А.В., Тихоненко В.М., Туров А.Н., Шубик Ю.В. Национальные российские рекомендации по применению методики холтеровского мониторирования в клинической практике. *Российский кардиологический журнал.* 2014;2(106):6-71. doi:10.15829/1560-4071-2014-2-6-71.
- Barrett P.M., Komatireddy R., Haaser S., Topol S., Sheard J., Encinas J., Fought A.J., Topol E.J. Comparison of 24-hour Holter monitoring with 14-day novel adhesive patch electrocardiographic monitoring. *Am J Med.* 2014;127(1):95.e11-17. doi:10.1016/j.amjmed.2013.10.003.
- Walsh J.A., Topol E.J., Steinhubl S.R. Novel wireless devices for cardiac monitoring. *Circulation.* 2014;130(7):573-581. doi:10.1161/CIRCULATIONAHA.114.009024.
- Carpenter A., Frontera A. Smart-watches: a potential challenger to the implantable loop recorder? *Europace.* 2016;18(6):791-793. doi:10.1093/europace/euv427.

19. Appelboom G., Camacho E., Abraham M.E., Bruce S.S., Dumont E.L., Zacharia B.E., D'Amico R., Sloman J., Reginster J.Y., Bruyère O., Connolly E.S.Jr. Smart wearable body sensors for patient selfassessment and monitoring. *Arch Public Health* 2014;72(1):28..doi: 10.1186/2049-3258-72-28. eCollection 2014.
20. Lau J.K., Lowres N., Neubeck L., Brieger D.B., Sy R.W., Galloway C.D., Albert D.E., Freedman S.B. iPhone ECG application for community screening to detect silent atrial fibrillation: a novel technology to prevent stroke. *Int J Cardiol*. 2013;165(1):193-194.doi:10.1016/j.ijcard.2013.01.220.
21. Wachter R., Groschel K., Gelbrich G., Hamann G., Kermer P., Liman J. Holter-electrocardiogram-monitoring in patients with acute ischaemic stroke (Find-AF): an open-label randomized controlled trial. *The Lancet Neurology*. 2017; 16 (4): 282-290& DOI:https://doi.org/10.1016/S1474-4422(17)30002-9
22. Качнов В.А., Тьренко В.В., Рудченко И.В., Братилова Е.С., Бологов С.Г., Богданов А.Н. Возможности выявления скрытой патологии сердечно-сосудистой системы и профилактики внезапной сердечной смерти с применением наружных регистраторов событий. *Профилактическая и клиническая медицина*. 2020; 2 (75): 45–51.
23. Sohn K., Merchant F.M., Abohashem S., Kulkarni K., Singh J.P., Heist E.K., Owen C., Roberts J.D. Jr, Isselbacher E.M., Sana F., Aroundas A.A. Utility of a smartphone based system (civrphone) to accurately determine apneic events from electrocardiographic signals. *PLoS One*. 2019;14(6):e0217217. doi:10.1371/journal.pone.0217217.
24. Hu Y., Kim E.G., Cao G., Liu S., Xu Y. Physiological acoustic sensing based on accelerometers: a survey for mobile healthcare. *Ann Biomed Eng*. 2014;42(11):2264-2277. doi:10.1007/s10439-014-1111-8.
25. Ревшвили А.Ш., Ломидзе Н.Н., Абдрахманов А.С., Нечепуренко А.А., Иваницкий Э.А., Беляев О.В., Попов С.В., Лебедев Д.С., Лебедева В.К., Михайлов С.П., Покушалов Е.А., Мамчур С.Е., Шугаев П.Л., Реквава Р.Р., Васильев С.Н., Купшов В.В., Бердышев В.И., Сунгатов Р.Ш., Хасанов И.Ш. Мобильный телемониторинг для ранней диагностики изменений состояния пациентов с применением технологии home monitoring. *Вестник аритмологии*. 2019;26(2):5-13. doi:10.35336/VA-2019-2-5-13.
26. Strickberger S.A., Canby R., Cooper J., Coppess M., Doshi R., John R., Connolly A.T., Roberts G., Karst E., Daoud E.G. Association of Antitachycardia Pacing or Shocks With Survival in 69,000 Patients With an Implantable Defibrillator. *J Cardiovasc Electrophysiol*. 2017 Apr;28(4):416-422. doi: 10.1111/jce.13170.
27. Timmermans I., Meine M., Szendey I., Aring J., Romero Roldán J., van Erven L., Kahlert P., Zitron E., Mabo P., Denollet J., Versteeg H. Remote monitoring of implantable cardioverter defibrillators: Patient experiences and preferences for follow-up. *Pacing Clin Electrophysiol*. 2019 Feb;42(2):120-129. doi: 10.1111/pace.13574.
28. Sanders P., Piorkowski C., Kragten J.A., Goode G.K., Raj S.R., Dinh T., Sohail M.R., Anand R., Moya-Mitjans A., Franco N., Stromberg K., Rogers J.D. Safety of in-hospital insertable cardiac monitor procedures performed outside the traditional settings: results from the Reveal LINQ in-office 2 international study. *BMC Cardiovasc Disord* 19, 132 (2019). https://doi.org/10.1186/s12872-019-1106-3.
29. Мамчур С.Е., Иваницкий Э.А., Поликутина О.М., Чичкова Т.Ю., Мамчур И.Н., Романова М.П., Хоменко Е.А. Эффективность выявления мерцательной аритмии при криптогенном инсульте по данным имплантируемых мониторов электрокардиограммы: пилотное исследование. *Сибирский медицинский журнал*. 2019;34(2):47-53. doi:10.29001/2073-8552-2019-34-2-47-53.
30. Geller J.C., Lewalter T., Bruun N.E. Implant-based multi-parameter telemonitoring of patients with heart failure and a defibrillator with vs. without cardiac resynchronization therapy option: a subanalysis of the IN-TIME trial. *Clin Res Cardiol*. 2019;108(10):1117-1127. doi:10.1007/s00392-019-01447-5.
31. Angermann C.E., Assmus B., Anker S.D., Asselbergs F.W., Brachmann J., Brett M.E., Brugs J.J., Ertl G., Ginn G., Hilker L., Koehler F., Rosenkranz S., Zhou Q., Adamson P.B., Böhm M.; MEMS-HF Investigators. Pulmonary artery pressure-guided therapy in ambulatory patients with symptomatic heart failure: the CardioMEMS European Monitoring Study for Heart Failure (MEMS-HF). *Eur J Heart Fail*. 2020;22(10):1891-1901. doi: 10.1002/ejhf.1943.
32. Galea M.D. Telemedicine in Rehabilitation. *Phys Med Rehabil Clin N Am*. 2019;30(2):473-483. doi:10.1016/j.pmr.2018.12.002.
33. Кардиоваскулярная профилактика 2017. Российские национальные рекомендации. *Российский кардиологический журнал*. 2018;23(6):7-122. doi:10.15829/1560-4071-2018-6-7-122.
34. Thomas R.J., Brewer L.C., Brown T.M., Forman D.E., Keteyian S.J., Regensteiner J.G., Whooley M.A. Home-Based Cardiac Rehabilitation. *JACC*. 2019; 74(1): 133-53. doi. org/10.1016/j.jacc.2019.03.008.
35. Бубнова М.Г., Аронов Д.М., Иванова Г.Е., Бойцов С.А., Андреев А.Г., Барбараш О.Л., Белова В.В., Белов В.Н. и др. Пилотный проект «Развитие системы реабилитации больных с сердечно-сосудистыми заболеваниями в лечебных учреждениях субъектов Российской Федерации». *Результаты трехлетнего наблюдения. Вестник восстановительной медицины*. 2016;4(74): 2-11.
36. Jin K., Khonsari S., Gallagher R., Gallagher P., Clark A.M., Freedman B., Briffa T., Bauman A., Redfern J., Neubeck L. Telehealth interventions for the secondary prevention of coronary heart disease: A systematic review and meta-analysis. *Eur J Cardiovasc Nurs*. 2019;18(4):260-271. doi:10.1177/1474515119826510.
37. Мишина И.Е., Гудухин А.А., Сарана А.М., Уразов С.П. Анализ современной практики применения дистанционных форм медицинских консультаций и диспансерного наблюдения пациентов с ишемической болезнью сердца (обзор литературы). *CardioСоматика*. 2019;10(1):42-50. doi: 10.26442/22217185.2019.1.190186.
38. Carter K., Rawstorn J. A mobile phone intervention increases physical activity in people with cardiovascular disease: Results from the HEART randomized controlled trial. *Eur J Prev Cardiol*. 2015;22(6):701-709. doi:10.1177/2047487314535076.
39. Avila A., Claes J., Buys R., Azzawi M., Vanhees L., Cornelissen V. Home-based exercise with telemonitoring guidance in patients with coronary artery disease: Does it improve long-term physical fitness?. *Eur J Prev Cardiol*. 2020;27(4):367-377. doi:10.1177/2047487319892201.
40. Laustsen S., Oestergaard L.G., van Tulder M. Telemonitored exercise-based cardiac rehabilitation improves physical capacity and health-related quality of life. *J Telemed Telecare*. 2020;26(1-2):36-44. doi:10.1177/1357633X18792808.
41. Song Y., Ren C., Liu P. Effect of Smartphone-Based Telemonitored Exercise Rehabilitation among Patients with Coronary Heart Disease. *Cardiovasc Transl Res*. 2020;13(4):659-667. doi:10.1007/s12265-019-09938-6.
42. Nicholls S., Nelson M., Astley C., Briffa T., Brown A., Clark R., Colquhoun D., Gallagher R., Hare D.L., Inglis S., Jelinek M., O'Neil A., Tirimacco R., Vale M., Redfern J. Optimising Secondary Prevention and Cardiac Rehabilitation for Atherosclerotic Cardiovascular Disease During the COVID-19 Pandemic: A Position Statement from the Cardiac Society of Australia and New Zealand (CSANZ). *Heart Lung Circ*. 2020;30:S1443-9506(20)30135-9. doi:10.1016/j.hlc.2020.04.007.
43. Thomas E., Gallagher R., Grace S.L. Future-proofing cardiac rehabilitation: Transitioning services to telehealth during COVID-19. *Eur J Prev Cardiol*. 2020;23:2047487320922926. doi:10.1177/2047487320922926.
44. Каменская О.В., Логинова И.Ю., Климова А.С., Каменская О.В., Логинова И.Ю., Климова А.С., Таркова А.Р., Найденов Р.А., Кретов Е.И., Ломиворотов В.В. Телемедицинские системы в кардиореабилитации: обзор современных возможностей и перспективы применения в клинической практике. *Российский кардиологический журнал*. 2020;25(6):154-160. doi:10.15829/1560-4071-2020-3365.
45. Помешкина С.А., Локтионова Е.Б., Каспаров Э.В., Беззубова В.А., Шибанова И.А., Барбараш О.Л. Сравнительный анализ эффективности контролируемых и домашних физических тренировок амбулаторного этапа

реабилитации после коронарного шунтирования. Комплексные проблемы сердечно-сосудистых заболеваний. 2017;6(2):40-49. doi.org/10.17802/2306-1278-2017-2-40-49.

46. Мареев Ю.В., Зинченко А.О., Мясников Р.П., Ваховская Т.В., Андреев Е.Ю., Бойцов С.А., Драпкина О.М. Применение телеметрии у больных с хронической сердечной недостаточностью. Кардиология. 2019;59(9S):4-15. doi:10.18087/cardio.n530.

47. Jiang X., Ming W.K., You J.H. The Cost-Effectiveness of Digital Health Interventions on the Management of Cardiovascular Diseases: Systematic Review. J Med Internet Res. 2019;17(21):e13166. doi:10.2196/13166.

48. Thomas E., Gallagher R., Grace S.L. Future-proofing cardiac rehabilitation: Transitioning services to telehealth during COVID-19. Eur J Prev Cardiol. 2020;23:2047487320922926. doi:10.1177/2047487320922926.

## REFERENCES

1. Nichols M., Townsend N., Luengo-Fernandez R., Leal J., Gray A., Scarborough P., Rayner M. European Cardiovascular Disease Statistics 2012. European Heart Network, Brussels, European Society of Cardiology. Sophia: Antipolis. 2012; p.125. ISBN: 978-2-9537898-1-2.

2. Ajami S., Teimouri F. Features and application of wearable biosensors in medical care. J Res Med Sci. 2015;20(12):1208-1215. doi:10.4103/1735-1995.172991.

3. Patel S., Park H., Bonato P., Chan L., Rodgers M. A review of wearable sensors and systems with application in rehabilitation. J Neuroeng Rehabil. 2012;9:21. doi:10.1186/1743-0003-9-21.

4. Varma N., Epstein A.E., Irimpen A., Schweikert R., Love C.; TRUST Investigators. Efficacy and Safety of Automatic Remote Monitoring for Implantable Cardioverter-Defibrillator Follow-Up: the Lumos-T Safely Reduces Routine Office Device Follow-up (TRUST) Trial. Circulation. 2010;122(4):325-332. doi:10.1161/CIRCULATIONAHA.110.937409.

5. Sana F., Isselbacher E.M., Singh J.P., Heist E.K., Pathik B., Aroundas A.A. Wearable Devices for Ambulatory Cardiac Monitoring: JACC State-of-the-Art Review. J Am Coll Cardiol. 2020;75(13):1582-1592. doi:10.1016/j.jacc.2020.01.046.

6. Aronov A.M., Pastushenko V.L., Ivanov D.O., Rudin Y.V., Drygin A.N. Contemporary aspects of innovative visualization digital medical technologies introduction into clinical practice and education. Pediatrician. 2018;9(4):5-11. doi:10.17816/PED945-11. (In Russ.)

7. Lyamina N.P., Kotelnikova E.V. Patient-oriented model of rehabilitation care organization based on internet technologies. Bulletin of rehabilitation medicine. 2017;(1):96-102. (In Russian)

8. Khera A., Baum S.J., Gluckman T.J., Gulati M., Martin S.S., Michos E.D., Navar A.M., Taub P.R., Toth P.P., Virani S.S., Wong N.D., Shapiro M.D. Continuity of care and outpatient management for patients with and at high risk for cardiovascular disease during the COVID-19 pandemic: a scientific statement from the American Society for Preventive Cardiology. Am J Prev Cardiol. 2020;1:100009. doi:10.1016/j.ajpc.2020.100009.

9. Poppas A., Rumsfeld J.S., Wessler J.D. Telehealth is having a moment. Will it last? J Am Coll Cardiol. 2020;75(23):2989-2991. doi:10.1016/j.jacc.2020.05.002.

10. AlGhatrif M., Cingolani O., Lakatta E.G. The dilemma of coronavirus disease 2019, aging, and cardiovascular disease: insights from cardiovascular aging science. JAMA Cardiol. 2020;5(7):747-748. doi:10.1001/jamacardio.2020.1329.

11. Gabriels J., Saleh M., Chang D., Epstein L.M. Inpatient use of mobile continuous telemetry for COVID-19 patients treated with hydroxychloroquine and azithromycin. HeartRhythm Case Rep. 2020;6:241-3. doi.org/10.1016/j.hrcr.2020.03.017

12. European Society of Cardiology. ESC guidance for the diagnosis and management of CV disease during the COVID-19 pandemic. Available at: <https://www.escardio.org/Education/COVID-19-and-Cardiology/ESC-COVID-19-Guidance>. (Accessed April 29, 2020).

13. U.S. Food and Drug Administration. Enforcement policy for non-invasive remote monitoring devices used to support patient monitoring during the coronavirus disease- 2019 (COVID-19) public health emergency: guidance for industry and Food and Drug Administration staff. Available at: <https://www.fda.gov/regulatory-information/search/fda-guidance-documents/enforcement-policy-non-invasive-remote-monitoring-devices-used-support-patient-monitoring-during>. (Accessed April 18, 2020).

14. Kozlovskaya I.L., Lopukhova V.V., Bulkina O.S., Karpov Yu.A. Telemedicine in Cardiology. Part 1. Personal Electrocardiogram Telemonitoring in Outpatient Practice: An

Optimal Approach. Doctor.Ru. 2020;19(5):35-41. (in Russian) doi:10.31550/1727-2378-2020-19-5-35-41

15. Makarov L.M., Komolyatova V.N., Kupriyanova O.O., Pervova E.V., Ryabykina G.V., Sobolev A.V., Tikhonenko V.M., Turov A.N., Shubik Yu.V. National Russian guidelines on application of the methods of holter monitoring in clinical practice. Russian Journal of Cardiology. 2014;2(106):6-71. doi:10.15829/1560-4071-2014-2-6-71 (in Russian)

16. Barrett P.M., Komatireddy R., Haaser S., Topol S., Sheard J., Encinas J., Fought A.J., Topol E.J. Comparison of 24-hour Holter monitoring with 14-day novel adhesive patch electrocardiographic monitoring. Am J Med. 2014;127(1):95.e11-17. doi:10.1016/j.amjmed.2013.10.003.

17. Walsh J.A., Topol E.J., Steinhubl S.R. Novel wireless devices for cardiac monitoring. Circulation. 2014;130(7):573-581. doi:10.1161/CIRCULATIONAHA.114.009024.

18. Carpenter A., Frontera A. Smart-watches: a potential challenger to the implantable loop recorder? Europace. 2016;18(6):791-793. doi:10.1093/europace/euv427.

19. Appelboom G., Camacho E., Abraham M.E., Bruce S.S., Dumont E.L., Zacharia B.E., D'Amico R., Slomian J., Reginster J.Y., Bruyère O., Connolly E.S.Jr. Smart wearable body sensors for patient selfassessment and monitoring. Arch Public Health. 2014;72(1):28. doi:10.1186/2049-3258-72-28. eCollection 2014.

20. Lau J.K., Lowres N., Neubeck L., Brieger D.B., Sy R.W., Galloway C.D., Albert D.E., Freedman S.B. iPhone ECG application for community screening to detect silent atrial fibrillation: a novel technology to prevent stroke. Int J Cardiol. 2013;165(1):193-194. doi:10.1016/j.ijcard.2013.01.220.

21. Wachter R., Groschel K., Gelbrich G., Hamann G., Kermer P., Liman J. Holter-electrocardiogram-monitoring in patients with acute ischaemic stroke (Find-AF): an open-label randomized controlled trial. The Lancet Neurology. 2017;16(4):282-290. DOI:https://doi.org/10.1016/S1474-4422(17)30002-9

22. Kachnov V.A., Tyrenko V.V., Rudchenko I.V., Bratilova E.S., Bologov S.G., Bogdanov A.N. Possibilities of detecting the hidden pathology of cardiovascular system and preventing sudden cardiac death with the use of external event recorders. Preventive and clinical medicine. 2020;2(75):45-51. (In Russian)

23. Sohn K., Merchant F.M., Abohashem S., Kulkarni K., Singh J.P., Heist E.K., Owen C., Roberts J.D. Jr, Isselbacher E.M., Sana F., Arroundas A.A. Utility of a smartphone based system (civrphone) to accurately determine apneic events from electrocardiographic signals. PLoS One. 2019;14(6):e0217217. doi:10.1371/journal.pone.0217217.

24. Hu Y., Kim E.G., Cao G., Liu S., Xu Y. Physiological acoustic sensing based on accelerometers: a survey for mobile healthcare. Ann Biomed Eng. 2014;42(11):2264-2277. doi:10.1007/s10439-014-1111-8.

25. Revishvili A.Sh., Lomidze N.N., Abdrakhmanov A.S., Nechepurenko A.A., Ivanitsky E.A., Belyaev O.V., Popov S.V., Lebedev D.S., Lebedeva V.K., Mikhailov S.P., Pokushalov E.A., Mamchur S.E., Shugaev P.L., Rekvava R.R., Vasilyev S.N., Kuptsov V.V., Berdyshev V.I., Sungatov R.Sh., Khassanov I.Sh. Remote monitoring for early diagnostics of patient's state changes with home monitoring technology. Journal of arrhythmology. 2019;26(2):5-13. doi:10.35336/VA-2019-2-5-13 (In Russian)

26. Strickerberger S.A., Canby R., Cooper J., Coppess M., Doshi R., John R., Connolly A.T., Roberts G., Karst E., Daoud E.G. Association of Antitachycardia Pacing or Shocks With Survival in 69,000 Patients With an Implantable Defibrillator. J Cardiovasc Electrophysiol. 2017 Apr;28(4):416-422. doi:10.1111/jce.13170.

27. Timmermans I., Meine M., Szendey I., Aring J., Romero Roldán J., van Erven L., Kahlert P., Zitron E., Mabo P., Denollet J., Versteeg H. Remote monitoring of implantable cardioverter defibrillators: Patient experiences and preferences for follow-up. *Pacing Clin Electrophysiol.* 2019 Feb;42(2):120-129. doi: 10.1111/pace.13574.
28. Sanders P., Piorkowski C., Kragten J.A., Goode G.K., Raj S.R., Dinh T., Sohail M.R., Anand R., Moya-Mitjans A., Franco N., Stromberg K., Rogers J.D. Safety of in-hospital insertable cardiac monitor procedures performed outside the traditional settings: results from the Reveal LINQ in-office 2 international study. *BMC Cardiovasc Disord* 19, 132 (2019). <https://doi.org/10.1186/s12872-019-1106-3>.
29. Mamchur S.E., Ivanitskiy E.A., Polikutina O.M., Chichkova T. Yu., Mamchur I.N., Romanova M.P., Khomenko E.A. Efficacy of Atrial Fibrillation Detection in Cryptogenic Stroke According to Data of Implantable Loop Recorders: Pilot Study. *The Siberian Medical Journal.* 2019;34(2):47-53. (In Russian) doi: 10.29001/2073-8552-2019-34-2-47-53
30. Geller J.C., Lewalter T., Bruun N.E. Implant-based multi-parameter telemonitoring of patients with heart failure and a defibrillator with vs. without cardiac resynchronization therapy option: a subanalysis of the IN-TIME trial. *Clin Res Cardiol.* 2019;108(10):1117-1127. doi:10.1007/s00392-019-01447-5.
31. Angermann C.E., Assmus B., Anker S.D., Asselbergs F.W., Brachmann J., Brett M.E., Brugs J.J., Ertl G., Ginn G., Hilker L., Koehler F., Rosenkranz S., Zhou Q., Adamson P.B., Böhm M.; MEMS-HF Investigators. Pulmonary artery pressure-guided therapy in ambulatory patients with symptomatic heart failure: the CardioMEMS European Monitoring Study for Heart Failure (MEMS-HF). *Eur J Heart Fail.* 2020;22(10):1891-1901. doi: 10.1002/ejhf.1943.
32. Galea M.D. Telemedicine in Rehabilitation. *Phys Med Rehabil Clin N Am.* 2019;30(2):473-483. doi:10.1016/j.pmr.2018.12.002.
33. Cardiovascular prevention 2017. National guidelines. *Russian Journal of Cardiology.* 2018;23(6):7-122. (In Russian) doi:10.15829/1560-4071-2018-6-7-122
34. Thomas R.J., Brewer L.C., Brown T.M., Forman D.E., Keteyian S.J., Regensteiner J.G., Whooley M.A. Home-Based Cardiac Rehabilitation. *JACC.* 2019; 74(1): 133-53. doi.org/10.1016/j.jacc.2019.03.008.
35. Bubnova M.G., Aronov D.M., Ivanova G.E., Boytsov S.A., Andreev A.G., Barbarash O.L., Belova V.V., Belov V.N. et al. The pilot project "development of the system of rehabilitation of patients with cardiovascular diseases in medical institutions of the Russian Federation". The results of the three-year follow-up. *Bulletin of rehabilitation medicine.* 2016;4(74):2-11. (In Russian)
36. Jin K., Khonsari S., Gallagher R., Gallagher P., Clark A.M., Freedman B., Briffa T., Bauman A., Redfern J., Neubeck L. Telehealth interventions for the secondary prevention of coronary heart disease: A systematic review and meta-analysis. *Eur J Cardiovasc Nurs.* 2019;18(4):260-271. doi:10.1177/1474515119826510.
37. Mishina I.E., Gudukhin A.A., Sarana A.M., Urazov S.P. Analysis of modern practice of remote forms of medical consultations and dispensary observation of patients with ischemic heart disease (literature review). *Cardiosomatics.* 2019;10(1):42-50. doi:10.26442/22217185.2019.1.190186 (In Russian)
38. Carter K., Rawstorn J. A mobile phone intervention increases physical activity in people with cardiovascular disease: Results from the HEART randomized controlled trial. *Eur J Prev Cardiol.* 2015;22(6):701-709. doi:10.1177/2047487314535076.
39. Avila A., Claes J., Buys R., Azzawi M., Vanhees L., Cornelissen V. Home-based exercise with telemonitoring guidance in patients with coronary artery disease: Does it improve long-term physical fitness?. *Eur J Prev Cardiol.* 2020;27(4):367-377. doi:10.1177/2047487319892201.
40. Laustsen S., Oestergaard L.G., van Tulder M. Telemonitored exercise-based cardiac rehabilitation improves physical capacity and health-related quality of life. *J Telemed Telecare.* 2020;26(1-2):36-44. doi:10.1177/1357633X18792808.
41. Song Y., Ren C., Liu P. Effect of Smartphone-Based Telemonitored Exercise Rehabilitation among Patients with Coronary Heart Disease. *Cardiovasc Transl Res.* 2020;13(4):659-667. doi:10.1007/s12265-019-09938-6.
42. Nicholls S., Nelson M., Astley C., Briffa T., Brown A., Clark R., Colquhoun D., Gallagher R., Hare D.L., Inglis S., Jelinek M., O'Neil A., Tirimacco R., Vale M., Redfern J. Optimising Secondary Prevention and Cardiac Rehabilitation for Atherosclerotic Cardiovascular Disease During the COVID-19 Pandemic: A Position Statement from the Cardiac Society of Australia and New Zealand (CSANZ). *Heart Lung Circ.* 2020;30:S1443-9506(20)30135-9. doi:10.1016/j.hlc.2020.04.007.
43. Thomas E., Gallagher R., Grace S.L. Future-proofing cardiac rehabilitation: Transitioning services to telehealth during COVID-19. *Eur J Prev Cardiol.* 2020;23:2047487320922926. doi:10.1177/2047487320922926.
44. Kamenskaya O.V., Loginova I.Yu., Klinkova A.S., Arkova A.R., Naydenov R.A., Kretov E.I., Lomivorotov V.V. Telehealth in cardiac rehabilitation: a review of current applications and future prospects for practical use. *Russian Journal of Cardiology.* 2020;25(6):154-160. (In Russian) doi:10.15829/1560-4071-2020-3365.
45. Pomeschkina S.A., Loktionova E.B., Kasparov E.V., Bezzubova V.A., Shibanova I.A., Barbarash O.L. Comparative analysis of efficiency of supervised and home-based physical trainings in the outpatient cardiac rehabilitation program in patients after coronary artery bypass grafting. *Complex Issues of Cardiovascular Diseases.* 2017;6(2):40-49. (In Russian) doi.org/10.17802/2306-1278-2017-2-40-49.
46. Mareev Y.V., Zinchenko A.O., Myasnikov R.P., Vakhovskaya T.V., Andreenko E. Yu., Boytsov S.A., Drapkina O.M. Telemonitoring in patients with chronic heart failure. *Kardiologia.* 2019;59(9S):4-15. doi:10.18087/cardio.n530. (In Russian)
47. Jiang X., Ming W.K., You J.H. The Cost-Effectiveness of Digital Health Interventions on the Management of Cardiovascular Diseases: Systematic Review. *J Med Internet Res.* 2019;17(21(6)):e13166. doi:10.2196/13166.
48. Thomas E., Gallagher R., Grace S.L. Future-proofing cardiac rehabilitation: Transitioning services to telehealth during COVID-19. *Eur J Prev Cardiol.* 2020;23:2047487320922926. doi:10.1177/2047487320922926.

**Для цитирования:** Ляпина И.Н., Зверева Т.Н., Помешкина С.А. Современные способы дистанционного наблюдения и реабилитации пациентов с сердечно-сосудистыми заболеваниями. *Комплексные проблемы сердечно-сосудистых заболеваний.* 2022;11(1): 112-123. DOI: 10.17802/2306-1278-2022-11-1-112-123

**To cite:** Lyapina I.N., Zvereva T.N., Pomeschkina S.A. Modern methods of remote monitoring and rehabilitation of patients with cardiovascular diseases. *Complex Issues of Cardiovascular Diseases.* 2022;11(1): 112-123. DOI: 10.17802/2306-1278-2022-11-1-112-123