

УДК 616.12-039.34:004

<https://doi.org/10.23946/2500-0764-2023-8-4-124-132>

# СОВРЕМЕННЫЕ ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В КАРДИОРЕАБИЛИТАЦИИ. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРИЛОЖЕНИЙ ДЛЯ МОБИЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ (ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ)

Аргунова Ю. А.\*, Ляпина И. Н., Зверева Т. Н., Барбараш О. Л.

ФГБНУ «Научно-исследовательский институт комплексных проблем сердечно-сосудистых заболеваний», г. Кемерово, Россия

## Резюме

На современном этапе развития медицины использование информационных технологий является неотъемлемой частью всех этапов курации пациента. Особенно актуально внедрение инновационных разработок в данной сфере при ведении пациентов с сердечно-сосудистой патологией на амбулаторном этапе, вторичная профилактика и реабилитация у которых продолжаются на протяжении всей жизни. В мире широкое внедрение в клиническую практику нашли различные носимые устройства для мониторинга параметров гемодинамики, электрокардиографии и физической активности, обеспечивающие контроль за состоянием пациента в ходе проведения реабилитационных мероприятий. Однако, рассматривая амбулаторный этап, специалисту–кардиологу или реабилитологу важно иметь возможность мониторить полученные данные в едином источнике, осуществляя связь с пациентом с целью коррекции терапии. С этой позиции удобным инструментом могут выступать приложения для мобильных устройств с функцией обратной связи. На сегодняшний день разработано множество приложений для смартфонов, в том числе синхронизирующихся с носимыми устройствами, для регистрации параметров пациента, включая уровень физиче-

ской активности. Большинство из них ограничены функцией самоконтроля. Как в России, так и за рубежом существует ряд проблем и ограничений в использовании указанных технологий, связанных с пациентом и несовершенством системы здравоохранения, а также погрешностями в работе самих устройств. Представленная статья посвящена обзору существующих дистанционных технологий в реабилитации с акцентом на использование приложений для мобильных устройств. Авторами дано представление об отечественных и мировых разработках в данной сфере, обозначены проблемы и перспективы развития данного направления в здравоохранении.

**Ключевые слова:** коронарное шунтирование, кардиореабилитация, телемедицинские технологии, физические тренировки.

## Конфликт интересов

Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

## Источник финансирования

Работа выполнена в рамках поискового научного исследования 419-11 «Разработка технологий дистанционной реабилитации на амбулаторном этапе реабилитации пациентов после открытых операций на сердце».

## Для цитирования:

Аргунова Ю. А., Ляпина И. Н., Зверева Т. Н., Барбараш О. Л. Современные информационные технологии в кардиореабилитации. Использование приложений для мобильных устройств (обзор литературы). *Фундаментальная и клиническая медицина*. 2023;8(4): 124-132. <https://doi.org/10.23946/2500-0764-2023-8-4-124-132>

## \*Корреспонденцию адресовать:

Аргунова Юлия Александровна, 650002, Россия, г. Кемерово, Сосновый бульвар 6, E-mail: [argunova-u@mail.ru](mailto:argunova-u@mail.ru)  
©Аргунова Ю. А. и др.

## REVIEW ARTICLE

# MODERN INFORMATION TECHNOLOGY IN CARDIAC REHABILITATION. APPLICATIONS FOR MOBILE DEVICES (REVIEW)

YULIA A. ARGUNOVA \*, IRINA N. LYAPINA, TATIANA N. ZVEREVA, OLGA L. BARBARASH

*Research institute for complex issues of cardiovascular diseases, Kemerovo, Russian Federation*

## Abstract

Using information technologies at all stages of patient care is necessary at the current state of medical development. It is particularly important to implement innovative information technologies in the management of patients with cardiovascular diseases in the outpatient setting, in secondary prevention and rehabilitation that continues throughout life. Various wearable devices for hemodynamic monitoring, electrocardiographic and physical activity assessment, that help the patient's condition during rehabilitation, have been widely used in clinical practice all over the world. However, considering the outpatient setting, a cardiologist or rehabilitologist should be able to monitor the data obtained using a single source, and to communicate with the patient in order to adjust treatment. Applications for mobile devices providing feedback can be a convenient tool in this regard. To date, many applications have been developed for smartphones, including those that synchronize with wearable devices, to record patient parameters, including the level of physical activity. Most of them are limited by self-control.

Both in Russia and in other countries, a number of problems and limitations associated with the use of these technologies are related to the patient, the imperfection of the health care system, and problems with the devices themselves. The present article is devoted to an overview of existing remote rehabilitation technologies focusing on the applications for mobile devices. The authors present a short summary on domestic and international development in information technologies, identify the problems and future development of this area in health care.

**Keywords:** coronary artery bypass grafting, cardiac rehabilitation, telemedicine technologies, physical training.

### Conflict of Interest

All authors declare that they have no conflicts of interest.

### Funding

The study was carried out within the framework of the exploratory study 419-11 "Development of remote rehabilitation technologies for rehabilitation of patients after open-heart surgery in the outpatient setting".

◀ English

### For citation:

Yulia A. Argunova, Irina N. Lyapina, Tatiana N. Zvereva, Olga L. Barbarash. Modern information technology in cardiac rehabilitation. Applications for mobile devices (review). *Fundamental and Clinical Medicine*. (In Russ.). 2023;8(4): 124-132. <https://doi.org/10.23946/2500-0764-2023-8-4-124-132>

### \*Corresponding author:

Dr. Yulia A. Argunova, 6, Sosnovy Boulevard, Kemerovo, 650002, Russian Federation, E-mail: [argunova-u@mail.ru](mailto:argunova-u@mail.ru)  
© Yulia A. Argunova, et al.

## Введение

На протяжении последних лет во всем мире в системе здравоохранения находят широкое применение разработки в области информационных технологий, позволяющие осуществлять не только диагностику, но и дистанционный мониторинг состояния пациента [1]. Цифровые технологии получили наиболь-

шее развитие в США и странах Европы, однако и в Российской Федерации наблюдается рост востребованности дистанционных технологий в медицине [2,3]. Дополнительный стимул к развитию данные разработки получили в условиях пандемии COVID-19. Преимущества применения дистанционных технологий в курации пациентов заключаются в возмож-

ности их комфортного использования в домашних условиях, обеспечении оповещения о нежелательных событиях, снижении затрат на дополнительные исследования и очные визиты пациентов. Особое значение цифровые технологии имеют для пациентов, проживающих отдаленно от учреждений, оказывающих специализированную медицинскую помощь, обеспечивая ее доступность [4].

Одним из направлений, в котором имеют перспективу быть использованными дистанционные медицинские технологии, является кардиореабилитация (КР) – признанный метод снижения частоты неблагоприятных исходов у пациентов с ишемической болезнью сердца (ИБС) [5]. Особое значение такой подход приобретает в свете имеющихся ограничений в системе КР в Российской Федерации: отсутствия достаточной обеспеченности квалифицированными кадрами, недостаточного числа реабилитационных центров и отделений кардиореабилитации, низкой комплаентности пациентов к программам реабилитации (только 30% пациентов направляются на КР, еще меньшее число проходят полный курс реабилитационной программы) [6,7,8]. Использование информационных технологий и телемониторинга в реабилитации пациентов, перенесших инфаркт миокарда (ИМ) и кардиохирургические вмешательства, является одной из ключевых задач федерального проекта «Борьба с сердечно-сосудистыми заболеваниями» в рамках национального проекта «Здравоохранение».

Одним из перспективных инструментов преодоления указанных ограничений может выступать использование информационных технологий для дистанционной реабилитации кардиологических пациентов, что потенциально увеличит доступность оказания данного вида помощи, улучшит профиль безопасности домашних тренировок за счет возможности контроля со стороны персонала специализированного центра, а также улучшит приверженность пациентов программам кардиореабилитации [9–11]. Современные технологии предлагают множество неинвазивных носимых и имплантируемых устройств, позволяющих контролировать параметры гемодинамики и электрокардиограммы, показатели функции респираторной системы, объем двигательной активности [9]. Однако при проведении реабилитационных мероприятий важно, что-

бы регистрация этих параметров дополнялась возможностью обратной связи от пациента, регистрацией субъективных параметров (жалобы, тяжесть одышки по шкале Борга), а также возможностью задать вопрос врачу. Это особенно важно при мониторинге состояния пациентов пожилого возраста, с коморбидной патологией [12]. В этой связи наиболее оптимальным представляется использование мобильных приложений в дополнение к методикам объективного контроля состояния пациента с возможностью кумулировать функции сбора объективных и субъективных показателей и регистрации обратной связи.

### **Мобильные приложения для пациентов с сердечно-сосудистой патологией**

В зарубежной литературе широко представлены возможности применения мобильных приложений для первичной и вторичной профилактики в кардиологии, способствующие обучению пациентов. Результаты систематического обзора семи исследований Davis A.J. с соавторами демонстрируют, что использование игровых мобильных приложений у пациентов с высоким риском сердечно-сосудистых заболеваний (ССЗ) ассоциировалось с повышением физической активности, лучшим контролем терапии сахарного диабета. При этом не отмечалось улучшения контроля артериального давления и индекса массы тела, приверженности к медикаментозной терапии [13]. В рандомизированном исследовании Gallagher R. с соавторами с участием 390 пациентов с ИБС использовалось мобильное приложение «MyHeartMate», где отслеживалась динамика факторов риска в течение 6 месяцев: уровня физической активности, параметров липидограммы, артериального давления, индекса массы тела, статуса курения. В игровой форме пользователям предлагались к выполнению мероприятия по модификации образа жизни, повышению физической активности, когнитивного тренинга. По результатам исследования отмечено повышение физической активности в основной группе и достоверное снижение уровня триглицеридов без эффектов в отношении других оцениваемых параметров [14].

В свою очередь рандомизированное контролируемое исследование по оценке эффективности домашней реабилитации при допол-

нительном использовании носимых устройств и мобильных технологий продемонстрировало улучшение усвоения пациентами информации, полученной от врача, приверженности терапии и увеличение числа пациентов, продолжающих реабилитацию в домашних условиях после перенесенного ИМ [15].

В течение последних лет разработано большое количество демонстрирующих свою эффективность приложений с акцентом на повышение приверженности пациентов к медикаментозным и немедикаментозным методам лечения. Так, в систематическом обзоре, включавшем 1657 участников, доказан положительный эффект использования мобильных приложений у пациентов с артериальной гипертензией в отношении контроля уровня артериального давления за счет повышения приверженности терапии, при этом не показаны преимущества для повышения физической активности [16].

Следует отметить, что для достижения эффектов дистанционной кардиореабилитации важно соблюдение комплексного подхода: повышение комплаентности пациентов не только к физической реабилитации, но и к медикаментозной терапии, возможность отслеживать параметры гемодинамики во время и после тренировок, а также получение индивидуальных рекомендаций по коррекции программы реабилитации в зависимости от динамики состояния пациента.

В литературе имеются доказательства целесообразности внедрения телемедицинских технологий в виде приложений для мобильных устройств в практику кардиореабилитации на амбулаторном этапе. Так, в рандомизированном исследовании HEART оценивали эффективность использования мобильного приложения, представляющего собой автоматизированный пакет текстовых сообщений и веб-сайт с видеосообщениями, для кардиореабилитации пациентов с ИБС в амбулаторных условиях в течение 24 недель. В качестве первичной конечной точки рассматривалось значение пикового потребления кислорода ( $VO_{2peak}$ ), не имевшее достоверной динамики у пациентов, использовавших приложение. В качестве вторичных конечных точек оценивались: уровень физической активности, качество жизни, мотивация. Результаты продемонстрировали, что применение мобильного приложения ассоциировалось с более высо-

ким уровнем физической активности и показателей качества жизни по сравнению с пациентами, не использовавшими телемедицинские технологии. Кроме того, такой подход оказался экономически целесообразным [17].

Положительный эффект в отношении приверженности к программам кардиореабилитации показали в своем исследовании Imran T.F. с соавторами. Использование мобильного приложения, обеспечивающего образовательный контент, подсчет уровня физической активности и обратную связь с персоналом клиники, ассоциировалось с лучшей посещаемостью очных занятий по реабилитации; пациенты с дистанционной поддержкой в 1,8 раза чаще завершали курс кардиореабилитации (80,2% пациентов основной группы против 68,4% контрольной), имели лучшую динамику снижения массы тела по сравнению с пациентами, не использовавшими приложение [11].

Помимо улучшения параметров приверженности, ряд недавних исследований представил доказательства эффективности такого подхода в отношении параметров физического функционирования и качества жизни. В работе Laustsen S. с соавторами пациентам кардиологического профиля в течение 12 недель был назначен курс кардиореабилитации с использованием телемедицинских технологий (приложение для смартфона и веб-сайт). Отмечено, что вовлеченные в данную программу пациенты через 12 месяцев после окончания курса занятий имели достоверно большую силу и выносливость мышц, лучшие показатели качества жизни (как физического, так и психического компонентов здоровья) [18].

В 2019 г. было проведено многоцентровое рандомизированное исследование «TELEREH-HF» с участием 850 пациентов с хронической сердечной недостаточностью и продолжительностью периода наблюдения 14–26 месяцев. Пациенты были рандомизированы в основную группу с дистанционной реабилитацией и контрольную группу с реабилитацией на базе реабилитационного центра. Дистанционная реабилитация, проводимая в домашних условиях, включала следующие компоненты: мониторинг и передачу клинически важных данных пациента в медицинский центр, предоставление рекомендаций, оценку динамики восстановления и поддержку пациентов при помощи устройств телекоммуникации и дистанционный мониторинг им-

планируемых устройств. По результатам исследования не было показано преимуществ дистанционной реабилитации в сравнении с традиционной в отношении снижения показателей смертности и частоты повторных госпитализаций по поводу сердечно-сосудистых событий. Однако показатели толерантности к физической нагрузке, качества жизни в динамике оказались достоверно лучшими в группе дистанционной реабилитации по сравнению с таковыми в группы традиционной реабилитации [19].

Для пациентов кардиологического профиля разработаны дистанционные программы реабилитации, представляющие собой мобильные приложения с персонализированным автоматизированным пакетом текстовых СМС-сообщений и веб-сайтом с видеосообщениями [20], программы, позволяющие пациентам получать индивидуальную поддержку стратегий здорового образа жизни по телефону или электронной почте [21], онлайн-видеокурсы упражнений кардиореабилитации для пациентов с различными ССЗ, что также нацелено на повышение доступности кардиореабилитационных программ [22].

### **Мобильные приложения для реабилитации в Российской Федерации**

Направление дистанционной реабилитации с использованием телемедицинских технологий в Российской Федерации в настоящее время активно развивается, однако опыт применения такого подхода пока ограничивается единичными исследованиями в неврологии и кардиологии [23]. В России самой масштабной системой дистанционной реабилитации на дому является пилотный проект акад. РАН, проф. К.В. Лядова [24–25], разработанный для реабилитации пациентов с заболеваниями опорно-двигательного аппарата, периферической и центральной нервной системы. Он реализован в нескольких регионах страны (Москва, Ивановская область, Республика Татарстан, Пермский край, Владимирская область). Для практической реализации программы необходимо следующее оборудование: набор адаптированных мобильных тренажеров для установки в домашних условиях, компьютер, видеочасть, система виртуальной реальности. На протяжении всей реабилитации с пациентом работает мультидисципли-

нарная команда. Связь с врачом осуществляется через Интернет. Тренинги ведутся в соответствии с индивидуальным планом. В рамках данного проекта пациенты могут в домашних условиях получать полный комплекс занятий и постоянное дистанционное наблюдение с необходимой своевременной коррекцией программы. К недостаткам данной системы дистанционной реабилитации можно отнести необходимость в приобретении дорогостоящего оборудования, практическую трудность в настройке программно-аппаратного комплекса для нейрореабилитации и необходимость большого кадрового и временного потенциала для работы мультидисциплинарных команд в режиме онлайн [26].

В исследование Ляминой Н.П. и соавт. [27] включались пациенты, перенесшие чрескожное коронарное вмешательство в связи с острым ИМ. Дистанционное реабилитационное наблюдение (3 месяца) включало: ауто-трансляцию электрокардиографической записи, контроль физической активности и физиологических показателей, телемедицинское и офисное консультирование. Передача и обработка данных производилась с помощью мобильных устройств. Результаты продемонстрировали достоверное увеличение дистанции в тесте шестиминутной ходьбы, уменьшение выраженности клинических признаков сердечной недостаточности, уменьшение доли лиц с проявлениями личностной дезадаптации. По мнению авторов, предложенная методика оказалась эффективной и безопасной в качестве вспомогательного инструмента при амбулаторной реабилитации пациентов с хронической сердечной недостаточностью, перенесших ИМ, способствующей повышению приверженности и эффективной коммуникации «врач-пациент» [3].

Для увеличения доступности кардиореабилитации для пациентов после операции на «открытом сердце» сотрудниками Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Научно-исследовательский институт комплексных проблем сердечно-сосудистых заболеваний» (НИИ КПССЗ) г. Кемерово была разработана программа «Дистанционной реабилитации пациентов, перенесших операцию на сердце» в виде приложения для смартфона [28]. Данное мобильное приложение было создано специально для третьего амбулаторного этапа реабилитации пациентов после операции

коронарного шунтирования и/или хирургической коррекции приобретенных пороков клапанов сердца. В период пребывания пациента в стационаре, на 5-й день после операции, на личный смартфон пациента устанавливается приложение по дистанционной реабилитации, включающее в себя 5 разделов: Дозированная ходьба, Лечебная гимнастика, Диета, Психология и Чат. До выписки пациента из стационара проводится как минимум три занятия, включающие в себя ознакомление пациента с приложением и его разделами, обучение пациента системе восстановительных упражнений, дыхательной гимнастике, оценке своего физического состояния, формирование вместе с пациентом персонализированной программы реабилитации длительностью 4 месяца после выписки из стационара. На протяжении периода участия пациента в программе дистанционной реабилитации пациент в специальные графы мобильного приложения вводит результаты измерения параметров гемодинамики и уровня напряжения по шкале Борга. В свою очередь, командой квалифицированных специалистов анализируется динамика состояния пациента, даются ответы на вопросы в онлайн-чате, после чего при необходимости проводится коррекция рекомендаций [29]. На сегодняшний день данные, полученные в ходе исследования, находятся на этапе анализа, однако следует отметить, что 74% включенных пациентов были комплаентны к использованию данного мобильного приложения, из них 52% занимались регулярно.

В настоящее время имеются доказательства, что использование телемедицинских технологий в реабилитации определенных групп кардиологических пациентов при правильной организации процесса не уступает по эффективности и безопасности традиционной кардиореабилитации в условиях реабилитационных отделений. Телереабилитация, в том числе в домашних условиях, показывает преимущества у пациентов с ССЗ, позволяя преодолевать такие ограничения контролируемой реабилитации в специализированных центрах, как особенности географического расположения, низкую приверженность пациентов к очным визитам, высокие экономические затраты [21], при этом демонстрируя эффективность и безопасность. Тем не менее в Российской Федерации опыт практического использования телереабилитации у пациентов с кардиоваску-

лярной патологией ограничен, доступны данные единичных исследований.

Несмотря на большой потенциал применения такого подхода на амбулаторном этапе реабилитации, нельзя не отметить ограничения его широкого внедрения, имеющие место как в Российской Федерации, так и во всем мире. Одним из ограничений является недостаточная цифровая грамотность населения, что препятствует использованию информационных технологий в повседневной жизни и в медицине. Особенно эта проблема актуальна у лиц пожилого и старческого возраста, проживающих в одиночестве [30]. Такая ситуация требует дополнительного обучения пациентов, что, безусловно, влечет дополнительные затраты со стороны медицинской организации, оказывающей такой вид помощи.

Помимо необходимости обучения пациентов, для осуществления данного вида помощи требуется обученный персонал, ответственный за сопровождение пациентов в ходе дистанционной реабилитации, а также приобретение самих устройств для дистанционной реабилитации (носимые устройства регистрации параметров пациента, смартфоны, мобильные приложения и тренажеры). В условиях кадрового дефицита и ограниченного финансирования организация такого вида реабилитации со стороны медицинских организаций весьма затруднена.

Одним из ограничений является также несовершенство технических средств, регистрирующих параметры пациента. Носимые устройства регистрации электрокардиограммы, акселерометры, сенсорные датчики дают артефакты при записи измерений и требуют тщательного подхода к эксплуатации [4].

## Заключение

Таким образом, на современном этапе развитие инновационных цифровых технологий, потенциал их интеграции в сферу здравоохранения, возможности реализации преимуществ телемедицинских технологий не всегда соотносятся с реальной клинической практикой. Необходима разработка методологического подхода и алгоритмов оказания помощи в формате дистанционной реабилитации, а также ряд управленческих решений, направленных на кадровое и материально-техническое обеспечение процесса амбулаторной реабилитации.

## Литература:

1. Ajami S., Teimouri F. Features and application of wearable biosensors in medical care. *J. Res. Med. Sci.* 2015;20(12):1208-1215. <https://doi.org/10.4103/1735-1995.172991>
2. 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. <https://doi.org/10.17816/PED945-11>
3. Лямина Н.П., Котельникова Е.В. Пациент-ориентированная модель организации реабилитационной помощи на основе интернет-технологий. *Вестник восстановительной медицины.* 2017;(1(77)):96-102.
4. Sana F., Isselbacher E.M., Singh J.P., Heist E.K., Pathik B. Wearable Devices for Ambulatory Cardiac Monitoring: JACC State-of-the-Art Review. *J. Am. Coll. Cardiol.* 2020;75(13):1582-1592. <https://doi.org/10.1016/j.jacc.2020.01.046>
5. Dibben G., Faulkner J., Oldridge N., Rees K., Thompson D.R., Zwisler A.D., Taylor R.S. Exercise-based cardiac rehabilitation for coronary heart disease. *Cochrane Database Syst. Rev.* 2021;6;11(11):CD001800. <https://doi.org/10.1002/14651858>
6. Бубнова М.Г., Аронов Д.М., Иванова Г.Е., Бойцов С.А., Андреев А.Г., Барбараш О.Л., Белова В.В., Белов В.Н., Борисов Б.В., Иванов Е.В., Карамова И.М., Карпухин А.В.1, Красницкий В.Б., Кыбанова Е.С., Лебедев П.А., Лисняк Е.А., Лямина Н.П., Мизурова Т.Н., Мишина И.Е., Мищенко О.В., Никулина С.Ю., Остроушко Н.И., Помешкина С.А., Сидоров А.С., Сприкут А.А., Сухихина И.С., Ткачева А.Г., Устюгов С.А., Чумакова Г.А., Мисюра О.Ф. 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.
7. Galea M.D. Telemedicine in Rehabilitation. *Phys. Med. Rehabil. Clin. N. Am.* 2019;30(2):473-483. <https://doi.org/10.1016/j.pmr.2018.12.002>
8. Peters A.E., Keeley E.C. Trends and predictors of participation in cardiac rehabilitation following acute myocardial infarction: data from the behavioral risk factor surveillance system. *J. Am. Heart Assoc.* 2017;29(7):e007664. <https://doi.org/10.1161/JAHA.117.007664>
9. Лямина 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. <https://doi.org/10.17802/2306-1278-2022-1>
10. Kędzierski K., Radziejewska J., Sławuta A., Wawrzyńska M., Arkowski J. Telemedicine in Cardiology: Modern Technologies to Improve Cardiovascular Patients' Outcomes – A Narrative Review. *Medicina.* 2022;58(2):210. <https://doi.org/10.3390/medicina58020210>
11. Imran T.F., Wang N., Zombeck S., Balady G.J. Mobile Technology Improves Adherence to Cardiac Rehabilitation: A Propensity Score-Matched Study. *J. Am. Heart Assoc.* 2021;10(15):e020482. <https://doi.org/10.1161/JAHA.120.020482>
12. Лямина Н.П., Харитонов С.В. Цифровые носимые устройства в кардиореабилитации: потребность и удовлетворенность пациентов. Обзор литературы. *CardioСomatika.* 2022;13(1):23-30. <https://doi.org/10.17816/22217185.2022.1.201471>
13. Davis A.J., Parker H.M., Gallagher R. Gamified applications for secondary prevention in patients with high cardiovascular disease risk: A systematic review of effectiveness and acceptability. *J. Clin. Nurs.* 2021;30(19-20):3001-3010. <https://doi.org/10.1111/jocn.15808>
14. Gallagher R., Chow C.K., Parker H., Neubeck L., Celermajer D.S., Redfern J., Tofler G., Buckley T., Schumacher T., Hyun K., Boroumand F., Figtree G. The effect of a game-based mobile app 'MyHeartMate' to promote lifestyle change in coronary disease patients: a randomized controlled trial. *Eur. Heart J. Digit Health.* 2022;4(1):33-42. <https://doi.org/10.1093/ehjdh/ztac069>
15. Varnfield M., Karunanithi M., Lee C.K., Honeyman E., Arnold D., Ding H., Smith C., Walters D.L. Smartphone-based home care model improved use of cardiac rehabilitation in postmyocardial infarction patients: results from a randomised controlled trial. *Heart.* 2014;100(22):1770-1779. <https://doi.org/10.1136/heartjnl-2014-305783>
16. Xu H., Long H. The effect of smartphone app-based interventions for patients with hypertension: systematic review and meta-analysis. *JMIR Mhealth Uhealth.* 2020;8(10):e21759. <https://doi.org/10.2196/21759>
17. Maddison R., Pfaeffli L., Whittaker R., Stewart R., Kerr A., Jiang Y., Kira G., Leung W., Dalleck L., 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. <https://doi.org/10.1177/2047487314535076>
18. Laustsen S., Oestergaard L.G., van Tulder M., Hjortdal V.E., Petersen A.K. Telemonitored exercise-based cardiac rehabilitation improves physical capacity and health-related quality of life. *J. Telemed. Telecare.* 2020;26(1-2):36-44. <https://doi.org/10.1177/1357633X18792808>
19. Piotrowicz E., Piotrowicz R., Opolski G., Pencina M., Banach M., Zareba W. Hybrid comprehensive telerehabilitation in heart failure patients (TELEREH-HF): a randomized, multicenter, prospective, open-label, parallel group controlled trial-Study design and description of the intervention. *Am. Heart J.* 2019;217:148-158. <https://doi.org/10.1016/j.ahj.2019.08.015>
20. Schröder J., van Criekeing T., Embrechts E., Celis X., Van Schuppen J., Truijens S., Saeyns W. Combining the benefits of tele-rehabilitation and virtual reality-based balance training: a systematic review on feasibility and effectiveness. *Disabil. Rehabil. Assist. Technol.* 2018;14:1-9. <https://doi.org/10.1080/17483107.2018.1503738>
21. Каменская О.В., Логинова И.Ю., Клинка 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. <https://doi.org/10.15829/1560-4071-2020-3365>
22. 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. <https://doi.org/10.1177/2047487314535076>
23. Calabrò R.S., Bramanti A., Garzon M., Celesti A., Russo M., Portaro S., Naro A., Manuli A., Tonin P., Bramanti P. Telerehabilitation in individuals with severe acquired brain injury: Rationale, study design, and methodology. *Medicine (Baltimore).* 2018;97(50):e13292. <https://doi.org/10.1097/MD.00000000000013292>
24. Лядов К.В., Шаповаленко Т.В., Снопков П.С., Конева Е.С. Опыт комплексного дистанционного реабилитационного лечения пациентов с тяжелой сочетанной травмой и множественным повреждением опорно-двигательного аппарата: обзор клинических случаев. *Физиотерапия, бальнеология и реабилитация.* 2016;15(3):160-164. <https://doi.org/10.18821/1681-3456-2016-16-3-160-164>
25. Снопков П.С., Лядов К.В., Шаповаленко Т.В., Сидякина И.В. Дистанционная реабилитация: истоки, состояние, перспективы. *Физиотерапия, бальнеология и реабилитация.* 2016;15(3):141-145. <https://doi.org/10.18821/1681-3456-2016-15-3-141-145>
26. Аброськина М.В., Субочева С.А., Корягина Т.Д., Ильминская А.А., Мягкова Е.Г., Буслов И.А., Ондар В.С., Прокопенко С.В., Иванилова Т.Н. Проекты дистанционной реабилитации в неврологии. Сайт домашней нейрореабилитации «НейроДом» на территории Красноярского края. *Журнал неврологии и психиатрии им. С. С. Корсакова.* 2019;119(8):84-88. <https://doi.org/10.17116/jnevro201911908184>
27. Лямина Н. П., Котельников Е.В. Мобильные технологии как инструмент интеграции программ кардиологической реабилитации в систему динамического наблюдения пациентов с хронической сердечной недостаточностью. *Вестник восстановительной медицины.* 2017;5(81):25-32.
28. Зверева Т.Н., Барбараш О.Л., Видяева Н.Г., Галичев К.В., Полковникова Е.В., Помешкина С.А., Солодухин А.В., Таран И.Н. Дис-

танционная реабилитация пациентов, перенесших операцию на сердце. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ RU №2020617994 от 15.07.2020. № 2020617074. заявл. 06.07.2020; опубл. 15.07.2020. Бюл. №7.

29. Завырылина П.Н. Современные российские разработки для дистанционного наблюдения и реабилитации пациентов неврологического и кардиологического профиля. *Проблемы медицины и биологии: научные литературные обзоры и статьи. Материалы*

*Международной научно-практической конференции молодых ученых и студентов (Кемерово, 14-15 апреля 2022 г.).* 2022;228-231.

30. Kekade S., Hsieh C.H., Islam M.M., Atique S., Mohammed Khalfan A., Li Y.C., Abdul S.S. The usefulness and actual use of wearable devices among the elderly population. *Comput. Methods Programs Biomed.* 2018;153:137-159. <https://doi.org/10.1016/j.cmpb.2017.10.008>

## References:

- Ajami S, Teimouri F. Features and application of wearable biosensors in medical care. *J Res Med Sci.* 2015;20(12):1208-1215. <https://doi.org/10.4103/1735-1995.172991>
- Aronov AM, Pastushenko VL, Ivanov DO, Rudin YaV, Drygin AN. Contemporary aspects of innovative visualization digital medical technologies' introduction into clinical practice and education. *Pediatrician.* 2018;9(4):5-11. (In Russ). <https://doi.org/10.17816/PED945-11>
- Lyamina NP, Kotelnikova EV. Patient-oriented model of rehabilitation care organization based on internet technologies. *Bulletin of rehabilitation medicine.* 2017;(1):96-102. (In Russ).
- Sana F, Isselbacher EM, Singh JP, Heist EK, Pathik B. Wearable Devices for Ambulatory Cardiac Monitoring: JACC State-of-the-Art Review. *J Am Coll Cardiol.* 2020;75(13):1582-1592. <https://doi.org/10.1016/j.jacc.2020.01.046>
- Dibben G, Faulkner J, Oldridge N, Rees K, Thompson DR, Zwisler AD, Taylor RS. Exercise-based cardiac rehabilitation for coronary heart disease. *Cochrane Database Syst Rev.* 2021;6;11(11):CD001800. <https://doi.org/10.1002/14651858>
- Bubnova MG, Aronov DM, Ivanova GE, Boytsov SA, Andreev AG, Barbarash OL, Belova VV, Belov VN, Borisov BV, Ivanov EV, Karamova IM, Karpuhin AV, Krasnitsky VB, Kyblanova ES, Lebedev PA, Lisnyak EA, Lyamina NP, Mizurova TN, Mishina IE, Mischenko OV, Nikulina SY, Ostroushko NI, Pomeshekina SA, Sidorov AS, Sprikut AA, Suhinina IS, Tkacheva AG, Ustyugov SA, Chumakova GA, Misyura OF. 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 Russ).
- Galea MD. Telemedicine in Rehabilitation. *Phys Med Rehabil Clin N Am.* 2019;30(2):473-483. <https://doi.org/10.1016/j.pmr.2018.12.002>
- Peters AE, Keeley EC. Trends and predictors of participation in cardiac rehabilitation following acute myocardial infarction: data from the behavioral risk factor surveillance system. *J Am Heart Assoc.* 2017;29(7):e007664. <https://doi.org/10.1161/JAHA.117.007664>
- Lyapina IN, Zvereva TN, Pomeshekina SA. Modern methods of remote monitoring and rehabilitation of patients with cardiovascular diseases. *Complex Issues of Cardiovascular Diseases.* 2022;11(1):112-123. (In Russ). <https://doi.org/10.17802/2306-1278-2022-1>
- Kędziński K, Radziejewska J, Sławuta A, Wawrzyńska M, Arkowski J. Telemedicine in Cardiology: Modern Technologies to Improve Cardiovascular Patients' Outcomes – A Narrative Review. *Medicina.* 2022;58(2):210. <https://doi.org/10.3390/medicina58020210>
- Imran TF, Wang N, Zombeck S, Balady GJ. Mobile Technology Improves Adherence to Cardiac Rehabilitation: A Propensity Score-Matched Study. *J Am Heart Assoc.* 2021;10(15):e020482. <https://doi.org/10.1161/JAHA.120.020482>
- Lyamina NP, Kharytonov SV. Digital wearable devices in cardiac rehabilitation: patient need and satisfaction. Literature Review. *CardioSomatics.* 2022;13(1):23-30. (In Russ). <https://doi.org/10.17816/622217185.2022.1.201471>
- Davis AJ, Parker HM, Gallagher R. Gamified applications for secondary prevention in patients with high cardiovascular disease risk: A systematic review of effectiveness and acceptability. *J Clin Nurs.* 2021;30(19-20):3001-3010. <https://doi.org/10.1111/jocn.15808>
- Gallagher R, Chow CK, Parker H, Neubeck L, Celermajer DS, Redfern J, Tofler G, Buckley T, Schumacher T, Hyun K, Boroumand F, Figtree G. The effect of a game-based mobile app 'MyHeartMate' to promote lifestyle change in coronary disease patients: a randomized controlled trial. *Eur Heart J Digit Health.* 2022;4(1):33-42. <https://doi.org/10.1093/ehjdh/ztac069>
- Varnfield M, Karunanithi M, Lee CK, Honeyman E, Arnold D, Ding H, Smith C, Walters DL. Smartphone-based home care model improved use of cardiac rehabilitation in postmyocardial infarction patients: results from a randomised controlled trial. *Heart.* 2014;100(22):1770-1779. <https://doi.org/10.1136/heartjnl-2014-305783>
- Xu H, Long H. The effect of smartphone app-based interventions for patients with hypertension: systematic review and meta-analysis. *JMIR Mhealth Uhealth.* 2020;8(10):e21759. <https://doi.org/10.2196/21759>
- Maddison R, Pfaeffli L, Whittaker R, Stewart R, Kerr A, Jiang Y, Kira G, Leung W, Dalleck L, 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. <https://doi.org/10.1177/2047487314535076>
- Laustsen S, Oestergaard LG, van Tulder M, Hjortdal VE, Petersen AK. Telemonitored exercise-based cardiac rehabilitation improves physical capacity and health-related quality of life. *J Telemed Telecare.* 2020;26(1-2):36-44. <https://doi.org/10.1177/1357633X18792808>
- Piotrowicz E, Piotrowicz R, Opolski G, Pencina M, Banach M, Zaręba W. Hybrid comprehensive telerehabilitation in heart failure patients (TELEREH-HF): a randomized, multicenter, prospective, open-label, parallel group controlled trial-Study design and description of the intervention. *Am Heart J.* 2019;217:148-158. <https://doi.org/10.1016/j.ahj.2019.08.015>
- Schröder J, van Criekinge T, Embrechts E, Celis X, Van Schuppen J, Truijen S, Saeys W. Combining the benefits of tele-rehabilitation and virtual reality-based balance training: a systematic review on feasibility and effectiveness. *Disabil. Rehabil. Assist. Technol.* 2018;14:1-9. <https://doi.org/10.1080/17483107.2018.1503738>
- Kamenskaya OV, Loginova IYu, Klinkova AS, Tarkova 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 Russ). <https://doi.org/10.15829/1560-4071-2020-3365>
- 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. <https://doi.org/10.1177/2047487314535076>
- Calabrò RS, Bramanti A, Garzon M, Celesti A, Russo M, Portaro S, Naro A, Manuli A, Tonin P, Bramanti P. Telerehabilitation in individuals with severe acquired brain injury: Rationale, study design, and methodology. *Medicine (Baltimore).* 2018;97(50):e13292. <https://doi.org/10.1097/MD.00000000000013292>
- Lyadov KV, Shapovalenko TV, Snopkov PS, Koneva ES. Opyt kompleksnogo distantsionnogo reabilitacionnogo lecheniya pacientov s tyazhelej sochetannoj travmoj i mnozhestvennym povrezhdeniem oporno-dvigatel'nogo apparata: obzor klinicheskikh sluchaev. *Fizioterapiya, Bal'neologiya i Reabilitaciya.* 2016;15(3):160-164. (In Russ). <https://doi.org/10.18821/1681-3456-2016-16-3-160-164>
- Snopkov PS, Lyadov KV, Shapovalenko TV, Sidyakina IV. Distantsionnaya reabilitaciya: istoki, sostoyanie, perspektivy. *Fizioterapiya, Bal'neologiya i Reabilitaciya.* 2016;15(3):141-145. (In Russ). <https://doi.org/10.18821/1681-3456-2016-15-3-141-145>
- Abroskina MV, Subocheva SA, Koryagina TD, Ilminkaya AA, Myagkova EG, Buslov IA, Ondar VS, Prokopenko SV, Ivanilova TN. Proekty distantsionnoj reabilitatsii v nevrologii. Sait domashnei neiroreabilitatsii 'NeiroDom' na territorii Krasnoiar'skogo kraia [Projects of distant rehabilitation in neurology. The website of in-home rehabilitation in the territory of Krasnoyarsk Region]. *Zh Nevrol Psikhiatr Im S S Korsakova.* 2019;119(8):84-88. (In Russ). <https://doi.org/10.17116/jnevro201911908184>

27. Lyamina NP, Kotel'nikov EV. Mobile technology as a tool for integration of programs of cardiac rehabilitation in the dynamic observation of patients with chronic heart failure. *Bulletin of rehabilitation medicine*. 2017;5(81):25-32. (In Russ).
28. Zvereva TN, Barbarash OL, Vidyayeva NG, Galichev KV, Polkovnikova EV, Pomeschkina SA, Solodukhin AV, Taran IN. *Distantsionnaya reabilitatsiya patsientov, perenesshikh operatsiyu na serdtse. Svidetel'stvo o gosudarstvennoy registratsii programmy dlya EVM RU №2020617994 ot 15.07.2020. № 2020617074. zayavl. 06.07.2020; opubl. 15.07.2020. Byul. №7. (In Russ).*
29. Zavyrylina PN. Modern Russian developments for remote monitoring and rehabilitation of neurological and cardiac patients. *Problemy mediciny i biologii: Nauchnye literaturnye obzory i stat'i. Materialy Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii molodyh uchenyh i studentov (Kemerovo, April 14-15, 2022. 2022;228-231. (In Russ).*
30. Kekade S, Hseieh CH, Islam MM, Atique S, Mohammed Khalfan A, Li YC, Abdul SS. The usefulness and actual use of wearable devices among the elderly population. *Comput Methods Programs Biomed*. 2018;153:137-159. <https://doi.org/10.1016/j.cmpb.2017.10.008>

## Сведения об авторах

**Аргунова Юлия Александровна**, доктор медицинских наук, заведующая лабораторией реабилитации отдела клинической кардиологии ФГБНУ «Научно-исследовательский институт комплексных проблем сердечно-сосудистых заболеваний» (650002, Россия, г. Кемерово, Сосновый бульвар, д. 6).

**Вклад в статью:** написание статьи.

**ORCID:** 0000-0002-8079-5397

**Ляпина Ирина Николаевна**, кандидат медицинских наук, старший научный сотрудник лаборатории реабилитации отдела клинической кардиологии ФГБНУ «Научно-исследовательский институт комплексных проблем сердечно-сосудистых заболеваний» (650002, Россия, г. Кемерово, Сосновый бульвар, д. 6).

**Вклад в статью:** написание статьи.

**ORCID:** 0000-0002-4649-5921.

**Зверева Татьяна Николаевна**, кандидат медицинских наук, начальник научно-образовательного отдела ФГБНУ «Научно-исследовательский институт комплексных проблем сердечно-сосудистых заболеваний» (650002, Россия, г. Кемерово, Сосновый бульвар, д. 6).

**Вклад в статью:** написание статьи.

**ORCID:** 0000-0002-2233-2095.

**Барбараш Ольга Леонидовна**, академик РАН, доктор медицинских наук, профессор, директор ФГБНУ «Научно-исследовательский институт комплексных проблем сердечно-сосудистых заболеваний» (650002, Россия, г. Кемерово, Сосновый бульвар, д. 6).

**Вклад в статью:** финальная экспертиза работы.

**ORCID:** 0000-0002-4642-3610.

Статья поступила: 06.04.2023 г.

Принята в печать: 30.11.2023 г.

Контент доступен под лицензией CC BY 4.0.

## Authors

**Dr. Yulia A. Argunova**, MD, DSc, Acting Head of the Laboratory of Rehabilitation, Department of Clinical Cardiology, Research Institute for Complex Issues of Cardiovascular Diseases (6, Sosnovy Boulevard, Kemerovo, 650002, Russian Federation).

**Contribution:** wrote the manuscript.

**ORCID:** 0000-0002-8079-5397

**Dr. Irina N. Lyapina**, MD, PhD, Senior Researcher at the Laboratory of Rehabilitation, Department of Clinical Cardiology, Research Institute for Complex Issues of Cardiovascular Diseases (6, Sosnovy Boulevard, Kemerovo, 650002, Russian Federation).

**Contribution:** wrote the manuscript.

**ORCID:** 0000-0002-4649-5921.

**Dr. Tatiana N. Zvereva**, MD, PhD, Head of the Department of Science and Education, Research Institute for Complex Issues of Cardiovascular Diseases (6, Sosnovy Boulevard, Kemerovo, 650002, Russian Federation).

**Contribution:** wrote the manuscript.

**ORCID:** 0000-0002-2233-2095.

**Prof. Olga L. Barbarash**, MD, DSc, Professor, Academician of the Russian Academy of Sciences, Director of the Research Institute for Complex Issues of Cardiovascular Diseases (6, Sosnovy Boulevard, Kemerovo, 650002, Russian Federation).

**Contribution:** Final examination of the work.

**ORCID:** 0000-0002-4642-3610.

Received: 06.04.2023

Accepted: 30.11.2023

Creative Commons Attribution CC BY 4.0.