

Телемедицинские системы в кардиореабилитации: обзор современных возможностей и перспективы применения в клинической практике

Каменская О. В., Логинова И. Ю., Климова А. С., Таркова А. Р., Найденов Р. А., Кретов Е. И., Ломиворотов В. В.

В статье представлен обзор современных исследований в области кардиореабилитации с применением телемедицинских технологий, представлены виды телереабилитации, применяемые в клинической практике. Наиболее подробно рассмотрены физиологические механизмы влияния физической нагрузки в программах реабилитации у пациентов с сердечно-сосудистыми заболеваниями. Представлены перспективные для дальнейшего изучения направления телереабилитации.

Ключевые слова: телемедицина, кардиореабилитация, сердечно-сосудистые заболевания.

Отношения и деятельность: нет.

ФГБУ Национальный медицинский исследовательский центр им. акад. Е. Н. Мешалкина Минздрава России, Новосибирск, Россия.

Каменская О. В. — д.м.н., в.н.с. группы клинической физиологии Центра анестезиологии и реаниматологии ФГБУ, ORCID: 0000-0001-8488-0858, Логинова И. Ю.* — к.б.н., с.н.с. группы клинической физиологии Центра анестезиологии и реаниматологии, ORCID: 0000-0002-3219-0107, Климова А. С. — к.м.н., н.с. группы клинической физиологии Центра анестезиологии и реаниматологии, ORCID: 0000-0003-2845-930X, Таркова А. Р. — к.м.н., м.н.с. Центра новых хирургических технологий, ORCID: 0000-0002-4291-6047, Най-

денов Р. А. — к.м.н., врач по рентгенэндоваскулярной диагностике и лечению кардиохирургического отделения эндоваскулярной диагностики и лечения, ORCID: 0000-0002-1384-7185, Кретов Е. И. — к.м.н., в.н.с. Центра интервенционной кардиологии, ORCID: 0000-0002-7109-9074, Ломиворотов В. В. — д.м.н., член-корр. РАН, руководитель Центра анестезиологии и реаниматологии, ORCID: 0000-0001-8591-6461.

*Автор, ответственный за переписку (Corresponding author):
i_loginova@meshalkin.ru

ССЗ — сердечно-сосудистые заболевания, ЭКГ — электрокардиография/электрокардиограмма, ECRIS — European Cardiac Rehabilitation Inventory Survey.

Рукопись получена 05.06.2019

Рецензия получена 05.07.2019

Принята к публикации 12.07.2019



Для цитирования: 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):3365. doi:10.15829/1560-4071-2020-3365

Telehealth in cardiac rehabilitation: a review of current applications and future prospects for practical use

Kamenskaya O. V., Loginova I. Yu., Klinkova A. S., Tarkova A. R., Naydenov R. A., Kretov E. I., Lomivorotov V. V.

The article provides an overview of actual studies on cardiac rehabilitation using telehealth technologies, presents the types of telerehabilitation in clinical practice. The physiological mechanisms of exercise effects in rehabilitation programs in cardiovascular patients are considered in most detail. Telerehabilitation areas with potential for further study are presented.

Key words: telehealth, cardiac rehabilitation, cardiovascular disease.

Relationships and Activities: none.

Meshalkin National Medical Research Center, Novosibirsk, Russia.

Kamenskaya O. V. ORCID: 0000-0001-8488-0858, Loginova I. Yu.* ORCID: 0000-0002-3219-0107, Klinkova A. S. ORCID: 0000-0003-2845-930X, Tarkova A. R.

ORCID: 0000-0002-4291-6047, Naydenov R. A. ORCID: 0000-0002-1384-7185, Kretov E. I. ORCID: 0000-0002-7109-9074, Lomivorotov V. V. ORCID: 0000-0001-8591-6461.

*Corresponding author: i_loginova@meshalkin.ru

Received: 05.06.2019 **Revision Received:** 05.07.2019 **Accepted:** 12.06.2019

For citation: Kamenskaya O. V., Loginova I. Yu., Klinkova A. S., 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):3365. (In Russ.) doi:10.15829/1560-4071-2020-3365

Развитие компьютерных и телекоммуникационных технологий, разработка и внедрение новых, высокотехнологичных устройств, в т.ч. дистанционного управления, являются основой современного, быстроразвивающегося направления медицинской

науки — телемедицины. В настоящее время происходит цифровая трансформация здравоохранения. Электронные приложения по медицине, здоровью и здоровому образу жизни, устройства биомониторинга широко внедряются в мировую клиническую

практику [1, 2]. Современные телемедицинские комплексы позволяют не только осуществлять сбор и передачу информации, но и осуществлять дистанционные робот-ассистированные вмешательства.

Телемедицина — направление медицинской науки, связанное с разработкой и применением на практике методов дистанционного оказания медицинской помощи и обмена специализированной информацией на базе современных телекоммуникационных технологий [2]. По данным Всемирной организации здравоохранения, в мире реализуется >200 проектов и программ в области телемедицины. Специализированными медицинскими сообществами разработаны руководства и рекомендации, которые касаются определенных клинических, правовых и технологических аспектов телемедицины [3, 4].

В России дистанционные медицинские технологии развиваются достаточно интенсивно, организован координационный совет Минздрава по телемедицине, утверждена концепция развития телемедицинских технологий, принят национальный стандарт в области медицинской информатики, разрабатываются и поступают в серийное производство новые устройства с расширенными телекоммуникационными возможностями [5].

Сердечно-сосудистые заболевания (ССЗ) остаются актуальной проблемой современной медицины. ССЗ их осложнения во всем мире являются ведущей причиной преждевременной смертности и инвалидизации населения [6]. В России на долю ССЗ приходится 57% всех смертельных исходов, что продолжает оставаться неприемлемо высоким [7]. Экономический ущерб от ССЗ в России составляет ~1 трлн рублей в год (3% внутреннего валового продукта) [7].

Применение телемедицинских технологий при хронических заболеваниях сердечно-сосудистой системы позволяет привлечь пациентов к их собственному лечению, обеспечивает постоянный контроль со стороны медицинских работников, позволяет выявлять ранние симптомы, быстро реагировать на обострения заболеваний. Кроме того, ССЗ поддаются своевременному вмешательству и вторичной профилактике посредством систем телемониторинга [3].

Высокий уровень инвалидизации и смертности от ССЗ диктует необходимость совершенствования подходов к вторичной профилактике заболеваний, включая кардиореабилитацию. В настоящее время кардиореабилитация представляет собой комплекс мер и вмешательств, которые требуются для обеспечения наилучшего возможного физического, умственного и социального состояния пациентов с хроническими ССЗ или перенесших острое кардиоваскулярное событие таким образом, чтобы пациенты могли занимать должное место в обществе и вести активный образ жизни [7]. Кардиореабилитация доказала свою эффективность как в отношении снижения

смертности, так и улучшения качества жизни [8, 9]. Установлено, что использование кардиореабилитации в клинической практике снижает смертность от ССЗ на 26%, а частоту повторных госпитализаций на 18% [10]. Важность проведения кардиореабилитации отражена в соответствующих Российских Национальных рекомендациях и рекомендациях Европейского общества кардиологов [7, 11].

Несмотря на вышеизложенное, вопрос реабилитации пациентов с ССЗ является камнем преткновения в современной отечественной медицине. Потенциально возможность реабилитации есть у каждого гражданина, нуждающегося в ней. С другой стороны возможности реабилитационных мер на данный момент слабо организованы и связаны, прежде всего, с недостаточным объемом реабилитационных центров и отсутствием современных методов, связанных с автоматическим учетом особенностей каждого пациента [7, 12].

Принимая во внимание географические и климатические факторы, а также высокую заболеваемость ССЗ, становится очевидной актуальность создания и внедрения в России дистанционных систем доставки телереабилитационных программ с возможностью контроля их выполнения и мониторингирования состояния основных физиологических параметров жизнедеятельности.

Направления телереабилитации при сердечно-сосудистой патологии

Телереабилитация при ССЗ является эффективной дополнительной и/или альтернативной формой реабилитации по сравнению с обычными программами госпитальной и амбулаторной кардиореабилитации [13–15]. Телекоммуникационные технологии являются не только способом доставки реабилитационных программ пациенту, но и способом контроля их выполнения, мониторинга основных физиологических параметров.

Телереабилитация может включать оценку, мониторинг, профилактику, вмешательство, надзор, образование, консультации и коучинг. Услуги телереабилитации могут быть развернуты во всех группах пациентов и в нескольких медицинских учреждениях, в домашних условиях, в образовательных учреждениях или на рабочих местах [2].

Стандартная система дистанционного мониторинга представлена одним и более типами сенсоров, находящихся внутри или на поверхности тела, которые осуществляют регистрацию физиологических параметров организма [16].

Одним из первых, наиболее простых вариантов телереабилитации при ССЗ является дистанционный мониторинг сердечного ритма, электрокардиографический (ЭКГ)-мониторинг [17, 18]. Пациентам предоставляются дневники тренировок и мониторы сердечного

ритма с возможностью записи и сохранения результатов. Телемедицинская команда регулярно связывается с пациентами по телефону или электронной почте, чтобы сообщить о результатах реабилитации. При обнаружении тревожных симптомов ЭКГ пациента передается квалифицированными инструкторами в режиме реального времени и оценивается медицинским персоналом в отделении дистанционного обслуживания. После оценки ЭКГ кардиолог связывается с инструктором по реабилитации, чтобы предоставить рекомендации о необходимом вмешательстве и/или корректировке программы тренировок.

Телемониторинг ЭКГ с использованием дистанционного тренажера [19, 20]. В данной системе телереабилитации пациенту предоставляется специальное оборудование. Оно состоит из устройства для записи ЭКГ, измерения артериального давления и комплекта для передачи данных на основе мобильного телефона с интегрированной программой. В центр дистанционного мониторинга передаются показатели пациента в покое и при выполнении тренировочной программы, параметры которой определены индивидуально при предварительном обследовании пациента. Сразу после тренировки, если она протекает без осложнений, запись ЭКГ передается в центр мониторинга и анализируется. На основании полученных данных консультанты могут соответствующим образом скорректировать нагрузку или, в случае необходимости, прекратить программу реабилитации.

Существует другой вариант вышеописанного телемониторинга ЭКГ. В этой системе пациентам предоставляется транстефонный ЭКГ-передатчик и гарнитура с наушниками и микрофоном, контроль за выполнением тренировочной программы проводится в режиме реального времени [20]. Система способна одновременно контролировать несколько пациентов, которым рекомендуется принимать участие в конференц-звонках. Это помогает им взаимодействовать в группе и позволяет персоналу мониторинга проводить учебные занятия и занятия по групповой терапии.

Телемониторинг физической активности с помощью датчика движения. В настоящее время обычно используются два датчика движения: акселерометр и шагомер, как правило, интегрированные в смартфон или специальный браслет. Они обеспечивают непрерывный мониторинг и регистрацию интенсивности, частоты и продолжительности физической активности [21].

Для мобильных компьютерных устройств (смартфоны и т.д.) доступны различные приложения. Некоторые мобильные телефоны оснащены функцией акселерометра, другие предлагают программное обеспечение для ведения дневника здоровья, которое собирает данные о физиологическом состоянии пациентов и другую медицинскую информацию. Постав-

щики медицинских услуг могут воспользоваться веб-порталами для индивидуальной постановки целей и оценки прогресса каждого участника программы телереабилитации. Образовательный мультимедийный контент также может передаваться пациентам и просматриваться ими по требованию [22].

В последние годы для реабилитации пациентов предлагаются программы с использованием игровых систем, активные видеоигры [23, 24]. Однако о результатах применения данных систем в крупных исследованиях не сообщалось. Представлены лишь единичные наблюдения влияния программ физических тренировок, интегрированных в видеоигры у пациентов с хронической сердечной недостаточностью. По данным одного из таких исследований, в ходе и после выполнения реабилитационной программы у испытуемого увеличивалась толерантность к физическим нагрузкам и мотивация к выполнению программы реабилитации [23]. Несмотря на то, что нет руководств по использованию игровых систем в кардиореабилитации, это направление может играть роль в повышении мотивации, особенно, среди лиц молодого возраста.

Непрерывный удаленный мониторинг состояния сердечно-сосудистой системы с использованием имплантируемых устройств также быстро набирает популярность [20]. Развитие технических возможностей имплантируемых устройств с применением телекоммуникационных технологий позволяет использовать данные системы в программах реабилитации при ССЗ [16].

Наиболее перспективным для телереабилитации пациентов с ССЗ является этап домашней реабилитации. Под домашней телереабилитацией понимается выполнение реабилитационных программ на дому или в других местах, помимо лечебных учреждений, с возможностью дистанционного мониторинга и сопровождения медицинским персоналом. Как и любая технология, домашняя телереабилитация имеет свои преимущества и недостатки. Системы домашней телереабилитации являются экономически эффективными, если вмешательство используется только для информирования, мониторинга или оценки пациентов во время корригирующей терапии [25]. Возможность оставаться на связи с телематическими технологиями позволяет пациентам с серьезными патологиями, такими как тяжелые когнитивные нарушения, выполнять физиотерапию в домашних условиях без необходимости утомительных поездок. С точки зрения недостатков, проблемой может быть потеря контакта человека (непосредственное взаимодействие) с врачом. Более того, для каждого пациента системные операторы должны оптимизировать телетерапию в соответствии с типом заболевания, а иногда это невозможно из-за высоких затрат.

Физиологические основы физического компонента кардиореабилитации

Целесообразность физического аспекта реабилитации при ССЗ основана на доказательной базе многочисленных проведенных исследований и отражена в рекомендациях мировых профессиональных сообществ [7, 26–28]. По данным Всемирной организации здравоохранения, физическая активность способствует профилактике и лечению многих неинфекционных заболеваний, в т.ч. ССЗ. Кроме того, физическая активность снижает риск гипертензии, избыточного веса и ожирения, а также способствует укреплению психического здоровья, повышению качества жизни и уровня благополучия. Однако по мере экономического развития в мире растет распространенность недостаточной физической активности. В ряде стран этот показатель достигает 70%. Причина тому развитие транспорта, использование новых технологий, особенности культуры и урбанизация [29].

По данным Европейских рекомендаций по лечению острого инфаркта миокарда без стойкого подъема сегмента ST, регулярные физические нагрузки показаны всем пациентам, перенесшим данное кардиальное событие (Класс доказательности I, Уровень доказательности A), с необходимостью оценки риска как объема, так и мощности физической нагрузки. По возможности рекомендуются регулярные физические упражнения 3 или более раз в нед. продолжительностью 30 мин. Малоподвижным пациентам должно быть настоятельно рекомендовано начинать осуществление легких по интенсивности программ физических упражнений после адекватной стратификации риска, связанного с нагрузкой. В международных рекомендациях по реваскуляризации миокарда и рекомендациях по лечению острого инфаркта миокарда с подъемом сегмента ST европейского общества кардиологов рекомендации аналогичны [30].

Физиологические механизмы воздействия регулярных физических нагрузок в программе кардиореабилитации основаны на улучшении эндотелиальной функции сосудов системного артериального кровотока и локального сосудистого русла в зоне стеноза, включении периферических и центральных механизмов адаптации, увеличении тонуса парасимпатического отдела нервной системы, улучшении коллатерального кровотока, что приводит к повышению физической работоспособности, увеличению выживаемости и снижению числа осложнений [7].

Известно, что регулярные физические нагрузки влияют на активацию процесса продукции оксида азота, непосредственно влияют на концентрацию эндотелиальной нитрооксидсинтазы в субстрате, что связано с состоянием сосудистого тонуса [31]. Физические тренировки увеличивают напряжение сдвига в сосудистом русле, увеличивая продукцию оксида

азота. Помимо вазодилатации, одним из эффектов оксида азота является влияние его на способность эритроцитов к деформации, что улучшает кровоток и доставку кислорода по микроциркуляторному руслу [32]. Улучшение толерантности к физической нагрузке у пациентов с ССЗ может быть хорошо объяснено и повышением пикового потребления кислорода [33].

Кроме того, выявлен ряд механизмов влияния физических тренировок на ангиогенез, включая активацию деления существующих эндотелиальных клеток, формирование участков неоваскуляризации [34] и уменьшение уровня эндостатина в плазме [35].

Следует отметить, что по данным некоторых исследований, краткосрочная кардиологическая реабилитация на дому не показала существенного влияния на насосную функцию сердца у пациентов с ССЗ [36]. Только в одном опубликованном исследовании показано значимое улучшение фракции выброса левого желудочка при выполнении программы реабилитации как в стационарных, так и в домашних условиях [37]. Однако для оценки влияния программ домашней телереабилитации на функцию сердца все еще требуются более длительные исследования.

Мировой опыт применения телемедицинских технологий в кардиореабилитации

При ССЗ реабилитация является одним из основных инструментов, используемых для улучшения качества жизни пациентов, главным образом путем изменения образа жизни. Однако, несмотря на доказанную эффективность, кардиореабилитация используется в клинической практике недостаточно. Во многих странах мира в программах участвуют лишь немногие из общего числа пациентов, имеющих показания к проведению кардиореабилитации. Об этом свидетельствуют результаты целого ряда исследований [7, 38], включая исследование ECRIS (European Cardiac Rehabilitation Inventory Survey).

Не менее острой остается проблема приверженности пациентов к физической нагрузке в домашних условиях [39]. Основными проблемами стандартных программ реабилитации являются отсутствие индивидуального подхода к каждому пациенту и потеря контакта с медицинским персоналом на этапе реабилитации. Обращает на себя внимание и необходимость разработки научно обоснованных реабилитационных программ, включая поиск прогностически значимых, легко определяемых параметров мониторинга [40].

Применение телемедицинских технологий в кардиореабилитации направлено на решение вышеперечисленных проблем.

Глобальным источником информации по всем направлениям телемедицины и, в частности, телереабилитации, является Американская ассоциация теле-

медицины — American Telemedicine Association (<http://www.americantelemed.org>).

В Китае, в странах Европы и Северной Америки программы по реабилитации пациентов, перенесших большие сердечно-сосудистые события, имеют национальный масштаб благодаря организации и мониторингу на всех уровнях. Результаты реабилитационных программ хорошие. Это доказано не только по отчетам медицинских организаций, но и на основании исследований [41-43].

В одном из метаанализов, включавшем 29 исследований, опубликованном Hwang R и Marwick T, состояние пациентов, проходящих кардиореабилитацию в домашних условиях, достоверно улучшилось, что проявлялось в увеличении дистанции 6-минутной ходьбы и уровня пикового потребления кислорода [44]. Все пациенты проходили стандартизированную реабилитацию на велотренажере, беговой дорожке или выполняли прогулки на свежем воздухе рекомендуемое количество времени. Минимальное время физической нагрузки варьировалось от 50 до 300 мин в нед. [44]. Другие исследования также показывают, что программы сердечно-легочной реабилитации являются безопасными и эффективными для улучшения функциональных возможностей и качества жизни, а также для снижения частоты повторной госпитализации и смерти от всех причин у пациентов с ССЗ [45, 46].

Примером телереабилитации при ССЗ является система SAPHIRE [47]. Она состоит из велоэргометра с сенсорным экраном и беспроводными датчиками для регистрации ЭКГ, артериального давления и артериальной сатурации пациента в режиме реального времени. Контролирующий оператор может с помощью системы удаленного доступа подключиться к системе телереабилитации пациента для настройки характеристик физических упражнений, контроля состояния здоровья пациента во время выполнения программы реабилитации. Система SAPHIRE имеет три различные формы тренировок: постоянная интенсивность нагрузки, интервальная тренировка и контроль сердечного ритма. Если превышены какие-либо из контролируемых параметров, пациент получает предупреждение, чтобы уменьшить нагрузку или немедленно прервать выполнение упражнений.

Важное преимущество этой системы телереабилитации — общее для систем телездоровоохранения. Пациенты могут следовать своей программе реабилитации на расстоянии (например, дома), экономя время и деньги, избегая ненужных путешествий и дискомфорта для пациента. Недостатки также распространены среди различных систем телереабилитации. К ним относятся ограниченная гибкость в использовании различных медицинских устройств, соответствующих различным потребностям пациентов.

Во многих исследованиях подчеркивается эффективность телереабилитации в домашних условиях. Исследование Piotrowicz E, et al. (2012) показало, что домашняя дистанционная кардиореабилитация (HTCR) является эффективным методом реабилитации для пациентов с сердечной недостаточностью [19]. Домашняя кардиологическая реабилитация с применением телекоммуникационных технологий может быть более доступной и приемлемой по сравнению со стационарной кардиологической реабилитацией. Другими исследователями было продемонстрировано, что 8-недельная обучающая программа по физической активности на дому была безопасна, эффективна и имела высокую приверженность среди пациентов с ССЗ, в т.ч. с имплантированными устройствами мониторинга [20].

Giallauria F, et al. оценивали эффективность программы телереабилитации у пациентов, перенесших инфаркт миокарда [48]. Отличительной особенностью исследования явилось разделение пациентов на три группы: первая группа проходила программу реабилитации в условиях реабилитационного центра, вторая группа проходила домашнюю реабилитацию без телемониторинга и третья группа — домашнюю реабилитацию с телекардиологическим мониторингом. Сеансы проводили 3 раза/нед. в течение 8 нед. Повышение физической работоспособности было сопоставимо у пациентов, проходивших реабилитацию в амбулаторном центре и дома с телемониторингом. Важно отметить, что пациенты, которые тренировались в домашних условиях без телемониторинга, не показали положительного эффекта программы реабилитации [48].

Некоторые исследования были сосредоточены на экономическом аспекте телереабилитации и показали снижение затрат на госпитализацию пациентов [49].

В заключении следует отметить, что в подавляющем большинстве исследований подчеркивается важность дальнейших многоцентровых исследований телереабилитации для пациентов с ССЗ, потребность в технологическом развитии, в частности, интерактивных интеллектуальных телемедицинских систем с дистанционным управлением и повышенной совместимостью между устройствами. Обращает на себя внимание и необходимость разработки научно обоснованных реабилитационных программ, включая поиск прогностически значимых, легко определяемых параметров мониторинга.

Заключение

Телереабилитация является перспективным направлением по улучшению качества, экономической эффективности и повышению доступности качественного медицинского обслуживания по многим специальностям. Внедрение телекоммуникационных технологий в сферу вторичной профилактики ССЗ на

стоящее время представляет собой широкий спектр программ, высокотехнологичных устройств и перспективных разработок. Разработанные на основе персонифицированного подхода и грамотно применяемые технологии и методы телереабилитации при ССЗ помогают решить глобальную медико-социальную проблему — улучшение отдаленных результатов лечения. Данный подход к кардиореабилитации предполагает разработку индивидуальных программ, с учетом комплексного использования индивиду-

альных физиологических параметров, функционального состояния резервных возможностей организма и уровня психосоциальной адаптации, а также создание платформы телереабилитации пациентов с возможностью ее безопасного и эффективного использования, в т.ч. в домашних условиях.

Отношения и деятельность: авторы заявляют об отсутствии потенциального конфликта интересов, требующего раскрытия в данной статье.

Литература/References

- Peretti A, Amenta F, Tayebati SK, et al. Telerehabilitation: Review of the State-of-the-Art and Areas of Application. *JMIR Rehabilitation and Assistive Technologies*. 2017;4(2):e7. doi:10.2196/rehab.7511.
- Richmond T, Peterson C, Cason J, et al. American Telemedicine Association's Principles for Delivering Telerehabilitation Services. *International Journal of Telerehabilitation*. 2017;9(2):63-68. doi:10.5195/ijt.2017.6232.
- Bashshur RL, Shannon GW, Smith BR, et al. The empirical foundations of telemedicine interventions for chronic disease management. *Telemed and e-Health*. 2014;20:769-800. doi:10.1089/tmj.2014.9981.
- Krupinski E, Bernard J. Standards and Guidelines in Telemedicine and Telehealth. *Healthcare*. 2014;2(1):74-93. doi:10.3390/healthcare2010074.
- Aronov AM, Pastushenko VL, Ivanov DO, et al. Contemporary aspects of innovative visualization digital medical technologies' introduction into clinical practice and education. *Pediatrician (St Petersburg)*. 2018;9(4):5-11. (In Russ.) Аронов А.М., Пастушенко В.Л., Иванов Д.О., и др. 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.
- Nichols M, Townsend N, Luengo-Fernandez R, et al. European Cardiovascular Disease Statistics 2012. European Heart Network, Brussels, European Society of Cardiology. Sophia: Antipolis, 2012. p. 125. ISBN: 978-2-9537898-1-2.
- Cardiovascular prevention 2017. National guidelines. *Russian Journal of Cardiology*. 2018;6:7-122. (In Russ.) Кардиоваскулярная профилактика 2017. Российские национальные рекомендации. *Российский кардиологический журнал*. 2018;6:7-122. doi:10.15829/1560-4071-2018-6-7-122.
- Heran BS, Chen JM, Ebrahim S, et al. Exercise-based cardiac rehabilitation for coronary heart disease. *Cochrane Database of Systematic Reviews*. 2011;7:CD001800. doi:10.1002/14651858.CD001800.pub2.
- Taylor RS, Sagar VA, Davies EJ, et al. Exercise-based rehabilitation for heart failure. *Cochrane Database of Systematic Reviews*. 2014;4:CD003331. doi:10.1002/14651858.CD003331.pub4.
- Lima de Melo Ghisi G, Pesah E, Turk-Adawi K, et al. Cardiac Rehabilitation Models around the Globe. *Journal of Clinical Medicine*. 2018;7(9):260. doi:10.3390/jcm7090260.
- Perk J, De Backer G, Gohlke H, et al. European Guidelines on cardiovascular disease prevention in clinical practice (version 2012): The Fifth Joint Task Force of the European Society of Cardiology and Other Societies on Cardiovascular Disease Prevention in Clinical Practice (constituted by representatives of nine societies and by invited experts) Developed with the special contribution of the European Association for Cardiovascular Prevention & Rehabilitation (EACPR). *European Heart Journal*. 2012;33(13):1635-701. doi:10.1093/eurheartj/ehs092.
- Tarkova AR, Anisimova VD, Grazhdankin IO, et al. Multi-center randomized trial on the impact of "CONFIDENCE" communication program aimed at evaluating therapy adherence of patients with registered myocardial infarction who underwent successful revascularization by stenting or thrombolysis after discharge. *Patologiya krovoobrazheniya i kardiokirurgiya*. 2017;21(1):31-6. (In Russ.) Таркова А.Р., Анисимова В.Д., Гражданкин И.О. и др. Многоцентровое рандомизированное исследование по влиянию программы коммуникаций "Доверие" на приверженность терапии пациентов с зарегистрированным инфарктом миокарда, перенесших успешную реваскуляризацию путем стентирования или тромболитической реваскуляризации. *Патология кровообращения и кардиохирургия*. 2017;21(1):31-6. doi:10.21688/1681-3472-2017-1-31-36.
- Frederix I, Vanhees L, Dendale P, Goetschalckx K. A review of telerehabilitation for cardiac patients. *Journal of Telemedicine and Telecare*. 2014;21(1):45-53. doi:10.1177/1357633X14562732.
- Piotrowicz E, Piepoli MF, Jaarsma T, et al. Telerehabilitation in heart failure patients: The evidence and the pitfalls. *International Journal of Cardiology*. 2016;220:408-13. doi:10.1016/j.ijcard.2016.06.277.
- Galea MD. Telemedicine in Rehabilitation. *Physical Medicine and Rehabilitation Clinics of North America*. 2019;30(2):473-83. doi:10.1016/j.pmr.2018.12.002.
- Automation of processes, digital and information technologies in the management and clinical practice of a medical institution: scientific works. ed. Karpov OE. M.: Delovoy ekspres, 2016. p. 388. (In Russ.) Автоматизация процессов, цифровые и информационные технологии в управлении и клинической практике лечебного учреждения: научные труды. под ред. Карпова О.Э. М.: Деловой экспресс, 2016. 388 с. ISBN: 978-5-89644-125-0.
- Smart N, Haluska B, Jeffriess L, Marwick TH. Predictors of a sustained response to exercise training in patients with chronic heart failure: A telemonitoring study. *American Heart Journal*. 2005;150(6):1240-7. doi:10.1016/j.ahj.2005.01.035.
- Kouidi E, Farmakiotis A, Kouidis N, Deligiannis A. Transtelephonic electrocardiographic monitoring of an outpatient cardiac rehabilitation programme. *Clinical Rehabilitation*. 2006;20(12):1100-4. doi:10.1177/02692155060071256.
- Piotrowicz E, Jasionowska A, Banaszak-Bednarczyk M, et al. ECG telemonitoring during home-based cardiac rehabilitation in heart failure patients. *Journal of Telemedicine and Telecare*. 2012;18(4):193-7. doi:10.1258/jtt.2012.111005.
- Piotrowicz E, Zieliński T, Bodalski R, et al. Home-based telemonitored Nordic walking training is well accepted, safe, effective and has high adherence among heart failure patients, including those with cardiovascular implantable electronic devices: a randomised controlled study. *European Journal of Preventive Cardiology*. 2014;22(11):1368-77. doi:10.1177/2047487314551537.
- Jehn M, Prescher S, Koehler K, et al. Tele-accelerometry as a novel technique for assessing functional status in patients with heart failure: Feasibility, reliability and patient safety. *International Journal of Cardiology*. 2013;168(5):4723-8. doi:10.1016/j.ijcard.2013.07.171.
- Maddison R, Rawstorn JC, Stewart RAH, et al. Effects and costs of real-time cardiac telerehabilitation: randomised controlled non-inferiority trial. *Heart. BMJ*. 2018;105(2):122-9. doi:10.1136/heartjnl-2018-313189.
- Klompsra L, Jaarsma T, Stromberg A. An in-depth, longitudinal examination of the daily physical activity of a patient with heart failure using a Nintendo Wii at home: A case report. *Journal of Rehabilitation Medicine*. 2013;45(6):599-602. doi:10.2340/16501977-1151.
- Nicholson VP, McKean M, Lowe J, et al. Six Weeks of Unsupervised Nintendo Wii Fit Gaming Is Effective at Improving Balance in Independent Older Adults. *Journal of Aging and Physical Activity*. 2015;23(1):153-8. doi:10.1123/japa.2013-0148.
- Vaughan N, Gabrys B, Dubey VN. An overview of self-adaptive technologies within virtual reality training. *Computer Science Review*. 2016;22:65-87. doi:10.1016/j.cosrev.2016.09.001.
- Fletcher GF, Ades PA, Kligfield P, et al. Exercise Standards for Testing and Training. *Circulation*. 2013;128(8):873-934. doi:10.1161/cir.0b013e3182895b44.
- Piepoli MF, Hoes AW, Agewall S, et al. 2016 European Guidelines on cardiovascular disease prevention in clinical practice. *European Journal of Preventive Cardiology*. 2016;23(11):NP1-NP96. doi:10.1177/2047487316653709.
- Ponikowski P, Voors AA, Anker SD, et al. 2016 ESC Guidelines for the diagnosis and treatment of acute and chronic heart failure. *European Heart Journal*. 2016;37(27):2129-200. doi:10.1093/eurheartj/ehw128.
- WHO. Global action plan on physical activity 2018-2030. Geneva: World Health Organization. 2018. <http://www.who.int/ncds/prevention/physical-activity/gappa>.
- Neumann F-J, Sousa-Uva M, Ahlsson A, et al. 2018 ESC/EACTS Guidelines on myocardial revascularization. *European Heart Journal*. 2018;40(2):87-165. doi:10.1093/eurheartj/ehy394.
- Penka M, Grđić M, Steiner S, et al. Endurance training reduces circulating asymmetric dimethylarginine and myeloperoxidase levels in persons at risk of coronary events. *Thrombosis and Haemostasis*. 2005;94(12):13061311. doi:10.1160/th05-03-0158.
- Green DJ, Maiorana A, O'Driscoll G, Taylor R. Effect of exercise training on endothelium-derived nitric oxide function in humans. *The Journal of Physiology*. 2004;561(1):1-25. doi:10.1113/jphysiol.2004.068197.
- Chen Y-W, Wang C-Y, Lai Y-H, et al. Home-based cardiac rehabilitation improves quality of life, aerobic capacity, and readmission rates in patients with chronic heart failure. *Medicine*. 2018;97(4):e9629. doi:10.1097/md.00000000000009629.

34. Shintani S, Murohara T, Ikeda H, et al. Mobilization of endothelial progenitor cells in patients with acute myocardial infarction. *Circulation*. 2001;103:2776-9. doi:10.1161/hc2301.092122.
35. Brixius K, Schoenberger S, Ladage D, et al. Long-term endurance exercise decreases antiangiogenic endostatin signalling in overweight men aged 50-60 years. *British Journal of Sports Medicine*. 2007;42(2):126-9. doi:10.1136/bjsm.2007.035188.
36. Smart NA, Haluska B, Jeffriess L, Leung D. Exercise Training in Heart Failure With Preserved Systolic Function: A Randomized Controlled Trial of the Effects on Cardiac Function and Functional Capacity. *Congestive Heart Failure*. 2012;18(6):295-301. doi:10.1111/j.1751-7133.2012.00295.x.
37. Karapolat H, Demir E, Bozkaya YT, et al. Comparison of hospital-based versus home-based exercise training in patients with heart failure: effects on functional capacity, quality of life, psychological symptoms, and hemodynamic parameters. *Clinical Research in Cardiology*. 2009;98(10):635-42. doi:10.1007/s00392-009-0049-6.
38. Zwisler A-D, Bjarnason-Wehrens B, McGee H, et al. Can level of education, accreditation and use of databases in cardiac rehabilitation be improved? Results from the European Cardiac Rehabilitation Inventory Survey. *European Journal of Preventive Cardiology*. 2011;19(2):143-50. doi:10.1177/1741826711398847.
39. Whellan DJ, O'Connor CM, Lee KL, et al. Heart Failure and A Controlled Trial Investigating Outcomes of Exercise Training (HF-ACTION): Design and rationale. *American Heart Journal*. 2007;153(2):201-11. doi:10.1016/j.ahj.2006.11.007.
40. Kamenskaya OV, Loginova IY, Doronin DV, et al. Factors of quality of life improvement after heart transplantation: predictive significance of cardiopulmonary exercise test. *Russian Journal of Cardiology*. 2017;(8):13-8. (In Russ.) Каменская О.В., Логина И.Ю., Чернявский А.М., и др. Факторы повышения качества жизни после трансплантации сердца: прогностическая роль параметров кардиопульмонального нагрузочного тестирования. *Российский кардиологический журнал*. 2017;(8):13-8. doi:10.15829/1560-4071-2017-8-13-18.
41. Batalik L, Dosbaba F, Hartman M, et al. Rationale and design of randomized controlled trial protocol of cardiovascular rehabilitation based on the use of telemedicine technology in the Czech Republic (CR-GPS). *Medicine*. 2018;97(37):e12385. doi:10.1097/md.00000000000012385.
42. Xia T, Huang F, Peng Y, et al. Efficacy of Different Types of Exercise-Based Cardiac Rehabilitation on Coronary Heart Disease: a Network Meta-analysis. *Journal of General Internal Medicine*. 2018;33(12):2201-9. doi:10.1007/s11606-018-4636-y.
43. Moghei M, Pesah E, Turk-Adawi K, et al. Funding sources and costs to deliver cardiac rehabilitation around the globe: Drivers and barriers. *International Journal of Cardiology*. 2019;276:278-86. doi:10.1016/j.ijcard.2018.10.089.
44. Hwang R, Marwick T. Efficacy of home-based exercise programmes for people with chronic heart failure: a meta-analysis. *European Journal of Cardiovascular Prevention & Rehabilitation*. 2009;16(5):527-35. doi:10.1097/hjr.0b013e32832e097f.
45. Ades PA, Keteyian SJ, Balady GJ, et al. Cardiac Rehabilitation Exercise and Self-Care for Chronic Heart Failure. *JACC: Heart Failure*. 2013;1(6):540-7. doi:10.1016/j.jchf.2013.09.002.
46. Dangardt FJ, McKenna WJ, Lüscher TF, Deanfield JE. Exercise: friend or foe? *Nature Reviews Cardiology*. 2013;10(9):495-507. doi:10.1038/nrcardio.2013.90.
47. Busch C, Baumbach C, Willemsen D, et al. Supervised training with wireless monitoring of ECG, blood pressure and oxygen-saturation in cardiac patients. *Journal of Telemedicine and Telecare*. 2009;15(3):112-4. doi:10.1258/jtt.2009.003002.
48. Giallauria F, Lucci R, Pilerici F, et al. Efficacy of Telecardiology in improving the results of Cardiac Rehabilitation after acute myocardial infarction. *Monaldi Archives for Chest Disease*. 2016;66(1). doi:10.4081/monaldi.2006.536.
49. Dinesen B, Haesum LKE, Soerensen N, et al. Using preventive home monitoring to reduce hospital admission rates and reduce costs: a case study of telehealth among chronic obstructive pulmonary disease patients. *J Telemed Telecare*. 2012;18(4):221-5. doi:10.1258/jtt.2012.110704.