



## Телемедицинские технологии в кардиологии. Часть 2. Персональный телемониторинг артериального давления и легочной гемодинамики в амбулаторной практике\*

И.Л. Козловская, В.В. Лопухова, О.С. Булкина, Е.В. Козлова, Ю.А. Карпов

ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр кардиологии» Министерства здравоохранения Российской Федерации; Россия, г. Москва

### РЕЗЮМЕ

**Цель обзора:** рассмотреть возможности современных устройств персонального телемониторинга для больных артериальной гипертензией и хронической сердечной недостаточностью (ХСН).

**Основные положения.** Дистанционное наблюдение с применением устройств персонального телемониторинга, видеоконсультации специалистов, обмен печатной информацией, записанной на цифровых носителях, самоконтроль больных с передачей данных лечащему врачу могут существенно сократить число визитов в медицинское учреждение, способствовать своевременной корректировке лечения, недопущению развития тяжелых сердечно-сосудистых осложнений, повышению приверженности лечению. Сегодня имеется широкий выбор устройств для телемониторинга артериального давления, активно разрабатываются системы дистанционного наблюдения за больными ХСН, в том числе устройства для мониторинга легочной гемодинамики.

**Заключение.** Расширение применения систем телеметрического наблюдения у больных сердечно-сосудистыми заболеваниями (ССЗ) повысит качество оказания медицинской помощи. Необходимы дальнейшие исследования для определения показаний к телеметрическому наблюдению и разработки протоколов дистанционного наблюдения за больными ССЗ.

**Ключевые слова:** телемониторинг, артериальная гипертензия, хроническая сердечная недостаточность.

**Вклад авторов:** Козловская И.Л., Лопухова В.В., Козлова Е.В. — отбор, обработка, анализ и интерпретация литературных данных, написание текста; Булкина О.С. — отбор и интерпретация литературных данных; Карпов Ю.А. — проверка критически важного содержания, утверждение рукописи для публикации.

**Конфликт интересов:** авторы заявляют об отсутствии возможных конфликтов интересов.

**Для цитирования:** Козловская И.Л., Лопухова В.В., Булкина О.С., Козлова Е.В., Карпов Ю.А. Телемедицинские технологии в кардиологии. Часть 2. Персональный телемониторинг артериального давления и легочной гемодинамики в амбулаторной практике. Доктор.Ру. 2021; 20(11): 6–11. DOI: 10.31550/1727-2378-2021-20-11-6-11



## Telemedicine in Cardiology. Part 2. Personalised Telemonitoring of Blood Pressure and Pulmonary Circulatory Dynamics in Outpatient Settings\*

I.L. Kozlovskaya, V.V. Lopukhova, O.S. Bulkina, E.V. Kozlova, Yu.A. Karpov

National Medical Research Centre of Cardiology of the Ministry of Health of the Russian Federation; 15a Cherepkovskaya Str., Moscow, Russian Federation 121552

### ABSTRACT

**Objective of the Review:** To discuss the capabilities of modern means of personalised telemonitoring for patients with arterial hypertension and chronic heart failure (CHF).

Козловская Ирина Леонидовна — к. м. н., научный сотрудник отдела новых методов исследования ФГБУ «НМИЦ кардиологии» Минздрава России. 121552, Россия, г. Москва, ул. 3-я Черепковская, д. 15а. eLIBRARY.RU SPIN: 2913-4765. <https://orcid.org/0000-0002-7458-4315>. E-mail: [ilkozlovskaya@yandex.ru](mailto:ilkozlovskaya@yandex.ru)

Лопухова Вероника Викторовна — к. м. н., старший научный сотрудник отдела ангиологии ФГБУ «НМИЦ кардиологии» Минздрава России. 121552, Россия, г. Москва, ул. 3-я Черепковская, д. 15а. eLIBRARY.RU SPIN: 4703-1879. <https://orcid.org/0000-0002-7667-9043>. E-mail: [trialvl@mail.ru](mailto:trialvl@mail.ru)

Булкина Ольга Самуиловна — к. м. н., старший научный сотрудник отдела ангиологии ФГБУ «НМИЦ кардиологии» Минздрава России. 121552, Россия, г. Москва, ул. 3-я Черепковская, д. 15а. eLIBRARY.RU SPIN: 9397-2693. <https://orcid.org/0000-0003-4773-6966>. E-mail: [olgabulkina@mail.ru](mailto:olgabulkina@mail.ru)

Козлова Екатерина Владимировна (автор для переписки) — к. м. н., младший научный сотрудник отдела ангиологии ФГБУ «НМИЦ кардиологии» Минздрава России. 121552, Россия, г. Москва, ул. 3-я Черепковская, д. 15а. eLIBRARY.RU SPIN: 3014-1266. <https://orcid.org/0000-0002-6847-4080>. E-mail: [ekaterinavkozlova@yandex.ru](mailto:ekaterinavkozlova@yandex.ru)

Карпов Юрий Александрович — д. м. н., профессор, руководитель отдела ангиологии ФГБУ «НМИЦ кардиологии» Минздрава России. 121552, Россия, г. Москва, ул. 3-я Черепковская, д. 15а. eLIBRARY.RU SPIN: 8961-9362. <https://orcid.org/0000-0003-1480-0458>. E-mail: [yuri\\_karpov@inbox.ru](mailto:yuri_karpov@inbox.ru)

\* Часть 1 настоящей статьи опубликована в журнале «Доктор.Ру». 2020. Т. 19. № 5. С. 35–41. — Прим. ред.

\* Part 1 of this article was published in Doctor.Ru Cardiology Internal Medicine. Vol. 19, No. 5 (2020), pp. 35–41.

**Key Points.** Remote monitoring with the use of personalised telemonitoring devices, video consultations by medical professionals, sharing printed information on digital media, self-checks by patients can reduce the number of hospital visits significantly, facilitate prompt therapy adjustments, prevent severe cardiovascular events, and improve compliance. Currently, we have a wide choice of means for blood pressure telemonitoring; systems for remote monitoring of patients with CHF (including pulmonary circulation monitoring) are being developed.

**Conclusion.** Extended use of telemonitoring for patients with cardiovascular diseases (CVDs) will improve the quality of medical care. Further studies to identify indications for telemonitoring and remote monitoring protocols for patients with CVDs are needed.

**Keywords:** telemonitoring, arterial hypertension, chronic heart failure.

**Contributions:** Kozlovskaya, I.L., Lopukhova, V.V., Kozlova, E.V. — literature data selection, preparation, analysis and interpretation, text of the article; Bulkina, O.S. — literature data selection and interpretation; Karpov, Yu.A. — review of critically important material, approval of the manuscript for publication.

**Conflict of interest:** The authors declare that they do not have any conflict of interests.

**For citation:** Kozlovskaya I.L., Lopukhova V.V., Bulkina O.S., Kozlova E.V., Karpov Yu.A. Telemedicine in Cardiology. Part 2. Personalised Telemonitoring of Blood Pressure and Pulmonary Circulatory Dynamics in Outpatient Settings. Doctor.Ru. 2021; 20(11): 6–11. (in Russian). DOI: 10.31550/1727-2378-2021-20-11-6-11

**В** настоящее время, в условиях пандемии COVID-19, особенно остро стоит вопрос оказания медицинской помощи больным сердечно-сосудистыми заболеваниями (ССЗ). Одним из основных путей повышения эффективности лечения становится использование телемедицинских технологий. Дистанционное наблюдение с применением устройств персонального телемониторинга, проведение консультаций специалистами на удалении посредством видеосвязи, обмен печатной информацией, записанной на цифровых носителях, самоконтроль больных с передачей данных лечащему врачу могут существенно сократить количество визитов в медицинское учреждение, способствовать своевременной корректировке лечения и недопущению развития тяжелых сердечно-сосудистых осложнений.

Вопросы дистанционного контроля ЭКГ рассмотрены нами ранее [1], в настоящей части статьи внимание уделено вопросам дистанционного наблюдения за больными артериальной гипертензией (АГ) и хронической сердечной недостаточностью (ХСН).

### ПЕРСОНАЛЬНЫЕ УСТРОЙСТВА ДЛЯ УДАЛЕННОГО МОНИТОРИНГА АРТЕРИАЛЬНОГО ДАВЛЕНИЯ

В соответствии с клиническими рекомендациями Минздрава России по АГ у взрослых (2020) для повышения эффективности антигипертензивной терапии и приверженности лечению следует проводить мониторинг показателей системной гемодинамики и телеметрически передавать результаты измерения артериального давления (АД) непосредственно в лечебное учреждение для оперативной обработки информации и незамедлительного принятия решений<sup>1</sup>. С целью снижения риска развития таких осложнений, как инфаркт миокарда, инсульт, у больных АГ (особенно у пациентов с метаболическим синдромом, сахарным диабетом, синдромом обструктивного апноэ во время сна, хронической болезнью почек 3–5-й стадии) особое внимание рекомендуется уделять показателям АД в ночное время и в ранние утренние часы<sup>2</sup>.

Дистанционное мониторирование АД позволит значительно увеличить долю больных АГ, находящихся на диспансерном наблюдении, будет способствовать достижению большей комплаентности и существенному повышению эффективности гипотензивной терапии, что приведет к уменьшению нагрузки на неотложную и скорую помощь, сокращению трудовых потерь, а в конечном счете — к снижению сердечно-сосудистой смертности [2].

Согласно рекомендациям Европейского общества по гипертонии (англ. European Society of Hypertension, ESH) и Американской кардиологической ассоциации (англ. American Heart Association, AHA) при выборе устройств для контроля АД в домашних условиях предпочтение следует отдавать аппаратам с функцией автоматического сохранения результатов измерения или передачи данных посредством мобильного телефона, персонального компьютера по сети Интернет [3, 4].

В 6-месячном исследовании A. Stoddart и соавт. сравнивалась эффективность стандартного лечения АГ и лечения с применением дистанционного контроля АД (пациенты самостоятельно измеряли АД с помощью автоматического прибора с функцией передачи данных). У больных с неконтролируемой АГ дистанционное мониторирование АД сопровождалось ростом эффективности терапии. Однако вопрос о том, сохраняется ли данный эффект в течение более длительного времени, требует дальнейшего изучения [5].

В отечественном исследовании В.Э. Олейникова и соавт. в течение 24 недель велось наблюдение за больными АГ I–II степени, распределенными в две группы: в одной группе пациентам на 12 недель выдавали тонометры-автоматы (Tensiophone, Венгрия) с функцией передачи данных по телефону, в другой пациенты измеряли АД дома собственными тонометрами. По результатам работы, использование автоматической системы дистанционного контроля АД у больных АГ способствовало сокращению сроков подбора фармакотерапии и достижению более высокой приверженности лечению [6].

АД может измеряться прямыми и косвенными способами. Единственный прямой способ измерения АД — инвазивный, метод предполагает введение датчика непосредственно в просвет артерии. Проводятся исследования, направленные на разработку имплантируемых аппаратов для прямого измерения АД с функцией дистанционной передачи данных [7].

В обычной практике для наблюдения за больными применяются косвенные способы измерения АД — традиционные манжеточные (осциллометрический и аускультативный) и относительно новые безманжеточные.

Осциллометрический способ основан на определении колебаний сосудистой стенки артерии (осцилляций) при ее пережатии и расслаблении, аускультативный — на выслушивании систолического и диастолического тона после пережатия артерии манжетой по методу Н.С. Короткова.

<sup>1</sup> Клинические рекомендации МЗ РФ. Артериальная гипертензия у взрослых. М.; 2020. 136 с. [https://scardio.ru/content/Guidelines/Clinic\\_rek\\_AG\\_2020.pdf](https://scardio.ru/content/Guidelines/Clinic_rek_AG_2020.pdf) (дата обращения — 06.07.2021).

<sup>2</sup> Там же.

Осциллометрический метод принят за стандартный и применяется в большинстве электронных тонометров, однако существуют устройства со встроенным алгоритмом аускультативного измерения АД (C&S). Важно отметить, что в современных приборах, как правило, предусмотрена коррекция измерений с учетом аритмии.

В соответствии с обновленными клиническими рекомендациями Европейского общества кардиологов (англ. European Society of Cardiology, ESC) по диагностике и лечению АГ (2018) для телеметрического контроля АД следует применять именно валидированные манжеточные устройства [8]. Позиция ESC основана на доказанной высокой точности измерений и положительных результатах клинических исследований, полученных для таких устройств.

При этом дистанционная передача информации об уровне АД может осуществляться путем ручного ввода в смс-сообщении или с помощью приложения для смартфона, а также автоматически — при применении тонометров со встроенным GSM-модулем либо с возможностью подключения к смартфону или персональному компьютеру (A&D, Omron, Xiaomi, Microlife и др., *рис. 1*).

К безманжеточным технологиям измерения АД относятся специальные приложения для смартфонов, использующие оптические датчики, а также различные компактные носимые устройства (часы, браслеты, напальчники и др.). Метод измерения АД, применяемый в таких устройствах, производителями нередко не указывается, однако известно, что их действие преимущественно основывается на определении времени распространения пульсовой волны (ВРПВ) (*рис. 2*) [9].

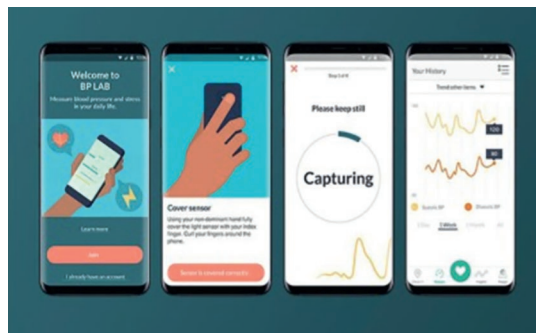
Показатель ВРПВ характеризует время, в течение которого волна давления распространяется от левого желудочка (ЛЖ) до дистальной артерии, и обратно связан с уровнем АД. Он рассчитывается с помощью данных регистрации ЭКГ (момент изгнания крови из ЛЖ) и фотоплетизмографии (момент достижения пульсовой волной дистальной артерии). Зависимость ВРПВ от эластических свойств артерии, ее толщины и ширины просвета, вязкости крови определяет необходимость индивидуальной калибровки устройства для каждого обследуемого.

Большинство подобных устройств не валидированы в клинических исследованиях, но при валидации одного из них — приложения для iOS Instant Blood Pressure — расхождение

**Рис. 1. Автоматический тонометр с функцией телеметрии. Из открытого доступа в сети Интернет**  
 Fig. 1. Automated pulsimeter with telemetering function.  
 From open sources in the Internet



**Рис. 2. Приложение для смартфона, определяющее уровень артериального давления по времени распространения пульсовой волны [9]**  
 Fig. 2. A smartphone app measuring blood pressure with the use of a pulse wave [9]



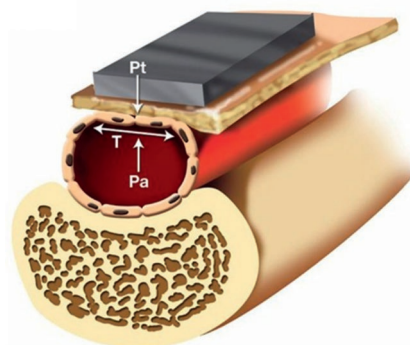
с референсным прибором составило 12,4 мм рт. ст. для систолического АД и 10,1 мм рт. ст. — для диастолического [10].

Другим подходом к безманжеточному определению АД является измерение силы, необходимой для сдавливания артерии при прохождении пульсовой волны, — тонометрия (*рис. 3*). Учитывая важность адекватного позиционирования регистратора над проекцией артерии, рекомендуется фиксировать его пластырем. При этом методе также необходима индивидуальная калибровка прибора [9].

Умные часы BPro (HealthSTATS Technologies, Лондон, Великобритания) с описанным алгоритмом определения АД были апробированы в соответствии с протоколами Ассоциации по развитию медицинского оборудования (англ. Association for the Advancement of Medical Instrumentation, AAMI) — допустимое расхождение с аускультативным методом составило от  $\leq 5$  до  $\leq 8$  мм рт. ст. — и ESC (допустимое расхождение не превышало 5 мм рт. ст.). При выполнении исследований специально обученным персоналом результаты соответствовали требуемым критериям, однако в амбулаторных условиях расхождение было выше допустимых значений [11, 12].

Вместе с тем разработка персональных компактных носимых безманжеточных мониторов АД имеет широкие перспективы: изучается возможность сопоставления ВРПВ в динамике с биологическими сигналами, полученными в ходе одномоментной регистрации ЭКГ и баллистокордиографии, с применением радаров и др.; ведется поиск калибра артерий, оптимального для применения данного метода; устанавливается зависимость связи между ВРПВ и АД

**Рис. 3. Принцип тонометрии [9]**  
 Fig. 3. Tonometry mode of action [9]





от времени, возраста, а также разрабатываются новые подходы к валидации безманжеточных устройств при различных значениях АД. В частности, Институтом инженеров в области электротехники и электроники (англ. Institute of Electrical and Electronics Engineers, IEEE) предложен специальный протокол валидации безманжеточных устройств для измерения АД<sup>3</sup>.

В настоящее время ESH и AHA использование безманжеточных аппаратов для самостоятельного измерения АД не рекомендуют [3, 4].

### ПЕРСОНАЛЬНЫЕ УСТРОЙСТВА ДЛЯ УДАЛЕННОГО МОНИТОРИНГА ЛЕГОЧНОЙ ГЕМОДИНАМИКИ

ХСН — одна из основных причин госпитализации и преждевременной смерти больных ССЗ. Своевременное выявление ухудшения состояния у таких пациентов может привести к уменьшению числа их госпитализаций и улучшению прогноза заболевания [13]. Применение дистанционного наблюдения позволяет повысить информированность и приверженность лечению среди больных ССЗ, а также вовремя выявить необходимость в оказании им медицинской помощи, но данная методика должна быть адаптирована и внедрена в имеющуюся систему здравоохранения [14]. Приоритетная тактика Минздрава России сегодня предусматривает более тщательную подготовку к выписке пациентов, перенесших декомпенсацию ХСН, с последующим наблюдением на дому, в специализированных амбулаторных центрах ХСН, а также использование телемедицинских технологий<sup>4</sup>.

Различные подходы к удаленному наблюдению за пациентами с ХСН включают регулярные телефонные опросы (структурированная поддержка по телефону), контроль физической активности, телемониторинг ЭКГ, веса, диуреза, АД, сатурации и некоторых других показателей, а также применение имплантируемых антиаритмических устройств — мониторинг с использованием имплантируемых кардиовертеров-дефибрилляторов (ИКД), сердечную ресинхронизирующую терапию (СРТ) [13].

Ежедневный контроль веса у больных ХСН позволяет как можно раньше выявить признаки декомпенсации недостаточности кровообращения. Наиболее соответствующим этой цели может быть использование беспроводных умных весов (например, BodyTrace Scale, BodyTrace, Inc., США)<sup>5</sup>, измеряющих вес и через модем автоматически передающих информацию в базу данных, к которой есть доступ у врача.

Кроме того, существуют технологии динамического контроля легочной гемодинамики, среди которых можно выделить устройства для контроля внутригрудного и трансторакального импеданса, имплантируемые мониторы легочной гемодинамики и технологию удаленного диэлектрического сенсинга (англ. Remote Dielectric Sensing, ReDS).

Показатели интра- и трансторакального импеданса, характеризующие электрическое сопротивление тканей грудной клетки, измеряются с помощью имплантированного либо наружного датчика. Для их определения применяют современные ИКД и СРТ-устройства с соответствующей функцией, имплантируемые мониторы (OptiVol, Medtronic,

США), состоящие из электрода, устанавливаемого в правый желудочек (ПЖ), и генератора электрических импульсов (CorVue, St. Jude Medical, США, и др.), а также носимые устройства, выполненные в виде ожерелья (CoVa, toSense™, Inc., США), жилета и т. д.

Жидкость в грудной клетке может влиять на результаты биоимпеданса, по изменениям интра- и трансторакального импеданса можно предположить приближающееся прогрессирование застойных явлений в легких. Однако при относительно высокой чувствительности (признаки возможной декомпенсации определяются в среднем за 2 недели до развития симптомов) эти показатели недостаточно специфичны в отношении застоя в малом круге кровообращения: аналогичные изменения могут наблюдаться при плевральном выпоте, пневмонии, анемии и некоторых других состояниях.

Согласно клиническим рекомендациям ESC (2021) у пациентов с ХСН для снижения риска повторных госпитализаций по поводу ССЗ и ХСН возможно применение неинвазивного телемониторинга в домашних условиях (класс рекомендаций — IIb) [14]. У симптомных пациентов с ХСН со сниженной ( $\leq 35\%$ ) фракцией выброса ЛЖ для улучшения клинических исходов может использоваться мониторинг давления в легочной артерии при помощи беспроводных систем мониторинга гемодинамики (класс рекомендаций — IIb) [14].

Весьма перспективным может быть анализ динамики импеданса в составе комбинированных шкал. Так, в исследовании MultiSENSE (900 пациентов) чувствительность алгоритма HeartLogic (Boston Scientific, США), учитывающего аускультативные признаки, ЧДД, ЧСС, уровень активности и интраторакальный импеданс, в прогнозировании острой декомпенсации ХСН за 2 недели до ее наступления составила 70% при 1,5 случая ошибочного прогноза на 1 пациенто-год [15].

В числе имплантируемых мониторов легочной гемодинамики предложены Chronicle (Medtronic, США) для определения давления в ПЖ с последующим расчетом систолического давления в легочной артерии, HeartPOD (St. Jude Medical, США), имплантируемый в левое предсердие, и CardioMEMS HF System (Abbott Vascular, США), имплантируемый непосредственно в легочную артерию.

В исследовании COMPASS-HF (274 пациента, наблюдение в течение 6 месяцев) уменьшение на 21% числа событий комбинированной конечной точки (госпитализации по поводу ХСН, госпитализации в блок интенсивной терапии) при применении Chronicle не достигло критериев достоверности ( $p = 0,33$ ). В связи с этим устройство не было одобрено Управлением по санитарному надзору за качеством пищевых продуктов и медикаментов США (англ. Food and Drug Administration, FDA) [16].

Исследование LAPTOP-HF по изучению эффективности применения HeartPOD было остановлено досрочно (486 пациентов из запланированных 730) ввиду большого количества осложнений, связанных с пункцией межпредсердной перегородки. При этом госпитализации по поводу ХСН в группе вмешательства происходили на 41% реже, чем в контрольной группе (0,40 в год против 0,68 в год,  $p = 0,005$ ) [17].

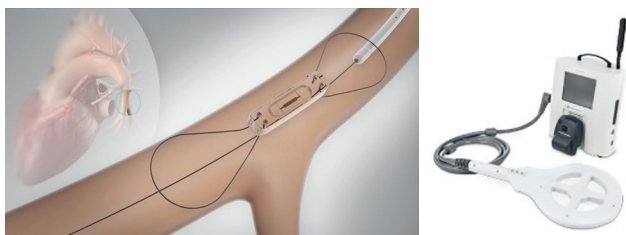
<sup>3</sup> IEEE 1708-2014 — IEEE Standard for Wearable Cuffless Blood Pressure Measuring Devices. <https://standards.ieee.org/findstds/standard/1708-2014.html> (дата обращения — 06.07.2021).

<sup>4</sup> Клинические рекомендации МЗ РФ. Хроническая сердечная недостаточность. М.; 2020. 183 с. [https://scardio.ru/content/Guidelines/2020/Clinic\\_rekom\\_HSN.pdf](https://scardio.ru/content/Guidelines/2020/Clinic_rekom_HSN.pdf) (дата обращения — 06.07.2021).

<sup>5</sup> Body Trace Scale. <https://www.bodytrace.com/medical/> (дата обращения — 06.07.2021).

Рис. 4. Имплантируемый монитор легочной гемодинамики CardioMEMS с системой передачи данных<sup>6</sup>

Fig. 4. Implantable pulmonary circulation dynamics monitor CardioMEMS with a data transmitting system<sup>6</sup>



CardioMEMS является единственным имплантируемым монитором легочной гемодинамики, одобренным FDA (рис. 4). В ходе исследования CHAMPION (550 пациентов, наблюдение в течение 18 месяцев) после установки устройства (под контролем ангиоскопии) количество госпитализаций по поводу ХСН статистически значимо уменьшилось на 33% (95%-й ДИ [20–45],  $p < 0,0001$ ) [18]. В настоящее время эффективность устройства оценивается на более крупных выборках пациентов в рамках исследований GUIDE-HF (3600 человек в США) и MEMS-HF (285 человек в Европе и Австралии).

Следует отметить, что экономическая эффективность CardioMEMS остается под вопросом ввиду высокой стоимости этого монитора (около 17 000 долларов США). В согласованном заявлении Американского общества специалистов по сердечной недостаточности (англ. Heart Failure Society of America, HFSA), опубликованном в 2018 г., его применение рассматривается в качестве возможной тактики у избранной когорты пациентов в рамках комплексного наблюдения [19].

Среди носимых устройств для динамического дистанционного контроля легочной гемодинамики перспективна система ReDS (Sensible Medical Innovations Ltd, Kfar Netter, Израиль) (рис. 5). В основе ReDS лежат различия в электромагнитных свойствах тканей, результатом измерения является коэффициент, характеризующий количество жидкости

Рис. 5. Система удаленного диэлектрического мониторинга (ReDS) с дисплеем для отображения результатов измерений [20]

Fig. 5. Remote dielectric monitoring system (ReDS) with a measurement result display [20]



внутри грудной клетки. Показана корреляция коэффициента с данными КТ легких и результатами катетеризации сердца [20, 21]. Продемонстрировано положительное влияние технологии на клинические исходы [22].

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Внедрение телемедицинских технологий в повседневную клиническую практику является перспективным направлением развития здравоохранения. Необходимо более широко включать системы телеметрического наблюдения в лечение больных сердечно-сосудистыми заболеваниями (ССЗ). Дистанционное наблюдение за такими пациентами позволит улучшить качество медицинской помощи, снизить частоту сердечно-сосудистых осложнений, уменьшить нагрузку на систему здравоохранения.


Необходимо проводить дальнейшие исследования для определения показаний к телеметрическому наблюдению и разработки протоколов дистанционного наблюдения за больными ССЗ, а также создавать центры или отделения, занимающиеся дистанционным наблюдением за больными. Актуальной задачей представляет также разработка систем дистанционного наблюдения за больными ССЗ, в том числе с целью снижения стоимости и увеличения доступности этих устройств.

### ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

1. Козловская И.Л., Лопухова В.В., Булкина О.С. и др. Телемедицинские технологии в кардиологии. Часть 1. Персональный телемониторинг электрокардиограммы в амбулаторной практике: выбор оптимального подхода. *Доктор.Ру*. 2020; 19(5): 35–41. [Kozlovskaya I.L., Lopukhova V.V., Bulkina O.S. et al. *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
2. Бойцов С.А. Реалии и перспективы дистанционного мониторинга артериального давления у больных артериальной гипертензией. *Терапевтический архив*. 2018; 1: 4–8. [Boyctsov S.A. *Realities and prospects of remote blood pressure monitoring in hypertensive patients. Therapeutic Archive*. 2018; 1: 4–8. (in Russian)]. DOI: 10.26442/terarkh20189014-8
3. Stergiou G.S., Palatini P., Parati G. et al.; European Society of Hypertension Council and the European Society of Hypertension Working Group on Blood Pressure Monitoring and Cardiovascular Variability. 2021 European Society of Hypertension practice guidelines for office and out-of-office blood pressure measurement. *J. Hypertens*. 2021; 39(7): 1293–302. DOI: 10.1097/HJH.0000000000002843

4. Muntner P., Shimbo D., Carey R.M. et al. Measurement of Blood Pressure in Humans: A Scientific Statement From the American Heart Association. *Hypertension*. 2019; 73(5): e35–66. DOI: 10.1161/HYP.0000000000000087
5. Stoddart A., Hanley J., Wild S. et al. Telemonitoring-based service redesign for the management of uncontrolled hypertension (HITS): cost and cost-effectiveness analysis of a randomised controlled trial. *BMJ Open*. 2013; 3(5): e002681. DOI: 10.1136/bmjopen-2013-002681
6. Олейников В.Э., Салямова Л.И., Фадеева С.С. и др. Дистанционное мониторирование артериального давления у больных артериальной гипертензией в период 24-недельной фармакотерапии. *Профилактическая медицина*. 2019; 22(4): 77–84. [Oleynikov V.E., Salyamova L.I., Fadeeva S.S. et al. *Blood pressure telemonitoring in hypertensive patients during 24-week pharmacotherapy. The Russian Journal of Preventive Medicine*. 2019; 22(4): 77–84. (in Russian)]. DOI: 10.17116/profmed20192204177
7. Cleven N.J., Isfort P., Penzkofer T. et al. Wireless blood pressure monitoring with a novel implantable device: long-term in vivo results. *Cardiovasc. Intervent. Radiol*. 2014; 37(6): 1580–8. DOI: 10.1007/s00270-014-0842-0

<sup>6</sup> CardioMEMS HF System for Pulmonary Artery Pressure Monitoring. <https://www.cardiovascular.abbott/us/en/hcp/products/heart-failure/pulmonary-pressure-monitors/cardiomems/procedure-overview.html> (дата обращения — 18.05.2021).

8. Williams B., Mancia G., Spiering W. et al.; ESC Scientific Document Group. 2018 ESC/ESH Guidelines for the management of arterial hypertension: The Task Force for the management of arterial hypertension of the European Society of Cardiology (ESC) and the European Society of Hypertension (ESH). *Eur. Heart J.* 2018; 39(33): 3021–104. DOI: 10.1093/eurheartj/ehy339
9. Bard D.M., Joseph J.I., van Helmond N. Cuff-Less Methods for Blood Pressure Telemonitoring. *Front. Cardiovasc. Med.* 2019; 6: 40. DOI: 10.3389/fcvm.2019.00040
10. Plante T.B., Urrea B., MacFarlane Z.T. et al. Validation of the Instant Blood Pressure Smartphone App. *JAMA Intern. Med.* 2016; 176(5): 700–2. DOI: 10.1001/jamainternmed.2016.0157
11. Nair D., Tan S.-Y., Gan H.-W. et al. The use of ambulatory tonometric radial arterial wave capture to measure ambulatory blood pressure: the validation of a novel wrist-bound device in adults. *J. Hum. Hypertens.* 2008; 22(3): 220–2. Epub. 2007 Nov. 8. DOI: 10.1038/sj.jhh.1002306
12. Komari T., Eguchi K., Hoshida S. et al. Comparison of wrist-type and arm-type 24-h blood pressure monitoring devices for ambulatory use. *Blood Press. Monit.* 2013; 18(1): 57–62. DOI: 10.1097/MBP.0b013e32835d124f
13. Veenis J.F., Radhoe S.P., Hooijmans P. et al. Remote Monitoring in Chronic Heart Failure Patients: Is Non-Invasive Remote Monitoring the Way to Go? *Sensors (Basel)*. 2021; 21(3): 887. DOI: 10.3390/s21030887
14. McDonagh T.A., Metra M., Adamo M. et al.; ESC Scientific Document Group. 2021 ESC Guidelines for the diagnosis and treatment of acute and chronic heart failure. *Eur. Heart J.* 2021; 42(36): 3599–726. DOI: 10.1093/eurheartj/ehab368
15. Boehmer J.P., Hariharan R., Devecchi F.G. et al. A Multisensor Algorithm Predicts Heart Failure Events in Patients With Implanted Devices: Results From the MultiSENSE Study. *JACC Heart Fail.* 2017; 5(3): 216–25. DOI: 10.1016/j.jchf.2016.12.011
16. Bourge R.C., Abraham W.T., Adamson P.B. et al.; COMPASS-HF Study Group. Randomized controlled trial of an implantable continuous hemodynamic monitor in patients with advanced heart failure: the COMPASS-HF study. *J. Am. Coll. Cardiol.* 2008; 51(11): 1073–9. DOI: 10.1016/j.jacc.2007.10.061
17. Abraham W.T., Adamson P.B., Costanzo M.R. et al. Hemodynamic monitoring in advanced heart failure: results from the LAPTOP-HF trial. *J. Card. Fail.* 2016; 22(11): 940. DOI: 10.1016/j.cardfail.2016.09.012
18. Abraham W.T., Stevenson L.W., Bourge R.C. et al.; CHAMPION Trial Study Group. Sustained efficacy of pulmonary artery pressure to guide adjustment of chronic heart failure therapy: complete follow-up results from the CHAMPION randomised trial. *Lancet.* 2016; 387(10017): 453–61. Epub. 2015 Nov. 9. DOI: 10.1016/S0140-6736(15)00723-0
19. Dickinson M.G., Allen L.A., Albert N.A. et al. Remote Monitoring of Patients With Heart Failure: A White Paper From the Heart Failure Society of America Scientific Statements Committee. *J. Card. Fail.* 2018; 24(10): 682–94. DOI: 10.1016/j.cardfail.2018.08.011
20. Amir O., Azzam Z.S., Gaspar T. et al. Validation of remote dielectric sensing (ReDS™) technology for quantification of lung fluid status: Comparison to high resolution chest computed tomography in patients with and without acute heart failure. *Int. J. Cardiol.* 2016; 221: 841–6. DOI: 10.1016/j.ijcard.2016.06.323
21. Uriel N., Sayer G., Imamura T. et al. Relationship Between Noninvasive Assessment of Lung Fluid Volume and Invasively Measured Cardiac Hemodynamics. *J. Am. Heart Assoc.* 2018; 7(22): e009175. DOI: 10.1161/JAHA.118.009175
22. Amir O., Ben-Gal T., Weinstein J.M. et al. Evaluation of remote dielectric sensing (ReDS) technology-guided therapy for decreasing heart failure re-hospitalizations. *Int. J. Cardiol.* 2017; 240: 279–84. DOI: 10.1016/j.ijcard.2017.02.120 

Поступила / Received: 07.10.2021

Принята к публикации / Accepted: 28.10.2021