

УДК 616.12-073.97-71

## ПРОБЛЕМАТИКА ТЕЛЕМЕДИЦИНЫ В ОТЕЧЕСТВЕННОМ ЗДРАВООХРАНЕНИИ

<sup>1</sup>Морозов В.В., <sup>1</sup>Серяпина Ю.В., <sup>2</sup>Бессмельцев В.П., <sup>2</sup>Слуев В.А.

<sup>1</sup>*Институт химической биологии и фундаментальной медицины*

*Сибирского отделения Российской академии наук, Новосибирск, e-mail: doctor.morozov@mail.ru;*

<sup>2</sup>*Институт автоматизации и электрометрии*

*Сибирского отделения Российской академии наук, Новосибирск*

В России телемедицина является одной из наиболее динамично развивающихся сфер здравоохранения. Климатические и географические особенности нашей страны создают предпосылки для разработки и внедрения в клиническую практику телемедицинских систем как регионального, так и федерального уровня. Во многих регионах такие системы существуют, но используются в первую очередь для проведения консультаций, в то время как в ряде случаев возникает необходимость мониторинга состояния здоровья удаленно в режиме реального времени. Представлены результаты пилотных клинических испытаний системы дистанционного мониторинга ЭКГ с использованием миниатюрных носимых датчиков, передающих сигнал в телефон пациента и на медицинский сервер. Установлено, что система безопасна для человека, не имеет противопоказаний к применению и ограничений по срокам эксплуатации. Получаемые данные ЭКГ пригодны для диагностики в кардиологии. Система является перспективной разработкой в области телемедицины.

**Ключевые слова:** телемедицина, диагностика, ЭКГ, клинические испытания

## ISSUES TELEMEDICINE IN NATIONAL HEALTH CARE

<sup>1</sup>Morozov V.V., <sup>1</sup>Seryapina Y.V., <sup>2</sup>Bessmeltsev V.P., <sup>2</sup>Sluev V.A.

<sup>1</sup>*Institute of Chemical Biology and Fundamental Medicine of Siberian*

*Branch of Russian Academy of Science, Novosibirsk, e-mail: doctor.morozov@mail.ru;*

<sup>2</sup>*Institute of Automation and Electrometry, Siberian Branch*

*of the Russian Academy of Sciences, Novosibirsk*

In Russia, telemedicine is one of the fastest growing areas of health. Climatic and geographical features of our country create the preconditions for the development and introduction into clinical practice of telemedicine systems, both regional and federal level. In many regions such systems exist, but are primarily used for consultation, while in some cases there is a need to monitor the health status remotely in real time. There are the results of pilot clinical trials of remote ECG monitoring using miniature wearable sensors that transmit a signal to the phone of the patient and the medical server. It is found that the system is safe for humans, has no contraindications to application and time limits of operation. ECG data obtained are useful for diagnosis in cardiology. The system is a promising development in the field of telemedicine.

**Keywords:** telemedicine, diagnostics, ECG, clinical trials

Телемедицинские системы мониторинга состояния здоровья, удаленного консультирования и лечения пациентов получают все большее распространение в медицине. Технологии и оборудование, которые еще несколько лет назад сложно было представить, сегодня входят в повседневную практику врача. Каждый год количество запускаемых систем увеличивается, охватывая новые сферы медицины.

Технологии удаленного мониторинга и оказания медицинской помощи в нашей стране имеют особое значение. Большая часть территории имеет очень низкую плотность населения, в связи с чем доступ к квалифицированной медицинской помощи ограничен. Для оказания неотложной помощи в удаленных районах существует санитарная авиация, но при необходимости многократных плановых посещений врача преодоление сотен километров затруд-

нительно для пациента. Поэтому в таких регионах одними из первых появляются телемедицинские системы дистанционного консультирования. Так, в окружной больнице Ненецкого автономного округа телемедицинская студия действует с 2003 г., а с 2010 г. запущена долгосрочная программа развития телемедицины в НАО, по результатам которой к 2014 г. количество консультаций различных специалистов из регионального центра увеличилось в 2–3 раза [5]. За время работы программы оборудованием телеконференцсвязи оснащены 7 участковых больниц и 8 амбулаторий, однако это далеко не все медицинские учреждения, и авторы надеются, что охват телемедицинских систем в регионе станет максимальным.

Необходимо отметить, что не только диагностика, но и лечение с применением телемедицины является востребованным и применяется в различных отраслях

медицины, в частности в стоматологии. В регионе с низкой плотностью населения, дефицитом квалифицированных узких специалистов удалось осуществить дистанционную диагностику и ортодонтическое лечение под руководством опытного врача [1]. Лечение проводилось в учреждении по месту жительства пациента, длительные многократные поездки удалось заменить применением новейших технологий. Данный опыт перспективен в отношении повышения качества медицинской помощи и, что немаловажно, повышения квалификации врачей в отдаленных населенных пунктах.

В то же время не только в отдаленных населенных пунктах актуально внедрение телемедицинских технологий. В сфере высокотехнологичной медицинской помощи тяжелобольным пациентам требуется проведение консилиумов с ведущими специалистами, консультаций, а транспортировка часто бывает затруднительна. В таких ситуациях решением являются телемедицинские студии в крупных клиниках, позволяющие провести разбор истории болезни и консилиум в режиме онлайн [7].

Кроме стационарно размещенных студий в клиниках и амбулаториях предложено использовать мобильные телемедицинские комплексы в рамках регулярных диспансеризаций [4]. Каждый передвижной комплекс оснащен диагностическими аппаратами для оценки основных параметров жизнедеятельности – электрокардиограф, тонометр, термометр, спирограф, а также экспресс-анализаторы для общего анализа мочи, крови, глюкозы крови; каждый автомобиль оснащен средствами связи для проведения телемедицинской консультации узкого специалиста при необходимости. Таким образом, по результатам испытаний было достигнуто увеличение доступности медицинской, в том числе профилактической, помощи населению в отдаленных районах.

Особое место в телемедицине занимает мониторинг показателей жизнедеятельности. Зачастую врачи, главным образом кардиологи, сталкиваются с необходимостью круглосуточного наблюдения за состоянием сердечно-сосудистой системы пациента уже после проведенного лечения или с целью диагностики редко возникающих пароксизмов нарушения сердечного ритма. Распространенность кардиологических заболеваний, вызывающих фатальные нарушения ритма, но часто протекающих бессимптомно, колеблется от 1:500 до 1:2500 человек; многие из них имеют наследственный характер [9]. В связи с этим есть потребность в системах мониторинга, работающих в течение длительного времени.

Существует достаточно много вариантов решения этой задачи. Один из самых распространенных – мониторинг ЭКГ, артериального давления и пульса по Холтеру, в модификациях – 1 сутки, 7 суток или на иной срок по обстоятельствам. Этот метод является «золотым стандартом», но имеет недостатки: ограничение длительности мониторинга, ретроспективность диагностики – интерпретировать ЭКГ возможно только по окончании исследования. Имплантация микроэлектрокардиографа под кожу грудной клетки – новый метод, позволяющий оценивать ЭКГ пациента в течение нескольких лет в режиме реального времени, однако эта процедура является хирургическим вмешательством, проводимым в условиях специализированного стационара, и сопряжена с определенным операционным риском [10]. В данных условиях необходим неинвазивный метод диагностики, позволяющий длительно мониторить состояние сердечно-сосудистой системы в режиме реального времени, при этом, не ухудшающий качество жизни пациента.

В настоящее время существуют технические предпосылки и возможности для создания таких систем мониторинга. Для получения качественного ЭКГ-сигнала достаточно расположить EPG-датчик на теле пациента или в непосредственной близости от него. Датчик позволяет решать широкий круг задач – от простого кардиомониторинга до более сложных клинико-диагностических исследований. В последнем случае он может быть использован в качестве замены регистрации в традиционных 12 отведениях, когда электроды расположены на конечностях и туловище пациента для получения более четкой картины того, как работает его сердце. Набор датчиков EPG, установленный на груди человека, может заменить традиционные системы, при этом датчики демонстрируют аналогичную или даже лучшую разрешающую способность [2].

Активно развивается новое направление – мобильный интерфейс мониторинга здоровья с использованием телефона пациента. Информация с носимых датчиков (ЭКГ, пульса и др.) передается в телефон и отображается там посредством специального приложения. Такой интерфейс мониторинга – вновь возникшая и активно разрабатываемая сфера в трансляционной медицине. В свою очередь телефон является транслятором информации на медицинский сервер, где врач может отслеживать эти показатели в режиме реального времени. Исходя из этого, стала возможной оценка физиологического состояния многих жизненно важных функций, причем дис-

танционно, без непосредственного контакта с пациентом.

В России существуют примеры подобных систем мониторинга [3]. В Санкт-Петербурге успешно применен метод самоконтроля ЭКГ в педиатрической практике, позволяющий дистанционно, на дому, осуществлять запись и расшифровку ЭКГ в режиме реального времени, при этом информация о состоянии здоровья доступна не только врачу, но и пациенту посредством отображения результата анализа электрокардиографического сигнала на экране мобильного телефона [8]. Однако система имеет существенный недостаток: датчики ЭКГ представляют собой громоздкий аппарат для мониторинга по Холтеру, модифицированный для работы в реальном времени, и даже при условии получения качественного сигнала являются крайне неудобными в повседневной жизни и не могут использоваться в непрерывном режиме.

В 2012 г. была создана система кардиореспираторного мониторинга – АПАК (аппаратно-программно-алгоритмический комплекс), с помощью которой возможно проводить дистанционный мониторинг сердечного ритма, дыхательных движений в режиме реального времени, поступающий от датчиков сигнал передается в телефон пациента и на медицинский сервер, где осуществляется анализ под контролем врача и формируются оповещения о жизнеугрожающих состояниях. Также пациент через интерфейс телефона может сам подать тревожный сигнал на сервер, исходя из своего самочувствия [6]. Система является очень перспективной, но в литературе не было найдено данных о ее клинических испытаниях, в связи с чем вопрос о применении АПАК на практике остается открытым.

Очевидно, что технологии дистанционного мониторинга востребованы в медицинской практике, особенно при значительной географической удаленности пациента и необходимости частых визитов к врачу для передачи результатов исследования. Работы по созданию локальных телемедицинских систем мониторинга в регионах, особенно с низкой плотностью населения, ведутся активно и остаются актуальными.

#### **Материалы и методы исследования**

В Институте химической биологии и фундаментальной медицины СО РАН успешно прошел клинические испытания комплекс дистанционного мониторинга показателей жизнедеятельности человека на основе носимых датчиков. Комплекс осуществляет мониторинг электрических импульсов от сердца и характеристик пульсовой волны. Носимые датчики ЭКГ размещаются на грудной клетке, датчик пульса – на запястье в проекции лучевой артерии, все они передают сигнал в концентратор датчиков, об-

рабатывающий сигнал для последующей трансляции в устройство визуализации и управления – смартфон пациента. Для работы с диагностическим комплексом в смартфон устанавливается приложение, в котором можно отслеживать показатели ЭКГ и пульса в режиме реального времени, отклонения от нормы, появление жизнеугрожающих состояний – нарушений сердечного ритма, уменьшения напряженности пульса. Все данные с датчиков передаются концентратором на сервер в медицинское учреждение, где врач имеет возможность отслеживать состояние мониторируемого пациента в режиме реального времени, в том числе получать извещения о критических состояниях.

Диагностический комплекс был испытан при участии 20 практически здоровых мужчин, возраст от 18 до 25 лет (средний возраст  $21 \pm 0,55$  лет), каждый был обследован кардиологически с использованием стандартной ЭКГ в 12 отведениях. Длительность ношения системы мониторинга составила 1 сутки, в течение которых оценивались качество сигнала от датчиков, характеристики пульсовой волны и ЭКГ, общая диагностическая ценность получаемых данных, а также возможность мониторинга показателей врачом и пациентом в режиме реального времени.

#### **Результаты исследования и их обсуждение**

В ходе проведенных испытаний установлено, что система дистанционного мониторинга является абсолютно безопасной при использовании в медицинских диагностических целях для человека. Не было выявлено нежелательных и серьезных нежелательных явлений ни у одного испытуемого. Ношение системы в течение 1 суток не вызвало ограничений жизнедеятельности. Качество каналов связи, используемых для передачи данных на медицинский сервер, позволяет отслеживать состояние пациента в режиме реального времени в течение всего периода наблюдения. Получаемые сведения о характеристиках сердечных сокращений (частота, ритмичность, размер и форма зубцов и сегментов ЭКГ) являются исчерпывающими для диагностики жизнеугрожающих нарушений сердечного ритма. В результате клинических испытаний установлено, что:

- нет абсолютных противопоказаний и иных ограничений к применению системы в диагностических целях;
- кратность и объем применения системы ограничены предельным сроком эксплуатации используемого оборудования;
- система обеспечивает сбор и трансляцию данных о состоянии сердечно-сосудистой системы непрерывно 24 часа в сутки, позволяя осуществлять мониторинг пациента в режиме онлайн;
- получаемые с носимых датчиков данные являются достоверным отображением состояния сердечно-сосудистой системы, пригодны для интерпретации врачом соответствующего профиля и могут быть использованы для верификации диагноза.

### Заключение

Таким образом, разработанная система мониторинга может быть использована в клинической практике для контроля состояния сердечно-сосудистой системы и диагностики в кардиологии. Успех пилотных клинических испытаний дает основания для исследования диагностических возможностей системы у лиц с сердечно-сосудистой патологией. Авторы надеются, что реализация данного проекта станет востребованным и эффективным инструментом персонализированной трансляционной медицины.

*Работа поддержана Сибирским отделением РАН (междисциплинарный интеграционный проект фундаментальных исследований СО РАН 2012–2014 гг. № 142 «Дистанционное мониторинг сердечно-сосудистой деятельности человека на основе миниатюрных беспроводных датчиков и индивидуальных средств сотовой связи со встроенными вычислительными средствами»).*

### Список литературы

1. Багненко А.С., Багненко Н.М., Солдатова Л.Н., Иорданишвили А.К. Применение телеконсультаций при диагностике и лечении зубочелюстных аномалий в регионах с низкой плотностью населения // Институт стоматологии. – 2014. – № 1. – С. 62–65.
2. Бекмачев А. Датчики Epic от Plessey Semiconductors – прорыв в сенсорных технологиях // Компоненты и технологии. – 2013. – № 1. – С. 21–24.
3. Земцовский Э.В., Конобасов А.М., Трешкур Т.В., Цуринова Е.А., Попов С.В. Новые возможности телеметрической ЭКГ диагностики // Трансляционная медицина. – 2010. – № 5. – С. 1.
4. Камаев И.А., Орлов О.И., Леванов В.М., Переведенцев О.В., Сергеев Д.В. Возможности и перспективы применения мобильных телемедицинских комплексов в профилактических программах // Медицинский альманах. – 2013. – Т.26, № 2. – С. 16–18.
5. Карпунов А.А., Басова Л.А., Кочорова Л.В., Мартынова Н.А. Применение телемедицинских технологий в Ненецком автономном округе // Экология человека. – 2014. – № 9. – С. 30–34.
6. Мешковский И.К., Кузнецов В.И., Тараканов С.А., Рыжаков Н.И., Рассадина А.А. Аппаратно-программно-алгоритмический комплекс дистанционного кардиореспираторного мониторинга // Вестник новых медицинских технологий. – 2012. – № 1.
7. Телемедицина и удаленные терминалы: около пациента в любом месте // Опухоли головы и шеи. – 2012. – № 1. – С. 75–80.
8. Хомич М.М., Юрьев В.В., Земцовский Э.В., Конобасов А.М. Самоконтроль ЭКГ с помощью ЭКГ-телеметрии в педиатрии // Детская медицина Северо-Запада. – 2011. – Т. 2, № 1. – С. 26–30.
9. Широкова Н.В., Туров А.Н., Покушалов Е.А., Селина В.В., Романов А.Б. Длительное подкожное мониторирование электрокардиограммы для оценки эффективности катетерной абляции фибрилляции предсердий // Вестник аритмологии. – 2011. – № 65. – С. 5–11.
10. Шубик Ю.В., Медведев М.М., Апарина И.В., Гордеева М.В. Различные способы регистрации электрокардиосигнала в диагностике симптомных аритмий // Вестник аритмологии. – 2011. – № 64. – С. 71–80.

### References

1. Bagnenko A.S., Bagnenko N.M., Soldatov L.N., Iordaniashvili A.K. *Institut stomatologii* – Institute of Dentistry, 2014, no. 1, pp. 62–65.
2. Bekmachev A. *Komponentyi tekhnologii* – Components and Technology, 2013, no. 1, pp. 21–24.
3. Zemtsovsky E.V., Konobas A.M., Treshkur T.V., Tsurinova E.A., Popov S.V. *Translyatsionnaya meditsina* – Translational medicine, 2010, no. 5, pp. 1.
4. Kamaev I.A., Orlov O.I., Levanov V.M., Perevedentsev O.V., Sergeev D.V. *Meditsinskiy al'manakh* – Medical almanac, 2013, v.26, no. 2, pp. 16–18.
5. Kaprun A.A., Basov L.A., Kochorova L.V., Martynov N.A. *Ekologiya cheloveka* – Human Ecology, 2014, no. 9, pp. 30–34.
6. Meshkovskii I.K., Kuznetsov V.I., Cockroaches S.A., Ryzhakov N.I., Rassadina A.A. *Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologiy* – Herald of new medical technologies, 2012, no. 1.
7. *Opukholi golovy i shei* – Head and neck tumors, 2012, no. 1, pp. 75–80.
8. Khomych M.M., Yuriev V.V., Zemtsovsky E.V., Konobas A.M. *Detskaya meditsina Severo-Zapada* – Children North-west, 2011, Vol. 2, no. 1, pp. 26–30.
9. Shirokova N.V., Turov A.N., Pokushalov E.A., Selina V.V., Romanov A.B. *Vestnik Arytmologii* – Journal of arrhythmology, 2011, no. 65, pp. 5–11.
10. Shubik Y.V., Medvedev M.M., Aparina I.V., Gordееva M.V. *Vestnik Arytmologii* – Journal of arrhythmology, 2011, no. 64, pp. 71–80.

### Рецензенты:

Смагин А.А., д.м.н., профессор, руководитель лаборатории лимфодетоксикации, Учреждение Российской академии медицинских наук, «Научно-исследовательский институт клинической и экспериментальной лимфологии» Сибирского отделения РАН, г. Новосибирск;

Шевела А.И., д.м.н., профессор, научный руководитель АНО «Центр новых медицинских технологий», г. Новосибирск.

Работа поступила в редакцию 10.12.2014.