

Проблемы применения дополнительных устройств для расширения возможностей диагностики некоторых физиологических параметров и способы их решения

Е.В. Терентьева¹, Н.Г. Терентьева²

¹ФГАОУ ВО «ЮУрГУ (НИУ)», Челябинск

²ФГБОУ ВО «МГТУ им. Г.И. Носова», Магнитогорск

Аннотация: Диагностическая визуализация является необходимой процедурой для точной диагностики и лечения не менее 25% пациентов во всем мире. Поэтому расширение возможностей взаимодействия между врачом и пациентом на расстоянии во время инструментальной диагностики приводит к увеличению положительных результатов лечения. В данной статье рассмотрены способы и проблемы применения дополнительных устройств, в том числе роботизированных систем, при диагностике. После исследования способов использования устройств ультразвуковой диагностики, как наиболее информативного и полезного диагностического метода, и дополняющих технологий для расширения возможностей ультразвуковой диагностики, были определены общие принципы работы специалистов с этим оборудованием, а также был выработан алгоритм работы во время обследования. Определение этих принципов позволило разработать своё решение проблем, возникающих при проведении обследования с применением данных технологий.

Ключевые слова: интерактивная медицина, пациент, состояние здоровья, диагностика здоровья, консультирование, инструментальная диагностика, услуги, медицинская информационная система.

Телемедицина – это парадигма, которая объединяет новые беспроводные коммуникации и сетевые технологии с концепцией оказания медицинской помощи в любое время и в любом месте. Сейчас, в связи с объявлением ВОЗ о развитии пандемии COVID-19 и введения в различных странах ограничений в контактах между людьми из-за мер самоизоляции, к этой концепции обращаются все больше стран.

В России импульс к появлению различных организаций, предлагающих телемедицинские услуги, возник в 2018 году, и связан он с тем, что в 2017 вступил в силу закон №242 (от 29.07.2017) «О внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации по вопросам применения информационных технологий в сфере охраны здоровья». Этот закон дает юридическое обоснование возможности оплаты таких услуг и консультаций в рамках ОМС, ДМС и личных средств пациента. Новый закон определяет порядок дистанционных контактов между пациентами, врачами и учреждениями сферы здравоохранения, выполнение требований конфиденциальности

личной информации и врачебной тайны, использование электронной формы медицинского документооборота.

Чтобы стать тем технико-информационным пространством, которое мы видим сейчас, телемедицина прошла долгий и продуктивный путь параллельно с развитием информационных технологий, средств связи и медицинской техники.

Первым примером дистанционной медицинской помощи или помощи на расстоянии может быть применение телеграфа, который использовался в гражданскую войну для передачи списков пострадавших, заказа медикаментов и передачи рентгеновских изображений [1]. Телефонные линии уже были достаточно развиты к началу 1900-х годов, чтобы использовать их для передачи сигналов ЭКГ и ЭЭГ. При этом способ усиления стетоскопических звуков, для передачи их на расстояние, используется до сих пор [2,3]. Первая двухсторонняя кабельная телевизионная система для телеконсультаций и дистанционного обучения врачей была создана в 1959 году между Психиатрическим Институтом Небраски в Омахе и государственной психиатрической больницей в Норфолке под руководством профессора Сесила Л. Витсона и директора по биомедицинским коммуникациям Ребы А. Беншотер [4]. Биомедицинская спутниковая система AS-6 на Аляске в 1971-1975 годах позволила улучшить медицинское обслуживание населения, проживающего на этой территории [5].

В СССР также развивали технологии, которые стали основой телемедицины. Но, учитывая информационную закрытость в СССР, не обо всех этих работах есть информация. С 40-х годов прошлого столетия в России успешно проводились масштабные исследования в рамках космической программы, которые привели к появлению новой научно-практической отрасли – биотелеметрии. Обоснование, проектирование и использование систем медицинского контроля (СМК) для полетов животных проводились с 1948 по 1961 гг. под руководством В.И. Яздовского. В первых космических полетах человека на кораблях «Восток» использовался комплект «Вега-А» (масса 4 кг, энергопотребление 5 Вт), в который входили три идентичных усилителя ЭКГ, усилитель канала дыхания и электрокардиофон. Последний предназначался для непрерывной подачи сигналов пульса по каналу бортового радиопередатчика.

В дальнейшем, список телеметрируемых показателей расширился, к нему добавились электроокулограмма (ЭОГ), электроэнцефалограмма (ЭЭГ) и кожно-гальванические реакции (КГР) [6].

В настоящее время, телемедицина уже включает в себя много медицинских отраслей таких как телемониторинг, телеконсультации, телерадиология, телехирургия, теледерматология и не только. Но по-прежнему остались отрасли медицины, которые сложно внедрить в концепцию телемедицины. Например, стоматология, которая предполагает в большинстве случаев очное посещение врача. Но в некоторых случаях возможно удаленное консультирование. К примеру, дистанционное консультирование при работе со сложными случаями. Или, например, мониторинг состояния пациента скорой помощи, а также удаленный мониторинг дыхания человека [7,8]

Интерактивная медицина - самая известная область телемедицины, предполагающая видеочат-видеообщение в реальном времени [9]. Таким образом проводятся большинство консультаций удалёнными специалистами. Иногда используются как вспомогательный инструмент средства телемониторинга, или новые специализированные устройства, такие как электронные стетоскопы или более сложные приборы по типу удаленных роботизированных систем [10,11], которые улучшают диагностику. К основным преимуществам интерактивной телемедицины относят удешевление и повышение доступности высококвалифицированной помощи. Первое связано с сокращением расходов на проведение консультаций из-за того, что экономится время и средства на проведении командировок, а второе связано с возможностью обеспечения качественной помощью даже в самых непроходимых районах. Большую пользу в применении интерактивной медицины получает теледерматология, особенно за рубежом. Это, вероятно, связано с тем, что фотография кожи часто необходима для диагностики дерматологической проблемы и назначения лечения.

По данным Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ), диагностическая визуализация является необходимой процедурой для точной диагностики и лечения не менее 25% пациентов во всем мире. Однако, в настоящее время визуализация отсутствует в различных районах мира, особенно в развивающихся странах [12]. Клинически известно, что ультразвуковое сканирование – это хорошо зарекомендовавший себя неинвазивный метод. Он довольно прост в использовании, при этом очень хорошо адаптирован для рутинных клинических обследований, например, во время диспансеризации, как в специализированных медицинских центрах, так и в больницах. Очевидно, что любой современный аппарат ультразвукового исследования (УЗИ) легко интегрируется в медицинскую и госпитальную информационную систему. Кроме того, он может быть использован при удаленном обследовании пациента.

Все ультразвуковые сканеры, используемые в телемедицине, можно разделить на три категории: портативная, мобильная и роботизированная.

К первой разновидности таких приборов относятся портативные аппараты на основе переносных персональных компьютеров – планшетных компьютеров или ноутбуков. Ко второй категории относятся ультразвуковые сканеры, которые имеют проводное или беспроводное соединение с планшетными компьютерами или смартфонами. При применении планшетных компьютеров или смартфонов используют специальные мобильные приложения.

Оборудование из первых двух категорий как правило имеют возможность сохранения и трансляции изображения эксперту в режиме реального времени, зафиксированного кадра или видеопотока.

Третья категория – это роботизированные аппараты, управляемые экспертом дистанционно.

Первая и вторая разновидность может применяться для телеконсультаций, для телескрининга и дистанционного обучения. Третья используется при отсутствии врача-специалиста непосредственно рядом с пациентом. Ранее в таких случаях при проведении ультразвукового обследования врачу - специалисту ассистировали медицинские сестры, фельдшеры или гражданские лица, но последние часто не имеют нужного опыта. Особенно если пункты обследования находятся в территориально отдалённых районах, или в условиях чрезвычайной ситуации, в районах боевых действий. Во всех этих случаях могут быть использованы роботизированные устройства.

В настоящее время все роботизированные системы ультразвукового исследования, используемые в телемедицине, можно условно разделить на три вида: автономные системы, работающие без человека-оператора, управляемые дистанционно роботизированные ультразвуковые сканеры и роботизированные системы, работающие с оператором, который физически присутствует рядом. Эти системы могут быть вновь созданными роботизированными ультразвуковыми сканерами или обычными сканерами, у которых движение датчика осуществляется универсальным роботом-манипулятором.

Примером системы последнего вида может выступать система MELODY. Это телеультразвуковая система на базе робота французской компании AdEchoTech обеспечивает возможность проводить ультразвуковое исследование под контролем врача-специалиста. Данная система предполагает использование роботизированной руки,

которая позволяет в реальном времени управлять датчиком удалённо и проводить ультразвуковое сканирование [13].

(+система)

Основным недостатком всех подобных систем является сложность осуществления движения датчика ультразвукового сканера по поверхности тела человека при сохранении его постоянного контакта с кожей пациента, что необходимо для ультразвука. Движение роботизированной руки не может полностью повторить плавное движение руки человека, нет обратной тактильной связи, которая осуществляется, в случае, если датчик ультразвукового сканера держит человек. Решение этой задачи и стало основой нашего исследования.

Материалы и методы: В ходе исследования мы разработали алгоритм работы дистанционной ультразвуковой диагностической системы, схема которой представлена на рисунке 1.

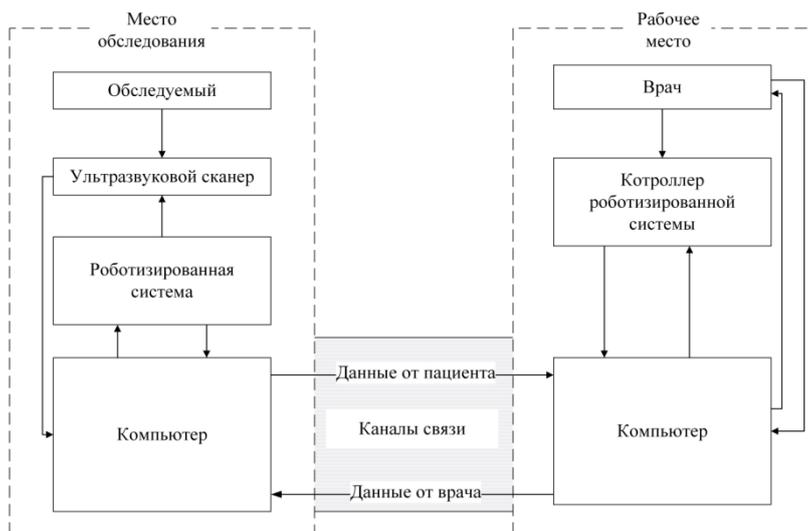


Рис. 1. – Общая схема дистанционной ультразвуковой диагностической системы.

При разработке этого алгоритма за основу брались системы, предполагающие контроль со стороны человека, так как медицина относится к тем отраслям, где полной роботизации достичь сейчас невозможно [14].

Согласно разработанной схеме, всю систему телеультраульзвуквой диагностики условно можно разделить на две части – место обследования и рабочее место. Место обследования – это место, где находится непосредственно сам пациент, ультразвуковой сканер, компьютер для связи и роботизированная система. Рабочее место – это офис или

кабинет, где находится врач-специалист, компьютер и контроллер, позволяющий управлять системой через Интернет.

Работу можно разделить на этапы: 1 этап – подготовка к обследованию, 2 этап – проведение обследования. На каждом этапе для рабочего места и места обследования существует свой порядок работы, который может корректироваться в зависимости от технических особенностей систем.

Так, на этапе подготовки на месте обследования, ассистент врача – фельдшер, медсестра или другой специалист – должен уложить пациента на кушетку, разместить и настроить роботизированную систему так, чтобы датчик ультразвукового сканера контактировал с телом, а также подключить систему к сети Интернет.

Ассистент не обязан иметь квалификацию в той области, в которой проводят диагностику, и в его задачи входит только подготовка к обследованию и контроль над режимом работы ультразвукового сканера.

Так, перед тем как пациент зайдёт, ассистент должен включить ультразвуковой сканер и компьютер, поместить датчик ультразвукового сканера в держатель и установить соединение с рабочим местом, если этого ещё не сделано. После того как пациент располагается на кушетке, ассистент должен отрегулировать положение держателя так, чтобы поверхность датчика коснулась тела.

Параллельно с ассистентом, врач-специалист включает компьютер на рабочем месте, подключает контроллер и устанавливает соединение с роботизированной системой на месте обследования.

Во время исследования врач-специалист, используя контроллер, определяет положение датчика ультразвукового сканера, выбирая наиболее информативные срезы, и анализирует полученные с места обследования данные через приложение на компьютере. В это время, при необходимости, ассистент может менять параметры сканирования под контролем специалиста. Все измерения производятся непосредственно врачом-специалистом по полученному видеоизображению. По окончании обследования врач выдаёт заключение на основе полученных данных, а ассистент помогает пациенту собраться и подготавливает место обследования к приему следующего пациента.

Результаты исследования

Для успешного контакта датчика с поверхностью тела человека и эффективной работы роботизированной системы, нами был предложен амортизирующий фиксатор датчика (патент RU 2 677 789 С1) [15]. Фиксатор представлен на рисунке 2.

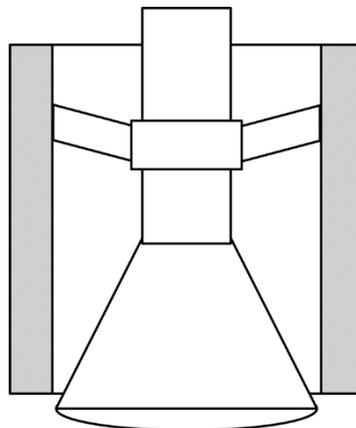


Рис. 2. – Схема амортизирующего фиксатора датчика в разрезе

Амортизирующий фиксатор представляет собой каркас-тубу, выполненный из плотного материала, одна из стенок которого открывается, и датчик ультразвукового сканера помещается внутри каркаса, закрепляясь там непосредственно держателем датчика, выполненного из упругоэластичного материала, в виде круглого растёгивающегося браслета, расположенного в центре рамки и прикреплённого к его четырём стенкам с помощью силиконовых подвесок для гашения колебаний. В стенках тубы имеются элементы для введения в них подвесок. Изобретение обеспечивает возможность надёжной фиксации датчика ультразвукового сканера в пространстве и сохранение непосредственного контакта датчика с телом пациента при перемещении его по поверхности.

Корпус фиксатора выполнен так, что позволяет присоединить фиксатор к различным роботизированным системам, в том числе антропоморфным. Благодаря жёсткому корпусу, положение датчика становится более устойчивым, не позволяет ему заваливаться, обеспечивая плотный контакт сканирующей поверхности с телом. Использование данного фиксатора позволило нам плавно повторять при исследовании все изгибы тела, и не реагировать на дыхательное движение и сокращения мускулатуры. Все это улучшило качество дистанционного ультразвукового исследования.

Заключение: Телеультразвуковая медицина является хорошим дополнением к общей структуре дистанционной медицинской помощи, особенно для людей, не имеющих возможности получить консультации высококвалифицированного специалиста. Как

показывают исследования, высокая мобильность и низкая стоимость оборудования часто делают ультразвуковое исследование единственным способом диагностики в географически удаленных местах. Внедрение роботизированной удаленной диагностики в труднодоступных или малообеспеченных районах позволяет своевременно выявлять проблемы, облегчает получение высококвалифицированной помощи и снижает командировочные расходы, а также не отвлекает от основной работы врачей ультразвуковой диагностики. Предложенный нами фиксатор датчика позволит устранить ряд проблем, возникающих при использовании роботизированных систем. Это может открыть новые возможности для данной отрасли и привести к высокой материальной и социальной отдаче.

Литература

1. Wootton R., Craig J., Patterson V. Introduction to telemedicine (2nd ed.). London Ashland, Ohio: Royal Society of Medicine Press, 2006, 311 p.
2. Chen C. W. Chapter 19 Telemedicine: A Multimedia Communication Perspective. URL: [semanticscholar.org/paper/Chapter-19-Telemedicine-%3A-A-Multimedia-PerspectiveChen/1b9dc9addfad8f73c52fc215f57c2e58503c3ba2](https://www.semanticscholar.org/paper/Chapter-19-Telemedicine-%3A-A-Multimedia-PerspectiveChen/1b9dc9addfad8f73c52fc215f57c2e58503c3ba2) (дата обращения: 22.10.19)
3. Владзимирский А.В. История телемедицины: люди, факты, технологии. Донецк, ООО «Цифровая типография», 2008, 82 с.
4. Benschoter R.A., Wittson C.L., Ingham C.G. Teaching and consultation by television: 1. Closed-circuit collaboration. J Hosp Commun Psychiatry, 1965, № 16, pp. 99-100.
5. Foote D.R. Satellite communication for rural health care in Alaska. J Commun, 1977, № 27, pp.173-182.
6. Казаков В.Н., Климовицкий В.Г., Владзимирский А.В. Телемедицина. Донецк, Типография ООО «Норд», 2002. – 100 с.
7. Петраевский В.А., Кузьменко Е.А., Марков А.К. Удаленный мониторинг состояния пациента скорой помощи // Инженерный вестник Дона, 2020,

- №3. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/N3y2020/6368 (дата обращения: 22.06.20)
8. Тараканов С.А., Кузнецов В.И., Кузнецов А.О. Длительный мониторинг дыхания человека // Инженерный вестник Дона, 2013, №4. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2013/2017 (дата обращения: 22.06.20)
9. Hersh W. R., Hickam D. H., Erlichman M. The evidence base of telemedicine: overview of the supplement. *Journal of Telemedicine and Telecare*, 2006, Т. 12, р. S1–S2.
10. Quinn E E. Teleconsultation: exciting new dimension for nurses. *RN*, 1974, № 37(2), pp. 36-42.
11. Arizona TeleMedicine Network: Engineering Master Plan, Arizona, College of Medicine, 1972, 331 p.
12. World Health Organization, Telemedicine: opportunities and developments in Member States. Reports on the Second Global Survey on eHealth. URL: who.int/goe/publications/goe_telemedicine_2010.pdf (дата обращения: 17.10.19).
13. Burbridge B. Initial Experience Using a Telerobotic Ultrasound System for Adult Abdominal Sonography. *Canadian Association of Radiologists Journal*, 2017, № 4, pp. 68-68.
14. Фомина А.В. «Золотые» манипуляторы // Вопросы радиоэлектроники, 2018, №12, с.5.
15. Амортизирующий фиксатор для датчика ультразвукового сканера // Патент РФ RU 2 677 789 C1 / Терентьева Екатерина Вячеславовна, Логийко Борис Геннадьевич, Терентьева Нина Геннадьевна.

References

1. Wootton R., Craig J., Patterson V. Introduction to telemedicine (2nd ed.). London Ashland, Ohio: Royal Society of Medicine Press, 2006, 311 p.
-



2. Chen C. W. Chapter 19 Telemedicine: A Multimedia Communication Perspective. URL: [semanticscholar.org/paper/Chapter-19-Telemedicine-%3A-A-Multimedia-Perspective-Chen/1b9dc9addfad8f73c52fc215f57c2e58503c3ba2](https://www.semanticscholar.org/paper/Chapter-19-Telemedicine-%3A-A-Multimedia-Perspective-Chen/1b9dc9addfad8f73c52fc215f57c2e58503c3ba2) (data obrashhenija: 22.10.19)
3. Vladzimirskij A.V. Istorija telemediciny: ljudi, fakty, tehnologii. [The history of telemedicine: people, facts, technologies]. Doneck, ООО «Cifrovaja tipografija», 2008, 82 p.
4. Benschoter R.A., Wittson C.L., Ingham C.G. J Hosp Commun Psychiatry, 1965, № 16, pp. 99-100.
5. Foote D.R. J Commun, 1977, № 27, pp.173-182.
6. Kazakov V.N., Klimovickij V.G., Vladzimirskij A.V. Telemedicina. [Telemedicine]. Doneck, Tipografija ООО «Nord», 2002. 100 p.
7. Petraevskij V.A., Kuz'menko E.A., Markov A.K. Inzhenernyj vestnik Dona, 2020, №3. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/N3y2020/6368 (data obrashhenija: 22.06.20)
8. Tarakanov S.A., Kuznecov V.I., Kuznecov A.O. Inzhenernyj vestnik Dona, 2013, №4. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2013/2017 (data obrashhenija: 22.06.20)
9. Hersh W. R., Hickam D. H., Erlichman M. Journal of Telemedicine and Telecare, 2006, T. 12, p. S1–S2.
10. Quinn E E. RN, 1974, № 37(2), pp. 36-42.
11. Arizona TeleMedicine Network: Engineering Master Plan, Arizona, College of Medicine, 1972, 331 p.
12. World Health Organization, Telemedicine: opportunities and developments in Member States. Reports on the Second Global Survey on eHealth. URL: who.int/goe/publications/goe_telemedicine_2010.pdf (data obrashhenija: 17.10.19).
13. Burbridge B. Initial Experience Using a Telerobotic Ultrasound System for Adult Abdominal Sonography. Canadian Association of Radiologists Journal, 2017, № 4, pp. 68-68.
14. Fomina A.V. Voprosy radiojelektroniki, 2018, №12, p.5.
15. Amortizirujushhij fiksator dlja datchika ul'trazvukovogo skanera [Shock-absorbing clip for the ultrasound scanner probe]. Patent RF RU 2 677 789 C1 / Terent'eva Ekaterina Vjacheslavovna, Logijko Boris Gennad'evich, Terent'eva Nina Gennad'evna.