УДК 004.89

ПОСТРОЕНИЕ ТЕЛЕМЕДИЦИНСКОЙ СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА СОСТОЯНИЯ ЗДОРОВЬЯ И ПОДДЕРЖКИ СОЦИАЛЬНОЙ АДАПТАЦИИ ДЕТЕЙ С РАССТРОЙСТВАМИ АУТИСТИЧЕСКОГО СПЕКТРА

[1,2]Лебедев Г.С., [1]Клименко Г.С., [3,4]Жовнерчук Е.В., [1]Шадеркин И.А., [1]Кожин П.Б., [1]Галицкая Д.А.

[1]ФГАОУ ВО «Первый МГМУ им. И.М. Сеченова» Минздрава России (Сеченовский университет), Москва, e-mail: rektorat@sechenov.ru;

[2]ООО «Современное программное обеспечение», Москва, e-mail: mail@msw.ru;

[3]ФГБОУ ДПО «Институт повышения квалификации ФМБА России», Москва, e-mail: info@medprofu.ru;

[4]ФГБНУ «Научно-исследовательский институт медицины труда имени академика Н.Ф. Измерова», Москва, e-mail: info@irioh.ru

В Российской Федерации большое количество детей рождается с расстройствами аутистического спектра, и чем раньше родители заметят, такие нарушения у ребенка и начнут программу реабилитации и лечения, тем выше вероятность его социальной адаптации. Сложности в воспитании такого ребенка заключаются в сложности его обучения вне детских коллективов и сложности его медицинского обслуживания. В этой связи разработка цифровых приложений, облегчающих медицинское обслуживание и обучение детей с РАС на дому, представляется важной и актуальной. В настоящей работе формулируются требования к построению телемедицинской системы, реализующей мониторинг состояния здоровья и поддержки социальной адаптации детей с расстройствами аутистического спектра. Определяется, что система будет представлять из себя информационный ресурс в сети Интернет, включающий в себя аппаратно-программный комплекс дистанционного наблюдения за состоянием здоровья детей на дому, рабочее место врача, ведущего наблюдение за ребенком, систему динамического видеонаблюдения за поведением ребенка с применением методов глубокого обучения искусственных нейронных сетей с ранней диагностикой дезадаптивных реакций, комплекс систем с элементами виртуальной реальности и дополненной реальности для дистанционного обучения и адаптации детей, комплекс интерактивных методик и тестов определения расстройств аутистического спектра в разном возрасте ребенка. Приводятся методы реализации такой телемедицинской системы.

Ключевые слова: цифровая медицина, телемедицина, искусственные нейронные сети, системы виртуальной реальности, расстройства аутистического спектра

BUILDING A TELEMEDICINE SYSTEM FOR MONITORING THE HEALTH STATUS AND SUPPORTING THE SOCIAL ADAPTATION OF CHILDREN WITH AUTISM SPECTRUM DISORDERS

[1,2]Lebedev G.S., [1]Klimenko G.S., [3,4]Zhovnerchuk E.V., [1]Shaderkin I.A., [1]Kozhin P.B., [1]Galitskaya D.A.

[1]I.M. Sechenov First Moscow State Medical University, Moscow, e-mail: rektorat@sechenov.ru;

[2]Firma Modern Software, Moscow, e-mail: mail@msw.ru;

[3]Institute of advanced training of Federal Medical and Biological Agency, Moscow, e-mail: info@medprofu.ru;

[4]Izmerov Research Institute of Occupational Health, Moscow, e-mail: info@irioh.ru

The In the Russian Federation, a large number of children are born with autism spectrum disorders and, the sooner parents notice such disorders in a child, and the rehabilitation and treatment program starts, the higher the likelihood of his social adaptation. The difficulties in raising such a child lie in the complexity of his learning outside of children's groups and the complexity of his medical care. In this regard, the development of digital applications that facilitate medical care and education of such children at home is important and relevant. This paper formulates the requirements for building a telemedicine system that monitors the health status and support social adaptation of children with autism spectrum disorders. It is determined that the system will be an information resource on the Internet, including a hardware and software complex for remote monitoring of children's health at home, the workplace of a doctor monitoring a child, a system of dynamic video surveillance of a child's behavior using deep learning methods artificial neural networks with early diagnostics of reactive reactions, complex systems with elements of virtual reality and augmented reality for remotely trained I Adaptation of Children, set of interactive tools and test definition of autism spectrum disorders in different age of the child. The methods for implementing such a telemedicine system are given.

Keywords: autism spectrum disorders, digital health, telemedicine, artificial neural networks, virtual reality systems

В Российской Федерации большое количество детей рождается с расстройствами аутического спектра (РАС), и чем раньше родители заметят, такие нарушения у ребенка и начнут программу реабилитации и лечения, тем выше вероятность его социальной адаптации.

Расстройства аутистического спектра представляют собой группу комплексных дезинтегративных нарушений психическо-

го развития, характеризующихся отсутствием способности к социальному взаимодействию, коммуникации, стереотипностью поведения, приводящими к социальной дезадаптации.

В классификации DSM-5 [1] такие пациенты объединены общим понятием «расстройство аутистического спектра» (код 299.00 / F84.0). В МКБ-10 есть несколько диагнозов F84.0 – Детский аутизм, F84.1 – Атипичный аутизм. Однако диагноз «расстройство аутистического спектра» в МКБ-10 отсутствует. В версии МКБ-11 2018 г. появилась диагностическая единица «расстройство аутистического спектра» (код 6A02). Распространённость расстройства аутистического спектра в США и других странах оценивается примерно в 1% населения [1].

Пациентов с РАС характеризует длительное хроническое течение заболевания, сложность обучения и социальной адаптации, что требует постоянного наблюдения и, часто, особого ухода за ними. Также у пациентов с РАС со временем заболевание прогрессирует, могут возникать его осложнения или появляться угрожающие жизни коморбидные состояния. Примерно у 20–30% аутичных детей развивается эпилепсия к моменту совершеннолетия. Кататония наблюдается у 12–17% молодых людей с РАС и проявляется отсутствием движения (акинезия), отсутствием речи (мутизмом), длительным сохранением однообразных поз (каталепсии) и восковой гибкостью [2]. Возраст манифестации кататонии – 10–30 лет, с пиком 15–19 лет [3].

Сложности в воспитании такого ребенка заключаются в сложности его обучения вне детских коллективов и сложности его медицинского обслуживания. В этой связи разработка цифровых приложений, облегчающих медицинское обслуживание и обучение детей с РАС на дому, представляется важной и актуальной. Внесение в 2017 г. поправок в Федеральный закон «Об основах здравоохранения граждан в Российской Федерации» [4], связанных с возможностью оказания медицинской помощи с применением телемедицинских технологий, развитие цифровых методов в медицине и образовании позволяют приблизить медицинскую помощь и образование к месту проживания детей с РАС.

Цель исследования: повышение доступности и качества медицинского обслуживания и социальной адаптации на дому детей с РАС за счет применения цифровых технологий.

К цифровым технологиям в медицине в современном понимании мы относим электронный документооборот между врачом пациентом и медицинской организацией, телемедицинские технологии и математические методы обработки медицинских данных.

Материалы и методы исследования

Для достижения поставленной цели при выполнении проекта предполагается решить следующие задачи.

– Разработать методологию медицинского обслуживания детей с РАС на дому, с формированием телемедицинского стационара на дому;

– Разработать аппаратно-программный комплекс дистанционного наблюдения за состоянием здоровья детей с РАС на дому.

– Разработать рабочее место врача, ведущего наблюдение за ребенком на дому.

– Разработать систему динамического видеонаблюдения за поведением ребенка с применением методов глубокого обучения искусственных нейронных сетей с ранней диагностикой дезадаптивных реакций.

– Разработать комплекс интерактивных методик и тестов определения РАС в разном возрасте ребенка.

– Разработать комплекс систем с элементами виртуальной реальности и дополненной реальности для дистанционного обучения и адаптации детей с РАС.

– Сформировать медицинскую и психологическую составляющую мониторинга состояния здоровья, поведения и социальной адаптации ребенка с РАС, разработать телемедицинскую технологию психологической коррекции взрослых (учителей, родителей, социальных работников и т.п.), взаимодействующих с ребёнком с расстройством аутистического спектра.

– Разработать информационный ресурс, аккумулирующий разработанные технологии и обеспечивающий коммуникации между ребенком, родителями (опекунами), медицинскими и социальными работниками, медицинскими и социальными учреждениями.

– Создать, в том числе на основании разработанного ресурса, регистр медицинских информационных технологий для всех заинтересованных в проблематике пользователей (детей и их родителей (опекунов, родственников), медицинских и социальных работников, студентов и преподавателей, ученых, чиновников, вендоров).

– Апробировать разработанный информационный ресурс в институте цифровой медицины (ИЦМ) Сеченовского университета в 2–3 семьях с детьми с РАС.

При реализации проекта будут использоваться метод глубокого обучения искусственных нейронных сетей для обучения системы распознавания движений и мимики ребенка для раннего обнаружения дезадаптивных состояний и других отклонений в поведении, методы виртуальной и дополненной реальности для создания образовательных (обучающих) модулей по выполнению действий, направленных на социальную адаптацию ребенка, телемедицинские технологии для организации дистанционного наблюдения врачом за здоровьем ребенка, технологии интернета вещей (IoT) для управления мобильными медицинскими устройствами (mHealth), методы интеллектуальной обработки данных, для поддержки принятия врачебного решения при анализе данных от мобильных медицинских устройств и автоматизированной обработке анкет.

Результаты исследования и их обсуждение

В рамках выполнения проекта будет создан информационный ресурс, объединяющий несколько прикладных задач, направленных на поддержку дистанционного медицинского обслуживания детей с РАС, обучение и их социальную адаптацию за счет применения цифровых технологий.

В соответствии с задачами проекта будут реализованы следующие мероприятия.

Будет разработана методология медицинского обслуживания детей с РАС на дому, формирования телемедицинского стационара на дому. Примеры подобных решений описаны нами в [5]. Методология будет включать в себя требования к порядку дистанционного медицинского обслуживания пациентов с РАС на дому, правила заключения договоров на медицинское обслуживание, условия оплаты, порядок сбора, обработки медицинской информации, описание математических методов и информационных технологий, применяемых при сборе, передаче и обработке данных, способы визуализации информации, методы защиты персональных данных.

Будет разработан аппаратно-программный комплекс (АПК) дистанционного наблюдения за состоянием здоровья детей с РАС на дому. В состав АПК будет входить набор мобильных (компактных) медицинских устройств и программный комплекс управления устройствами. Методом эксперимента будет определен необходимый набор мобильных медицинских устройств, позволяющих достаточно точно определить состояние здоровья ребенка и лечащему врачу определить его состояние.

При создании домашнего стационара для пациентов с РАС можно выделить несколько подзадач, которые можно решить с помощью современных аппаратных и программных решений для удаленного мониторинга за психическим состоянием и физиологическими функциями организма и с помощью новых технологий коммуникации дополненной и виртуальной реальности.

– Предупреждение эпилепсии, эпиприпадков, кататонии.

– Контроль поведения и перемещения.

– Повышение эффективности социализации, коммуникации, обучения.

– Контроль развития ребенка с нарушениями, ранняя диагностика.

Из имеющегося арсенала аппаратно-программной продукции, используемой в домашних условиях, способствующих решению поставленных задач, можно выделить следующие:

1. Портативный прибор для электроэнцефалографии (ЭЭГ).

2. Носимый на запястье трекер (в виде браслета):

а) контроль дневной активности;

б) контроль начала, окончания, длительности и фаз сна, ночных вставаний;

в) метка для перемещения в закрытых помещениях;

г) фотоплетизмография: мониторинг пульса, вариабельности сердечного ритма (ВСР), артериального давления;

д) моноканальное ЭКГ;

е) влажность кожных покровов.

3. Инфракрасный ушной термоментр – мониторинг температуры тела.

4. Напольные весы с импедансометрией – мониторинг массы и состава тела.

5. Датчики контроля за состоянием окружающей среды в помещении:

а) датчик температуры;

б) датчик атмосферного давления;

в) датчик влажности;

г) датчик инсоляции (освещенности);

д) датчик электромагнитного излучения;

е) датчик загрязнения воздуха частицами размеров 2,5 нм.

6. Контроль за состоянием внешней среды (метеоданные, космогелиогеофизическая обстановка) из открытых источников информации по географической метке расположения пациента:

а) температура;

б) влажность;

в) атмосферное давление;

г) скорость ветра;

д) солнечная активность;

е) облачность;

ж) геомагнитная активность;

з) время рассвета и заката;

и) загрязнение воздуха частицами размеров 2,5 нм;

к) уровень гравитации.

7. Маяки iBeacon.Технология, работающая внутри помещений, позволяет определения местоположения приборов с Bluetooth (браслет, который выступает в качестве метки) за счет разнесенных по помещению маяков.

8. Видеокамера с программным обеспечением для дистанционного распознавания эмоций при помощи фиксация мимики и движений, определяющего психо-эмоциональное состояние

9. Аппаратно-программный комплекс для психологической релаксации при помощи воздействия виртуальной реальностью

Программный комплекс управления устройствами будет включать следующие функции:

– управление подключением и эксплуатацией ММУ;

– сбор данных с устройств о состоянии здоровья ребенка;

– визуализация данных на компьютере (планшете) пациента;

– передача данных лечащему врачу (опекуну) ребенка.

Возможен режим работы программы, когда данные вводятся вручную по показаниям ММУ.

Будет разработано рабочее место врача (опекуна), ведущего наблюдение за ребенком на дому (рис. 1). Рабочее место врача будет оснащено компьютером (планшетом), подключенным к сети Интернет, и программным обеспечением, позволяющим дистанционно управлять ММУ, принимать сигналы с этих устройств, визуализировать данные о состоянии здоровья пациентов, обрабатывать данные с применением математических методов, подключать систему поддержки принятия врачебных решений, обеспечивать проведение видеосеансов с пациентом, сохранять данные в электронной медицинской карте пациента. Система поддержки принятия врачебных решений (СППВР) должна мониторировать значение показателей и предупреждать врача (опекуна) при отклонениях от допустимых значений, обрабатывать полученные данные с применением математических методов (включая методы искусственного интеллекта), предоставлять их врачу в удобном для принятия решения виде.

Будет разработана система динамического видеонаблюдения за поведением ребенка с применением методов глубокого обучения искусственных нейронных сетей [6] с ранней диагностикой реактивных состояний и других отклонений в поведении (рис. 2, 3). Такая система будет устанавливаться по месту проживания ребенка и будет включать в себя набор видеокамер (оптимально 3 шт.), установленных в зоне постоянного пребывания ребенка и программное обеспечение, позволяющее принимать видеосигналы с видеокамер и распознавать действия пациента, мимику пациента с применением базы знаний, выполненной в виде искусственной нейронной сети. Система позволит определять действия ребенка (сон, пробуждение, падение, движение, выполнение элементарных функций), а также по мимике ребенка выявлять на ранней стадии развитие эпилептического припадка, другие реактивные состояния. База знаний системы, составленная в процессе глубокого обучения искусственной нейронной сети, будет сформирована в процессе настройки системы путем съемки различных манипуляций с привлечением артистов, других детей. В процессе эксплуатации системы будет проводиться ее дообучение.

Будет разработан комплекс интерактивных методик и тестов определения РАС в разном возрасте ребенка. В качестве применяемых методик будут использованы методики, признанные международным сообществом и одобреные к применению в России [7–9]. Адаптированные варианты методик к Российской Федерации приведены в [10, 11]. Методики будут представлять из себя интерактивные тесты, сгруппированные по возрасту ребенка и направленные на выявление возможных отклонений в развитии. Каждая методика будет обрабатываться в соответствии с разработанным алгоритмом и предоставлять врачу, родителям ребенка, опекунам предложения по его состоянию и возможной коррекции этого состояния. Набор методик будет наполняться по мере появления новых. В системе должна быть предусмотрена возможность формирования анкет и применения методов обработки данных.

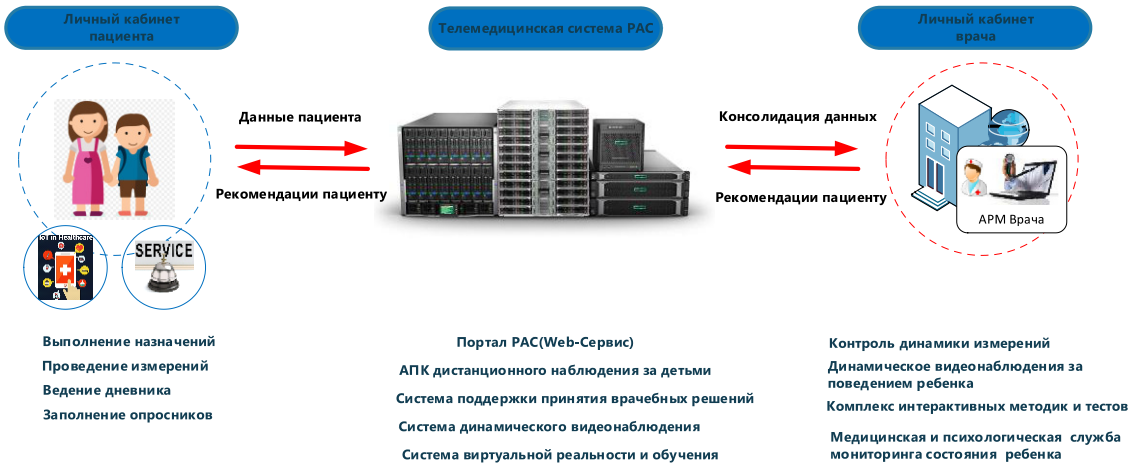

Рис. 1. Общая схема работы телемедицинской системы

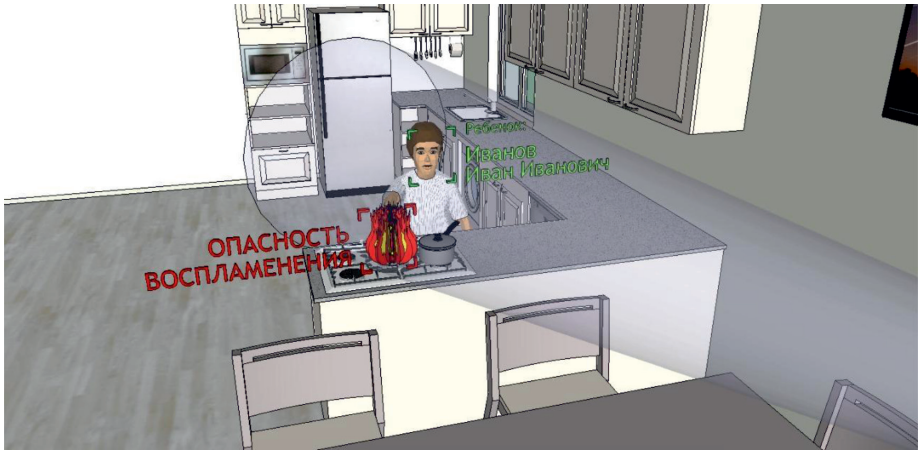

Рис. 2. Картинка с видеокамеры, установленной в комнате ребенка

Рис. 3. Модель организации видеонаблюдения за ребенком

Будет разработан комплекс систем с элементами виртуальной реальности и дополненной реальности для дистанционного обучения и адаптации детей с РАС. Программы виртуальной реальности (VR), как тип трехмерных компьютерных программ, широко используются в качестве учебного механизма для детей с РАС. VR предлагает особые преимущества для детей с РАС: моделирование реальных ситуаций реального мира в тщательно контролируемой и безопасной среде [12, 13]. Существует серьезная проблема в разработке надежных и полезных технологий, которые действительно могут повлиять на занятия в реальных классах. Комплексы виртуальной реальности будут представлять из себя набор, состоящий из шлема виртуальной реальности, перчаток (джойстиков) виртуальной реальности, компьютера (планшета) и программы управления. Назначение комплексов будет различным: от погружения ребенка в виртуальную реальность для его отвлечения и проведения с ним в этот период медицинских и других манипуляций, до обучения повседневным функциям с целью социальной адаптации. Комплексы будут поставляться в семьи, где проживает ребенок, или социальные учреждения. По результатам исследований у дети с РАС предполагается ответить на следующие вопросы:

– положительно ли воспринимают и понимают технологии VR;

– они любят использовать VR;

– могут извлечь из него новую информацию (о реальном мире);

– реагируют на VR таким образом, который предполагается;

– они не считают виртуальные сцены восприимчивыми и, действительно, демонстрируют большее взаимодействие с иммерсивным дисплеем, чем без этой функции.

По эмпирическому прогнозу положительные результаты могут быть опосредо-

ваны возрастом и уровнями способностей участников.

Главной целью применения VR технологий при РАС на наш взгляд является повышение адаптации ребенка с РАС. Основываясь на имеющихся данных, направленность исследования будет:

– на повышение коммуникативных функций;

– распознавание эмоций;

– обучение;

– нормализацию двигательной активности;

– дополнительные исследования механизмов РАС.

На базе Сеченовского университета будет сформирована пилотная медицинская и психологическая служба мониторинга состояния здоровья, поведения и социальной адаптации ребенка с РАС, для управления информационной системой, сбора и обработки данных, дистанционного мониторинга детей на дому, которая будет состоять из врачей психиатров и психологов. Техническое и математическое сопровождение системы будет осуществляться институтом цифровой медицины. Присоединение ребенка к дистанционному обслуживанию будет осуществляться после его оформления на медицинское обслуживание в Сеченовском университете и проведения очного медицинского обследования.

В результате исследования будет разработан информационный ресурс, аккумулирующий использованные технологии и обеспечивающие коммуникации между ребенком, родителями (опекунами), медицинскими и социальными работниками, медицинскими и социальными учреждениями. Информационный ресурс будет располагаться в Сеченовском университете и будет содержать разделы: дистанционного тестирования, дистанционного мониторинга состояния здоровья, распознавания движений и психоэмоционального состояния, обучения с помощью виртуальной реальности, информационного взаимодействия врачей, психологов, родителей (опекунов) между собой в процессе эксплуатации системы.

Помимо этого будет создан регистр медицинских информационных технологий для повышения доступности и качества медицинского обслуживания и социальной адаптации детей с РАС, представляющий собой единый онлайн-сервис сбора и анализа медицинской информации с примерной архитектурой, представленной на рис. 4.

Разработанный информационный ресурс буде апробирован в институте цифровой медицины Сеченовского университета, на 2–3 семьях с детьми РАС.

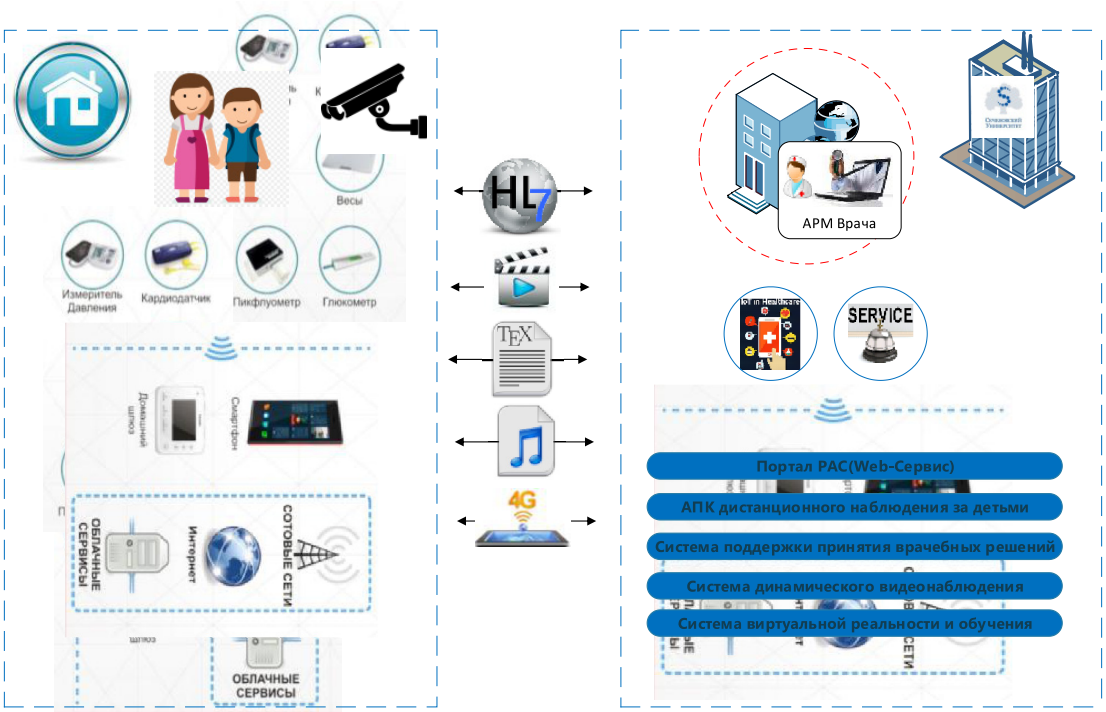

Рис. 4. Архитектура телемедицинской системы

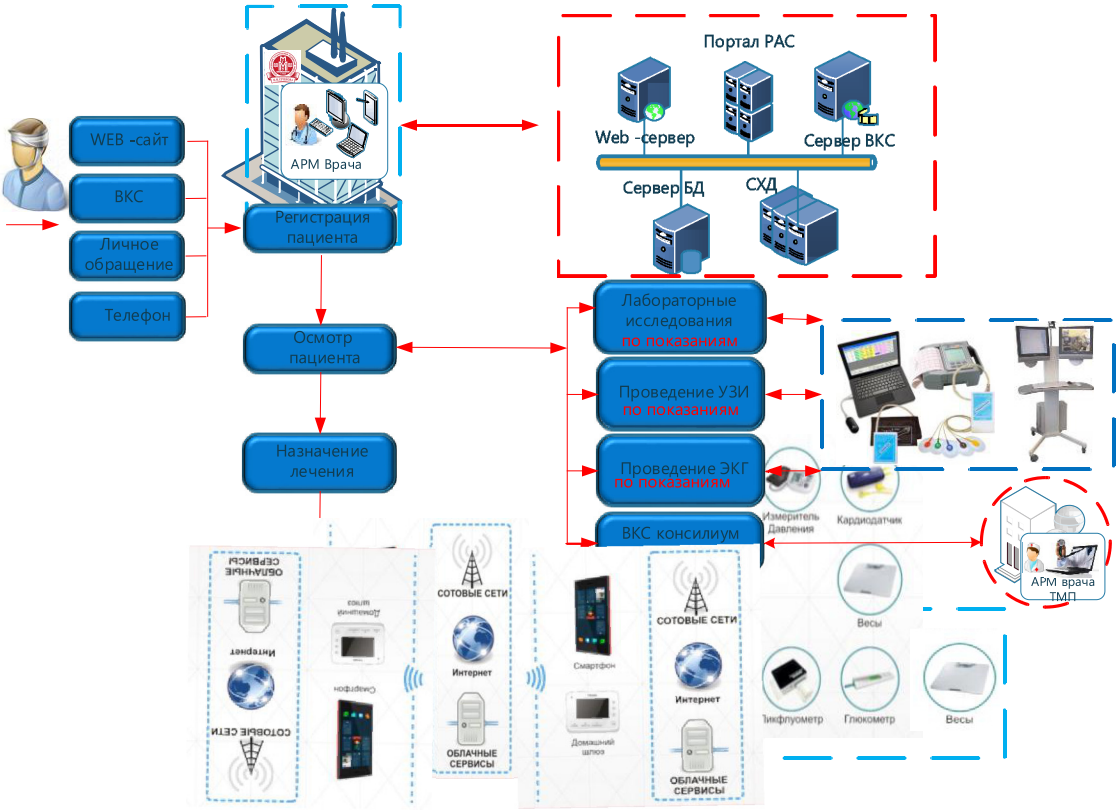

Рис. 5. Модель применения телемедицинской системы

Заключение

В результате исследования будет создан информационный ресурс в сети Интернет на базе Сеченовского университета, который будет обеспечивать дистанционное взаимодействие врачей и психологов Сеченовского университета с родителями детей с РАС (рис. 5). Каждый родитель ребенка сможет зарегистрироваться, пройти открытый тест для своего ребенка. В случае выявленных нарушений проконсультировать его у врача Сеченовского университета и прикрепить его для постоянного мониторинга на дому. Для каждого ребенка будет предложена индивидуальная программа реабилитации, которая будет осуществляться с применением разрабатываемого ресурса, включая обучение с элементами виртуальной реальности, лечение и наблюдение под контролем квалифицированных специалистов.

После проведения разработки и апробации решение будет предложено для более широкого изучения и использования в Российской Федерации и Европе в рамках программы ERASMUS+.

Общая модель взаимодействия участников системы показана на рис. 5.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ 18-07-00987.

Список литературы

1. Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders. Fifth Edition (DSM–5) // American Psychiatric Association. Arlington, VA: American Psychiatric Publishing, 2013. 992 p. ISBN 978-0-89042-554-1. ISBN 978-0-89042-555-8. ISBN 0-89042-554-X [Электронный ресурс]. URL: https://www.psychiatry.org/psychiatrists/practice/dsm (дата обращения 11.12.2018).

2. Eds. S. Hossein Fatemi, Paula J. Clayton. The Medical Basis of Psychiatry. Springer New York, 2016. P. 463. ISBN 978-1-4939-2527-8. DOI: 10.1007/978-1-4939-2528-5.

3. Wing, L., Shah A. Catatonia in autistic spectrum disorders // The British Journal of Psychiatry. Cambridge University Press (CUP). 2000. № 176 (4). P. 357–362. DOI: 10.1192/bjp.176.4.357.

4. Федеральный закон «Об основах охраны здоровья граждан в Российской Федерации» от 21.11.2011 № 323-ФЗ (последняя редакция) [Электронный ресурс]. URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_121895/ (дата обращения: 11.12.2018).

5. Лебедев Г.С., Шадеркин И.А., Фомина И.В., Лисненко А.А., Рябков И.В., Качковский С.В., Мелаев Д.В. Интернет медицинских вещей: первые шаги по систематизации // Журнал телемедицины и электронного здравоохранения. 2017. № 3 (5). С. 128–136 [Электронный ресурс]. URL: http://jtelemed.ru/article/internet-medicinskih-veshhej-pervye-shagi-po-sistematizacii (дата обращения: 11.12.2018).

6. Lebedev G., Klimenko H., Kachkovskiy S., Konushin V., Ryabkov I., Gromov A. Application of artificial intelligence

methods to recognize pathologies on medical images // International Conference on Knowledge Based and Intelligent Information and Engineering Systems, KES2018. 3–5 September 2018, Belgrade, Serbia / Procedia Computer Science. 2018. Vol. 126. P.1171–1177. DOI: 10.1016/j.procs.2018.08.055.

7. Лорд К. с соавт. ADOS-2. План диагностического обследования при аутизме, вторая версия: руководство / Пер. на русский язык и адаптация А. Сорокина, Е. Давыдовой, К. Салимовой. Western Psychological Services; Giunti O.S., 2016.

8. Раттер М., Бэйли Э., Лорд К. SCQ. Социально-коммуникативный опросник: руководство / Перевод на русский язык и адаптация А. Моховикова, О. Донец, Е. Давыдовой, А. Сорокина [Б. м.]: Western Psychological Services; Giunti O.S., 2014. 40 с.

9. Schopler E., Reichler R.J., DeVellis R.F., Daly K. Toward objective classify cation of childhood autism: Childhood Autism Rating Scale (CARS). J. Autism Dev. Disord. 1980 Mar. № 10 (1). P. 91–103 [Электронный ресурс]. URL: https://www.scirp.org/journal/PaperInformation.aspx?PaperID=40316 (дата обращения: 11.12.2018).

10. Баенская Е.Р. Ранняя диагностика и коррекция РАС в русле эмоционально-смыслового подхода // Аутизм и нарушения развития. 2017. Т. 15. № 2. С. 32–37. DOI: 10.17759/autdd.2017150203.

11. Сорокин А.Б., Давыдова Е.Ю. Изучение особенностей поведения и общения у детей ясельного возраста с подозрением на наличие расстройства в спектре аутизма при помощи «Плана диагностического обследования при аутизме» ADOS-2 // Аутизм и нарушения развития. 2017. Т. 15. № 2. С. 38–44. DOI: 10.17759/autdd.2017150204.

12. Alves S., Marques A., Queirós C., Orvalho V. LIFEisGAME Prototype: A serious game about emotions for children with autism spectrum disorders // PsychNology Journal. 2013. № 11 (3). P. 191–211 [Электронный ресурс]. URL: https://www.researchgate.net/publication/288393928_LifeisGame_prototype_A_serious_game_about_emotions_for_children_with_autism_spectrum_disorders (дата обращения: 11.12.2018).

13. Gal E., Bauminger N., Goren-Bar D., Pianesi F., Stock O., Zancanaro M., Weiss P. L. Enhancing social communication of children with high-functioning autism through a co-located interface // AI & Society. 2009. № 24 (1). P. 75–84. DOI: 10.1007/s00146-009-0199-0.