



ТЕЛЕМЕДИЦИНА В ОФТАЛЬМОЛОГИИ. ЧАСТЬ 1. «ОБЩАЯ ТЕЛЕОФТАЛЬМОЛОГИЯ»

© Ю.С. Астахов, В.А. Тургель

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Первый Санкт-Петербургский государственный медицинский университет им. академика И.П. Павлова» Министерства здравоохранения Российской Федерации, Санкт-Петербург

Для цитирования: Астахов Ю.С., Тургель В.А. Телемедицина в офтальмологии. Часть 1. «Общая телеофтальмология» // Офтальмологические ведомости. — 2020. — Т. 13. — № 1. — С. 43–52. <https://doi.org/10.17816/OV19112>

Поступила: 21.01.2020

Одобрена: 04.03.2020

Принята: 23.03.2020

✧ Телемедицина (ТМ) — это один из наиболее быстро растущих сегментов здравоохранения и медицинского бизнеса в мире. В широком смысле под ТМ понимают использование самых современных технологий обработки и передачи данных в практике дистанционного оказания медицинской помощи. Телеофтальмология (ТО) — важная область ТМ, включающая ряд направлений, основным из которых является дистанционная диагностика, лечение и ведение пациентов с заболеваниями офтальмологического профиля, в частности, диабетической ретинопатии, глаукомой и возрастной макулярной дегенерацией. Развитие ТО обусловлено необходимостью оказания высокотехнологичной специализированной медицинской помощи населению удалённых регионов. На пути внедрения ТО во всем мире и в России стоит ряд препятствий: получение качественного изображения глазного дна, обучение специалистов для работы в ТМ-сфере, создание информационных стандартов анализа и передачи изображения, имплементация ТМ в правовое поле, налаживание стабильного финансирования, создание положительного отношения пациентов и врачей к ТО. В этой части приведён обзор современных тенденций развития ТО в мире и пути решения проблем, стоящих на её пути.

✧ **Ключевые слова:** телемедицина; телеофтальмология; информационная стандартизация; фундус-камеры.

TELEMEDICINE IN OPHTHALMOLOGY. PART 1. “COMMON TELEOPHTHALMOLOGY”

© Yu.S. Astakhov, V.A. Turgel

I.P. Pavlov First St. Petersburg State Medical University, Saint Petersburg, Russia

For citation: Astakhov YuS, Turgel VA. Telemedicine in ophthalmology. Part 1. “Common teleophthalmology”. *Ophthalmology Journal*. 2020;13(1):43-52. <https://doi.org/10.17816/OV19112>

Received: 21.01.2020

Revised: 04.03.2020

Accepted: 23.03.2020

✧ Telemedicine (TM) is one of the fastest growing segments of healthcare and medical business in the world. In a broad sense, TM means the use of the most modern data technologies in distant medical care practice. Teleophthalmology (TO) is an important area of TM, it includes several priorities, main of which being remote diagnosis, treatment and management of patients with ophthalmic diseases, in particular, diabetic retinopathy, glaucoma and age-related macular degeneration. The development of TO is conditioned by the need for high-tech specialized medical care for people in remote regions. On the path of introducing TO worldwide and in Russia, a huge number of obstacles exists: obtaining high-quality fundus images, training specialists to work in the TM area, creation of standards for image analysis and transmission, TM implementation into the legal field, ensuring of stable financing, creating positive patients and doctors attitude towards TO. In this part, we provide an overview of TO development trends, as well as ways to solve the problems standing in its way.

✧ **Keywords:** telemedicine; teleophthalmology; information standardization; fundus cameras.

ВВЕДЕНИЕ

Телемедицина (ТМ) — это один из наиболее быстро растущих сегментов здравоохранения и медицинского бизнеса в мире. Согласно исследованию Global Telehealth Market Outlook,

глобальный рынок ТМ вырастет на 25 % и достигнет 40 млрд долл. в течение 2018–2024 гг. [1].

Формальное определение ТМ важно с политической и с юридической точек зрения. Определение от Американской Телемедицинской

Ассоциации (American Telemedicine Association) гласит, что ТМ — это использование современных технологий для дистанционной диагностики и слежения за состоянием здоровья пациентов. Более обстоятельно ТМ описана Н.С. Ходжаевым [2], и по его словам, ТМ — это прикладная область медицинской науки, связанная с разработкой и применением на практике методов дистанционного оказания медицинской помощи, обмена специализированной информацией и решения организационно-методических вопросов с использованием современных телекоммуникационных технологий.

Объединяя вышеописанные определения, в наиболее широком смысле, под понятием ТМ подразумевается использование самых современных технологий обработки и передачи данных в практике дистанционного оказания медицинской помощи и организации коммуникации между врачами.

Офтальмология — это узкая специальность, требующая высокоспециализированного оборудования и знаний. Основные распространённые заболевания офтальмологического профиля требуют имидж-диагностики (от англ. «image»), поэтому офтальмологи заинтересованы в фоторегистрации и накоплении фотографической базы. В связи с этим телеофтальмология (ТО) — это важный и крупный раздел ТМ.

Неминуемость возникновения ТМ в целом и ТО в частности обусловлена невозможностью оказания высоко специализированной медицинской помощи повсеместно. Между пациентом и врачом зачастую стоят преграды разного вида: географические, социально-экономические, культурные и проч.

Самая важная из них — территориальная. Подготовка большого количества квалифицированных кадров и дороговизна диагностического оборудования ограничивают обеспечение медпомощью населения удалённых регионов. В офтальмологии существует огромное количество субспециальностей и направлений. Как правило, самые узкие специалисты работают в медицинских центрах крупных городов, и для получения помощи пациентам необходимо преодолевать сравнительно большие расстояния, что, очевидно, для многих является сдерживающим фактором. В странах с развивающейся экономикой возможность офтальмологической помощи ограничена даже в крупных городах, не говоря уже о небольших. Кроме того, во многих крупных странах (Россия, Китай, Индия) с обширными

сельскими регионами [3, 4] обеспечить медпомощью пациентов бывает географически проблематично.

Возможны некоторые способы решения этой проблемы: формирование выездных бригад специалистов и организация временных мобильных пунктов оказания технологической помощи в отдалённых регионах. Данное решение хорошо подходит для хирургических методов оказания медпомощи, но все же очень ограничено техническими регламентами. В основе современной ТО лежит принципиально новый вид взаимодействия между врачами и пациентами, основанный на современных электронно-коммуникационных системах (смартфоны, наголовные дисплеи), включая экстенсивно развивающийся интернет.

В Российской Федерации (РФ) с её значительными расстояниями рынок ТМ консультаций выглядит особенно необходимым [5]. Президент РФ неоднократно подчеркивает важность охвата населения сельских регионов высокоспециализированной медицинской помощью [6]. В настоящее время в РФ актуально ведение пациентов врачами разных «линий» или «звеньев», начиная от первичной врачебной помощи, заканчивая специализированной и квалифицированной медицинской помощью. Таким образом соблюдается преемственность, но значительно страдает эргономичность. Внедрение ТМ может обеспечить прямое взаимодействие врача-специалиста и пациента, минуя врачей промежуточных звеньев, повысив таким образом эффективность медицинской помощи. За последние 20 лет проведён ряд законодательных реформ, направленных на облегчение внедрения ТМ, о чём подробнее будет рассказано во второй части обзора.

Важно отметить, что распространение технологий и доступность электронных ресурсов, крайне неодинакова среди людей различных стран. Развитые и развивающиеся страны имеют несравненно более подготовленную базу для внедрения телемедицинских технологий в сравнении со странами с развивающейся экономикой [7]. Это отмечается и Всемирной организацией здравоохранения, которая в 1999 г. запустила глобальную инициативу VISION 2020. Она предусматривает обеспечение качественной квалифицированной помощью каждого человека, вне зависимости от места его проживания, но внедрение телемедицины в страны с переходной экономикой является задачей её более поздних фаз [8].

НАПРАВЛЕНИЯ ТЕЛЕОФТАЛЬМОЛОГИИ

Первоначально ТМ играла роль инструмента проведения многоцентровых клинических исследований, но к настоящему времени она развилась в полноценный клинический сервис [9]. Исходя из современного определения ТМ, в ТО выделяют ряд направлений [10, 11].

В первую очередь это диагностика и лечение заболеваний дистанционно (дистанционная ТО). ТО может быть средством диагностики и лечения практически любого заболевания глаз. При этом условием, необходимым для дистанционной диагностики, является наличие видимых изменений! ТО наиболее актуальна для таких заболеваний, как диабетическая ретинопатия (ДР), возрастная макулярная дегенерация (ВМД) и глаукома в виду своей широкой распространённости среди пациентов старшей маломобильной возрастной группы, а также ретинопатия недоношенных (РН). ДР, ВМД и РН объединяет наличие опасного осложнения — появления новообразованных сосудов. А неоваскуляризацию, как и предшествующие ей стадии, возможно отслеживать по качественным изображениям глазного дна пациентов. Для диагностики глаукомы, помимо изображения диска зрительного нерва, необходим ряд дополнительных обследований, проведению которых можно обучить и персонал без высшего медицинского образования [12]. Таким образом, специалист в конкретной области, будь то глаукоматолог или специалист по РН, должен иметь возможность получать качественные данные о состоянии пациентов, которые могут находиться в сколь угодно отдалённом медучреждении. Также важно налаживание обратной связи между врачами.

Большинство современных ТО-систем настроены на дистанционную однократную консультацию пациента, хотя существуют примеры внедрения систем долгосрочного ведения больного [13]. Консультации в основном проводятся отсроченно или ретроспективно, то есть специалист даёт ответ по предоставленным ему данным не сразу, а через несколько дней. Активно развивается и направление прямых онлайн-консультаций [14].

Второе направление ТО — обучение и образование офтальмологов и пациентов. Телекоммуникации должны позволить врачам в разных частях земного шара обмениваться опытом и совершенствоваться профессионально, именно с этого направления и началась ТМ. Это реализуется посредством создания интернет-порталов для врачей, медицинских форумов и сообществ в социальных сетях, проведения вебинаров с не-

посредственным онлайн-взаимодействием между специалистами. Политика гибкого цифрового распространения приложений в мобильном секторе даёт возможность разрабатывать и внедрять в практику специализированные приложения для смартфонов и планшетных компьютеров.

Дистанционное обучение и взаимодействие с пациентами выделяется иногда отдельной категорией — телездоровье (telehealth) [15]. Сюда относят использование современных технологий, чтобы помочь пациентам контролировать течение своей болезни путём улучшения их самообслуживания (например, контроль жизненно важных параметров (артериальное давление) и самостоятельная цифровая визуализация (фотографирование собственного глазного дна)) и доступа к образовательным ресурсам.

Отдельным направлением ТО можно выделить удалённые консилиумы. Сюда относят телемосты, видеоконференции, «живую» хирургию.

МЕСТО ТЕЛЕОФТАЛЬМОЛОГИЧЕСКИХ КОНСУЛЬТАЦИЙ В СТРУКТУРЕ ЗДРАВООХРАНЕНИЯ

Современная модель работы здравоохранения в сфере офтальмологической медицинской помощи обобщенно выглядит следующим образом. Оказание помощи таким больным осуществляется на разных уровнях (звеньях) медицинских учреждений в зависимости от наличия необходимого уровня подготовки специалиста и технического обеспечения.

Первым уровнем или звеном является тот врач, к которому пациент с любой офтальмологической проблемой придет в первую очередь. В зависимости от региона проживания пациента это может быть участковый терапевт в поликлинике, врач общей практики в центре семейной медицины, фельдшер в фельдшерско-акушерском пункте и так далее. На данном этапе офтальмологическая помощь может быть оказана только в самых лёгких случаях, а большинство таких пациентов будут направлены к врачу-офтальмологу.

Врачи-офтальмологи являются, условно, вторым звеном модели здравоохранения. Это может быть врач-офтальмолог той же поликлиники, что и врач первого звена, а может быть доктор из совершенно другого учреждения, сколь угодно далеко расположенном от пациента. В особо удалённых регионах получить консультацию офтальмолога крайне сложно из-за географических и других барьеров и уже на этом этапе внедрение телемедицины может значимо изменить подход к оказанию медпомощи. Фоторегистрация

состояния пациента врачом первичного звена легко может быть выполнена с помощью смартфона, передача фотографии офтальмологу также вполне осуществима в современных условиях. Дистанционная оценка офтальмологом состояния пациентов поможет определиться со сложными и спорными случаями, «отсекая» больных, которым нужен полноценный офтальмологический осмотр, от больных, помощь которым может оказать сам врач первичного звена. Таким образом, ТО позволяет наладить двухстороннюю связь между специалистами разных звеньев.

Врачи-офтальмологи второго звена не могут заниматься самостоятельно всеми глазными заболеваниями, и на текущем уровне развития телеофтальмологии выделяется огромное число субспециальностей, таких как глаукоматологи, ретинологи, офтальмохирурги разных областей, детские офтальмологи и так далее. Это специалисты третьего уровня, работающие, как правило, в специализированных офтальмологических центрах, как обособленных, так и в составе крупных многопрофильных клиник. К врачу третьего звена пациенты направляются врачом-офтальмологом, а таких субспециалистов количественно гораздо меньше. Внедрение ТО на данном этапе оказывается ещё полезнее, поскольку даёт возможность проводить фоторегистрацию более детально, а телеконсультации между врачами одной специальности более эффективными. Так, например, если у офтальмолога второго звена есть техническая возможность осуществления лазерной коагуляции, становится необязательным в спорных случаях отправлять пациента в лазерный центр, а, по указанию специалиста данной области,

осуществить лечение прямо на месте. Поскольку распространённость врачей-офтальмологов разных субспециальностей меньше, то принцип «сортировки» пациентов врачами второго звена оказывается эргономически эффективен.

На сегодняшний день актуально внедрение ТО на всех этапах оказания офтальмологической помощи, а особое внимание уделяется налаживанию связи между самыми узкими специалистами (специалисты по ДР, глаукоматологи) и первичными пациентами.

ПРЕПЯТСТВИЯ НА ПУТИ ВНЕДРЕНИЯ ТЕЛЕОФТАЛЬМОЛОГИИ

Основная идея телепомощи офтальмологическим больным заключается в следующем [16]. Врач первичного звена в удалённом регионе должен иметь возможность предоставить данные пациента далеко работающему офтальмологу, специалисту по конкретному заболеванию. Этот специалист, в свою очередь, анализирует пришедшие данные и даёт рекомендации врачу без личного контакта с ним (см. рисунок).

Преимущества внедрения в мировую офтальмологическую практику ТО-систем лежат на поверхности: экономическая эффективность, сокращение времени обследования пациента, доступность специалистов даже самых узких профилей.

Существуют определённые сложности [16], стоящие на пути внедрения ТМ-систем, начиная от получения качественных исходных данных (в первую очередь изображений), заканчивая правовой стороной вопроса защиты персональных данных. Кроме того, не все врачи и пациенты готовы работать в системах ТО.



Схематичное устройство работы телемедицинского центра
Layout of telemedicine center work

Получение качественного изображения

Важнейшим моментом в диагностике офтальмологических заболеваний является получение качественных, подходящих для анализа фотографий глазного дна. Для диагностики глаукомы сосредоточить усилия нужно на получении чёткого изображения диска зрительного нерва, а для ДР, ВМД и РН необходимо охватить глазное дно под как можно большим углом [17].

Самым простым вариантом получения изображения глазного дна являются адаптеры на щелевую лампу для присоединения фотоаппарата, адаптеры на смартфоны и планшетные компьютеры. Описано также получение изображения глазного дна с помощью оптического наголовного дисплея Google Glass [18]. Все эти способы дешёвы и просты в освоении и внедрении, смартфоны с камерой высокого разрешения в настоящее время широко доступны [19], чертежи адаптеров на щелевую лампу или офтальмоскопических систем «камера — линза» в свободном доступе в большом количестве. Однако рефракция микроскопа и крайняя разрозненность характеристик камер смартфонов в отношении микросъёмки не позволяют добиться высокой чёткости изображения, а следовательно анализ таких фотографий усложняется. Кроме того, получение изображения возможно только в условиях миопии. В современной концепции ТО такие мобильные способы получения изображений находят применение только в диагностике экстренных патологий [20]. Фото глазного дна мобильными устройствами всех пациентов с экстренными состояниями были признаны подходящими для удалённой оценки [21].

Более удобным вариантом являются ручные фундус-камеры, специализированные медицинские приборы со встроенными камерами высокого разрешения, позволяющие быстро получить фото глазного дна даже без предварительного миопии. Такие инструменты применяются длительное время в ветеринарной офтальмологической практике, а также являются вариантом выбора при работе с маленькими детьми.

На сегодняшний день золотым стандартом получения максимально детализированного изображения глазного дна являются настольные немидриатические фундус-камеры, включая традиционные — с охватом поля от 45° (iCam, OptoVue; CR-2 Plus, Canon; VISUCAM 200, Zeiss; EasyScan, i-Optics) и широкопольные — с охватом до 200° поля (Daytona, Optos; CLARUS500, Zeiss). Такие приборы дорого стоят и сложны в эксплуатации, но позволяют получать макси-

мально качественное и стабильное изображение за минимальное количество времени.

Несмотря на то что изображение получить можно на нерасширенном зрачке, фармакологический миопия значительно повышает качество фотографий [22, 23].

Получить изображение глазного дна в высоком разрешении с минимальным количеством артефактов — это лишь одна из сложностей внедрения ТО. Для налаживания работы ТМ-систем также необходимо получать максимально схожие друг с другом, то есть стандартизированные, изображения. В идеале, фундус-фото всех пациентов должны охватывать одинаковые по угловому размеру участки глазного дна, откалиброванные по одним и тем же ориентирам, иметь одинаковое разрешение и цветопередачу. Если выполняется стереофото, то угол смещения объектива также не должен быть произвольным.

Накопление стандартизированных фото в виде баз может оказаться крайне полезным с точки зрения обучения офтальмологов и создания автоматических алгоритмов первичного анализа изображений, которые можно внедрить в программное обеспечение фундус-камер. Традиционные алгоритмы обработки изображений уступают место современным программам, основанным на самообучении [24].

Машинное обучение (Deep Learning) — раздел искусственного интеллекта (Artificial Intelligence), основанный на разработке поиска самосовершенствующихся алгоритмов поиска повторяющихся паттернов в потоках поступающей информации [25]. Прикладным отражением такой программы в ТО является свёрточная нейронная сеть — специальная архитектура искусственных нейронных сетей, нацеленная на эффективное распознавание изображений.

Подготовка специалистов

Даже при наличии необходимого оборудования и принятии качественных стандартов роль оператора в процессе работы с фундус-камерой остаётся ключевым звеном. Специалист, делающий фото глазного дна, должен быть компетентным: уметь работать с камерой, обрабатывать фотографии, при необходимости редактировать их, а также обеспечивать передачу снимков.

Кто должен брать на себя обязанности оператора — вопрос дискуссионный, поскольку, с одной стороны, необходима тщательная и сложная подготовка кадров, а с другой — наличие профильного офтальмологического образования у оператора фундус-камеры необязательно.

С точки зрения специфики предстоящей работы, легче всего обучить самих офтальмологов или врачей общей практики, однако в отдалённых регионах врача-специалиста привлечь может быть крайне затруднительно. Мировая практика показывает, что для работы с пациентом в ТМ-центрах можно подготовить персонал со средним медицинским или средним техническим образованием [26, 27]. Помощники врача (medical assistant), медицинские техники (medical technician, medical technologist), оптометристы, а также медсестры могут работать с фундус-камерой, при необходимости выполнять дополнительные обследования пациентов, и, конечно, отправлять собранную информацию в центральный ТМ-центр. Это значительно снижает нагрузку на врачей первичного звена и позволяет наладить оказание специализированной помощи пациенту напрямую.

Теоретически, при налаженной работе крупного телемедицинского центра, на должность оператора можно обучать отдельного специалиста по ТМ [28].

Схожая дискуссия ведётся в отношении специалистов, которым предстоит анализировать данные удалённо. С одной стороны, можно расширить обязанности специалистов-офтальмологов, с другой — готовить отдельных специалистов для ТМ-консультаций.

В анонимном исследовании М.А. Woodward et al. [29] 82 % опрошенных офтальмологов выразили готовность участвовать в интерпретации и оценке фотографий глазного дна, однако 59 % из них оценили уверенность в качестве оценки состояния пациента по единственному фото и выдаче правильных рекомендаций как «низкую». При этом хорошим подспорьем как оператору, так и специалисту станут именно автоматизированные алгоритмы анализа фотографий, что может значительно упростить работу с пациентом.

Отношение пациентов и врачей к телеофтальмологии

В исследовании К.Ж. Mueller et al. [10] среди 252 врачей в больницах, где активно применяются телеконсультации офтальмолога, 95 % опрошенных врачей общего профиля согласились, что ТМ офтальмологические консультации улучшают качество медицинской помощи.

Если врачи, в целом, понимают потенциал ТО и применяют технологии в медицинской практике, то среди определённой когорты пациентов сохраняется консервативное отношение. Так, по опросу N.G. Valikodath et al. [30], среди пациен-

тов старшей возрастной группы большинство не пожелали отказываться от личного посещения врача, большую часть из них составили пациенты со множественными заболеваниями. Однако стоит отметить, что современная концепция ТО-консультаций не подразумевает полный отказ от личного взаимодействия врача и пациента, а играет вспомогательную роль для специалистов в постановке диагноза и определении лечебных мероприятий.

Тем не менее общий настрой пациентов к ТО положительный [16]. Это определяется благодаря многочисленным социологическим опросам, проводимым в телемедицинских центрах, касаемых качества оказанной пациентам дистанционной помощи и удовлетворённости пациентов ею.

Так, по опросу J.Y. Lee et al. [31], большая часть родителей новорожденных детей, изображения глазного дна которых подвергались фоторегистрации и дистанционному анализу, положительно оценили «фоторегистрацию глазного дна детей как способ зафиксировать состояние здоровья ребенка» (средняя оценка 4,4 из 5,0) и согласились с заявлением, что «современные технологии повышают качество медицинской помощи» (средняя оценка 4,3 из 5,0). Важно отметить, что в опросе участвовали родители в возрасте преимущественно до 40 лет.

При опросе самих пациентов в возрасте от 18 лет (опрошено было 348 человек), которым были оказаны комплексные ТМ-консультации, 99,8 % из них были полностью удовлетворены ею. А почти 75 % отметили такой способ обследования для себя приоритетным в сравнении с личным посещением медицинского центра [32].

Что касается больных глаукомой, то самый первый такой опрос, проведённый в 1999 г. А. Tuulonen et al. [33], показал, что, несмотря на одинаковую удовлетворённость обследованием у пациентов телеглаукомного и обычного глаукомного центра, 96 % пациентов предпочли дистанционные консультации личному посещению врача. Позднее, схожий опрос был проведён в телеглаукомном центре в Австрии среди 118 регулярно наблюдающихся там пациентов, как детей, так и взрослых; уровень удовлетворения ТМ-консультациями составил 98 % [34]. В британском «виртуальном глаукомном центре» опрашивали как пользователей ТО-консультаций, так и пациентов обычного глаукомного центра, удовлетворённость оказанной помощью оказалась сопоставима (4,5 из 5,0 в «виртуальной» клинике и 4,6 из 5,0 в обычной) [35].

Практически 88 % пациентов с ДР, наблюдающиеся в телемедицинском центре, где им проводят фоторегистрацию изменений глазного дна, полностью удовлетворены таким подходом к диагностике их заболевания, а более половины из них предпочитают дистанционный способ консультаций личному посещению врача [36].

Финансирование телеофтальмологических центров

Для стабильной работы ТМ-центров необходима разработка долгосрочных финансовых стратегий. В экономически развитых странах, таких как США, Австралия, Канада и Китай, финансирование осуществляется из государственного фонда и фондов страховых компаний [12]. Определение финансовой политики в развивающихся странах — вопрос более сложный и для отдельных стран даже ключевой [37]. Разработка стратегий финансирования — задача поздних этапов инициативы VISION 2020 [38], но в настоящий момент результаты её проведения ещё не опубликованы.

В России особо остро стоит вопрос о приобретении оборудования для ТО-центров. Поскольку отечественные производители не занимаются выпуском фундус-камер, на данном этапе выходом является закупка приборов у зарубежных компаний, что экономически нецелесообразно в долгосрочной перспективе. Закономерным решением проблемы является налаживание российского производства специализированного оборудования.

Проблемы с финансированием телемедицины в РФ решаются и альтернативным способом: внедрение ТМ в рамках проектов крупного бизнеса. Пилотный проект «Модуль здоровья» был запущен в 2017 г. онлайн-сервисом DocDoc.ru и сетью медицинских центров «Медскан» при финансировании Сбербанк. Он представляет собой кабину с установленным в ней оборудованием, включая немидриатическую фундус-камеру, и системой видеосвязи с врачами ТМ-центра, в которой пациенту можно провести комплексное обследование кожи, ушей и глаз [39].

Единый информационный стандарт

Преодоление сложностей, связанных с коммуникационной организацией ТО-помощи, достигается разработкой и внедрением информационных стандартов. Таким информационным стандартом во всем мире и во всех областях ТМ является 7-уровневая модель OSI (Open Systems Intercon-

nection — модель взаимодействия открытых систем), регламентирующая весь путь распространения информации, начиная от её типированного получения и заканчивая разработкой пользовательских интерфейсов разных уровней [40]. Стандартизации также подвергается хранение информации, её передача, обработка и анализ.

В сетевой модели OSI выделяют семь уровней. Первый, физический уровень (Physical Data), определяет метод передачи данных в двоичном коде на диагностическом приборе (фундус-камере, периметре, оптической когерентной томографии и т. д.). Примерами стандартов этого уровня являются USB и оптоволоконные кабели.

Второй, канальный уровень (Data Link), определяет передачу данных между компьютерами одной сети в пределах одного сетевого сегмента, то есть объединёнными физически. Здесь задаются стандарты маршрутизации внутри локальной сети, такие как DSL, Ethernet, PPP.

На этих двух уровнях задаются стандарты для исходного потока данных, а также сетевые протоколы передачи данных в пределах локальной сети. Примером такого стандарта в ТМ является DICOM (Digital Imaging and Communications in Medicine), выделяющий для ТО собственную модальность ОР (Ophthalmological Photos) [41]. Самый актуальный на сегодня стандарт DICOM 3.0 на примере модальности ОР определяет атрибуты и демографические данные пациента, модель и фирму немидриатической фундус-камеры, атрибуты медицинского учреждения и оператора, условия проведения исследования, параметры изображения (серии изображений глазного дна), обязательно сами изображения в стандартизированном виде, сформированный зашифрованный DICOM-протокол маршрутизации по локальной сети. В применении к офтальмологическим фотографиям был определён минимальный размер изображения, подходящего для дистанционной оценки [42].

На трёх более высоких уровнях осуществляются функции межсетевой маршрутизации и глобальной адресации. Третий уровень, сетевой (Network), задает стандарты беспроводной связи (IPv4, IPv6). Четвертый уровень, транспортный (Transport), определяет недолговременную обратную связь между узлами одной сети. Пятый уровень, сеансовый (Session), позволяет поддерживать приложениям сети взаимодействие между собой длительное время.

Шестой, представительский уровень (Presentation), особенно важен в ТМ, поскольку опреде-

ляет кодирование и декодирование передаваемых данных. Именно на этом уровне внедряются протоколы шифрования.

Самый высокий уровень — седьмой, пользовательский или прикладной (Application). На этом уровне обеспечивается взаимодействие пользователя и сети. Стандартизации подвергается интерфейс для работы с электронной медицинской информацией. Требуется, чтобы он был единым для всех специалистов, понятным и доступным, структурированным, но в то же время безопасным и защищённым.

На сегодняшний день примером такого интерфейса служит Health Level 7 (HL7). HL7 — это стандарт обмена, управления и интеграции медицинской информации. Он представляет собой набор словарей и шаблонов медицинских данных для возможности ведения электронной истории болезни [43, 44]. HL7 совместим со многими другими прикладными информационными стандартами [45], включая некоторые российского производства (например, Медиалог [46], qMS [43] и КМИС [47]). Еще одним вариантом программного обеспечения является Secure Diagnostic Imaging, введенный в телецентрах Канады по инициативе университета Альберты [48, 49].

ВЫВОДЫ

Телеофтальмология при должном своём развитии и внедрении станет важной частью здравоохранения, позволяя предоставлять специализированную медицинскую помощь жителям удалённых регионов. Её основой станет создание прочных коммуникаций между специалистами разных уровней, а также между врачами и самими пациентами.

Всеобщему распространению ТО-консультаций во всем мире, в частности в России, препятствует ряд сложностей, касающихся стандартизации подхода к дистанционным консультациям.

Подытоживая вышесказанное, основными направлениями подготовки внедрения ТО в России, должны быть:

- 1) подготовка квалифицированных кадров. Налаживание обучения специалистов со специальным средним образованием для работы с оборудованием ТО-центров или обучение оптометристов;
- 2) развитие отечественного приборостроения, разработка фондус-камер, портативных периметров и прочего оборудования, необходимого для работы ТО-центра;
- 3) продолжение правовой имплементации ТМ-доктрин в законодательное поле РФ;

- 4) заимствование и разработка информационных стандартов передачи медицинских данных между разным ТМ-центрами.

В мире существует большое количество примеров налаженной работы ТМ-центров по разным направлениям, детальному описанию которых будет посвящена вторая часть исследования.

ЛИТЕРАТУРА

1. The world's largest market research store. Research and Markets. All Rights Reserved; 2019. Available from: ResearchAndMarkets.com.
2. Ходжаев Н.С. Основы построения телемедицины в офтальмологии // Российская офтальмология онлайн. — 2015. — № 23. [Khodzhaev NS. Osnovy postroeniya telemeditsiny v oftal'mologii. *Rossiiskaia oftal'mologiya onlain*. 2015;(23). (In Russ.)]
3. Kumar KR, Yogesan K, Constable IJ. Tele-ophthalmology in India. Is it here to stay? *Indian J Ophthalmol*. 2003;51(4):295-296.
4. Pérez GM, Swart W, Munyenembe JK, Saranchuk P. Barriers to pilot mobile teleophthalmology in a rural hospital in Southern Malawi. *Pan Afr Med J*. 2014;19:136. <https://doi.org/10.11604/pamj.2014.19.136.5196>.
5. Пивень Д.В. Модель организационных мероприятий по внедрению телемедицины в деятельность практического здравоохранения региона // Сибирский медицинский журнал (Иркутск). — 2003. — Т. 38. — № 3. — С. 84–87. [Piven' DV. Model of organization measures on an intrusion of telemedicine, in the practical public health services in the region. *Sibirskii meditsinskii zhurnal (Irkutsk)*. 2003;38(3):84-87. (In Russ.)]
6. Сельков А.И., Столяр В.Л., Атьков О.Ю., Селькова Е.А. Российская ассоциация телемедицины — пятнадцать лет активного развития инновационных телемедицинских технологий в России [интернет]. *Иноватика: инновационные выставочные мероприятия*, 2020. [Sel'kov AI, Stolyar VL, At'kov OYu, Sel'kova EA. Rossiyskaya assotsiatsiya telemeditsiny - pyatnadsat' let aktivnogo razvitiya innovatsionnykh telemeditsinskikh tekhnologiy v Rossii [Internet]. *Innovatika: innovatsionnyye vystavochnyye meropriyatiya*; 2020. (In Russ.)]. Доступно по: <http://salonexpo.ru/dict/view.php?ID=19>. Ссылка активна на 21.01.2020.
7. Varma R, Lee PP, Goldberg I, Kotak S. An assessment of the health and economic burdens of glaucoma. *Am J Ophthalmol*. 2011;152(4):515-522. <https://doi.org/10.1016/j.ajo.2011.06.004>.
8. Cook C, Murdoch I, Kennedy C, et al. Teleophthalmology and vision 2020 in South Africa. *S Afr Med J*. 2004;94(9):750-751.
9. Sood S, Mbarika V, Jugoo S, et al. What is telemedicine? A collection of 104 peer-reviewed perspectives and theoretical underpinnings. *Telemed J E Health*. 2007;13(5):573-590. <https://doi.org/10.1089/tmj.2006.0073>.
10. Mueller KJ, Potter AJ, MacKinney AC, Ward MM. Lessons from tele-emergency: improving care quality and health outcomes by expanding support for rural care systems. *Health Aff (Millwood)*. 2014;33(2):228-234. <https://doi.org/10.1377/hlthaff.2013.1016>.
11. Coviello J, Esposito LS, Moleski A. Telemedicine: aligning technology with high quality patient care. *J Am Telemed*. 2016;1:40-42.

12. Sreelatha OK, Ramesh SV. Teleophthalmology: improving patient outcomes? *Clin Ophthalmol*. 2016;10:285-295. <https://doi.org/10.2147/OPHT.S80487>.
13. Hautala N, Hyytinen P, Saarela V, et al. A mobile eye unit for screening of diabetic retinopathy and follow-up of glaucoma in remote locations in northern Finland. *Acta Ophthalmol*. 2009;87(8):912-913. <https://doi.org/10.1111/j.1755-3768.2009.01570.x>.
14. Wu Y, Wei Z, Yao H, et al. TeleOph: a secure real-time teleophthalmology system. *IEEE Trans Inf Technol in Biomed*. 2010;14(5):1259-1266. <https://doi.org/10.1109/TITB.2010.2058124>.
15. Kvedar J, Coye MJ, Everett W. Connected health: a review of technologies and strategies to improve patient care with telemedicine and telehealth. *Health Aff (Millwood)*. 2014;33(2):194-199. <https://doi.org/10.1377/hlthaff.2013.0992>.
16. Shaw J. Teleophthalmology: ready for prime time? *EyeNet Magazine*. 2016. Available from: <https://www.aao.org/eyenet/article/teleophthalmology-ready-prime-time>.
17. Panwar N, Huang P, Lee J, Keane PA, et al. Fundus photography in the 21st century — a review of recent technological advances and their implications for worldwide healthcare. *Telemed J E Health*. 2016;22(3):198-208. <https://doi.org/10.1089/tmj.2015.0068>.
18. Wang A, Christoff A, Guyton D, et al. Google glass indirect ophthalmoscopy. *J Mobile Technol Med*. 2015;4(1):15-19. <https://doi.org/10.7309/jmtm.4.1.4>.
19. Mohammadpour M, Heidari Z, Mirghorbani M, Hashemi H. Smartphones, tele-ophthalmology, and VISION2020. *Int J Ophthalmol*. 2017;10(12):1909-1918. <https://doi.org/10.18240/ijo.2017.12.19>.
20. Kumar S, Yogesan K, Hudson B, et al. Emergency eye care in rural Australia: role of internet. *Eye (Lond)*. 2006;20(12):1342-1344. <https://doi.org/10.1038/sj.eye.6702104>.
21. Legarreta JE, Conner IP, Loewen NA, et al. The utility of iphone-based imaging for tele-ophthalmology in a triage capacity for emergency room consultations. *Investig Ophthalmol Visual Sci*. 2014;55(13):4876.
22. Klein R, Klein BE, Neider MW, et al. Diabetic retinopathy as detected using ophthalmoscopy, a nonmydriatic camera and a standard fundus camera. *Ophthalmology*. 1985;92(4):485-491. [https://doi.org/10.1016/s0161-6420\(85\)34003-4](https://doi.org/10.1016/s0161-6420(85)34003-4).
23. Oakley N, Hill DW, Joplin GF, et al. Diabetic retinopathy. The assessment of severity and progress by comparison with a set of standard fundus photographs. *Diabetologia*. 1967;3(4):402-405. <https://doi.org/10.1007/bf02342633>.
24. Chee RI, Darwish D, Fernandez-Vega A, et al. Retinal Telemedicine. *Curr Ophthalmol Rep*. 2018;6(1):36-45. <https://doi.org/10.1007/s40135-018-0161-8>.
25. Gulshan V, Peng L, Coram M, et al. Development and validation of a deep learning algorithm for detection of diabetic retinopathy in retinal fundus photographs. *JAMA*. 2016;316(22):2402-2410. <https://doi.org/10.1001/jama.2016.17216>.
26. Murthy KR, Murthy PR, Shah DA, et al. Comparison of profile of retinopathy of prematurity in semiurban/rural and urban NICUs in Karnataka, India. *Br J Ophthalmol*. 2013;97(6):687-689. <https://doi.org/10.1136/bjophthalmol-2012-302801>.
27. Rubio MM, Moya MM, Bellot-Bernabé A, Martínez J.B. [Diabetic retinopathy screening and teleophthalmology. (In Spanish)]. *Arch Soc Esp Oftalmol*. 2012;87(12):392-395. <https://doi.org/10.1016/j.oftal.2012.04.004>.
28. Fierson WM, Capone A. Telemedicine for evaluation of retinopathy of prematurity. *Pediatrics*. 2015;135(1):238-254. <https://doi.org/10.1542/peds.2014-0978>.
29. Woodward MA, Ple-Plakon P, Blachley T, et al. Eye care providers' attitudes towards tele-ophthalmology. *Telemed J E Health*. 2015;21(4):271-273. <https://doi.org/10.1089/tmj.2014.0115>.
30. Valikodath NG, Leveque TK, Wang SY, et al. Patient attitudes toward telemedicine for diabetic retinopathy. *Telemed J E Health*. 2017;23(3):205-212. <https://doi.org/10.1089/tmj.2016.0108>.
31. Lee JY, Du YE, Coki O, et al. Parental perceptions toward digital imaging and telemedicine for retinopathy of prematurity management. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol*. 2010;248(1):141-147. <https://doi.org/10.1007/s00417-009-1191-6>.
32. Paul PG, Raman R, Rani PK, et al. Patient satisfaction levels during teleophthalmology consultation in rural South India. *Telemed J E Health*. 2006;12(5):571-578. <https://doi.org/10.1089/tmj.2006.12.571>.
33. Tuulonen A, Ohinmaa T, Alanko HI, et al. The application of tele-ophthalmology in examining patients with glaucoma: a pilot study. *J Glaucoma*. 1999;8(6):367-373.
34. Kumar S, Tay-Kearney ML, Constable IJ, Yogesan K. Internet based ophthalmology service: impact assessment. *Br J Ophthalmol*. 2005;89(10):1382-1383. <https://doi.org/10.1136/bjo.2005.072579>.
35. Court JH, Austin MW. Virtual glaucoma clinics: patient acceptance and quality of patient education compared to standard clinics. *Clin Ophthalmol*. 2015;9:745-749. <https://doi.org/10.2147/OPHT.S75000>.
36. Kurji K, Kiage D, Rudnisky CJ, Damji KF. Improving diabetic retinopathy screening in Africa: patient satisfaction with teleophthalmology versus ophthalmologist-based screening. *Middle East Afr J Ophthalmol*. 2013;20(1):56-60. <https://doi.org/10.4103/0974-9233.106388>.
37. Kumar S, Constable IJ, Yogesan K. Reimbursement for internet based eye care. *Br J Ophthalmol*. 2005;89(10):1234-1235. <https://doi.org/10.1136/bjo.2005.077693>.
38. Kumar S, Yogesan K. Internet-based eye care: VISION2020. *Lancet*. 2005;366(9493):1244-1245. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(05\)67505-8](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(05)67505-8).
39. ТАСС [электронный ресурс]. Сбербанк запустил пилотный проект в области телемедицины для своих сотрудников [доступ от 12 дек. 2017]. [TASS (elektronnyy resurs). Sberbank zapustil pilotnyy proyekt v oblasti telemeditsiny dlya svoikh sotrudnikov. (In Russ.)]. Доступно по: <https://tass.ru/ekonomika/4804240>. Ссылка активна на 21.01.2020.
40. Huff SM. Clinical data exchange standards and vocabularies for messages. *Proc AMIA Symp*. 1998;1:62-67.
41. Bidgood WD, Horii SC, Prior FW, van Syckle DE. Understanding and using DICOM, the data interchange standard for biomedical

- imaging. *J Am Med Inform Assoc.* 1997;3(4):199-212. <https://doi.org/10.1136/jamia.1997.0040199>.
42. Gadkari SS. Diabetic retinopathy screening: telemedicine, the way to go! *Indian J Ophthalmol.* 2018;66(2):187-188. https://doi.org/10.4103/ijo.IJO_1155_17.
 43. Кузнецова Е.И., Бахтин М.Ю. Инновационные решения в медицинской информационной системе qMS // Врач и информационные технологии. – 2007. – № 4. – С. 66. [Kuznetsova EI, Bakhtin Mlu. Innovatsionnye resheniia v meditsinskoj informatsionnoi sisteme qMS. *Vrach i informatsionnye tekhnologii.* 2007;(4):66. (In Russ.)]
 44. Noumeir R. Active learning of the hl7 medical standard. *J Digit Imaging.* 2019;32(3):354-61. <https://doi.org/10.1007/s10278-018-0134-3>.
 45. Гогина О.А. Основные стандарты и модели интеграции медицинских информационных систем // Молодой ученый. – 2017. – № 18. – С. 8–10. [Gogina OA. Osnovnyye standarty i modeli integratsii meditsinskikh informatsionnykh system. *Moloday uchenyy.* 2017;(18):8-10. (In Russ.)]
 46. PMT [электронный ресурс]. Продуктовая линейка. [PMT (elektronnyy resurs). Produktovaya lineyka. (In Russ.)]. Доступно по: <https://www.medialog.ru/products/>. Ссылка активна на 21.01.2020.
 47. КМИС [электронный ресурс]. Краткое описание функциональных возможностей КМИС [доступ от 28.08.2018]. [KMIS (elektronnyy resurs). Kratkoye opisaniye funktsional'nykh vozmozhnostey KMIS. (In Russ.)]. Доступно по: <https://www.kmis.ru/static/images/resheniya/kmis/vozmognosti-kmis.pdf>. Ссылка активна на 21.01.2020.
 48. ManCho Ng, Nathoo N, Rudnisky CJ, Tennant MT. Improving access to eye care: teleophthalmology in alberta. *J Diabetes Sci Technol.* 2009;3(2):289-296. <https://doi.org/10.1177/193229680900300209>.
 49. Kassam F, Sogbesan E, Boucher S, et al. Collaborative care and teleglaucoma: a novel approach to delivering glaucoma services in Northern Alberta, Canada. *Clin Exp Optom.* 2013;96(6):577-580. <https://doi.org/10.1111/cxo.12065>.

Сведения об авторах

Юрий Сергеевич Астахов — д-р мед. наук, профессор, заведующий клиникой офтальмологии, кафедра офтальмологии. ПСПбГМУ им. акад. И.П. Павлова Минздрава России, Санкт-Петербург. E-mail: astakhov@spmu.rssi.ru.

Вадим Алексеевич Тургель — ординатор, кафедра офтальмологии. ПСПбГМУ им. акад. И.П. Павлова Минздрава России, Санкт-Петербург. E-mail: zanoza194@gmail.com.

Information about the authors

Yuri S. Astakhov — MD, Doctor of Medical Science, Professor, Head of the Ophthalmology clinic, Department of Ophthalmology. I.P. Pavlov First St Petersburg State Medical University of the Ministry of Healthcare of Russia, Saint Petersburg, Russia. E-mail: astakhov@spmu.rssi.ru.

Vadim A. Turgel — Resident, Department of Ophthalmology. I.P. Pavlov First St Petersburg State Medical University of the Ministry of Healthcare of Russia, Saint Petersburg, Russia. E-mail: zanoza194@gmail.com.