

Билялов И.Н., Гимадеев Ш.М.

Авторы выражают благодарность к.м.н. С.В.Радченко за плодотворные научные консультации.

Введение

Сармановский район республики Татарстан (РТ) является отдалённым сельским районом, испытывающим потребность в высококвалифицированных врачебных кадрах. Географическая удалённость от г.Казани, в котором сосредоточены все ведущие медицинские специалисты РТ, обуславливает целесообразность использования средств, позволяющих обмениваться клинически значимой информацией о пациентах на расстоянии. Совокупность таких средств, основанная, как правило, на применении вычислительной техники, обычно обозначается термином "телемедицина" [5]. С точки зрения цифровых информационных технологий, телемедицина является частным случаем явления, за которым ранее закрепился термин "e-business".

Хотя в ряде случаев для термина "e-business" используется такой вариант перевода на русский язык, как "электронный бизнес", следует признать, что на сегодняшний день соответствующий термин адекватного русского значения не приобрёл. Понятие электронного бизнеса в нашей стране чаще всего ассоциируется с коммерческой деятельностью, что значительно обедняет смысловую нагрузку исходного англоязычного термина. Адекватное толкование понятия "e-business" относится практически к любой технологии или методу осуществления деловой активности с помощью электронных средств [3]. Тремя основными схемами деловой активности оказываются "B2B" (business-to-business), т.е. все виды взаимодействия учреждений и организаций между собой; "B2C" (business-to-customer), т.е. взаимодействия между юридическими и физическими лицами, и "B2G" (business-to-government), взаимодействия между организациями и вышестоящими органами [4]. В терминах телемедицины схема B2B подразумевает электронный обмен информацией между лечебно-профилактическими учреждениями и B2C - между пациентами и специалистами в лечебно-профилактических учреждениях. Схема B2G - взаимодействие между медицинскими учреждениями, и например, вышестоящими учреждениями министерства здравоохранения не предполагает обмена клинической информацией и непосредственно в телемедицине не применяется.

По нашему убеждению, действительно эффективной схемой в телемедицине может быть только схема B2B. Особенно это относится к ситуации с медицинским обслуживанием, сложившейся в отдалённых сельских районах, где население располагает весьма скудными телекоммуникационными возможностями. Как правило, там, где граждане хорошо обеспечены средствами цифровой связи, имеется и возможность непосредственного взаимодействия с высококвалифицированными клиническими специалистами, что сужает сферу применения схемы B2C в принципе.

Проектирование и реализация

Сармановский узел телемедицины был создан в конце 2000 г. на базе центральной районной больницы (ЦРБ). Его функционирование стало возможным благодаря формированию Единой Республиканской сети передачи данных (ЕРСПД) [2]. Целью создания узла явилось обеспечение плановых телеконсультаций со стороны ведущих специалистов г.Казани по следующим направлениям:

- пульмонология
- кардиология и аритмология
- токсикология

Выбор перечисленных направлений был обусловлен неформальными соглашениями с соответствующими специалистами РКПТД, РКБ и токсикологического центра г.Казани, располагающими теми или иными каналами доступа в сеть Интернет.

До развёртывания в 2000г. собственного узла участие Сармановской ЦРБ в телемедицинских программах сводилось к роли источника отчётно-статистических данных в соответствии с проектом Минздрава РТ мониторинга беременных на территории Республики Татарстан [1] под эгидой Республиканского центра "Медсоцэконом" (РЦМСЭ). Взаимодействие ЦРБ с другими организациями в данном проекте осуществляется снизу вверх по схеме "B2G", и таким образом, не имеет прямого отношения к основной задаче телемедицины - улучшению качества диагностики и лечения за счёт приближения знаний высококвалифицированных медицинских специалистов к пространственно отдалённым пациентам.

На сегодняшний день Сармановская ЦРБ располагает доступом в Интернет по коммутируемому каналу. Ввиду крайне низкого качества доступного канала связи (дозвон с 10-15 раз, обрывы каждые 5-8 минут) телеконсультации могут быть только плановыми и проводиться только в режиме off-line. При этом неустойчивость канала определяет желательность минимизации объёмов передаваемой за один сеанс связи информации. Качество dial-up соединения с Интернет на сегодняшний день не позволяет использовать возможности подключения к Республиканскому Центру телемедицины на базе Межрегионального клинико-диагностического центра (г.Казань). Определённые надежды на улучшение ситуации связываются с проводимыми в настоящее время работами по модернизации оборудования Сармановской АТС.

Важной стороной любой телемедицинской системы мы считаем потенциальную возможность к представлению любой клинически значимой информации в электронном виде. Очевидно, что источниками такой информации могут быть:

- сторонние медицинские учреждения;
- медицинский персонал данного учреждения;
- лабораторное и диагностическое оборудование, которым располагает учреждение.

В идеале каждый из трёх перечисленных источников должен обеспечивать на выходе цифровое представление данных. Для сторонних медицинских учреждений это, в свою очередь, подразумевает единообразное представление данных в цифровом виде для всех взаимодействующих учреждений, что является самостоятельной значительной проблемой. На решение этой проблемы направлены усилия разработчиков международных стандартов по представлению медицинской информации HL7 и SNOMED. Стандарт HL7 (Health Level 7) призван установить правила для обмена текстовой клинической информации [6]; номенклатура SNOMED предусматривает стандартные формулировки для медицинских терминов [7].

Электронное представление информации, источником которой является медицинский персонал внутри учреждения, предполагает наличие автоматизированных рабочих мест (АРМов) для каждого сотрудника, интегрированных в единое информационное пространство. На сегодняшний день это недостижимо в условиях Сармановской ЦРБ.

В отношении диагностического оборудования, служащего источником диагностических изображений, рекомендован стандарт DICOM. Он определяет способы обмена данными лучевой диагностики в цифровом виде. Применимость стандарта DICOM во многом определяется возможностями оборудования для лучевой диагностики, которое, во-первых, должно быть цифровым, а во-вторых, поддерживать этот стандарт на аппаратном уровне. Для оборудования, не являющегося оборудованием лучевой диагностики, какие-либо единые стандарты неизвестны.

С точки зрения задачи, стоявшей перед организаторами телемедицинского узла в Сармановской ЦРБ, приемлемым способом получения диагностических изображений в электронном виде может служить сканирование твёрдых копий. Единственным

специальным требованием является возможность сканирования негативов высокой плотности, т.е. в нашем случае, рентгенограмм. Задача передачи диагностических изображений, в частности, рентгенограмм, спирограмм и электрокардиограмм по цифровым каналам, была решена после приобретения высокоскоростного сканера Astra Umax2400 с крышкой для сканирования прозрачных материалов.

Основная проблема, с которой столкнулись сотрудники ЦРБ, заключается в значительном размере файлов, получаемых после сканирования рентгенограмм. Размер файла, содержащего растровый графический образ обзорной рентгенограммы органов грудной клетки, может достигать 10-25 Мб, что очевидно не соответствует объёму электронных почтовых ящиков у большинства провайдеров с одной стороны, а с другой стороны, требует длительного устойчивого соединения при передаче письма с таким вложением.

Компрессия файла, содержащего образ рентгенограммы, любым из универсальных архиваторов (arj, zip, rar, и т.д.) приводит к уменьшению первоначального размера файла примерно в 2 раза, что недостаточно для его уверенной передачи. Наиболее реальным выходом из этой ситуации является использование специализированных упаковщиков графической информации в формат JPEG, один из которых, в частности, входит в состав известного пакета Photoshop. Сармановская ЦРБ располагает лицензионной копией пакета Photoshop версии 5.5, приобретённой вместе со сканером AstraUmax 2400.

Упаковка файла, содержащего образ рентгенограммы, в формат JPEG, приводит к уменьшению первоначального объёма в 40-60 раз. Так, файл с образом рентгенограммы, имеющий исходный размер порядка 20 Мб, удаётся ужать до размера в 350 Кб, что вполне приемлемо для передачи в электронном письме даже при использовании плохого канала связи. Недостатком сжатия изображений в формат JPEG очевидно следует считать некоторое искажение при компрессии. Чем выше степень компрессии, тем больше становится вероятность искажений. Однако большинство известных авторам программ для сохранения изображений в формате JPEG допускают пользовательские настройки соотношения размер/качество. При подготовке электронного письма к отправке консультанту отправителю приходится полагаться на визуальную оценку идентичности изображения оригиналу, и при необходимости, уменьшать степень сжатия. Крайним выходом в ситуации, не допускающей каких-либо искажений исходного диагностического изображения, оказывается разделение файла на ряд частей размером до 1.5 Мб каждая, с последующей отправкой каждой части по отдельности, что налагает определённые неудобства на принимающую сторону, т.е. на консультанта. Тем не менее, мы полагаем, что искажения, допускаемые в формате JPEG, в большинстве случаев не имеют существенного значения. Возможным подтверждением

нашего мнения служит факт, что формат JPEG принят за основу при обмене диагностической информацией по стандарту DICOM.

Перевод клинической информации, представимой в текстовой форме, в электронный вид осуществляется вручную при составлении электронного письма консультанту. В действительности такой способ представляет собой пример нарушения одного из главных принципов построения информационных систем, который состоит в том, что ввод любых данных в систему должен производиться только один раз, после чего они становятся доступными для всех заинтересованных в них специалистов. В нашем случае единственным способом перевода информации, циркулирующей при проведении телеконсультаций по каналам Интернет, в доступный вид, является распечатка исходящих писем консультанту и ответов на них с последующей подшивкой к бумажной истории болезни.

Наилучшей физической основой для создания единого информационного пространства в масштабах предприятия следует признать локальную вычислительную сеть (ЛВС). Недостаток финансирования не позволяет создать в Сармановской ЦРБ полнофункциональную ЛВС в ближайшем будущем. Тем не менее, исходя из нужд телемедицинского узла, задача подключения рабочего места клинициста к компьютеру, оснащённому модемом для выхода в пространство Интернет, требовала немедленного решения. Исторически модемом было оснащено рабочее место сотрудника отдела статистики, что было обусловлено участием в программе РЦМСЭ по мониторингу беременных. Клиническая информация, представляющая потенциальный интерес для консультантов, имеет своим источником клинические отделения и диагностическое оборудование, установленное в них. Физический доступ сотрудников клинических отделений в отдел статистики ограничен временем с 9 до 17 часов, исключая субботу и воскресенье. Поэтому с целью обеспечения возможности круглосуточной передачи запросов консультантам, в т.ч. в выходные и праздничные дни, было принято решение о создании за счёт личных средств сотрудников дуплексной (т.е. соединяющей только два компьютера) сети по минимальной цене.

В середине мая 2001 г. компьютер телефонизированного отдела статистики, оснащённый модемом USRobotics Courier56K, был соединён с компьютером кабинета функциональной диагностики (ФД), оснащённым сканером UmaxAstra2400 и цифровым прибором для оценки функции внешнего дыхания АД-02. Кабинет ФД также располагает электрокардиографом с выводом ЭКГ на бумажный носитель ([рис.1](#)). Поскольку кабинет ФД расположен физически наиболее близко также к рентгенологическому кабинету, всем клиническим отделениям (за исключением родильного, расположенного в отдельном здании), и кабинету главного врача, он оказался наиболее удобной точкой для соединения с отделом статистики. В качестве

сетевых адаптеров были установлены адаптеры ARCnet, приобретённые на Чеховском рынке г.Казани за 150 руб. каждый, в качестве среды передачи - обычный телефонный провод, протянутый на расстояние порядка 200 м. Низкая скорость передачи по каналу ARCnet, не превышающая на практике при использовании телефонной пары 80 Кб/сек, явно недостаточна для построения сети масштаба предприятия, однако вполне приемлема для решения конкретной задачи дистанционного управления модем-сервером с периодичностью до 1-2 раз в день.

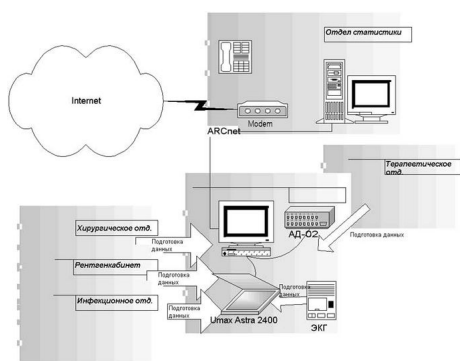


Рис.1.

Результаты

Всего в период с 18 мая по 19 августа 2001 г. через Сармановский узел телемедицины было проведено 4 пробных и 16 рабочих телеконсультаций, в числе последних 6 по пульмонологии, 4 по токсикологии, 5 по кардиологии и аритмологии, и 1 консилиум с участием всех специалистов по вышеназванным специальностям. В 14 случаях от консультантов была получена ценная дополнительная информация. В 1 случае по результатам телеконсультации осуществлена госпитализация в РКБ Минздрава РТ, и ещё в одном правильный диагноз, вопреки мнению консультантов, был поставлен на уровне Сармановской ЦРБ. В 2 случаях исходом заболеваний, по поводу которых проводились телеконсультации, стал смертельный исход. Ниже приводятся клинические примеры по наиболее ярким случаям в Сармановской ЦРБ, ставшим предметом разбора удалёнными специалистами.

Пациент М., 1931 г.р., госпитализирован в Сармановскую ЦРБ 14.05.01 с жалобами на слабость, утомляемость, отсутствие аппетита, потливость, повышение температуры до 38.5 градусов. При аускультации лёгких выслушаны умеренные влажные хрипы в нижних и средних долях с обеих сторон. Рентгенографическая картина в день поступления приводится на [рис.2](#). Ввиду отсутствия положительной динамики на фоне лечения пенициллином внутримышечно в течение последующих трёх суток было принято решение о проведении телеконсультации с главным пульмонологом МЗ РТ. Рентгенограмма, приведённая на [рис.2](#), вместе с данными анамнеза и имеющимися

объективными данными была отправлена консультанту по электронной почте. В течение 6 последующих часов от консультанта был получен ответ, содержащий предположительный диагноз и рекомендации по коррекции антибактериальной терапии. Лечение по схеме, предложенной консультантом, привело 19.05.01 к улучшению самочувствия и аускультативной картины пациента вплоть до 30.05.01.

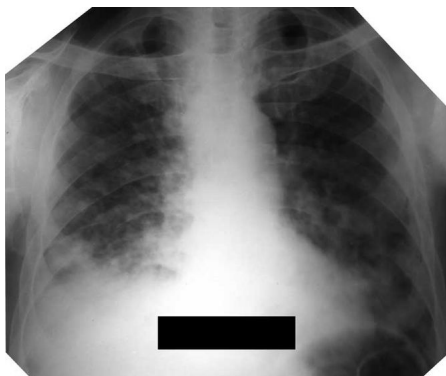


Рис.2.

Новое ухудшение состояния пациента и отсутствие положительной динамики в рентгенологической картине ([рис.3](#)) обусловили проведение ещё одной телеконсультации, результатом которой явилась рекомендация по назначению дополнительных методов исследования, проведение которых предполагает перевод пациента в РКБ МЗ РТ.



Рис.3.

11.06.01 пациент был госпитализирован в РКБ МЗ РТ, где 20.06.01 было проведено дополнительное рентгенографическое исследование органов грудной клетки, выявившее уменьшение объёма правого лёгкого и затемнение синуса справа. Данные

общего анализа крови в день поступления: Tr 220000, Er $3.73 \cdot 10^{12}$, Hb 12.12г/л, Leu 7000, ESR 18 мм/ч. Лейкоформула: п2, с52, л38, э3, м5. Назначенная фибробронхоскопия показала гиперемии и отёчность слизистой проксимальных бронхов и наличие незначительного количества слизисто-гноной мокроты на стенках бронхов с обеих сторон. До получения результатов цитологического исследования было продолжено лечение в соответствии с ранее поставленным в ЦРБ диагнозом "бронхопневмония" и поставленным в РКБ сопутствующим диагнозом "правосторонний экссудативный плеврит". Тактика была изменена после получения цитологического заключения "высокодифференцированная аденокарцинома". Очная консультация онколога в условиях РКБ определила в качестве рекомендуемой тактики симптоматическое лечение по месту жительства. 27.06.01 пациент был направлен в Казанский онкоцентр для определения возможностей дальнейшего лечения.

Пациент Г., 1955 г.р., поступил в терапевтическое отделение Сармановской ЦРБ 02.07.01 с жалобами на тяжесть в грудной клетке, слабость, одышку при ходьбе, сухой кашель. Заболел 29.06.01 после физического перенапряжения, связывал своё заболевание с переутомлением, вследствие чего длительное время не обращался за медицинской помощью. Объективно: при аускультации тоны сердца ясные ритмичные, дыхание везикулярное с единичными сухими хрипами в средних и нижних долях, ЧСС 92, ЧДД 18, АД 80/50. Низкий уровень АД в сочетании с анамнестическим указанием на развитие заболевания после физической нагрузки послужили основанием для проведения ЭКГ. Полученная электрокардиографическая картина приведена на [рис.4](#). Указанное диагностическое изображение было отправлено консультанту вечером 02.07.01. Заключение консультанта: "АВ-блокада 1 степени с выраженным замедлением АВ-проводимости (до 0.55"). Очаговые изменения нижней стенки (отрицательный зубец TII, III, aVF) с учётом узкого зубца Q в этих отведениях маловероятны, скорее всего, это неспецифические изменения процессов реполяризации. Рекомендованы оценка возможности предшествующего токсического или фармакологического влияния, либо инфекции и анализ ЭКГ в динамике." Тем не менее, располагая возможностью непосредственно оценивать состояние пациента, и не располагая возможностью биохимической верификации, специалисты Сармановской ЦРБ, несмотря на сглаженность клинической картины, приняли решение провести лечение по схеме острого инфаркта миокарда в соответствии с клиническим диагнозом: "Острый нижний инфаркт миокарда левого желудочка, осложнённый АВ-блокадой II ст., тип Мобитца II (2:1, 3:2). Кардиогенный шок".

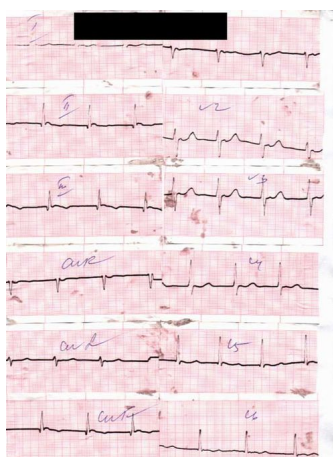


Рис.4. Пример ЭКГ, полученный в процессе телеконсультации. Пациент: Иванова Наталья Александровна, 50 лет, 07.09.2008

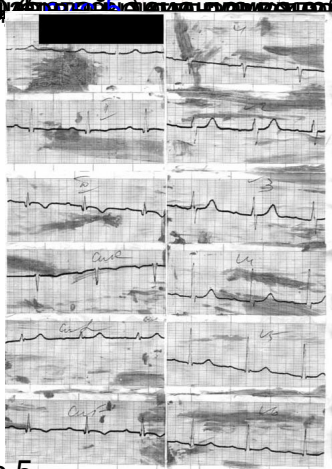


Рис.5

Обсуждение результатов

Приведённые выше клинические примеры, наряду с явными достоинствами, демонстрируют также и подразумеваемые ограничения телемедицинских методов. Очевидно, что трудности диагностики, послужившие причиной обращения к удалённому консультанту, в первом случае не являются субъективными и связанными с недостатком квалификации специалистов Сармановской ЦРБ. Как можно убедиться на примерах, основным ограничением телемедицинских технологий оказывается невозможность гарантированного предоставления всех необходимых диагностических данных без физического перемещения пациента за пределы того учреждения, из которого запрошена консультация. Кроме того, телемедицинские методы не в состоянии каким-либо образом улучшить лечебно-диагностический процесс в ситуациях, когда сложность и (или) тяжесть патологического состояния превосходит коллективные квалификационные возможности участников бизнес-процесса. В наших клинических примерах также опущены описания ситуаций, когда удалённые консультанты рекомендовали проведение неосуществимых в условиях Сармановской ЦРБ методов лечения и диагностики.

Даже короткий период функционирования телемедицинского узла позволяет убедиться

в том, что главным техническим препятствием при проведении удалённых консультаций является низкое качество внутренних и внешних телекоммуникаций. В частности, наличие полноценной ЛВС лечебно-профилактического учреждения следует признать обязательным условием нормальной передачи всех доступных клинических данных консультантам по принципу ввода "один раз и в одном месте".

В условиях низкоскоростного dial-up соединения с Интернет было бы целесообразным не привязывать передачу клинических данных большого объёма к конкретному сеансу связи, например, к передаче электронного письма. Электронное письмо консультанту должно содержать не вложения, соответствующие тем или иным файлам данных, а лишь гиперссылки на места их расположения в базе документов на сервере, доступном каждому участнику бизнес-процесса из пространства Интернет. На эту роль в первую очередь может претендовать пока не существующий сервер Республиканского центра телемедицины на базе Межрегионального клиничко-диагностического центра в г.Казани. Репликация необходимых данных из ЛВС конкретного учреждения на сервер может производиться по расписанию автоматически так, чтобы от оператора на каждом рабочем месте требовалось лишь пометить данные, с которыми он работает, как предназначенные для размещения в Интернет. Разумеется, что в срочных случаях данные можно будет посылать консультанту напрямую в качестве вложения в конкретное электронное письмо, не дожидаясь сеанса репликации.

Нетривиальность большинства клинических случаев, в которых требуется консультация удалённых специалистов, подразумевает возможность удалённых консилиумов. С данной точки зрения рассылка писем со ссылками на размещённый документ также предпочтительней рассылки серии одинаковых объёмных вложений.

В ситуации, требующей быстрого расширения числа консультантов, централизованное размещение данных на сервере, в отличие от принятой ныне практики рассылки писем с вложениями, позволяет ограничиваться удалённым пополнением списка авторизованных пользователей базы документов.

Предлагаемая сервероцентрическая модель телемедицинской сети Республики Татарстан станет более эффективной при организации кустового уровня районов. Районные, участковые больницы, ФАПы и т.д., должны получить средства для создания минимальной телекоммуникационной инфраструктуры, обеспечивающей передачу цифровых данных на сервер через Сармановскую ЦРБ. При невозможности проведения исчерпывающей консультации на уровне районного центра данные будут реплицированы на сервер Республиканского центра телемедицины.

Важной стороной организации телемедицинской системы любого масштаба должна стать доказательная оценка её эффективности. Объективно такая оценка может строиться только на основе количественного сравнения клинических исходов в сходных клинических случаях как при проведении телеконсультаций, так и в отсутствие таковых.

Выводы

Непродолжительный опыт функционирования узла телемедицины в Сармановском районе РТ позволил прояснить основные вопросы, с решением которых, возможно придётся столкнуться другим разработчикам и организаторам здравоохранения.

В целом можно констатировать, что большая часть проблем телемедицины носит технологический и организационно-методический, а не концептуально-методологический характер.

Практика проведения удалённых консультаций в ЦРБ показывает, что действующую телемедицинскую систему можно реализовать в условиях минимального финансирования. Даже незначительное увеличение финансирования при правильном определении целей и средств функционирования телемедицинской системы приводит к улучшению показателя "цена/эффективность" для проведения удалённых консультаций. Мы полагаем, что неправильное определение концепции и ошибки в проектировании телемедицинской системы приведут к отсутствию улучшения этого показателя в ответ на увеличение финансирования уже реализованной системы.

При первоначальном финансировании подобных проектов оптимальны вложения в нижний уровень иерархии будущей системы (оцифровка информационного пространства) как в рамках учреждения, так и в рамках территориально-отраслевого деления (ФАПы, участковые больницы и поликлиники).

Литература

1. Бабко А.А. и соавт. Программные средства, базы данных и инструкции по работе в системе мониторинга беременных на территории Республики Татарстан. - 2000., <http://monitor.bancorp.ru>
2. Координаты узлов ЕРСПД. - ОАО "Комтат", 2001., <http://www.comtat.ru/address.shtm>

!

3. Пройдаков Э.М., Теплицкий Л.А. Англо-русский толковый словарь по вычислительной технике, Интернету и программированию. - 2-е изд., испр. и доп. - М.: ИТД "Русская редакция", 2000. - 448с.
4. Словарь электронной коммерции. - E-management. Центр развития Интернет-бизнеса. 2001., <http://www.e-management.ru/e-glossary.htm>
5. Что такое телемедицина? - Телемедицина в России. - Фонд "Телемедицина", 2001., <http://www.telemed.ru:9101/whatis/index.html>
6. HL7 Standarts. - Health Level Seven, Inc., 2001., <http://www.hl7.org/Library/standards.cfm>
7. The systemized nomenclature of medicine. - SNOMED International, 2001., <http://www.snomed.org>