

ТЕЛЕМЕДИЦИНА

Принципы телемедицины не новы. Первые упоминания о проведении медицинских консультаций с помощью систем связи появились в 20-е годы XX века, хотя сам термин вошел в обиход в 70-е.

Но ощутимый рост применения средств телемедицины начался лишь в начале 90-х. Сегодня сетевые телемедицинские системы предназначены не только для проведения консультаций с помощью интерактивных устройств передачи видеозображения. Они могут предоставлять мультимедийные услуги, услуги Интернета, использоваться для обучения, формирования баз данных, на основе которых могут приниматься клинические решения, для ведения истории болезни пациента, оказания административной помощи, выполнения функций искусственного интеллекта. Так что же это такое – телемедицина? Как она появилась и каково ее будущее?

Согласно определению Национальной медицинской лаборатории по медицинским терминам США, телемедицина – “предоставление услуг здравоохранения посредством дистанционных средств телекоммуникаций. Она предполагает интерактивные консультативные и диагностические услуги”. В понятие телемедицины входят также телерентгенология и телепатология. До недавнего времени средства телемедицины в основном были предназначены для обслуживания больных в труднодоступных и изолированных районах. Но сегодня ситуация быстро меняется: расширяется применение локальных телемедицинских сетей в учреждениях здравоохранения, телемедицина внедряется в домашние, тюремные и военные системы здравоохранения. Опрос 1700 ведущих специалистов в области здравоохранения (в основном американских), проведенный в 1998 году Обществом производителей информационных систем управления средствами охраны здоровья, показал, что 35% из них уже пользуются телемедицинскими системами, 10% планируют

**ВЧЕРА,
СЕГОДНЯ,
ЗАВТРА**

ввести подобные системы в следующем году, 28% изучают возможности телемедицины для реализации в ближайшем будущем и только 15% совершенно не заинтересованы в ней. По оценкам экспертов, к 2000 году доходы от проведения медицинских видеоконференций должны составить 70 млн. долл., а от проведения телерентгенологических и телепатологических обследований – более 170 млн. долл. В период 1997–2002 годов среднегодовые темпы прироста услуг телемедицины составят 35%, тогда как, согласно более оптимистичным оценкам, инвестиции и объем развертываемых средств телемедицины ежегодно будут увеличиваться вдвое.

Системы телемедицины могут быть синхронными и асинхронными, и количество программных средств, предназначенных для обоих типов систем, непрерывно растет. **Синхронные системы** предоставляют интерактивные услуги в реальном времени, как правило, в виде аудиоданных, движущегося полноформатного или неподвижного видеозображения. Такие системы предназначены



в основном для оказания неотложных консультаций, обучения больших групп слушателей и проведения встреч, когда требуется обмен мнениями. В эти системы входят разнообразные средства обмена видеoinформацией наряду с такими вспомогательными инструментами, как разнообразные стетоскопы, в том числе и электронные, устройства телемониторинга, графические дисплеи и т.п. Для ведения записей, выписки лекарств и рекомендаций иногда совместно с ними используются мобильные беспроводные системы связи.

Асинхронные системы, так называемые системы накопления-и-пересылки данных, в основном воспроизводят неподвижное изображение, иногда видеоклипы, а также выполняют функции электронной почты. Они чаще используются для проведения телерентгенологических и телепатологических исследований, когда не требуется интерактивное общение с пациентом. Технология накопления-и-пересылки данных реализуется ПК, хотя возможно выполнение необходимых функций только программными средствами. Асинхронные системы могут быть оснащены сканерами рентгеновских пленок, средствами обработки неподвижного изображения, телерентгенологическими устройствами, совместимыми с цифровыми средствами связи, видеомикроскопами, дермаскопами и т.п.

Впервые принципы телемедицины были реализованы в 20-е годы, когда врачи на берегу прибегли к помощи береговой системы связи с кораблем для консультации моряков, нуждавшихся в медицинской помощи. В 30-е годы была осуществлена передача данных электрокардиограмм, а в 50-е описана телерентгенологическая факсимильная система передачи данных по телефонному каналу. В 1959 году ученые психиатрического института шт. Небраска использовали для обучения студентов интерактивную телевизионную систему. Первая реальная телемедицинская система, связавшая медицинский пункт аэропорта Логан в Бостоне и главный госпиталь шт. Массачусетс, начала действовать в 1967 году.

В 70-е годы в США развернулись работы по реализации проектов создания разнообразных систем телемедицины на базе СВЧ-устройств, широкополосных телевизионных или коммутируемых телефонных линий, кабельного телевидения. Эти системы, как правило, предназначались для проведения медицинских консультаций, обучения, повышения квалификации персонала и выполнения административных функций. Запуск телекоммуникационных спутников предоставил возможность проведения разнообразных экспериментов в области телемедицины. Так, с помощью ИСЗ ATS-6 удалось связать удаленные сельские районы штатов Вашингтон, Аляска, Монтана и Айдахо с Университетом шт. Вашингтон в Сиэтле. Спутниковые системы, несмотря на сложность их развертывания, пока остаются единственными средствами предоставления услуг телемедицины в труднодоступные районы Африки. В 70-е годы в индейской резервации шт. Айдахо была установлена первая система здравоохранения STARPAHC, выполненная на базе малокадровых телевизионных средств и СВЧ-каналов связи. В ней уже широко использовалось портативное оборудование. В ее задачи входила охрана здоровья без непосредственного обращения к врачу.

Проведенное в 70-е годы в Канаде исследование различных технологий реализации услуг телемедицины показало, что к самым эффективным относятся наименее дорогие средства (телефонные каналы связи и черно-белое малокадровое телевидение). По-видимому, эти выводы и стимулировали в **80-е годы** работы по упрощению оставшихся от предыдущего десятилетия систем. Одна из

них – самая большая и старейшая “Телемедицина Канады” развернута в главном госпитале Торонто. Первоначально она была рассчитана на предоставление консультативных услуг и передачу обучающих программ в удаленные районы страны. Но сегодня ее функции сведены лишь к последнему. Система обеспечивает передачу в 935 пунктов Канады обучающих программ в виде рассылаемых по электронной почте слайдов, а также телефонную конференц-связь.

Благодаря совершенствованию технологии и инфраструктуры сетевых систем и появлению их в ранее плохо доступных районах, а также усилению внимания к реформе системы здравоохранения, в конце 80-х началось быстрое распространение телемедицинских услуг. Во многих штатах США, в первую очередь Техасе, Джорджии, Западной Вирджинии, Канзасе были начаты новые проекты реализации услуг телемедицины с использованием цифровых систем связи и телефонных каналов T1. При этом в начале последнего десятилетия века начали широко применять средства синхронной видеоконференц-связи и цифровые методы сжатия данных. Системы предоставления телемедицинских услуг были оснащены такими периферийными устройствами, как камеры получения изображения документов, электронные стетоскопы, рентгеновские сканирующие системы и миниатюрные передающие камеры на базе трех ИС. Основной сети (полностью или частично) служили телефонные системы T1 или мультиплексируемые каналы ISDN-системы. В середине 90-х начались работы по нескольким проектам использования сетей, работающих в режиме асинхронной передачи. К этому времени многие государства сократили финансирование телемедицинских проектов и внимание разработчиков было сосредоточено на поиске средств снижения стоимости их реализации и поддержания услуг телемедицины. А тут еще началось и воцарение всемирной сети Интернет.

Не прекращались и работы по упрощению средств телемедицины. Некоторые эксперты пришли к выводу о необходимости отхода от применения интерактивного видеообмена данными в пользу технологий накопления-и-пересылки данных, которые, по их мнению, более универсальны и эффективны как экономически, так и с точки зрения затраченного времени. Развитие самой распространенной области применения телемедицины – рентгенологии – способствовало совершенствованию этой технологии. Средства телемедицины широко используются также и для диагностирования патологических, онкологических, дерматологических и офтальмологических заболеваний, которое, как правило, осуществляется в асинхронном режиме. В то же время в области психиатрии, хирургии и оказания скорой помощи предпочтение по-прежнему отдается, там где это возможно, интерактивным видеометодам получения данных. В их пользу говорит возможность общения с пациентом, выбора характера обследования и немедленного предоставления результатов этого обследования, т.е. все то, что напоминает традиционное общение врач–пациент. Каждый метод имеет свои “за” и “против”.

Обследование 140 телемедицинских программ, проведенное в октябре 1998 года с использованием базы данных Телемедицинского информационного общества, показало, что в 84% из них используется интерактивный видеометод обследований и лишь в 39% – технология накопления-и-пересылки данных. При этом большинство (96%) этих проектов проводится в США, из них 48% – в академических центрах. Основная часть проектов (69%) была начата в 1995 году. 30% проектов осуществлялись за счет внешнего финан-

сирования. Наибольшее число сайтов в сети Интернет представляют фирмы VTEL/CLL (53 программы) и PictureTel (28 программ). Обе фирмы – производители интерактивного видеоборудования, работающего по принципу метода сжатия данных. Правда, результаты обследования из-за незначительного числа рассмотренных программ нельзя считать репрезентативными. Тем не менее можно сделать вывод о том, что на самом деле, по-видимому, происходит стремительный рост технологии накопления-и-пересылки данных и услуг, предоставляемых по сети Интернет, столь же быстро совершенствуется настольное видеоборудование, тогда как темпы роста средств интерактивной видеоконференц-связи замедляются.

Система телемедицины будущего поколения, основанная на высокоскоростной широкополосной сети Интернет, может использоваться для объединения всех данных истории болезни пациента, их накопления и анализа, упрощения клинических компьютерных исследований, интерактивных консультаций пациента с использованием электронных средств связи, предоставления ему рекомендаций непосредственно на дому, для формирования виртуальных моделей, облегчающих объяснение анатомии и проведение лечебных процедур и т. п. Но создание такой системы требует не только технических решений по интегрированию, увеличению быстродействия и ширины полосы существующих устройств, но и решения таких социальных проблем, как лицензирование, оплата услуг, обеспечение защиты данных и т.п. Для решения всех этих проблем необходимы широкомасштабные работы. Поэтому сегодня самые перспективные программы развертывания интегрированных телемедицинских систем проводятся при государственной поддержке.

Министерство обороны США в 1999 году, как часть программы создания интегрированной системы здравоохранения, начало испытание цифровых бирок для собак. Получаемые данные должны формировать полную или частичную историю болезни, предоставлять видео- и аудиоинформацию. Бирки размером с одноцентовую монету должны быть высокостабильными и износоустойчивыми. Объем хранимых ими данных больше, чем у современных смарт-карт (в некоторых он достигает 340 Мбайт). Правительство Великобритании недавно начало рассчитанную на семь лет программу создания интегрированной информационной системы обследования пациентов, на осуществление которой планируется затратить 1 млрд. фунтов стерлингов. Программа должна объединить системы назначения приема у врача, выписки рецептов, проведения видеоконсультаций и ведения истории болезни. Сегодня почти все практикующие врачи Великобритании, входящие в Британскую национальную службу здравоохранения, владеют компьютерами. Около 70 млн. граждан Германии и 25 млн. горожан Франции имеют смарт-карты, хранящие административную и страховую информацию эти карты в дальнейшем смогут быть использованы в интегрированной системе здравоохранения. В Сингапуре проходит опытную эксплуатацию домашняя телемедицинская сеть на базе телевизоров или ПК, объединенных абонентскими цифровыми линиями связи, работающими в асинхронном режиме, или кабельными модемами, обеспечивающими скорость передачи 5–10 Мбайт/с. К 2001 году все дома и почти половина врачей Сингапура должны быть присоединены к сети SingaporeOne. В Японии к 2010 году планируется объединить корпорации, школы, дома и учреждения волоконно-оптической системой связи, предоставляющей также и услуги телемеди-

цины, возможности которой изучаются в стране с 1994 года. Развитию этих программ способствует и совершенствование программных средств. Ряд компаний предлагают программные продукты второго и третьего поколений, позволяющие объединять в информационную основу системы здравоохранения разнообразные данные (рентгенологические, патологические, фотографии и видеоклипы), электронные истории болезни пациентов и результаты лабораторных исследований. Кроме того, для того, чтобы выжить, во всех системах накопления-и-пересылки данных, в том числе и телерентгенологических, по-видимому, должна быть предусмотрена возможность подключения к Интернету.

Сегодня работы по совершенствованию телемедицинских систем проводятся не столь интенсивно, как хотелось бы. Очевидно, Интернет еще долгое время будет оставаться самой дешевой и широко используемой универсальной сетью общения, в том числе и для предоставления телемедицинских услуг. Но из-за ограничений по полосе пропускания, недостаточно высокой надежности и плохого разрешения маловероятно, что в обозримом будущем интерактивные средства видеосвязи сети Интернет смогут заменить телемедицинские системы видеоконференц-связи. Широко развернутая в Европе ISDN-сеть, услуги которой предоставляются по вполне приемлемой цене, устаревает. Но провайдеры телекоммуникационных услуг не хотят отказываться от своих инвестиций без экономически более выгодной альтернативы. И хотя в мире уже ведется опытная эксплуатация разнообразных цифровых абонентских линий, стоимость их в Европе может быть в два раза выше, чем у уже хорошо отработанной ISDN-сети. Другой вариант объединения средств телемедицины в сеть – применение кабельных модемов, но пока в Европе они широко не распространены. В США ISDN-сеть используется не так широко, как в Европе, обслуживая не более 60% населения страны. Кабельные модемы и цифровые абонентские линии, полоса пропускания которых сопоставима или даже выше, чем у ISDN-сети при возможно меньшей стоимости, имеют лишь 10% американских домов. Согласно оценкам, на развертывание этих средств сетевой инфраструктуры потребуется еще несколько лет и более 15 млрд. долл. К тому же, пока из-за трудностей доступа не нашли широкого применения и настольные видеосистемы, способные воспроизводить до 30 кадров/с. По прогнозам Gartner Group, настольные видеосистемы так и не смогут заменить традиционные системы.

Таким образом, формирование глобального, охваченного услугами телемедицины, информационного общества – задача не простая. Несмотря на относительную дешевизну, сегодня, согласно оценкам, только 0,1% рентгеновских снимков получены методами телерентгенологии и только 5% американских врачей пользуются электронными средствами ведения истории болезни. По данным обследования фирмы Abt Associates, телемедицинское оборудование, установленное в больницах удаленных районов еще в 1996 году, использовалось редко. Интерактивные видеослужбы в основном применялись для дистанционного обучения и проведения административных совещаний и только 10–25% – для медицинских консультаций. Больше, чем один раз в день к телемедицинским услугам любого вида обращалось лишь 17% сайтов сети Интернет. Услугами сети пользуется и весьма ограниченное число специалистов в области здравоохранения. 31% медицинских светил (большая часть американских) не используют Интернет ни для каких вспомогательных клинических исследований и только 1% из них прибегают



к услугам сети для передачи истории болезни пациента и общения с пациентом по электронной почте. Ни один специалист не проводит по сети онлайн-консультации, диагностирование, мониторинг или передачу изображений.

Но, как полагают многие эксперты в телемедицине, основные препятствия на пути широкого внедрения телемедицины – финансирование, лицензирование и правовые проблемы. В США страховые компании, следуя за правительством, отказались оплачивать любые услуги телемедицины, кроме телерентгенологии. С 1999 года Администрация финансирования здравоохранения США начала компенсацию услуг интерактивных видеоконсультаций в реальном времени. Но при этом 75% суммы предназначено специалисту и 25% – провайдеру, что по мнению некоторых экспертов, не будет способствовать проведению таких консультаций. Никаких компенсаций услуг вида накопление-и-пересылка данных, кроме телерентгенологии, не предусмотрено.

До сих пор нет сведений о каких-либо случаях неправильного использования услуг телемедицины, приведшего к судебному разбирательству. Но если такой случай возникнет, совершенно неясно, какой суд должен его рассматривать. Существуют вопросы и относительно того, распространяется ли на такие случаи существующее страхование от преступной врачебной небрежности.

Таким образом, телемедицина отличается тем, что несмотря на почти восьмидесятилетнюю историю, до сих пор области ее применения полностью не определены. Пока нет ответа на вопросы, безопасны ли телемедицинские услуги, какие технологические конфигурации обеспечивают самые точные результаты и какова экономическая эффективность разнообразных технологий. Для их решения каждая программа телемедицины должна отражать:

- свое назначение и цель. Цели программы позволяют улучшить средства здравоохранения, устранить профессиональную обособленность работников системы здравоохранения, повысить результативность и снизить стоимость лечения;
- используемую технологию, поскольку применяемые в сложной конфигурации телемедицинских систем разнообразные аппаратные и программные средства, а также сетевые методы непрерывно меняются;
- среду реализации: труднодоступная, городская, академическая, клиническая, больничная, тюремная, санаторная и т.п.;
- клиническое применение: рентгенология, патология, дерматология, психиатрия, терапия, хирургия, офтальмология и т.п.;
- методы управления, организации и предоставления услуг: кто предоставляет или получает телемедицинские услуги, какая информация регистрируется, какие нужны специалисты, как они обучаются, что должен выявить проект;
- характеристики пользователя: демографические данные, методы обучения.

Телемедицинские проекты 70-х годов смогли продолжаться в 80-е благодаря тому, что отвечали реальным потребностям общества и были реализованы на базе простых, широко распространенных и экономически эффективных средств. В 90-е годы таким средством можно считать Интернет. Не следует ждать того времени, когда ныне разрабатываемые широкополосные средства связи (асинхронной передачи, цифровые абонентские линии) сами придут в дом. Развитие телемедицины зависит от того, насколько успешно наиболее предприимчивые провайдеры смогут предоставлять услуги следующего поколения по сети Интернет.

Future Generation Computer Systems, 1999, v. 15, p.245–254.

Еще одно средство борьбы с РАКОМ

Специалистами Сандийской национальной лаборатории создан опытный образец разумного, “смарт” лазерного скальпеля, способного обнаружить присутствие раковых клеток в исследуемой опухоли, содержащей кровеносные сосуды, частицы мышц и жира. Устройство размером с десятицентовик, названное биологическим лазером с микрорезонатором, поможет хирургам точнее удалять злокачественные образования при минимальном воздействии на здоровые ткани. Короче говоря, новый прибор сможет подсказать хирургу, что пора остановиться.

Работа устройства основана не на облучении клеток лазерным пучком, а на том, что кровяные клетки принимают участие в процессе генерации когерентного излучения. Вертикальный пучок микролазера “входит” в отдельные клетки, которые проталкиваются через микроканалы, созданные в стеклянной поверхности устройства. Из-за высокого содержания протеина плотность раковых клеток выше, чем здоровых, в результате чего скорость распространения лазерного пучка в них изменяется. Это изменение регистрируется приемником как разность частот, и полученные данные с помощью оптического волокна передаются на ПК. Данные выводятся в виде графика, пики и минимумы которого ясно указывают, когда в крови из разреза исчезают раковые клетки. Лазер с микрорезонатором размещается в ручке скальпеля, а кровь проталкивается с помощью аспиратора.

Создание разумного скальпеля – результат 14-летних работ ученых Сандийской национальной лаборатории, направленных на формирование лазера с вертикальным резонатором путем

соединения слоев толщиной в несколько нанометров. В начале работ считалось, что при очень малых размерах активной области генерации не удастся получить пучок когерентного излучения. Но оказалось, что коэффициент отражения многослойной структуры достаточен для генерации лазерного пучка. Такая структура состоит из чередующихся слоев арсенида галлия-алюминия и арсенида галлия. Возбуждение среднего слоя вызывает генерацию фотонов. Нижний и верхний слои ведут себя, как зеркала, отражая эмиттируемые фотоны, как в классическом лазере.

Скорость выявления злокачественных клеток с помощью микрорезонаторного лазера намного выше, чем в стандартных цитометрах, которые требуют окраски клеток, что может занимать несколько часов. Портативное лазерное устройство способно анализировать в реальном времени до 100 тыс. клеток (в пять раз быстрее, чем обычные приборы). Его не нужно размещать в отдельной, пусть и небольшой, комнате. Для управления им не нужны высококвалифицированные специалисты. И к тому же, стоит лазер с микрорезонатором 10–50 тыс. долл. против более 100 тыс. долл. для цитометрических систем.

Дальнейшая доработка устройства позволит создавать на его основе недорогие системы быстрой регистрации биологических и химических загрязнений подземных вод, отходов производства и взрывоопасных химических веществ.

Работа была признана Министерством энергетики США лучшим проектом года, из всех проводившихся в его 28 национальных лабораториях.