

# ВИРТУАЛЬНАЯ РЕАЛЬНОСТЬ В МЕДИЦИНЕ ЛЕД ТРОНУЛСЯ, ГОСПОДА!

Г. Майская

**В 1994 году главный хирург Медицинского центра Уолтера Рида Армии США полковник Ричард Сатава смело прогнозировал будущее медицины, заявив: “Сегодня мы в середине этапа фундаментального преобразования медицинской практики, ставшего возможным благодаря информационной революции”. И из множества понятий новой информационной эпохи он отметил виртуальную реальность (VR) как самое многообещающее. Он считал близким день, когда хирурги смогут оттачивать свое мастерство на VR-моделях, а студенты – обучаться на виртуальных трупах, неотличимых от настоящих. Прошло шесть лет, и, по большому счету, полковник ошибся. По-прежнему не покидающие больницы невыспавшиеся врачи приобретают опыт, пользуя любых больных, поступающих к ним по скорой помощи. А пациенты по-прежнему подвергаются болезненным операциям, после которых долго не могут восстановить силы. Виртуальную реальность Вы скорее найдете в ординаторской, чем в операционной. Но процесс пошел, и сегодня VR-модели в медицине начинают играть ту же роль, что и тренажеры в авиации 50 лет назад.**

Согласно отчету Института медицины США “Человеку свойственно ошибаться: построение безвредной системы здравоохранения”, ежегодно в результате ошибок врачей только в США погибает 10 тыс. пациентов. Сторонники использования средств виртуальной реальности в медицине убеждены, что новая технология позволит улучшить эту зловещую статистику. Настало время объединить средства формирования цифрового изображения, электронные базы данных, сетевые решения и методики проведения хирургических операций. При этом для получения “реального” виртуального мира

нужны графические устройства с высоким разрешением. Необходимо воспроизводить свойства органов (их деформацию при развитии или кинематику суставов) и их реакцию на вмешательство (кровотечение артерий или появление желчи при операциях на желчном пузыре), а также взаимодействие между объектами (например, хирургическим инструментом и оперируемым органом). И наконец, нужна обратная связь, характеризующая тактильные ощущения и развиваемые усилия.

В 1989 году методами виртуальной реальности была проведена первая лапароскопическая операция на желчном пузыре. Операция заключается в вводе через небольшой разрез в теле миниатюрной камеры для воспроизведения на мониторе большого органа и последующего хирургического вмешательства с помощью инструментов, подаваемых через небольшие разрезы в теле. Но пока VR в основном используется для обучения и повышения квалификации врачей. Опытные образцы обучающих систем VR появились в начале 90-х годов, а сегодня на рынке уже представлены и коммерческие устройства. Тем не менее в США только 1% будущих врачей могут воспользоваться достоинствами такого обучения.

**Типичная VR-система обучения** содержит моно- или стереоскопический дисплей (пока это обычный монитор на базе ЭЛТ, в будущем возможно применение нашлемного индикатора, видеочков, голограмм), ПК или более мощный компьютер и интерфейс для взаимодействия с моделью. И хотя основная цель всех систем обучения едина, существует множество их разновидностей. Сегодня медики горячо спорят о том, насколько точно нужно имитировать картину и ощущения, возникающие при реальной операции. Современная технология позволяет имитировать ощущения врача при виртуальном касании пациента и издаваемые им звуки, а также воспроизводить “живые” изображения. Но чем выше “реализм” такой имитации, тем дороже система. Поэтому ряд компаний использует простое графическое моделирование на базе ПК младших моделей.

Для успешного взаимодействия пользователя с графическим изображением VR нужно знать местоположение виртуального инструмента и зафиксировать момент его соприкосновения с телом или органом. А это требует моделирования реакций различных тканей на разрезы, уколы, пункции и т.п. Чтобы исключить мерцание графического изображения, следует детектировать соприкосновение и деформацию ткани с частотой не менее 30 Гц. Для моделирования ткани человеческого тела, будь то зубная эмаль, кожа или кровеносный сосуд, необходимы образцы этой ткани и крови. Из результатов исследований с помощью магнитного резонанса, видеозаписей или на основе компьютерной модели, разработанной Нацио-



нальной медицинской лабораторией, можно получить анатомическое изображение пациента и отобразить его в цифровом виде на многоугольной сетке. Зачастую ткань можно отобразить в виде многоугольной сетки, реагирующей на возмущение подобно матрице масс, объединенных пружинами и амортизаторами. Параметры моделей подбираются соответственно реальным ощущениям хирурга. Сейчас в отделении НИОКР фирмы General Electric разрабатывается система отображения трехмерной модели на основе данных магниторезонансного формирования изображения и компьютерной томографии, дающих послойный вид органа или ткани. Система может воспроизводить трехмерное изображение объекта, который должен видеть хирург с той или иной точки зрения. Появляется возможность показывать все, что "видит" эндоскопический зонд на своем пути. Это значительно повысит эффективность обучения с помощью VR.

А пока самая популярная система подготовки хирургов – установка модели MIST VR фирмы MUSE Technologies, которой оснащены около 70 медицинских учебных заведений США. Предназначена она для обучения приемам проведения лапароскопии. Эта методика существенно снизила стоимость и болезненные ощущения некоторых операций. Но работа с ней требует большого мастерства. Установка MIST (система хирургического обучения с минимальным вмешательством) не похожа на хирургический аппарат. Цветной монитор воспроизводит простые геометрические тела, а не органы человека. Ручки интерфейса, подключенного к компьютеру, подобны реальному инструменту для лапароскопии желчного пузыря или яичников. Но система не предназначена для имитации действий при проведении операции. Ее цель – развитие психомоторных навыков. Она позволяет студенту улучшить координацию своих действий в соответствии с изображением на экране монитора при выполнении шести основных задач – от захвата виртуального шарика и переноса его в коробку до вырезания одной рукой трех частей из шарика, который держат другой. Компьютер регистрирует не только выполнение задания, но и оценивает (с высокой точностью, в отличие от человека) эффективность действий, затрачиваемое время и серьезность ошибок. ПК системы MIST выполнен на базе 700-МГц микропроцессора Pentium III. Стоимость MIST, включая ПК, монитор, пользовательский интерфейс, программное обеспечение и вспомогательные средства, – 20 тыс. долларов.

Но врачу важно не только видеть исследуемую ткань, но и ощущать взаимодействие с ней. Поэтому сегодня особое внимание привлекают **средства моделирования тактильных ощущений**. Для формирования таких моделей необходимо обновлять сигналы осязания с частотой не менее нескольких кГц, причем чем тверже объект соприкосновения, тем выше должна быть частота. Но и моделирование соприкосновения с

мягкими или упругими тканями не простая задача, поскольку точки взаимодействия между виртуальными мягким телом и инструментом значительно больше, чем между виртуальными инструментом и твердой тканью. Задача усложняется при соприкосновении двух гибких объектов, например толстой кишки и длинного гибкого зонда, предназначенного для ее обследования. Механика таких соприкосновений очень сложна, и при этом возможна деформация одного объекта другим. Следует отметить также, что прикосновение не существующего в действительности предмета производит на человека неожиданно сильный психологический эффект.

Эти проблемы рассматривались на проведенной в начале 2000 года Институтом инженеров электротехники и радиоэлектроники конференции и выставке по виртуальной реальности. Были представлены некоторые образцы VR-устройств, уже выпущенных на рынок, в том числе и поставляемый фирмой SensAble Technologies тактильный интерфейс Phantom. Это устройство размером с настольную лампу напоминает руку робота, выполняющую функции датчика с шестью степенями свободы или обеспечивающую силовую обратную связь с тремя степенями свободы. К руке может крепиться любой медицинский инструмент. Пакет программ, названный Ghost (призрак), преобразует такие характеристики, как эластичность или шероховатость в команды для Phantom'a, и на выходе исполнительного механизма с частотой около 1 кГц синтезируется усилие, соответствующее моделируемой виртуальной среде (см. рис.).

Интерфейс Phantom, созданный в лаборатории осязания Массачусетского технологического института, применяется в различных системах VR. В том же институте создана система моделирования на основе двух интерфейсов Phantom, обеспечивающих тактильную обратную связь при работе с лапароскопическими инструментами. Система предназначена для приобретения навыков ввода катетера при операции удаления желчного пузыря без повреждения близлежащих мягких тканей, например печени.



Цель обратной тактильной связи: взаимодействие человеческих органов осязания с системой виртуальной реальности. При перемещении человеком рабочего инструмента тактильного прибора датчики передают компьютеру, моделирующему VR, данные о положении этого инструмента (правый контур). Компьютер рассчитывает возникающие при этом силы взаимодействия и передает эту информацию приводам или ограничителям хода, формирующим силовую реакцию на воздействие. Человеческий мозг, в свою очередь, на основе возникающих усилий передает мускулам команду соответствующей реакции на развиваемое виртуальное усилие (левый контур)

Шведская фирма ReachIn Technologies для повышения эффективности Phantom'a объединила интерфейс со своей вычислительной средой и создала систему трехмерного моделирования взаимодействия и возникающих при этом тактильных ощущений и звука. На выставке фирма продемонстрировала комплекс, позволяющий проецировать на рабочую панель изображение объекта, воспроизводимое наклоняемым компьютерным монитором. Специальные очки дают пользователю возможность видеть объемный виртуальный объект, а интерфейс Phantom – "чувствовать" его при манипуляции рабочим инструментом. В аппаратные средства комплекса встроены и стереодинамики, воссоздающие характерные для взаимодействия звуки (например, бормашины).

Весьма перспективно применение тактильных устройств в ВР-системах обучения зубных врачей. Обучающую стоматологическую ВР-систему (Virtual Reality Dental Training System – VRDTS) намерены создать фирма Teneo Computing, специализирующаяся в области трехмерной ВР, и стоматологическая школа при Гарвардском университете – признанный в мире эксперт в области зубоврачебной практики, исследований и обучения. Teneo Computing впервые объединила трехмерные тактильные интерфейсы со стереоизображением и получила реальные трехмерные модели взаимодействия. Используя вместо мыши рабочий инструмент тактильного прибора (это может быть сверло или четыре других зубоврачебных инструмента), будущий стоматолог может не только найти виртуальный объект, но и "почувствовать" его. Система способна моделировать зубы с различными свойствами эмали, мягкой пульпой и даже с повреждениями. С помощью такой системы студенты смогут неоднократно сверлить один и тот же зуб и даже, увеличив изображение, увидеть и оценить результаты своей работы. Возможно, в новой системе обучения трехмерное тактильное устройство 3D TouchTM будет работать с рабочими станциями компании Sun Microsystems. О намерении объединить тактильный интерфейс, реализованный на базе программных средств Ghost, с рабочей станцией Solaris фирмы объявили в июле 2000 года.

Таким образом, тактильные системы дают хорошую аппроксимацию ощущений при прикосновении к предмету. Но современные алгоритмы большинства систем моделируют точечные взаимодействия. А это может привести к воспроизведению нереальных ситуаций. Например, рассмотрение взаимодействия виртуального инструмента только в одной точке может закончиться тем, что край инструмента "проткнет" объект, на который он должен лишь давить. Чтобы исключить такие оплошности, специалисты Touch Lab разработали алгоритмы моделирования виртуальных инструментов в виде линий и расчета усилий, возникающих при всех соприкосновениях с ними. Результирующие усилия и крутящие моменты передаются пользователю с помощью двух интерфейсов Phantom. Конечная цель этой работы – представить виртуальный инструмент в виде трехмерного объекта, что приведет к экспоненциальному увеличению объема вычислений. К счастью, устройства ВР могут легко обмануть пользователя путем установления "правильного" соотношения между тем, что он воспринимает с помощью тактильной системы, и тем, что он в это время видит. В сознании человека визуальные признаки, способствующие восприятию объекта, иногда могут преобладать над тактильными, и тогда ему кажется, что предмет тверже или мягче, чем сообщает тактильное устройство. Это явление позволит разработчикам систем ВР облегчить расчеты тактильных ощущений.

Пока оптимальные ощущения (удовлетворяющие или не удовлетворяющие большинство врачей) устанавливаются эмпирически. И здесь может помочь **система аттестации** "лучших приемов", разработанных с помощью ВР, – Benchmark VRTM. Созданная фирмой

HT Medical Systems – ведущим разработчиком технологии медицинской ВР система предназначена для оптимизации лучших методов лечения путем аттестации деятельности ведущих медиков, а также выработки стандартов обучения и оценки его эффективности с помощью устройств моделирования. В системе Benchmark VRTM запатентованные HT Medical компьютерные имитационные средства, программы визуализации и робототехнические устройства с тактильной обратной связью объединены с достаточно дешевым, но мощным компьютером. База данных моделирующего устройства позволяет сопоставлять работу всех пользователей с контрольными данными. Первоначально система предназначалась для оценки качества проведения внутривенных инъекций, которые в американских больницах ежегодно назначаются более 2 млн. человек. И при этом ежегодно 850 тыс. из них катетером вносятся инфекции, что повышает стоимость ухода за больным в среднем на 6 тыс. долл., или в целом по стране на 5,1 млрд. долл. На проведение этой разработки фирма HT Medical Systems получила грант Администрации финансирования здравоохранения США.

Сегодня фирма HT Medical помимо системы обучения методике проведения внутривенных процедур на основе устройства Benchmark VRTM выпускает оборудование моделирования эндоскопических и сосудистых исследований семейства PreOPTM. С помощью графических устройств реального времени, позволяющих получать анатомические модели на основе данных пациента, и робототехнического интерфейса системы семейства передают тактильные ощущения, испытываемые при проведении реальной процедуры. Программные средства моделирования предупреждают пользователя о неминуемом нанесении телесного повреждения "пациенту". Системы также оценивают качество выполнения процедуры. В семейство PreOPTM входят устройства моделирования процедур бронхоскопии, сигмоидоскопии и уретоскопии.

Таким образом, пока ВР-системы предназначены в основном для обучения конкретным приемам: сшиванию сосудов, установки катетеров и т.п. Они менее эффективны при имитации таких приемов, как выполнение разрезов, удаление опухолей, не говоря о полной имитации хирургического вмешательства – от подготовки пациента к операции до выполнения трансплантации или действий на больном органе и наложении швов. Для создания таких систем моделирования необходимо лучше понимать механические реакции оперируемых тканей и органов человека. Уравнения для решения такой сложной задачи известны. Так, в лаборатории осязания Массачусетского технологического института разработаны алгоритмы воссоздания механических ощущений, возникающих при разрезе мягких тканей. Но при этом быстродействие компьютера должно быть сопоставимо со скоростями обновления воспроизводимого изображения – 30 Гц и данных тактильного интерфейса – 500–100 Гц. Для моделирования открытых хирургических операций, например трансплантации органов, когда друг с другом взаимодействуют разнообразные "упругие" органы и твердые хирургические инструменты, также необходима бо́льшая вычислительная мощность, чем при моделировании эндоскопических процедур, осуществляемых современными ПК. Решение этих задач требует моделирования тканей человеческого тела, а для этого, в свою очередь, нужны образцы живых тканей. Желающих стать донорами и пойти под нож только для того, чтобы хирург мог понять, какое нужно усилие, чтобы проткнуть поджелудочную железу, мало. Некоторые исследователи пытаются ускорить расчеты сложных моделей тканей человеческого тела, используя параллельные методы, например проекционно-разностный. Предпринимались попытки строить модели на базе пружин и ограничителей или упростить



проекционно-разностные расчеты так, чтобы получить достаточно точное соответствие модели без сложных вычислений.

**Что же дальше?** Методы ВР могут оказаться весьма полезными при проведении операций робототехническими средствами, когда хирург дистанционно управляет действиями робототехнических инструментов на и в теле пациента, чувствуя при этом его реакцию. Серьезное влияние на развитие медицинских моделей окажет и Интернет, облегчающий совместное пользование машинными моделями, формирование централизованной библиотеки обучающих средств ВР и обучение медицинского сообщества новой улучшенной практике с помощью ВР. Со временем удастся оценивать навыки студентов и по единому мировому стандарту. Работы в этом направлении ведутся Европейским Союзом, финансирующим недавно начатую двухлетнюю программу создания такой системы.

Продвижению средств ВР в медицину в значительной степени способствовал 40-летний опыт тренировки летчиков ВВС США. И сегодня работы Министерства обороны США, по-видимому, могут принести пользу медицинским исследованиям. В числе этих работ – проводимая Массачусетским технологическим институтом по контракту с DARPA (Управление перспективных разработок МО США) программа создания новых тактильных интерфейсов на основе микроэлектромеханических систем (MEMS). Используемые в программе MEMS стимуляторы и преобразователи для будущих интерфейсов поставляются Университетом Карнеги Меллона. В рамках программы с помощью созданной в Институте аппаратуры динамического тестирования кожи будет измерено и охарактеризовано сопротивление различных участков человеческого тела механическому воздействию. Аппаратура на основе автоматизированной двухрежимной системы позволит непрерывно определять положение и усилие, развиваемое зондом диаметром 0,5 мм при нажатии и последующем снятии усилия. Программа также предусматривает изучение разрешающей способности восприятия при воздействии

различных средств стимулирования тактильных вибрационных ощущений.

Помимо обучения и обеспечения возможности имитации хирургических операций существуют и другие области использования виртуальной реальности в медицине. Весьма перспективна ВР для визуализации громадных баз медицинских данных. Так, трехмерное представление в виде кластеров точек полученных во время вьетнамской войны ранений и затронутых при этом органов, а также регистрация летальных исходов позволили проиллюстрировать и выявить соотношения, которые иным способом обнаружить нельзя. Рассмотрение трехмерного представления с разных точек зрения дает различные данные и, следовательно, интерпретации их также различны. Пока такое перспективное применение ВР не нашло широкого распространения.

Все чаще ВР используется для реабилитации больных и расширения возможностей инвалидов. Например, виртуальная среда позволяет воссоздавать условия пользования инвалидным креслом. А с помощью устройства слежения за направлением взгляда парализованный ребенок смог развить свое взаимодействие с внешним миром.

Весьма перспективен виртуальный подход при формировании фундамента медицинской инфраструктуры, например для проектирования архитектуры операционной будущего с учетом необходимости создания совершенно новой среды, способной поддерживать изменения, вносимые в современную медицину виртуальной реальностью.

Эпоха традиционной медицины заканчивается. Нужно готовиться к новым, неожиданным решениям.

IEEE Spectrum, 2000, v.37, N7.

[www.teneocomp.com](http://www.teneocomp.com)

[www.ht.com/webpr](http://www.ht.com/webpr)

## Биотехнология борется с отравлениями

Учеными Университета Пурдю разработан биочип, способный непосредственно обнаруживать яды в пище. Этот прибор позволит ускорить диагностирование заболеваний, проводить проверку отравлений в реальном времени (а не в течение нескольких дней, как сегодня, когда нужно выращивать культуры проб), будет способствовать раннему запрету отгрузок зараженных продуктов. Работа биочипа основана на эффекте протеинового согласования. С помощью стимулируемой приложенным напряжением адсорбции к миниатюрным незащищенным или герметизированным оксидом плоским платиновым электродам чипа удалось прикрепить молекулы протеина, реагирующие только на определенные, “свои”, молекулы токсичного вещества. В этом случае молекула протеина выступает как “замок”, к которому подходит один-единственный ключ.

Кристалл состоит из ячеек, объединенных вытравленными в кремнии каналами. По каналам от входного порта пропускают потоки химических веществ, содержащих молекулы токсичных элементов. При прохождении над электродами каждая молекула “прилипает” к своему протеину, что вызывает изменение электрохимического потенциала, возникающего в результате ферментно-катализируемой химической реакции на поверхности электрода. В итоге изменяется и импеданс соответствующего электрода, на основе чего компьютер определяет “задействованные” протеиновые идентификаторы. Поскольку биочип может содержать до нескольких тысяч отдельных ячеек, число возбужденных будет свидетельствовать о концентрации отравляю-

щего вещества в исследуемых образцах. Для нагнетания потока предполагается применять ручной насос.

В университете создан опытный образец биочипа с ячейками площадью от 80 мкм<sup>2</sup> до ячеек размером 530x850 мкм. Ширина каналов – 20–100 мкм, глубина – 10 мкм. Для демонстрации работы биочипа в качестве протеина был выбран авидин, способный связываться с биотином (витамином Н). Присутствие молекул биотина в “отпираемом” чипе подтвердили результаты исследования образцов под микроскопом. Достаточно низкая цена биочипов позволит выпускать одноразовые устройства в малогабаритных корпусах, подобных игровому картриджу.

Сейчас разработчики составляют список протеиновых “замков” и молекул, выступающих в качестве их “ключей”. В первом биочипе, предназначенном для обнаружения патогенных *Listeria monocytogenes*, в качестве “ключей” будут использованы антитела кроликов с выработанным иммунитетом к яду (в 1999 году было зарегистрировано 2,5 тыс. случаев отравления этим веществом с 20%-ным смертельным исходом).

Коммерческие образцы биочипа появятся лишь через несколько лет, но к тому времени они смогут идентифицировать десятки типов отравляющих веществ. Благодаря этому врачи смогут быстро диагностировать многие болезни, фармакологи – обнаруживать полезные биохимические элементы в разрабатываемых лекарствах, а фермеры – выявлять заболевания зерновых культур. Весьма полезными биочипы окажутся и для обнаружения биологического оружия.

[www.eet.com/](http://www.eet.com/)

## От звездных войн

до войн против рака

Разработанные по программе Стратегической оборонной инициативы технологии, к счастью, так и не нашли прямого применения. Но невостребованными они не остались – многие из них реализованы в коммерческих изделиях и изделиях повышенного спроса. Пример – кванторазмерный ИК-фотодетектор, разработанный для обнаружения баллистических межконтинентальных ракет. Сегодня это устройство используется для обнаружения поражений тканей, развивающихся в рак. СОИ, скорее всего, никогда не понадобится для защиты городов, но некоторые ее технологии смогут спасти многих жителей этих городов.

Кванторазмерный ИК-фотодетектор (Quantum Well Infrared Photodetector – QWIP), созданный в Лаборатории реактивных двигателей, предназначен для определения местоположения и контроля роста раковых клеток без их облучения. Работа детектора, входящего в систему Bioscan фирмы OmniCorder, основана на том, что раковые клетки выделяют оксид азота, который, попадая в кровь, влияет на ее температуру в близлежащих к ним тканях. Детектор регистрирует излучаемую телом ИК-энергию, “различая” незначительные колебания, вызываемые изменением температуры крови. Помимо детектора в системе Bioscan используется созданная на фирме OmniCorder технология динамичной телетермометрии площади, позволяющая регистрировать изменения температуры менее 0,015°C при скорости сканирования более 200 кадров/с.

Используемый в системе детектор выполнен на основе располагаемой в фокальной плоскости арсенидгалиевой матрицы размером 256x256 пикселей. Чувствительность ее лежит в диапазоне длин волн 8–9 мкм. Изготовленная на пластине диаметром 75 мм, матрица совмещается с устройством считывания, образуя гибридную схему. При работе QWIP-матрица должна охлаждаться до 70К (задача эта сегодня решается легко: на рынке имеются малогабаритные, размером с яблоко, холодильные устройства, работающие по циклу Стирлинга). Охлаждающий газ – гелий. Фирма испытывала систему в течение трех лет. В конце 1999 года фирма получила разрешение Управления пищевой и фармацевтической продукции на ее применение.

Сейчас система проходит проверку в Институте раковых заболеваний Дана Фарбера в Бостоне. Цель проводимых исследований – определение возможности контролировать биологическое воздействие курса лечения рака и помочь врачам выявить вызванные лечением изменения в раковых образованиях груди, кожи и внутренних органов. В первую очередь это относится к результатам применения новых противораковых препаратов, в том числе антиангиогенезисных, ограничивающих рост раковых клеток за счет предотвращения поступления к ним крови. Технология, поддерживаемая системой Bioscan, если она даст положительные результаты, позволит ученым и медикам определять степень эффективности лечения, как бы мала она первоначально не была.

Aerospace America, July, 2000.

## Новые технологии, облегчающие нам жизнь

До свидания, болезненные исследования

Жизнь – не только работа. Когда мы откладываем в сторону клавиатуру, пейджер, Palm-органайзер, нам нужно еще что-то, облегчающее нашу жизнь, успокаивающее нервы и сохраняющее здоровье. Многие из нас испытывают страх перед различными эндоскопическими исследованиями. И здесь на помощь нам приходит электроника. Новое устройство израильской фирмы Given Imaging, если получит признание Управления пищевой и фармацевтической продукции США, может круто изменить ситуацию и значительно сократить число болезненных процедур, которым мы иногда вынуждены подвергаться.

Основа предлагаемой фирмой Given Imaging системы обследования пациентов с подозрениями на расстройства пищевого тракта – “таблетка” M2A со встроенной передающей камерой (разработчики называют ее диагностической воспроизводящей изображение капсулой). Система также содержит записывающее устройство, укрепляемое на поясе пациента, и рабочую станцию с соответствующим программным обеспечением. В таблетку, по форме напоминающую подводную лодку Trident, входят объектив с широким углом обзора, КМОП-схема формирователя изображения фирмы Photobit (США), батареи и ВЧ-передатчик. Пациент может проглотить таблетку без обезболевания. При движении вдоль пищевого тракта капсула делает снимки и с помощью датчиков, расположенных на теле пациента, передает их в цифровом виде записывающему устройству, прикрепленному к поясу пациента. Принятые сигналы с помощью запатентованного фирмой Given Imaging программного продукта RAPID (регистрация и обработка изображений и данных) преобразуются рабочей станцией в цветной 20-минутный видеоклип. Благодаря высокому разрешению гастроэнтеролог может легко расшифровать изображение и полностью увидеть внутренние участки небольших полостей. С помощью традиционной эндоскопии можно обследовать не больше трети таких малых полостей.

Процедура исследования значительно дешевле, чем традиционные эндоскопические анализы, безболезненна и не ограничивает действия человека: он может идти куда угодно и делать все, что хочет.

По мнению Сабрины Кемени, одного из основателей и председателя правления фирмы Photobit, врачи впервые получили способ обследования небольших полостей желудочно-кишечного тракта с минимальной “агрессивностью”. Испытания на свиньях и собаках позволили гастроэнтерологам выявить заметно большее число патологий по сравнению с традиционной эндоскопией. Как считают разработчики, исследования с помощью таблетки позволят обнаруживать колиты, болезни Крона, полипы и синдром раздражения в небольших полостях кишечника. Теперешняя конструкция таблетки обеспечивает обследование узких участков небольших полостей и не пригодна для диагностирования заболеваний больших полостей. Таким образом, сейчас – это альтернатива колоноскопии. Но фирма Given Imaging намерена разработать и “пилюлю” для исследования более крупных областей.

Результаты испытаний на животных переданы в Управление пищевой и фармацевтической продукции для получения разрешения на продажу таблетки, которая пока опробована с обнадеживающими результатами всего на 20 пациентах. Если Given Imaging получит одобрение Управления, поставки диагностических капсул начнутся в 1 квартале 2001 года.

Ежегодно в США проводится около 8,2 млн. эндоскопических обследований. С появлением нового безболезненного метода это число возрастет. И для тех, кому необходимы подобные обследования, сроки утверждения новой таблетки не покажутся слишком короткими.

Electronic Business, Sept., 2000.  
Пресс-релиз фирмы Given Imaging.

## “Гастроскан-24”

Суточная рН-метрия желудочно-кишечного тракта



Впервые в России в ГНПП “Исток-Система” (г. Фрязино Московской обл.) создано устройство для суточной рН-метрии желудочно-кишечного тракта человека – “Гастроскан-24”\*\*, состоящее из первичного и вторичного преобразователей. Первичным преобразователем служит трехэлектродный трансанальный рН-зонд диаметром 2,2 мм с наконечником хлорсеребряным электродом сравнения. Его особенность – применение кольцевых измерительных электродов из сурьмы вместо точечных, а также высокий ресурс: не менее 30 суточных обследований, включая стерилизацию.

Вторичный преобразователь – носимый автономный ацидогастромонитор (габариты не более 160x84x37 мм, масса не более 300 г). От зарубежных аналогов он отличается более высокой частотой считывания информации с электродов рН-зонда. Минимальный интервал измерений – 1 с – позволяет устройству “Гастроскан-24” фиксировать не только гастроэзофагеальные рефлюксы, но и быстротекущие процессы, характерные, например, для дуодено-гастральных рефлюксов. Повышение точности измерений рН достигается путем калибровки ацидога-

стромонитора с помощью рН-зонда и калибровочной насадки, электролитически соединяющей электроды рН-зонда с буферными растворами в пробирках\*\*.

Пациент во время обследования вводит данные о своем состоянии (боль, изжога, тошнота и др.) или действиях (курение, прием лекарств и т.п.) с клавиатуры ацидогастромонитора. Эта информация, как и измеренные значения кислотности, хранится в ИС оперативной памяти ацидогастромонитора. Текущие результаты измерений рН могут выводиться на ЖК-дисплей носимого блока либо, после передачи ПК, – на экран его монитора. Полного заряда аккумуляторных батарей достаточно для проведения четырех циклов обследования по 24 часа каждое.

Программное обеспечение позволяет анализировать полученные рН-граммы по De Meester в части гастроэзофагеального рефлюкса, а также по оригинальным методикам, разработанным в РГМУ им. Н.И. Пирогова в части гастроэзофагеального и дуодено-гастрального рефлюксов.

\*Михеев А.Г., Трифионов М.М., Яковлев Г.А. – ЭЛЕКТРОНИКА: Наука, Технология, Бизнес, 1997, № 6, с. 33-35.

\*\*Патент РФ № 2114647. рН-Зонд/ Г. А. Яковлев. Приоритет от 16.07.96.

## ВЧ-нагрев

помогает излечивать заболевания предстательной железы

Новый эндоскопический метод лечения доброкачественной гиперплазии предстательной железы, разработанный в Сандийской национальной лаборатории, имеет ряд преимуществ перед традиционными способами. Доброкачественная гиперплазия вызывает затруднения в мочеиспускании и боли, но, как правило, не приводит к образованию раковых клеток. К 65 годам 50%, а к 80-годам 90% мужчин нуждаются в таком лечении. Метод не предусматривает непосредственного соприкосновения с пациентом, а его результаты сохраняются надолго. Побочные эффекты благодаря неагрессивному характеру воздействия минимальны, а стоимость лечения достаточно низка.

Предложенный метод основан на применении трансуретального ВЧ-аппликатора с “волной с утечкой”, антенна которого излучает поперечные ТЕМ-волны. Многочисленные управляемые “окна”, расположенные вдоль экрана аппликатора, обеспечивают равномерный прогрев и формирование однородного

электрического поля по всей длине железы. Убивая нарастающие по мере старения человека избыточные клетки железы, такой прогрев сокращает размеры простаты. Особо следует отметить равномерность нагрева, поскольку это основная проблема существующих методов лечения. Неравномерность прогрева приводит к разрушению клеток там, где температура велика, и их сохранению там, где она низка.

Согласующая цепь между ВЧ-генератором и аппликатором гарантирует ввод в предстательную железу по крайней мере 99% излучаемой энергии. В аппликаторе предусмотрен датчик давления и температуры. Размещается устройство в гибком катетере. Аппликатор разработан в рамках программы НИОКР в области радиолокационной техники и конформных антенн двойного назначения.

Sandia Technology, 2000, p.17.  
Sandia Lab News, 2000, v.52, N9.

## Отслеживание эпидемий и биологических атак

с помощью электроники

По голливудскому сценарию борьбы с биологической атакой Брюс Улисс или Джордж Клуни должны были бы уничтожить вирус-убийцу за время киносеанса (скорее всего, за 90 мин). В реальной жизни такой “хэппи-энд” встречается редко. Поэтому-то в Сандийской национальной лаборатории начата программа помощи врачам по выявлению эпидемий и борьбе с ними. Цель программы стоимостью 50 тыс. долл. – облегчить врачам пользование всемирной сетью для передачи центральному компьютеру данных о болезнях, с которыми они ежедневно сталкиваются. Цветная карта на экране монитора позволит сразу же выявить рост заболеваемости в определенном районе и при быстром его распространении принять немедленные меры.

Ал Зеликофф, врач и физик Центра национальной безопасности и управления вооружением Сандийской лаборатории, отмечает, что сегодня подобные программы нигде не проводятся. Разработанная система позволяет быстро получать все параметры, характеризующие заболевание при первом же упоминании о нем. Система незаменима при вспышке трудно распознаваемой болезни, такой как, например, лихорадка западного Нила, поразившая не-

давно район Нью-Йорк Сити. Вначале болезнь была неправильно диагностирована, и за несколько недель, которые потребовались для ее правильного определения, началась эпидемия. Но основная цель программы – обеспечить возможность быстрой классификации наблюдаемой ситуации: развитие обычной болезни или террористический акт.

В соответствии с опытной программой, проводимой Центром экстренной помощи Университета Нью-Мексико, информация передается Управлению здравоохранения штата. Сандийская лаборатория должна обеспечить Центр рабочими станциями с сенсорными экранами, базами данных, программным обеспечением, технической помощью. Система состоит из двух подсистем. Одна предназначена для органов здравоохранения, на попечении которых находятся пациенты с острыми инфекционными заболеваниями. Вторая должна помогать справляться с эпидемиями и распознавать необычные картины заболеваний.

Проводимая программа – лишь часть крупного национального проекта, финансируемого Министерством энергетики США.

Sandia Lab News, 200. v.52, N8.