

МОСКОВСКИЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ
кафедра Основ радиотехники

ВВЕДЕНИЕ В МЕДИЦИНСКУЮ ЭЛЕКТРОНИКУ

Выпуск 1



*Посвящается 20-летию подготовки специалистов
по медицинской электронике в МЭИ*

Москва

2017

РЕДКОЛЛЕГИЯ ВЫПУСКА

Бубнова Ольга Сергеевна, магистрант кафедры ОРТ (ЭР-16м-17)

Глушенков Павел Викторович, магистрант кафедры ОРТ (ЭР-16м-17)

Конго Анна Андреевна, магистрант кафедры ОРТ (ЭР-16м-17)

Жихарева Галина Владимировна, к. т. н., доцент, доцент кафедры ОРТ

Осенью 1998 года на Радиотехническом факультете МЭИ состоялся первый набор на инженерную специальность «Биотехнические и медицинские аппараты и системы». Осенью 2017 года – состоялся юбилейный, 20-й набор, в группу подготовки специалистов по медицинской электронике.

За эти годы изменилась страна, много раз менялись стандарты высшего образования. Но потребность в специалистах, способных обслуживать сложнейшую медицинскую электронику и разрабатывать новые технические устройства, улучшающие качество жизни и стоящие на страже здоровья людей, остается неизменно высокой.

Настоящий выпуск создан стараниями студентов-первокурсников группы ЭР-16-17, обучающихся на РТФ МЭИ по направлению бакалавриата «Биотехнические системы и технологии», профилю подготовки «Биотехнические и медицинские аппараты и системы», при содействии магистрантов первого года обучения (группы ЭР-16м-17) по направлению «Биотехнические системы и технологии», магистерская программа «Радиоэлектроника в биотехнических и медицинских аппаратах и системах».

Вниманию читателя мы предлагаем обзорные статьи по наиболее интересным и перспективным, на наш взгляд, медицинским приборам.

Работы выполнены в рамках курса «Введение в медицинскую электронику», название которого и определило название настоящего электронного журнала.

СОДЕРЖАНИЕ

РОБОТ-ХИРУРГ ДА ВИНЧИ

Ю.А. Шерина, Н.А. Краснокутский, Д.Р. Цурканенко, Д.В. Лейченко,
А.В. Дианов (ред. О.С. Бубнова)4

БИОНИЧЕСКИЕ ПРОТЕЗЫ

А.С. Савилова, М.В. Плеханов, А.А. Насибуллина, Ю.С. Данилкина,
Т.А. Кислюк (ред. О.С. Бубнова)..... 18

ЛАЗЕРНАЯ КОРРЕКЦИЯ ЗРЕНИЯ

Н.И. Исакова, А.С. Ильченко, В.А. Сарибекян, М.Ю. Жмуров, И.Б. Суд,
Л.А. Суслина (ред. П.В. Глушенков)..... 29

МАГНИТНО-РЕЗОНАНСНАЯ ТОМОГРАФИЯ

М.А. Тимофеева, П.В. Курманова, П.Д. Соловьёва, Е.В. Красикова,
А.В. Григорьева (ред. П.В. Глушенков)..... 41

УЛЬТРАЗВУКОВЫЕ ДИАГНОСТИЧЕСКИЕ ПРИБОРЫ

А.Д. Феоктистов, Д.В. Бердага, М.Д. Чащин, Д.И. Левченков,
Е.С. Герасимов (ред. А.А. Конго)..... 60

РОБОТ-ХИРУРГ ДА ВИНЧИ

Ю.А. Шерина, Н.А. Краснокутский, Д.Р. Цурканенко,
Д.В. Лейченко, А.В. Дианов (ред. О.С. Бубнова)

Введение

Современная медицина, с технической точки зрения, – это необъятное пространство разных инженерных замыслов и идей. Инженеры, как и многие специалисты, трудятся для того, чтобы во многом упрощать человеческую жизнь. Поэтому талантливые люди многих стран объединились для создания самого востребованного проекта, робота-хирурга.

Зачем столько людей тратили свою жизнь, чтобы создать какой-то робот? Ответ очень прост. В период ожесточенных боев, большой радиации внешней среды и сильной антисанитарии нужно было придумать прибор, способный помочь, или хотя бы уменьшить риски инфицирования больных, а так же сократить смертность.

Робот-хирург – это уникальное изобретение человечества, которое спасло уже не одну человеческую жизнь.

Конечно, разработка обрела быструю славу благодаря своим уникальным возможностям, неподвластным человеку. Отсутствие косметического дефекта, минимизация возникновения побочных эффектов, минимальные кровопотери и, конечно же, снижение риска инфицирования – все это безусловные плюсы *Da Vinci*. Но роботы не смогут на 100% заменить ответственную работу врачей.

Что же является нашей задачей, как инженеров медицинского оборудования? Помочь, насколько это возможно, больше упростить жизнь другим специалистам.

Робототехника в хирургии не славится длительной историей. Первый хирургический робот *Unimate Puma 560* был создан в конце 1980-х в Америке. Изначально этот робот являлся большой рукой с двумя когтистыми отростками, которые могли вращаться друг относительно друга. Размах движений – 91,4 см. Робот имел ограниченный спектр движений,

использовался в нейрохирургии для удерживания инструментов при проведении стереотаксической биопсии.

Калифорнийский университет в Дэвисе и исследовательский центр Томаса Дж. Уотсона корпорации IBM в 1986 году начали совместную работу по созданию робота-хирурга. Спустя 6 лет компания *CUREXO Technology Company* на основе результатов этих исследований создала систему помощника хирурга, которая так и называлась - *Robodoc Surgical Assistant System*. К настоящему времени с использованием системы *ROBODOC* проведено около 24 тыс. операций, что показало меньшую травматичность и большую точность в сравнении с операциями, проводимыми вручную высококласными специалистами. Несколько ученых *NASA* в начале 90-х годов 20 века прошли в *Stanford Research Institute*, где они совместными усилиями разработали высокоточный телеманипулятор. Вооруженных сил США сильно заинтересовала работа ученых, поскольку разработка имела возможностью снижения смертности в период боевых действий.

При финансировании Вооруженных сил США был создан проект по созданию первого в мире мобильного госпиталя, оборудованного роботом. В 1994 году компания *Computer Motion* изготовила первого робота-хирурга, получившего сертификат *US FDA - Automated Endoscopic System for Optimal Positioning*. Это была механическая рука, наделенная семью степенями свободы движений и предназначенная для автоматического изменения положения эндоскопа.

Целью проекта являлась незамедлительная помощь раненым солдатам, которых могли прооперировать роботом-хирургом в мобильном госпитале. При этом специалист находился в безопасном месте. *Mobile Advanced Surgical Hospital*.

Животные стали первыми, кто протестировал эту систему. Так или иначе, в период военных действий она не была введена в эксплуатацию. Некоторые из хирургов и инженеров, работающих над хирургическими роботизированными системами для Армии США, в итоге организовали коммерческое предприятие и представили эту технологию хирургическому сообществу. Два годами позже *AESOP* «приобрел» слух и смог выпол-

нять голосовые команды хирурга. Теперь усовершенствованный робот AESOP имел уже три металлические руки. Первая реагирует на голос хирурга. Она оснащена миниатюрной телекамерой, которая посредством крохотных линз, введенных через несколько отверстий длиной около сантиметра, дает возможность врачу наблюдать за операционным полем в трехмерном изображении при десятикратном увеличении. Две другие руки робота, контролируемые врачом с пульта управления, производят хирургические манипуляции специально разработанными крохотными хирургическими инструментами, а именно разрезы тканей и наложение швов.

В 1998 году появился его "дальний родственник" - активный робот *ZEUS*, предназначенный для дистанционной эндоскопической хирургии. Параллельно с *ZEUS* создавалась другая аналогичная система, получившая название *DA VINCI*. Вначале 90-х известная корпорация *SRI International* стала одним из нескольких акцепторов гранта, выставленного на конкурс правительственным агентством, на разработку методов телехирургии. Был создан прототип робота-хирурга, вдохновивший Фредерика Молла в 1995 году учредить компанию *Intuitive Surgical*. Здесь идеи, заложенные *SRI*, эволюционировали и воплотились в то, что сегодня известно как *DA VINCI*.

В принципе, системы *DA VINCI* и *ZEUS* имеют много общего: это активные роботы, управляемые дистанционно со специальной рабочей станции. Первоначально подобная технология разрабатывалась для применения в самых опасных и непредсказуемых ситуациях: военные условия, повышенная радиация или даже для проведения операций в космосе. Однако роботы "прижились" в ведущих современных клиниках, и в настоящее время выполнены уже тысячи операций с использованием *DA VINCI* и *ZEUS*. Именно между этими системами сегодня развернулась основная конкурентная борьба.

Робот Да Винчи

Углубившись в историю создания робота, теперь можно подробнее рассказать вам именно о самой системе *DA VINCI*.

Производится серийно компанией *Intuitive Surgical*. Используется в нескольких сотнях клиник по всему миру. Состоит из двух блоков, первый предназначен для хирурга-оператора, а второй — четырёхрукий робот-манипулятор — является исполнительным устройством.

Одна из «рук» робота держит видеокамеру, передающую изображение оперируемого участка, две другие в режиме реального времени воспроизводят совершаемые хирургом движения, а четвёртая «рука» выполняет функции ассистента хирурга.

Масса аппарата — 0,5 т. Врач-хирург садится за пульт, который даёт возможность видеть оперируемый участок в 3D с многократным увеличением и использует главную консоль со специальным джойстиком, для управления всеми инструментами.

За 2012 год общемировое число операций, выполненных с использованием системы «*da Vinci*» составило порядка 200 тыс., главным образом гистерэктомии и простатэктомии.

За 2015 год было построено более 3 тыс. таких аппаратов. Стоимость системы «*da Vinci*» 2 млн. долл. В США на июль 2014 года клиники располагали 2153 системами робота «*da Vinci*».

В России установлено 25 хирургических систем «*da Vinci*», а именно в городах: Москва, Санкт-Петербург, Ханты-Мансийск, Екатеринбург, Новосибирск, Тюмень, Краснодар, Ростов-на-Дону.

Хирургическая точность робота

Преимущества хирургического робота да Винчи для пациента

Роботизированная система да Винчи имеет следующие преимущества перед другими методами хирургических операций:

- **Безопасность.** Для операции требуется выполнение небольшого разреза – всего 5-12 мм (для сравнения: в традиционной хирургии требуется разрез не менее 10 см);

- Минимальные кровопотери. При оперативном вмешательстве не требуется переливание крови;
- Снижение риска инфицирования;
- Минимальные болевые ощущения в послеоперационный период;
- Минимизация возникновения побочных эффектов;
- Непродолжительный период пребывания в стационаре и восстановительного периода: после операции пациент сможет в течение короткого времени вернуться к нормальной жизни;
- Отсутствие косметического дефекта: после быстрого срастания послеоперационные шрамы становятся практически незаметными.

Преимущества технологии Да Винчи для хирургов

Робот Да Винчи имеет ряд достоинств при проведении операции и для хирургов:

- Высокая точность: механические устройства точно проецируют действия хирурга на острие инструмента;
- Широкий набор движений;
- Легкость доступа к оперируемому органу;
- Полный контроль процесса за счет непрерывной визуальной и тактильной связи с системой;
- Скорость выполнения манипуляций;
- Машинный анализ и фильтрация движений, совершаемых специалистом;
- Четкая картина и высокая степень визуализации участка, на котором проводится операция: на монитор выводится 3D или 2D изображение с высокой детализацией.

Да Винчи является самой надежной и качественной в настоящее время технологией грубых вмешательств в области роботохирургии. Этот инновационный комплекс задействуется для выполнения уникальных операций по спасению жизней. Ведущие клиники Израиля, Германии, США оснащаются этими системами. Аппараты получают распространение и в медицинских учреждениях России.

Описание системы Да Винчи

Панель управления

Консоль хирурга — это центр управления системой *Da Vinci Si*. Специалист, находясь за пределами стерильного поля, управляет трехмерным эндоскопом и инструментами *EndoWrist* при помощи двух регуляторов основных манипуляторов и ножных педалей.

В стереовидеоискателе видно, что концевые инструменты соответствуют положению рук хирурга на регуляторах основных манипуляторов. Такая конструкция имитирует естественное положение рук и инструментов, как это происходит в открытой хирургии. Естественное соотношение помогает оптимизировать координацию "рука-глаз". Это означает, что система *Da Vinci Si* обеспечивает движениям хирурга сноровку, сравнимую с открытой хирургией, но при минимуме инвазивных процедур. Расширение подвижности и уменьшение тремора дает возможность лучше контролировать инструменты, при этом естественное дрожание рук или случайных телодвижений человека сводится к минимуму. Оператор консоли хирурга может также изменять режим просмотра с полноэкранный на многоэкранный (*TilePro™*), позволяющий выводить на экран 3D изображение операционного поля, а также несколько вспомогательных изображений, передаваемых через два дополнительных видеовхода. И, наконец, консоль хирурга оснащена эргономичными регуляторами, приспособленными под самые разные типы человеческой фигуры и обеспечивающими оптимальное удобство при проведении операции.

Ведущие манипуляторы

Регуляторы основных манипуляторов предоставляют хирургу возможность управлять инструментами и эндоскопами во внутренних полостях пациента. Конструкция регуляторов обеспечивает естественный размах движений, а также удобство и эргономичность даже во время длительных процедур.

Оператор консоли хирурга управляет регуляторами основных манипуляторов, держа каждый из них большим и указательным (или средним) пальцем. Оператор активирует инструменты *EndoWrist* и управляет ими,

сводя вместе или разводя большой и указательный пальцы; манипуляции инструментами и эндоскопами во внутренних полостях пациента выполняются движением кистей или рук. Эти движения точно и органично воспроизводятся на стойке пациента, тем самым руки оператора виртуально как бы находятся внутри операционного поля.

Стереовидоискатель

Стереовидоискатель обеспечивает передачу изображений оператору консоли хирурга. Порт обзора эргономичного дизайна снабжен опорой для головы и шеи, что очень удобно, особенно во время длительных операций. Во время работы эндоскопа интегрированные левый и правый видеоканалы стереовидоискателя непрерывно передают хирургу трехмерное видеоизображение, виртуально приближая глаза хирурга к хирургическому полю. На стереовидоискателе также отображаются сообщения и значки, сигнализирующие о состоянии системы *da Vinci Si*.

Сенсорная панель

Сенсорная панель встроена в подлокотник консоли хирурга, она является инструментом выбора различных системных функций.

Левая и правая панели управления

Левая и правая панели управления расположены по сторонам подлокотников консоли хирурга. На левой панели расположены эргономичные регуляторы, а на правой – кнопки *Power* ("Электропитание") и *Emergency Stop* ("Аварийная остановка").

Панель ножного выключателя

На панели ножного выключателя расположены две группы ножных выключателей. Три выключателя предназначены для управления функциями на левой панели управления системы (управление камерой, зажимание манипулятора и переключение манипулятора). Четыре педали с правой стороны панели ножного переключателя управляют подачей питания на устройства, подсоединенные к разъемам *Energy* на основном устройстве. Педали регулятора питания расположены парами слева и справа.

•Управление и фокусировка камеры: нажимая педаль управления камерой, можно переключиться из режима управления манипулятором с помощью инструмента в режим управления манипулятором с помощью камеры (эндоскопа). В режиме камеры движения обоих манипуляторов, производимые хирургом, например приближение, отдаление, движение в противоположные стороны или поворот, преобразуются в движения эндоскопа. Для увеличения изображения нужно приблизить оба манипулятора к себе. Для вращения изображения по часовой стрелке вращайте вместе оба манипулятора по часовой стрелке. Для настройки фокуса, удерживая манипуляторы, повернуть манжетки в нужном направлении.

•Зажимание манипуляторов: при нажатии педали зажима манипулятора управление соответствующими инструментами с помощью манипуляторов прекращается, это позволяет оператору самостоятельно перемещать манипуляторы, в то время как все инструменты остаются неподвижными (при этом нельзя использовать ножную педаль для независимого зажима манипуляторов!). Нажав педаль зажима манипулятора, хирург может изменить положение манипуляторов с целью выбора более удобного положения, а также для восстановления пространства, для маневра манипуляторов, если они выходят за пределы рабочей области. Все инструменты остаются неподвижными, пока хирург снова не восстановит управление, отпустив педаль и выполнив стандартную процедуру калибровки.

•Переключение манипуляторов (нажимная панель слева): переключение управления между двумя направляющими инструмента, относящимися к одному манипулятору.

В каждой паре снизу имеется синяя педаль для управления основным источником питания и желтая педаль сверху для управления дополнительным источником питания.

•Основная педаль (синяя): включает основную функцию инструмента, связанного с педалью (для монополярных инструментов).

•Дополнительная педаль (желтая): включает дополнительную функцию инструмента, связанного с педалью (для монополярных инструментов).

Технология *SmartPedal™*: левые педали для инструментов в левой руке, правые педали для инструментов в правой руке

Технология *SmartPedal*: отражает простую связь педалей с инструментами: левая пара педалей активирует инструмент, связанный с левым ведущим манипулятором, аналогично правая пара педалей активирует инструмент, связанный с правым ведущим манипулятором. Эти автоматические связи для педалей невозможно изменить.

Стойка пациента

Стойка пациента — это рабочий компонент системы *Da Vinci Si*, ее основное назначение — поддержка манипуляторов инструментов и манипулятора камеры.

Оптическое устройство

Эндоскопы

Система изображения высокого разрешения *Da Vinci Si* использует 12-мм или 8,5-мм трехмерный эндоскоп с прямым (0°) или угловым (30°) наконечником. Свет от осветителя направляется вниз по стержню эндоскопа через волоконно-оптические волокна и проецируется в место проведения операции. Излучаемое волоконно-оптическими сигналами тепло позволяет уменьшить эффект затуманивания линз эндоскопа. Полученное эндоскопом видеоизображение места операции отправляется обратно в головку камеры через левый и правый каналы. Головка камеры соединена с элементом управления камеры так же, как и с осветителем.

Головка камеры

Головка трехмерной камеры содержит две видеокамеры высокого разрешения. Одна камера используется для правого светового потока, а другая — для левого. Благодаря применению цифрового масштабирования система изображения высокого разрешения обеспечивает два режима просмотра: широкоэкранный (16:9) и с увеличением.

Примечание. Если во время хирургической процедуры камера используется для выполнения одних и тех же действий, возникает риск повреждения кабеля камеры. Такие повреждения обычно возникают возле головки камеры.

Видеостойка

Видеостойка оснащена сенсорным экраном, который позволяет управлять параметрами системы и просматривать хирургическое изображение.

Выполняемые операции Роботом Да Винчи

Роботом *Da Vinci* оперируются довольно много операций в области кардиологии, урологии, гинекологии, хирургии, офтальмологии.

Перед использованием роботизированного оперативного вмешательства, специалист проводит полное обследование пациента, чтобы определить насколько его состояние здоровья и иные показатели позволяют быть допущенным к данной операции. Это позволяет снизить риски и эффективно вылечить пациента.

Разберем несколько самых распространенных операций с использованием хирургического робота *Da Vinci*.

Стандартная операция на сердце.

Хирургические робот *Da Vinci* делает разрезы небольшой величины (1-2 см) в трех разных местах. Сквозь них вводится эндоскоп, снабженный мощнейшей камерой и манипулятор, оборудованный хирургическими инструментами. Роботизированная система позволяет хирургу выполнять оперативное вмешательство с максимальным комфортом для него самого. Получая на экран привычное объемное изображение, при помощи специальных миниатюрных инструментов, врач не утомляется от кропотливого труда. Кроме того, благодаря внедрению технологии хирургического робота *Da Vinci* стало возможным качественно делать операции даже в тех местах сердца, которые ранее были недоступны в силу недоступности для человеческой руки.

Оперирование рака желудка с применением хирургического робота Да Винчи.

За счет трехмерного проектирования хирургический робот *Da Vinci* позволяет увеличение получаемого изображения в 10-15 раз. Такая детализация помогает хирургам выявить очаги и устранить все раковые клет-

ки и лимфатические узлы, чтобы сохранить нормальную жизнедеятельность других органов за счет минимизирования травм нервных окончаний и кровеносных сосудов. Кроме того, врач получает возможность проводить вмешательство в тех отделах живота, которые не всегда возможно оперировать при открытом типе операций. Это касается также глубоких и труднодоступных мест. Последнее особенно актуально для людей имеющих избыточный вес. У таких пациентов зачастую доступ к органам весьма затруднен. Таким образом, если ранее пациент требовал на восстановление периода в 10-12 дней, то с началом

использования хирургического робота *Da Vinci* оно сократилось до 5-7 дней.

Использование робота Da Vinci в грудной хирургии - лобэктомия легкого при раке легких.

Роботизированная лобэктомия проводится под общим наркозом с применением аппарата искусственной вентиляции легких. Продолжительность хирургического вмешательства зависит от сложности случая. В зависимости от расположения опухоли лобэктомия может быть правосторонней и левосторонней.

Операция проводится через 4 разреза, длиной до 1,5 см на спавшем легком. Для того чтобы предотвратить кровопотерю, используется разделение кровеносных сосудов. Производится осмотр легкого с целью выявления измененных тканей. Затем выполняется разрез, через который извлекают удаленную долю легкого. Удаленную часть легкого обязательно отправляют на гистологическое обследование с целью подтвердить или опровергнуть злокачественность образования. После операции необходимо пребывание на дренажной системе в течение 3 дней. Срок госпитализации после хирургического вмешательства 4-5 дней.

Достоинства системы Да Винчи

Все преимущества можно разделить на 3 группы:

- Улучшенная сноровка, точность и управляемость

1. Да Винчи позволяет транслировать движения рук хирурга в соответствующие микро движения инструментов внутри пациента.

2. Четыре роботизированные руки с инструментами, имеющими семь степеней свободы (больше чем кисть человеческой руки) и изгибающиеся на 90 градусов.

3. Масштабирование движений и подавление тремора.

4. Инструментарий системы Да Винчи, оснащенный системой уменьшения тремора и системой управления движениями, улучшает равноценность владения обеими руками до пределов, недоступных человеку и укорачивает кривую обучения. Расширенный объем движений инструментов улучшает доступ и надежность при операциях в ограниченных пространствах, таких как малый таз, средостение, сердечная сумка.

- Отличная эргономика:

1. Комфортное положение сидя.

Да Винчи - единственная хирургическая система, предназначенная для работы, сидя, что не только более комфортно, но также может давать клинические преимущества вследствие меньшего утомления хирурга. Система Да Винчи дает естественное уравнивание глаз и рук на хирургической консоли, что обеспечивает лучшую эргономику. Так как роботизированные руки системы Да Винчи держат камеру и инструменты на весу, это потенциально уменьшает скручивающий момент на брюшной стенке, травму пациента, необходимость в ассистенции и утомляемость. Наконец, так как роботизированные руки дают дополнительную механическую силу, хирург теперь может оперировать пациентов с выраженным ожирением.

- Безопасность

Система Да Винчи уменьшает риск инфицирования хирургической бригады гепатитом, ВИЧ и т.п.

Недостатки системы Да Винчи

Основными недостатками системы Да Винчи являются:

- Продолжительность настройки оборудования.

- Высокая стоимость (около 3 млн. евро).
- Недостаток квалифицированного медицинского персонала.
- Длительность операции.

Заключение

Универсальный робот-хирург Да Винчи – это не просто разработка американских инженеров 90-х годов, способная двигать руками и ногами, производить иные действия, но и целая роботизированная система, способная спасать человеческие жизни. Многие считают, что наступили времена смены врачей медицинской техникой, то есть роботами. Однако это не так. Какой бы не была уникальна роботизированная система, она полностью работает в режиме подчиня командам хирурга. Инновация Да Винчи состоит в том, что хирург сидит за консолью, а робот повторяет движения хирурга на пациенте. У специалиста есть полное ощущение того, что он находится внутри пациента. Подобных роботов по всему миру около двух тысяч. Пока эти системы работают в режиме «руководитель - подчиненный», то есть робот сам по себе ничего не делает. В нашей стране таких машин 25, три из них работают в Москве, а 2 в Краснодаре.

Таким образом, робот Да Винчи упрощает жизнь многим хирургам и несомненно оказывает влияние в развитии медицины.

Литература

1. Абдюжанов Р. Робот-хирург – гаджет, который не позволит человеку-хирургу ошибаться. Сайт «Свагор». URL: <http://svagor.com/robot-xirurg> (дата обращения 25.09.2017).
2. Технология da Vinci. Сайт «da Vinci. Хирургия» URL: <http://www.robot-davinci.ru> (дата обращения 25.09.2017).
3. Пиковер К. Великая медицина. От знахарей до роботов-хирургов. 250 основных вех в истории медицины. М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2015. – 548 с.
4. Робот-хирург Да Винчи – Устройство робота. Сайт «MedTravel. Лечение за рубежом». URL: <https://medtravel.ru/DaVinciroboticsurgery/RobotsurgeonDaVinciDevicerobot/> (дата обращения 30.09.2017).
5. Егорова Л. Робот-хирург «Да Винчи» удалил раковую опухоль пациенту в Новосибирске. Официальный сайт города Новосибирска. URL:

<http://nsknews.info/materials/robot-khirurg-da-vinchi-udalil-rakovuyu-opukhol-patsientu-v-novosibirske-141195/> (дата обращения 30.09.2017).

6. Робот-хирург «русский Да Винчи» превзошел своего предшественника URL: <http://lekoboz.ru/meditsina/malenkij-rossijskij-robot-prevzoshel-samogo-da-vinchi> (дата обращения 25.09.2017)
7. Российский робот-хирург обставил американский аналог. Сайт «Правда.Ру» URL: <https://www.pravda.ru/news/science/22-09-2017/1349191> (дата обращения 25.09.2017).
8. Шевченко Ю.Л. От Леонардо Да Винчи к роботу «Да Винчи» // Вестник Национального медико-хирургического Центра им. Н.И.Пирогова. - 2012. - Т. 7 № 1. - С. 15-20.

БИОНИЧЕСКИЕ ПРОТЕЗЫ

**А.С. Савилова, М.В. Плеханов, А.А. Насибуллина,
Ю.С. Данилкина, Т.А. Кислюк (ред. О.С. Бубнова)**

В данной работе представлен обзор на бионические протезы. Несмотря на то, что направление кажется совсем новым, и его расцвет еще впереди, протезирование берет свои корни из далекой древности. Во время прочтения статьи вы узнаете о том, когда и кем были созданы первые протезы и как из примитивных устройств, выполняющих исключительно эстетическую функцию, человек усовершенствовал в высокотехнологичные приспособления, способные делать то, что пока нашим «родным» конечностям не под силу.

Целью работы было изучение истории развития, актуальности и перспективы использования бионических протезов.

В результате нам удалось найти нужный материал, создать классификацию и рассмотреть рынок протезов на сегодняшний день на примере одной из крупнейших компаний-разработчиков.

Введение

Бионика – прикладная наука о применении в технических устройствах и системах принципов организации, свойств, функций и структур живой природы, т.е. формы живого в природе и их промышленные аналоги.

В медицине бионика изучает:

- нервную систему человека и других живых организмов;
- принципы ориентации, навигации и локации у различных живых организмов;
- физиологические, биохимические, морфологические особенности живых организмов.

Еще с древних времен человек заменял потерянные конечности искусственными приспособлениями, и на протяжении всей своей последующей истории продолжал совершенствовать протезы и технику их создания. Сегодня протезирование находится на стыке технологий, медицины, программирования и дизайна, вдохновляя специалистов по всему миру к новым разработкам в данной области.

1. Классы протезов

Протезы делятся на четыре класса:

- Первый класс – косметический протез. Такие протезы не выполняют никаких функций, помимо эстетического назначения, и не имеют преимуществ по сравнению со средневековыми протезами-предшественниками;
- Второй класс – тяговые протезы. Их кисти могут сжиматься и разжиматься за счет, например, движений лучезапястного или локтевого сустава оставшейся части руки. Эти движения руководят механическим натяжением нитей, приводящих «пальцы» в действие. Такая кисть может только сжимать и разжимать кулак. Они отличаются быстродействием и неплохой надежностью.
- Третий класс – механические протезы. Управляются мышечной активностью. Как правило, выполнены из металла, имеют большую прочность, работают только на сжатие и разжатие. Механические протезы выглядят, как косметические, обладают функциональностью тяговых и питаются от аккумулятора, размещенном на протезе.
- Четвертый класс – бионические протезы, в которых каждый палец управляется отдельным мотором — это дает большее преимущество в плане манипуляций с предметами. Система управления бионической кистью такая же, как и у механической, на основе сжатия и разжатия – поэтому сложны в использовании. Для облегчения использования добавляют какие-либо внешние переключатели — рычажки на протезе или приложения на смартфоне.

2. История протезирования

2.1. Древний мир и античность

Первые известные исторической науке функциональные протезы появились около 5 тыс. лет назад в Древнем Египте.

В эпоху династии фараона Джосера в конце XXVII века до н.э. для некоторого высокопоставленного египтянина изготовили протез правой руки, остатки которого до сих пор хранятся в каирском музее. Их обнаружи-

ли в 2001 году на раскопках в Саккаре – древнейшем некрополе африканского государства.

Устройство крепилось к телу системой кожаных ремней, причем некоторые из них управляли функциями протеза. Например, поворотами тазовища в разные стороны можно было открывать и закрывать кисть, а сгиб левого колена вызывал сгиб локтя.

Другим примером мастерства древнеегипетских протезистов считается деревянный палец ноги, крепившийся к стопе широкой кожаной муфтой (рис. 1). Изготовили его около 3 тыс. лет назад. Делая опору на этот палец, древний египтянин мог сохранять устойчивость при ходьбе. Современные ученые доказали это на добровольцах с похожими травмами – данный протез помогал распределять вес тела при шаге.



Рис. 1

Протезы упоминаются в трудах античных авторов. Например, историк Плиний писал о римском полководце, потерявшем руку на Пунической войне (II век до н.э). Военачальнику изготовили металлическую руку, в которой он мог нести щит. [1]

2.2. Средние века

Активное использование протезов начинается в Средневековье.

Самым знаменитым протезом того времени стала железная рука немецкого рыцаря Геца фон Берлихигена, созданная в 1509 году неизвест-

ным кузнецом-оружейником. Протез состоял из кисти с предплечьями и имел вид латной перчатки (рис. 2). Пальцы можно было сгибать, фиксировать в любом положении, так как они состояли из пружин и храповиков. Также на ладони была кнопка, которая при нажатии разжимала и выпрямляла пальцы. Благодаря этому изобретению рыцарь мог не только держать в руке меч, но и, возможно, удерживать перо. [1]



Рис. 2.

2.3. Новое время

К началу XIX века протезирование начало формироваться в отдельную отрасль медицинской науки. Это произошло из-за появления антисептиков, так как раньше из-за заражения и кровопотери большое количество людей погибало.

В 1860 году в Парижской академии наук граф Буфор продемонстрировал механическую руку упрощенной конструкции. Протез оказался не только легким в производстве, но и достаточно дешевым, поэтому выдавался нуждающимся за счёт средств благотворительных фондов. Таким образом, протезирование внедрялось в массы. Теперь не только состоя-

тельные и богатые могли себе это позволить, но и люди другого социального положения. [1]

2.4. Развитие в России

В России 1-й механический протез (рис 3.) в 1791 году изготовил именитый изобретатель Иван Кулибин. Он создал искусственно ногу для поручика артиллерии Сергея Непейцына, лишившегося конечности выше колена при штурме крепости Очаков в процессе Русско-турецкой войны.



Протез ниже колена конструкции Кулибина.

Рис 3. Чертеж протеза, изготовленного И.П. Кулибиным

Конструкция оказалась настолько успешной, что Непейцын сумел даже танцевать на балах. В результате «механическая нога» Кулибина так и не вошла в массовое создание, т.к. чертежи протеза ушли в руки французов, продавших изобретение Наполеону во время войны 1812 года. Только

под конец XIX столетия протезирование возникло как ветвь и начало интенсивно развиваться в России.

В 1883 году в Санкт-Петербурге открылся Мариинский приют для людей с ограниченными возможностями, где они начали получать протезы рук с рабочими приспособлениями. Впоследствии при нем появилась школа-мастерская, где они учились протезному делу. В 1919 году на базе Мариинского приюта открылся Петроградский университет протезирования, главой которого стал доктор Герман Альбрехт – основатель русского протезирования и изобретатель первых в отечественной практике функциональных протезов верхних конечностей для тех, кто утратил обе руки по плечи. В послевоенные годы техникумы и научные университеты продолжили разработку протезов, употребляя новые наработки и научные сведения ученых. Тяжелые сделанные из досок выточки начали заменять на больше легкие конструкции из алюминиевых трубок, полиэтилена и слоистых пластиков. После Второй мировой войны СССР и немецкое государство стали передовыми странами в области разработки протезов конечностей. [1]

3. Протезирование в наши дни

Развитие протезно-ортопедической отрасли в России не остановилось и продолжается по сей день на той же научно-образовательной базе, что и ранее, несмотря на отставание от западных конкурентов. Тем не менее, оно вбирает международный инновационный опыт, который привносят молодые инженеры.

За последние 5 лет в мире появилось много компаний, занимающихся разработкой бионических протезов. В основном фокус делается на удешевление конструкции устройства, которого можно добиться, например, с помощью технологии 3D-печати (рис. 4).

Каждый протез в зависимости человека, которому он принадлежит, имеет индивидуальные особенности. Это уровень ампутации, вес, рост, род занятий, особенности походки и мелких движений, возраст и многое другое. Используются самообучающиеся модули, что позволяет протезу

«подстроиться» под человека. Самообучающийся модуль, оснащенный встроенным искусственным интеллектом, запоминает особенности походки и маршрута движения. Модуль «учит» не только ширину шага и нагрузку на конечность, но и запоминает количество и высоту ступеней, выбоин и ямок на пути. Модули копируют действия мозга, подготавливающего шаг или другое движение. [1]



Рис. 4. Напечатанный на 3D-принтере протез

4. Обзор бионических рук компании RSLSteeper

Рассмотрим состояние отрасли бионических протезов в мире на примере разработок компании RSLSteeper.

Компания RSL Steeper занимается протезированием уже более 90 лет. Она известна широкой общественности благодаря линейке бионических рук BeBionic.

Первая версия протеза вышла на рынок в 2010 году в Германии. Протез имел четыре функциональных хвата. Большой палец выполняет роль «переключателя» между их группами.

Вторая версия руки BeBionic получила интересный дизайн и большее количество хватов. Появился специальный хват для компьютерной мыши

— разработчики предусмотрели даже двойной клик. Специальные сенсоры позволяют руке подстраиваться под форму объекта в руке пользователя.

Третья версия, BeBionic 3, появилась в 2012 году.

BeBionic Small на 30% меньше по размеру, чем BeBionic 3, и весит бионическая рука 390 граммов. На кончиках пальцев руки есть подушечки для работы с мелкими предметами.

Каждый палец руки имеет собственный мотор, расположенный так, чтобы уравновесить само устройство. Микропроцессор следит за положением каждого пальца. Всего есть 14 хватов для ежедневных дел. Пользователь может контролировать скорость и силу хвата, чтобы, например, не разбить яйцо или не сломать одноразовый стаканчик.

В руке имеется функция «автозахвата» – если процессор понимает, что предмет вот-вот выпадет из протеза, он автоматически усиливает хват.

Облегчить протез позволяют материалы, а именно алюминиевые детали и углепластиковый корпус BeBionic. При этом BeBionic 3 выдерживает нагрузку до 45 килограммов. Благодаря беспроводной передаче данных разработчикам удалось добавить функцию, позволяющую руке крутиться на 360 градусов. [2]

5. Текущие разработки

На сегодняшний день идёт создание систем обратной связи - от вибрационной тактильной обратной связи до искусственной кожи, совмещенной с нервной системой человека. Это отдельная отрасль разработок, которая несомненно важна для мелких манипуляций со сложными объектами, например, хрупкими или мягкими. Без ответной реакции протез, как восстанавливающее устройство, не будет полностью заменять утраченную конечность. Следует уточнить, что, как правило, разработка ответной реакции, разработка улучшенной механики протеза и тем более модернизирование системы управления бионическими протезами ведутся отдельно.

Во всем мире стремительно развивается бионическое протезирование. Создание легкого в управлении протеза, доступного для населения, который можно использовать без сложного устройства и тяжелого обучения - это важнейшие цели в развитии этой отрасли. К сожалению, в настоящее время такой продукт не создан, а потребность в его использовании растёт из года в год. Именно эти системы управления будут продвигать развитие экзоскелетов, управляемых небольшими мышечными усилиями. [3]

6. Протез, управляемый мысленно

В Копенгагене на пресс-конференции миру была представлена новая разработка от производителей протезов Ossur. Это устройство давало возможность человеку управлять своим протезом с помощью мысли. Благодаря технологии, называющейся MyoElectric Sensor (IMES), человек может управлять протезом Proprio Foot почти так же, как и собственной конечностью. Из описания работы протеза следует понять, что управление идёт на уровне рефлексов.

Одним из важных плюсов является полное отсутствие задержки, как в работе с другими бионическими протезами. Хирургическое вмешательство при этом минимально: хирургу требуется около 15 минут на внедрение в остаток конечности сенсора (обычно же операция присоединения протеза занимает часы), и протез уже можно присоединять (он не соединяется ни с нервами, ни с мышцами). Беспроводные сенсоры передают сигнал, полученный от нервной системы протезу, который сразу же включается в работу. [5]

7. Принцип работы простейшего бионического протеза

Очевидно, после ампутации оставшаяся культя состоит из множества тканей: кожи, мышц, костей, сосудов и нервов. Во время операции хирург выводит сохранившийся двигательный нерв на остающуюся крупную мышцу. После заживления операционной раны нерв может передавать двигательный сигнал. При попытках пациента шевельнуть частью тела

проходит нервный импульс, способствующий перемене электронного биопотенциала мышцы, улавливаемого подцепленным к травмированной конечности датчиком протеза. Имплант "оживает" при помощи микро-движка, после того как датчик передает ему сигнал. Это показывает, что человеческий мозг всецело руководит протезом. В процессе восприятия нервного импульса участвует сложная компьютерная программа. [4]

Поэтому бионический протез может выполнять только те действия, которые прописаны в этой программе: например, взять ложку, вилку или шарик, нажать клавишу и т.п. Однако даже самые лучшие и совершенные бионические протезы пока не могут выполнить всех тех мелких и точных движений, на которые способна живая конечность. [6]

8. Стоимость бионических протезов

По данным московского протезно-реабилитационного центра стоимость бионических протезов составляет от 1 000 000 руб. до 3 000 000 руб. [7]

На сегодняшний день высокая стоимость протезов в наши дни обусловлена отсутствием спроса и, несмотря на увеличение количества разработок и исследовательских центров, низкой конкуренцией на рынке. [8]

Заключение

Изучив данную тему, можно заметить, что на протяжении 5 тыс. лет шел эволюционный процесс в области бионики. Благодаря техническому прогрессу появляются протезы, которыми можно управлять на уровне мыслей. Это большой шаг в области медицинских технологий. На данный момент в мире начинает создаваться конкуренция в создании более функционального протеза из качественного материала. Также, изучается экономическая сторона вопроса для возможности обеспечения пациентов различного социального положения. В любом случае, направление является перспективным, и в ближайшие десятилетия будет развиваться с ещё большей скоростью.

Литература

1. Ширшова Л. От подпорки до кибертела: история и будущее протезов [Электронный ресурс] <https://newtonew.com/tech/ot-podporki-do-kibertela-istoriya-i-budushchee-protezoв>
2. Сычев И. Обзор рынка бионических рук на 2016 год: что можно купить в России [Электронный ресурс] <https://habr.com/post/395115/>
3. Жванский Е. Не опускайте рук: почему бионические протезы не становятся доступнее? [Электронный ресурс] <http://www.forbes.ru/tehnologii/345329-ne-opuskayte-ruk-pochemu-bionicheskie-protezy-ne-stanovyatsya-dostupnee>
4. Бионические протезы [Электронный ресурс] <https://clinic-md.ru/новости/травмотология/протезы/бионические-протезы>
5. Агаджанов М. Бионический протез Ossur управляет мыслью [Электронный ресурс] <https://habr.com/post/379741/>
6. Небога Л. Бионический протез: устройство, установка, принцип работы. Бионические протезы конечностей [Электронный ресурс] <http://fb.ru/article/196231/bionicheskiy-protez-ustroystvo-ustanovka-printsip-raboty-bionicheskie-protezy-konechnostey>
7. Московский протезно-реабилитационный центр [Электронный ресурс] <http://www.rusmedserv.com/prostheticsextremities/Moscowprostheticrehabilitationcenter/>
8. Сычев И. Бионические руки: история, будущее и реальность [Электронный ресурс] <https://habr.com/post/394579/>

ЛАЗЕРНАЯ КОРРЕКЦИЯ ЗРЕНИЯ

**Н.И. Исакова, А.С. Ильченко, В.А. Сарибекян, М.Ю. Жмуров,
И.Б. Суд, Л.А. Суслина (ред. П.В. Глушенков)**

Лазерная коррекция является наиболее эффективным современным методом улучшения зрения. Луч лазера направляется на роговицу глаза и изменяет ее форму. В результате сетчатка глаза приобретает способность нормально фокусировать изображение, что способствует общему улучшению зрения. В современном мире все больше людей выбирают именно такой метод коррекции, ведь подобные операции проводятся весьма успешно уже более 25 лет, при этом одна операция имеет максимально короткий срок проведения, безопасна, а пациент не нуждается в госпитализации.

Введение

Лазерная коррекция зрения (ЛКЗ) является хирургической операцией, направленной на исправление нарушений рефракции: гиперметропии (дальнозоркости), астигматизма и миопии (близорукости). Нормальная сила преломления роговицы составляет ± 43 диоптрии, что занимает около 80% от оптической силы глаза (58-60 диоптрий), из этого следует, что меняя кривизну роговицы, можно скорректировать рефракционные патологии. В основе методов лазерной коррекции зрения лежит видоизменение формы и преломляющей силы, т.е. рефракции роговицы так, чтобы световые лучи могли фокусироваться ровно на поверхности сетчатки, а не перед ней, как это происходит при близорукости, или за ней, что соответствует дальнозоркости.

1. История создания и развития лазерной коррекции

Стоит упомянуть, что офтальмология выделилась как самостоятельная специальность в Германии в 1857 году, когда образовалось немецкое общество офтальмологов. К примеру, в США, до 50-х годов XX века это носило название «секция офтальмологии» и принадлежало департаменту общей хирургии.

С. Н. Фёдоров из СССР, японский офтальмолог Сато и Роуси из США в

80-х годах пришли к некоторым выводам. Сперва они пробовали нагревать роговицу глаза до необходимой стадии деформации и наблюдали, что случится с оптикой пациента. Роговица остывала, пациент успокаивался, зрение восстанавливалось, но через некоторое время эффект пропадал. Таким образом ветку признали неудачной, и хирурги принялись за разрезы. Точнее, настоящая польза появилась тогда, когда они начали делать насечки на роговице. Идея изначально принадлежала Сато, но его результаты имели плохие прогнозы.

Сато сперва делал насечки изнутри наверх, получая доступ к внутренней области роговицы глаза и прорезал через нижний слой роговицы - эндотелий. Этот слой, как ожидалось, не имел способности к регенерации, роговицы становились мутными. Затем академик С. Н. Фёдоров в 1972 году публикует систематизированный научный труд, где описывает методы проведения операции и механику разнообразных разрезов. До этой публикации в сфере все делалось лишь по ощущениям и собственному небогатому опыту офтальмолога. Никто не был профессионально знаком с архитектурой глаза. С. Н. Фёдоров дал операции название «радиальная кератотомия». Изначально она приобрела популярность в СССР и США, а позднее также в Латинской Америке. Вскоре появляется версия Линдстрема — так называемая мини-РКТ (компьютерная рентгеновская томография), менее инвазивная, т.е. связанная с проникновением через естественные внешние барьеры организма. Сам способ нанесения насечек менялся не столь значительно: теория С. Н. Фёдорова неплохо работала, только инструменты стали несколько точнее — алмазные скальпели пришли на смену металлическим.

Через 10 лет вышло первое десятилетнее исследование по РКТ Джорджа Ворринга Третьего, которому удалось показать, что РКТ хорошо работает, но неизбежна гиперметропизация: пациенты со временем приобретают дальнозоркость.

Вскоре появляется первый инфракрасный эксимерный лазер. Принято считать, что впервые он был использован Стивом Торкелем,

который смог приспособить промышленный лазер в медицине. После замены металлического скальпеля алмазным, последний он также заменил на лазерный с еще более высокой точностью. Этот скальпель, по сути, использовался вручную с помощью лазерного станка.

Затем при испытаниях выяснилось, что на специальных направляющих лазер позволяет добиваться максимально высокой точности в отличие от ручного реза.

Так можно ознаменовать начало эпохи автоматизации операций рефракционной хирургии.

Уязвимое место обнаружили в том, что эксимерные лазеры нагревали роговицу, и та быстро зарастала в местах надрезов. Принцип работы радиальной коррекции состоит в том, что, при надрезе, выпаривании и изъятии части коллагеновых волокон из роговицы, ослабляется ее механика. После этого роговица проседает посередине и смыкается.

Доктор Маргуерит Макдональд провела в 1985-м операцию, называющуюся фоторефрактивной кератэктомией или ФРК. Она использовала лазер скорее как шлифовальный инструмент (согласно методике Сринивазана и Бренена, которая была описана в 1983-м, но не была опробована). На операции пациенту «стачивали» часть роговицы, а в её центре выпарили большое количество ткани, дальше к краям — чуть меньше. Получалось, что линза, образованная роговицей, меняла свои оптические свойства.

Массовое производство лазеров началось лишь в 90-х, а потом довольно быстро расширилось. С тех пор методы ФРК не сильно поменялись — и сегодня эта методика жива, но выполняется она более современными устройствами и широкими зонами абляции, менее травматично.

2. Физиологические основы

2.1. Что нужно знать про роговицу?

В методике коррекции зрения действует такой же принцип:

эксимерный лазер испаряет по чёткому алгоритму часть роговицы (фотохимическая абляция). В итоге меняется ее сила преломления и лучи света фокусируются на поверхности сетчатки.

ФРК и Ласик – единственные две методики лазерной коррекции зрения. Для того чтобы различить техники их использования, необходимо знать несколько понятий из анатомии роговицы.

Роговица (рис. 1) – это передняя часть глазного яблока, одна из оптических сред глаза. Сила преломления оптической системы глаза составляет примерно 60 дптр, при этом на роговицу в норме приходится примерно 42-44 диоптрий. Средняя толщина роговицы составляет около 0,5 мм в центре и примерно 1,0 мм на периферии. Она состоит из 5 слоев: эпителий, боуменова мембрана, строма, десцеметова оболочка, эндотелий. До 90% толщины всей роговицы составляет строма роговицы. В ходе лазерной коррекции именно эта часть подвергается основным воздействиям. Лазер испаряет часть стромы, и из-за этого меняется оптическая сила роговицы (рис. 2).

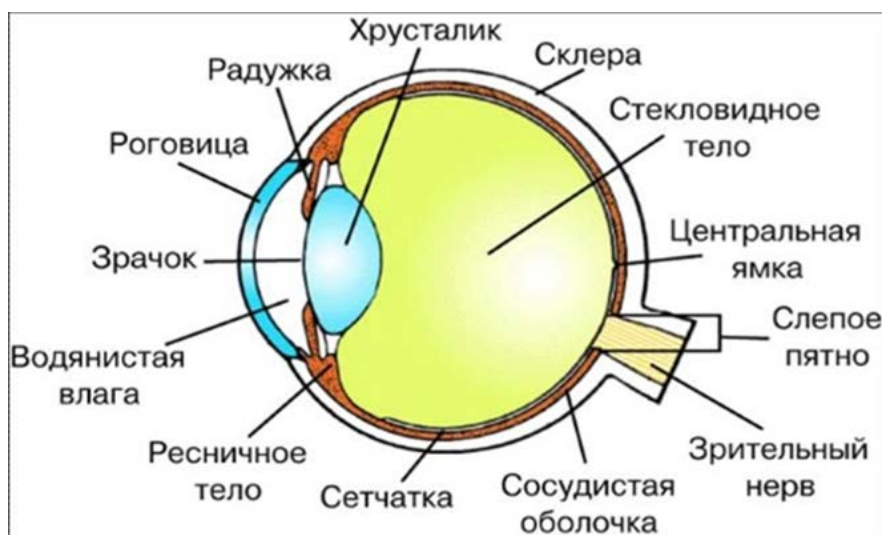


Рис. 1

При коррекции методом ФРК удаляется эпителий с участка на котором будет сконцентрировано лазерное воздействие, для открытия доступа к строме. Верхняя часть стромы и боуменова мембрана испаряются под действием эксимерный лазера. Через некоторое время

эпителиальный слой восстановится, но этого не произойдёт с боуеновой мембраной. Следует сказать, что функция боуеновой мембраны не выяснена. Некоторые офтальмологи придерживаются мнения, что её удаление при высоких степенях близорукости, дальнозоркости, астигматизма и некоторых возрастных изменениях может привести к дополнительным осложнениям во время восстановительного периода.

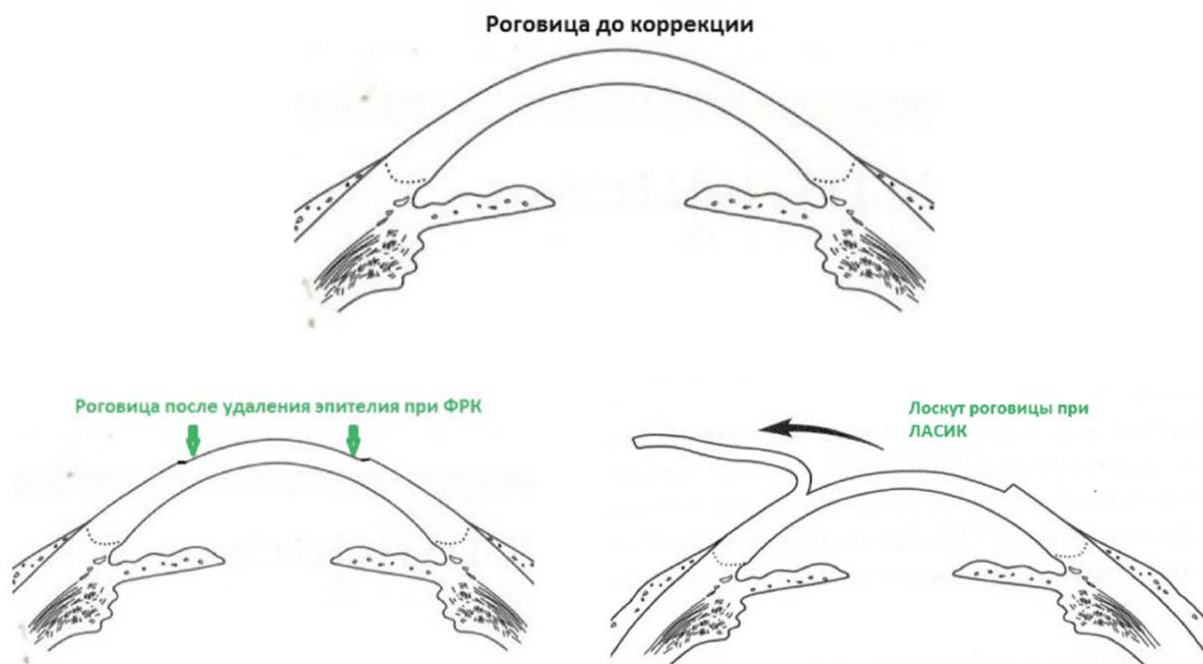


Рис. 2

При коррекции методом Ласик с помощью микрокератома или лазера формируется роговичный лоскут, состоящий из эпителия, боуеновой мембраны и части стромы. Его отгибают вбок на время работы лазера. Лоскут остаётся прикреплённым к роговице тонкой ножкой, что впоследствии даёт возможность правильно расположить его на прежнем месте.

Немаловажно, что при Ласик, в отличие от ФРК, не уничтожается боуенова мембрана, что позволяет сохранить послойную структуру роговицы.

Каждая из технологий коррекции имеет свои ограничения. Например, при коррекции гиперметропии и астигматизма по методу ФРК риск

осложнений выше, чем при использовании Ласик [4], но ФРК применяют в случае, если у пациента недостаточная толщина сетчатки для коррекции другим методом или в случае значительной неровности сетчатки.

3. Физические основы

3.1. Виды лазерной коррекции и границы применения

- Лазерный кератомилез (LASIK, ЛАСИК)

Операция по лазерной коррекции зрения по методике Ласик впервые была проведена в 1989 году, является наиболее популярной и длится около 12 минут.

Сначала при помощи механического микрокератома почти полностью отделяются верхние слои роговицы и образуется роговичный лоскут. Затем лоскут отворачивается и при помощи эксимерного лазера изменяется форма роговицы. Воздействие эксимерного лазера производится малыми импульсами, испаряющими порядка тысячной доли миллиметра за раз. В конце роговичный лоскут укладывают на место.

Границы применения методики ЛАСИК: миопия -15,0 D, миопический астигматизм - 6,0 D, гиперметропия +6,0 D, гиперметропический астигматизм +6,0 D.

- Фемтолазерное сопровождение коррекции зрения (Femto LASIK, Фемто-ЛАСИК)

При использовании в ходе операции лазерной коррекции зрения фемтосекундного лазера, процедура становится максимально щадящей и практически бесконтактной.

Впервые лазерная коррекция с фемтолазерным сопровождением была проведена в 2003 году. По этой технологии роговичный лоскут формируется при помощи луча фемтосекундного лазера, а не механического микрокератома. По-другому эту методику можно назвать «Полностью лазерный ЛАСИК» («All Laser LASIK»). Влияние фемтосекундного лазера помогает получать высокие показатели остроты зрения, а также и яркости, контрастности, зрения в сумеречное время суток. Кроме этого, внедрение такой технологии помогло приобрести возможность проводить лазерную

коррекцию пациентам, которым раньше была противопоказана процедура из-за особого строения роговицы. Коррекции зрения с фемтолазерным сопровождением присущи следующие преимущества: щадящее высокоточное воздействие, качественно новые характеристики четкости и контрастности зрения и минимальное время реабилитации. Границы применения методики Фемто-ЛАСИК: миопия -15,0 D, миопический астигматизм -6,0 D, гиперметропия +6,0 D, гиперметропический астигматизм +6,0 D.

- Персонализированное сопровождение лазерной коррекции зрения (Custom Vue, Super-LASIK, Супер-ЛАСИК)

Методика коррекции зрения с персонализированным сопровождением Custom Vue отвечает высоким стандартам офтальмохирургии. Этот метод отличается тем, что с его помощью можно точно откорректировать форму роговицы на основании данных, полученных с помощью aberрометрического анализа (учитываются все искажения в глазу человека). Также автоматически определяется степень и влияние этих недостатков на зрение человека, после чего создается форма, максимально исправляющая эти изъяны. По вышеназванным данным и проводится лазерная коррекция.

Границы применения методики Супер-ЛАСИК с технологией персонализированного сопровождения Custom Vue: миопия -15,0 D, миопический астигматизм - 6,0 D, гиперметропия +6,0 D, гиперметропический астигматизм +6,0 D.

Лазерный эпителиальный кератомилез (LASEK, ЛАСЕК) Методика ЛАСЕК – модификация фоторефракционной кератэктомии (ФРК) – используется с 1999 года. Сейчас проводится только по мед. показаниям. В ходе процедуры, выполняемой по методике ЛАСЕК, приподнимается эпителий, который служит в качестве роговичного лоскута. Возможно повреждение нервных окончаний эпителиального слоя, что может привести к болезненным ощущениям в реабилитационном периоде. В течение восстановительного периода (4-5 дней после операции) пациент носит специальную защитную контактную линзу. Границы применения: миопия – 8,0 D, миопический астигматизм - 4,0 D, гиперметропия +4,0 D, ги-

перметропический

астигматизм

+4,0

D.

3.2. Оборудование для проведения лазерной коррекции зрения

- Эксимерный лазер VISX STAR S4IR™

Это прекрасный инструмент для коррекции зрения широкому кругу пациентов. Уникальные технологии VSS Refractive™ (изменения диаметра лазерного луча) и VRR (изменяемая частота следования импульсов) заметно снижают тепловое воздействие на роговицу. Это помогает проходить операции быстро, эффективно и безопасно. Лазерная установка VISXStarS4IR™ особенна тем, что при ее помощи возможно проведение коррекции пациентам с различными осложненными формами близорукости, дальнозоркости и аберрациями (искажениями) поверхности роговицы. Новый подход, который используется в работе прибора, позволяет получить в результате коррекции поверхность роговицы, максимально компенсирующую все искажения оптической системы глаза.

Операция, которая произведена на установке VISXStarS4IR™, показывает невероятный результат даже в сложных случаях, низкой вероятностью послеоперационных осложнений и минимальным реабилитационным периодом.

- Аберрометр Wave Scan

Аберрометр Wave Scan и эксимерная лазерная установка VISX STAR S4IR™ работают совместно при проведении коррекции зрения по методу СУПЕР ЛАСИК.

Аберрометр нужен для моделирования поверхности роговицы, при которой полностью компенсируются изъяны оптической системы глаза. Он вносит индивидуальные показатели пациента на специальный диск в лазерном комплексе. И, уже ориентируясь на полученные данные, врач производит лазерную коррекцию зрения.

Совместное использование эксимерного лазера и аберрометра Wave Scan позволяет добиться высокой точности результатов, и провести процедуру лазерной коррекции комфортно для пациента, насколько это

возможно.

- Микрокератом Med-Logics 7

Микрокератом – необходимый инструмент для хирурга при выполнении лазерной коррекции зрения. Он используется для получения лоскута из поверхностных слоев роговицы, после чего врач может приступать к работе над более глубокими структурами уже с помощью лазера [7].

Головка микротомы сконструирована таким образом, что контакт с ресницами и веками полностью исключен. Прибор работает бесшумно – это уменьшает стрессовое воздействие во время операции.

4. Современное состояние

4.1. Преимущества лазерной коррекции

Главное из преимуществ – возможность улучшить зрение при любой из большинства патологий. Пациент после такой процедуры может больше не носить очки или контактные линзы, что значительно облегчает жизнь. В ходе операции не используется общий наркоз. Глаза пациента перед началом лазерной коррекции закапывают специальными обезболивающими каплями. В результате человек ничего не ощущает в процессе. Вся процедура не занимает более минуты. Из-за различных способов проведения лазерной коррекции, а также в зависимости от индивидуальных особенностей человека, сроки восстановления варьируются.

Весь процесс контролируется компьютером, поэтому страха перед операцией быть не должно[3]. Любая из выбранных врачом методик исключает неточность в работе, ведь сила воздействия лазера и его глубина задаются специальной программой.

4.2. Риск осложнений

Когда возможно проведение коррекции?

- По достижению совершеннолетия (пациентам младшего возраста такую процедуру не проводят по причине незаконченного формирования глазного яблока);

- В возрасте до 40-45 лет (это обусловлено началом возрастных изменений глаза – пресбиопией, которые на настоящий момент не лечатся с помощью лазерной коррекции);

- При отсутствии у пациента заболеваний сетчатки и роговицы;

- При подтверждении стабилизации зрения в течение последних 12 месяцев (для гарантии положительного длительного результата после проведения коррекции).

Противопоказания к лазерной коррекции

- При недостаточной толщине роговицы для проведения коррекции (этот показатель определяется врачом во время диагностики).

- При наличии хронических заболеваний роговицы и болезней, связанных со снижением иммунитета.

- При инфекционных болезнях глаз.

- При соматических тяжелых заболеваниях.

- Во время беременности (из-за повышенного гормонального фона в организме пациенток).

- При наличии кардиостимулятора в теле пациента.

Основные осложнения

Одно из самых ужасных осложнений любой коррекции кроме ФРК — кератоэктазия (когда роговица выпячивается). В результате операции это может случиться из-за существенного нарушения биомеханики глаза — как правило, либо из-за неполной диагностики, либо из-за сюрприза, который средства диагностики врача не смогли выявить. В ранних стадиях кератотонуса ФРК выравнивает поверхность.

Другим очень серьезным осложнением является отслоившийся лоскут после LASIK, femtoLASIK или FLEX. У LASIK, к сожалению, показатели самые низкие, у них суммарный риск разных побочных эффектов составляет почти 6%, и даже при этом в стране до сих пор делают много таких операций. Лоскутный метод коррекции не даёт возможности заниматься контактными видами спорта. Смысл в том, что при применении данного метода лечения «крышка» «откидывается» для создания линзы внутри роговицы, а затем закрывается обратно. С глазом

«крышку» связывает тонкая «перемычка-петля» и выросший на ней слой эпителия. Лоскут не может прирасти обратно, поэтому он держится, не открываясь, исключительно с помощью поверхностного эпителия.

Вопреки распространённому мифу, расположенная поверх роговицы боуменова мембрана (она уничтожается при ФРК и сильно травмируется при femtoLASIK-методах лечения) не защищает от механических повреждений ударного типа. Но при этом она компенсирует давление внутри глаза, обеспечивая стабильность «медленного» типа. Теперь поговорим о гало-эффекте — это нимб вокруг источников света ночью. Он может появиться после любой лазерной коррекции. Он зависит от величины зоны коррекции по отношению к зрачку. Обычная зона коррекции составляет 7 миллиметров. В полной темноте зрачок может расширяться до 8 миллиметров. Раньше зоны коррекции вообще составляли всего по 4-5 миллиметров. Вторая причина возникновения нимба (является более актуальной для операций, проводимых в наше время) — это насколько плоская у вас роговица в центре. Центр роговицы должен возвышаться, то есть иметь по центру больше диоптрий, чем по краям. Настоящий профессионал рассчитывает профиль для лазерного реза так, что роговица уплощается по большой зоне.

Кератит также является серьёзной, но, к счастью, уже обратимой проблемой. Кератит – это воспаление роговицы. Чаще всего оно происходит из-за занесенной инфекции. Кератит протекает в три стадии – во второй обычно прописывают кортизон и лечение на усмотрение врача, а в третьей – обязательной процедурой является полоскание кармана, чтобы избежать его необратимого рубцевания. Поэтому после операции врачи наблюдают за пациентом еще в течение нескольких недель.

5. Перспективы развития

На данный момент технология SMILE дошла до уровня, на котором сейчас находятся LASIK и Femto-LASIK, в области лечения близорукости и астигматизма. В наше время существуют научные группы, занимающиеся разработкой применения технологии SMILE для лечения дальнозоркости.

Заключение

В целом, лазерная коррекция зрения является одной из самых современных хирургической операций с применением новейших лазерных технологий, совершенствование которых идёт и по сей день. Мы надеемся, что после прочтения этой статьи у вас не осталось сомнений по поводу данной операции. Лазерная коррекция зрения – это быстрая, безопасная и безболезненная операция, которая избавляет людей от близорукости, дальнозоркости и астигматизма.

Литература

1. Куренков В.В. Руководство по эксимерлазерной хирургии. – М., 2002.
2. Гиббс А.Р. Лазерная коррекция зрения. - М.: Изд-во Эксмо, 2009.
3. Лазерная коррекция зрения: описание и последствия [Электронный ресурс] http://rosmeddv.ru/lechenie_profilaktika/lazernaya-korreksiya-zreniya-opisanie-i-posledstviya/ (дата обращения 24.09.2017)
4. Большой FAQ про разные виды коррекции зрения [Электронный ресурс] https://m.geektimes.ru/company/klinika_shilovoy/blog/291829/ (дата обращения 24.09.2017)
5. Лазерная коррекция зрения [Электронный ресурс] <http://www.vseoglazah.ru/vision-correction/laser-eye-surgery/> (дата обращения 24.09.2017)
6. ЛАСИК (лазерный кератомилез) [Электронный ресурс] <https://www.excimerclinic.ru/laser-correction/lasik/> (дата обращения 24.09.2017)
7. Оборудование для лазерной коррекции зрения [Электронный ресурс] <https://www.excimerclinic.ru/laser-correction/equipment/> (дата обращения 24.09.2017)

МАГНИТНО-РЕЗОНАНСНАЯ ТОМОГРАФИЯ

**М.А. Тимофеева, П.В. Курманова, П.Д. Соловьёва,
Е.В. Красикова, А.В. Григорьева (ред. П.В. Глушенков)**

Данная статья целиком посвящена магнитно-резонансной томографии как методу исследования патологий организма. Упор сделан на феномен ядерного магнитного резонанса, лежащего в основе МРТ, описана история его открытия, а также разные способы применения в медицине. Население чаще всего интересуется в неизвестном ему методе только отдельными аспектами – например, безопасностью и точностью, поэтому значительная часть статьи отведена под них. Кроме того, в статье затронута тема перспектив развития магнитно-резонансной томографии.

Введение

Каждый человек в наши дни хоть что-то да знает о методах медицинского исследования. Кто не слышал о рентгене, УЗИ, анализах крови и других субстанций человеческого, и не только, организма? И каждый слышавший о них по-своему представляет себе эти методы, по-своему их оценивает на основе своего и чужого опыта.

Всего пятьдесят лет назад для визуализации проблем организма на вооружении медицины был только рентген. Этот метод диагностики далеко не безопасен, кроме того – он не является методом «тонкой» диагностики, и порой его результаты дают недостоверную картину при начальных стадиях болезни или незначительных изменениях в анатомии. Многие болезни просто невозможно точно определить с помощью одних лишь анализов и рентгена. Как следствие – неверно поставленный диагноз, неправильное лечение и далее по списку. Появление КТ значительно улучшило положение, но поскольку в КТ тоже используются рентгеновские лучи, она также не может быть полностью безопасной и точной. Именно поэтому на ней тоже не стали останавливаться – и создали МРТ.

Давайте рассмотрим МРТ как метод медицинского обследования.

1. История МРТ

Метод, результатом которого являются томографические изображения для исследования медиками внутренних органов и тканей человека с помощью ядер магнитного резонанса, называется магнитно-резонансной томографией (МРТ). Способ основан на измерении отклика электромагнитных ядер атомов водорода, а именно – на возбуждении их электромагнитными волнами в постоянном магнитном поле высокой напряжённости. 1973 год – официальная дата основания МРТ. Тогда профессор химии и радиологии Университета штата Нью-Йорк Пол Лотербур опубликовал в научном журнале «Nature» свою статью. [1]

Однако томография начала зарождаться еще задолго до этой статьи. В 1946 году двое ученых, а именно Феликс Блох из Стэнфордского университета и Ричард Пурселл из Гарварда, независимо открыли физическое явление, которое основано на магнитных свойствах атомных ядер некоторых элементов таблицы Менделеева. Они установили, что ядра, которые находятся в магнитном поле, поглощают энергию и в последствии испускают ее при переходе к их первоначальному состоянию. Это явление было названо ядерно-магнитным резонансом. В чем же смысл такого названия? Часть слова «ядерный» указывает на способность взаимодействия ядер и поля, «магнитный» связано с ориентацией магнитных моментов под действием постоянного магнитного поля, слово «резонанс» говорит о нерушимой связанности и неразрывности данных параметров.

В следующие два десятилетия до семидесятых годов прошлого века теория ЯМР развивалась, и эффект ядерно-магнитного резонанса использовался как в химии, так и физике для молекулярного анализа. В 1972 году были проведены первые клинические испытания компьютерного томографа, который основан на воздействии на организм рентгеновским излучением. Так дата испытания компьютерного томографа стала важным этапом в истории развития МРТ.

Вернемся к 1973 году как к году, когда П. Лотербур опубликовал свою статью, в которой он представил изображения объектов, полученные по спектрам магнитного резонанса протонов воды из этих объектов. Дан-

ная работа легла в основу метода МРТ и стала основой дальнейших исследований. Любопытен тот факт, что в статье Лотербур указал факт, что клетки злокачественных опухолей отличаются от клеток нормальной ткани характеристикой получаемого сигнала, однако Лотербур на свое открытие патент не получил. Так принцип МРТ стал использоваться для определения различного рода опухолей и злокачественных образований в организме без такого вмешательства. [2]

Позже доктор Питер Мэнсфилд усовершенствовал математические алгоритмы получения изображения, за что вместе с П. Лотербуром был удостоен Нобелевской премии в 2003 году в области медицины и физиологии за вклад в изобретение и развитие МРТ. В создании МРТ свою лепту внес и ученый Реймонд Дамадьян, который является одним из первых исследователей принципа томографии и создателем первого коммерческого сканера. Первый МРТ-аппарат был создан и испытан Дамадьяном с двумя его помощниками – Майклом Голдсмитом и Ларри Минковым в 1977 году.

В 1975 году Ричард Эрнст предложил проведение МРТ с применением частотного и фазового кодирования – именно тот метод, который существует и в настоящее время. Пятью годами позже Эдельштейн с сотрудниками продемонстрировали изображение организма человека при помощи МРТ. Для получения одного снимка им требовалось около пяти минут.

В 1978 восьмом году Думоулин усовершенствовал метод МРТ-ангиографии, которая показывала отображение кровотока без применения контрастирующих веществ. Затем, годом позже, был представлен метод так называемой планарной томографии, которая применялась для визуализации участков головного мозга, ответственных за двигательную и мыслительную функции. [3]

Что касается науки в СССР, устройство и способ для ЯМР-исследования предложил В.А. Иванов в 1960 году. В последствии термин был переименован в МРТ из-за страха людей ко всему ядерном после аварии на Чернобыльской АЭС. [1]

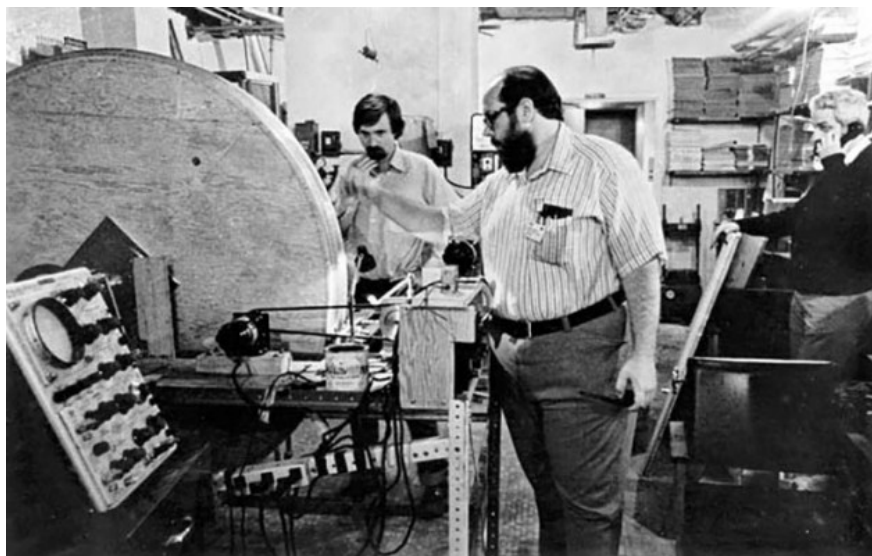


Рис. 1. Пол Лотербур у прототипа МРТ. 1971 год.

2. Физические основы МРТ

Для проведения ЯМР (ядерно-магнитный резонанс) исследования объект помещают в мощное, статическое и однородное (в заданном пространстве) магнитное поле, которое создает внутри тканей изображаемого объекта макроскопическую ядерную намагниченность.

В ЯМР-томографии регистрация сигнала происходит от резонирующих ядер, имеющих как спин, так и магнитный момент. Такими ядрами являются, например, водород ^1H , ^2H ; углерод ^{13}C ; азот ^{14}N ; фтор ^{19}F ; натрий ^{23}Na ; фосфор ^{31}P .

Чаще всего в МРТ используются протоны водорода ^1H , потому что они имеют высокую чувствительность к МР сигналу и их естественное содержание в биологических тканях высоко, так как организм человека на 80% состоит из воды, 90% которой составляет простейшая структура – молекулы водорода ^1H . Ядро водорода (т.е. сам протон) имеет важные свойства, такие, как электрический заряд и спин.

Ядро также имеет магнитное поле, которое взаимодействует с внешним магнитным полем B_0 . При помещении протона в поле B_0 система находится либо в низкоэнергетическом (магнитный момент направлен параллельно B_0), либо в высокоэнергетическом состоянии (магнитный момент антипараллелен B_0). В состоянии равновесия большее количество

спинов будет находиться в состоянии с меньшей (N+), нежели большей энергией (N-).

Вне сильного магнитного поля эти спины ориентированы хаотично. Попадая под действие сильного магнитного поля, которое составляет основу магнитно-резонансной томографической установки, они выстраиваются вдоль основного магнитного вектора B_0 . Возникающая при этом продольная намагниченность спинов будет максимальной. [4]

После этого подается мощный радиочастотный импульс определенной резонансной частоты, близкой к частоте Лармора. Он заставляет все протоны перестраиваться перпендикулярно основному магнитному вектору B_0 и совершать синхронное вращение, вызывая таким образом ядерный резонанс.

Продольная намагниченность становится равной нулю, но возникает поперечная намагниченность, так как все спины направлены перпендикулярно основному магнитному вектору B_0 .

Под влиянием основного магнитного вектора B_0 спины постепенно возвращаются к исходному состоянию. Это процесс называется релаксацией. Поперечная намагниченность уменьшается, а продольная увеличивается.

После подачи радиочастотного импульса все протоны вращаются синхронно (в одной фазе). Затем из-за небольшой неоднородности магнитного поля спины, вращаясь с разной частотой (частотой Лармора), начинают вращаться в разных фазах. Другая частота резонанса позволяет «привязать» тот или иной протон к конкретному месту в исследуемом объекте.

Время релаксации наступает приблизительно в момент начала расфазировки протонов, которая происходит из-за неомогенности внешнего магнитного поля и наличия локальных магнитных полей внутри исследуемых тканей, т. е. когда спины начинают вращаться в разных фазах. Время, за которое вектор намагниченности уменьшится до 37% первичного значения, называют временем спин-спиновой релаксации.

Эти изменения намагниченности считаются многократно для каждой точки исследуемого объекта и в зависимости от начала измерения МР-сигнала, характерного для разных импульсных последовательностей, мы получаем различно взвешенные изображения.

В МРТ радиочастотные импульсы подаются в различных комбинациях, называемых импульсными последовательностями. Они позволяют добиваться различной контрастности мягкотканых структур и применять специальные методики исследования.

За принцип этой диагностической процедуры взят феномен ЯМР, при помощи которого можно получить послойное изображение органов и тканей организма. [5]

Ядерно-магнитный резонанс – это физическое явление, которое заключается в особенных свойствах ядер атомов. При помощи импульса радиочастотной природы в электромагнитном поле в виде особого сигнала излучается энергия. Компьютер отображает и запечатлевает эту энергию.

ЯМР дает возможность все знать об организме человека из-за насыщенности последнего атомами водорода и магнитных свойств тканей организма. Установить, где находится тот или иной атом водорода, можно благодаря векторному направлению протонных параметров, которые делятся на две расположенные по разные стороны фазы, а также их зависимости от магнитного момента.

При помещении ядра атома во внешнее магнитное поле, момент магнитной природы направится в противоположную сторону от магнитного момента поля. Когда на определенный участок организма воздействует электромагнитное излучение с той или иной частотой, некоторые протоны изменяют свое направление, но затем все снова возвращается на круги своя. На этом этапе при помощи специальной системы в компьютере производится сбор данных, полученных с томографа, регистрируются несколько «расслабленных» ядер атома.

На сегодняшний день МРТ – единственный метод лучевой диагностики, который может дать наиболее точные данные о состоянии орга-

низма человека, метаболизме, строении и физиологических процессах в тканях и органах.

Во время исследования создаются снимки отдельных участков организма. Органы и ткани отображаются в разных проекциях, что дает возможность увидеть их в разрезе. После врачебной оценки таких снимков можно сделать достаточно точные выводы об их состоянии.

Прибор выглядит как тоннельная труба с выдвижным столом, на котором и размещают пациента. Работает он благодаря взаимодействию магнитного поля и радиоволн.

Обследуемый участок окружают радиочастотные датчики, считывающие сигналы и передающие их на компьютер. Полученные данные обрабатываются на компьютере, вследствие чего и получается точное изображение. Эти снимки записывают на пленку либо на диск.

В результате получается не снимок на подобие рентгеновского, а точное изображение необходимого участка в нескольких плоскостях. Можно посмотреть мягкие ткани в различных разрезах, при этом костная ткань не отображается, а значит – и мешать не будет.

При помощи этой методики можно визуализировать сосудистое русло, органы, различные ткани тела, нервные волокна, связочный аппарата и мышцы. Можно оценить скорость движения крови, измерить температуру любого органа.

МРТ бывает с применением контрастного вещества или без него. Контраст делает аппаратуру более чувствительной. [6]

3. Виды МРТ

1. МР-диффузия — неразрушающая методика визуализации в медицине, которая применяется в МРТ, для измерения количества диффузии молекул воды в биологических тканях. Имеет важное значение в построении трёхмерных моделей головного мозга и мышечных тканей. В 1975 году было получено первое изображение, сделанное методом магнитно-резонансной томографии. Сейчас для получения таких изображений применяют импульсные последовательности «спиновое эхо». Далее строят

карты для количественной оценки свойств диффузии. На картах цвет каждого из пикселей соответствует измеряемому коэффициенту диффузии. Чаще всего МР-диффузию применяют в исследовании головного мозга, потому что благодаря этому методу выявляется ишемический инфаркт на самых ранних стадиях, а это позволяет частично или полностью восстановить кровоток в пораженных мозговых тканях. Благодаря снимкам, которые получились методом диффузионной МРТ, мы имеем доступ к важной информации при дифференциальной диагностике новообразований мозга человека, отёчных образований. Снимки способствуют обеспечению данных о наличии или отсутствии кист и их производных.

2. Перфузионной магнитно-резонансной томографией называется метод, который используется для оценки перфузии, когда она проходит через болюс контраста. К тому же этот метод позволяет исследовать не только количество крови, но и время, за которое она проходит. Высокая способность разрешения – главное преимущество МР-перфузии, так же важны: чувствительность в оценке микроциркуляции крови в тканях, минимальная инвазивность, минимальное время сканирования. Специальные характеристики, которые указывают на объемный и скоростной приток крови, проницаемость стенок сосудов, активность венозного оттока позволяют разделять здоровые и патологически изменённые ткани. Данная методика даёт нам возможность выявить степень ишемии головного мозга и других органов.

3. МР-спектроскопия – метод проведения исследования на магнитно-резонансном томографе, который помогает определять при начальных стадиях развития различных болезней биологические и химические изменения тканей. Процессы обмена веществ отображают спектры, которые называются магнитно-резонансными. Так как нарушения данных процессов происходят еще до клинических проявлений болезни, магнитно-резонансная спектроскопия даёт возможность диагностировать заболевания на самых первых этапах развития. На данный момент эта методика является единственным способом, чтобы неинвазивно провести исследование метаболизма в различных анатомических областях.

4. МР-ангиография – изучение артерий головного мозга с помощью МРТ. Данный метод лучевой диагностики высоко информативен и безопасен, с его помощью можно локально оценить анатомические и функциональные особенности кровеносного русла. Это исследование позволяет заранее подготовить специальное лечение, благодаря чему способно улучшить вероятность прохождения лечения патологического процесса. На основании данных МР-ангиографии проводится планирование оперативного вмешательства на сосудах. МРТ сосудов головного мозга (ангиография) выявляет микроинсульты и аневризмы, сосудистые разветвления, в особенности патологические, так же ишемические и геморрагические инсульты, опухоли мозга человека. МР-ангиографию артерий (сонных и позвоночных) зачастую проводят при диагностическом поиске причин недостаточности кровообращения в мозгу. Данное исследование помогает более точно определить степень поражения и сужения сосуда, что благоприятно влияет на определение тактики лечения. Томографическое исследование глубоких вен шейного отдела позволяет обозначить тромбоз глубоких вен. МР-венография глубоких вен шеи помогает диагностировать особенный строения и аномалии развития, артериовенозные шунты, характер кровотока.

5. Функциональная МР-томография – метод МРТ, который проводится с целью измерения гемодинамических реакций. Данные реакции вызваны активными нейронами спинного или головного мозга. Данная методика основывается на том, что кровоток в головном мозг человека и нейронная активность взаимодействуют между собой. Сегодня функциональная томография представляет собой один из самых развивающихся видов нейровизуализации. Уже с начала девяностых годов функциональная МРТ стала доминировать в области визуализации процессов головного мозга, благодаря отсутствию воздействия радиации, низкой инвазивности и достаточно широкой доступности.

6. МР-томография с вертикализацией. Цель исследования заключается в том, что сначала проводится традиционное магнитно-резонансное исследование позвоночника в горизонтальном положении, а

затем производится вертикализация (подъём) пациента вместе со столом томографа и магнитом. Так как на позвоночник начинает действовать сила тяжести, направленная вниз, а соседние позвонки смещаются относительно друг друга, грыжа межпозвонкового диска становится выраженной значительно. В частности, этот метод исследования применяется нейрохирургами для определения нестабильности позвоночника с целью обеспечения максимально надежной фиксации.

7. МРТ-термометрия – методика, которая основывается на получении резонанса исследуемого объекта в зависимости от его протонов водорода. Данные об абсолютной температуре тканей даёт разница резонансных частот. Изменение частот испускаемых радиоволн происходит в зависимости от повышения и понижения температуры исследуемых тканей. Этот метод увеличивает информативность МРТ исследований. Он позволяет увеличить эффективность назначаемых лечебных процедур, которые основываются на селективном нагревании тканей. Существует так же локальное нагревание тканей, которое используется в лечении опухолей различного происхождения. [1, 4, 7]

4. Влияние МРТ на человека

Сам процесс исследования совершенно безболезнен. Вмешательство радиоволн и магнитного поля в свой организм никак не ощущается. Зато ощущается множество различных специфических для данной процедуры звуков: различных сигналов, постукиваний, разных шумов. В некоторых клиниках выдают специальные беруши, чтобы пациента не раздражали эти звуки.

Нужно учесть один немаловажный нюанс. Во время процедуры пациента помещают внутрь томографа, который представляет собой тоннелеобразный магнит. Есть люди, которые боятся закрытых пространств. Страх этот может быть различной интенсивности – от небольшого беспокойства до паники. В некоторых лечебных учреждениях есть открытые томографы для таких категорий пациентов. Если же такого томографа нет,

то нужно рассказать о своих проблемах доктору, он назначит успокоительное перед исследованием.

Без магнитно-резонансной томографии не обойтись при диагностике таких состояний, как:

- многие недуги воспалительного характера, например, мочеполовых органов;
- нарушения головного и спинного мозга (патологии нервной системы, гипофиза);
- опухоли, как доброкачественные, так и злокачественные. Этот единственный метод, который предоставляет самые точные данные о метастазах, позволяет видеть даже самые мелкие, которые при других исследованиях незаметны. Помогает выяснить, уменьшаются ли они после проведенной терапии или, наоборот, увеличиваются;
- патологии сердечной и сосудистой систем (сосудистые нарушения, пороки сердца);
- травмы органов и мягких тканей;
- для определения эффективности проведенного оперативного лечения, химиотерапии и лучей;
- инфекционные процессы в суставах и костях. [7, 8]

Поскольку в основе этого метода лежит воздействие на человека сильного магнитного поля, а его негативное влияние наукой не выявлено, то МРТ считают безопасным и очень информативным визуализирующим методом исследования. Вреда от МРТ не возникает даже при необходимости неоднократного повторения обследования через короткие интервалы времени.

Исследование дает возможность получить точные и достоверные данные о строении, размерах, форме тканей и органов. Иногда МРТ является единственной возможностью выявить серьезный недуг в начальной стадии, к сожалению, эффективность процедуры недостаточно высока при диагностике костной ткани и нарушениях функции суставов. Но светила медицины смогли и здесь найти выход: если сопоставить данные МРТ и КТ

(компьютерной томографии), можно получить вполне достоверные и информативные данные.

5. Преимущества и недостатки МРТ

Среди преимуществ данной методики исследования отмечают:

- методика не вызывает боли или каких-нибудь неприятных ощущений, кроме звуков, которые издает аппарат при работе;
- нет никакого вредного радиоактивного излучения, которое присутствует, к примеру, при рентгенологических методах;
- после процедуры получаются изображения высокого качества, контрастные вещества не причиняют таких побочных эффектов, как при рентгеновском исследовании;
- не нужна никакая специальная подготовка;
- возможно раннее выявление ишемических изменений;
- возможность неинвазивной диагностики артериальных аневризм, артерио-венозных мальформаций и артерио-синусных соустьей;
- исследование является самым информативным и точным среди других, известных ныне.

К недостаткам МРТ относят:

- более продолжительное время исследования;
- позднее выявление гематом;
- невозможность исследования при наличии металлических имплантов (гемостатические клипсы, кардиостимуляторы, искусственные клапаны);
- сложность обеспечения искусственной вентиляции легких и использования инфузионных насосов (необходимость использования специальной аппаратуры);
- большое влияние движений больного на качество изображений;
- невозможность исследования при наличии клаустрофобии.[9]

Противопоказания при использовании МРТ.

К абсолютным противопоказаниям относят:

- если у пациента есть вживленный кардиостимулятор;
- электромагнитные имплантанты в среднем ухе;
- различные имплантанты металлического или ферромагнитного происхождения.

го происхождения.

К относительным противопоказаниям относят:

- заболевания сердца, печени и почек в стадии декомпенсации;
- почечная недостаточность;
- клаустрофобия, беспокойство в закрытых пространствах;
- беременность в первом триместре. [8]

6. Современное состояние МРТ

На данный момент МРТ влияет на решения в большинстве направлений медицины: онкологии, травматологии, кардиологии, хирургии, нефрологии, ортопедии, маммологии, нейрохирургии, радиологии и прочих областях. Достоинство МРТ объясняется не только содержательностью, но и тем, что обследование не вызывает побочных эффектов, является полностью безболезненной процедурой, может выполняться с использованием контрастного препарата, который не вызывает привыкания и в большинстве случаев аллергических реакций.

В современной клинической практике используются томографы различной разрешающей способности, которая определяется напряженностью создаваемого магнитного поля. Наиболее приемлемыми являются высокопольные и сверхвысокопольные аппараты напряженностью от 1,5 Тл и выше. Как выглядят томографы в наши дни, можно увидеть на рис. 2, 3 и 4.

С помощью такого оборудования можно обнаруживать минимальные по размерам нарушения (опухолевые очаги, участки рассеянного склероза, артерио-венозные мальформации, аневризмы, пр.), выполнять обследование в различных плоскостях, получать 3-D изображения для

анализа взаимного расположения структур организма. Своевременность и точность диагностики делает магнитно-резонансную томографию незаменимой и эффективной для постановки диагноза, и назначения терапии.



Рис. 2. МР-томограф закрытого типа (т. н. «труба»).



Рис. 3. МР-томограф открытого типа.

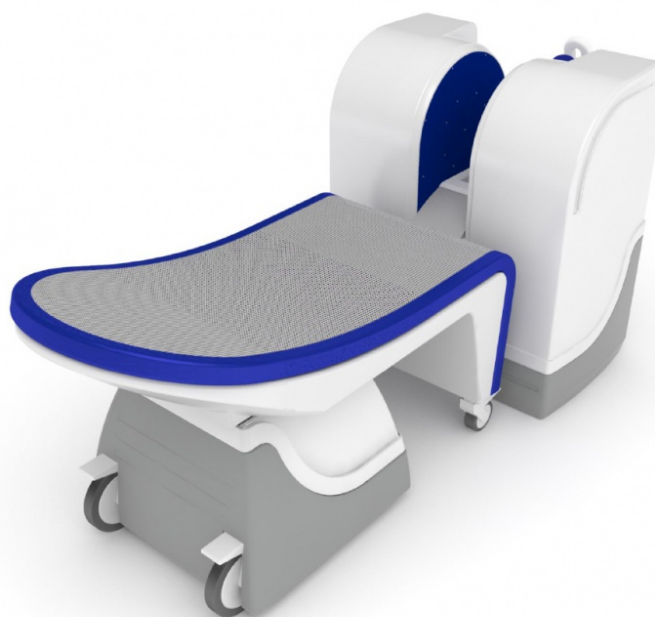


Рис. 4. МР-томограф открытого типа для конечностей

МРТ быстро развилась за последние годы и теперь является ключевым этапом диагностики в главных сердечных центрах при работе с пациентами, страдающими сердечно-сосудистыми заболеваниями. В наше время самые распространенные жалобы к врачу-специалисту связаны с кардиомиопатией, артериальной (некоронарной) ангиографией, врожденным пороком сердца и исследованием ишемии, жизнеспособности и образования инфаркта.

Значение МРТ в диагностике кардиомиопатии стремительно выросло за последние 5 лет, клинически оценена возможность изображения миокардиального внутритканевого расстройства с высокой разрешающей способностью при применении отображения накопления гадолиния Gd. Патологоанатомы расценивают этот метод как "патологию живого организма", так как многие детали могут теперь быть найдены при жизни, а не (как прежде) только после смерти человека. Считается, что миокардиальный фиброз – итог ряда патологий.

Помимо этого, проведена параллель между наличием и увеличением фиброза с будущими клиническими симптомами, основательные изучения в этой области могут привести к существенным переменам в кли-

нической практике в будущем. Роль МРТ в ИБС тоже увеличивается, но с меньшими темпами.

Такая ситуация сложилась из-за трех основных причин: стандартные методы хорошо клинически закреплены; есть лимит пригодности специализированных сканеров МРТ, экспертизы МРТ; требуются публикации больших мультицентральных клинических исследований с анализом результатов. Как было сказано выше, единичный случай - использование накопления Gd для распознавания образования инфаркта. Этот современный способ с высокой разрешающей способностью расширил знания об образовании инфаркта и жизнеспособности, потому что круговое и трансмуральное распространение некроза и рубца впервые может быть диагностировано у человека при его жизни. [10]

7. Перспективы развития МРТ

Ученые продолжают работу по поиску новых направлений использования МРТ. В частности, изучается метод МРТ-термометрии, который предполагается использовать для повышения эффективности лучевой терапии и лекарств. Научный прогресс внес колоссальные изменения в технологии получения изображений человеческого тела. Прежде всего это связано с совершенствованием детекторов — радиочастотных каналов и катушек в МРТ, пьезокристаллов в датчиках ультразвуковых приборов, детекторных систем рентгеновских аппаратов и компьютерных томографов. Появляются новые технологии в лучевой диагностике.

Сегодня трехмерные отображения данных медицинской визуализации получили широкое применение. С помощью компьютерной томографии впервые стало возможным создавать трехмерные изображения внутренних органов. Но сейчас трехмерная визуализация возможна с помощью и рентгенографии, и МРТ, и УЗИ, и ангиографии, и радионуклидных методов.

Активное использование компьютеров в лучевой диагностике привело к росту числа программ для полуавтоматического и автоматического распознавания.

Эксперты медицины говорят о том, что, как в случае МРТ или Х-лучей, со дня на день следует ожидать очередного «прорыва» в лучевой диагностике, к которому приведет появление уникального метода визуализации, основанного на принципиально новом физическом принципе. Однако чаще всего новый виток в развитии радиологии происходит в результате совершенствования «старого» метода диагностики. Например, сегодня важную роль стали играть комбинированные системы. Так, ПЭТ системы постепенно вытесняются комбинацией ПЭТ/КТ. За счёт наложения изображений, такие устройства сочетают в себе высокую чувствительность позитронно-эмиссионной томографии и разрешающую способность компьютерной томографии.

Прогресс в МР-томографии осуществляется в области разработки новых программ и аппаратного обеспечения, увеличивающих скорость получения изображений и повышение пространственного разрешения. Новые программы и конструкции матричных радиочастотных катушек дали возможность реализовать одновременный сбор данных от нескольких областей тела, в результате чего значительно сокращается время исследования. Появилась возможность выполнения МРТ в реальном масштабе времени, особенно актуального для исследований сердечно-сосудистой системы, исследований всего тела, исследований, требующих задержки дыхания. Параллельно идёт поиск новых органоспецифичных контрастных средств и веществ, специфичных для различных опухолевых процессов. Вероятнее всего они будут состоять из комплекса — контрастное вещество и агента, тропного к опухолевой ткани. Вероятно, разработка новых контрастных препаратов позволит проводить МРТ диагностику на совершенно ином уровне, по специфичности позволит МРТ конкурировать с ПЭТ.

Существует мнение, что следующим шагом в лучевой диагностике будет развитие так называемой молекулярной диагностики, когда станет возможным очень раннее выявление заболеваний на основе обнаружения поражённых клеток или молекул. Теоретически эта цель может быть реализована с помощью радионуклидных методов (таких как позитронно-

эмиссионная томография) и новейших методик МРТ. Так помощью МРТ-микроскопии специалистам исследовательского подразделения IBM удалось задействовать приемы магнитно-резонансной визуализации для исследований на наноуровне. Впервые с помощью MRI удалось визуализировать объекты наномасштаба.

Распространенное мнение о том, что современные методы лучевой диагностики являются «эффективными, но слишком дорогими» ошибочно. Появление новых технологий и методов исследования радикально изменило подходы к последовательности применения методов диагностики. Все реже используется многоступенчатая схема «от простого — к сложному». Наиболее целесообразным оказывается применение одного-двух наиболее эффективных диагностических методов. Высокая клиническая значимость МРТ определяет продолжающееся бурное развитие и распространение метода терапии раковых опухолей путем локального нагревания пораженных участков ткани. [11, 12]

Заключение

Итак, МРТ является самым молодым методом неинвазивного обследования. В последние годы МРТ стала популярным методом формирования послойных изображений внутренней структуры органов. Это не случайно, ведь метод МРТ прошел стремительный поэтапный цикл развития, начиная со дня открытия. Сегодня почти каждая больница или клиника для диагностики патологий имеет один или несколько магнитно-резонансных сканеров, позволяющих получать более точные и четкие изображения внутренних органов.

В настоящее время метод магнитно-резонансной томографии продолжает активно развиваться.

Литература

1. [Электрон. ресурс] https://ru.wikipedia.org/wiki/Магнитно-резонансная_томография (дата обращения 21.09.2017)
2. [Электрон. ресурс] http://mrt-kt.ru/stati/istoriya_mrt (дата обращения 23.10.2017)

3. [Электрон. ресурс] <http://evmhistory.ru/medicina/mrt.html> (дата обращения 25.10.2017)
4. Труфанов Г. Е. МРТ- и КТ-анатомия головного мозга и позвоночника. 2-е издание, ЭЛБИ СПб 2009.
5. Хорнак Дж. П. Основы МРТ, 2-е издание, 2005.
6. [Электрон. ресурс] <http://headinsider.info/1x78c.html> (дата обращения 20.10.2017)
7. Уэстбрук К., Каут Рот К., Тэлбот Д. Магнитно-резонансная томография. Практическое руководство. 2-е издание (Электронное), перевод с 3-го английского издания д-ра биол. наук, профессора И.В. Филипповича, под редакцией д-ра мед. наук Ж.В. Шейх, С. М.Горбунова. М.: БИНОМ Лаборатория знаний, 2013.
8. Байбаков С. Е., Власов Е. А. Атлас нормальной анатомии магнитно-резонансной и компьютерной томографии головного мозга. Учебное пособие. СПб Спецлит, 2005.
9. [Электрон. ресурс] <http://ezsalon.ru/sepsis/metod-magnitno-rezonansnoj-tomografii.html> (дата обращения 19.10.2017)
10. [Электрон. ресурс] <http://www.klinikantm.ru/articles/stati-pro-mrt> (дата обращения 24.10.2017)
11. [Электрон. ресурс] <http://medbe.ru/materials/diagnostika-i-simptomy-ssz/perspektivy-razvitiya-magnitno-rezonansnoj-tomografii/> (дата обращения 20.10.2017)
12. [Электрон. ресурс] <http://www.mrt-serpuhov.ru/perspektivy-mrt/> (дата обращения 03.11.2017)

УЛЬТРАЗВУКОВЫЕ ДИАГНОСТИЧЕСКИЕ ПРИБОРЫ

А.Д. Феоктистов, Д.В. Бердага, М.Д. Чащин,
Д.И. Левченков, Е.С. Герасимов (ред. А.А. Конго)

Введение

Ультразвуковые диагностические (УЗД) аппараты – тип устройств, применяющихся для неинвазивного исследования внутренних органов человеческого тела с помощью ультразвука. УЗД является высокоинформативным средством диагностики, широко распространенным в современной медицине. По данным экспертов из Великобритании УЗД оборудование занимает 25% мирового рынка медицинских технологий. [4]

В 1880 году братья Кюри обнаружили пьезоэлектрический эффект, возникающий в кварцевом кристалле при механическом воздействии, а спустя 2 года был сгенерирован и обратный пьезоэффект. Это открытие легло в основу создания из пьезоэлементов преобразователя ультразвука – главного компонента любого УЗ оборудования.

Попытки поставить ультразвук на службу медицине относятся к 30-м годам XX века. Его свойства начали применять в физиотерапии.

Опыты, начавшиеся в 40-е годы, были направлены на использование УЗ волн в качестве инструмента диагностики новообразований. Успехов в исследованиях достиг венский психоневролог Дюссик, который в 1947 году предоставил метод названный гиперсонографией. Именно этот ученый считается одним из родоначальников современной УЗ диагностики.

Ультразвук

«Ультразвук – упругие колебания физической среды с частотой более 20 кГц, не слышимые человеком; используются с диагностическими и лечебными целями» [7].

Человек стал использовать ультразвук в своих целях сравнительно недавно. Так, в настоящее время УЗ успешно применяется для очистки твердых тел в моющих жидкостях, при котором в жидкость вводятся ульт-

тразвуковые колебания, что значительно ускоряет процесс очистки, а также повышает его качество.

В медицине ультразвук нашел повсеместное применение во многих областях медицины, но наибольшее распространение получил в диагностике. Это объясняется рядом преимуществ, перед другими методами визуализации, основные из которых следует перечислить:

- Высокая диагностическая информативность
- Способность оценивать динамические характеристики движущихся структур
- Безвредность обследования для пациента и врача

Допплеровский эффект

Допплеровский эффект - изменение частоты колебаний или длины волн, воспринимаемых наблюдателем (приёмником колебаний), вследствие движения источника волн и наблюдателя относительно друг друга. [8]

Эффект Доплера легко наблюдать на практике, когда мимо наблюдателя проезжает машина с включённой сиреной. Предположим, сирена издаёт какой-то определённый тон, и он не меняется. Когда машина не движется относительно наблюдателя, тогда он слышит именно тот тон, который издаёт сирена. Но если машина будет приближаться к наблюдателю, то частота звуковых волн увеличится (а длина уменьшится), и наблюдатель услышит более высокий тон, чем на самом деле издаёт сирена. В случае, когда машина будет уже отдаляться, а не приближаться наблюдатель услышит более низкий тон, вследствие меньшей частоты (и, соответственно, большей длины) звуковых волн.

В УЗД аппаратах исследование с помощью Допплеровского эффекта называется Допплеровским картированием. Оно позволяет оценить скорость кровотока, просвет и размеры сосудов, толщину их стенок и т.д.

Сравнение результатов доплеровского картирования обследуемого, с показателями здорового человека позволяет судить о наличии или от-

сутствии у обследуемого таких заболеваний как: тромбоз, варикоз, аневризма конечностей, судорога и т.д.

Физические основы ультразвуковой диагностики

Физической основой УЗИ является открытый в 1881 г. братьями Кюри пьезоэлектрический эффект.

Сущность пьезоэлектрического эффекта заключается в том, что при деформации монокристаллов некоторых химических соединений (кварца, титана-та бария, сернистого кадмия и др.), в частности, под воздействием ультразвуковых волн, на поверхностях этих кристаллов возникают противоположные по знаку электрические заряды. Наоборот, при подаче на эти монокристаллы переменного электрического заряда в них возникают механические колебания с излучением ультразвуковых волн. Таким образом, один и тот же пьезоэлемент может быть попеременно то приемником, то источником ультразвуковых волн. Эта часть в ультразвуковых аппаратах называется акустическим преобразователем, трансдюсером или датчиком. [2]

Электрический сигнал, подаваемый на электроды пьезоэлемента или снимаемый с них, может обрабатываться аналогово-цифровыми системами для изменения характеристик (частоты, и интенсивности) ультразвуковой волны.

Ультразвуковые волны обладают определенными свойствами, которые позволяют их использовать для диагностики:

- Прямолинейное распространение - позволяет получать изображение объекта без искажений, при сохранении их линейных размеров и формы.
- По-разному отражаются от границ различных плотностей как наружных контуров биологических тканей, так и их внутренней структуры – способны предоставить определенную информацию о внутреннем строении и работе органов.
- Способность фокусироваться.

Распространение ультразвуковых волн определяется скоростью, частотой и энергией излучения.

При этом, чем выше частота (соответственно меньше длина волны), тем выше разрешающая способность ультразвукового аппарата, т.е. способность увидеть более мелкие детали на изображении. С другой стороны – чем выше частота, тем меньше проникающая способность или глубина сканирования.

Физические свойства ультразвука предполагает использования некоторых практических рекомендаций: [9]

- При увеличении глубины исследования необходимо снижать частоту ультразвука и/или повышать его интенсивность.
- Для увеличения разрешающей способности необходимо повышать частоту ультразвука.
- Для получения качественного эхо-сигнала необходимо направлять ось УЗ пучка перпендикулярно к границам раздела сред или параллельно оси потока (для доплеровского эффекта).

Физиологические свойства ультразвука

В УЗ диагностических системах используется эхолокационный принцип получения информации об органах и структурах, при котором излучаются акустические сигналы, и принимаются сигналы, отраженные от неоднородностей биологической среды, таким образом строится акустическое изображение. Отраженные сигналы, которые принимаются датчиком и используются для диагностики, называются эхо-сигналами.

Отражение – основное физическое явление, на основе которого получается информация о тканях. При этом используются те отраженные волны, которые могут быть приняты датчиком, т.е. распространяющиеся в сторону, обратную волнам, излученным датчиком первоначально.

Информация, получаемая с помощью отраженных волн, в существенной мере зависит от ряда физических явлений.

Преломление – изменение направления распространения волн при переходе из одной среды в другую.

Рассеяние – возникновение множественных изменений направления распространения ультразвука, обусловленное мелкими неоднородностями биологической среды.

Поглощение – переход энергии УЗ волн в другие виды энергии, в частности в тепло.

Параметрами, которые влияют на перечисленные физические явления и на сложный процесс получения акустической диагностической информации, являются скорость звука в среде и плотность среды. [1]

Именно различием скорости звука и плотности разных типов биологических сред объясняются акустические неоднородности биологических тканей (табл. 1).

Различия в скорости звука в тканях определяют характер отражения на границе сред. При перпендикулярном падении звуковой волны на плоскую границу сред прошедшая волна не изменяет своего направления относительно падающей волны и отличается от нее уменьшенной энергией, потому что часть энергии вместе с отраженной волной переносится в направлении, противоположном падающей волне. [1]

Таблица 1

Скорость прохождения ультразвука через различные ткани

Ткань	v (м/с)
Мозг	1510
Печень	1550
Почки	1565
Мышцы	1580
Жировая ткань	1450
Кости	4080
Кровь	1570
Мягкие ткани (усредненно)	1540
Воздух	330

Скорость прохождения ультразвука через ткань в значительной мере определяется ее эластичностью. Плотность и эластичность ткани вместе определяют ее так называемое акустическое сопротивление или импеданс.

Чем больше разница акустических сопротивлений, тем больше отражение ультразвука. Крайне большое различие в акустическом сопротивлении существует на границе мягкая ткань – газ, и почти весь ультразвук от нее отражается. Этим объясняется применение в качестве прослойки между кожей пациента и преобразователем геля для устранения воздуха, который может полностью задержать ультразвуковую волну. Поэтому ультрасонография не может отобразить скрытые кишечным газом области или заполненную воздухом легочную ткань. Костные структуры создают помехи или полностью исключают возможность проведение ультразвукового исследования (ребра - при исследовании сердца, правой доли печени, селезенки и почек, кости черепа не дают возможность исследовать головной мозг у взрослых и т.д.). Наличие областей с очень высокой или низкой плотностью по ходу ультразвукового пучка мешает визуализации структур, расположенных за ними. Эти условия определяют понятие «ультразвукового окна» и являются одним из основных ограничений в ультразвуковом исследовании.

При воздействии ультразвука на организм человека отмечается, прежде всего, термическое действие вследствие превращения энергии ультразвука в тепло. Ультразвук вызывает микромассаж тканей (сжатие и растяжение), что способствует кровообращению и, следовательно, улучшению функции ткани. Ультразвук стимулирует обменные процессы и оказывает также нервнорефлекторное действие.

Не прекращаются исследования воздействия ультразвука на биологические ткани, в том числе на клетки крови, репродуктивную способность ДНК, костные структуры, эмбрионы и т.д. И эти исследования показывают, что при уровнях средней интенсивности ультразвука, не превышающих величину 100 мВт/см^2 , не выявлено никакого существенного влияния длительного воздействия ультразвука на ткани млекопитающих. Более того, не выявлены отрицательные результаты такого воздействия и при более высоких уровнях интенсивности, правда при уменьшенном времени воздействия.

Следует дать общее понятие об интенсивности ультразвука. Интенсивностью называется удельная мощность УЗ волн, т.е. мощность волн, проходящих через единицу площади. [1]

Современное состояние

Ультразвуковые методы диагностики широко применяются в современной медицине. Популярность данного метода заключается в его безболезненности, отсутствии противопоказаний, а также возможности обнаружить различного рода образования, которые невозможно увидеть, например, на рентгеновском снимке. Существует множество аппаратов УЗИ, которые могут использоваться в различных медицинских учреждениях. Ввиду относительно невысокой стоимости и высокой доступности ультразвуковое исследование является широко используемым методом обследования пациента, и позволяет диагностировать достаточно большое количество заболеваний, например, онкологии, хронические диффузные изменения в органах, а также выявить аномалии внутренних органов и т.д.

Активно используются УЗИ-сканеры в гинекологии и акушерстве. В частности, каждая будущая мама за срок беременности должна пройти 3-4 ультразвуковых исследования, в результате которых определяется правильность развития ребенка в утробе.

Безопасность и высокая информативность метода привели к тому, что область применения УЗ сканеров на сегодня очень многообразна: трудно найти медицинскую отрасль, в которой не найдется место для УЗИ.

Различия аппаратов УЗИ

В зависимости от назначения (гастроэнтерология, урология, гинекология и т.д.) УЗИ сканер может оснащаться различными видами датчиков, а также разным набором режимов работы.

Ниже приведены некоторые режимы работы, а также несколько типов датчиков. [1]

- А режим – самый простой вид отображаемой информации, для получения которой не требуется сканирование. Зондирование осуществляется

при неизменном направлении акустического луча, и на экране монитора отображается А-эхограмма в виде амплитудных значений эхосигналов от неоднородностей, находящихся на различных глубинах. А-режим применяется в офтальмологии, при транскраниальных исследованиях головного мозга, а также для обследования носовых и лобных пазух.

- В-режим – наиболее распространенный метод исследования, в результате которого на экран выводится двухмерное изображение. Применяется, например, для исследования брюшной полости.
- М-режим – используется для регистрации изменения пространственного положения подвижных структур во времени. Наиболее часто режим используется для исследования движения структур сердца.
- Допплеровский режим – позволяет получить параметры кровотока на основе изменения частоты отраженного сигнала от эритроцитов. Из полученных данных можно сделать вывод о направлении движения кровотока, скорости кровотока, а также о наличии заболеваний кровеносной системы.

Виды датчиков

Линейный датчик (рис. 1). Частота датчика 5-15 МГц, глубина сканирования до 10 см. Благодаря высокой частоте сигнала изображение выводится с высоким разрешением. При помощи такого датчика сложно обеспечить равномерное прилегание к исследуемому органу, что приводит к искажению изображения по краям. Линейные датчики идеально подходят для исследований органов, расположенных поверхностно, мышц, сосудов и небольших суставов.



Рис. 1

Конвексный датчик (рис. 2). Частота 2-7,5, глубина сканирования до 25 см. Ширина изображения на несколько сантиметров больше размера самого датчика. Обязательно нужно учитывать эту особенность при определении точных анатомических ориентиров. Датчики такого типа используют для сканирования глубоко расположенных органов, таких как: тазобедренные суставы, мочеполовая система, брюшная полость. В зависимости от комплекции пациента устанавливается нужная частота.



Рис. 2

Секторный датчик (рис. 3). Рабочая частота 1,5-5 МГц. Применяется в ситуациях, требующих получить большой обзор на глубине с небольшого участка. Используются для исследований межреберных промежутков и сердца.



Рис. 3

Внутриполостные датчики (рис. 4). К этим датчикам относятся вагинальные (кривизна 10-14 мм), ректальные, ректально-вагинальные (кривизна 8-10 мм). Рабочая частота 4-9 МГц. Такой тип датчиков используется в области акушерства, гинекологии, урологии.



Рис. 4

3D/4D объемные датчики (рис. 5) – механические датчики с кольцевым вращением или угловым качанием. Рабочая частота от 3,5 до 12 МГц. Дают возможность проводить посрезовое сканирование органов, далее данные преобразуются сканером в трехмерную картинку. 4D – это трехмерное изображение в режиме реального времени. Дает возможность просмотра всех срезов изображений.



Рис. 5

Перспективы развития

ТЕХНОЛОГИЯ SieScape

Современные процессы с повышенной производительностью позволяют в реальном времени вычислять и формировать ультразвуковые изображения длиной до 60 см путем медленного перемещения датчика вдоль желаемой области. В итоге специалист получает панорамные изображения без разрывов картинки даже вдоль изогнутой поверхности кожи с точностью измерения расстояний до 1-3%.

ТЕХНОЛОГИ ELASTOSCAN

Улучшающая изображение тканей, близких по своей структуре. При этом измеряются их упругие характеристики (сопротивляемость, эластичность). Обычно при эластографии прилагают определенное давление в месте обследования или вызывают вибрацию специальным датчиком. Из-за разной эластичности ткани начинают сокращаться по-разному. Таким образом можно обнаружить опухолевые процессы (например, опухоли печени) на ранних стадиях. При этом участки с измененной эластичностью современные аппараты выделяют на экране цветом. Особо информативен метод при обследовании печени, молочной и щитовидной желез, простаты.

Заключение

Ультразвуковая диагностика является современным, высокоинформативным, а главное безопасным методом исследования, который стал неотъемлемой частью современной медицины. Внедрение аппаратов подобного класса позволило во многом облегчить диагностику сердца, сосудов, внутренних органов и эндокринных желез, а разработка новых методов исследования расширяет границы оказания медицинских услуг пациентам.

Но, как и любой другой метод, УЗИ имеет свои недостатки. Невозможность исследования полостей заполненных газом, трудности с обследованием органов расположенных на глубине, проблемы с прохождением ультразвука через костную ткань и т.д. все это накладывает ограничение на возможности УЗИ, тем не менее оставляя его одним из главных средств диагностики в медицине.

Литература

1. Осипов Л.В. Ультразвуковые диагностические приборы: практическое руководство / Л.В. Осипов. – М.: Изомед, 2011. -316 с.
2. Лучевая диагностика: учебник: Т. 1 / Акиев Р.М., Атаев А.Г., Багненко С.С. [и д.р.] под ред. проф. Г.Е. Труфанова., –М.: ГЭОТАР-Медиа, -2012. - 528 с.

3. Современное состояние и тенденции развития ультразвуковых медицинских диагностических устройств (УЗМДУ) / Д.В. Леонов, В.А. Фин, В.М. Гукасов // Медицина и высокие технологии. // -2014. -№3 -С. 8-13.
4. Основные тенденции развития ультразвуковых методов диагностики. / О.Ю. Атьков // Визуализация в клинике. -2002. -№20 -С. 4-8.
5. История развития ультразвуковой диагностики [Официальный сайт] / Режим доступа: <http://www.rumex.ru/information/Istorija-razvitija-ul%27trazvukovoj-diagnostiki-123>, свободный. (Дата обращения: 15.09.2017 г.).
6. Перспективы ультразвуковой диагностики в акушерстве и неонатологии [Официальный сайт] / Режим доступа: <http://www.bmsensors.ru/stati/perspektivy-ultrazvukovoj-diagnostiki-v-akusherstve-i-neonatologii>, свободный. (Дата обращения 18.09.2017 г.).
7. Покровский В.И. Энциклопедический словарь медицинских терминов. / В.И. Покровский. - М.: Медицина, 2005. -1591 с.
8. Прохоров, А.М. Большая советская энциклопедия (в 30 томах) Т.8 Изд. 3-е. / А. М. Прохоров [и др.] -М.: Советская энциклопедия, 1972. 592 с.
9. Волков В.М. Основы ультразвуковой диагностики. Учебно-методическое пособие. / В.М. Волков -Гродно.: 2005. -39с