

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ЛУЧЕВОЙ ДИАГНОСТИКИ

Представлены данные об используемых в медицине методиках лучевой диагностики - рентгенологических, включая современные способы искусственного контрастирования, компьютерной томографии, ангиографии, ультразвукового исследования, магнитно-резонансной томографии, медицинской термографии и др. Освещены так же возможности нового комплексного диагностико-лечебного направления – интервенционной радиологии.

Ключевые слова: рентгеноскопия, рентгенография, флюорография, линейная и компьютерная томография, ультразвуковая диагностика, магнитно-резонансная томография, интервенционная радиология, ангиография.

The data on techniques of X-ray diagnostics including the modern method of artificial contrasting study and computer tomography (CT), angiography, ultrasound investigation, magnetic resonans imaging (MRI) and medical thermography used in medicine are presented. The possibilities of a new combined diagnostic–and treating direction – interventional radiology are also introduced. Key words: roentgenoscopy, roentgenography, linear and computer tomography, angiography, ultrasound diagnostics, magnetic resonance imaging, medical thermography, interventional radiology.

В современной медицине в диагностических целях широко используются методы интроскопического исследования, объединяемые общим термином лучевая диагностика. В данной группе представлены все виды традиционного рентгенологического исследования - рентгеноскопия, рентгенография, линейная томография и др., а также современные методы – рентгеновская гелиокальная и спиральная компьютерная томография (РКТ) высокого разрешения и методы радионуклидной диагностики. Одновременно в группе методик лучевой диагностики используются: магнитно-резонансная томография (МРТ), ультразвуковое исследование (УЗИ) и медицинская термография. Каждый из перечисленных методов характеризуется рядом достоинств и недостатков и, соответственно, отличается определенными пределами диагностических возможностей. Передовое место в диагностике заняло новое комплексное направление - интервенционная радиология.

Методы лучевой диагностики, дополняя друг друга, отличаются информативностью, доступностью, простотой выполнения и занимают одно из ведущих мест в системе клинического и профилактического исследования населения. С их помощью ставится до 80 % всех первичных диагнозов. В значительной части заболеваний (до 50 %) диагностика вообще немыслима без применения, например, рентгенорадиологических методов в гастроэнтерологии, пульмонологии, травматологии, урологии и др. Благодаря внедрению в практическое здравоохранение новейших компьютеризированных технологий, создаваемых на основе современной электронной и микропроцессорной техники, возможности и роль методов лучевой диагностики в медицине еще более возрастает. Тенденции развития лучевой диагностики в обозримой перспективе направлены на совершенствование оборудования, замену дозообразующих технологий и использование специальных детекторов рентгеновского излучения, позволяющих получать цифровое рентгеновское изображение. Все это позволит перейти к использованию

беспленочных технологий, улучшающих качество рентгенологического исследования, снижающих лучевую нагрузку и существенно уменьшающих стоимость диагностических процедур.

Методы рентгенодиагностики

Из всех перечисленных методов лучевого исследования наиболее широкое распространение в практическом здравоохранении получили методы рентгенодиагностики. Необходимо иметь в виду, что рентгенологические и радиоизотопные методы исследования, являясь источниками ионизирующих излучений, оказывают повреждающее воздействие на биологические ткани, в связи с чем исследования должны назначаться по строгим показаниям и с соблюдением определенных защитных мероприятий.

Различают основные и специальные (вспомогательные) методы рентгенодиагностики.

Основные методы исследования

К ним относятся рентгеноскопия, рентгенография и рентгенофлюорография.

Рентгеноскопия представляет собой просвечивание грудной клетки или брюшной полости пациента непосредственно за обычным флюоресцирующим рентгеновским экраном или за экраном телевизионного монитора при оснащении аппарата электроннооптическим преобразователем (ЭОП). Многоосевое и полипозиционное просвечивание позволяет оценивать анатомо-морфологические и функциональные (динамические) особенности органа в целом или частично по позитивному изображению. Данный метод в настоящее время исследования используется: в пульмонологии лишь в сложных наблюдениях для уточнения рентгеноморфологических особенностей легочного патологического субстрата, а также при бронхографии, ангиопульмонография для визуального контроля при установке катетера; в гастроэнтерологии при контрастировании различных отделов желудочно-кишечного канала; как средство контроля при катетеризационных сосудистых исследованиях (ангиокардиография, коронарография); при разнообразных исследованиях желчевыводящего аппарата (ретроградная эндоскопическая холангиография, операционной холангиография и др.) и др.

Рентгенография - рентгеновские снимки, в том числе прицельные, на пленке стандартных форматов в различных проекциях, позволяют воспроизвести негативное аналоговое изображение, по которому оцениваются анатомические (форма, размеры, положение) и структурные особенности органов.

При наличии в современном рентгенодиагностическом аппарате устройства для цифровой обработки изображения (перевод аналогового изображения в цифровое) последнее выводится на экран дисплея персонального компьютера (ПК). Использование цифрового изображения создает в диагностике ряд преимуществ: улучшается качество, увеличивается разрешающая способность, а также существенно снижается лучевая нагрузка на пациента (мало дозовая технология). Появляется также возможность архивировать электронное изображение и сохранять его в памяти рабочей станции либо на специальных носителях (магнитных, оптических, магнитооптических и др.) или серверах и, при необходимости повторной консультации, немедленно истребовать на экран дисплея для повторного просмотра. Графическую информацию при необходимости можно пересылать по локальным сетям в другие учреждения для проведения оперативной консультации опытными специалистами. Метод широко используется почти во всех сферах клинической

диагностики (травматология, заболевания костно-суставного аппарата, пульмонология, гастроэнтерология, кардиология, урология, неотложная диагностика и др.).

Рентгенофлюорография - воспроизведение крупнокадрового фотографического изображения (формат кадра 70x70 мм, 100x100 мм, 110x110 мм). Метод предназначен для проведения массовых профилактических исследований органов грудной клетки. Достаточно высокое разрешение изображения крупноформатных флюорограмм и меньшая затратность позволяют использовать метод и для исследования больных в условиях поликлиники или стационара больницы. Следует, однако, иметь в виду, что лучевая нагрузка при исследованиях на флюорографах устаревших конструкций, а их в республике большинство, выше, чем при аналогичных снимках на традиционном рентгеновском аппарате. В связи с тем, что актуальность использования флюорографии как метода профилактических исследований до сих пор значения не утратила, ее дальнейшее использование целесообразно при условии переоснащения парка флюорографов на современные, оснащенные ЭОП-ми или блоками прямого считывания изображения, что позволит на порядок снизить лучевую нагрузку при каждом включении.

В настоящее время созданы и используются в практическом здравоохранении малодозовые цифровые флюорографы (аппаратно-программные комплексы), предназначенные для массовых исследований. Подобные комплексы позволяют производить съемку пациентов, просмотр на экране монитора изображения, их математическую обработку с целью повышения качества диагностики, сохранение изображения в базе данных, распечатку копий, передачу изображения по линиям связи. При этом, что очень важно, возможна автоматизированная регистрация индивидуальной дозы облучения пациента.

Специальные методы исследования

К специальным методам относятся:

Методы искусственного контрастирования. Плотность внутренних органов и тканей человека примерно одинакова и в ходе рентгенологического исследования не всегда достаточна для их четкого воспроизведения. В целях визуализации внутреннего строения различных органов, сосудов и тканей и успешной оценки особенностей их внутреннего строения прибегают к искусственному контрастированию с помощью контрастных рентгеновских веществ (РКВ).

Ангиография (артериальная и венозная) – методики контрастирования артериальных (артериография) и венозных (флебография) сосудов с помощью йодированных водорастворимых контрастных веществ (гипак, верографин, ультравист, омниopak и др.). Введение РКВ в артериальные сосуды можно осуществлять ручным способом или с помощью автоматического иньектора в поверхностно расположенные сосуды путем чрескожной пункции, а в более глубокие - через предварительно введенный катетер с обеспечением достаточной концентрации РКВ в быстро движущемся потоке крови. Современные ангиографические аппаратные комплексы позволяют получать многопроекционное цифровое изображение сосудов и воспроизводить на серии снимков особенности динамического продвижения контрастного вещества по сосудам (регистрация фаз кровообращения – артериальной, капиллярной и венозной), либо фиксировать эту же картину с помощью видеосъемки.

Цифровая субтракционная ангиография. Используются возможности компьютерной техники для обработки получаемого при ангиографии рентгеновского

изображения, существенно увеличивая разрешающую способность. До введения в сосуд контрастного вещества выполняется рентгеновский снимок объекта (сердце, сосуды). Аналого-цифровой преобразователь анализирует интенсивность изображения, выражает его в цифровом коде и фиксирует в памяти ЭВМ. После введения контрастного вещества снимок повторяют, соблюдая прежнее положение объекта и технические условия. Компьютер анализирует новое изображение того же объекта с контрастным веществом и также выражает его в цифровом коде. Затем ЭВМ вычитает фоновое (первое) изображение из контрастного (второго) и получает третье цифровое изображение и воспроизводит его на экране дисплея. Полученное конечное изображение несет в себе информацию только о тех тенях, которые соответствуют расположению контрастного вещества. Остальные органы и ткани представлены на экране в виде контуров.

В гастроэнтерологии искусственное контрастирование широко используется для исследования различных отделов желудочно-кишечного канала: рентгеноскопия пищевода, желудка, двенадцатиперстной кишки, зондовая дуодено-графия обычная и в условиях гипотонии с аэроном, толстая кишка - ирригоскопия, двойное контрастирование; исследование желчевыводящих путей - холангиография операционная, чресдренажная, чрескожная, чреспеченочная, ретроградная эндоскопическая, внутривенная, лапароскопическая.

В пульмонологии - бронхография, ангиокардиография; в урологии – экскреторная и восходящая урография; в гинекологии – гистеросаль-пингография; в остеологии - артрография; фистулография и др.

Рентгеноконтрастные вещества

РКВ подразделяются на рентгенопозитивные (тяжелые) и рентгенонегативные (газообразные). К рентгенопозитивным РКВ относятся вещества с высокой молекулярной массой, поглощающие рентгеновские излучения в значительно большей степени, чем ткани организма. Наиболее широкое применение получили препараты: сульфат бария и йодированные препараты на различной основе.

Сульфат бария предназначен исключительно для исследования желудочно-кишечного канала и используется в виде водной взвеси (суспензии) различной консистенции. Тонкодисперсная жидкая водная взвесь (в соотношении весовых компонентов 1:1), приготовленная с помощью электро- или ультразвукового миксера, создает наиболее благоприятные условия для исследования мелких структур слизистой оболочки пищеварительного канала. Иногда для исследования пищевода используется пастообразная контрастная масса (весовые компоненты - 1:3). Эффективно также использование комбинированных методов исследования, например, введение в желудок, двенадцатиперстную кишку (кишку) водной взвеси сернокислого бария в сочетании с газообразными веществами - двойное контрастирование, или при дополнительном наложении пневмоперитонеума – тройное контрастирование. Нередко комбинированное контрастирование различных органов и систем сочетается с линейной и компьютерной томографией (контрастное усиление).

Йодированные РКВ на водной основе. Предназначены для контрастирования преимущественно артериальных и венозных сосудов. Из органических соединений йода на водной основе в качестве РКВ применяют производные некоторых ароматических кислот (бензойной, фенилпропионовой, адипиновой и др.),

содержащих атомы йода. Препараты выпускаются в ампулах по 10-20 мл различной концентрации – 30-70%.

РКВ для внутрисосудистых исследований подразделяются на ионные и неионные.

К ионным мономерам относятся растворы: кардиотраста, триотраста, уротраста, верографина, гипака, урографина и др. Растворы билигноста, билиграфина применяются для внутривенной струйной или капельно-инфузионной холангиографии.

Следует иметь в виду, что внутрисосудистое введение ионных РКВ может сопровождаться побочными реакциями различной степени тяжести (слабые, выраженные, тяжелые). Побочные реакции проявляются в виде: болевых ощущений (в груди, в животе, в сосудах); чувства тепла или жара, головокружения, приливов крови, головной боли, озноба; зуда кожных покровов, крапивницы, кожной сыпи; насморка, чихания, покраснения и набухания слизистых оболочек, отека лица, охриплости голоса, кашля, затруднения дыхания, тошноты, рвоты, диспептических расстройств; тахикардии, (брадикардии), аритмии, повышения (понижения) артериального давления; удушья, потери сознания, прочих побочных проявлений. Тяжелые реакции встречаются относительно редко.

Учитывая возможность возникновения побочных реакций, перед исследованием (за 1-2 дня) производится проба на чувствительность путем внутривенного введения 1-2 мл препарата и затем оценивается реакция организма. В целях предупреждения или ослабления побочных реакций рекомендуется использование антигистаминных препаратов.

Применение неионных препаратов сопровождается значительно меньшим риском развития побочных реакций (в 3-5 раз). К неионным мономерам относятся ультравист - иопромид (Schering) и омниopak -иогексол (Nycomed), к неионным димерам – визипак - иодиксанол и иомерон (Nycomed), а так же изовист - иотролан (Schering), иопамирон (иопамидол), оптирей (иоверон). Неионные препараты отличаются низкой осмолярностью и минимальным воздействием на биологические мембраны, что обуславливает их незначительную токсичность и прекрасную переносимость при ангиографии. Неионные препараты используются: для проведения миелографии, при необходимости болюсного внутриартериального и венозного введения, а также для исследования лиц с признаками аллергизации организма (бронхиальная астма, гиперфункция щитовидной железы, почечная недостаточность, сахарный диабет и др.).

Йодированные РКВ на жировой основе – применяют для бронхографии, лимфографии, метросальпингографии, фистулографии, для выявления у новорожденных врожденных пороков пищевода и прямой кишки и др. К ним относятся: йодлипол, липиодол, йодатол, сверхжидкий липиодол и др. Препараты выпускаются в ампулах по 10 мл (стерильно).

Йодированные РКВ (таблетированные формы) – холевид, йопагност, билимин – используются для оральной холецистографии:

Газообразные вещества (ГВ) - относятся к рентгенонегативным контрастным веществам: атмосферный воздух, молекулярный кислород, углекислый газ и закись азота. ГВ используются для введения в различные отделы пищеварительного канала при двойном контрастировании, для введения в брюшную полость (диагностический пневмоперитонеум), забрюшинное пространство (ретропневмоперитонеума), в средостенье (пневмомедиастинум), в плевральную полость (пневмоторакс) и др. В

связи с широким использованием в настоящее время методов ультразвуковой диагностики введение газообразных контрастных веществ в брюшную полость, забрюшинное пространство и средостенье для рентгенологического исследования используется значительно реже.

Методы, регулирующие размеры получаемого изображения – к ним относятся телерентгенография и прямое увеличение рентгеновского изображения.

Телерентгенография - снимок на расстоянии. Метод чаще используется в ортопедической практике для изучения исходных размеров исследуемого объекта и оценки изменений, возникающих в процессе проводимого лечения и коррекции. Основной задачей метода является воспроизведение рентгенологического изображения, линейные размеры которого на снимке приближаются к истинным размерам исследуемого объекта.

При обычной рентгенографии, когда фокусное расстояние составляет 100 см, в меньшей степени увеличиваются лишь те детали снимаемого объекта, которые находятся непосредственно у кассеты. Чем дальше отстоит участок кости от пленки, тем больше степень его увеличения. Для получения телерентгенограммы объект исследования и кассету с пленкой отодвигают от рентгеновской трубки на значительно большее, чем при обычной рентгенографии, расстояние - до 1,5-2 м, а при исследовании лицевого черепа и зубо-челюстной системы - до 4-5 м. При этом изображение на пленке формируется центральным (более параллельным) пучком рентгеновских лучей.

Метод прямого увеличения рентгеновского изображения - достигается в результате увеличения при рентгенографии расстояния “объект-пленка”. Методика чаще используется для исследования тонких структур костно-суставного аппарата либо легочного рисунка. При фокусном расстоянии в 100 см кассету с пленкой удаляют от объекта на некоторое расстояние. Расходящийся пучок рентгеновских лучей в этом случае воспроизводит увеличенное изображение. Степень увеличения можно определить с помощью формулы: $k = H/h$, где k – коэффициент прямого увеличения, H – расстояние от фокуса рентгеновской трубки до плоскости пленки, равное 100 см; h - расстояние от фокуса трубки до объекта (в см). Оптимальное по качеству увеличенное изображение получают при использовании коэффициента в пределах 1,5 – 1,6. Для прямого увеличения целесообразно использовать рентгеновскую трубку с микрофокусом (0,3 x 0,3 мм и менее), так как небольшие линейные размеры фокуса уменьшают геометрическую нерезкость изображения и улучшают четкость структурных элементов.

Методы 2-х и 3-х мерного пространственного исследования - линейная и компьютерная томография, панорамная томография, панорамная зонография.

Линейная томография - методика послойного исследования, позволяет воспроизводить изображение объекта (органа) на заданной глубине. Осуществляется при синхронном движении в противоположных направлениях рентгеновской трубки и кассеты с пленкой вдоль неподвижного объекта под углом 30-50°. Различают томографию продольную, поперечную и со сложным циклом движения рентгеновской трубки (круговым, синусоидальным). Толщина выявляемого среза зависит от размеров томографического угла и чаще составляет 2-3 мм, расстояние между срезами (томографический шаг) устанавливается произвольно, обычно 0,5 - 1 см.

Линейная томография используется для исследования органов дыхания, сердечно-сосудистой системы, органов брюшной полости и забрюшинного пространства, костно-суставного аппарата и др.

Зонаграфия - послойное исследование (томография) под малым углом движения рентгеновской трубки (8-10°). Толщина среза (10–12 мм), томографический шаг 1-2 см, при этом создается меньшая лучевая нагрузка на пациента. Метод можно использовать для исследования органов грудной клетки, костно-суставного аппарата и др.

Панорамная зонаграфия – современный многопрограммный метод послойного исследования зубочелюстной системы, придаточных пазух и орбит, пирамидок височных костей, верхних шейных позвонков.

Рентгеновская компьютерная томография (РКТ) – современный быстро прогрессирующий метод. Производятся поперечные срезы любой части тела (головной мозг, органы грудной, брюшной полостей и забрюшинного пространства и др.) с помощью узкого рентгеновского пучка при круговом движении рентгеновской трубки. Метод позволяет получить изображение нескольких поперечных срезов (до 25) с различным томографическим шагом (от 2 до 5 мм и более). Плотность различных органов фиксируется специальными датчиками, математически обрабатывается ПК и воспроизводится на экране дисплея в виде поперечного среза. Различия плотности структуры органов автоматически объективизируются с помощью специальной шкалы Hounsfield, что придает информации высокую точность о характере патологического субстрата в любом органе или в избранной “зоне интереса”.

Спиральная РКТ. При использовании спиральной РКТ запись изображения в память ПК производится непрерывно. Специальная программа ПК позволяет реконструировать полученные данные в любой иной плоскости или воспроизвести трехмерное изображение органа или группы органов.

Принимая во внимание высокую диагностическую эффективность РКТ и признанный во всем мире авторитет метода, следует, однако, помнить о том, что использование современной РКТ сопряжено со значительной лучевой нагрузкой на пациента, что приводит к увеличению коллективной (популяционной) эффективной дозы. Последняя, например, при исследовании органов грудной клетки (25 слоев с 8 мм шагом) соответствует 7,2 мЗВ (для сравнения: доза при обычной рентгенографии в двух проекциях составляет 0,2 мЗВ). Таким образом, лучевая нагрузка при РКТ в 36-40 раз превышает дозу обычной двух проекционной рентгенографии, например, органов грудной клетки. Данное обстоятельство диктует жесткую необходимость использования методов РКТ, включая педиатрическую практику, исключительно по строгим медицинским показаниям.

Методы оценки движений – используются для регистрации движущихся (пульсирующих, перистальтирующих) органов, например, при исследовании сердца, пищевода, диафрагмы, мочеточников и др. К методам данной группы относятся: рентгенотелевидение, видеомагнитная запись. Ранее использовавшиеся методики - рентгенокимография, электрорентгенокимография, рентгенокинематография, в связи с трудоемкостью и высокой лучевой нагрузкой на пациента в настоящее время практически утратили свое значение.

Методы радионуклидной диагностики

Исследования с помощью данных методов основываются на регистрации и измерении излучений от введенных в организм радиофармацевтических препаратов (РФП) или радиометрии биологических проб. Небольшие индикаторные количества радиоактивных нуклидов участвуют в кругообороте элементов в организме, не влияя на течение физиологических процессов. Универсальность радионуклидных методов обусловлена возможностью исследования биохимических процессов и анатомо-функциональных изменений и, следовательно, возможностью регистрации комплекса нарушений, возникающих при различных патологических состояниях. Различают метод радиоиммунологического исследования *in vitro* и методы радионуклидной диагностики *in vivo*. Более подробное изложение методик радионуклидного исследования представляет объемный материал и является предметом отдельной статьи.

Позитронно-эмиссионная томография (ПЭТ) – (разновидность радионуклидного исследования). Данный метод позволяет получить с помощью специального компьютерного томографа отображение в костном аппарате всего тела избирательного накопления в рецидивах или метастазах опухоли молекул, маркированных радиоактивными атомами-излучателями позитронов. Учитывая, что злокачественные опухоли потребляют глюкозу в большей степени, чем здоровые ткани, используется радиоактивно маркированный аналог глюкозы – 2-(18ф)-флюоро-2деокси-Д-глюкоза. В результате ПЭТ регистрирует повышенное потребление глюкозы клетками злокачественной опухоли. В томографах последних поколений для регистрации излучаемых частиц использованы кристаллы германата висмута, при этом изображение получают одновременно в трех проекциях, что способствует определению более точной локализации патологического субстрата. Разрешающая способность (определение размеров опухолевого процесса) находится в пределах 4-6 мм. Лучевая нагрузка значительно ниже, чем при других рентгеновских методах исследования, и колеблется при общем исследовании в пределах 7,8-10 мЗв.

Особое место в лучевой диагностике занимают методы исследования, не связанные с использованием источников ионизирующих излучений, получившие в последние десятилетия широкое применение в практическом здравоохранении. К ним относятся методы: ультразвукового исследования (УЗИ), магнитно-резонансной томографии (МРТ) и медицинской термографии (тепловидения).

Ультразвуковое исследование

Метод основан на эффекте регистрации отраженного ультразвукового излучения в пределах 1,0-20,0 МГц и формирования линейного (статического) или многомерного (динамического) изображения. УЗИ широко используется для диагностики заболеваний различных органов: сердечно-сосудистой системы, органов пищеварения (печень, желчный пузырь, желчевыводящие протоки, поджелудочная железа), мочеполовых органов (почки, надпочечники, мочевого пузыря, матка, яичники, мошонка, предстательная железа), кишечника, поверхностно расположенных органов и тканей (щитовидная железа, молочные железы, лимфатические узлы различной локализации). УЗИ успешно применяется в акушерстве и гинекологии. При исследовании брюшной полости метод УЗИ позволяет достаточно быстро и надежно выявлять спаечные процессы и наличие жидкости в отлогостях (латеральные каналы брюшной полости).

Благодаря относительной безвредности метод УЗИ широко используется в педиатрии (многократные исследования, наблюдение за динамикой процесса, оценка эффективности лечения и т.д.).

Аппараты для УЗИ комплектуются набором датчиков с различной частотой излучения. Предпочтительной частотой для исследования тучных пациентов является частота 2,5 МГц, поверхностно расположенные органы лучше визуализируются частотой 7МГц. Для исследования глазного яблока и его внутренних структур – до 10 МГц.

В процессе УЗИ используются различные типы датчиков:

секторные – небольшая площадка контакта с кожной поверхностью обеспечивает широкое поле на больших глубинах при исследовании внутренних органов через межреберные промежутки, мозга через роднички новорожденного и др.;

- линейные – создают большое поле зрения с хорошим разрешением и используются для исследования поверхностно и глубоко расположенных органов;

- конвексные с выпуклой поверхностью – обеспечивают широкое поле обзора на всех глубинах и используются чаще в гинекологии и акушерстве.

В клинической практике применяются различные способы УЗИ: одномерное (эхография), двухмерное (сканирование) и доплерография.

Одномерная эхография – датчик фиксирован, отраженные волны воспроизводятся в одномерном виде (кривой) – А-метод (от англ. amplitude). В неврологической и нейрохирургической клиниках метод получил название эхоэнцефалографии, с помощью которой определяют размеры желудочков мозга и диэнцефальные образования. В глазной клинике используется метод эхоофтальмографии. Второй метод – М-метод (датчик также в фиксированном положении) используется для исследования движущихся объектов (сердце, сосуды) – эхокардиография.

Двухмерное сканирование – В-метод (от англ. bright – яркость). Датчик при исследовании перемещается по поверхности кожи пациента, чем обеспечивается серия сигналов от многих точек органа (объекта) и формирование двухмерного изображения в пределах 64 градиентов серой шкалы. Сильный сигнал проявляется на экране дисплея в виде яркого светлого пятна (эхопозитивные участки), а слабые сигналы – в виде серых оттенков, вплоть до черного цвета (эхонегативные участки). Изображение может также воспроизводиться на бумаге с помощью термопечати или лазерного принтера, или храниться на жестком диске компьютера.

Допплерография – метод УЗИ, основанный на эффекте Доплера. УЗ преобразователь неподвижен и формирует узкий пучок волн, направленный на исследуемый орган. Если объект (орган, кровь в сосуде) в процессе исследования перемещается, то частота УЗ волн, возвращающихся в преобразователь, отличается от первичных волн. Поток крови (эритроцитов), движущийся к датчику, формирует на экране сигналы красного цвета, от датчика – синего цвета. По сдвигу частот колебаний судят о скорости движения анатомических структур. Эти результаты могут быть выражены в виде количественных показателей скорости кровотока, в виде кривых и аудиально (сигналами), отражающих функциональную фазу (систолическая и диастолическая скорость). Двухмерная доплерография в масштабе реального времени позволяет изучить форму, контуры и просвет кровеносных сосудов, обнаружить сужение и тромбы, отдельные атеросклеротические бляшки, нарушение кровотока, состояние коллатерального кровообращения, сокращения сердца,

направление кровотока в камерах сердца и др. Недостатком метода является невозможность воспроизведения мелких сосудов.

Новые компьютерные программы позволяют воспроизводить трехмерное изображение, в связи с чем создаются условия для пространственной (объемной) оценки сосудистого разветвления.

Для улучшения возможностей УЗИ используются различные диагностические среды, которые вводят в исследуемый орган. К таким средам относятся ЭХОВИСТ-200,300 и ЛЕВОВИСТ (Schering). Эховист, например, представляет суспензию микронизированной D-галактозы в водном растворе D-галактозы (размеры пузырьков газа 2-4 микрона). Введение среды в кровоток усиливает амплитуду отраженного эхо-сигнала. Эховист и левовист применяют для улучшения визуализации при эхокардиографии у взрослых и новорожденных. Используется также при флебоэхографии, в гинекологии – при исследовании полости матки и проходимости маточных труб.

Применение супермощных современных компьютерных систем при УЗИ создает условия для изучения тока крови без использования контрастных сред и цветового воспроизведения.

Магнитно-резонансная томография

Современный метод, предусматривающий исследование пациента в условиях магнитного поля. Метод отражает распределение атомов водорода (протонов) в тканях. В организме водород встречается в основном в молекулах воды. Так как человек по весу более чем на две трети состоит из воды, этот сигнал является достаточно интенсивным для получения изображения. Вода может быть свободной или связанной с липидами, протеинами или другими биологическими макромолекулами и обмениваться между этими состояниями. От соотношения этих компонентов и их подвижности зависит амплитуда МР-сигнала, которая заметно отличается для различных тканей и этим обеспечивает высокую контрастность мягких тканей.

МРТ относится к самым современным универсальным методам получения медицинских изображений. Преимущества МРТ перед другими методами в следующем:

- безвредность для организма в связи с отсутствием ионизирующего излучения;
- возможность воспроизведения изображения в любой плоскости и под любым углом;
- возможность реконструкции трехмерного изображения;
- высокая контрастность при воспроизведении мягких тканей;
- получение изображения с контрастом по количеству атомов водорода (протонная плотность) или по временам релаксации или по коэффициенту диффузии;
- селективное изображение сосудов (МР-ангиография);
- количественное определение скорости и профиля течения крови;
- изучение процессов метаболизма с помощью *in vivo*-МР-спектроскопии (МРС).

Мировой практический опыт показал, что в клинической практике для повседневной диагностической работы оптимальными являются МР-системы со средней напряженностью магнитного поля. Поля в пределах 0,2-0,5 Тесла дают достаточно высокой интенсивности сигнал оптимальной контрастности, что позволяет решать большинство задач в реальной клинико-диагностической работе.

Основной областью применения МРТ в клинике является центральная нервная система - головной и спинной мозг с получением изображения в сагитальных, фронтальных и других срезах. При исследовании спинного мозга очень эффективным методом оказывается быстрая МР-миелография с селективной визуализацией спинно-мозговой жидкости и спинного мозга.

Для контрастного усиления изображения исследуемых органов используются диагностические парамагнитные среды, например, «Магневист» (Schering) и др. В отличие от других диагностических сред, магневист отличается хорошей переносимостью и используется при проведении МРТ всего тела, в том числе органов грудной клетки (легкие, средостение) и брюшной полости (печень, селезенка, поджелудочная железа), тазовых органов (мочевой пузырь, репродуктивные органы), забрюшинного пространства (почки, надпочечники, лимфатические узлы), опорно-двигательного аппарата (суставы, мышцы) и др.

Уникальной возможностью МРТ является получение селективного изображения сосудов без введения контрастного вещества – МР-ангиография.

Современные модели аппаратов для МРТ используются также для исследования органов брюшной полости, органов дыхания и костно-суставного аппарата с четким изображением костной ткани, хрящей, связок, менисков и других анатомических структур. МРТ аппараты открытого типа удобны для проведения исследований детей.

Реконструкция накопленной в ПК информации позволяет воспроизводить трехмерные МР-изображения. Аппараты с более высокими магнитными полями (2, 3, 4 Тесла) создают условия для быстрых и сверхбыстрых методов получения изображения за время менее секунды. Основными областями применения сверхбыстрых методов, таких как мгновенное градиентное эхо (SnapShot FLASH) и эхо-планарная томография (EPI), являются динамическая и функциональная томография. Очень важным клиническим применением динамической томографии является МР-маммография.

МРТ используется также для неинвазивной (без введения контрастного вещества) визуализации функциональных особенностей состояния головного мозга.

Перспективную область применения МРТ в медицине с магнитными полями высокой напряженности (2-4 Т) представляет *in vivo* МР-спектроскопия, позволяющая изучать и измерять биохимические процессы в живом организме на молекулярном уровне. Новые возможности МРТ тесно связаны с быстрым прогрессом в области вычислительной техники и программного обеспечения.

Медицинская термография

Термография или тепловидение - метод медицинской интроскопии, основанный на регистрации теплового излучения поверхности тела в инфракрасном или сверхвысокочастотном радиодиапазоне. На термограммах воспроизводится температурный рельеф кожных покровов. С помощью радиотермографии можно определить среднюю температуру тканей на глубине до 4-х см, при этом тепловое излучение преобразуется в электрические сигналы, которые выводятся на экран в виде таблицы чисел.

Метод позволяет выявлять поверхностно расположенные опухоли, например, молочной железы, или осуществлять контроль за эффективностью лечения различных заболеваний. Метод так же используется для термографической оценки конечностей при нарушении артериального кровообращения, например, при облитерирующем эндартериите и др.

К достоинствам данного метода, в отличие от рентгенологических методик, следует отнести его полную безвредность и высокую разрешающую способность в определении перепада температуры (на расстоянии 1 мм фиксируется градиент температуры в 0,1 С). К недостаткам метода можно отнести значительную вариабельность получаемых результатов исследования при сходных по клиническому течению заболеваниях, что может затруднять дифференциальную диагностику.

Интервенционная радиология (ИР)

Интервенционная радиология (ИР) - относительно молодой раздел лучевой диагностики, достигший в экономически развитых странах серьезных успехов. Первое упоминание об использовании чрескожного катетеризационного исследования кровеносных сосудов Сельдингером датируется 1953 годом. И лишь в 70-е годы методы сосудистых исследований различных органов получили всеобщее признание, что и явилось начальным этапом формирования данного направления.

ИР находится на стыке нескольких медицинских дисциплин и сочетает в себе возможности лучевой диагностики. Имеются в виду:

- различные способы пункционной и катетеризационной ангиографии;
- многие виды дренирования и пункционной биопсии внутренних органов, брюшной полости и забрюшинного пространства, производимые под контролем рентгеновского экрана, ультразвукового исследования (УЗИ), компьютерной томографии (КТ), магнитно-резонансной томографии (МРТ) и др.

Одновременно в процессе исследования осуществляются лечебные процедуры: эндоваскулярные способы сосудистой хирургии (рентгеноэндоваскулярная хирургия), а также технического и фармакологического обеспечения и др. Иными словами, реализуются диагностические и лечебные функции, что обуславливает высокую эффективность данной технологии, в связи с чем востребованность ИР в практическом здравоохранении постоянно возрастает. Высокая лечебная эффективность данной дисциплины в последнее десятилетие выводит её в число важнейших показателей, характеризующих качественное состояние и уровень медицины.

В кардиологии, ангиологии, сосудистой хирургии получили признание методы реканализации сосудистых стенозов и окклюзий: чрескожная баллонная и лазерная дилатация (ангиопластика), механическая и аспирационная реканализация, протезирование, тромбэктомия и способы контролируемого тромболизиса, установка стентов, регионарная внутриартериальная инфузионная терапия и др.

В общей и экстренной хирургии : способы остановки кровотечения, методы эмболизации сосудов и сосудистых образований.

В онкологии : эмболизация опухолевых сосудов для “выключения” при кровотечении из распадающейся опухоли, ишемизация патологического субстрата для уменьшения кровопотери при операции, локальные чрезартериальные способы воздействия на опухоль различными противоопухолевыми препаратами и др.;

В гастроэнтерологии : способы дилатации сужений пищевода, чрескожная чреспеченочная холангиография, операционная холангиография, чрескожная гастроэнтеростомия, дилатация пищевода, дренаж абсцессов брюшной полости и забрюшинного пространства, ретроградная эндоскопическая холангиография и др.;

В нефрологии и урологии : дренаж почек, исследование в сочетании с эндоскопическими и лапароскопическими манипуляциями и др.

В гинекологии : исследование репродуктивной системы, сочетание с эндоскопическими и лапароскопическими манипуляциями.

Подводя итог данному обзору, следует отметить, что современные методы лучевого исследования и их комплексное использование в клинике занимают в настоящее время одно из ведущих мест в диагностическом процессе, обеспечивая высокое качество визуализации, быстроту и объективность постановки диагноза, и, что особенно важно, безопасность пациентов и персонала. Кроме того, создается совершенно новая социальная среда рабочего процесса, соответствующая эпохе научно-технического прогресса и компьютеризации.