Частные и специальные методы рентгенологического исследования

**1. Томография — послойное рентгенологическое исследование**

**Томография**— это метод рентгенографии отдельных слоев человеческого тела. На обычной рентгенограмме получается суммационное изображение всей толщи исследуемой части тела. Изображения одних анатомических структур частично или полностью накладываются на изображение других. В силу этого теряется тень многих важных структурных элементов органов. Томография служит для получения изолированного изображения структур, расположенных в какой-либо одной плоскости, т. е. как бы для расчленения суммационного изображения на составляющие его изображения отдельных слоев объекта. Отсюда название метода — томография (от греч. tomos — слой).

Эффект томографии достигается посредством непрерывного движения во время съемки двух или трех компонентов рентгеновской системы — излучателя, пациента, пленки. Чаще всего перемещают излучатель (трубку) и пленку, в то время как пациент остается неподвижным. При этом излучатель и пленка движутся по дуге, линии или более сложной траектории, но обязательно во взаимно противоположных направлениях. При таком перемещении изображение большинства деталей на рентгенограмме оказывается нечетким, размазанным. А резкое изображение дают только те образования, которые находятся на уровне центра вращения системы трубка — пленка. На Рис. 1 схематически представлен принцип традиционной (линейной) томографии.

Конструктивно томографы выполняют в виде отдельных рентгеновских аппаратов или специальных приспособлений (приставок) к обычным рентгеновским установкам. Приставка представляет собой механизм для перемещения излучателя и кассеты во время съемки.

Рис.1. Принцип традиционной (линейной) томографии (схема).

Если на томографе или на томографической приставке изменить уровень центра вращения системы трубка — пленка, то изменится уровень выделяемого слоя.

На томограмме всегда надписана цифра, обозначающая глубину исследуемого слоя (чаще всего в сантиметрах от поверхности тела больного). Врач перед томографией выбирает не только глубину залегания выделяемого слоя, но и толщину слоя, изображение которого он желает получить на снимке. Толщина зависит от угла перемещения излучателя и пленки. Чем больше этот угол, тем тоньше выделяемый слой. Обычная величина угла — от 20 до 50°. Если же выбирают очень малый угол перемещения, порядка 3— 5°, то получают изображение толстого слоя, по существу целой зоны. Этот вариант томографии получил название зонографии.

Показания к томографии достаточно широки, особенно в учреждениях, где не имеется компьютерного томографа. С помощью томограмм получают изображение трахеи и крупных бронхов, не прибегая к их искусственному контрастированию.

Томография легких очень ценна для выявления полостей распада в участках инфильтрации или в опухолях, а также для обнаружения гиперплазии внутригрудных лимфатических узлов. Томограммы дают возможность исследовать структуру придаточных пазух носа, гортани, получить изображение отдельных деталей такого сложного объекта, как позвоночник или череп и т. д.

**2. Ангиография**

Артерии, вены и лимфатические сосуды на обычных рентгенограммах не дают изображения, поскольку поглощают рентгеновское излучение так же, как окружающие их ткани. Исключением являются артерии и вены легких, которые вырисовываются как ветвящиеся темные полоски на фоне светлых легочных полей. Кроме того, у лиц, страдающих атеросклерозом, преимущественно в пожилом и старческом возрасте, наблюдаются отложения извести в стенки аорты и периферических артерий. Эти известковые бляшки хорошо выделяются на снимках.

**Ангиографией**называют рентгенологическое исследование кровеносных и лимфатических сосудов, производимое с применением контрастных веществ. Для искусственного контрастирования в кровяное или лимфатическое русло вводят раствор органического соединения йода, предназначенного для этой цели. В зависимости от того, какую часть сосудистой системы контрастируют, различают артериографию, венографию (флебографию) и лимфографию.

Ангиографию выполняют только после общеклинического исследования и в тех случаях, когда неинвазивные методы недостаточны для распознавания болезни и предполагается, что на основании картины сосудов или изучения кровотока можно выявить поражение собственно сосудов или их изменения при заболеваниях других органов. Но при этом надо помнить, что ангиография — инвазивное исследование, связанное с возможностью осложнений и с довольно значительной лучевой нагрузкой.

Основные задачи ангиографии ясны из сказанного выше. Ее применяют для исследования гемодинамики и выявления собственно сосудистой патологии, для диагностики повреждений и пороков развития органов, для распознавания ряда воспалительных, дистрофических и опухолевых поражений, вызывающих нарушения функции и морфологии сосудов. Ангиография является необходимым этапом при проведении эндоваскулярных рентгенохирургических операций.

Противопоказаниями к ангиографии служат: крайне тяжелое состояние больного, острые инфекционные, воспалительные и психические заболевания, выраженная сердечная, печеночная и почечная недостаточность, повышенная чувствительность к препаратам йода.

Возможность идиосинкразии к йоду выясняют во время опроса больного до исследования, а также путем пробы на чувствительность к йодистому соединению, которое собираются использовать. Для этого больному вводят внутривенно 1,5—2 мл контрастного вещества. Признаками аллергической реакции считают головную боль, тошноту, кожный зуд, крапивницу, конъюнктивит, ринит, нарушения сердечного ритма.

Артериографию выполняют путем пункции сосуда или его катетеризации. Пункцию применяют при исследовании сонных артерий, артерий и вен нижних конечностей, абдоминальной аорты и ее крупных ветвей. Но преобладающим способом ангиографии в настоящее время является, безусловно, катетеризация сосудов, которую делают по методике, разработанной шведский исследователем Сельдингером.

Излюбленным местом для катетеризации служит область бедренной артерии. В необходимую точку артериальной системы вводят рентгеноконтрастный катетер. За его продвижением наблюдают по телевизионному экрану.

Все манипуляции при ангиографии осуществляют под контролем рентгенотелевидения. Все участники катетеризации работают в защитных фартуках, поверх которых надеты стерильные халаты. В процессе ангиографии ведется постоянное наблюдение за состоянием больного.

Через катетер в исследуемую артерию вводят автоматическим шприцем (инъектором) под давлением контрастное вещество. В тот же момент начинается скоростная рентгеновская съемка. Программа ее - число и время выполнения снимков - установлена на пульте управления аппаратом. Снимки немедленно проявляют в машине для автоматической обработки. Убедившись в успехе исследования, катетер извлекают.

Термин "артериография" - общее обозначение контрастного рентгенологического исследования любой артерии. На практике чаще используют частные термины: в зависимости от цели исследования и места введения контрастного вещества различают аортографию, коронарографию, каротидную и вертебральную артериографию, целиакографию, мезентерикографию и т. д. Для выполнения всех этих видов ангиографии конец рентгеноконтрастного катетера вводят в исследуемый сосуд. После инъекции контрастного вещества оно заполняет основной ствол и его крупные ветви, затем переходит в ветви среднего и малого калибра. Далее контрастное вещество накапливается в капиллярах, отчего интенсивность тени органов, снабжаемых исследуемым сосудом, возрастает. Наконец, контрастное вещество появляется в венозных путях оттока.

При введении контрастного вещества в артерию на ангиограммах в норме последовательно отражаются закономерные фазы кровотока: ранняя артериальная, поздняя артериальная, капиллярная (паренхиматозная), венозная. Это позволяет судить о регионарной гемодинамике.

Венография может быть выполнена прямым и непрямым способами. При прямой венографии контрастное вещество вводят в кровь путем венопункции или веносекции (в ряде случаев с применением катетеризации по методу Сельдингера). Непрямое контрастирование вен осуществляют одним из трех способов: 1) введением контрастного вещества в артерии; из нее оно через систему капилляров достигает вен (иначе говоря, используют венозную фазу артериографии для получения изображения вен); 2) инъекцией контрастного вещества в костномозговое пространство — из последнего оно поступает в соответствующие вены; 3) введением контраста в паренхиму органа путем пункции; на снимках отображаются вены, отводящие кровь от данного органа. Таким образом, например, достигали изображения селезеночной и воротной вен, вводя контрастный раствор в паренхиму селезенки (спленопортография).

К венографии есть ряд специальных показаний: хронический тромбофлебит, тромбоэмболия, посттромбофлебитические изменения вен, подозрение на аномалию развития венозных стволов, различные нарушения венозного кровотока, в том числе из-за недостаточности клапанного аппарата вен, ранения вен, состояния после хирургических вмешательств на венах.

Новой методикой рентгенологического исследования сосудов является дигитальная субтракционная ангиография. В основе ее лежит принцип компьютерного вычитания (субтракции) двух изображений, записанных в памяти компьютера — снимков до и после введения в сосуд рентгено-контрастного вещества.

Благодаря компьютерной обработке изображений итоговая рентгенологическая картина сердца и сосудов отличается высоким качеством, но главное — возможностью выделить изображение сосудов из общего изображения исследуемой части тела и количественно оценить гемодинамические параметры. Существенным преимуществом дигитальной субтракционной ангиографии (ДСА) является уменьшение необходимого для ангиографии количества рентгеноконтрастного средства. Поэтому ДСА дает возможность получить изображение сосудов при большом разведении контрастного вещества в крови. А это означает, что можно ввести контраст внутривенно и на последующей серии снимков запечатлеть изображения артерий, не прибегая к их катетеризации.

Для лимфографии контрастное вещество вливают непосредственно в просвет лимфатического сосуда. В клинике в настоящее время используют главным образом лимфографию нижних конечностей, таза и забрюшинного пространства.

Показания к лимфографии сравнительно узки. К ней прибегают при системных и опухолевых заболеваниях для уточнения локализации, степени и характера поражения лимфатических узлов. В частности, такая надобность может возникнуть в процессе планирования лучевой терапии: выявление пакетов пораженных лимфогранулематозом или раком лимфатических узлов позволяет выбрать нужные поля облучения.

В нормальных условиях отмечаются полная проходимость всех сосудов, правильные топографические соотношения артерий и вен, хорошая видимость клапанов в венах, правильность ветвления сосудов, ровность их очертаний, определенная длительность каждой фазы контрастирования. При патологических состояниях возникает целый ряд рентгенологических симптомов: расширение сосуда на большом или ограниченном протяжении, ампутация сосуда, сужение сосуда на значительном или небольшом расстоянии, краевые дефекты наполнения в сосуде, неровность очертаний сосуда, неравномерность тени органа в паренхиматозной (капиллярной) фазе.

Особое значение в диагностике имеют два ангиографических синдрома: окклюзионное поражение и злокачественная опухоль. При окклюзионном поражении наблюдается сужение или закрытие сосуда и появление окольных путей кровотока. При злокачественной опухоли определяется либо бессосудистый дефект, либо зона гиперваскуляризации (или их сочетание). В области опухоли возникают хаотически ориентированные новообразованные сосуды. Просвет их неравномерен, контуры неровны. Могут наблюдаться "опухолевые пятна" ("озерца", "лужицы") - скопления контрастного вещества в участках избыточной васкуляризации. Часто отмечается ускоренный переход контрастного вещества в венозные пути оттока.

**3. Компьютерная томография**

**Компьютерная томография** - принципиально новый и универсальный метод рентгенологического исследования. С ее помощью можно изучать все части тела, все органы, судить о положении, форме, величине, состоянии поверхности и структуре органа, определять ряд функций, в том числе кровоток в органе.

**Компьютерная томография** — метод исследования тонких слоев тканей, позволяющий измерять плотность любого участка этих тканей.

Идея компьютерной томографии (в советской литературе сокращенно обозначается КТ, в зарубежной — ST) родилась в Южно-Африканской Республике у физика А. Кормака. В Кейптаунской больнице Хроте Схюр его поразило несовершенство технологии исследования головного мозга. Он рассчитал взаимодействие узко направленного пучка рентгеновского излучения с веществом мозга и в 1963 г. опубликовал статью о возможности компьютерной реконструкции изображения мозга. Спустя 7 лет этим занялась группа инженеров английской фирмы электромузыкальных инструментов во главе с Г. Хаунсфилдом. Время сканирования первого объекта (мозг, консервированный в формалине) на созданной ими экспериментальной установке составило 9 часов. Уже в 1972 г. была произведена первая томограмма женщине с опухолевым поражением мозга. 19 апреля 1972 г. на конгрессе Британского радиологического института Г. Хаунсфилд и врач Дж. Амброус выступили с сенсационным сообщением "Рентгенология проникает в мозг". А в 1979 г. А. Кормак и Г. Хаунсфилд были удостоены Нобелевской премии.

КТ существенно отличается от традиционной (конвенциальной) рентгеновской томографии. При обычной томографии рентгеновский пучок, пройдя через объект, воспринимается пленкой и сразу образует на ней скрытое изображение, которое становится видимым после фотообработки пленки. При КТ изображение получают в результате первоначальной трансформации рентгеновского излучения в набор электрических сигналов, которые затем обрабатываются в компьютере. КТ - это один из вариантов дигитальной (цифровой) рентгенографии. Отсюда вытекают важные достоинства КТ. При ней изображение исследуемого слоя свободно от тени всех образований, находящихся в соседних слоях. Компьютер рассчитывает величину поглощения рентгеновского излучения в отдельном малом объеме сканируемого слоя. Информация о плотности ткани в любых участках может быть представлена в виде цифр, графиков или в виде точек в координатной сетке в черно-белом или цветном варианте. За нулевую величину плотности принята плотность воды. Плотность кости приравнена к +1000 условных единиц, а воздуха - к -1000 условных единиц, обозначаемых буквой Н по имени Хаунсфилда. Таким образом, согласно этой шкале (шкала Хаунсфилда), весь диапазон плотностей тела человека состоит из 2000 единиц - от -1000 до +1000. Добавим, что компьютерный томограф способен зафиксировать разницу в плотности ткани всего в 0,5%, тогда как обычная рентгенограмма — только в 15-20%.

Конструктивно компьютерный томограф представляет собой сложное и, к сожалению, дорогостоящее техническое устройство. Его штатив включает в себя круговую раму, в которой установлены вращающаяся по кругу рентгеновская трубка и расположенные кольцом детекторы (сцинтилляционные счетчики или газоразрядные камеры). В штативе имеется отверстие, в которое помещается стол для укладки пациента. С пульта управления этот стол можно передвигать относительно системы трубка - детекторы и тем самым выбирать исследуемые слои. Современные томографы позволяют получать изображения очень тонких слоев - толщиной от 1 до 5 мм.

Непременной частью компьютерного томографа является устройство для обработки информации и синтеза изображения. В это устройство входят ЭВМ с различного вида памятью, накопители информации и другие атрибуты вычислительной техники. Томограф снабжен пакетом программ, которые обеспечивают всесторонний анализ информации: получение гистограмм, выделение зоны интереса, проведение измерений рентгеновского изображения, построение на основе серии поперечных "срезов" реконструированных изображений в прямой и боковой проекциях и т. д. Наконец, в состав компьютерного томографа включено устройство для визуального представления и анализа рентгеновских изображений. Изображение может быть выдано на экран дисплея, получено на пленке или отпечатано на фотобумаге "Поляроид" и записано на магнитные носители.

Компьютерные томографы четвертого поколения обеспечивают короткое время сканирования — всего 1—2 с. Этого достаточно, чтобы получить четкое изображение любого органа. Лучевая нагрузка за типовое исследование сравнительно невелика — 0,01—0,02 Гр.

Специальной подготовки больного к КТ органов головы, шеи, груди и конечностей не требуется. При исследовании аорты, нижней полой вены, печени, селезенки, почек больному рекомендуется ограничиться легким завтраком. Для исследования желчного пузыря пациент должен явиться натощак. Перед КТ поджелудочной железы, а также при необходимости изучения переднего края печени необходимо принять меры для уменьшения метеоризма. Если на томограммах не достигается хорошего изображения поджелудочной железы, то пациенту предлагают выпить 20 мл трийодированного контрастного вещества в 500 мл воды. И еще одно предупреждение: скопления сульфата бария в желудке или кишечнике обусловливают артефакты в изображении, поэтому не следует назначать КТ до опорожнения пищеварительного канала от бария.

Разработана дополнительная методика проведения КТ — методика "усиления". Она заключается в томографии в условиях внутривенного введения больному трийодированного контрастного вещества. Этот прием повышает поглощение рентгеновского излучения в связи с появлением контрастного раствора в сосудистой системе органа. При этом, с одной стороны, возрастает контрастность изображения, а с другой — выделяются сильно васкуляризированные образования (например, сосудистые опухоли, метастазы некоторых опухолей), а также бессосудистые или малососудистые участки (кисты, опухоли). При достаточной скорости и быстроте съемки можно добиться отображения на томограммах кровеносных сосудов органа (компьютерно-томографическая ангиография).

Некоторые модели компьютерных томографов снабжены кардиосинхронизаторами. Они включают рентгеновский излучатель в точно заданные моменты сердечного цикла — в систолу или диастолу. Полученные в результате такого исследования поперечные срезы сердца позволяют визуально оценивать состояние сердца в систолу и диастолу, проводить расчет объемов камер сердца и фракции выброса, анализировать показатели общей и регионарной сократительной функции миокарда.

При анализе томограмм учитывают "ширину окна", избранную при КТ. Дело в том, что получить равноценное изображение на экране монитора всех исследуемых деталей невозможно, если они по плотности занимают всю шкалу Хаунсфилда. Такой диапазон плотностей не может передать электроннолучевая трубка и не может воспринять наш зрительный анализатор. Поэтому врач, приступая к анализу томограмм, "вырезает" из всего образа, хранящегося в памяти компьютера, только участки определенной плотности, например от + 100 до +130 Н, и исследует их на мониторе. Этот участок и называют окном.

Значение КТ не ограничивается ее использованием в диагностике заболеваний. Под контролем КТ производят пункции и прицельную биопсию различных органов и патологических очагов. КТ играет важную роль в контроле за консервативным и хирургическим лечением больных. КТ является ценным средством точной локализации опухолевых образований и наводки источника излучения на очаг при планировании лучевого лечения злокачественных новообразований.