

# ЛУЧЕВАЯ ДИАГНОСТИКА ЗАБОЛЕВАНИЙ СЕРДЕЧНО-СОСУДИСТОЙ СИСТЕМЫ

## ***Лучевая анатомия сердца***

Лучевое исследование морфологии сердца и магистральных сосудов можно производить с применением неинвазивной и инвазивной техники. К неинвазивным методам относятся: а) рентгенография и рентгеноскопия; б) ультразвуковое исследование; в) компьютерная рентгеновская и магнитно-резонансная томография. Инвазивными процедурами являются: а) искусственное контрастирование полостей сердца венозным путем ангиокардиография; б) искусственное контрастирование артериальным путем полости левого желудочка (левая вентрикулография), коронарных артерий (коронарография) и аорты (аортография). Радионуклидные методы тоже в известной мере позволяют судить о морфологии сердца и магистральных сосудов, но их основное назначение исследование центральной гемодинамики, о чем будет сказано ниже.

*Рентгенологические методики* рентгенография, рентгеноскопия, компьютерная томография наилучшим образом отражают положение, величину сердца и магистральных сосудов. Эти органы находятся среди легких, и поэтому их тень отчетливо выделяется на фоне прозрачных легочных полей.

Опытный врач никогда не начинает исследование сердца с анализа его изображения. Он прежде всего бросит взгляд на обладателя этого сердца, так как знает, как сильно положение, форма и величина тени сердца зависят от телосложения человека. Затем он по снимкам или по данным просвечивания оценит размеры и форму грудной клетки, состояние легких, уровень стояния купола диафрагмы. Эти факторы тоже влияют на характер изображения сердца. Очень важно, что при этом рентгенолог имеет возможность обозреть легочные поля. Такие изменения в них, как артериальное или венозное полнокровие, интерстициальный отек, указывают на состояние малого круга кровообращения и способствуют диагностике ряда заболеваний сердца.

Сердце орган сложной формы. На рентгенограммах, при рентгеноскопии и на компьютерных томограммах получается лишь плоскостное, двухмерное изображение. Для суждения же о сердце как объемном образовании при рентгеноскопии прибегают к постоянным поворотам пациента за экраном, а при КТ к выполнению 8-10 и более срезов. Их совокупность дает возможность реконструировать трехмерное представление об объекте. При рентгенографии сердца снимки принято производить в 4 стандартных проекциях: 1) в передней (исследуемый прилегает грудью к кассете); 2) в первой (правой) косой (исследуемый располагается вполоборота правым плечом к кассете); 3) во второй (левой) косой (исследуемый стоит вполоборота левым плечом к кассете); 4) в левой боковой. Чтобы изображение сердца не было увеличенным, съемку выполняют с расстояния 1,82 м (телерентгенография). Со снимками грудной клетки клиницисту приходится встречаться часто, поэтому надо знать рентгенологическую анатомию сердца и магистральных сосудов.

На передней рентгенограмме сердце выглядит как однородное интенсивное затемнение, располагающееся посередине, но несколько асимметрично: примерно 1/3 сердца проецируется правее срединной линии тела, а 2/3 левее этой линии. Контур тени сердца выступает иногда на 23 см вправо от правого контура позвоночника, контур верхушки сердца слева не доходит на 23 см до срединной ключичной линии. В целом тень сердца напоминает косо расположенный овал. У лиц гиперстенической

конституции он занимает более горизонтальное положение, а у астеников более вертикальное. Кверху изображение сердца переходит в тень средостения, которая на этом уровне составлена в основном крупными сосудами аортой, верхней поллой веной и легочной артерией. Между контурами сосудистого пучка и сердечным овалом образуются так называемые сердечно-сосудистые углы. Это выемки, которые принято называть талией сердца. Внизу изображение сердца сливается с тенью брюшных органов. Углы между контурами сердца и диафрагмы называют сердечно-диафрагмальными углами.

При просвечивании нетрудно различать предсердия и желудочки, поскольку они имеют совершенно разную пульсацию. Но по снимкам тоже можно дифференцировать все камеры сердца. Дело в том, что контуры сердечной тени, в норме ровные и четкие, имеют вид дуг. Каждая дуга представляет собой отображение выходящей на контур поверхности того или иного отдела сердца. Подчеркнем, что все дуги сердца и сосудов отличаются гармоничной закругленностью. Выпрямленность дуги или какого-либо ее участка свидетельствует о патологических изменениях в стенке сердца или в прилежащих тканях.

Форма и размеры сердца у человека переменны. Они обусловлены конституциональными особенностями пациента, положением его во время исследования, фазой дыхания. Был период, когда очень увлекались рентгеновским измерением сердца. На показаны основные размеры, которые при этом определялись. Существуют таблицы, в которых приведены должные величины, т. е. все размеры в зависимости от возраста, пола, массы тела, поперечника грудной клетки и других показателей. В настоящее время рентгеновское измерение сердца сохранило свое значение главным образом для компьютеризированного анализа рентгеновских данных. В поликлинических же условиях обычно ограничиваются определением сердечно-легочного коэффициента отношения поперечника сердца к поперечнику грудной клетки. У взрослых людей он колеблется между 0,45 и 0,50 (у гиперстеников больше, у астеников меньше).

У здоровых людей тень сердца и сосудов однородна. В патологических условиях могут обнаруживаться отложения извести в клапанах и фиброзных кольцах клапанных отверстий, в стенках коронарных сосудов и аорты, в перикарде. В последние годы появилось немало больных с имплантированными клапанами и водителями ритма сердца.

КТ производят при горизонтальном положении пациента. Основной слой сканирования выбирают таким образом, чтобы его плоскость проходила через центр митрального клапана и верхушку сердца. На томограмме этого слоя вырисовываются оба предсердия, оба желудочка, межпредсердная и межжелудочковая перегородки. На этом же срезе дифференцируются венечная борозда, место прикрепления сосочковой мышцы и нисходящая аорта. Последующие слои выделяют как в краниальном, так и в каудальном направлении. Съемка томограмм синхронизирована с зубцами электрокардиограммы. Чтобы получить достаточно четкое изображение полостей сердца, томограммы выполняют в условиях быстрого автоматического введения венозным путём рентгеноконтрастного вещества.

Новые перспективы в изучении морфологии сердца и сосудов раскрыла МРТ. Она не связана с рентгеновским облучением больного и может выполняться в самых разных проекциях. Она обеспечивает четкие различия между кардиоваскулярными структурами и кровью в их полостях.

Среди неинвазивных методов все большую роль играет ультразвуковое исследование. Оно основано на отражении ультразвуковых волн от плотных структур сердца и сосудов. Как и рентгенологическое исследование, ультразвуковую

биолокацию проводят в различном положении пациента горизонтальном, вертикальном, наклонном и в различных проекциях. Датчик ультразвукового аппарата первоначально устанавливают в третье-четвертое межреберье по левому краю грудины, а затем перемещают в другие зоны. Из разных подходов получают изображения различных отделов сердца.

Ультразвуковое сканирование сердца в разных плоскостях и при разном положении датчика позволяет получить на экране монитора, на поляроидной бумажке или на магнитной пленке изображение обоих предсердий, обоих желудочков, межпредсердной и межжелудочковой перегородок, створок трикуспидального, митрального, аортального клапанов, клапана легочной артерии, папиллярных мышц, хорд к митральному клапану, стенок начального отдела аорты.

По сонограммам можно измерить каждую камеру сердца, определить толщину стенок обоих желудочков и межжелудочковой перегородки, установить толщину перикарда, измерить расстояние между створками клапанов. Так, в начале систолы расстояние между створками аортального клапана составляет 1,81,9 см, а диаметр аорты над ними в норме не превышает 4 см. Определить эту величину нетрудно, так как стенки аорты два параллельных эхосигнала, между которыми вырисовываются сигналы от створок клапана.

Инвазивные методики исследования сердца и сосудов связаны с искусственным контрастированием их полостей. Их применяют как для изучения морфологии сердца, так и для исследования центральной гемодинамики, о чем будет идти речь в следующем параграфе. Первым из инвазивных методов является ангиокардиография. Рентгеноконтрастное вещество в количестве 20-40 мл вводят через специальный сосудистый катетер с помощью автоматического инъектора в одну из полых вен или правое предсердие. Уже во время введения контраста начинают рентгеновскую съемку со скоростью 13 кадра в 1 с. За все время исследования, которое продолжается 57 с, контрастное вещество последовательно заполняет правые отделы сердца, систему легочной артерии и легочные вены, левые отделы сердца и аорту. Однако из-за разбавления контрастного вещества в легких изображение левых полостей сердца и аорты не очень отчетливо. Поэтому ангиокардиографию используют преимущественно для изучения правых отделов сердца и малого круга кровообращения. С ее помощью удастся выявить патологическое сообщение (шунт) между камерами сердца или крупными сосудами, аномалию сосудов, препятствие на пути кровотока приобретенного или врожденного характера. Для детального анализа состояния желудочков сердца контрастное вещество вводят непосредственно в них. Исследование левого желудочка производят в правой косо передней проекции под углом 30°. Контрастное вещество вливают автоматически в количестве 40 мл со скоростью 1618 мл/с. Во время введения контраста начинают серию кинокадров. Съемка продолжается спустя некоторое время после окончания введения контрастного вещества до полного вымывания его из желудочка. Такое исследование носит название вентрикулография. Из серии кинокадров выбирают два, сделанных в конечно-систолическую и конечно-диастолическую фазы деятельности сердца. Сопоставив эти кадры, определяют не только морфологию желудочков, но и сократительную способность сердечной мышцы.

Для исследования коронарных артерий контрастное вещество вводят через катетер прямо в устье каждого сосуда левой и правой коронарной артерии (селективная коронарография). На снимках, выполненных в разных проекциях, изучают положение артерий и их основных ветвей, форму, контуры и просвет каждой артериальной ветви, наличие анастомозов между системами левой и правой венечных артерий.

В последнее время для исследования полостей сердца и сосудов в условиях искусственного контрастирования все чаще применяют методику дигитальной субтракционной ангиографии (ДСА). Как уже сообщалось, в основе ДСА лежит трансформация рентгеновского изображения, получаемого с помощью усилителя (УРИ), в видеоизображение и далее цифровое кодирование этого изображения. Иначе говоря, аналоговое видеоизображение превращают в цифровое с последующей компьютерной обработкой полученных данных. Цифровое кодирование заключается в разделении экрана усилителя на ряд элементов изображения (пиксел). В кардиологии применяют матрицу размерами 512 X 512 элементов (всего 262 144 элемента изображения). Яркость каждого элемента кодируется 256 оттенками серого цвета. Ввиду такого большого числа элементов и оттенков дискретность изображения не распознается невооруженным глазом.

В процессе компьютерной обработки осуществляют вычитание (субтракцию) двух цифровых изображений фонового (“маска”), получаемого до или после введения контрастного вещества, и контрастного. Поэтому на дигитальных ангиограммах на изображение полостей сердца и сосудов уже не наслаивается тень костей и мягких тканей. Для ДСА требуется в 3 раза меньше контрастного вещества. Это очень важно, так как резко снижаются частота нарушений ритма сердца и кардиодепрессивный эффект контрастных препаратов. Заметно уменьшается лучевая нагрузка. Полученную информацию можно подвергать компьютерной обработке (усиление, выделение зон интереса и т. д.).

Таким образом, разнообразные лучевые исследования обеспечивают полноценное прижизненное исследование морфологии сердца и сосудов”.

### ***Лучевое исследование функции сердца***

Примерно раз в секунду у здорового человека по миокарду распространяется волна возбуждения происходит сокращение и затем расслабление сердца.

Самым простым и доступным методом их регистрации является рентгеноскопия. Она позволяет визуально оценить сокращения и расслабления сердца и пульсацию аорты и легочной артерии. При этом, вращая пациента за экраном, можно вывести на контур, т. е. сделать краеобразующими, все отделы сердца и сосудов. Рентгеноскопию не следует сбрасывать со счета, но ее данные являются ориентировочными и позволяют зарегистрировать относительно грубые нарушения сократительной функции.

Были сделаны попытки записать движения сердца на пленку посредством несложных механических или фотоэлектронных приспособлений, но эти методики (рентгенокимография и рентгеноэлектрокимография) к настоящему времени утратили свое значение ввиду появления других, более эффективных лучевых методик. Среди них на первый план выдвинулись ультразвуковые исследования.

В кардиологии применяют несколько ультразвуковых методик: одномерную эхокардиографию, двухмерную эхокардиографию (сонография), доплероэхокардиографию и цветную доплеровскую визуализацию сердца. Общая характеристика всех этих методик дана во второй части учебника. Все они могут быть выполнены на специализированной установке для эхокардиографии и особенно ценны в комплексе.

Одномерная эхокардиограмма имеет вид группы кривых, каждая из которых соответствует определенной структуре сердца: стенке желудочков и предсердий, межпредсердной и межжелудочковой перегородке, клапанам, перикарду и т. д.

Амплитуда кривой на эхокардиограмме указывает на размах систолических движений регистрируемой анатомической структуры.

Сонография дает возможность по экрану монитора наблюдать движения стенок сердца и клапанов в реальном масштабе времени.

Для изучения ряда показателей, характеризующих функцию сердца, на экране монитора обводят контур сердца на стоп-кадрах, зафиксированных на вершине зубца *K* электрокардиограммы и на нисходящем колене зубца *T*. Специальная программа, имеющаяся в ультразвуковой установке, позволяет сопоставить и проанализировать эти два изображения и получить параметры конечного систолического и конечного диастолического объемов левого желудочка и предсердий, размер поверхности правого желудочка, величину фракции выброса желудочков, фракции опорожнения предсердий, систолического и минутного объема, толщины и массы миокарда. Весьма важно, что при этом могут быть получены показатели регионарной сократимости стенки левого желудочка. Полученные данные сопоставляют с индексами нормы, которые приведены в специальных таблицах.

Допплерографию сердца проводят преимущественно в импульсном режиме. С ее помощью удастся не только изучать движения клапанов и стенок сердца в любой фазе сердечного цикла, но также в выбранном контрольном объеме измерить скорость движения крови, направление и характер ее течения.

В норме кровотоков во всех отделах сердца ламинарный, т. е. однонаправленный и равномерный. Он записывается на кривой доплерограммы как узкая линия, а на звуковом выходе установки обуславливает четкий тональный сигнал. По кривой можно рассчитать объем крови, поступающей за один цикл из предсердия в желудочек. При образовании турбулентного потока, когда частицы крови движутся неравномерно, на доплерограмме появляется широкая неоднородная полоса кривых, а на звуковом выходе выслушивается скребущий шум.

И, конечно, уникальные данные представляют ультразвуковые аппараты, на которых направления и характеристики потоков крови записываются разными цветами. Движение крови в сторону датчика отображается красным цветом, движение от датчика синим. Смешение же обоих цветов указывает на разнонаправленные перемещения частиц крови. Интенсивность окраски пропорциональна скорости потока крови. Таким образом установка для цветной доплеровской визуализации позволяет в едином изображении связать данные о топографии и функции сердца.

Наряду с ультразвуковой диагностикой бурно развивались в последнее время радионуклидные методы исследования сердца и сосудов. Среди этих методов необходимо выделить три: равновесную вентрикулографию (динамическая радиокордиография), радионуклидную ангиокардиографию и перфузионную кардиосцинтиграфию. Все они дают важную, а иногда и незаменимую информацию о состоянии сердца, не требуют катетеризации сосудов и сердца, могут выполняться как в покое, так и после функциональной нагрузки.

Равновесная вентрикулография является одним из распространенных исследований сердца. С ее помощью определяют насосную функцию сердца и характер движений стенок сердца. Объектом исследования служит, как правило, левый желудочек, но разработаны специальные приемы для изучения правого желудочка. Принцип метода состоит в регистрации серии изображений в памяти компьютера гамма-камеры. Эти изображения получают от гамма-излучения РФП, введенных в кровь и длительно находящихся в кровотоке, т. е. не диффундирующих через стенку кровеносных сосудов. Концентрация таких РФП в кровеносном русле длительно остается постоянной, поэтому принято говорить, что исследуется кровяной

пул (от англ. pool лужа, бассейн).

Наиболее простой способ создания кровяного пула введение в кровь меченого альбумина. Но белок все же расщепляется в организме, а освободившийся при этом радионуклид индия или технеция покидает кровеносное русло, и радиоактивность крови постепенно падает. Это снижает точность исследования. Более адекватным способом создания стабильного радиоактивного кровяного пула оказалась метка эритроцитов пациента. С этой целью ему предварительно вводят в вену небольшое количество пирофосфата около 0,5 мг. Он активно абсорбируется на эритроцитах. Через 30 мин внутривенно вводят  $^{99m}\text{Tc}$ -пертехнетат активностью 600 МБк. Пертехнетат моментально соединяется с абсорбированным эритроцитами пирофосфатом. Получающееся соединение весьма прочно. Заметьте, что мы впервые столкнулись с методикой радионуклидного исследования, при которой РФП “приготавливается” в организме больного. Совсем недавно для метки было предложено радиоактивное золото Au ( $T_{1/2}=30,5$  с). Оно повышает качество изображения по сравнению с технецием при заметно меньшей лучевой нагрузке.

Прохождение радиоактивной крови по камерам сердца регистрируется в памяти компьютера с помощью электронного устройства, называемого триггером. Он “привязывает” сбор информации с детектора гамма-камеры к электрическим сигналам электрокардиограммы. Набрав информацию о 300-500 кардиоциклах (после полного разведения РФП в крови, т.е; стабилизации кровяного пула), компьютер группирует их в серию изображений, главными из которых являются конечно-диастолическое и конечно-систолическое. Одновременно создается несколько промежуточных изображений сердца на протяжении кардиоцикла, отражающих процесс, например, каждую 0,1 с.

С помощью компьютера по интегральной кривой рассчитывают фракцию выброса, скорость наполнения и опорожнения желудочка, длительность систолы и диастолы. Если за отправные точки принято конечно-диастолическое и конечно-систолическое изображения, то, сопоставив их на экране дисплея, можно оценить движения стенки сердца на протяжении кардиоцикла. ФВ можно определить, таким образом, как по кривой активность/время, так и по геометрическим размерам скинтиграфического изображения.

Фракция выброса является одним из самых чувствительных показателей желудочка. В норме она колеблется около 50% для правого и 60% для левого желудочка. У больных с инфарктом миокарда ФВ всегда уменьшена пропорционально объему поражения, что имеет прямое прогностическое значение. Степень снижения ФВ левого желудочка учитывается при планировании интенсивности лекарственной терапии.

Равновесная вентрикулография может быть использована для выявления ограниченных нарушений сократительной способности левого желудочка, а именно локальных дискинезий, гипокинезий, акинезий. Для этого изображение желудочка делят на несколько сегментов от 8 до 40. Для каждого сегмента изучают перемещение стенки желудочка при сокращениях сердца. Немалую ценность представляет равновесная вентрикулография для обнаружения пациентов, у которых снижены функциональные резервы сердечной мышцы. Такие люди образуют группу высокого риска развития острой сердечной недостаточности или инфаркта миокарда. Им проводят радиовентрикулографию в условиях дозированной велоэргометрической нагрузки, чтобы обнаружить участки стенки желудочка, которые не справляются с нагрузкой, хотя в спокойном состоянии пациента отклонений не было. Подобное состояние миокарда называют стресс-индуцированной миокардиальной ишемией.

Равновесная вентрикулография дает возможность вычислить фракцию регургитации, т. е. величину обратного выброса крови при пороках сердца, сопровождающихся недостаточностью клапанного аппарата. Достоинством метода является и то, что исследование можно вести длительно, несколько часов, изучая, например, влияние лекарственных средств на деятельность сердца.

Радионуклидная ангиокардиография метод исследования первого прохождения РФП по камерам сердца после быстрого его внутривенного введения в небольшом объеме (болюсе). Обычно применяют  $^{99m}\text{Tc}$ -пертехнетат активностью 46 МБк на 1 кг массы тела в объеме 0,51 мл.

Исследование проводят на гамма-камере, оснащенной высокопроизводительным компьютером. В память компьютера записывается серия изображений сердца во время прохождения по нему РФП (1520 кадров в течение не более 30 с). Затем, выбрав зону интереса (обычно это область корня легкого или правого желудочка), анализируют интенсивность излучения РФП. В норме кривые прохождения РФП по правым камерам сердца и через легкие имеют вид одного высокого крутого пика. При патологических состояниях кривая уплощается (при разбавлении РФП в сердечной камере) или удлиняется (при задержке РФП в камере).

При некоторых врожденных пороках сердца происходит сброс артериальной крови из левых камер сердца в правые. Такие шунты (их называют лево-правыми) бывают при дефектах в перегородке сердца. На радионуклидных ангиокардиограммах лево-правый шунт выявляется как повторный подъем кривой в зоне интереса легких. При другой группе врожденных пороков венозная кровь, еще не обогащенная кислородом, вновь поступает, минуя легкие, в большой круг кровообращения. Признаком такого шунтирования на радионуклидной ангиокардиограмме служит появление пика радиоактивности в области левого желудочка и аорты до того, как максимум радиоактивности будет зарегистрирован в области легких. При приобретенных пороках ангиокардиограммы позволяют установить степень регургитации через митральное и аортальное отверстия.

Перфузионная сцинтиграфия миокарда применяется главным образом для исследования миокардиального кровотока. Ее проводят с радионуклидом таллия (обладает более коротким периодом полураспада и потому обуславливает меньшую лучевую нагрузку). После внутривенного введения таллия активностью 50-75 МБк он распределяется по всему телу. Здоровый миокард аккумулирует от 3,7 до 5% введенного РФП. При этом препарат распределяется в сердечной мышце пропорционально миокардиальному кровотоку и активности обменных процессов. В спокойном состоянии коронарный кровоток составляет примерно 1 мл/г мышечной ткани в минуту. Понятно, что визуализируется преимущественно левый желудочек ввиду его большой массы и лучшему кровоснабжению.

Накопление таллия в миокарде происходит очень быстро и достигает максимума через 5-10 мин; на этом уровне оно сохраняется 15-20 мин. Это допускает исследование в различных проекциях. В каждой проекции информацию снимают в течение 35 мин до набора не менее 250000 импульсов. Нормальное перфузионное изображение левого желудочка имеет вид однородной подковообразной тени с центральным дефектом, который соответствует полости желудочка. Анализ этого изображения по сцинтиграммам не всегда прост. Поэтому в неясных случаях прибегают к эмиссионной однофотонной томографии сердца.

Новые интересные возможности в оценке функций сердца появились в связи с совершенствованием метода компьютерной рентгеновской томографии, когда стало реальным выполнять серию томограмм с короткими выдержками на фоне болюсного

внутривенного введения контрастного вещества. В вену локтевого сгиба автоматическим шприцем вводят 15-20 мл 45% раствора трийодированного контрастного вещества. По данным денситометрии определяют время наступления пика контрастирования для каждой камеры сердца. Сначала происходит усиление плотности крови в правом желудочке, затем через 5-6 с в левом. Сравнительный анализ срезов сердца, выполненных в конце систолы и диастолы, позволяет установить динамику изменений полостей сердца на протяжении сердечного цикла.

В распоряжении врача имеется немало лучевых способов оценки сократительной функции сердечной мышцы и миокардиального кровотока. Но все же, как бы ни стремился врач ограничиться неинвазивными методиками, у ряда пациентов приходится использовать более сложные процедуры, связанные с катетеризацией и искусственным контрастированием полостей сердца и коронарных сосудов, а именно рентгеновскую вентрикулографию и коронарографию.

Вентрикулография необходима потому, что при оценке функции левого желудочка она отличается большей чувствительностью и точностью, чем другие лучевые методики. Это особенно относится к выявлению нарушений локальной сократимости левого желудочка. Сведения о региональных расстройствах миокарда необходимы для определения тяжести ишемической болезни сердца, оценки показаний к оперативным вмешательствам, к транслюминальной ангиопластике коронарных артерий, к тромболизису при остром инфаркте миокарда. Кроме того, вентрикулография позволяет объективно установить результаты нагрузочных и диагностических проб при ишемической болезни сердца (теста предсердной стимуляции, эргометриновой пробы и т. д.).

Рентгеноконтрастное вещество вводят автоматическим шприцем в объеме 40 мл со скоростью 12 мл/с и выполняют киносъемку. На кинокадрах отчетливо отображаются изменения тени контрастного вещества в полости левого желудочка. Уже при внимательном рассмотрении кинокадров удается заметить выраженные нарушения сократимости миокарда: отсутствие движения стенки желудочка в каком-либо участке или парадоксальные движения, т. е. вздутие в момент систолы.

Для выявления менее выраженных и локальных расстройств сократимости принято проводить анализ раздельно по 58 стандартным сегментам силуэта левого желудочка (для снимка в правой передней косой проекции под углом 30°). Для оценки сократимости по сегментам предложены разные способы. Один из них заключается в том, что из середины длинной оси желудочка проводят 60 радиусов к контурам тени желудочка. Измеряют конечно-диастолическое значение каждого радиуса и соответственно степень его укорочения при сокращении желудочка. На основании этих измерений производят компьютерную обработку и диагностику региональных расстройств сократимости.

Незаменимым и прямым способом изучения коронарного кровотока является селективная коронарография. Через катетер, введенный последовательно в левую, а затем в правую коронарную артерию, автоматическим инъектором вливают рентгеноконтрастное вещество и производят киносъемку.

На кинокадрах отражается как морфология всей системы коронарных артерий, так и характер кровообращения во всех отделах сердца. Показания к коронарографии довольно широки. Во-первых, к ней прибегают в условиях строгого профессионального отбора при подозрении на возможность поражения коронарных артерий у таких категорий лиц, как пилоты, авиадиспетчеры, водители междугородных автобусов и электропоездов, поскольку развитие острого инфаркта у таких работников представляет угрозу для пассажиров и окружающих людей. Во-

вторых, коронарография показана во всех недостаточно ясных случаях для верификации ишемической болезни сердца, для выбора метода лечения при остром инфаркте миокарда, для дифференциальной диагностики миокарда и миокардиопатии, а также в сочетании с повторной биопсией сердца при подозрении на реакцию отторжения при его пересадке.

Абсолютным противопоказанием к коронарографии является непереносимость контрастного вещества. Относительными противопоказаниями считаются тяжелые поражения внутренних органов: печени, почек и др. Коронарографию допускается производить как в стационарах, так и в амбулаторных условиях, но только в хорошо оснащенных рентгенооперационных, в которых обеспечены все средства восстановления сердечной деятельности. В некотором проценте случаев введение контрастного вещества (а его приходится вводить по несколько раз в каждую венечную артерию, если применять функциональные пробы) может сопровождаться брадикардией, экстрасистолией, а иногда временной поперечной блокадой сердца и даже фибрилляцией.

Помимо визуального анализа коронарограмм, производят их компьютерную обработку. Для анализа контуров тени артерий выделяют на дисплее только очертания артерии. При стенозе строят график стеноза.

### **Лучевые симптомы и синдромы поражений сердца**

Как видно из предшествующего изложения, врач-кардиолог благодаря лучевым методам получает богатую информацию о морфологии и функции сердца и магистральных сосудов и объективные данные о малейших отклонениях от нормы. На основании этих многочисленных симптомов и строится окончательное клиническое распознавание болезни. Целесообразно рассмотреть наиболее частые признаки патологии сердца, с которыми сталкивается врач общей практики. Это в основном рентгенологические симптомы изменения положения, формы, величины и сократительной функции сердца.

**Изменения положения сердца.** У здорового человека сердце находится в передненижнем отделе грудной полости. При изменении положения тела оно перемещается в пределах нескольких сантиметров, совершая одновременно повороты вокруг вертикальной и горизонтальной оси. Нередкой врожденной аномалией является правостороннее положение сердца его декстропозиция. В патологических условиях сердце может быть смещено в сторону при выпотном плеврите, большой диафрагмальной грыже или опухоли. Перетягивание сердца часто наблюдается при сморщивающих процессах в легочной ткани. Исследование состояния легких и диафрагмы обычно позволяет без труда выяснить причину ненормального положения сердца.

**Изменения формы сердца.** Форма сердца в рентгеновском изображении величина переменная. Она зависит от положения тела в пространстве и уровня стояния диафрагмы. Форма сердца неодинакова у ребенка и взрослого, у женщин и мужчин. Но в общем сердце по форме напоминает вытянутый овал, расположенный косо по отношению к срединной линии тела. Достаточно хорошо выражена граница между тенью сердца и тенью магистральных сосудов (талия сердца), четко выделяются контуры сердечного силуэта, ограниченные дугообразными линиями. Такую форму сердца с ясно видимыми дугами считают нормальной.

Разнообразные вариации формы сердца в патологических условиях могут быть сгруппированы в три типа: митральная, аортальная и трапециевидная (треугольная) форма. При митральной форме талия сердца исчезает, вторая и третья дуги левого

контура сердечно-сосудистого силуэта удлиняются и более чем обычно выступают в левое легочное поле. Выше, чем в норме, располагается правый сердечно-сосудистый угол. При аортальной форме талия сердца, наоборот, резко выражена, между первой и четвертой дугами левого контура возникает глубокое западение контура. Правый сердечно-сосудистый угол смещается книзу. Удлинены и более выпуклы дуги, соответствующие аорте и левому желудочку сердца.

Сама по себе митральная или аортальная конфигурация сердца еще не доказывает наличия заболевания. Форма сердца, близкая к митральной, встречается у молодых женщин, а близкая к аортальной у немолодых людей гиперстенической конституции. Свидетельством патологического состояния является сочетание митральной или аортальной формы сердца с его увеличением. Наиболее частыми причинами возникновения митральной формы сердца являются перегрузка левого предсердия и правого желудочка. Следовательно, к митризации сердца ведут в первую очередь митральные пороки сердца и обструктивные заболевания легких, при которых повышается давление в малом круге кровообращения. Наиболее частыми причинами аортальной формы сердца служат перегрузка левого желудочка и перегрузка восходящей части аорты. К ним ведут аортальные пороки, гипертоническая болезнь, атеросклероз аорты.

Диффузные поражения сердечной мышцы или накопление жидкости в перикарде вызывают общее и сравнительно равномерное увеличение тени сердца. При этом теряется разделение его очертаний на отдельные дуги. Подобную форму сердца принято называть трапециевидной или треугольной.

**Изменения величины сердца.** Изменения размеров сердечных камер важнейший показатель патологического состояния. Расширение камер выявляется с помощью всех лучевых методов. Наиболее это доступно при эхокардиографии и при рентгенологическом исследовании. Общее увеличение сердца может происходить либо в результате выпота в перикард, либо вследствие расширения всех камер сердца (застойная кардиомиопатия). Эхокардиография позволяет сразу разграничить эти состояния. Рентгенологически для выпотного перикардита типично резкое ослабление или вообще отсутствие пульсаторных колебаний на контурах сердечной тени.

Гораздо чаще приходится в диагностике улавливать симптомы увеличения отдельных камер сердца. Рентгенологическим признаком увеличения камеры служит удлинение и более выпуклый характер ее дуги на рентгенограммах.

**Изменение сокращений** сердца. С помощью лучевых методов могут быть оценены частота сокращений сердца и пульсации сосудов, глубина сокращений, их ритм, скорость движения стенки сердца в момент сокращения, направление движения (нормальное или парадоксальное), появление дополнительных сокращений и расслаблений, изменение толщины стенки сердца в момент сокращения и расслабления. При рентгеноскопии отмечают лишь выраженные расстройства сократительной деятельности сердца. Тем не менее простота методики и возможность соотнесения изменения пульсации с определенными отделами сердца и сосудов позволяют использовать рентгеноскопию для ориентировочного поиска нарушений пульсации. В норме диапазон движения стенки левого желудочка составляет 10-12 мм, а правого 4-5 мм.

Возможности доплерографии в исследовании сократительной деятельности миокарда были освещены выше. Здесь же целесообразно отметить, что сонография, динамическая сцинтиграфия сердца и рентгеновская контрастная вентрикулография дают возможность регистрировать локальные нарушения сократимости, выражающиеся в гиперкинезии, акинезии и дискинезии.

## **Лучевая картина поражений сердца**

**Ишемическая болезнь сердца. Инфаркт миокарда.** Ишемическая болезнь связана с нарушением коронарного кровотока и постепенно развивающимся снижением сократимости миокарда в зонах ишемии. Нарушения сократительной функции миокарда могут быть выявлены с помощью различных лучевых методов. При ультразвуковом сканировании определяется неравномерность сокращений различных участков стенки левого желудочка. В зоне ишемии обычно наблюдается снижение амплитуды движений во время систолы. Уменьшается толщина межжелудочковой перегородки. Снижено систолическое утолщение миокарда. Фракция выброса левого желудочка уменьшена при усилении сокращений правого желудочка (в дальнейшем снижается и фракция выброса правого желудочка). Локальные нарушения сократимости наблюдаются в тот период, когда еще нет выраженных признаков недостаточности кровообращения в клинической картине.

Ценные сведения о кровотоке в сердечной мышце доставляет перфузионная сцинтиграфия миокарда. Эта методика позволяет не только выявить нарушение кровотока, но определить и дать количественную оценку зонам расстройства кровоснабжения, установить сократимость или необратимость поражения.

Чувствительность и специфичность метода достигают 90%, но при достаточной степени поражения. Если просвет коронарной артерии снижен менее чем на 60%, то точность диагностики становится сомнительной. Участки ограниченной ишемии обнаруживаются при перфузионной сцинтиграфии как области пониженной фиксации РФП.

Нагрузочные тесты дают возможность дифференцировать глубину поражения. Примером является велоэргометрическая нагрузка. После нее больному вводят в вену таллий. Через 10 мин после инъекции получают исходную сцинтиграмму. Затем пациенту предлагают отдохнуть в течение 3-5 ч. Далее выполняют повторную сцинтиграмму. Нормализация сцинтиграфической картины свидетельствует о преходящем нарушении кровообращения стрессиндуцированной ишемии. Если ранее зарегистрированный дефект накопления РФП сохраняется, налицо стойкая утрата кровоснабжения (обычно результат рубца в миокарде).

Компьютерная томография также может оказаться полезной в диагностике ишемической болезни сердца. Зона ишемизированной мышцы в условиях внутривенного контрастирования имеет более низкую плотность и отличается запаздыванием пика контрастирования. В этой зоне уменьшено систолическое утолщение миокарда, снижена подвижность внутреннего контура стенки желудочка.

Окончательные сведения о состоянии коронарных сосудов дает коронарография. По кинокадрам можно опознать заполненные контрастным веществом венечные артерии с их ветвями 1-3-го порядка, установить локализацию и характер патологических изменений (сужение сосудов, неровность его контуров, извилистость сосуда, ампутация сосуда при его тромбозе, наличие краевых дефектов в местах атеросклеротических бляшек, состояние коллатералей и т. д.).

Острый инфаркт миокарда распознается на основании клинической картины, данных ЭКГ, исследования кардиоспецифических энзимов и концентрации миоглобина в сыворотке крови. Однако в сомнительных случаях, а также для уточнения локализации и объема инфаркта и состояния легочного кровообращения используют лучевые методы. Уже в палате или реанимационном отделении можно произвести рентгенографию органов грудной полости. Сразу после инфаркта на снимках отмечается увеличение тени сердца. Ввиду снижения насосной функции сердца наблюдается венозное полнокровие легких, особенно в верхних долях. При

ухудшающемся состоянии больного полнокровие переходит в интерстициальный отек или смешанный интерстициально-альвеолярный отек легких. По мере улучшения состояния больного явления отека и полнокровия легких исчезают. В первые две недели после инфаркта размеры сердца на повторных рентгенограммах уменьшаются примерно на 25% (у молодых людей это происходит медленнее).

Ультразвуковое исследование также может быть выполнено у постели больного. В первые же часы заболевания удается выявить зоны общего или локального нарушения сократимости левого желудочка, отметить его расширение. Особенно типично появление участка гипокинезии в зоне нарушения кровоснабжения при гиперкинезии интактных соседних участков. Важны повторные ультразвуковые исследования, чтобы отличить свежий инфаркт от рубцовых изменений. Сонография позволяет распознавать такие осложнения инфаркта, как разрыв папиллярных мышц с нарушением функции митрального клапана и разрыв межжелудочковой перегородки.

Прямая визуализация инфаркта миокарда может быть достигнута радионуклидным методом. Больному вводят в вену около 400 МБк  $^{99m}\text{Tc}$ -пирофосфата (дифосфоната). Сцинтиграфию производят через 1,52 ч. Ишемизированная ткань обладает свойством накапливать этот РФП ввиду активного миоцитолита в зоне некроза, но достаточное для визуализации накопление достигается не ранее чем через 12 ч после наступления инфаркта, а наивысшее накопление через 48-72 ч.

Инфаркт обнаруживается на сцинтиграммах как участок повышенного накопления РФП. Для лучшего выявления его сцинтиграммы делают в нескольких проекциях прямой, боковой, косых. Еще точнее результаты при использовании эмиссионного радионуклидного томографа.

Лучевые методы необходимы для распознавания постинфарктных аневризм. При ультразвуковом сканировании и при КТ отмечаются истончение стенки желудочка в области аневризмы, парадоксальная пульсация этого участка стенки, деформация полости желудочка и снижение фракции выброса. Допплерография позволяет обнаружить вихревые движения крови в аневризме и снижение скорости кровотока в области верхушки желудочка. Как на сонограммах, так и на компьютерных томограммах могут быть обнаружены тромбы. Появились сообщения о возможности определять зону инфаркта, а также аневризму с помощью магнитно-резонансных томограмм.

Остается добавить, что катетеризация венечной артерии и коронарография во многих случаях представляют собой лишь начальный этап лечебного процесса при инфаркте. У больных до 40 лет и при поражении одного коронарного сосуда эффективна тромболитическая интракоронарная терапия под контролем повторного контрастирования сосудов. Развивается способ лазерной терапии атероматозных поражений: под контролем рентгеноскопии в артерию вводят катетер, содержащий оптические волокна, проводящие излучение лазера к очагу поражения.

**Митральные пороки.** Лучевая диагностика митральных пороков строится в основном на рентгенологических и ультразвуковых данных. При недостаточности митрального клапана не происходит полного смыкания его створок во время систолы, что ведет к забрасыванию крови из левого желудочка в левое предсердие. Последнее переполняется кровью, давление в нем повышается. Это отражается на легочных венах, которые впадают в левое предсердие, развивается венозное полнокровие легких. Повышение давления в малом круге передается на правый желудочек. Его перегрузка приводит к гипертрофии миокарда. Левый желудочек также расширяется, поскольку при каждой диастоле он принимает увеличенный объем крови.

Рентгенологическая картина недостаточности митрального клапана складывается

из изменений самого сердца и легочного рисунка. Сердце приобретает митральную форму. Это означает, что талия его сглажена, а правый сердечно-сосудистый угол расположен выше обычного. Вторая и третья дуги левого контура сердечно-сосудистого силуэта выступают в легочное поле в связи с расширением легочного конуса и ствола легочной артерии. Четвертая дуга этого контура удлиняется и приближается к срединной ключичной линии. При выраженной недостаточности клапана определяется расширение легочных вен как проявление венозного полнокровия легких. На снимках в косых проекциях вырисовывается увеличение правого желудочка и левого предсердия. Последнее оттесняет кзади пищевод по дуге большого радиуса.

Ценность ультразвукового исследования определяется тем, что морфологическая картина дополняется данными о внутрисердечной гемодинамике. Выявляется расширение левого предсердия и левого желудочка. Амплитуда открытия митрального клапана увеличена, над его створками регистрируются вихревые движения крови. Стенка левого желудочка утолщена, его сокращения усилены, причем в систолу определяется обратный (регургитационный) поток крови в левом предсердии. При сужении митрального отверстия затруднен ток крови из левого предсердия в левый желудочек. Предсердие расширяется. Остающаяся в нем при каждой систоле кровь препятствует опорожнению легочных вен. Возникает венозный легочный застой. При умеренном повышении давления в малом круге дело ограничивается увеличением калибра легочных вен и расширением ствола и основных ветвей легочной артерии. Но, если давление достигает 40-60 мм рт. ст., возникает спазм легочных артериол и мелких ветвей легочной артерии. Это ведет к перегрузке правого желудочка. Он должен преодолеть два барьера первый на уровне стеноза митрального клапана и второй на уровне спазмированных артериол.

При рентгенографическом исследовании в случае стеноза митрального отверстия также наблюдается митральная форма сердца, но она отличается от недостаточности митрального клапана двумя особенностями. Во-первых, талия сердца не только сглажена, но даже выбухает за счет увеличения легочного конуса, расширения ствола легочной артерии и проступания влево ушка левого предсердия. Во-вторых, четвертая дуга левого контура не удлинена, так как левый желудочек при этом пороке не увеличен, а, наоборот, содержит меньше крови, чем в норме. Расширение правого желудочка и левого предсердия особенно хорошо выделяется на снимках в косых проекциях, причем пищевод смещается предсердием кзади по дуге малого радиуса. Корни легких расширены за счет ветвей легочной артерии. Следствием лимфостаза и отека междольковых перегородок являются узкие тонкие полоски в нижненаружных отделах легочных полей так называемые линии Керли.

Наиболее показательна ультразвуковая картина стеноза митрального отверстия. Левое предсердие расширено. Створки митрального клапана утолщены, их изображение на сонограммах может быть слоистым. Понижена скорость диастолического прикрытия створок митрального клапана, причем задняя створка начинает двигаться в одном направлении с передней (в норме наоборот). При доплерографии контрольный объем располагают прежде всего над митральным клапаном. Кривая доплерограммы уплощена, в выраженных случаях поток крови имеет турбулентный характер.

Как при рентгенологическом исследовании, так и при сонографии могут быть обнаружены отложения извести в митральном кольце. На сонограммах они обуславливают плотные эхосигналы, на рентгенограммах глыбчатые неправильной формы тени, нередко группирующиеся в кольцо неравномерной ширины. Наибольшей чувствительностью в выявлении кальциноза обладает КТ. Она позволяет

регистрировать даже микрокальциноз. Кроме того, сонография и КТ дают возможность определять образование тромба в левом предсердии.

В изолированном виде каждый из митральных пороков встречается нечасто. Обычно наблюдается сочетанное поражение с формированием недостаточности митрального клапана и одновременно стеноза отверстия. Подобные сочетанные пороки обладают чертами каждого из них. В трудных случаях прибегают к контрастному рентгенологическому исследованию ангиокардиографии. Своеобразным состоянием митрального клапана является его пролабирование, т. е. провисание одной или обеих его створок в полость левого предсердия в момент сокращения левого желудочка. Это состояние распознается при ультразвуковом исследовании в режиме реального времени.

**Аортальные пороки.** При недостаточности аортального клапана его створки не обеспечивают герметичности левого желудочка: в диастолу часть крови из аорты возвращается в его полость. Возникает диастолическая перегрузка левого желудочка. На ранних этапах формирования порока компенсация осуществляется за счет увеличения ударного объема. Увеличенный выброс крови приводит к расширению аорты, преимущественно в ее восходящей части. Развивается гипертрофия миокарда левого желудочка.

При рентгенологическом исследовании определяется аортальная форма сердца. Талия сердца в результате удлинения и выпуклости дуги и левого желудочка заметно углублена, подчеркнута. При рентгеноскопии сразу бросаются в глаза глубокие и быстрые сокращения левого желудочка и столь же размашистая пульсация восходящей аорты.

В общем аналогичные изменения четко выявляются при ультразвуковом исследовании: расширение полости левого желудочка, увеличение диаметра надклапанного отдела аорты, повышение амплитуды и скорости движения стенки левого желудочка. Важны и дополнительные данные: гипертрофия миокарда левого желудочка и мелкоамплитудные колебания передней створки митрального клапана от возвратной волны крови. При другом аортальном пороке стенозе устья аорты левый желудочек не опорожняется полностью в фазу систолы. Остаток крови вместе с притекающей из левого предсердия кровью создает дополнительный объем, в результате чего полость желудочка расширяется. Поэтому на рентгенограммах сердце приобретает аортальную форму. Дуга левого желудочка закруглена и смещена влево. Параллельно расширяется восходящая часть аорты, поскольку в нее устремляется через суженное отверстие аортального клапана сильная струя крови. Поэтому и дуга аорты больше, чем в норме, выступает в легочное поле. В целом картина похожа на аортальную недостаточность, однако имеется важный отличительный признак: вместо быстрых и глубоких сокращений сердца наблюдаются медленные и напряженные движения стенки левого желудочка.

Еще более показательна ультразвуковая картина. При этом не только определяется некоторое увеличение левого желудочка и гипертрофия его миокарда, но непосредственно видны уплотненные створки клапана и уменьшенное их расхождение в систолу. Одновременно отмечается, что поток крови на уровне аортального клапана и в надклапанном пространстве турбулентный.

При аортальных пороках, особенно при стенозе, могут возникнуть отложения извести в области фиброзного кольца и створок клапана. Они обнаруживаются при рентгенографии, на сонограммах и на компьютерных томограммах.

Сочетание стеноза и недостаточности аортального клапана как при рентгенологическом исследовании, так и при эхокардиографии проявляется

комбинацией признаков каждого из пороков. Обычно преобладает пульсация, характерная для недостаточности клапана.

Следует отметить, что гипертоническая болезнь и атеросклеротическое поражение восходящей аорты тоже ведут к формированию аортальной конфигурации сердца. Дифференциальная диагностика проводится с учетом ультразвуковых данных: они в этих случаях демонстративнее, чем рентгенологические симптомы.

**Перикардиты.** Сухой перикардит первоначально не дает лучевых симптомов. Но по мере утолщения и уплотнения листков перикарда его изображение появляется на сонограммах и на компьютерных томограммах. Значительные перикардиальные сращения ведут к деформации тени сердца на рентгенограммах. Особенно ярко вырисовываются отложения извести в перикардиальные шварты. Иногда сердце на рентгенограммах словно заключено в известковую скорлупу (“панцирное сердце”).

Накопление жидкости в перикарде уверенно распознается с помощью ультразвукового исследования. Основным признаком является наличие эхо-свободной зоны между задней стенкой левого желудочка и перикардом, а при большом объеме жидкости и в области передней стенки правого желудочка и позади левого предсердия. Амплитуда движений перикарда, естественно, резко снижается.

Столь же уверенно диагностируют перикардиальный выпот при КТ. Малое количество жидкости определяется главным образом только в момент систолы, а большое количество в обе фазы сердечного цикла. До некоторой степени можно судить о характере выпота, так как примесь крови повышает поглощение рентгеновского излучения.

Накопление жидкости в полости перикарда ведет к увеличению тени сердца на рентгенограммах. Она принимает треугольную форму, теряется изображение дуг сердца.