

ГЛАВА 4. ЛУЧЕВАЯ ДИАГНОСТИКА ЗАБОЛЕВАНИЙ СЕРДЦА И СОСУДОВ

Сердечно-сосудистые заболевания и их осложнения являются ведущей причиной смертности во всех индустриально-развитых странах. Современные технологии лечения сердечно-сосудистой патологии тесно связаны с лучевой диагностикой. Лучевые исследования не только способствует выявлению заболеваний сердца и сосудов, но и оценивают их степень тяжести, эффективность лечения и прогноз.

4.1. Лучевые методы исследования сердца и сосудов

У пациентов с заболеваниями сердца и сосудов используются следующие лучевые методы исследований:

1. Первичные методы:
 - рентгеноскопия и рентгенография в стандартных проекциях;
 - эхокардиография (ЭхоКГ) и доплерокардиография (ДопКГ).
2. Дополнительные методы (неинвазивные):
 - КТ;
 - МРТ;
 - МРА;
 - сцинтиграфия, ОФЭКТ, ПЭТ, равновесная вентрикулография.
3. Дополнительные методы (инвазивные):
 - вентрикулография;
 - ангиография, включая коронарографию.

Для улучшения визуализации могут использоваться ЭхоКГ, КТ и МРТ с усилением – внутривенным введением контрастных соединений.

Наиболее широко применяемым методом исследования сердца и грудной аорты остается рентгенография.

Рентгенография грудной клетки в стандартных проекциях: прямой, левой боковой, левой и правых передних косых проекциях и в настоящее время остается распространенным исследованием, благодаря следующим возможностям:

- оценка состояния легочной гемодинамики;
- определение размеров и конфигурации сердца;
- выявление обызвествлений структур сердца и стенок сосудов;
- исключение патологии других органов, имитирующей клиническую симптоматику заболеваний сердца и сосудов.

Комплексное использование рентгенографии и ЭхоКГ позволяет в большинстве случаев обходиться без выполнения косых и боковых проекций. Общепринятыми стандартными проекциями являются прямая и левая боковая. Дополнительные рентгенограммы в косых проекциях требуются лишь в 15% случаев.

Комплексное использование рентгенографии и ЭхоКГ позволяет в большинстве случаев обходиться без выполнения косых и боковых проекций.

Дополнительные рентгенограммы в косых проекциях требуются лишь в 15% случаев.

Рентгенологическая анатомия сердца. Базовым исследованием грудной клетки является 2-проекционная рентгенография, выполненная в прямой передней и левой боковой проекциях. Исследование в боковой проекции проводится с контрастированием пищевода для оценки заднего контура сердца.

В прямой передней проекции сердце и крупные сосуды занимают положение в средостении таким образом, что 2/3 сердечной тени находится слева, 1/3 – справа (рис. 4.1).

На положение сердца сказываются тип телосложения и положение пациента, фаза дыхания.

Для определения положения сердца используется угол наклона сердца. Он образуется длинником сердца с горизонтальной линией, проводимой через верхушку сердца. Длинником сердца называется линия, соединяющая правый атриовазальный угол с верхушкой сердца. У нормостеников сердце расположено косо, у гиперстеников более горизонтально, у астеников более вертикально. Углы наклона сердца равны соответственно 45° , менее 40° , более 50° . Фаза дыхания и положение пациента изменяют положение сердца: в вертикальном положении пациента и на вдохе диафрагма опускается, и сердце принимает более вертикальное положение. В горизонтальном положении пациента и на выдохе диафрагма поднимается вверх и сердце занимает более горизонтальное положение.

Форма сердца и крупных сосудов. Нормальной форме сердца свойственны достаточно хорошо выраженные арки, образующие контур сердца и крупных сосудов. Тень сердца имеет нормальные размеры.

Митральная форма сердца выделены следующие особенности. Длина дуг, образующих ствол легочной артерии и левого предсердия, увеличена. Слева атриовазальный угол уменьшается, а правый атриовазальный угол смещен вверх. Талия сердца сглажена. Талия сердца – сужение рентгеновской тени сердца на границе между тенями сердца и крупных сосудов в передней проекции.

Аортальная форма сердца:

- подчеркнутость талии сердца (увеличение углубления на левом контуре в прямой проекции между дугами аорты и левого желудочка);
- увеличение нижней дуги по левому контуру;
- увеличение и выбухание верхней дуги справа и смещение вниз правого атриовазального угла.

Шаровидная или трапециевидная форма сердца при общем увеличении сердечной тени. Наблюдается при выпотном перикардите, при диффузных поражениях сердечной мышцы, когда наступает равномерное увеличение сердца и теряются углубления между сердечными дугами (рис 4.1).

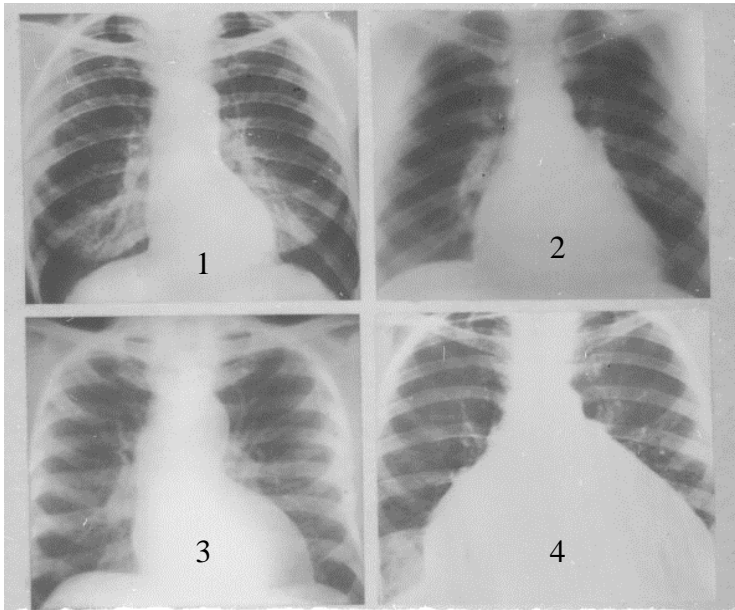


Рис. 4.1. Формы сердца.

1 – нормальная форма сердца,
 2 – митральная форма сердца,
 3 – аортальная форма сердца,
 4 – шаровидная форма сердца
 [20]

Вдоль правого контура сердечно-сосудистой тени образуются две дуги (рис. 4.2). Верхняя дуга образована верхней полой веной (в некоторых случаях восходящей аортой), нижняя – правым предсердием. По длине они соотносятся как 1/1. Место схождения этих дуг называется правым атриовазальным углом. Расстояние от срединной линии до наружного контура первой дуги в этой проекции 3–4 см. Нижняя дуга правого контура в прямой проекции находится от правого края контура грудных позвонков на расстоянии от 1 до 2,5 см.

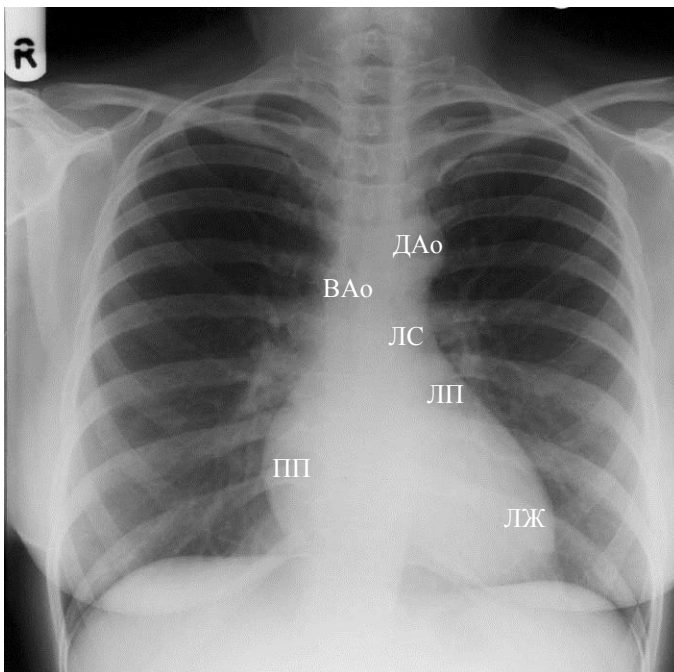


Рис. 4.2. Рентгенограмма органов грудной клетки в прямой проекции. Обозначения: ЛЖ – левый желудочек, ПП – правое предсердие, ЛП – ушко левого предсердия, ЛС – легочный ствол, ДАо – дуга аорты, ВАо – восходящий отдел аорты

Вдоль левого контура сердечно-сосудистой тени расположены четыре дуги. Последовательно сверху вниз их образуют: дуга и начальный отдел нисходящей аорты, легочный ствол, ушко левого предсердия, левый желудочек.

Аорта размещена на 1–2 см ниже грудино-ключичного сочленения, наружный ее контур отстоит от срединной линии на 3–4 см. Длина второй дуги до 2 см.

Ушко левого предсердия образует третью дугу. Она прямолинейна или вогнута, длина до 2 см. Ушко левого предсердия визуализируется в норме лишь в 30% случаев.

Левый желудочек. В норме в прямой передней проекции левый желудочек образует четвертую дугу на левом контуре сердца, контур его не выходит левее среднеключичной линии, кардиодиафрагмальный угол острый.

В левой боковой проекции передний контур сердечно-сосудистой тени представлен двумя дугами (рис. 4.3). Верхняя выпуклая дуга образована восходящей аортой, которая переходит в дугу и нисходящую аорту. Нижняя дуга обусловлена правым желудочком, верхняя часть которого представлена легочным конусом. Правый желудочек прилегает к груди на протяжении 5–6 см. На границе легочного конуса и восходящей аорты образуется угол, открытый кпереди. Между грудиной и передним контуром сердечно-сосудистой тени прослеживается треугольной формы участок, образованный проекцией легких.

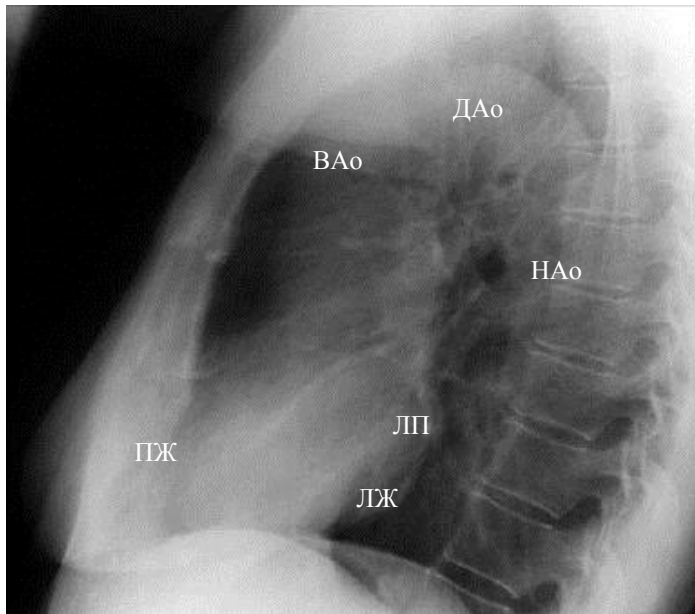


Рис. 4.3. Рентгенограмма органов грудной клетки в левой боковой проекции. Обозначения: ПЖ – правый желудочек, ЛП – левое предсердие, ЛЖ – левый желудочек, ДАо – дуга аорты, ВАо – восходящий отдел аорты, НАО – нисходящий отдел аорты

По заднему контуру сердечно-сосудистой тени сверху вниз прослеживается аорта, легочной ствол и частично сосуды корней легких. Нижняя дуга образована левым предсердием и левым желудочком. Левый желудочек прилегает к диафрагме на протяжении 5–6 см, как и правый желудочек к груди.

В левой боковой проекции прослеживаются все отделы аорты. Величина ретрокардиального пространства 2–4 см. Пищевод прилегает к левому предсердию и имеет вертикальное направление.

В левой боковой проекции нормальный левый желудочек не касается своим контуром контрастированного пищевода, нижняя полая вена четко дифференцируется в заднем кардиодиафрагмальном углу. В норме размер левого желудочка (ЛЖ), прилежащего к диафрагме, равен линейному размеру правого желудочка (ПЖ), прилежащего к грудной клетке – «желудочковый коэффициент», т.е. отношение указанных размеров $ЛЖ/ПЖ=1$. Увеличение левого желудочка в левой боковой проекции классифицируют по трем степеням изменений:

I степень – контур левого желудочка доходит до контрастированного пищевода, нижняя полая вена не дифференцируется;

II степень – контур левого желудочка заходит за контрастированный пищевод, суживая, но частично оставляя свободным ретрокардиальное пространство;

III степень – увеличенный левый желудочек закрывает ретрокардиальное пространство, достигая своим контуром позвоночника или накладываясь на него.

Левое предсердие в прямой передней проекции образует слегка вогнутую третью дугу на левом контуре сердца – «талия сердца». Следует иметь в виду, что левое предсердие в норме является краеобразующим лишь в 30% случаев. При увеличении левого предсердия третья дуга сглажена либо выпукла. Ее длина увеличивается более 2 см.

В оценке состояния левого предсердия информативной является конфигурация контрастированного пищевода в левой боковой проекции. В норме ход контрастированного пищевода прямолинейный. Увеличение левого предсердия ранжируется следующим образом (по левой боковой проекции):

I степень – увеличенное левое предсердие отклоняет контрастированный пищевод по дуге, не достигающей позвоночника, ретрокардиальное пространство сужено;

II степень – контрастированный пищевод отклоняется увеличенным левым предсердием, достигающим позвоночника, ретрокардиальное пространство закрыто;

III степень – увеличенное левое предсердие отклоняет контрастированный пищевод, закрывая ретрокардиальное пространство и накладываясь на тень позвоночника или заходя в реберно-позвоночный угол.

В левой боковой проекции увеличение левого предсердия характеризуют изменением радиуса дуги отклоняемого им контрастированного пищевода (до 5 см – малый, 5–6 см – средний, более 6 см – большой радиус).

Следует отметить, что при систолической перегрузке левого предсердия, вследствие выраженной его гипертрофии, контрастированный пищевод в ряде случаев «соскальзывает» с предсердия. При этом ход контрастированного пищевода прямолинейен, несмотря на выраженную перегрузку левого предсердия. Степень его увеличения в этих случаях

определяется по взаимоотношению предсердия и ретрокардиального пространства. Диастолическая перегрузка левого предсердия сопровождается увеличением его объема. В обоих случаях (преобладание гипертрофии либо дилатации) левое предсердие определяется в прямой передней проекции как дополнительная, более интенсивная тень справа от позвоночника.

Правый желудочек. Неизмененный правый желудочек в прямой передней проекции не является краеобразующим на контурах сердца. Выделяют три степени увеличения правого желудочка:

I степень – увеличенный правый желудочек является краеобразующим на правом контуре сердца, правый атриовазальный угол приподнят до III ребра (в норме – на высоте III межреберья), правый поперечник сердца < 5 см, коэффициент Мура $< 30\%$;

II степень – правый атриовазальный угол определяется во II межреберье, правый поперечник сердца > 5 см, удлинена и выпукла II дуга на левом контуре (ствол легочной артерии), коэффициент Мура $= 31-40\%$;

III степень – правый атриовазальный угол – на уровне II ребра и выше, коэффициент Мура $> 40\%$.

Коэффициент Мура (норма до 30%) представляет собой процентное соотношение расстояния от самой отдаленной точки дуги легочной артерии до средней линии тел позвонков к левому поперечнику грудной клетки.

В левой боковой проекции увеличенный правый желудочек удлиняет вертикальный размер (передний контур) сердца. Желудочковый коэффициент < 1 .

Правое предсердие. В прямой передней проекции в норме правое предсердие образует правый контур тени сердца. При изолированном увеличении правого предсердия правый атриовазальный угол не смещается (III межреберье). Рассчитывается правопредсердный коэффициент как отношение правого поперечника сердца к половине внутреннего диаметра грудной клетки, измеренного на высоте правого купола диафрагмы (в норме $< 30\%$). Степень увеличения правого предсердия классифицируется следующим образом:

I степень – правопредсердный коэффициент $31-40\%$;

II степень – правопредсердный коэффициент $41-50\%$;

III степень – правопредсердный коэффициент $> 50\%$.

Следует заметить, что при увеличении правого предсердия II–III степени появляются сопутствующие признаки его перегрузки – расширение верхней полый и непарной вен.

Аорта. Выявление патологических изменений аорты, связанное с возможностью установления атеросклеротического ее поражения, находит отражение в характеристике интенсивности тени аорты за счет увеличения плотности стенки аорты. Интенсивность тени аорты различается по следующей классификации:

I степень усиления интенсивности тени аорты – в прямой передней проекции четко определяется дуга и начальный отдел нисходящей аорты, в левой боковой проекции – дуга аорты;

II степень – в переднезадней проекции дифференцируется вся нисходящая аорта;

III степень – вся грудная аорта четко видна в любой проекции («бесконтрастная аортография»).

Кроме усиления интенсивности тени аорты, следует отмечать наличие очагов кальциноза в проекции аорты и коронарных артерий, а также качественные характеристики изменения конфигурации аортальной тени. К последним относятся удлинение аорты (смещение кверху ее краниального полюса, в норме расположенного на одно межреберье ниже левого грудино-ключичного сочленения), увеличение кривизны, развернутость дуги аорты (увеличение «аортального окна» в левой боковой проекции).

В правой (первой) косой проекции (под углом 45° к экрану правой стороной грудной клетки) по заднему контуру видны дуги аорты, левого и правого предсердий). Увеличение левого предсердия ведет к отклонению пищевода, которое может быть по дуге большого (>6 см) и малого радиусов (< 6 см). По переднему контуру видны дуги аорты, легочного конуса и левого желудочка. Средняя дуга представляется как бы «углубленной» между верхней и нижней. Нижняя дуга не доходит до линии ребер, оставляя свободным ретрокардиальное пространство шириной 2–5 см (рис.4.4).

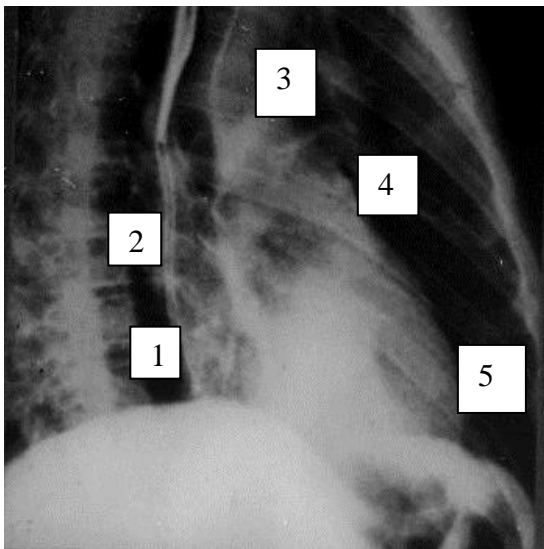


Рис. 4.4. Рентгенограмма сердца в правой (первой косой проекции). Контрастированный пищевод расположен по заднему контуру прямолинейно. 1 – дуга правого предсердия, 2 – дуга левого предсердия, 3 – дуга восходящей аорты, 4 – дуга легочного конуса, 5 – дуга левого желудочка. Норма [20]

В левой (второй) косой проекции (под углом 45° к экрану левой стороной грудной клетки) сердце и сосуды также имеют два контура – передний и задний. Передний контур образован дугой аортой, правым предсердием и правым желудочком, причем дуги правых предсердия и желудочка плохо отделяются друг от друга, обычно приходится судить о них вместе. Эта общая дуга характеризует пути притока правого желудочка. Угол между дугой аорты и дугами правых предсердия и желудочка в норме открыт кпереди. При увеличении дуги аорты угол открывается вперед и вниз, при

увеличении правого желудочка – вперед и вверх. По заднему контуру видны дуги левого предсердия и левого желудочка. Дуга левого предсердия составляет передненижнюю границу аортального окна – просветления, ограниченного спереди, сзади и сверху дугой аорты, имеющей в норме 2–3 см в поперечнике. На фоне этого просветления видна трахея и ее бифуркация. Главные бронхи в этой проекции расходятся под углом 45–55°. Отсутствие аортального окна и увеличение указанного угла свидетельствует об увеличении левого предсердия. Задний контур тени левого желудочка не должен заходить на тень позвоночника [рис. 4.5].

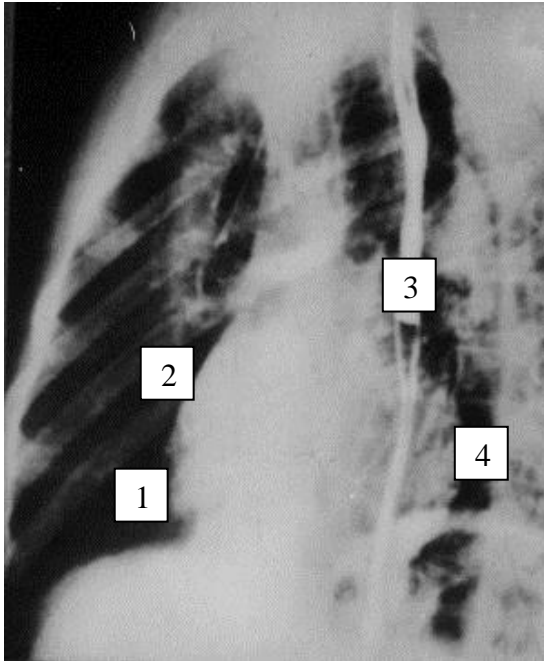


Рис. 4.5. Рентгенограмма сердца во второй (левой) косой проекции. 1 – дуга правого желудочка, 2 – дуга правого предсердия, 3 – дуга левого предсердия, 4 – дуга левого желудочка. Норма [20]

МСКТ сердца. Помимо непосредственной визуализации коронарных артерий (рис. 4.6.), одновременно, за одно исследование, МСКТ позволяет неинвазивно диагностировать патологические изменения сердца, перикарда (рис. 4.7) и близлежащих сосудов, включая клапанную патологию. В данной ситуации метод используется для более точной анатомической диагностики, необходимой для дальнейшего лечения, а так же позволяет одним исследованием заменить проведение множества других.

Рис. 4.6. 3-D реконструкция коронарных артерий при МСКТ. Визуализируются ствол ЛКА, ПМЖВ (передняя межжелудочковая ветвь ЛКА), ПКА по всей длине [5]

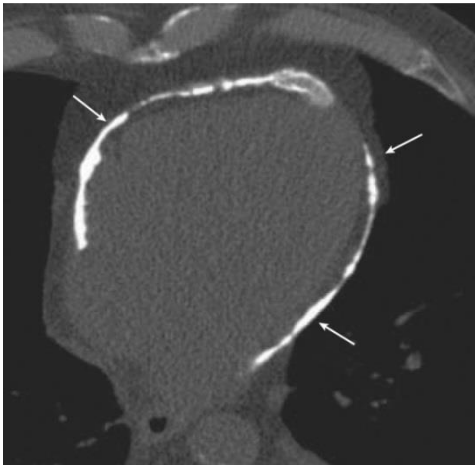
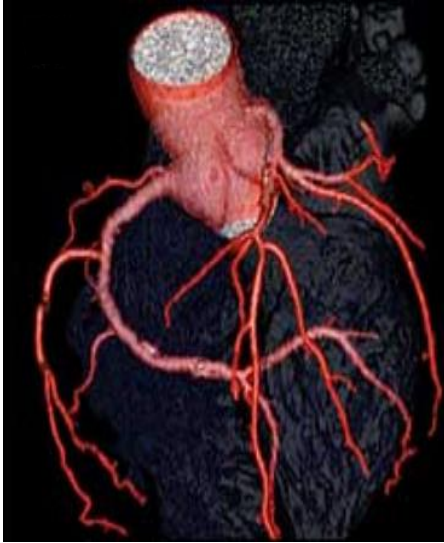


Рис. 4.7. Рентгеновская компьютерная томограмма органов грудной клетки. Визуализируется кальциноз перикарда (стрелки)

Возможности МСКТ применяются для диагностики:

1. ИБС.
2. Заболеваний аорты (коарктации, аневризмы, диссекции и т. д.).
3. Поражений периферических артерий (облитерирующий атеросклероз артерий нижних конечностей, атеросклероз сонных артерий и т.д.).
4. Миокардитов.
5. Перикардитов.
6. Инфекционных эндокардитов.
7. Тромбоэмболии легочной артерии.
8. Врожденных аномалий развития сердечно-сосудистой системы.
9. Приобретенных пороков сердца (например, кальциноз аортального клапана с развитием стеноза или недостаточности и т. д.).
10. Аритмий.

Атеросклеротическое поражение артерий можно оценивать с помощью подсчета содержания внутрисосудистого кальция. Количественная оценка коронарного кальциноза основана на коэффициенте рентгеновского

поглощения и площади кальцинатов. Согласно этой шкале, коронарный кальциноз определяется как участок плотностью более 130 HU. Кальциевый индекс (КИ) по методу Агатстона, определяется как произведение площади кальцинированного поражения на фактор плотности. Было отмечено, что КИ отражает прогноз поражения сердечно-сосудистой системы и непосредственно коррелирует с частотой развития атеросклероза: чем выше показатель, тем больше риск атеросклеротического поражения. К примеру, при низком КИ от 10 ед. и ниже – вероятность атеросклероза венечных артерий составляет не более 5–10%. При умеренном КИ от 11 до 100 ед., возможность наличия 50% сужения – не более 20%, при КИ 101–400 ед. – 75%, то есть умеренно высокий риск атеросклероза. А при высоком КИ, более 400 ед. – вероятность атеросклеротического поражения коронарных артерий около 90%.

Современная МСКТ не уступает инвазивным методам, которые являются «золотым стандартом»: КАГ и ААГ в диагностике заболеваний периферических и коронарных артерий, имея перед селективной КАГ ряд преимуществ:

- 1) в относительной простоте выполнения диагностической процедуры,
- 2) отсутствии возможных интра- и послеоперационных осложнений,
- 3) скорости проведения исследования и получения информации,
- 4) отсутствием необходимости в госпитализации, проведении премедикации, что, в конечном счете, определяет удобство для пациента,
- 5) МСКТ не уступает ультразвуковому исследованию сердца в изучении поражений клапанов и структур сердца, имея при этом значительное превосходство в качестве изображения плюс возможность одновременного обследования коронарных артерий, с характерологической оценкой атеросклеротической бляшки и возможностью выявления перфузионных нарушений миокарда.

МСКТ ангиография основана на технике сканирования в течение артериальной фазы во время быстрого пассажа контрастного вещества. Специальной подготовки пациента к исследованию не требуется. Выполняется МСКТ в амбулаторном порядке. Больной находится в положении лежа на спине. После предварительного сканирования, необходимого для точного определения расположения интересующих органов в обследуемой области, внутривенно болюсом вводится контрастное йодсодержащее вещество, затем с небольшой задержкой начинается сканирование под контролем ЭКГ в течение чуть более 10 секунд, в дальнейшем полученные данные обрабатывает компьютер. Полное время исследования пациента занимает около 15–20 минут. Окончательные данные в дальнейшем доступны для анализа и построения 3-х мерных изображений. Ограничения к использованию МСКТ. Существуют следующие противопоказания:

Абсолютные:

1. Тяжелая и средней тяжести аллергическая реакция на йод.

Относительные:

1. Почечная недостаточность тяжелой степени.
2. Беременность.
3. Тяжелое клиническое состояние пациента, выраженная ХСН.
4. Невозможность пациентом принять положение лежа на спине.
5. Невозможность пациентом выполнить задержку дыхания до 15 сек.
6. Множественная миелома.
7. Некомпенсированный гипертиреозидизм.
8. Феохромоцитома.
9. Постоянная форма фибрилляции предсердий.
10. Наличие в анамнезе тромбоэмболии.

Вентрикулография. Методика исследования полостей сердца с помощью катетера, который вводится в их просвет через периферическую вену или артерию. Для проведения катетеризации правых отделов сердца, системы легочной артерии и легочных вен производят пункцию вен левого плеча или бедра, а левых – пункцию правой бедренной артерии. Чтобы исследовать левое предсердие, также выполняют пункцию межпредсердной перегородки из правого предсердия. Исследование проводят под контролем рентгеноскопии. Методом прямого измерения можно определить газовый состав и давление крови в полостях сердца, рассчитать показатели внутрисердечной и центральной гемодинамики, зарегистрировать эндокардиальную ЭКГ, установить наличие и объем шунтирования крови. Через катетер вводят рентгеноконтрастные средства и выполняют серию вентрикулограмм. Катетеризация выполняется при проведении целого ряда интервенционных вмешательств (лечение пороков сердца и нарушений сердечного ритма).

Показания: катетеризацию и вентрикулографию проводят при невозможности получить полную информацию с помощью других методов лучевой диагностики и при предстоящей операции на сердце.

Противопоказания: катетеризацию сердца обычно не проводят больным моложе 40 лет, при отсутствии жалоб и факторов риска ИБС, при изолированном митральном стенозе; в этих случаях показания к вальвулопластике или операции определяют на основании только неинвазивного исследования. Противопоказаниями являются также эндокардит, отек легких, кровохарканье, пароксизмальная тахикардия, флебит периферических вен, правожелудочковая недостаточность, почечная и печеночная недостаточность, острые инфекционные заболевания, тиреотоксикоз, заболевания крови, непереносимость йодистых препаратов.

Ангиография – рентгенологическое исследование сосудов с помощью контрастных средств. Ангиография является эталонным методом исследования при сосудистой патологии.

Для проведения исследования используются ангиографические аппараты, оборудованные многоплановой системой сканирования, ЭОП и

автоматическими шприцами-инъекторами. К таким системам предъявляются строгие требования по дозовым нагрузкам с учетом длительности процедуры.

Исследование проводится в специально оборудованном помещении ангиологом, его помощником, операционной сестрой.

Для ангиографического исследования используются:

- 1) иглы Сельдингера,
- 2) смоделированные зонды в зависимости от характера и целей исследования и манипуляций,
- 3) проводники,
- 4) адаптер с трехходовым краном,
- 5) шприцы с иглами,
- 6) растворы (0,5% и 0,25% новокаина, 500 мл физиологического раствора с 1 мл (5000 ЕД) гепарина, контрастные вещества).

Преимущественно используются неионные контрастные вещества (омнипак, ультравист) в количестве 6–60 мл. Во избежание осложнений рекомендуется не превышать количество вводимого контрастного вещества более 1,5 мл/кг веса пациента.

Диагностическая ангиография проводится для:

1. Определения вариантов сосудистой архитектоники, получения представления об артериальной, капиллярной и венозной фазах ангиографии.
2. Определения характера, топики и степени непроходимости сосудов.
3. Выявления источника кровотечения.
4. Уточнения локализации патологического очага и его размеров.
5. С целью выбора эмболизирующего вещества для окклюзии.

Противопоказания к ангиографическому исследованию:

1. Общее тяжелое состояние больного.
2. Наличие в анамнезе аллергических заболеваний.
3. Выраженная сердечно-сосудистая, дыхательная и печеночно-почечная недостаточность.
4. Значительное нарушение свертывающей системы крови.
5. Повышенная чувствительность к йоду.

Последнее противопоказание является относительным. Этим больным в течение 3 дней перед исследованием делаются инъекции антигистаминных препаратов.

Ангиографические исследования у взрослых и детей старше 12 лет выполняются под местной анестезией, у детей младшего возраста применяется наркоз.

Большая часть исследований проводится по модифицированной методике Сельдингера, состоящей из нескольких последовательных этапов (рис. 4.8):

1. Пункция артерии иглой Сельдингера (А).
2. Введение проводника в артерию (В).
3. Секция поверхностных тканей (С).

4. Установка катетера в артерии (D, E).
5. Извлечение проводника (F).

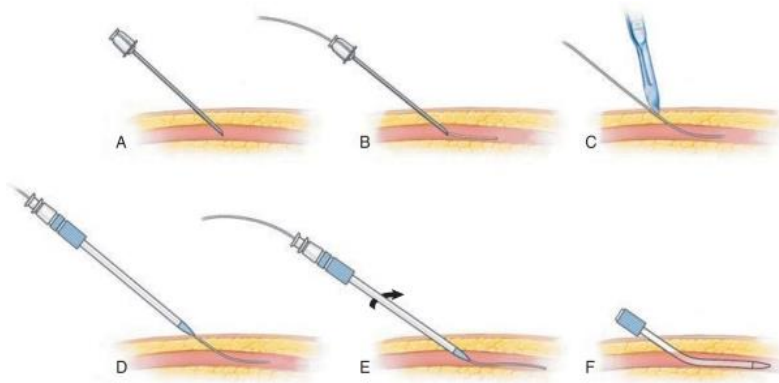


Рис. 4.8. Схема методики введения катетера по Сельдингеру. Описание в тексте

Для селективной ангиографии вводится диагностический катетер, который выбирается по диаметру и конфигурации в зависимости от анатомических особенностей исследуемого сосуда (рис. 4.9).

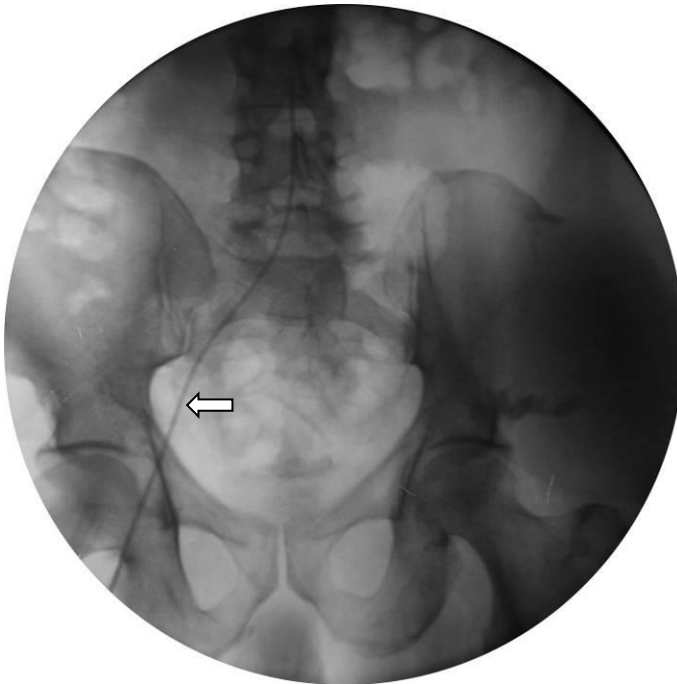


Рис. 4.9. Аортограмма в прямой проекции. Визуализируется катетер в просвете правой подвздошной артерии (стрелка) и брюшном отделе аорты

Коронарография – метод исследования коронарных артерий: катетер через бедренную артерию продвигают в восходящую аорту и направляют в отверстие одной из коронарных артерий и вводят водорастворимое рентгеноконтрастное средство (2–3 мл). Методика дает возможность объективно оценить локализацию, протяженность и степень сужения коронарных артерий, а также состояние коллатерального кровообращения (рис. 4.10).

Показаниями к коронарографии являются:

1. Высокий риск осложнений по данным клинического и неинвазивного обследования, в том числе при бессимптомном течении ишемической болезни сердца (ИБС).

2. Неэффективность медикаментозного лечения стенокардии.



Рис. 4.10. Ангиограмма левой коронарной артерии в левой косой проекции

3. Нестабильная стенокардия, не поддающаяся медикаментозному лечению, возникающая у больного с инфарктом миокарда в анамнезе, сопровождающаяся дисфункцией левого желудочка, артериальной гипотонией или отеком легких.
4. Постинфарктная стенокардия.
5. Невозможность определить риск осложнений с помощью неинвазивных методов.
6. Предстоящая операция на открытом сердце у больных старше 35 лет.

Противопоказания: лихорадка, тяжелое поражение паренхиматозных органов, нарушение сердечного ритма и мозгового кровообращения, аллергия.

Под контролем коронарографии возможно эндоваскулярное хирургическое лечение.

Методы ультразвуковых исследований сердца и сосудов

ЭхоКГ является наиболее распространенным лучевым методом исследования сердца и сосудов, благодаря своей доступности и информативности. Сочетание ЭхоКГ и ДопКГ позволяет оценить:

- состояние отделов сердца и крупных сосудов;
- состояние внутрисердечных структур;
- внутрисердечную и центральную гемодинамику;
- тотальную и сегментарную сократительную функцию миокарда;
- наличие патологических внутрисердечных шунтов;
- перфузию миокарда при использовании эхоконтрастных средств.

Использование чреспищеводных и эндоваскулярных датчиков позволяет расширить показания к методу.

Ультразвуковая анатомия сердца. При исследовании сердца используются стандартные позиции датчика (рис. 4.11):

1. Парастеральный доступ – область III–V межреберья слева от грудины.

2. Верхушечный (апикальный) доступ – зона верхушечного толчка.
3. Субкостальный доступ – область под мечевидным отростком.
4. Супрастернальный доступ – югулярная ямка.

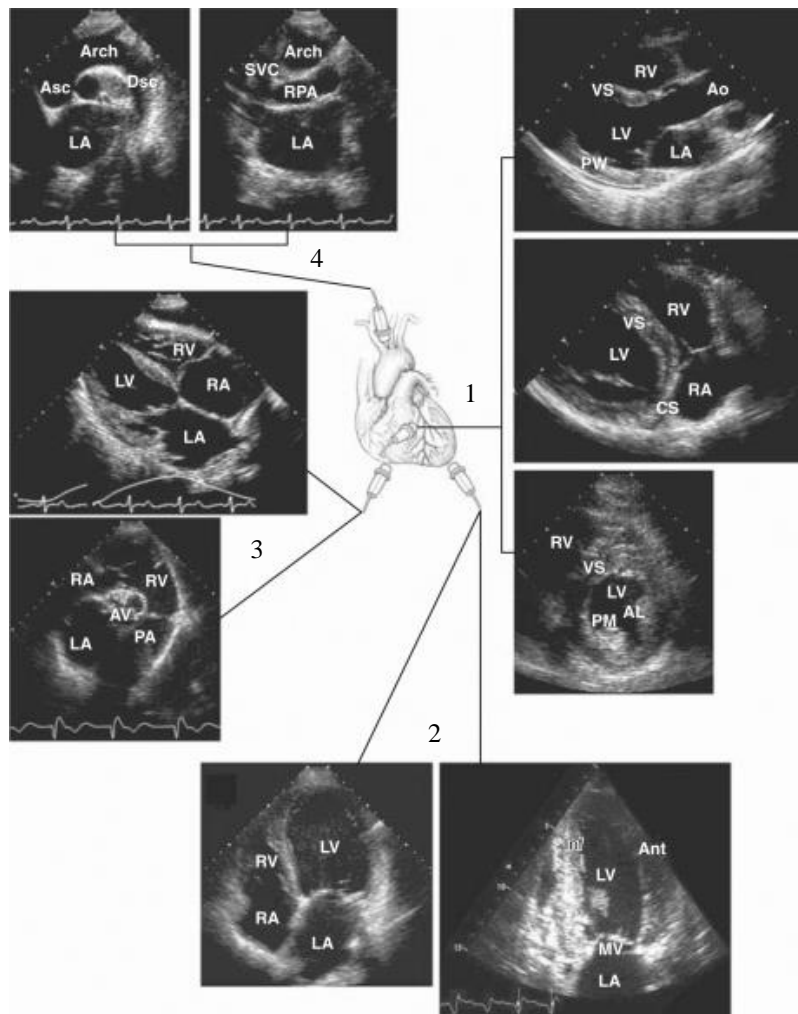


Рис. 4.11. Стандартные положения датчика:

- 1 – парастернальное,
- 2 – апикальное,
- 3 – субкостальное,
- 4 – супрастернальное.

Обозначения: Asc – восходящая аорта, Arch – дуга аорты, Ao – аорта, Dsc – нисходящая аорта, AV – аортальный клапан, CS – коронарный синус, LA – левое предсердие, RA – правое предсердие, LV – левый желудочек, RV – правый желудочек, VS – межжелудочковая перегородка, SVC – верхняя полая вена, PA – легочная артерия, RPA – правая легочная артерия, AL – передняя папиллярная мышца, PM – задняя папиллярная мышца, MV – митральный клапан, Ant – передняя стенка ЛЖ, Pw – задняя стенка ЛЖ [48]

Для оценки основных показателей ЭхоКГ используется М-режим. Исследование проводят из левого парастернального доступа по длинной оси сердца с последующим измерением в 3 стандартных позициях на уровне створок митрального клапана – С (рис. 4.12), устья аорты – D (рис. 4.13), хорд митрального клапана – В. Для изучения аорты и аортального клапана несколько изменяют положение датчика так, чтобы диаметр корня аорты и ее восходящего отдела были максимальными. В этой позиции визуализируются только две створки аортального клапана: правая коронарная и некоронарная. При раскрытии они формируют в просвете аорты картину «коробочки» (рис. 4.13).

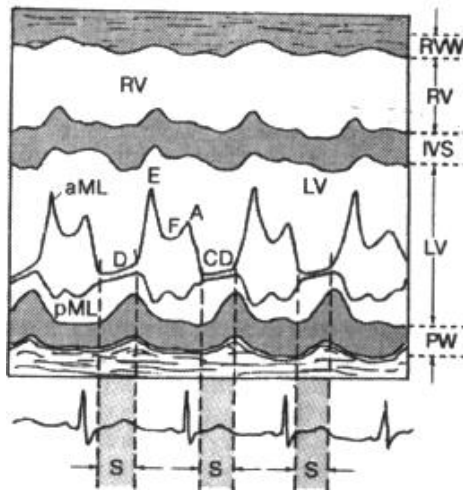


Рис. 4.12. Схема получения одномерной ЭхоКГ при сканировании из левого парастерального доступа на уровне створок митрального клапана. S-систола желудочков.

Эхокардиография (М-режим). Сканирование из левой парастеральной позиции по длинной оси сердца на уровне створок митрального клапана. RVW – передняя стенка правого желудочка. За ней видна полость правого желудочка (RV) и межпредсердная перегородка (IVS). Большую часть изображения занимает полость левого желудочка (LV), в центре которого хорошо выявляются движения передней (aML) и задней створок (pML) митрального клапана. Наиболее удаленной от датчика оказывается задняя стенка левого предсердия (PW). На кривой движения передней створки выделяют несколько участков: 1. Интервал C-D соответствует систоле ЛЖ и полному смыканию створок клапана. 2. Интервал D-E отражает расхождение створок клапана во время фазы быстрого наполнения ЛЖ. 3. Интервал E-F – неполное прикрытие створок клапана во время фазы медленного наполнения. 4. Волна А обусловлена повторным расхождением створок во время систолы ЛП. А [48]

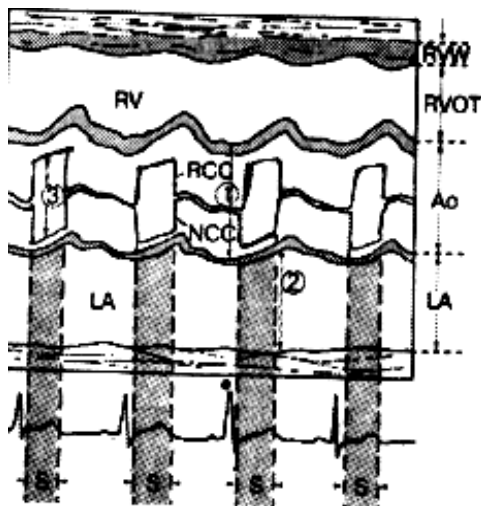


Рис. 4.13. Схема ультразвукового исследования (М-режим) из левого парастерального доступа на уровне аорты и аортального клапана. Обозначения: S–систола желудочков, RVOT–выходной тракт правого желудочка, RCC–коронарная створка аортального клапана, NCC–некоронарная створка аортального клапана, «1» – диаметр аорты, «2» – диаметр левого предсердия, «3» – амплитуда раскрытия аортального клапана [48]

Для лучшего изучения полости левого желудочка и митрального клапана датчик устанавливают таким образом, чтобы раскрытие створок митрального клапана и переднезадний размер левого желудочка были максимальными. Створки митрального клапана характеризуются разнонаправленным движением: передняя створка имеет М-образное движение, а задняя – W-образное (рис. 4.12).

В начале систолы ЛЖ измеряется величина их максимального расхождения.

Характер движения створок трикуспидального и легочного клапанов аналогичен митральному и аортальному, но условия визуализации клапанного аппарата правых отделов сердца при перпендикулярном прохождении ультразвукового пучка в большинстве случаев затруднены.

Увеличение отделов сердца определяется исходя из половозрастных нормативов (табл. 1). Превышение конечных диастолических размеров полостей сердца интерпретируется как дилатация, обусловленная преимущественно перегрузкой объемом или поражением миокарда.

Утолщение стенок желудочков ассоциируется с перегрузкой давлением и развитием гипертрофии.

На основании прямых измерений в большинстве ультразвуковых систем автоматически производится расчет основных показателей гемодинамики и тотальной сократимости левого желудочка: ударный объем левого желудочка (от 60 до 80 мл), минутный объем кровообращения (от 4,5 до 6,7 л/мин), фракция выброса левого желудочка (не менее 55 %). Фракция выброса левого желудочка является одним из наиболее информативных показателей для оценки сердечной недостаточности.

Таблица 4.1. Эхокардиографические показатели у взрослых здоровых лиц, определяемые в М-режиме

Показатель	Значения
КДР левого желудочка	38–56 мм
КСР левого желудочка	22–38 мм
КДР правого желудочка	15–22 мм
КДР левого предсердия	19–33 мм
Диаметр аорты	20–36 мм
Толщина МЖП в диастолу	7–10 мм
Толщина ЗСЛЖ в диастолу	8–11 мм
Амплитуда раскрытия АК	Более 18 мм
Систолическая экскурсия МЖП	5–6 мм
Систолическая экскурсия ЗСЛЖ	8–12 мм

Примечание: КДР – конечный диастолический размер, КСР – конечный систолический размер, АК – аортальный клапан, МЖП – межжелудочковая перегородка, ЗСЛЖ – задняя стенка левого желудочка.

Для точной топической диагностики поражения миокарда при нарушениях кровоснабжения производится оценка сегментарной сократительной функции левого желудочка. В- и М-режим позволяют выявить зоны нарушения локальной сократимости. Выделяют следующие варианты сократимости:

1. Нормокинез – все участки эндокарда в систолу одинаково утолщаются.
2. Гипокинез – уменьшение утолщения эндокарда в одной из зон в систолу, по сравнению с остальными участками. Локальный гипокинез, как

правило, связан с мелкоочаговым или интрамуральным поражением миокарда.

3. Акинез – отсутствие утолщения эндокарда в систолу в одном из участков. Акинез, как правило, свидетельствует о наличии крупноочагового поражения.
4. Дискинез – парадоксальное движение участка сердечной мышцы в систолу (выбухание). Дискинез характерен для аневризмы.

Оценка состояния миокарда и прогноз течения заболевания производится с помощью индекса сократимости – суммы индексов, поделенных на число сегментов. Для этого оценивается сократимость каждого сегмента по 5-балльной системе: 1 – нормокинез, 2 – умеренный гипокинез, 3 – выраженный гипокинез, 4 – акинез, 5 – дискинез. В том случае, когда индекс сократимости больше 2, показатель фракции выброса составляет менее 30%.

Аналогичные схемы оценки сегментарной сократительной функции используются при исследовании сердца другими методами лучевой диагностики: КТ, МРТ, ОФЭКТ.

ДопКГ позволяет качественно и количественно оценить функциональное состояние клапанного аппарата сердца, патологические шунты, внутрисердечную гемодинамику и сократительную функцию миокарда. Для этих целей используется комплекс доплерографических режимов: постоянный (ПД), импульсный (ИД), тканевой (ТД), цветное доплеровское картирование (ЦДК). Все режимы определяют скорость, направление и синхронность движущихся структур. Область применения ПД, ИД и ЦДК – оценка внутрисердечного кровотока. ТД обладает возможностью регистрации сегментарной сократительной функции миокарда. Основными количественными показателями ДопКГ являются производные скорости потока: максимальная, средняя, интегральная и др. Трансаортальный и транспульмональный потоки характеризуются однофазной кривой доплерограммы (рис. 4.14).



Рис. 4.14. Допплерограмма трансаортального потока. На графике скорости регистрируется ламинарный систолический поток со скоростью до 1,2 м/с

Потоки через атриовентрикулярные отверстия в норме имеют двухфазный характер, обусловленный фазами пассивного (пик Е) и активного (пик А) наполнения желудочков (рис. 4.15).

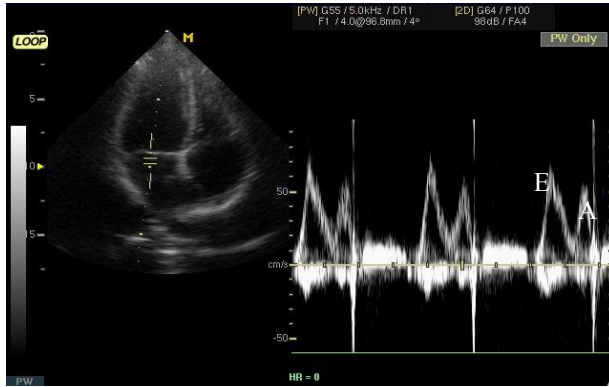


Рис. 4.15. Допплерограмма трансмитрального потока. На графике скорости регистрируется ламинарный двухфазный диастолический поток со скоростью до 0,75 м/с

Для качественной топической диагностики внутрисердечных потоков используется ЦДК. Цветовая кодировка потока позволяет определить его направление по отношению к датчику и турбулентность. Турбулентный поток характеризуется, в отличие от ламинарного, неоднородностью цвета – мозаичностью. На рис. 4.16 представлено исследование функции митрального клапана в режиме ЦДК. Тканевой доплер позволяет оценить движение стенок сердца и выявить их нарушения, используя стандартную схему сегментарного строения и балльной оценки сократимости. Аналогично ЦДК скорость движения стенок кодируется в соответствующей цветовой шкале.

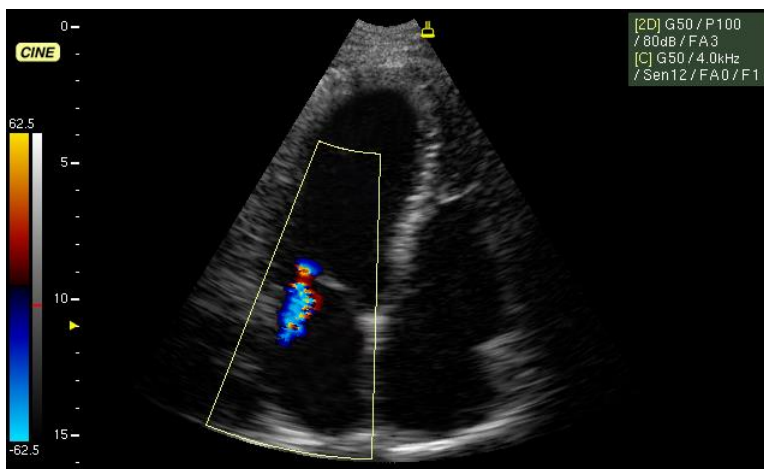


Рис. 4.16. Цветное доплеровское картирование на уровне створок митрального клапана. Визуализируется турбулентный систолический поток под створками митрального клапана в полости левого предсердия – митральная недостаточность

МРТ сердца – метод исследования, прочно вошедший в медицинскую практику, роль его продолжает расти. МРТ позволяет получать изображения с высоким разрешением и широким полем обзора в любой плоскости, точно измерять скорость кровотока и объемы полостей сердца (рис. 4.17), выполнять неинвазивную ангиографию и оценивать как сократительную способность, так и перфузию миокарда, при этом не подвергая пациента ионизирующему излучению.

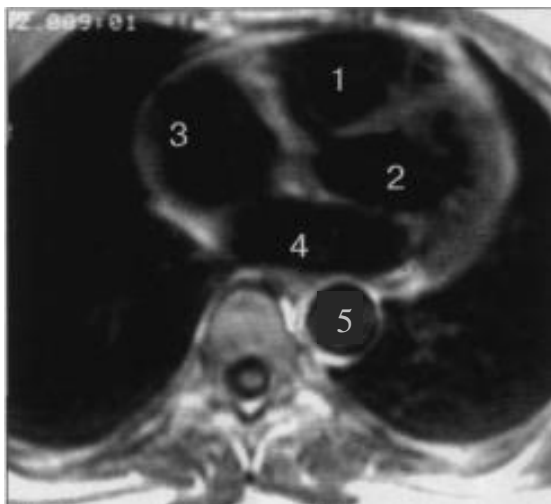


Рис. 4.17. МРТ (T1 ВИ) грудной клетки на уровне Th_{VII} позвонка. 1 – правый желудочек, 2 – левый желудочек, 3 – правое предсердие, 4 – левое предсердие, 5 – нисходящая аорта

Магнитно-резонансная спектроскопия (МРС) – метод позволяющий определить биохимические изменения тканей при различных заболеваниях. МР спектры отражают процессы метаболизма. Нарушения метаболизма возникают, как правило, до клинических проявлений заболевания, поэтому на основе данных МР спектроскопии можно диагностировать заболевания на более ранних этапах развития.

Преимущества МРТ над КТ и ЭхоКГ в изображении сердца:

1. Превосходит КТ в дифференцированном изображении кровотока в полостях сердца и сердечной стенки без искусственного контрастирования.
2. Мультипланарность с неограниченным выбором плоскости изображения.
3. Более точно, чем ЭхоКГ, позволяет рассчитать параметры систолической функции желудочков.

МР-ангиография. При МР-ангиографии без усиления яркое отображение получает кровоток в сосудах на темном фоне окружающих неподвижных тканей. Используются два режима: более быстрая МР-ангиография (главным образом, для визуализации артерий) и более медленная, требующая субтракции фона – для визуализации вен и получения информации о направлении кровотока (обе возможны как с двумерным, так и с трехмерным сбором данных).

Преимущества: полная неинвазивность, отсутствие радиационной вредности и контрастных средств. Однако плохо отображает медленный и турбулентный кровоток; трудно отличить артериальный тромбоз от замедленного кровотока, переоценивается степень стеноза вследствие потери МР-сигнала, вызванной турбулентностью. Усиление МР-сигнала от кровотока парамагнитными контрастными средствами при МР-ангиографии позволило уменьшить недостатки бесконтрастной МР-ангиографии (рис. 4.18).



Рис. 4.18. МР-ангиография с контрастированием гадолинием

Методы радионуклидных исследований сердца и сосудов

Основными радионуклидными методами исследования сердца являются:

1. Перфузионная сцинтиграфия миокарда.
2. Сцинтиграфия очага инфаркта миокарда.
3. Радионуклидная равновесная вентрикулография.

Сцинтиграфия сердца используется для оценки перфузии миокарда. Принцип перфузионной сцинтиграфии миокарда (ПСМ) заключается в накоплении РФП пропорционально объему коронарного кровотока. Участки миокарда, кровоснабжаемые стенозированными коронарными артериями, накапливают РФП в меньшей степени, чем участки, кровоснабжаемые интактным сосудом.

Для выявления дефектов накопления РФП используются два подхода:

1. При выполнении планарного исследования детектор излучения перемещается по дуге; в результате получают плоскостные изображения. Обычно используют 3 изображения: в передней прямой проекции, левой передней косой под углом 30° – 40° и в левой передней косой проекциях под углом 70° (рис. 4.19).
2. При использовании метода однофотонной эмиссионной компьютерной томографии (ОФЭКТ) детектор излучения описывает над пациентом дугу в 180° : обследование обычно начинается из правой передней косой проекции (45°) и заканчивается в задней левой косой проекции (135°). Дуга в 180° разбивается на 32 или 64 сегмента, из которых реконструируются изображения поперечных срезов сердца. ОФЭКТ существенно улучшает выявление мелких дефектов накопления препарата. Для получения более качественного изображения используется ОФЭКТ с ЭКГ-синхронизацией.

К кардиотропным препаратам относятся ^{201}Tl -хлорид и $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -технетрил (Sestamibi, MIBI, Cardiolite). Таллий является моновалентным катионом, который по своим физико-химическим свойствам сходен с калием. $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -технетрил тоже характеризуется как моновалентный катион, хотя и имеет более сложную химическую структуру. Эти РФП, неся положительный заряд, проникают внутрь клетки и локализуются на мембране митохондрий, которые заряжены отрицательно. Таким образом, ПСМ отражает распределение метаболически активного миокарда и выявляет дефекты накопления РФП при инфаркте миокарда и других очаговых изменениях (рис. 4.19). Дефект накопления визуализируется при различии объемного кровотока в здоровой и стенозированной артериях в 30–50%.

Для улучшения чувствительности и специфичности ПСМ используется стресс-тест с физической нагрузкой или фармакологическая проба с дипиридамолом или эргоновином.

Сцинтиграфия миокарда является высокоинформативным, неинвазивным методом верификации ИБС. Ее чувствительность и специфичность составляют 80–90%. Метод рекомендуется использовать при несоответствии клинической картины с данными нагрузочных тестов ЭКГ: отрицательные или сомнительные результаты.

ПЭТ: области, имеющие сохраненный метаболизм ФДГ, но сниженную перфузию, расцениваются как гибернирующий миокард.

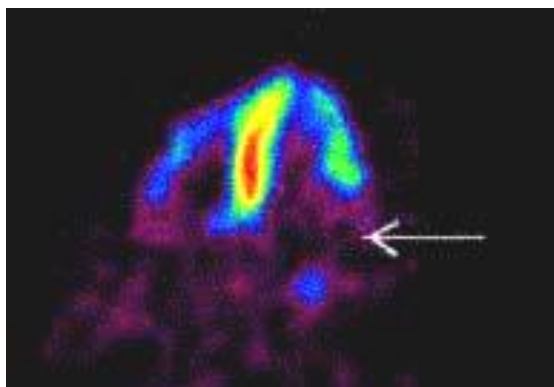


Рис. 4.19. Перфузионная сцинтиграфия миокарда. ПЭТ с меченой жирной кислотой – ^{11}C -натрия бутират (горизонтальный скан по длинной оси). Выраженная гипофиксация РФП, отражающая сниженную перфузию миокарда (стрелка) [18]

Радионуклидная равновесная вентрикулография. Выполняется с использованием методики метки эритроцитов *in vivo*. Вначале пациенту в/в вводится пирофосфат олова, который активно адсорбируется на эритроцитах. Через 30–40 мин в/в вводится $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -пертехнетат, который прочно соединяется с пирофосфатом. В результате обеспечивается стабильная метка не менее 90% эритроцитов крови на период до 4 часов. После разведения РФП в крови регистрируется несколько сотен изображений, на основе которых формируется усредненный образ сердечного цикла. Над выбранными зонами интереса в проекции левого желудочка строятся кривые «активность/время», которые интегрально отражают сократительную функцию сердца на протяжении нескольких сердечных циклов. По разнице радиоактивности крови в полостях желудочков в конечно-диастолической и

конечно-систолической фазах рассчитывается их фракция выброса. Также выявляются региональные нарушения сократимости миокарда. Показания: ИБС, инфаркт миокарда, аневризмы сердца, гипертоническая болезнь, диффузные поражения сердечной мышцы.

4.2. Лучевые признаки заболеваний сердца

Ишемическая болезнь сердца. ЭхоКГ показывает нарушение сократительной функции участков стенки левого желудочка в виде снижения амплитуды движения и толщины миокарда в систолу; уменьшение фракции выброса левого желудочка. Эти изменения более выражены при тестах с физической нагрузкой.

Перфузионная сцинтиграфия миокарда используется для диагностики:

- степени хронической ишемической болезни сердца, когда другие методы неинформативны или недоступны;
- контроля эффективности хирургического лечения.

МРТ позволяет оценивать структуру миокарда и его сократимость. С помощью МРТ различают зоны инфаркта, ишемии и жизнеспособного миокарда. При МРТ можно определить фракцию по алгоритму площадь – длина. Результаты хорошо коррелируют с данными вентрикулографии. Нарушения локальной сократимости, особенно нарушенное систолическое утолщение миокарда, говорят о ранее перенесенном инфаркте миокарда. Другими критериями перенесенного инфаркта являются повышение интенсивности изображения миокарда в зоне поражения и сигнала от крови в прилежащих областях желудочка.

Коронарные артерии чаще всего исследуют в двумерном режиме с подавлением сигнала от жира. Используются режимы, позволяющие получать изображения при задержке дыхания. Чувствительность магнитно-резонансной ангиографии при поражении крупных коронарных артерий составляет 90%, а специфичность – 92%. Исследование коронарных артерий при МРТ – трудная задача, поскольку они имеют малый диаметр и сложное положение в пространстве, кровоток в них непостоянен, а артерии постоянно движутся из-за сокращений сердца и его смещения при дыхании.

МР-спектроскопия позволяет оценивать биохимические характеристики миокарда путем образования спектра из ядер водорода и фосфора. Фосфорная спектроскопия может генерировать спектр, демонстрирующий относительные концентрации двух высокоэнергетических фосфатов: аденозинтрифосфата (АТФ) и фосфокреатина (ФК). Относительное снижение концентрации ФК по сравнению с АТФ свидетельствует об ишемии миокарда.

МСКТ используется для оценки состояния коронарных артерий при ИБС.

МСКТ дает возможность:

- достоверно визуализировать коронарные артерии, с уточнением локализации атеросклеротического поражения, выявления аномалий развития венечных сосудов сердца;
- определять состоятельность аорто-коронарных шунтов и внутрисосудистых эндопротезов (стентов) (рис. 4.20, 4.21);
- проводить подсчет КИ, с целью уточнения прогноза заболевания;
- отмечать нарушения перфузии и жизнеспособности миокарда у больных в ранние и более поздние сроки инфаркта миокарда;
- оценивать сократительную способность сердца;
- изучать состояние перикарда, клапанов сердца.

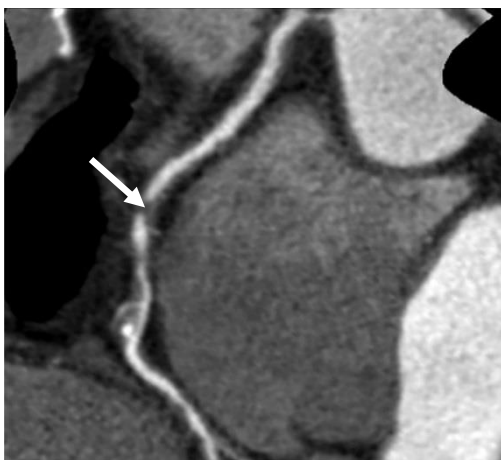


Рис. 4.20 МСКТ. Фрагмент 3-D реконструкции. Окклюзия правой коронарной артерии [5]

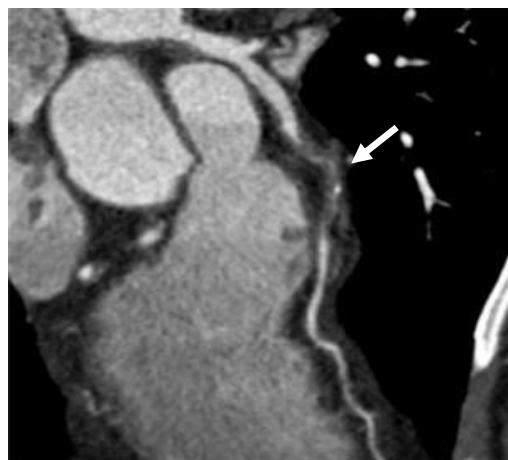


Рис. 4.21. МСКТ. Фрагмент 3-D реконструкции. Окклюзия левой передней нисходящей артерии [5]

Коронарография является инвазивной процедурой. Она применяется для диагностики ИБС при подозрении на выраженную обструкцию коронарных артерий и при остром коронарном синдроме. Коронарография используется для выполнения эндоваскулярных оперативных вмешательств (эндоваскулярной баллонной дилатации и установки внутрикоронарного стента).

Инфаркт миокарда. Важным патофизиологическим последствием острого инфаркта является снижение систолической функции миокарда. Другим последствием острого инфаркта миокарда является диастолическая дисфункция в результате уменьшения соответствия между диастолическим давлением в левом желудочке и давлением в легочных венах, что является причиной отека легких. Наиболее значимыми осложнениями инфаркта миокарда являются: сердечная недостаточность, разрыв сердца, аневризма сердца, острая митральная недостаточность из-за разрыва сосочковых мышц, тромбоз с или без периферической эмболизации.

Острый перикардит может развиваться у пациентов с трансмуральным инфарктом (синдром Дресслера).

Рентгенография грудной клетки может быть нормальной примерно у половины пациентов с острым инфарктом миокарда. Наиболее частыми изменениями на рентгенограмме грудной клетки могут быть признаки венозной гипертензии или отека легких. Резкое увеличение в размере сердца через несколько дней после инфаркта свидетельствует о наличии жидкости в полости перикарда. Желудочковая аневризма проявляется наличием дополнительной дуги по контуру левого желудочка.

ЭхоКГ демонстрирует нарушение движения стенки левого желудочка. ДопКГ выявляет митральную регургитацию при дисфункции сосочковых мышц.

ПСМ выявляет зоны гипоперфузии в области инфаркта миокарда.

Позитивная сцинтиграфия. Эта технология основана на использовании РФП, которые тропны к поврежденному миокарду. Достоверное локальное включение этого РФП в очаг поражения происходит не ранее 10 часов от появления первых клинических симптомов инфаркта миокарда и сохраняется на достаточно высоком уровне в течение 5–6 часов. В эти сроки чувствительность сцинтиграфии с ^{99m}Tc -пирофосфатом достигает 98%. Таким образом, при подозрении на инфаркт миокарда в первые часы его развития более показана ПСМ, а через 10–16 часов целесообразно проводить исследование с РФП, тропными к некротизированной ткани.

КТ и МРТ используются для выявления осложнений инфаркта миокарда. Они показывают наличие и размеры желудочковых аневризм (4.22).

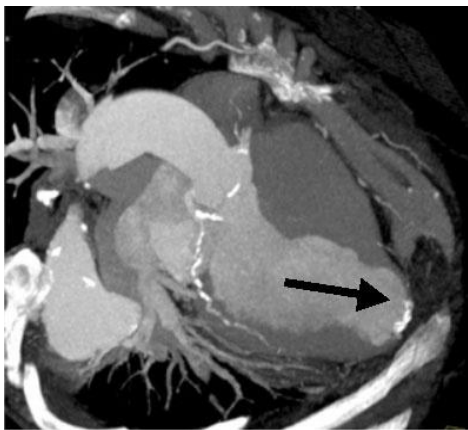


Рис. 4.22. МСКТ сердца. Аневризма в области верхушки левого желудочка (стрелка) [5]

КТ и МРТ более точны в демонстрации тромбов в полостях сердца, чем ЭхоКГ или вентрикулография. Эти методы также используются для определения региональной сократительной способности миокарда и объемов полостей желудочков.

Для инфаркта миокарда характерно увеличение времен релаксации T1 ВИ и T2 ВИ. На изображениях это выглядит как усиление сигнала. В основе этих изменений лежит отек ткани, возникающий в результате острой и необратимой ишемии. В подостром периоде сохраняется увеличение времени

релаксации T1 ВИ, что обусловлено процессами воспаления и заживления.

Гадолиний улучшает контрастирование поврежденных сегментов миокарда на T1 ВИ, что повышает чувствительность и специфичность исследования.

К другим признакам инфаркта относятся истончение миокарда левого желудочка, замедление тока крови в полости левого желудочка, пристеночный тромбоз, аневризма левого желудочка, разрыв межжелудочковой перегородки и митральная недостаточность.

Вентрикулография редко применяется при остром инфаркте миокарда в отличие от коронарографии, роль которой возросла в связи с эндоваскулярными хирургическими вмешательствами.

Дефект межпредсердной перегородки (ДМПП). ДМПП составляют 30% всех случаев врожденных пороков сердца у взрослых. Величина и направление сброса определяются размером дефекта и относительной ригидностью желудочков. У большинства взрослых правый желудочек более податлив, чем левый; вследствие этого сброс происходит из левого предсердия в правое. Сброс ведет к объемной перегрузке правых отделов сердца, и давление в легочной артерии может повышаться. Тяжелая легочная гипертензия приводит к правожелудочковой недостаточности и парадоксальному сбросу справа налево.

На рентгенограмме органов грудной клетки можно определить увеличение правых отделов сердца, расширение легочной артерии с ее ветвями и усиление легочного сосудистого рисунка. При аномальном впадении правых легочных вен в нижнюю полую вену появляется тень в виде «турецкой сабли» у границы правого предсердия.

На ЭхоКГ регистрируется увеличение правого предсердия и правого желудочка, парадоксальное движение межжелудочковой перегородки. Дефект межпредсердной перегородки лучше всего виден из субкостального доступа. При легочной гипертензии формируется трикуспидальная недостаточность и недостаточность клапана легочной артерии. При контрастировании правых отделов сердца наблюдается эффект «отрицательного контрастирования»: микропузырьки воздуха в правом предсердии вытесняются струей крови из левого предсердия. С помощью ЦДК на уровне прерывистости межпредсердной перегородки визуализируется патологический шунт слева направо (рис. 4.23).

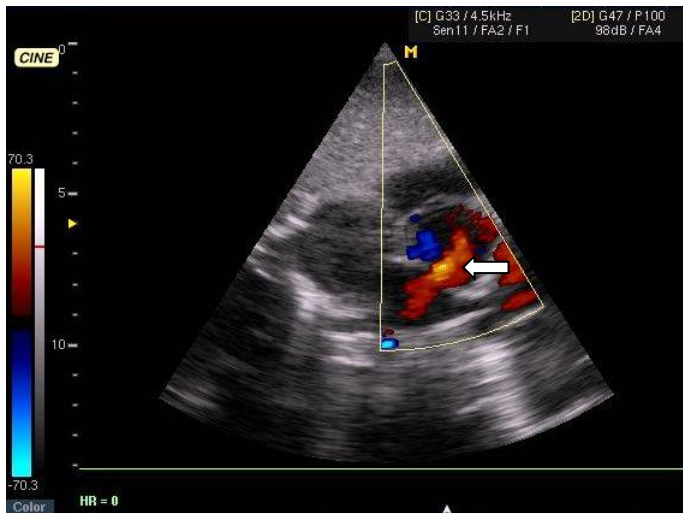


Рис. 4.23. Эхокардиограмма (субкостальная позиция) и доплерограмма (режим ЦДК). Дефект межпредсердной перегородки с шунтом слева направо (стрелка)

Катетеризация сердца и коронарная ангиография показаны при подозрении на легочную гипертензию и ИБС, перед операцией на открытом сердце и при противоречивых клинических данных.

Если насыщение крови кислородом в правом предсердии на 10% выше, чем в верхней полой вене, то это указывает на дефект межпредсердной перегородки. Для выявления митральной регургитации проводят левую вентрикулографию.

Дефект межжелудочковой перегородки (ДМЖП). ДМЖП – наиболее частый из врожденных пороков сердца. В большинстве случаев их диагностируют в грудном возрасте из-за грубого шума в сердце. По мере увеличения легочного сосудистого сопротивления возможно изменение направления сброса (справа налево). В дальнейшем развиваются правожелудочковая и левожелудочковая недостаточность и необратимые изменения легочных сосудов (синдром Эйзенменгера).

При небольших ДМЖП на рентгенограмме органов грудной клетки отсутствуют изменения. При большом сбросе слева направо визуализируется увеличение левого желудочка, усиление легочного сосудистого рисунка вследствие увеличения легочного кровотока. При легочной гипертензии определяется выраженное увеличение ствола и проксимальных отделов легочной артерии с резким сужением дистальных ветвей, обеднение легочного сосудистого рисунка.

Двумерную ЭхоКГ проводят с целью непосредственной визуализации дефекта межжелудочковой перегородки и увеличения камер сердца. С помощью доплеровского исследования оценивают величину и направление сброса, рассчитывают давление в легочной артерии (рис. 4.24).

Катетеризацию сердца проводят для подтверждения диагноза, измерения давления в легочной артерии. Величину сброса можно оценить качественно с помощью вентрикулографии и количественно по насыщению крови кислородом в правом желудочке.

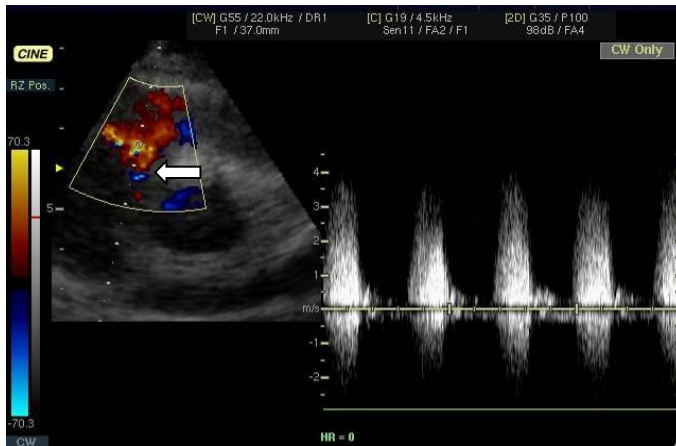


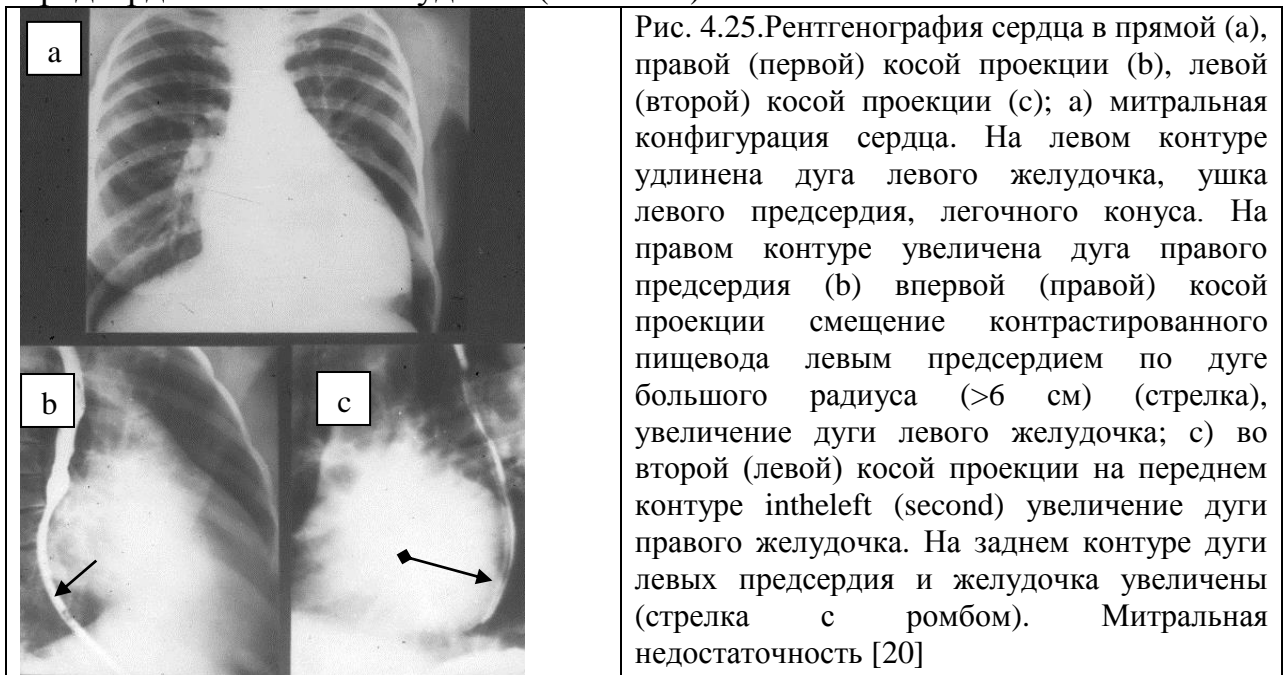
Рис. 4.24. Эхокардиограмма (парастернальная позиция) и доплерограмма (постоянный режим и ЦДК). Дефект мембранозной части МЖП с шунтом слева направо (стрелка)

венозной крови используют значение среднего насыщения в правом предсердии).

Митральная недостаточность характеризуется систолическим током крови из левого желудочка в левое предсердие из-за недостаточного закрытия митрального клапана. Причиной этого может быть патология створок митрального клапана, патология хорд и папиллярных мышц.

Гемодинамическими последствиями митральной недостаточности является увеличение давления в полости левого предсердия и в легочных артериях в процессе систолы. Конечный диастолический объем левого желудочка увеличивается.

При рентгенографии выявляется различной степени легочная венозная гипертензия, а также кардиомегалия вследствие увеличения левого предсердия и левого желудочка (Рис. 4.25).



При митральной недостаточности ЭхоКГ позволяет определить этиологию митральной недостаточности, ее тяжесть, компенсаторные возможности левого желудочка, наличие осложнений (левожелудочковая

недостаточность, легочная гипертензия, правожелудочковая недостаточность). Допплерография определяет глубину проникновения регургитирующей струи и ее ширину, характеризующие выраженность недостаточности (рис. 4.26). При митральной недостаточности ЭхоКГ позволяет выявить нарушения структуры клапана, включая удлинение створок (пролапс митрального клапана), разрыв створок и хорд, вегетации (инфекционный эндокардит), дегенеративные (обызвествление, фиброз) и ревматические поражения.

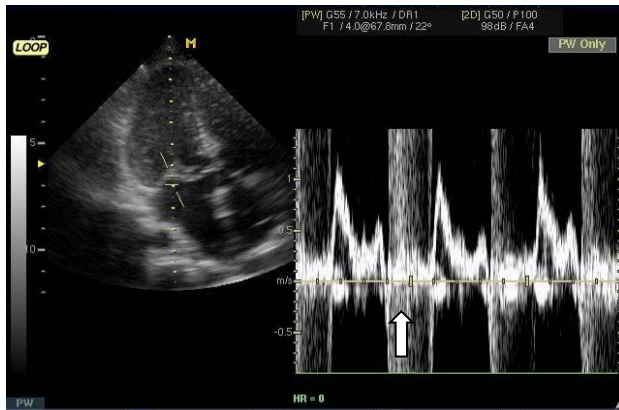


Рис. 4.26. Эхокардиограмма (апикальная позиция) и доплерограмма (импульсный режим). Митральная регургитация (стрелка)

Митральная недостаточность характеризуется расширением левых отделов сердца. Степень дилатации левого желудочка зависит от объема регургитации. Увеличение конечно-систолического объема левого желудочка, фракция выброса левого желудочка $<50\%$ и легочная гипертензия неблагоприятно влияют на исход.

Вентрикулография позволяет выявить регургитацию и оценить ее тяжесть, а также определить объем левого желудочка, его общую и локальную сократимость.

Митральный стеноз. Различают врожденный и приобретенный митральный стеноз (МС). Наиболее частая причина приобретенного МС – ревматизм. Хроническое воспаление митрального клапана (створки, комиссуры, кольцо) и клапанного аппарата (хорды, сосочковые мышцы) приводит к прогрессирующему фиброзу, обызвествлению и клапанному пороку. При поражении створок клапан имеет классическую для МС трубчатую форму с отверстием типа «рыбьего рта». При поражении преимущественно клапанного аппарата формируется митральная недостаточность (МН).

Рентгенография грудной клетки позволяет определить увеличение левого предсердия, иногда – обызвествление митрального клапана, признаки венозного застоя в легких и легочной гипертензии (дилатация легочной артерии, правого желудочка и правого предсердия) (рис. 4.27).

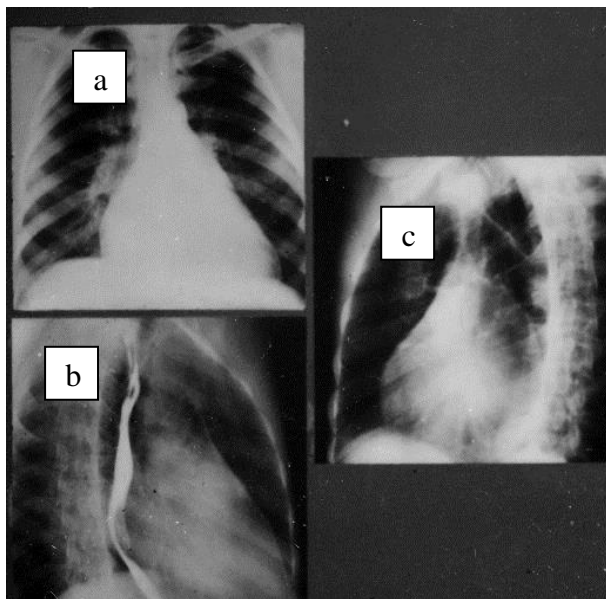


Рис. 4.27. Рентгенограммы сердца в прямой (а), первой (правой) косой (b), второй (левой) косой проекциях (с); а) митральная форма сердца. На левом контуре удлинение дуги левого желудочка, ушка левого предсердия, легочного конуса. На правом контуре увеличение дуги правого предсердия; б) на первой (правой) косой проекции отклонение контрастированного пищевода левым предсердием по дуге малого радиуса (<6 см), увеличение дуги левого желудочка; с) во второй (левой) косой на переднем контуре увеличение нижней дуги правого желудочка. На заднем контуре дуги левого предсердия и левого желудочка увеличены. Митральная недостаточность и митральный стеноз [20]

ЭхоКГ – точный метод диагностики МС, позволяющий определить анатомический тип поражения и оценить внутрисердечную гемодинамику (рис. 4.28).

Имеются два характерных эхокардиографических признака митрального стеноза, выявляемых при М-модальном исследовании: 1) значительное снижение скорости диастолического прикрытия передней створки митрального клапана и 2) однонаправленное движение передней и задней створок клапана. Эти признаки лучше выявляются при М-модальном исследовании из парастернального доступа по длинной оси сердца. При эхокардиографии выявляется также фиброз и кальциноз створок митрального клапана, однонаправленное движение створок митрального клапана, гипертрофия левого предсердия и правого желудочка.

Форма диастолического движения передней створки митрального клапана вместо М-образной приобретает характер П-образной (4.28).

При доплерографии резко увеличивается скорость трансмитрального потока и его турбулентность.

Площадь отверстия митрального клапана оценивают планиметрическим методом или по времени полуспада трансмитрального градиента давления (время, в течение которого он уменьшается вдвое).

Внедрение ЭхоКГ уменьшило необходимость в катетеризации для диагностики митрального стеноза, оценки его тяжести, выявления сопутствующей патологии. В настоящее время катетеризацию проводят при несоответствии клинической картины данным ЭхоКГ и перед операцией. Катетеризацию сердца обычно не проводят больным моложе 40 лет, в отсутствие жалоб и факторов риска ИБС, при изолированном митральном стенозе. В этих случаях показания к вальвулопластике или операции определяют на основании только неинвазивного исследования.

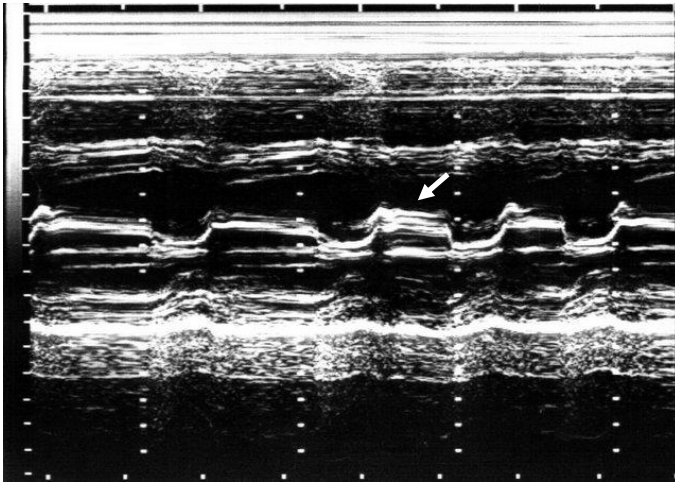


Рис. 4.28. Эхокардиограмма (парастернальная позиция). Уплотнение кривой движения передней створки МК в диастолу, резкое снижение амплитуды А-волны, однонаправленное движение передней и задней створок МК. Фиброз створок и ограничение подвижности задней створки митрального клапана(стрелка). Митральный стеноз

Аортальный порок. Аортальный стеноз и недостаточность могут быть как врожденными, так и приобретенными. Двустворчатый аортальный клапан – самый частый врожденный порок сердца (распространенность – 2%). Если створки спаяны или их раскрытие неполное, турбулентный поток травмирует их, и со временем развивается фиброз и обызвествление. Аортальный стеноз обычно появляется в более позднем возрасте (в среднем – около 50 лет) и служит причиной 50% случаев протезирования аортального клапана у взрослых. К причинам приобретенного аортального порока относятся ревматизм, атеросклероз и инфекционный эндокардит. Поражение характеризуется фиброзом, обызвествлением, спаянными комиссурами и створками. Изолированный аортальный стеноз обычно свидетельствует о неревматической этиологии.

При аортальном стенозе увеличение нагрузки приводит к усилению напряжения в стенке левого желудочка в виде компенсаторной концентрической гипертрофии левого желудочка и уменьшению напряжения мышечных волокон. Этот механизм поддерживает систолическую функцию левого желудочка, несмотря на увеличение в нем систолического давления. Если к аортальному стенозу присоединяется аортальная недостаточность, то к повышенной после нагрузке левого желудочка добавляется увеличение преднагрузки, что приводит к еще большему возрастанию напряжения в стенке левого желудочка и уменьшению эффективного ударного объема.

С помощью ЭхоКГ исследуют структуру клапана, характер его движения, площадь аортального отверстия, массу левого желудочка. ЭхоКГ – лучший метод первичной диагностики и последующего наблюдения. Он позволяет оценить строение аортального клапана, размеры и анатомические особенности корня аорты, функциональное состояние левого желудочка (рис. 4.29). Допплеровское исследование позволяет с высокой точностью определить градиент давления между аортой и левым желудочком.

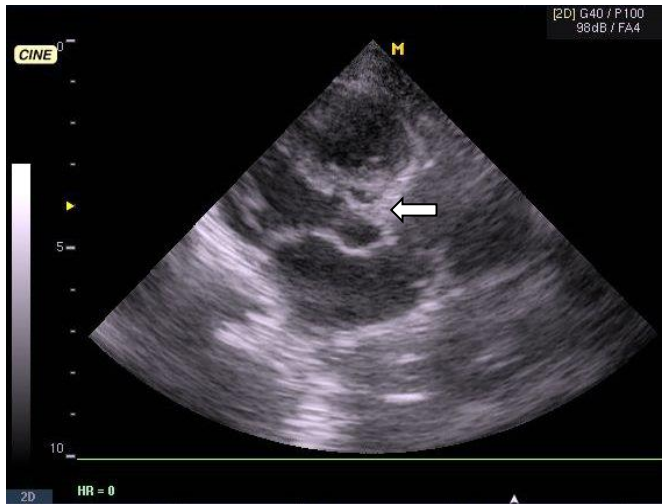


Рис. 4.29. Эхокардиограмма (апикальная позиция). Аортальный стеноз: фиброз и утолщение правой коронарной створки (стрелка)

Показанием к катетеризации сердца является операция по протезированию аортального клапана. Катетеризация проводится для определения гемодинамических параметров: градиента давления между аортой и левым желудочком, ДЗЛК, сердечного выброса, площади отверстия аортального клапана. Вентрикулография и аортография используются для диагностики аортальной недостаточности.

Развитие аортальной недостаточности может быть связано с поражением клапана и корня аорты (дилатация) (рис. 4.30).

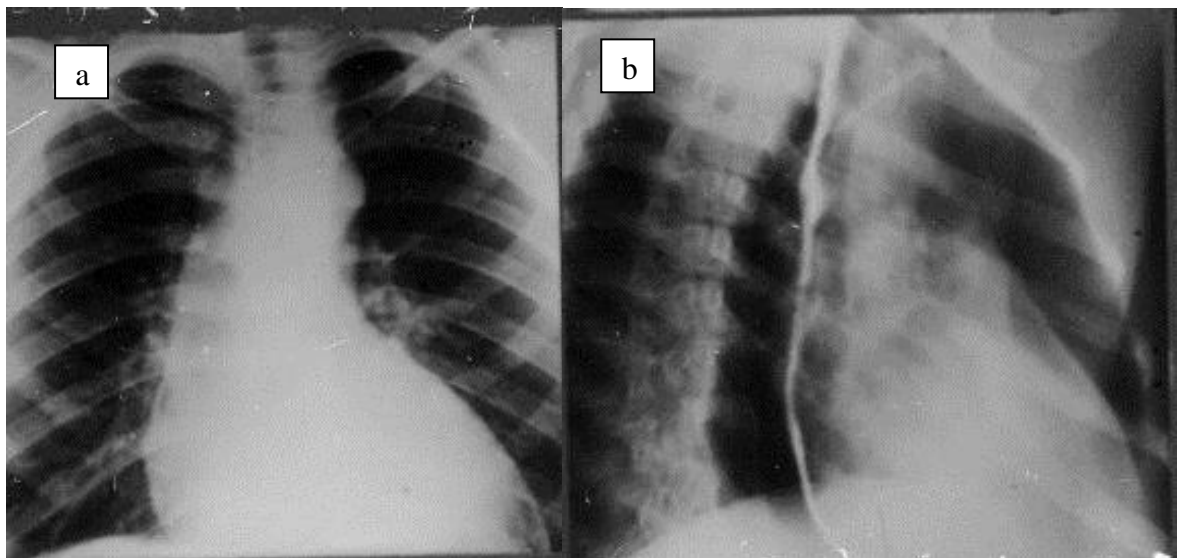


Рис. 4.30. Рентгенограммы сердца в прямой (а), первой (правой) косой (б) проекциях; а) аортальная конфигурация сердца. Дуги восходящей аорты и левого желудочка в прямой проекции увеличены; б) в правой (первой) косой проекции нижняя дуга переднего контура увеличена за счет левого желудочка. Аортальный стеноз [20]

При аортальной недостаточности на рентгенограмме наблюдается выраженное увеличение левого желудочка. Аорта часто расширена и смещена.

Главным признаком аортальной регургитации при одномерной эхокардиографии (М-режим) является диастолическое дрожание передней

створки митрального клапана, возникающее под действием обратного турбулентного потока крови из аорты в ЛЖ.

Несмыкание створок аортального клапана в диастолу (при исследовании на уровне аортального клапана). На ЭхоКГ выявляется, как правило, значительное расширение ЛЖ.

ДопКГ дает возможность выявления аортальной регургитации и оценки ее тяжести (рис. 4.31). Наибольшей информативностью в диагностике аортальной недостаточности и определении его тяжести обладает ДопКГ.



Рис. 4.31. Исследование через апикальную позицию: постоянноволновая доплерография. Аортальная регургитация (стрелка). Аортальная недостаточность

Показаниями к катетеризации сердца и аортографии являются бессимптомное течение с неопределенной тяжестью аортальной недостаточности и диагностика расслаивающей аневризмы аорты.

Хроническая сердечная недостаточность формируется по двум основным типам: систолический и диастолический.

ИБС и артериальная гипертензия стали самой частой причиной систолической дисфункции. Гипертрофия миокарда ведет к уменьшению податливости левого желудочка и диастолической дисфункции.

Диастолическая дисфункция левого желудочка лежит в основе приблизительно 20% всех случаев сердечной недостаточности; она проявляется симптомами застойной сердечной недостаточности на фоне нормальной или почти нормальной систолической функции, в отсутствие поражения клапанов и констриктивного перикардита. Снижение податливости и нарушение наполнения левого желудочка приводят к повышению диастолического давления в левом желудочке, не соответствующему изменению его объема.

Целью диагностики является оценка:

- функции левого желудочка (ЭхоКГ или вентрикулография), при близкой к норме фракции выброса левого желудочка вероятная причина застойной сердечной недостаточности – диастолическая дисфункция левого желудочка;
- толщины стенки левого желудочка (с помощью ЭхоКГ), при значительном ее увеличении проводят дифференциальный диагноз между гипертрофической кардиомиопатией и такими инфильтративными

процессами, как амилоидоз; при нормальной толщине вероятна ИБС или рестриктивная кардиомиопатия;

– клапанных пороков (с помощью ЭхоКГ).

Изотопная вентрикулография и ЭхоКГ являются простыми и надежными методами оценки диастолической функции левого желудочка и измеряют параметры раннего диастолического наполнения и кровотока во время предсердной систолы.

Рентгенография позволяет качественно оценить изменения гемодинамики малого круга кровообращения (рис. 4.32).

Рентгенологические критерии недостаточности кровообращения:

1. Венозный застой.
2. Увеличение левого предсердия.
3. Двухсторонний плевральный выпот.
4. Кардиомегалия (кардиоторакальный индекс $>50\%$, более чем в 90%).



Рис. 4.32. Рентгенограмма органов грудной клетки в прямой проекции. Кардиомегалия: расширение тени сердца и увеличение кардиоторакального индекса. Интерстициальный отек легких

Классификация рентгенологических симптомов перераспределения легочного кровотока (Л.А. Низовцова):

0 степень - сосудистый рисунок не изменен.

I степень - верхнедолевой венозный застой.

II степень - диффузный венозный застой.

III степень - интерстициальный отек легких.

IV степень - альвеолярный отек легких.

V степень - смешанный тип (венозный застой + артериальная гипертензия).

Перикардит. Рентгенологическое исследование позволяет обнаружить жидкость в перикарде при сердечной недостаточности, уремии, остром вирусном перикардите, инфаркте миокарда и т.д. в количестве от 100 мл по изменениям конфигурации сердца (сглаживанием выемок на его силуэте), общему увеличению размеров и ослаблению пульсации (рис. 4.33). ЭхоКГ должна использоваться как первичный метод при наличии клинического подозрения. При сухом перикардите на ЭхоКГ определяется увеличение эхогенности заднего листка перикарда и утолщение листков перикарда. Выпот в полости перикарда обнаруживается как появление эхонегативного

пространства за задней стенкой левого желудочка. В норме незначительное количество при М-методе можно обнаружить только в области задней стенки ЛЖ, причем величина сепарации листков перикарда не превышает 3 мм. При стандартной КТ и МРТ лучше распознаются перикардиты с фиброзными сращениями, утолщением перикарда и минимальными осумкованными скоплениями жидкости. Применяются при неясных результатах ЭхоКГ.

При хроническом констриктивном перикардите кальциноз перикарда визуализируется основными рентгенологическими методами, а также ЭхоКГ. Регистрируется снижение сократимости сердца.

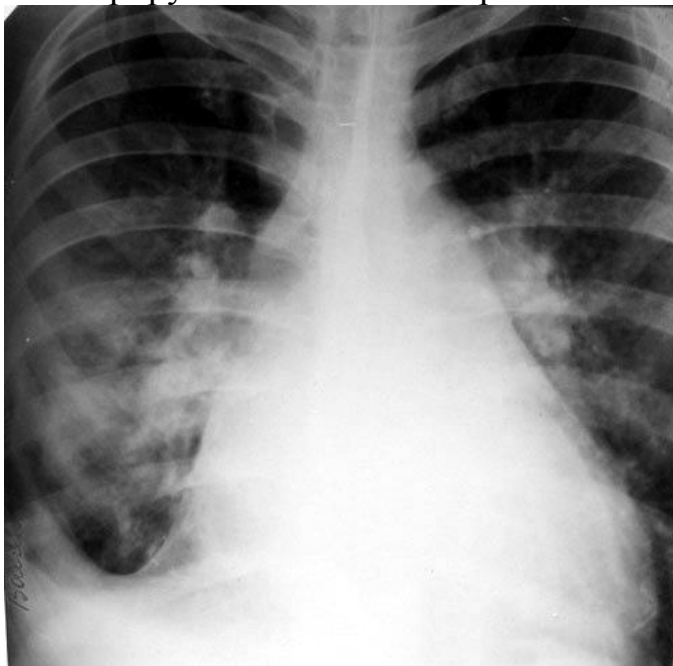


Рис. 4.33. Рентгенограмма органов грудной клетки в прямой проекции. Жидкость в перикарде: сглаженность контуров сердца. Гидроторакс: затемнение правого реберно-диафрагмального и кардио-диафрагмального синусов. Полнокровие корней легких

4.3. Лучевые признаки заболеваний кровеносных сосудов

Аневризма грудного отдела аорты, локальная или диффузная дилатация грудного отдела аорты, часто вызываемая атеросклерозом. Нормальный диаметр грудного отдела аорты менее 4 см в восходящем отделе и менее 3 см в нисходящем отделе. Диаметр аорты более 5 см расценивается как аневризма. Диаметр аорты с увеличением в 1,5 раза относительно нормального размера также расценивается как аневризма.

Рентгенография грудной клетки демонстрирует диффузное или локальное увеличение аорты. Аневризма восходящей аорты выявляет диффузное или локальное увеличение контура аорты верхней дуги тени средостения с самостоятельной пульсацией (рис. 4.34).

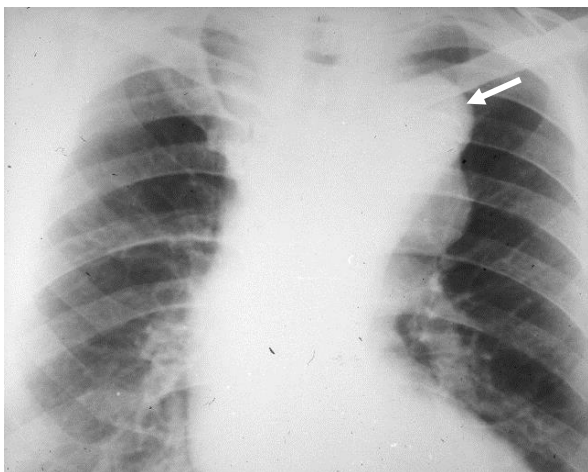


Рис. 4.34. Рентгенограмма грудной клетки в прямой проекции. Размер дуги аорты резко увеличен (стрелка). Аневризма дуги аорты.

Определение диаметра и распространенности аневризмы выполняется при помощи аортографии, КТ, МРТ и МРА. Для постановки первичного диагноза аневризмы аорты преимущество имеют КТ, МРТ и МРА. Эти методы позволяют оценить форму, диаметр, распространенность, состояние окружающих тканей, наличие тромбов, расслоение стенки аорты (рис. 4.35).



Рис.4.35. МР-аортография с внутривенным контрастированием гадолинием. Косо-сагитальная проекция. Показана отслоенная интима (головка черной стрелки) истинный (1) и ложный (2) просветы аорты. Диссекция аорты

Аневризма брюшного отдела аорты. Увеличение диаметра более 2 см является признаком аневризмы, а превышение диаметра более 4,5–5,0 см является показанием к решению вопроса об оперативном лечении. Рентгенография брюшной полости при выявлении кальцификации аорты вызывает подозрение на ее аневризму. Первичный диагноз в настоящее время часто устанавливается при помощи УЗИ. (рис. 4.36). Возможности аортографии, КТ, МРТ, МРА те же, что и при аневризмах грудной аорты (рис. 4.37).

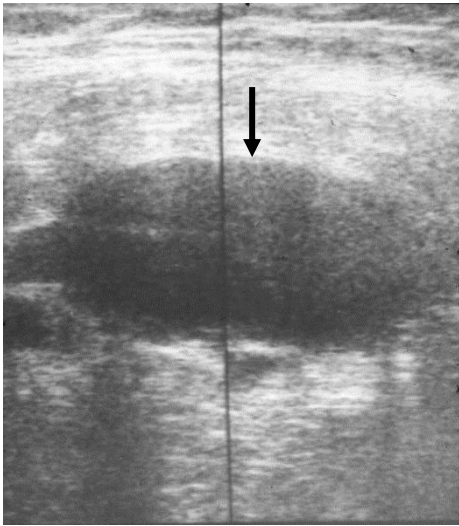


Рис. 4.36. Сонография брюшной полости. Значительное увеличение брюшного отдела аорты (стрелка). Аневризма брюшного отдела аорты [20]



Рис. 4.37. Аортограмма в прямой проекции. Аневризма брюшного отдела аорты: локальное расширение аорты (стрелка)

Атеросклероз. Ангиография и МСКТ используются первично для определения протяженности стеноза, оценки выраженности коллатералей и периферического кровотока, особенно если планируется операция или интраваскулярная интервенционная терапия. В зависимости от клинических данных выполняют ретроградную аортографию (рис. 4.38), при односторонних поражениях – прямую антеградную феморальную ангиографию, а при отсутствии пульса на бедренной артерии – транслюмбальный или трансаксиллярный подходы.



Рис. 4.38. Аортограмма в прямой проекции. Стеноз правой подвздошной артерии (стрелка)

Клиника поражения периферических артерий, особенно при сахарном диабете, осложненном диабетической ангиопатией – показание для направления на МСКТ.

УЗИ как единственный метод визуализации применяют в этой области со следующими целями:

1. Наблюдения за пациентами с клиническим подозрением на прогрессирующее окклюзивное поражение артерий (рис. 4.39).
2. Исключение сосудистого генеза острых эпизодов локальной боли или припухлости.
3. Выявление осложнений сосудистых протезов, которые могут привести к их недостаточности.
4. Предоперационный скрининг большой подкожной вены голени в случаях предполагаемого шунтирования.

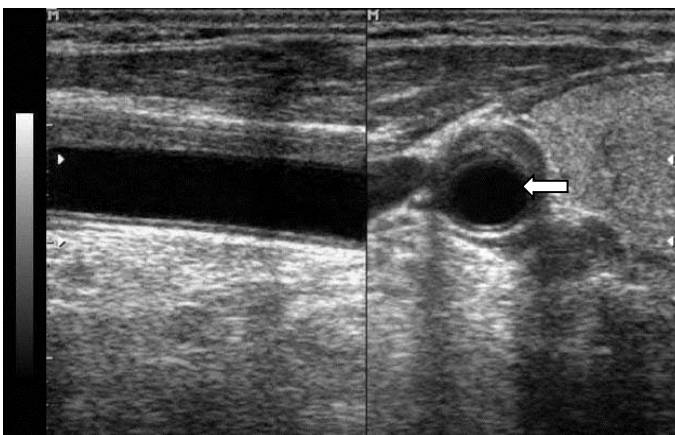


Рис. 4.39. Эхограмма общей сонной артерии в продольном и поперечном сечении. Эксцентричный стеноз просвета артерии (стрелка)

Эмболия легочной артерии. Диагностические критерии при рентгенографии:

– высокое стояние правого или левого купола диафрагмы;

- плевральный выпот;
- ателектаз;
- полнокровие корней легких;
- фокальный или параплевральный инфильтрат;
- внезапный обрыв хода сосуда.

Все это неспецифичные, хотя и встречающиеся при ТЭЛА, признаки.

Симптом Вестермарка (локальное уменьшение легочной васкуляризации) высокоспецифичен, но низкочувствителен.

Как оптимальный метод рассматривается спиральная КТ с болюсным усилением. На КТ выявляются прямые симптомы эмболии центральных ветвей легочной артерии с чувствительностью 85–100% (рис.4.40). В отличие от других методов дополняет рентгенографию в распознавании инфарктов легкого и в установлении альтернативного диагноза. Ожидается, что в будущем КТ полностью вытеснит сцинтиграфию, а ангиопульмонография сохранит значение только при неинформативности КТ.



Рис. 4.40. МСКТ с контрастированием. Тромбоэмболия, образующая гиподенсивную зону в просвете нижнедолевой ветви правой легочной артерии (стрелка)

Венозный тромбоз. Клиническая диагностика глубокого венозного тромбоза нижних конечностей ненадежна: почти в 2/3 случаев он протекает латентно, а имеющиеся клинические симптомы неспецифичны. Между тем, опасность эмболии легочной артерии и венозной гангрены нижних конечностей требует немедленной терапии.

УЗИ обычно включает визуализацию подвздошных, общих, поверхностных и глубоких бедренных и подколенных вен. В случае двустороннего поражения обязательно исследование нижней полой вены для исключения ее тромбоза или сдавления извне и оценки проходимости перед установкой фильтра с целью профилактики легочной эмболии. Для поверхностных вен, особенно большой подкожной голени, применяют УЗИ в режиме повышенной частоты.

Вены голени часто не включают в объем УЗИ, так как это существенно увеличивает его продолжительность при меньшей точности, чем для более проксимальных вен, и относительно небольшом клиническом значении

получаемых данных (тромбоз этих вен и происходящие из них мелкие эмболы не опасны для жизни, пока он не распространяется на подколенную вену). Однако при болях в голени посредством УЗИ можно неожиданно обнаружить разрыв кисты, гематому или опухоль мягких тканей со сдавлением вен.

Показания к УЗИ вен нижних конечностей:

1. Клинические симптомы, подозрительные на тромбоз: боль, отечность.
2. Эмболия легочной артерии с неизвестным источником.
3. Острый отек нижней конечности неясной природы.
4. Заболевания и состояния с повышенным риском тромбоза: тяжелая травма (включая переломы шейки бедренной кости), коагулопатии, продолжительная хирургическая операция, особенно на нижних конечностях или по поводу рака, длительный постельный режим, ожирение, беременность.
5. В послеоперационном периоде у больных пожилого и преклонного возраста (риск тромбоза 40–70%, легочной эмболии – 1–5%).

Современное УЗИ – метод выбора для скрининга на тромбоз глубоких вен и в большинстве случаев окончательный метод визуализации. Главную роль играет анализ доплеровского спектра, позволяющий документировать кровотоки в венах, отличить их от артерий, благодаря их податливости при компрессии и форме пульсовой волны. По точности метод эквивалентен венографии при меньшем риске и расходах, отсутствии радиационной вредности, возможности динамического наблюдения.

4.4. Анализ рентгенограммы сердца и крупных сосудов

Подготовка

- Следует объяснить пациенту, что исследование позволяет оценить размер и форму сердца, и сообщить ему, кто и где будет проводить исследование. Необходимо заверить пациента в том, что лучевая нагрузка будет небольшой и безвредной.
- Пациенту следует снять украшения, металлические предметы, раздеться до пояса и надеть халат без металлических застежек.

Процедура и последующий уход

Заднепередняя проекция

- Пациент стоит на расстоянии около 2 м от рентгеновского аппарата спиной к нему, положив подбородок на держатель кассеты.
- Высота последнего регулируется таким образом, чтобы шея пациента была слегка разогнута. Пациент кладет руки на бедра и прислоняется плечами и грудью к держателю кассеты по центру.
- Во время экспонирования снимков пациента просят сделать глубокий вдох и задержать дыхание.

Левая боковая проекция

- Руки пациента сцеплены над головой, левый бок прислонен к кассете.

- Во время экспонирования пациента просят сделать глубокий вдох и задержать дыхание.

Правая (первая) косая проекция.

Пациент повернут правым плечом под углом 45° к кассете.

Левая (вторая) косая проекция.

Пациент повернут левым плечом под углом 45° к кассете

Перед выполнением задания необходимо вспомнить схему изучения обзорных рентгенограмм легких. Правильно поставьте рентгенограммы на негатоскоп. Помните, что рентгенограмме в левой боковой проекции на край грудной клетки выводится грудина, позвоночник находится в правой половине рентгенограммы

I. Вначале оцените качество снимка

1. Определите проекции, в которых произведены рентгенограммы.
2. Адекватно ли экспонирован снимок?
3. В каком положении находится пациент – стоя или лежа ?
4. Правильна ли укладка пациента?

- оцените расположение остистых отростков между грудинно-ключичными суставами,
- выведены ли лопатки?

II. Изучение анатомических структур и патологических изменений на рентгенограмме

1. Обратите внимание на грудную стенку и мягкие ткани, в том числе и молочные железы. Чья это грудная клетка – мужчины или женщины?
2. Оцените скелет грудной клетки
 - проследите ход каждого ребра от позвоночника до переднего отрезка
3. Проследите контур и расположение диафрагмы, реберно-диафрагмальные и кардио-диафрагмальные синусы.
4. Оцените тень средостения во всех проекциях:
 - ширину средостения
 - конфигурацию и размеры различных камер сердца и состояние крупных сосудов

5. Изучите корни легких и легочный рисунок, если выявили патологические изменения, определите вариант патологического синдрома.

Необходимо обратить внимание, имеются ли признаки легочной гипертензии или венозного застоя.

III. Заключение о состоянии органов грудной полости

При отсутствии патологических изменений можно ограничиться описательной картиной без заключения.