

А. В. Струтынский

ЭХОКАРДИО ГРАММА

**АНАЛИЗ И
ИНТЕРПРЕТАЦИЯ**

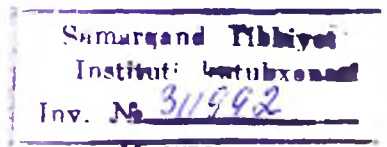


616.12

С 840

А.В.Струтынский

ЭХОКАРДИОГРАММА: анализ и интерпретация



Москва

«МЕДпресс-информ»

2001

УДК 61612.3-073.96

ББК 54.101

С87

Струтынский А.В.

С87 Эхокардиограмма: анализ и интерпретация. Учебн. пособ. — М.: МЕДпресс-информ, 2001. — 208 с., илл.
ISBN 5-901712-01-3

Учебное пособие является оригинальным наглядным справочным руководством по практической эхокардиографии и содержит все необходимые для студента медицинского вуза и практического врача сведения о современных методах ультразвукового исследования сердца, в том числе в одномерном и доплеровском режиме.

Книга предназначена для широкого круга читателей: студентов медицинских вузов, слушателей учреждений дополнительного профессионального образования и повышения квалификации специалистов, врачей терапевтов, кардиологов и специалистов ультразвуковой диагностики.

УДК 61612.3-073.96

ББК 54.101

ISBN 5-901712-01-3

© Струтынский А.В., 2001

© Струтынский А.В., иллюстрации, 2001

© Оформление, оригинал-макет.

Издательство «МЕДпресс-информ», 2001

ПРЕДИСЛОВИЕ

Эхокардиография — это один из наиболее информативных методов диагностики заболеваний сердца и сосудов. Сегодня, пожалуй, нет такой области кардиологии, где бы не использовались результаты этого неинвазивного метода исследования. Визуализация и количественная оценка степени изменений клапанного аппарата, определение размеров камер сердца и толщины миокарда желудочков, диагностика острого ИМ и хронических форм ИБС, количественная оценка систолической и диастолической функции левого и правого желудочков, определение давления в легочной артерии, диагностика заболеваний перикарда и наличия внутрисердечных образований, характеристика кровотока в крупных сосудах — вот далеко неполный перечень возможностей современного ультразвукового исследования сердца и сосудов. Можно с уверенностью сказать, что внедрение эхокардиографии в широкую клиническую практику коренным образом изменило наши представления о механизмах формирования и прогрессирования многих патологических процессов в сердце, критериях диагностики и оценки результатов лечения.

К сожалению, приходится констатировать, что практические врачи и студенты старших курсов медицинских вузов страны до сих пор мало знакомы с основами эхокардиографии. Это связано не только с недостатками действующих в настоящее время программ обучения специалистов, но и с отсутствием простой и доступной литературы по эхокардиографии, рассчитанной не на специалистов по ультразвуковой диагностике, а на практических врачей-терапевтов, кардиологов и студентов-медиков.

В предлагаемом читателю учебном пособии мы постарались по возможности восполнить этот пробел. Книга является оригинальным наглядным справочным руководством по практической эхокардиографии. В ней последовательно описываются методика и техника ультразвукового исследования сердца, принципы получения изображения в стандартных эхокардиографических позициях, оценка глобальной систолической и диастолической функции желудочков, нарушений региональной сократимости (в том числе метод стресс-ЭхоКГ), признаки гипертрофии и дилатации желудочков и предсердий, оценка состояния клапанного аппарата, диагностика легочной гипертензии, а также поражений перикарда, эндокарда и внутрисердечных образований.

Главной особенностью книги является краткость и четкость изложения материала, большое количество оригинальных иллюстраций, малый формат книги, удобный для использования в каждодневной клинической практике.

Надеемся, что работа с этой книгой поможет читателю лучше познакомиться с основами эхокардиографии, реальными возможностями этого метода и основными принципами анализа и интерпретации результатов ультразвукового исследования сердца.

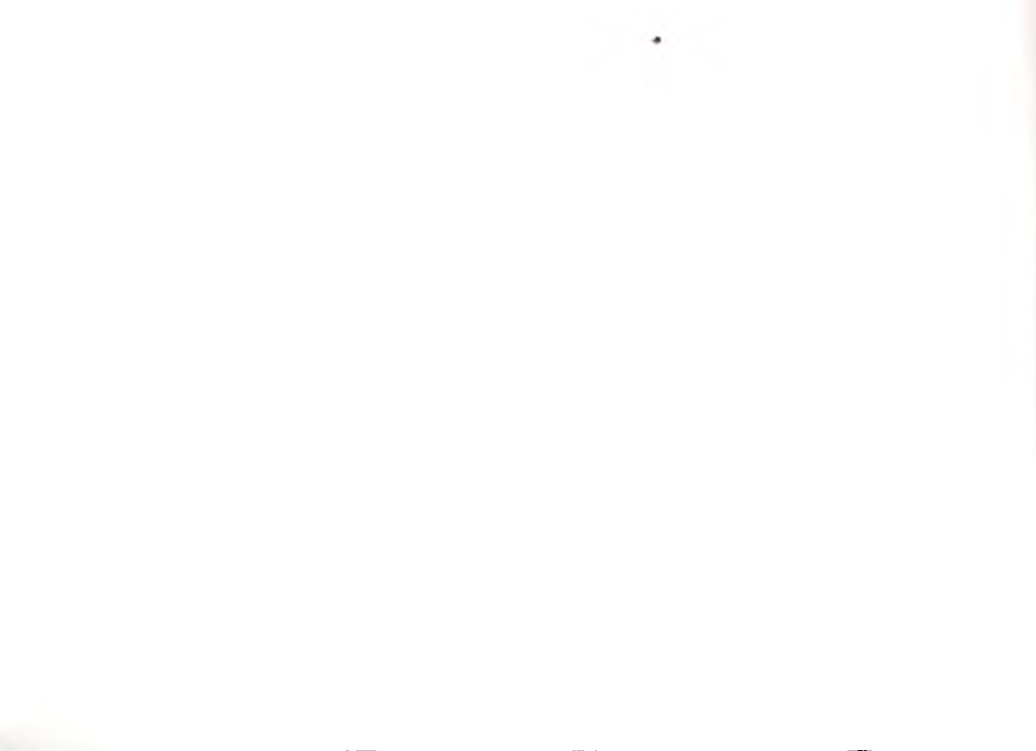
Автор

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ

- АГ – артериальная гипертензия
ВПВ – верхняя полая вена
ГКМП – гипертрофическая кардиомиопатия
ДКМП – дилатационная кардиомиопатия
ДМЖП – дефект межжелудочковой перегородки
ЗСЛЖ (PW) – задняя стенка левого желудочка
ИБС – ишемическая болезнь сердца
ИМ – инфаркт миокарда
КДД – конечно-диастолическое давление
КДО – конечно-диастолический объем
КСО – конечно-систолический объем
КДР – конечно-диастолический размер
КСР – конечно-систолический размер
Клапан ЛА (LV) – клапан легочной артерии
ЛА (РА) – легочная артерия
ЛЖ (LV) – левый желудочек
ЛП (LA) – левое предсердие
МЖП (IVS) – межжелудочковая перегородка
МК (MV) – митральный клапан
ММЛЖ – масса миокарда левого желудочка

МО – минутный объем
МПП (IAS) – межпредсердная перегородка
ПМК – пролабирование митрального клапана
ПЖ (RV) – правый желудочек
пик А (Peak A) – максимальная скорость позднего диастолического наполнения
пик Е (Peak E) – максимальная скорость раннего диастолического наполнения
ПП (RA) – правое предсердие
ТК (TV) – трехстворчатый клапан
УЗ – ультразвуковой
УИ – ударный индекс
УО – ударный объем
СИ – сердечный индекс
ФВ – фракция выброса
ЧСС – число сердечных сокращений
ЭхоКГ – эхокардиография
АсТ – время ускорения кровотока от начала изгнания до его вершины
Ао – аорта
AL – переднелатеральная папиллярная мышца
aML – передняя створка митрального клапана
Arch – дуга аорты
DT – время замедления раннего диастолического наполнения

ET – длительность изгнания
IVRT – время изоволюмического расслабления
LCC (L) – левая коронарная створка аортального клапана
LPA – левая ветвь легочной артерии
LVOT – выносящий тракт левого желудочка
pML – задняя створка митрального клапана
PM – заднемедиальная папиллярная мышца
PV – клапан легочной артерии
NCC (N) – некоронарная створка аортального клапана
P – перикард
PE – жидкость в полости перикарда
 ΔP – градиент давлений
RCC (R) – правая коронарная створка аортального клапана
RPA – правая ветвь легочной артерии
RVOT – выносящий тракт правого желудочка
RVW – передняя стенка правого желудочка
 $\% \Delta S$ – скорость укорочения переднезаднего размера ЛЖ
 V_{CF} – скорость циркулярного укорочения волокон миокарда
 V_{max} – максимальная линейная скорость
VTI – интеграл линейной скорости кровотока



Глава 1
МЕТОДИКА ЭХОКАРДИОГРАФИИ

1.1. ПРИНЦИПЫ ПОЛУЧЕНИЯ УЛЬТРАЗВУКОВОГО ИЗОБРАЖЕНИЯ СЕРДЦА В ТРЕХ РЕЖИМАХ ИССЛЕДОВАНИЯ

Эхокардиография – это неинвазивный метод исследования структуры и функции сердца, основанный на регистрации отраженных импульсных сигналов ультразвука, генерируемых эхокардиографическим датчиком с частотой 1–10 МГц (чаще 2,25–3,5 МГц). Отражение ультразвуковой волны происходит на границе раздела двух сред с различной акустической плотностью (рис. 1.1, б), причем только в том случае, если размеры объекта превышают длину ультразвуковой волны (1–1,5 мм). Если на пути ее движения появляются более мелкие частицы (менее 1 мм), происходит не отражение, а рассеяние ультразвука (рис. 1.1, в).

Чем выше частота ультразвуковых колебаний (т.е. чем меньше длина волны), тем большей разрешающей способностью обладает прибор, т.е. тем меньше размер частиц, от которых отражается ультразвук (рис. 1.1, г). При этом, однако, уменьшается глубина проникновения ультразвука в ткани.

Отраженный сигнал ультразвука («эхо») улавливается эхокардиографическим датчиком и передается в компьютерную систему обработки информации и в зависимости от интенсивности сигнала отображается на экране дисплея в виде ярких точек, сливающихся в изображение исследуемого объекта.

Следует помнить, что ультразвук практически не проходит через газовую среду и не проникает в органы, содержащие газ (легкие, кишечник).

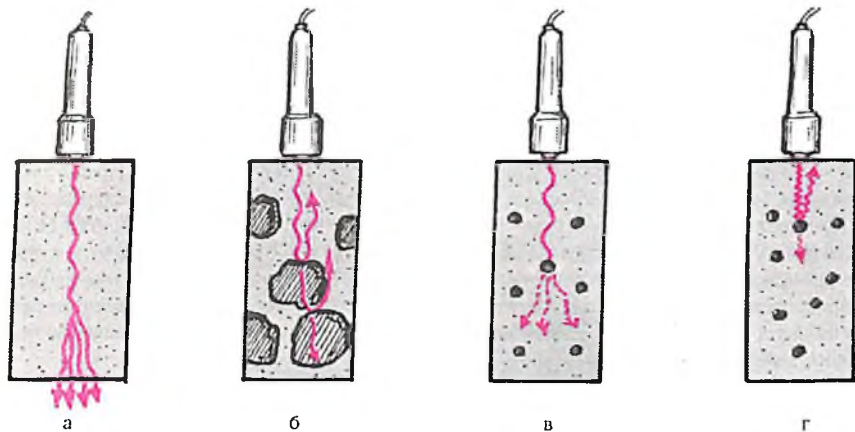


Рис. 1.1. Схема распространения и отражения УЗ-волн в однородной среде (а) и в средах, размеры частиц которых больше (б, г) или меньше (в) длины УЗ-волны.

а, б, в — низкая частота УЗ-колебаний (большая длина волны), г — высокая частота УЗ-колебаний (малая длина волны).

При исследовании сердца и сосудов обычно используют три режима работы прибора.

М-модальный режим (одномерная эхокардиография) позволяет составить представление о движении различных структур сердца, которые пересекает ультразвуковой луч, не меняющий своего направления.

В этом режиме по вертикальной оси откладывается расстояние от той или иной структуры сердца до эхокардиографического датчика, а по горизонтальной оси — время. На рисунке 1.2 схематически показано направление ультразвукового луча, генерируемого эхокардиографическим датчиком, установленным непосредственно на грудной клетке в левой парастернальной области. Луч последовательно пересекает грудную стенку, переднюю стенку ПЖ, МЖП, переднюю и заднюю створки митрального клапана и заднюю стенку ЛЖ. На границе этих структур с кровью происходит частичное отражение УЗ-сигнала, которое регистрируется тем же датчиком и преобразуется на экране дисплея в светящиеся точки различной яркости. Временная развертка этих движущихся точек дает возможность наблюдать (визуализировать) изменение положения структур сердца по отношению к УЗ-датчику во время сердечного цикла.

Недостатком М-модального исследования является его одномерность, хотя качество изображения и точность измерения различных внутрисердечных структур оказываются выше, чем при использовании других режимов эхокардиографического исследования.

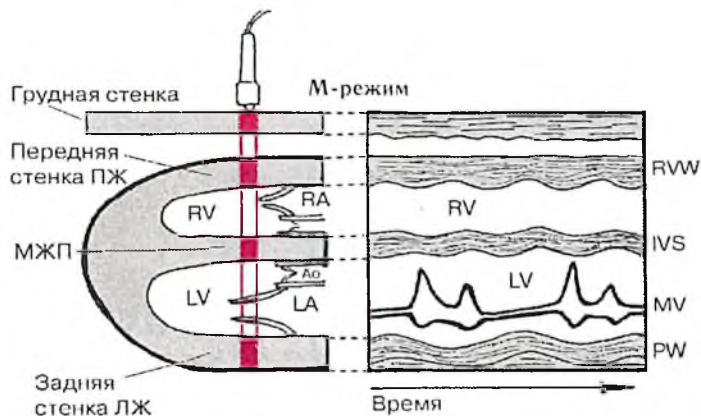


Рис. 1.2. Принцип получения ультразвукового изображения в М-модальном режиме исследования (схема).
 LV и RV – левый и правый желудочки, LA и RA – левое и правое предсердия, IVS – межжелудочковая перегородка, MV – митральный клапан, PW – задняя стенка ЛЖ, Ao – аорта, RVW – передняя стенка ПЖ.

В-режим (двухмерная эхокардиография, или секторальное сканирование) позволяет получить на экране плоскостное двухмерное изображение сердца, на котором хорошо видно взаимное расположение отдельных структур сердца. В так называемых осцилляторных датчиках это достигается путем быстрого изменения направления ультразвукового луча в пределах определенного сектора (от 60° до 90°) (рис. 1.3).

Датчики с так называемой электронно-фазовой решеткой имеют большое количество (до 128) пьезоэлектрических элементов малых размеров, каждый из которых в определенной последовательности генерирует свой ультразвуковой луч, направленный под определенным углом. На экране прибора все изображения суммируются в виде двухмерной картины структур сердца.

Наконец, в механических датчиках используют 3 или 4 обычных датчика для М-модального исследования, которые быстро вращаются мимо окна, располагающегося на поверхности грудной клетки.

На рисунке 1.3. схематически показана двухмерная ЭхоКГ, зарегистрированная из левой парастернальной области. Плоскость сканирования в данном случае располагается по длинной оси сердца, поэтому на ЭхоКГ хорошо видно взаимное расположение аорты, полости ЛП, ПЖ, ЛЖ, МЖП, передней и задней створок МК, задней стенки ЛЖ, аортального клапана и папиллярных мышц. Быстрая смена кадров (до 25–60 в мин) позволяет наблюдать движение структур сердца в реальном масштабе времени.

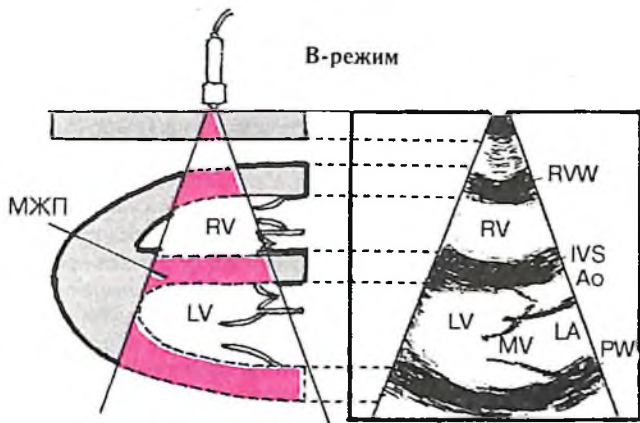


Рис. 1.3. Принцип получения ультразвукового изображения в В-режиме исследования (двухмерная ЭхоКГ). Обозначения те же.

Допплеровский режим исследования (доплер-эхокардиография) используется обычно для качественной и количественной характеристики внутрисердечных и внутрисосудистых потоков крови и позволяет по величине так называемого доплеровского сдвига частот зарегистрировать изменение во времени скорости движения исследуемого объекта.

При отражении от движущихся структур (например, эритроцитов) ультразвук меняет свою частоту (эффект Доплера): при удалении от датчика частота колебаний уменьшается, при приближении — увеличивается (рис. 1.4). Чем больше скорость движения объекта, тем больше изменяется частота ультразвукового сигнала. Измерение абсолютной величины сдвига частот позволяет определить скорость и направление потока крови. При этом ультразвуковой датчик должен располагаться как можно более параллельно направлению потока крови. Угол между направлением ультразвукового луча и направлением кровотока не должен превышать 20° , в противном случае ошибка измерения скорости кровотока становится существенной.

Существуют две модификации доплер-эхокардиографического исследования: импульсный и непрерывный (постоянно-волновой). Датчик *импульсного* прибора попеременно работает как излучатель, и как приемник отраженных сигналов. Это позволяет регулировать глубину, на которой происходит измерение скорости потока, т.е. выбирать так называемый «контрольный», или «стробирующий» объем. Однако при этом режиме доплеровского исследования существует предел глубины и максимальной скорости потока, которую можно измерить без заметных искажений.

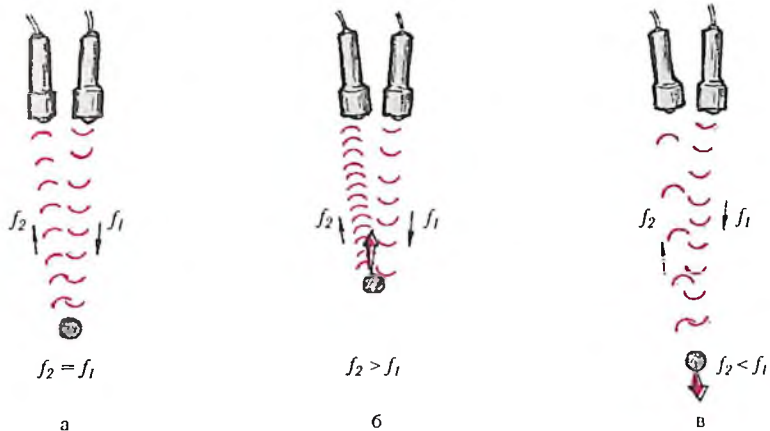
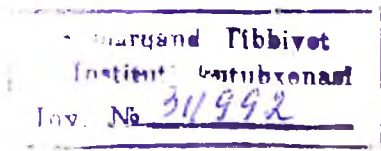


Рис. 1.4. Частота УЗ-сигналов, отраженных от неподвижного (а) и движущихся (б, в) объектов (по Н. Feigenbaum, 1986).

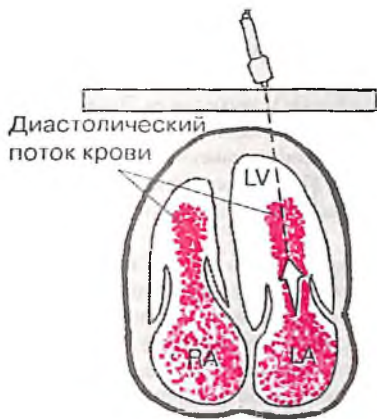
Справа датчики, посылающие УЗ-сигналы с частотой f_1 , слева – датчики, воспринимающие сигналы с частотой f_2 .



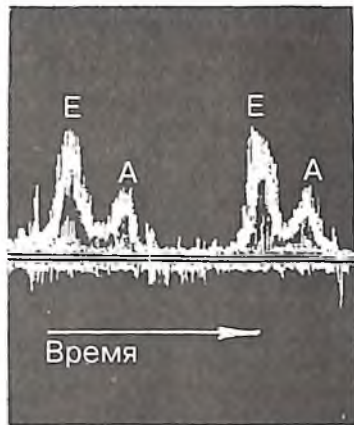
Датчик *постоянно-волнового* прибора непрерывно посылает ультразвуковые импульсы и работает как излучатель и приемник одновременно. Информация, полученная таким способом, относится к изменению частот (скоростей) не на конкретной выбранной глубине, а вдоль всего ультразвукового луча. Такой способ исследования позволяет измерять большие скорости потока крови и на большой глубине, но не дает возможности регулировать глубину исследования, т.е. выбрать «контрольный» («стрибирующий») объем.

Кривая доплер-ЭхоКГ представляет собой развертку скорости потока крови во времени (рис. 1.5). Кровоток, направленный от датчика, регистрируется ниже изолинии, а направленный в сторону датчика — выше нее. Поскольку ультразвук отражается от различных объектов (эритроцитов), движущихся с разной скоростью, получаемый сигнал в каждый момент времени представлен множеством ярких светящихся точек (спектром скорости). Яркость каждой точки (или ее цвет) соответствует удельному весу данной частоты в спектре. В режиме цветной доплерэхокардиографии при максимальной интенсивности точки окрашиваются в красный цвет, при минимальной — в синий.

В клинической практике чаще используют все 3 режима работы эхокардиографической аппаратуры (М-модальное исследование, двухмерная ЭхоКГ и доплер-ЭхоКГ). Допплеровское исследование целесообразно проводить в дуплекс-режиме, т.е. при сочетании двухмерной и доплер-эхокардиографии.



а



б

Рис. 1.5. Принцип получения доплер-ЭхоКГ. Исследование трансмитрального диастолического потока крови из верхушечного доступа (а) и доплер-ЭхоКГ раннего (пик Е) и позднего (пик А) диастолического наполнения ЛЖ (б).

1.2. ТЕХНИКА ИССЛЕДОВАНИЯ

Специальной подготовки пациента к проведению эхокардиографического исследования не требуется, противопоказания отсутствуют.

Для кардиологического исследования у взрослых (одномерные и двухмерные ЭхоКГ) обычно применяются ультразвуковые датчики с частотой 3,5 МГц. При таких частотах обеспечивается хорошая фокусировка ультразвукового луча и оптимальное отражение от исследуемых структур. Допплер-ЭхоКГ обычно регистрируют датчиком 2,5 МГц, используя как импульсный, так и постоянно-волновой режим работы прибора. У взрослых пациентов желательная глубина сканирования составляет 16–20 см.

Исследование может быть осуществлено в любом положении больного, при котором обеспечивается наиболее четкое изображение исследуемых структур. Чаще всего пациент находится в горизонтальном положении на спине с приподнятым изголовьем или на левом боку (рис. 1.6). Для лучшей визуализации сосудистого пучка из супрастернального доступа (см. ниже) под плечи пациента подкладывается валик, а голова запрокидывается назад.

Исследование выполняется при свободном дыхании пациента либо при неглубоком выдохе. Для улучшения контакта датчика с телом пациента используют специальный гель.

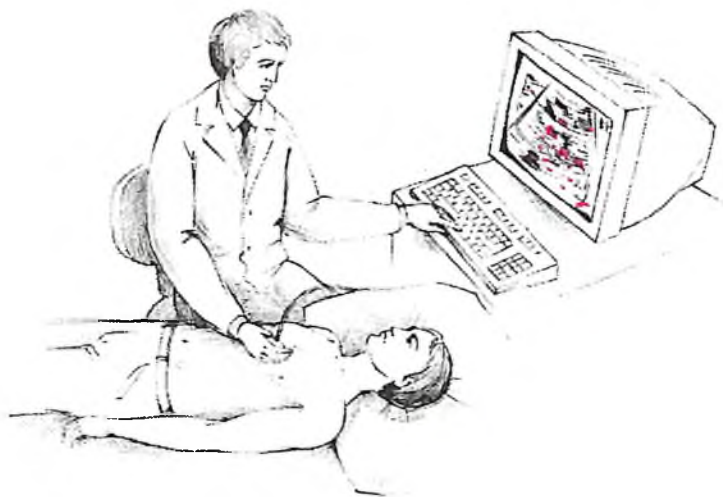


Рис. 1.6. Эхокардиографическое исследование.

1.3. СТАНДАРТНЫЕ ЭХОКАРДИОГРАФИЧЕСКИЕ ПОЗИЦИИ

Эхокардиографическое исследование осуществляется из следующих стандартных позиций (доступов) датчика (рис. 1.7):

1. Парастернальный 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.

Для изучения пространственной ориентации и количественных измерений структур сердца, а также для исследования глобальной и локальной сократимости ЛЖ в режиме двухмерной ЭхоКГ и доплер-ЭхоКГ чаще используется левый парастернальный и апикальный доступы. М-модальное исследование проводят также из левого парастернального доступа. Субкостальная позиция датчика имеет особые преимущества у детей и больных эмфиземой легких. Супрастернальный доступ позволяет исследовать крупные сосуды (грудную аорту, ЛА, ВПВ).

Из каждой стандартной позиции датчика осуществляют УЗ-сканирование сердца в нескольких направлениях: по длинной и короткой оси органа (рис. 1.8). Вначале регистрируют двухмерные ЭхоКГ, проводя соответствующие измерения (см. ниже) и выбирая (при необходимости) оптимальное направление ультразвукового сканирования в М-модальном режиме. После регистрации одномерной ЭхоКГ переходят к исследованию структур сердца в следующей стандартной позиции. Исследование заканчивают записью нескольких доплер-эхокардиограмм из парастернального, апикального или других доступов.

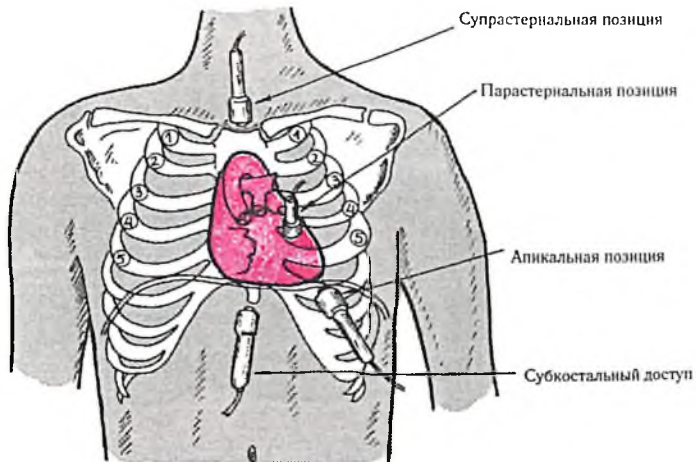


Рис. 1.7. Схема расположения УЗ-датчика при эхокардиографическом исследовании из различных стандартных позиций (доступов).

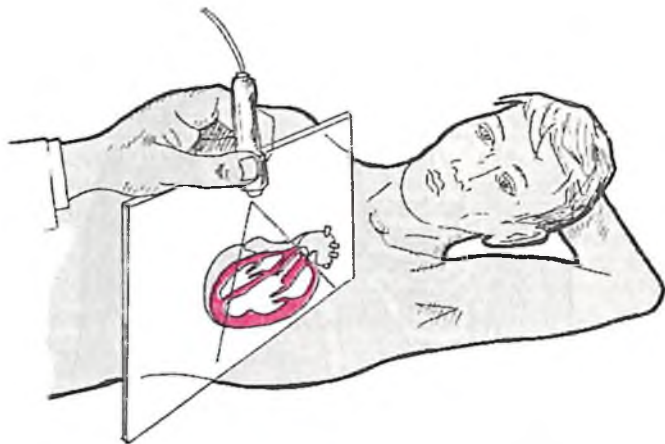


Рис. 1.8. а. Схема ультразвукового сканирования из левого парастерального доступа по длинной оси левого желудочка.

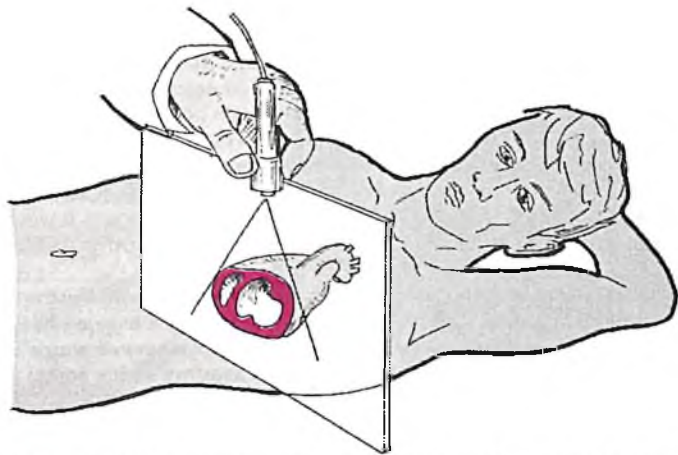


Рис. 1.8, б. Схема ультразвукового сканирования из левого парастерального доступа по короткой оси левого желудочка.

1.3.1. ПАРАСТЕРНАЛЬНЫЙ ДОСТУП ПО ДЛИННОЙ ОСИ ЛЕВОГО ЖЕЛУДОЧКА

Парастернальная позиция по длинной оси ЛЖ используется в основном для изучения левых отделов сердца. В этой позиции датчик устанавливают в III-IV межреберье слева от грудной клетки перпендикулярно поверхности грудной клетки. Сканируют сердце в плоскости, параллельной гипотетической линии, соединяющей правое плечо и левую подвздошную область пациента. Плоскость сканирования как бы «рассекает» сердце вдоль его длинной оси (рис. 1.8, а и 1.9, а).

При этом на экране прибора хорошо визуализируются следующие внутрисердечные структуры (рис. 1.9, б): 1) передняя стенка ПЖ (RVW); 2) полость ПЖ (RV), точнее часть выносящего тракта ПЖ; 3) верхняя и средняя части МЖП (IVS); 4) часть полости ЛЖ (LV), исключая область верхушки; 5) аорта (Ao) и аортальный клапан; 6) митральный клапан (MV); 7) левое предсердие (LA); 8) задняя стенка ЛЖ (PW).

Для лучшей визуализации и измерения некоторых параметров полости ЛЖ и МК датчик устанавливают таким образом, чтобы раскрытие створок МК и переднезадний размер ЛЖ были максимальными. Для визуализации и соответствующих измерений аорты и аортального клапана слегка изменяют положение датчика так, чтобы диаметр корня аорты и ее восходящего отдела были максимальными.

Двухмерное изображение сердца в этой позиции используют также для правильной ориентации ультразвукового луча при М-модальном исследовании (см. ниже).

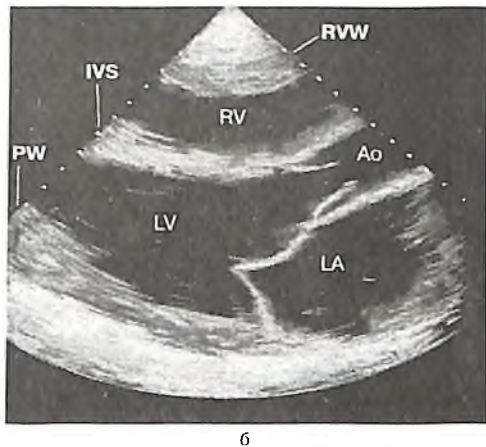
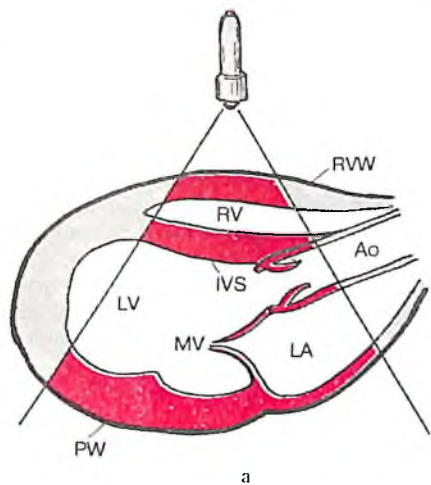


Рис. 1.9. Схема ультразвукового исследования (а) и двухмерная ЭхоКГ (б) из левого парастерального доступа по длинной оси левого желудочка. Объяснение и обозначения в тексте.

1.3.2. ПАРАСТЕРНАЛЬНЫЙ ДОСТУП ПО КОРОТКОЙ ОСИ ЛЕВОГО ЖЕЛУДОЧКА НА УРОВНЕ АОРТАЛЬНОГО КЛАПАНА

Датчик располагают в III-IV межреберье слева от грудины, немного отклоняя центральный ультразвуковой луч вправо и вверх (рис. 1.8, б и 1.10, а). Сканируют сердце в плоскости, перпендикулярно той, в которой проводилось исследование по длинной оси ЛЖ.

При правильно установленном датчике на экране (рис. 1.10, б) в центре изображения выявляются три створки аортального клапана: справа — левая коронарная (L), вверху — правая коронарная (R) и внизу — некоронарная (N). При этом корень аорты должен иметь правильную округлую форму. Над изображением аортального клапана располагается выносящий тракт ПЖ (RVOT), а слева от аортального клапана — полость ПП (РА). Между ними заметен трехстворчатый клапан (TV). Далее (против часовой стрелки) выявляются межпредсердная перегородка (IAS) и полость ЛП (LA). Справа и книзу от выносящего тракта ПЖ (RVOT) располагаются клапан ЛА (PV) и ствол ЛА (РА).

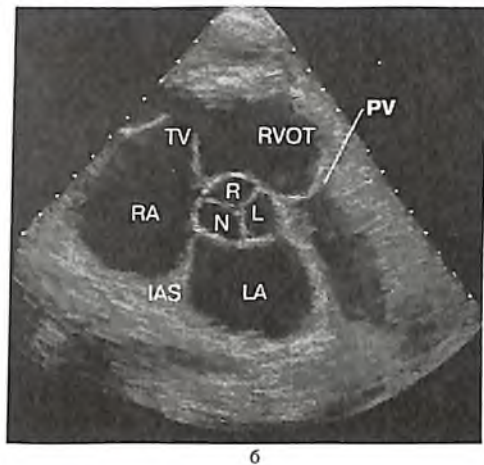
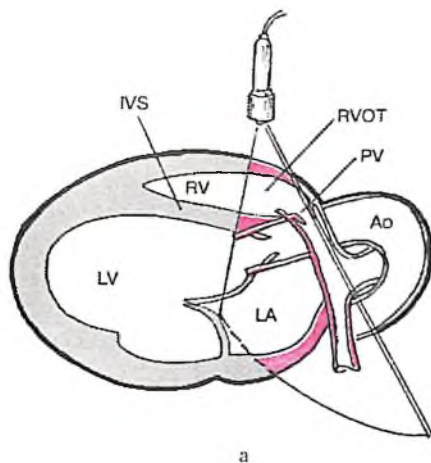
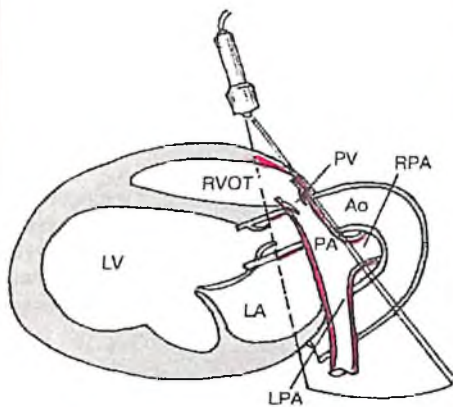
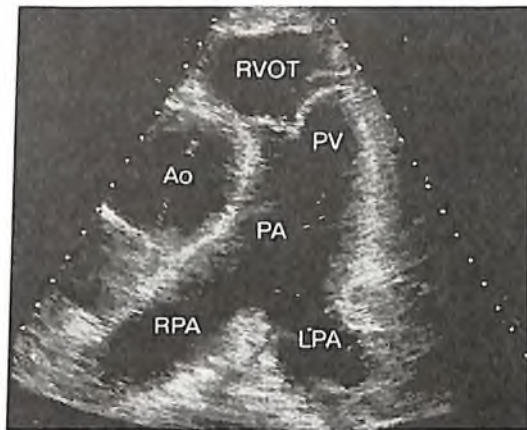


Рис. 1.10. Схема ультразвукового исследования (а) и двухмерная ЭхоКГ (б) из левого парастерального доступа по короткой оси левого желудочка на уровне аортального клапана. Объяснение и обозначения в тексте.

Если несколько изменить положение датчика в этой же позиции, как показано на рисунке 1.11, а, округлое изображение аортального клапана на экране отодвигается влево, а в центре изображения оказывается хорошо визуализируемый выносящий тракт ПЖ (RVOT), клапан ЛА (PV), ствол ЛА (РА) вплоть до ее разделения (бифуркации) на правую (RPA) и левую (LPA) легочные артерии (рис. 1.11, б). Эта позиция часто используется для доплеровского исследования кровотока в легочной артерии.



а



б

Рис. 1.11. Схема ультразвукового исследования (а) и двухмерная ЭхоКГ (б) из левого парастерального доступа по короткой оси левого желудочка на уровне аортального клапана. Небольшой сдвиг плоскости сканирования позволяет хорошо визуализировать легочную артерию. Объяснение и обозначения в тексте.

1.3.3. ПАРАСТЕРНАЛЬНЫЙ ДОСТУП ПО КОРОТКОЙ ОСИ ЛЕВОГО ЖЕЛУДОЧКА НА УРОВНЕ МИТРАЛЬНОГО КЛАПАНА

Эта позиция используется для исследования ЛЖ и митрального клапана.

Датчик устанавливают в III-V межреберье слева от грудины, чуть-чуть отклоняя центральный ультразвуковой луч влево. Сканируют сердце так же, как и в предыдущем случае, по короткой оси ЛЖ (рис. 1.12, а).

При таком положении датчика большую часть изображения занимает ЛЖ (LV), имеющий правильную округлую форму (рис. 1.12, б). В центре ЛЖ хорошо визуализируются передняя (aML) и задняя (pML) створки митрального клапана. В верхней части изображения, т.е. ближе всего к ультразвуковому датчику, располагается полость ПЖ (RV). Между ПЖ и ЛЖ в большинстве случаев хорошо заметна МЖП (IVS), в норме выпуклостью обращенная в сторону ПЖ.

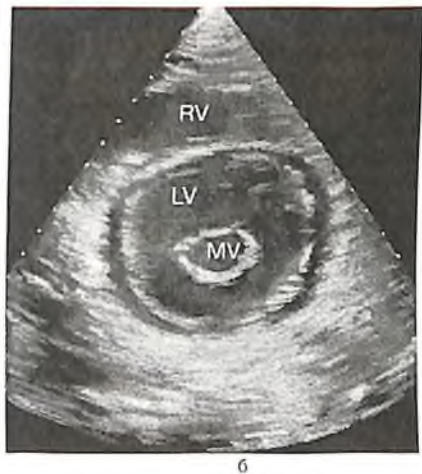
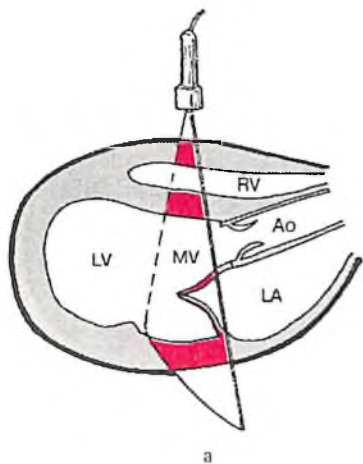


Рис. 1.12. Схема ультразвукового исследования (а) и двухмерная ЭхоКГ (б) из левого парастерального доступа на уровне митрального клапана. Объяснение и обозначения в тексте.

1.3.4. ПАРАСТЕРНАЛЬНЫЙ ДОСТУП ПО КОРОТКОЙ ОСИ ЛЕВОГО ЖЕЛУДОЧКА НА УРОВНЕ ПАПИЛЛЯРНЫХ МЫШЦ

Эта позиция также используется преимущественно для исследования ЛЖ.

Датчик устанавливают в III-V межреберье слева от грудины, но центральный ультразвуковой луч ориентируют несколько книзу (рис. 1.13, а).

При таком расположении датчика в центре изображения также оказывается ЛЖ (LV), имеющий округлую форму. В полости ЛЖ хорошо выявляются переднелатеральная (AL) и заднемедиальная (PM) папиллярные мышцы (рис. 1.13, б).

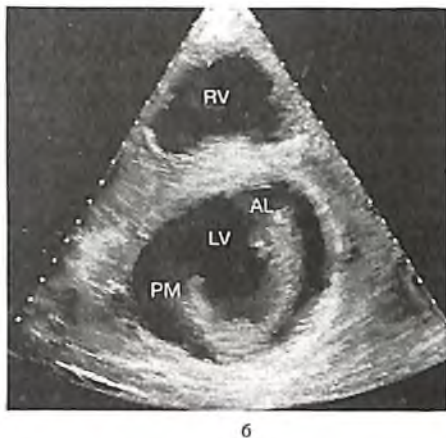
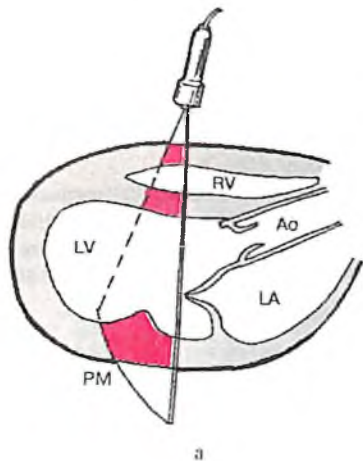


Рис. 1.13. Схема ультразвукового исследования (а) и двухмерная ЭхоКГ (б) из левого парастерального доступа на уровне папиллярных мышц. Объяснение и обозначения в тексте.

1.3.5. АПИКАЛЬНАЯ ЧЕТЫРЕХКАМЕРНАЯ ПОЗИЦИЯ

Апикальная четырехкамерная позиция является одной из основных позиций эхокардиографического исследования. Она позволяет одновременно визуализировать ЛЖ, ПЖ (по их длинным осям), МЖП, ЛП, ПП, межпредсердную перегородку, а также митральный и трехстворчатый клапаны. Эта позиция используется для исследования левых и правых отделов сердца, для количественной оценки глобальной и локальной сократимости ЛЖ.

Датчик устанавливают точно над областью верхушки сердца, ориентируя центральный ультразвуковой луч вдоль длинника сердца, т.е. вверх и несколько вправо, в сторону основания сердца. При этом плоскость сканирования «рассекает» сердце вдоль его длинной оси (рис. 1.14) и проходит через оба атриовентрикулярных клапана, фиксируя их полное раскрытие в диастолу.

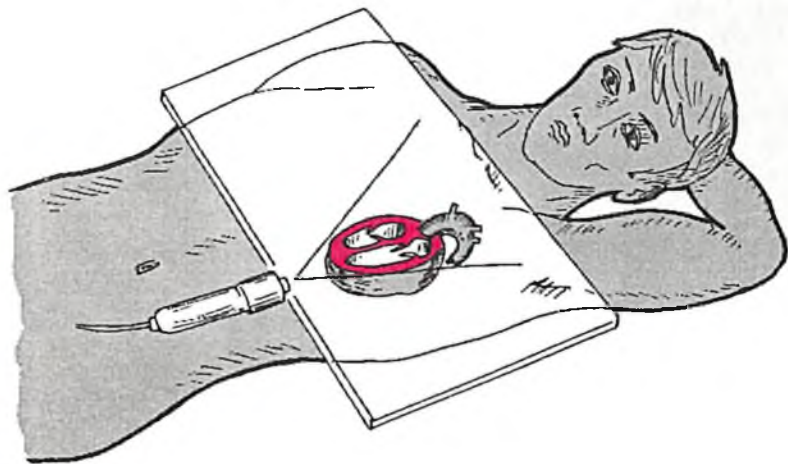


Рис. 1.14. Схема ультразвукового сканирования в апикальной позиции четырехкамерного сердца.

На экране появляется изображение четырехкамерного сердца (рис. 1.15, б), причем МЖП и межпредсердная перегородка располагаются в центре. Слева от них визуализируются ПЖ (RV) и ПП (RA), а справа — ЛЖ (LV) и ЛП (LA). В этой позиции хорошо визуализируются также створки атриовентрикулярных клапанов. Медиально по отношению к МЖП располагаются передняя створка митрального клапана (aML) и септальная створка трехстворчатого клапана, а латерально — задняя створка митрального клапана (pML) и передняя створка трехстворчатого клапана. Задняя створка трикуспидального клапана в этой позиции не видна.

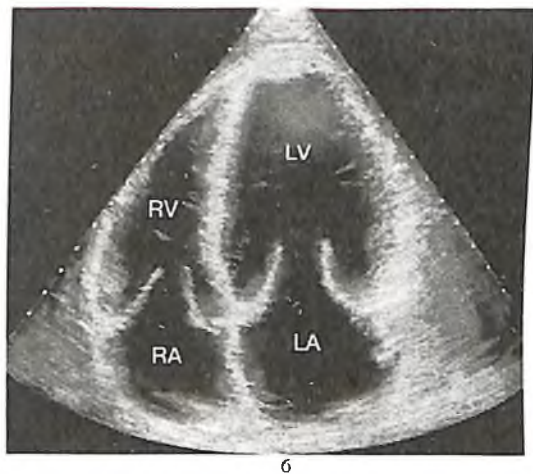
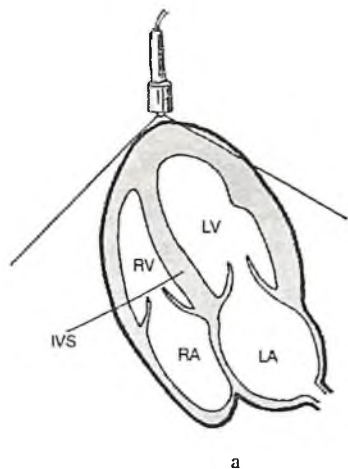


Рис. 1.15. Схема ультразвукового исследования (а) и двухмерная ЭхоКГ (б) в апикальной позиции четырехкамерного сердца. Объяснение и обозначения в тексте.

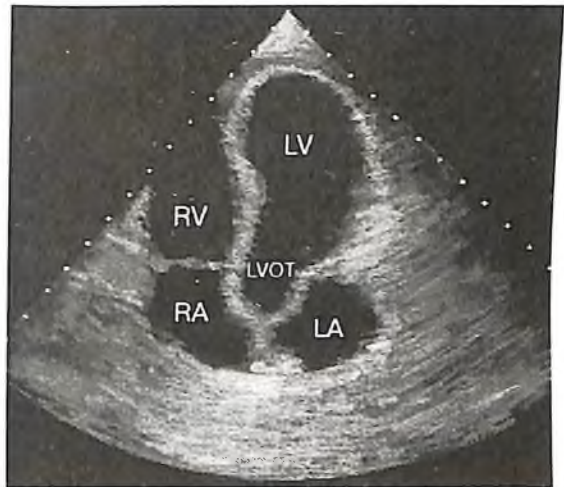
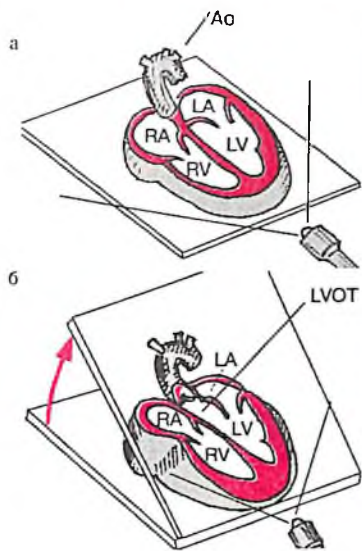
1.3.6. АПИКАЛЬНАЯ «ПЯТИКАМЕРНАЯ» ПОЗИЦИЯ

Апикальная «пятикамерная» позиция является своеобразной разновидностью только что описанной четырехкамерной позиции ЭхоКГ-исследования. Она позволяет визуализировать не только оба желудочка и предсердия, но и выносящий тракт ЛЖ (LVOT), аортальный клапан и начальные отделы восходящей аорты. Эта позиция используется преимущественно для доплеровского исследования выносящего тракта ЛЖ и аортального кровотока.

Датчик устанавливают над областью верхушки сердца так же, как и при исследовании четырехкамерного сердца (рис. 1.16, а), но центральный ультразвуковой луч отклоняют несколько вверх (рис. 1.16, б). При этом плоскость сканирования «рассекает» сердце вдоль его длинной оси и проходит через оба атриовентрикулярных клапана, а также через начальные отделы восходящей аорты.

На экране появляется изображение четырех камер сердца, а также LVOT, аортального клапана и проксимального отдела восходящей аорты (рис. 1.16, в). В этой позиции визуализируются также створки атриовентрикулярных клапанов и МЖП.

Рис. 1.16. Схемы ультразвукового сканирования в апикальной позиции четырехкамерного (а) и «пятикамерного» (б) сердца и двухмерная ЭхоКГ в апикальной позиции «пятикамерного» сердца (в). Объяснение и обозначения в тексте.



B

1.3.7. АПИКАЛЬНАЯ ДВУХКАМЕРНАЯ ПОЗИЦИЯ

Эта позиция используется исключительно для исследования левых отделов сердца: ЛЖ, ЛП и митрального клапана.

Датчик снова устанавливают в области верхушки сердца так же, как при стандартном исследовании в апикальной четырехкамерной позиции (см. выше), но центральный ультразвуковой луч при этом отклоняют несколько влево, после чего, поворачивая датчик против часовой стрелки, изменяют плоскость сканирования таким образом, чтобы на экране исчезло изображение правых отделов сердца, но сохранилась бы картина ЛЖ, ЛП и митрального клапана (двухкамерное сердце) (рис. 1.17).

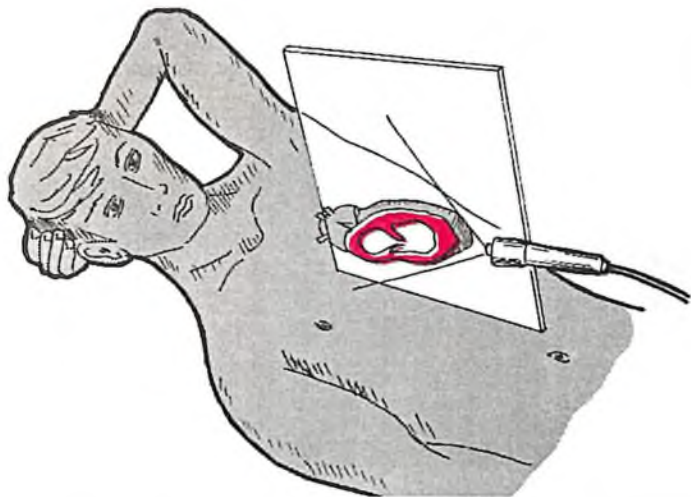


Рис. 1.17. Схема ультразвукового сканирования в апикальной позиции двухкамерного сердца.

На экране при этом визуализируется относительно большая полость ЛЖ (LV) и ЛП (LA). Справа располагается передняя стенка ЛЖ и, соответственно, передняя створка митрального клапана, а слева — задняя стенка ЛЖ и задняя створка митрального клапана. Внизу располагается полость ЛП (LA) (рис. 1.18, б).

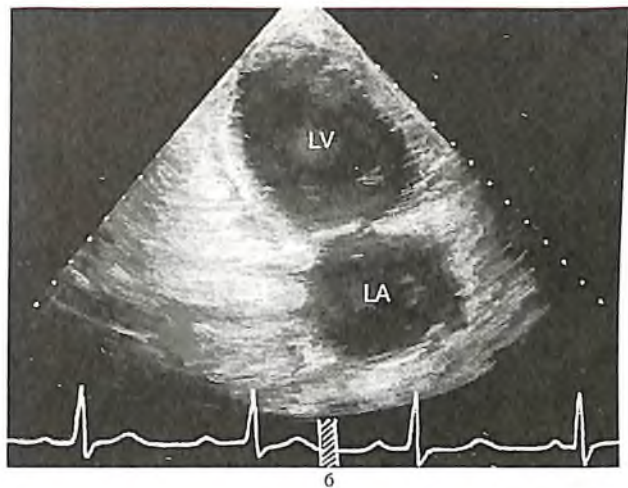
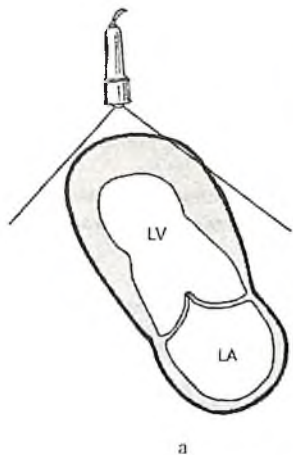


Рис. 1.18. Ультразвуковое сканирование (а) и двухмерная ЭхоКГ (б) в апикальной позиции двухкамерного сердца. Объяснение и обозначения в тексте.

1.3.8. АПИКАЛЬНАЯ ПОЗИЦИЯ ДЛИННОЙ ОСИ ЛЕВОГО ЖЕЛУДОЧКА

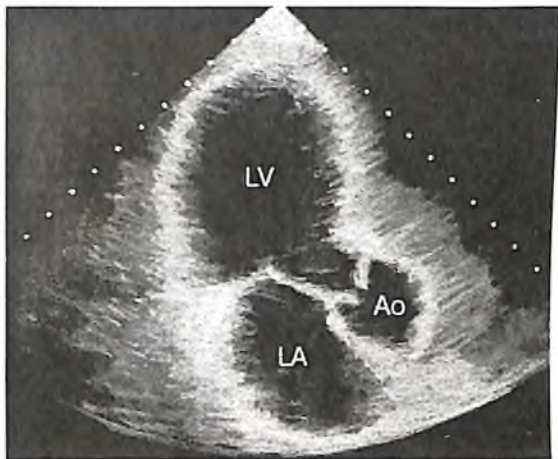
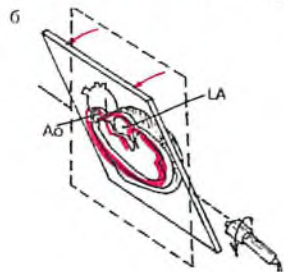
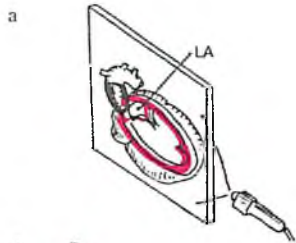
Иногда при эхокардиографическом исследовании используют апикальную позицию длинной оси ЛЖ. Эту позицию применяют как правило в тех случаях, когда по каким-то причинам затруднено исследование левых отделов сердца и митрального клапана в парастеральных позициях.

Датчик устанавливают в области верхушки сердца так же, как при стандартном исследовании в апикальной двухкамерной позиции (рис. 1.19, а), но плоскость датчика поворачивают примерно на 30° против часовой стрелки (рис. 1.19, б).

На экране при этом сохраняется картина ЛЖ, ЛП и митрального клапана (двухкамерное сердце), но дополнительно появляется изображение аортального клапана и проксимального отдела аорты (рис. 1.19, в).

Рис. 1.19. Схема ультразвукового сканирования (б) и двухмерная ЭхоКГ (в) в апикальной позиции длинной оси левого желудочка.

а — получение изображения в апикальной позиции двухкамерного сердца.



B

1.3.7. СУБКОСТАЛЬНЫЙ ДОСТУП

Эхокардиографическое исследование из субкостального доступа дает возможность визуализировать нижнюю полую вену, печеночные вены и брюшную аорту. Кроме того, субкостальный доступ позволяет изучать морфологические изменения структур сердца у детей, а также у больных с выраженной эмфиземой легких, затрудняющей по понятным причинам исследование из парастернальной и апикальной позиции.

Датчик располагают под мечевидным отростком. Для получения субкостальной позиции по *длинной оси сердца* центральный ультразвуковой луч направляют вверх и влево. При этом плоскость сканирования ориентируют по *длинной оси сердца* (рис. 1.20).

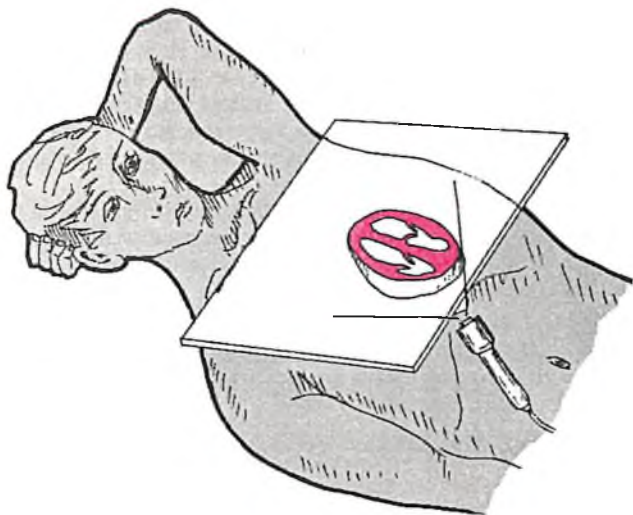


Рис. 1.20. Схема ультразвукового сканирования из субкостального доступа.

При правильной установке датчика изображение, получаемое на экране прибора, напоминает таковое, полученное из апикальной четырехкамерной позиции. На экране регистрируются ЛЖ, ЛП, ПЖ, ПП, МЖП и межпредсердная перегородка (рис. 1.21, б).

Для получения субкостальных позиций по длинной оси нижней полой вены или брюшной аорты плоскость датчика, установленного под мечевидным отростком, должна быть ориентирована параллельно саггитальной оси тела. Отклоняя датчик вправо и влево, добиваются визуализации нижней полой вены или брюшной аорты.

Наконец, при исследовании из субкостальной позиции по короткой оси можно получить изображение структур сердца, напоминающее таковое при сканировании из парастерального доступа. Такая методика позволяет исследовать правые отделы сердца: выносящий тракт ПЖ, трехстворчатый клапан и ЛА и ее клапан.

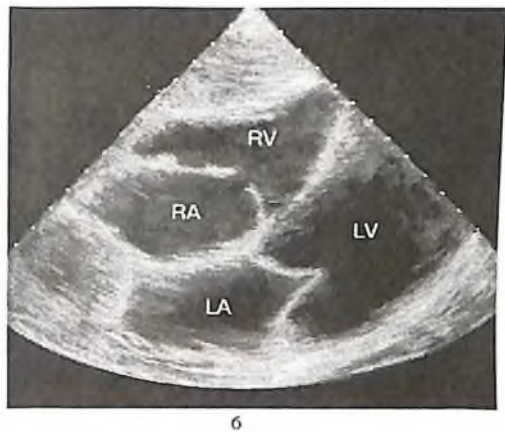
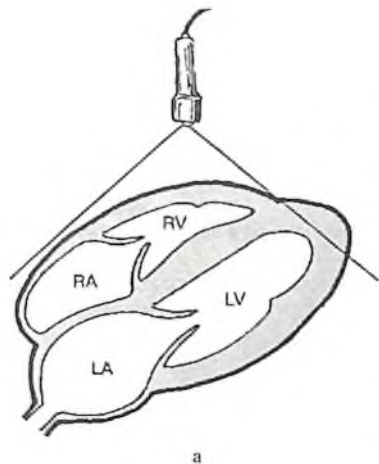


Рис. 1.21. Схема ультразвукового сканирования (а) и двухмерная ЭхоКГ (б), зарегистрированная в субкостальной позиции по длинной оси.

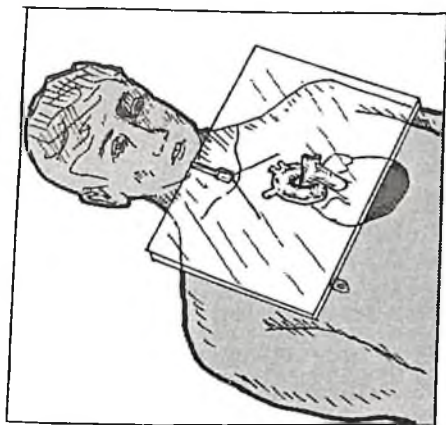
1.3.8. СУПРАСТЕРНАЛЬНЫЙ ДОСТУП

Супрастернальный доступ дает возможность исследовать дугу аорты, правую ветвь ЛА и, нередко, верхнюю полую вену. Эта позиция используется в основном при доплерэхокардиографическом исследовании кровотока в этих сосудах. Исследование проводится по длинной (рис. 1.22, а) и короткой оси (рис. 1.22, б) дуги аорты.

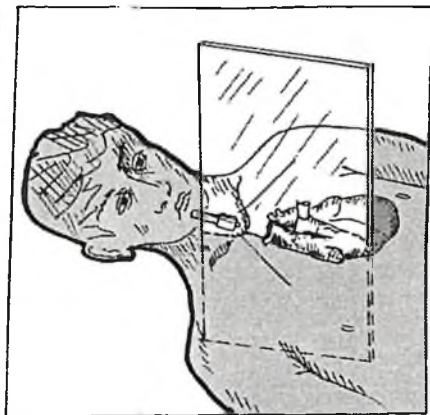
Датчик устанавливают в яремную вырезку. Центральный ультразвуковой луч направляют вниз, выбирая плоскость сканирования таким образом, чтобы на экране получить максимальный диаметр дуги аорты на всем ее протяжении.

На экране прибора обычно удается получить изображение дуги аорты, а также восходящего и нисходящего ее отделов и правой ветви ЛА (рис. 1.23, а, б).

При сканировании из супрастернального доступа по короткой оси дуги аорты получают изображение «поперечного среза» дуги аорты и «продольного среза» правой ветви ЛА (рис. 1.24, а, б).



а



б

Рис. 1.22. Схема ультразвукового сканирования из супрастернального доступа по длинной (а) и короткой (б) дуги аорты.

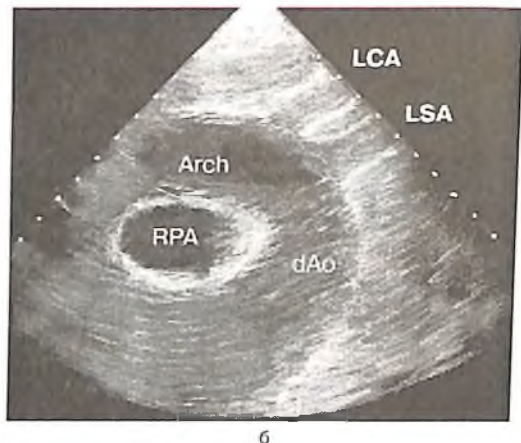
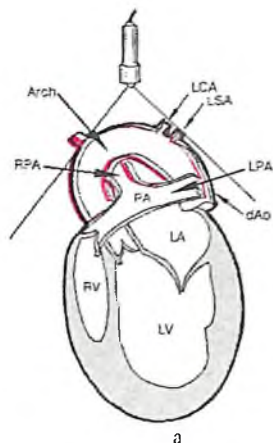


Рис. 1.23. Схема ультразвукового исследования (а) и двухмерная ЭхоКГ (б) из супростерального доступа по длинной оси дуги аорты.

Arch – дуга аорты; PA – ствол ЛА; RPA – правая ветвь ЛА; LPA – левая ветвь ЛА; dAo – нисходящая часть аорты; LCA – левая сонная артерия; LSA – левая подключичная артерия.

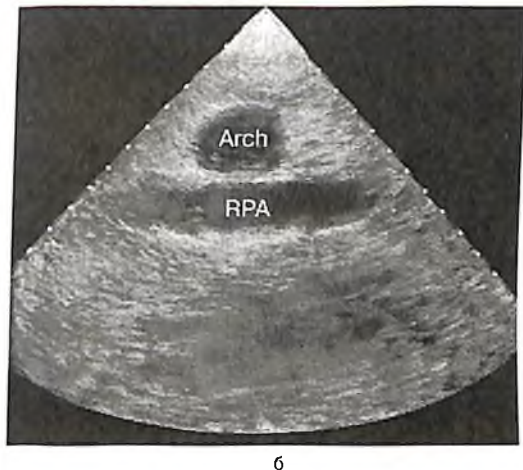
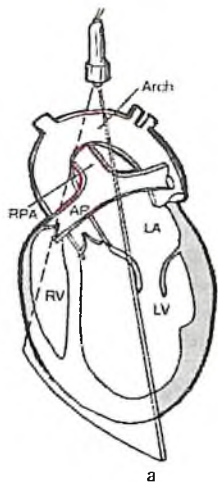


Рис. 1.24. Схема ультразвукового исследования (а) и двухмерная ЭхоКГ (б) из супрастернального доступа по короткой оси дуги аорты. Обозначения те же.

1.4. ИССЛЕДОВАНИЕ В М-РЕЖИМЕ

Исследование в М-режиме чаще проводят из левого парастернального доступа по длинной оси сердца. Угол наклона датчика выбирают таким образом, чтобы ультразвуковой луч как бы «рассекал» сердце на уровне створок митрального клапана (рис. 1.25), аортального клапана (рис. 1.26), а также на уровне папиллярных мышц (рис. 1.27).

При направлении ультразвукового луча в сторону створок митрального клапана (рис. 1.25) ближе всего к датчику оказывается передняя стенка ПЖ (RVW). За ней видна полость ПЖ (RV) и МЖП (IVS). Большую часть изображения занимает полость ЛЖ (LV), в центре которого хорошо выявляются движения передней (aML) и задней створок (pML) митрального клапана. Наиболее удаленной от датчика оказывается задняя стенка ЛЖ (PW).

Описанная позиция датчика позволяет прежде всего оценить структуру и характер движения митрального клапана. В норме в диастолу определяется двухфазное М-образное движение передней (aML) и W-образное движение задней (pML) створки клапана. На кривой движения передней створки выделяют несколько участков:

1. Интервал С—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.

При изменении угла наклона датчика из левой парастернальной позиции получают изображение аорты и левого предсердия (рис. 1.26), которое позволяет количественно оценить размеры этих отделов сердца. На экране сверху вниз определяются следующие структуры сердца: передняя стенка (RVW) и выходной тракт ПЖ (RVOT), основание аорты (Ao), полость ЛП (LA), задняя стенка ЛП.

Передняя и задняя стенки основания аорты визуализируются в виде параллельных волнистых линий толщиной 2–3 мм. Они смещаются к датчику (вверх) во время систолы ЛЖ, и в противоположную сторону (вниз) — во время диастолы. Амплитуда их движения в норме достигает 10 мм. Диаметр устья аорты («1») измеряют от наружной поверхности ее передней стенки до внутренней поверхности задней стенки.

В центре просвета аорты обычно визуализируется движение створок аортального клапана (AV): в систолу ЛЖ они расходятся, в диастолу смыкаются, образуя на эхокардиограмме типичную замкнутую кривую, напоминающую «коробочку». Амплитуда раскрытия аортального клапана («3») в начале систолы ЛЖ в норме превышает 18 мм.

Задняя стенка ЛП на одномерной эхокардиограмме в этой позиции во время систолы желудочков смещается в сторону от датчика (вниз) примерно на 8–10 мм. Диаметр ЛП («2») измеряют в период максимального движения задней стенки аорты вперед (на экране — вверх) в конце систолы (или в самом начале диастолы) от наружной поверхности задней стенки аорты до эндокардиальной поверхности ЛП. В норме этот размер составляет 19–33 мм.

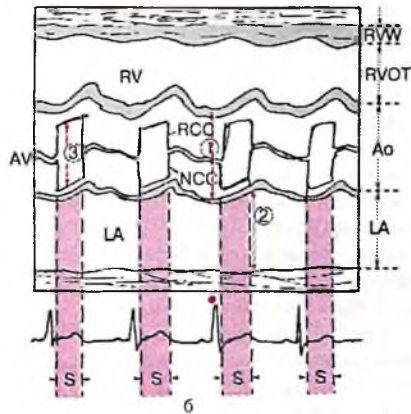
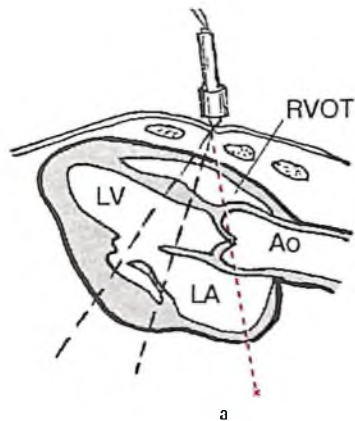


Рис. 1.26. Схема получения одномерной ЭхоКГ при сканировании из левого парастерального доступа на уровне створок аортального клапана.

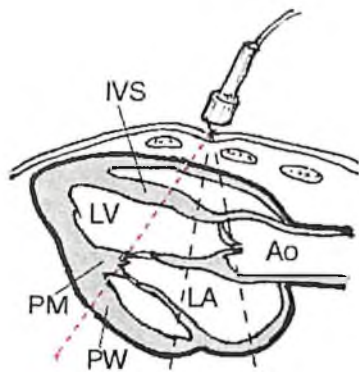
Обозначения те же. S – систола желудочков, RVOT – выносящий тракт ПЖ, RCC – правая коронарная створка аортального клапана, NCC – некоронарная створка аортального клапана, «1» – диаметр устья аорты, «2» – диаметр ЛП, «3» – амплитуда раскрытия аортального клапана.

При новом изменении угла локации из левой парастернальной позиции в сторону **верхушки и сухожильных нитей (хорд)** митрального клапана на экране хорошо визуализируется полость ЛЖ (рис. 1.27). При этом на одномерных эхокардиограммах регистрируются отчетливые систоло-диастолические колебания размера полости ЛЖ, а также толщины МЖП и задней стенки ЛЖ.

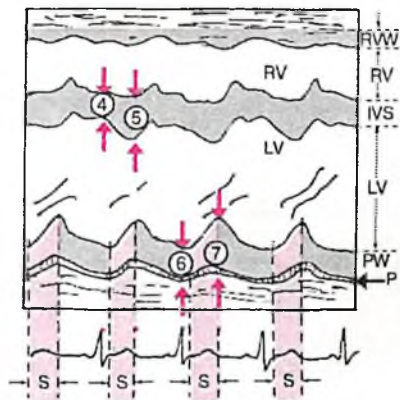
В норме во время систолы желудочков МЖП и задняя стенка ЛЖ утолщаются и их внутренние контуры, обращенные в полость ЛЖ, движутся навстречу друг другу. При этом размер полости ЛЖ уменьшается и в конце систолы составляет в норме 22–38 мм. Это конечно-систолический размер ЛЖ (КСР_{ЛЖ}). Во время диастолы МЖП и задняя стенка ЛЖ истончаются и их внутренние контуры движутся в противоположные стороны, а размер полости ЛЖ увеличивается. В конце диастолы измеряется конечно-диастолический размер ЛЖ (КДР_{ЛЖ}), который в норме достигает 38–56 мм.

В этой позиции датчика измеряют также толщину МЖП («4») и задней стенки ЛЖ («6») в период диастолы, которые используют для вычисления массы миокарда ЛЖ (ММЛЖ) и для диагностики гипертрофии ЛЖ (см. ниже). В норме толщина МЖП в диастолу составляет 7–10 мм, а задней стенки ЛЖ – 8–11 мм. Во время систолы толщина обеих стенок ЛЖ («5» и «7») достигает 12–15 мм.

Измеряют также систолическую экскурсию МЖП и задней стенки ЛЖ, которые составляют, соответственно, 5–6 мм и 8–12 мм.



а



б

Рис. 1.27. Схема получения одномерной ЭхоКГ при сканировании из левого парастерального доступа на уровне папиллярных мышц.

Обозначения те же. Р – перикард, РМ – папиллярные мышцы, «4» и «5» – толщина МЖП во время диастолы и систолы, «6» и «7» – толщина ЗСЛЖ во время диастолы и систолы.

1.5. ДОППЛЕР-ЭХОКАРДИОГРАФИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ

Запись доплеркардиограмм используют для качественной и количественной характеристики внутрисердечных или внутрисосудистых потоков крови. Исследование митрального и аортально-го клапанов обычно проводят из верхушечной позиции четырехкамерного сердца. В этом случае ультразвуковой луч должен быть направлен строго параллельно потоку крови (рис. 1.28, а).

В норме доплер-эхокардиограмма диастолического **трансмитрального потока** крови имеет двухфазный характер, причем спектр обонх фаз обращен к датчику — вверх выше базовой линии спектрограммы (рис. 1.28, б). При использовании цветного доплеровского сканирования весь спектр трансмитрального потока крови окрашивается в красные цвета. Первая фаза доплер-эхокардиограммы (пик Е) обусловлена движением крови через митральный клапан во время фазы быстрого наполнения, вторая фаза (пик А) соответствует систоле ЛП. Максимальная (пиковая) скорость первой фазы (пик Е) составляет в среднем $62 \text{ см} \cdot \text{с}^{-1}$, второй фазы (пик А) — $35 \text{ см} \cdot \text{с}^{-1}$. Соотношение максимальных скоростей потока крови в начале (пик Е) и в конце диастолы (пик А) обозначается как отношение Е/А и составляет в норме 1,5—1,7.

При выраженной синусовой тахикардии (ЧСС больше 90—100 уд. в мин) пик А может не регистрироваться и спектрограмма трансмитрального потока крови носит одноволновый характер. Для регистрации максимальной скорости диастолического потока крови контрольный объем должен быть установлен в ЛЖ непосредственно под створками митрального клапана.

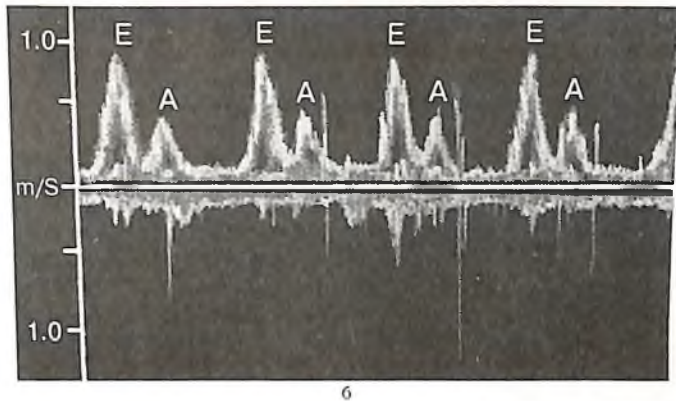
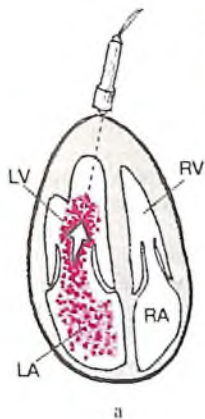


Рис. 1.28. Допплер-ЭхоКГ трансмитрального потока крови, зарегистрированная из апикального доступа у здорового человека.

а — схема расположения УЗ-датчика и направления сканирования;

б — доплерограмма трансмитрального потока крови. Во время диастолы определяется 2 пика скорости диастолического наполнения: пик Е (быстрое наполнение ЛЖ) и пик А (систола ЛП).

Систолический поток крови через аортальный клапан (рис. 1.29) на доплер-эхокардиограмме в норме имеет треугольную форму и представлен одним пиком, направленным от датчика, т. е. вниз от базовой линии спектрограммы (при регистрации из верхушечного доступа). Пик максимальной скорости, как правило, смещен к началу потока. При использовании цветного доплеровского сканирования весь спектр трансаортального потока крови окрашивается в синий цвет.

В норме поток крови через аортальный клапан носит ламинарный характер с четко выраженным узкополостным спектром и наличием «окна» между точками с максимальной и минимальной интенсивностью.

При регистрации доплер-эхокардиограммы в импульсном режиме из верхушечного доступа контрольный (стрибирующий) объем чаще устанавливают на 5–10 мм ниже аортального клапана — в выходном отделе ЛЖ (LVOT). Перемещение контрольного (стрибирующего) объема из выходного отдела ЛЖ непосредственно в область аортального клапана сопровождается появлением щелчков закрытия (в начале диастолы) и открытия (в начале систолы) створок аортального клапана. При дальнейшем перемещении контрольного объема в аорту (т.е. выше аортального клапана) щелчки исчезают. Пиковая скорость аортального потока составляет в среднем $96 \text{ см} \cdot \text{с}^{-1}$.

При исследовании аортального систолического потока крови из супрастернального доступа поток крови в восходящей части аорты располагается выше базовой линии спектрограммы, а в нисходящей аорте — ниже нее.

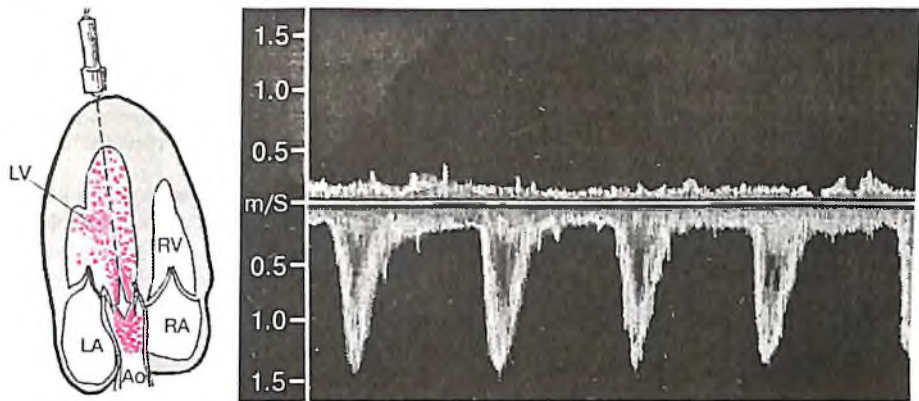


Рис. 1.29. Допплер-ЭхоКГ потока крови через аортальный клапан, зарегистрированная из апикального доступа.

а – схема расположения УЗ-датчика и направления сканирования;

б – доплерограмма потока крови через клапан аорты. Во время систолы ЛЖ определяется систолический пик скорости, направленный вниз.

Исследование потока через **трехстворчатый клапан** лучше проводить из верхушечного доступа в позиции четырехкамерного сердца или из парастернального доступа по короткой оси на уровне сосудов основания сердца (рис. 1.30). Допплер-эхокардиограмма транстрикуспидального потока так же, как при изучении трансмитрального потока крови, располагается выше базовой линии спектрограммы и имеет двухфазный характер, причем пиковая скорость во время фазы быстрого наполнения (пик E) не превышает в среднем $51 \text{ см} \cdot \text{с}^{-1}$, а во время систолы ПП (пик A) — $28 \text{ см} \cdot \text{с}^{-1}$.

В 50–65% случаев у здоровых людей при доплер-эхокардиографии выявляется небольшой турбулентный систолический поток через трехстворчатый клапан, обусловленный физиологической регургитацией крови из ПЖ в ПП.

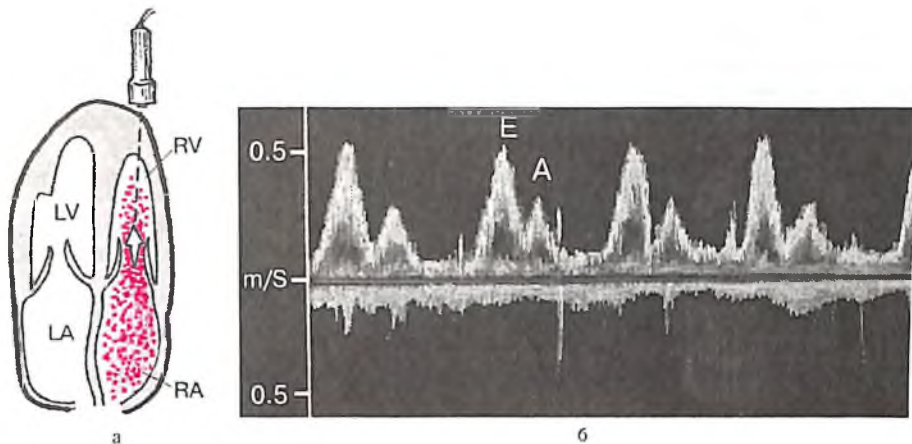


Рис. 1.30. Допплер-ЭхоКГ транстрикуспидального потока крови.
 а — схема расположения УЗ-датчика и направления сканирования;
 б — доплерограмма транстрикуспидального потока крови. Во время диастолы также определяется 2 пика скорости диастолического наполнения: пик Е (быстрое наполнение ПЖ) и пик А (систола ПП).

Исследование систолического потока через клапан легочной артерии обычно проводят из левого парастерального доступа по короткой оси (рис. 1.31). Основная волна доплеркардиограммы направлена в сторону от ультразвукового датчика и располагается ниже базовой линии спектрограммы. По сравнению с аортальным систолическим потоком крови поток в выходном отделе ПЖ и в устье ЛА меньшей амплитуды (не более $60-71 \text{ см} \cdot \text{с}^{-1}$) и имеет закругленную вершину.

При перемещении контрольного объема из выносящего тракта ПЖ в ЛА на доплерограмме могут регистрироваться щелчки закрытия и открытия клапана ЛА.

Следует помнить, что более чем у половины здоровых лиц выявляется также небольшой диастолический поток в выносящем тракте ПЖ (регургитация крови из легочной артерии в ПЖ).

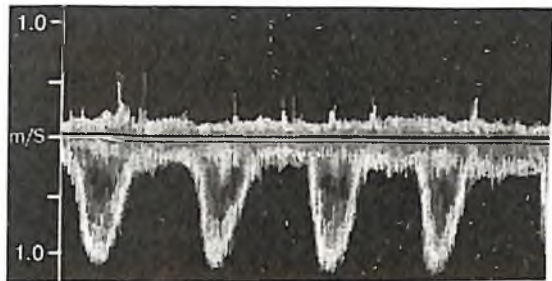
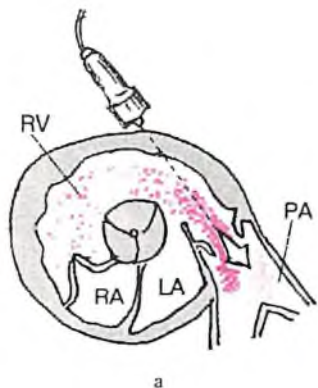


Рис. 1.31. Допплер-ЭхоКГ потока крови через клапан легочной артерии (ЛА), зарегистрированная по короткой оси из левого парастерального доступа.

а – схема расположения УЗ-датчика и направления сканирования; б – доплерограмма потока крови. Во время систолы ПЖ определяется систолический пик скорости, направленный вниз.

1.6. ОБЩИЙ ПЛАН УЛЬТРАЗВУКОВОГО ОБСЛЕДОВАНИЯ И АНАЛИЗА ЭХОКАРДИОГРАММ

Наиболее полные представления о морфологических и функциональных нарушениях различных структур сердца могут быть получены только при комплексном анализе одномерных, двухмерных и доплер-эхокардиограмм, зарегистрированных в различных стандартных и дополнительных позициях. Ниже приведен модифицированный протокол стандартного эхокардиографического исследования, заимствованный из монографии Н.Шиллера и М.А.Осипова (1993), и нормальные значения некоторых количественных показателей, полученных при анализе одномерных ЭхоКГ и доплер-эхокардиограмм (табл. 1.1).

Этапы исследования

Двухмерное и М-модальное исследование (датчик 3,5 МГц)

1. *Парастернальный доступ (длинная ось ЛЖ):*
 - а) двухмерный режим;
 - б) М-модальное исследование на уровне МК, аортального клапана и папиллярных мышц.
2. *Парастернальный доступ (короткая ось ЛЖ на уровне аортального клапана):*
 - а) двухмерный режим;
 - б) М-модальное исследование аорты и ЛП.
3. *Парастернальный доступ (короткая ось ЛЖ на уровне створок МК):*

- а) двухмерное исследование;
 - б) М-модальное исследование.
4. *Парастернальный доступ (короткая ось ЛЖ на уровне папиллярных мышц):*
- а) двухмерное исследование;
 - б) М-модальное исследование.
5. *Апикальный доступ (двухмерное исследование):*
- а) четырехкамерная позиция — оптимальная визуализация ЛЖ, ЛП, ПЖ, ПП;
 - б) «пятникамерная» позиция;
 - в) двухкамерная позиция — оптимальная визуализация ЛЖ, ЛП;
 - г) по длинной оси ЛЖ.
6. *Субкостальный доступ (двухмерное исследование):*
- а) позиция по длинной оси сердца;
 - б) позиция по короткой оси основания сердца;
 - в) позиция по короткой оси ЛЖ на уровне митрального клапана;
 - г) позиция по длинной оси нижней полой вены;
 - д) позиция по длинной оси брюшной аорты.
7. *Супрастернальный доступ (двухмерное исследование):*
- а) позиция по длинной оси дуги аорты;
 - б) позиция по короткой оси дуги аорты.

Допплеровское исследование (датчик 2,5 МГц)

- 1. Парастернальный доступ (длинная ось ЛЖ):*
 - а) запись кровотока в выносящем тракте ЛЖ;
 - б) поиск патологических потоков и их регистрация.
- 2. Парастернальный доступ (короткая ось ЛЖ на уровне аортального клапана):*
 - а) регистрация кровотока в ЛА в импульсном и постоянно-волновом режимах;
- 3. Апикальный доступ (четырёхкамерная позиция):*
 - а) регистрация трансмитрального кровотока в импульсном режиме;
 - б) при наличии митральной регургитации — регистрация ее в постоянно-волновом режиме.
- 4. Апикальный доступ («пятикамерная» позиция):*
 - а) запись кровотока в выносящем тракте ЛЖ в импульсном и постоянно-волновом режимах.
- 5. Апикальный доступ (четырёхкамерная позиция):*
 - а) при наличии трикуспидальной регургитации — запись ее в постоянно-волновом режиме.

Таблица 1.1

Некоторые эхокардиографические показатели у здоровых лиц

| Показатель | Значения |
|---|--------------------|
| <i>М-режим</i> | |
| КДРлж | 38–56 мм |
| КСРлж | 22–38 мм |
| КДРпж | 15–22 мм |
| Длп | 19–33 мм |
| ДА | 20–36 мм |
| ТМд МЖП | 7–10 мм |
| ТМд ЗСЛЖ | 8–11 мм |
| Ампл. раскрытия АК | Более 18 мм |
| Сист. экскурсия МЖП | 5–6 мм |
| Сист. экскурсия ЗСЛЖ | 8–12 мм |
| <i>Режим доплер-ЭхоКГ (по L.Hatle, B.Angelsen, 1985)</i> (максимальные скорости потоков) | |
| Митральный поток (пик Е) | 0,9 (0,6–1,3) м/с |
| Трикуспидальный поток (пик Е) | 0,5 (0,3–0,7) м/с |
| Легочная артерия | 0,75 (0,6–0,9) м/с |
| Выходной отдел ЛЖ (LVOT) | 0,96 (0,7–1,1) м/с |
| Аорта | 1,35 (1,0–1,7) м/с |

В целом эхокардиографический метод исследования позволяет:

1. Количественно и качественно оценить функциональное состояние ЛЖ и ПЖ.
2. Оценить региональную сократимость ЛЖ (например у больных ИБС).
3. Оценить ММЛЖ и выявить ультразвуковые признаки симметричной и асимметричной гипертрофии и дилатации желудочков и предсердий.
4. Оценить состояние клапанного аппарата (стеноз, недостаточность, пролапс клапана, наличие вегетаций на створках клапана и т.д.).
5. Оценить уровень давления в ЛА и выявить признаки легочной гипертензии.
6. Выявить морфологические изменения перикарда и наличие жидкости в полости перикарда.
7. Выявить внутрисердечные образования (тромбы, опухоли, дополнительные хорды и т.д.).
8. Оценить морфологические и функциональные изменения магистральных и периферических артерий и вен.

Глава 2
ОЦЕНКА ФУНКЦИОНАЛЬНОГО
СОСТОЯНИЯ ЖЕЛУДОЧКОВ

2.1. ОЦЕНКА СИСТОЛИЧЕСКОЙ ФУНКЦИИ ЛЕВОГО ЖЕЛУДОЧКА

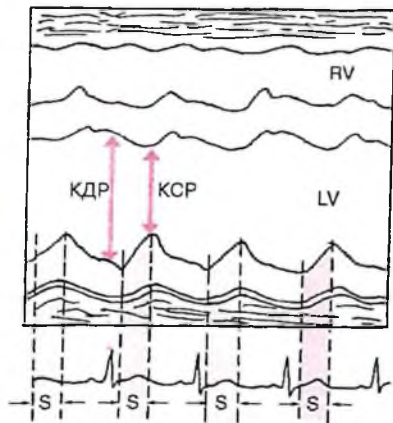
Систолическая функция ЛЖ оценивается по нескольким показателям, центральное место среди которых занимает ударный объем (УО) и фракция выброса (ФВ).

Метод Teicholz. До последнего времени расчет УО, ФВ и других гемодинамических показателей проводился на основании измерений М-модальной эхокардиограммы, зарегистрированной из левого парастернального доступа (рис. 2.1). Для расчета учитывается степень переднезаднего укорочения ЛЖ, то есть отношения КДР и КСР. Расчет проводится по формуле L. Teicholz:

$$V = \frac{7,0 \cdot D^3}{(2,4 + D)} \quad [2.1]$$

где V — объем ЛЖ (КСО или КДО) и D — переднезадний размер ЛЖ в систолу или диастолу. УО определяется как разница КДО и КСО, а ФВ — как отношение УО к КДО.

В настоящее время большинство исследователей отказались от такого способа определения гемодинамических показателей, поскольку расчет КДО и КСО ЛЖ, согласно этой методике, основан на измерении КДР и КСР лишь небольшой части ЛЖ у его основания и не учитывает всей сложной геометрии полости желудочка. Способ Teicholz не пригоден также для определения УО у большинства больных ИБС, у которых имеются локальные очаговые нарушения сократимости ЛЖ. Это требует от практического врача весьма осторожного отношения к этим измерениям и расчетам.



$$KDO = \frac{7 \cdot (KDP)^3}{(2,4 + KDP)}$$

$$KCO = \frac{7 \cdot (KCP)^3}{(2,4 + KCP)}$$

$$UO = KDO - KCO$$

$$FB = \frac{UO}{KDO}$$

Рис. 2.1. М-модальная ЭхоКГ, зарегистрированная из левого парастерального доступа, и расчет основных гемодинамических показателей (по L. Teicholz).

КДР и КСР — конечный диастолический и конечный систолический размеры ЛЖ; КДО и КСО — конечный диастолический и конечный систолический объемы ЛЖ; УО — ударный объем; ФВ — фракция выброса.

Метод дисков (модифицированный метод Simpson). Существенно более точные результаты вычисления глобальной сократимости ЛЖ могут быть получены при количественной оценке двухмерных эхокардиограмм. Наиболее пригоден для этой цели метод Simpson (метод дисков), основанный на планиметрическом определении и суммировании площадей 20 дисков, представляющих собой своеобразные поперечные срезы ЛЖ на разных уровнях. Для расчета систолических и диастолических объемов ЛЖ получают два взаимоперпендикулярных двухмерных изображения сердца из верхушечного доступа в позициях двухкамерного и четырехкамерного сердца (рис. 2.2). После выделения курсором в обеих проекциях внутреннего контура ЛЖ последний автоматически делится на 20 дисков (a_i и b_i) одинаковой высоты и вычисляется их площадь (S_i):

$$S_i = \frac{\pi \cdot (a_i \times b_i)}{4} \quad [2.2]$$

Для расчета объема ЛЖ (V) площади 20 дисков суммируются, и сумма умножается на высоту каждого диска ЛЖ ($L/20$):

$$V = \frac{\pi}{4} \times \Sigma (a_i \times b_i) \cdot \frac{L}{20}, \quad [2.3]$$

где L — длина ЛЖ.

Так получают значения КДО и КСО.

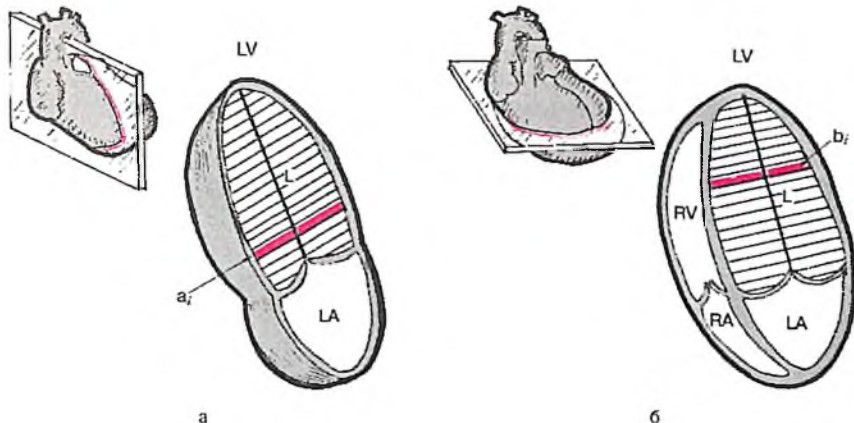


Рис. 2.2. Эхокардиографическое определение объемов левого желудочка по методу дисков (по Simpson): расчет площади дисков (a_i и b_i) в позиции двухкамерного (а) и четырехкамерного (б) сердца. Объяснение и обозначения в тексте.

Метод «площадь-длина». При отсутствии региональных нарушений сократимости может быть использован еще один простой метод определения УО с помощью двухмерной эхокардиографии. На эхокардиограмме четырехкамерного или двухкамерного сердца (рис. 2.3), зарегистрированной из верхушечного доступа, планиметрически определяют площадь полости ЛЖ (А) и его длину (L). Объем ЛЖ (V) определяют по формуле:

$$V = \frac{8 \cdot A^2}{3\pi \cdot L} = \frac{0,85 \cdot A^2}{L}, \quad [2.4]$$

где А – площадь ЛЖ на изображении и L – длина полости ЛЖ.

Дальнейший расчет гемодинамических показателей проводится по классическим формулам:

$$УО = КДО \cdot КСО, \quad [2.5]$$

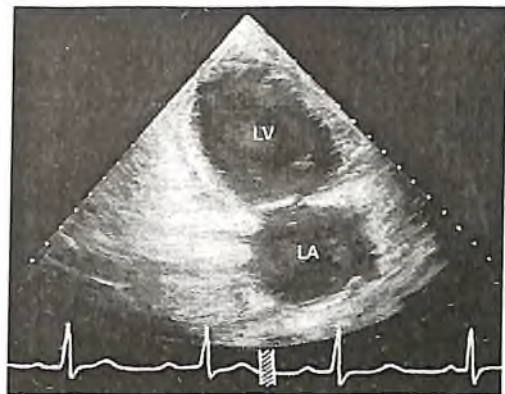
$$МО = УО \cdot ЧСС, \quad [2.6]$$

$$ФВ = \frac{КДО \cdot КСО}{КДО}, \quad [2.7]$$

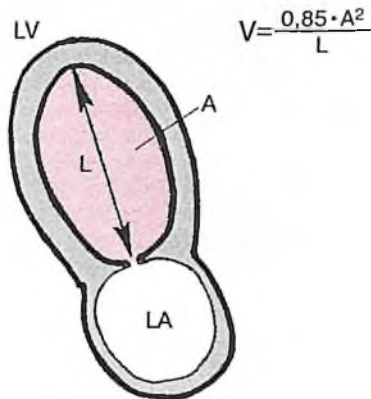
$$УИ = \frac{УО}{S}, \quad [2.8]$$

$$СИ = \frac{МО}{S}, \quad [2.9]$$

где МО – минутный объем, УИ – ударный индекс, СИ – сердечный индекс, S – площадь поверхности тела, определяемая по специальным номограммам.



а



б

Рис. 2.3. Эхокардиограмма двухкамерного сердца, зарегистрированная из апикального доступа (а), и расчет гемодинамических показателей по методу «площадь-длина» (б).

V – объем ЛЖ; A – площадь ЛЖ в позиции двухкамерного сердца; L – длина полости ЛЖ.

Метод доплер-ЭхоКГ. Определение УО, ФВ и других гемодинамических показателей с помощью доплер-ЭхоКГ основано на измерении величины объемного кровотока через аортальный клапан. С этой целью из верхушечного доступа в позициях двухкамерного или пятикамерного сердца проводят доплер-локацию *выходного отдела ЛЖ* в импульсном режиме, устанавливая контрольный объем в центре выходного тракта на 10 мм проксимальнее закрытых створок аортального клапана (рис. 2.4, а), и получают систолический спектр линейной скорости кровотока в выходном отделе ЛЖ (рис. 2,4, б). При этом автоматически рассчитывают среднюю линейную скорость кровотока (V_{cp}) и интеграл линейной скорости кровотока (LVOT VTI), т.е. сумму всех моментных значений линейной скорости во время изгнания крови в аорту. Последний можно представить также как произведение V_{cp} ($см \cdot с^{-1}$) на длительность периода изгнания (ЕТ) в секундах: $LVOT VTI = V_{cp} \cdot ET$ (см).

После этого в режиме двумерной ЭхоКГ, зарегистрированной из парастерального доступа по длинной оси ЛЖ, в середине систолы измеряют внутренний диаметр фиброзного кольца аортального клапана (D), автоматически рассчитывая площадь поперечного сечения корня аорты (рис. 2,4, в). Для расчета УО (мл) интеграл линейной скорости кровотока (в см) умножают на площадь поперечного сечения аорты — S_{Ao} ($см^2$):

$$УО = LVOT VTI \cdot S_{Ao} \quad (см^3) \quad [2.10]$$

Понятно, что то же значение УО может быть получено при умножении средней линейной скорости кровотока ($см \cdot с^{-1}$) на продолжительность систолы (ЕТ, в с) и площадь поперечного сечения аорты ($см^2$):

$$УО = V_{cp} \cdot ET \cdot S_{Ao} \quad (см^3) \quad [2.11]$$

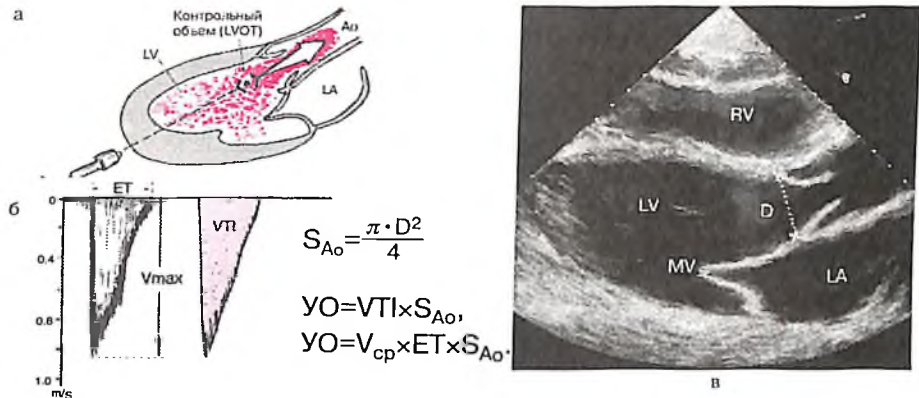


Рис. 2.4. Эхокардиографическое определение ударного объема левого желудочка с помощью доплер-ЭхоКГ (схема).

а — доплер-локация (импульсный режим) выходного отдела ЛЖ (LVOT); б — систолический спектр линейной скорости кровотока в выходном отделе ЛЖ; в — двухмерная ЭхоКГ (парастеральный доступ по длинной оси ЛЖ) и измерение внутреннего диаметра фиброзного кольца аортального клапана (D).

Обозначения — в тексте.

При расчете УО в *восходящей аорте* можно использовать верхушечный или супрастернальный доступы. Исследование проводится в постоянно-волновом режиме. При этом также регистрируется систолический спектр кровотока в аорте и автоматически рассчитываются описанные выше показатели — интеграл линейной скорости (VTI) и средняя скорость кровотока (V_{cp}).

Диаметр корня аорты измеряется в М-модальном режиме (левый парастернальный доступ) на уровне створок аортального клапана, максимально раскрытых во время систолы ЛЖ (рис. 2.5). Площадь поперечного сечения аорты рассчитывается по формуле:

$$S = \frac{\pi \cdot R^2}{2} = \frac{\pi \cdot D^2}{4}, \quad [2.12]$$

где R — радиус круга, D — диаметр круга.

Далее объемный кровоток в восходящей аорте (УО) рассчитывается по формулам 2.10 или 2.11. Последний вариант методики определения УО применяется только при отсутствии клапанной, подклапанной или надклапанной обструкции.

Размер левого предсердия также несет важную информацию о функциональном состоянии левых отделов сердца. Следует отметить, что переднезадний размер ЛП, определяемый при М-модальном исследовании из парастернального доступа обладает минимальной чувствительностью в диагностике дилатации предсердия, поскольку увеличение этого показателя обнаруживают, как правило, лишь на поздних стадиях расширения ЛП. Поэтому более предпочтительным является расчет объема ЛП по данным двухмерной ЭхоКГ, который аналогичен определению объема ЛЖ по методу «площадь-длина» или по методу дисков (по Simpson).

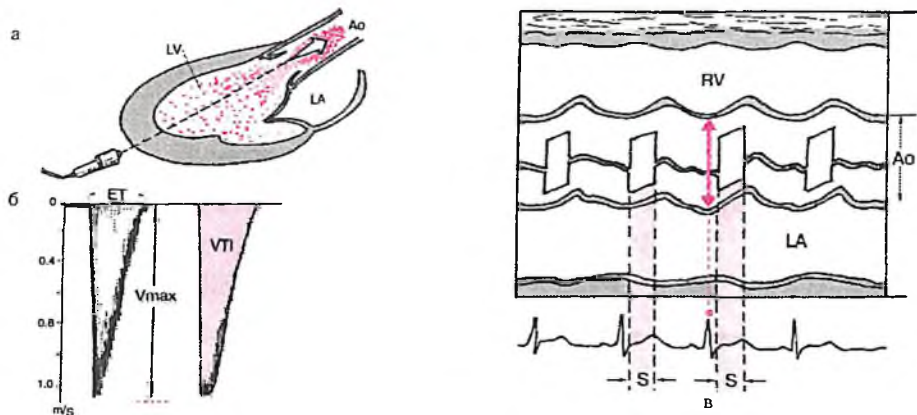


Рис.2.5. Второй способ эхокардиографического определения ударного объема левого желудочка с помощью доплер-ЭхоКГ (схема).

а — доплер-локация (постоянно-волновой режим) кровотока в аорте; б — систолический спектр линейной скорости кровотока в аорте; в — одномерная ЭхоКГ (парастернальный доступ на уровне аортального клапана) и измерение диаметра аорты в конце диастолы (зубец R). Обозначения те же.

Для оценки сократимости миокарда ЛЖ по данным одномерной эхокардиографии рассчитывают еще два индекса сократительной способности миокарда ЛЖ:

1. Степень укорочения переднезаднего размера ЛЖ в систолу ($\% \Delta S$) по формуле:

$$\% \Delta S = \frac{КДР - КСР}{КДР} (\%), \quad [2.13]$$

где КДР и КСР — конечный диастолический и систолический размеры ЛЖ.

2. Скорость циркулярного укорочения волокон миокарда (V_{CF}):

$$V_{CF} = \frac{КДР - КСР}{dt \cdot КДР} \quad [2.14]$$

где dt — время сокращения задней стенки ЛЖ от начала систолического подъема до вершины (с).

При снижении сократимости миокарда ЛЖ значения обоих индексов уменьшаются, причем более чувствительным показателем считается скорость циркулярного укорочения волокон миокарда (V_{CF}) (И.М.Хейнонен, Р.Е.Денисов). Следует помнить, что расчет приведенных индексов сократимости проводится по данным одномерной ЭхоКГ и дает лишь ориентировочное представление о сократительной функции ЛЖ. Нормальные значения $\% \Delta S$ и V_{CF} колеблются в довольно широких пределах.

В таблице 2.1. представлены нормальные величины некоторых эхокардиографических показателей глобальной систолической функции ЛЖ.

Таблица 2.1

Средние значения основных гемодинамических показателей по данным ЭхоКГ

| Гемодинамические показатели | М-режим | Двухмерная эхокардиограмма | | |
|---------------------------------|---------------------------|--|----------------------|---------------------------|
| | | Метод «площадь-длина» (апикальная позиция) | | Метод дисков (по Simpson) |
| | | 4-камерная | 2-камерная | |
| КДО м-пы (мл) | 110-145 | 112 | 130 | 111 |
| КДО ж-пы (мл) | | 89 | 92 | 80 |
| Индекс КДО (мл/м ²) | 55-73 | 57 | 63 | 55 |
| КСО м-пы (мл) | 45-75 | 45 | 52 | 45 |
| КСО ж-пы (мл) | | 36 | 39 | 35 |
| Индекс КСО (мл/м ²) | 23-38 | 23 | 26 | 23 |
| УО м-пы (мл) | 60-80 | 68 | 78 | 67 |
| УО ж-пы (мл) | | 54 | 56 | 48 |
| УИ (мл/м ²) | 25-34 | 30-38 | 31-44 | 27-38 |
| ФВ (%) | 55-65 | 55-65 | 55-65 | 55-65 |
| МО (л/мин) | 3,5-4,5 | 3,5-4,5 | 3,5-4,5 | 3,5-4,5 |
| СИ (л/мин/м ²) | 1,9-2,5 | 1,9-2,5 | 1,9-2,5 | 1,9-2,5 |
| ЛП м-пы | 19-33 мм | 41 мл | 50 мл | 41 мл |
| ЛП ж-пы | | 34 мл | 36 мл | 32 мл |
| Индекс ЛП | 14,5-29 мм/м ² | 24 мл/м ² | 21 мл/м ² | 21 мл/м ² |
| %ΔS (%) | 28-43 | - | - | - |
| V _{CF} (с-1) | 0,8-1,2 | - | - | - |

2.2. ОЦЕНКА НАРУШЕНИЙ РЕГИОНАЛЬНОЙ СОКРАТИМОСТИ ЛЕВОГО ЖЕЛУДОЧКА

Выявление локальных нарушений сократимости ЛЖ с помощью двухмерной эхокардиографии имеет важное значение для диагностики ИБС. Исследование обычно проводится из верхушечного доступа по длинной оси в проекции двух- и четырехкамерного сердца, а также из левого парастерального доступа по длинной и короткой осям.

В соответствии с рекомендациями Американской ассоциации эхокардиографии ЛЖ при этом условно делится на 16 сегментов, располагающихся в плоскости трех поперечных сечений сердца, зарегистрированных из левого парастерального доступа по короткой оси (рис. 2.6, а). Изображение 6-ти базальных сегментов — переднего (А), переднеперегородочного (AS), заднеперегородочного (IS), заднего (I), заднебокового (IL) и переднебокового (AL), — получают при локации на уровне створок митрального клапана (SAX MV), а средних частей тех же 6-ти сегментов — на уровне папиллярных мышц (SAX PL). Изображения 4-верхушечных сегментов — переднего (А), перегородочного (S), заднего (I) и бокового (L), — получают при локации из парастерального доступа на уровне верхушки сердца (SAX AP).

Общее представление о локальной сократимости этих сегментов хорошо дополняют три продольных «срезы» ЛЖ, зарегистрированных из парастерального доступа по длинной оси сердца (рис. 2.6, б), а также в верхушечной позиции четырехкамерного и двухкамерного сердца (рис. 2.6, в).

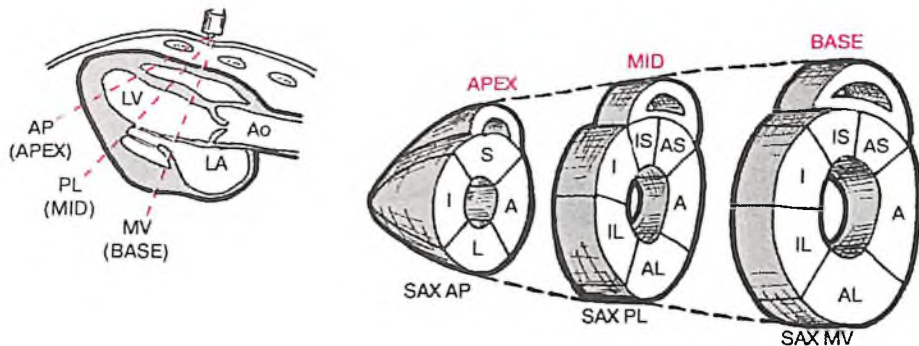


Рис. 2.6, а. Деление миокарда левого желудочка на сегменты (рекомендации Американской ассоциации эхокардиографии).

а – 16 сегментов, располагающихся в плоскости трех поперечных сечений ЛЖ (парастернальный доступ по короткой оси) на уровне створок митрального клапана (SAX MV), папиллярных мышц (SAX PL) и вершины (SAX AP).

BASE – базальные сегменты, MID – средние сегменты, APEX – верхушечные сегменты; А – передний, AS – переднеперегородочный, IS – задне-перегородочный, I – задний, IL – заднебоковой, AL – переднебоковой, L – боковой и S – перегородочный сегменты.

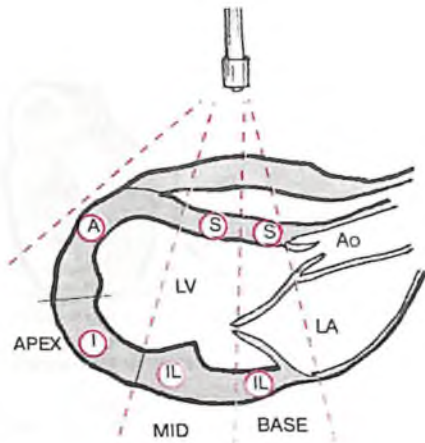


Рис. 2.6, б (продолжение). Сегменты ЛЖ, зарегистрированные из левого парастерального доступа по длинной оси. Обозначения те же.

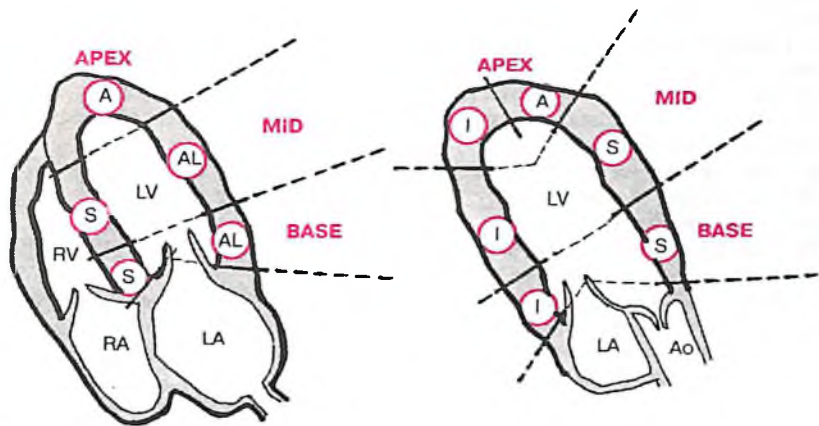


Рис. 2.6, в (продолжение). Сегменты ЛЖ, зарегистрированные из апикального доступа в позиции четырехкамерного (слева) и двухкамерного (справа) сердца. Обозначения те же.

В каждом из этих сегментов оценивается характер и амплитуда движения миокарда, а также степень его систолического утолщения. Различают 3 вида локальных нарушений сократительной функции ЛЖ, объединяемых понятием «*асинергия*» (рис. 2.7):

1. *Акинезия* — отсутствие сокращения ограниченной области сердечной мышцы.
2. *Гипокинезия* — выраженное локальное уменьшение степени сокращения.
3. *Дискинезия* — парадоксальное расширение (выбухание) ограниченного участка сердечной мышцы во время систолы.

Основными причинами локальных нарушений сократимости миокарда ЛЖ являются:

1. Острый инфаркт миокарда (ИМ).
2. Постинфарктный кардиосклероз.
3. Преходящая болевая и безболевая ишемия миокарда, в том числе ишемия, индуцированная функциональными нагрузочными тестами.
4. Постоянно действующая ишемия миокарда, еще сохранившего свою жизнеспособность (так называемый «гибернирующий миокард»).
5. Дилатационная и гипертрофическая кардиомиопатии, которые нередко также сопровождаются неравномерным поражением миокарда ЛЖ.
6. Локальные нарушения внутрижелудочковой проводимости (блокады, синдром WPW и др.).
7. Парадоксальные движения МЖП, например при объемной перегрузке ПЖ или блокадах ножек пучка Гиса.

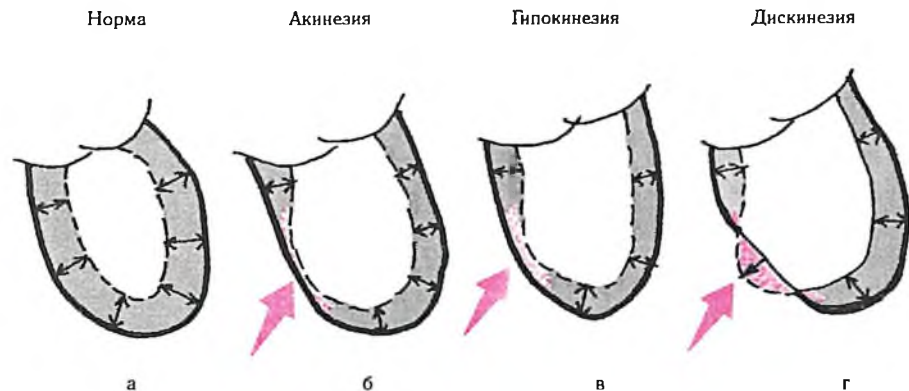


Рис. 2.7. Различные виды локальной асинергии миокарда левого желудочка (схема): а — асинергия отсутствует, б — акинезия, в — гипокинезия, г — дискинезия. Пунктиром обозначен контур желудочка в систолу, сплошной линией — в диастолу.

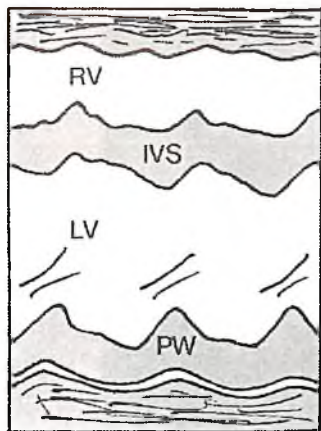
Наиболее выраженные нарушения локальной сократимости миокарда выявляют при остром ИМ, постинфарктном кардиосклерозе и аневризме ЛЖ.

При **трансмуральном ИМ** в области его локализации обнаруживают зоны гипокинезии, акинезии или дискинезии, а также выраженное локальное истончение миокарда. В этих случаях достаточно распространенные нарушения локальной сократимости ЛЖ, захватывающие несколько сегментов, можно визуализировать также по одномерным ЭхоКГ (рис. 2.8).

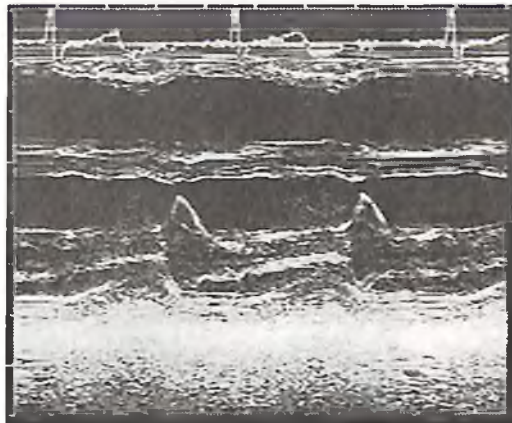
При двухмерной ЭхоКГ у больных с трансмуральным ИМ дискинезия миокарда, проявляющаяся в виде локальной деформации (выбухания) внутреннего контура ЛЖ только во время систолы желудочка, обычно расценивается как признак выраженных рубцовых или некротических изменений или так называемой *динамической аневризмы ЛЖ* (рис. 2.9). В отличие от этого, *истинная аневризма ЛЖ* проявляется стойкой систолической и диастолической деформацией внутреннего контура и наличием резко выраженной демаркационной линии на границе с интактными сегментами (рис. 2.10).

При **крупноочаговом ИМ** или **постинфарктном кардиосклерозе** двухмерная ЭхоКГ, как правило, позволяет выявить локальные зоны гипокинезии или акинезии. **Мелкоочаговый ИМ**, а также очаговый кардиосклероз или преходящая ишемия миокарда характеризуются появлением зон гипокинезии ЛЖ.

При достаточно хорошей визуализации сердца *нормальная локальная сократимость ЛЖ* у больных ИБС в большинстве случаев позволяет исключить диагноз трансмурального или крупноочагового ИМ, постинфарктного рубца и аневризмы ЛЖ.



а



б

Рис. 2.8. Одномерные эхокардиограммы больных с постинфарктным кардиосклерозом и нарушением региональной функции левого желудочка: а – акинезия отсутствует (схема), б – гипокинезия МЖП.

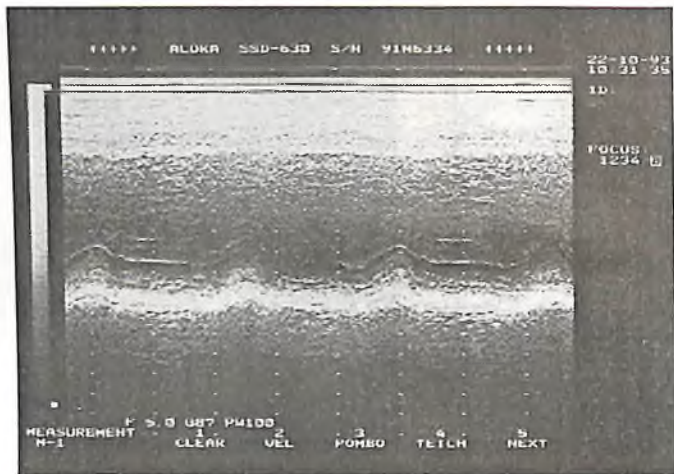


Рис. 2.8, в (продолжение). Акинезия МЖП.

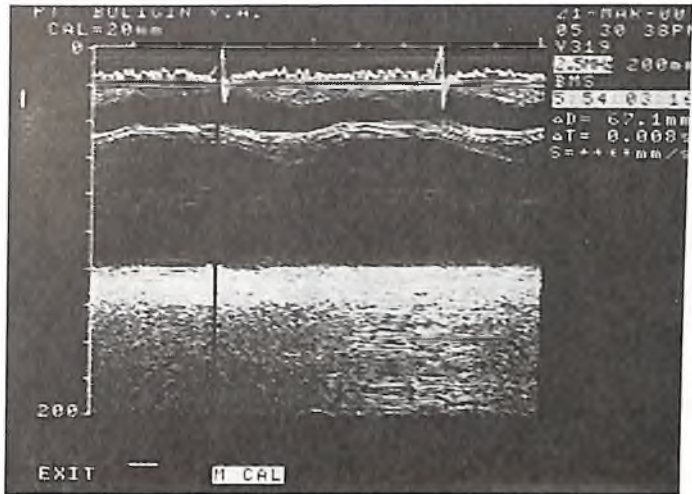
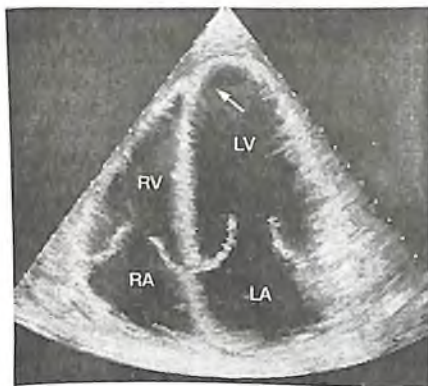
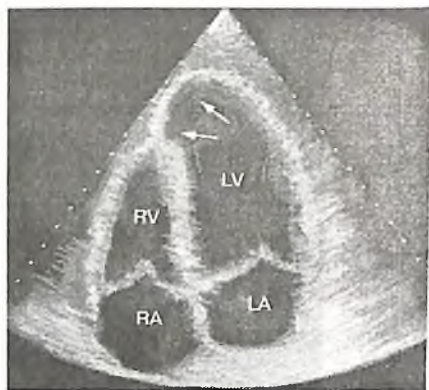


Рис. 2.8, г (продолжение). Акинезия заднедифрагмального (нижнего) сегмента ЛЖ.



а



б

Рис. 2.9. Двухмерная эхокардиограмма, зарегистрированная из апикального доступа в позиции четырехкамерного сердца у больного с трансмуральным инфарктом миокарда и дискинезией верхушечного сегмента («динамическая аневризма» ЛЖ). Дискинезия определяется только во время систолы ЛЖ (б).

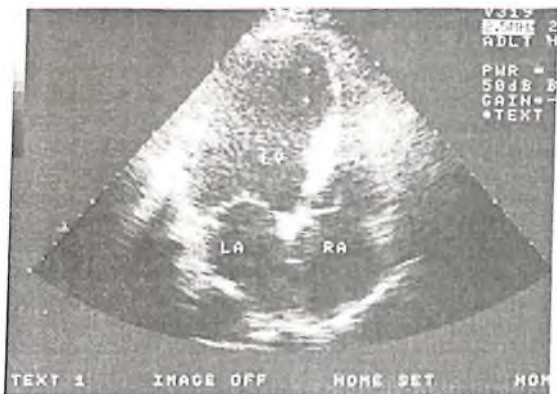


Рис. 2.10. Двухмерная эхокардиограмма, зарегистрированная в позиции четырехкамерного сердца у больного с истинной аневризмой МЖП и верхушки.

В области аневризмы определяется истончение миокарда, стойкая систолическая и диастолическая деформация внутреннего контура и слабо выраженная демаркационная линия на границе с интактными сегментами.

Нарушения локальной сократимости отдельных сегментов ЛЖ у больных ИБС принято описывать по пятибалльной шкале:

1 балл — нормальная сократимость;

2 балла — умеренная гипокинезия (незначительное снижение амплитуды систолического движения и утолщения в исследуемой области);

3 балла — выраженная гипокинезия;

4 балла — акинезия (отсутствие движения и утолщения миокарда);

5 баллов — дискинезия (систолическое движение миокарда исследуемого сегмента происходит в направлении, противоположном нормальному).

Важное прогностическое значение имеет расчет так называемого *индекса локальной сократимости (ИЛС)*, который представляет собой сумму балльной оценки сократимости каждого сегмента (ΣS), деленную на общее число исследованных сегментов ЛЖ (n):

$$\text{ИЛС} = \frac{\Sigma S}{n} \quad [2.15]$$

Высокие значения этого показателя у больных ИМ или постинфарктным кардиосклерозом нередко ассоциируются с повышенным риском летального исхода.

Следует помнить, что при эхокардиографическом исследовании далеко не всегда удается добиться достаточно хорошей визуализации всех 16 сегментов. В этих случаях учитывают только те участки миокарда ЛЖ, которые хорошо выявляются при двухмерной эхокардиографии.

Стресс-эхокардиография. При хронических формах ИБС исследование локальной сократимости миокарда ЛЖ в покое далеко не всегда бывает информативным. Возможности ультразвукового метода исследования существенно расширяются при использовании метода стресс-эхокардиографии — регистрации нарушений локальной сократимости миокарда с помощью двухмерной эхокардиографии во время нагрузки.

Чаще используют динамическую физическую нагрузку (тредмилл или велоэргометрия в сидячем или лежащем положении), пробу с дигипиридамом или чреспищеводную электростимуляцию сердца (ЧПЭС). Способы проведения нагрузочных тестов и критерии прекращения пробы не отличаются от таковых, используемых при классической электрокардиографии. Двухмерные эхокардиограммы регистрируют в горизонтальном положении пациента до начала исследования и сразу после окончания нагрузки (в течение 60—90 с).

Для выявления нарушений локальной сократимости миокарда используют специальные компьютерные программы, позволяющие оценить степень изменения движения миокарда и его утолщения во время нагрузки («стресса») в 16 (или другом количестве) предварительно визуализированных сегментов ЛЖ. Результаты исследования практически не зависят от вида нагрузки, хотя более удобной является ЧПЭС и дигипиридомоловая проба, поскольку все исследования проводятся в горизонтальном положении пациента.

Чувствительность и специфичность стресс-эхокардиографии в диагностике ИБС достигает 80—90%.

2.3. ОЦЕНКА ДИАСТОЛИЧЕСКОЙ ФУНКЦИИ ЛЕВОГО ЖЕЛУДОЧКА

В последние годы большое значение в развитии застойной СН придается нарушениям диастолической функции ЛЖ, обусловленным повышением ригидности (снижением податливости) миокарда во время диастолического наполнения. Причинами диастолической дисфункции ЛЖ являются кардиофиброз, хроническая ишемия, компенсаторная гипертрофия миокарда, воспалительные, дистрофические и другие изменения сердечной мышцы, которые приводят к существенному замедлению релаксации ЛЖ. Имеет значение также величина преднагрузки.

Диастолическую функцию ЛЖ оценивают по результатам исследования *трансмитрального диастолического кровотока* в импульсном доплеровском режиме (рис. 2.11). Определяют: 1) максимальную скорость раннего пика диастолического наполнения (V_{\max} Peak E); 2) максимальную скорость трансмитрального кровотока во время систолы левого предсердия (V_{\max} Peak A); 3) площадь под кривой (интеграл скорости) раннего диастолического наполнения (MV VTI Peak E) и 4) предсердной систолы (MV VTI Peak A); 5) отношение максимальных скоростей (или интегралов скорости) раннего и позднего наполнения (E/A); 6) время изоволюмического расслабления ЛЖ – IVRT (измеряется при одновременной регистрации аортального и трансмитрального кровотока в постоянно-волновом режиме из апикального доступа); 7) время замедления раннего диастолического наполнения (DT).

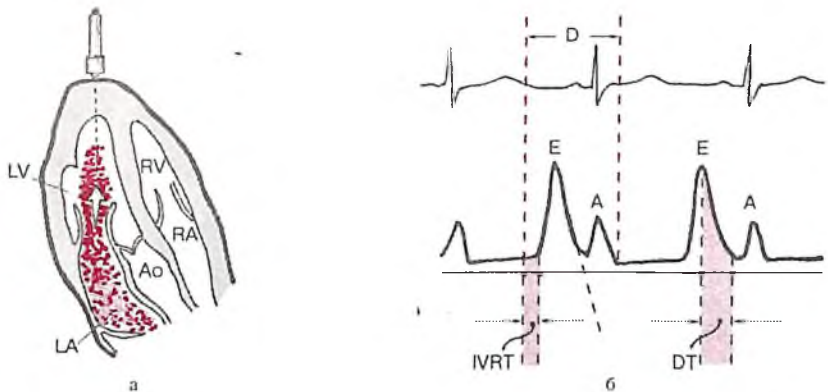


Рис. 2.11. Оценка диастолической функции левого желудочка по данным доплеровского исследования трансмитрального кровотока в диастолу: а – схема доплер-локации из апикального доступа, б – схема доплерограммы трансмитрального потока крови.

Е – пик диастолического наполнения во время фазы быстрого наполнения ЛЖ, А – пик диастолического наполнения ЛЖ во время систолы ЛП, IVRT – продолжительность фазы изовольмического расслабления, DT – время замедления раннего диастолического наполнения.

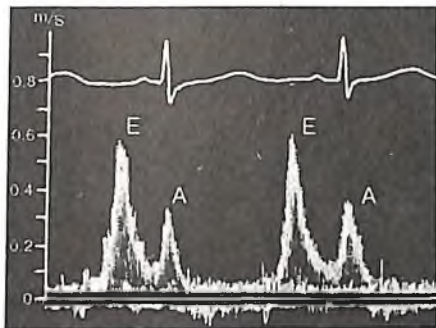
В норме диастолический поток крови через митральный клапан при регистрации в доплер-режиме имеет двухволновую форму (рис. 2.12). После открытия митрального клапана скорость потока крови через левое атриовентрикулярное отверстие быстро увеличивается до максимальной и затем так же быстро уменьшается почти до нулевой линии. Этот ранний диастолический пик (Peak E) соответствует фазе быстрого наполнения ЛЖ и в норме составляет около 0,62 м/с (табл. 2.2). Время изоволюмического расслабления ЛЖ (IVRT), представляющее собой интервал между окончанием потока в выходном тракте ЛЖ и началом потока через митральный клапан, является хорошим показателем скорости начальной релаксации желудочка. В норме IVRT ЛЖ составляет не более 70–75 мс, а время замедления раннего диастолического наполнения (DT) – 200 мс (рис. 2.12 и табл. 2.2).

В конце диастолы во время сокращения ЛП скорость потока крови снова увеличивается, образуя второй пик (Peak A), и затем возвращается к нулевой линии, когда митральный клапан закрывается. При нормальной диастолической функции на доплерограмме преобладает пик раннего диастолического наполнения (Peak E), который в 1,5–1,6 раза выше пика позднего наполнения желудочка (Peak A).

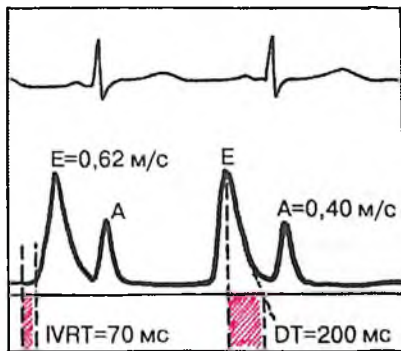
Таблица 2.2

Нормальные значения некоторых показателей диастолической функции ЛЖ

| V_{\max} Peak E | V_{\max} Peak A | E/A | IVRT | DT |
|-------------------|-------------------|---------|----------|--------|
| 0,62 м/с | 0,35 м/с | 1,5–1,6 | 70–75 мс | 200 мс |



а



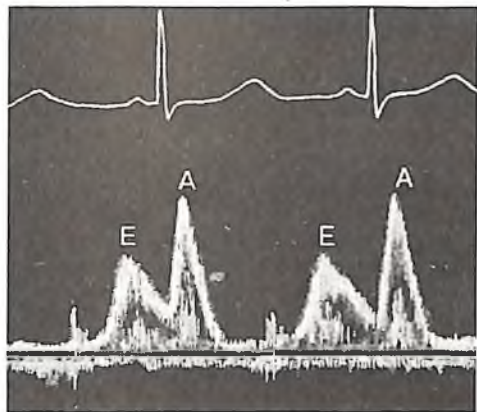
б

Рис. 2.12. Нормальный трансмитральный диастолический поток крови (а) и измерение основных параметров диастолической функции ЛЖ (б).

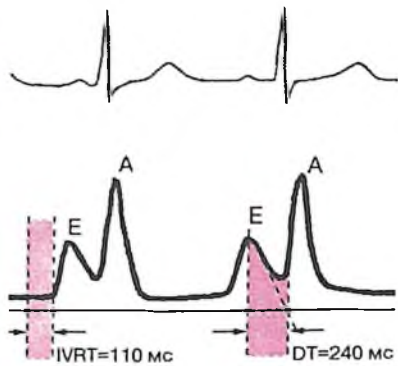
Начальные стадии нарушения диастолической функции ЛЖ, не сопровождающиеся увеличением КДД в желудочке и давления в ЛП, характеризуются снижением скорости изоволюмического расслабления и объема раннего диастолического наполнения. При этом объем ЛП непосредственно перед началом его сокращения, т.е. в конце диастолы, заметно увеличивается. Результатом этого по закону Франка—Старлинга является более сильное сокращение ЛП и увеличение фракции предсердного наполнения (пика А). Иными словами, на начальной стадии развития диастолической дисфункции замедление релаксации ЛЖ приводит к перераспределению диастолического наполнения в пользу предсердного компонента и значительная часть диастолического кровотока осуществляется во время активной систолы ЛП.

На доплерограммах трансмитрального кровотока выявляется снижение амплитуды пика Е и увеличение высоты пика А (рис. 2.13). Отношение Е/А уменьшается до 1,0 и ниже. Одновременно определяется увеличение времени изоволюмического расслабления ЛЖ (IVRT) больше 90—100 мс и времени замедления раннего диастолического наполнения (DT) — больше 220 мс.

Такой тип диастолической дисфункции ЛЖ получил название *типа «замедленной релаксации»*. Наиболее частыми факторами, ведущими к формированию данного типа диастолической дисфункции ЛЖ являются хроническая или транзиторная ишемия миокарда у больных ИБС, кардиосклероз любого генеза (в том числе постинфарктный), гипертрофия миокарда, поражения перикарда, блокады ножек пучка Гиса и др.



а



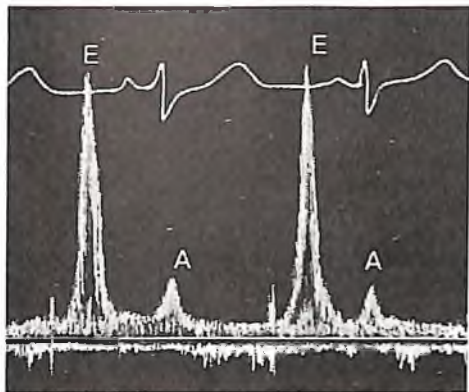
б

Рис. 2.13. Допплер-эхокардиографические признаки первого типа диастолической дисфункции левого желудочка (типа «замедленной релаксации»): а — доплерограмма трансмитрального диастолического потока крови, б — схема измерений основных параметров диастолической функции (отмечается увеличение амплитуды пика А и времени IVRT и DT).

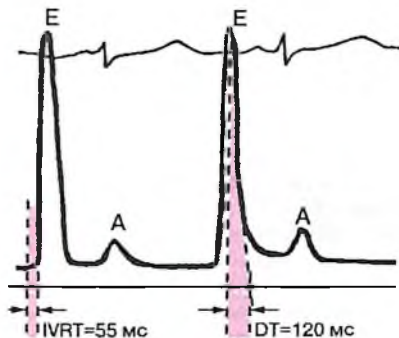
Дальнейшее прогрессирование нарушений внутрисердечной гемодинамики приводит к росту давления в ЛП и увеличению предсердно-желудочкового градиента давления во время фазы быстрого наполнения. Это сопровождается значительным ускорением раннего диастолического наполнения желудочка (Peak E) при одновременном уменьшении скорости кровотока во время систолы предсердия (Peak A). Рост конечно-диастолического давления в ЛЖ способствует еще большему ограничению кровотока во время предсердной систолы. Происходит своеобразная патологическая «псевдонормализация» диастолического наполнения ЛЖ с увеличением значений максимальной скорости раннего диастолического наполнения (Peak E) и уменьшением скорости предсердного наполнения (Peak A). В результате отношение E/A увеличивается больше 1,6–1,8 (рис. 2.14). Эти изменения сопровождаются укорочением фазы изволюмического расслабления (IVRT) меньше 70 мс и времени замедления раннего диастолического наполнения (DT) меньше 150 мс.

Такой, *«рестриктивный» тип диастолической дисфункции*, как правило, наблюдается при застойной СН, свидетельствуя о повышении давления наполнения ЛЖ. Нередко описанные признаки диастолической дисфункции ЛЖ предшествуют нарушениям его систолической функции, причем «рестриктивный» тип является прогностически менее благоприятным.

Следует помнить, что адекватная оценка диастолической функции ЛЖ описанным методом возможна только у пациентов с ЧСС менее 90 в мин, а также при отсутствии у них митрального стеноза, аортальной и митральной недостаточности.



а



б

Рис. 2.14. Рестриктивный тип диастолической дисфункции левого желудочка: а – доплерограмма трансмитрального диастолического потока крови, б – схема измерений основных параметров диастолической функции (отмечается уменьшение амплитуды пика А, продолжительности IVRT и DT, а также увеличение амплитуды пика Е).

2.4. ОЦЕНКА СИСТОЛИЧЕСКОЙ ФУНКЦИИ ПРАВОГО ЖЕЛУДОЧКА

Более сложной оказывается оценка глобальной систолической функции правого желудочка (ПЖ). Неплохие результаты могут быть получены при измерении диастолического размера ПЖ при регистрации *M-модальной ЭхоКГ* из парастернального доступа по короткой оси сердца (рис. 2.15). В норме КДР_{ПЖ} составляет около 15–20 мм, а при дилатации ПЖ обычно превышает 26 мм. Следует помнить, что нередко при таком способе исследования полость ПЖ и эндокардиальная поверхность его передней стенки видны неотчетливо в связи с наличием большого количества трабекул.

Дилатация ПЖ сравнительно хорошо выявляется при *двухмерном исследовании* в парастернальной позиции по короткой оси. При диагностически значимом расширении ПЖ его размеры в этой позиции равны или даже превышают размеры ЛЖ (рис. 2.16), тогда как в норме имеют место обратные отношения (см. выше). При исследовании в апикальной четырехкамерной позиции дилатированный ПЖ как бы оттесняет ЛЖ в сторону, занимая, хотя бы частично, верхушку сердца (рис. 2.17), в норме образованную только ЛЖ.

Наконец, *доплеровское исследование* косвенно позволяет рассчитать давление в ЛА (см. ниже), рост которого обычно (хотя и не всегда) коррелирует с дисфункцией ПЖ.

Сократимость ПЖ чаще всего оценивается визуально, качественно — по характеру и амплитуде движения передней стенки ПЖ и МЖП. Например, объемная перегрузка ПЖ характеризуется не только расширением его полости, но и усиленной пульсацией его стенок и парадоксальными движениями МЖП: во время систолы МЖП прогибается в полость ЛЖ.

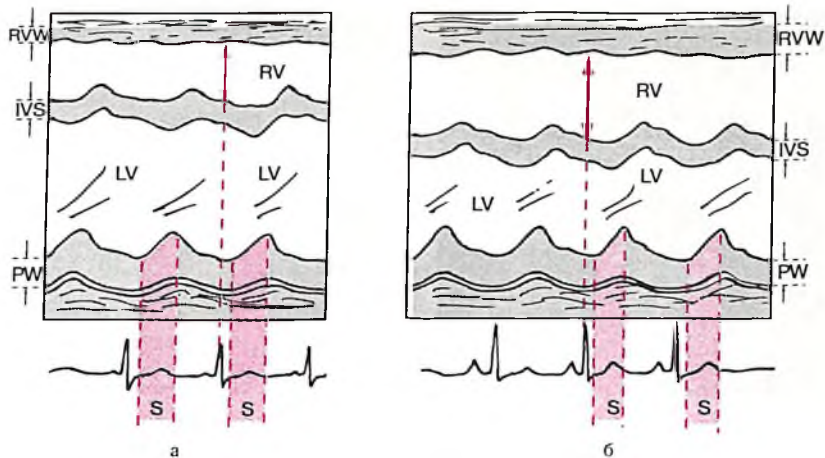
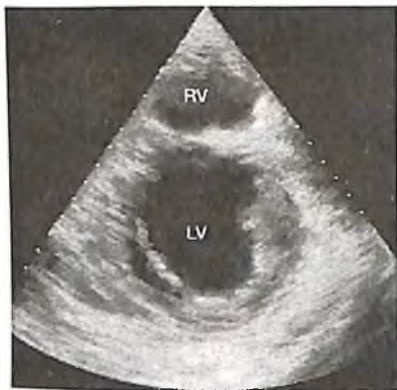
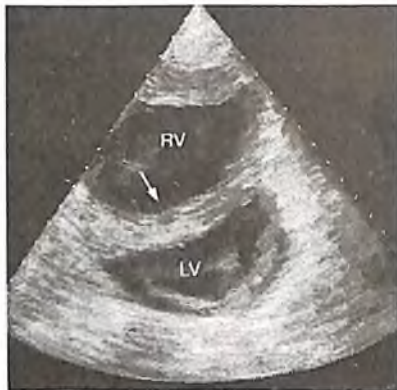


Рис. 2.15. Определение КДР правого желудочка в норме (а) и при дилатации правого желудочка (б). Измерения проводят в конце диастолы, соответствующем зубцу R ЭКГ.



а



б

Рис. 2.16. Двухмерные эхокардиограммы, зарегистрированные в парастеральной позиции по короткой оси в норме (а) и при выраженной дилатации правого желудочка (б). Отмечается изменение нормального соотношения размеров ЛЖ и ПЖ, утолщение передней стенки ПЖ и МЖП, а также парадоксальное движение МЖП в сторону левого желудочка (отмечено стрелкой).



а



б

Рис. 2.17. Двухмерные эхокардиограммы, зарегистрированные в апикальной четырехкамерной позиции в норме (а) и при выраженной дилатации правого желудочка (б). В последнем случае верхушка сердца образована ПЖ, объем которого существенно превышает объем ЛЖ, отмечается парадоксальное движение МЖП в сторону левого желудочка (отмечено стрелкой).

Нередко систолическая дисфункция ПЖ наблюдается при остром ИМ правого желудочка, а также почти в половине случаев у больных с заднедиафрагмальным (нижним) ИМ левого желудочка. Эхокардиографическими признаками ИМ ПЖ являются быстро прогрессирующая *дилатация ПЖ*, выявляемая при М-модальном и двухмерном ультразвуковом исследовании, а также *акинезия или дискинезия передней стенки ПЖ*, лучше выявляемая при двухмерном исследовании из парастеральной позиции по короткой оси сердца или из апикального доступа в позиции четырехкамерного сердца. Нередко такая акинезия сочетается с акинезией заднедиафрагмального (нижнего) сегмента ЛЖ.

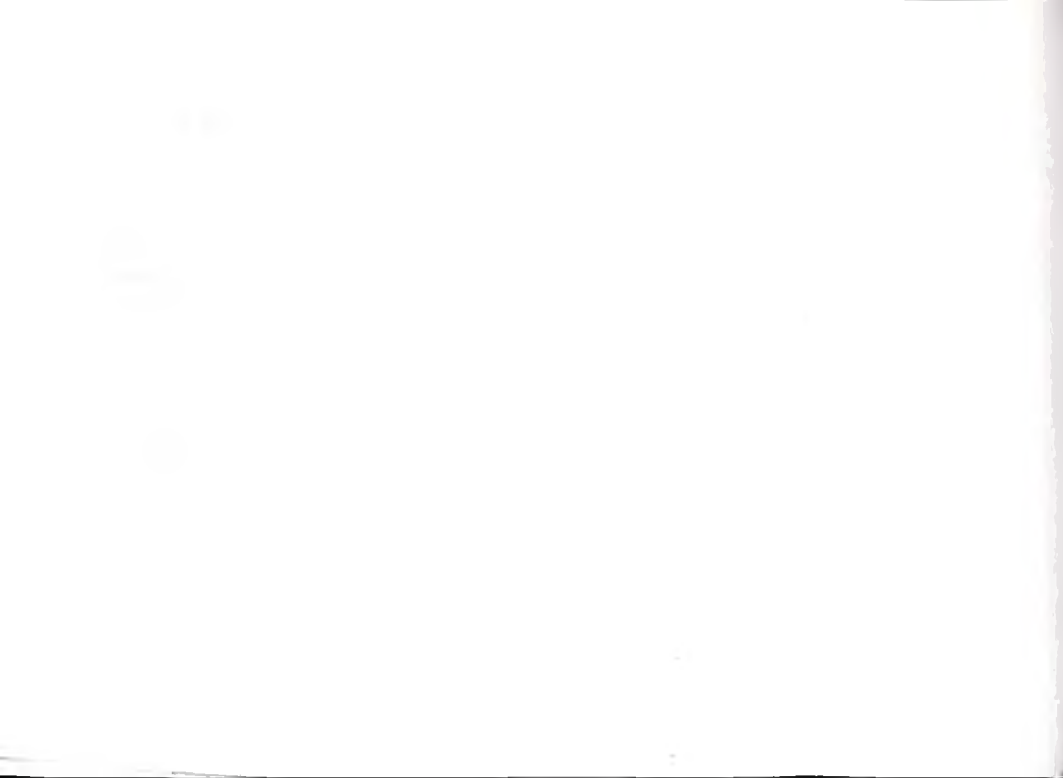
Косвенно о нарушении функции ПЖ можно судить также по *размерам ПП*, которое обычно хорошо визуализируется из парастерального доступа по короткой оси на уровне основания сердца, из апикальной четырехкамерной позиции и из субкостального доступа по длинной и короткой осям. В норме ПП и ЛП в этих позициях имеют примерно одинаковые размеры. Дилатация ПП приводит к доминированию его изображения.

Следует добавить, что гемодинамическая значимость поражений ПЖ может быть оценена по степени его расширения, а также по степени *коллабирования нижней полой вены* во время вдоха. В норме на высоте глубокого вдоха коллабирование нижней полой вены составляет примерно 50%. Недостаточное ее спадение на вдохе указывает на повышение давления в правом предсердии и в венозном русле большого круга кровообращения.

Наиболее частыми причинами нарушения систолической функции ПЖ, в том числе его дилатации, являются:

1. Недостаточность трехстворчатого клапана.
2. Легочное сердце.
3. Стеноз левого атриовентрикулярного отверстия (митральный стеноз).
4. Дефекты межпредсердной перегородки.
5. Врожденные пороки сердца, сопровождающиеся выраженной легочной артериальной гипертензией (например, ДМЖП).
6. Недостаточность клапана ЛА.
7. Первичная легочная гипертензия.
8. Острый ИМ правого желудочка.
9. Аритмогенная дисплазия ПЖ и др.

При этом недостаточность трикуспидального клапана, дефект межпредсердной перегородки и недостаточность клапана ЛА характеризуются преимущественно объемной перегрузкой ПЖ и преобладанием дилатации его полости. В остальных случаях, помимо дилатации ПЖ, наблюдается повышение давления в ЛА, сопровождающееся выраженной гипертрофией миокарда ПЖ. Исключение составляют аритмогенная дисплазия ПЖ, для которой характерно значительное истончение его миокарда, и острый ИМ правого желудочка, дилатация которого носит миогенный (декомпенсационный) характер и не сопровождается гипертрофией.



Глава 3

ВЫЯВЛЕНИЕ ПРИЗНАКОВ ГИПЕРТРОФИИ МИОКАРДА ЖЕЛУДОЧКОВ

3.1. ВЫЯВЛЕНИЕ ГИПЕРТРОФИИ МИОКАРДА ЛЕВОГО ЖЕЛУДОЧКА

Эхокардиографическая диагностика гипертрофии миокарда ЛЖ основана на компьютерном вычислении массы миокарда ЛЖ (ММЛЖ), наиболее точные значения которой могут быть получены только с помощью двухмерной эхокардиографии. На рисунке 3.1 схематически показан один из наиболее оптимальных способов вычисления ММЛЖ, рекомендуемый Американской ассоциацией по эхокардиографии. Из левого парастернального доступа получают изображение продольного и поперечного сечений ЛЖ. Поперечный срез регистрируют на уровне папиллярных мышц. Курсором обводят эндокардиальный и эпикардиальный контуры ЛЖ, что достаточно для последующего автоматического измерения и расчета ряда количественных параметров, необходимых для вычисления ММЛЖ. Определяют: 1) A_1 и A_2 — площади эпикардиального и эндокардиального контуров левого желудочка; 2) t — толщину миокарда ЛЖ; 3) «a» — длинную полуось ЛЖ; 4) «b» — радиус короткой оси ЛЖ; 5) «d» — короткую полуось ЛЖ. ММЛЖ вычисляется автоматически по формулам, которые используются в современных компьютерных программах для автоматического расчета ММЛЖ.

По данным N.B. Schiller с соавт. верхние границы нормальной ММЛЖ достигают 183 г. у мужчин и 141 г. у женщин, хотя средние значения этого показателя существенно ниже (135 г. и 99 г., соответственно). Превышение этих значений ММЛЖ свидетельствует о наличии гипертрофии миокарда ЛЖ. Более точным является расчет так называемого *индекса массы* (ММЛЖ: площадь поверхности тела), нормальные значения которого колеблются от 62 до 94 г/м².

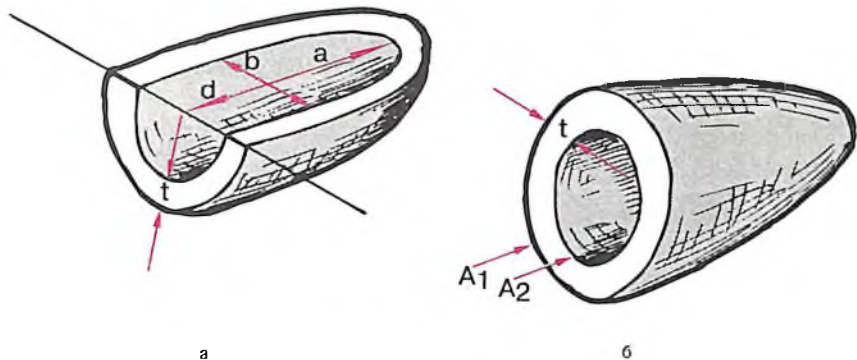


Рис. 3.1. Один из способов определения массы миокарда левого желудочка (модификация схемы по N.V.Schiller): а – продольное сечение ЛЖ, б – поперечное сечение ЛЖ.

A_1 и A_2 – площади эпикардального и эндокардального контуров ЛЖ, t – толщина миокарда ЛЖ, a – длинная полуось ЛЖ, b – радиус короткой оси ЛЖ, d – короткая полуось ЛЖ.

До настоящего времени в некоторых диагностических центрах используются устаревшие компьютерные программы ультразвуковой диагностики ММЛЖ (по В.Троу), основанные на линейных измерениях по *M-модальным одномерным эхокардиограммам* толщины МЖП и задней стенки ЛЖ, а также величины КДР (см. рис. 1.27 и 2.1). ММЛЖ рассчитывается как произведение объема миокарда ЛЖ в см³ (V_m) на удельную плотность сердечной мышцы, равную 1,05 г/см³:

$$\text{ММЛЖ} = V_m \cdot 1,05 \text{ г.} \quad [3.1]$$

Понятно, что объем миокарда ЛЖ (V_m) равен разности общего диастолического объема ЛЖ ($V_{\text{общ}}$) и КДО, рассчитанного по известной формуле L.Teicholz (см. выше):

$$V_m = V_{\text{общ}} - \text{КДО} \quad [3.2]$$

В свою очередь, общий объем ЛЖ определяют по формуле:

$$V_{\text{общ}} = \frac{7,0 \times (\text{КДР} + T_{\text{мжп}} + T_{\text{зслж}})^3}{2,4 + \text{КДР} + T_{\text{мжп}} + T_{\text{зслж}}} \quad [3.3]$$

Такой способ вычисления ММЛЖ нередко приводит к ошибочным результатам, поскольку для определения объема миокарда используется принцип возведения в третью степень линейного диастолического размера ЛЖ, определяемого в ограниченном участке. Способ Л.Троу, таким образом, не учитывает сложной геометрии ЛЖ. Кроме того, толщина миокарда задней стенки желудочка и МЖП далеко не всегда коррелирует с признаками гипертрофии ЛЖ.

Таким образом, результаты вычисления ММЛЖ по Л.Троу должны оцениваться весьма критически.

3.2. ВЫЯВЛЕНИЕ АСИММЕТРИЧНОЙ ГИПЕРТРОФИИ МИОКАРДА ЛЕВОГО ЖЕЛУДОЧКА

Асимметричная гипертрофия миокарда ЛЖ может быть выявлена при целом ряде заболеваний сердечно-сосудистой системы, в первую очередь, при патологических состояниях, сопровождающихся выраженной систолической перегрузкой ЛЖ: при артериальной гипертензии, стенозе устья аорты, при некоторых врожденных пороках сердца и даже у спортсменов. В этих случаях речь идет о *вторичной компенсаторной гипертрофии миокарда ЛЖ* с необычным неодинаковым вовлечением в этот процесс разных отделов сердечной мышцы.

Эти случаи следует отличать от первичной асимметричной гипертрофии миокарда ЛЖ, развивающейся при *гипертрофической кардиомиопатии (ГКМП)*. Асимметричная ГКМП – это одна из наиболее распространенных форм данного заболевания, которое в целом характеризуется: 1) выраженной гипертрофией миокарда ЛЖ, 2) уменьшением объема полости и 3) нарушением диастолической функции ЛЖ. При асимметричной форме ГКМП чаще всего гипертрофируется МЖП, в частности базальные отделы перегородки, передняя и боковая стенки ЛЖ. Иногда асимметричная ГКМП сопровождается обструкцией выносящего тракта ЛЖ с формированием субаортального подклапанного стеноза, а также нарушением МК.

Таким образом, дифференциальная диагностика первичной и вторичной асимметричной гипертрофии миокарда ЛЖ, основывается не только на выявлении неодинакового утолщения миокарда различных отделов сердца, но и на оценке других морфологических и функциональных нарушений (подробнее см. ниже).

3.3. ВЫЯВЛЕНИЕ ГИПЕРТРОФИИ МИОКАРДА ПРАВОГО ЖЕЛУДОЧКА

Эхокардиографическая диагностика гипертрофированного ПЖ представляет достаточно сложную проблему. Это связано, прежде всего, с трудностями, возникающими при ручном контурировании его эндокарда, отличающегося выраженной трабекулярностью, а также с недостаточной визуализацией этого отдела сердца, большая часть которого в норме расположена за грудиной.

Гипертрофия миокарда ПЖ может быть диагностирована при *M-модальном* (одномерном) исследовании с достаточно высокой степенью вероятности при толщине передней стенки ПЖ, превышающей 5 мм (рис. 3.2). Правда, это справедливо только в тех случаях, когда при ультразвуковом исследовании достигнута хорошая визуализация эндокарда передней стенки ПЖ.

Предварительное *двухмерное исследование* из парастернального доступа по короткой оси сердца или из апикальной четырехкамерной позиции нередко позволяет добиться лучшей визуализации ПЖ и выбрать оптимальное направление ультразвукового луча, пересекающего стенку ПЖ при *M-модальном* исследовании.

Несомненно, что более тщательный поиск признаков гипертрофии миокарда ПЖ показан в тех случаях, когда при двухмерном исследовании определяется дилатация этого отдела сердца, в большинстве случаев указывающая на наличие объемной или систолической перегрузки ПЖ.

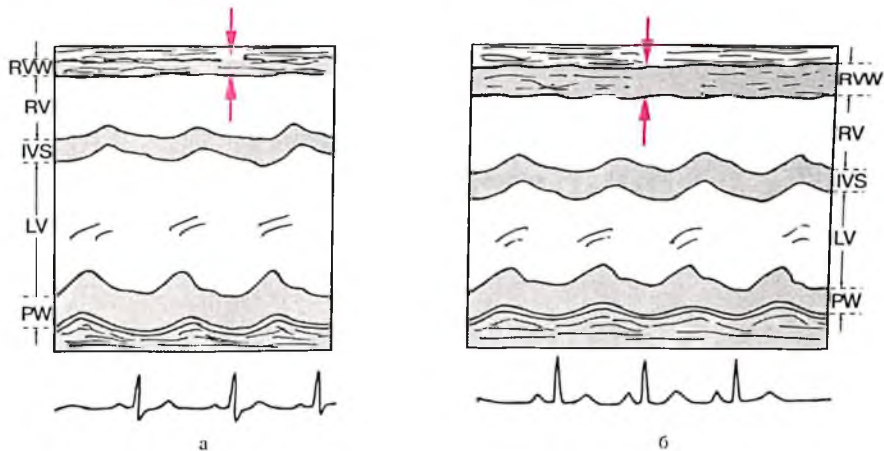


Рис. 3.2. Определение толщины передней стенки правого желудочка (RVW) по одномерным эхокардиограммам, зарегистрированным из парастернального доступа у здорового человека (а) и больного с гипертрофией правого желудочка (б).



Глава 4
ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ
КЛАПАННОГО АППАРАТА

Эхокардиографическое исследование клапанного аппарата позволяет выявить: 1) сращение створок клапана; 2) недостаточность того или иного клапана (в том числе признаки регургитации); 3) дисфункцию клапанного аппарата, в частности папиллярных мышц, ведущую к развитию пролабирования створок; 4) наличие вегетаций на створках клапанов и другие признаки поражения. Следует помнить, что правильная интерпретация изменений клапанного аппарата, выявляемых при эхокардиографическом исследовании, возможна только при учете других данных ЭхоКГ (признаков гипертрофии миокарда и дилатации отдельных камер сердца, данных о наличии легочной гипертензии и др.), а также результатов клинического обследования больного.

Наиболее информативно использование всех трех режимов эхокардиографического исследования. *Двухмерная ЭхоКГ* (В-режим) обеспечивает достаточно большую зону сканирования, поиск наиболее оптимального направления ультразвукового луча и определение распространенности поражения клапана. *Одномерная эхокардиограмма* (М-режим), отличающаяся высокой разрешающей способностью, дает возможность измерить степень раскрытия створок клапана и описать особенности его движения (например, диастолическую вибрацию створок митрального клапана при аортальной недостаточности, закрытие аортального клапана при ГКМП и др.). Наконец, *доплер-эхокардиограмма* позволяет оценить величину и направление кровотока через клапан, а также определить градиент давления до и после места сужения.

К числу наиболее распространенных заболеваний, в основе которых лежит нарушение структуры и функции клапанного аппарата, относятся приобретенные пороки сердца.

4.1. СТЕНОЗ ЛЕВОГО АТРИОВЕНТРИКУЛЯРНОГО ОТВЕРСТИЯ (МИТРАЛЬНЫЙ СТЕНОЗ)

Стеноз левого атриовентрикулярного отверстия характеризуется, как известно, частичным сращением передней и задней створок митрального клапана, уменьшением площади митрального отверстия и обструкцией диастолического кровотока из ЛП в ЛЖ. 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 (рис. 4.1).

В результате высокого давления в ЛП створки клапана во время диастолы постоянно находятся в открытом положении и в отличие от нормы не смыкаются после завершения раннего быстрого наполнения ЛЖ. Кровоток из левого предсердия приобретает постоянный (не прерывающийся) линейный характер. Поэтому на эхокардиограмме происходит уплощение кривой движения передней створки и снижение амплитуды волны А, соответствующей систоле левого предсердия. Форма диастолического движения передней створки митрального клапана вместо М-образной приобретает характер П-образной (рис. 4.1 и 4.2).

На рисунках хорошо заметно также однонаправленное движение передней и задней створок клапана во время диастолы, возникающее в результате сращения створок (в норме движение разнонаправленное).

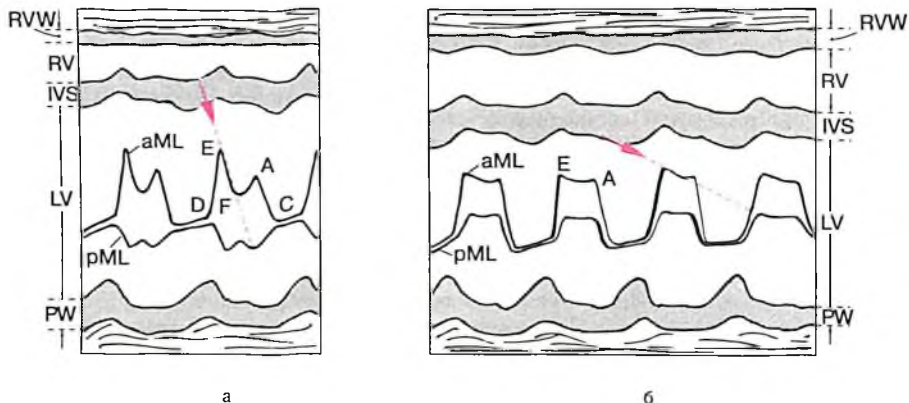


Рис. 4.1. Определение скорости диастолического прикрытия передней створки митрального клапана (красные стрелки) у здорового человека (а) и у больного со стенозом левого атриовентрикулярного отверстия (б). В последнем случае определяется уменьшение скорости прикрытия и однонаправленное движение передней и задней створок.

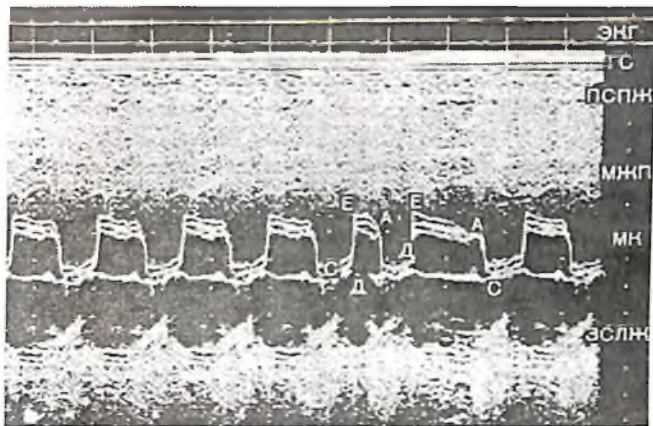


Рис. 4.2. Одномерная эхокардиограмма, зарегистрированная из парастерального доступа на уровне митрального клапана у больного с митральным стенозом. Заметно уплощение кривой движения передней створки МК в диастолу, резкое снижение амплитуды А-волны, однонаправленное движение передней и задней створок МК.

При **двухмерном** эхокардиографическом исследовании из парастернального доступа по длинной оси сердца наиболее характерным признаком митрального стеноза, выявляемым уже на начальных стадиях заболевания, является куполообразное диастолическое выбухание передней створки митрального клапана в полость ЛЖ, в сторону МЖП (рис. 4.3), которое получило название — *«парусение»*. Такое движение начинается сразу после открытия митрального клапана и сопровождается звуком, напоминающим хлопок внезапно наполнившегося паруса, по времени совпадающим с возникновением одного из наиболее специфических аускультативных признаков митрального стеноза - тона (щелчка) открытия митрального клапана. Сам митральный клапан при этом приобретает форму воронки, широкой частью расположенной в области атриовентрикулярного кольца (рис. 4.3, б и 4.4).

На поздних стадиях заболевания, когда створки митрального клапана уплотняются и становятся ригидными, их «парусение» прекращается, но створки клапана во время диастолы располагаются *под углом друг к другу* (в норме они параллельны), формируя своеобразную конусовидную форму митрального клапана (рис. 4.3, в).

Кроме того, двухмерное эхокардиографическое исследование из парастернального доступа по длинной оси сердца позволяет выявить при митральном стенозе значительное *увеличение размеров ЛП* (рис. 4.4).

Наконец, двухмерное исследование из парастернального доступа по короткой оси позволяет выявить *уменьшение диастолического расхождения створок клапана* и площади митрального отверстия, которое чаще всего приобретает форму эллипса или щели (рис. 4.5).

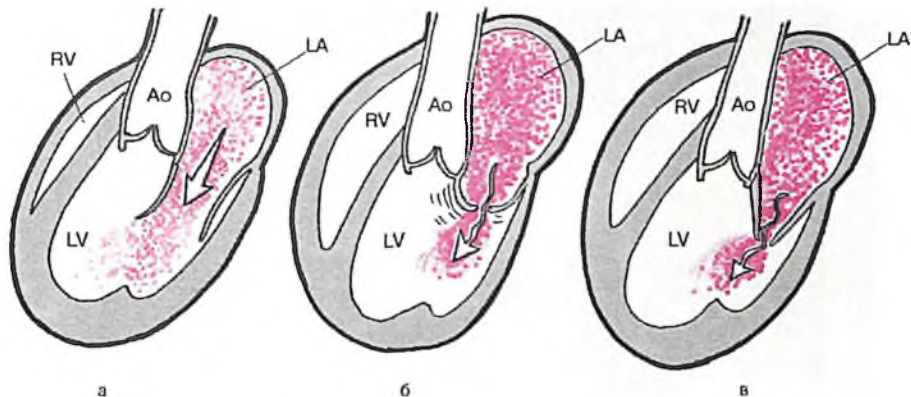


Рис. 4.3. Схема диастолического раскрытия створок митрального клапана: а — норма (створки параллельны друг другу), б — воронкообразное расположение створок МК на начальных стадиях митрального стеноза, сопровождающееся куполообразным диастолическим выбуханием передней створки в полость ЛЖ («парусение»), в — конусовидная форма МК на поздних стадиях митрального стеноза (створки располагаются под углом друг к другу, ригиды).

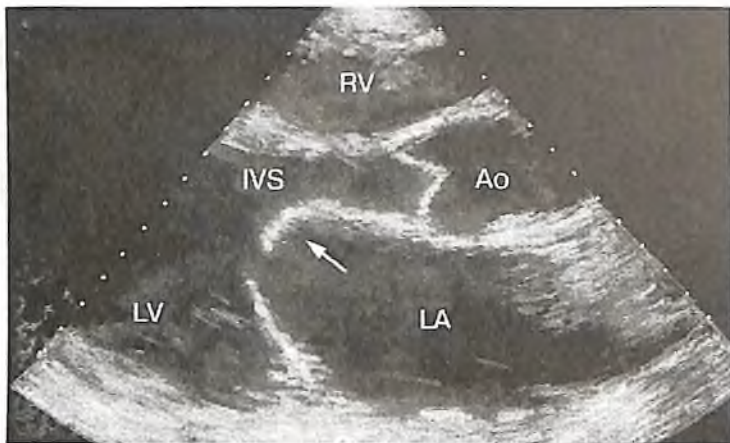
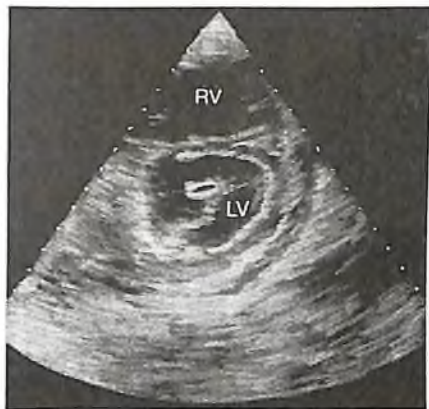


Рис. 4.4. «Парусение» передней створки митрального клапана при митральном стенозе (двухмерная эхокардиограмма из парастерального доступа по длинной оси). Отмечается также увеличение размеров левого предсердия.



а



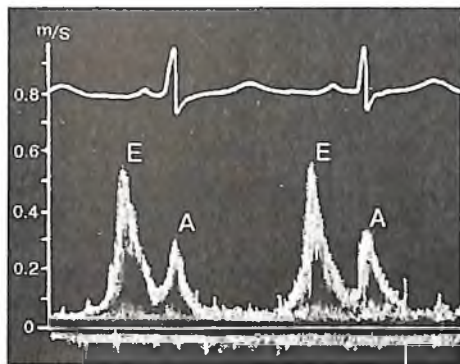
б

Рис. 4.5. Уменьшение диастолического расхождения створок клапана в площади митрального отверстия при двухмерном исследовании из парастерального доступа по короткой оси: а — норма, б — митральный стеноз.

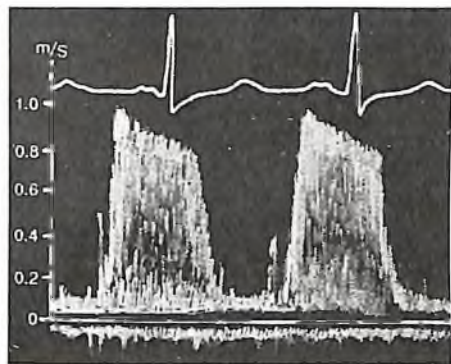
Допплер-эхокардиографическое исследование трансмитрального диастолического потока крови позволяет выявить несколько признаков, характерных для митрального стеноза и связанных преимущественно со значительным *увеличением диастолического градиента давления* между ЛП и ЛЖ и замедлением снижения этого градиента в период наполнения ЛЖ. К числу этих признаков относятся: 1) увеличение максимальной линейной скорости раннего трансмитрального кровотока до $1,6-2,5 \text{ м} \cdot \text{с}^{-1}$ (в норме — около $0,6 \text{ м} \cdot \text{с}^{-1}$), 2) замедление спада скорости диастолического наполнения (уплощение спектрограммы) и 3) значительная турбулентность движения крови (рис. 4.6).

Последний признак проявляется существенно более широким, чем в норме, распределением частот и уменьшением площади «окна» спектрограммы (рис. 4.6, б). Напомним, что нормальный (ламинарный) поток крови в доплеровском режиме записывается в виде узкополосного спектра, состоящего из близких по абсолютным значениям изменений частот (скоростей). Причем, между точками спектра с максимальной и минимальной интенсивностью имеется отчетливо выраженное «окно» (рис. 4.6, а).

Для измерения площади левого атриовентрикулярного отверстия в настоящее время используют два способа. При *двухмерной ЭхоКГ* из парастерального доступа по короткой оси на уровне кончиков створок клапана площадь отверстия определяют планиметрически, обводя курсором контуры отверстия в момент максимального диастолического раскрытия створок клапана (см. рис. 4.5).



а



б

Рис. 4.6. Допплерограммы трансмитрального потока крови в норме (а) и при митральном стенозе (б).

Более точные данные получают при *доплеровском исследовании* трансмитрального потока крови и определении диастолического градиента трансмитрального давления. В норме он составляет 3—4 мм рт.ст. При увеличении степени стеноза возрастает и градиент давления. Для расчета площади отверстия измеряют время, за которое максимальный градиент снижается вдвое (рис. 4.7). Это так называемое *время полуспада градиента давления* ($T_{1/2}$).

Градиент давления по данным доплер-эхокардиографии вычисляется с помощью упрощенного уравнения Бернулли:

$$\Delta P = 4 \times V^2 \quad [4.1]$$

где ΔP — градиент давления по обе стороны обструкции (мм рт.ст.), а V — максимальная скорость кровотока дистальной обструкции ($\text{м} \cdot \text{с}^{-1}$).

Это означает, что при снижении ΔP в два раза максимальная линейная скорость кровотока уменьшается в 1,4 раза ($\sqrt{2} = 1,4$). Поэтому для измерения времени полуспада градиента давления ($T_{1/2}$) достаточно определить время, за которое максимальная линейная скорость кровотока уменьшается в 1,4 раза (рис. 4.7). Было показано, что если площадь левого атриовентрикулярного отверстия равна 1 см^2 время $T_{1/2}$ составляет 220 мс. Отсюда площадь отверстия S может быть определена по формуле:

$$S (\text{см}^2) = \frac{220}{T_{1/2} (\text{мс})} \quad [4.2]$$

При $T_{1/2}$ меньше 220 мс, площадь отверстия превышает 1 см^2 , наоборот, если $T_{1/2}$ больше 220 мс, площадь отверстия меньше 1 см^2 .

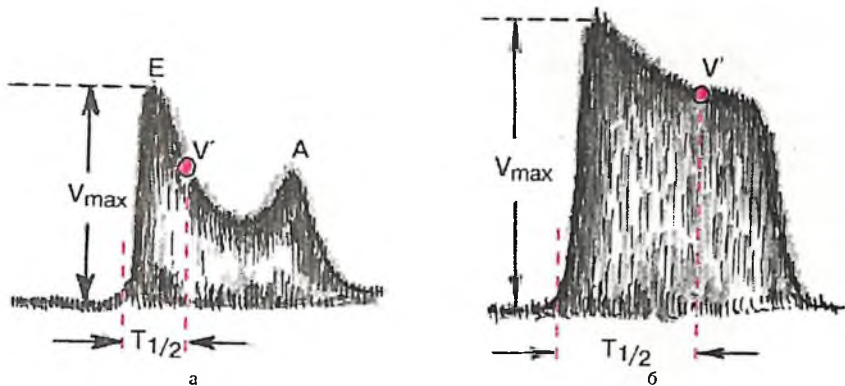


Рис. 4.7. Количественная оценка характера трансмитрального диастолического кровотока в норме (а) и у больного со стенозом левого атриовентрикулярного отверстия (б). Объяснение в тексте.

V_{max} — максимальная скорость кровотока (фаза быстрого наполнения), V' — моментная линейная скорость кровотока, равная 70% от максимальной (уменьшение скорости в 1,4 раза), $T_{1/2}$ — время полуспада диастолического градиента давления (снижение градиента в 2 раза по сравнению с максимальным).

Кальциноз митрального клапана. В клинической практике, особенно у больных старческого возраста, а также у пациентов с хроническими заболеваниями почек, гипертрофической кардиомиопатией (ГКМП) и другими патологическими процессами, сопровождающимися нарушением обмена кальция, нередко встречаются случаи *дегенеративного* изменения митрального клапана в виде кальциноза всех структур клапанного аппарата. На эхокардиограммах при этом обнаруживают снижение подвижности створок клапана и уплотнение структур клапанного аппарата (рис. 4.8). Обычно эти изменения не сопровождаются гемодинамически значимой обструкцией левого атриовентрикулярного отверстия. Тем не менее при обнаружении кальциноза митрального клапана во время эхокардиографического исследования целесообразно применение описанных выше способов вычисления площади левого атриовентрикулярного отверстия, чтобы исключить относительно редкие случаи, требующие хирургического вмешательства.

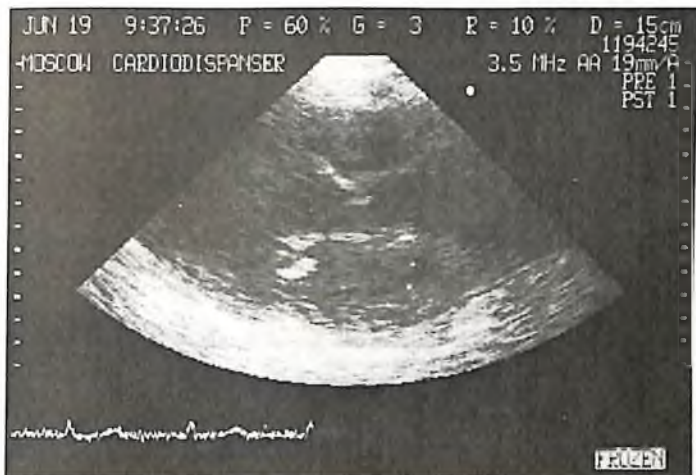


Рис. 4.8. Кальциноз створок митрального клапана.

4.2. НЕДОСТАТОЧНОСТЬ МИТРАЛЬНОГО КЛАПАНА

Недостаточность — это наиболее частая патология митрального клапана, клинические проявления которой (в том числе аускультативные) нередко слабо выражены или отсутствуют вообще.

Различают 2 основные формы митральной регургитации (рис. 4.9):

1. *Органическая* недостаточность митрального клапана со сморщиванием и укорочением створок клапана, отложением в них кальция и поражением подклапанных структур (ревматизм, инфекционный эндокардит, атеросклероз, системные заболевания соединительной ткани) (рис. 4.9, а).

2. *Относительная* митральная недостаточность, обусловленная нарушением функции клапанного аппарата, при отсутствии грубых морфологических изменений створок клапана.

Причинами относительной митральной недостаточности являются:

- 1) пролабирование митрального клапана;
- 2) ИБС, в том числе острый ИМ (инфаркт сосочковой мышцы и другие механизмы дисфункции клапанного аппарата) (рис. 4.9, б);
- 3) заболевания ЛЖ, сопровождающиеся его выраженной дилатацией и расширением фиброзного кольца клапана и/или дисфункцией клапанного аппарата (артериальные гипертензии, аортальные пороки сердца, кардиомиопатии и др.) (рис. 4.9, в);
- 4) разрыв сухожильных нитей;
- 5) кальциноз папиллярных мышц и фиброзного кольца митрального клапана.

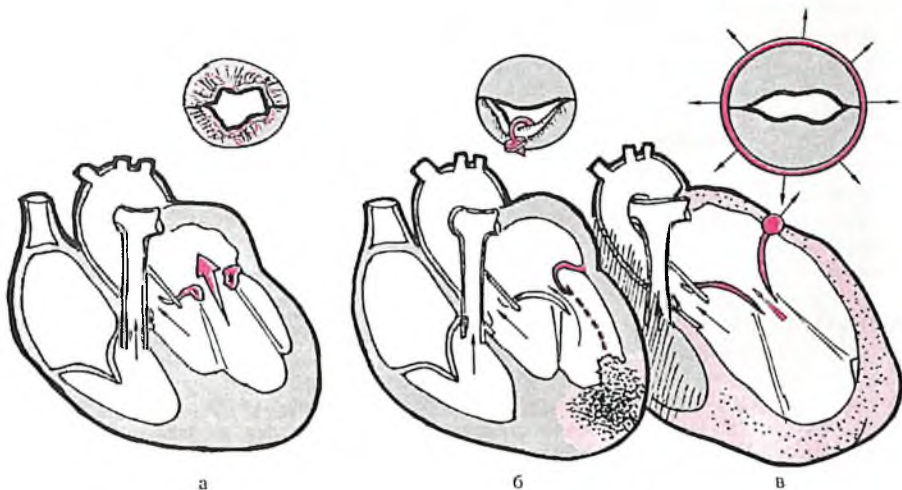


Рис. 4.9. Органическая (а) и два варианта относительной недостаточности митрального клапана (б, в).
Объяснение в тексте.

Прямых эхокардиографических признаков митральной недостаточности при применении одно- и двухмерной эхокардиографии не существует. Единственный достоверный признак органической митральной недостаточности — *несмыкание (сепарация) створок митрального клапана* во время систолы желудочка — выявляется крайне редко (рис. 4.10). К числу косвенных эхокардиографических признаков митральной недостаточности, отражающих характерные для этого порока гемодинамические сдвиги, относятся:

- 1) увеличение размеров ЛП;
- 2) гиперкинезия задней стенки ЛП;
- 3) увеличение общего ударного объема (по методу Simpson);
- 4) гипертрофия миокарда и дилатация полости ЛЖ.

Понятно, что каждый из этих признаков неспецифичен и встречается при множестве других патологических состояний. Только сочетание нескольких из них может иметь значение для ориентировочной диагностики этого порока, причем косвенными показателями степени митральной недостаточности служат *объем ЛП и ЛЖ*.

Предлагавшиеся ранее эхокардиографические признаки (увеличение диастолического расхождения створок митрального клапана, систолическая сепарация створок клапана, изменение амплитуды и скорости открытия передней створки клапана и др.) далеко не всегда обнаруживаются при митральной регургитации и не являются строго специфичными.

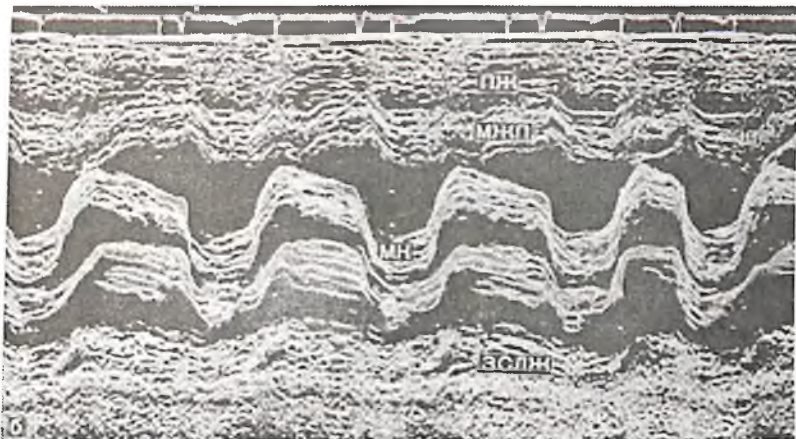


Рис. 4.10. Одномерная эхокардиограмма больного с сочетанным митральным пороком сердца с преобладанием недостаточности. Выявляется выраженная сепарация створок митрального клапана (по В.В.Зарецкому с соавт.).

Наиболее достоверным методом выявления митральной регургитации является доплеровское исследование, в частности так называемое картирование доплеровского сигнала. Исследование проводится из верхушечного доступа четырехкамерного или двухкамерного сердца в импульсно-волновом режиме, который позволяет последовательно перемещать контрольный (стробирующий) объем на различном расстоянии от створок митрального клапана, начиная от места их смыкания и далее в сторону верхней и боковой стенки ЛП (рис. 4.11, а). Таким образом производят поиск струи регургитации, которая хорошо выявляется на доплер-эхокардиограммах в виде характерного спектра, направленного вниз от базовой нулевой линии (рис. 4.11, б). Плотность спектра митральной регургитации и глубина его проникновения в левое предсердие прямо пропорциональны степени митральной регургитации.

При 1-й степени митральной регургитации последняя выявляется сразу за створками МК, при 2-й степени — распространяется на 20 мм от створок вглубь ЛП, при 3-й степени — примерно до середины ЛП и при 4-й степени — достигает противоположной стенки предсердия.

Следует помнить, что незначительная регургитация, которая регистрируется сразу за створками митрального клапана, может быть выявлена примерно у 40–50% здоровых людей. Как правило, такая *физиологическая регургитация* обнаруживается на протяжении короткого времени в самом начале систолы ЛЖ, а глубина проникновения потока крови в ЛП обычно не превышает 10 мм. В отличие от этого средне- и позднесистолические потоки митральной регургитации являются патологическими и возникают вследствие органической или относительной недостаточности митрального клапана.

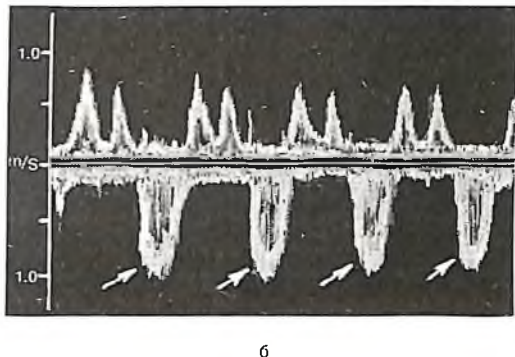


Рис. 4.11. Картирование доплеровского сигнала у больного с митральной недостаточностью: а — схема картирования (черными точками отмечено последовательное перемещение контрольного объема), б — доплерограмма трансмитрального потока крови, зарегистрированная на уровне выходного отдела ЛП. Регургитация крови из ЛЖ в ЛП отмечена стрелками.

Наибольшей информативностью и наглядностью в выявлении митральной регургитации отличается метод **цветного доплеровского сканирования**.

Струя крови, во время систолы возвращающаяся в ЛП, при цветном сканировании из апикального доступа окрашена в светло-синий цвет (рис. 4.12). Величина и объем этого потока регургитации зависит от степени митральной недостаточности.

При *минимальной степени* регургитирующий поток имеет небольшой диаметр на уровне створок левого атриовентрикулярного клапана и не достигает противоположной стенки ЛП. Его объем не превышает 20% от общего объема предсердия (рис. 4.12, а).

При *умеренной* митральной регургитации обратный систолический поток крови на уровне створок клапана становится шире, и достигает противоположной стенки ЛП, занимая около 50–60% объема предсердия (рис. 4.12, б).

Тяжелая степень митральной недостаточности характеризуется значительным диаметром регургитирующего потока крови уже на уровне створок митрального клапана. Обратный поток крови занимает практически весь объем предсердия и иногда заходит даже в устье легочных вен (рис. 4.12, в).

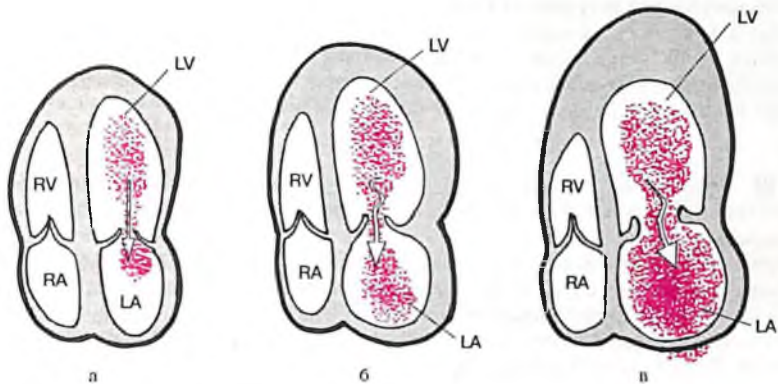


Рис. 4.12. Схема изменений, выявляемых при цветном доплеровском сканировании во время систолы желудочков у больных с различной степенью митральной регургитации: а – минимальная степень (регургитирующий поток крови имеет небольшой диаметр на уровне створок МК и не достигает противоположной стенки ЛП), б – умеренная степень (регургитирующий поток крови достигает противоположной стенки ЛП), в – выраженная недостаточность митрального клапана (регургитирующий поток крови достигает противоположной стенки ЛП и занимает почти весь объем предсердия).

Объем митральной регургитации может быть вычислен на основании данных двухмерной эхокардиографии и доплеровского исследования. Для этого необходимо знать 1) общий УО (двухмерная ЭхоКГ, метод Simpson), 2) систолический объем крови через аортальный клапан (доплер-эхокардиограмма аортального потока крови) и 3) площадь аортального клапана. *Фракция митральной регургитации (RF)* вычисляется по формуле:

$$RF = \frac{V_p - V_d}{V_p} \cdot 100\% \quad [4.3.]$$

где RF — фракция митральной регургитации, V_p — общий УО ЛЖ, вычисленный по методу Simpson (разница между КДО и КСО), V_d — доплеровское вычисление потока крови через аортальный клапан (см. выше).

Следует отметить, что приведенный способ расчета объема митральной регургитации в силу возможных методических и технических погрешностей отличается сравнительно невысокой точностью, хотя наряду с другими методами может быть использован для ориентировочного суждения о степени митральной недостаточности. При значениях фракции митральной регургитации (RF) менее 35% у больных в течение длительного времени отсутствуют признаки сердечной недостаточности, тогда как увеличение этого показателя больше 50% обычно сопровождается симптомами декомпенсации и требует радикальной хирургической коррекции данного порока.

Более точные данные о тяжести митральной недостаточности могут быть получены при использовании результатов *цветного доплеровского сканирования* (метод определения скорости профиля «проксимального сходящегося потока»).

Относительная митральная недостаточность. При относительной митральной недостаточности, обусловленной *дисфункцией папиллярных мышц*, на одномерной эхокардиограмме выявляются различные нарушения диастолического и систолического движения створок митрального клапана. Например, при *инфаркте папиллярной мышцы* амплитуда диастолического открытия передней и задней створок клапана увеличивается и становится почти одинаковой, а изображение митрального клапана приобретает форму «двойного алмаза» (рис. 4.13).

В некоторых случаях дисфункция папиллярных мышц сопровождается появлением дополнительной *поздней диастолической волны В* на нисходящем колене кривой А-С одномерной ЭхоКГ (рис. 4.14, а) или очень *высокой волны А*, амплитуда которой значительно превышает амплитуду волны раннего диастолического наполнения ЛЖ — Е (рис. 4.14, б).

Двухмерное эхокардиографическое исследование у пациентов с относительной митральной недостаточностью позволяет выявить дилатацию полостей ЛП и ЛЖ, а также *уплотнение и кальциноз* папиллярной мышцы и фиброзного кольца и оценить выраженность пролабирования митрального клапана (см. ниже).

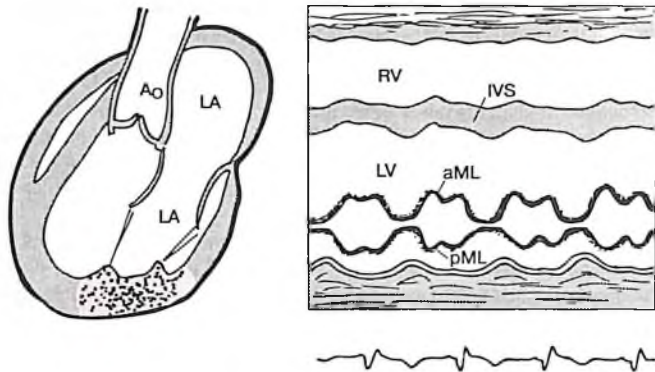
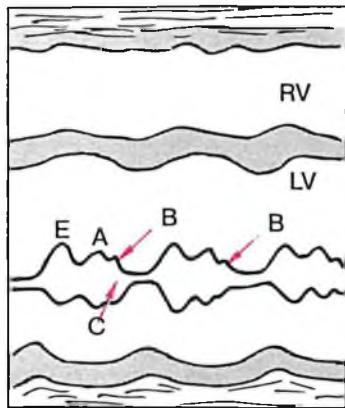
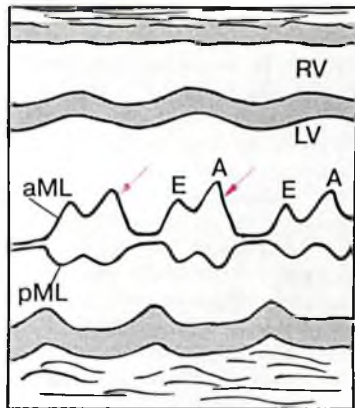


Рис. 4.13. Одномерная эхокардиограмма больного с инфарктом папиллярной мышцы и относительной недостаточностью митрального клапана.

Амплитуда диастолического открытия обеих створок клапана почти одинакова (изображение МК типа «двойного алмаза»).



а



б

Рис. 4.14. Изменения одномерной эхокардиограммы при дисфункции папиллярных мышц: а — дополнительная поздняя диастолическая волна В на нисходящем колене кривой А—С, б — высокая волна А, амплитуда которой превышает амплитуду волны раннего диастолического наполнения ЛЖ (волны Е).

4.3. ПРОЛАБИРОВАНИЕ МИТРАЛЬНОГО КЛАПАНА

Пролабирование митрального клапана (ПМК) — это систолическое выбухание створок клапана в полость ЛП. Это одна из самых распространенных патологий клапанного аппарата. Наибольшее значение в выявлении этого поражения имеет двухмерная эхокардиография, тогда как М-модальное исследование обладает существенно меньшей чувствительностью и дает большой процент ложноотрицательных результатов.

На *двухмерной ЭхоКГ*, зарегистрированной из левого парастернального или апикального доступа, как правило, удается хорошо визуализировать систолическое движение (провисание) одной или обеих створок клапана в полость предсердия (рис. 4.15, а, б). Наблюдается также утолщение и деформация створок клапана.

В зависимости от глубины провисания створок различают три степени ПМК: первая — от 3 до 6 мм, вторая — от 6 до 9 мм и третья — более 9 мм. Значительная степень пролапса сопровождается регургитацией крови из ЛЖ в ЛП.

При *М-модальном исследовании* на ЭхоКГ во время систолы также можно обнаружить выбухание створок клапана в просвет ЛП, чаще в виде заднего, направленного от датчика, движение створки клапана (рис. 4.15, в, г).

ПМК может выявляться как у здоровых людей (например, в результате врожденного удлинения хорды одной из створок клапана), так и при различных заболеваниях сердца, сопровождающихся дисфункцией клапанного аппарата: при остром ИМ (рис. 4.15, д), хронических формах ИБС, кардиомиопатиях, миокардиодистрофиях, АГ и т.д.



а

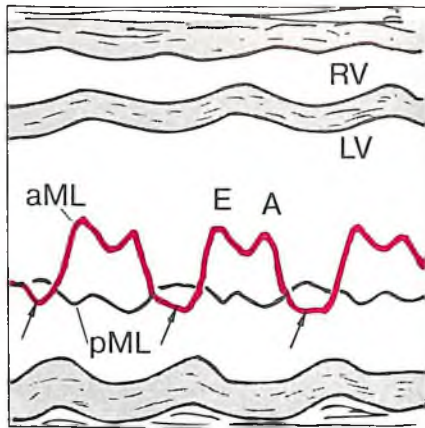


б

Рис. 4.15. Пролабирование митрального клапана: а – пролабирование передней створки МК в полость ЛП (двухмерная ЭхоКГ), б – пролабирование обеих створок МК (отмечено стрелками).



в



г

Рис. 4.15 (продолжение): в – систолическое пролабирование передней створки МК на одномерной ЭхоКГ, г – схема изменений одномерной ЭхоКГ при пролапсе передней створки МК (красный цвет).
154



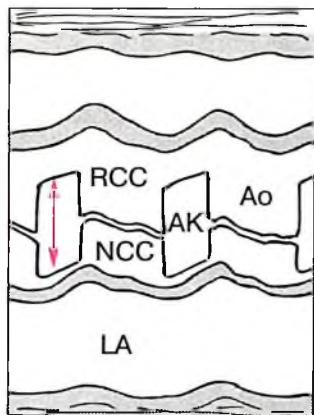
Рис. 4.15 (продолжение): д – двухмерная ЭхоКГ у больного с острым инфарктом миокарда заднебазальных отделов ЛЖ и заднемедиальной папиллярной мышцы, отрывом хорды, развитием пролабирования МК и недостаточности митрального клапана.

4.4. АОРТАЛЬНЫЙ СТЕНОЗ

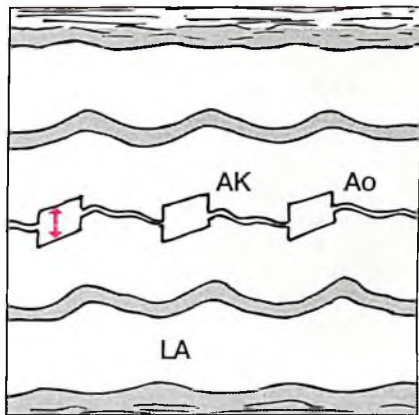
Диагностическими критериями стеноза устья аорты при *M-модальном* исследовании является уменьшение степени расхождения створок аортального клапана во время систолы ЛЖ, а также уплотнение и неоднородность структуры створок клапана.

В норме движение створок аортального клапана записывается в форме своеобразной «коробочки» во время систолы и в виде прямой во время диастолы (рис. 4.16, а), причем систолическое раскрытие створок аортального клапана обычно превышает 12–18 мм. При тяжелой степени стеноза раскрытие створок становится меньше 8 мм (рис. 4.16, б). Расхождение створок в пределах 8–12 мм может соответствовать разной степени аортального стеноза.

В то же время следует иметь в виду, что этот показатель, определяемый при *M-модальном* исследовании, не относится к числу надежных и достоверных критериев тяжести стеноза, поскольку он во многом зависит от величины УО. При застойной недостаточности кровообращения, мерцательной тахикардии и других патологических состояниях, сопровождающихся уменьшением сердечного выброса, степень расхождения створок аортального клапана также уменьшается, достигая в отдельных случаях критического значения — 12 мм.



а



б

Рис. 4.16. Схема изменений одномерной эхокардиограммы при аортальном стенозе: а – систолическое раскрытие створок аортального клапана (АК) у здорового человека, б – систолическое раскрытие створок АК у больного с аортальным стенозом.

Двухмерное исследование в В-режиме из парастернального доступа по длинной оси сердца позволяет выявить более достоверные признаки аортального стеноза (рис. 4.17):

1. Систолический прогиб створок клапана в сторону аорты (эхокардиографический симптом, аналогичный «парусению» створок митрального клапана при стенозе левого атриовентрикулярного отверстия) или расположение створок под углом друг к другу. Эти два признака свидетельствуют о *неполном раскрытии аортального клапана* во время систолы ЛЖ.

2. *Выраженная гипертрофия миокарда ЛЖ* при отсутствии существенной дилатации его полости, в результате чего КДО и КСО ЛЖ в течение длительного времени мало отличаются от нормы, но имеется значительное увеличение толщины МЖП и задней стенки ЛЖ. Только в далеко зашедших случаях аортального стеноза, когда развивается многолетняя дилатация ЛЖ или возникает митрализация порока, на эхокардиограмме определяется увеличение размеров ЛЖ.

3. *Постстенотическое расширение аорты*, обусловленное значительным увеличением линейной скорости кровотока через суженное аортальное отверстие.

4. *Выраженный кальциноз створок аортального клапана и корня аорты*, что сопровождается увеличением интенсивности эхосигналов от створок клапана, а также появлением в просвете аорты множества интенсивных эхосигналов, параллельных стенкам сосуда.

Следует подчеркнуть, что площадь аортального отверстия не может оцениваться по данным двухмерной ЭхоКГ, так как в большинстве случаев происходит выраженная деформация клапанного отверстия и грубый кальциноз створок, что затрудняет планиметрическое определение его площади.

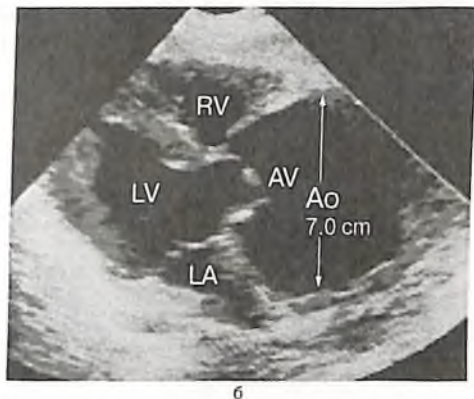
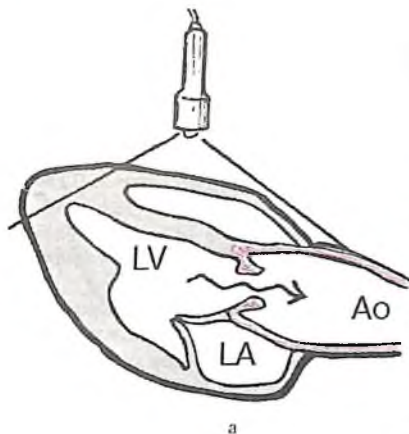


Рис. 4.17. Двухмерная эхокардиограмма, зарегистрированная из парастерального доступа по длинной оси сердца у больного с аортальным стенозом (б). Заметно утолщение створок АК, неполное их раскрытие в систолу, значительное постстенотическое расширение аорты и выраженная гипертрофия задней стенки ЛЖ и МЖП (по В.К.Khandheria, А.Ж.Тажик, С.Л.Тайлор et al., 1989). Слева – схема УЗ-исследования (а).

Самым надежным способом выявления стеноза устья аорты и определения его тяжести является *доплерэхокардиографическое исследование* в сочетании с двухмерной эхокардиографией. При аортальном стенозе линейная скорость кровотока в аорте существенно выше, чем в норме, достигая $3-5 \text{ м} \cdot \text{с}^{-1}$ (рис. 4.18). Степень сужения клапана оценивается по величине градиента давления между ЛЖ и аортой. Исследование проводится из апикального или супрастернального доступа в постоянно-волновом режиме, который позволяет измерять очень высокие скорости кровотока в аорте. Градиент давления по обе стороны аортальной обструкции определяется по формуле:

$$\Delta P = 4 \cdot V^2,$$

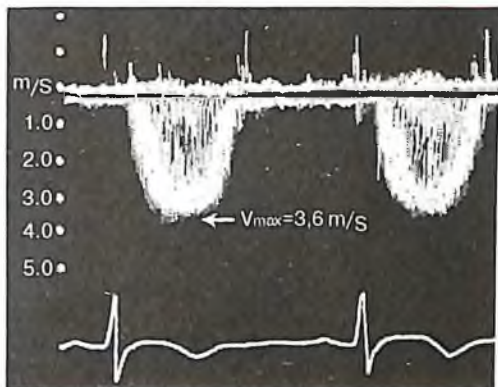
где ΔP — градиент давления между ЛЖ и аортой (мм рт.ст.), V — максимальная скорость кровотока дистальнее обструкции.

В целом, чем больше градиент давления, тем более выражено сужение аортального клапана. Если максимальная линейная скорость кровотока в аорте $> 4 \text{ м} \cdot \text{с}^{-1}$ (ΔP больше 64 мм рт.ст.), имеется тяжелая степень критического стеноза, безусловно требующая хирургической коррекции. Если эта скорость $< 3 \text{ м} \cdot \text{с}^{-1}$ (ΔP меньше 36 мм рт.ст.), речь идет, как правило, об умеренном сужении клапана.

Однако при значениях максимальной скорости кровотока от 3 до $4 \text{ м} \cdot \text{с}^{-1}$, (ΔP от 36 до 64 мм рт.ст.) корреляция между величиной максимального градиента и степенью сужения клапана не столь определена. Поэтому в этих случаях необходим дополнительный расчет *площади отверстия АК* по данным доплеровского исследования в импульсно-волновом режиме.



а



б

Рис. 4.18. Схема доплеровского исследования трансаортального потока крови (а) и доплерограмма (б) у больного с аортальным стенозом (апикальная позиция по длинной оси ЛЖ).

Скорость трансаортального систолического потока крови достигает $3,6 \text{ м} \cdot \text{с}^{-1}$, что соответствует систолическому градиенту давлений в аорте и ЛЖ $51,8 \text{ мм рт.ст.}$

С этой целью на двухмерной эхокардиограмме планиметрически измеряют площадь поперечного сечения выносящего тракта ЛЖ (рис. 4.19, а), а по данным доплер-эхокардиографии получают спектр линейной скорости потока крови в выносящем тракте ЛЖ и в аорте, т.е. ниже и выше места сужения (рис. 4.19, б).

Объем кровотока в любой области сердца или магистрального сосуда можно определить как произведение интеграла линейной скорости потока на площадь поперечного сечения:

$$Q_0 = VTI \cdot S \quad [4.3]$$

где VTI – интеграл линейной скорости, S – площадь поперечного сечения.

Ясно, что объем кровотока в выносящем тракте ЛЖ и аорте равны между собой:

$$Q_{0\text{ЛЖ}} = Q_{0\text{А}}, \text{ или } VTI_{\text{ЛЖ}} \cdot S_{\text{ЛЖ}} = VTI_{\text{А}} \cdot S_{\text{А}} \quad [4.4]$$

При аортальном стенозе линейная скорость кровотока в аорте существенно выше, чем в выносящем тракте. Наоборот, площадь поперечного сечения выносящего тракта ЛЖ значительно больше, чем суженное отверстие аортального клапана. Зная величину интеграла скорости кровотока до- и после места сужения и площадь поперечного сечения выносящего тракта ЛЖ, можно рассчитать площадь поперечного сечения аортального клапана:

$$S_{\text{А}} = \frac{VTI_{\text{ЛЖ}} \cdot S_{\text{ЛЖ}}}{VTI_{\text{А}}} \quad [4.5]$$

Значения площади аортального отверстия больше $1,7 \text{ см}^2$ свидетельствуют об умеренной степени стеноза, от $1,1$ до $1,6 \text{ см}^2$ – о средней степени сужения и меньше $1,0 \text{ см}^2$ – о тяжелом стенозе.

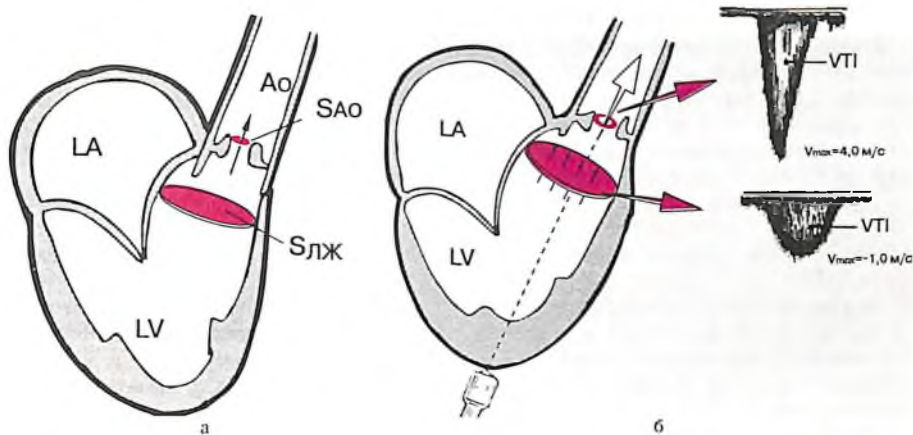


Рис. 4.19. Расчет площади отверстия аортального клапана с помощью доплеровского и двухмерного эхокардиографического исследования (схема): а – планиметрическое определение площади поперечного сечения выпящающего тракта ЛЖ, б – доплеровское определение линейной скорости систолического потока крови в выносящем тракте ЛЖ и в аорте (выше места сужения). Обозначения в тексте.

4.5. АОРТАЛЬНАЯ НЕДОСТАТОЧНОСТЬ

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 (рис. 4.20). Следует, однако, иметь в виду, что этот признак выявляется только в том случае, если регургитирующая струя крови направлена в сторону передней створки митрального клапана. В остальных случаях диастолическое дрожание створки не регистрируется.

Другой признак — *несмыкание створок аортального клапана в диастолу* — выявляется не столь часто. Косвенным признаком тяжелой аортальной недостаточности является также раннее смыкание створок митрального клапана в результате значительного повышения давления в ЛЖ.

Двухмерная эхокардиография при аортальной недостаточности несколько уступает в информативности М-модальному исследованию из-за более низкой временной разрешающей способности и невозможности во многих случаях зарегистрировать диастолическое дрожание передней створки митрального клапана. На ЭхоКГ выявляется, как правило, значительное расширение ЛЖ.

Наибольшей информативностью в диагностике аортальной недостаточности и определении его тяжести обладает доплер-эхокардиография, особенно цветное доплеровское сканирование.

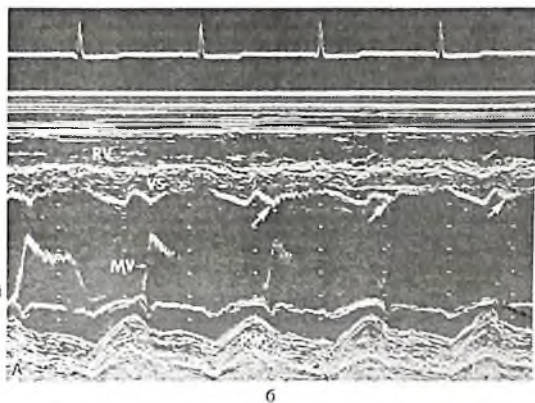


Рис. 4.20. Изменения одномерной эхокардиограммы при аортальной недостаточности: а – схема, поясняющая возможный механизм диастолического дрожания передней створки МК, б – одномерная эхокардиограмма при аортальной недостаточности (заметно диастолическое дрожание передней створки митрального клапана и МЖП) (по L.J.Olson, A.J.Tajik, 1996).

Аортальная диастолическая регургитация при использовании апикальной или левой парастернальной позиции доплеровского цветного сканирования выглядит как пестрый поток, начинающийся от аортального клапана и проникающий в ЛЖ. Следует отличать этот патологический регургитирующий диастолический поток крови от нормального физиологического тока крови в диастолу из ЛП в ЛЖ через левое атриовентрикулярное отверстие. В отличие от трансмитрального диастолического потока крови, регургитирующая из аорты струя крови исходит от аортального клапана и появляется в самом начале диастолы, сразу после закрытия створок аортального клапана (II тон). Нормальный диастолический ток крови через митральный клапан возникает чуть позже, только после окончания фазы изоволюмического расслабления ЛЖ (рис. 4.21).

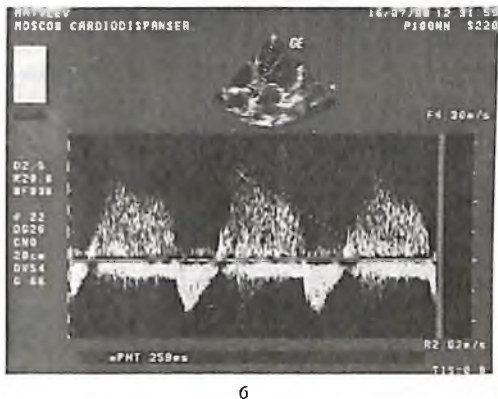
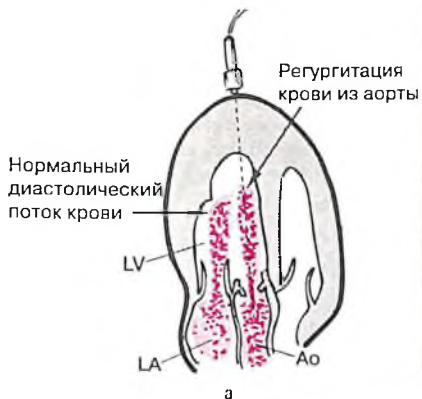


Рис. 4.21. Допплер-эхокардиографические признаки аортальной недостаточности: а — схема двух диастолических потоков крови в левый желудочек (нормальный — из ЛП, и регургитирующий — из аорты), б — доплеровское исследование потока аортальной регургитации (время полуспада давления составляет 260 мс).

Количественное определение степени аортальной недостаточности основано на измерении времени полуспада ($T_{1/2}$) диастолического градиента давления между аортой и ЛЖ (см. аналогичные вычисления при стенозе левого атриовентрикулярного отверстия). Скорость регургитации потока крови определяется градиентом давления между аортой и ЛЖ. Чем быстрее уменьшается эта скорость, тем быстрее выравнивается давление между аортой и желудочком и тем более выражена аортальная недостаточность (при митральном стенозе имеются обратные отношения). Если время полуспада градиента давления ($T_{1/2}$) меньше 200 мс, имеет место тяжелая аортальная недостаточность. При значениях $T_{1/2}$ больше 400 мс речь идет о малой степени аортальной недостаточности (рис. 4.22).

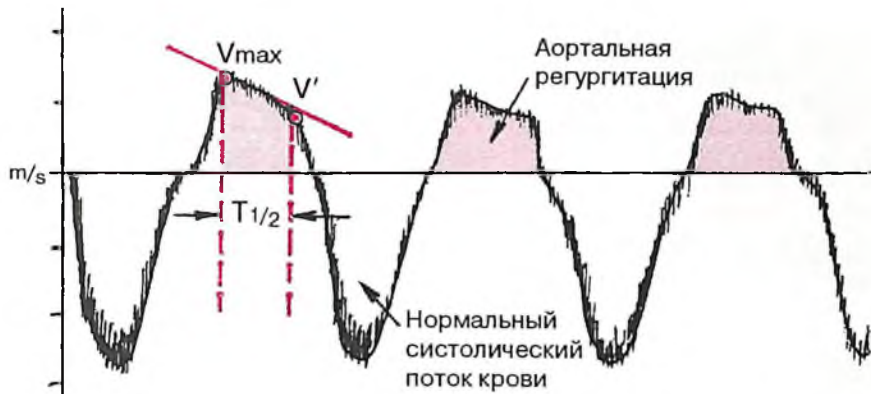
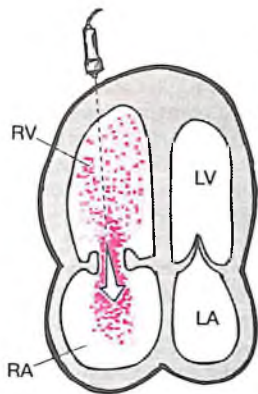


Рис. 4.22. Определение степени аортальной недостаточности по данным доплеровского исследования регургитирующего диастолического потока крови через аортальный клапан. $T_{1/2}$ — время полуспада диастолического градиента давлений в аорте и левом желудочке.

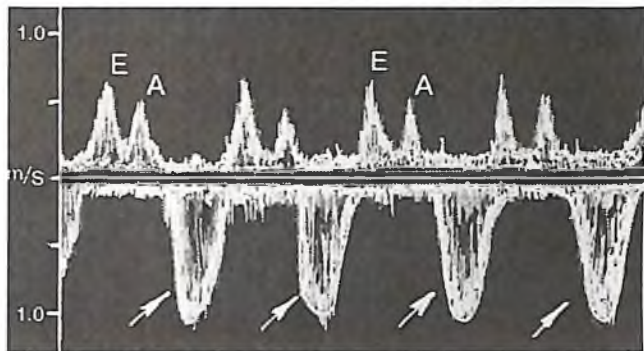
4.6. НЕДОСТАТОЧНОСТЬ ТРЕХСТВОРЧАТОГО КЛАПАНА

Недостаточность трехстворчатого клапана чаще развивается вторично, на фоне декомпенсации ПЖ, обусловленной легочной АГ (легочное сердце, митральный стеноз, первичная легочная гипертензия и др.). Поэтому органические изменения створок самого клапана, как правило, отсутствуют. При М-модальном и двухмерном эхокардиографическом исследовании могут быть выявлены косвенные признаки порока — *дилатация и гипертрофия ПЖ и ПП*, соответствующие объемной перегрузке этих отделов сердца. Кроме того, при двухмерном исследовании обнаруживаются *парадоксальные движения МЖП и систолическая пульсация нижней полой вены*. Прямые и достоверные признаки трикуспидальной регургитации могут быть обнаружены только при **доплеровском исследовании**. В зависимости от степени недостаточности струя трикуспидальной регургитации выявляется в правом предсердии на различной его глубине (рис. 4.23). Иногда она достигает нижней полой вены и печеночных вен. При этом следует помнить, что у 60–80% здоровых лиц также выявляется незначительная регургитация крови из ПЖ в ПП, однако максимальная скорость обратного тока крови при этом не превышает $1 \text{ м} \cdot \text{с}^{-1}$.

Доплеровское исследование трикуспидальной регургитации используется также для количественной оценки давления в ЛА и диагностике легочной АГ (см. ниже).



а



б

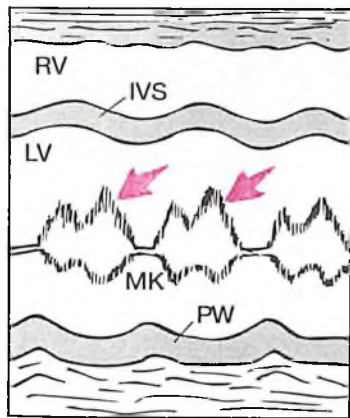
Рис. 4.23. Допплерограмма трикуспидальной недостаточности: а — схема доплеровского сканирования из апикальной позиции четырехкамерного сердца, б — доплерограмма трикуспидальной регургитации (отмечено стрелками).

4.7. ПОРАЖЕНИЕ КЛАПАННОГО АППАРАТА ПРИ ИНФЕКЦИОННОМ ЭНДОКАРДИТЕ

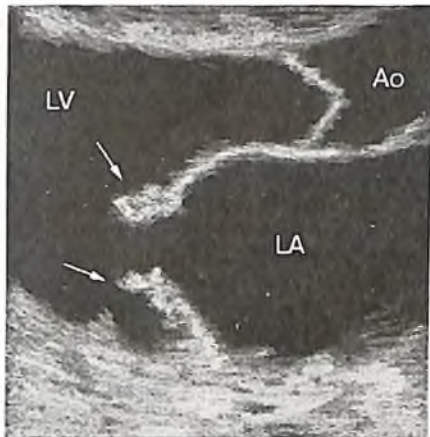
Эхокардиографическое исследование клапанного аппарата при инфекционном эндокардите имеет важное практическое значение, поскольку во многих случаях оно позволяет выявить прямые признаки этого заболевания — вегетации на клапанах, если их размеры превышают 2–3 мм. Большой информативностью в данном случае обладает **M-модальное исследование**. Отличаясь более высокой разрешающей способностью, оно позволяет обнаружить низкоамплитудные высокочастотные систолические вибрации, связанные с повреждением створок клапанов. Вегетации обнаруживаются в виде множества дополнительных эхосигналов, как бы «размывающих» изображение движущихся створок клапана («лохматые» створки) (рис. 4.24, а).

Двухмерная эхокардиография позволяет не только визуализировать вегетации, но и оценить их форму, величину и подвижность (рис. 4.24, б, в). Подвижные вегетации имеют обычно несколько вытянутую форму. Одним своим концом они прикрепляются к створкам, а другой конец свободно перемещается с током крови, как бы независимо от движения самих створок. Например, при поражении трехстворчатого клапана вегетации то всплывают в полости ПП (в систолу), то появляются в полости ПЖ (в диастолу) (рис. 4.25).

Неподвижные вегетации представляют собой небольшие утолщения на створках клапана, которые относительно прочно связаны с ними и полностью повторяют движения створок.



а



б

Рис. 4.24. Эхокардиографические признаки вегетаций на створках митрального клапана: а – одномерная эхокардиограмма, б – двухмерная эхокардиограмма (фрагмент). Объяснение в тексте.



Рис. 4.24 (продолжение): в — двухмерная эхокардиограмма из апикальной позиции четырехкамерного сердца (вегетации на створках митрального клапана).



а



б

Рис. 4.25. Подвижные вегетации на створках трикуспидального клапана: а – систола, б – диастола (вегетации обращены в полость ПЖ).

Одним из тяжелых осложнений инфекционного эндокардита является разрыв сухожильных нитей митрального клапана, что вызывает патологическое движение соответствующей створки. Разрыв хорд задней или передней створок сопровождается хаотичными крупноамплитудными колебаниями створок и систолическим пролабированием их в полость ЛП. При двухмерной эхокардиографии иногда можно непосредственно визуализировать разорванные хорды, свободно перемещающиеся в полости ЛЖ.

Глава 5
ДИАГНОСТИКА ЛЕГОЧНОЙ ГИПЕРТЕНЗИИ

Неинвазивное определение давления в малом круге кровообращения и диагностика легочной артериальной гипертензии необходимы для оценки тяжести течения и прогноза многих заболеваний сердца: острого ИМ, митральных и аортальных пороков сердца, легочного сердца и др. *M-модальное* и, особенно, *двухмерное ультразвуковое исследование* позволяет выявить ряд косвенных признаков, характерных для повышения давления в ЛА:

1. Гипертрофию и дилатацию ПЖ.
2. Вторичную недостаточность легочного и трехстворчатого клапанов.
3. Изменение характера движения задней створки клапана легочной артерии, в частности уменьшение скорости снижения сегмента EF и исчезновение волны А и др.

С помощью *доплеровского исследования* можно выявить наиболее достоверные качественные и количественные признаки гипертензии. Качественные критерии легочной гипертензии заключаются в изменении формы потока крови в выносящем тракте ПЖ и в устье клапана ЛА. При нормальном давлении в ЛА форма потока крови приближается к куполообразной и симметричной (рис. 5.1, а), а при легочной гипертензии становится треугольной или двухпиковой (рис. 5.1, б, в). Треугольный тип формы кривой характеризуется более быстрым формированием пика линейной скорости, который смещается к началу кривой (рис. 5.1, б). Двухпиковый тип кривой также отличается уменьшением времени начального ускорения кровотока в ЛА, после чего наблюдается мезосистолическое его замедление, а затем снова — позднесистолическое ускорение (рис. 5.1, в). Кривая линейной скорости при этом приобретает своеобразный W-образный вид.

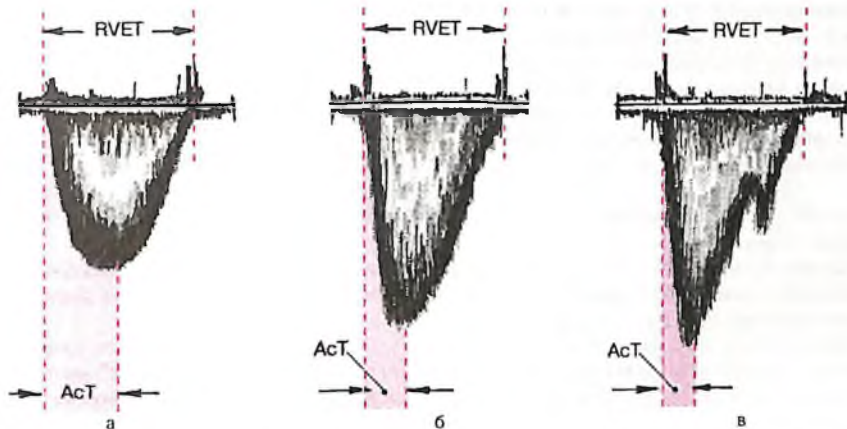


Рис. 5.1. Изменение формы доплерограммы систолического потока крови в выносящем тракте правого желудочка: а – куполообразная и симметричная форма потока при отсутствии легочной гипертензии, б – треугольная форма потока крови при легочной гипертензии, в – двухпиковый тип кривой при легочной гипертензии. Объяснение в тексте.

Количественное определение систолического давления в ЛА ($СД_{ЛА}$) возможно при использовании постоянно-волнового доплеровского исследования трикуспидальной регургитации, выявляемой у большинства больных с легочной гипертензией и у многих здоровых лиц (рис. 5.2). Для этого из апикального доступа или парастернальной позиции по длинной оси определяют максимальную скорость обратного тока крови из ПЖ в ПП. Вычисление систолического градиента давления между этими отделами сердца (систолического транстрикуспидального градиента давления) осуществляется с помощью модифицированного уравнения Бернулли:

$$\Delta P = 4 V^2,$$

где ΔP — систолический транстрикуспидальный градиент давления (мм рт.ст.), V — максимальная скорость потока регургитации ($м \cdot с^{-1}$).

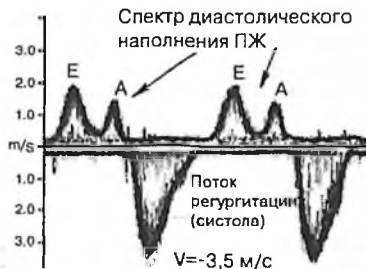
При отсутствии стеноза ЛА $СД_{ЛА} = СД_{ПЖ}$. Очевидно, что величина $СД_{ПЖ}$ равна сумме систолического транстрикуспидального градиента давления (ΔP) и систолического давления в правом предсердии ($СД_{ПП}$): $СД_{ПЖ} = \Delta P + СД_{ПП}$

При градиенте давления (ΔP) меньше 50 мм рт. ст. давление в ПП обычно можно принять за 5 мм рт.ст., при ΔP от 50 до 85 мм рт.ст. — за 10 мм рт.ст., а при градиенте больше 85 мм рт.ст. — за 15 мм рт.ст. Тогда расчет систолического давления в ЛА ($СД_{ЛА}$) можно проводить по следующим формулам:

1. При ΔP меньше 50 мм рт. ст.: $СД_{ЛА} = \Delta P + 5$ (мм рт.ст.) [5.1]

2. При ΔP от 50 до 85 мм рт. ст.: $СД_{ЛА} = \Delta P + 10$ (мм рт.ст.) [5.2]

3. При ΔP больше 85 мм рт. ст.: $СД_{ЛА} = \Delta P + 15$ (мм рт.ст.) [5.3]



$$\Delta P_s = P_{\text{ПЖ}} - P_{\text{ПП}} = 4V_{\text{max}}^2$$

$$\Delta P_s = 4(3,5)^2 = 49 \text{ мм рт.ст.}$$

$$P_{\text{ПЖ}} - P_{\text{ПП}} = 49 \text{ мм рт.ст.}$$

$$P_{\text{ПЖ}} = 49 + 5 = 54 \text{ мм рт.ст.}$$

$$P_{\text{ЛА}} = P_{\text{ПЖ}} = 54 \text{ мм рт.ст.}$$

Рис. 5.2. Принцип эхокардиографического определения систолического давления в легочной артерии: а — схема доплеровского сканирования транстрикуспидального потока крови, б — доплеровский спектр потока крови (спектр систолической регургитации направлен вниз). Объяснение и обозначения в тексте.

Приведенные расчеты $СД_{ЛА}$ справедливы только для случаев, когда отсутствует стеноз ЛА. При наличии обструкции в устье ЛА для определения $СД_{ЛА}$ из величины суммы ($\Delta P + СД_{ПП}$) нужно вычесть градиент давления через клапан ЛА.

Диастолическое давление в ЛА ($ДД_{ЛА}$) также может быть вычислено с помощью постоянно-волнового доплеровского исследования максимальной скорости диастолической регургитации крови из ЛА в ПЖ, которая, как и трикуспидальная недостаточность, обнаруживается не только при легочной гипертензии, но и у большинства здоровых лиц (рис. 5.3). Расчет ведут по формуле:

$$ДД_{ЛА} = \Delta P_d + D_{ПП}, \quad [5.4]$$

где ΔP_d — диастолический градиент давления между ЛА и ПЖ; $D_{ПП}$ — давление в правом предсердии.

Давление в правом предсердии принимают равным 5 мм рт.ст., если нижняя полая вена после глубокого вдоха уменьшает свой просвет более, чем на 50%. В остальных случаях считают, что давление в правом предсердии равно 15 мм рт.ст.

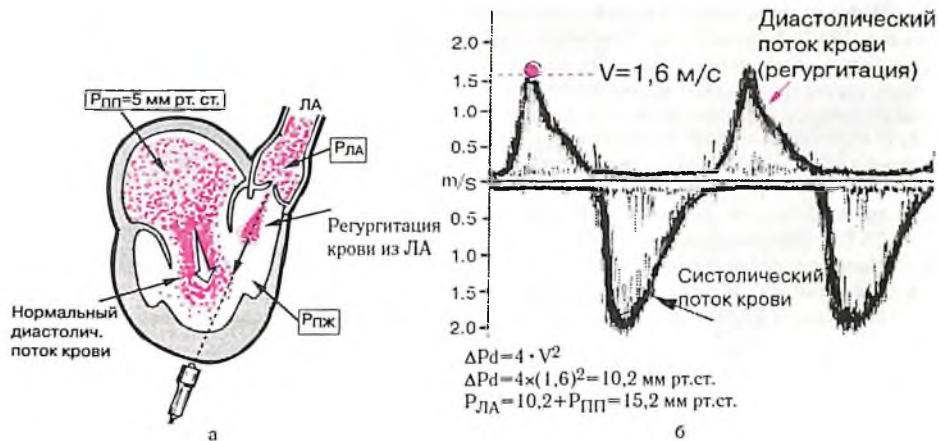


Рис. 5.3. Принцип эхокардиографического определения диастолического давления в легочной артерии: а — схема доплеровского сканирования потока крови в устье легочной артерии, б — доплеровский спектр потока крови (спектр диастолической регургитации направлен вверх). Объяснение и обозначения в тексте.

Метод количественного определения среднего давления в ЛА ($CpD_{ЛА}$) (по А. Kitabatake с соавт., 1983). Данный метод отличается относительной простотой и в то же время достаточной точностью определения $CpD_{ЛА}$. Он основан на измерении некоторых количественных параметров, характеризующих систолический поток крови в выходном отделе ПЖ (рис. 5.1 и 5.4), и вычислении отношения времени ускорения потока (времени от начала кривой до ее пика — AcT) к общей длительности изгнания из ПЖ ($RVET$). Было показано, что это отношение находится в экспоненциальной зависимости от величины среднего давления в ЛА:

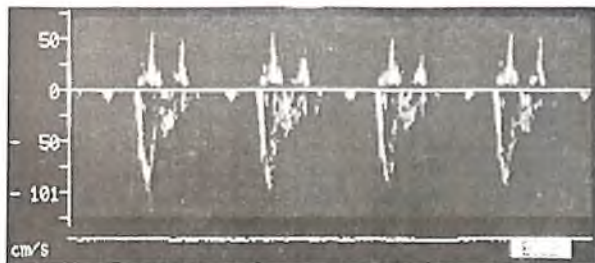
$$\lg(CpD_{ЛА}) = -2,8 \cdot (AcT / RVET) + 2,4 \text{ (мм рт.ст.)},$$

где AcT — время ускорения кровотока от начала изгнания до его вершины (мс),

$RVET$ — продолжительность изгнания ПЖ (мс).

Исследование проводят в импульсно-волновом режиме, устанавливая контрольный объем в середине выходного тракта ПЖ непосредственно перед клапаном ЛА.

В таблице 5.1 представлены значения $CpD_{ЛА}$ в зависимости величины отношения $AcT/RVET$.



а

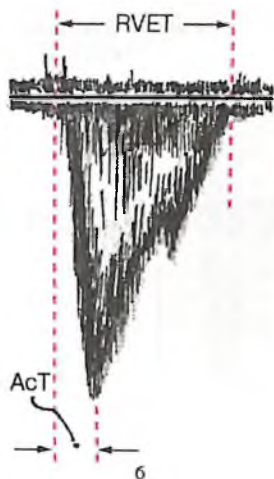


Рис. 5.4. Допплерограмма систолического потока крови в устье легочной артерии у больной с легочной гипертензией (а) и расчет среднего давления в легочной артерии (б). Объяснение в тексте.

Таблица 5.1

Среднее давление в легочной артерии в зависимости от величины отношения
 $AсT / RVET$ (по данным импульсной доплерэхокардиографии)

| $AсT / RVET$ | СрД _{ЛА} , мм рт.ст. | $AсT / RVET$ | СрД _{ЛА} , мм рт.ст. | $AсT / RVET$ | СрД _{ЛА} , мм рт.ст. |
|--------------|-------------------------------|--------------|-------------------------------|--------------|-------------------------------|
| 0,10 | 131,8 | 0,26 | 47,0 | 0,39 | 20,3 |
| 0,14 | 101,8 | 0,27 | 44,0 | 0,40 | 19,0 |
| 0,15 | 95,4 | 0,28 | 41,3 | 0,41 | 17,8 |
| 0,16 | 89,5 | 0,29 | 38,7 | 0,42 | 16,7 |
| 0,17 | 83,9 | 0,30 | 36,3 | 0,43 | 15,7 |
| 0,18 | 78,7 | 0,31 | 34,0 | 0,44 | 14,7 |
| 0,19 | 73,9 | 0,32 | 31,9 | 0,45 | 13,8 |
| 0,20 | 69,2 | 0,33 | 29,9 | 0,46 | 12,9 |
| 0,21 | 64,8 | 0,34 | 28,5 | 0,47 | 12,1 |
| 0,22 | 60,8 | 0,35 | 26,3 | 0,48 | 11,4 |
| 0,23 | 57,0 | 0,36 | 24,6 | 0,49 | 10,7 |
| 0,24 | 53,4 | 0,37 | 23,1 | 0,50 | 10,0 |
| 0,25 | 50,1 | 0,38 | 21,7 | 0,51 | 9,4 |

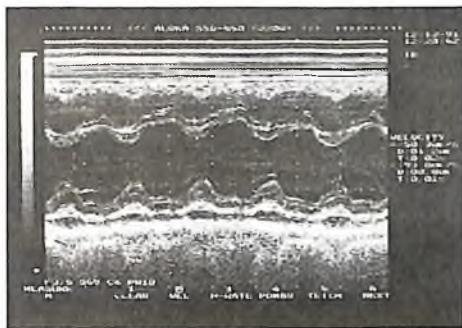
Глава 6
ДИАГНОСТИКА ПОРАЖЕНИЙ ПЕРИКАРДА

Эхокардиографическое исследование позволяет диагностировать различные виды поражения перикарда: 1) сухой перикардит, 2) наличие жидкости в полости перикарда (экссудативный перикардит, гидроперикард, 3) констриктивный перикардит.

Сухой перикардит сопровождается, как известно, утолщением листков перикарда и увеличением эхогенности заднего листка перикарда, что хорошо выявляется при М-модальном исследовании. Чувствительность одномерной ЭхоКГ в данном случае выше, чем двухмерного сканирования.

Выпот в полости перикарда. При наличии патологического выпота в полости перикарда, превышающего нормальный объем серозной жидкости (около 30–50 мл), на эхокардиограмме обнаруживают разделение листков перикарда с образованием *эхоотрицательного пространства* за задней стенкой ЛЖ (рис. 6.1 и 6.2), причем диагностическое значение имеет диастолическая сепарация листков перикарда. Движение париетального листка перикарда при этом уменьшается или исчезает совсем, тогда как экскурсия эпикардиальной поверхности сердца возрастает (гиперкинезия эпикарда), что служит косвенным признаком наличия жидкости в полости перикарда.

Количественное определение объема выпота в полости перикарда с помощью ЭхоКГ затруднено, хотя считается, что 1 см эхоотрицательного пространства между листками перикарда соответствует 150–400 мл, а 3–4 см – 500–1500 мл жидкости.



а



б

Рис. 6.1. Одномерная (а) и двухмерная (б) эхокардиограммы при выпотном плеврите. Отмечается уплотнение и умеренная сепарация листков перикарда.

Незначительное количество жидкости при М-модальном исследовании можно обнаружить только в области задней стенки ЛЖ, причем величина сепарации листков перикарда не превышает 3 мм. При двухмерном исследовании из парастернального доступа по короткой или длинной оси эхонегативное пространство также располагается за ЛЖ и имеет вид тонкого полумесяца (рис. 6.1).

При *умеренном количестве выпота* величина эхонегативного пространства достигает 4–8 мм. Жидкость можно обнаружить не только за ЛЖ, но и за ЛП. При двухмерном исследовании максимальное количество жидкости выявляется в области верхушки.

Значительное количество выпота сопровождается появлением эхонегативного пространства (размером 9–20 мм и более) как сзади, так и спереди камер сердца (рис. 6.2). Возникает гиперкинезия свободных стенок ЛЖ и МЖП и другие нарушения.



Рис. 6.2. Двухмерная эхокардиограмма у больного со значительным количеством выпота в полости перикарда (PE). Жидкость определяется за задней стенкой левого желудочка, в области верхушки сердца и перед правым желудочком.

Констриктивный перикардит характеризуется сращением листков перикарда в единый конгломерат с последующим обызвествлением и формированием плотной неподвижной капсулы, окружающей сердце («панцирное» сердце) и затрудняющей процесс диастолического расслабления и наполнения желудочков. Выраженные нарушения диастолической функции лежат в основе формирования и прогрессирования сердечной недостаточности.

При одномерном или двухмерном эхокардиографическом исследовании можно обнаружить утолщение и значительное уплотнение листков перикарда. Эхонегативное пространство между листками заполнено неомогенной слоистой массой, менее эхоплотной, чем сам перикард. Выявляются также признаки нарушения кровенаполнения сердца в диастолу и сократимости миокарда.

1. Раннее диастолическое парадоксальное движение МЖП внутрь полости ЛЖ с последующим развитием гипокинезии и акинезии МЖП.
2. Уплотнение диастолического движения задней стенки ЛЖ (М-режим).
3. Уменьшение размеров полостей желудочков.
4. Уменьшение коллабирования нижней полой вены после глубокого вдоха (в норме коллабирование нижней полой вены составляет около 50% ее диаметра).
5. Уменьшение УО, фракции выброса и других показателей систолической функции.

При доплеровском исследовании трансмитрального потока крови обнаруживается значительная зависимость скорости диастолического наполнения ЛЖ от фаз дыхания: она увеличивается во время выдоха и уменьшается во время вдоха (рис. 6.3).

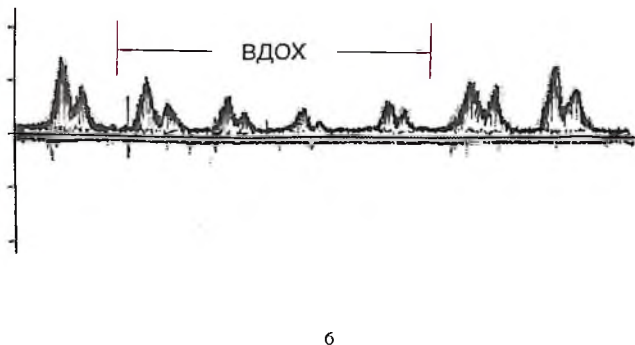
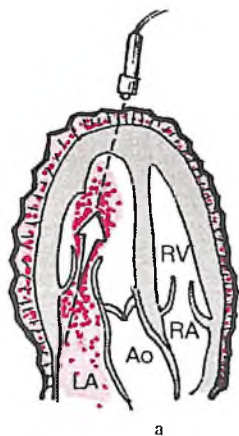


Рис. 6.3. Изменения во время дыхания амплитуды доплеровского сигнала трансмитрального диастолического потока крови у больного с констриктивным перикардитом: а — схема ультразвукового доплеровского сканирования, б — доплерограмма диастолического потока крови (во время вдоха определяется значительное снижение скорости потока крови).

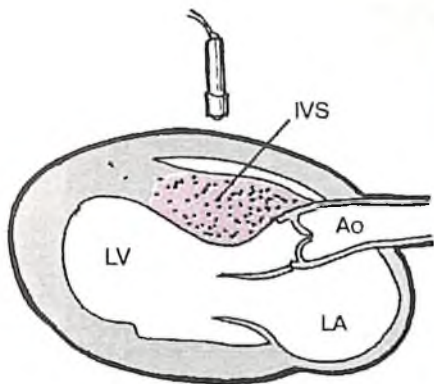
Handwritten text, possibly a signature or name, located in the upper left quadrant of the page.

Глава 7
КАРДИОМИОПАТИИ

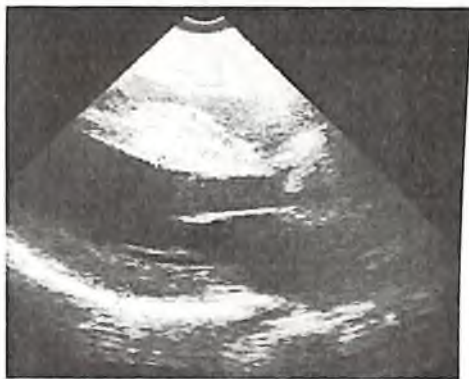
Кардиомиопатии (КМП) — это группа заболеваний миокарда неизвестной этиологии, наиболее характерными особенностями которых являются кардиомегалия и прогрессирующая сердечная недостаточность. Различают 3 формы КМП: 1) гипертрофическую КМП, 2) дилатационную КМП, 3) рестриктивную КМП.

Гипертрофическая кардиомиопатия (ГКМП) характеризуется 1) выраженной гипертрофией миокарда ЛЖ, 2) уменьшением объема его полости и 3) нарушением диастолической функции ЛЖ. Наиболее распространенной формой является *асимметричная ГКМП* с преимущественной гипертрофией верхней, средней или нижней трети МЖП, толщина которой может быть в 1,5–3,0 раза больше толщины задней стенки ЛЖ. Представляет интерес ультразвуковая диагностика так называемой *обструктивной формы ГКМП* с асимметричным поражением МЖП и обструкцией выходного отдела ЛЖ («субаортальный подклапанный стеноз»). Эхокардиографическими признаками этой формы ГКМП являются:

1. Асимметричное утолщение МЖП и ограничение ее подвижности (рис. 7.1 и 7.2).
2. Переднесистолическое движение створок митрального клапана (рис. 7.2).
3. Прикрытие аортального клапана в середине систолы.
4. Появление динамического градиента давления в выносящем тракте ЛЖ (рис. 7.3).
5. Высокая линейная скорость кровотока в выносящем тракте ЛЖ (рис. 7.3).
6. Гиперкинезия задней стенки ЛЖ.
7. Митральная регургитация и дилатация левого предсердия.



а



б

Рис. 7.1. Эхокардиографические признаки гипертрофической кардиомиопатии:
 а — схема асимметричной гипертрофии МЖП, б — двухмерная эхокардиограмма из парастерального доступа по длинной оси сердца. Определяется выраженное утолщение МЖП.

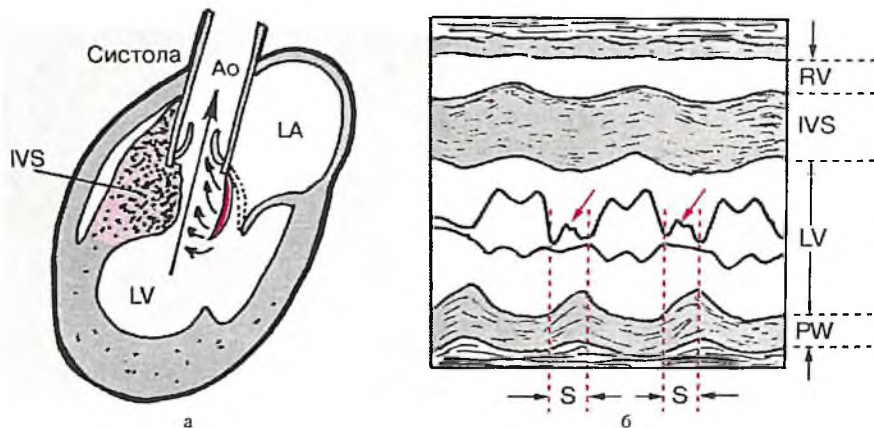


Рис. 7.2. Переднесистолическое движение створки митрального клапана у больного с гипертрофической кардиомиопатией: а — схема, поясняющая возможный механизм переднесистолического движения, б — одномерная эхокардиограмма, на которой хорошо заметно систолическое движение передней створки МК (отмечено красными стрелками) и значительное утолщение МЖП и задней стенки ЛЖ.

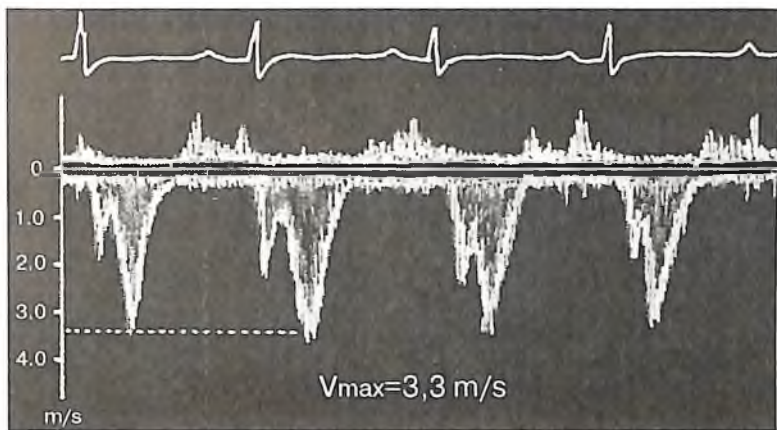


Рис. 7.3. Форма доплерограммы систолического потока крови в выносящем тракте левого желудочка у больного с гипертрофической кардиомиопатией, отражающая появление динамического градиента давления в выносящем тракте и аорте, обусловленного прикрытием аортального клапана в середине систолы. Заметно также увеличение максимальной линейной скорости кровотока (V_{max}).

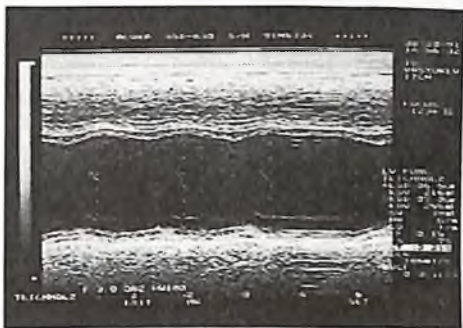
Дилатационная кардиомиопатия (ДКМП) характеризуется диффузным поражением сердечной мышцы и сопровождается 1) значительным увеличением полостей сердца, 2) слабо выраженной гипертрофией миокарда, 3) резким снижением систолической и диастолической функции, 4) склонностью к быстрому прогрессированию признаков СН, развитию пристеночных тромбов и тромбоэмболических осложнений.

Наиболее характерными эхокардиографическими признаками ДКМП являются значительная дилатация ЛЖ при нормальной или уменьшенной толщине его стенок (рис. 7.4) и снижение ФВ (ниже 30–20%). Часто отмечается расширение других камер сердца (ПЖ, ЛП). Как правило, развивается тотальная гипокинезия стенок ЛЖ, а также значительное снижение скорости кровотока в восходящем отделе аорты и выносящем тракте ЛЖ и в ЛА (доплеровский режим). Нередко визуализируются внутрисердечные пристеночные тромбы.

Следует, однако, помнить, что в некоторых случаях при ДКМП можно обнаружить региональные нарушения сократимости ЛЖ и даже аневризму верхушки ЛЖ, что затрудняет дифференциальную диагностику этого заболевания с ИБС.



а



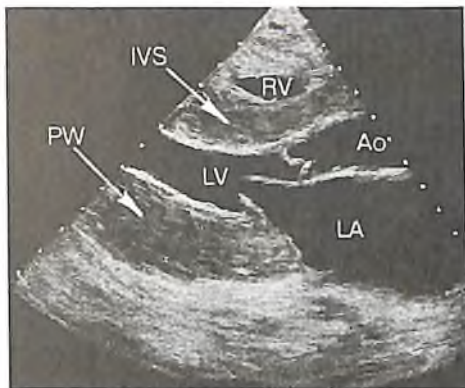
б

Рис. 7.4. Двухмерная (а) и одномерная ЭхоКГ (б) у больного с дилатационной кардиомиопатией. Определяется значительная дилатация левого желудочка, а также правого желудочка и предсердий при нормальной толщине их стенок.

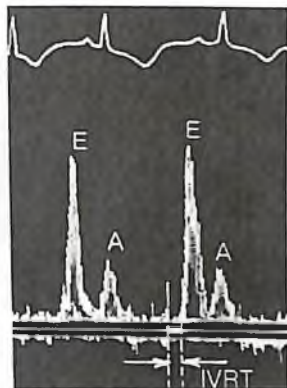
Рестриктивная кардиомиопатия. Понятие рестриктивной кардиомиопатии (РКМП) объединяет два заболевания: *эндокардиальный фиброз* и *эозинофильный фибропластический эндокардит Леффлера*. Для обоих заболеваний характерно: 1) значительное утолщение эндокарда, 2) гипертрофия миокарда обоих желудочков, 3) облитерация полостей ЛЖ и ПЖ, 4) выраженная диастолическая дисфункция желудочков при относительно сохраненной систолической функции.

При одномерном, двухмерном и доплеровском эхокардиографическом исследовании при РКМП можно обнаружить:

1. Утолщение эндокарда с уменьшением размеров полостей желудочков (рис. 7.5, а).
2. Различные варианты парадоксального движения МЖП.
3. Пролабирование митрального и трикуспидального клапанов.
4. Выраженную диастолическую дисфункцию миокарда желудочков по рестриктивному типу (см. выше) с увеличением максимальной скорости раннего диастолического наполнения (Peak E) и уменьшением длительности изоволюмического расслабления миокарда (IVRT) и времени замедления раннего диастолического наполнения (DT) (рис. 7.5, б).
5. Относительную недостаточность митрального и трикуспидального клапанов.
6. Наличие внутрисердечных пристеночных тромбов (рис. 7.6).



а



б

Рис. 7.5. Изменения, выявляемые на двухмерной эхокардиограмме (а) и доплерограмме трансмитрального потока крови (б) у больного с рестриктивной кардиомиопатией. Заметно значительное утолщение МЖП и задней стенки ЛЖ, уменьшение полостей желудочков, увеличение размеров левого предсердия. На доплерограмме определяются признаки диастолической дисфункции ЛЖ по рестриктивному типу (значительное увеличение отношения E/A , уменьшение продолжительности $IVRT$ и DT).



а



б

Рис. 7.6. Двухмерные эхокардиограммы (а, б), зарегистрированные из апикальной позиции четырехкамерного сердца у больного с пристеночным тромбом в полости левого желудочка (в области верхушки).

ЛИТЕРАТУРА

- Абдуллаев Р.Ф. и др.* Атлас ультразвуковой диагностики. — Харьков, 1993. — Т. 1.
- Алехин М.Н., Седов В.П.* Допплерэхокардиография в оценке диастолической функции левого желудочка // Тер. арх. — 1996. — № 12. — С.84–88.
- Архипов С.Н.* Основные показания к ультразвуковому исследованию и последовательность обследования другими методами. // Ультразвуковая диагностика: Норматив. материалы и метод. рекомендации. — М., 1990. — С.78–83.
- Атьков О.Ю. и др.* Допплерэхография // Там же. — М., 1990. — С.204–216.
- Зарецкий В.В., Бобков В.В., Ольбинская Л.И.* Клиническая эхокардиография — М., — 1979. — 247 с.
- Коледенок В.И. и др.* Ультразвуковая диагностика в кардиологии: Метод. пособие. М., 1992.
- Мухарлямов Н.М.* Клиническая ультразвуковая диагностика: Руководство для врачей. — М., 1987. — Т. 1–2.
- Осипов Л.В.* Ультразвуковые диагностические приборы. — М., 1999.
- Ройтберг Г.Е., Струтинский А.В.* Лабораторная и инструментальная диагностики заболеваний внутренних органов. — М., 2000.

Руководство по внутренним болезням // Болезни органов кровообращения / Под ред. Е.П.Чажова. — М.: Медицина, 1997. 830 с.

Шиллер Н., Осипов М.А. Клиническая эхокардиография. — М., 1993.

Cardiology an illustrated text: reference. Ed: K.Chatterjee, Cheitlin M.D., Karliner J. et al. - New York; London, 1991. — Vol. 1. Doppler Echocardiography. — New York; Tokio, 1985.

Skorton D.J., Schelbert H.R., Wolf G.L., Brundage B.H. Marcus Cardiac Imaging: A Companion to Braunwald's Heart Disease. Philadelphia, — 1996.

Издательство «МЕДпресс-информ» предлагает вашему вниманию книги:

А.В.Струтынский

ЭЛЕКТРОКАРДИОГРАММА: АНАЛИЗ И ИНТЕРПРЕТАЦИЯ

Среди многочисленных инструментальных методов исследования, которыми в совершенстве должен владеть современный практический врач, ведущее место справедливо принадлежит электрокардиографии. Этот метод исследования биоэлектрической активности сердца является незаменимым в диагностике нарушений ритма и проводимости, гипертрофии миокарда желудочков и предсердий, ишемической болезни сердца, инфаркта миокарда и других заболеваний сердца.

Предназначена для практических врачей терапевтов, кардиологов, врачей других специальностей, студентов медицинских вузов.

Объем – 224.

М.К.Осколкова, О.О.Куприянова ЭЛЕКТРОКАРДИОГРАФИЯ У ДЕТЕЙ

Переиздание книги по вопросам детского возраста необходимо и своевременно. Спрос практических врачей на издание по этому разделу знаний не удовлетворен. В последние годы ЭКГ обогатилось новыми методами и положениями, что и побудило авторов ознакомить широкий круг педиатров с современными возможностями электрокардиографии.

Книга основана на большом личном опыте авторов по применению электрокардиографических и других инструментально-графических исследований у детей в отделении функциональной диагностики НИИ педиатрии РАМН. Положительным качеством книги является ее сравнительно небольшой объем, четкость и конкретность изложения.

Все разделы книги снабжены большим количеством иллюстраций из личных наблюдений авторов.

Книга поможет практическому врачу в овладении таким важным методом диагностики, как электрокардиография.

Для получения книг или полного каталога (вкладывать подписанный конверт)
отправьте заявку. Количество и ассортимент книг не ограничивается.

Заказав книгу по почте, вы получите каталог литературы,
предлагаемой нашим издательством к продаже.

Отсылать заявку по адресам: 123592, Москва, а/я 16, e-mail: vivanoff@mtu-net.ru

5.400 =

Струтынский Андрей Владиславович
ЭХОКАРДИОГРАММА: АНАЛИЗ И ИНТЕРПРЕТАЦИЯ

Учебное пособие

Ответственный редактор: *Е.Г.Чернышова*

Корректор: *Т.И.Егорова*

Компьютерная верстка: *С.А.Пермяков*

ISBN 5-901712-01-3



9 785901 712016

Лицензия ИД № 04317 от 20.03.2001 г.

Подписано в печать 26.04.2001. Формат 90×60 1/32. Бумага офсетная № 1.

Печать офсетная. Печ. л. 6,5. Тираж 10 000 экз. Заказ № 5955

Издательство «МЕДпресс-информ». 107140, Москва, ул. Краснопрудная, д. 1, стр. 1.

Отпечатано с готовых диапозитивов

в Производственно-издательском комбинате ВИНТИ,
140010, г. Люберцы Московской обл., Октябрьский пр-т, 403,

Тел. 554-21-86