

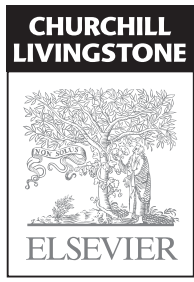
AIN 29  
OMP 70  
91BPM  
6CM

# Essential Echocardiography


**Alisdair Ryding**

Specialist Registrar in Cardiology,  
John Radcliffe Hospital, Oxford, UK

*For Christine and Grace*



Edinburgh London New York Oxford Philadelphia St Louis Sydney Toronto 2008



# Эхокардиография

## Практическое руководство

**Элисдэйр Райдинг**

*Перевод с английского*

*Четвертое издание*

*Посвящается Кристине и Грейс*



Москва  
«МЕДпресс-информ»  
2016

УДК 616.12-008.3-073.96  
ББК 54.101  
P18

*Все права защищены. Никакая часть данной книги не может быть воспроизведена в любой форме и любыми средствами без письменного разрешения владельцев авторских прав.*

*Перевод с английского: Д.А.Струтынский*

**Райдинг Э.**

P18 Эхокардиография. Практическое руководство / Элисдэйр Райдинг ; пер. с англ. – 4-е изд. – М. : МЕДпресс-информ, 2016. – 280 с. : ил. + 1 CD.  
ISBN 978-5-00030-334-4

Практическое руководство содержит основные сведения по теории и практике эхокардиографии. Информация систематизирована и четко структурирована, представлено большое количество иллюстраций с комментариями, прилагается компакт-диск с библиотекой видеофрагментов с изображениями движущегося сердца. По ходу всей книги сделан акцент на интерпретации данных и отчете о полученных результатах. Издание можно использовать как практическое пошаговое руководство для начинающих специалистов. Раздел, содержащий задания для самоконтроля, будет полезен для закрепления полученных навыков интерпретации эхокардиограмм.

Издание предназначено для врачей, осваивающих метод эхокардиографии, врачей-ординаторов и студентов старших курсов медицинских вузов.

УДК 616.12-008.3-073.96  
ББК 54.101

Издатель и Elsevier Limited не гарантируют, а также не подтверждают качество или ценность включенных в данное издание рекламируемых товаров или услуг либо достоверность любого из представленных заявлений, сделанных рекламодателями относительно этих товаров или услуг.

ISBN 978-0-443-10323-0

© This edition of *Essential Echocardiography, 1e* by **Alisdair Ryding, BSc, MBChB, MRCP, PhD** is published by arrangement with Elsevier Limited.

ISBN 978-5-00030-334-4

© Издание на русском языке, перевод на русский язык, оформление, оригинал-макет. Издательство «МЕДпресс-информ», 2010

# Оглавление

<b>Предисловие</b>	7
<b>Введение</b>	8
<b>Благодарности</b>	9
<b>Список сокращений</b>	10
<b>А. Перед началом работы</b>	<b>13</b>
1. Что такое эхокардиография?	13
2. Эхокардиографические сечения сердца	23
3. Оптимизация изображения	35
<b>Б. Камеры сердца</b>	<b>43</b>
4. Левый желудочек	43
5. Правый желудочек	61
6. Предсердия	66
7. Инфаркт миокарда	71
8. Кардиомиопатии	79
9. Гипертрофия левого желудочка	90
10. Легочное сердце	95
<b>В. Клапаны</b>	<b>98</b>
11. Принципы диагностики клапанных пороков сердца	98
12. Аортальный клапан	109
13. Митральный клапан	128
14. Клапаны правых отделов сердца	149
15. Инфекционный эндокардит	167
16. Протезы клапанов сердца	173
<b>Г. Внутри и снаружи сердца</b>	<b>180</b>
17. Болезни перикарда	180
18. Объемные образования сердца	190
19. Аорта	198
20. Врожденные септальные аномалии	209
<b>Д. Общий подход к исследованию и отчету о результатах</b>	<b>221</b>
21. Всеобъемлющее исследование	221
22. Сфокусированное исследование	224
23. Отчет о результатах исследования	229

<b>Е. Прочие эхокардиографические технологии</b>	<b>231</b>
<b>24. Современные эхокардиографические методики</b>	<b>231</b>
<b>Ж. Задания для самоконтроля</b>	<b>240</b>
<b>25. Случаи из практики</b>	<b>240</b>
<b>3. Приложения</b>	<b>259</b>
<b>Приложение 1.</b> Нормальные величины	259
<b>Приложение 2.</b> Полезные формулы	264
<b>Алфавитный указатель</b>	<b>269</b>

# Предисловие

Эхокардиография была и остается первым по значимости методом визуализации при всех видах патологии сердца. Обучение методикам визуализации при сердечно-сосудистых заболеваниях необходимо начинать именно с эхокардиографии, поскольку стажер может видеть изображения сердца в реальном масштабе времени и имеет возможность наблюдать, как оно изменяется в зависимости от положения плоскости сканирования и аппаратных установок. Кроме того, имеется немало клинических ситуаций, в которых эхокардиография является единственным доступным методом исследования, позволяющим быстро и с наименьшими затратами получить ответ на поставленный клинический вопрос. Таким образом, эхокардиография более не является эксклюзивным диагностическим инструментом, использующимся только кардиологами: все чаще этот метод оказывается востребованным в таких областях медицины, как неотложная терапия, анестезиология и реаниматология.

Существенной частью обучения эхокардиографии является тренировка адекватности сканирования, что достигается только в ходе практической деятельности. Отсутствие вредных излучений и простота использования возводят эхокардиографию в ранг идеальных методик для тех, кто делает первые шаги в изучении технологий визуализации сердца. Однако, перед тем как приложить датчик к грудной клетке пациента, оператор должен знать, чего именно он ожидает от данного метода. Поэтому стажеру необходимо иметь общие представления о технике исследования, стандартных плоскостях сканирования и наиболее часто выявляемых видах патологии. Безусловно, этому очень способствует посещение специальных учебных курсов по эхокардиографии, однако хорошая книга также необходима обучающемуся, так как позволяет удовлетворить его индивидуальные потребности в информации, обусловленные разной скоростью изучения материала. Читатель, взявший в руки предлагаемую книгу, сочтет ее весьма полезной, поскольку она позволяет приоткрыть дверь в увлекательный мир эхокардиографии.

Оценка характера движения структур сердца является важнейшей составной частью эхокардиографического исследования. Поэтому крайне важным является тот факт, что читателю предоставлена возможность просмотра большого числа видеофрагментов, содержащихся на прилагаемом компакт-диске.

Автор данного пособия, являясь кардиологом, имеет большой практический опыт как трансторакальной, так и чреспищеводной эхокардиографии и проходил обучение в одном из ведущих клинических госпиталей страны, а в дальнейшем специализировался на выполнении коронарных интервенционных процедур. Это обстоятельство делает данную книгу уникальной и выгодно отличает ее от других изданий, написанных так называемыми «специалистами по эхокардиографии». Alisdair Ryding сделал акцент на тех особенностях исследования, которые имеют действительно большое клиническое значение, опустив при этом массу малосущественных подробностей.

Harald Becher,  
MD PhD FRCP  
Professor of Cardiac Ultrasound  
University of Oxford

# Введение

Если вы еще не знакомы с трансторакальной эхокардиографией, то эта книга написана специально для вас. Здесь содержится все, что вам необходимо для того, чтобы стать специалистом по эхокардиографии. Другие книги в этой области содержат либо слишком детализированные сведения (в большей степени ориентированные на теорию), либо слишком упрощенный материал. Поэтому я постарался изложить суть проблемы, соблюдая баланс между теорией и практическим пошаговым руководством с четкими объяснениями и полезными иллюстрациями.

Книга начинается с рассмотрения физических основ ультразвукового исследования и методики его выполнения. Большинство глав построены таким образом, чтобы пояснить определенный аспект оценки структуры и функции сердца. Систематизированно описана нормальная функция сердца, а также – особенности эхокардиографической картины при большинстве сердечно-сосудистых заболеваний, встречающихся в повседневной клинической практике.

Для того чтобы стать компетентным специалистом по эхокардиографии, вы должны научиться интерпретировать движущиеся изображения сердца – и этот навык не придет при простом прочтении текста или просмотре иллюстраций в книге. В связи с этим к данному изданию прилагается компакт-диск со всеобъемлющей библиотекой видеофрагментов, которые позволяют облегчить и ускорить ваше обучение. Это, безусловно, не является заменой обучению «на рабочем месте», в ходе которого вы получаете бесценный практический опыт выполнения исследования.

Наконец, по ходу всей книги особый акцент сделан на интерпретации полученных данных и отчете о результатах, поскольку именно это имеет основное значение для врачей, которые позднее знакомятся с протоколом исследования.

Раздел, содержащий задания для самоконтроля, поможет вам закрепить полученные навыки интерпретации эхокардиограмм.

Alisdair Ryding

# Что такое эхокардиография?

Эхокардиография (ЭхоКГ) представляет собой метод визуализации структуры и функции сердца с помощью специального ультразвукового оборудования. Это чем-то напоминает гидролокацию, при которой для определения положения объекта используются характеристики отраженных от него звуковых волн (отсюда и термин «эхо»).

Для того чтобы работать на ультразвуковом медицинском оборудовании, нет необходимости иметь детальное знание о физике ультразвука или тонкостях работы самой аппаратуры. Однако для того, чтобы исследование было максимально информативным, следует получить представление об основных принципах ее работы, возможностях и ограничениях метода.

## Основные принципы

Для ЭхоКГ используются звуковые волны высокой частоты (обычно – более 1,5 МГц), которые не воспринимаются человеческим ухом (>20 кГц). Эхокардиографический датчик содержит пьезоэлектрические кристаллы (керамический материал), вибрирующие с высокой частотой при прохождении через них электрического тока и, наоборот, генерирующие электрический ток при попадании на них отраженных УЗ-волн. Таким образом, они трансформируют электрическую энергию в энергию ультразвука, а энергию ультразвука – обратно в электрический ток, поэтому датчик играет двойную роль генератора и приемника УЗ-волн.

Основными физическими характеристиками УЗ-волны являются ее длина ( $\lambda$ , расстояние между одинаковыми точками соседних циклов волны; см. рис. 1.1), частота ( $f$ , число циклов волны в секунду) и скорость ( $v$ , направление и скорость распространения). Взаимосвязь между этими параметрами описывается простым уравнением:  $v = f \cdot \lambda$ .

Скорость распространения УЗ-волны зависит от физических свойств (плотности) среды. В мягких тканях (таких как сердечная мышца) УЗ распространяется со скоростью 1540 м/с, в костях – быстрее, а в воздухе – намного медленнее. По мере следования через ткани тела УЗ-волны достигают границ раздела сред с различной плотностью, где происходит их отражение, рассеивание и преломление – подобно тому, как это случается со светом при прохождении через стекло (см. рис. 1.2). Часть отраженных УЗ-волн распро-

## СОДЕРЖАНИЕ ГЛАВЫ

Основные принципы 13

Эхокардиографические режимы 14

Двухмерная визуализация 14

Визуализация в М-режиме 15

Допплер-эхокардиография 15



Рис. 1.1

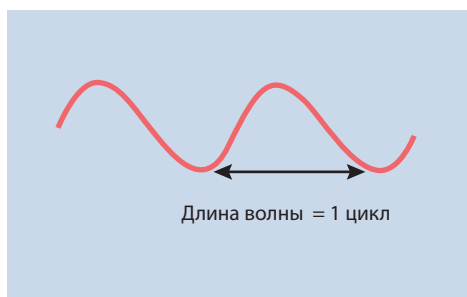
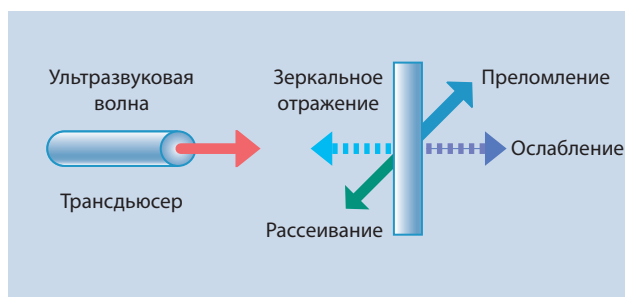


Рис. 1.2



Взаимодействие ультразвука с тканями. Ультразвуковая волна, сгенерированная трансдьюсером (красная стрелка), сталкивается с объектом под прямым углом. При этом она может отразиться от него в обратном направлении (зеркальное отражение, голубая пунктирная стрелка) или рассеяться в других направлениях (зеленая стрелка). Проникнув внутрь объекта, волна подвергается ослаблению (синяя пунктирная стрелка) и изменяет направление своего распространения (рассеивание, синяя сплошная стрелка).

страняется назад и воспринимается датчиком, что позволяет реконструировать изображение сердца. Для этого рассчитывается время, необходимое, чтобы волна смогла достичь данной структуры сердца и вернуться обратно: чем больше этот временной интервал, тем дальше от датчика находится данная структура (рис. 1.3). Таким образом, для постоянного отображения происходящих в сердце событий УЗ-аппарат непрерывно обрабатывает данные, поступающие от датчика, воспринимающего отраженные УЗ-волны.

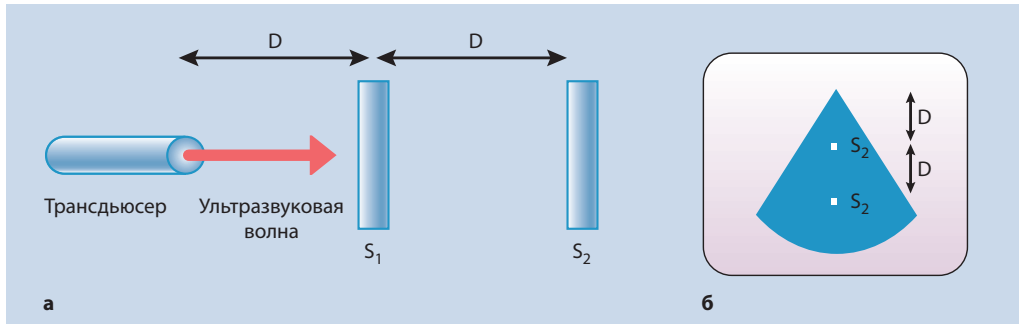
Известно, что перикард, эндо-/эпикард и клапанные структуры сердца очень хорошо отражают ультразвук («зеркальное отражение»), в то время как сердечная мышца в значительной степени его рассеивает, а кровь почти не отражает. Эти различия в интенсивности сигналов позволяют легко определять границу между кровью и сердечной мышцей в ходе исследования.

## Эхокардиографические режимы

### Двухмерная визуализация

Наиболее интуитивно понятным режимом эхокардиографии является двухмерная визуализация, часто именуемая В-режимом, позволяющая в реальном масштабе времени получатьдвигающиеся изображения сердца в различных поперечных сечениях. Существует несколько технических способов такой визуализации, однако в большинстве современных ЭхоКГ-аппаратов эта функция реализована путем циклической активации и деактивации множества пьезоэлектрических кристаллов, содержащихся в датчике. Во время каждого цикла генерируется серия УЗ-лучей, распространяющихся рядом друг с другом в определенном плоском секторе пространства, в результате чего реконструируется двухмерное

Рис. 1.3



Определение относительного расстояния. **(а)** Время, прошедшее между испусканием УЗ-волны и возвращением отраженного сигнала, позволяет рассчитать расстояние между объектами. В данном примере если ультразвуковая волна сгенерирована трансдьюсером (красная стрелка), то время, необходимое для того, чтобы сигнал, отраженный от объекта  $S_2$ , вернулся к датчику, будет в 2 раза больше времени, необходимого для возвращения сигнала, отраженного от объекта  $S_1$ . **(б)** Визуальное представление объектов  $S_1$  и  $S_2$  на экране эхо-аппарата: подразумевается, что трансдьюсер находится в верхушке треугольного сектора.

плоскостное изображение сердца в определенном сечении (см. рис. 1.4). Повторение этого процесса десятки раз в секунду позволяет получить движущееся изображение сердца. Качество визуализации определяется числом генерируемых УЗ-лучей (обычно более 100 на сектор) и частотой их повторения (как правило, около 100 раз в секунду).

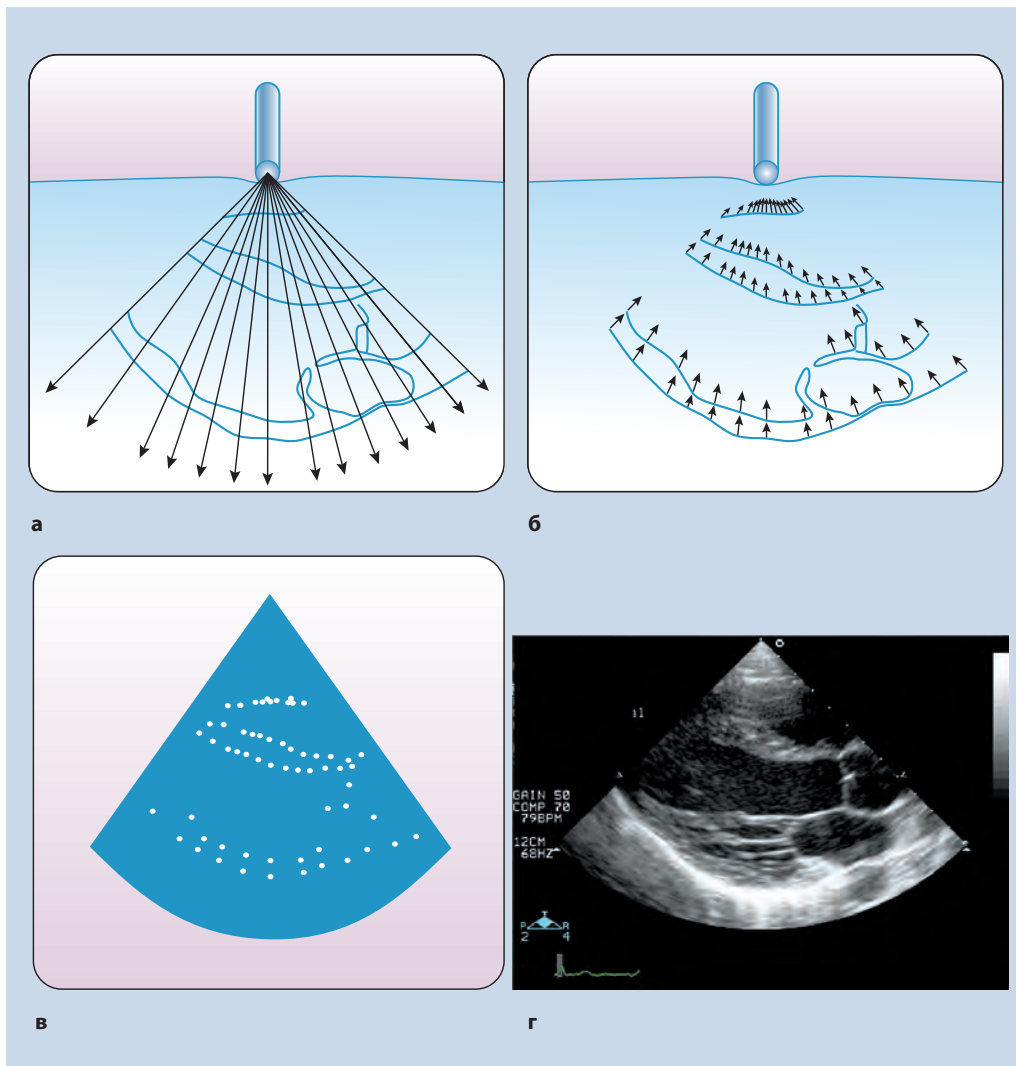
## Визуализация в М-режиме

Первое время этот метод визуализации был единственным доступным режимом эхокардиографического исследования. Для этого с помощью небольшой группы пьезокристаллов генерируется узкий УЗ-луч, что позволяет проанализировать расстояние от подлежащих структур до датчика. Для направления УЗ-луча через интересующие структуры сердца используются двухмерные изображения. Луч генерируется с очень высокой частотой (несколько тысяч раз в секунду), а результаты анализа расстояния от датчика до структур сердца каждый раз выводятся на экран монитора и «развертываются» во времени (см. рис. 1.5). Неоспоримым преимуществом данного режима является очень высокая частота кадров, что при исследовании движущихся структур позволяет добиваться очень хорошего пространственного разрешения и, следовательно, способствует более точным измерениям размеров сердца. Недостатком М-режима является сложность интерпретации отдельных изображений, а также зависимость достоверности результатов исследования от техники измерения и правильности выбора направления УЗ-луча.

## Допплер-эхокардиография

Допплер-эхокардиография (доплер-ЭхоКГ) – это метод оценки направления и скорости потока крови. Клетки крови точно так же отражают ультразвуковые волны, как и другие ткани, однако – поскольку эритроциты постоянно движутся в потоке – частота отраженной ультразвуковой волны меняется. Такое искажение частотного спектра волн, исходящих или отраженных от движущегося объекта, известно под названием доплеровского сдвига (эффект Допплера); мы часто сталкиваемся с этим феноменом в быту, например, когда слышим меняющийся по высоте (т.е. по частоте) звук проносающегося мимо железнодорожного состава по мере его приближения и отдаления (см. рис. 1.6). Поскольку частота генерируемой УЗ-волны является величиной постоянной, то изменение частоты от-

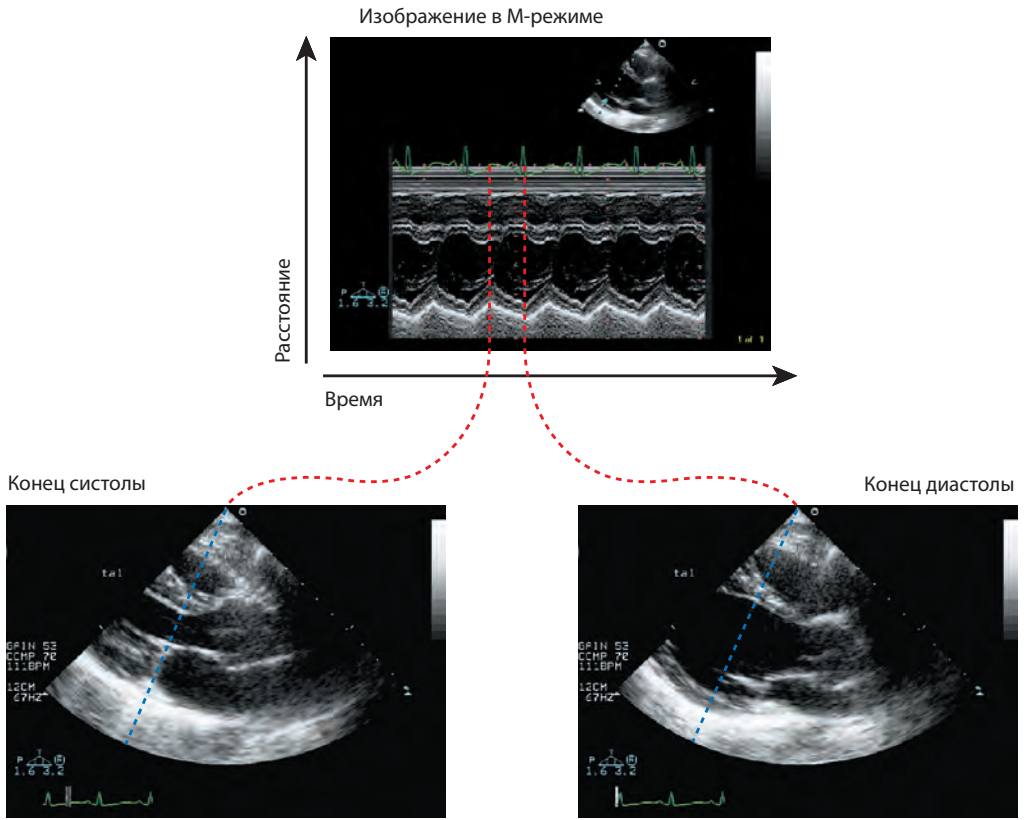
Рис. 1.4



Принцип двумерной визуализации. **(а)** Множество ультразвуковых лучей, генерируемых трансдюсером и последовательно испускаемых в различных направлениях, образуют ультразвуковую дугу, распространяющуюся через структуры грудной клетки, включая сердце. **(б)** На границе раздела сред с разной акустической плотностью (кровь/ткань) ультразвуковые волны рассеиваются и отражаются, частично возвращаясь к трансдюсеру. **(в)** Относительное позиционирование в пространстве и измерение времени для каждого из отраженных сигналов позволяет «построить» двумерное изображение сердца на экране аппарата. Естественно, увеличение числа УЗ-лучей приведет к увеличению качества получаемого изображения. **(г)** Реальное двумерное изображение сердца.

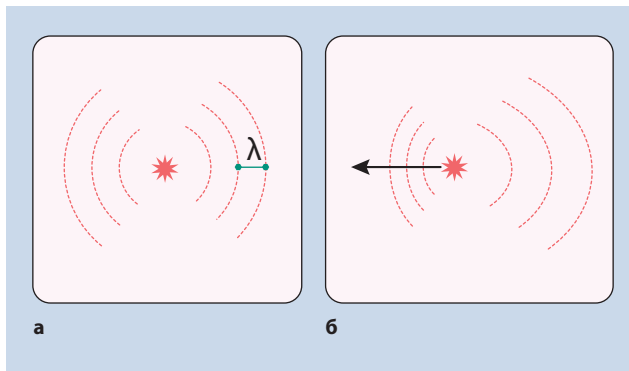
раженной волны несет информацию о направлении и скорости потока крови: нарастание частоты волны указывает на движение потока крови по направлению к датчику, а величина этого нарастания свидетельствует о скорости кровотока. При этом, естественно, может быть распознан только тот компонент (вектор) потока, который параллелен УЗ-лучу (см. рис. 1.7); если же поток крови направлен перпендикулярно к УЗ-лучу, то распознать его невозможно. Взаимосвязь между величиной доплеровского сдвига, скоростью и направлением потока крови представлена в Приложении 2.

Рис. 1.5



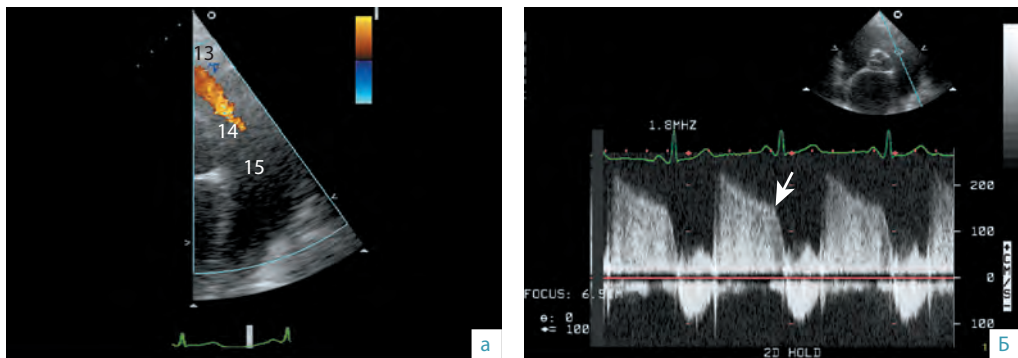
Регистрация изображения в М-режиме. Для получения информации относительно расстояния структур от трансдьюсера и формирования изображения в М-режиме используется один узкий УЗ-луч. Обычно направление этого луча (синяя пунктирная линия) выбирают, ориентируясь по двумерным изображениям. При этом на экране формируется графическое изображение, отражающее изменение расстояний от точек объекта (сердца) до трансдьюсера в зависимости от времени. На рисунке красным пунктиром показана взаимосвязь картины в М-режиме с изображениями систолы и диастолы на двумерных изображениях. Исследование в М-режиме характеризуется очень высокой частотой следования импульсов, что позволяет зарегистрировать большое число точек объекта несколько раз на протяжении одного сердечного цикла. На изображении в М-режиме, таким образом, представлены несколько сердечных циклов.

Рис. 1.6



Принцип Доплера. (а) Стационарный источник (звездочка) генерирует звуковые волны определенной длины ( $\lambda$ ) (пунктирные полукруглые линии). (б) Если источник движется влево, то длина волны, распространяющейся в этом же направлении, уменьшается, а частота увеличивается. Напротив, характеристики волны, распространяющейся в противоположном направлении, претерпевают обратные изменения: длина волны увеличивается, а частота уменьшается.

Рис. 14.10



Легочная регургитация. **(а)** Парастеральное сечение по короткой оси, данные цветового доплеровского картирования: выявляется узкая центрально расположенная струя легочной регургитации. **(б)** С помощью ПВ-доплерографии потока регургитации оценивается время полуспада градиента давления. Скорость потока в конце диастолы (*стрелка*) может быть также использована для расчета диастолического давления в легочной артерии. (13) – выходной тракт правого желудочка; (14) – клапан легочной артерии; (15) – легочная артерия.



См. видеоизображения на CD

лученное изображение используется для позиционирования курсора спектральной доплерографии в соответствии с направлением потока регургитации (рис. 14.10б). Оценка тяжести ЛР базируется на тех же принципах, что и определение тяжести аортальной регургитации. Как и в случаях поражения любых других клапанов, для определения степени тяжести ЛР необходимо принимать во внимание несколько параметров.

### Внешний вид клапана

Наличие очевидных выраженных структурных изменений клапанных створок (например, неполное смыкание, утолщение, деструкция) с большой вероятностью указывает на тяжелую ЛР. Не забывайте определить диаметр кольца клапана ЛА, которое может оказаться расширенным.

### Цветовое доплеровское картирование

В пользу тяжелой ЛР свидетельствует большая ширина струи регургитации в выходном тракте ПЖ, однако четко определенных критериев оценки тяжести регургитации по этому параметру не разработано. О значительной ЛР можно подумать также, если длина струи регургитации превышает 20 мм или ее площадь превышает  $1,5 \text{ см}^2$  (см. рис. 14.6г).

### Постоянно-волновая доплерография

Если интенсивность (яркость) спектрального сигнала потока регургитации и нормального антеградного транспульмонального потока приблизительно эквивалентны, то это обычно указывает на большую тяжесть регургитации. Следует измерить время полуспада градиента давления во время потока регургитации: при ЛР легкой степени этот параметр превышает 100 мс, тогда как при регургитации умеренной и тяжелой степени он меньше этой величины.

### Количественный метод

Теоретически, зная разницу ударного объема правого и левого желудочков, можно рассчитать объем регургитации на клапане ЛА.

## Вторичные изменения камер сердца

Хроническая тяжелая ЛР сопровождается объемной перегрузкой ПЖ, что приводит к развитию гипертрофии и дилатации последнего.

## Оценка давления в легочной артерии

Правый желудочек работает «против» легочного сосудистого сопротивления (ЛСС), которое отражается величиной давления в легочной артерии (ДЛА). При повышении ДЛА правый желудочек испытывает дополнительную гемодинамическую нагрузку, что сопровождается его структурным ремоделированием (гипертрофия и дилатация), что неизбежно ведет к нарушению его функции и развитию правожелудочковой СН. Поэтому оценка ДЛА является важным этапом любого эхокардиографического исследования.

### Систолическое давление в легочной артерии

Оценка систолического давления в легочной артерии базируется на вышеописанных количественных методах. При отсутствии обструкции между ПЖ и ЛА (например, клапанного стеноза ЛА) давление в легочной артерии и в правом желудочке в систолу эквивалентно:

**Систолическое ДЛА = систолическое давление в ПЖ.**

Таким образом, ДЛА можно измерить, оценив систолическое давление в ПЖ. Это возможно только при наличии трикуспидальной регургитации, поскольку только в этом случае по пиковой скорости потока трикуспидальной регургитации можно оценить систолический градиент давления между ПЖ и ПП, воспользовавшись уравнением Бернулли (рис. 14.11а). Этот градиент не эквивалентен систолическому давлению в ПЖ, поскольку следует принимать во внимание также и давление в правом предсердии. Таким образом:

$$P_{\text{ПЖсис}} = P_{\text{ЛАсис}} = \text{транстрикуспидальный градиент} + P_{\text{ПП}}$$

где  $P_{\text{ПЖсис}}$  – систолическое давление в ПЖ,  $P_{\text{ЛАсис}}$  – систолическое ДЛА,  $P_{\text{ПП}}$  – давление в правом предсердии.

Рис. 14.11



Оценка систолического давления в легочной артерии. (а) Данные ПВ-доплерографии потока трикуспидальной регургитации. (б) Нижняя полая вена, М-режим. Систолическое давление в легочной артерии равно сумме транстрикуспидального градиента давления в систолу (88 мм рт.ст.) и давления в правом предсердии (15–20 мм рт.ст.).

**Таблица 14.3** Оценка давления в правом предсердии на основании размеров и инспираторного коллапса нижней полой вены (НПВ)

Диаметр НПВ, см	Инспираторный коллапс НПВ, %	Среднее давление в ПП, мм рт.ст.
<1	>50	0–5
1,0–1,5	>50	5–10
>1,5	>50	10–15
>1,5	<50	15–20
>1,5	не спадается	>20

ПП – правое предсердие.

**Таблица 14.4** Диапазоны оценки систолического давления в легочной артерии

Категория ДЛА	Давление в легочной артерии, мм рт.ст.
Нормальное	<35
Слегка повышенное	<45
Умеренно повышенное	<60
Резко повышенное	≥60

Хотя трикуспидальная регургитация присутствует почти всегда, иногда возникают трудности точной записи спектра потока ТР (и, следовательно, определения пиковой скорости потока). В тех случаях, когда ДЛА оказывается повышенным, ТР обычно бывает более постоянной, что облегчает измерения.

Давление в ПП оценивается путем измерения размеров нижней полой вены (НПВ) из субкостального доступа (см. рис. 14.11б). Если давление в ПП нормальное, то диаметр НПВ в подпеченочном сегменте также не превышает нормальных значений (<1,5 см) и уменьшается во время вдоха (инспираторный коллапс). Лучшим способом оценить «спадаемость» НПВ является резкий вдох. Расширение и уменьшение инспираторного коллапса НПВ указывают на повышение давления в ПП, диапазоны значений которого приведены в таблице 14.3.

Степени легочной гипертензии в зависимости от значений ДЛА приведены в таблице 14.4. На практике нет четко определенных стандартов разграничения степеней тяжести легочной гипертензии; кроме того, хорошо известно, что у пожилых пациентов, не имеющих признаков патологии сердца, ДЛА, определенное методом ЭхоКГ, часто оказывается несколько повышенным.

## Диастолическое давление в легочной артерии

Оценить диастолическое давление в легочной артерии возможно только при наличии легочной клапанной регургитации. Скорость потока регургитации из ЛА в ПЖ зависит от разницы давлений между этими камерами в диастолу. Этот градиент можно рассчитать, воспользовавшись тем же уравнением Бернулли и ориентируясь на скорость потока регургитации в конце диастолы. Для того чтобы вычислить истинное диастолическое ДЛА, необходимо учитывать также конечное диастолическое давление в ПЖ, которое также



влияет на величину градиента. К сожалению, конечное диастолическое давление в ПЖ нельзя непосредственно измерить с помощью ЭхоКГ, однако известно, что оно должно быть эквивалентно давлению в правом предсердии (при условии отсутствия трикуспидального стеноза). Следовательно:

$$P_{\text{ЛАдиаст}} = 4 \cdot V_{\text{диаст}}^2 + P_{\text{ПП}}$$

где  $P_{\text{ЛАдиаст}}$  – диастолическое давление в ЛА,  $V_{\text{диаст}}$  – скорость потока легочной регургитации в конце диастолы (см. рис. 14.10б),  $P_{\text{ПП}}$  – давление в правом предсердии.

## Схема отчета о результатах исследования

### Трикуспидальная регургитация

#### Резюме

- Тяжесть
- Причина и механизм развития

#### Качественные данные

- Структура створок (например, нормальная, наличие пролапса, утолщения, кальциноза, вегетаций, перфорации)
- Целостность створок (например, «молотящая», ограничение подвижности)
- Структура подклапанного аппарата и клапанного кольца (утолщение, разрывы)
- Характеристика струи регургитации: число струй, центральная или эксцентричная, распространяющаяся вдоль стенки, протяженность
- Характеристики по данным ПВ-доплерографии

#### Количественные данные

- Ширина vena contracta
- Радиус проксимальной изоскоростной поверхности (скорость aliasing – 40 см/с)
- Эффективная площадь отверстия регургитации
- Фракция/объем регургитации

#### Прочие данные

- Давление в легочной артерии
- Размеры и функция правого желудочка
- Размеры правого предсердия
- Диаметр нижней полой вены и ее инспираторный коллапс
- Характер кровотока в печеночных венах



## Схема отчета о результатах исследования

### Трикуспидальный стеноз

#### Резюме

- Тяжесть
- Вероятная этиология

#### Качественные данные

- Структура створок (например, утолщение, кальциноз)
- Функция створок (например, ограничение подвижности)
- Структура и функция подклапанного аппарата

#### Количественные данные

- Время полуспада градиента давления
- Средний градиент давления

#### Прочие данные

- Ассоциированные клапанные поражения (например, трикуспидальная регургитация)
- Размеры правого желудочка
- Размеры правого предсердия
- Диаметр нижней полой вены
- Характер кровотока в печеночных венах

## Схема отчета о результатах исследования

### Легочная регургитация

#### Резюме

- Тяжесть
- Вероятная этиология и механизм развития

#### Качественные данные

- Структура клапана ЛА (например, нормальная, утолщение, кальциноз створок, наличие вегетаций, перфорации створок, дилатации клапанного кольца)
- Функция клапана легочной артерии
- Характеристики струи регургитации (количество, центральная или эксцентричная, «упирающаяся» в стенку ПЖ или распространяющаяся кзади)
- Характеристики регургитации по данным ПВ-доплерографии

#### Количественные данные

- Длина/площадь струи регургитации
- Отношение ширины струи регургитации к ширине выходного тракта правого желудочка
- Время полуспада градиента давления
- Фракция/объем регургитации

#### Прочие данные

- Давление в легочной артерии
- Размеры правого желудочка и предсердия, диаметр нижней полой вены, легочной артерии
- Функция правого желудочка
- Характер кровотока в печеночных венах
- Другие ассоциированные клапанные поражения

## Схема отчета о результатах исследования

### Стеноз легочной артерии

#### Резюме

- Тяжесть
- Вероятная этиология

#### Качественные данные

- Структура створок
- Кальциноз: выраженность и распространенность
- Открытие створок: степень ограничения

#### Количественные данные

- Пиковая скорость потока
- Пиковый градиент давления
- Средний градиент давления
- Рассчитанная площадь отверстия клапана легочной артерии

#### Прочие данные

- Размеры правого желудочка
- Гипертрофия правого желудочка
- Размеры легочной артерии
- Ассоциированные клапанные поражения
- Признаки под-/надклапанного стеноза

# Инфекционный эндокардит

Инфекционный эндокардит (ИЭ) характеризуется развитием инфекционного процесса (обычно – бактериальной природы) на клапанах сердца и эндокарде. Это очень серьезное заболевание, которое должно быть диагностировано как можно раньше и требует своевременного назначения адекватной антибактериальной терапии, а иногда и протезирования пораженных клапанов. В большинстве случаев ИЭ обнаруживаются определенные структурные аномалии, которые предрасполагают к развитию инфекции. Искусственные материалы, находящиеся внутри или вблизи сердца (центральные венозные катетеры, электроды кардиостимулятора, искусственные клапаны сердца), также склонны к инфицированию, что может привести к тем же осложнениям, что и ИЭ нативных клапанов сердца.

## Диагностика

Одним из ключевых признаков ИЭ являются клапанные вегетации, которые представляют собой инфицированные микроорганизмами массы фибрина, прикрепленные к створкам клапанов или к другим частям эндокарда. В типичных случаях вегетации связаны со структурами сердца относительно тонкой ножкой и двигаются независимо от клапана (см. рис. 15.1а). При наличии определенной клинической картины вегетации являются одним из основных доказательств эндокардита, однако обратное утверждение не соответствует истине: отсутствие видимых вегетаций не исключает наличия эндокардита. Известно, что чувствительность трансторакальной ЭхоКГ по выявлению вегетаций не равна 100%, а типичные вегетации присутствуют далеко не всегда. Иногда инфекционный процесс сопровождается формированием тромботических масс, плотно спаянных со структурами сердца широким основанием или генерализованным утолщением створок клапана, что приводит к развитию дисфункции и деструкции последнего (см. рис. 15.1б). Несмотря на успешное лечение, вегетации не всегда подвергаются регрессу, поэтому их наличие может просто указывать на ранее перенесенный ИЭ.

Таким образом, диагностика ИЭ базируется не только на выявлении вегетаций, а на анализе всей клинической картины заболевания, включая выявление типичных микроорганизмов в серийных посевах крови. Если вероятность ИЭ является высокой, а данные трансторакальной ЭхоКГ неоднозначны, то необходимо выполнить чреспище-

## СОДЕРЖАНИЕ ГЛАВЫ

Диагностика 167

Осложнения 169

Формирование  
абсцесса 169

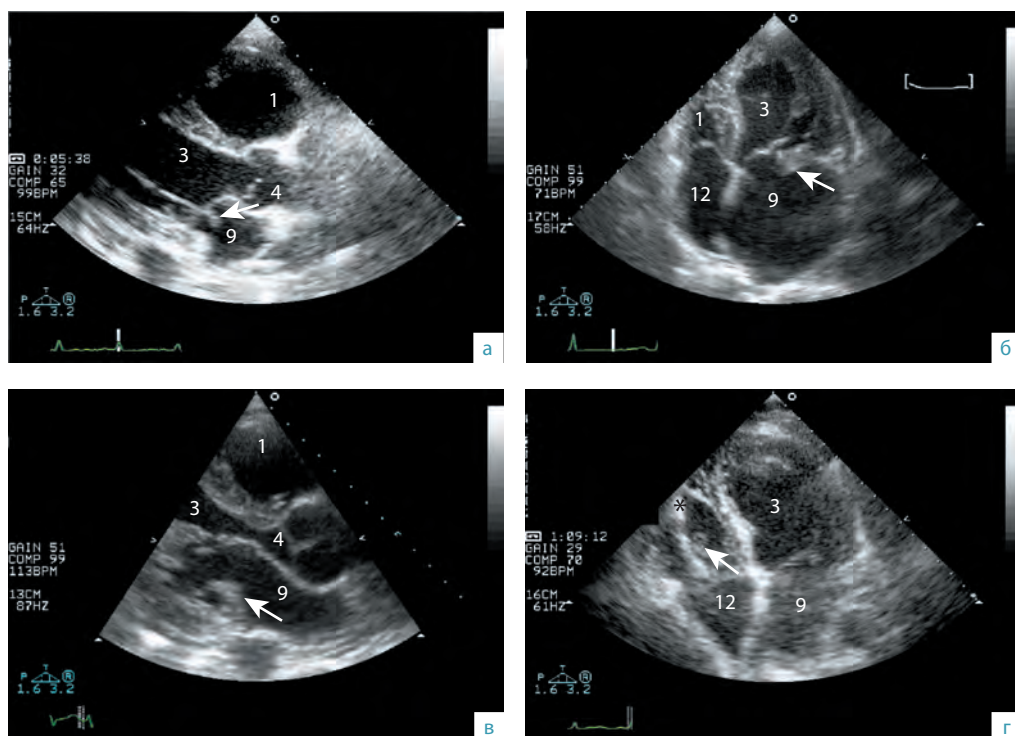
Деструкция клапана 169

Диссеминация 170

Эмболические  
осложнения 170

Выявление  
предрасполагающих  
аномалий 170

Рис. 15.1



Примеры вегетаций при инфекционном эндокардите. **(а)** Небольшая вегетация на тонкой ножке, прикрепляющаяся к створке митрального клапана (*стрелка*). Чтобы увидеть характерную подвижность вегетации, изучите движущееся изображение на CD. Для лучшего восприятия замедлите скорость демонстрации фильма. **(б)** Вегетация с широким основанием, расположенная на задней створке митрального клапана (*стрелка*). **(в)** Утолщение задней створки митрального клапана (случай инфекционного эндокардита, вызванного золотистым стафилококком). Створка клапана выглядит структурно явно измененной, и через несколько дней на ней развилась крупная вегетация. **(г)** Инфицированный электрод кардиостимулятора в полости правого желудочка (\*). Вегетация показана стрелкой. (1) – правый желудочек; (3) – левый желудочек; (4) – аортальный клапан; (9) – левое предсердие; (12) – правое предсердие.



См. видеоизображения на CD

водное исследование. Особенно часто необходимость в чреспищеводной ЭхоКГ возникает у пациентов с протезированными клапанами сердца, поскольку последние достаточно редко адекватно визуализируются при трансторакальном исследовании.

«Излюбленной» локализацией инфекционного процесса при ИЭ являются аортальный и митральный клапаны. Многоклапанное поражение встречается нечасто, однако, если выставляется диагноз ИЭ, необходимо провести тщательное исследование всех клапанов сердца. При наличии врожденных пороков сердца инфекция может локализоваться в области шунтов и искусственных проводников. В некоторых клиниках принято всем пациентам с ИЭ выполнять чреспищеводную ЭхоКГ еще на ранних стадиях лечения, что позволяет точнее оценить тяжесть заболевания и исключить наличие неожиданных осложнений.

Важно помнить, что объемные образования на клапанах сердца могут встречаться не только при ИЭ (табл. 15.1). Спектр состояний, нуждающихся в дифференциальной диагностике с ИЭ, достаточно широк, и, в целом, различить причину этих клапанных поражений только на основании эхокардиографической картины практически невозможно. Как правило, для этого следует учитывать наличие и выраженность и других клинических симптомов.

**Таблица 15.1** Дифференциальный диагноз при наличии объемных образований клапанов

Заболевания / состояния	Признаки
«Активный» ИЭ	Признаки деструкции створок, положительная гемокультура
«Леченый» ИЭ	ИЭ в анамнезе, кальциноз вегетаций
Марантический эндокардит	Признаки онкологического или иммунного заболевания
Эндокардит Либмана–Сакса	Признаки системной красной волчанки (вегетации часто имеют широкое основание)
Ревматический вальвулит	Утолщение дистального края створок, клиническая картина острой ревматической лихорадки
Разрыв хорды	Наличие пролапса МК
Фиброэластома	В основном – на АК или МК; веткообразный вид и наличие ножки; клапанные створки интактны; часто – тромбоэмболические осложнения
Нитевидные образования Лэмбла	Дегенеративный процесс по линии смыкания створок АК или МК; размер менее 2 мм (при трансторакальной ЭхоКГ обычно не выявляется); клапанная дисфункция отсутствует
Миксома предсердия	С клапаном связана редко; обычно прикрепляется к МПП
Тромбоз	Обычно является пристеночным

ИЭ – инфекционный эндокардит; АК – аортальный клапан; МК – митральный клапан; МПП – межпредсердная перегородка.

## Осложнения

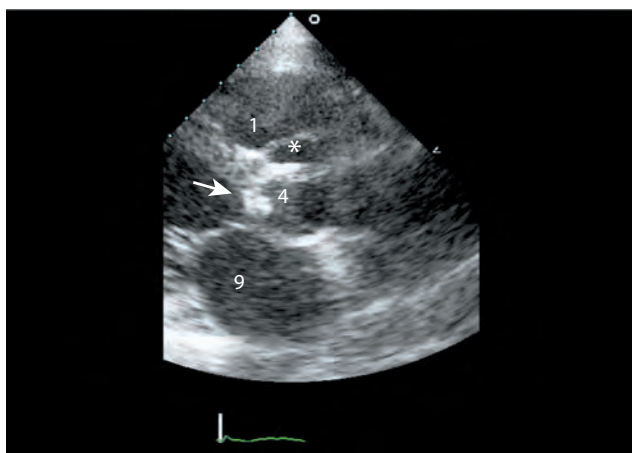
### Формирование абсцесса

Абсцесс формируется в тех случаях, когда инфекционный процесс распространяется на окружающие параклапанные структуры и миокард, что сопровождается распадом тканей и образованием ограниченного гнойника. Обычно это проявляется появлением эхо-негативной полости и указывает на то, что антибиотикотерапия является неэффективной; в таких случаях, как правило, показано выполнение протезирования клапана. Чаще всего абсцессы формируются в области корня аорты (см. рис. 15.2) или митрального кольца. Возникновение абсцесса угрожает развитием других грозных осложнений, в частности – возникновением полной атриовентрикулярной блокады и формированием параклапанного свища (фистулы).

### Деструкция клапана

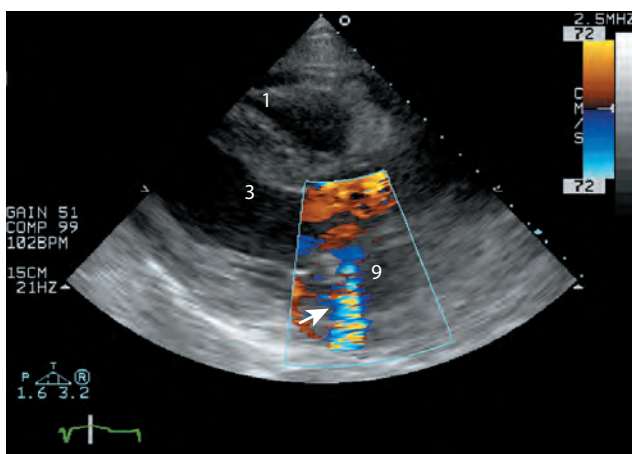
ИЭ может привести к развитию дисфункции клапана и, в конце концов, к перфорации его створок или отрыву хорды с появлением «молотящей» створки (см. рис. 15.3). В этой ситуации обязательно развивается острая клапанная регургитация, что может иметь катастрофические последствия для жизни пациента.

Рис. 15.2



Абсцесс корня аорты. Парастеральное сечение по длинной оси. Правая коронарная створка аортального клапана патологически утолщена и уплотнена (*стрелка*), как и ткани, прилегающие к корню аорты. Между корнем аорты и правым желудочком визуализируется эхонегативная область, указывающая на наличие абсцесса (\*). (1) – правый желудочек; (4) – аортальный клапан; (9) – левое предсердие.

Рис. 15.3



Вторичное поражение при эндокардите. Парастеральное сечение по длинной оси. Инфекционный эндокардит аортального клапана с тяжелой аортальной регургитацией. Струя регургитации постоянно «ударяет» в переднюю створку митрального клапана, которая в итоге перфорировалась, вследствие чего возникла вторичная митральная регургитация (*стрелка*). (1) – правый желудочек; (3) – левый желудочек; (9) – левое предсердие.

См. видео-изображения на CD

## Диссеминация

Иногда инфекционный процесс распространяется по ходу струй регургитации, в результате чего появляются вторичные очаги повреждения других клапанов или «неклапанного» эндокарда (см. рис. 15.3).

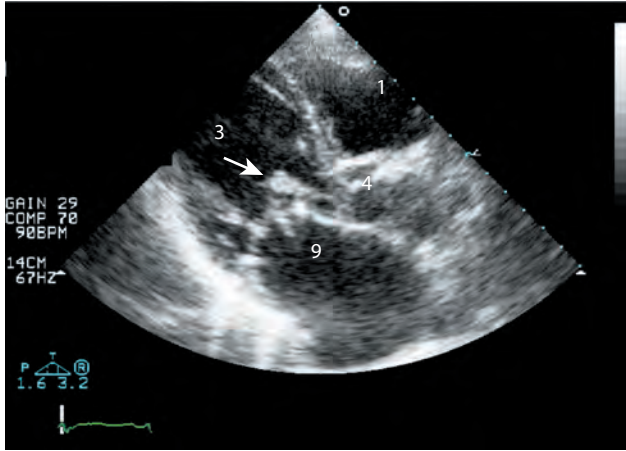
## Эмболические осложнения

Размеры вегетаций должны быть оценены в нескольких сечениях. Наиболее «эмбологенными» являются крупные вегетации, имеющие более 10 мм в диаметре (рис. 15.4).

## Выявление предрасполагающих аномалий

Инфицирование нормальных (интактных) клапанов сердца происходит нечасто, за исключением тех случаев, когда процесс обусловлен крайне вирулентной микрофлорой (на-

Рис. 15.4



Размеры вегетации. Парастернальное сечение по длинной оси. Резко подвижная крупная вегетация (стрелка) длиной около 2 см расположена на створке аортального клапана. При наличии вегетаций таких размеров риск тромбоэмболических осложнений резко возрастает. Внешний вид митрального клапана также весьма подозрителен в плане развития эндокардита. (1) – правый желудочек; (3) – левый желудочек; (4) – аортальный клапан; (9) – левое предсердие.



См. видео-изображения на CD

Таблица 15.2 Аномалии сердца, предрасполагающие к развитию ИЭ

Высокий риск ИЭ	Средний риск ИЭ	Низкий риск ИЭ
Протезированные клапаны сердца	Приобретенные клапанные пороки сердца (например, ревматической или дегенеративно-склеротической этиологии, пролапс МК со значительной МР)	Вторичный ДМПП
Врожденные пороки сердца цианотичного типа		Электроды постоянного искусственного водителя ритма
Хирургически сконструированные системно-легочные шунты	Врожденные пороки сердца нецианотичного типа (например, под-/надклапанный стеноз аорты, коарктация аорты, ОАП, ДМЖП, первичный ДМПП, двустворчатый АК без стеноза)	Нормальные клапаны с минимальной регургитацией
Хирургически устраненные внутрисердечные поражения с остаточными нарушениями гемодинамики	Другие органические заболевания сердца (например, гипертрофическая кардиомиопатия)	Хирургически устраненные внутрисердечные поражения без остаточных нарушений гемодинамики

ИЭ – инфекционный эндокардит; АК – аортальный клапан; МК – митральный клапан; МР – митральная регургитация; ДМПП – дефект межпредсердной перегородки; ДМЖП – дефект межжелудочковой перегородки; ОАП – открытый артериальный проток.



пример, золотистым стафилококком). Риск эндокардита классифицируется в зависимости от характера предшествующих структурных аномалий сердца (табл. 15.2). Наибольшая вероятность развития заболевания присуща пациентам с протезированными клапанами сердца и нескорректированными врожденными пороками цианотичного типа. Другие аномалии более дискутабельны в качестве причин ИЭ, однако любое состояние, при котором имеется мощный патологический поток крови, должно рассматриваться как фактор умеренного риска. Наличие таких аномалий является показанием для назначения профилактической антибиотикотерапии при проведении манипуляций, потенциально способных сопровождаться транзиторной бактериемией (например, во время лечения у стоматолога).

## Схема отчета о результатах исследования

### Возможный эндокардит

#### Резюме

- Вероятный диагноз
- Пораженный(е) клапан(ы)
- Осложнения
- Необходимость в дополнительных исследованиях (например – чреспищеводной ЭхоКГ)

#### Качественные данные

- Пораженный(е) клапан(ы)
- Пораженная(ые) створка(и)
- Целостность створок: интактные, регургитация, перфорация, «молотящая» створка
- Абсцесс
- Вовлечение неклапанных структур

#### Количественные данные

- Размеры вегетаций

#### Прочие данные

- Оценка тяжести регургитации

# Протезы клапанов сердца

## Типы клапанных протезов

Огромное количество разновидностей клапанных протезов можно разделить на две основные группы – механические и биопротезы (см. рис. 16.1). Специалисту по эхокардиографии необходимо иметь только общее представление о различных типах искусственных клапанов сердца и понимать общие принципы оценки их функции.

### Механические протезы

Механические клапанные протезы сконструированы из металлического сплава, но иногда имеют и неметаллические компоненты. Дизайн и конструктивные черты механических клапанных протезов со временем изменялись, однако все они имеют тканевое пришитое кольцо (позволяющее хирургу прикрепить протез к окружающим тканям), каркас и окклюзирующий механизм, обеспечивающий сохранение однонаправленного тока крови между сообщающимися камерами сердца. Основные отличия между различными моделями клапанов заключаются в конструкции окклюзирующего механизма, который может представлять собой шар,двигающийся внутри металлического каркаса (клапан Старра–Эдвардса), одиночный наклоняющийся диск (как, например, в модели Бьерка–Шилли) или двустворчатый наклоняющийся диск (см. рис. 16.1). В настоящее время чаще всего используется двустворчатый дисковый протез, поскольку он имеет наилучшие гемодинамические характеристики.

### Биопротезы

Биопротезы клапанов сердца могут быть получены из разных источников. В частности, для этого используются интактные клапаны умерших людей (аллографтный протез) или свиней (ксенографтный протез). Кроме того, клапан можно сконструировать из листка перикарда, взятого у человека или животных и «смонтированного» на специальном остова (например, модели Карпентера–Эдвардса, Ионеску, Вессекс). Наконец, в педиатрической практике иногда допустимо заменить пораженный аортальный клапан собственным клапаном легочной артерии (аутологичное протезирование), что известно под названием операции Росса.

## СОДЕРЖАНИЕ ГЛАВЫ

### Типы клапанных протезов 173

Механические протезы 173

Биопротезы 173

### Нормальное функционирование 174

Эхокардиографическая картина 174

Функция 175

### Нарушение функции 176

Параклапанная регургитация 176

Отслоение 176

Паннус 177

Тромбоз 178

Эндокардит 178