

**М.К. Рыбакова, В.В. Митьков, Д.Г. Балдин**

**ЭХОКАРДИОГРАФИЯ  
при врожденных  
пороках сердца  
у взрослых**



УДК 616.12-007-073.43 (075.9)

ББК 554.101я75

Р 93

Рыбакова М.К., Митьков В.В., Балдин Д.Г.

Р 93 Эхокардиография при врожденных пороках сердца у взрослых / Рыбакова М.К., Митьков В.В., Балдин Д.Г. – М.: Издательский дом Видар-М, 2021. – 200 с.: ил.

ISBN 978-5-88429-266-6

Диагностика врожденных пороков сердца – один из самых сложных разделов в кардиологии и эхокардиографии. Благодаря современным технологиям в эхокардиографии и пренатальной диагностике сердца плода диагностика врожденных пороков сердца стала более ранней, что способствовало существенному сокращению числа взрослых пациентов с данной патологией. Однако и в настоящее время можно встретить пациентов с различными врожденными пороками сердца даже в весьма почтенном возрасте.

Данное издание содержит историю описания того или иного врожденного порока, подробный анализ гемодинамики, особенностей эхокардиографической диагностики. Книга написана сотрудниками кафедры ультразвуковой диагностики Российской медицинской академии непрерывного последипломного образования (база – ГКБ им. С.П. Боткина, Москва) и включает все основные врожденные пороки сердца у взрослых с позиции эхокардиографии. Большое внимание уделено также дифференциальной диагностике в эхокардиографии при подозрении на врожденный порок сердца у больного, малым аномалиям развития сердца. Издание содержит большое количество иллюстраций и схем.

Предназначено для специалистов эхокардиографии, врачей ультразвуковой и функциональной диагностики, кардиологов и терапевтов.

УДК 616.12-007-073.43 (075.9)

ББК 554.101я75

*В книге использованы графические иллюстрации Дарьи Галактионовой*

Научное медицинское издание

**Рыбакова М.К., Митьков В.В., Балдин Д.Г. Эхокардиография при врожденных пороках сердца у взрослых**

Дизайн макета, обложки: А.И. Морозова, подготовка иллюстраций: А.И. Морозова, Д.А. Аникина, компьютерная верстка: Д.А. Аникина, корректор: Т.И. Луковская, выпускающий редактор: Л.С. Родионова  
ООО «Издательский дом Видар-М», 109028 г. Москва, а/я 16, тел. (495) 589-86-60, <http://www.vidar.ru>  
[info32@vidar.ru](mailto:info32@vidar.ru), <http://vk.com/vidarbooks>, <https://www.facebook.com/VIDARpress>

Лицензия ИД № 00322 от 27.10.99. Подписано в печать 7.09.2021. Формат 70×100 1/16

Бум. мелованная 90 г/м<sup>2</sup>. Гарнитура прагматика. Печать офсетная. Усл. печ. л. 12,5. Заказ № 21-1104  
Отпечатано в ООО «КОДЕКС» 141033, Московская обл., г. Мытищи, микрорайон поселок Пироговский,  
ул. Фабричная, д.1 <http://www.a-kem.ru>, [info@a-kem.ru](mailto:info@a-kem.ru)

ISBN 978-5-88429-266-6

© Рыбакова М.К., Митьков В.В., Балдин Д.Г., 2021  
© Оформление. Издательский дом Видар-М,  
2021

# Оглавление

Предисловие . . . . .	7
Список сокращений . . . . .	8
<b>Глава 1. Сердце плода и строение сердца человека . . . . .</b>	<b>9</b>
1.1. Эмбриогенез сердца . . . . .	9
1.2. Гемодинамика сердца плода . . . . .	12
1.3. Нормальная анатомия грудной клетки и сердца человека. . . . .	13
Строение грудной клетки. . . . .	13
Строение сердца человека . . . . .	13
Перикард . . . . .	14
Строение левых камер сердца . . . . .	15
Левое предсердие . . . . .	15
Фиброзный каркас сердца . . . . .	15
Митральный клапан . . . . .	16
Левый желудочек . . . . .	16
Аортальный клапан . . . . .	18
Аорта . . . . .	18
Строение правых камер сердца . . . . .	18
Правое предсердие . . . . .	18
Трикуспидальный клапан . . . . .	20
Правый желудочек . . . . .	21
Клапан легочной артерии . . . . .	22
Легочная артерия. . . . .	23
Кровоснабжение сердца . . . . .	23
Иннервация сердца. . . . .	23
1.4. Нормальная гемодинамика сердца человека. . . . .	23
Рекомендуемая литература . . . . .	26
<b>Глава 2. Тактика эхокардиографического исследования у больного с подозрением на врожденный порок сердца . . . . .</b>	<b>27</b>
2.1. Тактика осмотра больного при подозрении на врожденный порок сердца . . . . .	27
Оценка положения сердца в грудной клетке . . . . .	27
Оценка крепления фиброзных колец . . . . .	28
Оценка положения желудочков и предсердий . . . . .	28
Оценка строения клапанов и подклапанных структур . . . . .	28
Оценка положения сосудов, впадающих и отходящих от сердца. . . . .	30
Оценка степени гипертрофии и дилатации. . . . .	32
Оценка расположения внутренних органов брюшной полости по отношению к сердцу . . . . .	32

Варианты возможного положения сердца в грудной клетке (мальпозиции сердца) . . . . .	33
2.2. Способы оценки давления в правых отделах сердца . . . . .	33
Классификация легочной гипертензии . . . . .	34
Гемодинамика при легочной гипертензии . . . . .	34
Эхокардиографические признаки легочной гипертензии . . . . .	35
Дилатация правых отделов сердца . . . . .	35
Характер движения межжелудочковой перегородки . . . . .	37
Гипертрофия стенки правого желудочка . . . . .	37
Изменение характера движения задней створки клапана легочной артерии в М-режиме при высокой легочной гипертензии . . . . .	38
Диаметр нижней полой вены и ее реакция на вдох, диаметр печеночной вены . . . . .	40
Изменение формы потока в выносящем тракте правого желудочка и в легочной артерии . . . . .	40
Наличие патологической трикуспидальной и легочной регургитации . . . . .	41
Изменение формы кривой потока в печеночной вене . . . . .	41
Интенсивный спектр потока трикуспидальной регургитации . . . . .	43
Способы расчета давления в легочной артерии . . . . .	43
Способы оценки давления в правом предсердии . . . . .	49
Оценка давления в правом предсердии на основании степени дилатации нижней полой вены и ее реакции на вдох . . . . .	49
2.3. Оценка отношения легочного кровотока к системному при пороках сердца с шунтированием крови или Qp/Qs . . . . .	52
2.4. Малые аномалии развития сердца . . . . .	53
Дополнительные хорды в полостях желудочков . . . . .	53
Дополнительные мышечные трабекулы в полости желудочков . . . . .	54
Евстахиев клапан, или евстахиева заслонка, нижней полой вены . . . . .	55
Сеть Хиари . . . . .	56
Аневризма межпредсердной перегородки . . . . .	57
Аневризма мембранозной части межжелудочковой перегородки . . . . .	59
Аневризма коронарного синуса . . . . .	59
2.5. Открытое овальное окно . . . . .	60
2.6. Новые рекомендации Европейской ассоциации кардиологии 2020 г. в диагностике и тактике ведения врожденных пороков сердца у взрослых . . . . .	61
Рекомендуемая литература . . . . .	63

**Глава 3. Частые врожденные пороки сердца с шунтированием крови, клапанные и стенотические пороки, пороки развития коронарных артерий. . . . .** 65

3.1. Пороки с шунтированием крови . . . . .	65
Дефекты межпредсердной перегородки . . . . .	65
ДМПП в среднем отделе, или дефект типа <i>ostium secundum</i> . . . . .	73
ДМПП в нижнем отделе, или дефект типа <i>ostium primum</i> . . . . .	74
ДМПП в высоком отделе, или дефект типа <i>sinus venosus</i> . . . . .	76
Ошибки в диагностике ДМПП . . . . .	78

Дефекты межжелудочковой перегородки . . . . .	78
Мембранозный ДМЖП . . . . .	79
Мышечный ДМЖП . . . . .	82
Открытый артериальный проток (боталлов проток) . . . . .	84
Аортолегочный канал . . . . .	90
Пороки развития коронарных артерий . . . . .	92
Аномалии отхождения коронарных артерий от аорты . . . . .	93
Аномалии отхождения коронарных артерий от легочной артерии . . . . .	93
Коронарные фистулы . . . . .	96
Врожденные аневризмы коронарных артерий . . . . .	99
Аномалии развития коронарного синуса . . . . .	99
3.2. Коарктация аорты . . . . .	100
3.3. Клапанные врожденные пороки сердца . . . . .	104
Двустворчатый аортальный клапан . . . . .	104
Четырехстворчатый аортальный клапан . . . . .	109
Врожденный стеноз аортального клапана . . . . .	110
Врожденный стеноз клапана легочной артерии . . . . .	112
Удвоенный митральный клапан . . . . .	113
3.4. Надклапанные и подклапанные стенозы . . . . .	114
Надклапанный стеноз . . . . .	114
Надклапанный стеноз аорты . . . . .	115
Надклапанный стеноз легочной артерии . . . . .	116
Подклапанный стеноз . . . . .	117
Подклапанный стеноз аорты (мембранозный) . . . . .	117
Подклапанный стеноз легочной артерии (мембранозный) . . . . .	118
Мембрана в левом предсердии или трехпредсердное сердце . . . . .	119
Рекомендуемая литература . . . . .	123

## **Глава 4. Редкие врожденные пороки сердца . . . . . 125**

4.1. Тетрада Фалло . . . . .	126
4.2. Комплекс Эйзенменгера . . . . .	131
4.3. Аномалия Эбштейна . . . . .	134
4.4. Единственный желудочек («сердце лягушки» или «сердце Холмса»). . . . .	138
4.5. Аномалия Улла, или аритмогенная дисплазия стенки правого желудочка . . . . .	140
4.6. Двойное отхождение аорты и легочной артерии от правого желудочка . . . . .	142
4.7. Атрезия трикуспидального клапана . . . . .	147
4.8. Транспозиция магистральных сосудов . . . . .	150
4.9. Общий атриовентрикулярный канал . . . . .	155
4.10. Первичная легочная гипертензия . . . . .	158
4.11. Некомпактный миокард . . . . .	161
4.12. Общий артериальный ствол . . . . .	166

4.13. Аномальный дренаж легочных вен . . . . .	167
Рекомендуемая литература . . . . .	168
<b>Глава 5. Варианты операций при врожденных пороках сердца . . . .</b>	<b>169</b>
Оперированные врожденные пороки сердца . . . . .	170
5.1. Протезирование клапанов сердца (трансторакальная операция или эндопротезирование) . . . . .	170
Механические протезы . . . . .	171
Биологические протезы . . . . .	173
Оценка функции протеза . . . . .	176
Осложнения при протезировании клапанов сердца . . . . .	177
Тромбоз стойки протеза . . . . .	178
Эмболии . . . . .	178
Инфекционный эндокардит на протезе . . . . .	178
Патологическая регургитация на протезе . . . . .	178
Смещение стойки протеза . . . . .	178
Развитие абсцесса корня аорты при протезировании аортального клапана, осложненного инфекционным эндокардитом . . . . .	179
Фистула между аортой и одной из камер сердца . . . . .	179
Развитие парапротезной фистулы . . . . .	179
Отрыв створки биологического протеза . . . . .	179
Разрушение или кальцификация створок биопротеза . . . . .	179
Увеличение степени парапротезной регургитации . . . . .	180
Уменьшение эффективной площади протеза . . . . .	180
5.2. Пластика клапана сердца (трансторакальная операция или интервенционная операция) . . . . .	180
5.3. Установка кольца Карпантье . . . . .	180
5.4. Закрытие дефектов перегородок (установка заплата или окклюдера) . . . . .	180
5.5. Наложение лигатуры при наличии шунта (открытый артериальный проток или аортолегочный тоннель) или установка окклюдера . . .	183
5.6. Установка кондуита-обходника. . . . .	184
5.7. Баллонирование отверстия клапана или мембраны. . . . .	185
5.8. Создание биопротеза-моностворки при ряде пороков клапана легочной артерии . . . . .	187
5.9. Стентирование коронарных артерий или аорты . . . . .	187
5.10. Протезирование аорты. Эндопротез брюшного или грудного отдела аорты . . . . .	187
5.11. Установка электрокардистимулятора . . . . .	187
5.12. Установка дефибриллятора-кардиовертера . . . . .	189
5.13. Установка системы «искусственное сердце». . . . .	189
5.14. Установка выпускника в межпредсердной перегородке и создание искусственного межпредсердного сообщения. . . . .	190
5.15. Пересадка сердца. . . . .	191
Рекомендуемая литература . . . . .	192
<b>Заключение . . . . .</b>	<b>193</b>

# *Предисловие*

Врожденные пороки сердца – очень непростой раздел кардиологии. Вызывает большой интерес как у кардиологов, так и у специалистов ультразвуковой диагностики, занимающихся эхокардиографией. Особое внимание врожденным порокам сердца уделяют педиатры. Именно на их плечи ложатся основные проблемы ранней диагностики врожденного порока сердца и ответственность в оценке тяжести порока, его значимости для больного и определении тактики его ведения.

Однако, несмотря на все возможности современной медицинской диагностики, в настоящее время можно встретить не только детей с врожденным пороком сердца, но и взрослых с данной патологией. Ведь часть врожденных пороков сердца являются благоприятными для жизни и могут не проявлять себя длительное время. Так, самые «старшие» больные с впервые выявленными врожденными пороками сердца в моей практике были в возрасте 96 и 98 лет.

За последние 25 лет в связи с бурным развитием ультразвуковой диагностики во всем мире накоплен интересный материал по врожденным порокам сердца у взрослых. Специалист, занимающийся эхокардиографией, обязан хорошо знать наиболее часто встречающиеся виды врожденных пороков сердца. Хочется привести высказывание Ганса Банкла из его книги «Врожденные пороки сердца и крупных сосудов»: «Достоверность данных о частоте случаев (врожденных пороков сердца) зависит в основном от точности диагноза и полноты учета всех больных с пороками сердца».

Во внутриутробном периоде сердце плода функционирует с гемодинамикой, отличной от гемодинамики новорожденного и взрослого человека. И это тоже требует знания гемодинамики и отличий в работе сердца плода и новорожденного и взрослого человека.

При осмотре больного с подозрением на врожденный порок сердца следует придерживаться определенного плана. В оценке гемодинамики каждого врожденного порока сердца и крупных сосудов следует уделить особое внимание степени легочной гипертензии.

Обо всем этом Вы прочтете в этой книге.

*М.К. Рыбакова,  
доктор медицинских наук*

# *Список сокращений*

АК – аортальный клапан  
АО – аорта  
АР – аортальная регургитация  
ВПВ – верхняя полая вена  
ВТЛЖ (LVOT) – выносящий тракт левого желудочка  
ВТПЖ (RVOT) – выносящий тракт правого желудочка  
ГЛЖ – гипертрофия левого желудочка  
ГПЖ – гипертрофия правого желудочка  
ДМЖП – дефект межжелудочковой перегородки  
ДМПП – дефект межпредсердной перегородки  
ЗСЛЖ – задняя стенка левого желудочка  
КС – коронарный синус  
ЛА – легочная артерия  
ЛВ – легочная вена  
ЛЖ – левый желудочек  
ЛК – легочный клапан (клапан легочной артерии)  
ЛП – левое предсердие  
ЛС – легочный стеноз (стеноз клапана легочной артерии)  
МЖП – межжелудочковая перегородка  
МК – митральный клапан  
МПП – межпредсердная перегородка  
МР – митральная регургитация  
НПВ – нижняя полая вена  
ОАП – открытый артериальный проток  
ПВ – печеночная вена  
ПЖ – правый желудочек  
ПМ – папиллярная мышца  
ПМК – пролапс митрального клапана  
ПП – правое предсердие  
ПСЛЖ – передняя стенка левого желудочка  
ПСМК – передняя створка митрального клапана  
СДЛА – систолическое давление в легочной артерии  
ТК – трикуспидальный клапан  
ТР – трикуспидальная регургитация  
ФК – фиброзное кольцо  
ЦДК – цветное доплеровское картирование  
ЭКС – электрокардиостимулятор  
CW – Continuouse Wave (непрерывноволновой доплер)  
PG – градиент давления  
PW – Pulsed Wave (импульсволновой доплер)

# Глава 1

## *Сердце плода и строение сердца человека*

### *1.1. Эмбриогенез сердца*

В данном разделе мы попытаемся коротко изложить основные стадии эмбриогенеза сердца. Это важно для понимания причины формирования того или иного врожденного порока сердца у больного.

Наиболее важный этап формирования сердца начинается с 18-го дня развития эмбриона. Происходит ангиогенетическое скопление клеток на месте зачатка сердца.

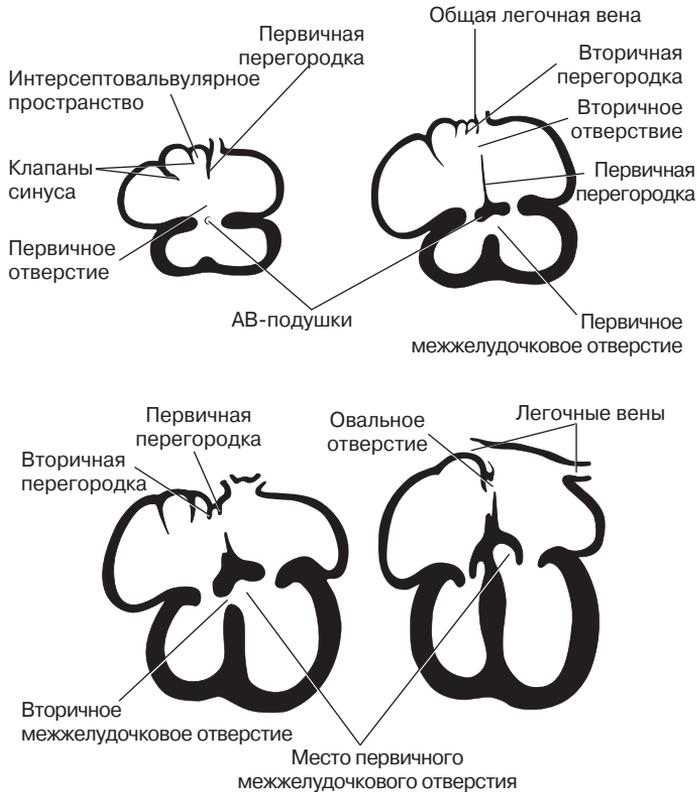
На 20-й день формируется двусторонняя симметричная сосудистая система: из подковообразного сосудистого сплетения развиваются две эндотелиальные сердечные трубки, появляется первая пара дуг аорты, формируется перикардальная полость.

На 22-й день формируется единая сердечная трубка путем слияния двух трубок, появляются внешние атриовентрикулярные и луковично-желудочковые трубки, а также дорсальный мезокардий, первые сокращения миокарда.

На 24-й день – образование луковично-желудочковой петли с выпуклостью вправо (Д-петля), развиваются венозный синус и его связь с желточной и пупочной венами, венозная кардиальная система, появляется вторая пара дуг аорты.

На 26-й день проявляется трабекуляция сердечной трубки, обозначающая правый и левый желудочки, дифференциация *conus cordis* от правого желудочка, начинает развиваться мышечная часть межжелудочковой перегородки, определяется граница атриовентрикулярного канала, левое предсердие отделяется от венозного синуса, отчетливо выявляется правое синусно-предсердное отверстие, формируется клапан правого синуса, появляется третья пара дуг аорты.

На 28-й день появляются спиральные луковично-стволовые валики, образуются верхняя и нижняя атриовентрикулярные эндокардиальные



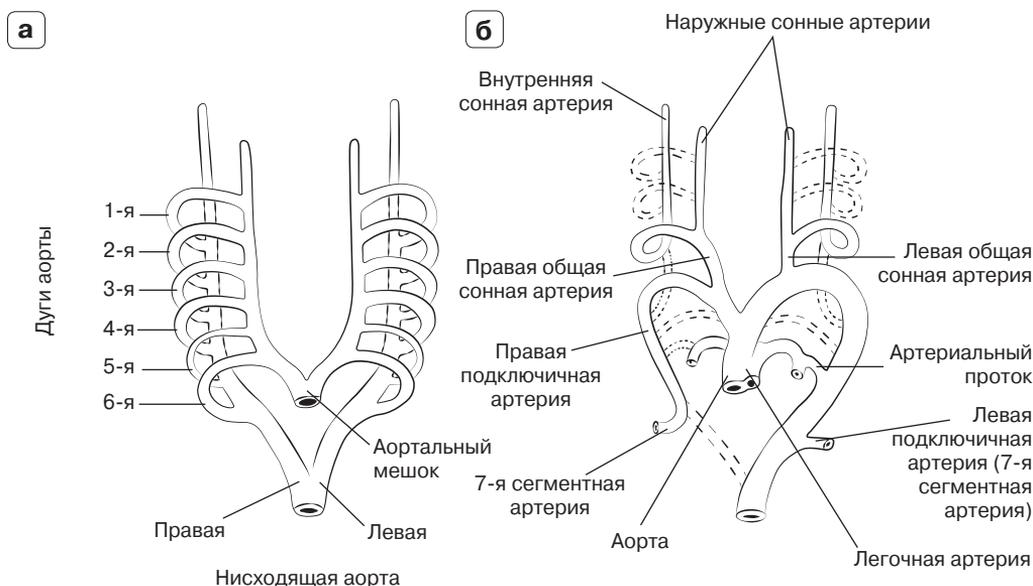
**Рис. 1.1.** Схематическое изображение сердца эмбриона на фронтальных срезах, показывающее межпредсердную перегородку, межжелудочковую перегородку и атриовентрикулярные (АВ) подушки на разных стадиях развития. Видны изгиб слившихся атриовентрикулярных подушек, первичное и вторичное межжелудочковые отверстия (по Банкл Г., 1980).

подушки, появляются первичная перегородка, затем общая легочная вена, формируется клапан левого синуса, происходит обратное развитие первой и второй пар дуг аорты и развитие четвертой пары.

На 29-й день происходит медиальный сдвиг вправо атриовентрикулярного канала: выравнивание полости правого предсердия и правого желудочка, а также помимо этого – медиальный сдвиг влево луковично-стволовой части луковично-желудочковой петли: левый желудочек получает доступ к сердечному конусу. Появляется шестая пара дуг аорты.

На 31-й день сливаются выпячивания артериального ствола, образуются перегородка ствола, аортолегочная перегородка, возникает вторичное отверстие.

На 33-й день наблюдаются экспансивный рост субпульмональной конусной мускулатуры и вентральное перемещение устья легочной артерии относительно устья аорты. Происходит слияние аортолегочной перегородки с перегородкой ствола, в результате чего восходящая аорта отделяется



**Рис. 1.2.** Схематическое изображение развития аортальных дуг. **а** – дуги аорты и нисходящая аорта до преобразования в окончательные сосуды; **б** – окончательные сосуды аортальных дуг. Пунктиром указаны структуры, подвергавшиеся облитерации (по Банкл Г., 1980).

от легочной артерии, раннее развитие артериальных клапанов, постепенное исчезновение луковично-желудочкового выступа, слияние верхней и нижней атриовентрикулярных эндокардиальных подушек, появление латеральных эндокардиальных подушек, развитие вторичной перегородки.

На 35-й день формируются перегородки луковичи сердца, сливаются перегородки ствола и луковичи сердца, правое и левое атриовентрикулярные отверстия полностью разделяются. Происходит внедрение общей легочной вены и ее ветвей в левое предсердие. Закрывается первичное отверстие. Появляется селезенка (рис. 1.1).

На 37-й день происходит закрытие межжелудочкового отверстия, формирование правого и левого желудочков, появление вторичной перегородки и овального отверстия. Впервые определяются зачатки коронарных артерий.

На 39-й день происходит обратное развитие дуг аорты и установление структуры дуги аорты, нормальной для взрослого организма. Происходит раннее развитие задних створок митрального и трехстворчатого клапанов, установление дефинитивной нижней полой вены и развитие непарной венозной системы (рис. 1.2).

Таким образом наиболее важные этапы закладки сердца и сосудов происходят в первые 40 дней развития плода. Сбой в системе эмбриогенеза сердца на каком-либо этапе может привести к формированию того или иного порока сердца.



**Рис. 1.3.** Схема кровообращения плода.

### 1.2. Гемодинамика сердца плода

Гемодинамика сердца плода отличается от гемодинамики сердца рожденного человека. Кровь из плаценты течет через пупочную вену в венозный проток и сосудистую сеть печени. Из пупочной вены кровь поступает в брюшную полость плода через аранциев (венозный) проток. От нескольких ветвей аранциева протока кровь также поступает в печень плода. Это практически чистая артериальная кровь.

Аранциев проток впадает в нижнюю полую вену. Туда же поступает смешанная кровь из пупочной вены и кровь от нижней части туловища плода.

После этого по сосудам плода циркулирует артериовенозная кровь. Из нижней полой вены через евстахиеву заслонку кровь направляется через овальное окно в левое предсердие и далее в левый желудочек и аорту.

Из верхней полой вены чисто венозная кровь поступает в правый желудочек и легочную артерию. Основной объем крови через открытый артериальный проток поступает в нисходящую аорту. При поступлении в правое предсердие поток крови разделяется на два потока: основная масса крови поступает через овальное отверстие в левое предсердие, меньшая часть крови и кровь из верхней полой вены и коронарного синуса поступает в правый желудочек.

Кровь из правого предсердия делится тоже на два потока: большая часть крови поступает в артериальный проток и далее в аорту, а меньшая

часть крови проходит через легкие. Функцию легких у плода выполняет плацента. Из плаценты пупочная вена доставляет к печени плода насыщенную на 80% кислородом кровь (рис. 1.3).

### *1.3. Нормальная анатомия грудной клетки и сердца человека*

В данной главе мы постараемся разобраться основные анатомические ориентиры и структуры, позволяющие оценить впоследствии как нормальную ультразвуковую анатомию сердца, так и анатомию сердца у больного с врожденным пороком сердца.

#### **Строение грудной клетки**

Грудная клетка отделена от брюшной полости диафрагмой. В грудной клетке можно выделить следующие отделы: верхнее, переднее, заднее и центральное средостения.

**Центральное средостение** включает в себя перикард, сердце, часть восходящего отдела аорты и верхней полой вены, вену *azigos*, ствол легочной артерии и ее бифуркацию, правую и левую легочные вены (верхние и нижние) в месте их впадения в левое предсердие и нервы.

**В переднем средостении** проходят лимфатические сосуды и располагаются лимфатические узлы. Переднее средостение расположено между грудиной и центральным средостением.

**Верхнее средостение** включает в себя дугу аорты и отходящие от нее артерии (левую подключичную, левую сонную, плечеголовную), а также левую и правую плечеголовые вены, верхнюю полую вену, трахею, пищевод, тимус и грудной лимфатический проток. Верхнее средостение расположено выше центрального средостения.

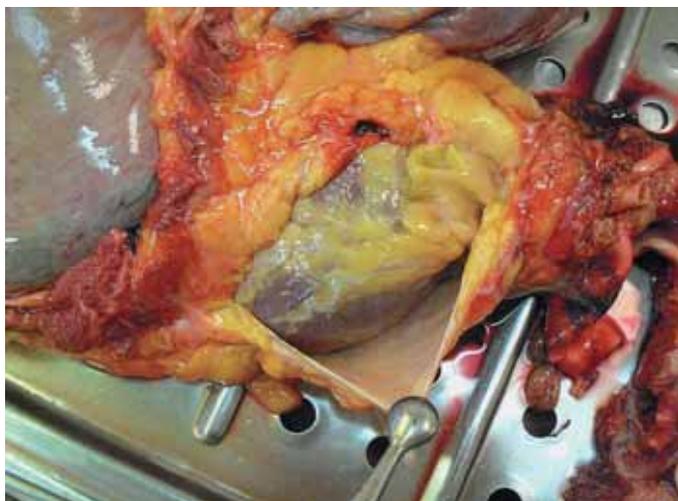
**Заднее средостение** включает в себя грудную нисходящую аорту, бифуркацию трахеи, пищевод, вены *azigos* и *hemiazigos*, нервы и грудной лимфатический проток. Заднее средостение расположено между центральным средостением и позвоночником.

Помимо средостений в грудной клетке выделяют **левую и правую плевральные полости**. В левой плевральной полости располагается левое легкое, состоящее из двух долей, в правой плевральной полости – правое легкое, состоящее из трех долей.

Плевра состоит из двух листков – париетального, или наружного, листка и висцерального, или внутреннего, листка. Между листками плевры располагается небольшое количество физиологической жидкости, или смазки.

#### **Строение сердца человека**

**Сердце** – полый мышечный орган, расположенный в грудной клетке. Положение сердца в грудной клетке может быть различным и зависит от конституции человека. У нормостеника сердце расположено преимущественно слева, у астеника – более центрально и вниз, у гиперстеника – сильно развернуто влево и приподнято на диафрагме. Помимо нормального



**Рис. 1.4.** Parietalный перикард вскрыт. Виден висцеральный перикард, эпикардиальный и перикардиальный жир. Макропрепарат.

положения сердца в грудной клетке можно встретить ряд мальпозиций, которые подробно описаны в главе 2.

### **Перикард**

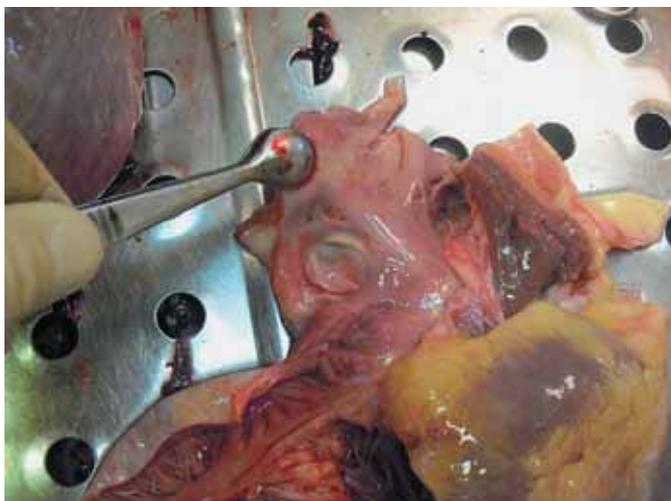
Сердце окружено перикардиальной сумкой. Перикард состоит из наружного париетального, или фиброзного, листка и внутреннего висцерального, или серозного, листка. Между листками перикарда в полости перикарда содержится небольшое количество физиологической жидкости, или смазки, которая является фильтратом серозной оболочки и гасит трение листов при сокращении сердца (рис. 1.4).

Размеры сердца различны и зависят от конституции человека. Считается, что размер сердца приблизительно равен размеру кулака человека. Масса сердца мужчины может составлять от 280 до 340 г, женщины – от 230 до 280 г.

В сердце различают основание и верхушку. В основание сердца входят предсердия и магистральные сосуды. Верхушка расположена свободно и как бы вдавлена в перикард.

Сердце состоит из двух отделов: левого – артериального и правого – венозного. «Левое» сердце включает в себя левое предсердие и легочные вены, левый желудочек и аорту. «Правое» сердце состоит из правого предсердия, верхней и нижней полых вен, правого желудочка и легочной артерии. Артериальная, обогащенная кислородом кровь течет в левых отделах сердца; венозная, обедненная кислородом кровь – в правых отделах сердца. В норме эти потоки не пересекаются, однако в ряде случаев можно наблюдать небольшое нормальное эпизодическое смешение артериальной и венозной крови в области мембраны овальной ямки или незаращение овального окна. Далее в главе 2 будет дано подробное описание данной гемодинамической ситуации.

**Рис. 1.5.** Мембрана овальной ямки. Вид со стороны левого предсердия. Макропрепарат.



## Строение левых камер сердца

### *Левое предсердие*

Левое предсердие имеет овальную форму. В основании его имеется ушко – анатомическое образование, которое редко удается визуализировать трансторакально у взрослых пациентов и которое часто служит источником эмболий в систему большого круга кровообращения. Ушко прикрывает боковую поверхность левого предсердия и ствол легочной артерии. Левое предсердие отделено от правого предсердия межпредсердной перегородкой, а от левого желудочка – митральным клапаном. В левое предсердие впадают четыре легочные вены: правая – верхняя и нижняя, левая – верхняя и нижняя. По легочным венам обогащенная кислородом кровь поступает в левое предсердие. В центре межпредсердной перегородки расположена мембрана овальной ямки. Длина ее у взрослого человека составляет около 17–18 мм. Мембрана овальной ямки прикрывает после рождения овальное отверстие, которое функционирует внутриутробно, обеспечивая вместе с открытым артериальным протоком кровообращение плода. Мембрана овальной ямки имеет клапан, который находится на межпредсердную перегородку со стороны левого предсердия (рис. 1.5).

### *Фиброзный каркас сердца*

Фиброзный каркас сердца располагается в месте соединения предсердий и желудочков и состоит из левого и правого фиброзных атриовентрикулярных колец и аортального фиброзного кольца. К фиброзным кольцам крепятся створки митрального, трикуспидального и аортального клапанов. Правое фиброзное атриовентрикулярное кольцо смещено вниз в полость правого желудочка до 5–7 мм по отношению к левому фиброзному кольцу. Этот признак в ряде случаев помогает идентифицировать правый

желудочек. Таким образом, существует часть межжелудочковой перегородки, которая граничит с правым предсердием и называется межпредсердно-межжелудочковой перегородкой. Долгое время считалось, что легочная артерия не имеет фиброзного кольца. Однако оказалось, что это не так: фиброзное кольцо легочной артерии более тонкое, не соединено с фиброзным каркасом сердца.

### ***Митральный клапан***

Митральный, или двустворчатый, клапан состоит из передней и задней створок. Створки по бокам разделены переднелатеральной и заднемедиальной комиссурами, крепятся к левому фиброзному атриовентрикулярному кольцу. Передняя створка больше задней и более подвижная. Створки митрального клапана как бы подвешены на хордах, которые крепятся по краям створок и по всей их длине. Количество хорд может быть различным. К свободному краю передней створки митрального клапана может крепиться в норме от 11 до 25 хорд, а к поверхности передней створки – от 8 до 15 хорд, к свободному краю задней створки митрального клапана – от 20 до 45 хорд, к поверхности задней створки – от 10 до 20 хорд. Количество хорд возрастает по мере отхождения от папиллярных мышц за счет их разветвления под створками митрального клапана (рис. 1.6).

### ***Левый желудочек***

Левый желудочек имеет форму конуса. От правого желудочка он отделен межжелудочковой перегородкой, которая в норме служит стенкой левого желудочка, от левого предсердия – створками митрального клапана, от аорты – створками аортального клапана. Межжелудочковая перегородка состоит из мышечной ткани, однако в области ее крепления к фиброзному кольцу имеется участок фиброзной ткани в виде мембраны.

Стенки левого и правого желудочков имеют одинаковое строение и состоят из трех слоев: наружный – эпикард, средний – миокард и внутренний – эндокард. В эпикарде проходят коронарные артерии, вены, нервы и лимфатические сосуды и располагается жировая ткань. Миокард состоит из пучков мышечных волокон, которые крепятся к фиброзным кольцам левого и правого желудочков и имеют сложную ориентацию в трех направлениях. Субэпикардальные волокна миокарда ориентированы в продольном направлении, средние – в циркулярном направлении и субэндокардиальные – в продольном направлении (рис. 1.7).

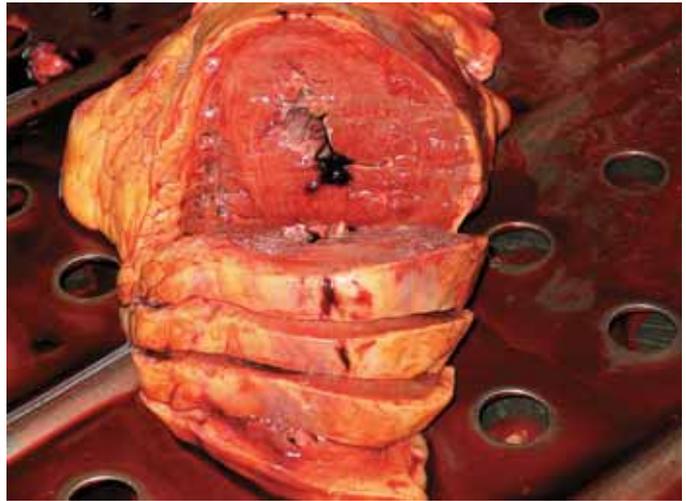
Левый желудочек условно делят на два тракта: приносящий и выносящий. Приносящий тракт – это та область, куда в диастолу поступает кровь из левого предсердия. Выносящий тракт – это гладкий желоб, по которому кровь устремляется в аорту в систолу (рис. 1.8).

В полости левого желудочка, как правило, расположены две папиллярные мышцы: переднелатеральная и заднемедиальная. Заднемедиальная папиллярная мышца преимущественно имеет две головки. В ряде случаев две головки имеет и переднелатеральная папиллярная мышца. По данным

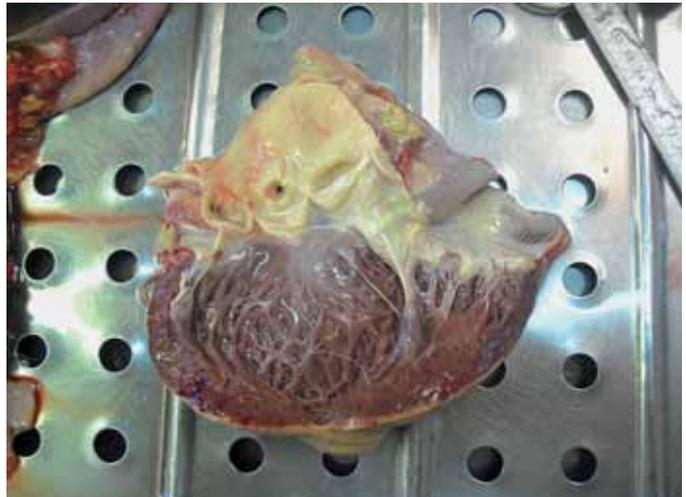
**Рис. 1.6.** Хорды и створки митрального клапана. Макропрепарат.



**Рис. 1.7.** Поперечные срезы левого желудочка. Строение волокон миокарда. Макропрепарат.



**Рис. 1.8.** Строение выносящего и приносящего трактов левого желудочка. Макропрепарат.



анатомов, в норме в полости левого желудочка можно встретить до 16 головок папиллярных мышц. Помимо хорд, идущих от головок папиллярных мышц к створкам митрального клапана, в полости приносящего тракта левого желудочка можно встретить дополнительные хорды и дополнительные мышечные трабекулы. Это нормальные анатомические образования. Особенно часто можно видеть дополнительную мышечную трабекулу, расположенную параллельно межжелудочковой перегородке. Такие хорды могут располагаться между головками папиллярных мышц или стенками желудочка, а также между стенкой желудочка и мышечной трабекулой или межжелудочковой перегородкой.

### ***Аортальный клапан***

Аортальный клапан в норме имеет три створки: правую коронарную, левую коронарную и некоронарную. На концах створок аортального клапана наблюдаются уплотнения – узелки Арантиуса, которые обеспечивают более плотное смыкание клапана в диастолу. Створки крепятся к аортальному фиброзному кольцу. В местах соединения створок имеются тонкие комиссуры. Выше места крепления створок аорта образует небольшие расширения – синусы Вальсальвы, от которых отходят коронарные артерии – левая и правая. Створки аортального клапана очень плотные, так как в процессе жизни человека они выдерживают большие перепады давления. Это единственный клапан, на котором при трансторакальном исследовании в норме отсутствует физиологическая регургитация (рис. 1.9).

### ***Аорта***

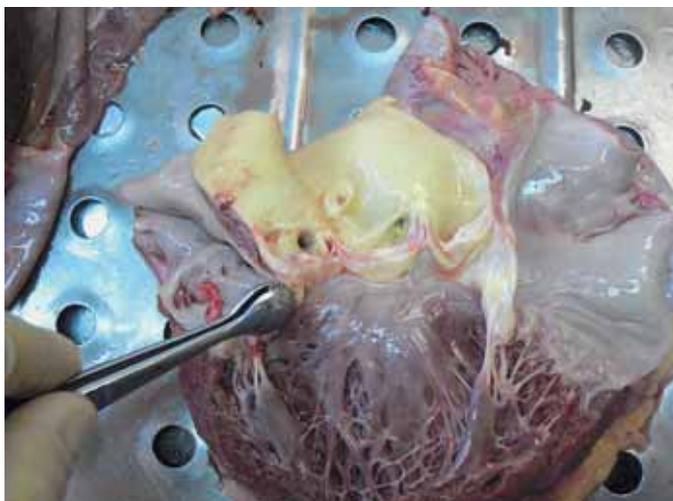
Стенка аорты имеет трехслойное строение: внутренний слой – интима, средний – медиа и наружный – адвентиция. В восходящем отделе аорта может иметь различное строение. В ряде случаев оно «трубчатое», т.е. когда корень аорты и восходящий отдел имеют практически один диаметр, а в некоторых – «луковичное», когда корень аорты расширен в виде луковички за счет синусов Вальсальвы. Различают корень аорты, грудной восходящий отдел, дугу, грудной нисходящий и брюшной отделы. От дуги аорты отходят плечеголовной ствол, левая сонная и левая подключичная артерии (рис. 1.10).

## **Строение правых камер сердца**

### ***Правое предсердие***

Правое предсердие отделено от левого межпредсердной перегородкой. В средней части межпредсердной перегородки имеется тонкая мембрана – овальная ямка, которая прикрыта складкой – овальной заслонкой. В первый месяц после рождения ребенка овальная заслонка должна прирасти к межпредсердной перегородке. Однако в настоящее время доказано, что приблизительно у 25% людей в популяции овальная ямка остается просто прикрыта овальной заслонкой. В этом случае при повышении дав-

**Рис. 1.9.** Корень аорты и восходящий отдел аорты. Три створки аортального клапана. Узелки Арантиуса на концах створок. Синусы Вальсальвы. Места отхождения коронарных артерий от левого и правого синусов Вальсальвы. Макропрепарат.



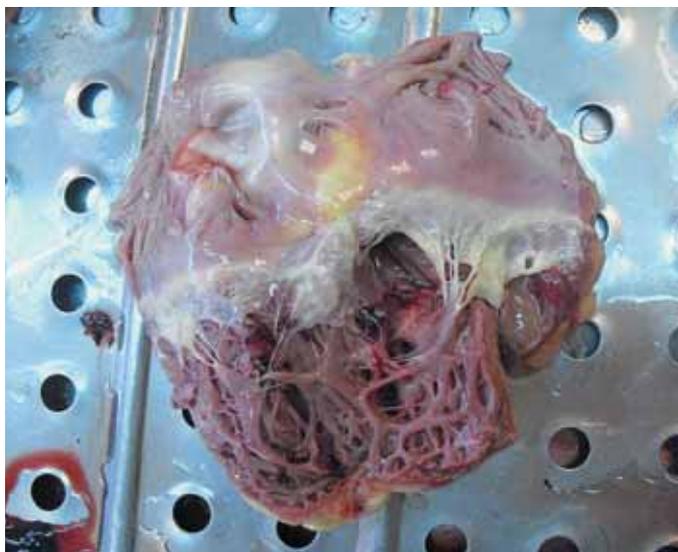
**Рис. 1.10.** Часть стенки восходящей аорты. Макропрепарат.



ления в одной из камер овальное окно открывается и начинается сброс крови слева направо.

У ряда людей мембрана овальной ямки удлинена и выбухает в сторону одного из предсердий или совершает колебательные движения в обе стороны. Данная малая аномалия развития носит название «аневризмы» межпредсердной перегородки и в большинстве случаев является вариантом нормы.

Правое предсердие имеет овальную форму. В него впадают верхняя и нижняя полые вены, которые несут кровь от верхней и нижней половин туловища. В правое предсердие впадает и коронарный синус – венозный коллектор самого сердца. Нижняя полая вена может иметь клапан – евстахийев клапан, который может быть достаточно длинным и флатировать в кровотоке в полости правого предсердия. В ряде случаев его ошибочно



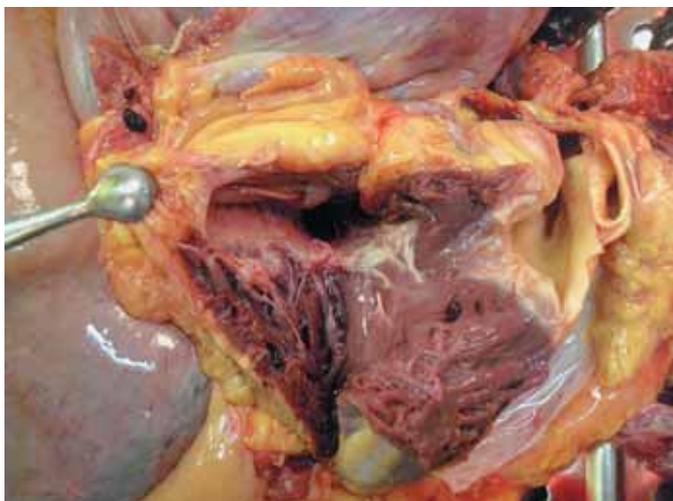
**Рис. 1.11.** Строение правого предсердия, створок трикуспидального клапана и правого желудочка. Модераторный пучок правого желудочка. Макропрепарат.

принимают за миксому или тромб. Особенно хорошо евстасиев клапан виден у детей при эхокардиографическом исследовании. В полости правого предсердия в ряде случаев можно встретить еще одно образование, которое ошибочно может быть принято за мембрану – сеть Хиари. Сеть Хиари – это перфорированное нитчатое рудиментарное продолжение евстасиева клапана в коронарный синус. Она может совершать хаотические движения во время сердечного цикла. Пограничный гребень (*crista terminalis*), или гребенчатые мышцы, правого предсердия отделяет верхнюю стенку правого предсердия от передней стенки и при трансторакальном исследовании может быть принят за тромб. Правое предсердие отделено от правого желудочка правым фиброзным атриовентрикулярным кольцом, к которому крепятся створки трикуспидального клапана (рис. 1.11).

### **Трикуспидальный клапан**

Трикуспидальный, или трехстворчатый, клапан располагается под углом по отношению к митральному клапану, что связано с положением всего правого сердца по отношению к левому. Этим объясняются трудности эхокардиографической визуализации створок трикуспидального клапана по короткой оси. Различают септальную, переднюю и заднюю створки трикуспидального клапана. Передняя створка наиболее длинная. В области соединения створок имеются комиссуры. К створкам трикуспидального клапана может подходить различное количество хорд. Так же как и у митрального клапана, они крепятся преимущественно по краю створок и частично по всей их длине. Количество хорд может быть различно – от 4 до 16 к каждой створке (рис. 1.12).

**Рис. 1.12.** Строение трикуспидального клапана. Стенка правого желудочка. Трабекулы правого желудочка. Макропрепарат.

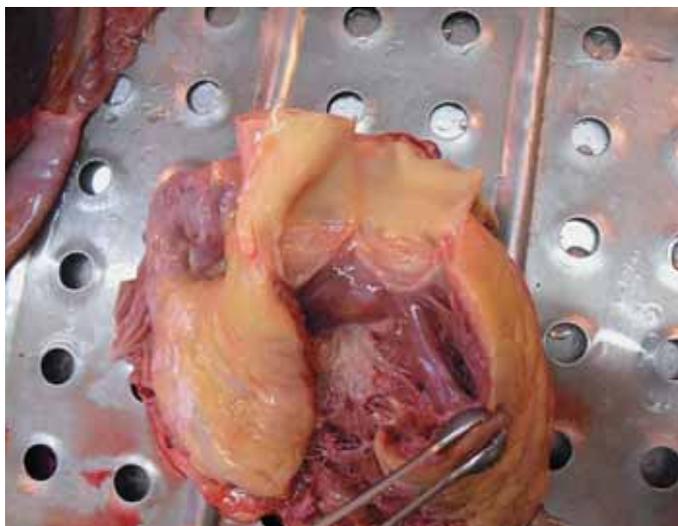


**Рис. 1.13.** Модераторный пучок правого желудочка и стенка правого желудочка. Макропрепарат.

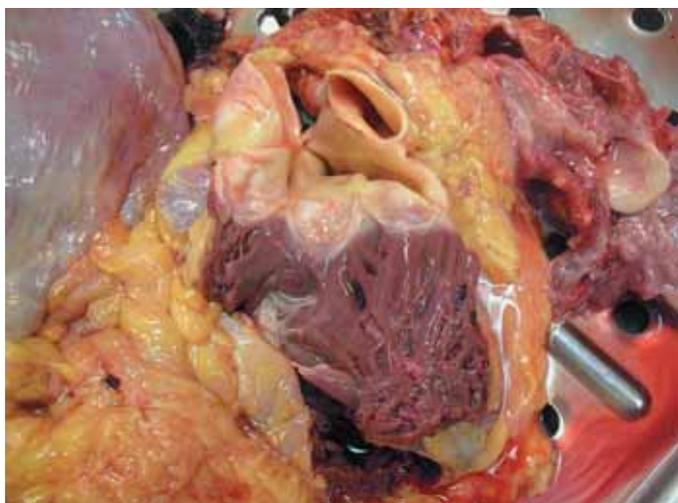


### ***Правый желудочек***

Правый желудочек условно можно разделить на тракты – приносящий и выносящий. По приносящему тракту кровь устремляется в диастолу из правого предсердия, а по гладкому выносящему тракту – в систолу в легочную артерию. Стенка правого желудочка тоньше стенки левого желудочка: толщина ее составляет в конце диастолы около 5 мм. Правый желудочек прилежит к левому в виде полумесяца. В полости правого желудочка расположены большое количество трабекул и папиллярные мышцы. Количество папиллярных мышц может быть различно. Папиллярные мышцы и трабекулы правого желудочка в области верхушки соединяются «модераторным» пучком. Это очень важный анатомический ориентир правого желудочка. От легочной артерии правый желудочек отделен створками легочного клапана (рис. 1.13).



**Рис. 1.14.** Створки клапана легочной артерии, стенка легочной артерии и выносящий тракт правого желудочка. Макропрепарат.



**Рис. 1.15.** Раскрытые полулунные створки клапана легочной артерии. Макропрепарат.

### ***Клапан легочной артерии***

Клапан легочной артерии в норме имеет три створки: переднюю, правую и заднюю, которые крепятся к фиброзному кольцу. В начальной части легочного ствола имеются расширения и углубления – синусы (рис. 1.14). Легочный клапан при эхокардиографическом исследовании удаётся визуализировать лишь частично. Как правило, можно вывести заднюю и правую створки. Задняя створка клапана легочной артерии проецируется в области комиссур правой коронарной и левой коронарной створок аортального клапана. Створки легочного клапана менее плотные, чем аортального клапана (рис. 1.15). Легочная артерия – единственная артерия в организме человека, по которой течет венозная кровь.

### ***Легочная артерия***

Стенка легочной артерии устроена аналогично стенке аорты. Легочная артерия имеет фиброзное кольцо, которое не связано с фиброзным каркасом сердца. Фиброзное кольцо легочной артерии можно видеть при эхокардиографическом исследовании у больных с нарушением кальциевого обмена. Легочная артерия имеет ствол, который затем делится на правую и левую ветви. Место бифуркации расположено под дугой аорты.

### **Кровоснабжение сердца**

Коронарные артерии кровоснабжают сердце. В норме имеются правая и левая коронарные артерии, отходящие от правого и левого коронарных синусов аорты (синусов Вальсальвы). Строение их может быть различно и варьирует. Коронарные артерии делятся на ветви и капилляры и несут кровь к мышце сердца. Существуют различные варианты кровоснабжения сердца. Наиболее часто левая коронарная артерия питает левое предсердие, большую часть левого желудочка и межжелудочковой перегородки, а правая коронарная – часть левого желудочка и перегородки, весь правый желудочек и правое предсердие.

Вены сердца – передняя и задняя, собирают обедненную кислородом кровь и впадают в коронарный синус – венозный коллектор сердца. Коронарный синус расположен в межпредсердно-межжелудочковой борозде по задней стенке левых отделов сердца и впадает в правое предсердие рядом с нижней полой веной.

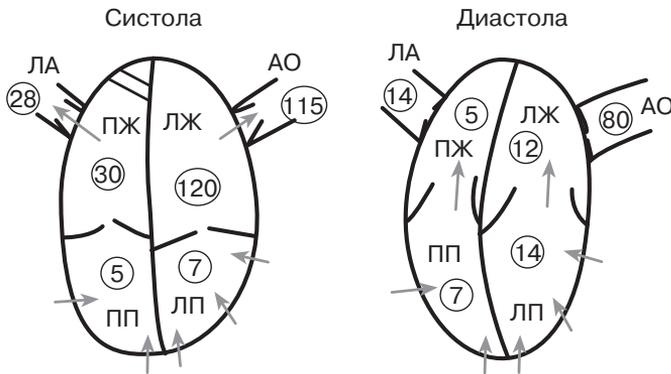
### **Иннервация сердца**

Проводящая система сердца состоит из водителя ритма – синусового узла, расположенного в правом предсердии, рядом с местом впадения верхней полой вены. Импульс быстро достигает атриовентрикулярного узла, расположенного в межпредсердной перегородке, недалеко от места впадения коронарного синуса в правое предсердие. Далее импульс по волокнам Пуркинье и ветвям пучка Гиса вызывает сокращение желудочков. В случае отказа синусового узла атриовентрикулярный узел может взять на себя функцию водителя ритма.

### ***1.4. Нормальная гемодинамика сердца человека***

Допплерэхокардиография в настоящее время является методом выбора в оценке гемодинамики сердца. Для того чтобы овладеть методом доплерэхокардиографии, нужно хорошо знать нормальную гемодинамику сердца и иметь навык работы в двухмерном режиме. На схеме нормального давления в полостях сердца и в магистральных сосудах можно хорошо разобраться с фазами сердечного цикла и с нормальной гемодинамикой сердца человека (рис. 1.16).

Выше подробно изложена нормальная анатомия сердца. Сердце – полый мышечный орган, состоящий из левого – артериального и правого – венозного отделов. Обогащенная кислородом кровь по четырем легочным



**Рис. 1.16.** Схема нормального давления в полостях сердца и магистральных сосудах в систолу и диастолу. Цифрами указано приблизительное давление в полостях сердца и в магистральных сосудах в систолу и в диастолу.

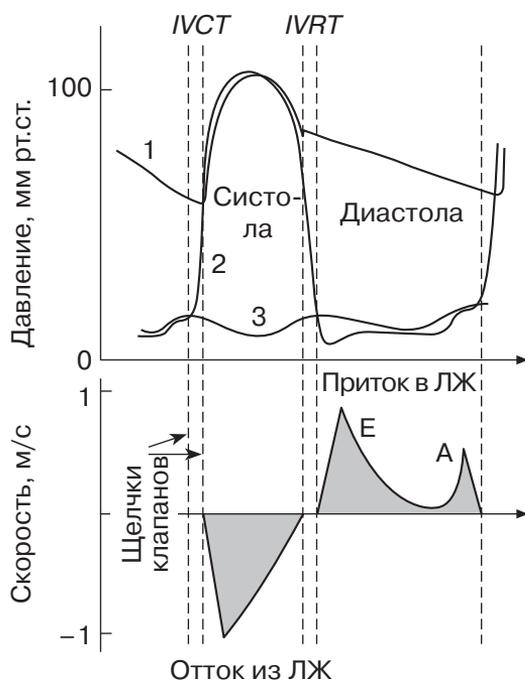
венам поступает в левое предсердие, давление в нем растет и в начале диастолы составляет не более 14 мм рт.ст. Под давлением крови створки митрального клапана открываются, кровь устремляется в камеру с меньшим давлением – в левый желудочек, где в начале диастолы давление составляет не более 12 мм рт.ст. Створки аортального клапана закрыты, давление в аорте в диастолу составляет около 80 мм рт.ст.

Давление между камерами выравнивается и затем начинает превалировать давление в полости левого желудочка. В результате этого створки митрального клапана начинают закрываться и полностью захлопываются. После короткого периода диастазиса, во время которого может быть незначительное пассивное поступление части крови из левого предсердия в левый желудочек, происходит систола левого предсердия, остаточный объем крови изгоняется в левый желудочек. Диастола завершилась, и давление в полости левого желудочка начинает возрастать. Время от щелчка закрытия митрального клапана до щелчка открытия аортального клапана, которое необходимо для нарастания давления в левом желудочке после диастолы, называется временем изоволюметрического сокращения левого желудочка (interventricular contractility time – IVCT) (рис. 1.17).

Створки аортального клапана открываются под давлением крови. В начале систолы давление в полости левого желудочка составляет около 120 мм рт.ст., давление в аорте ниже – около 110–115 мм рт.ст. При этом створки митрального клапана закрыты, и давление в левом предсердии составляет около 5–7 мм рт.ст. Кровь поступает в аорту, давление между камерами выравнивается, и затем начинает превалировать давление в аорте. Створки аортального клапана закрываются. Давление в левом желудочке продолжает падать. Промежуток от щелчка закрытия аортального клапана до щелчка открытия митрального клапана называется временем изоволюметрического расслабления левого желудочка (interventricular rest time – IVRT), которое необходимо для снижения давления в левом желудочке после систолы.

Таким образом, физиологическая диастола начинается сразу после щелчка закрытия аортального клапана и заканчивается щелчком закрытия

**Рис. 1.17.** Схема физиологии сердечного цикла (Otto C., Pearlman A., 1995). 1 – давление в аорте, 2 – давление в левом желудочке, 3 – давление в левом предсердии.



митрального клапана; физиологическая систола начинается сразу после закрытия митрального клапана и заканчивается щелчком закрытия аортального клапана. По аорте и ее ветвям артериальная кровь распространяется по всему организму. Венозная, обедненная кислородом кровь, оттекая от тканей и внутренних органов, поступает в верхнюю и нижнюю полые вены и затем – в правое предсердие. Нижняя полая вена собирает кровь от нижней половины туловища, верхняя полая вена – от верхней половины туловища. В начале диастолы давление в правом предсердии составляет около 5–7 мм рт.ст., а в правом желудочке – около 2–5 мм рт.ст. Створки клапана легочной артерии закрыты, давление в легочной артерии в начале диастолы составляет не более 14 мм рт.ст.

Под давлением крови створки трикуспидального клапана открываются, кровь поступает из камеры с большим давлением в камеру с меньшим давлением – из правого предсердия в правый желудочек. Давление между ними выравнивается, и затем давление в правом желудочке начинает превалировать. Створки трикуспидального клапана практически полностью закрываются, но после периода диастазиса происходит систола правого предсердия, и остаточный объем крови поступает в правый желудочек. Створки трикуспидального клапана закрываются, давление в полости правого желудочка начинает возрастать; после периода изоволюметрического сокращения открываются створки клапана легочной артерии. Давление в полости правого желудочка в начале систолы составляет в норме не более

30 мм рт.ст., в легочной артерии – около 20–25 мм рт.ст. В правом предсердии в это время давление снижается до 0–5 мм рт.ст. Кровь поступает из правого желудочка в легочную артерию и по ее ветвям в легкие. Давление между камерами выравнивается, и затем начинает превалировать давление в легочной артерии. Створки клапана легочной артерии начинают прикрываться и полностью захлопываются. Систола правого желудочка закончилась. За время от щелчка закрытия клапана легочной артерии до щелчка открытия трикуспидального клапана (IVRT) давление в полости правого желудочка падает после систолы. Физиологическая диастола правого желудочка начинается от щелчка закрытия клапана легочной артерии и длится до щелчка открытия трикуспидального клапана. Физиологическая систола начинается от щелчка закрытия трикуспидального клапана и длится до щелчка открытия клапана легочной артерии.

### *Рекомендуемая литература*

- Андерсон Р., Спайсей Д., Хлавачек Э. Хирургическая анатомия сердца по Уилкоксу. М.: Логосфера, 2015: 15–60.
- Банкл Г. Врожденные пороки сердца и крупных сосудов. М.: Медицина, 1980: 11–49.
- Бураковский В.И., Бокерия Л.А. Сердечно-сосудистая хирургия. М.: Медицина, 1989: 45–58.
- Затикян Е.П. Кардиология плода и новорожденного. М.: Инфо-Медиа, 1996: 11–16.
- Михайлов С.С. Клиническая анатомия сердца. М.: Медицина, 1987: 35–245.
- Привес М.Г., Лысенков Н.К., Бушкович В.И. Анатомия человека. Л.: Медицина, 1974: 383–400.
- Рыбакова М.К., Митьков В.В., Балдин Д.Г. Эхокардиография от Рыбаковой М.К. М.: Видар, 2016: 33–50.
- Толд К. Анатомический атлас. Практическая медицина (СПб.). 1913; 9: 562–577.