



Feigenbaum's

Echocardiography

EIGHTH EDITION

William F. Armstrong, MD

Franklin Johnston Collegiate Professor of Medicine
Division of Cardiovascular Medicine
Frankel Cardiovascular Center
University of Michigan
Ann Arbor, Michigan

Thomas Ryan, MD

John G. and Jeanne Bonnet McCoy Chair
in Cardiovascular Medicine
Director, Ohio State Heart and Vascular Center
The Ohio State University Wexner Medical Center
Columbus, Ohio



Wolters Kluwer

Philadelphia • Baltimore • New York • London
Buenos Aires • Hong Kong • Sydney • Tokyo

Эхокардиография



по Харви Фейгенбауму

**Уильям Ф. Армстронг,
Томас Райан**

Перевод с английского

В. И. Каледы и канд. мед. наук С. К. Прокоповича
под редакцией канд. мед. наук М. А. Осипова



Москва
«МЕДпресс-информ»
2023

УДК 616.12-073.43
ББК 54.101
А83

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

Книга предназначена для медицинских работников.

Перевод с английского: В.И.Каледа, канд. мед. наук С.К.Прокопович

Translation from English language edition:
Feigenbaum's Echocardiography. Eighth edition
William F. Armstrong, Thomas Ryan

Армстронг, Уильям Ф.

А83 Эхокардиография по Харви Фейгенбауму / Уильям Ф. Армстронг, Томас Райан ; пер. с англ. под ред. М.А.Осипова. – Москва : МЕДпресс-информ, 2023. – 876 с. : ил.
ISBN 978-5-907504-69-1.

Эхокардиография – основополагающий метод диагностики болезней сердца, без знания ее не может обойтись ни один современный кардиолог. Настоящая книга – перевод на русский язык последнего, восьмого издания самого известного в мире руководства по этой специальности. Детально и удобным для восприятия образом в ней изложено то, что должен знать каждый врач, берущий в руки ультразвуковой датчик, – от методических основ эхокардиографии до подробностей диагностики врожденных и приобретенных пороков, кардиомиопатий, болезней аорты и перикарда, исследования функции желудочков и многого другого. Отдельные главы посвящены стресс-эхокардиографии, проведению исследований в отделениях реанимации и операционных, инфекционному эндокардиту, протезированным клапанам сердца. Книга хотя и основана на строго научных данных, но прежде всего посвящена решению вопросов, возникающих в повседневной врачебной работе. Она прекрасно иллюстрирована – в ней почти две тысячи рисунков, многие – со ссылками на видеозаписи.

Книга предназначена и опытным, и начинающим эхокардиографистам, а также тем врачам, которые сами исследований не делают, но стремятся лучше понимать возможности метода.

УДК 616.12-073.43
ББК 54.101

Издательство Wolters Kluwer Health не принимало участия в переводе данного издания и поэтому не несет никакой ответственности за неточности или ошибки перевода.

ISBN 9781451194272
ISBN 978-5-907504-69-1

© 2019 Published by arrangement with Wolters Kluwer Health Inc., USA
© Издание на русском языке, перевод на русский язык, оформление, оригинал-макет. Издательство «МЕДпресс-информ», 2023

Оглавление

Предисловие	13	Эхоконтрастные средства в клинической практике	65
Благодарности	14	<i>Взболтанный физраствор</i>	65
От редактора русского перевода	15	<i>Источники ошибок</i>	69
Сокращения	16	Показания к контрастированию левого желудочка	71
Глава 1		Усиление доплеровских сигналов	75
История эхокардиографии	17	Артефакты	76
Развитие технологии	19	Исследование перфузии миокарда	78
Запись исследований	21	Глава 4	
Специальность сонографиста	22	Порядок проведения исследований	85
Обучение, профессиональные ассоциации	24	Эхокардиографическая лаборатория	85
Глава 2		Критерии целесообразности эхокардиографии	86
Физические основы	26	Трансторакальное исследование	86
Физика ультразвука	26	<i>Положение больного</i>	87
Взаимодействие ультразвука с тканями	28	<i>Положение датчика</i>	89
Датчик	30	<i>Парастернальные позиции</i>	90
Управление ультразвуковым пучком	32	<i>Апикальные позиции</i>	95
Разрешение	34	<i>Субкостальные позиции</i>	99
Получение изображений	36	<i>Супрастернальные позиции</i>	100
Передача ультразвуковой энергии	37	<i>Ориентация изображений</i>	102
Варианты отображения сигналов	39	<i>Измерения</i>	103
Оптимизация изображения	41	<i>Сегменты левого желудочка</i>	104
Обработка сигнала	41	<i>М-модальное исследование</i>	104
Гармонический анализ	42	Чреспищеводная эхокардиография	106
Артефакты	44	<i>Стандартные позиции</i>	109
Допплеровское исследование	45	Трехмерная эхокардиография	115
<i>Физические основы</i>	46	Прикроватное ультразвуковое исследование сердца	120
<i>Импульсное и постоянно-волновое</i> <i>исследования</i>	48	Эхокардиография как метод массового обследования	122
<i>Цветное доплеровское исследование</i>	52	Цифровая лаборатория	122
<i>Допплеровские артефакты</i>	54	Подготовка специалистов и повышение квалификации	124
<i>Тканевое доплеровское исследование</i>	55	Глава 5	
Биологические эффекты ультразвука	56	Систолическая функция левого желудочка	127
Глава 3		Линейные измерения	127
Контрастирование	59	<i>Косвенные показатели функции левого желудочка</i>	129
Эхоконтрастные средства	59	Двумерная эхокардиография	130
<i>Безопасность эхоконтрастных средств</i>	61	<i>Автоматическое определение границ эндокарда</i>	132
Взаимодействие ультразвука с эхоконтрастными средствами	61	<i>Трехмерная эхокардиография</i>	134
Методы исследования	62	<i>Деформация и скорость деформации миокарда</i>	136
<i>Техническое оснащение</i>	63	<i>Скручивание левого желудочка</i>	140
<i>Прерывистая регистрация</i>	63	Локальная сократимость левого желудочка	141
<i>Регистрация при низком механическом индексе</i>	63	<i>Количественные методы</i>	142

Масса миокарда левого желудочка	144
<i>Физиологическая и патологическая гипертрофия</i>	145
Прочие методы изучения функции левого желудочка	146
<i>M-модальное цветное тканевое доплеровское исследование</i>	146
<i>Индекс производительности миокарда</i>	147
<i>Скорость роста давления в левом желудочке</i>	148
<i>Напряжение в стенке левого желудочка</i>	149
<i>Доплеровское исследование систолической функции левого желудочка</i>	149
Неишемические нарушения локальной сократимости левого желудочка	150
<i>Желудочковая экстрасистолия</i>	152
<i>Желудочковая электрокардиостимуляция</i>	153
<i>Констриктивный перикардит</i>	153
<i>Предвозбуждение желудочков</i>	153
<i>Послеоперационные нарушения сократимости</i>	154
<i>Заднее сдавление</i>	155

Глава 6

Диастолическая функция левого желудочка 157

Физиология диастолы	157
Стадии диастолической дисфункции	158
<i>Нормальная диастолическая функция</i>	159
<i>Замедленное расслабление (стадия I)</i>	160
<i>Псевдонормальное наполнение (стадия II)</i>	161
<i>Рестриктивное наполнение (стадия III)</i>	161
Допплеровские показатели	162
<i>Время изоволюмического расслабления</i>	163
<i>Трансмитральный кровоток</i>	163
<i>Скорость распространения раннего диастолического кровотока</i>	165
<i>Скорость подъема митрального кольца</i>	166
<i>Кровоток в легочных венах</i>	168
<i>Объем левого предсердия</i>	171
<i>Проба Вальсальвы</i>	172
<i>Другие показатели диастолической функции</i> ..	172
Многофакторный подход к исследованию диастолической функции	173
Клинические рекомендации по исследованию диастолической функции	175
Алгоритм диагностики при сниженной фракции выброса левого желудочка	175
Алгоритм диагностики при нормальной фракции выброса левого желудочка	176
Практическое использование диагностических алгоритмов	179
<i>Замедленное расслабление (стадия I)</i>	179
<i>Псевдонормальное наполнение (стадия II)</i>	179
<i>Рестриктивное наполнение (стадия III)</i>	179
Диастолическая функция в динамике	184
Стресс-эхокардиография	186

Сердечная недостаточность с нормальной фракцией выброса левого желудочка	188
Диастолическая дисфункция при отдельных состояниях	188
<i>Синусовая тахикардия</i>	188
<i>Мерцательная аритмия</i>	188
<i>Митральные пороки</i>	190
<i>Гипертрофическая кардиомиопатия</i>	190
Прогноз у больных с диастолической дисфункцией	190

Глава 7

Предсердия и правый желудочек 193

Левое предсердие	193
<i>Размеры и объем левого предсердия</i>	193
<i>Функция левого предсердия</i>	196
Межпредсердная перегородка	197
Легочные вены	204
Правое предсердие	208
<i>Тромбоз правого предсердия</i>	212
<i>Кровоток в правом предсердии</i>	213
Правый желудочек	216
<i>Размеры и объемы</i>	216
<i>Перегрузка правого желудочка</i>	223
<i>Аритмогенная дисплазия правого желудочка</i> ..	227

Глава 8

Гемодинамика 231

M-модальное и двумерное исследования	231
Объем кровотока	233
Градиенты давления	239
<i>Практическое применение уравнения Бернулли</i>	242
Время полуспада градиента давления	247
Уравнение непрерывности потока	250
Проксимальная зона регургитации	252
Индекс производительности миокарда	253

Глава 9

Болезни перикарда 256

Перикардальный выпот	257
<i>Визуализация перикарда</i>	261
<i>Дифференциальная диагностика с плевральным выпотом</i>	263
<i>Тампонада сердца</i>	263
Констриктивный перикардит	268
<i>Роль эхокардиографии</i>	269
<i>Доплеровское исследование</i>	272
<i>Выпотной констриктивный перикардит</i>	275
<i>Дифференциальная диагностика с рестриктивной кардиомиопатией</i>	276

Другие болезни перикарда	276
<i>Послеоперационный перикардальный выпот</i>	276
<i>Перикардиоцентез под эхокардиографическим контролем</i>	278
<i>Отсутствие перикарда</i>	278
<i>Кисты перикарда</i>	279

Глава 10

Аортальный клапан 282

Двустворчатый аортальный клапан	282
Аортальный стеноз	284
<i>Двумерная эхокардиография</i>	286
<i>Допплеровское исследование</i>	292
<i>Другие методы оценки тяжести</i>	299
<i>Классификация</i>	302
<i>Естественное течение</i>	307
<i>Показания к протезированию аортального клапана</i>	308
Аортальная недостаточность	310
<i>Показания к эхокардиографии</i>	310
<i>М-модальное и двумерное исследования</i>	310
<i>Допплеровские исследования</i>	313
<i>Степени тяжести</i>	318
<i>Острая и хроническая аортальная недостаточность</i>	323
<i>Состояние левого желудочка</i>	324
Другая патология аортального клапана	324

Глава 11

Митральный клапан 328

Анатомия митрального клапана	328
Патофизиология митральных пороков	333
Митральный стеноз	335
<i>Двумерная эхокардиография</i>	335
<i>Врожденный митральный стеноз</i>	335
<i>М-модальное исследование</i>	337
<i>Чреспищеводная и трехмерная эхокардиография</i>	337
<i>Планиметрическое измерение митрального отверстия</i>	337
<i>Допплеровская оценка тяжести стеноза</i>	339
<i>Нагрузочные пробы</i>	342
<i>Дополнительные находки</i>	342
<i>Вторичная легочная гипертензия</i>	345
<i>Выбор метода лечения</i>	345
Митральная недостаточность	346
<i>Допплеровское исследование</i>	346
<i>Определение тяжести митральной недостаточности</i>	350
<i>Другие способы оценки тяжести митральной недостаточности</i>	353
<i>Болтающаяся створка</i>	357
<i>Вторичная митральная недостаточность</i>	359
Пролапс митрального клапана	364

Другая патология митрального клапана	367
<i>Пластика митрального клапана</i>	367
<i>Обызвествление митрального кольца</i>	368
<i>Опухоли митрального клапана</i>	369
<i>Аневризмы митрального клапана</i>	370
<i>Инфекционный эндокардит и перфорация створок</i>	370
<i>Расщепленный митральный клапан</i>	371
<i>Отрыв митрального кольца</i>	371
<i>Лучевое поражение</i>	371
<i>Карциноидный синдром и лекарственное поражение клапана</i>	372

Глава 12

Трикуспидальный клапан и клапан легочной артерии 375

Клапан легочной артерии	376
<i>Стеноз клапана легочной артерии</i>	378
<i>Недостаточность клапана легочной артерии</i>	379
<i>Другие заболевания</i>	383
<i>Исследование выносящего тракта правого желудочка</i>	383
Трикуспидальный клапан	384
<i>Допплеровское исследование</i>	387
<i>Трикуспидальный стеноз</i>	388
<i>Трикуспидальная недостаточность</i>	388
<i>Ишемическая болезнь сердца</i>	393
<i>Количественная оценка трикуспидальной недостаточности</i>	393
<i>Измерение систолического давления в правом желудочке</i>	394
<i>Карциноидный синдром</i>	397
<i>Фиброэластоз эндокарда</i>	398
<i>Аномалия Эбштейна</i>	398
<i>Резекция трикуспидального клапана</i>	399
<i>Опухоли и другие образования</i>	399

Глава 13

Инфекционный эндокардит 402

Общие сведения	402
Ультразвуковая характеристика вегетаций	402
Диагностическая ценность эхокардиографии	411
Другие методы визуализации	413
Диагностические критерии и их эволюция	414
Осложнения	416
Прогноз и факторы риска	422
Инфекционный эндокардит протезированных клапанов	423
Инфекционный эндокардит имплантированных устройств	426
Инфекционный эндокардит правых отделов сердца	428
Кому и как часто проводить эхокардиографию	430

Глава 14**Протезированные клапаны 435**

Типы протезов	435
Нормальная функция протезов	437
Роль эхокардиографии	446
Общие принципы исследования	448
Протезы в аортальной позиции	450
<i>Эндопротезирование аортального клапана</i> ...	454
Протезы в митральной позиции	459
<i>Эндоваскулярные вмешательства</i>	
<i>на митральном клапане</i>	463
Дисфункция протезов	465
<i>Обструкция</i>	465
<i>Инфекционный эндокардит</i>	471
<i>Механическая поломка</i>	484
Протезированные клапаны в правых отделах	
сердца	484
Пластика митрального клапана	486

Глава 15**Ишемическая болезнь сердца 490**

Патофизиология ишемии миокарда	491
Локальная сократимость левого желудочка	494
<i>Трехмерная эхокардиография</i>	498
<i>Тканевое доплеровское исследование и метод</i>	
<i>отслеживания пятен</i>	498
<i>Другие методы выявления ишемии миокарда</i>	499
Эхокардиография при разных формах ишемической	
болезни сердца	499
<i>Стенокардия напряжения</i>	499
<i>Инфаркт миокарда</i>	500
<i>Естественное течение нарушений локальной</i>	
<i>сократимости</i>	503
<i>Влияние локальной сократимости на прогноз</i>	504
Осложнения инфаркта миокарда	505
<i>Перикардальный выпот</i>	505
<i>Механические осложнения</i>	505
<i>Разрыв свободной стенки левого желудочка</i> ..	506
<i>Тромбоз левого желудочка</i>	507
<i>Инфаркт правого желудочка</i>	507
<i>Острая митральная недостаточность</i>	509
<i>Разрыв межжелудочковой перегородки</i>	511
<i>Кардиогенный шок</i>	514
Хронические осложнения ишемической болезни	
сердца	514
<i>Истинная аневризма левого желудочка</i>	514
<i>Псевдоаневризма левого желудочка</i>	516
<i>Структурная перестройка левого желудочка</i>	517
<i>Пристеночный тромбоз</i>	518
<i>Митральная недостаточность</i>	519
<i>Ишемическая кардиомиопатия</i>	519
Визуализация коронарных артерий	520
<i>Болезнь Кавасаки</i>	523

Глава 16**Стресс-эхокардиография 526**

Физиологические основы	526
Методические основы	527
<i>Тредмил</i>	528
<i>Велоэргометрия</i>	529
<i>Добутамин</i>	529
<i>Дипиридамол и аденозин</i>	531
<i>Трехмерная стресс-эхокардиография</i>	531
Выбор нагрузки	532
Интерпретация результатов	533
<i>Виды нарушений локальной сократимости</i> ...	537
<i>Влияние нагрузки на локальную</i>	
<i>сократимость</i>	537
<i>Деформация миокарда</i>	538
Локализация поражения коронарных артерий	539
Дополнительные признаки ишемии миокарда	540
Диагностическая ценность стресс-	
эхокардиографии	541
<i>Исследование перфузии миокарда</i>	544
<i>Сравнение со сцинтиграфией миокарда</i>	
<i>с нагрузкой</i>	545
Практическое применение	546
<i>Прогностическая ценность стресс-</i>	
<i>эхокардиографии</i>	546
<i>Подозрение на острый коронарный синдром</i> ..	550
<i>Стресс-эхокардиография после инфаркта</i>	
<i>миокарда</i>	550
<i>Стресс-эхокардиография после</i>	
<i>реваскуляризации миокарда</i>	552
<i>Оценка периоперационного риска</i>	553
<i>Стресс-эхокардиография у женщин</i>	554
<i>Определение жизнеспособности миокарда</i> ...	554
Неишемические заболевания сердца	556
<i>Выявление диастолической дисфункции левого</i>	
<i>желудочка</i>	557

Глава 17**Дилатационная кардиомиопатия 562**

Классификация и основные признаки	562
Допплеровское исследование функции левого	
желудочка	568
Вторичные изменения	571
Причины дилатационной кардиомиопатии	574
Прогноз	577
Роль эхокардиографии в выборе лечения	578
<i>Двухжелудочковая электрокардиостимуляция</i>	579
<i>Трансплантация сердца</i>	580
<i>Искусственные желудочки</i>	584
Миокардиты	589
Послеродовая кардиомиопатия	592
Болезнь Шагаса	592

Глава 18

Гипертрофическая и рестриктивная кардиомиопатия 595

Гипертрофическая кардиомиопатия	595
Эхокардиографические признаки	596
Магнитно-резонансная томография	600
Обструкция выносящего тракта левого желудочка	601
Митральная недостаточность	605
Апикальная гипертрофическая кардиомиопатия	606
Обструкция левого желудочка на уровне средних сегментов	608
Стадия систолической дисфункции левого желудочка	610
Обследование родственников	610
Состояния, напоминающие гипертрофическую кардиомиопатию	612
Контроль за ходом лечения	615
Рестриктивная кардиомиопатия	617
Амилоидоз сердца	617
Идиопатическая рестриктивная кардиомиопатия	619
Фиброэластоз эндокарда и гиперэозинофильный синдром	620
Миопатии и гликогенозы	621
Болезнь Уля	623

Глава 19

Врожденные пороки сердца у взрослых 625

Сегментный анализ	626
Расположение предсердий	626
Морфология желудочков	627
Соединение магистральных артерий	628
Нарушения притока к правому желудочку	629
Нарушения притока к левому желудочку	632
Стеноз легочных вен	632
Обструкция левого предсердия	633
Митральный стеноз	635
Нарушения оттока от правого желудочка	636
Подклапанный стеноз легочной артерии	636
Стеноз клапана легочной артерии	637
Надклапанный стеноз легочной артерии	639
Нарушения оттока от левого желудочка	640
Подклапанные стенозы	641
Клапанный аортальный стеноз	641
Надклапанный аортальный стеноз	646
Коарктация аорты	646
Дефекты межпредсердной и межжелудочковой перегородки	647
Дефекты межпредсердной перегородки	650
Дефекты межжелудочковой перегородки	661
Открытый атриовентрикулярный канал	677

Пороки развития сосудов и их соединений	679
Открытый артериальный проток	679
Аномалии полых вен	681
Аномалии коронарных артерий	682
Тетрада Фалло	684
Транспозиция магистральных артерий	689
D-транспозиция	689
L-транспозиция	692
Атрезия трикуспидального клапана	693
Операция Фонтена	695

Глава 20

Болезни аорты 699

Анатомия аорты	699
Эхокардиографическое исследование	702
Аневризмы аорты	705
Синдром Марфана	710
Аневризмы синусов Вальсальвы	713
Расслаивающая аневризма аорты	715
Интрамуральная гематома	726
Осложнения и естественное течение раслаивающей аневризмы аорты	726
Атеросклероз аорты	731
Другие заболевания	733
Коарктация аорты	733
Псевдоаневризмы аорты	733
Травмы аорты	733
Инфекционные поражения	736
Тромбоз аорты	737
Аортоартериит	737

Глава 21

Объемные образования сердца 740

Варианты нормы и артефакты	740
Роль эхокардиографии	741
Опухоли сердца	741
Первичные доброкачественные опухоли	743
Первичные злокачественные опухоли	750
Метастатические опухоли	753
Внутрисердечные тромбы	762
Тромбы левого желудочка	762
Тромбы левого предсердия	769
Тромбы правого предсердия	772
Спонтанное контрастирование	775
Поиск источника эмболий	776
Опухолеподобные образования	780

Глава 22

Эхокардиография при внесердечных заболеваниях 785

Артериальная гипертония	785
Сахарный диабет	787
Болезни щитовидной железы	788

Хроническая почечная недостаточность	788
Коллагенозы и аутоиммунные заболевания	791
<i>Системная красная волчанка</i>	791
<i>Антифосфолипидный синдром</i>	791
<i>Системная склеродермия и синдром Рейно</i>	793
Болезни печени	793
Хронические заболевания легких	796
Легочная гипертензия	796
Другие заболевания	802
<i>Саркоидоз</i>	802
<i>Гемохроматоз</i>	804
<i>Туберозный склероз</i>	804
<i>Гиперэозинофильный синдром</i>	804
<i>Карциноидный синдром</i>	804
<i>Серповидноклеточная анемия</i>	806
<i>Иммунодефицит</i>	806
<i>Лекарственное поражение клапанов</i>	806
Отдельные клинические состояния	807
<i>Сердечная недостаточность</i>	807
<i>Тромбоэмболия легочной артерии</i>	809
<i>Мерцательная аритмия</i>	810
<i>Синдром такоцубо</i>	815
<i>Нейрогенное оглушение миокарда</i>	816
<i>Обмороки</i>	817
<i>Кардиотоксическое действие</i> <i>противоопухолевых средств</i>	817
<i>Лучевые поражения сердца</i>	818
<i>Обследование спортсменов</i>	819
<i>Беременность</i>	820
<i>Старение</i>	821

Глава 23

Эхокардиография в приемном, реанимационном отделениях и в операционных 825

Реанимационные отделения	825
<i>Артериальная гипотония и шок</i>	825
<i>Гипоксия</i>	829
<i>Неврологические и нейрохирургические</i> <i>реанимационные отделения</i>	831
<i>Эхокардиография в условиях вспомогательного</i> <i>кровообращения</i>	831
Приемное отделение	833
<i>Эхокардиография после остановки</i> <i>кровообращения</i>	835
Периоперационный период	836
<i>Операции на митральном клапане</i>	838
<i>Операции на трикуспидальном клапане</i>	847
<i>Операции на аортальном клапане</i>	847
<i>Другие эхокардиографические находки</i> <i>при операциях на сердце</i>	853
<i>Контроль за ходом внесердечных операций</i> ...	857
<i>Осложнения после кардиохирургических</i> <i>операций</i>	857
<i>Контроль за ходом электрофизиологических</i> <i>вмешательств</i>	860

Алфавитный указатель 865

Предисловие

Надеемся, что книга наша недлинна и достаточно проста, чтобы найти отклик у тех врачей, которые, возможно, не собираются сами брать в руки датчик, но интересуются возможностями эхокардиографии. Тем, кто хочет использовать метод для наилучшего лечения своих больных, такое знание необходимо.

Харви Фейгенбаум, 1972.

Из предисловия к первому изданию «Эхокардиографии»

Первое издание «Эхокардиографии» увидело свет в 1972 году. Книга насчитывала 239 страниц, речь в ней шла исключительно об М-модальном исследовании. С каждым новым изданием она пополнялась сведениями о новых возможностях эхокардиографии, которая все полнее и точнее позволяет ставить кардиологические диагнозы. К настоящему изданию текст руководства разросся до 800 страниц, оно насчитывает более 2000 иллюстраций с многочисленными ссылками к видеозаписям.

Способы применения эхокардиографии, о которых идет речь в настоящем, восьмом издании книги, как и в предыдущих, проверены клинической практикой и научными исследованиями. Книга рассчитана в первую очередь на тех, кто посвятил себя клинической эхокардиографии или собирается это сделать. Надеемся, что это новое издание, подобно всем предшествующим, будет также полезно каждому кардиологу – особенно теперь, когда не приходится сомневаться в основополагающей роли эхокардиографии в диагностике болезней сердца. Рассказывая о новых, недавно вошедших в практику методах, мы говорим о том, в чем именно они улучшают старые, какие клинические возможности открываются с их применением. Мы избегаем упоминания новейших разработок, сделанных отдельными фирмами-производителями оборудования и представляющими в основном научный интерес, и говорим об общедоступных и проверенных технологиях.

Практическая ценность методов визуализации резко возросла в последние годы, и обязанность врача, их

использующего, делать это экономно, строго по показаниям. Поэтому мы снабдили нашу книгу многочисленными указаниями на то, когда и как часто нужны эхокардиографические исследования, повсюду в тексте читатель найдет ссылки на научно обоснованные Критерии целесообразности эхокардиографии. Литературные ссылки и таблицы с нормативными документами мы, напротив, свели к минимуму – медицинская литература, включая клинические рекомендации, результаты исследований и мнения отдельных специалистов, общедоступна, мы же сосредоточились на той практически полезной информации, которая отражает состояние дел, – по крайней мере пока нынешнее издание не перестанет быть актуальным.

Мы убеждены, что искусство выполнения эхокардиографии, как и эхокардиографическая наука, лучше всего познаются в контексте клинического использования метода, и в этом издании, как и во всех предыдущих, старались смотреть на болезни сердца глазами врачей-кардиологов, а не узких специалистов в эхокардиографии. Будучи сами врачами, консультируя и лечя больных, мы знаем, сколь велика роль эхокардиографии почти при всех заболеваниях сердца. Надеемся, что нынешнее издание послужит делу обучения нового поколения эхокардиографистов, клинических кардиологов, техников-сонографистов и что те из наших коллег, кто разделяет нашу приверженность методу, тоже будут часто в нее заглядывать.

*Уильям Ф. Армстронг
Томас Райан*

От редактора русского перевода

В мире кардиологии существует не так много авторов, чьи имена известны каждому врачу – в любой стране. Один из них – родоначальник эхокардиографии Харви Фейгенбаум, автор первых шести изданий настоящего руководства и вдохновитель двух последующих. С 1972 года, когда вышло первое издание, эхокардиография превратилась из экспериментального в основополагающий метод кардиологии, в обязательную часть обучения ей, в неотъемлемую составляющую обследования при большинстве болезней сердца.

Руководство Фейгенбаума было нашей настольной книгой, когда в конце 1980-х мы начинали осваивать эхокардиографию. Найти литературу на английском было непросто, и считалось удачей, если в больничном отделении или на кафедре имелся экземпляр «Фейгенбаума», один на всех, на тот момент – четвертого его издания. Радостью были и встречи с самим автором – начиная с первой, в Израиле, на международной конференции в 1990 году.

«Эхокардиография, – сказал однажды доктор Фейгенбаум, – замечательный метод, но если проводить ее кое-как, она оборачивается катастрофой». Говоря о положении в нашей стране, надо с сожалением отметить, что исследования часто выполняются с большими погрешностями: их не записывают и не хранят, проводят неполно, без контрастирования и без мониторинга отведения ЭКГ, даже во время чреспищеводной эхокардиографии (которую, впрочем, даже в крупных городах почти не делают), дают заключения в произвольной форме, пользуются устаревшими способами расчетов, так что на деле метод оказывается эхокардиоскопией и нередко сводится к определению фракции выброса левого желудочка, словно ничего другого от него не следует ждать. Всех этих недостатков можно избежать, если действовать «по книжке», в нашем случае – по Фейгенбауму.

Руководство предназначено и тем, кто впервые решил заняться эхокардиографией, и тем, кто имеет многолетний опыт работы за аппаратом. Оно нацелено на реше-

ние клинических задач: для пороков сердца приведены показания к операции, для мерцательной аритмии – лечебная тактика с чреспищеводной эхокардиографией и без нее, большое место уделено применению метода в отделениях реанимации и в операционных. Говоря о той или иной болезни, авторы указывают место эхокардиографии в ее диагностике – в ряду других методов. Исследования должны выполняться по показаниям – в большинстве разделов имеются ссылки на Критерии целесообразности эхокардиографии: одним она показана, а другим даже может причинить вред. В любом случае эхокардиографические исследования всем подряд (например, при артериальной гипертонии, или просто – желающим) ничего хорошего не дадут.

Книга обильно иллюстрирована, рисунки содержат более тысячи ссылок на видеозаписи, которые читатель сможет просматривать на своем компьютере. В переводе сохранены многие английские аббревиатуры – в том виде, в котором они используются в эхокардиографах.

Переведенное нами последнее, восьмое издание книги обобщает опыт, накопленный эхокардиографией за 40 лет – от М-модального исследования до трехмерной чреспищеводной эхокардиографии, тканевого доплеровского исследования, определения деформации миокарда и многого другого. Но даже такие трудные темы, как диастолическая дисфункция левого желудочка, определение тяжести аортального стеноза или диагностическая ценность стресс-эхокардиографии, изложены понятно и просто – насколько это возможно. Мы уверены, что долгожданный выход руководства на русском языке принесет большую пользу отечественной медицине в целом и нашим больным.

Для нас было честью работать над русским переводом «Эхокардиографии по Харви Фейгенбауму». Благодарю своего коллегу Артемия Охотина за ценные замечания по тексту книги.

*Максим Осипов,
Тарусская больница*



Глава 1

История эхокардиографии

Харви Фейгенбаум

История ультразвуковой диагностики и особенно ЭхоКГ имеет множество версий [1–6]. Одни начинают с XX века, другие – с Древнего Рима, третьи – откуда-нибудь посередине. Считается, что слово «эхо» придумал Витрувий, римский архитектор и механик [7]. Монах-францисканец Марен Мерсенн (1588–1648) известен как «отец акустики»: он впервые измерил скорость звука [7], физик Роберт Бойль (1627–1691) обратил внимание на важность среды для распространения звука [7], а «отцом ультразвука» называют аббата Ладзаро Спалланцани (1727–1799), который открыл, что летучие мыши слепы и ориентируются на отражения неслышимых человеком звуков, которые сами же издают [8]. В 1842 г. Кристиан Допплер (1803–1853) заметил, что высота звука меняется при движении его источника [9], и математически описал изменение этой высоты в зависимости от скорости передатчика и приемника. Способность генерировать ультразвук появилась в 1880 г. с открытием пьезоэлектричества братьями Жаком и Пьером Кюри [10, 11]. Они обнаружили, что при сжатии некоторых кристаллов возникает электрический ток между их противоположными поверхностями. Позже они обнаружили и обратный эффект – при воздействии электрического тока на кристалл он сжимается или разжимается в зависимости от полярности тока и издает высокочастотный звук. В 1912 г. английский инженер Льюис Ричардсон предложил использовать гидролокаторы для обнаружения подводных объектов. Во время Первой мировой войны Поль Ланжевэн, французский физик, получил задание разработать метод обнаружения подводных лодок с помощью звука, что привело к изобретению сонара [3]. В 1929 г. советский физик Сергей Соколов разработал метод обнаружения дефектов в металле с помощью отраженного звука [12]. В 1942 г. этот же метод применил и запатентовал американский инженер Флойд Файрстоун [13]. Именно технология распознавания дефектов нашла затем применение в медицине.

Полагают, что австриец Карл Дуссик был первым, кто применил ультразвук в медицине [14]. В 1941 г. он попытался получить изображение желудочков мозга с помощью проходящего (не отраженного) ультразвука. После Второй мировой войны многие военные технологии, в том числе сонары, нашли применение в мирных, в том числе медицинских, целях. В 1950 г. немецкий ученый Вольф Кайдель использовал ультразвук для исследования сердца [15]. Он пропускал ультразвуковые волны через сердце и получал изобра-

жения с противоположной стороны грудной клетки, пытаясь определить объемы камер сердца. Первую попытку применить описанный Файрстоуном отраженный ультразвук для исследования сердца сделал шведский врач Гельмут Герц. Он был знаком с наблюдениями Файрстоуна и в 1953 г. приобрел ультрасоноскоп, предназначенный для дефектоскопии. Вместе с Инге Эдлером, кардиологом из шведского Лунда, Герц начал исследовать сердце: сотрудничество двух шведских врачей, как считается, и положило начало клинической ЭхоКГ [16].

Изображения, полученные первым аппаратом (рис. 1.1), были малоинформативны. Удалось увидеть лишь что-то с задней поверхности сердца – судя по всему, заднюю стенку левого желудочка. После модификации ультрасоноскопа Герц с Эдлером получили сигнал от передней створки митрального клапана, однако они не сразу распознали источник сигнала и несколько лет приписывали его передней стенке левого предсердия. Лишь после исследований на трупах они поняли свою ошибку. Эдлер продолжал исследовать сердце с помощью ультразвука, и многие позиции, использующиеся в наше время, были впервые описаны именно им [17], однако наибольший вклад он внес в описание митрального стеноза [18]. Эдлер заметил разницу в движении передней створки митрального клапана у здоровых людей и у больных с митральным стенозом. Работы, опубликованные в середине 1950-х

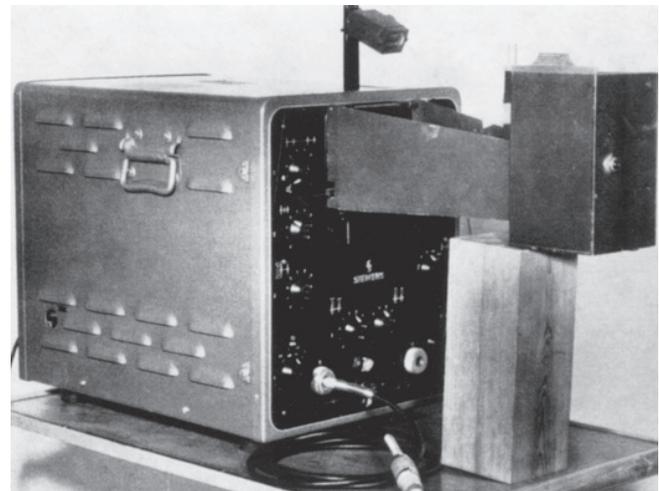


Рисунок 1.1. Ультрасоноскоп, который Эдлер и Герц использовали для записи своих первых эхокардиограмм. Edler I. *Ultrasound cardiology. Acta Med Scand Suppl 370* 1961;170:39.

и начале 1960-х гг., касались в основном митрального стеноза.

Похожие исследования были проведены в Западной Германии под руководством Свена Эфферта [19, 20]. Его публикации в конце 1950-х гг. в основном повторяли результаты Эдлера по митральному стенозу. Важным наблюдением, которое сделали Эфферт и Доманиг, стало обнаружение образований левого предсердия [20]. Другие немецкие ученые, Шмидт и Браун, опубликовали свои результаты в 1958 г., повторив сделанное Эдлером с Эффертом [21]. Группа Эдлера сняла научный фильм, который был показан на третьем Европейском кардиологическом конгрессе в Риме в 1960 г. [22]. Они же написали большой обзор по УЗИ сердца, опубликованный как приложение к журналу *Acta Medica Scandinavica* в 1961 г.; долго, более десятилетия, он оставался наиболее полным обзором в этой области [23]. В своем фильме и литературном обзоре Эдлер и его соавторы описывали ультразвуковую картину митрального стеноза, опухолей левого предсердия, аортального стеноза и перикардального выпота передней локализации.

Несмотря на свой вклад в ЭхоКГ, ни Эдлер, ни Герц не предполагали ее бурного развития. Основной интерес Герца заключался в технологии записи ультразвуковых сигналов. Он разработал метод струйной печати, за который получил множество патентов и которому посвятил значительную часть жизни, в то время как ультразвуком сердца он занимался лишь несколько лет. Когда фирма «Сименс» выпускала свой первый ультразвуковой аппарат, Герц пытался отговорить ее инвестировать в УЗИ сердца, так как не видел в них будущего [Эфферт, личное сообщение, 1996]. Эдлер тоже не стал участвовать в развитии ультразвуковых технологий: вплоть до выхода на пенсию в 1976 г. он занимался митральным стенозом (и, в меньшей степени, митральной недостаточностью), в то время как новые технологии выявления перикардального выпота и исследования функции левого желудочка остались за пределами его интересов.

Еще одной страной, где рано занялись ЭхоКГ, был Китай. В начале 1960-х гг. в Шанхае и Ухани разработали аппараты для А-, а затем и для М-модального исследования [24, 25]. Китайские исследователи повторили наблюдения Эдлера и Эфферта по части митрального стеноза [26]. Уникальным достижением китайцев стала ЭхоКГ плода [27], а также исследования с контрастом, в качестве которого они использовали перекись водорода и углекислый газ [28].

В США родоначальниками метода стали Уайлд, Кроуфорд и Рид, которые исследовали трупные сердца [29] и сумели распознать инфаркт миокарда, о чем опубликовали статью в *American Heart Journal* в 1957 г. Интересно, что ни Уайлд, ни Рид не были врачами. Рид был инженером-аспирантом в Университете Пенсильвании, его заинтересовало исследование сердца с помощью ультразвука. Он усовершенствовал ультрасоноскоп, после чего они с Клодом Джойнером, кардиологом

из Филадельфии, повторили исследования Эдлера с Эффертом у больных с митральным стенозом. Их работа, ставшая первым в США опытом клинического применения отраженного ультразвука, была опубликована в *Circulation* в 1963 г. [30].

Сам я заинтересовался ЭхоКГ в конце 1963 г., когда занимался исследованиями гемодинамики и был несколько разочарован катетеризацией сердца и ангиографией. Однажды я увидел рекламу ультразвукового аппарата для измерения объемов сердца от одной сейчас уже несуществующей фирмы. Как потом оказалось, за этой рекламой не стояло ничего – такого аппарата у них не было. Позже, когда я впервые увидел ультразвуковой аппарат на выставке во время съезда Американской кардиологической ассоциации в Лос-Анджелесе в 1963 г., то прислонил датчик к своей груди и нашел движущееся отражение – вероятно, от задней стенки левого желудочка. Несомненно, этот сигнал был тем самым, который Герц и Эдлер увидели почти 10 лет назад. Представители фирмы объяснили мне принцип работы аппарата. Я спросил, будет ли жидкость позади сердца давать иной сигнал, и они ответили, что жидкость вообще не дает отражения. Вернувшись в Индиану, я узнал, что наши неврологи уже используют ультрасоноскоп для обнаружения средней линии головного мозга. К счастью для меня, они это делали редко, так что у меня появилась возможность пользоваться ультрасоноскопом. Я принялся обследовать все больше людей и снова сумел записать сигнал от задней стенки левого желудочка. Потом появился больной с перикардальным выпотом: как я и предполагал, я получил два сигнала, разделенные эхонегативным пространством. Сигнал, расположенный дальше, был неподвижен, а ближний двигался вместе с сердцем. Мы отправились в лабораторию, чтобы подтвердить эти находки на животных. Так началась моя карьера в ЭхоКГ: первая моя статья была посвящена перикардальному выпоту, ее напечатали в *JAMA* в 1965 г. [31].

В это же самое время ультразвук начали применять японские исследователи: в середине 1950-х гг. Сатомура, Ёсида и Нимура из Университета Осаки опубликовали работы, которые легли в основание современного доплеровского исследования сердца [32, 33].

Множество людей внесли вклад в развитие метода на протяжении последних 50 лет, и это замечательный пример сотрудничества между физиками, инженерами и врачами. Каждый из видов исследования, из которого состоит ЭхоКГ, имеет свою историю.

Любопытно и происхождение слова «эхокардиография». Эдлер и Герц пользовались довольно громоздким названием «ультразвуковая кардиография», сокращенно – УКГ (UCG). В те годы ультразвук чаще всего применялся для обнаружения средней линии головного мозга – она смещается при внутричерепных образованиях. Исследование это называют эхоэнцефалографией, а сам аппарат – эхоэнцефалографом (именно его я в свое время заимствовал у неврологов), поэтому исследование сердца логично было бы называть эхо-

кардиографией. Аббревиатура ЭКГ (ECG) была, однако, уже занята электрокардиографией. Поначалу мы не могли использовать и короткое «эхо», чтобы не было путаницы с эхоэнцефалографией. Постепенно, однако, эхоэнцефалография исчезла из практики, и теперь слово «эхо» обозначает только ЭхоКГ, никто не путает его с УЗИ других органов.

Развитие технологии

История ЭхоКГ включает в себя развитие многих ультразвуковых методов: А- и М-модального, двумерного исследований, ЭхоКГ с контрастированием, доплеровских исследований, чреспищеводной, внутрисердечной ЭхоКГ. История доплеровских методов тоже очень длинная и интернациональная. В Японии начали выполнять доплеровские исследования еще в середине 1950-х гг. [32, 33], в США одним из первых ими занялся Р. Рашмер из Сиэтла, специалист по физиологии сердца [34], к нему присоединились упоминавшийся выше Джон Рид и инженер Дональд Бейкер, разработавший один из первых аппаратов для импульсного доплеровского исследования [35]. Юджин Стренднесс, сосудистый хирург из Сиэтла, начал использовать доплеровские исследования при заболеваниях периферических артерий [36]. Занимались разработкой доплеровских методов и в Европе: во Франции сначала Перроно [37] и затем Калмансон [38] опубликовали множество работ на эту тему. В развитии доплеровского исследования произошел большой скачок, когда Холен [39] и Хэтл [40] начали измерять внутрисердечные градиенты давления при клапанных стенозах с помощью упрощенного уравнения Бернулли: возможность неинвазивно определять тяжесть аортального стеноза сразу придала доплеровским методам клиническую значимость.

Применение контрастных веществ началось с неожиданного наблюдения Рея Грамиака с коллегами по Рочестерскому университету [41]. Они проводили ЭхоКГ во время гемодилюционной пробы с использованием красителя индоцианина зеленого. К своему удивлению, при внутривенном введении красителя они обнаружили на экране облако ультразвуковых сигналов. Похожее явление наблюдал и Джойнер при введении физраствора, однако это наблюдение не опубликовал. Я был на докладе Грамиака, где он рассказывал о своем наблюдении, и вскоре сам применил его метод для контрастирования левого желудочка [42]. Позже Дж. Таджик и Дж. Сьюард из клиники Мейо стали с большим успехом использовать контрастные средства для выявления сброса справа налево [43]. Средства эти теперь выпускаются в готовом виде и представляют собой эхоконтрастные пузырьки, проходящие через легочные капилляры, так что при введении в периферическую вену можно контрастировать левые камеры сердца [44].

Двумерная ЭхоКГ тоже имеет долгую и интересную историю, в которой не обошлось без участия ученых

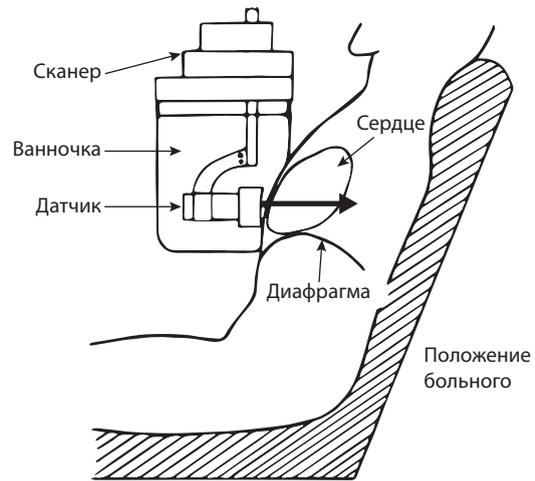


Рисунок 1.2. Один из первых аппаратов для получения поперечного среза сердца в двумерном режиме. Включал в себя механический датчик и водяную ванночку. Ebina T, Oka S, Tanaka N, et al. The ultrasonotomography of the heart and the great vessels in living human subjects by means of the ultrasonic reflection technique. *Jpn Heart J* 1967;8(4):331–353. © 1967 International Heart Journal Association.

из многих стран. Родоначальником в этой области стал Д. Хоури, который одновременно сканировал разные части тела. Один из его первых аппаратов имел датчик, установленный на кольцо от орудийной башни бомбардировщика «Боинг В-29» [45]. В Японии для двумерного сканирования сердца придумали аппараты с водяными ванночками (рис. 1.2) [46]. Грамиак с коллегами [47] из Рочестерского университета использовали двумерную реконструкцию М-модального исследования для создания ультразвуковой «кинематографии» (рис. 1.3). Д. Кинг в Нью-Йорке разработал методику получения неподвижного двумерного изображения сердца (рис. 1.4) [48].



Рисунок 1.3. Пространственная реконструкция М-модального исследования, поперечный срез митрального клапана в режиме псевдорезального времени (кадры кинозаписи). Две увеличенные рамки показывают позицию митрального клапана в систолу и диастолу (стрелки). Gramiak R, Waag RC, Simon W. Cine ultrasound cardiography. *Radiology* 1973;107(1):175–180. © 1973 by the Radiological Society of North America, Inc.

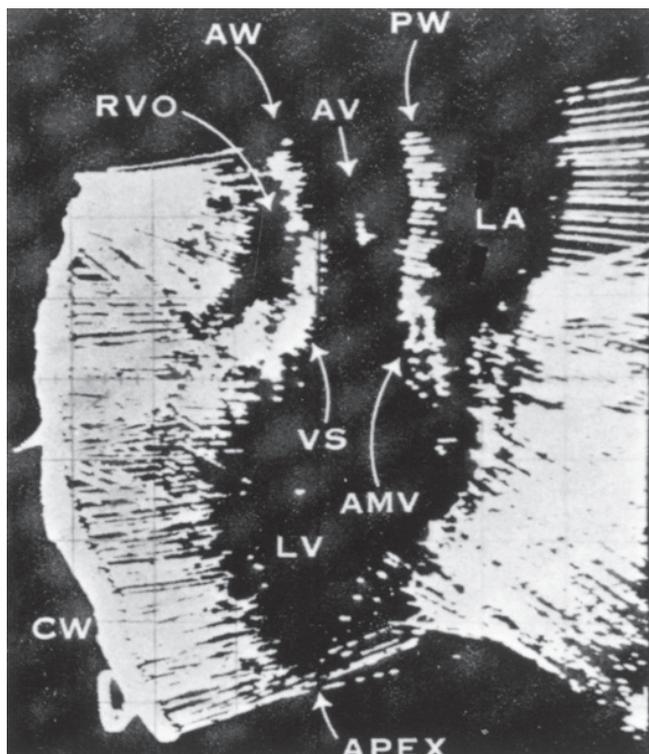


Рисунок 1.4. Изображение среза сердца, полученного одномоментно с помощью ЭхоКГ. AMV – передняя створка митрального клапана, AW – передняя стенка аорты, CW – передняя грудная стенка, PW – задняя стенка аорты, RVO – выносящий тракт правого желудочка, VS – межжелудочковая перегородка. King DL, Steeg CN, Ellis K. Visualization of ventricular septal defect by cardiac ultrasonography. *Circulation* 1973;48(6):1215–1220. © 1973 American Heart Association, Inc.

Большим шагом вперед было создание линейного сканера инженером Николасом Бомом из Роттердама (рис. 1.5) [49]. С помощью множества кристаллов ему удалось получить прямоугольное изображение сердца в реальном времени. И хотя метод оказался непригодным для кардиологии из-за реберных теней, он показал огромные достоинства исследований в реальном времени. Линейными датчиками теперь пользуются для УЗИ множества органов – едва ли не всех, кроме сердца; для ЭхоКГ лучше всего подходят секторные датчики, поначалу все они были механическими. Гриффит и Генри из Национального института здоровья США разработали датчик, в котором пьезоэлемент совершал маятникообразные движения. Этот датчик хоть и помещался в руке, но возможности манипулировать им были сильно ограничены. Реджи Эгглтон вместе с Робертом, Франком и Элизабет Фрай работали в Университете Иллинойса, но затем переехали в Индиану, где разработали свой механический двумерный датчик (рис. 1.6), – прототипом его послужила электрическая зубная щетка. Этот датчик стал первым коммерчески успешным устройством, позволявшим исследовать сердце в реальном времени [51]. Постепенно механические датчики были вытеснены датчиками с фазовой решеткой – их разработали Фриц Тёрстоун и Олаф фон Рамм из Университета Дьюка [52].

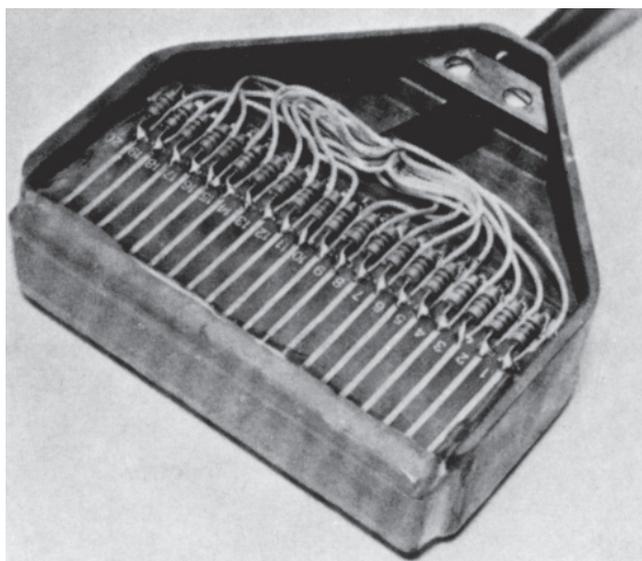


Рисунок 1.5. Датчик для линейного сканирования сердца, имеющий 20 пьезоэлектрических элементов. Bom N, Lancee CT, Van Zwieten G, et al. Ultrascan echocardiography. I. Technical description. *Circulation* 1973;48(5):1066–1074. © 1973 American Heart Association, Inc.

Цветное доплеровское исследование появилось в конце 1970-х гг., когда исследователи из Университета Вашингтона в Сиэтле под руководством М. Брандестини совместили запись М-модального и доплеровского исследований (рис. 1.7). Доплеровский сигнал был обозначен цветом для указания направления потока. Этот принцип был затем доработан в Японии (Касаи с соавт. [54]). Ключевым моментом стало совмещение на мониторе кровотока в цвете и двумерного изображения. Популяризации метода в клинике во многом способствовал японский кардиохирург Омото [55].

Чреспищеводная ЭхоКГ отсчитывает свою историю с конца 1970-х гг., когда чикагский кардиолог Ли Фразин поместил датчик для М-модального исследования на кончик пищевого зонда и выполнил исследование сердца [56]. Метод получил распространение далеко не сразу, но привлек внимание японских и европейских исследователей, которые стали работать над получением двумерного изображения с помощью чреспищеводного датчика [57, 58]. Наибольший вклад в разработку электронных чреспищеводных датчиков внесли японские инженеры Хисанага с соавт. и француз Жак Суке [57, 59]. Первые работы по чреспищеводной ЭхоКГ были выполнены в Европе.

Пример того, в каких разных направлениях действовала инженерная и врачебная мысль, – разработка ультразвуковых датчиков самых разных размеров, огромных и миниатюрных. Так, в Австралии инженер Джордж Косов разработал ультразвуковой аппарат для исследования всего тела сразу. Аппарат под названием «Октосон» имел восемь огромных датчиков, вращающихся вокруг тела и дающих отличное разрешение и четкость изображения. Почти одновременно с этим, в 1960-х гг., появились внутрисосудистые датчики, – их изобрели Реджи Эгглтон в США, Чижиньски в Европе

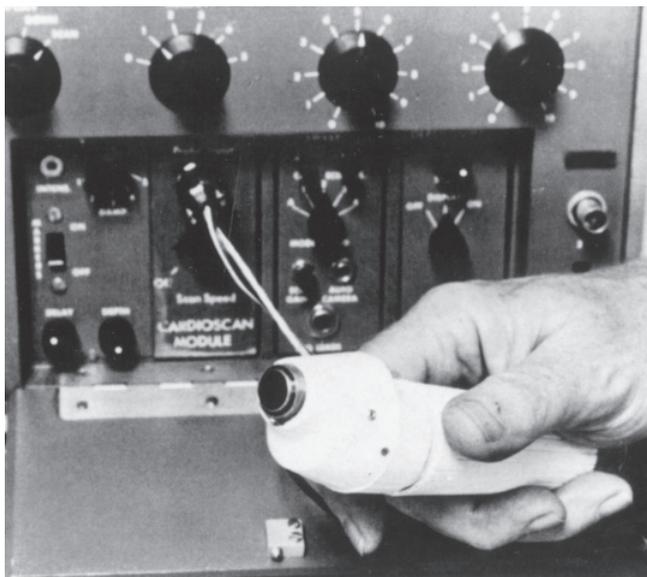


Рисунок 1.6. Ручной механический секторный датчик. Eggleton RC, Feigenbaum H, Johnston KW, et al. Visualization of cardiac dynamics with real-time B-mode ultrasonic scanner. In: White D, ed. *Ultrasound in Medicine*. New York: Plenum Publishing, 1975:1385.

и Омото в Японии. В начале 1970-х гг. Николас Бом сообщил о первом опыте выполнения им внутрисердечной ЭхоКГ – с помощью датчика, содержащего 32 пьезоэлемента [60]. В дальнейшем эта технология развилась до такой степени, что сейчас внутрисосудистые датчики используют для исследования коронарных артерий – и в практических, и в научных целях. Вероятно, наибольшим опытом интракоронарных исследований обладает Стивен Ниссен из Кливлендской клиники (штат Огайо), – его работы изменили наши представления о коронарном атеросклерозе [61].

Интерес к трехмерной ЭхоКГ существует уже много лет. Многие пытались получить трехмерные изображения на основе двумерных [62, 63]. Одними из первых это сделали Олаф фон Рамм и его сотрудники [64].

Первый портативный эхокардиограф появился в 1978 г. [65]. Тогда этот аппарат не имел практической ценности из-за низкого качества изображений. В наше время портативные аппараты становятся все более доступными и совершенными.

| Запись исследований

Одновременно с разработкой ультразвуковых аппаратов появлялись и совершенствовались методы записи исследований. Выше говорилось о том, что Гельмут Герц был в первую очередь заинтересован в технологии записи, а не в самом ультразвуке. Он разработал метод струйной печати, чрезвычайно полезный. Когда я начал использовать ультразвук в начале 1960-х гг., мы делали записи на «Полароид» (рис. 1.8 и 1.9), они были очень далеки от совершенства. Некоторые исследователи, в том числе Грамиак, записывали М-модальные исследования на 35-миллиметровую пленку. Я прило-

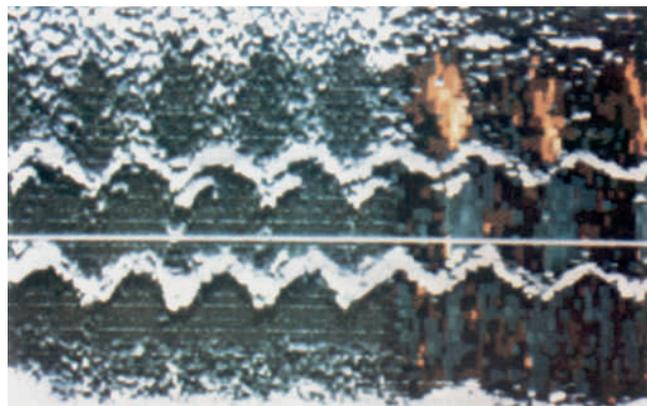


Рисунок 1.7. Первое М-модальное цветное доплеровское исследование. Направление и скорость доплеровского сигнала отображены разными цветами. Луч здесь проходит через выносящий тракт правого желудочка и аорты. Brandestini MA, Eyer MK, Stevenson JG. M/Q: M/Q-mode echocardiography. The synthesis of conventional echo with digital multigate Doppler. In: Lancee CT, Erasmus Universiteit Rotterdam, eds. *Echocardiology*. The Hague, Netherlands: Martinus Nijhoff, 1979.



Рисунок 1.8. Один из первых аппаратов для М-модального исследования, совмещенный с «Полароидом» для записи изображений.

жил тогда много усилий к тому, чтобы убедить разные фирмы изготовить ленточный самописец для записи М-модального исследования. Позже, с появлением двумерной ЭхоКГ, стала необходима запись двумерных изображений в реальном времени. Вначале мы использовали кинокамеру формата «8 супер», которую направляли на осциллограф и делали запись с экрана, но вскоре появились катушечные, а потом и кассетные видеокамеры, которые заменили киноплёнку. Популярный в те годы видеоманитофон выпускала фирма «Саньо». Покадровый анализ исследования на нем был утомительным: управление неудобное, возможности прокручивать плёнку назад не было, но вскоре «Панасоник» разработал видеоманитофон, который позволял легко перемещаться между кадрами вперед и назад.

Из-за того, что двумерное исследование стало основным методом ЭхоКГ, видеоплёнка вытеснила все остальные способы записи. Видеозапись, однако, име-

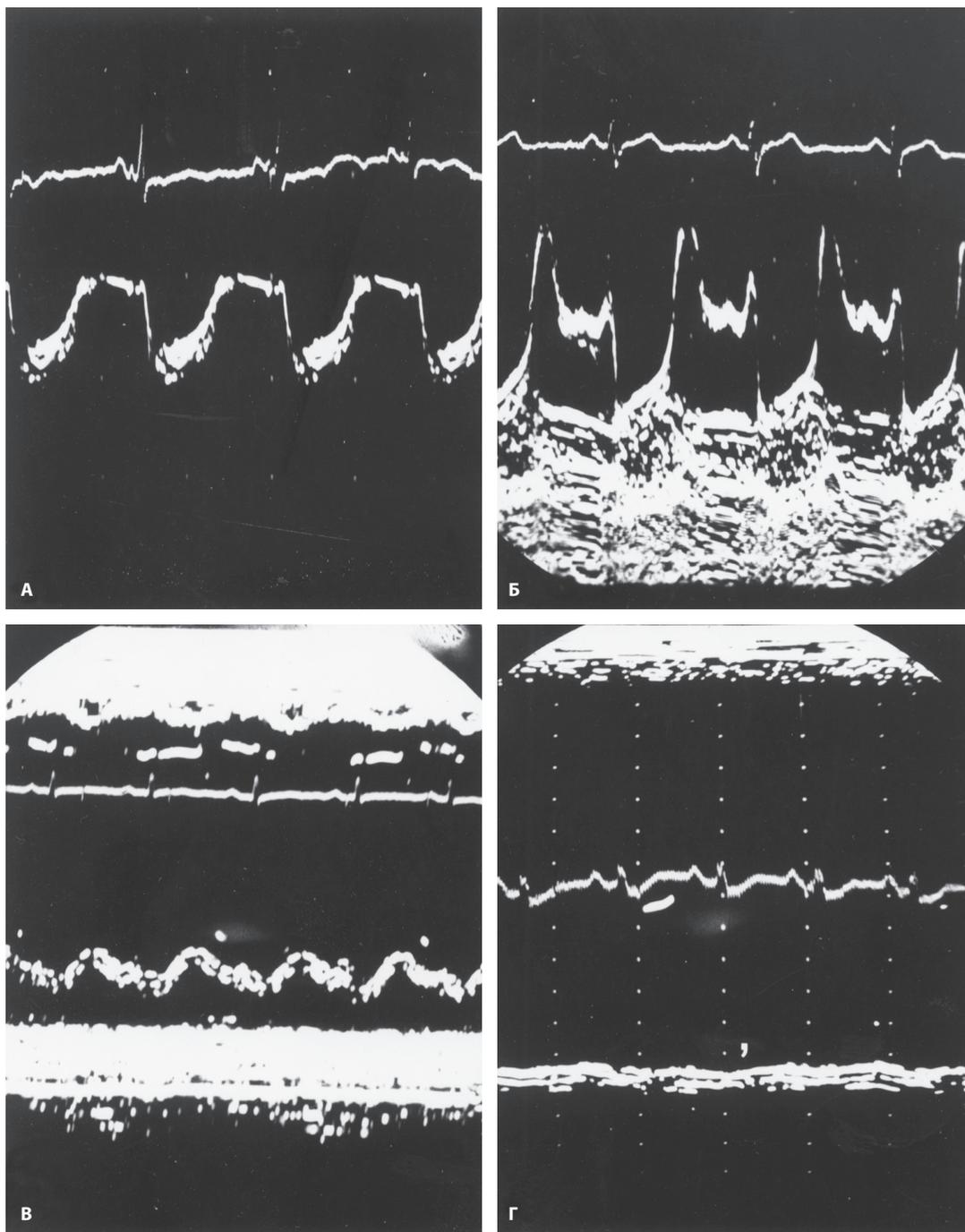


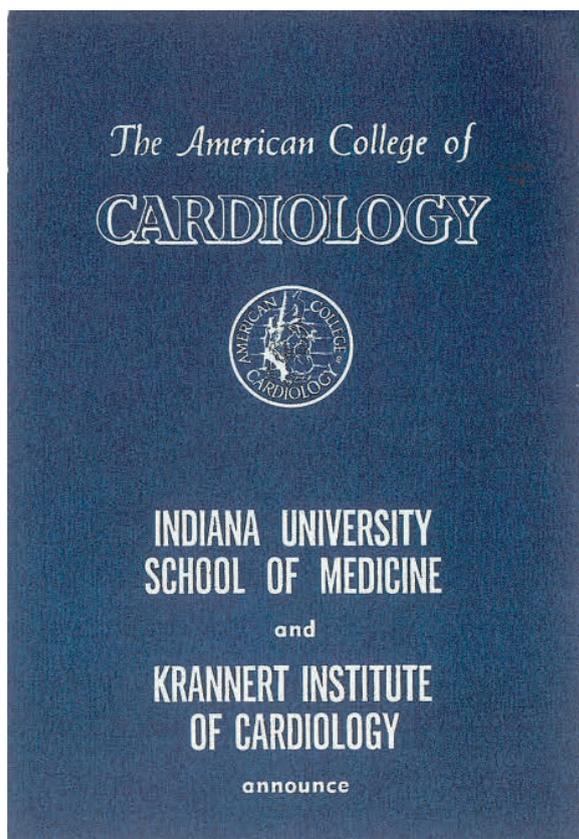
Рисунок 1.9. Записи М-модального исследования на «Полароид». **А.** Митральный стеноз. **Б.** Митральный клапан, норма. **В.** Перикардиальный выпот. **Г.** Расширенный левый желудочек с резко сниженной сократимостью.

ла серьезные недостатки. Неудобно было просматривать кассеты, невозможно было производить измерения, при копировании качество записи ухудшалось. В начале 1980-х гг. появились цифровые технологии, с тех пор интерес к ним только растет. Цифровые записи имеют множество преимуществ: стало возможным сравнивать исследования бок о бок, проводить измерения, доступ к записям тоже сильно облегчился. Вначале цифровые записи получали путем захвата видеосигнала с экрана или оцифровки видеокассет, но позже научились записывать цифровые изображения с эхо-

кардиографа напрямую. Появился цифровой стандарт записи DICOM (Digital Imaging and COmmunication in Medicine), который значительно облегчил запись и анализ ЭхоКГ.

| Специальность сонографиста

С самого начала моего пути в ЭхоКГ мне было ясно, что метод этот ждет большое будущее. Выполнение исследований, однако, поглощало много времени.



ULTRASOUND:
Diagnostic Use
In Cardiovascular Disease

January 11 and 12, 1968

To Be Presented at:
Fesler Hall
INDIANA UNIVERSITY
MEDICAL CENTER
Indianapolis, Indiana

FACULTY

Program Director:

HARVEY FEIGENBAUM, M.D., Associate Professor of Medicine, Indiana University School of Medicine; Research Associate, Krannert Institute of Cardiology, Indianapolis, Ind.

Co-Director:

CHARLES FISCH, M.D., F.A.C.C., Professor of Medicine and Director, Cardiovascular Division, Indiana University School of Medicine; Director, Krannert Institute of Cardiology, Indianapolis, Ind.

INGE EDLER, M.D., Department of Cardiology, University Hospital, Lund, Sweden

CHARLES L. HAINE, Senior Ultrasound Technician, Heart Research Center, Indiana University School of Medicine, Indianapolis, Ind.

CLAUDE R. JOYNER, JR., M.D., F.A.C.C., Associate Professor of Medicine, University of Pennsylvania School of Medicine, Philadelphia, Pa.

BERNARD J. OSTRUM, M.D., Associate, Division of Radiology, Albert Einstein Medical Center; Assistant Professor of Radiology, Temple University School of Medicine, Philadelphia, Pa.

RICHARD L. POPP, M.D., Cardiology Fellow, Indiana University School of Medicine, Indianapolis, Ind.

JOHN M. REID, Ph.D., Research Assistant Professor, Department of Physiology and Biophysics, University of Washington School of Medicine, Seattle, Wash.

BERNARD SIGEL, M.D., Associate Professor of Surgery, Woman's Medical College of Pennsylvania, Philadelphia, Pa.

DONALD E. STRANDNESS, JR., M.D., Chief, Peripheral Vascular Service, Veterans Administration Hospital; Associate Professor of Surgery, University of Washington School of Medicine, Seattle, Wash.

WILLIAM L. WINTERS, JR., M.D., F.A.C.C., Associate Professor of Medicine, Division of Cardiology, Temple University School of Medicine, Philadelphia, Pa.

Рисунок 1.10. Программа первого курса по ультразвуковой диагностике сердечно-сосудистых заболеваний, проведенного в Индианаполисе в январе 1968 г.

Будучи практическим кардиологом с обязанностями по ведению больных и выполнению инвазивных исследований, я не успевал выполнять ЭхоКГ в больших количествах. Кроме того, рядом не было достаточного количества заинтересованных врачей, чтобы исследования стали повседневной работой. И тогда (хоть мне и пришлось столкнуться со скепсисом некоторых коллег) я пришел к идее обучать ЭхоКГ вспомогательный персонал. Первым нашим помощником-сонографистом был Чарльз Хайн.

Вторым сонографистом стала Соня Чанг, которая настолько хорошо овладела методикой М-модального исследования, что в последующем опубликовала книгу, по которой учились многие из первых специалистов по ЭхоКГ. Она же обучала стажеров, приезжавших

к нам в Индиану. Вскоре после появления двумерной ЭхоКГ Соня покинула нашу лабораторию и перешла в Университет Эмори в Атланте, где стала работать с Уиллисом Хёрстом, в то время – главой кардиологической программы университета.

В наше время в США почти все трансторакальные исследования проводят сонографисты, – именно они делают метод рентабельным. Сонографисты, однако, есть вовсе не в каждой стране: за пределами США исследования по большей части выполняют сами врачи. Исключение составляет Англия, где сонографисты в целом даже более квалифицированы, чем в США. Они дольше учатся физиологии и анатомии сердца и не только делают исследования, но нередко и интерпретируют их.



Глава 7

Предсердия и правый желудочек

| Левое предсердие

Левое предсердие – одна из первых структур сердца, которую начали исследовать с помощью ЭхоКГ. Оно имеет близкую к овальной форму и тонкие мышечные стенки, находится позади корня аорты над левым желудочком. С появлением двумерной ЭхоКГ и доплеровского исследования изучение формы, размера и функции левого предсердия стало обязательной частью исследования. С недавних пор с этой целью используют также трехмерную ЭхоКГ и исследование деформации миокарда.

Размеры и объем левого предсердия

Левое предсердие служит вместилищем крови, поступающей из легочных вен во время систолы желудочков, и каналом, по которому кровь поступает в желудочек в раннюю диастолу. В позднюю диастолу оно также работает как насос, который завершает наполнение

левого желудочка перед закрытием митрального клапана. Изменения объема левого предсердия отражают процесс его наполнения и опорожнения и остаются предметом интенсивного изучения с помощью ЭхоКГ.

Левое предсердие видно из нескольких позиций, в частности парастеральной по длинной оси левого желудочка и по короткой оси основания сердца и двух апикальных – четырех- и двухкамерной (рис. 7.1), здесь можно измерить размеры, площадь и объемы левого предсердия. Ни один из двумерных срезов не дает полной информации о трехмерной структуре, поэтому надо использовать сразу несколько позиций.

В каждой позиции можно измерить размеры (один или более) и площадь левого предсердия. Во времена М-модального исследования это делали из парастеральной позиции (рис. 7.2, А). Положение левого предсердия относительно луча может, однако, быть разным, поэтому переднезадний размер предсердия – ненадежный параметр. Так, если сместить датчик на межреберье вниз, то получится косой срез,

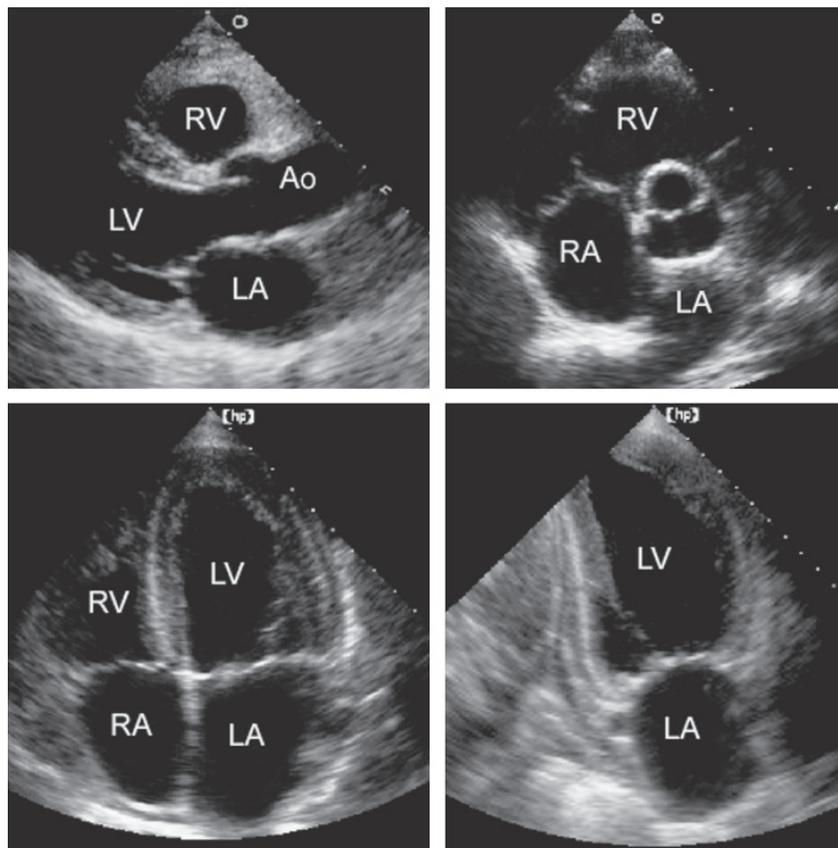


Рисунок 7.1. Левое предсердие из нескольких позиций.

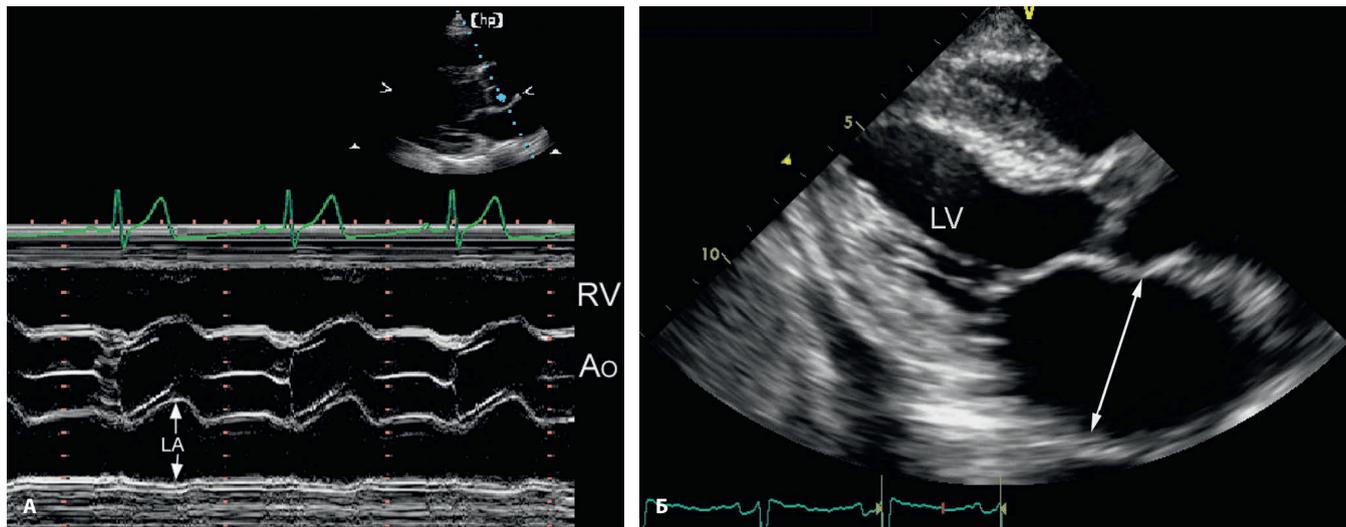


Рисунок 7.2. А. М-модальное исследование – один из способов измерения переднезаднего размера левого предсердия на уровне основания сердца. Б. Двумерная ЭхоКГ: линия измерения ориентирована в правильном направлении. Измерения принято производить в конце систолы, когда объем левого предсердия самый большой.

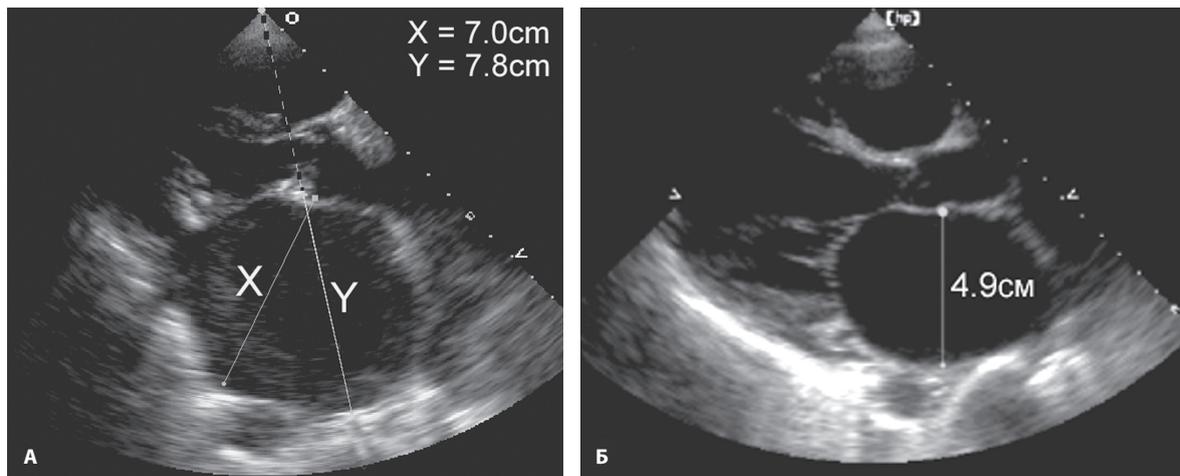


Рисунок 7.3. Недостаток М-модального исследования – невозможность пространственной ориентации и, как результат, неточное измерение размера левого предсердия. А. Отрезок Y равен 7,8 см. Истинному размеру предсердия соответствует отрезок X (7,0 см). Двумерная ЭхоКГ позволяет избежать косых срезов. Б. Правильное измерение переднезаднего размера левого предсердия.

и переднезадний размер окажется завышен. Если правильно выбрать плоскость исследования, двумерная ЭхоКГ позволяет избежать этой ошибки (рис. 7.2, Б). Отличие между двумя способами измерения переднезаднего размера показано на рис. 7.3. На рис. 7.3, А, отрезок X (7,0 см) ориентирован в нужном направлении по отношению к левому предсердию. Но если измерять размер по ходу ультразвукового луча (как это происходит при М-модальном исследовании), то получится другое значение, Y (7,8 см). На рис. 7.3, Б, представлен еще один пример правильного измерения расширенного левого предсердия.

Трудно бывает определить и точные границы задней стенки левого предсердия. Часто ее контуры неясны, размыты из-за артефактов или пристеночного замедления кровотока, это можно иногда поправить изменением усиления или наклоном датчика. Мешают

определить заднюю стенку левого предсердия и обызвествленное митральное кольцо, и хорошо отражающая ультразвук АВ-борозда.

Несмотря на сильную корреляцию между объемом и линейными размерами, последние не дают полного представления об истинном расширении левого предсердия в связи с тем, что оно может происходить в разные стороны – во многом потому, что левое предсердие соседствует с несколькими структурами, в частности с аортой. Расширение восходящей аорты ведет к снижению переднезаднего размера левого предсердия, а нисходящей – к выпячиванию задней стенки предсердия (рис. 7.4). Форму и строение левого предсердия могут нарушать опухолевые массы, например лимфомы. На рис. 7.5 показано сдавление левого предсердия лимфомой средостения. Предсердие полностью деформировано, размер невозможно определить, функ-

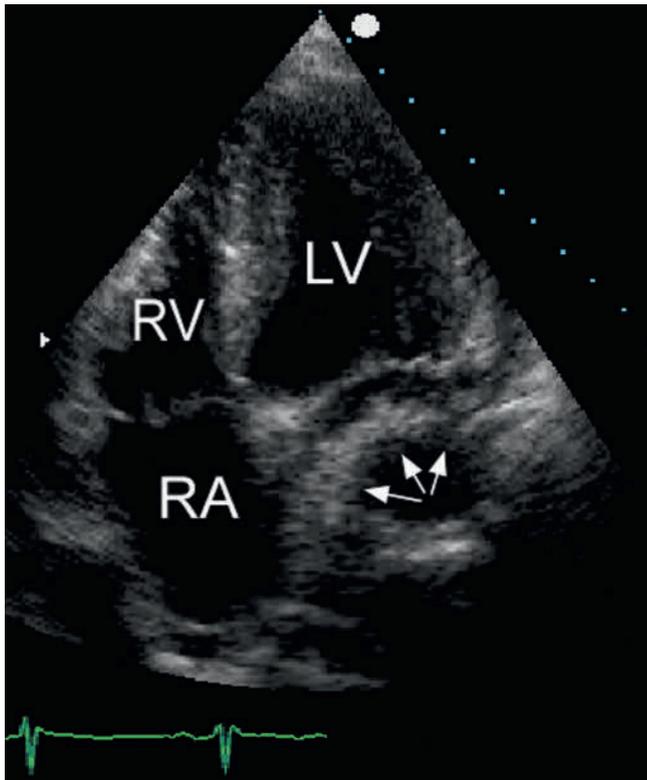


Рисунок 7.4. Апикальная четырехкамерная позиция у больного с аневризмой грудной аорты. Нисходящая аорта (стрелки) меняет форму левого предсердия, создает впечатление о наличии в его полости объемного образования.

ция предсердия явно нарушена. Точное определение размеров левого предсердия требует его регистрации из нескольких позиций с учетом ограниченных возможностей метода.

Из-за многих недостатков, о которых говорилось выше, судить о величине левого предсердия рекомендуют на основании его объема в конце систолы, перед раскрытием митрального клапана, по алгоритму площадь–длина из апикальных четырех- и двухкамерной позиций. Сначала в этих двух позициях планиметрически измеряют площадь предсердия (рис. 7.6), затем его длину – от середины митрального кольца до верхней стенки. Из двух измерений длины выбирают наименьшее. Объем левого предсердия вычисляют по формуле:

$$\text{Объем} = \frac{8}{3\pi} \times [(A_1 \times A_2) \div L], \text{ или}$$

$$\text{Объем} = 0,85 \times [(A_1 \times A_2) \div L],$$

где A_1 и A_2 – площади предсердия во взаимно перпендикулярных плоскостях, L – длина предсердия, коэффициент 0,85 приблизительно соответствует $8/3\pi$. Есть и другая формула, основанная на методе дисков, она дает почти те же результаты:

$$\text{Объем} = \frac{\pi}{4}(h) \Sigma (D_1) (D_2).$$

По этому методу площади предсердия и размеры по длинной оси получают из четырех- и двухкамерной позиций. Автоматически вычисляются размеры каж-

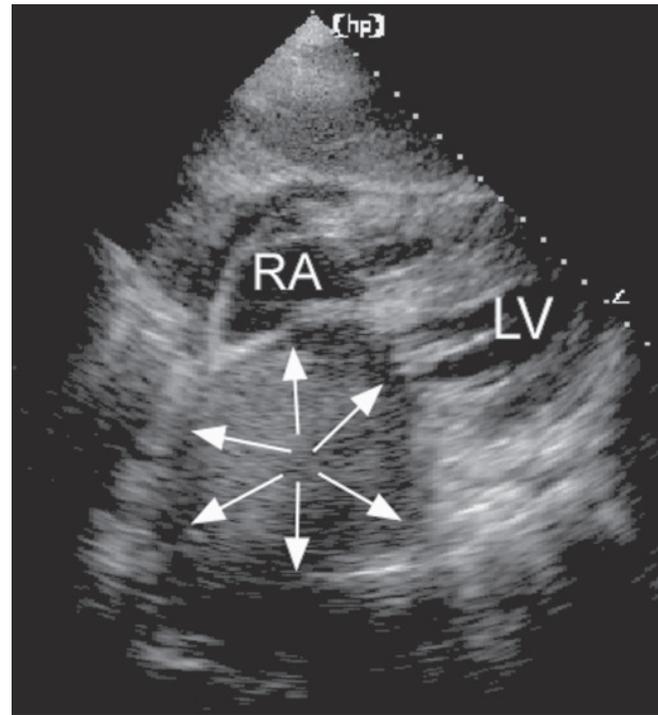


Рисунок 7.5. Субкостальная четырехкамерная позиция у больного с лимфомой средостения. Сдавление опухолью левого предсердия внешне создает картину объемного образования (стрелки) самого левого предсердия.

дого диска, в сумме они дают общий объем предсердия. Его делят на площадь поверхности тела, верхней границей нормы считают значение 34 мл/м^2 . Все чаще применяют и трехмерную ЭхоКГ, которая в будущем, по-видимому, станет методом выбора для расчета объема левого предсердия. В недавних исследованиях с использованием трехмерной ЭхоКГ подтвердили высокую прогностическую ценность объема левого предсердия при многих заболеваниях.

Существуют и другие, косвенные измерения размеров левого предсердия. Например, отношение диаметра корня аорты к размеру левого предсердия по короткой оси дает качественную оценку, часто используемую на практике. У здоровых людей это отношение составляет примерно 1:1. Значительное отклонение от него – информативный признак изменения размера левого предсердия. Точно так же выпячивание межпредсердной перегородки в полость правого предсердия указывает на расширение левого предсердия и повышенное давление в нем (рис. 7.7). Выпячивание межпредсердной перегородки особенно хорошо видно из апикальной четырехкамерной позиции. Наконец, встречается изолированное расширение ушка левого предсердия – при его аневризмах. Лучше всего они видны при чреспищеводной ЭхоКГ, однако иногда их можно обнаружить и при трансторакальном исследовании.

Итак, измерение объема левого предсердия – неотъемлемая часть ЭхоКГ. Линейные размеры дают не-

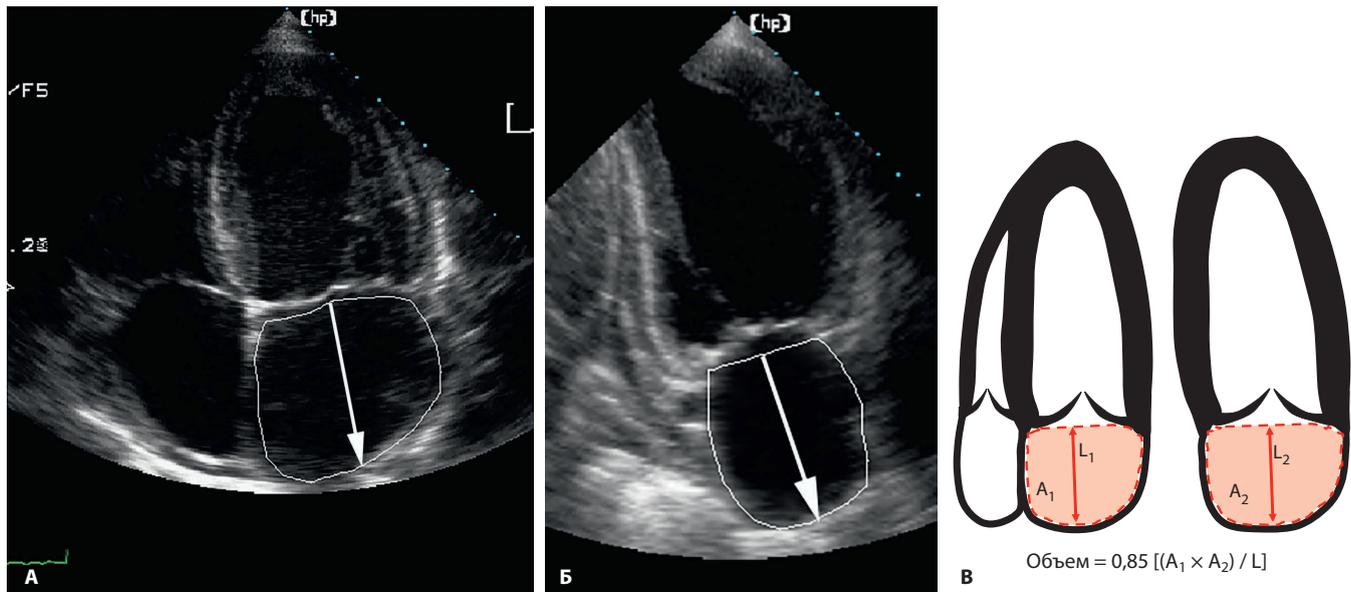


Рисунок 7.6. Объем левого предсердия можно измерить несколькими способами, но наиболее популярен метод площадь–длина. **А.** В четырехкамерной позиции рассчитаны площадь левого предсердия и его размер по длинной оси. **Б.** Аналогичные измерения произведены в двухкамерной позиции. **В.** Объем левого предсердия рассчитывают по формуле площадь–длина для двух взаимно перпендикулярных проекций.

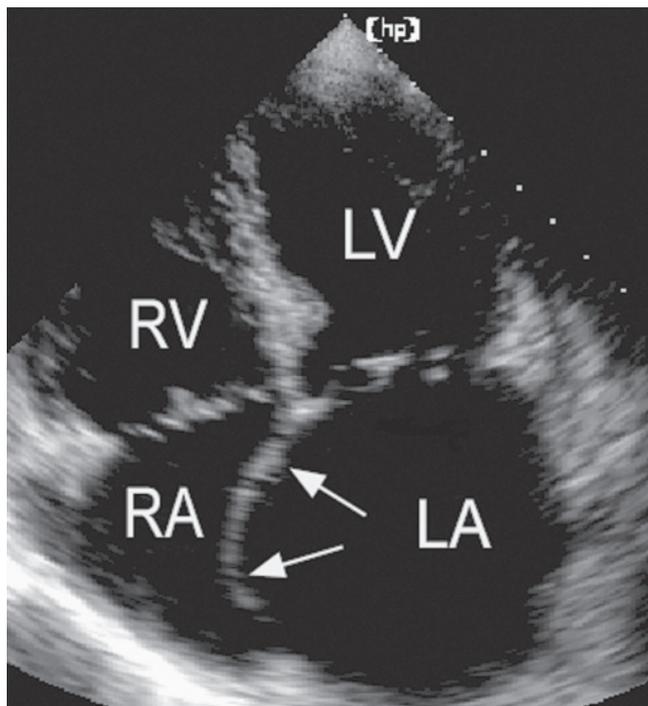


Рисунок 7.7. Положение межпредсердной перегородки говорит о соотношении давлений в предсердиях. Здесь перегородка выпячивается в полость правого предсердия (стрелки), что указывает на повышенное давление в левом.

полную, а иногда и неверную картину, но их легко получить, и потому до сих пор линейные размеры иногда указывают в эхокардиографических заключениях. При деформации предсердия они, однако, создают неверное представление об истинном его объеме. Поэтому измерение объема – более верное решение. Сейчас объем левого предсердия вычисляют с помощью двумерного исследования, но, вероятно, скоро это станут делать с помощью трехмерной ЭхоКГ.

Функция левого предсердия

На функцию левого предсердия часто не обращают внимания, хотя она существенна при ряде состояний и ее можно оценить методами двумерной ЭхоКГ, доплеровскими методами и с помощью анализа деформации миокарда. Сокращение левого предсердия соответствует зубцу Р на ЭКГ и происходит в позднюю диастолу, в завершающую фазу наполнения левого желудочка. На доплеровском спектре предсердная систола представлена волной А трансмитрального кровотока – и ее максимальная скорость, и интеграл линейной скорости (площадь под кривой) позволяют судить о сократимости левого предсердия. Утрата координированных сокращений предсердий при мерцательной аритмии ведет к исчезновению волны А (иногда ее заменяют низкоамплитудные волны F). Волна А и зубец Р служат проявлением механической и электрической систолы предсердия соответственно; они взаимосвязаны: присутствуют при синусовом ритме и отсутствуют при мерцательной аритмии. На рис. 7.8 – три примера трансмитрального кровотока у больных с мерцательной аритмией до (внизу) и после (вверху) электрической кардиоверсии. У больного В, после восстановления синусового ритма сразу появились волны А, однако так бывает не всегда: электрическая активность может восстановиться после кардиоверсии сразу, а волн А может еще не быть или амплитуда их окажется сильно снижена, как у больного Б.

Совсем недавно для изучения функции левого предсердия стали исследовать деформацию миокарда с помощью метода отслеживания пятен. Точно так же, как для левого желудочка, можно построить кривые продольной деформации левого предсердия на протяжении всего сердечного цикла с расчетом скорости – средней и для отдельных участков. Определены

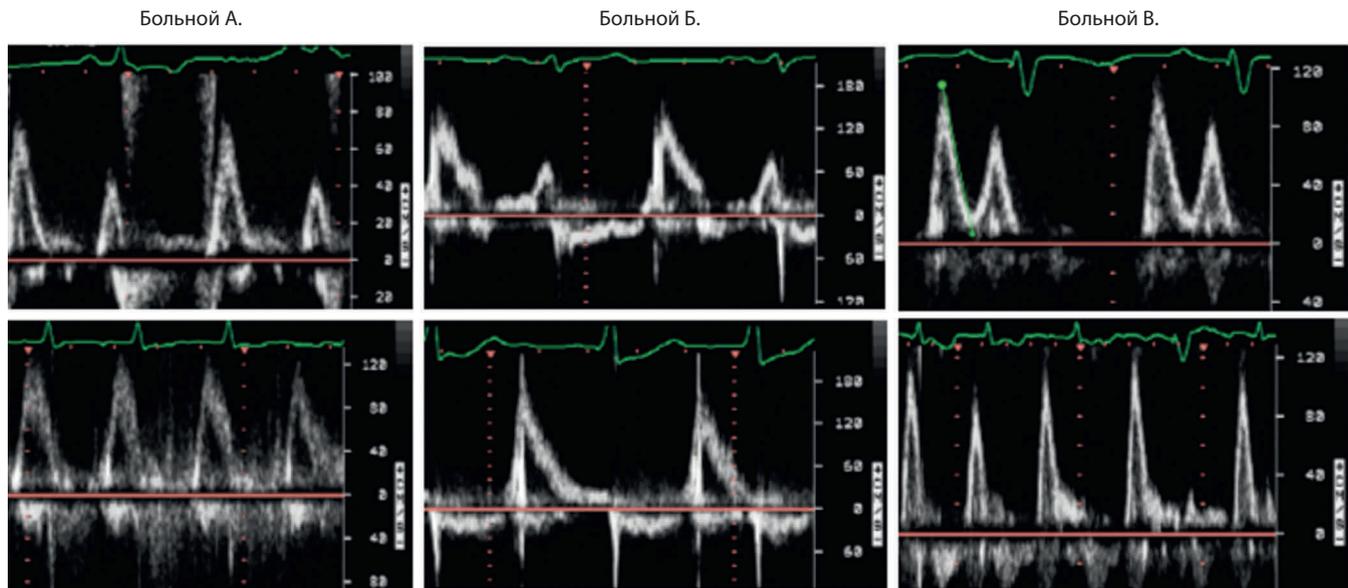


Рисунок 7.8. Трансмитральный кровоток у трех больных с мерцательной аритмией перед электрической кардиоверсией (внизу) и после нее (вверху). На фоне мерцательной аритмии механическая активность предсердий отсутствует (нет волн А), после кардиоверсии она у разных больных восстанавливается в разной степени.

нормальные показатели, есть данные о воспроизводимости результатов. Несмотря на технические трудности, определение деформации – чувствительный, хотя и неспецифичный показатель функции левого предсердия, он хорошо коррелирует с другими показателями – объемом и давлением, может служить относительно ранним признаком дисфункции. Продолжают исследовать деформацию левого предсердия при отдельных состояниях, в том числе при мерцательной аритмии: возможно, деформацию получится использовать для предсказания эффективности терапии и радиочастотной деструкции ее источника. Перспективное направление исследований – сердечная недостаточность с нормальной фракцией выброса левого желудочка: нарушенная деформация левого предсердия может помочь установить тяжесть диастолической дисфункции левого желудочка.

С помощью чреспищеводной ЭхоКГ исследуют также функцию ушка левого предсердия. Если при импульсном доплеровском исследовании поместить контрольный объем у входа в ушко, то можно измерить максимальную скорость его опорожнения в систолу предсердий (рис. 7.9), то есть силу сокращения ушка (в норме она выше 50 см/с). Важно заметить, что более низкая скорость наблюдается у больных с мерцательной аритмией, этот признак указывает на повышенный риск тромбоза ушка и эмболических осложнений.

Тромбоз ушка левого предсердия – распространенное и опасное состояние, частое осложнение митрального стеноза и мерцательной аритмии, при нем высок риск эмболических осложнений, в частности инсульта. Выявление тромбоза ушка левого предсердия – одно из самых частых показаний к чреспищеводной ЭхоКГ. Трансторакальная ЭхоКГ уступает чреспищеводной: на нее не следует полагаться при подозрении на тром-

боз левого предсердия, включая его ушко. Зато чреспищеводная ЭхоКГ – очень точный метод выявления тромбоза ушка, она позволяет его рассмотреть из нескольких позиций. Ушко расположено несколько ниже левой верхней легочной вены и отделено от нее фиброзной тканью, которая иногда настолько выражена, что ее ошибочно принимают за патологическое образование (в частности, за тромб). Цветное доплеровское исследование помогает отличить ушко левого предсердия от легочной вены (рис. 7.10 и 7.11). Чтобы не пропустить тромбоз, ушко надо исследовать очень тщательно. Вдоль его поверхности расположены мелкие гребенчатые мышцы, которые необходимо отличать от тромбов. Ушко обязательно исследуют из многих позиций, поскольку у большинства больных оно имеет дольчатое строение (рис. 7.12).

Межпредсердная перегородка

При исследовании межпредсердной перегородки часто обнаруживают отклонения от нормы, обычно врожденного характера. Особенно распространены открытое овальное окно (ООО), дефекты межпредсердной перегородки (гл. 19) и аневризмы. У 25–30% взрослых есть ООО; в отличие от дефектов межпредсердной перегородки, при ООО нарушается слияние первичной и вторичной перегородок в эмбриогенезе, что дает возможность крови течь между предсердиями поочередно в обоих направлениях. Строение перегородки выглядит обычным, а сброс крови выявляется с помощью контрастирования или цветного доплеровского исследования. Иногда виден тоннелеподобный промежуток между двумя частями перегородки: его появление и исчезновение зависит от фаз дыхания

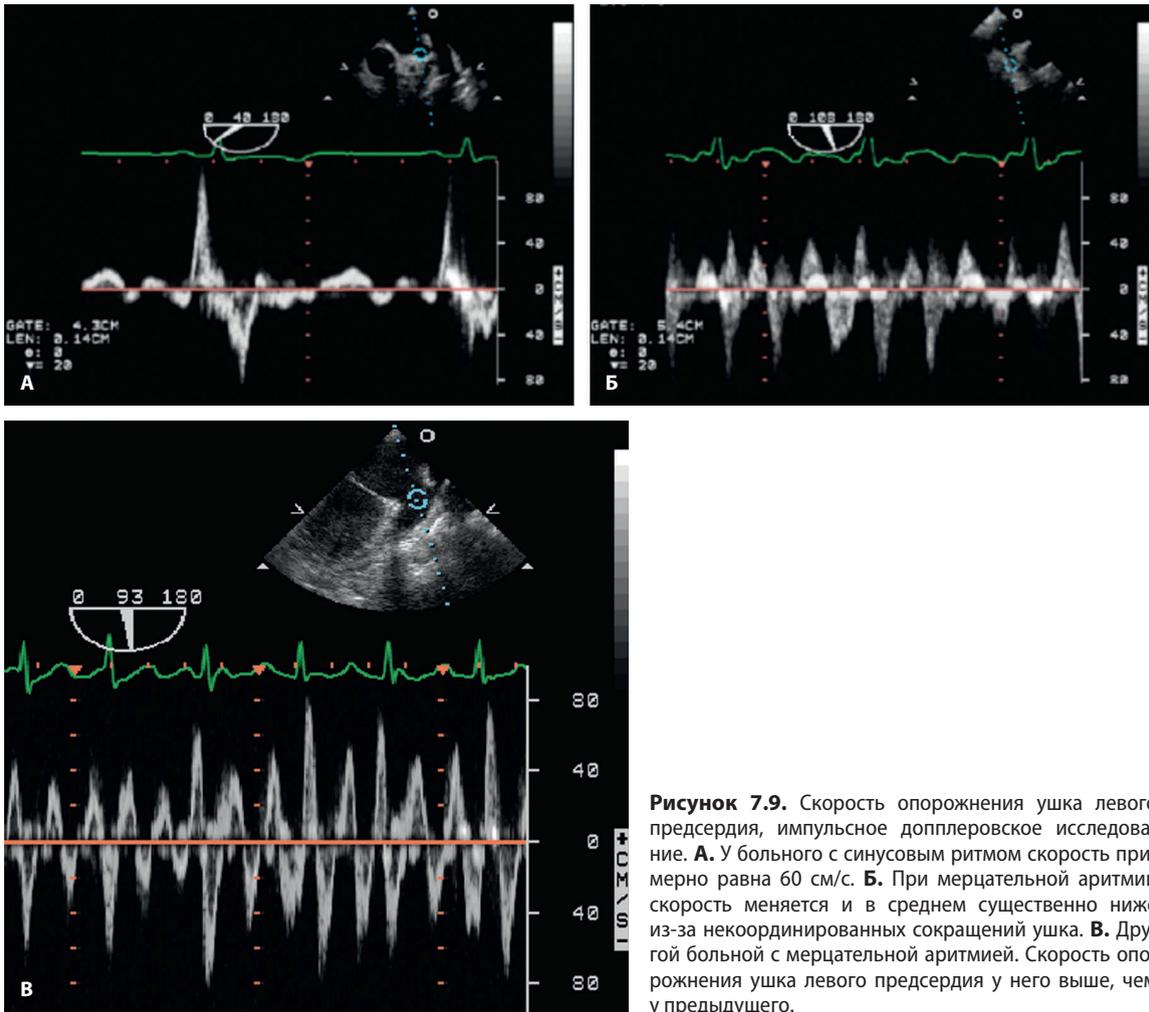


Рисунок 7.9. Скорость опорожнения ушка левого предсердия, импульсное доплеровское исследование. **А.** У больного с синусовым ритмом скорость примерно равна 60 см/с. **Б.** При мерцательной аритмии скорость меняется и в среднем существенно ниже из-за некоординированных сокращений ушка. **В.** Другой больной с мерцательной аритмией. Скорость опорожнения ушка левого предсердия у него выше, чем у предыдущего.

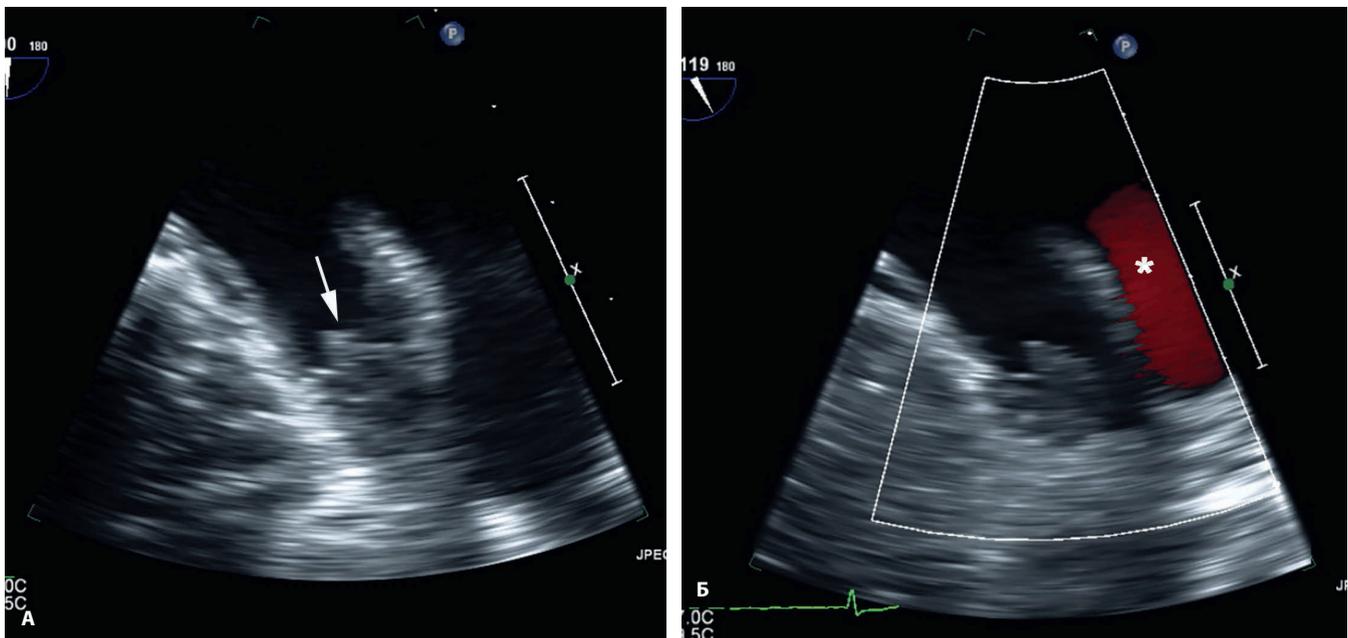


Рисунок 7.10. **А.** Чреспищеводная ЭхоКГ: тромб в ушке левого предсердия (стрелка); рядом с ушком видна левая верхняя легочная вена. **Б.** Цветное доплеровское исследование: кровоток в вене (*), расположенной несколько выше ушка.



Глава 23

Эхокардиография в приемном, реанимационном отделениях и в операционных

ЭхоКГ нашла широкое применение не только среди амбулаторных и госпитализированных больных с подтвержденными и подозреваемыми болезнями сердца, но и в приемных отделениях и реанимациях терапевтического и хирургического профиля. В операционных чреспищеводная ЭхоКГ позволяет своевременно выявлять сердечно-сосудистые осложнения, судить об успехе вмешательств (например, пластики клапана). Обстановка для выполнения ЭхоКГ в операционных, в приемном отделении, в лаборатории электрофизиологии и в реанимациях далека от идеальной: обследуемые находятся в критическом состоянии, часто на ИВЛ, им нередко требуется срочная помощь, они не могут по команде задержать дыхание или повернуться на левый бок. ЭхоКГ в этих условиях проводят для получения ответов на конкретные вопросы, часто без возможности получить все стандартные позиции, но опытному врачу из того, что он видит, а отчасти предполагает, обычно удается эти ответы найти.

Реанимационные отделения

Показания к ЭхоКГ у больных с ИБС хорошо известны (гл. 15). Значение ЭхоКГ в лечении шока, гипоксии, артериальной гипотонии и сепсиса тоже велико: согласно исследованиям, у четверти больных, находящихся в терапевтических реанимационных отделениях, причина перечисленных состояний – заболевания сердца. Нераспознанные болезни сердца могут также сильно затруднять лечение в послеоперационном периоде у тех, кто находится в хирургических реанимационных отделениях. В табл. 23.1 перечислены часто встречающиеся в реанимационных отделениях состояния, в лечении которых ЭхоКГ может сыграть важную роль, а в табл. 23.2 приведены Критерии целесообразности ЭхоКГ у больных, находящихся в критическом состоянии. Часто ЭхоКГ необходима, чтобы исключить болезнь сердца как причину нестабильной гемодинамики и заняться поиском иных, внесердечных причин. Некоторые эхокардиографические находки, в частности бессимптомная систолическая дисфункция левого желудочка и легочная гипертензия, указывают на повышенный риск послеоперационных осложнений: полиорганной недостаточности, сепсиса и других.

Артериальная гипотония и шок

При артериальной гипотонии и шоке необходимо понять, вызваны ли они внесердечными причинами (например, сепсисом или кровотечением) или поражением сердца с низким сердечным выбросом и нарушениями гемодинамики (например, острой клапанной недостаточностью). Важно также выявить сопутствующие основному заболеванию поражения сердца, которые могут сильно мешать лечению. На рис. 23.1–23.6 – примеры исследований, проведенных в реанимационных отделениях у нескольких больных. На фоне тяжелой инфекции и сепсиса возможна острая тяжелая дисфункция левого желудочка даже в отсутствие коронарного атеросклероза или предшествующей кардиомиопатии. На рис. 23.1 – случай больного с сепсисом, артериальной гипотонией и периферической гипоперфузией. При ЭхоКГ у него обнаружили тяжелую систолическую дисфункцию левого желудочка, тяжесть которой существенно уменьшилась после лечения.

Причиной госпитализации при хронических заболеваниях легких может быть дыхательная недостаточность, вызванная декомпенсацией основного заболевания, но может – и сопутствующая сердечная

Таблица 23.1

Использование ЭхоКГ в реанимационных отделениях

Постановка диагноза

Подтвердить или исключить скрытое заболевание сердца

Гемодинамика

Артериальная гипотония

Оценка ОЦК

Функция левого желудочка

Нарушения общей сократимости

Нарушения локальной сократимости

Преходящая дисфункция (сепсис, оглушение миокарда)

Функция правого желудочка

Обструкция выносящего тракта левого желудочка

Клапанные стенозы и недостаточность

Гипоксия

Функция правого желудочка

Давление в правом желудочке

Внутрисердечный сброс крови

ТЭЛА

Инфекции

Инфекционный эндокардит

Таблица 23.2

Критерии целесообразности трансторакальной и чреспищеводной ЭхоКГ у больных, находящихся в критическом состоянии

Клиническая ситуация	Баллы (1–9)
Жалобы и клиническая картина, указывающие на вероятное заболевание сердца: боль в груди, одышка, сердцебиение, преходящая ишемия мозга, инсульт, эмболия периферических артерий и другие (1)*	A (9)
Артериальная гипотония или нестабильная гемодинамика неизвестной этиологии (19)	A (9)
Распознавание гипо- и гиперволемии у больных в критическом состоянии (20)	U (5)
Дыхательная недостаточность или гипоксия неясной этиологии (26)	A (8)
Дыхательная недостаточность или гипоксия внесердечного происхождения (27)	U (5)
Выбор метода лечения при установленной ТЭЛА (29)	A (8)
Травмы, вызванные резким торможением, или иные травмы грудной клетки, при которых возможны повреждения стенок сердца, клапанов и перикардиальный выпот (32)	A (9)
Легкая травма грудной клетки в отсутствие изменений на ЭКГ и повышения уровня маркеров некроза миокарда (33)	I (2)
Эндоваскулярные вмешательства под контролем ЭхоКГ: перикардиоцентез, деструкция межжелудочковой перегородки этанолом, биопсия миокарда правого желудочка и другие – кроме коронарного стентирования (62)	A (9)
Чреспищеводная ЭхоКГ при плохой визуализации изучаемых структур во время трансторакального исследования (99)	A (8)
Контроль при эндоваскулярных вмешательствах, в том числе на клапанах, при фиксации устройств и катетеров, радиочастотной деструкции – кроме коронарного стентирования (103)	A (9)
Решение вопроса о кардиоверсии, радиочастотной деструкции и назначении антикоагулянтов (112)	A (9)
Контрастирование левого желудочка, когда все его сегменты хорошо видны без контрастирования (201)	I (1)
Контрастирование левого желудочка, когда по крайней мере два его смежных сегмента плохо видны без контрастирования (202)	A (8)

A – ЭхоКГ целесообразна (7–9 баллов), U – роль ЭхоКГ не до конца ясна (4–6 баллов), I – ЭхоКГ нецелесообразна или показана лишь в редких случаях (1–3 балла).

* В скобках указаны номера, присвоенные каждой клинической ситуации.
Douglas PS, Garcia MJ, Haines DE, et al. ACCF/AHA/ASA/ASNC/HFSA/HRS/SCAI/SCCM/SCCT/SCMR 2011. Appropriate use criteria for echocardiography. *J Am Coll Cardiol* 2011;57(9):1126–1166. © 2011 American College of Cardiology Foundation.

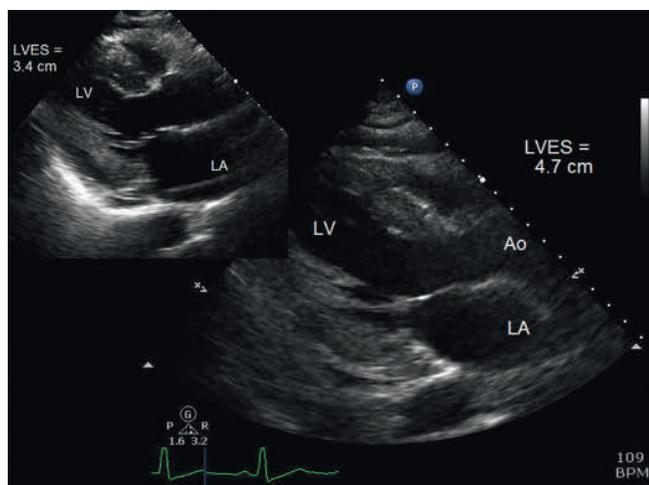


Рисунок 23.1. Парастеральная длинная ось левого желудочка у больного с тяжелым сепсисом, систола. Болезней сердца прежде не было. В центре: легкая дилатация и выраженная общая гипокинезия левого желудочка. Слева вверху: через 4 недели после полного выздоровления конечно-систолический размер левого желудочка (LVES) уменьшился с 4,7 до 3,4 см, заметно улучшилась сократимость левого желудочка.

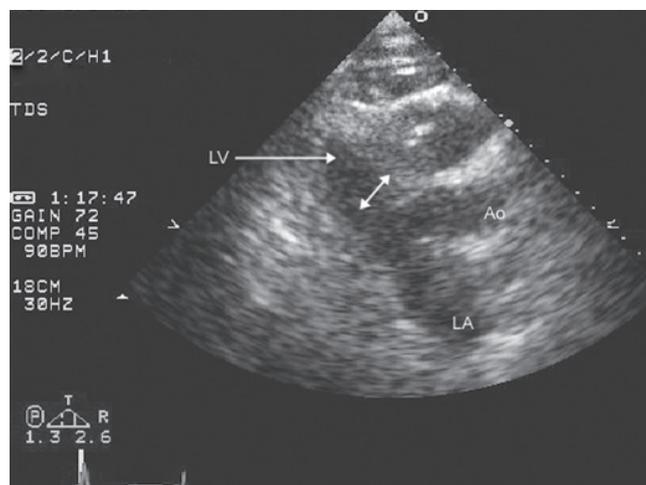


Рисунок 23.2. Парастеральная длинная ось левого желудочка у пожилого больного с пневмонией, осложнившейся артериальной гипотонией и шоком. Очень маленькая полость левого желудочка (двунаправленная стрелка) с нормальной его систолической функцией указывает на то, что причиной артериальной гипотонии стала гиповолемиа.

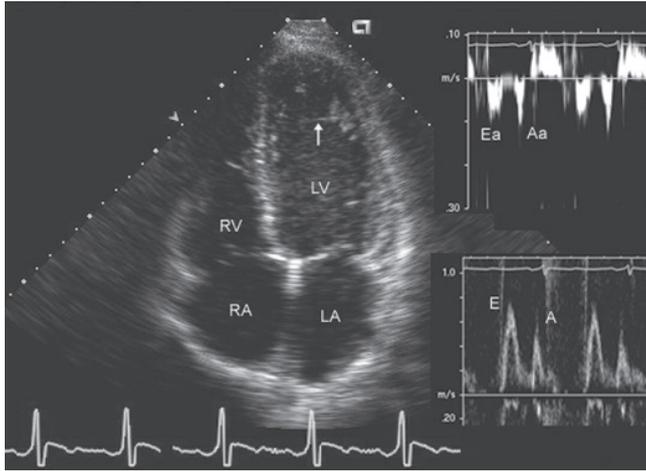


Рисунок 23.3. Апикальная четырехкамерная позиция у больного с артериальной гипотонией и шоком, возникшим после недавней инфекции с высокой лихорадкой. (Стрелкой отмечена ложная хорда верхушки.) Общая гипокинезия левого желудочка заставляет подозревать дилатационную кардиомиопатию. При доплеровском исследовании (справа) обнаружено псевдонормальное наполнение левого желудочка (II стадия диастолической дисфункции). Лечение инфекции не привело к улучшению функции левого желудочка. 

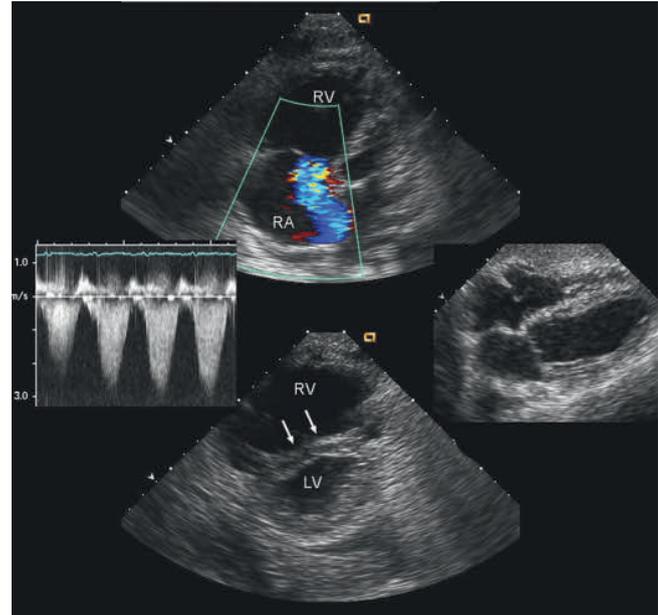


Рисунок 23.4. Трансторакальная ЭхоКГ у больного пневмонией с поражением нескольких долей легких. За год до болезни размеры и функция желудочков нарушены не были (справа в середине). Госпитализирован с пневмонией и гипоксией, которые потребовали ИВЛ. Дилатация правого желудочка; форма межжелудочковой перегородки (стрелки) указывает на его перегрузку объемом. Скорость трикуспидальной регургитации повышена умеренно, до 3 м/с (слева), но правый желудочек оказался не готов к этим изменениям. 

недостаточность. Обусловлена ли тяжесть состояния у такого больного первичным заболеванием сердца или вторичным, развившимся на фоне заболевания легких, иногда понять трудно. На рис. 23.4 – случай больного пневмонией с поражением нескольких долей легких и правожелудочковой недостаточностью, которому потребовалась ИВЛ; обнаружены значительное увеличение правых отделов сердца, вторичная трикуспидальная недостаточность и признаки перегрузки правого желудочка объемом. Легочная гипертензия при остром тяжелом внесердечном заболевании – неблагоприятный прогностический фактор: она может привести к состоянию, когда сердечный выброс ограничен способностью правого желудочка справиться с резко возросшей посленагрузкой. В тяжелых случаях нарушается наполнение левого желудочка и развивается выраженная артериальная гипотония – ее усугубляет снижение ОПСС под действием лекарственных средств или сепсиса.

Поскольку состояние этих больных тяжелое и многие из них находятся на ИВЛ, трансторакальная ЭхоКГ часто сильно затруднена. Но даже на изображениях низкого качества обычно удается оценить сократимость левого желудочка и исключить его систолическую дисфункцию как причину артериальной гипотонии. Для более подробного исследования клапанов сердца и гемодинамики нужна чреспищеводная ЭхоКГ; в ряде исследований показано, что она сильно расширяет понимание механизмов артериальной гипотонии и гипоксии у больных в критическом состоянии. Однако поскольку основной задачей в такой ситуации бывает именно оценка систолической функции левого желудочка, то даже технически несовершенное транс-

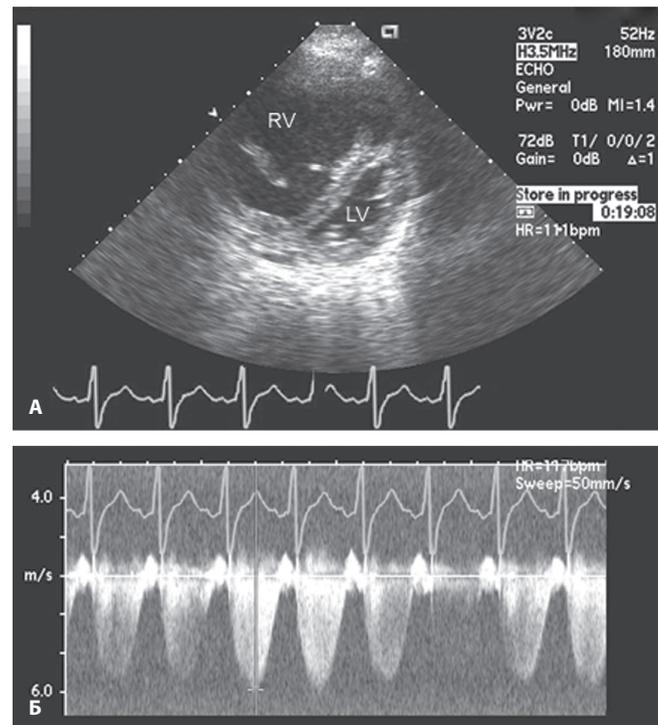


Рисунок 23.5. Парастеральная длинная ось левого желудочка у 37-летней женщины с фебрильной лихорадкой и артериальной гипотонией. Правый желудочек значительно расширен и гипертрофирован, а левый сдавлен из-за перегрузки правого давлением. Высокая скорость трикуспидальной регургитации указывает на значительное повышение систолического давления в правом желудочке. У этой женщины оказалась первичная легочная гипертензия, ранее не диагностированная. 

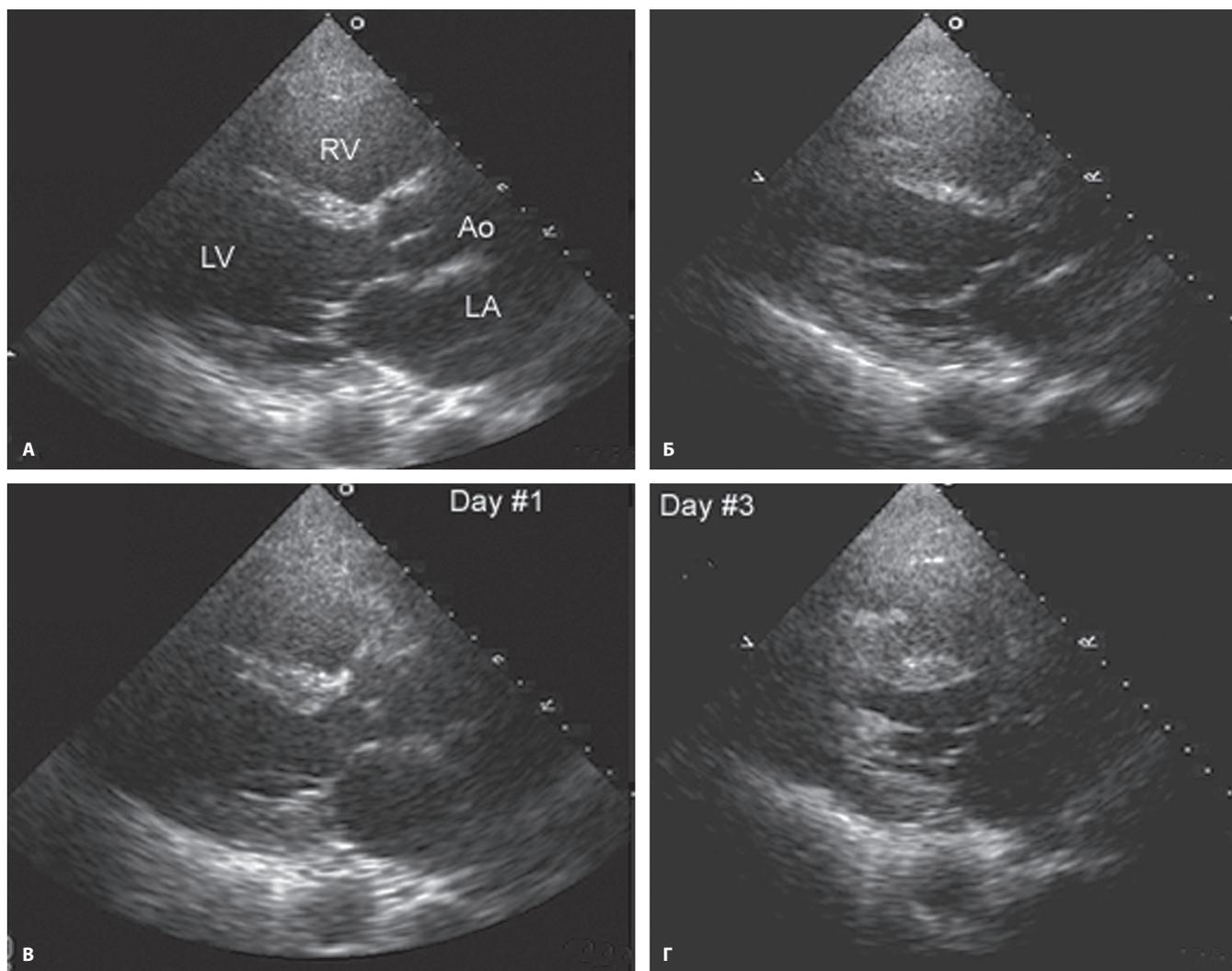


Рисунок 23.6. Несколько изображений по парастеральной длинной оси левого желудочка у молодого больного вскоре после трансплантации почки. Артериальная гипотония не позволила перевести его с ИВЛ на самостоятельное дыхание. В каждой паре изображений верхнее зарегистрировано в диастолу, а нижнее – в систолу. **А, В.** Через 4 часа после операции, на фоне ухудшения состояния: акинезия межжелудочковой перегородки на фоне общей гипокинезии левого желудочка. **Б, Г.** Через 2 дня: функция левого желудочка полностью восстановилась. Его дисфункция была вызвана оглушением миокарда неизвестной этиологии. Коронарного атеросклероза у больного нет.

торакальное исследование с этим обычно справляется, особенно если дополнить исследование контрастированием левого желудочка, как это часто делают у больных на ИВЛ (рис. 23.7).

Одна из причин артериальной гипотонии у тяжелых хирургических и травматологических больных – кровотечение и гиповолемия, на которые указывают такие эхокардиографические признаки, как маленький объем левого желудочка и гиперкинезия всех его стенок (рис. 23.2). Встречаются больные с прогрессирующей артериальной гипотонией, при которой введение инотропных средств не только не помогает, но даже усугубляет гипотонию. Часто у таких больных имеется давняя артериальная гипертензия с гипертрофией левого желудочка, и гиповолемия вызывает у них динамическую обструкцию выносящего тракта левого желудочка – наподобие той, что бывает при обструктивной гипертрофической кардиомиопатии: появля-

ется переднее систолическое движение митрального клапана и вторичная митральная недостаточность, возникает систолический шум в сердце (его могут вызвать и митральная недостаточность, и внутрижелудочковая обструкция) и тяжелая артериальная гипотония. Она объясняется низким ударным объемом левого желудочка вследствие гиповолемии, к которой добавляется обструкция выносящего тракта: внутрижелудочковый градиент давления может превышать 100 мм рт. ст. При катетеризации правых отделов сердца обнаруживают повышенное давление заклинивания легочной артерии и приходят к выводу о повышенном давлении наполнения левого желудочка. Не распознав, что артериальная гипотония вызвана митральной недостаточностью и обструкцией выносящего тракта левого желудочка, можно прийти к ошибочному выводу о необходимости увеличения дозы инотропных средств и диуретиков, которые еще более усугубят артериаль-

Алфавитный указатель

Annulus reversus 273
Cor pulmonale 796
Cor triatriatum 633, 634
DICOM, стандарт 122
dP/dt левого желудочка 148, 247
 на фоне противоопухолевой химиотерапии 818
 после ресинхронизации 580, 582
 при дилатационной кардиомиопатии 569, 570
 расчет 148, 247, 248
DT, методика измерения 165
E/e', методика измерения 169
IVRT – см. Время изоволюмического расслабления левого
 желудочка
М-модальное исследование 106
 горбик b 231
 достоинства 105
 клапана легочной артерии 378
 линейные размеры левого желудочка 127, 128
 методика 104
 при аортальной недостаточности 231, 311, 312
 при болезнях перикарда 262
 при констриктивном перикардите 154
 при пролапсе митрального клапана 364
 при синдроме WPW 154
 при тампонаде сердца 232
 систолическое движение митрального кольца 129
 физические принципы 39
 экскурсия трикуспидального кольца 220
PISA – см. Проксимальная зона регургитации
Situs inversus 626
 с L-транспозицией магистральных артерий 694
Situs solitus 626
Staphylococcus aureus, инфекционный эндокардит 402, 406, 415
 сравнение чреспищеводной и трансторакальной
 ЭхоКГ 431
 у инъекционного наркомана 408
Vena contracta 242, 445, 842
WPW синдром 151, 153, 154
Zona coarcta 332, 333

А

Абсцесс

аортального кольца 418, 420, 423, 424
корня аорты 315, 416, 420
митрального клапана 418
парааортальный 412
парапротезный 413, 425
передней створки митрального клапана 419
АВ-канал открытый 657, 668, 669, 677
 перекидывающийся митральный клапан 678
 расщепленный митральный клапан 679
 самостоятельное закрытие дефекта межжелудочковой
 перегородки 678
Аденозин 531

Акустическая подпись 134
Альтернирующий пульс 150, 568, 569
Альфьери операция 839, 843
Амилоидоз сердца 276, 614, 617, 620
 сохраненная деформация верхушки 618, 619
 структура ткани миокарда 617, 618
Анатомически правильная ориентация изображений 102, 103
Ангиосаркома 752
Аневризма левого желудочка
 истинная 514, 515
 ложная 516, 517, см. также Псевдоаневризма левого
 желудочка
Аневризма легочного ствола 384
Аномальное отхождение коронарных артерий 521, см. также
 Коронарные артерии, аномальное отхождение
Антифосфолипидный синдром 791, 792, 805
 катастрофический 792
 тромбоз биопротеза 792
Аорта
 анатомия 699, 701
 аневризмы 705
 атеросклероз 731, см. также Атеросклероз аорты
 интрамуральная гематома 726
 инфекционные поражения 736, 737
 псевдоаневризма 733
 размеры 701
 разрыв 710
 расслаивающая аневризма 715–726, 728–730
 травмы 733, 735–737
 тромбоз 737, 738
Аортальная недостаточность 310
 импульс струи 323
 критерии тяжести 316, 318, 320, 323
 левый желудочек 324
 острая и хроническая 323
 показания к протезированию 325
 при дефектах межжелудочковой перегородки 673
 при дилатации аорты 314
 при инфекционном эндокардите 314, 315, 320
 при искусственном левом желудочке 586, 589, 590
 при подклапанном стенозе 310
 при расслаивании аорты 313, 728
 фракция регургитации 238, 322
Аортальный клапан, см. также отдельные заболевания
 анатомия 282
 двустворчатый 282, 644
 лучевое поражение 819
 одностворчатый 643
 перфорация створки 848
 четырёхстворчатый 644
Аортальный стеноз 284
 дифференциальная диагностика с митральной недоста-
 точностью 243, 296
 добутаминавая стресс-ЭхоКГ 302–304
 естественное течение 307

кривые давления 241
 критерии тяжести 301
 надклапанный 646
 парадоксальный 305–307
 планиметрическое измерение площади отверстия 291
 подклапанный 310, 612, 613, 640–643
 поиск максимальной скорости струи 293
 показания к протезированию 308, 309
 расчет площади отверстия 251, 297
 сопротивление аортального клапана 299
 стадии 287, 311
 форма выносящего тракта левого желудочка 297
 Аортоаннулярная эктазия 705
 Аортоартериит 737, 738
 Апикальная гипертрофическая кардиомиопатия – *см.* Ямагучи болезнь
 Апикальные позиции, стандартные 95
 Аранциев узелок 282
 Аритмогенная дисплазия правого желудочка 227, 228, 578, 623
 Аркадный митральный клапан 636
 Артериальная гипертония – *см.* Гипертоническое сердце
 Артериальный проток – *см.* Открытый артериальный проток
 Артериовенозные легочные фистулы 68, 69, 202
 при болезнях печени 794, 795
 Артефакты 44
 беспорядок ближнего поля 45
 боковые лепестки 44, 369, 717, 718, 789, 855
 доплеровские – *см.* Допплеровские артефакты
 затенение 45, 46, 54, 78, 261, 270, 855
 зеркальное отражение 54, 55
 при контрастировании сердца 69, 76
 реверберация 45, 46, 262, 347, 369, 450, 703, 740, 834, 835
 ширины пучка 54, 55
 Асептический тромбоз эндокардит – *см.* Либмана–Сакса эндокардит
 Аспергиллез аорты 737
 Атеросклероз аорты 731, 732, 778
 разрыв бляшки 732
 трехмерная ЭхоКГ 733
 Атрезия трикуспидального клапана 693, 695
 Атриализация правого желудочка 399, 629
 Аутографт 436

Б

Байеса теорема 543
 Беременность 820, 822
 изменения сердечно-сосудистой системы 821
 послеродовая кардиомиопатия 592
 при протезированных клапанах 466, 470
 риск расслаивания аорты и коронарных артерий 712
 Бернулли уравнение
 модифицированное 239
 полное 239
 практическое применение 242
 при аортальном стенозе 293
 при коарктации аорты 646
 упрощенное 239, 241
 Бескаркасные биопротезы
 инфекционный эндокардит 315, 425
 нормы 452, 458
 особенности имплантации 482, 850, 851

Беспорядок ближнего поля 45, 46
 Биологические эффекты ультразвука 56
 Биопсия правого желудочка 584
 Ближнее поле 31
 Блокада левой ножки пучка Гиса
 двухжелудочковая ЭКС 579
 нарушения сократимости левого желудочка 135, 151, 579–581
 стресс-ЭхоКГ 533, 542, 543
 М-модальное исследование 152
 Боковые лепестки 44, 369, 717, 718, 789, 855
 Боталлов проток – *см.* Открытый артериальный проток
 Бьёрка–Шайли протез 435, 452, 458
 поломка 484

В

Вальсальвы проба
 диастолическая функция левого желудочка 172
 для выявления внутрижелудочковой обструкции 603
 открытое овальное окно 67
 трансмитральный кровоток 164, 173, 174, 179, 180, 182
 Варикозно расширенные вены пищевода 796
 Вегетации
 грибковые 404, 477
 при эндокардите Либмана–Сакса 791
 ультразвуковая характеристика 402
 чувствительность трансторакальной ЭхоКГ 411
 Велоэргометрия, стресс-ЭхоКГ 529
 Верхняя полая вена
 трансторакальная ЭхоКГ 216
 чреспищеводная ЭхоКГ 216
 Взболтанный физраствор
 для выявления сброса 65
 для усиления доплеровских сигналов 75
 контроль за ходом перикардиоцентеза 278, 279
 легочные артериовенозные фистулы 794, 795
 методика контрастирования 59
 открытое овальное окно 777, 778
 при дефектах межпредсердной перегородки 650, 653, 654
 при персистирующей левой верхней полой вене 682, 683
 усиление доплеровских сигналов 77, 245
 Вильямса синдром 639, 646
 ВИЧ-инфекция 806
 Внутрипредсердный туннель после операции Маастарда 691
 Внутрисердечная ЭхоКГ 861
 эндоваскулярное закрытие дефекта межпредсердной перегородки 661
 Внутрисосудистое УЗИ 704, 736
 Воздух, скопление в сердце после операции 853
 Воздушная эмболия миокарда 855
 Волна L трансмитрального кровотока 166
 Время изоволюмического расслабления левого желудочка 163
 методика измерения 164
 Время полуспада градиента давления 247
 источники ошибок 249
 при аортальной недостаточности 250, 321, 323
 при митральном стенозе 249, 340, 341
 при протезированных клапанах 445, 460
 Вспышки, при контрастировании 81