

**А.В.Струтынский**

**ЭХОКАРДИОГРАММА:  
анализ и интерпретация**

*4-е издание*



**Москва**  
**«МЕДпресс-информ»**  
**2009**

УДК 61612.3-073.96

ББК 54.101

С87

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

## **Струтынский А.В.**

С87 Эхокардиограмма: анализ и интерпретация / А.В.Струтынский. — М. : МЕДпресс-информ, 2009. — 4-е изд. — 208 с. : ил.  
ISBN 5-98322-543-X

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

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

УДК 61612.3-073.96

ББК 54.101

ISBN 5-98322-543-X

© Струтынский А.В., 2001

© Струтынский А.В., иллюстрации, 2001

© Оформление, оригинал-макет. Издательство «МЕДпресс-информ», 2003

# ПРЕДИСЛОВИЕ

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

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

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

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

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

*Автор*

**Глава 1**  
**МЕТОДИКА ЭХОКАРДИОГРАФИИ**

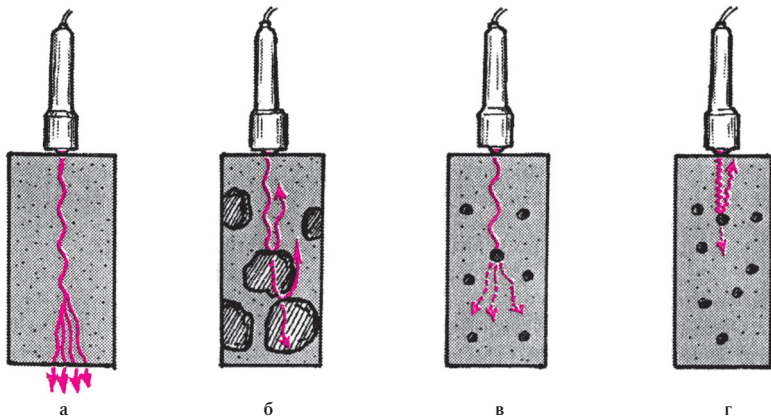
## 1.1. ПРИНЦИПЫ ПОЛУЧЕНИЯ УЛЬТРАЗВУКОВОГО ИЗОБРАЖЕНИЯ СЕРДЦА В ТРЕХ РЕЖИМАХ ИССЛЕДОВАНИЯ

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

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

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

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



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

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

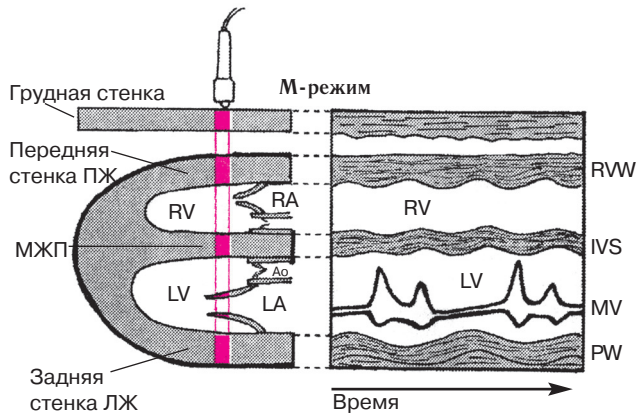
При исследовании сердца и сосудов обычно используют три режима работы прибора.

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

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

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





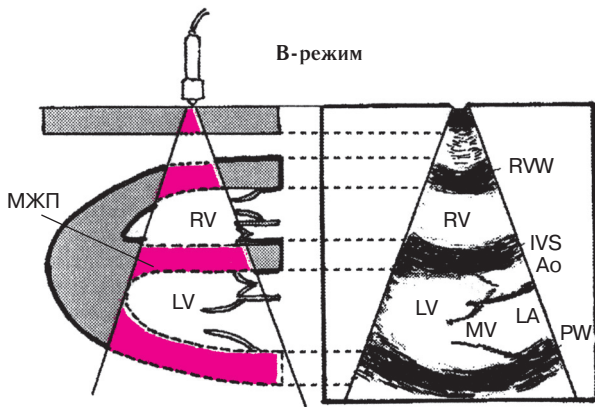
**Рис. 1.2.** Принцип получения ультразвукового изображения в М-модальном режиме исследования (схема): LV и RV – левый и правый желудочки, LA и RA – левое и правое предсердия, IVS – межжелудочковая перегородка, MV – митральный клапан, PW – задняя стенка ЛЖ, Ao – аорта, RVW – передняя стенка ПЖ.

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

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

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

На рисунке 1.3 схематически показана двухмерная ЭхоКГ, зарегистрированная из левой парастернальной области. Плоскость сканирования в данном случае располагается по длинной оси сердца, поэтому на ЭхоКГ хорошо видно взаимное расположение аорты, полости ЛП, ПЖ, ЛЖ, МЖП, передней и задней створок МК, задней стенки ЛЖ, аортального клапана и папиллярных мышц. Быстрая смена кадров (до 25–60 в 1 мин) позволяет наблюдать движение структур сердца в реальном масштабе времени.

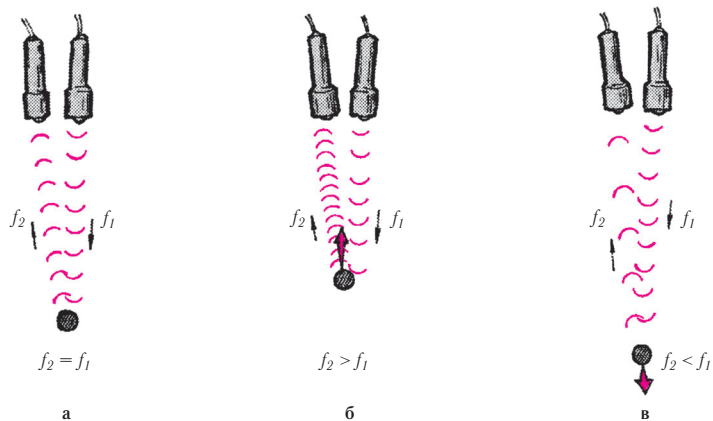


**Рис. 1.3.** Принцип получения ультразвукового изображения в В-режиме исследования (двухмерная ЭхоКГ). Обозначения те же.

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

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

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



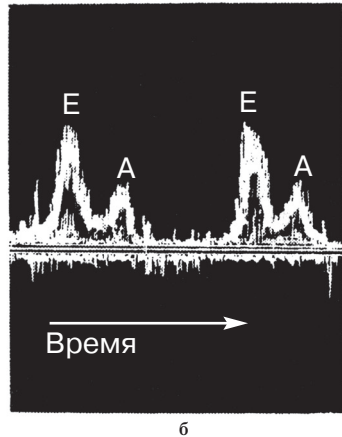
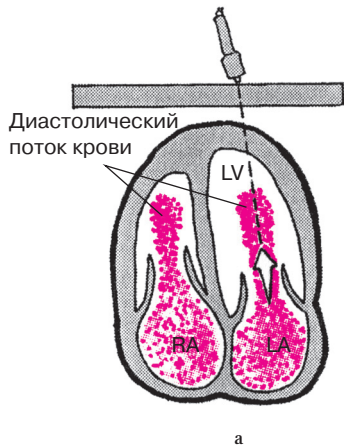
**Рис. 1.4.** Частота УЗ-сигналов, отраженных от неподвижного (а) и движущихся (б, в) объектов (по Feigenbaum Н., 1986).

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

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

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

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



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

## 1.2. ТЕХНИКА ИССЛЕДОВАНИЯ

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

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

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

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



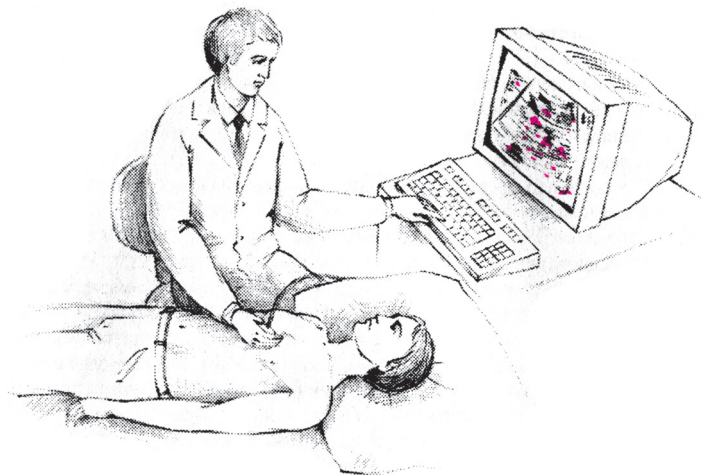


Рис. 1.6. Эхокардиографическое исследование.

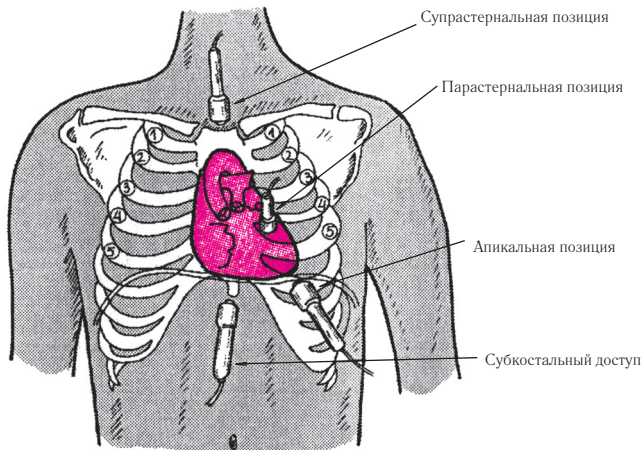
### 1.3. СТАНДАРТНЫЕ ЭХОКАРДИОГРАФИЧЕСКИЕ ПОЗИЦИИ

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

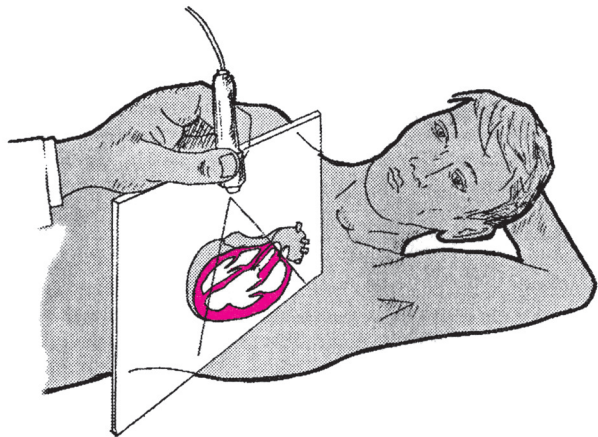
1. Парастернальный доступ — область III–V межреберья слева от грудины.
2. Верхушечный (апикальный) доступ — зона верхушечного толчка.
3. Субкостальный доступ — область под мечевидным отростком.
4. Супрастернальный доступ — югулярная ямка.

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

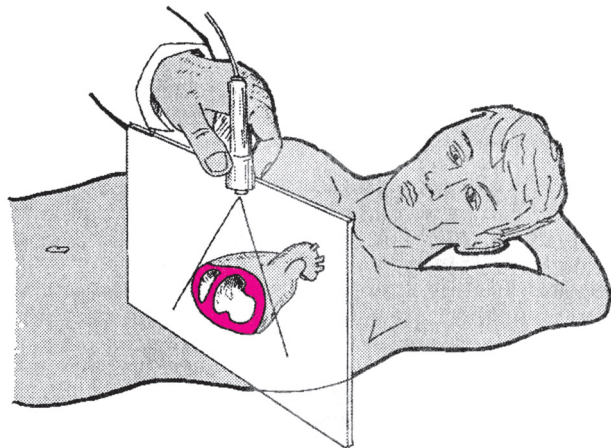
Из каждой стандартной позиции датчика осуществляют УЗ-сканирование сердца в нескольких направлениях: подлинной и короткой осей органа (рис. 1.8). Вначале регистрируют двухмерные ЭхоКГ, проводя соответствующие измерения (см. ниже) и выбирая (при необходимости) оптимальное направление ультразвукового сканирования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



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



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



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

### 1.3.1. ПАРАСТЕРНАЛЬНЫЙ ДОСТУП ПО ДЛИННОЙ ОСИ ЛЕВОГО ЖЕЛУДОЧКА

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

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

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

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

**Струтынский Андрей Владиславович**

## **ЭХОКАРДИОГРАММА: АНАЛИЗ И ИНТЕРПРЕТАЦИЯ**

Главный редактор: *В.Ю.Кульбакин*

Ответственный редактор: *Е.Г.Чернышова*

Корректор: *Л.Ю.Шанина*

Компьютерный набор и верстка: *С.М.Гросс, А.Ю.Кишканов*

Лицензия ИД № 04317 от 20.03.2001 г.

Подписано в печать 27.04.09. Формат 90×60/32. Бумага офсетная.

Печать офсетная. Усл. печ. л. 6,5. Тираж 8000 экз. Заказ №903

ISBN 5-98322-543-X



9 785983 225435

Издательство «МЕДпресс-информ».

119992, Москва, Комсомольский проспект, д. 42, стр. 3

E-mail: [office@med-press.ru](mailto:office@med-press.ru)

[www.med-press.ru](http://www.med-press.ru)

Отпечатано с готовых диапозитивов

в ОАО «Типография «Новости»

105005, Москва, ул. Фр. Энгельса, 46.