

В.И.Новиков, Т.Н.Новикова

ЭХОКАРДИОГРАФИЯ

МЕТОДИКА И КОЛИЧЕСТВЕННАЯ ОЦЕНКА

УДК 616.12-008.3-073.96

ББК 54.101

Н73

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

Авторы:

Новиков Владимир Игоревич – доктор медицинских наук, профессор, заведующий кафедрой функциональной диагностики Северо-Западного государственного медицинского университета им. И.И.Мечникова;

Новикова Татьяна Николаевна – кандидат медицинских наук, доцент кафедры госпитальной терапии и кардиологии им. М.С.Кушаковского Северо-Западного государственного медицинского университета им. И.И.Мечникова

Новиков В.И.

Н73 Эхокардиография. Методика и количественная оценка / В.И.Новиков, Т.Н.Новикова. – М. : МЕДпресс-информ, 2017. – 96 с. : ил.
ISBN 978-5-00030-443-3

В предлагаемом издании рассматриваются вопросы теории ультразвукового исследования сердца и практического использования различных эхокардиографических режимов, в частности тканевых. Отдельный раздел посвящен современным методам количественной оценки эхокардиограммы и оценке сердечной функции. Актуальность последних определяется значительным изменением взглядов на данную проблему, которое произошло за последние годы.

Пособие базируется на многолетнем личном опыте авторов в области практического применения эхокардиографии в кардиологической клинике, а также в области преподавания данного раздела кардиологии.

Издание предназначено для врачей функциональной диагностики, кардиологов и терапевтов.

УДК 616.12-008.3-073.96
ББК 54.101

ISBN 978-5-00030-443-3

© Новиков В.И., Новикова Т.Н., 2017
© Оформление, оригинал-макет. Издательство
«МЕДпресс-информ», 2017



СОДЕРЖАНИЕ

Сокращения	4
1. Двухмерная эхокардиография (В-режим, 2D-режим)	5
2. Одномерная эхокардиография (М-режим)	18
3. Допплер-эхокардиография (D-режим)	24
4. Тканевая эхокардиография	45
5. Количественная оценка эхокардиограммы	56
Литература	93

ДВУХМЕРНАЯ ЭХОКАРДИОГРАФИЯ (В-РЕЖИМ, 2D-РЕЖИМ)

Методика двухмерной эхокардиографии (ЭхоКГ) состоит в рассечении сердца ультразвуковыми (УЗ) плоскостями, полученными из разных точек. Точки размещения датчика могут располагаться по-разному, поскольку это зависит от положения сердца у конкретного человека, от размеров сердца, от положения пациента. То же относится и к направлению и углу наклона плоскости. Задачей исследователя является использование нескольких стандартных сечений, которые позволяют оценить состояние различных отделов сердца.

Следует отметить, что применяемые плоскости сечения не являются горизонтальными, фронтальными или сагиттальными. Они ориентируются по отношению к сердцу, но не по отношению к телу пациента. Эта особенность характерна для ЭхоКГ и, с одной стороны, может считаться ее недостатком, поскольку каждое исследование требует индивидуального подбора сечений, но с другой стороны, является большим преимуществом, так как позволяет избежать влияния различных поворотов и смещений сердца.

Необходимо также уделить внимание вопросам терминологии. Двухмерные изображения на экране в англоязычном варианте обозначаются как «parasternal long axis (short axis) view», «apical four chamber view» и т.д. В соответствии с этим в отечественной литературе чаще всего используются термины «парастеральная позиция (по) длинной оси (короткой оси)», «верхушечная четырехкамерная позиция». Однако очевидно, что слово «позиция» может относиться к расположению датчика, но не к изображению на экране, которое является сечением сердца УЗ-плоскостью и не может называться иначе как «сечение». Кроме того, вместо дословного перевода слов long axis и short axis удобнее использовать адекватные русские слова – продольный и поперечный. Разумеется, вопросы терминологии не имеют определяющего значения, но мы все же рекомендуем использовать термины «продольное (поперечное) сечение», «верхушечное сечение» и т.д.

1.1. Левый парастернальный доступ

Обычно исследование начинают, устанавливая датчик в левой парастеральной области, где отсутствует легочная ткань и правый желудочек (ПЖ) прилежит к передней грудной стенке. Эта область чаще всего располагается в третьем или четвертом межреберье и перкуторно соответствует абсолютной сердечной тупости. Для облегчения локации пациента просят лечь на левый бок, чтобы максимально приблизить сердце к грудной стенке и увеличить зону возможной локации. При этом левая рука должна быть под головой, а правая расположена вдоль тела.

В данной позиции УЗ-плоскостью, исходящей из датчика, можно рас-сечь сердце либо продольно, либо поперечно. Небольшие изменения угла наклона и небольшие смещения датчика позволяют получить несколько продольных и поперечных сечений.

1.1.1. Парастернальные продольные сечения

Парастернальное продольное сечение левого желудочка (ЛЖ) (рис. 1.1). При локации данного сечения сверху на экране отображается передняя стенка и полость ПЖ. Далее УЗ-лучи, составляющие верхнюю часть плоскости, рассекают продольно аорту и аортальный клапан, а затем левое предсердие (ЛП). Лучи, составляющие нижнюю часть сектора, рассекают межжелудочковую перегородку (МЖП), полость ЛЖ и его заднюю стенку. Между предсердием и желудочком находятся створки митрального клапана. Все эти структуры видны на экране.

Передняя стенка ПЖ располагается в верхней части экрана. Она имеет небольшую толщину и движется в соответствии с фазами сердечного

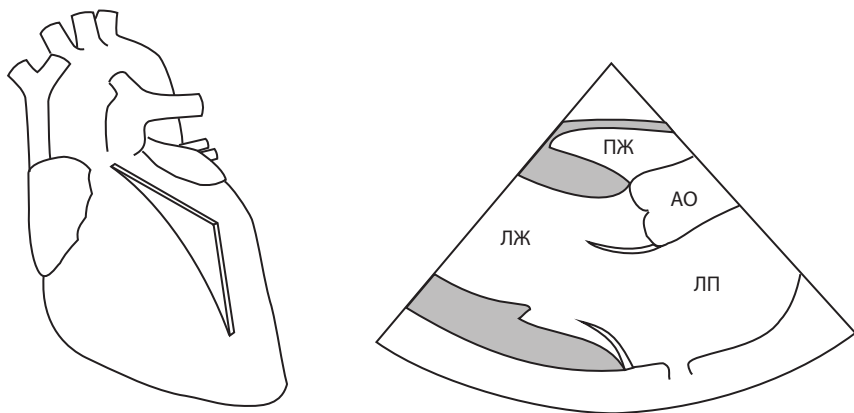


Рис. 1.1. Парастернальный доступ. ПЖ – правый желудочек, ЛЖ – левый желудочек, АО – аорта, ЛП – левое предсердие.

ОДНОМЕРНАЯ ЭХОКАРДИОГРАФИЯ (М-РЕЖИМ)

В настоящее время одномерная ЭхоКГ используется как дополнение к двумерному режиму. Получив двухмерное изображение сердца, исследователь выделяет один из множества УЗ-лучей, составляющих сектор. Этот луч должен проходить через те сердечные структуры, движение которых необходимо оценить. После включения М-режима на экране появляется временной график движения структур сердца, попавших в избранный луч. Стандартно используются три основных направления луча (рис. 2.1–2.3).

2.1. Одномерная эхокардиограмма аорты и левого предсердия

Одномерная ЭхоКГ аорты и ЛП регистрируется при соответствующем направлении луча из парастерального продольного сечения (см. рис. 2.1). В верхней части экрана отображается движение передней стенки ПЖ, которая во время систолы смещается кзади (на экране вниз), а во время диастолы – кпереди. Далее луч проникает через полость ПЖ, затем пересекает переднюю и заднюю стенки аорты. Обе стенки аорты перемещаются параллельно друг другу, кпереди во время систолы и кзади во время диастолы. Между стенками аорты можно наблюдать движение аортальных полулунных створок. В систолу они располагаются у стенок аорты: правая коронарная створка – у передней стенки, а некоронарная – у задней. При хорошем качестве локации видно, что полулунные створки быстро раскрываются в ранней систоле и быстро закрываются в конце систолы, образуя параллелограмм. В диастолу створки смыкаются в центре аорты и лоцируются в виде одной изогнутой линии между стенками.

Кзади от аорты на экране отображаются полость ЛП и его задняя стенка, совершающая незначительные колебательные движения, соответствующие наполнению и опорожнению предсердия.

Таким образом, одномерная ЭхоКГ аорты и ЛП позволяет оценить амплитуду движения аорты, характер движения аортальных полулунных створок, а также выполнить измерения диаметра аорты и ЛП.

Следует отметить, что различные функциональные сдвиги способны значительно изменить внешний вид одномерной ЭхоКГ при отсутствии

каких-либо структурных изменений отображаемых отделов. В частности, можно наблюдать значительное уменьшение и даже полное отсутствие систолического движения аорты. Это объясняется малым объемом выбрасываемой крови (которая и смещает аорту) и наблюдается обычно у пациентов с сердечной недостаточностью. Другим проявлением синдрома малого выброса служит постепенное сближение аортальных створок после их раскрытия в начале систолы. Это объясняется сократительной слабостью ЛЖ и его неспособностью поддерживать высокое систолическое давление на протяжении всего периода изгнания. Иногда можно наблюдать так называемое раннесистолическое или среднесистолическое сближение аортальных створок с последующим повторным раскрытием. Такое движение означает временное уменьшение систолического кровотока через клапан. Оно встречается при подклапанной обструкции. Вообще следует иметь в виду, что движение клапана является пассивным: он раскрывается под давлением крови и закрывается при отсутствии ее движения.

Помимо указанных гемодинамических влияний на движение аортального клапана, аорты и стенки предсердия оказывают действие всевозможные нарушения ритма. Например, при фибрилляции предсердий после длинной диастолы аортальный клапан открывается полностью, а после короткой диастолы открытие получается незначительным и укороченным, поскольку в желудочек не успевает поступить достаточно крови и ударный объем оказывается резко уменьшенным. Аналогичные изменения могут наблюдаться при экстрасистолии.

Еще раз отметим, что описанные варианты изменений ЭхоКГ не связаны с патологией аорты или клапана, а объясняются чисто функциональными причинами.

2.2. Одномерная эхокардиограмма левого желудочка

Изменив направление используемого луча, исследователь может направить его через полость ЛЖ, пересекая ее по короткой оси на уровне хорд ми-

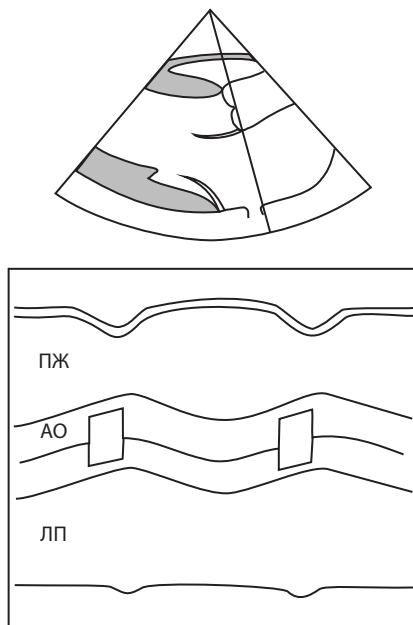


Рис. 2.1. Одномерная ЭхоКГ аорты и ЛП. ПЖ – правый желудочек, АО – аорта, ЛП – левое предсердие.

трального клапана. Это позволит получить **одномерную ЭхоКГ ЛЖ** (см. рис. 2.2). При этом в верхней части экрана остаются сигналы от передней стенки ПЖ, но полость ПЖ с противоположной стороны будет ограничена МЖП. МЖП смещается аналогично стенке ПЖ, но она значительно толще и дополнительно заметно утолщается во время систолы. При этом после пика систолического движения наблюдается короткое смещение в обратную сторону – «индизура».

После МЖП луч проходит через полость ЛЖ по его короткой оси, на уровне хорд митрального клапана.

В нижней части экрана отображается движение задней стенки ЛЖ. Она имеет толщину, примерно соответствующую толщине МЖП, и также дополнительно утолщается во время систолы. Систолическое смещение происходит в направлении кпереди, в связи с чем в этот момент перегородка и задняя стенка сближаются, отражая систолическое уменьшение полости желудочка.

Исключительно важным, особенно для выполнения измерений, является правильное прохождение УЗ-луча через ЛЖ по его короткой оси, что необходимо контролировать при помощи двухмерной ЭхоКГ.

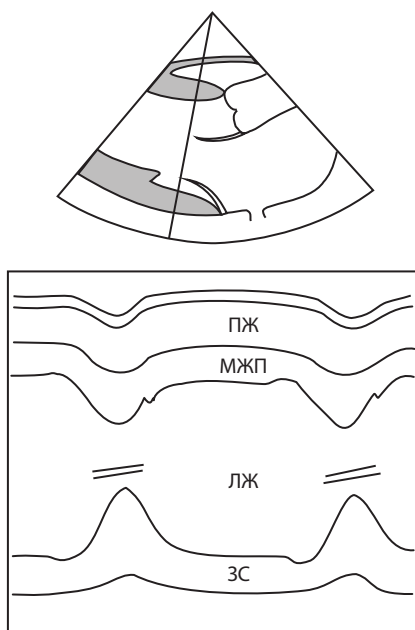


Рис. 2.2. Одномерная ЭхоКГ ЛЖ. ПЖ – правый желудочек, МЖП – межжелудочковая перегородка, ЛЖ – левый желудочек, ЗС – задняя стенка ЛЖ.

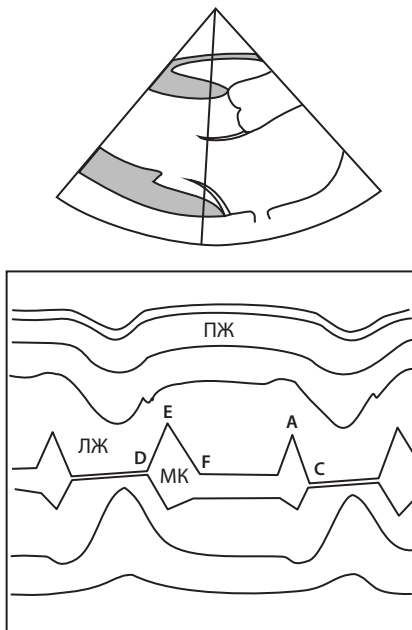


Рис. 2.3. Одномерная ЭхоКГ митрального клапана. ПЖ – правый желудочек, ЛЖ – левый желудочек, МК – митральный клапан. Объяснения в тексте.

к отображению движения с обратным знаком, имитирующего движение потока в противоположном направлении. В отношении цветового режима это означает, что слишком быстрый поток (или его часть) будет отображаться синими тонами вместо красных или наоборот. При двойном превышении предела Найквиста окраска потока поменяется еще раз и т.д. В связи с этим даже у нормальных потоков их средняя часть может окрашиваться противоположным цветом. Естественно, что при высокоскоростных патологических потоках это явление многократно усиливается, а при турбулентных потоках наблюдается обязательно, поскольку здесь присутствуют не только высокие скорости, но и различные направления движения частиц.

Величина предела Найквиста при использовании цветового доплеровского режима невысока (она указывается на экране вместе с цветовой шкалой). Обычно прибор сам устанавливает максимально возможный предел Найквиста. Если это не так, его можно повысить вручную для достижения максимальной гомогенности потока и облегчения его визуальной оценки. Искусственно понизив предел Найквиста, можно убедиться во влиянии данного фактора на внешний вид изображения.

Разумеется, на вид ЭхоКГ в цветовом двухмерном доплеровском режиме влияет подаваемое на прибор усиление. Его уровень должен быть подобран исследователем, поскольку при недостаточном усилении слабые потоки не окрашиваются, а при избыточном усилении цветными точками заполняется вся рабочая зона. Наконец, нужно отметить, что качество цветового изображения потоков сильно зависит от общих характеристик прибора.

При правильном использовании особенностей цветового двухмерного доплеровского режима он может быть прекрасным инструментом для визуальной оценки внутрисердечных и внутрисосудистых потоков крови. Кроме того, под контролем данного режима можно точно расположить курсор и контрольный объем для использования импульсного и постоянно-волнового доплеровских режимов. В связи с этим с применения цветового двухмерного доплеровского режима обычно начинается оценка потоков.

3.1.4. Цветовой одномерный доплеровский режим

Если режим, рассмотренный выше, можно кратко охарактеризовать как раскрашенную двухмерную ЭхоКГ, то данный режим представляет собой раскрашенную одномерную ЭхоКГ. Обычно этот режим применяется для дополнительной характеристики потоков крови. Луч, используемый для получения одномерной ЭхоКГ, одновременно анализируется на предмет частотного сдвига. В результате движение крови, попадающее в луч, отображается на экране в виде своеобразных графиков (рис. 3.4). В сравнении с другими режимами дополнительная информация получается благодаря временной развертке и высокому временному разрешению. Данный режим позволяет точно установить момент появления и исчезновения потока, его

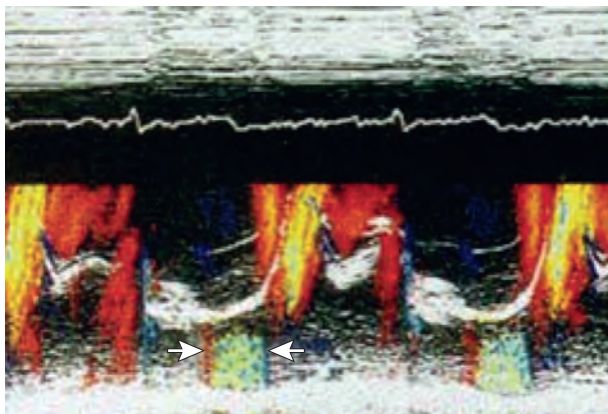


Рис. 3.4. Цветовой одномерный доплеровский режим. Трансмитральный кровоток. Стрелками показана позднесистолическая регургитация.

временную связь с движениями клапанов и стенок. В определенных ситуациях это бывает весьма полезным.

Общие принципы цветowego отображения движений не отличаются от тех, что были описаны в отношении цветовой двухмерной доплеровской ЭхоКГ. Это касается цветовой гаммы, влияния предела Найквиста и общего усиления. В целом цветовую одномерную доплеровскую ЭхоКГ нельзя отнести к основным режимам исследования.

Исходя из общих особенностей доплеровского исследования, которые были описаны выше, необходимо постоянно стремиться к тому, чтобы направление движения, подлежащего оценке, максимально совпадало с направлением УЗ-лучей.

При оценке потоков крови надо учитывать, что поток наблюдается не в какой-либо отдельной точке, а занимает целую область, причем в разных ее участках характеристики потока могут быть различными. Наибольшее диагностическое значение представляют потоки в области клапанов и крупных сосудов. Среди них можно выделить три основные разновидности: потоки в области атриовентрикулярных клапанов, потоки в области полулунных клапанов и венозные потоки.

3.2. Применение доплер-эхокардиографии

3.2.1. Кровоток в области атриовентрикулярных клапанов

Исследование **митрального кровотока** обычно начинается с его оценки в цветовом доплеровском режиме, которая может проводиться в различных сечениях. В частности, парастернальное продольное сечение позволяет видеть этот поток, окрашенный красным цветом, поскольку поток

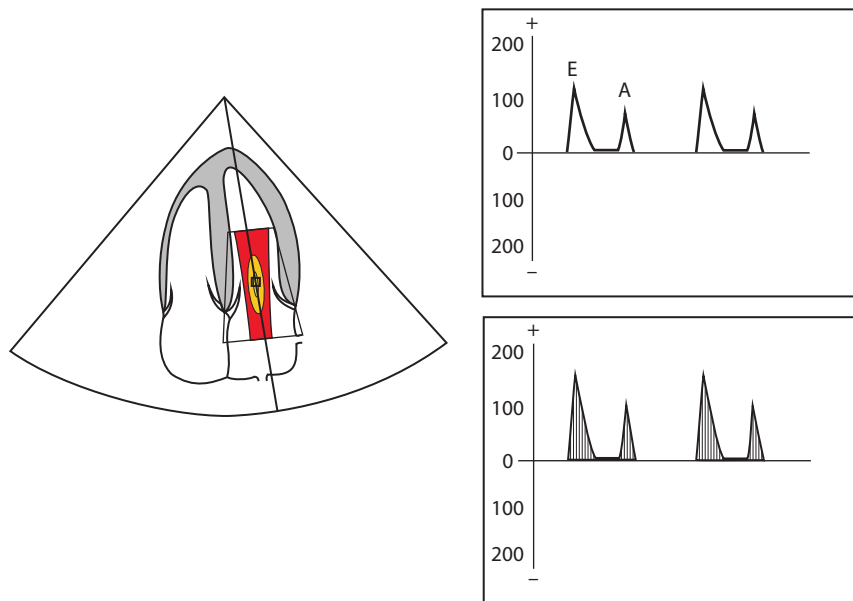


Рис. 3.5. Исследование митрального кровотока в цветовом (слева), импульсном (справа вверху) и постоянно-волновом (справа внизу) доплеровских режимах.

направлен все же в сторону датчика, хотя и под большим углом к лучу. Для уменьшения угла можно смещать датчик в сторону верхушки, приближаясь к верхушечному продольному сечению. Помимо основного потока цветовой режим часто позволяет обнаружить наличие физиологической митральной регургитации в виде небольшой пестрой струи, направленной в ЛП. Регургитация встречается в норме весьма часто, но имеет незначительный объем и не оказывает никакого влияния на гемодинамику.

Оптимальными для оценки митрального кровотока являются верхушечные сечения (чаще всего – четырехкамерное), в которых можно добиться минимального угла между лучом и направлением потока (рис. 3.5). Кроме того, эти сечения позволяют оптимально расположить УЗ-луч и контрольный объем для дальнейшего использования спектральных режимов. При цветовом отображении митрального кровотока может наблюдаться умеренная пестрота сигналов, как за счет оттенков красного, отражающих более и менее высокие скорости в разных точках потока, так и за счет противоположных синих оттенков. Последнее объясняется низкой величиной предела Найквиста, которая устанавливается при использовании цветового режима, и относительно высокой скоростью нормального митрального кровотока.

При использовании импульсного доплеровского режима метку контрольного объема следует устанавливать на уровне кончиков раскрытых в диастолу створок по центру потока. Нормальный поток в области

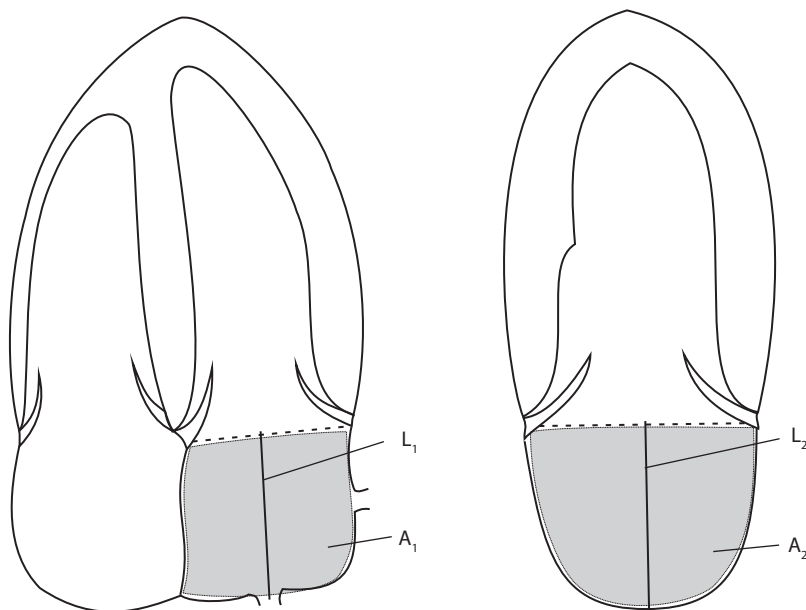


Рис. 5.9. Измерение объема ЛП. Обозначения те же, что на рисунке 5.3.

5.1.5. Аорта

Измерение диаметра аорты на уровне синусов Вальсальвы по одномерной ЭхоКГ в настоящее время не рекомендуется. Если оно все же выполняется, то под контролем двухмерной ЭхоКГ следует добиваться прохождения луча перпендикулярно аорте на уровне кончиков полулуний клапана. Измерение выполняется от передней стенки до задней в момент максимального смещения аорты кпереди.

На сегодняшний день, безусловно, предпочтительно измерение аорты по двухмерной ЭхоКГ. Здесь стандартными являются измерения на уровне кольца, синусов Вальсальвы, синотубулярного соединения и восходящего отдела (рис. 5.10).

Необходимо отметить, что измерение на уровне синусов Вальсальвы рекомендуется выполнять по стандартам одномерной ЭхоКГ (от верхней границы до верхней), а все остальные измерения – по стандартам двухмерной ЭхоКГ (между внутренними границами).

Нормальные значения всех этих показателей значительно колеблются. В связи с этим наилучшим решением является их оценка по отношению к площади поверхности тела (табл. 5.5).

В рекомендациях также подтверждена актуальность номограммы, предложенной еще в 1989 г. M.J.Roman и соавт. Номограмма учитывает зависи-

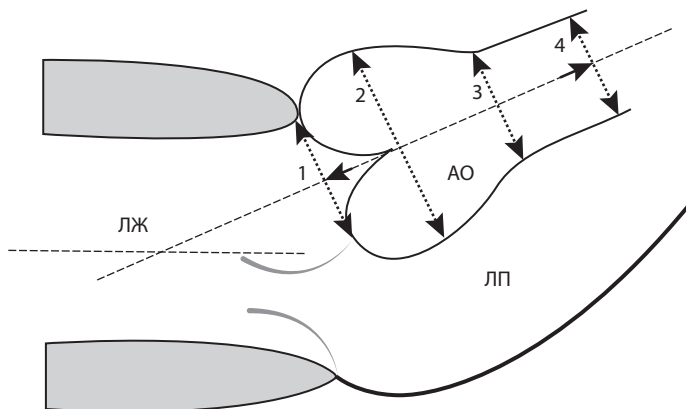


Рис. 5.10. Измерение диаметров аорты на уровне кольца (1), синусов Вальсальвы (2), синотубулярного соединения (3) и в восходящем отделе (4). (Цит. по R.M.Lang et al., 2015; с изменениями).

Таблица 5.5. Нормальные размеры аорты (цит. по R.M.Lang et al., 2015; с изменениями)

Показатель	Мужчины		Женщины	
	размер, мм	размер/ППТ, мм/м ²	размер, мм	размер/ППТ, мм/м ²
Кольцо	20–32	12–14	19–27	12–14
Синусы Вальсальвы	28–40	13–21	24–36	14–22
Синотубулярное соединение	23–35	11–19	20–32	11–19
Восходящий отдел	22–38	11–19	19–35	10–22

ППТ – площадь поверхности тела.

Примечание: пограничные значения рассчитаны как $M \pm 2SD$, что соответствует рекомендованному доверительному интервалу 95%.

мость диаметра аорты не только от площади поверхности тела, но и от возраста (рис. 5.11).

5.1.6. Правый желудочек. Легочный ствол

Оценка размеров ПЖ весьма сложна из-за неправильной формы его полости. Одно сечения не может быть достаточно для характеристики этой камеры. Очевидно, что измерение по одномерной ЭхоКГ, тем более, малопродуктивно. По этой же причине непродуктивен расчет объема полости ПЖ. Лишь в последнее время его удастся измерить с помощью трехмерной ЭхоКГ.

Тем не менее потребность в надежной оценке размеров ПЖ привела к определенному прогрессу в данном вопросе, что нашло свое отражение в рекомендациях.

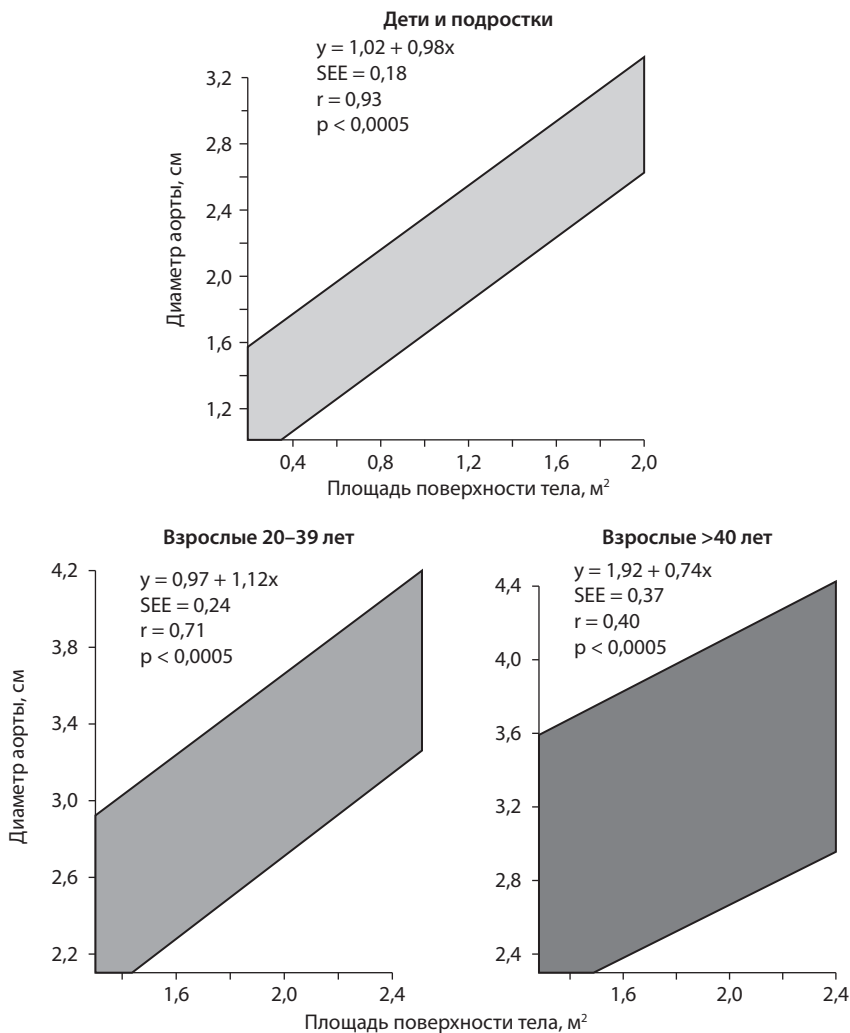


Рис. 5.11. Номограммы диаметра аорты на уровне синусов Вальсальвы в зависимости от поверхности тела и возраста. (Цит. по R.M.Lang et al, 2015.)

В качестве общей рекомендации следует принять, что измерения собственно полости ПЖ и его выходного тракта должны выполняться раздельно.

Размеры основной полости должны оцениваться в верхушечном четырехкамерном сечении, сфокусированном на ПЖ, что обеспечивает меньшие колебания показателей (рис. 5.12).

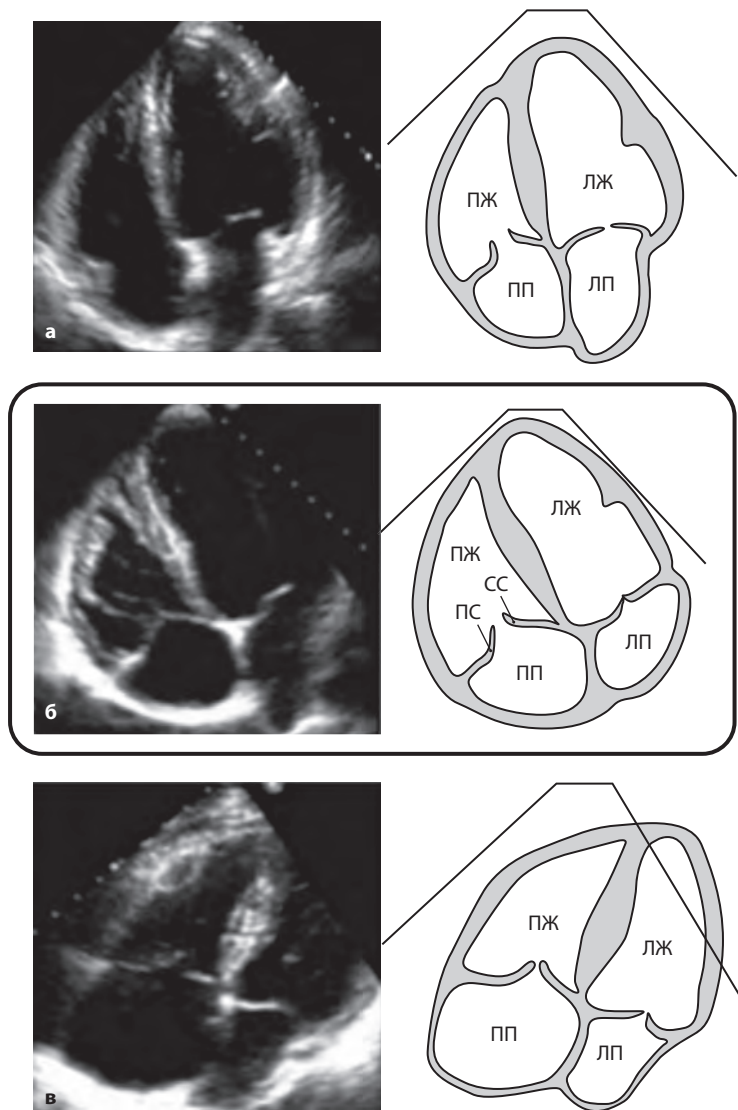


Рис. 5.12. Выбор верхушечного четырехкамерного сечения, сфокусированного на ПЖ (б). а – стандартное четырехкамерное сечение; в – модифицированное четырехкамерное сечение. (Цит. по R.M.Lang et al., 2015.)