

А. С. Рудой¹, А. М. Урываев¹, А. М. Литвиненко², Ю. С. Денецук²

Z-КРИТЕРИЙ, КАК ОПТИМАЛЬНЫЙ ПАРАМЕТР ОЦЕНКИ ЭХОКАРДИОГРАФИЧЕСКИХ РАЗМЕРОВ КОРНЯ АОРТЫ В НОРМЕ И ПАТОЛОГИИ

*Кафедра военно-полевой терапии военно-медицинского факультета
в УО «БГМУ»¹,
ГУ «432 ГВКМЦ ВС РБ»²*

В статье приводятся самые оптимальные параметры оценки эхокардиографических размеров корня аорты. Представлена интерпретация их показателей, должным образом не оцениваемая на практике, особенно в плане прогноза жизнеугрожающего расширения аорты при таких наследственных нарушениях соединительной ткани, как синдром Марфана, синдром Луиса-Дитца и пр.

Приводятся пояснения к предсказательной ценности Z-критерия как оптимального критерия нормального размера аорты для своевременного мониторингования указанных нарушений. Вариабельность интерпретации функциональной и анатомической структуры восходящего отдела и КА, недопонимание оптимальных подходов к оценке их истинных и расчета должных размеров, потенциально может привести на практике к неправильной интерпретации изучаемых данных. Принятие более строгих согласованных стандартизированных определений и оценки размеров структурных элементов корня аорты важно для современной практических рекомендаций и кардиологической практике.

Ключевые слова: *z-критерий, эхокардиографические размеры, аорта.*

*A. S. Rudoy, A. M. Uryvayev, A. M. Litvinenko,
Yu. S. Deneshchuk*

**Z-CRITERIA AS EVALUATION PARAMETER
AS OPTIMAL ECHOCARDIOGRAPHIC AORTIC
ROOT SIZE NORM AND PATHOLOGY**

In the article the paper presents the optimum parameters of echocardiographic assessment of the size of the aortic root. Interpretation of their indicators are not properly evaluated in practice, especially in terms of the forecast life-threatening aortic enlargement in such inherited disorders of connective tissue, as Marfan syndrome, Louis-Dietz and others.

We give an explanation of the predictive value of Z-test as the best criterion of normal size aorta for the timely monitoring of these disorders. Variability of interpretation of functional and anatomical structure of the ascending department and KA, misunderstanding of optimum approaches to an assessment their true and calculation of the due sizes, can potentially lead in practice to the wrong interpretation of the studied data. Acceptance of more strict coordinated standardized definitions and an assessment of the sizes of structural elements of a root of an aorta important for modern practical recommendations and cardiological practice.

Key words: *z-criterion, echocardiographic sizes, aorta.*

Актуальность. Современные научные исследования и руководства практического здравоохранения ставят перед собой цель и требуют стандартизованных и согласованных определений, что также справедливо и для оценки параметров корня аорты.

Заболевания аорты занимают важное место в кардиоваскулярной заболеваемости и смертности. В недавно опубликованном обзоре Global Burden Disease продемонстрирован рост общей смертности по причинам аневризмы аорты и ее расслоения с 2,49 до 2,78 на 100 000 человек, особенно среди мужчин за период с 1990 по 2010 гг. [27].

В актуальных на данный момент европейских рекомендациях 2014 года подчеркивается ценность комплексного подхода, где аорта рассматривается, как целостный орган [14]. Доказательства увеличения риска аневризмы брюшного отдела аорты (БОА) при имеющейся аневризме грудного отдела аорты (АГОА), свидетельствуют, что сохраняющееся произвольное разделение аорты на ГОА и БОА (имеющее под собой традиции клинического ведения в первом случае кардиохирургами, во втором сосудистыми хирургами) становится менее актуальным, но тем не менее имеет полное право на существование как с академической, так и с практической точки зрения. В частности, это касается пациентов, имеющих признаки наследственных нарушений соединительной ткани (ННСТ), при которых особый интерес представляет корень аорты (КА) и проксимальный сегмент восходящего отдела аорты, как наиболее часто поражаемые (главный диагностический признак) при ННСТ. При указанных состояниях, величина ежегодного увеличения размера аорты имеет наиважнейшее прикладное значение. Опасность наследственных форм аневризм в том, что при них не существует безопасного размера аорты, а расслоение или разрыв могут происходить при диаметре 40–45 мм, что гораздо меньше предельно допустимых размеров аорты – 55 мм и более, по достижении, которых обычно принято приглашать кардиохирургов для консультации. Кроме того, при известных мутациях в гладкомышечных клетках (что наблюдается при ЛДС и др.), существует риск диссек-

ции аорты даже без формирования первичной аневризмы [31]. В большинстве случаев, за исключением острых состояний, таких как «острый аортальный синдром» и разрыв аорты, заболевания аорты имеют минимальные клинические проявления, а при наличии ННСТ, как правило, протекают не только асимптоматично, но и при отсутствии классических факторов риска сердечно-сосудистых заболеваний. Таким образом, при синдроме Марфана (МФС), Луиса-Дитца (ЛДС), марфаноподобных состояниях и других ННСТ важнейшее тактическое значение имеет точная величина ежегодного увеличения размера (аневризмы) аорты.

Приведенные обстоятельства ставят постановку диагноза, прогноза и наблюдения в эксклюзивную зависимость от «визуализирующих» методик, таких как ЭХО-КС, КТ и др.

Правильная интерпретация результатов ЭХО-КС одна из важнейших составляющих разработки тактического подхода. При этом фактические значения размеров аорты, не всегда отражают истинную картину. В частности, у здоровых взрослых людей, диаметр проксимальной части аорты обычно не превышает 40 мм, и постепенно уменьшается в дистальной части. Однако размер аорты зависит от ряда факторов, включая не только возраст, но и пол, размер тела (рост, вес, площадь поверхности тела) и артериальное давление [9, 18, 19, 24, 25]. К примеру, увеличение аорты на 0,9 мм у мужчин и на 0,7 мм у женщин за десятилетие жизни считается нормой и отражает процесс старения, патоморфологическим субстратом которого является увеличение соотношения коллаген/элластин, приводящее к уплотнению стенки аорты и росту пульсовой волны [6]. Другими словами, у каждого человека в определенный возрастной промежуток нормой будет считаться различный размер аорты.

В данной статье описывается Z-критерий, как оптимальный показатель оценки размера «аорты», учитывающий все основные факторы, влияющие на размер аорты, а также, показывающий, насколько фактический размер аорты, полученный при измерении, отклоняется от нормы.

Морфология и анатомия корня и восходящего отдела аорты

Впервые термин «корень артерии» был использован Henle, тем самым, вытеснив предыдущий термин «аортальное кольцо». Причиной этому послужило различие между функциональной и анатомической структурой КА. В дальнейшем при изучении КА, как запирающего элемента выходного тракта ЛЖ, были сделаны выводы о необходимости изучения этой структуры как единого анатомо-функционального комплекса [1].

Корень аорты является продолжением выносящего тракта левого желудочка, состоит из поддерживающих структур для фиксации створок клапана и является своеобразным мостом между левым желудочком и восходящей аортой. Являясь внутрисердечной структурой, КА принимает участие в формировании фиброзного каркаса сердца, поэтому имеет особую морфологию и морфологически его части имеют отличия как от тубулярной части аорты, так и друг от друга.

Ранее «корень аорты» представлялся как термин, наиболее полно отражающий морфофункциональные особенности дистального сегмента выводного тракта левого желудочка (ВТ ЛЖ), аортального клапана (АК) и проксимального сегмента восходящего отдела аорты. При этом корень аорты включал пять компонентов: фиброзное кольцо аортального клапана (ФК АК), створки аортального клапана, синусы Вальсальвы, треугольные пространства Генле и синотубулярное соединение или гребень (СТГ) (рисунок 1) [31].

Учитывая, что вокруг терминологии и количества компонентов КА не умолкают споры, руководство European Journal of Cardio-Thoracic Surgery в 2012 году

провело опрос среди 534 кардиоторакальных хирургов. Бесспорно одно – КА берёт начало в области «виртуального» кольца (то, что при эхокардиографическом исследовании называется ФК АК), как правило, имеет самую широкую часть на уровне синусов Вальсальвы и заканчивается СТГ.

Тубулярная часть аорты, которая относится к артериям эластического типа, характеризуется выраженным развитием в их средней оболочке эластических структур, что позволяет растягиваться при систоле сердца и возвращаться в исходное положение во время диастолы.

Благодаря своей эластичности, аорта играет роль «второго насоса» (эффект Виндкесселя) во время диастолы, что имеет первостепенное значение для коронарной перфузии и не только [3]. Аорта играет важную роль в контроле системного сосудистого сопротивления и частоты сердечных сокращений.

Аневризма аорты. Аневризма аорты – заболевание прогрессирующее и потенциально летальное из-за её возможного разрыва и расслоения. Основным прогностическим фактором неблагоприятного исхода является фактический размер аневризмы, т. к. при увеличении размера аневризмы увеличивается и частота острых осложнений у пациента в течение года. Например, у пациента с максимальным размером восходящей аорты 6 см существует риск наступления разрыва / диссекции со смертельным исходом в течение года около 14% [8]. Скорость роста аневризмы не является линейной и ускоряется в зависимости от увеличения размера аневризмы, а также наличия генетической предрасположенности, для которой характерны

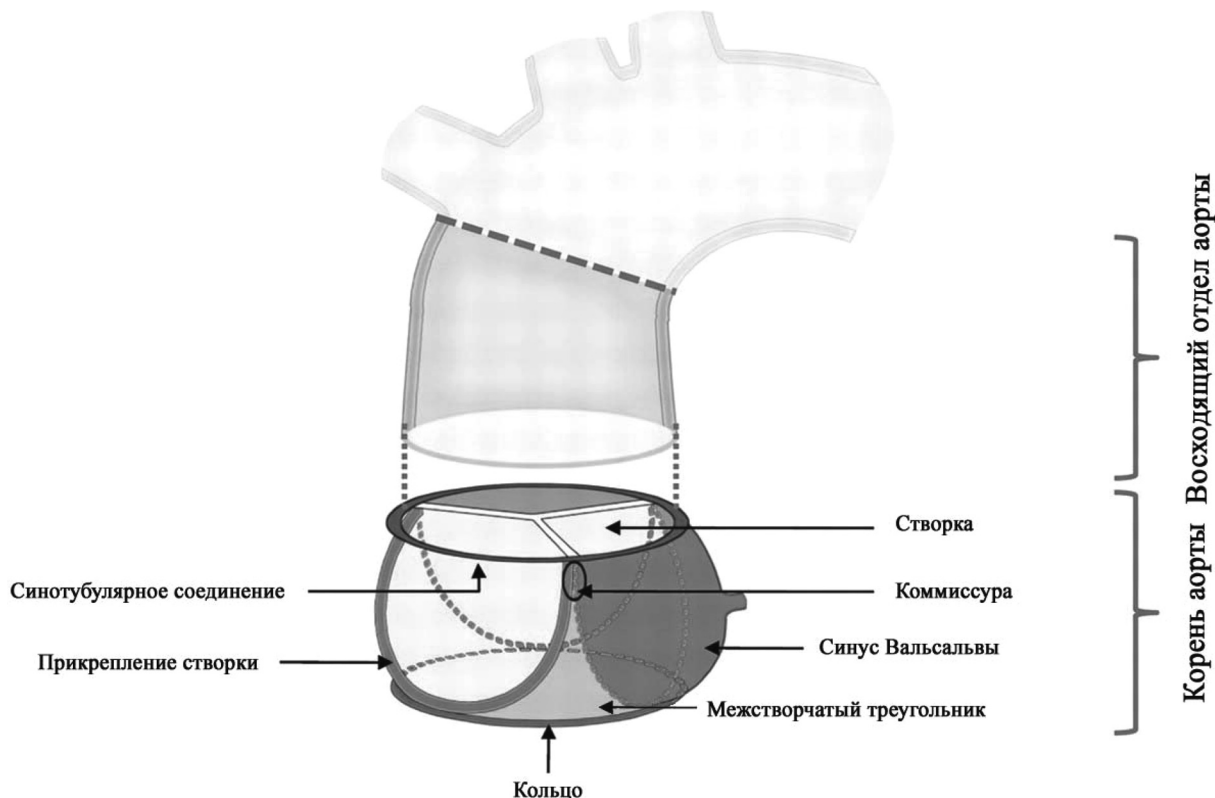


Рисунок 1. Аортальный клапан: только три створки, Корень аорты – все компоненты: синусы Вальсальвы, синотубулярное соединение, кольцо, прикрепление створок, створки, межстворчатые треугольники

ранний дебют заболевания, более тяжелое течение и более частые осложнения.

Наряду с дегенеративными и спорадическими формами, протекающими на фоне атеросклероза, артериальной гипертензии и пр., около четверти аневризм (более 20–25%) генетически детерминированы [4, 7, 13]. Генетическая предрасположенность к аневризме и диссекции аорты (АДА) в ряде случаев выступает как часть генетического синдрома или плейотропного проявления при ННСТ, в частности МФС, ЛДС (т. н. «синдромальные» формы АДА). При указанных синдромальных наследственных формах АДА отмечается преимущественное вовлечение восходящего сегмента грудного отдела аорты у молодых людей на фоне множественных аномалий строения других органов и систем, на основе которых сформированы их диагностические критерии. Однако зачастую АДА проявляется изолированно и, что очень важно, на фоне «немого» течения и отсутствии распознаваемых этиологических, в т. ч. генетических факторов риска, т. е. в отсутствие синдромных особенностей. В последнем случае выделяют «несиндромные» семейные (наследственные) формы АДА / Familial Thoracic Aortic Aneurysms and Dissections, fTAAD (OMIM # 607086, 608967), при которых особенности ведения и лечения значительно отличаются в силу своего специфического прогноза.

Профилактические мероприятия в виде хирургического протезирования аорты, а в некоторых случаях и аортального клапана (сочетание дилатации аорты с двустворчатым аортальным клапаном, его недостаточность и др.) приводят к хорошим клиническим результатам, однако, при своевременном проведении оперативного вмешательства. Поэтому на первое место выходит своевременность диагностики данных жизнеугрожающих состояний, а также точное формирование показаний для оперативного вмешательства, что зачастую является не простой задачей из-за практически бессимптомного течения аневризмы, вплоть до диссекции или разрыва аорты.

Диагностика. Эхокардиографическая оценка аорты является частью рутинного эхокардиографического

обследования [15, 26]. Ультразвуковое исследование аорты включает трансторакальную эхокардиографию (ТТЭ), трансэзофагальную эхокардиоскопию (ТЭЭ), 3D-эхокардиографию ТТЭ и ТЭЭ, ультразвуковое исследование брюшной аорты, внутрисосудистое ультразвуковое исследование. В настоящей статье внимание уделено ТТЭ и ТЭЭ.

Трансторакальная эхокардиография (ТТЭ). Несмотря на то, что ТТЭ не является методом выбора, этот метод часто используется для скринингового измерения всех сегментов грудной аорты в клинической практике. Эхокардиографическое измерение диаметра аорты является достаточно точным и воспроизводимым исследованием при соблюдении требований протокола [20].

Существуют два подхода к измерению корня аорты: 1. «От переднего края до переднего края» (leading edge-to-leading edge) (рис. 2А) [20, 25]; 2. «От внутреннего края – до внутреннего края» (inner edge-to-inner edge) (рис. 2Б) [28].

Преимуществами первого варианта измерения можно считать большее, по сравнению со вторым, количество нормативных исследований (опубликованных нормативных документов в области кардиологии, включая рекомендации по эхокардиографии). Преимуществами второго способа является более близкая техника измерений к измерениям при проведении мультиспиральной компьютерной томографии (МСКТ) и магниторезонансной компьютерной томографии (МРТ), что особенно важно, если все кардиовизуализирующие методики проводятся одним и тем же специалистом [2]. Повышение качества используемой аппаратуры и получаемого при этом изображения стенки аорты минимизируют различия между этими методами измерений. Тем не менее, есть ряд исследований, сравнивающих данные методики (в том числе в разные фазы сердечного цикла) и демонстрирующих, что колебания размеров толщины стенки аорты может составлять от 2 до 4 мм у взрослых пациентов [22, 30]. Поэтому даже при хорошем разрешении и динамическом сравнении разными исследователями непременно будет иметься существенная разница в диаметрах и тактике проводимого исследования.

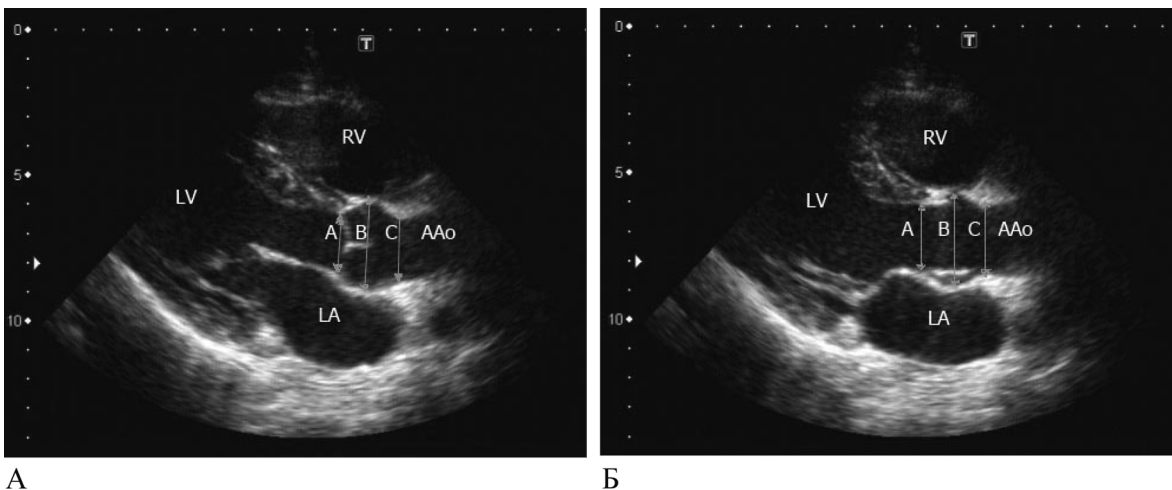


Рисунок 2. Трансторакальная эхокардиография. Измерение корня аорты по длинной оси из левой парастеральной позиции: А – по методике «от переднего края до переднего края»; Б – по методике «от внутреннего края до внутреннего края». А – размер фиброзного кольца аортального клапана; В – размер аорты на уровне синусов Вальсальвы; С – размер аорты на уровне синотубулярного соединения; AAo – проксимальная часть восходящей аорты; LA – левое предсердие; LV – левый желудочек; RV – правый желудочек

□ Новые технологии

Двумерное измерение аорты является предпочтительным в сравнении с М-режимом, при котором выявляется систематическая недооценка диаметра в 1–2 мм, связанная с отсутствием коррекции угла ультразвукового луча при движении аорты во время фаз сердечного цикла [25].

В стандартный протокол оценки размеров корня аорты входят диаметр:

- 1) фиброзного кольца аортального клапана (ФК АК),
- 2) синусов Вальсальвы,
- 3) синотубулярного соединения,
- 4) тубулярной части (проксимального отдела) восходящей аорты.

В отличие от вышеперечисленных структур корня аорты, измерение диаметра ФК АК проводится всегда по методике «от внутреннего края – до внутреннего края» (рис. 2Б) во время систолы, в левой парастеральной позиции по длинной оси, при этом получается максимальный диаметр ВТ ЛЖ. В норме у корня аорты максимальным является размер на уровне синусов Вальсальвы, на втором месте стоит синотубулярное соединение, и минимальным размером обладает ФК АК. Если такое распределение нарушается это должно быть отражено в заключении. При выявлении расширения корня аорты должен быть зафиксирован максимальный размер.

Парастеральная позиция по длинной оси является наиболее подходящей для измерения: диаметра ФК АК, на уровне синусов Вальсальвы, синотубулярного соединения (рис. 1), тубулярной части (проксимального отдела) восходящей аорты (рис. 4).

Проксимальный отдел восходящей аорты удается визуализировать, используя ультразвуковые окна в левой и правой парастеральных позициях, соответственно на левом и правом боку, по длинной оси и в меньшей степени по короткой оси.

Аортальный клапан хорошо визуализируется по короткой парастеральной оси на уровне основания сердца (по методике, применяемой при МРТ-исследовании); также могут быть измерены диаметры на уровне синусов Вальсальвы, при их неравномерном расширении (рис. 4).

Восходящий отдел аорты визуализируется из апикального доступа по длинной оси и модифицированной апикальной в трех- и пятикамерной позициях. Однако

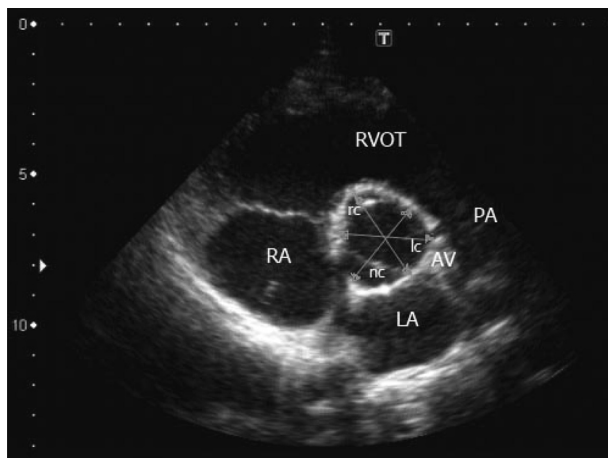


Рисунок 3. Трансторакальная эхокардиография. Методика измерения аорты на уровне синусов по короткой оси из левой парастеральной позиции

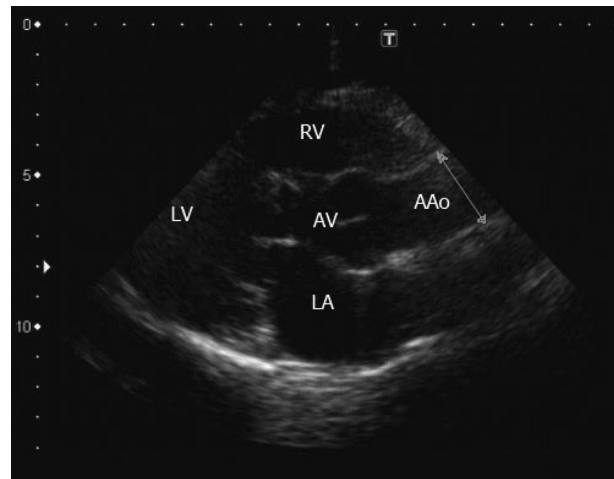


Рисунок 4. Трансторакальная эхокардиография. Измерение восходящей аорты из парастерального доступа по длинной оси.

AAo – восходящий отдел аорты, LA – левое предсердие, LV – левый желудочек, RV – правый желудочек

исследование из этих позиций не дает возможности получить оптимальное разрешение стенок аорты. Модифицированные субкостальные доступы могут оказаться полезными в некоторых случаях (чаще у детей).

Нисходящий отдел грудной аорты виден в парастеральной позиции по короткой оси: он расположен продольно, а по длинной оси – в поперечнике.

Нисходящую грудную аорту получается визуализировать из апикального доступа как в поперечнике (в четырехкамерной стандартной позиции), так и продольно при незначительном смещении датчика.

Во всех вышеуказанных позициях можно проводить оценку аортального клапана, который часто задействован в заболеваниях восходящей аорты, например, двустворчатый аортальный клапан, аортальная недостаточность вследствие дилатации корня аорты.

Наиболее важным для оценки грудного отдела аорты является супрастеральный доступ. Этот доступ чаще позволяет визуализировать часть восходящей и нисходящей аорты, всю дугу аорты продольно и поперечно и три её основных сосуда: плечеголовный ствол, левую общую сонную артерию и левую подключичную артерию. Этот доступ может быть затруднен, в особенности у пациентов с эмфиземой или с короткой широкой шеей. Также из этого доступа могут быть визуализированы наиболее типичные варианты коарктации грудной аорты и открытый артериальный проток.

Трансэзофагеальная эхокардиография (ТЭЭ). Анатомическая близость пищевода с ГОА, отсутствие акустических препятствий при проведении ТЭЭ, дает возможность визуализации с высоким качеством получаемых изображений от корня до нисходящего отдела аорты и является методом выбора. ТЭЭ лишена недостатков ТТЭ и должна использоваться в сочетании с ТТЭ. Используют ТЭЭ при подозрении на патологию аорты с целью уточнения данных, полученных при скрининговом трансторакальном исследовании, а также в качестве исследования до, во время и после оперативного вмешательства на аорте, т. е. периперационно.

Основными позициями, использующимися для визуализации проксимальной аорты при ТЭЭ являются

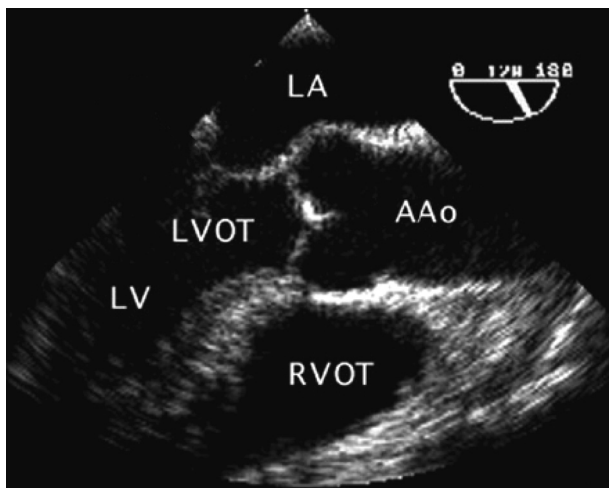


Рисунок 5. ТЭЭ. Позиция длинной оси аортального клапана. ААО – восходящий отдел аорты, LA – левое предсердие, LV – левый желудочек, RV – правый желудочек

поперечная короткая и длинная ось на уровне средней части пищевода и их альтернативные позиции (проекция основания сердца). В этих позициях видны створки АОК, другие части КА, проксимальная часть восходящей аорты. На уровне верхней части пищевода по **короткой и длинной оси визуализируются средняя и дистальная часть** восходящей аорты и ее дуга. От глубокого трансгастрального до среднеэзофагеального доступа визуализируются корень аорты в пятикамерной позиции, затем по длинной оси и нисходящая грудная аорта по короткой и длинной оси. Одним из ограничений ТЭЭ являются затруднения при определении уровня, на котором выявляется патология в нисходящем отделе аорты.

Оценка размера аорты. В качестве показателей, характеризующих размер аорты используются:

- Фактический диаметр аорты (мм);
- Отношение фактического размера аорты к площади поверхности тела (см/м²);
- Z – критерий;

Предсказание нормального размера аорты (должного диаметра аорты (ДДА)) строится на статистических регрессионных моделях для взрослых [25, 9] и детей [23, 29, 16].

Несмотря на практически равную предсказательную ценность каждой из модели, результаты нормального размера аорты в зависимости от выбранной модели незначительно, но могут различаться. Недостатком эталонного исследования Roman M. J. (1989 г.) является разделение пациентов всего на три группы по возрасту (до 20 лет, 20–40 лет и старше 40 лет), что не дает возможности гибко учитывать минимальные возрастные изменения. Точный учет возраста в норме чаще всего клинического значения не имеет, в то же время при таких состояниях, как синдром Марфана и марфаноподобные состояния, величина ежегодного увеличения размера аорты имеет важнейшее тактическое значение и поэтому расчёт должен быть произведен максимально точно.

Расчет ДДА. Оптимальным для расчета ДДА для взрослых мы считаем исследование R. B. Devereux (2012 г.) [9], где в уравнении множественной регрессии учтены все вышеуказанные параметры, влияющие на

размер аорты. Для корня аорты ДДА (ожидаемое среднее, μ) уравнение будет иметь вид:

$$\begin{aligned} \text{ДДА} - \mu (\text{ожидаемое среднее}) = & 2,423 + \\ & (\text{возраст} * 0,009) + (\text{ППТ} * 0,461) - \\ & (\text{Пол} [M = 1, Ж = 2] * 0,267), \end{aligned} \quad (1)$$

стандартная ошибка среднего – 0,261,

где μ – ожидаемое среднее, ППТ – площадь поверхности тела.

Как мы видим, в уравнении присутствуют показатели возраста, ППТ, пола. Данные переменные легко получить без дополнительных методов исследования. Поэтому уравнение легко применимо на практике.

Для фиброзного кольца аортального клапана (ДДАК) (ожидаемое среднее, μ) – уравнение будет иметь вид:

$$\begin{aligned} \text{ДДАК} - \mu (\text{ожидаемое среднее}) = & 1,439 + (\text{возраст} * 0,02) + (\text{ППТ} * 0,457) - \\ & (\text{Пол} [M = 1, Ж = 2] * 0,121), \end{aligned} \quad (2)$$

стандартная ошибка среднего – 0,070,

где μ – ожидаемое среднее, ППТ – площадь поверхности тела.

Расчет ППТ. При расчете ДДА в меньшей степени, но также принципиальное значение имеет выбор методики расчета площади поверхности тела. Для расчета ППТ могут использоваться несколько методик: 1. Du Bois D and Du Bois EF (1916г.) [12]; 2. Dreyer and Ray (1912 г.) [11]; 3. Boyd E. (1935 г.) [5]; 4. Haycock et al. (1978 г.) [17].

В настоящее время наиболее точным считается метод Haycock et al. (1978г.), а наиболее распространенным – метод Du Bois D and Du Bois EF (1916г.), приведенный ниже:

$$\text{ППТ (кг/м}^2\text{)} = 0,007184 * \text{Рост}^{\wedge} 0,725 * \text{Вес}^{\wedge} 0,425. \quad (3)$$

При сравнении методик, расчет ППТ методом Du Bois D and Du Bois EF показывает значения ППТ, аналогичные наиболее точному Haycock у лиц с ППТ > 0,7 м², что перекрывает диапазон размеров тела взрослых пациентов [29]. Для детей наиболее оптимальным методом расчета ППТ можно считать метод Haycock et al. (1978 г.).

Результат:

А. При сравнении абсолютных значений, об увеличении размера аорты можно говорить при превышении фактического диаметра аорты над ДДА.

Б. Другим равнозначным относительным показателем увеличения диаметра аорты считается превышение отношения фактического диаметра восходящего отдела аорты к площади поверхности тела. Показатель более 2.1 см/м² считается превышением у пациентов старше 15 лет [10].

Однако на практике, не каждое абсолютное или относительное превышение будет статистически значимым. Для того чтобы понять каково превышение фактического размера аорты над ожидаемым применяется Z – критерий.

Расчет Z-критерия. В упрощенном понимании Z – критерий показывает на сколько стандартных отклонений фактический размер аорты превышает ДДА (μ – ожидаемое среднее).

Z – критерий рассчитывается по следующей формуле:

$$Z = (\text{ФР(Д)А} - \text{ДДА}) / \text{SE}, \quad (4)$$

Новые технологии

ФР(Д)А – фактический размер (диаметр) аорты, ДДА – должный диаметр аорты (μ – ожидаемое среднее по регрессионным моделям), SE стандартная ошибка среднего, рассчитанная для используемой регрессионной модели (приведена выше).

Z-критерий = ± 1 , ± 2 , ± 3 соответствует ± 1 , ± 2 , ± 3 стандартному отклонению от предполагаемой регрессионной кривой (ожидаемого среднего). При нормальном распределении, 68% от популяции будут находиться в пределах ± 1 стандартных отклонений, 95,4% в пределах ± 2 стандартных отклонений, и 99,7% в пределах ± 3 стандартных отклонений.

Таким образом, на практике при расчете размера аорты при превышении критического значения – $-1,96 > Z > +1,96$ (при уровне значимости 5% нулевая гипотеза отвергается) и величина фактического значения будет считаться статистически значимой ($p < 0.05$). Другими словами, если при измерении размера аорты и вычисления получен Z-критерий $\geq \pm 1,96$ (или $\leftrightarrow 2$) это означает, что размер значимо отклоняется от нормы.

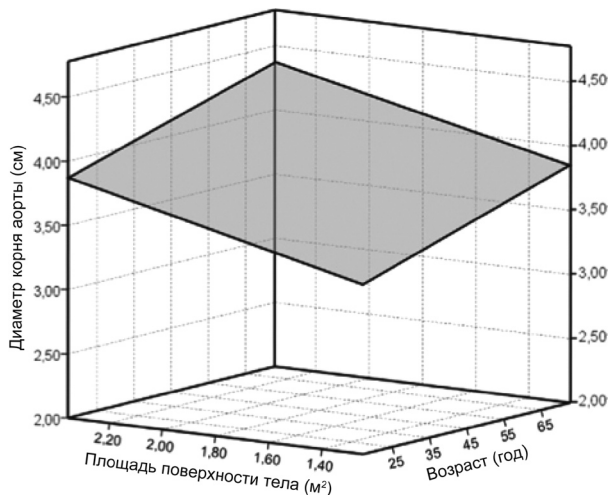


Рисунок 6. Поверхность, представляющая диаметр корня аорты выше 1.96 Z-критерия над должным диаметром аорты в зависимости от ППТ и возраста для женщин (заимствовано из Devereux, R. B. et al. *Am. J. Cardiol.* 2012;110:1189–1194)

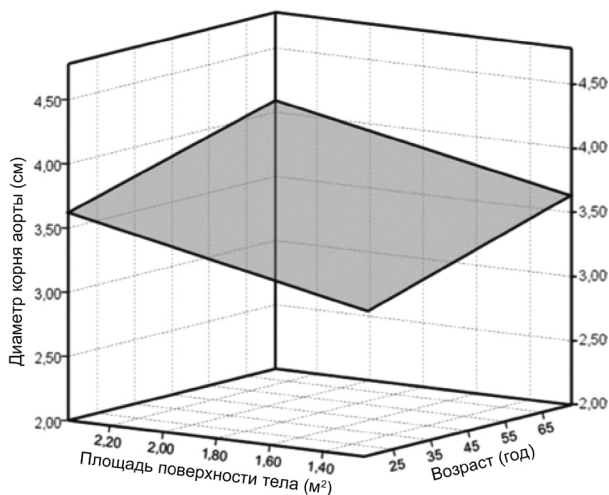


Рисунок 7. Поверхность представляющая диаметр корня аорты выше 1.96 Z-критерия над должным диаметром аорты в зависимости от ППТ и возраста для мужчин (заимствовано из Devereux, R. B. et al. *Am. J. Cardiol.* 2012;110:1189–1194)

Для визуализации верхней соответствующей границы нормы, можно воспользоваться номограммами, представленными на рисунке 5 и 6.

При положительных значениях Z – критерия на регрессионных моделях производится оценка степени дилатации (начальная, средняя и тяжелая) при Z – критерии 1.97–3.0, 3.01–4.0 и > 4.0 соответственно [21].

Воспользоваться расчетом Z-критерия (Z-SCORE) можно на сайте <http://www.marfan.org/dx/zscore/>.

Таким образом, следует помнить, что вариабельность интерпретации функциональной и анатомической структуры восходящего отдела и КА, непонимание оптимальных подходов к оценке их истинных и расчета должных размеров, потенциально может привести на практике к неправильной интерпретации изучаемых данных. Принятие более строгих согласованных стандартизированных определений и оценки размеров структурных элементов корня аорты важно для современной практических рекомендаций и кардиологической практике.

Литература

1. Anderson, R. H. // *Heart*. – 2000. – Vol. 84. – P. 670–673.
2. Arturo Evangelista, et al. Echocardiography in aortic diseases: EAE recommendations for clinical practice, *European Journal of Echocardiography* (2010) 11, 645–658.
3. Belz, G. G. Elastic properties and Windkessel function of the human aorta. *Cardiovasc Drugs Ther.* 1995 Feb;9(1):73–83.
4. Biddinger, A., Rocklin M., Coselli J. and Milewicz D. M. (1997) Familial thoracic aortic dilatations and dissections: a case control study. *J. Vasc. Surg.*, 25, 506–511.
5. Boyd, E. The Growth of the Surface Area of the Human Body. – Westport, CT: Greenwood, 1935.
6. Braverman, A. C., Thompson R. W., Sanchez L. A. Diseases of the aorta. In: Bonow R. O., Mann D. L., Zipes D. P., Libby P. (eds). *Braunwald's Heart Disease*. 9th ed. Philadelphia: Elsevier Saunders; 2012, p. 1309–1337.
7. Coady, M. A., Rizzo J. A., Goldstein L. J., Elefteriades J. A. Natural history, pathogenesis, and etiology of thoracic aortic aneurysms and dissections. *Cardiol Clin*; 17(4):615–35, 1999.
8. Coady, M. A., Rizzo J. A., Hammond G. L., Mandapati D., Darr U., Kopf G. S., Elefteriades J. A. What is the appropriate size criterion for resection of thoracic aortic aneurysms? *J. Thorac Cardiovasc Surg* 1997;113:476–491.
9. Devereux, R. B., de Simone G., Arnett D. K., Best L. G., Boerwinkle E., Howard B. V., Kitzman D., Lee E. T., Mosley T. H. Jr., Weder A., Roman M. J. Normal limits in relation to age, body size and gender of two-dimensional echocardiographic aortic root dimensions in persons ≥ 15 years of age. *Am J Cardiol* 2012;110:1189–1194.
10. Drexler, M., Erbel R., Müller U., Wittlich N., Mohr-Kahaly S., Meyer J. Measurement of intracardiac dimensions and structures in normal young adult subjects by transesophageal echocardiography. *Am J Cardiol* 1990;65:1491–6.
11. Dreyer, G. and Ray W. Further experiments upon the blood volume of mammals and its relation to the surface area of the body. *Philos Trans R Soc Lond* 202: 191–212, 1912.
12. Du Bois D. and Du Bois E. F. A formula to estimate the approximate surface area if height and weight be known. *Arch Intern Med* 17: 863–871, 1916.
13. Elefteriades, J. Natural history of thoracic aortic aneurysms: indications for surgery, and surgical versus nonsurgical risks. *Ann Thorac Surg*. 2002; 74(5):1877–80.
14. Erbel, R., Aboyans V., Boileau C., Bossone E., Di Bartolomeo R., Eggebrecht H., Evangelista A., Falk H., Gaemperli O., Grabenwöger M., Haverich A., Iung B., Manolis A. J., Meijboom F., Nienaber C. A., Roffi M., Rousseau H., Sechtem U., Sirnes P. A., von Allmen R. S., Vrints C. J., 2014 ESC Guidelines on the diagnosis

and treatment of aortic diseases. *Eur Heart J.* 2014 Aug 29. pii: ehu281.

15. *Evangelista, A., Flachskampf F., Lancellotti P., Badano L., Aguilar R., Monaghan M. et al.* European Association of Echocardiography for standardization of performance, digital storage and reporting of echocardiographic studies. *Eur J Echocardiogr* 2008;9:438–48.

16. *Gautier, M., Detaint D., Fermanian C., Aegerter P., De-lorme G., Arnoult F., Milleron O., Raoux F., Stheneur C., Boileau C., Vahanian A., Jondeau G.* Nomograms for aortic root diameters in children using two-dimensional echocardiography. *Am J Cardiol.* 2010 Mar 15;105(6):888–94. doi: 10.1016/j. amjcard. 2009.11.040.

17. *Haycock, G. B., Schwartz G. J. and Wisotsky D. H.* Geometric method for measuring body surface area: a height-weight formula validated in infants, children, and adults. *J Pediatr* 93: 62–66, 1978.

18. *Kalsch, H., Lehmann N., Mohlenkamp S., Becker A., Moebus S., Schmermund A., Stang A., Mahabadi A. A., Mann K., Jockel K. H., Erbel R., Eggebrecht H.* Body-surface adjusted aortic reference diameters for improved identification of patients with thoracic aortic aneurysms: results from the population-based Heinz Nixdorf Recall study. *Int J Cardiol* 2013;163:72–78.

19. *Lam, C. S., Xanthakis V., Sullivan L. M., Lieb W., Aragam J., Redfield M. M., Mitchell G. F., Benjamin E. J., Vasan R. S.* Aortic root remodeling over the adult life course: longitudinal data from the Framingham Heart Study. *Circulation* 2010;122:884–890.

20. *Lang, R., Bierig M., Devereux R., Flachskampf F. A., Foster E., Pellikka P. et al.* Recommendations for Chamber Quantification. A report from the American Society of Echocardiography's Nomenclature and Standards Committee, the Task Force on Chamber Quantification, and the European Association of Echocardiography. *Eur J Echocardiogr* 2006;7:79–108.

21. *Lang, R. M., Bierig M., Devereux R. B., Flachskampf F. A., Foster E., Pellikka P. A., Picard M. H., Roman M. J., Seward J., Shanewise J., Solomon S. D., Spencer K. T., St. John Sutton M., Stewart W. J.* Members of the Chamber Quantification Writing Group. Recommendations for Chamber Quantification. A report from the American Society of Echocardiography's Guidelines and Standards Committee and the Chamber Quantification Writing Group. *J Am Soc Echocardiogr.* 2005; 18:1440–1463.

22. *Muraru, D. et al.* Ascending aorta diameters measured by echocardiography using both leading edge-to-leading edge and inner edge-to-inner edge conventions in healthy volunteers / D. Muraru, F. Maffessanti, G. Kocabay1 et all. // *European Heart*

Journal – Cardiovascular Imaging Advance Access published October 4, 2013.

23. *Pettersen, M. D., Du W., Skeens M. E., Humes R. A.* Regression equations for calculation of z scores of cardiac structures in a large cohort of healthy infants, children, and adolescents: an echocardiographic study. *J Am Soc Echocardiogr.* 2008 Aug;21(8):922–34. doi: 10.1016/j. echo.2008.02.006. Epub 2008 Apr 11.

24. *Rogers, I. S., Massaro J. M., Truong Q. A., Mahabadi A. A., Kriegel M. F., Fox C. S., Thanassoulis G., Isselbacher E. M., Hoffmann U., O'Donnell C. J.* Distribution, determinants, and normal reference values of thoracic and abdominal aortic diameters by computedtomography (fromthe Framingham Heart Study). *Am JCardiol* 2013;111: 1510–1516.

25. *Roman, M. J., Devereux R. B., Kramer-Fox R., O'Loughlin J.* Two-dimensional echocardiographic aortic root dimensions in normal children and adults. *Am J Cardiol* 1989; 64:507–512.

26. *Sahn, D. J., DeMaria A., Kisslo J., Weyman A.* Recommendations regarding quantitation in M-mode echocardiography: results of a survey of echocardiographic measurements. *Circulation* 1978;58:1072–1083.

27. *Sampson, U. K. A., Norman P. E., Fowkes G. R., Aboyans V., Song Y., Harrell F. E., Forouzanfar M. H., Naghavi M., Denenberg J. O., McDermott M. M., Criqui M. H., Mensah G. A., Ezzati M., Murray C.* Global and regional burden of aortic dissection and aneurysms. *Global Heart* 2014;8:171–180.

28. *Schaefer, B. M., Lewin M. B., Stout K. K., Gill E., Prueitt A., Byers P. H. et al.* The bicuspid aortic valve: an integrated phenotypic classification of leaflet morphology and aortic root shape. *Heart* 2008;94:1634–8.

29. *Sluysmans, T., Colan S. D.* Theoretical and empirical derivation of cardiovascular allometric relationships in children. *J Appl Physiol* (1985). 2005 Aug;99(2):445–57. Epub 2004 Nov 19.

30. *Son, M. K. et al.* Comparative measurement of aortic root by transthoracic echocardiography in normal Korean population based on two different guidelines / M. K. Son, Sung-A Chang, J. H. Kwak et al. // *Cardiovascular Ultrasound* 2013, 11:28.

31. *Sutton, J. P., Ho S. Y., Anderson R. H.* // *Ann. Thorac. Surg.* – 1995. – Vol. 59. – P. 419–427.

32. *Wang, L., Guo D. C., Cao J., Gong L., Kamm K. E. et al.* Mutations in myosin light chain kinase cause familial aortic dissections. *Am J Hum Genet.* 2010;87:701–7.