

КОЛИЧЕСТВЕННАЯ ЭХОКАРДИОГРАФИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА АОРТАЛЬНОЙ РЕГУРГИТАЦИИ

© Светлана Юрьевна Бартош-Зеленая, Татьяна Викторовна Найден,
Алина Евгеньевна Андреева, Александр Андреевич Бартош-Зеленый

Северо-Западный государственный медицинский университет им. И.И. Мечникова. 191015, г. Санкт-Петербург,
ул. Кирочная, 41; 195067, Пискаревский пр., 47

Контактная информация: Светлана Юрьевна Бартош-Зеленая — д.м.н., доцент, профессор кафедры функциональной диагностики. E-mail: s.bartosh.spb@mail.ru ORCID ID: 0000-0001-7300-1942

Для цитирования: Бартош-Зеленая С.Ю., Найден Т.В., Андреева А.Е., Бартош-Зеленый А.А. Количественная эхокардиографическая оценка аортальной регургитации // Медицина: теория и практика. 2023. Т. 8. № 3. С. 60–71.
DOI: <https://doi.org/10.56871/MTP.2023.64.17.006>

Поступила: 27.02.2023

Одобрена: 05.06.2023

Принята к печати: 10.07.2023

РЕЗЮМЕ. В обзоре представлены причины, приводящие к развитию аортальной недостаточности, и визуализация морфологических изменений аортального клапана, показаны изменения корня и восходящей аорты для корректного суждения о норме. Обсуждаются способы оценки аортальной регургитации с помощью эхокардиографии в соответствии с алгоритмом, рекомендованным международными сообществами. Рассмотрены варианты оценки степени тяжести аортальной регургитации в режиме цветовой, импульсно-волновой, постоянно-волновой доплерографии с определением расчетных показателей, в том числе площади эффективного отверстия, объема и фракции регургитации. Приведены дополнительные параметры оценки левого желудочка, в том числе при проведении стресс-эхокардиографии для выявления симптомов, отсутствующих в покое, и оценки контрактильного резерва ЛЖ.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: аортальная регургитация; эхокардиография; площадь эффективного отверстия регургитации; объем и фракция регургитации.

QUANTITATIVE ECHOCARDIOGRAPHIC ASSESSMENT OF AORTIC REGURGITATION

© Svetlana Yu. Bartosh-Zelenaya, Tatyana V. Nayden,
Alina E. Andreeva, Aleksandr A. Bartosh-Zelenyi

North-Western State Medical University named after I.I. Mechnikov. Kirochnaya st., 41, Russia, Saint-Petersburg, Russian Federation, 191015; Piskarevskiy pr., 47, Saint-Petersburg, Russian Federation, 195067

Contact information: Svetlana Yu. Bartosh-Zelenaya — Doctor of Medical Sciences, Professor of the Department of Functional Diagnostics. E-mail: s.bartosh.spb@mail.ru ORCID ID: 0000-0001-7300-1942

For citation: Bartosh-Zelenaya SYu, Nayden TV, Andreeva AE, Bartosh-Zelenyi AA. Quantitative echocardiographic assessment of aortic regurgitation. Medicine: theory and practice (St. Petersburg). 2023; 8(3):60-71. DOI: <https://doi.org/10.56871/MTP.2023.64.17.006>

Received: 27.02.2023

Revised: 05.06.2023

Accepted: 10.07.2023

ABSTRACT. The review discusses methods for assessment aortic regurgitation using echocardiography in accordance to the algorithm recommended by international associations. The possibilities for assessment the severity of aortic regurgitation using different (pulsed-wave, constant-wave) Doppler modes by quantitative parameters: the area of the effective orifice, volume and fraction of regurgitation are considered. Additional parameters for assessing the left ventricle are given, including stress-echocardiography to identify symptoms that are absent at rest and assess the contractile reserve of left ventricular.

KEY WORDS: aortic regurgitation; echocardiography; effective regurgitation orifice area; volume and fraction of regurgitation.

ВВЕДЕНИЕ

Распространенность аортальной регургитации (АР) в популяции достаточно высока: по оценкам исследования Framingham Heart Study (2011), в которое вошли более 3500 пациентов, частота встречаемости порока составила 13% среди лиц мужского пола и 8,5% среди женщин. Несмотря на то что в возрасте моложе 70 лет вероятность обнаружить АР не превышает 1%, у лиц с врожденными аномалиями аортального клапана и/или корня аорты, такими как двухстворчатый аортальный клапан, синдром Марфана, данный порок может развиваться намного раньше.

Эхокардиография представляется методом выбора как неинвазивный, воспроизводимый и доступный диагностический инструмент при патологии аортального клапана (АК). Современному специалисту, занимающемуся проведением и/или интерпретацией данных эхокардиографии, для корректной оценки порока необходимо учитывать именно количественные параметры регургитации в комплексе с дополнительными качественными критериями и клиническими проявлениями. Особое внимание при наличии АР необходимо уделять оценке морфологии корня аорты и АК с последующим определением размеров ЛЖ, его геометрии и функции.

ПРИЧИНЫ, ПРИВОДЯЩИЕ К РАЗВИТИЮ АОРТАЛЬНОЙ НЕДОСТАТОЧНОСТИ, И ВИЗУАЛИЗАЦИЯ МОРФОЛОГИЧЕСКИХ ИЗМЕНЕНИЙ ПРИ ЭХОКАРДИОГРАФИИ

Аортальная регургитация может быть вызвана как первичной патологией полулуний аортального клапана, так и нарушениями геометрии корня и восходящего отдела аорты. В экономически развитых странах склеродегенеративные изменения АК представляют собой наиболее распространенную причину АР (около 2/3 среди всех причин) [9]. Морфологически склеродегенеративные изменения АК при эхокардиографии визуализируются в виде утолщения, фиброза и кальциноза полулуний, как правило, начиная от оснований и заканчивая краями полулуний и области комиссур (рис. 1). К другим этиологическим факторам относят ревматизм (в первую очередь поражается область комиссур в виде сращений и края полулуний, может визуализироваться систолический прогиб/систолическое расположение полулуний под углом друг к другу в парастернальном продольном сечении) и инфекционный эндокардит (вегетации, перфорации, парааортальный абсцесс). Причиной аортальной недостаточности могут быть также врожденные аномалии, которые визуализируются при двухмерной эхокардиографии, такие как

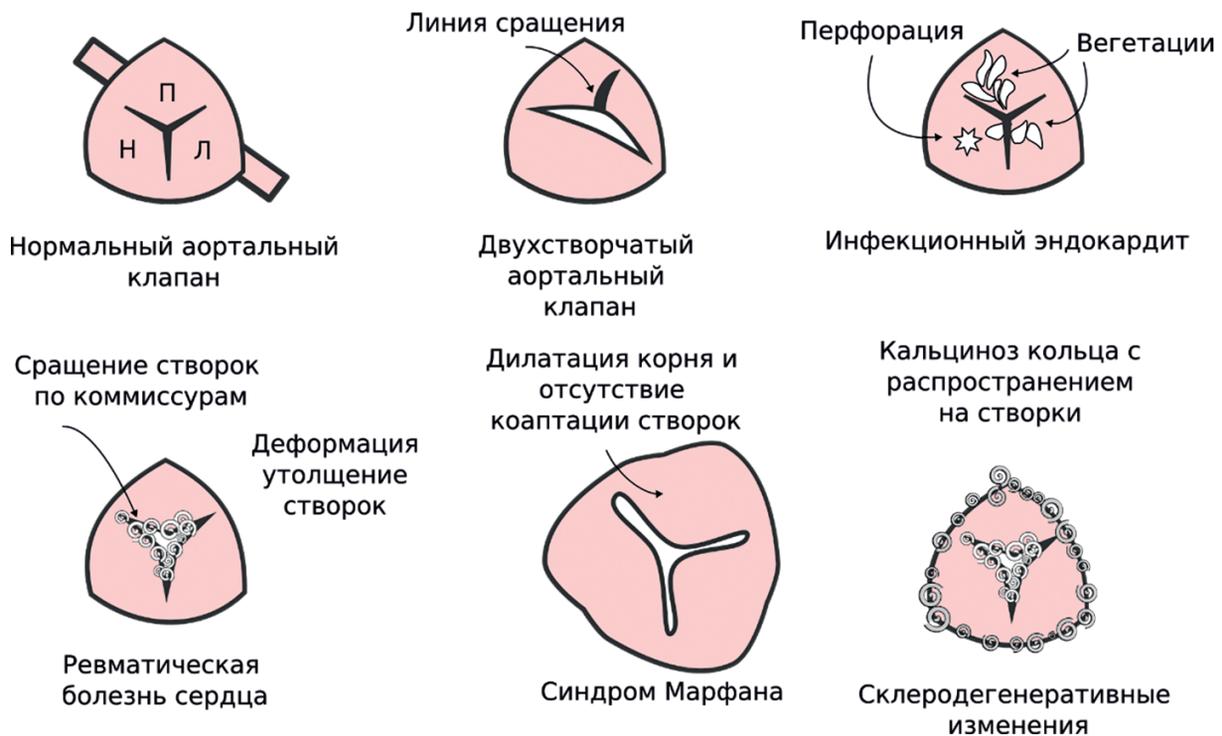


Рис. 1. Возможные варианты поражения аортального клапана, приводящие к развитию аортальной недостаточности. Л — левое коронарное полулуние; П — правое коронарное полулуние; Н — некоронарное полулуние аортального клапана

пролапс (избыточный диастолический прогиб полулуния в сторону левого желудочка), одно-, двух-, четырехполулуный аортальный клапан, миксоматозная дегенерация и заболевания соединительной ткани (например, синдром Марфана). Возможные варианты поражения аортального клапана, приводящие к развитию аортальной недостаточности, представлены на рисунке 1.

ИЗМЕРЕНИЕ КОРНЯ АОРТЫ И ВОСХОДЯЩЕГО ОТДЕЛА АОРТЫ

Корень аорты определяется как часть грудной аорты, простирающаяся от аортального кольца до восходящей аорты. Это короткая часть длиной 2–3 см, состоящая из следующих компонен-

тов: фиброзное кольцо аортального клапана, синусы Вальсальвы и синотубулярное соединение (рис. 2). Внутренние структуры включают три створки аортального клапана в форме полулуний, три межстворчатых треугольника Генле и три комиссуры (линии соприкосновения смежных створок). Свободные края смежных полулуний в закрытом положении образуют зону коаптации, занимающую площадь от комиссур к центру створки. Аортальная регургитация является следствием недостаточной коаптации полулуний на фоне патологических изменений структуры АК и/или проксимального отдела аорты.

Согласно рекомендациям ASE (2015, табл. 1), ESC/EACTS (2021) и согласительного документа

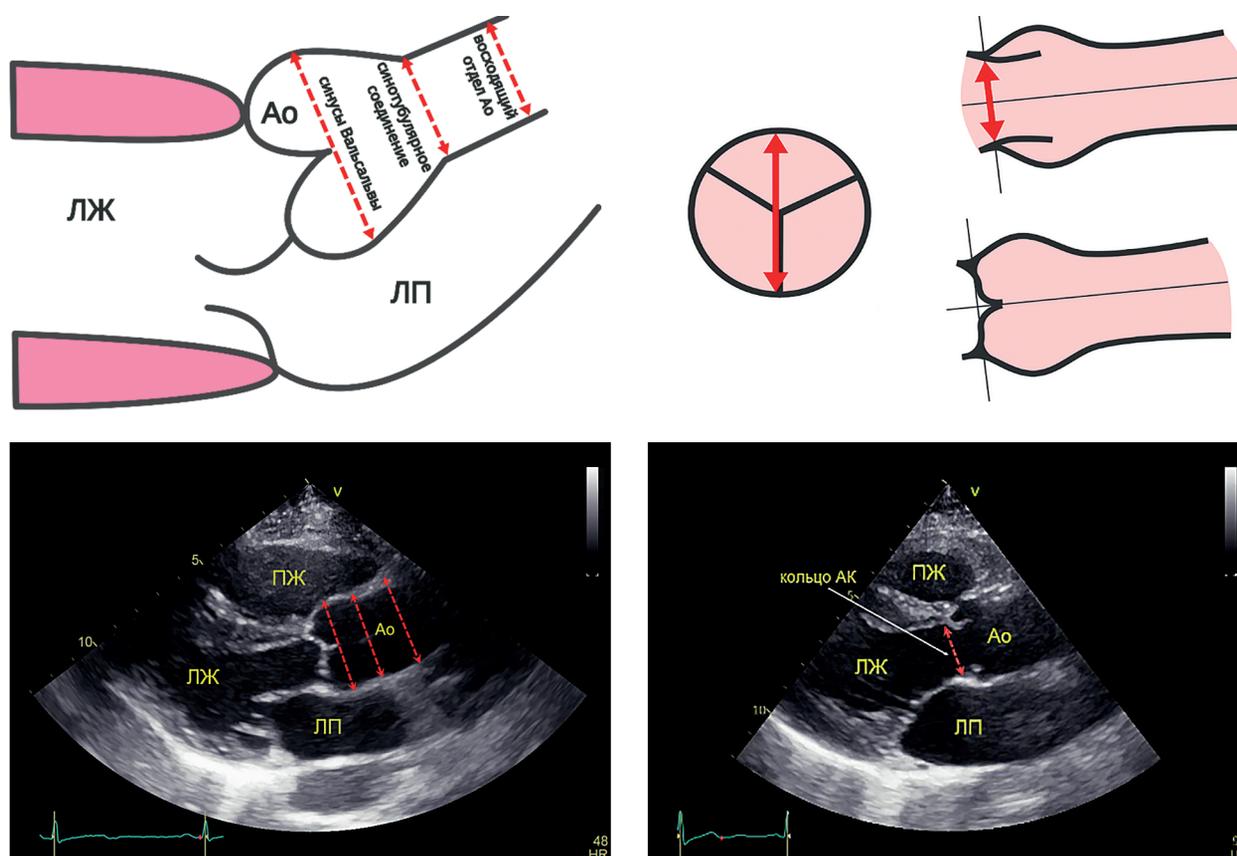


Рис 2. Измерение аорты и аортального кольца. Схема (вверху, взято с изменениями из ASE/EACVI 2015), эхограммы (внизу). АК — аортальный клапан; Ao — аорта; ЛЖ — левый желудочек; ЛП — левое предсердие; ПЖ — правый желудочек

Таблица 1

Размеры аорты в норме (Lang R.M. et al., 2015)

Показатель	Мужчины		Женщины	
	размер, см	размер/ППТ, см/м ²	размер, см	размер/ППТ, см/м ²
Кольцо	2,6±0,3	1,3±0,1	2,3±0,2	1,3±0,1
Синусы Вальсальвы	3,4±0,3	1,7±0,2	3,0±0,3	1,8±0,2
Синотубулярное соединение	2,9±0,3	1,5±0,2	2,6±0,3	1,5±0,2
Восходящий отдел	3,0±0,4	1,5±0,2	2,7±0,4	1,6±0,3

EACVI/ESC (2023), измерение корня и восходящего отдела аорты при двухмерной эхокардиографии выполняется на уровне фиброзного кольца, синусов Вальсальвы, синотубулярного соединения и восходящей аорты из парастерального продольного сечения в конце диастолы «от наружного края до внутреннего края», за исключением диаметра кольца аорты, которое измеряется в середине систолы, «от внутреннего края до внутреннего края» (рис. 2, табл. 1) [1, 2, 4, 11]. Рекомендовано рассчитывать индексированные значения размеров аорты, особенно у пациентов с большой и, напротив, малой площадью поверхности тела [5, 12]. Согласно EACVI (2017), индекс размера кольца аорты в норме должен составлять $\leq 1,4$ см/м²; индекс диаметра аорты на уровне синусов Вальсальвы — $\leq 1,9$ см/м² у мужчин, $\leq 2,0$ см/м² у женщин; индекс синотубулярного соединения — $\leq 1,7$ см/м²; индекс размера восходящего отдела аорты — $\leq 1,7$ см/м² у мужчин, $\leq 1,9$ см/м² у женщин [3].

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ДОППЛЕРОВСКОГО РЕЖИМА ДЛЯ ОЦЕНКИ АОРТАЛЬНОЙ РЕГУРГИТАЦИИ

Допплерографическая оценка степени аортальной регургитации (АР) предполагает использование всех доступных режимов доплеровского картирования по принципу «от простого к сложному».

В большинстве случаев поток АР легко визуализируется в режиме цветовой доплерографии из парастерального продольного сечения по длинной оси и/или апикального пятикамерного сечения. Поток АР может быть центральным или эксцентричным.

Быстрая качественная оценка степени АР по градации «легкая/тяжелая» возможна с помощью визуализации зоны конвергенции потока (зоны проксимального ускорения кровотока), которая отражает ускорение кровотока по мере приближения к регургитационному отверстию и имеет вид цветной полусферы перед отверстием со стороны аорты. Если соблюдены все условия (увеличение Zoom, совпадение направления ультразвукового луча и потока АР, установлен соответствующий (30–40 см/с) предел Найквиста для получения полусферической формы; рис. 3, а), размеры зоны конвергенции коррелируют с величиной кровотока на уровне регургитационного отверстия. Чем больше зона конвергенции, тем тяжелее степень аортальной недостаточности, и наоборот, при незначимой регургитации она может вовсе не визуализироваться. Применение описанного способа ограничивается многоструйной АР и исходны-

ми изменениями АК, препятствующими оптимальной визуализации зоны конвергенции.

Достаточно надежным показателем, при условии удовлетворительного качества изображения, в том числе и для эксцентрической АР, является измерение наиболее узкой части («шейки») струи — *vena contracta* (VC) из парастерального доступа по длинной оси при стандартном пределе Найквиста (рис. 3, б).

Показатель $VC < 0,3$ см, как правило, указывает на легкую степень АР, а $VC > 0,6$ см — на тяжелую степень аортальной регургитации. Данный параметр, наряду с простотой его определения, при условии оптимального качества изображения, соответствует диаметру отверстия, через которое проходит ретроградный кровоток. При многоструйной регургитации, а также у пациентов с двухполулунным АК однозначная интерпретация значений VC затруднена. Кроме того, при нетяжелой АР погрешность даже в 2 мм может привести к ошибочной трактовке тяжести регургитации. В перечисленных ситуациях может помочь измерение VC в 3D-режиме [12].

Измерение ширины потока на 1 см ниже клапана и определение отношения ширины потока к размеру выносящего тракта левого желудочка (ВТЛЖ) в продольном парастеральном сечении в случае центральной ориентации потока может служить методом полуколичественной оценки степени тяжести АР: если данное значение $< 25\%$, регургитация обычно легкая, $25\text{--}64\%$ — средней степени, $> 65\%$ — тяжелая (рис. 3, б). Аналогичным образом может быть измерено отношение площади потока АР к площади ВТЛЖ в парастеральном сечении по короткой оси (рис. 3, в) [12].

Разграничение тяжелых и легких степеней АР возможно с помощью режима импульсно-волновой доплерографии (PW) из надгрудинной области, который позволяет визуализировать спектр ретроградного кровотока в нисходящей аорте (рис. 4, а). В норме спектр кровотока в нисходящей аорте из супрастерального сечения имеет короткую диастолическую обратную фазу. Пандиастолический реверсивный кровоток в нисходящей аорте со скоростью более 20 см/с, измеренный в конце диастолы, свидетельствует, как правило, об умеренной или тяжелой АР, тогда как выявление данного феномена на уровне брюшной аорты ассоциируется с тяжелой АР [10, 12]. Этиологию описанного явления необходимо дифференцировать от наличия патологических внутрисердечных сообщений (открытый аортальный проток), артериовенозной фистулы,

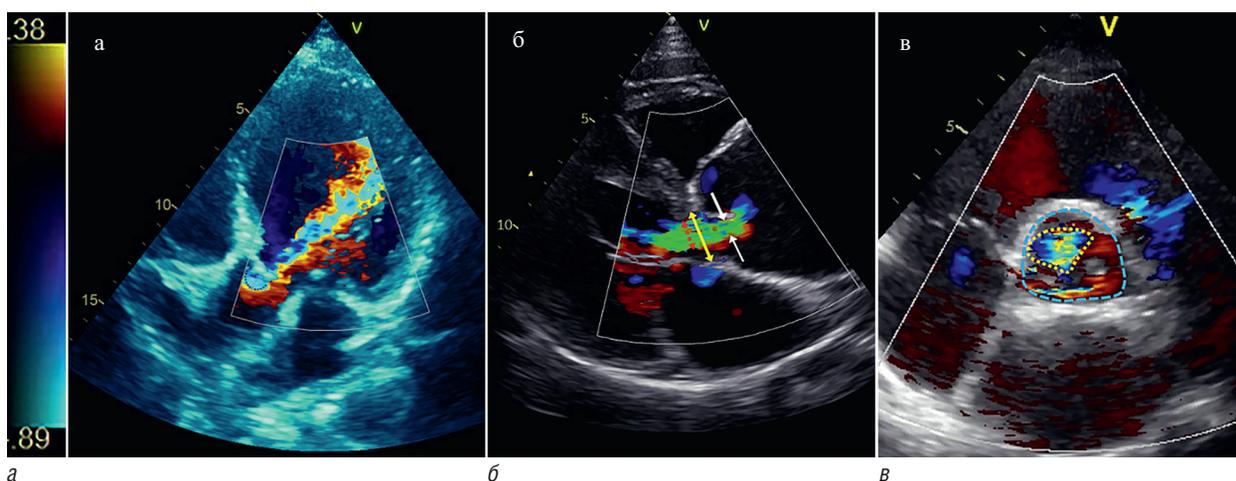


Рис. 3. Оценка степени аортальной регургитации в режиме цветового доплеровского картирования: *a* — зона проксимального ускорения кровотока (обозначена темным пунктиром); *б* — *vena contracta* (обозначена белыми стрелками), ширина выходного тракта левого желудочка (желтая стрелка) и ширина потока аортальной регургитации (красная пунктирная стрелка); *в* — определение отношения площади потока регургитации (желтый пунктир) к площади выносящего тракта левого желудочка в парастеральном сечении по короткой оси (голубой пунктир)

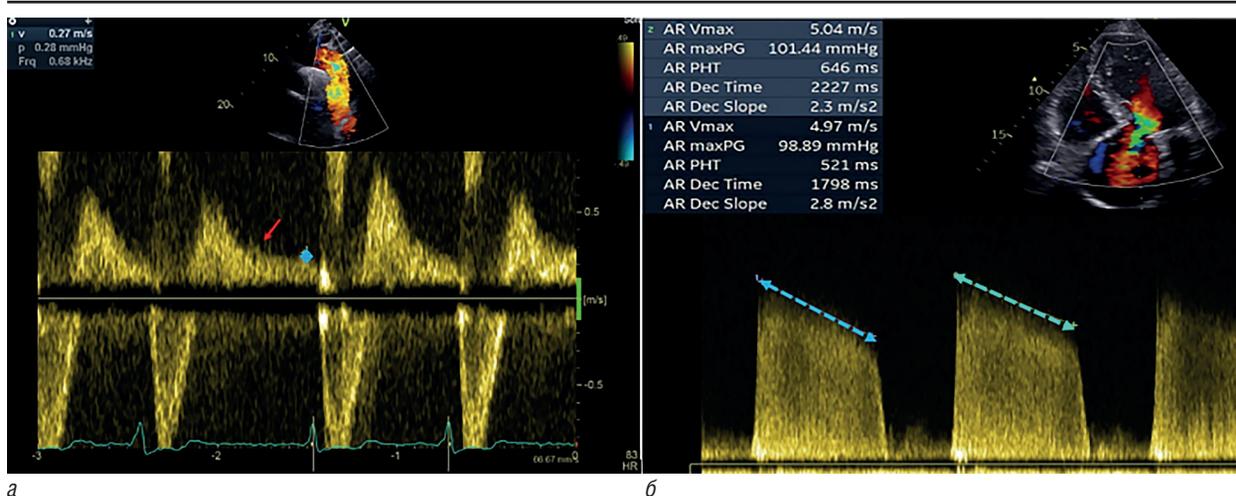


Рис. 4. Оценка степени аортальной регургитации в режиме импульсно-волновой и постоянно-волновой доплерографии: *a* — локация ретроградного пандиастолического кровотока в нисходящей аорте, 0,27 см/с; *б* — определение времени полуспада градиента давления, РНТ

разрыва синусов Вальсальвы или диссекции аорты.

Полуколичественная оценка спектра самой АР возможна с помощью времени замедления скорости струи (времени полуспада градиента давления, *pressure half time*, РНТ, рис. 4, б) из апикального доступа, реже — в парастеральном сечении, при эксцентричной АР [12]. РНТ определяется с помощью постоянно-волнового доплеровского режима по наклону доплеровского спектра АР на протяжении диастолы. Быстрое снижение скорости потока указывает на быстрый прирост конечно-диастолического давления левого желудочка в связи с ретроградным поступлением в него большого объема крови и свидетельствует о наличии тяжелой АР. Пограничные значения для рассматрива-

емого показателя следующие: <200 мс — для легкой АР, >500 мс — для тяжелой АР. Необходимо отметить, что диастолическая дисфункция ЛЖ может приводить к завышению РНТ. На фоне приема вазодилаторов РНТ укорачивается. Разграничение умеренной и тяжелой АР данным способом не представляется корректным.

КОЛИЧЕСТВЕННАЯ ОЦЕНКА ТЯЖЕСТИ АОРТАЛЬНОЙ НЕДОСТАТОЧНОСТИ

Количественная оценка тяжести АР может проводиться двумя методами (проксимального ускорения кровотока и по уравнению непрерывного потока) и базируется на трех основных показателях: площадь эффективного отверстия

регрургитации (EROA); объем регургитации (RV) за сердечный цикл, который характеризует степень объемной перегрузки; фракция регургитации (RF отношение объема аортальной регургитации, RV к ударному объему, SV данного пациента).

В цветовом доплеровском режиме над отверстием регургитации отмечается ускорение кровотока с изменением цвета на противоположный при достижении предела Найквиста в виде полусферы. Для успешной визуализации требуется уменьшение предела Найквиста в диапазоне 25–40 см/с. Важным является выбор сечения, в котором поток регургитации направлен на датчик, особенно при эксцентричной струе.

Радиус (r, см) зоны конвергенции представляет собой расстояние между VC потока регургитации (или створками несостоятельного клапана, если VC визуализировать не удастся) и первым изменением на цветном доплеровском изображении (смена окрашивания, рис. 5). Зная радиус полученной полусферы, можно вычислить площадь изоскоростной проксимальной поверхности (proximal isovelocity surface area, PISA).

Имея данные площади проксимальной изоскоростной полусферы, скорости кровотока при этом уровне с учетом предела Найквиста, максимальной скорости кровотока регургитации, можно рассчитать площадь эффективного регургитационного отверстия (EROA, мм²):

$$EROA = 6,28 \cdot r^2 \cdot V_n / V_{max}$$

где r — радиус изоскоростной полусферы, мм; 6,28 — 2π; V_n — скорость, равная пределу Найквиста, см/с; V_{max} — максимальная скорость кровотока регургитации, см/с.

Объем регургитации (RV, см³) за конкретный сердечный цикл определяется путем умножения эффективной площади отверстия на интеграл линейной скорости потока аортальной регургитации (VTI_{AP}, рис. 5): RV = EROA · VTI_{AP}.

Этот метод применим у больных с фибрилляцией предсердий, в таких случаях необходимо вычислять среднее значение объема проксимальной струи из 5 или 10 показателей ввиду колебаний продолжительности сердечного цикла [12].

Важно, чтобы максимальная скорость потока регургитации и радиус проксимальной зоны регургитации были измерены в одну и ту же фазу сердечного цикла (в одно и то же время, в диастолу). Оценку радиуса (r) следует проводить с особой тщательностью, так как любая ошибка при вычислении будет возведена в квадрат. Чтобы ограничить риск такой ошибки, следует использовать функцию увеличения изображения (Zoom), выбирать для вычисления среднее арифметическое минимум из пяти последовательных измерений и добиваться визуализации полусферической формы потока. Из ограничений также следует отметить сложность измерения r при множественных потоках, значимом кальцинозе, эксцентричной струе аортальной регургитации.

При легкой аортальной регургитации EROA составляет менее 0,10 см², RV — менее 30 мл;

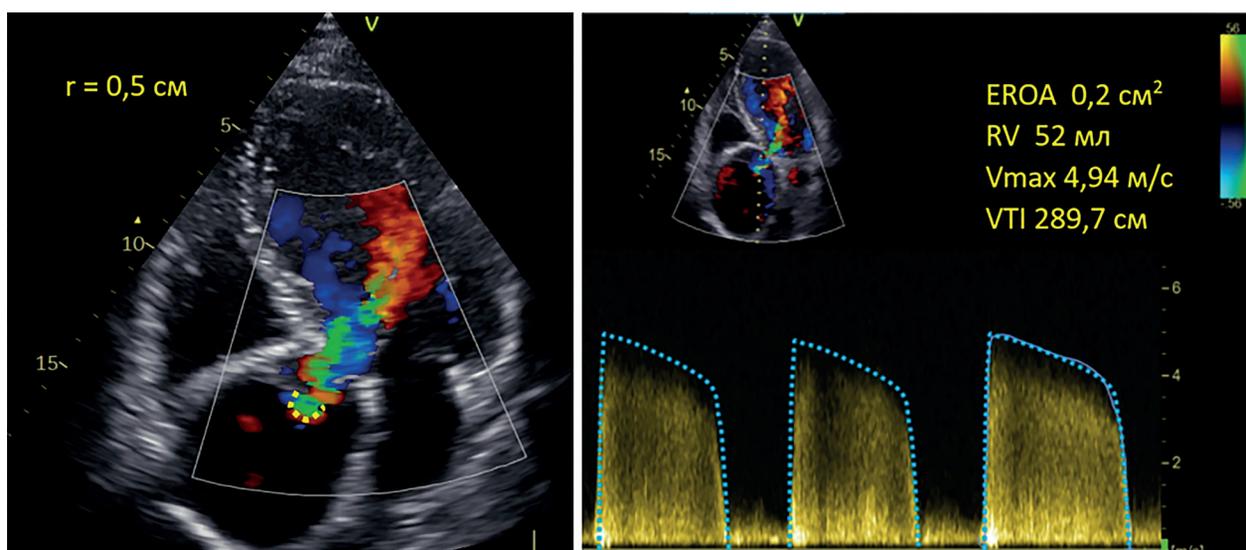


Рис. 5. Измерение радиуса полусферы и интеграла скорости кровотока аортальной регургитации методом PISA для определения площади эффективного регургитационного отверстия (EROA) и объема аортальной регургитации (RV)

а при тяжелой аортальной регургитации EROA превышает $0,30 \text{ см}^2$, а RV — 60 мл.

Другой метод оценки объема регургитации опирается на уравнение непрерывного потока. При аортальной недостаточности объемы крови, проходящие через аортальный клапан в систолу и митральный клапан в диастолу, не являются одинаковыми. Для определения EROA и RV по уравнению непрерывности потока необходимо измерить диаметры и определить интегралы линейной скорости кровотока на уровне кольца митрального клапана и ВТЛЖ. Для оценки объема трансортального систолического потока измеряется диаметр ВТЛЖ и интеграл скорости потока, а для оценки трансмитрального диастолического потока измеряется диаметр митрального кольца и интеграл скорости потока в режиме импульсно-волнового доплера.

Упрощенно объем крови, проходящий через любое отверстие, можно представить как произведение площади этого отверстия на интеграл линейной скорости кровотока. Объем регургитации получается с помощью вычитания объема крови, проходящего через состоятельный клапан, из объема крови, проходящего через несостоятельный клапан, по формуле:

$$RV (\text{см}^3) = (0,785 \times D_{\text{ВТЛЖ}}^2 \times VTI_{\text{ВТЛЖ}}) - (0,785 \times D_{\text{МК}}^2 \times VTI_{\text{МК}}),$$

где $D_{\text{ВТЛЖ}}$ — диаметр выносящего тракта левого желудочка, см; $VTI_{\text{ВТЛЖ}}$ — интеграл скорости кровотока в выносящем тракте левого желудочка, см; $0,785$ — $\pi/4$; $D_{\text{МК}}$ — диаметр митрального кольца, см; $VTI_{\text{МК}}$ — интеграл трансмитрального кровотока на уровне кольца.

Следующим показателем, свидетельствующим о тяжести АР, может быть представлена фракция регургитации:

$$FR (\%) = RV / SV_{\text{ВТЛЖ}},$$

где RV — объем регургитации; $SV_{\text{ВТЛЖ}} = (0,785 \times D_{\text{ВТЛЖ}}^2 \cdot VTI_{\text{ВТЛЖ}})$.

При многоструйной и эксцентрической АР данный метод служит одним из самых воспроизводимых. При сочетании аортальной и митральной регургитации, а также при значительной степени кальциноза митрального кольца, вместо приведенных показателей на МК используются измерения, полученные на уровне пульмонального клапана [10].

Критерии отнесения хронической аортальной регургитации к той или иной степени представлены в таблице 2.

ГЕМОДИНАМИЧЕСКОЕ ВЛИЯНИЕ И ПОКАЗАТЕЛИ ЛЕВОГО ЖЕЛУДОЧКА ПРИ АОРТАЛЬНОЙ РЕГУРГИТАЦИИ

Тяжелая хроническая АР оказывает значительное гемодинамическое влияние, в первую очередь на левый желудочек (ЛЖ) в виде дополнительной объемной нагрузки, которая развивается постепенно и носит необратимый характер. Так, на рисунке 6 представлены данные пациента Б., 72 лет, с дилатацией корня аорты, тяжелой аортальной регургитацией и дилатацией ЛЖ. По данным исследований отмечено, что индекс конечного систолического объема ЛЖ $\geq 45 \text{ мл/м}^2$, определенный эхокардиографически, и/или значение конечно-диастолического объема ЛЖ $> 246 \text{ мл}$ с ФВ $> 33\%$, полученной с помощью МРТ, ассоциированы с ухудшением клинического течения заболевания [11].

Пороговые значения, рекомендуемые ACC/AHA (2022) как показания к вмешательству у бессимптомных пациентов с тяжелой АР, включают: ФВ ЛЖ $< 50\%$, конечно-систолический диаметр ЛЖ $> 50 \text{ мм}$ или его индекс $> 25 \text{ мм/м}^2$ [4].

У пациентов без симптомов, признаков тяжелой АР и/или дисфункции ЛЖ необходимо тщательное наблюдение. Прогрессирующее увеличение ЛЖ при наблюдении в динамике или снижение его функции у бессимптомных пациентов, не достигающие приведенных значений, могут также служить показанием для проведения хирургического вмешательства [6]. Оценка глобальной продольной деформации (GLS) с пограничным значением 19% может быть полезной для выявления субклинической дисфункции ЛЖ у пациентов с умеренной и тяжелой АР при динамическом наблюдении для стратификации риска [2].

Стресс-эхокардиография, несмотря на некоторые ограничения, может быть использована для оценки контрактильного резерва ЛЖ, изменения объемных показателей в ответ на физическую нагрузку, исключения ишемии миокарда как у бессимптомных лиц, так и у пациентов, предъявляющих жалобы [7]. Появление симптомов во время нагрузочного теста у пациентов с тяжелой АР и отсутствием симптомов в покое служит неблагоприятным прогностическим фактором. Величина изменения ФВ и ударного объема на фоне нагрузки определяется не только сократительным резервом миокарда ЛЖ, степенью его перегрузки объемом, но также и вызванными физической нагрузкой изменениями преднагрузки и периферического сопротивления. Отсутствие сократительного резерва, определяемое как снижение ФВ ЛЖ на 5% при физической нагрузке, значимо коррелировало

Таблица 2

Оценка степени тяжести аортальной регургитации (ESC/EACVI, 2022)

Класс	Легкая	Умеренная		Тяжелая
Подкласс	Легкая (1 или 1+)	Легкая/умеренная (2 или 2+)	Умеренная/тяжелая (3 или 3+)	Тяжелая (4 или 4+)
Качественные параметры				
Морфология полулуний АК	Нормальная / изменена	Нормальная / изменена	Изменена / пролапс / небольшой дефект коаптации	Изменена / отрыв / большой дефект коаптации
Ширина потока в ВТЛЖ в ЦДК	Малая при центральном потоке	Поток средней ширины	Широкий центральный поток или переменные эксцентричные потоки	Широкий центральный поток или переменные эксцентричные потоки
Зона конвергенции в ЦДК	Отсутствует / очень малая	Среднего размера	Среднего размера	Большая
Плотность потока в CW	Слабая	Плотная	Плотная	Плотная
Ретроградный диастолический поток в нисходящей аорте	Короткий, в ранней диастоле	Средний	Пандиастолический, со скоростью 10–20 см/с	Пандиастолический, со скоростью ≥ 20 см/с
Полуколичественные параметры				
VC, мм	<3	3–6	3–6	>6
Ширина потока / диаметр ВТЛЖ, %	<25	25–45	46–64	≥ 65
CSA потока / CSA ВТЛЖ, %	<5	5–20	21–59	≥ 60
PHT, мс	>500	200–500	200–500	<200
Количественные параметры				
EROA, см ²	<0,10	0,10–0,19	0,20–0,29	$\geq 0,30$
RV, мл	<30	30–44	45–59	≥ 60
FR, %	<30	30–39	40–49	≥ 50
Данные МРТ				
FR, %	<30	30–39	40–49	≥ 50
Размер ЛЖ				
Размер ЛЖ	Норма	Норма / увеличен	Обычно увеличен	Обычно увеличен

Примечание: АК — аортальный клапан; ВТЛЖ — выносящий тракт левого желудочка; ЛЖ — левый желудочек; МРТ — магнитно-резонансная томография; ЦДК — цветное доплеровское картирование; CSA — площадь поперечного сечения; CW — постоянно-волновая доплерография; EROA — площадь эффективного отверстия регургитации; FR — фракция регургитации; PHT — время полуспада градиента давления; PW — импульсно-волновая доплерография; RV — объем регургитации; VC — vena contracta.

с частотой декомпенсации после хирургического вмешательства и может служить основанием для отказа от операции в пользу консервативного ведения данных пациентов [10]. Данные современной литературы по этому вопросу немногочисленны, исследования значений стресс-тестов у бессимптомных пациентов с тяжелой АР продолжаются.

ИНТЕГРАЛЬНЫЙ ПОДХОД В ОЦЕНКЕ СТЕПЕНИ АОРТАЛЬНОЙ РЕГУРГИТАЦИИ

Каждый из способов определения степени тяжести АР имеет свои преимущества и огра-

ничения, поэтому эксперты в рекомендациях ASE (2017), ESC/EACTS (2021) и ESC/EACVI (2022) предлагают использовать комплексный подход, опираясь на первичное разграничение легкой и тяжелой АР (рис. 7) [8, 11, 12].

В том случае, когда АР по результатам первичной оценки (VC, направление струи, размеры полости ЛЖ, PHT, зона конвергенции, спектр потока в CW) может быть сразу отнесена к легкой или тяжелой, дальнейшие измерения необязательны. В случае же, если какие-либо из перечисленных параметров противоречат друг другу, необходимо количественно оценить объем

регургитации (показатель объемной нагрузки на ЛЖ) и EROA (критерий тяжести АР), а также оценить гемодинамическое влияние на ЛЖ (не увеличен/увеличен). В тех случаях, когда эхо-

кардиография не позволяет составить однозначное представление о тяжести АР или полученные данные противоречат клинической картине заболевания, рекомендуется применение допол-

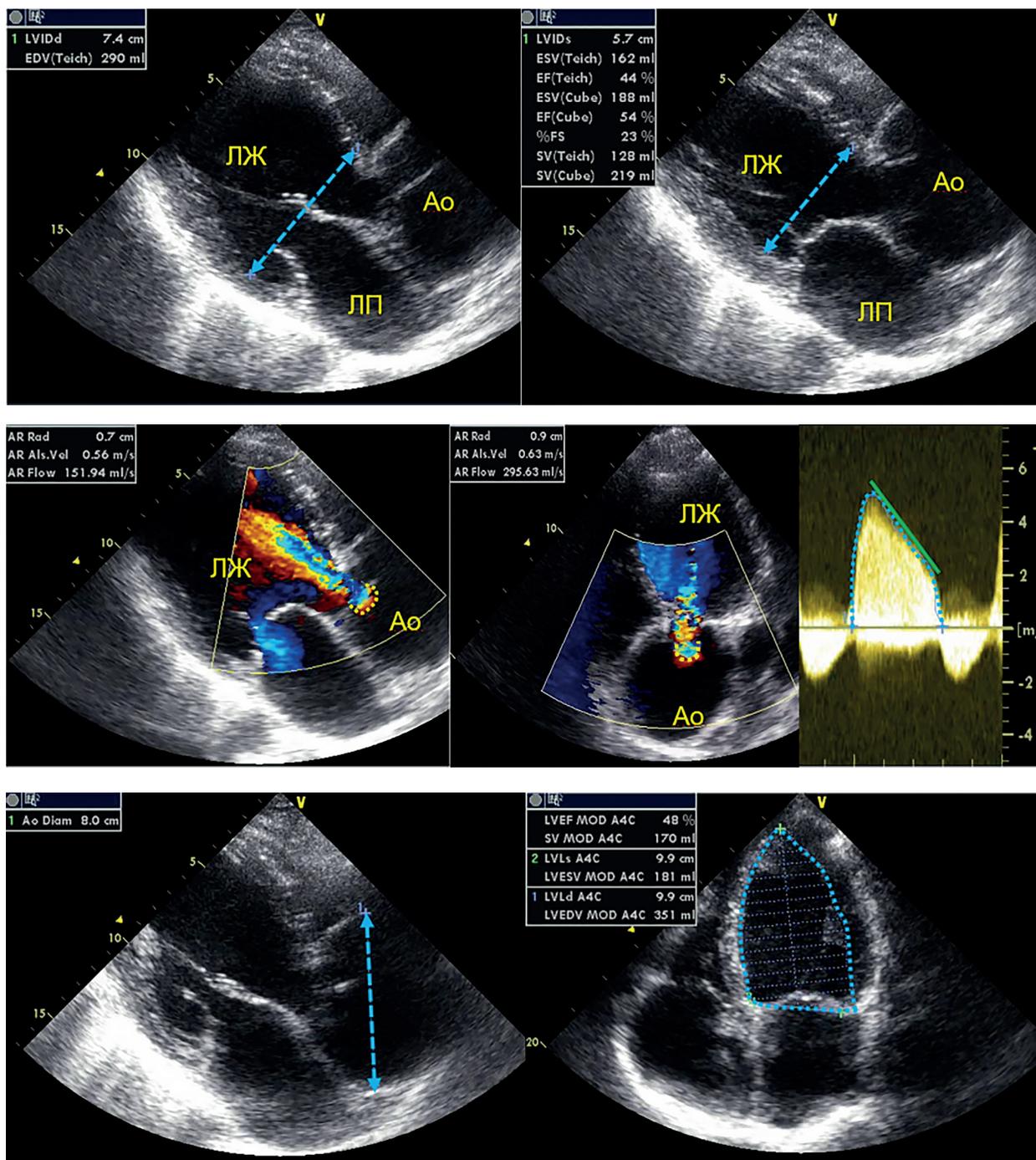


Рис. 6. Эхограммы пациента с аневризмой корня и восходящей аорты и тяжелой аортальной регургитацией. Конечнодиастолический размер левого желудочка — 74 мм, конечносистолический размер левого желудочка — 57 мм, конечнодиастолический объем левого желудочка — 351 мл (индекс к площади поверхности тела 185 мл/м²), конечносистолический объем левого желудочка — 181 мл (индекс к площади поверхности тела 95 мл/м²). Фракция выброса снижена (LVEF 48%). Параметры, свидетельствующие о тяжелой аортальной регургитации, — PHT 253 мс, EROA 0,5 см², RV 112 мл

нительных методов обследования (ЧП ЭхоКГ или МРТ) [9].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, эхокардиография представляет собой надежный и воспроизводимый метод количественной оценки аортальной регургитации и ее гемодинамических последствий. В эхокардиографической оценке суждения о степени аортальной регургитации необходимо опираться на комплексный подход, обязательно с учетом количественных критериев, позволяющий

первично разграничить легкую и тяжелую аортальную регургитацию, что является важным с точки зрения тактики: хирургического или консервативного (отсутствие тяжелых физических нагрузок, длительная поддержка выносливости левого желудочка, защита от развития сердечной недостаточности, коррекция сопутствующей гипертензии и т.д.) лечения.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

Вклад авторов. Все авторы внесли существенный вклад в разработку концепции, проведение

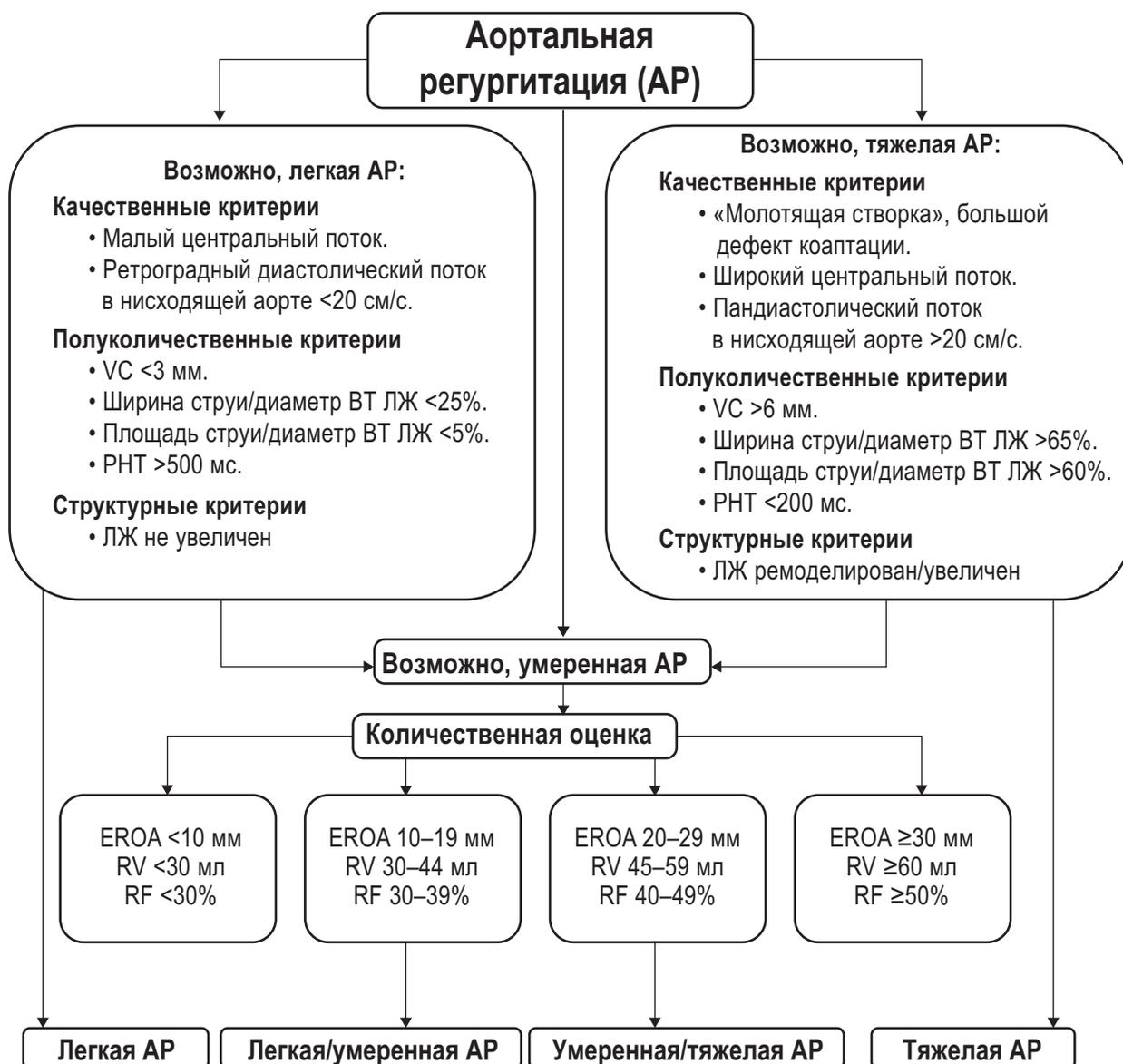


Рис. 7. Алгоритм оценки тяжести аортальной регургитации (ESC/EACTS, 2021, ESC/EACVI, 2022). АР — аортальная регургитация; ВТЛЖ — выходной тракт левого желудочка; ЛЖ — левый желудочек; EROA — площадь эффективного отверстия регургитации; PHT — время полуспада градиента давления; RF — фракция регургитации; RV — объем регургитации; VC — *vena contracta*

исследования и подготовку статьи, прочли и одобрили финальную версию перед публикацией.

Конфликт интересов. Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

Источник финансирования. Авторы заявляют об отсутствии внешнего финансирования при проведении исследования.

ADDITIONAL INFORMATION

Author contribution. Thereby, all authors made a substantial contribution to the conception of the study, acquisition, analysis, interpretation of data for the work, drafting and revising the article, final approval of the version to be published and agree to be accountable for all aspects of the study.

Competing interests. The authors declare that they have no competing interests.

Funding source. This study was not supported by any external sources of funding.

ЛИТЕРАТУРА

1. Evangelista A., Sitges M., Jondeau G. et al. Multimodality imaging in thoracic aortic diseases: a clinical consensus statement from the European Association of Cardiovascular Imaging and the European Society of Cardiology working group on aorta and peripheral vascular diseases. *Eur Heart J Cardiovasc Imaging*. 2023; jead024. DOI: 10.1093/ehjci/jead024.
2. Ewe S.H., Haack M.L., Ng A.C. et al. Detection of subtle left ventricular systolic dysfunction in patients with significant aortic regurgitation and preserved left ventricular ejection fraction: speckle tracking echocardiographic analysis. *European Heart Journal. Cardiovascular Imaging*. 2015; 16 (9): 992–9. DOI: 10.1093/ehjci/jev019.
3. Galderisi M., Cosyns B., Edvardsen T. et al. 2016–2018 EACVI Scientific Documents Committee; 2016–2018 EACVI Scientific Documents Committee. Standardization of adult transthoracic echocardiography reporting in agreement with recent chamber quantification, diastolic function, and heart valve disease recommendations: an expert consensus document of the European Association of Cardiovascular Imaging. *European Heart Journal. Cardiovascular Imaging*. 2017; 18(12): 1301–10. DOI: 10.1093/ehjci/jex244.
4. Goldstein S.A., Evangelista A., Abbara S. et al. Multimodality imaging of diseases of the thoracic aorta in adults: from the American Society of Echocardiography and the European Association of Cardiovascular Imaging: endorsed by the Society of Cardiovascular Computed Tomography and Society for Cardiovascular Magnetic Resonance. *Journal of American Society of Echocardiography*. 2015; 28(2): 119–82. DOI: 10.1016/j.echo.2014.11.015.
5. Isselbacher E.M., Preventza O., Hamilton Black J. et al. 2022 ACC/AHA Guideline for the Diagnosis and Management of Aortic Disease: A Report of the American Heart Association/American College of Cardiology Joint Committee on Clinical Practice Guidelines. *Circulation*. 2022; 146(24): e334–e482. DOI: 10.1161/CIR.0000000000001106.
6. Kaneko T., Ejiofor J.I., Neely R.C. et al. Aortic Regurgitation With Markedly Reduced Left Ventricular Function Is Not a Contraindication for Aortic Valve Replacement. *Annals of Thoracic Surgery*. 2016; 102(1): 41–7. DOI: 10.1016/j.athoracsur.2015.12.068.
7. Lancellotti P., Pellikka P.A., Budts W. et al. The clinical use of stress echocardiography in non-ischaemic heart disease: recommendations from the European Association of Cardiovascular Imaging and the American Society of Echocardiography. *European Heart Journal. Cardiovascular Imaging*. 2016; 17(11): 1191–1229. DOI: 10.1093/ehjci/jew190.
8. Lancellotti P., Pibarot P., Chambers J. et al. Scientific Document Committee of the European Association of Cardiovascular Imaging. Multi-modality imaging assessment of native valvular regurgitation: an EACVI and ESC council of valvular heart disease position paper. *Eur Heart J Cardiovasc Imaging*. 2022; 23(5): e171–e232. DOI: 10.1093/ehjci/jeab253. PMID: 35292799.
9. Lung B., Delgado V., Rosenhek R. et al. EORP VHD II Investigators. Contemporary Presentation and Management of Valvular Heart Disease: The EURObservational Research Programme Valvular Heart Disease II Survey. *Circulation*. 2019; 140(14): 1156–69. DOI: 10.1161/CIRCULATIONAHA.119.041080.
10. Otto C.M., Nishimura R.A., Bonow R.O. et al. 2020 ACC/AHA Guideline for the Management of Patients With Valvular Heart Disease: Executive Summary: A Report of the American College of Cardiology/American Heart Association Joint Committee on Clinical Practice Guidelines. *Circulation*. 2021; 143(5): e35–e71. DOI: 10.1161/CIR.0000000000000932.
11. Vahanian A., Beyersdorf F., Praz F. et al. ESC/EACTS Scientific Document Group. 2021 ESC/EACTS Guidelines for the management of valvular heart disease: Developed by the Task Force for the management of valvular heart disease of the European Society of Cardiology (ESC) and the European Association for Cardio-Thoracic Surgery (EACTS). *Rev Esp Cardiol (Engl Ed)*. 2022; 75(6): 524. English, Spanish. DOI: 10.1016/j.rec.2022.05.006.
12. Zoghbi W.A., Adams D., Bonow R.O. et al. Recommendations for Noninvasive Evaluation of Native Valvular Regurgitation: A Report from the American Society of Echocardiography Developed in Collaboration with the Society for Cardiovascular Magnetic Resonance. *Journal of American Society of Echocardiography*. 2017; 30(4): 303–71. DOI: 10.1016/j.echo.2017.01.007.

REFERENCES

1. Evangelista A., Sitges M., Jondeau G. et al. Multimodality imaging in thoracic aortic diseases: a clinical consensus statement from the European Association of Cardiovascular Imaging and the European Society of Cardiology working group on aorta and peripheral vascular diseases. *Eur Heart J Cardiovasc Imaging*. 2023; jead024. DOI: 10.1093/ehjci/jead024.
2. Ewe S.H., Haeck M.L., Ng A.C. et al. Detection of subtle left ventricular systolic dysfunction in patients with significant aortic regurgitation and preserved left ventricular ejection fraction: speckle tracking echocardiographic analysis. *European Heart Journal. Cardiovascular Imaging*. 2015; 16 (9): 992–9. DOI: 10.1093/ehjci/jev019.
3. Galderisi M., Cosyns B., Edvardsen T. et al. 2016–2018 EACVI Scientific Documents Committee; 2016–2018 EACVI Scientific Documents Committee. Standardization of adult transthoracic echocardiography reporting in agreement with recent chamber quantification, diastolic function, and heart valve disease recommendations: an expert consensus document of the European Association of Cardiovascular Imaging. *European Heart Journal. Cardiovascular Imaging*. 2017; 18(12): 1301–10. DOI: 10.1093/ehjci/jex244.
4. Goldstein S.A., Evangelista A., Abbara S. et al. Multimodality imaging of diseases of the thoracic aorta in adults: from the American Society of Echocardiography and the European Association of Cardiovascular Imaging: endorsed by the Society of Cardiovascular Computed Tomography and Society for Cardiovascular Magnetic Resonance. *Journal of American Society of Echocardiography*. 2015; 28(2): 119–82. DOI: 10.1016/j.echo.2014.11.015.
5. Isselbacher E.M., Preventza O., Hamilton Black J. et al. 2022 ACC/AHA Guideline for the Diagnosis and Management of Aortic Disease: A Report of the American Heart Association/American College of Cardiology Joint Committee on Clinical Practice Guidelines. *Circulation*. 2022; 146(24): e334–e482. DOI: 10.1161/CIR.0000000000001106.
6. Kaneko T., Ejiofor J.I., Neely R.C. et al. Aortic Regurgitation With Markedly Reduced Left Ventricular Function Is Not a Contraindication for Aortic Valve Replacement. *Annals of Thoracic Surgery*. 2016; 102(1): 41–7. DOI: 10.1016/j.athoracsur.2015.12.068.
7. Lancellotti P., Pellikka P.A., Budts W. et al. The clinical use of stress echocardiography in non-ischaeamic heart disease: recommendations from the European Association of Cardiovascular Imaging and the American Society of Echocardiography. *European Heart Journal. Cardiovascular Imaging*. 2016; 17(11): 1191–1229. DOI: 10.1093/ehjci/jew190.
8. Lancellotti P., Pibarot P., Chambers J. et al. Scientific Document Committee of the European Association of Cardiovascular Imaging. Multi-modality imaging assessment of native valvular regurgitation: an EACVI and ESC council of valvular heart disease position paper. *Eur Heart J Cardiovasc Imaging*. 2022; 23(5): e171–e232. DOI: 10.1093/ehjci/jeab253. PMID: 35292799.
9. Iung B., Delgado V., Rosenhek R. et al. EORP VHD II Investigators. Contemporary Presentation and Management of Valvular Heart Disease: The EURObservational Research Programme Valvular Heart Disease II Survey. *Circulation*. 2019; 140(14): 1156–69. DOI: 10.1161/CIRCULATIONAHA.119.041080.
10. Otto C.M., Nishimura R.A., Bonow R.O. et al. 2020 ACC/AHA Guideline for the Management of Patients With Valvular Heart Disease: Executive Summary: A Report of the American College of Cardiology/American Heart Association Joint Committee on Clinical Practice Guidelines. *Circulation*. 2021; 143(5): e35–e71. DOI: 10.1161/CIR.0000000000000932.
11. Vahanian A., Beyersdorf F., Praz F. et al. ESC/EACTS Scientific Document Group. 2021 ESC/EACTS Guidelines for the management of valvular heart disease: Developed by the Task Force for the management of valvular heart disease of the European Society of Cardiology (ESC) and the European Association for Cardio-Thoracic Surgery (EACTS). *Rev Esp Cardiol (Engl Ed)*. 2022; 75(6): 524. English, Spanish. DOI: 10.1016/j.rec.2022.05.006.
12. Zoghbi W.A., Adams D., Bonow R.O. et al. Recommendations for Noninvasive Evaluation of Native Valvular Regurgitation: A Report from the American Society of Echocardiography Developed in Collaboration with the Society for Cardiovascular Magnetic Resonance. *Journal of American Society of Echocardiography*. 2017; 30(4): 303–71. DOI: 10.1016/j.echo.2017.01.007.