

ГБУЗ «НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКИЙ КЛИНИЧЕСКИЙ ЦЕНТР ДИАГНОСТИКИ И
ТЕЛЕМЕДИЦИНСКИХ ТЕХНОЛОГИЙ ДЕПАРТАМЕНТА ЗДРАВООХРАНЕНИЯ
ГОРОДА МОСКВЫ»

ЛУЧШИЕ ПРАКТИКИ ЛУЧЕВОЙ И ИНСТРУМЕНТАЛЬНОЙ ДИАГНОСТИКИ



ТРАНСТОРАКАЛЬНАЯ ЭХОКАРДИОГРАФИЯ У ВЗРОСЛЫХ

Москва
2020



РАДИОЛОГИЯ МОСКВЫ
ДИАГНОСТИКА БУДУЩЕГО

**ПРАВИТЕЛЬСТВО МОСКВЫ
ДЕПАРТАМЕНТ ЗДРАВООХРАНЕНИЯ ГОРОДА МОСКВЫ**

СОГЛАСОВАНО

Главный внештатный специалист
Департамента здравоохранения
города Москвы по лучевой и
инструментальной диагностике

С.П. Морозов

_____ 2020 г.



РЕКОМЕНДОВАНО

Экспертным советом по науке
Департамента здравоохранения
города Москвы №

«05» _____ 2020 г.



ТРАНСТОРАКАЛЬНАЯ ЭХОКАРДИОГРАФИЯ У ВЗРОСЛЫХ

Методические рекомендации № 14

Москва 2020

УДК 615.84+616-073.75

ББК 53.6

Т 65

Серия «Лучшие практики лучевой и инструментальной диагностики»

Основана в 2017 году

Организация-разработчик:

Государственное бюджетное учреждение здравоохранения города Москвы «Научно-практический клинический центр диагностики и телемедицинских технологий Департамента здравоохранения города Москвы»

Составители:

Дорошенко Д. А. – к.м.н., доцент кафедры ультразвуковой диагностики ФГАОУ ВО РНИМУ им. Н.И. Пирогова Минздрава России

Беневская М. А. – к.м.н., доцент кафедры госпитальной терапии № 1 лечебного факультета ФГАОУ ВО РНИМУ им. Н.И. Пирогова Минздрава России

Ветшева Н. Н. – д.м.н., врач ультразвуковой диагностики отдела аттестации врачей лучевой диагностики ГБУЗ «НПКЦ ДиТ ДЗМ»

Т 65 Трансторакальная эхокардиография у взрослых : методические рекомендации / сост. Д. А. Дорошенко, М. А. Беневская, Н. Н. Ветшева // Серия «Лучшие практики лучевой и инструментальной диагностики». – Вып. 54. – М. : ГБУЗ «НПКЦ ДиТ ДЗМ», 2020. – 40 с.

Рецензенты:

Ефимова Виктория Павловна – к.м.н., заместитель главного внештатного специалиста по лучевой и инструментальной диагностике, заведующая отделением ультразвуковых и функциональных методов диагностики ГБУЗ «ГКБ им. В. В. Виноградова ДЗМ»

Горохова Светлана Георгиевна – д.м.н., профессор, профессор кафедры профпатологии и производственной медицины ФГБОУ ДПО РМАНПО Минздрава России

Методические рекомендации предназначены для специалистов функциональной или ультразвуковой диагностики амбулаторного приема, которые, проведя эхокардиографическое исследование по описанному алгоритму на этапе поликлинического звена, будут иметь достаточно полное представление о структуре и функционировании сердца пациента, что позволит оптимизировать дальнейшую тактику обследования и лечения больного.

Данные методические рекомендации разработаны в ходе выполнения научно-исследовательской работы «Развитие диагностической визуализации: стандартизация, методология, качество»

Данный документ является собственностью Департамента здравоохранения города Москвы, не подлежит тиражированию и распространению без соответствующего разрешения

© Департамент здравоохранения города Москвы, 2020

© ГБУЗ «НПКЦ ДиТ ДЗМ», 2020

© Коллектив авторов, 2020

ISSN 2618-7124

СОДЕРЖАНИЕ

Обозначения и сокращения.....	4
Введение.....	5
Некоторые аспекты физических и технических основ эхокардиографии.....	7
Режимы, используемые в эхокардиографии.....	8
Техника исследования.....	10
Оптимальный протокол эхокардиографического заключения.....	12
Оценка различных структур и параметров работы сердца.....	15
Показания к проведению трансторакальной эхокардиографии в амбулаторной практике.....	33
Амбулаторная эхокардиография у беременных.....	35
Состояния, требующие динамического эхокардиографического наблюдения.....	37
Заключение.....	38
Список использованных источников.....	39

ОБОЗНАЧЕНИЯ И СОКРАЩЕНИЯ

- ИОТ** – индекс относительной толщины
КДО – конечный диастолический объем
КДР – конечно-диастолический размер
КСР – конечно-систолический размер
ЛЖ – левый желудочек
МЖП – межжелудочковая перегородка
ММЛЖ – масса миокарда левого желудочка
МРТ – магнитно-резонансная томография
НПВ – нижняя полая вена
ОТС – относительная толщина стенки
ПЖ – правый желудочек
ПМЖВ – передняя межжелудочковая ветвь
ППТ – площадь поверхности тела
ТЗСЛЖ – толщина задней стенки левого желудочка
ТМДП – трансмитральный доплеровский поток
УЗИ – ультразвуковое исследование
ФВ – фракция выброса
ЧСС – частота сердечных сокращений
ЭКГ – электрокардиография
ЭхоКГ – эхокардиография
ASE – Американское эхокардиографическое общество (The American Society of Echocardiography)
CW – непрерывно-волновая доплерография (continuous wave)
EACVIE – Европейская ассоциация сердечно-сосудистой визуализации (European Association of Cardiovascular Imaging)
FAC – фракция изменения площади (fractional area change)
IVRT – время изоволюмического расслабления (isovolumic relaxation time)
PISA – площадь проксимальной изоскоростной поверхности (proximal isovelocity surface area)
PHT – время полуспада градиента давления (pressure half-time)
PW – импульсно-волновая доплерография (pulsed wave)
Strain rate – производная деформации по времени
TDI – тканевая доплерография (tissue doppler imaging)
VC – ширина потока регургитации (vena contracta)

ВВЕДЕНИЕ

Эхокардиография (ЭхоКГ) уже на протяжении нескольких десятилетий является одним из ведущих методов диагностики патологии сердечно-сосудистой системы. Трансторакальное ультразвуковое исследование (УЗИ) сердца приобрело столь широкое применение, поскольку основано на неинвазивной визуализации изучаемых структур, высокой информативности, отсутствии ионизирующей лучевой нагрузки на пациента, которая неизбежна при рентгенологических и других высокоэнергетических методах лучевой диагностики, мобильности ультразвуковых аппаратов (по сравнению, например, с магнитно-резонансной томографией (МРТ)), а также из-за относительно недорогой стоимости.

Популярность ЭхоКГ достигла такого уровня, что она рутинно применяется на всех этапах обследования пациентов, начиная с оказания первичной медицинской помощи и заканчивая высокотехнологичным специализированным лечением.

В последние годы ЭхоКГ уже вытеснила некоторые методы диагностики, такие как апекс-кардиография, фонокардиография, радионуклидная вентрикулография и составляет серьезную конкуренцию ряду других методов, а ее значимость несколько не снижается. С повышением роли этого исследования в практической медицине возрастают требования к уровню знаний и опыту врача, тщательности проведения, а также к усовершенствованию ультразвуковых аппаратов и их функционалу.

В настоящее время выделяют следующие уровни сложности трансторакальной ЭхоКГ:

– скрининговый уровень: диспансеризация населения, специализированные медосмотры, исследование портативными аппаратами в неприспособленных условиях;

– клинический уровень: исследование в кабинете функциональной диагностики с использованием стандартного аппарата, оснащенного стандартным пакетом кардиологических программ;

– экспертный уровень: исследование с использованием специализированного экспертного аппарата высококвалифицированным специалистом с длительным стажем работы и врачом высшей квалификации.

В списки диспансерных исследований ЭхоКГ была внедрена недавно, ее появление связано с невысокой диагностической надежностью стандартной электрокардиографии (ЭКГ) в определении гипертрофии отделов сердца, дилатации полостей, с невозможностью метода оценить работу клапанов и насосной функции сердца. Безусловно, ЭхоКГ в рамках диспансеризации должна проводиться при подозрении на патологию данных структур, а не всей популяции.

Таким образом, УЗИ сердца в амбулаторных условиях в рамках поликлинического звена имеет свои особенности в результате поставленных перед ним конкретных задач.

Данные методические рекомендации предназначены для специалистов функциональной и ультразвуковой диагностики первичного звена и их целью является систематизация и стандартизация имеющихся у них знаний. Рекомендации призваны помочь рационально подходить к исследованию и оформлению заключения, учитывать важные детали. Доскональное описание всего спектра возможных патологических изменений в объеме данных рекомендаций невозможно и не входило в задачи при их составлении.

Исходя из обозначенной выше цели, в методических рекомендациях не рассматриваются такие методы УЗИ сердца, как миокардиальная контрастная ЭхоКГ, трехмерная ЭхоКГ, чреспищеводная ЭхоКГ и в полном объеме тканевая ЭхоКГ. Основной упор с учетом их реального клинического значения для данной когорты специалистов сделан на двухмерную ЭхоКГ и доплеровское исследование.

НЕКОТОРЫЕ АСПЕКТЫ ФИЗИЧЕСКИХ И ТЕХНИЧЕСКИХ ОСНОВ ЭХОКАРДИОГРАФИИ

ЭхоКГ является собирательным понятием для методов исследования сердца, основанных на регистрации отраженных ультразвуковых волн (таблица 1).

Таблица 1 – Частотные диапазоны звука

До 20 кГц (20×10^4 Гц)	Слышимый звук
2.5–3.0 МГц (2.5×10^6 Гц)	Обычная частота при двухмерной ЭхоКГ
5 МГц (5×10^6 Гц)	Обычная частота при чреспищеводной ЭхоКГ
20–45 МГц ($2-4.5 \times 10^7$ Гц)	Обычный частотный диапазон при внутрисосудистом УЗИ
100–1000 МГц (10^8-10^9 Гц)	Частота, используемая в акустической микроскопии

Звук, в том числе и ультразвук, представляет собой волну давления, которая распространяется в газообразной, жидкой и твердой среде, в вакууме не распространяется. Скорость распространения звуковых волн зависит от среды, при этом в твердой среде она больше, чем в газообразной. В тканях скорость распространения звуковых волн примерно равна 1540 м/с. При попадании звуковой волны на граничную поверхность сред с разной звукопроводностью могут наблюдаться три различных феномена:

- отражение;
- преломление;
- рассеивание.

При ЭхоКГ для получения изображения используют ультразвук, который вновь достигает датчика вследствие отражения или рассеивания. Ультразвук генерируется датчиком, в котором электромагнитные волны определенной частоты, подаваемые на пьезоэлектрические кристаллы, вызывают в них механические колебания такой же частоты. Эти колебания доводят до поверхности тела, на которую наносят звукопроводящий гель, способствующий прохождению ультразвука в ткани. Ультразвуковой датчик работает и как передатчик, и как приемник отраженных волн.

РЕЖИМЫ, ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ В ЭХОКАРДИОГРАФИИ

Исследование в М-режиме

Этот режим характеризуется высокой частотой повторения импульсов, посылаемых датчиком, и поэтому очень высоким временным разрешением. При таком «одномерном» ультразвуковом луче отражающиеся структуры на экране регистрируются вдоль вертикальной оси, а горизонтальная ось служит осью времени. Применяется для измерения линейных размеров (например, диаметра левого желудочка (ЛЖ), толщины межжелудочковой перегородки (МЖП) и для анализа быстро движущихся структур).

Двухмерная ЭхоКГ (В-режим)

Датчик посылает не один, а множество ультразвуковых лучей для получения двухмерного изображения в режиме реального времени. В принципе его можно понимать как быстро следующие, параллельно расположенные секторальные ультразвуковые лучи в М-режиме.

Эхокардиографические методы, позволяющие получить пространственное изображение, разделяют на два типа:

- трехмерную реконструкцию;
- трехмерную ЭхоКГ в режиме реального времени.

Трехмерная реконструкция (3D-реконструкция)

При данном методе исследования получают двухмерные изображения с известной ориентацией и в геометрически корректной форме дополняют их до трехмерного изображения. Построенный таким образом трехмерный сердечный цикл скомпонован из многих отдельных двухмерных изображений сердечных циклов не в режиме реального времени.

Трехмерная эхоКГ в режиме реального времени

При данном режиме ЭхоКГ отображают сферический объем в режиме реального времени. Технически это решается с помощью датчика с матричной решеткой, в котором вместо одного ряда пьезоэлементов (как при двухмерной ЭхоКГ) имеется двухмерное поле пьезоэлементов. Данный режим позволяет более точно определять объем (например, конечный систолический объем (КСО) и конечный диастолический объем (КДО) ЛЖ и рассчитанную на их основе фракцию выброса (ФВ)).

Допплеровское исследование

Допплеровский эффект состоит в изменении частоты принимаемой волны в зависимости от движения относительно источника волны, т.е. при прибли-

жении – большая частота, при отдалении – меньшая. С помощью доплеровского метода можно измерить скорость кровотока (исследование в непрерывно-волновом и импульсно-волновом режиме, в режиме цветового доплеровского картирования), а также измерить скорость движения плотных структур сердца, например, миокарда (тканевое доплеровское исследование).

При непрерывно-волновом и импульсно-волновом доплеровским исследованием выводят кривую зависимости скорости кровотока от времени, в то время как при цветном доплеровском картировании закодированную цветом скорость кровотока накладывают на двухмерное доплеровское изображение. При обнаружении наибольшей скорости с помощью доплеровского метода ориентируются как на визуальное отображение спектра, так и на высоту акустического сигнала (чем выше звуковые частоты, тем выше детектируемая скорость кровотока).

Непрерывно-волновая доплерография (continuous wave, CW) применяется для измерения высоких скоростей кровотока, например, при выраженном стенозе клапанов сердца.

Импульсно-волновая доплерография (pulsed wave, PW) – импульсный метод налагает ограничения к разрешению скоростей: выше некоторого порогового значения – предел Найквиста – невозможно измерить скорость с достаточной надежностью (элайзинг-эффект). К примеру, в силу физических причин скорости >2 м/с уже не удастся определить однозначно, начиная с глубины проникновения 8 см при исходной частоте 2 МГц.

Цветовое доплеровское картирование кровотока наглядно представляет скорости и направление движения, кодированные цветом. Скорость кровотока, направленную к датчику, обычно выражают оттенками красного и желтого цветов, а кровотока от датчика – оттенками синего. Этому режиму также присущ элайзинг-эффект, который выражается в мозаичном рисунке таких потоков и подходит для регистрации недостаточности клапанов сердца, патологических сбросов.

Тканевая доплерография – метод измерения регионарных скоростей движения плотных структур сердца, например, миокарда ЛЖ. Измерение скорости движения тканей базальных отделов желудочка позволяет рассчитать глобальную сократительную функцию, а также синхронность сокращений его сегментов. По результатам тканевой доплерографии можно рассчитать деформацию желудочков: например, удлинение или укорочение миокарда вдоль продольной оси, выраженное в процентах (speckle tracking). Деформация (strain) и скорость деформации (strain rate – производная деформации по времени) дают возможность установления контрактильности миокарда, его ишемии, определения жизнеспособности, фиброза и асинхронии.

ТЕХНИКА ИССЛЕДОВАНИЯ

Исследование пациента проводят в положении лежа. Акустическое окно чаще всего находят в положении лежа на левом боку, исключение: супрастернальная позиция и субкостальное акустическое окно – лежа на спине. При исследовании пациента просят отвести левую руку за голову, чтобы по возможности расширились межреберные промежутки левой половины грудной клетки. Возможны два варианта расположения врача и эхокардиографа: слева или справа от кушетки пациента. При любом УЗИ сердца необходимо вывести на ультразвуковой аппарат ЭКГ в одном отведении. Положение электродов при этом неважно, главное, чтобы отчетливо регистрировался зубец R. Это нужно для контроля ЧСС, правильной интерпретации гемодинамических феноменов, распознавания экстрасистол.

Стандартные ЭхоКГ позиции:

- левый парастернальный доступ – в 3–4 м/р слева от грудины;
- апикальный – в области верхушечного толчка – 5–6 м/р по средней ключичной линии;
- субкостальный – под мечевидным отростком грудины;
- супрастернальный – яремная ямка;
- правый парастернальный доступ.

Положение датчика на коже (рис.1) и угол его наклона в течение всего исследования надо менять, чтобы более детально визуализировать анатомические структуры. Не следует бояться отклонения датчика от «классических» плоскостей сканирования и положения стандартных ЭхоКГ позиций, если при таком отклонении искомые анатомические образования визуализируются лучше.

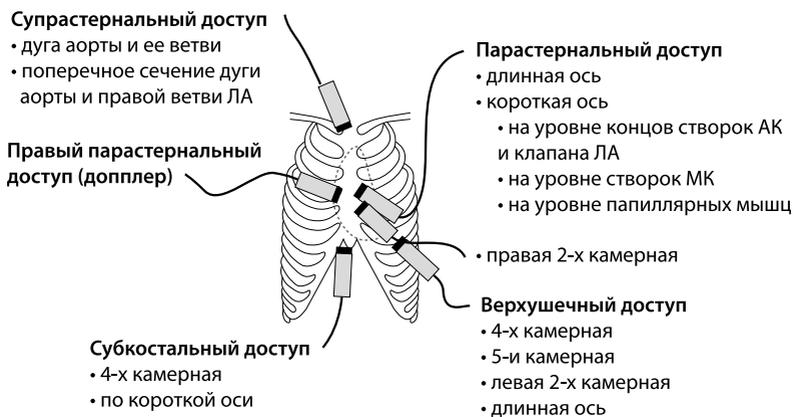


Рисунок 1 – Стандартные эхокардиографические позиции [3]

Типичное ЭхоКГ-исследование должно включать последовательное сканирование сердца во всех стандартных позициях по короткой и длинной осям, с использованием двухмерного (В-режима), одномерного (М-режима) и доплеровских режимов.

ОПТИМАЛЬНЫЙ ПРОТОКОЛ ЭХОКАРДИОГРАФИЧЕСКОГО ЗАКЛЮЧЕНИЯ

На рисунке 2 приведен пример протокола ЭхоКГ-заключения.

Показания к ЭхоКГ:

Ф.И.О.:

Возраст:

Рост:

Вес:

BSA:

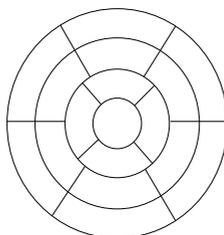
Ритм:

ЧСС:

АД:

Марка и модель УЗИ-сканера:

Качество визуализации:



1 - нормокинезия

2 - гипокинезия

3 - акинезия

4 - дискинезия

Рисунок 2 – Пример протокола

Данный протокол был составлен экспертами Европейской ассоциации сердечно-сосудистой визуализации (EACVI) в 2017 году и в настоящее время является наиболее современным и полным по стандартизации протоколирования трансторакального ЭхоКГ у взрослых с нормативными показателями (таблица 2).

Таблица 2 – Нормативные показатели трансторакального ЭхоКГ у взрослых

Камера	Параметр	Измеренное значение	Норма
Левый желудочек	Конечно-диастолический размер, мм		≤58,4 (м), ≤52,2 (ж)
	Конечно-систолический размер, мм		≤39,8 (м), ≤34,8 (ж)
	МЖП, мм		≤10 (м), ≤9 (ж)
	ЗСЛЖ, мм		≤10 (м), ≤9 (ж)
	Относительная толщина стенки	При КГЛЖ>0,43	≤0,42
	Индекс массы миокарда ЛЖ, г/м ²		≤95 г/м ² (ж) ≤ 115 г/м ² (м)
	ИКДО ЛЖ, мл/м ²		<75 (м), <62 (ж)
	ИКСО ЛЖ, мл/м ²		<32 (м), <25 (ж)
	Фракция выброса ЛЖ (Biplan),%		>52 (м), >54 (ж)
	ИУО (доплер), мл/мин/м ²		>35
	Глобальный продольный стрейн,%	По необходимости	>-20%

Продолжение таблицы 2

Диастолическая функция левого желудочка	Трансмитральное E/a отношение		>0,8 или <2,0
	Время замедления пика E (DT), мс		>160 и <220
	Скорость пика E, см/с		<120 см/сек
	Скорость e` (септальная), см/сек		>7 см/сек
	Скорость e` (латеральная), см/сек		>10 см/сек
	E/e` отношение		<8
Левое предсердие	Индексированный объем LAVI (мл/м ²)		≤34 мл/м ²
Давление заполнения левого желудочка	LV filling pressure, мм.рт.ст.	По необходимости	Нормальное
Размеры аорты	Фиброзное кольцо, мм/м ²	По необходимости	≤14 (м & ж)
	Синусы Вальсальвы, мм/м ²		≤19 (ж), ≤20 (м)
	Синотубулярное соединение, мм/м ²	По необходимости	≤17 (м & ж)
	Проксимальная восходящая аорта, мм/м ²		≤17 (ж), ≤19 (м)
Правый желудочек	Базальный диаметр, мм		<42 мм
	Средний диаметр, мм		<36 мм
	RVOT, проксимальный диаметр, мм	По необходимости	<36 мм
	RVOT, дистальный диаметр, мм	По необходимости	<28 мм
	TAPSE, мм		≥17
	Фракция площади, %	Если есть опция	≥35%
	Глобальный стрейн свободной стенки,%	Если есть опция	>23%
	Толщина свободной стенки, мм		<5 мм
Правое предсердие	Объем правого предсердия, мл/м ²		<30 (м), <28 (ж)
НПВ	Диаметр, мм		<21 мм
	Коллабирование на вдохе,%		>50%
	Скорость TP, см/с		<2,8 м/с
Расчетное давление в легочной артерии	Расчетное давление в ЛА, мм. рт. ст.		<31 мм. рт. ст.

Продолжение таблицы 2

Митральный клапан			
Анатомия:			
Регургитация:	EROA, мм ²		Степень
	Vena Contracta, мм		
Стеноз:	РНТ, мсек		Степень
	Пиковый градиент, мм.рт.ст.		
	Средний градиент, мм.рт.ст.		
	Площадь отверстия, см ²		
Аортальный клапан			
Анатомия:			
Регургитация:	РНТ, мсек		Степень
	Vena Contracta, мм		
Стеноз:	Пиковый градиент, мм. рт. ст.		Степень
	Средний градиент, мм. рт. ст.		
	Площадь отверстия, см ²		
Трикуспидальный клапан			
Анатомия:			
Регургитация:	РНТ, мсек		Степень
	Vena Contracta, мм		
Стеноз:	Средний градиент, мм. рт. ст.		Степень
Легочный клапан			
Анатомия:			
Регургитация:	РНТ, мсек		Степень
Стеноз:	Пиковый градиент, мм. рт. ст.		Степень

Оценка параметров производится с учетом пола и площади поверхности тела. Применение протокола возможно в ежедневной практике с некоторыми изменениями в зависимости от задач, стоящих перед специалистом, и технических возможностей.

ОЦЕНКА РАЗЛИЧНЫХ СТРУКТУР И ПАРАМЕТРОВ РАБОТЫ СЕРДЦА

Левый желудочек (ЛЖ) – в норме самая большая камера сердца, имеющая наиболее массивную мышечную стенку, рассчитанную на поддержание системного кровотока.

Исследование ЛЖ начинают из парастеральной позиции по длинной оси в В-режиме и М-режиме. Производятся измерения конечно-диастолического размера (КДР, мм), конечно-систолического размера (КСР, мм), толщины межжелудочковой перегородки (МЖП, мм), толщины задней стенки (ТЗСЛЖ, мм). Все нормы приведены в протоколе ЭхоКГ- исследования в предыдущей части методических рекомендаций.

С одной стороны, рекомендуется измерять внутренние размеры ЛЖ (КДР и КСР) и толщину стенок на уровне малой оси ЛЖ, приблизительно на уровне кончиков створок митрального клапана. Эти линейные измерения можно производить как непосредственно в В-режиме, так и в М-режиме под контролем В-режима.

С другой стороны, размеры полостей и толщина стенок могут быть измерены в парастеральной позиции по короткой оси в В-режиме или в М-режиме под контролем В-режима, обеспечив позиционирование среза перпендикулярно МЖП и задней стенке ЛЖ (рис. 3).

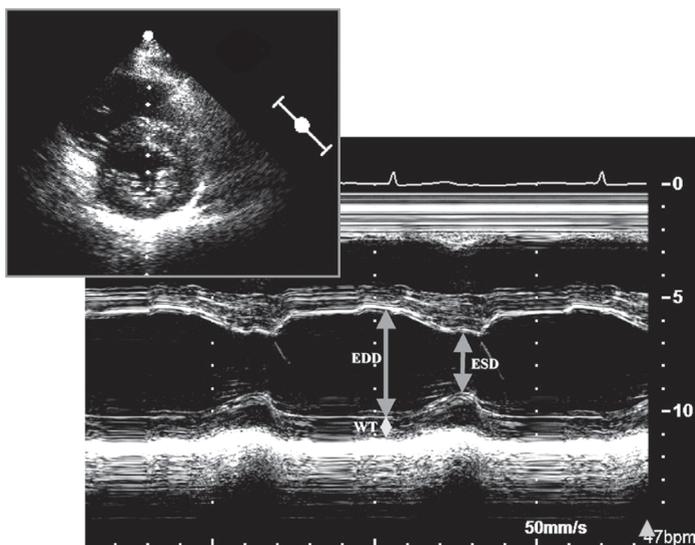


Рисунок 3 – Измерение КДР и КСР размеров ЛЖ в М-режиме под контролем изображения в В-режиме в парастеральной позиции по короткой оси [7]

Согласно рекомендациям относительная толщина стенки (ОТС ЛЖ) рассчитывается по формуле:

$$2 \times \text{ТЗСЛЖд} / \text{КДР}, \quad (1)$$

где ТЗС ЛЖд – толщина задней стенки ЛЖ в диастолу, КДР – конечно диастолический размер ЛЖ. Таким образом, можно рассчитать относительную толщину задней стенки левого желудочка и межжелудочковой перегородки.

Российскими авторами данная формула чаще используется в виде:

$$(\text{ТЗС ЛЖд} + \text{МЖПд})/\text{КДР}, \quad (2)$$

где ТЗС ЛЖд – толщина задней стенки ЛЖ в диастолу, МЖПд – толщина межжелудочковой перегородки в диастолу, КДР – конечно-диастолический размер ЛЖ. Этот показатель позволяет оценить варианты ремоделирования ЛЖ.

Вычисление массы миокарда левого желудочка (ММЛЖ)

Для вычисления ММЛЖ требуется правильная идентификация границы "кровь-эндокард", а также границы "эпикард-перикард". Американское эхокардиографическое общество (ASE) рекомендует для оценки ММЛЖ-формулу, основанную на линейных измерениях и модели ЛЖ в виде вытянутого эллипсоида вращения:

$$\text{ММЛЖ} = 0,8 \times (1,04 \times [(\text{КДР} + \text{ТЗСд} + \text{ТМЖПд})^3 - (\text{КДР})^3]) + 0,6 \text{ грамм} \quad (3)$$

Данная формула может быть использована у пациентов без существенного изменения геометрии ЛЖ. Для более точной оценки применяется соотношение данных ОТС ЛЖ и ММЛЖ (рис. 4).

У пациентов с нормальной ММЛЖ могут определяться как концентрическое ремоделирование (нормальная ММЛЖ при увеличении ИОТ>0,42), так и нормальная геометрия ЛЖ (ИОТ≤0,42). У пациентов с повышенной ММЛЖ может определяться как концентрическая (ИОТ>0,42), так и эксцентрическая (ИОТ≤0,42) гипертрофия. Приведенные значения ММЛЖ основаны на линейных измерениях. Массу миокарда можно измерить с помощью формул, уже заложенных в ультразвуковой аппарат. Как правило, обязательным минимумом для всех компьютерных программ расчета является измерение толщины МЖП.

Наиболее часто применяемые двухмерные методы для оценки ММЛЖ основаны на формулах «площадь-длина» и усеченного эллипсоида. Оба метода базируются на измерении площади миокарда на уровне папиллярных мышц.

Для получения общей площади (A1) обводится эпикард, а для получения площади полости (A2) обводится эндокард.

Площадь миокарда (Am) рассчитывается как разница:

$$Am=A1-A2 \tag{4}$$



Рисунок 4 – Индекс относительной толщины (ИОТ) при различных типах ремоделирования [7]. По рекомендации по АГ 2018 г. ОТС при КГЛЖ ≥ 0,43

При наличии выраженных нарушений локальной сократимости (например, при инфаркте миокарда) может быть использован биплановый метод Симпсона, однако этот метод зависит от качества визуализации эндокарда и эпикарда ЛЖ, которое часто снижено в этой позиции.

В большинстве лабораторий проводят измерения в конце диастолы и исключают папиллярные мышцы при обведении миокарда (таблица 3).

Таблица 3 – Нормативные показатели и пороговые значения массы миокарда и геометрии ЛЖ

	Женщины				Мужчины			
	Норма	Незначительное нарушение	Умеренное нарушение	Значительное нарушение	Норма	Незначительное нарушение	Умеренное нарушение	Значительное нарушение
Линейные измерения								
ММЛЖ, г	67–162	163–186	187–210	³211	88–224	225–258	259–292	³293
ММЛЖ/ППТ, г/м²	43–95	96–108	109–121	³122	49–115	116–131	132–148	³149
ММЛЖ/рост, г/м	41–99	100–115	116–128	³129	52–126	127–144	145–162	³163

Продолжение таблицы 3

ММЛЖ/рост, г/м ²	18–44	45–51	52–58	³ 59	20–48	49–55	56–63	³ 64
Индекс относительной толщины	0,22–0,42	0,43–0,47	0,48–0,52	³ 0,53	0,24–0,42	0,43–0,46	0,47–0,51	³ 0,52
Толщина МЖП, см	0,6–0,9	1,0–1,2	1,3–1,5	³ 1,6	0,6–1,0	1,1–1,3	1,4–1,6	³ 1,7
Толщина ЗСЛЖ, см	0,6–0,9	1,0–1,2	1,3–1,5	³ 1,6	0,6–1,0	1,1–1,3	1,4–1,6	³ 1,7
В-режим								
ММЛЖ, г	66–150	151–171	172–192	³ 193	96–200	201–227	228–254	³ 255
ММЛЖ/ППТ, г/м ²	44–88	89–100	101–112	³ 113	50–102	103–116	117–130	³ 131

Примечание: показатели, выделенные жирным шрифтом, наиболее валидны и рекомендованы к применению [7]

**Систолическая функция левого желудочка:
линейные и объемные показатели**

Ранее применявшиеся методы Teichholz и Quinones для определения фракции выброса ЛЖ по линейным показателям могут быть неточны в связи с геометрическими допущениями, необходимыми для преобразования линейных измерений в объемы. Для измерения объемов ЛЖ наиболее часто используется биплановый метод дисков (модифицированный метод Симпсона) в В-режиме. Данный способ является предпочтительным (рис. 5).

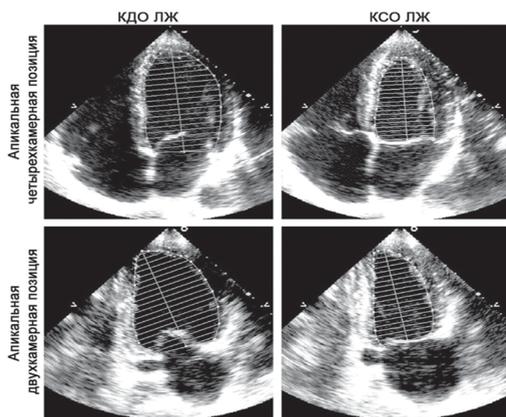


Рисунок 5 – Двухмерные измерения для вычисления объемов ЛЖ с использованием бипланового метода дисков (модифицированный метод Симпсона) в апикальной четырехкамерной и двухкамерной позиции в конце диастолы и в конце систолы. При обведении полости папиллярные мышцы включаются в контур полости [7]

Следует учитывать, что использование только одной позиции наименее оправдано при наличии выраженных нарушений локальной сократимости миокарда.

Конечно-диастолический (КДО) и конечно-систолический (КСО) объемы определяются одним из вышеописанных методов. После этого рассчитывается фракция выброса (ФВ) по формуле:

$$ФВ = (КДО - КСО) / КДО \quad (5)$$

Для индексирования объемных показателей наиболее часто используется площадь поверхности тела (ППТ) в м², т. е. более точными считаются ИКДО и ИКСО.

Локальная сократимость левого желудочка

В 1989 году экспертами ASE была предложена 16-сегментная модель ЛЖ. Согласно этой модели весь ЛЖ делится на 6 базальных, 6 средних и 4 апикальных сегмента. Границы МЖП определяются местом присоединения стенок правого желудочка (ПЖ) (рис. 6).

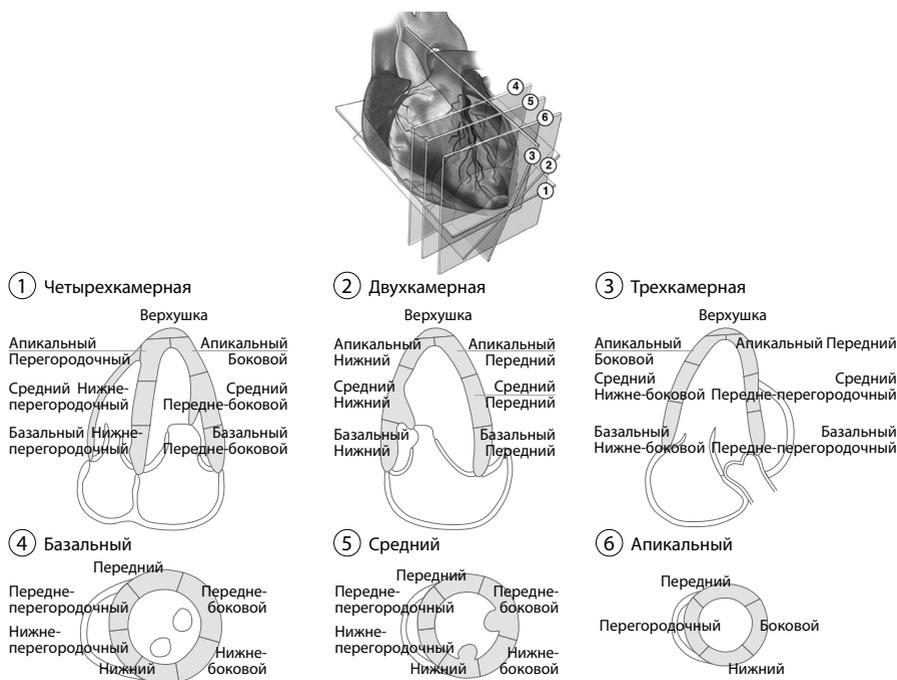


Рисунок 6 – Единая посегментная модель ЛЖ [7]

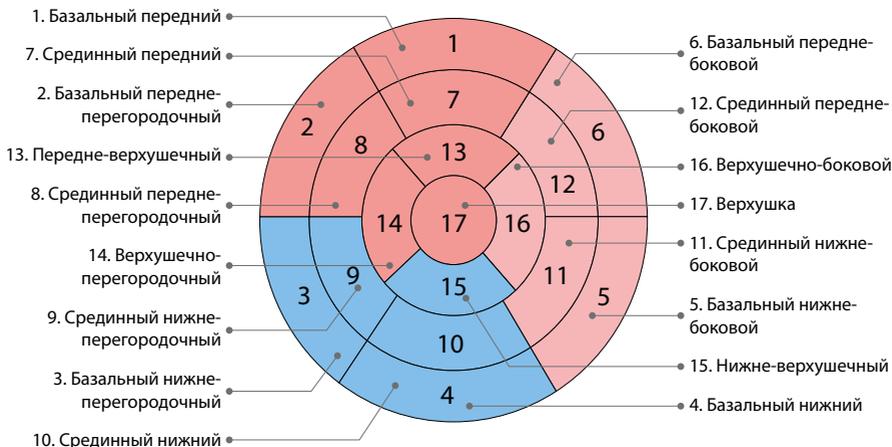


Рисунок 7 – Диаграмма «бычий глаз», 17-сегментная модель ЛЖ [7]

В 2002 году рабочая группа Американской ассоциации сердца по сегментарному делению миокарда и регистрации методов визуализации сердца разработала 17-сегментную модель ЛЖ в качестве универсальной для всех визуализирующих методов. Главное отличие от предыдущей, 16-сегментной модели, заключается в выделении дополнительного 17-го сегмента – собственно верхушки ЛЖ (см. рис.7). 17-сегментную модель следует использовать преимущественно при исследовании перфузии миокарда и при сравнении различных визуализирующих методов. 16-сегментная модель подходит для оценки нарушений локальной сократимости миокарда, так как в норме собственно верхушка (17-й сегмент) не двигается.

Сегменты ЛЖ принято соотносить с бассейном кровоснабжения одной из трех главных коронарных артерий (рис. 8).

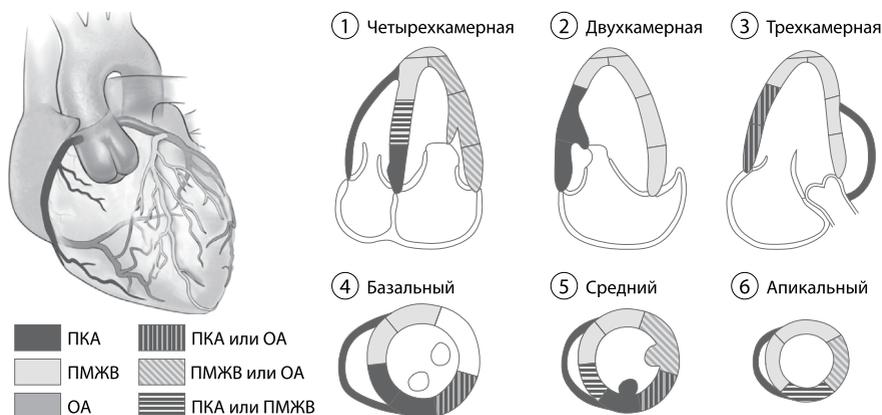


Рисунок 8 – Типичное кровоснабжение сегментов ЛЖ правой коронарной артерией (ПКА), передней межжелудочковой ветвью левой коронарной артерии (ПМЖВ) и огибающей ветвью левой коронарной артерии (ОА). Существует индивидуальная вариабельность типов кровоснабжения. Некоторые сегменты могут кровоснабжаться из нескольких бассейнов [7]

При оценке локальной сократимости следует учитывать как движение, так и утолщение стенок ЛЖ. Более того, необходимо помнить, что нарушения локальной сократимости ЛЖ могут выявляться и при отсутствии ишемической болезни сердца.

Рекомендовано оценивать сократимость каждого сегмента по количественной шкале, учитывающей подвижность и систолическое утолщение миокарда. В идеале сократимость каждого сегмента должна изучаться из нескольких эхокардиографических позиций.

Шкала для оценки сегментарной сократимости ЛЖ: нормальная сократимость или гиперкинез = 1 балл, гипокинез = 2 балла, акинез (или минимальное утолщение) = 3 балла, дискинез (парадоксальное систолическое движение) = 4 балла, аневризма (диастолическая деформация) = 5 баллов. Путем сложения баллов для каждого сегмента и последующим делением на число визуализированных сегментов можно получить индекс нарушения локальной сократимости миокарда.

Оценка размеров правого желудочка и выносящего тракта правого желудочка

Нормальный ПЖ представляет собой сложную структуру в форме полумесяца, прилежащую к ЛЖ, и полностью не визуализируется ни в одной из позиций двухмерной эхокардиографии. Поэтому точная оценка морфологии и функции

ПЖ требует использования многих эхокардиографических позиций, включая парастермальную позицию по длинной и короткой осям, позицию приносящего тракта ПЖ, апикальную четырехкамерную и субкостальную позиции. Количественная оценка функции ПЖ оправдана в большинстве случаев в рутинной клинической практике. Количественную оценку размеров ПЖ лучше выполнять из апикальной четырехкамерной позиции. При оценке ПЖ измеряется базальный и средний диаметры, толщина свободной стенки. В норме во время систолы кольцо трикуспидального клапана обычно смещается к верхушке более 17 мм (TAPSE). Систолическая экскурсия кольца трикуспидального клапана менее 1,5 см связана с плохим прогнозом при различных сердечно-сосудистых заболеваниях. Фракция изменения площади ПЖ (Fractional Area Change – FAC) измеряется из апикальной четырехкамерной позиции и является простым методом для оценки функции ПЖ. Дополнительная оценка систолической функции ПЖ включает тканевое доплеровское исследование скорости движения кольца трикуспидального клапана или индекс производительности миокарда ПЖ (индекс Tei).

Выносящий тракт ПЖ (ВТПЖ) идет от передне-верхней стенки ПЖ до легочной артерии, включая ее клапан. Наилучшее изображение ВТПЖ можно получить из парастерального доступа по длинной оси с отклонением угла сканирования вверх и по короткой оси на уровне основания сердца (рис. 9).

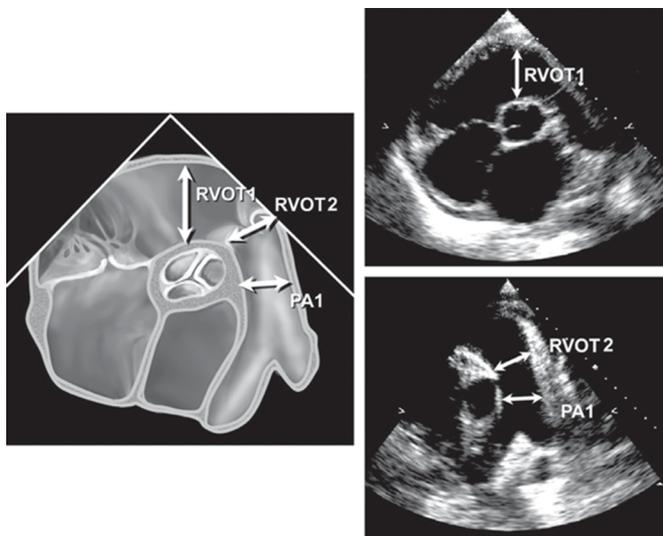


Рисунок 9 – Измерение диаметра выносящего тракта ПЖ (RVOT1, на уровне кольца клапана легочной артерии – RVOT2). PA1 – диаметр легочной артерии [7]

Количественная оценка размеров левого и правого предсердий

Измерение размеров ЛП выполняется в конце систолы желудочков, когда камера ЛП имеет наибольшую величину. При планиметрическом измерении ЛП устья легочных вен и ушко ЛП следует исключать из анализа. Стандартным считается использование переднезаднего линейного размера из парастернальной позиции по длинной оси ЛЖ в М- или В-режимах. Преимущественное расширение ЛП в верхне-нижнем и медиально-латеральном направлениях будут изменять его геометрию таким образом, что переднезадний размер не будет отражать степень увеличения ЛП. По этим причинам использование линейного размера ЛП в качестве единственной меры величины ЛП может ввести в заблуждение и должно дополняться определением его объема. Объемы ЛП лучше вычислять, применяя модель эллипсоида или метод Симпсона (рис. 10).

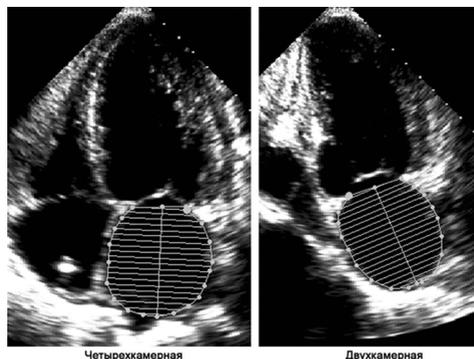


Рисунок 10 – Измерение объема ЛП биплановым методом дисков (модифицированный метод Симпсона) с использованием четырехкамерной и двухкамерной апикальных позиций в конце систолы желудочков (максимальный размер ЛП) [7]

Наиболее часто используется индексирование размера ЛП по отношению к площади поверхности тела (индексированный объем LAVI, мл/м²).

ПП можно визуализировать из многих доступов, оценка его размеров чаще всего проводится из апикальной четырехкамерной позиции. Индексированный объем ПП у мужчин в норме почти не отличается от объема ПП, а у женщин этот показатель немного меньше.

Оценка размеров аорты

Для визуализации корня и проксимальной части восходящего отдела аорты используется парастернальная позиция по длинной оси ЛЖ. Выносящий тракт ЛЖ следует оценивать в В-режиме. Аорту обычно измеряют на следующих уровнях:

- 1) фиброзное кольцо аортального клапана (область прикрепления створок);
- 2) максимальный диаметр на уровне синусов Вальсальвы;
- 3) синотубулярное соединение (переход от синусов Вальсальвы к тубулярной части восходящей аорты).

Для измерений следует использовать позиции, в которых размер корня аорты максимален (рис.11).

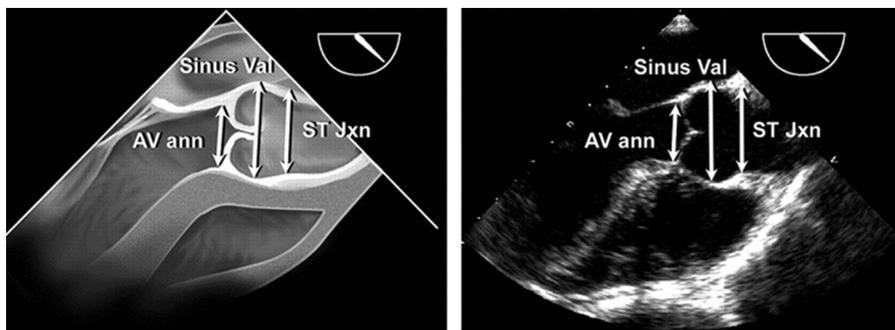


Рисунок 11 – Измерение корня аорты на уровне фиброзного кольца аортального клапана (AV ann), синусов Вальсальвы (Sinus Val) и синотубулярного соединения (ST Jxn) в позиции по длинной оси из средних отделов пищевода при плоскости сканирования датчика около 110–150 градусов. По соглашению, фиброзное кольцо измеряется на уровне основания створок аортального клапана. Хотя на рисунке показан способ измерения аорты на уровне синусов Вальсальвы и синотубулярного соединения «от ведущего края до ведущего края» [7]

Оценка нижней полой вены

Оценка нижней полой вены (НПВ) из субкостальной позиции должна в обязательном порядке включаться в протокол рутинного эхокардиографического исследования. Считается общепринятым измерение диаметра НПВ в положении пациента на спине на расстоянии 1–2 см от ее впадения в ПП, в позиции по длинной оси вены.

При нормальном давлении в ПП (0–5 мм рт. ст.) диаметр НПВ уменьшается на вдохе на 50%. Если НПВ расширена не более 2,1 см, но нормально (>50%) коллабирует на вдохе, вероятно незначительное увеличение давления в ПП (6–10 мм рт. ст.).

Если коллабирование на вдохе <50%, давление в ПП обычно составляет от 10 до 15 мм рт. ст. Расширенная НПВ без коллабирования является признаком значительного повышения давления в ПП (>15 мм рт. ст.).

Напротив, НПВ маленького диаметра (обычно <1,2 см), коллабирующая спонтанно, часто выявляется при снижении объема циркулирующей крови.

Оценка диастолической дисфункции ЛЖ

Стадии диастолической дисфункции левого желудочка приведены в таблице 4.

Таблица 4 – Стадии диастолической дисфункции левого желудочка

Параметры	Степень	Класс
Нарушение релаксации	I	с или без повышения давления наполнения левого желудочка
Псевдонормальный тип наполнения	II	повышения давления наполнения левого желудочка
Рестриктивный тип наполнения	III	повышения давления наполнения левого желудочка
Необратимая рестрикция	IV	

Спектральная доплерография является основополагающим методом оценки диастолической функции. Первичные доплеровские индексы описаны на примере трансмитрального доплеровского потока (ТМДП). Кривую ТМДП можно получить, помещая контрольный объем на уровне кончиков створок митрального клапана в апикальной четырехкамерной позиции. Стандартное доплеровское ультразвуковое исследование помогает достаточно точно оценить несколько показателей диастолической функции по кривой трансмитрального притока: пик E – максимальная скорость раннего быстрого наполнения ЛЖ; пик A – максимальная скорость позднего предсердного наполнения ЛЖ; DT – время замедления раннего диастолического наполнения, т.е. время от пика скорости E до конца E-волны; IVRT – время изоволюмического расслабления; соотношение E/A.

Результирующая спектральная доплеровская кривая у здоровых молодых лиц может быть выделена трассировкой спектра по направлению от диастолического кровотока раннего быстрого наполнения (E-волна) к волне сокращения предсердий A, имеющей меньшую скорость.

IVRT измеряют в непрерывно-волновом доплеровском исследовании через выходной тракт левого желудочка с одновременной оценкой конца аортального выброса и начала трансмитрального притока. При исследовании состояния диастолической функции ЛЖ наличие у пациента митральной регургитации более чем II степени, аортальной регургитации выше II степени, тахикардии с ЧСС более 100 ударов в минуту, мерцательной аритмии или митрального стеноза ограничивает применение метода импульсной доплерэхокардиографии.

Следующий набор параметров для оценки диастолической функции ЛЖ и дифференциальной диагностики при его дисфункции получают с помощью тканевого доплера митрального кольца, или доплеровской визуализации тканей (Tissue Doppler Imaging – TDI). Метод TDI наиболее информативен при

исследовании движения из апикальной четырехкамерной позиции. В этой позиции возможен адекватный анализ характера продольного движения миокарда в плоскости луча. Нормальный тканевой доплеровский спектр состоит из систолической волны s' (над базовой линией) и двух диастолических волн – e' и a' (ниже базовой линии). Исследование скорости движения митрального кольца в режиме тканевого доплера проводят, устанавливая контрольный объем септально или латерально от фиброзного кольца митрального клапана (рис.12–15).

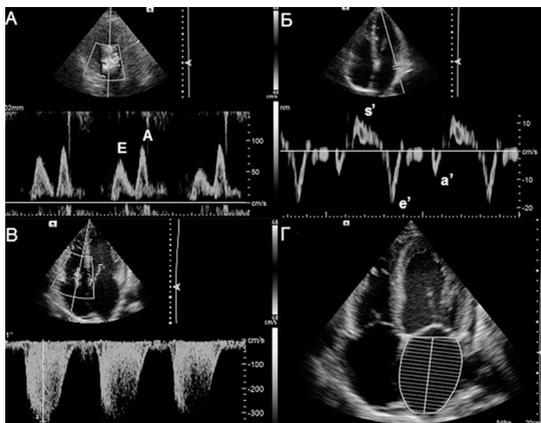


Рисунок 12 – Оценка диастолической функции левого желудочка:

- А – трансмитральный поток в импульсно-волновом доплеровском режиме;
- Б – тканевая доплерография с оценкой движения фиброзного кольца митрального клапана;
- В – максимальная скорость потока трикуспидальной регургитации в постоянно-волновом доплеровском режиме;
- Г – оценка индекса объема левого предсердия в верхушечных позициях [7]

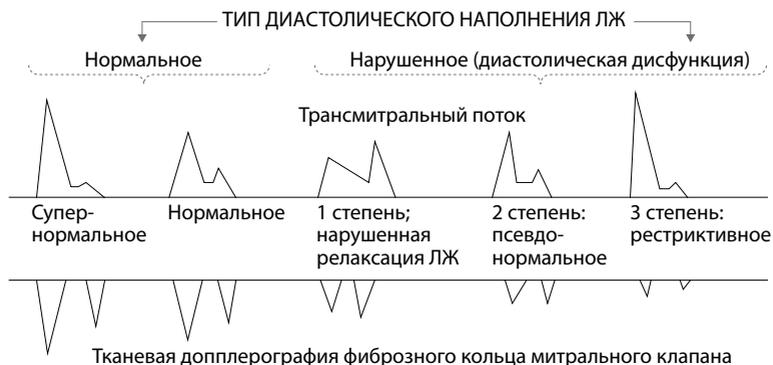


Рисунок 13 – Графическое изображение типов нарушения диастолической дисфункции

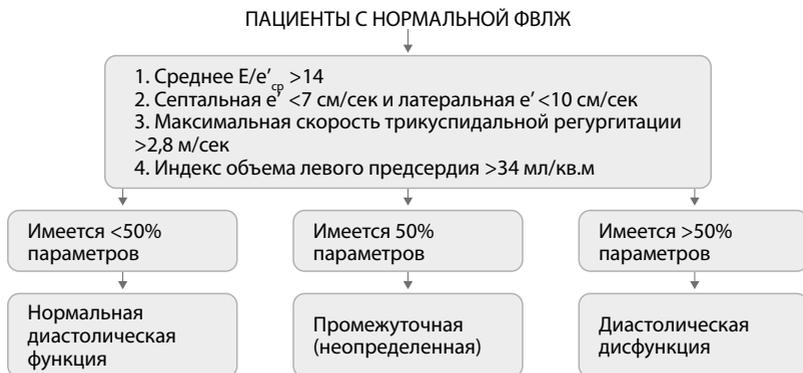


Рисунок 14 – Алгоритм оценки диастолической функции левого желудочка у пациентов с сохраненной фракцией выброса левого желудочка [7]



Рисунок 15 – Алгоритм оценки давления наполнения и диастолической функции левого желудочка у пациентов со сниженной фракцией выброса левого желудочка и у пациентов с заболеваниями миокарда и нормальной фракцией выброса левого желудочка [7]

Для получения дополнительных показателей диастолической функции с помощью РВ доплера может быть оценен венозный кровоток в легочной вене (ЛВ) при условии адекватной визуализации легочной вены. При этом в трансторакальной эхокардиографии рекомендуемой позицией также считается апикальная четырехкамерная позиция. Контрольный объем импульсно-волнового доплера устанавливают на 1 см от границы впадения правой легочной вены и левого предсердия.

Результирующая спектральная осциллограмма у здорового человека состоит из систолической волны легочной вены (S), которая больше, чем диастолическая волна (D) в направлении кровотока к предсердиям. По окончании диастолы часто можно увидеть ретроградную волну (AR) (рис. 16).

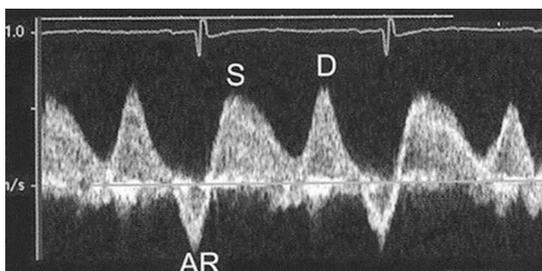


Рисунок 16 – Спектр кровотока в легочной вене (РВ доплер)

Параметрами, используемыми в диастолической оценке, являются пиковая скорость волны S ЛВ; пиковая скорость волны D ЛВ; продолжительность волны AR-ЛВ; отношение S/D (при использовании соответствующих интегралов скорости и времени) (таблица 5).

Таблица 5 – Допплеровские признаки, используемые при клинической оценке диастолической функции ЛЖ [7]

Показатель	Норма	Нарушение расслабления (Тип I)	Псевдонормализация (Тип II)	Рестриктивное расслабление (Тип III-IV)
E/A	>1	<1	1-2	≥2
DT (мс)	160-220	>220	150-200	<150
IVRT (мс)	70-90	>95	60-95	<60
S/D	1,3-1,5	1,6-2,0	<1	0,40
A (м/с)	0,22-0,32	0,21-0,28	≥0,35	≥0,25
Em (см/с)	>8	<8	<8	<5
E/Em	<8			>16

В 1995 году Чува Тей (Chuwa Tei) предложил рассчитывать с помощью доплерэхокардиографии индекс общей кардиальной дисфункции, который представляет собой отношение суммы времени изоволюмического сокращения и времени изоволюмического расслабления к времени изгнания ЛЖ. Этот индекс нередко называют его именем. Теi-индекс вычислялся как отношение периода от окончания трансмитрального кровотока (ТМК) до начала следующего ТМК к времени изгнания левого желудочка. Нормальные значения Теi-индекса у взрослых составляют $0,39 \pm 0,05$. Но у здоровых лиц в возрасте старше 60 лет значения Теi-индекса могут варьироваться и в среднем составляют $0,5 \pm 0,05$. По мере нарушения функции ЛЖ происходит увеличение Теi (рис. 17).

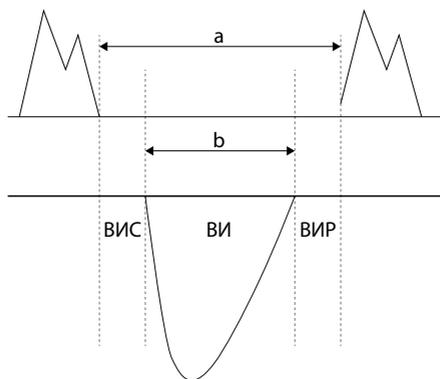


Рисунок 17 - Схема расчета Теi-индекса по митральному кровотоку и кровотоку в выносящем тракте левого желудочка. $Tei\text{-индекс} = (a-b)/b = (ВИС+ВИР)/ВИ$, где ВИС – время изоволюмического сокращения (мс), ВИР – время изоволюмического расслабления (мс), ВИ – время изгнания (мс) [7]

Оценка клапанного аппарата сердца. Митральный клапан

Исследование производится из парастеральной позиции по длинной и короткой оси. Визуально оценивается состояние створок. Эту позицию используют для сканирования в В- и М-режиме. Сканирование из парастеральной позиции вдоль короткой оси сердца на уровне митрального клапана особенно информативно для оценки подвижности створок митрального клапана и планиметрической оценки митрального стеноза. Из апикального доступа в четырехкамерной позиции можно оценить морфологические особенности створок и подклапанного аппарата. Информация, полученная в этой позиции, не дублирует результаты сканирования из парастеральной позиции, а дополняет их, т.к. позволяет визуализировать другие части митрального клапана.

Лучший метод диагностики митральной недостаточности – цветное доплеровское исследование, т.к. оно обладает высокой чувствительностью и

не требует много времени. Хотя представление о направлении и глубине проникновения регургитирующей струи может быть получено и в импульсном режиме, цветное доплеровское исследование надежнее и технически проще, особенно при эксцентрически направленной струе. Из апикального доступа митральная регургитация выглядит как появляющееся в систолу пламя, направленное в левое предсердие. При выявлении центральной струи большого размера для адекватной оценки степени МР рекомендуются измерения ширины струи регургитации (Vena Contracta) и радиуса PISA (Proximal Isovelocity Surface Area – площади проксимальной изоскоростной поверхности).

Для корректной оценки Vena Contracta необходимо соблюдение следующих условий: визуализация проводится в срезе, перпендикулярном комиссуральной линии (то есть в парастернальной позиции по длинной оси или апикальной четырехкамерной позиции), с тщательной ангуляцией датчика для оптимизации цветового изображения, при определенном пределе Найквиста (цветовая доплеровская шкала 40–70 см/с). Для оценки рекомендуется рассчитывать среднее значение двух или трех сердечных циклов и использовать два перпендикулярных среза. Vena Contracta <0,3 см соответствует легкой МР, Vena Contracta ≥0,7 см – тяжелой МР. При выявлении промежуточных значений (0,3–0,7 см) необходимы дополнительные методики оценки.

В настоящее время метод PISA – это оптимальный подход для количественной оценки степени тяжести МР. Классический срез для визуализации PISA – апикальная четырехкамерная позиция. Зону интереса выделяют путем уменьшения глубины изображения и снижают предел Найквиста до ~15–40 см/с. Радиус PISA измеряют в середину систолы. На основании радиуса PISA по стандартным формулам рассчитывают площадь эффективного регургитирующего отверстия (EROA) и регургитирующий объем (RVol). EROA является самым надежным параметром для оценки тяжести МР. Увеличение EROA ведет к возрастанию регургитирующей кинетической энергии (с большим RVol), а также потенциальной энергии (с низким RVol, но большим давлением в ЛП) (таблицы 6, 7).

Таблица 6 – Количественные показатели степени тяжести первичной митральной регургитации (ASE, 2003)

	Легкая МР	Умеренная МР	Тяжелая МР
Vena Contracta, см	< 0,3	0,3–0,69	≥ 0,7
EROA, см ²	< 0,2	0,2–0,39	≥ 0,4
RVol, мл	< 30	30–59	≥ 60

Таблица 7 – Градация и количественные показатели степени тяжести вторичной митральной регургитации (АНА/ACC, 2014)

	Стадия А, риск развития МР	Стадия В, прогрессирующая МР	Стадия С, асимптоматическая тяжелая МР	Стадия D, симптоматическая тяжелая МР
EROA, см ²	< 0,2	< 0,2	≥ 0,2	≥ 0,2
RVol, мл	< 30	< 30	≥ 30	≥ 30

Оценка наличия и степени стеноза МК

Оптимальным параметром определения степени тяжести митрального стеноза является площадь отверстия митрального клапана, измеряемая планиметрическим методом при сканировании клапана в парастернальной позиции по короткой оси. При доплеровском исследовании в импульсно- или непрерывно-волновом режиме регистрируется повышение скоростей кровотока, рассчитывается средний и менее информативный максимальный градиент давления. В режиме непрерывно-волнового доплера рассчитывается время полуспада градиента давления (pressure half-time – РНТ).

Аортальный клапан

Аортальный клапан исследуется из апикального доступа вдоль продольной оси сердца (пятикамерная позиция), из парастернальной позиции – по короткой и длинным осям в В-режиме. Следует проводить измерения в обеих позициях, так как направление клапанного отверстия в В-режиме и максимальной скорости потока могут не совпадать, особенно при наличии изменения формы створок аортального клапана. При этом удается отчетливо визуализировать анатомию створок, процесс их раскрытия, планиметрически оценить площадь отверстия. В М-режиме записывается раскрытие правой коронарной и некоронарной створок. С помощью цветного доплеровского картирования удается выявить аортальную недостаточность по струе регургитации в выносящем тракте ЛЖ. Отношение переднезаднего размера (диаметра) проксимальной части струи регургитации (Vena Contracta) к переднезаднему размеру выносящего тракта ЛЖ достаточно точно определяет степень тяжести стеноза, но для этого необходимо высокое качество изображения. Время полуспада градиента РНТ информативно лишь при тяжелой аортальной недостаточности, тем не менее позволяет количественно охарактеризовать степень аортальной недостаточности. В непрерывно-волновом режиме регистрируются средний (более информативен) и максимальный градиенты.

Трикуспидальный клапан

Исследование трикуспидального клапана проводят из парастеральной позиции вдоль длинной оси приносящего тракта ПЖ, парастеральной позиции вдоль короткой оси на уровне аортального клапана, из апикальной и субкостальной четырехкамерной позиций. Планиметрическое измерение площади отверстия трехстворчатого клапана удается лишь в исключительных случаях. Степень тяжести стеноза определяют на основании градиента давления на клапане. При непрерывно-волновой доплерографии стеноз диагностируют по возросшей скорости кровотока через трехстворчатый клапан, по рассчитанному по ней среднему градиенту давления. Максимальный градиент давления для количественной оценки стеноза мало информативен.

По максимальной скорости регургитации крови через несостоятельный трехстворчатый клапан можно рассчитать давление в легочной артерии при отсутствии стеноза клапана легочной артерии. При этом к рассчитанному градиенту следует прибавлять систолическое давление в ПП. При легочной гипертензии практически всегда имеется гемодинамически значимая трикуспидальная недостаточность.

ПОКАЗАНИЯ К ПРОВЕДЕНИЮ ТРАНСТОРАКАЛЬНОЙ ЭХОКАРДИОГРАФИИ В АМБУЛАТОРНОЙ ПРАКТИКЕ

- Наличие патологических шумов в сердце при аускультации
 - Обнаруженные изменения на электрокардиограмме
 - Нарушения ритма сердца
 - Боль в грудной клетке
 - Расширение границ сердца
 - Клинические признаки сердечной недостаточности
 - Предварительный или установленный диагноз воспалительного заболевания сердца (эндокардиты, перикардиты, миокардиты)
 - Подозрение на опухоли сердца
 - После перенесенных травм грудной клетки
 - Предоперационная подготовка
 - Врожденные/приобретенные пороки сердца или подозрение на их наличие
 - Стойкое повышение или снижение артериального давления
 - Профессиональные занятия спортом
 - Беременность
 - Подозрение на патологию аорты, легочной артерии
 - Перенесенные оперативные вмешательства на сердце
 - Протезированные клапаны
 - Проведение химио-, лучевой терапии и применение других кардиотоксических препаратов
 - Синкопальные состояния и нарушения мозгового кровообращения (особенно в молодом возрасте)
 - Лихорадка неясного генеза
 - Отягощенный семейный анамнез в отношении внезапной смерти, ишемической болезни сердца, идиопатического субаортального стеноза
 - Динамическое наблюдение больных с ишемической болезнью сердца, гипертонической болезнью, кардиомиопатиями, хронической болезнью почек, системными заболеваниями соединительной ткани
- Абсолютных противопоказаний к проведению ЭхоКГ не существует.
- Проведение исследования может быть затруднено у следующих категорий пациентов:
- хронические курильщики, лица страдающие бронхиальной астмой/ хроническим бронхитом и некоторыми другими заболеваниями дыхательной системы;
 - женщины со значительным размером молочных желез и мужчины с выраженным оволосением передней грудной стенки;

- лица со значительными деформациями грудной клетки (реберный горб и т.д.);
- лица с воспалительными заболеваниями кожи передней грудной клетки.

Скрининговая эхокардиография

Скрининговая трансторакальная ЭхоКГ может проводиться в рамках диспансеризации населения, специализированных медосмотров.

Цель данного вида исследования «сортировочная» и предполагает «гипердиагностический подход» с последующим направлением любых «подозрительных» пациентов на полноценную ЭхоКГ.

Исследование проводится в парастернальной или апикальной позициях. Измеряется минимальное количество показателей, визуально оценивается структурное состояние клапанов, локальная сократимость, выявляется клапанная регургитация и патологические сбросы в процессе цветового доплеровского картирования.

Пример протокола скрининг-ЭхоКГ

Название учреждения, отделение функциональной диагностики

СКРИНИНГ-ЭХОКАРДИОГРАФИЯ

Дата: _____ ФИО _____ Возраст _____
DAo _____мм(N22-30) ДЛП _____мм(N22-32)
КДР _____мм(N м:38-58; ж:38-52) КСР _____мм(N м:22-40; ж:22-35)
тМЖП _____мм (N м:6-10; ж:6-9) тЗСЛЖ _____мм (N м:6-10; ж:6-9) ФВ _____% (N55-75)

Пример заключения: Интегральная систолическая функция удовлетворительная, размеры камер сердца соответствуют возрасту. Структура и функция клапанов нормальная. Врожденных пороков и дисплазий не обнаружено.

АМБУЛАТОРНАЯ ЭХОКАРДИОГРАФИЯ У БЕРЕМЕННЫХ

Всем беременным с необъяснимыми или впервые возникшими сердечно-сосудистыми симптомами следует проводить эхоКГ. Но она тем более показана беременным, у которых в анамнезе есть сердечно-сосудистые заболевания (ССЗ), так как некоторые из них осложняют течение беременности, создают риск преждевременных родов, гибели плода и могут стать причиной смерти роженицы?.

ЭхоКГ при нормальной беременности

Обычно первое ЭхоКГ обследование беременной проводят при сроке 12 недель и в последующих триместрах повторяют по мере необходимости при наличии показаний.

Во время беременности у здоровой женщины объем жидкости увеличивается на 40–100%, а объем циркулирующей крови – на 30–50%, что неизбежно приводит к увеличению преднагрузки. Первые изменения можно определить уже на 5 неделе гестации, когда определяется увеличение ударного объема, сердечного выброса в среднем на 20%. К 20-й неделе гестации сдвиги увеличиваются, и прирост этих показателей может быть 30–50% по сравнению с начальными. Увеличение размеров левого предсердия отчетливо регистрируется к концу 1-го триместра, размеров и объемов левого желудочка (ЛЖ) – к концу 2-го триместра, и далее они постепенно увеличиваются вплоть до родов. В третьем триместре увеличивается индекс сферичности ЛЖ. При сравнении показателей отмечается, что в наибольшей степени увеличиваются объемы ЛЖ – на 30–50%, в меньшей степени его размеры – в среднем на 11%. При этом они не выходят за пределы общепринятой нормы.

В эти же сроки увеличивается толщина стенок ЛЖ и масса миокарда, что описывается как «физиологическая гипертрофия беременных». Как установлено, максимальная масса миокарда определяется в 3-м триместре беременности. Общий прирост массы миокарда иногда составляет до 70–80% по отношению к исходной. Нарушений функции сердца не возникает.

В первом триместре доплерография в импульсно-волновом режиме может выявлять увеличение скорости раннего диастолического наполнения (V_e) и снижение скорости кровотока в систолу предсердий (V_a) трансмитрального диастолического потока. В конце 2-го и в 3-м триместре возрастает вклад сокращения левого предсердия в наполнение ЛЖ, что отражается увеличением скорости V_a и, соответственно, относительным снижением отношения E/A . Удлиняется время изоволюметрического сокращения (IVRT) и время замедления потока (DT), но время ускорения (AT) остается стабильным. В первом триместре немного нарастает скорость систолического и одновременно снижается скорость диастолического кровотоков в легочных венах. Важно заметить,

что эти изменения происходят у беременных с нормальным артериальным давлением (АД) или незначительно повышенным диастолическим АД вследствие экспрессии фетальных генов, физиологических гормональных сдвигов. В это же время может незначительно снижаться фракция выброса (ФВ). Однако это снижение незначительно, кратковременно, не сопровождается какими-либо клиническими симптомами и самопроизвольно проходит без лечения.

Описано снижение систолической продольной деформации базальных, срединных и апикальных сегментов ЛЖ и систолической деформации правого желудочка (ПЖ), которые выявляются при более углубленном исследовании с использованием режимов strain, strain-rate. Но вместе с этим никаких существенных изменений радиальной и циркулярной деформации желудочков не регистрируют.

Систолическое давление в легочной артерии увеличивается иногда до 40 мм рт.ст. Немного, на 2–3 мм, увеличивается размер корня аорты. Возможно появление митральной и трикуспидальной регургитации 1–2 степени.

Все эти изменения обратимы. Полная нормализация отмечается к 3–6 мес. после родоразрешения. Но описаны случаи, в которых восстановление регистрировалось только через один год.

Перипартальная кардиомиопатия – это особое заболевание, которое возникает исключительно во время беременности или в послеродовом периоде, и ЭхоКГ имеет приоритетное значение в выявлении этой патологии.

Эхокардиографические критерии перипартальной кардиомиопатии:

- 1) ФВ менее 45% и/или фракционное укорочение менее 30%;
- 2) конечный диастолический диаметр ЛЖ больше 2,7 см/м.

Отмечено также нарушение диастолической функции, увеличение отношения E/e' трансмитрального потока крови. Важно, что при сниженной ФВ ЛЖ может быть не расширен. Динамику функции ЛЖ оценивают на протяжении всего периода лечения, которое ставит целью полную нормализацию или, по крайней мере, стабилизацию показателей. Это означает, что в каждом случае необходима очень внимательная ЭхоКГ-оценка всего сердца согласно полному протоколу оценки структуры и функции всех камер сердца в В- и доплеровских режимах, сопоставление полученных данных с предыдущими (наилучшее – с протоколом ЭхоКГ до беременности).

При наличии **порока сердца** у беременной ЭхоКГ проводят при легком поражении – в каждом триместре и перед родами. При умеренном и тяжелом – не реже 1 раза в 2 месяца или ежемесячно.

СОСТОЯНИЯ, ТРЕБУЮЩИЕ ДИНАМИЧЕСКОГО ЭХОКАРДИОГРАФИЧЕСКОГО НАБЛЮДЕНИЯ

При стабильном состоянии достаточной считается частота проведения ЭхоКГ 1 раз в год или 1 раз в 2 года в случае:

- ишемической болезни сердца;
- артериальной гипертензии;
- нарушениях ритма и проводимости сердца;
- хронической сердечной недостаточности;
- состояниях после перенесенного инфаркта миокарда или операций на сердце (в том числе имплантации кардиостимулятора, радиочастотной аблации, стентирования коронарных артерий и аневризмы аорты);
- приобретенных/врожденных пороках сердца, протезированных клапанах сердца.

По показаниям может проводиться и чаще.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведя эхокардиографическое исследование по вышеизложенному алгоритму и оценив описанные параметры, специалист функциональной или ультразвуковой диагностики на этапе поликлинического звена уже будет иметь достаточно полное представление о структуре и функционировании сердца пациента, что позволит оптимизировать дальнейшую тактику обследования и лечения пациента.

При проведении любого ЭхоКГ исследования существенным является тренировка адекватности сканирования, но это достигается не только знанием теории, но в большей степени в ходе практической деятельности.

Приведенные сокращенный и полный примеры заключений позволят логично отобразить состояние сердца пациента и оптимизировать работу врача, проводящего амбулаторное эхокардиографическое исследование.

Одним из важных вопросов является наблюдение за состоянием сердечно-сосудистой системы при беременности, в связи с чем в настоящих рекомендациях описаны гемодинамические изменения, происходящие в организме женщины в этот период, для грамотной оценки полученных при эхокардиографическом исследовании данных и избегания гипердиагностики патологических состояний.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Франк, А. Флаксампф. Курс эхокардиографии / под общ. ред. В. А. Сандрикова. – М.: Медпресс-информ, 2016. – 328 с.
2. Стандартизация эхокардиографии. Институт повышения квалификации ФМБА России. Кафедра клинической и функциональной диагностики Сибирский Федеральный научно-клинический центр. – URL: <http://www.funcdiag.ru/doc/PrEhoKG.pdf> (дата обращения : 20.06.2019). – Текст. Изображение : электронные.
3. Lang, R. M., Bierig, M., Devereux, R.B. Рекомендации по количественной оценке структуры и функции камер сердца / R. M. Lang, M. Bierig, R.B. Devereux, et al. // Российский кардиологический журнал. – 2012. № 3 (95). – С. 1–28. – Текст: непосредственный
4. Galderisi, M., Cosyns, B., Edvardsen, Th. 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 / M. Galderisi, B. Cosyns, Th. Edvardsen, et al. // European Heart Journal. Cardiovascular Imaging. – 2017. – December. – Vol. 18. – Issue 12. – P. 1301–1310. – URL: <https://doi.org/10.1093/ehjci/jex244> (дата обращения : 26.06.2019). – Text : electronic.
5. Sherif, N., Smiseth, O., Appleton, Ch. Recommendations for the Evaluation of Left Ventricular Diastolic Function by Echocardiography: An Update from the American Society of Echocardiography and the European Association of Cardiovascular Imaging / N. Sherif, O. Smiseth, Ch. Appleton, et al. // European Heart Journal Cardiovascular Imaging. – 2016. – 17. jew082. – DOI : 10.1093/ehjci/jew082.
6. Презентация. Доклад «Эхокардиография». – URL : <https://myslide.ru/presentation/skachat-эхoкардиография> (дата обращения : 08.07.2019). – Текст. Изображение : электронные.
7. Seyis, S. Relationship between Tei Index and Prognosis in Patients with Non ST Segment Elevation Myocardial Infarction / S. Seyis, T. Ozcan // Archives of Clinical and Biomedical Research. – URL : <http://www.fortunejournals.com/articles/relationship-between-tei-index-and-prognosis-in-patients-with-non-st-segment-elevation-myocardial-infarction.html> (дата обращения : 24.09.2019). – Text : electronic.

Серия «Лучшие практики лучевой и инструментальной диагностики»

Выпуск 54

Составители:

Дорошенко Дмитрий Александрович

Беневская Мария Александровна

Ветшева Наталья Николаевна

ТРАНСТОРАКАЛЬНАЯ ЭХОКАРДИОГРАФИЯ У ВЗРОСЛЫХ

Методические рекомендации

Отдел координации научной деятельности ГБУЗ «НПКЦ ДиТ ДЗМ»

Руководитель отдела О.В. Омелянская

Технический редактор А.И. Овчарова

Компьютерная верстка Е.Д. Бугаенко

ГБУЗ «НПКЦ ДиТ ДЗМ»

109029, г. Москва, Средняя Калитниковская улица, дом 28, стр. 1

