

МИНИСТЕРСТВО ЗДРАВООХРАНЕНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

**ГУ «РЕСПУБЛИКАНСКИЙ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКИЙ ЦЕНТР
РАДИАЦИОННОЙ МЕДИЦИНЫ И ЭКОЛОГИИ ЧЕЛОВЕКА»**

Е.В. Родина, А.В. Коротаев

**ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ СТРЕСС-
ЭХОКАРДИОГРАФИИ У ПАЦИЕНТОВ
КАРДИОЛОГИЧЕСКОГО ПРОФИЛЯ**



Практическое пособие для врачей

Гомель, ГУ «РНПЦ РМиЭЧ», 2019

Составители:

Е.В. Родина, врач функциональной диагностики отделения функциональной диагностики ГУ «РНПЦ РМиЭЧ»

А.В. Коротаев, врач терапевт (заведующий отделением) терапевтического отделения (для участников ликвидации и потерпевших от катастрофы на ЧАЭС)

Рецензенты:

О.Н. Кононова, доцент кафедры внутренних болезней с курсом ФПКиП Гомельского государственного медицинского университета, канд. мед. наук.

Н.Г. Кадочкина, врач терапевт (палаты для взрослых) отделения иммунопатологии и аллергологии ГУ «РНПЦ РМиЭЧ», канд. мед. наук.

Т.В. Кожемякина, врач функциональной диагностики (заведующий отделением) отделение функциональной диагностики Гомельского областного клинического госпиталя инвалидов отечественной войны.

Возможности применения стресс-эхокардиографии у пациентов кардиологического профиля / Е.В. Родина, А.В. Коротаев. – Гомель: ГУ «РНПЦ РМиЭЧ», 2019. – 29 с.

В практическом пособии описывается методика проведения стресс-эхокардиографии. Определены показания и противопоказания для проведения данного диагностического исследования. Приведены диагностические критерии для интерпретации получаемых результатов.

Пособие предназначено для врачей функциональной диагностики, врачей-кардиологов, врачей-терапевтов, слушателей курсов повышения квалификации.

Рекомендовано к изданию на заседании Ученого совета ГУ «РНПЦ РМиЭЧ» протокол № 9 от 22 октября 2019 г.

© Е.В. Родина

© ГУ «РНПЦ РМиЭЧ», 2019

ПЕРЕЧЕНЬ СОКРАЩЕНИЙ

АГ	артериальная гипертензия
АД	артериальное давление
ВЭМ	велозргометрия
Допплер-ЭхоКГ	доплер-эхокардиография
ИБС	ишемическая болезнь сердца
ИНЛС	индекс нарушение локальной сократимости
КРТ	кардиоресинхронизирующую терапию (КРТ).
ПЖ	правый желудочек
СДПЖ	систолическое давление
Стресс-ЭхоКГ	стресс-эхокардиография
Синдром WPW	синдром Вольфа-Паркинсона-Уайта
СН	сердечная недостаточность
ЧСС	частота сердечных сокращений
ФК ТК	фиброзное кольцо трикуспидального клапана
ФВ ЛЖ	фракция выброса левого желудочка
ХСН	хроническая сердечная недостаточность
ЭКГ	электрокардиография

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	4
Патофизиологические основы стресс-ЭхоКГ	5
Показания к проведению стресс-эхокардиографии	6
Общие принципы и условия отбора пациентов для стресс-эхокардиографии	7
Противопоказания к проведению стресс-эхокардиографии	8
Методика	11
Диагностические критерии прекращения стресс-эхокардиографии	14
Диагностические критерии	17
Особенности различных протоколов стресс-эхокардиографии	19
Возможности стресс-эхокардиографии при хронической сердечной недостаточности	24
Клапанные пороки	26
Список использованной литературы	30

Введение

Стресс-эхокардиография (стресс-ЭхоКГ) – это сочетание двухмерной эхокардиографии с физиологическими, фармакологическими или электрофизиологическим нагрузочным тестом.

Диагностическим критерием ишемии миокарда является возникновение транзиторных нарушений локальной сократимости на фоне нагрузки. Стресс-ЭхоКГ обладает сходной диагностической точностью и прогностическим значением с радионуклидными нагрузочными методами, но имеет существенно меньшую стоимость, безопасна для окружающей среды и не несет лучевой нагрузки для пациента и врача. Среди различных нагрузочных методов с сопоставимой диагностической и прогностической точностью наиболее часто используется нагрузка на лежащем велосипеде; стресс-ЭхоКГ с добутамином предпочтительна для выявления жизнеспособного миокарда; стресс-ЭхоКГ с дипиридамолом – наиболее безопасный и простой фармакологический стресс тест, подходящий для одновременной оценки локальной сократимости и коронарного резерва; также с целью выявления стресс-индуцированной ишемии осуществляется чрезпищеводная электрокардиостимуляция предсердий. Данные о дополнительных клинических преимуществах применения контрастной ЭхоКГ с оценкой перфузии миокарда и тканевой доплер-ЭхоКГ противоречивы, тогда как возможность дополнительной оценки коронарного резерва в левой передней нисходящей коронарной артерии при трансторакальной доплер-ЭхоКГ является потенциально важным дополнением к стресс-ЭхоКГ. Новые области применения стресс-ЭхоКГ связаны с возможностями доплер-стресс-ЭхоКГ при клапанных пороках сердца и дилатационной кардиомиопатии. Несмотря на высокую зависимость результатов от квалификации исследователя, стресс-ЭхоКГ в настоящее время лучший (наиболее дешевый и безопасный) визуализирующий метод из числа неинвазивных способов диагностики ишемической болезни сердца (ИБС).

Патофизиологические основы стресс-ЭхоКГ

Приложением различных способов провокации ишемии являются три основных субстрата, это: эпикардальные артерии, миокард и микроциркуляторное русло. Поражение эпикардальной артерии наиболее часто встречается в клинической практике и является основной причиной обострения клинического течения ИБС. Поражение эпикардальной артерии может быть фиксированным и динамическим. Понятие фиксированного стеноза коронарной артерии тесно связано с понятием коронарный резерв, который представляет собой способность русла к расширению, в ответ на повышение метаболической потребности при усиленной работе сердца. В фиксированном коронарном стенозе можно выделить 4 зоны: гемодинамически стабильную зону со степенью сужения до 40%, клинически немую зону с рангом стеноза от 40 до 70%, зону с потенциальной возможностью к провокации ишемии при физической нагрузке (сужение артерии свыше 70%), зона, провоцирующая ишемию в покое при полном исчерпывании коронарного резерва, где стенозирование артерии свыше 90%. Основной мишенью при проведении стресс-эхокардиографии является фиксированный стеноз со степенью стенозирования коронарной артерии свыше 70%. Наиболее трудно поддающиеся функциональной оценке являются пограничные стенозы, с рангом стеноза от 40 до 70%. Данный тип стенозов наиболее часто дает быстро преходящие и незначительные нарушения локальной сократимости, не фиксирующиеся при ЭхоКГ, тем самым увеличивая долю ложноотрицательных результатов в работе. Теоретически, основой динамического стеноза может быть повышенный тонус сосуда на уровне эксцентрично расположенной коронарной бляшки, вазоспазм, обусловленный гиперактивностью гладкомышечных клеток сосуда, или преходящий тромбоз коронарной артерии. Практически все данные механизмы реализованы у пациентов нестабильной стенокардией.

При нормальном просвете эпикардальных коронарных артерий, выраженная гипертрофия миокарда так же может значительно снижать

коронарный резерв через ряд механизмов: посредством неадекватного соотношения сосудов и массы миокарда, интрамуральной компрессии коронарных сосудов увеличенным экстраваскулярным напряжением, а также посредством увеличенного потребления кислорода в покое. У пациентов с синдромом X, снижение коронарного резерва, обусловлено неспособностью микроциркуляции реагировать адекватным расширением сосудистого русла в ответ на возросшие метаболические потребности миокарда, вследствие нарушения механизма передачи сигнала.

Таким образом, нарушения локальной сократимости и перфузии миокарда (или коронарного резерва) являются более точными признаками для выявления и определения локализации ИБС, чем изменения на ЭКГ. Однако, нарушения локальной сократимости более специфичны, так как возникают только при ишемии миокарда, тогда как изменения перфузии миокарда более чувствительны и могут происходить в отсутствие истинной ишемии.

Показания к проведению стресс-эхокардиографии

Диагностика ИБС:

- диагностика ишемии миокарда при различных клинических формах ИБС;
- диагностика ишемии миокарда на фоне значительно измененной ЭКГ (гипертрофии камер сердца, блокада левой ножки пучка Гиса, синдром WPW, неспецифические изменения конечной части желудочкового комплекса);
- невозможность выполнения или сомнительные результаты ЭКГ тестов с дозированной физической нагрузкой.

Оценка эффективности консервативного и хирургического лечения ИБС.

Оценка жизнеспособности миокарда:

- при наличии «спящего миокарда» (hibernated myocardium);
- при наличии "оглушенного миокарда" (stunned myocardium);
- при инфаркте миокарда;
- при диффузных кардиосклеротических (неспецифических) поражениях сердечной мышцы;
- при решении вопроса о трансплантации сердца.

Прогноз течения ИБС и риска развития осложнений:

- при хронических формах ИБС;
- прогноз (вероятность) развития острой коронарной недостаточности или инфаркта миокарда;
- после перенесенного острого инфаркта;
- при операциях реваскуляризации миокарда, а также при других операциях на сердце;
- прогноз развития кардиальных осложнений при проведении тяжелых несердечных операций.

Стресс-эхокардиография при оценке прогноза и решения ряда клинических проблем у пациентов с некоронарогенными заболеваниями сердца:

- оценка тяжести, прогноза течения и определение сроков хирургического лечения при клапанных пороках сердца;
- выявление латентной обструкции выносящего тракта левого желудочка при гипертрофии миокарда;
- оценка тяжести и прогноз течения при дилатационной кардиомиопатии
- выявление ишемической болезни сердца у пациентов с другими заболеваниями сердца (пороки сердца, гипертензии различной этиологии, постмиокардитический кардиосклероз и т.п.);
- оценка тяжести и прогноза при хронической сердечной недостаточности неишемического происхождения.
- Легочная гипертензия;
- Спортсмены с симптомами.

**Общие принципы и условия отбора пациентов для
стресс-эхокардиографии**

Стресс-ЭХОКГ является очень серьезной, ответственной и не всегда безопасной диагностической процедурой. Для получения информации о состоянии коронарного кровообращения, при стресс-ЭХОКГ используются агрессивные стресс-агенты и достаточно «жесткие» протоколы проведения

теста. Поэтому обязательными условиями при отборе пациентов для стресс-ЭХОКГ являются:

- правильный и обоснованный отбор пациентов с учетом показаний и противопоказаний;
- клиническая оценка состояния пациента, регистрация ЭКГ и проведение ЭХОКГ в покое перед началом исследования. Сравнение этих данных с имеющимися в медицинской документации для исключения «свежего» ухудшения кровоснабжения миокарда;
- проведение стресс-теста не ранее чем через 4 часа после приступа стенокардии;
- не следует выполнять тест в один день с другими тяжелыми диагностическими и лечебными процедурами;
- отмена всех антиангинальных препаратов и средств, которые могут повлиять на характер проведения теста и получаемые результаты (нитраты и антагонисты кальция за 8 – 24 часа, бета-адреноблокаторы за 4 – 5 дней, кордарон, сердечные гликозиды за 5 - 10 дней до теста).

Врачу, назначающему стресс-ЭХОКГ, принадлежит особая роль и высокая ответственность в организации исследования:

- тщательный клинический анализ истории заболевания;
- определение обоснованных показаний;
- выбор необходимого стресс-агента;
- выявление противопоказаний к проведению стресс-ЭХОКГ;
- выявление противопоказаний к использованию конкретного стресс-агента;
- получение информированного согласия пациента на проведение ему стресс-ЭХОКГ;
- подготовка пациента к исследованию.

Противопоказания к проведению стресс-эхокардиографии

Противопоказания при проведении стресс-ЭХОКГ можно разделить на 4 основные группы:

1. общеклинические противопоказания;

2. электрокардиографические противопоказания;
3. акустические противопоказания;
4. противопоказания, связанные с особенностями применяемых физических, фармакологических и иных стресс-агентов.

Общеклинические противопоказания.

Абсолютные противопоказания:

- острая фаза инфаркта миокарда (до 7 дней);
- нестабильная стенокардия (до стабилизации процесса);
- недостаточность кровообращения II Б – III ст.;
- расслоение аорты;
- наличие хронической аневризмы сердца с тромбом и указанием на тромбоэмболии в анамнезе;
- выраженный стеноз устья аорты (с проявлениями синдрома малого сердечного выброса);
- врожденные и приобретенные пороки сердца в фазе декомпенсации кровообращения;
- острый миокардит и перикардит;
- острый тромбофлебит;
- инфекционные заболевания, лихорадка;
- острое нарушение мозгового кровообращения;
- обострение бронхиальной астмы или обструктивной болезни легких;
- выраженная дыхательная недостаточность;
- декомпенсация углеводного обмена у пациентов с сахарным диабетом.

Относительные противопоказания:

- возраст старше 74 лет;
- аневризмы сердца и магистральных сосудов;
- выраженная артериальная гипертензия (систолическое АД свыше 180 мм.рт.ст., диастолическое - свыше 100 мм. рт. ст.);
- синусовая тахикардия (ЧСС >120 в мин) или выраженная брадикардия (ЧСС <

50 в мин);

- значительное увеличение размеров сердца;
- тиреотоксикоз, микседема, выраженное ожирение;
- указание в анамнезе на ранее перенесенное нарушение мозгового кровообращения;
- почечная, печеночная недостаточность;
- анемия;
- психоневрологические расстройства.

Состояния, требующие специального внимания и предосторожности: наличие имплантированного водителя ритма сердца, различные нарушения ритма сердца.

Противопоказания, выявляемые на ЭКГ покоя до начала стресс-эхокардиографии

Абсолютные противопоказания:

- частые политопные или групповые желудочковые экстрасистолы;
- суправентрикулярная или желудочковая тахикардия;
- остро возникший синдром WPW;
- атриовентрикулярная блокада II-III степени;
- отрицательная динамика ЭКГ покоя.

Акустические противопоказания.

- неудовлетворительная визуализация сердца при эхокардиографическом исследовании;
- индивидуальная непереносимость ультразвука.

Противопоказания, связанные с особенностями применяемых физических, фармакологических и иных стресс-агентов при стресс-эхокардиографии.

Противопоказания, связанные с применением конкретных стресс-агентов, представлены при рассмотрении протокола с конкретными стресс-агентами в соответствующих разделах руководства.

Методика

Общее положение

Подготовка пациента к проведению стресс-ЭхоКГ

- информированное согласие;
- максимальная чувствительность достигается отменой антиангинальных препаратов;
- β -блокаторы отменяются за 4 – 5 дней;
- ограничение приема пищи до исследования;
- установить периферический катетер перед фарм. пробами;
- Дипиридамол: за 12 часов до исследования отменить продукты содержащие теofilлин и кофеин: чай, кофе, кола.

Во время стресс-ЭхоКГ электроды ЭКГ размещают стандартным образом на конечностях и грудной клетке, немного смещая вверх или вниз при необходимости освободить найденное оптимальное акустическое окно. 12-канальная ЭКГ регистрируется в покое и каждую минуту на протяжении исследования. Одно отведение ЭКГ также постоянно отображается на мониторе эхокардиографа для оценки изменений сегмента ST и аритмий врачом, проводящим исследование. АД измеряют в состоянии покоя и на каждой ступени нагрузки. Обычно регистрируются эхокардиографические изображения в парастернальных позициях по длинной и короткой осям, апикальных четырех- и двух- и трехкамерной позициях. В некоторых случаях используются субкостальные позиции. Изображения из всех позиций записываются в состоянии покоя и сохраняются в цифровом формате. Для сравнительного анализа используется режим с одновременным показом четырех изображений на экране.



Далее проводится непрерывное мониторирование эхокардиограммы с периодической регистрацией изображений. При наличии очевидных или возможных нарушений локальной сократимости проводится полноценное ЭхоКГ обследование с записью всех необходимых позиций, что позволяет оптимально документировать наличие и распространенность ишемии миокарда. Те же самые позиции получают и регистрируют во время фазы восстановления после прекращения пробы (физическая нагрузка или стимуляция) или назначения антидота (аминофиллин для дипиридамола, β -блокатор для добутамина, нитроглицерин для эргометрина). Иногда ишемия может регистрироваться поздно, уже после прекращения инфузии препаратов. В этом случае транзиторные нарушения сократимости во время пробы могут быть оценены сравнением нагрузки с покоем, нагрузки с восстановлением и с пиком нагрузки. Необходимо получить аналогичные изображения в одних и тех же позициях на каждой ступени пробы. Анализ исследования обычно проводят с использованием 16- или 17 сегментной модели ЛЖ (рис. 1) и 4-бальной шкалы оценки локальной сократимости (1 – нормокинез; 2 – гипокинез; 3 – акинез; 4 – дискинез).

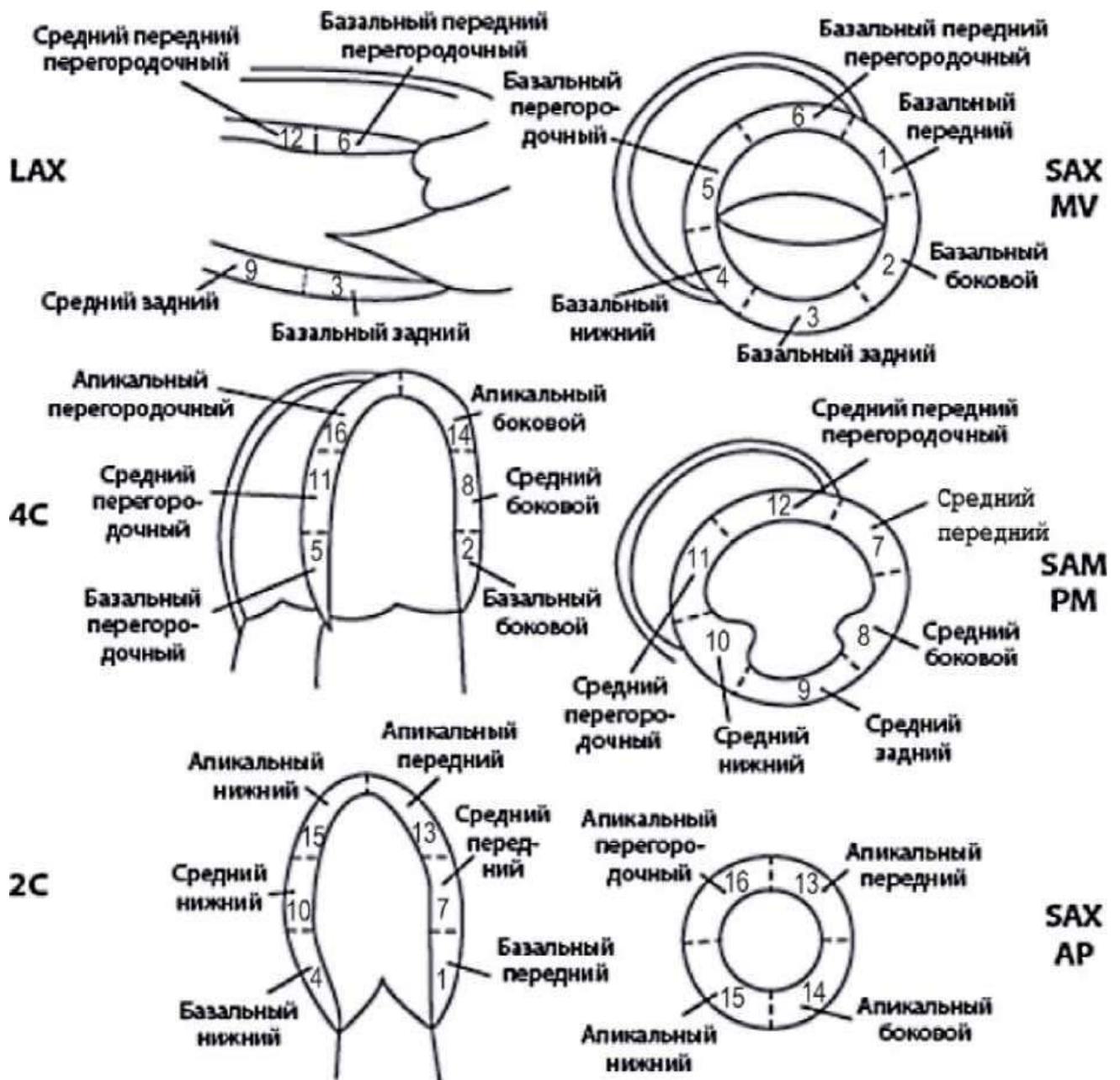


Рис. 1. 16-сегментарная модель ЛЖ. Все 16 сегментов могут быть выявлены тремя продольными проекциями (по длинной оси – LAX, четырехкамерной – 4C, двухкамерной – 2C) и тремя проекциями по короткой оси (на уровне митрального клапана – SAX MV, на уровне папиллярных мышц – SAX PM, на уровне верхушки – SAX AP)

Схема коронарного кровоснабжения сегментов левого желудочка



Диагностические критерии прекращения стресс-эхокардиографии

При проведении стресс-ЭХОКГ важным является своевременное прекращение стрессового воздействия на организм. Превышение определенного порога переносимости или передозировка фармакологического препарата могут привести к тяжелым осложнениям. Можно выделить следующие основные группы критериев прекращения теста:

1. Клинические.
2. Электрокардиографические.
3. Эхокардиографические.
4. Выполнение протокола исследования.

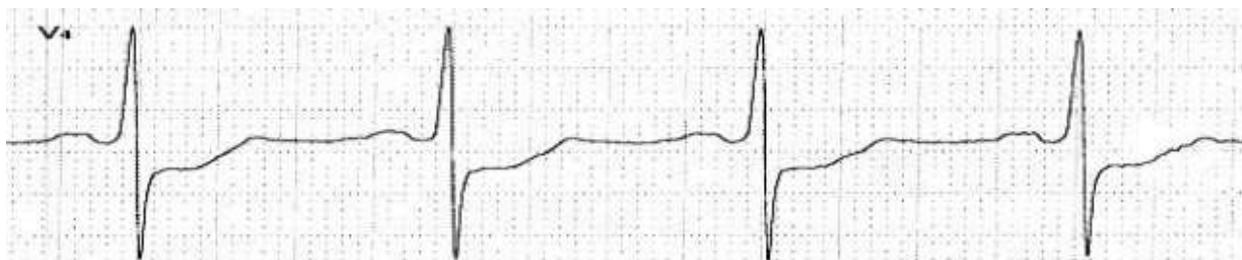
Клинические критерии:

- возникновение приступа стенокардии или эквивалентов;
- значительное повышение АД (более 220/120 мм.рт.ст.);
- симптоматическая артериальная гипотензия со снижением АД менее 40 мм.рт.ст.
- развитие приступа удушья или выраженной одышки;

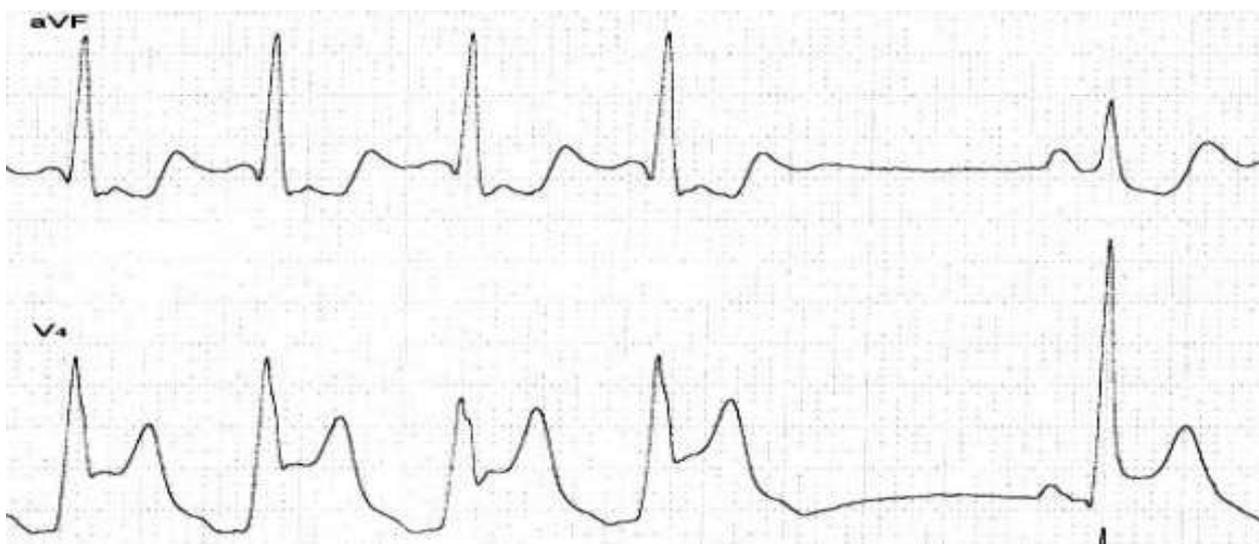
- появление резкой слабости, головокружения, сильной головной боли, тошноты;
- отказ больного от дальнейшего проведения теста.

Электрокардиографические критерии:

- депрессия сегмента ST по ишемическому типу более 1 мм не менее чем в двух отведениях (на рисунке ниже представлена депрессия сегмента ST по ишемическому типу):

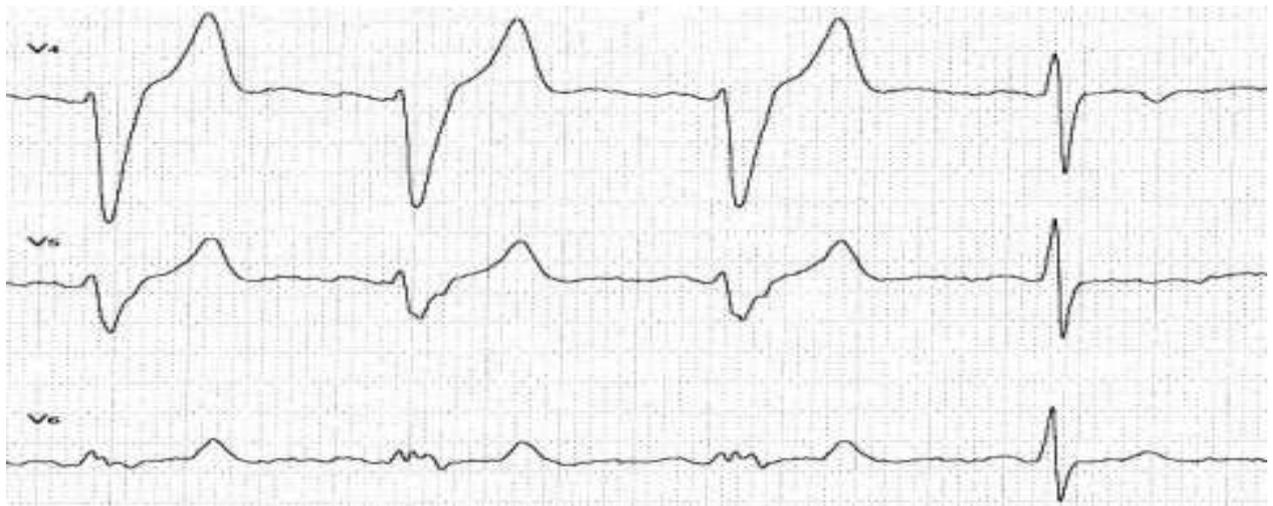


элевация сегмента ST на 1 мм и более в отведениях (кроме отведений aVR и V₁) без патологического зубца Q (на рисунке ниже представлена элевация сегмента ST в отведении V₄):

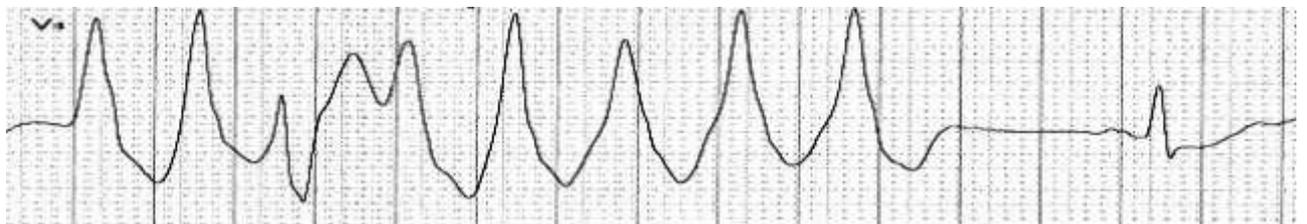


- нарушения ритма и проводимости

появление нарушений проводимости (на рисунке ниже представлена переходящая блокада левой ножки пучка Гиса):



появление нарушений ритма в виде частых (1:10), политопных, групповых желудочковых экстрасистол, пароксизмальных тахикардий (на рисунке ниже представлена пробежка желудочковой тахикардии):



Эхокардиографические критерии:

- появление или усугубление признаков нарушений локальной сократимости

Эхокардиографические признаки ишемии

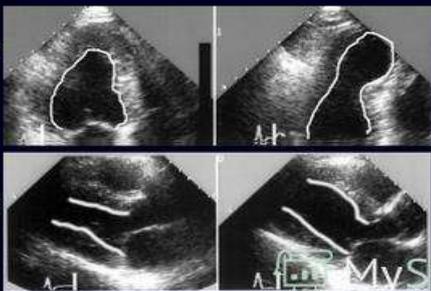
Локальные нарушения сократимости (не менее чем в двух сегментах): →



глобальные

- деформация полости →

- расширение полости →



MyShared

Выполнение протокола исследования:

- достижение максимально возможной дозы фармакологического стресс-агента, субмаксимальной физической (электрофизиологической) нагрузки.

Диагностические критерии

Все варианты стресс-ЭхоКГ заключений могут быть легко представлены в виде формул, основанных на фундаментальных типах ответа миокарда: нормальный, ишемический, жизнеспособный и рубцовый. При нормальном ответе нормокинетичные сегменты в покое остаются нормокинетичными или переходят в гиперкинез во время теста. При ишемическом ответе сократительная функция сегментов ЛЖ ухудшается во время нагрузки от нормокинеза до гипокинеза, акинеза или дискинеза (как правило, для положительного теста необходимо развитие нарушений сократимости, по крайней мере, в двух смежных сегментах).

Стресс-эхокардиография в четырех формулах

ПОКОЙ	+ СТРЕСС	= ДИАГНОЗ
нормокинез	- нормокинез или гипокинез	= нормальный миокард
нормокинез	- гипокинез, акинез	= ишемизированный миокард
акинез	- гипокинез, нормокинез	= гибернированный (спящий) миокард
акинез дискинез	акинез, дискинез	= погибший (некротизированный) миокард

При рубцовом варианте ответа сегменты, имеющие дисфункцию в покое, остаются без динамики на фоне нагрузки. При жизнеспособном ответе сегменты с дисфункцией в покое могут демонстрировать постоянное улучшение функции во время пробы, соответствуя оглушенному миокарду (без риска ишемии), или улучшение функции на ранних этапах пробы с последующим ухудшением на пике нагрузки (двухфазный ответ). Двухфазный ответ соответствует гибернированному миокарду (риск ишемии), сократительная функция которого часто улучшается после реваскуляризации. Акинез в покое, переходящий в дискинез во время пробы, обычно является следствием пассивного механического увеличения внутрижелудочкового давления под действием нормально сокращающихся стенок, и не должен рассматриваться как признак ишемии.

Оценку амплитуды движения и систолического утолщения стенки в каждом сегменте рекомендуется проводить в месте, отстоящем более 1 см от соседнего сегмента, что снижает вероятность неверной интерпретации его сократимости из-за феномена «увлечения» при нормо- и гиперкинезе соседних сегментов. Для оценки степени тяжести нарушений сегментарной сократимости рассчитывают индекс нарушения локальной сократимости (ИНЛС) или асинергии ЛЖ как отношение суммы баллов в анализируемых сегментах к количеству оцениваемых сегментов.

Оценка степени тяжести нарушения регионарной сократимости левого желудочка

1. ИНЛС = 1,0 – норма;
2. ИНЛС = 1,1 – 1,49 – легкое нарушение сократимости;
3. ИНЛС = 1,5 – 1,99 – средней степени тяжести;
4. ИНЛС = 2,0 и более – тяжелое нарушение регионарной сократимости.

Маркер многососудистого поражения – отсутствие прироста или снижение глобальной сократимости левого желудочка в ответ на физическую нагрузку.

Оценка глобальной систолической функции левого желудочка

- фракция выброса;
- ударный объем;
- конечный диастолический и систолический объемы и индексы

Особенности различных протоколов стресс-эхокардиографии

Наиболее часто стресс-ЭхоКГ проводится с физической нагрузкой, добутамином или дипиридамолом.

Физическая нагрузка

Стресс-ЭхоКГ с физической нагрузкой выполняется с использованием протоколов для тредмила или велоэргометра. При выполнении тредмил-теста мониторинг ЭхоКГ затруднен, поэтому большинство протоколов предполагают выполнение ЭхоКГ сразу после прекращения нагрузки. Необходимо начать постнагрузочное сканирование максимально быстро (за период не более 1 минуты после прекращения нагрузки). Для этого пациент должен немедленно переместиться с тредмила на кушетку и занять положение на левом боку. Сканирование должно быть выполнено в пределах 1–2 минут. Эта методика основана на предположении о том, что нарушения локальной сократимости сохраняются достаточно долго после прекращения нагрузки и смогут быть обнаружены в фазу восстановления. При быстром восстановлении сократимости результат теста будет ложноотрицательным. Преимуществом использования тредмила является его широкая распространенность и

привычность ходьбы для пациента, в то время как на велосипеде многие больные не могут выполнять нагрузку. Данные о толерантности к физической нагрузке, величине прироста ЧСС, сердечном ритме и динамике АД анализируются и вместе с локальной сократимостью становятся частью окончательного заключения.

Стресс-ЭхоКГ с выполнением нагрузки на велоэргометре может осуществляться в вертикальном положении или в положении лежа. Пациенты крутят педали в постоянном темпе (обычно частота педалирования 60 оборотов в минуту) при увеличивающемся сопротивлении вращению педалей. Нагрузка увеличивается ступенчато с одновременным выполнением ЭхоКГ. Для успешного выполнения стресс-ЭхоКГ с велоэргометрией (ВЭМ) требуется сотрудничество пациента (поддержание правильного темпа при педалировании). Основным преимуществом использования ВЭМ является возможность регистрации изображений на различных этапах нагрузки (а не только после нагрузки). Хотя изображения могут быть получены на протяжении всего времени выполнения нагрузки, в большинстве случаев интерпретация результатов основана на сравнении изображений в покое и на пике нагрузки. В положении пациента лежа на спине получать изображения различных ЭхоКГ позиций во время выполнения ступенчатой нагрузки относительно легко. С появлением велоэргометров, позволяющих отклонить корпус пациента влево, качество визуализации еще больше улучшилось. В вертикальном положении изображения можно получить, как правило, только из апикального или субкостального доступа. Если попросить пациента наклониться кпереди над поручнем и вытянуть руки, в большинстве случаев удастся получить изображения сердца из апикального доступа. Для получения субкостальной позиции необходимо, чтобы пациент немного прогнулся спиной вперед, при этом, следует обращать внимание на получение неукороченного изображения верхушки ЛЖ.

Стресс-тест с фармакологическими агентами

Добутамин

Стандартный протокол стресс-ЭхоКГ с добутамином предполагает непрерывное внутривенное введение добутамина, начиная с 5 мкг/кг/мин и увеличение его дозы каждые 3 минуты до 10, 20, 30 и 40 мкг/кг/мин. Если не достигнуты критерии прекращения нагрузки, добавляют атропин (в дозе 0,25 мг каждую минуту до максимальной дозы 1 мг) на фоне продолжающейся инфузии добутамина в дозе 40 мкг/кг/мин. Ранее предлагались более консервативные протоколы с большей продолжительностью ступеней и максимальной дозой добутамина 20–30 мкг/кг/мин, однако их чувствительность невысока. Более агрессивные протоколы с максимальными дозами добутамина 50–60 мкг/кг/мин и атропина 2 мг не полностью доказали свою безопасность. Кроме того, до настоящего времени в крупных исследованиях не продемонстрировано их преимущество над стандартным протоколом.



Дипиридомол

Стандартный протокол стресс-ЭхоКГ с дипиридамолом подразумевает внутривенное введение 0,84 мг/кг дипиридамола в течение 10 минут в два этапа: 0,56 мг/кг за 4 минуты (“стандартная доза”), после 4-минутного

перерыва, если тест все еще отрицательный, то дополнительно вводится 0,28 мг/кг за 2 минуты. Если не достигнуты критерии прекращения нагрузки, то добавляют атропин (в дозе 0,25 мг до максимальной дозы 1 мг). Полная доза дипиридамола 0,84 мг/кг может быть введена также за 6 минут. Чем короче время инфузии, тем больше чувствительность. Аминофиллин (240 мг) должен быть приготовлен на случай немедленного быстрого введения при развитии неблагоприятных явлений, связанных с дипиридамолом, и обычно вводится в конце пробы независимо от ее результата.

Аденозин

Аденозин можно использовать по схожей методике. Обычно вводится доза 140 мг/кг/мин в течение 6 минут. Эхокардиографические изображения регистрируются до и на фоне введения аденозина.

Электрическая стимуляция

При наличии у пациента постоянного электрокардиостимулятора, его можно использовать для проведения абсолютно неинвазивного стресс теста, путем перепрограммирования водителя ритма на более высокую ЧСС. Стимуляцию начинают с частоты 100 ударов в минуту и увеличивают каждые 2 минуты на 10 ударов до субмаксимальной ЧСС (85% от возрастной максимальной ЧСС) или до достижения других стандартных критериев прекращения нагрузки. Тот же самый протокол можно выполнить в ускоренном варианте с более короткими ступенями (20–30с каждая) до целевой ЧСС. Однако некоторые искусственные водители ритма не позволяют программирование до целевой ЧСС, что является основным ограничением метода. Возможности устройства необходимо проверять до назначения данного варианта стресс-ЭхоКГ. Двухмерная ЭхоКГ регистрируется до начала стимуляции и на протяжении всей пробы. Окончательная запись проводится после 3 минут стимуляции на максимально достигнутой ЧСС (обычно 150 ударов в минуту) или на целевой ЧСС.

Тест на вазоспазм: эргометрин

Эргометрин вводится внутривенно болюсно (50 мкг) каждые 5 минут до получения положительного ответа или достижения суммарной дозы 0,35 мг. После каждой инъекции эргометрина регистрируется ЭКГ в 12 отведениях, а локальная сократимость ЛЖ мониторируется постоянно. Критериями положительной пробы являются появление транзиторной элевации или депрессии сегмента ST более 0,1 mV через 0,08 с после точки j (ЭКГ критерий) или обратимых нарушений локальной сократимости по данным двухмерной ЭхоКГ (ЭхоКГ критерий). Критериями прекращения теста являются положительный ответ по данным ЭКГ или ЭхоКГ, введение полной дозы эргоновина 0,35 мг, развитие значимых нарушений ритма или гемодинамики (систолическое АД >200 мм рт.ст. или <90 мм.рт.ст). При патологическом ответе сразу начинается внутривенное введение нитроглицерина; также рекомендуется прием нифедипина сублингвально (10 мг) для профилактики возможных отсроченных эффектов эргометрина. Эти препараты могут быть назначены по необходимости.

3 основные группы пациентов с показаниями к фармакологической стресс-

ЭхоКГ

1. пациенты которым противопоказано проведение нагрузочной ЭКГ - пробы (например, с тяжелой АГ);
2. пациенты, у которых проведение нагрузочной ЭКГ - пробы невозможно (например, с перемежающейся хромотой);
3. пациенты, у которых нагрузочная ЭКГ – проба оказалась неинформативной или показала неоднозначный результат
 - неспособность достичь целевой ЧСС
 - наличие болей в грудной клетке в отсутствии значимых изменений ЭКГ и при условиях, снижающих надежность маркеров ишемии на ЭКГ (женский пол, АГ, нарушения реполяризации на ЭКГ в условиях покоя или после гипервентиляции)

Возможности стресс-эхокардиографии при хронической сердечной недостаточности

Единым патофизиологическим механизмом развития СН, независимо от вида сердечно-сосудистой патологии, является снижение насосной функции, что приводит к дисбалансу между гемодинамической потребностью организма и возможностями сердца. Иными словами, «сердце не может перекачивать кровь объемом, соизмеримым с требованиями метаболизма тканей».

Диастолический стресс-ЭхоКГ тест является новой процедурой для выявления СН с сохраненной ФВ у пациентов с одышкой напряжения, нормальной ФВ и неубедительными признаками диастолической дисфункции в покое. Стресс-ЭхоКГ показана пациентам для верификации диастолической СН. Кроме того, нагрузочная ЭхоКГ используется у пациентов СН для определения наличия и степени выраженности индуцированной ишемии и определения жизнеспособности несокращающегося миокарда. Этот метод также может быть полезен при подозрении на тяжелый аортальный стеноз у пациентов с низкой ФВ и низким трансклапанным градиентом давления.

Потенциальными возможностями стресс-ЭхоКГ при СН являются:

- Диагностика СН у пациентов с отсутствием симптомов в покое (в том числе выявление диастолической СН, дифференциальная диагностика синдрома одышки);
- оценка функциональной способности сердца у пациентов с симптомами СН в покое;
- оценка жизнеспособности несокращающегося миокарда;
- определение выраженности аортального стеноза и недостаточности митрального клапана;
- прогнозирование течения заболевания;
- прогнозирование ответа на кардиоресинхронизирующую терапию (КРТ).

Стресс-тест с физической нагрузкой (применяя протоколы тредмил-теста или велоэргометрии) в большей степени, чем с добутамином, является методом выбора для того, чтобы оценить функциональную способность сердца, так как

дает возможность объединять данные ЭхоКГ с обычными параметрами, регистрируемыми во время физиологической нагрузки.

Увеличение ФВ ЛЖ во время нагрузки не менее чем на 5 % (в абсолютных значениях) является критическим уровнем для определения наличия сократительного резерва. При расчете систолического давления в ПЖ (СДПЖ) по скорости трикуспидальной регургитации в покое и во время нагрузки допускается постоянная величина давления в правом предсердии во время выполнения пробы. Легочная гипертензия, оцененная ЭхоКГ методом, определяется как СДПЖ >30 мм рт. ст. в покое и СДПЖ >45 мм рт. ст. во время нагрузки.

Нарушение систолической функции ПЖ ухудшает прогноз пациентов ХСН. Сократимость ПЖ можно оценить по выраженности систолической экскурсии фиброзного кольца трикуспидального клапана (ФК ТК), используя М-режим и тканевой доплер в апикальной 4-камерной позиции ЛЖ. Величина систолической экскурсии ФК ТК 14 мм и менее и значение скорости систолического движения ФК ТК менее 10,8 см/с свидетельствуют о снижении сократимости ПЖ, что, в свою очередь, связано с увеличением смертности пациентов СН. Максимальное поглощение кислорода (VO^2_{max}) во время нагрузки <14 мл/кг/мин – хорошо известный показатель для решения вопроса о необходимости трансплантации сердца. Установлено, что значения $VO^2_{max} <10$ мл/кг/мин однозначно определяют высокий риск, в то время как величина $VO^2_{max} >18$ мл/кг/мин связана с низким риском; промежуточные величины представляют неопределенную, так называемую «серую зону». СтрессЭхоКГ позволяет стратифицировать риск у пациентов с промежуточными значениями VO^2_{max} (10–14 мл/кг/мин) и выявить пациентов из «серой зоны», которым необходима трансплантация сердца (табл. 1).

Таблица 1. Дополнительные прогностические показатели стресс-ЭхоКГ с физической нагрузкой у пациентов с промежуточными значениями VO₂max (10–14 мл/кг/мин)

Показатели	Низкий риск (5–10 % в год)	Высокий риск (≥25-30 % в год)
Продолжительность нагрузки	≥8-10 мин	<8 мин
Сократительный резерв	да	Нет
Легочная гипертензия	<45 мм рт. ст.	>45 мм рт. ст.
Дисфункция ПЖ	нет	да
Митральная регургитация	↓ или =	↑↑

↓ или = – уменьшается или не изменяется; ↑↑ – увеличивается.

Клапанные пороки сердца

Стеноз аортального клапана

У отдельных пациентов с аортальным стенозом и низкой трансортальной скоростью и градиентом давления, а также дисфункцией ЛЖ целесообразно определять трансклапанный градиент давления и рассчитывать площадь аортального клапана в покое и на фоне физической нагрузки или введения низких доз фармпрепарата (например, добутамина) для дифференцировки выраженного аортального стеноза от умеренного. Данный подход основан на том, что у пациентов, не имеющих в действительности анатомического выраженного аортального стеноза, во время нагрузки будет наблюдаться увеличение площади аортального отверстия при незначительном изменении трансклапанного градиента давления за счет увеличения ударного объема. Таким образом, если на фоне введения добутамина происходит увеличение ударного объема и увеличение площади аортального отверстия более чем на 0,2 см² при незначительном изменении трансклапанного градиента давления, то наиболее вероятно, что исходная оценка выраженности аортального стеноза была завышенной. Наоборот, у пациентов с выраженным аортальным стенозом на фоне увеличения ударного объёма и трансклапанного градиента площадь аортального отверстия будет неизменной. У таких пациентов ожидается наиболее благоприятный ответ на хирургическое лечение. У пациентов без

увеличения ударного объема при введении добутина (<20%) (“недостаточный контрактильный резерв”) прогноз крайне неблагоприятный как при консервативном, так и при хирургическом лечении. Хотя у всех пациентов с низким сердечным выбросом и выраженным аортальным стенозом прогноз неблагоприятный, в группе пациентов с сохраненным контрактильным резервом при хирургическом лечении прогноз лучше, чем при консервативном лечении. При выборе тактики лечения пациентов с низкоградиентным аортальным стенозом необходимо принимать во внимание результаты стресс-ЭхоКГ с добутином (табл. 2).

Таблица 2. Стресс-ЭхоКГ с добутином при аортальном стенозе с низким градиентом и низкой скоростью

	Тяжелый аортальный стеноз	Псевдостеноз	Неопределенный
Площадь отверстия аортального клапана	Нет изменений	Увеличение $\geq 0,3\text{см}^2$	Нет изменений
Средний градиент давления	Заметное увеличение	Нет изменений	Нет изменений
Увеличение ударного объема >20%	Да	Да	Нет

При ведении бессимптомных пациентов с аортальным стенозом представляет интерес использование теста с физической нагрузкой, и в нескольких исследованиях уже было показано его прогностическое значение. Данные, полученные при стресс-ЭхоКГ, обладают дополнительной прогностической ценностью к результатам ЭхоКГ в покое или нагрузочного ЭКГ-теста. Низкая толерантность к физической нагрузке с развитием одышки или депрессии сегмента ST связана с неблагоприятным прогнозом. Повышение среднего трансклапанного градиента давления более, чем на 20 мм.рт.ст., может свидетельствовать о худшем прогнозе и может в пограничных случаях способствовать решению о раннем протезировании.

Стеноз митрального клапана

Выполненное в покое трансторакальное ЭхоКГ исследование обычно предоставляет достаточно информации для определения тактики ведения

бессимптомных пациентов с небольшим митральным стенозом (которые получают консервативное лечение) и для пациентов с симптомами на фоне умеренного и тяжелого митрального стеноза, которые являются кандидатами для выполнения чрескожного или оперативного лечения. Тем не менее, у некоторых пациентов может требоваться детальная оценка гемодинамической значимости стеноза в случаях, когда клиническая картина не соответствует степени выраженности стеноза. У бессимптомных пациентов с тяжелым стенозом (средний градиент >10 мм.рт.ст. и площадь отверстия митрального клапана меньше $1,0$ см²) или у больных с клиническими проявлениями и умеренным стенозом (средний градиент от 5 до 10 мм.рт.ст. и площадь отверстия митрального клапана от $1,0$ до $1,5^2$ см) измерение давления в легочной артерии во время физической нагрузки (или введения добутамина) может помочь дифференцировать пациентов, которым показано хирургическое лечение, от тех, кому показана консервативная терапия. У этой группы лиц измерение систолического давления в легочной артерии (по скорости трикуспидальной регургитации) и трансмитрального градиента давления во время физической нагрузки может быть использовано вместо инвазивных данных, и таким образом позволяет избежать катетеризации.

Недостаточность клапанов

В некоторых случаях, когда симптомы у пациента не соответствуют выраженности регургитации, стресс-ЭхоКГ может выявить лиц с неблагоприятным прогнозом. Недостаточный контрактильный резерв, а именно отсутствие увеличения ФВ ЛЖ на фоне нагрузки, позволяет выявить пациентов с латентной дисфункцией ЛЖ, которым может быть показано оперативное лечение. По рекомендациям АСС/АНА возможным показанием к хирургическому лечению у пациентов с латентной систолической дисфункцией ЛЖ является недостаточный контрактильный резерв в сочетании с повышением систолического давления в легочной артерии на фоне нагрузки выше 60 мм.рт.ст. У пациентов с ревматическим поражением митрального клапана, – небольшим митральным стенозом и регургитацией в покое стресс-ЭхоКГ с

физической нагрузкой может выявить выраженную митральную регургитацию. Кроме того, стресс-ЭхоКГ имеет значение для выявления динамической гемодинамически значимой митральной регургитации у пациентов с систолической дисфункцией ЛЖ. У некоторых пациентов динамическая митральная регургитация может быть причиной отека легких и является предиктором плохого прогноза. У пациентов с увеличением эффективной площади отверстия регургитации или систолического давления в легочной артерии на пике нагрузки, отмечается более высокая частота осложнений и смертности. Как и у пациентов с хронической митральной регургитацией, при ведении бессимптомных пациентов с выраженной аортальной регургитацией следует особенно опасаться развития необратимой дисфункции ЛЖ. У пациентов с нормальной функцией в покое увеличение контрактильного резерва на фоне физической нагрузки или введения добутамина является предиктором улучшения функции ЛЖ после протезирования клапана. Ценность определения контрактильного резерва сохраняется и у пациентов с аортальной регургитацией с развившейся дисфункцией ЛЖ. Любое увеличение ФВ ЛЖ на фоне стресс-ЭхоКГ с добутамином является предиктором восстановления систолической функции и благоприятного исхода после операции.

Список использованной литературы:

1. Рекомендации Европейской эхокардиографической ассоциации стресс-эхокардиография: согласованное мнение экспертов Европейской эхокардиографической ассоциации (ЕАЕ) (часть европейского кардиологического общества) / Р. Сикари [и др.] // Российский кардиологический журнал. – 2013. – № 4. – С. 1–28.
2. Рекомендации ESC/EACTS по реваскуляризации миокарда 2018 / Рабочая группа по реваскуляризации миокарда Европейского общества кардиологов (ESC) и европейской ассоциации кардио-торакальных хирургов (EACTS) // Российский кардиологический журнал. – 2019. – № 24. – С. 151–226.
3. Рекомендации по лечению стабильной ишемической болезни сердца. ESC 2013 / Рабочая группа по реваскуляризации миокарда Европейского общества кардиологов (ESC) // Российский кардиологический журнал. – 2014. – № 7. – С. 7–79.
4. Рекомендации по диагностике и лечению острой и хронической сердечной недостаточности 2016 / Рабочая группа по реваскуляризации миокарда Европейского общества кардиологов (ESC) // Российский кардиологический журнал. – 2017. – № 1. – С. 7–81.
5. Стресс-эхокардиография с добутамином: физиологические основы, методические аспекты, показания к применению и безопасность / С. К. Солнышков, М. В. Келеш // Вестник ИвГМА. – 2009. – №1. – С. 54-59.
6. Возможности применения стресс-эхокардиографии у больных острыми формами ИБС / Д.Н. Перуцкий, Т.И. Макеева, С.Л. Константинов // Научные ведомости. Серия Медицина. Фармация. – 2011. – №61. – С. 18-25.