
Методы диагностики в амбулаторной кардиологии

ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ПРОБЫ С ДОЗИРОВАННОЙ ФИЗИЧЕСКОЙ НАГРУЗКОЙ

ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

В состоянии покоя у пациентов с поражением коронарного русла сердечно-сосудистая система может длительное время находиться в состоянии компенсации без клинических признаков её нарушений. Именно поэтому электрокардиограмма, зарегистрированная в 12 стандартных отведениях в покое, может не обнаруживать признаков коронарной недостаточности тех или иных отделов миокарда, что не позволяет исключить наличие у пациента гемодинамически значимого атеросклеротического поражения венечных артерий сердца. В связи с этим в кардиологической практике стали широко применять нагрузочные пробы (стресс-тесты) с изотонической нагрузкой, которые позволяют оценить функциональный резерв и состояние сердечно-сосудистой системы при выполнении различных видов деятельности. В настоящее время в кардиологии наиболее широкое распространение получили стресс-тесты с дозированной физической нагрузкой, т.е. нагрузкой, мощность которой может быть изменена в соответствии с определёнными задачами исследования. Их проводят на велоэргометре или беговой дорожке (тредмил) (табл. 4).

Таблица 4. Сравнительная характеристика оценки функционального статуса при использовании велоэргометра и тредмила

	Велоэргометр	Тредмил
Измерение мощности нагрузки	–	+
Помехи и артефакты	Меньше	Больше
Безопасность исследования	Выше	Ниже
Степень тренированности мышц ног	Ниже	Выше
Затруднения у больных с ожирением	Меньше	Больше
Физиологичность	Ниже	Выше
Более подходит для исследования	Больных	Здоровых лиц

Проведение нагрузочных тестов показано только в том случае, если ожидают, что результаты окажут влияние на тактику ведения пациента.

Показания к назначению теста с физической нагрузкой

Безусловные показания:

- диагностика обструктивной коронарной болезни сердца — для определения степени риска развития клинических исходов ИБС, оценки функционального класса стенокардии и уточнения прогноза заболевания у пациентов с подозрением на наличие ИБС;
- оценка состояния пациентов с установленным диагнозом коронарной болезни сердца при значительном изменении клинической картины заболевания;
- оценка прогноза у пациентов, перенесших инфаркт миокарда, определение допустимой физической нагрузки и адекватности проводимой антиангинальной терапии;
- клиническая оценка состояния пациентов, перенесших операцию реваскуляризации, в случае возобновления симптоматики;
- необходимость установки параметров работы частотно-адаптивного электрокардиостимулятора.

Относительные показания:

- клиническая оценка состояния пациентов с вазоспастической стенокардией;
- клиническая оценка состояния пациентов, перенесших операцию реваскуляризации после инфаркта миокарда;
- определение функционального статуса у пациентов с умеренным поражением клапанного аппарата сердца и ХСН;
- необходимость определения тактики ведения лиц без явной симптоматики коронарной болезни сердца, но с высокой степенью риска её развития, которые предполагают выполнять интенсивные физические нагрузки, а также тех, чья профессиональная деятельность связана с обеспечением безопасности для окружающих;
- оценка симптомов (например, нарушений сердечного ритма или синкопальных состояний), возникающих во время или после физической нагрузки;
- стратификация риска у пациентов с ИБС перед хирургическим вмешательством;
- стратификация риска у пациентов с гипертрофической кардиомиопатией;
- дифференциальный диагноз болевого синдрома в грудной клетке.

При назначении нагрузочного теста с целью диагностики ИБС и интерпретации его результатов следует учитывать претестовую (априорную) вероятность наличия данного заболевания у пациента.

Прогностическая ценность результата любого диагностического теста зависит от априорной вероятности заболевания у данного пациента, при этом наибольшая эффективность диагностического теста наблюдается в том случае, когда эта претестовая вероятность находится в промежуточных пределах. Данные о претестовой вероятности наличия ИБС представлены в табл. 5.

Противопоказания к проведению нагрузочных проб

Абсолютные противопоказания:

- инфаркт миокарда (первые 48 ч);

Таблица 5. Претестовая вероятность наличия ИБС, рассчитанная в зависимости от пола, возраста и клинической симптоматики

Претестовая вероятность наличия ИБС					
возраст (годы)	пол	типичная или определённая стенокардия	атипичная или вероятная стенокардия	некардиальная боль в грудной клетке	нет симптомов
30–39	Мужчины	Промежуточная	Промежуточная	Низкая	Очень низкая
	Женщины	То же	Очень низкая	Очень низкая	То же
40–49	Мужчины	Высокая	Промежуточная	Промежуточная	Низкая
	Женщины	Промежуточная	Низкая	Очень низкая	Очень низкая
50–59	Мужчины	Высокая	Промежуточная	Промежуточная	Низкая
	Женщины	Промежуточная	То же	Низкая	Очень низкая
60–69	Мужчины	Высокая	Промежуточная	Промежуточная	Низкая
	Женщины	Высокая	То же	То же	Низкая

Высокая вероятность >90%; промежуточная вероятность 10–90%; низкая вероятность <10% и очень низкая вероятность <5%

- нестабильная стенокардия в случаях, когда состояние пациента не стабилизировано; проведение нагрузочных тестов при нестабильной стенокардии для стратификации риска возможно не ранее, чем через 6 ч после стабилизации состояния;
- неконтролируемые нарушения сердечного ритма, сопровождающиеся клинической симптоматикой или гемодинамическими расстройствами;
- тяжёлый аортальный стеноз с клиническими проявлениями;
- тяжёлая сердечная недостаточность;
- тромбоэмболия лёгочной артерии или инфаркт лёгкого;
- острый миокардит или перикардит;
- расслоение аорты.

Относительные противопоказания:

- документированный стеноз ствола левой коронарной артерии;
- умеренно выраженный стеноз клапанов сердца;
- электролитные нарушения;
- тяжёлая артериальная гипертония (более 200 и 110 мм рт.ст.);
- тахикардии или брадикардии;
- гипертрофическая кардиомиопатия с обструкцией выносящего тракта левого желудочка;
- психические или физические нарушения, препятствующие адекватному выполнению физической нагрузки (в том числе выраженное ожирение);
- атриовентрикулярная блокада высокой степени.

МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ НАГРУЗОЧНЫХ ПРОБ

Перед проведением нагрузочного теста необходимо оценить состояние пациента и обратить особое внимание на наличие следующих факторов.

Жалобы и анамнез.

- Тип, характер, продолжительность и иррадиация болевых ощущений.
- Типичная стенокардия.
- Атипичный болевой синдром в грудной клетке.
- Сопутствующие симптомы.
- Анамнестические указания на наличие других заболеваний:
 - артериальная гипертония;
 - сахарный диабет;
 - ожирение;
 - хронические заболевания лёгких;
 - неврологические заболевания, включая когнитивные расстройства;
 - физические ограничения;
 - приём лекарственных препаратов.
- Общий уровень физической активности.
- Рекомендуется также провести минимальное непосредственное обследование пациента с определением ЧСС и АД, а также зарегистрировать ЭКГ в покое.

Необходимо заранее объяснить пациенту методику проведения исследования и внести необходимые коррективы в режим.

- За 3 ч до исследования пациент не должен принимать пищу.
- Если пациент курит, то ему следует воздержаться от курения в течение не менее 3 ч до исследования.
- В течение 12 ч до исследования пациенту не рекомендуют выполнение непривычной или тяжёлой физической нагрузки.
- За 48 ч до исследования следует отменить β -адреноблокаторы (кроме тех случаев, когда цель исследования заключается в оценке эффективности антиангинальной терапии) и другие пролонгированные антиангинальные препараты.
- Рекомендуют принести с собой список принимаемых лекарственных препаратов.
- Необходимо взять с собой лёгкую удобную одежду и спортивную обувь, а также полотенце.

При проведении пробы с дозированной физической нагрузкой преследуют две основные цели:

- определение толерантности пациента к физической нагрузке;
- выявление клинических и электрокардиографических признаков ишемии миокарда, обусловленных коронарной недостаточностью, с целью диагностики ишемической болезни сердца.

Во время проведения теста с физической нагрузкой мониторируют три главных параметра:

- клиническая реакция испытуемого на физическую нагрузку (т.е. появление одышки, головокружения, боли в грудной клетке, развитие типичного приступа стенокардии, а также нарушение состояния по шкале Борга);
- гемодинамический ответ (т.е. частота сердечных сокращений, артериальное давление, двойное произведение, пиковая физическая нагрузка);

- изменения ЭКГ во время проведения пробы с физической нагрузкой и в течение фазы восстановления.

При наличии следующих исходных изменений на ЭКГ интерпретация результатов электрокардиографической пробы с физической нагрузкой практически невозможна, и в этих случаях показано проведение альтернативных тестов:

- полная блокада левой ножки пучка Гиса;
- синдром *WPW*;
- выраженная гипертрофия левого желудочка;
- депрессия сегмента *ST* более 1 мм;
- лечение дигоксином;
- ЭКС-навязанный желудочковый ритм.

Для стресс-тестов вне зависимости от способа дозирования нагрузки существуют общие принципы:

- равномерность нагрузки — нагрузка от ступени к ступени не должна дозироваться хаотично, а равномерно возрастать, чтобы обеспечить должную адаптацию сердечно-сосудистой системы на каждой ступени, что позволит провести точную диагностику;
- фиксированная длительность каждой ступени; во всём мире принята длительность ступени нагрузки, равная 3 мин;
- начинать пробу нужно с минимальной нагрузки — для ВЭМ это величина, равная 20–40 Вт, а для тредмилэргометрии — 1,8–2,0 МЕТ (1 метаболический эквивалент [МЕТ] = 1,2 кал/мин или 3,5–4,0 мл потреблённого кислорода в минуту на 1 кг массы тела).

Наиболее распространённый протокол пробы с физической нагрузкой с применением тредмила (протокол Брюса) представлен в табл. 6.

Таблица 6. Протокол Брюса

Ступень	Скорость, км/ч	Угол наклона, %	Длительность ступени, мин
1	2,7	10	3
2	4,0	12	3
3	5,5	14	3
4	6,8	16	3

В табл. 7 приведены величины максимальной ЧСС в зависимости от пола и возраста, по достижении которых следует прекратить пробу с нагрузкой у здоровых людей.

Таблица 7. Максимальная ЧСС в зависимости от пола и возраста

Пол	Возраст в годах				
	20–29	30–39	40–49	50–59	60–69
Мужчины	195	187	178	170	162
Женщины	198	189	179	171	163

Расчет максимальной ЧСС можно произвести по формуле:

$$\text{ЧСС}_{\text{max}} = 220 - \text{возраст (в годах)} \text{ — для мужчин;}$$

$$\text{ЧСС}_{\text{max}} = 210 - \text{возраст (в годах)} \text{ — для женщин.}$$

У больных с установленным диагнозом ишемической болезни сердца часто ограничиваются достижением так называемой субмаксимальной ЧСС, составляющей 75–85% от максимальной, так как дальнейшее увеличение нагрузки опасно из-за возможности возникновения осложнений. В табл. 8 приведены величины субмаксимальной (75% от максимальной) ЧСС в зависимости от пола и возраста.

Таблица 8. Субмаксимальная ЧСС в зависимости от пола и возраста (75% от максимальной)

Пол	Возраст в годах				
	20–29	30–39	40–49	50–59	60–69
Мужчины	161	156	152	145	140
Женщины	167	160	154	145	142

Критерии адекватной нагрузочной пробы.

- Достижение 4 ступени (13 МЕТ).
- Достижение двойного произведения 20 000 и более.
- Достижение 85% от максимальной ЧСС.
- Нормальная электрокардиографическая картина:
 - увеличение амплитуды зубцов *P*;
 - уменьшение амплитуды зубцов *R*;
 - снижение точки *j*;
 - остроугольная косовосходящая депрессия сегмента *ST*;
 - уменьшение интервала *Q–T*;
 - уменьшение амплитуды зубца *T*.

Клиническими критериями прекращения нагрузочной пробы служат

Абсолютные показания к прекращению пробы:

- снижение систолического АД ≥ 10 мм рт.ст. ниже исходного уровня, несмотря на увеличение рабочей нагрузки (при наличии других признаков ишемии миокарда);
- возникновение приступа стенокардии умеренной или большой интенсивности;
- появление церебральной симптоматики (атаксия, головокружение, синкопе);
- признаки гипоперфузии (цианоз или бледность);
- отказ больного от дальнейшего проведения пробы;
- технические проблемы.

Относительные показания к прекращению пробы:

- снижение систолического АД ≥ 10 мм рт.ст. ниже исходного уровня, несмотря на увеличение рабочей нагрузки (при отсутствии других признаков ишемии миокарда);
- усиление боли в грудной клетке;
- появление резкой общей слабости;
- возникновение выраженной одышки;
- появление боли в икрах или перемежающейся хромоты;
- подъем АД более 250 и 115 мм рт.ст.

Электрокардиографическими критериями прекращения нагрузочной пробы служат

Абсолютные показания к прекращению теста:

- устойчивая желудочковая тахикардия;
- подъём сегмента $ST \geq 1,0$ мм в отведениях без диагностически значимых зубцов Q (кроме отведений V_1 или aVR);

Относительные показания к прекращению нагрузочной пробы:

- изменение комплекса QRS и сегмента ST в виде выраженной горизонтальной или косонисходящей ST более чем на 2,0 мм или значительного изменения электрической оси сердца;
- нарушения сердечного ритма (кроме устойчивой желудочковой тахикардии), включая многофокусную желудочковую экстрасистолию, триплеты желудочковой экстрасистолии, наджелудочковую тахикардию, АВ-блокаду и брадиаритмии;
- появление блокады ножки пучка Гиса или замедление внутрисердечной проводимости, по морфологии не отличимых от желудочковой тахикардии.

ИНТЕРПРЕТАЦИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ НАГРУЗОЧНЫХ ПРОБ

При интерпретации результатов теста необходимо учитывать всю полученную в ходе проведения исследования информацию.

Электрокардиографические данные:

- максимальная депрессия сегмента ST ;
- максимальная элевация сегмента ST ;
- тип депрессии сегмента ST (косонисходящая, горизонтальная, косовосходящая);
- количество отведений, в которых регистрировали изменения;
- продолжительность изменений сегмента ST в восстановительном периоде;
- индекс $ST/ЧСС$;
- индуцированные нагрузкой желудочковые нарушения ритма;
- продолжительность нагрузки до появления изменений сегмента ST .

Гемодинамические данные:

- максимальная достигнутая ЧСС;
- максимальное систолическое АД;
- максимальное двойное произведение;
- общая продолжительность нагрузки;
- гемодинамическая реакция на нагрузку;
- хронотропная недостаточность.

Клинические данные:

- индуцированная нагрузкой стенокардия;
- лимитирующие выполнение нагрузки клинические проявления;
- продолжительность времени нагрузки до возникновения приступа стенокардии.

СТАНДАРТИЗАЦИЯ НАГРУЗОЧНЫХ ПРОБ

В качестве показателей, выбранных для стандартизации и сравнения результатов нагрузочных проб, выбраны следующие:

- ЧСС;

- потребление кислорода при нагрузке (в MET);
- пороговая мощность нагрузки (Вт);
- пороговое двойное произведение (систолическое АД×ЧСС×10⁻²).

Заключение по протоколу электрокардиографической функциональной пробы с физической нагрузкой включает в себя следующие положения:

- интерпретация исходной ЭКГ;
- клинические проявления, наблюдавшиеся в ходе выполнения нагрузки и в восстановительном периоде;
- причина прекращения нагрузки;
- оценка мощности нагрузки в MET;
- динамика АД;
- наличие и частота нарушений сердечного ритма;
- изменения на ЭКГ (тип и локализация) в течение теста.

Заключение:

- проба положительная;
- проба отрицательная;
- проба сомнительная;
- проба неинформативная.

Достигнутая нагрузка:

- максимальная;
- субмаксимальная.

Толерантность к нагрузке:

- высокая;
- средняя;
- низкая.

ОЦЕНКА КОРОНАРНОЙ НЕДОСТАТОЧНОСТИ

Суммарно нагрузочную пробу оценивают по четырём критериям: положительная, отрицательная, сомнительная и недиагностическая.

- *Положительной пробу* считают, если во время проведения исследования возникли ЭКГ-признаки ишемии миокарда. При появлении признаков ишемии миокарда без приступа стенокардии (ангинозные боли) указывают на безболевою ишемию миокарда.
- *Отрицательной пробу* считают на основании отсутствия критериев ишемии при условии достижения необходимого уровня нагрузки (субмаксимальная ЧСС или нагрузка, соответствующая 10 MET и более).
- *Сомнительной пробу* считают в том случае, если у пациента возник приступ стенокардии, но ишемических изменений на ЭКГ не выявлено, отклонения сегмента *ST* не достигают 1 мм, выявляют нарушения сердечного ритма, отмечают снижение систолического АД более 10 мм рт.ст.
- *Пробу считают неинформативной* в тех случаях, когда пациенту не удалось достигнуть необходимого уровня нагрузки (субмаксимальная ЧСС или нагрузка <7 MET), при этом ишемические изменения на ЭКГ отсутствуют.

Изменения сегмента *ST* служат наиболее надёжными электрокардиографическими признаками ишемии миокарда.

Положительной считают пробу, при которой у пациента появляется горизонтальная или косонисходящая депрессия сегмента *ST* не менее 1 мм ниже изолинии через 80 мс после точки *j* (рис. 1). При выявлении таких из-

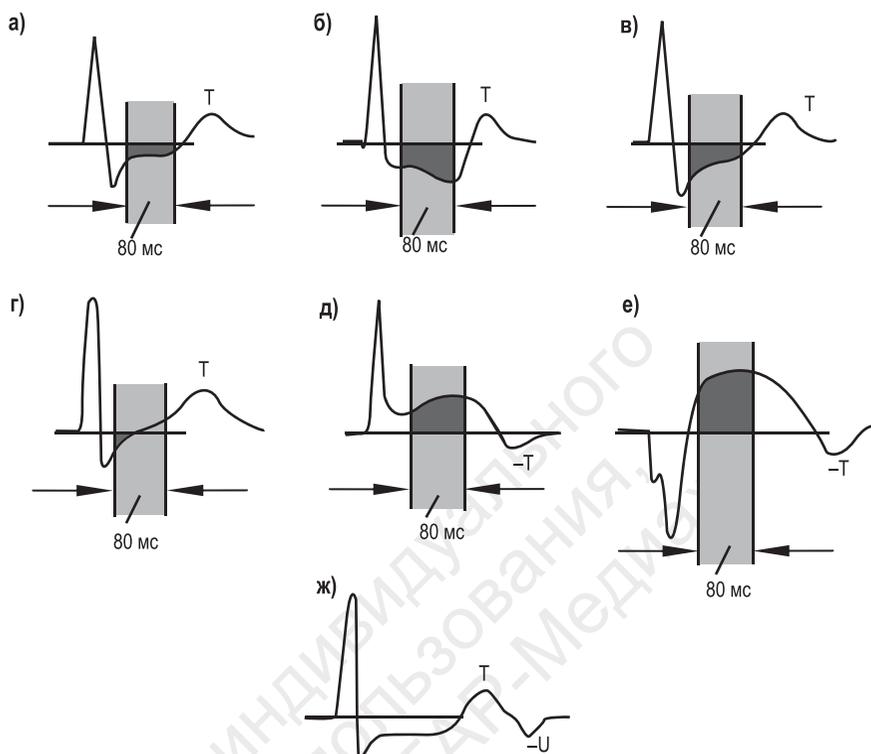


Рис. 1. Варианты изменения сегмента ST при нагрузочных пробах: а) – горизонтальное снижение (депрессия) сегмента $RS-T$; б) – косонисходящее снижение; в) – медленное косовосходящее снижение; г) – быстрое косовосходящее снижение; д), е) – ишемический подъем сегмента $RS-T$; ж) – горизонтальное (ишемическое) снижение сегмента $RS-T$ в сочетании с отрицательным зубцом U .

менений чувствительность метода составляет 68%, специфичность – 77%, предсказующее значение положительного результата 70–80%.

Электрокардиографические изменения во время проведения нагрузочной пробы, указывающие на высокую вероятность наличия коронарной болезни сердца:

- раннее появление ишемических изменений (в течение 6 мин нагрузки);
- стойкая депрессия сегмента ST в течение 6 и более минут в восстановительном периоде;
- депрессия сегмента ST в пяти и более отведениях.

Клинические проявления во время проведения нагрузочной пробы, указывающие на наличие ишемии миокарда:

- индуцированная физической нагрузкой артериальная гипотония;
- индуцированный физической нагрузкой приступ стенокардии или его эквивалент;

- появление третьего (S_3) или четвертого (S_4) тонов сердца или сердечного шума во время нагрузки.

Недиагностическими или сомнительными являются следующие изменения на ЭКГ.

- Появление клинически не значимых нарушений сердечного ритма:
 - монотопные желудочковые экстрасистолы;
 - предсердные или узловые тахиаритмии.
- Появление блокад:
 - первичная или вторичная АВ-блокада первого типа;
 - блокада ножек пучка Гиса;
 - гемиблок;
 - изменения АВ-проводимости.
- Изменение морфологии компонентов ЭКГ:
 - уплощение зубца T ;
 - изменения зубца $P < 0,01$ мм;
 - депрессия сегмента $ST < 0,10$ мм.

Не имеющими диагностического значения являются следующие изменения во время проведения нагрузочной пробы:

- слабость, одышка, покраснение;
- неадекватно быстрый прирост ЧСС и АД;
- изменения на ЭКГ:
 - уменьшение интервала $Q-T$;
 - функциональная депрессия точки $j \leq 0,2$ мм продолжительностью менее 0,06 с;
 - заострение зубцов T и P ;
 - уменьшение интервала $P-R$.

Оценка толерантности к физической нагрузке

Если продолжительность последней ступени нагрузки менее 3 мин, то работоспособность рассчитывают по формуле:

$$W = W_{\text{нач}} + (W_{\text{посл}} - W_{\text{нач}}) t/3,$$

где W — общая работоспособность; $W_{\text{нач}}$ — мощность предыдущей ступени нагрузки; $W_{\text{посл}}$ — мощность последней ступени нагрузки; t — время работы на последней ступени.

Для перенесших инфаркт миокарда и больных ИБС толерантность к физической нагрузке оценивают как «высокую», если $W \geq 100$ Вт; «среднюю» — при равной 50–100 Вт; «низкую», если < 50 Вт.

Функциональный класс ИБС определяется толерантностью к физической нагрузке.

При положительной пробе необходимо определить функциональный класс ИБС (табл. 9).

Таблица 9. Функциональные классы

Класс	МЕТ	Мощность пороговой нагрузки, Вт
I	$>7,0$	>125
II	5,0–6,9	75–100
III	2,0–4,9	50
IV	$<2,0$	<25

ОЦЕНКА ПРОГНОЗА

На основании результатов нагрузочной пробы возможно выявление пациентов с высоким риском развития сердечно-сосудистых осложнений и коронарной смерти.

Пациентам с ИБС на основании индексов риска рекомендуют определить прогноза (табл. 10).

Таблица 10. Определение прогноза на основании результатов нагрузочной пробы

Индекс риска	Баллы	Риск	Годичная сердечно-сосудистая смертность
Индекс Дьюка			
Продолжительность нагрузки (в минутах по протоколу Брюса)	≥ 5	Низкий	0,25%
– (5 × максимальное отклонение сегмента ST [мм])	от 4 до –10	Умеренный	1,25%
– (4 × индекс стенокардии*)	< -10	Высокий	5,25%
Индекс VA			
5 × ХСН или приём дигоксина (да = 1, нет = 0)	< -2	Низкий	$< 2,0\%$
+ индуцированная нагрузкой депрессия сегмента ST (мм)	–2 до 2	Умеренный	7,0%
+ индекс изменения АД**	> 2	Высокий	15,0%
– MET			

* Индекс стенокардии: нет стенокардии = 0, стенокардия, не лимитирующая проведение исследования = 1, стенокардия, лимитирующая проведение исследования = 2.

** Изменение индекса систолического АД: увеличение > 40 мм рт.ст. = 0, 31–40 мм рт.ст. = 1, 21–30 мм рт.ст. = 2, 11–20 мм рт.ст. = 3, 10 мм рт.ст. = 4; снижение ниже исходного уровня = 5.

Стратификация риска больных с острым коронарным синдромом

После стабилизации состояния на фоне медикаментозного лечения необходимо провести стратификацию риска для определения прогноза и показаний к катетеризации сердца.

- **Низкий риск.** Пациенты с отрицательным тропониновым тестом и низким риском по данным нагрузочного теста (отсутствие депрессии сегмента ST ≥ 1 мм в 3 и более отведениях при мощности нагрузки более 90 Вт для мужчин и 70 Вт для женщин, т.е. II ступень по протоколу Брюса) при отсутствии симптоматики могут быть выписаны под наблюдение по месту жительства.
- **Высокий риск.** Пациентам с повышенным уровнем тропонина (тропонин T $> 0,1$ мкг/л) или высоким риском по данным нагрузочного теста (появление депрессии сегмента ST ≥ 1 мм в 3 и более отведениях при достижении мощности нагрузки 90 Вт для мужчин и 70 Вт для женщин, т.е. II ступень по протоколу Брюса) рекомендовано незамедлительное проведение коронароангиографии до выписки из стационара.

У пациентов, не относящихся к группам высокого и низкого риска, тактика в отношении коронароангиографии и сроков её проведения определяется индивидуально.

ПРЕИМУЩЕСТВА И НЕДОСТАТКИ ПРОБ С ФИЗИЧЕСКОЙ НАГРУЗКОЙ

Преимущества электрокардиографических нагрузочных проб:

- относительная простота проведения;
- невысокая стоимость;
- одновременная оценка функционального статуса;
- безопасность: риск смерти 0,005–0,01%, риск остановки сердца 0,02%;
- высокая чувствительность при поражении ствола левой коронарной артерии и трёхсосудистом поражении.

Идеальный тест для пациентов с промежуточной претестовой вероятностью наличия ИБС.

Недостатки электрокардиографических нагрузочных проб:

- в среднем чувствительность и специфичность не превышают 70%;
- низкая частота выявления ИБС при однососудистом поражении;
- более низкая чувствительность и специфичность у женщин; более высокая чувствительность и низкая специфичность у пациентов пожилого возраста;
- необходимость достижения >85% максимальной ЧСС для получения надёжных результатов;
- технические проблемы (артефакты, смещение электродов, помехи, связанные с движением и дыхательными экскурсиями);
- невозможность локализации окклюзирующего поражения на основании депрессии сегмента *ST* (топическая диагностика возможна только при элевации сегмента *ST*).

Причины ложноположительных результатов при проведении нагрузочных проб:

- гипертрофия левого желудочка;
- исходные изменения сегмента *ST* или зубца *T*;
- обструкция выносящего тракта левого желудочка;
- гипервентиляция;
- нарушения внутрижелудочковой проводимости;
- электролитные нарушения;
- спазм коронарных сосудов;
- применение трициклических антидепрессантов.

Распространённые заблуждения относительно проведения проб с физической нагрузкой:

- отрицательная проба указывает на отсутствие ИБС (чувствительность метода не превышает 70%, таким образом, треть пациентов имеют ложноотрицательные результаты);
- пробу проводят пациентам с известной ИБС, особенно пациентам с постинфарктным кардиосклерозом (целесообразно проведение пробы только для определения прогноза и оценки эффективности терапии);
- пробу проводят пациентам без клинической симптоматики (диагностическая ценность пробы у этой категории лиц очень низкая).

При наличии показаний к проведению нагрузочных проб следует выбирать адекватный метод исследования.

Сравнительная характеристика различных функциональных методов исследования представлена в табл. 11.

Таблица 11. Сравнительная характеристика функциональных методов исследования

Клинические особенности	Тредмил/ ЭКГ	Нагрузочная сцинтиграфия миокарда	Сцинтиграфия мио- карда с фармакологи- ческой нагрузкой	Нагрузочная стресс-ЭХО	Стресс-ЭХО с фармакологической нагрузкой
Оценка болевого синдрома в грудной клетке у пациента без анамнестических указаний на ИБС, способного выполнить нагрузку					
Мужчины, нормальная исходная ЭКГ	+				
Мужчины, изменённая исходная ЭКГ		+		+	
Женщины		+		+	
Оценка болевого синдрома в грудной клетке у пациента с анамнестическими указаниями на ИБС, не способного выполнить нагрузку			+		
Пациенты, получающие метилксантины					+
Выявление гипертрофированного или оглушенного миокарда		+	+		

Окончание табл. 11

Выявление индуцированных нагрузкой нарушений ритма	+					
Обследование пациентов с ЭКС-стимуляцией желудочков						
Без частотной адаптации			+			+
С частотной адаптацией				+		+

ЭХОКАРДИОГРАФИЯ

Эхокардиография (ЭхоКГ) — метод исследования структуры и функции сердца, основанный на регистрации ультразвуковых сигналов.

Достоинства метода — неинвазивность, безопасность, доступность, большая информативность, быстрота проведения и получения результатов. К недостаткам относят невозможность качественного обследования при плохой визуализации: ожирение, особенности скелета, эмфизема лёгких и прочее. Эхокардиография, как и любой другой метод функциональной диагностики, требует от врача-клинициста рационального объединения результатов эхокардиографического исследования с клиническими и другими данными.

Физические принципы эхокардиографии

В основе метода лежит регистрация отражённых ультразвуковых волн, что происходит при прохождении их через границу раздела сред с различными акустическими свойствами.

В эхокардиографии используют ультразвуковые импульсы длительностью около 1 микросекунды. Составляющий основу ЭхоКГ датчика пьезоэлектрический элемент работает в режиме генерации менее 1% времени, остальное время — в режиме приёма. Интенсивность принятых эхо-сигналов может быть графически представлена на экране эхокардиографа (осциллоскопа) в различных режимах.

- А-модальный режим (А-амплитуда). По одной оси координат представлены электрические импульсы различной амплитуды, а по другой откладывают расстояние от датчика до исследуемых структур. Недостаток режима — А-модальное изображение не содержит временной оси координат и не может поэтому регистрировать движение.
- В-модальный режим (В — «*brightness*», «яркость»). Интенсивность принятых эхо-сигналов представлена не в виде амплитуды, а в виде яркости свечения точки.
- М-модальный режим (М — «*motion*», «движение»). Режим развёртки яркости структур сердца по времени, в котором одна из двух пространственных координат заменена временной. Главный недостаток — одномерность.
- Режим двумерного изображения — развитие В-режима. На экране сечение сердца представлено множеством точек, соответствующих В-модальным эхокардиограммам при различных направлениях ультразвукового луча.

Существует несколько модификаций приборов ЭхоКГ, в которых используют следующие типы датчиков:

- механический датчик обладает более высокой разрешающей способностью, но имеет больший размер и менее долговечен;
- электронный датчик (датчик с электронно-фазовой решёткой) лучше приспособлен для проведения доплеровских методик;
- современный анулярный датчик (с циркулярным расположением пьезоэлектрических элементов) сочетает в себе свойства механического датчика и датчика с электронно-фазовой решёткой.

ТРАНСТОРАКАЛЬНАЯ ЭХОКАРДИОГРАФИЯ

Трансторакальная эхокардиография — исторически первый и до сих пор самый распространённый (по причине доступности и информативности) тип ультразвукового исследования сердца. Ультразвуковой датчик прижимают к грудной клетке обследуемого.

Этапы ЭхоКГ исследования и стандартные ЭхоКГ позиции

Приставив ультразвуковой датчик к грудной клетке, можно получить множество различных изображений сердца на экране эхокардиографа. Они будут различаться в зависимости от положения датчика, конституции больного, навыка исследователя. Из всевозможных изображений (сечений) выделяют несколько, которые называют «стандартными позициями». При этом главенствует не положение датчика, а изображение и взаимное положение структур сердца на экране.

Обследуемый находится в положении лежа на спине, часто для улучшения визуализации его просят лечь на левый бок.

Любое трансторакальное эхокардиографическое обследование обязательно включает в себе следующие позиции (которые проводят, как правило, в порядке упоминания ниже):

Парастернальный доступ — 1-й этап

А. Режим двумерного изображения.

Датчик устанавливают слева от грудины в третьем, четвёртом или пятом межреберье и, в зависимости от поворота датчика, получают на экране парастернальную позицию по длинной оси левого желудочка. На экране должны визуализироваться: митральный клапан, аортальный клапан, полость левого желудочка, аорта, левое предсердие, межжелудочковая перегородка, задняя стенка левого желудочка, правый желудочек.

Б. Из позиции парастернальной длинной оси левого желудочка, как правило, проводят М-модальное исследование, в котором создаются наилучшие условия для многих измерений. Стандартными срезами (позициями) М-модального исследования при этом являются:

- М-модальное исследование аортального клапана и левого предсердия;
- М-модальное исследование правого желудочка, митрального клапана и левого желудочка;
- М-модальное исследование полости левого желудочка.

Таким образом, правильно получив из парастернального доступа позицию по длинной оси левого желудочка, исследователь получает многоплановую (в том числе количественную) информацию о левых отделах сердца, аорте и, в меньшей степени, правом желудочке.

Парастернальный доступ — 2-й этап

А. Режим двумерного изображения.

Датчик находится там же, где была получена позиция по длинной оси левого желудочка, но поворачивается на 90°. Изменяя угол наклона датчика по отношению к грудной клетке обследуемого, на экран последовательно выводят:

- Парастернальную позицию по короткой оси на уровне аортального клапана. В центре экрана находят три створки аортального клапана, вверху — выносящий тракт правого желудочка, справа и внизу — ствол лёгочной артерии и клапан лёгочной артерии.

- Парастеральная позиция по короткой оси на уровне митрального клапана. В центре изображения находится округлой формы левый желудочек и хорошо визуализируются передняя (выше) и задняя (ниже) створки митрального клапана.
- Парастеральная позиция по короткой оси левого желудочка на уровне папиллярных мышц. Большую (центральную) часть изображения на экране занимает округлая полость левого желудочка, в котором видны две папиллярные мышцы.

Б. Режим одномерного изображения (М-модальное исследование) может быть проведен и при этом угле поворота датчика, если по каким-либо причинам оно не было проведено ранее. Из соответствующих позиций по короткой оси левого желудочка могут быть получены все те же самые стандартные срезы (позиции) М-модального исследования, что и при исследовании по длинной оси левого желудочка.

Апикальный доступ

А. Режим двумерного изображения.

Исследователь пальпаторно определяет верхушечный толчок и устанавливает над ним датчик эхокардиографа. Последовательно поворачивая датчик из апикального доступа, получают следующие позиции:

- апикальная четырёхкамерная позиция позволяет одновременно визуализировать оба желудочка, оба предсердия, оба атриовентрикулярных клапана, межжелудочковую и межпредсердную перегородки;
- апикальная пятикамерная позиция — позволяет отобразить на экране все вышеперечисленные структуры, и дополнительно в центре изображения видны аортальный клапан и часть восходящего отдела аорты;
- апикальная двухкамерная позиция преимущественно визуализирует левый желудочек и левое предсердие, а также структуры митрального клапана.

Другие разнообразные доступы и позиции изображения сердца не входят в обязательное эхокардиографическое исследование и их проводят по показаниям.

ДОППЛЕР-ЭХОКАРДИОГРАФИЯ

Допплер-эхокардиография (доплер-ЭхоКГ) — неинвазивный метод оценки параметров кровотока в крупных сосудах и сердце.

Эффект Доплера заключается в изменении длины волны (частоты), наблюдаемой при движении источника волн относительно их приёмника. Первоначально применялись аппараты, генерирующие непрерывную волну и позволяющие дать оценку кровотоку и измерить его скорость неселективно (например, в аорте). Позднее появились приборы, использующие импульсную волну, при помощи которой стало возможно исследовать кровотоки более селективно, например кровотоков через клапаны.

При наличии того или иного клапанного стеноза, скорость соответствующего чресклапанного кровотока возрастает, а характер его меняется из ламинарного на турбулентный.

- Импульсную доплер-ЭхоКГ используют для быстрого выявления турбулентных потоков. Её недостаток — невозможность измерения высоких потоковых скоростей.

- Непрерывноволновая доплер-ЭхоКГ позволяет измерять высокие потоковые скорости, но на протяжении всей длины луча, что может затруднять локализацию стеноза.
- Цветная доплер-ЭхоКГ основана на принципе различной окраски потоков, направленных к датчику и от датчика. Это наиболее оптимальная методика для выявления (очень быстрого) клапанной регургитации.
- Тканевая доплер-ЭхоКГ. Данной методике будет посвящен отдельный раздел.

ТКАНЕВАЯ (МИОКАРДИАЛЬНАЯ) ДОППЛЕР-ЭХОКАРДИОГРАФИЯ

Как указывалось выше, эффект Допплера основан на изменении частоты ультразвукового сигнала при отражении от движущихся объектов. Традиционно такими объектами служили эритроциты, соответственно основной сферой применения доплер-ЭхоКГ было исследование кровотока в полостях сердца и сосудах. Очевидно, что в сердце есть множество движущихся структур и при отражении ультразвукового сигнала от этих объектов его частота также изменяется. В течение многих лет производители оснащали ЭхоКГ-аппараты специальными фильтрами, позволяющими исключить из доплеровского спектра низкочастотные сигналы, отражённые от структур сердца и усиливающие высокочастотный сигнал от форменных элементов. В новых моделях ультразвуковых приборов производители стремятся выделить и высокочастотные и низкочастотные сигналы.

Методике тканевой миокардиальной доплер-ЭхоКГ проводят как в импульсном режиме, так и в режиме двух- или одномерного (М-модального) цветного доплеровского картирования.

Поскольку тканевая миокардиальная доплер-ЭхоКГ позволяет измерять амплитуду и скорость движения различных участков миокарда и сердечных структур, метод может дать ценную информацию о состоянии глобальной и региональной систолической и диастолической функции миокарда левого желудочка. При помощи тканевой миокардиальной доплер-ЭхоКГ можно также анализировать функцию правого желудочка, проводить дифференциальную диагностику между констриктивным перикардитом и рестриктивной кардиомиопатией, рассчитывать давление в полостях сердца и лёгочной артерии, диагностировать отторжение сердечного трансплантата. Возможны и многие другие перспективы развития метода.

ЧРЕСПИЩЕВОДНАЯ ЭХОКАРДИОГРАФИЯ

Проведению трансторакальной ЭхоКГ могут мешать акустические препятствия (эмфизема лёгких, особенности конституции и прочее), чего не наблюдают, если ультразвуковой датчик введён в пищевод на уровне левого предсердия и нисходящего отдела аорты, поэтому чреспищеводная ЭхоКГ всё более широко входит в клиническую практику.

Разумеется, чреспищеводная ЭхоКГ не так легко выполнима технически и представляет собой полуинвазивную процедуру. Поэтому чреспищеводной ЭхоКГ должно предшествовать, по возможности, тщательное трансторакальное исследование.

Чреспищеводное ЭхоКГ исследование проводят в следующих позициях (сечениях).

- Поперечная короткая ось на уровне основания сердца, при которой визуализируются створки аортального клапана, часть восходящей аорты, верхняя полая вена, часть ствола лёгочной артерии, ушко левого предсердия, лёгочные вены и проксимальные сегменты коронарных артерий.
- Выносящий тракт левого желудочка по длинной оси. В этом положении датчика дополнительно видны на экране митральный клапан и левое предсердие.
- Четырёхкамерная позиция позволяет одновременно получить изображения обоих желудочков, обоих предсердий, обоих атриовентрикулярных клапанов, межпредсердную и межжелудочковую перегородки.
- Короткая ось левого желудочка. Из этой позиции оценивают локальную и глобальную сократимость левого желудочка.
- Нисходящий отдел аорты.

Наибольшие преимущества чреспищеводная ЭхоКГ имеет в диагностике опухолей и тромбов в предсердиях, патологии протезированных клапанов, инфекционного эндокардита, болезней аорты, для интраоперационного мониторинга и в ряде других случаях.

СТРЕСС-ЭХОКАРДИОГРАФИЯ

Региональные нарушения сокращения и особенно расслабления стенки левого желудочка при ишемической болезни сердца возникают значительно раньше, чем электрокардиографические и клинические признаки ишемии, поэтому применение эхокардиографии в сочетании с записью ЭКГ существенно повышает чувствительность и специфичность нагрузочных тестов. Особенно это заметно у больных с гипертрофией миокарда, блокадой левой ножки пучка Гиса и при приёме некоторых лекарственных препаратов, когда интерпретация изменений ЭКГ существенно затруднена.

Принцип стресс-ЭхоКГ основан на появлении зон с нарушенным характером движения стенки желудочка на высоте нагрузки (механической, фармакологической и др.). Так, если в норме в ответ на нагрузку отмечают равномерное увеличение амплитуды движения всех стенок сердца, то при наличии ИБС снижение регионального субэндокардиального кровотока приводит к метаболическим и, как следствие, механическим аномалиям. Это могут быть снижение амплитуды систолического движения эндокардиальной поверхности стенки левого желудочка (гипокинезия), отсутствие систолического движения стенки (акинезия) или появление парадоксального систолического выбухания стенки (дискинезия).

Провоцирующими факторами при стресс-ЭхоКГ являются:

- Динамическая физическая нагрузка.
 - Пробу можно проводить с использованием тредмила. При этом исследование выполняют в положении пациента лёжа до нагрузки и в этом же положении сразу после нагрузки (локальные изменения сократимости устойчиво сохраняются в течение 90–120 сек после прекращения нагрузки). Обычный протокол при использовании тредмила предусматривает исследование на левом боку с получением 4- и 2-камерного изображения сердца по длинной оси с верхушки сердца, а также нескольких поперечных сечений левого желудочка из обычной точки (парастеральный доступ).

- Использование велоэргометрии в положении пациента сидя или лёжа позволяет проводить исследование в исходном состоянии, на высоте нагрузки и в период восстановления. Необходимо отметить, что исследование при велоэргометрии более сложно, чем при использовании тредмила, особенно у пожилых пациентов и больных с плохим ультразвуковым «окном». При использовании велоэргометрии, как правило, удаётся получить только 4- или 2-камерное изображение по длинной оси с верхушки либо поперечное сечение левого желудочка из субкостального доступа.
- Фармакологические препараты.
 - Проба с дипиридамолом основана на его свойстве вызывать синдром «обкрадывания» участков миокарда, кровоснабжающихся стенозированными коронарными артериями.
 - Проба с добутамином выявляет ишемизированные участки миокарда из-за положительного инотропного действия препарата на миокард, вследствие чего повышается потребность в кислороде.
- Чреспищеводная электростимуляция сердца.
 - Двумерная ЭхоКГ в сочетании с чреспищеводной стимуляцией служит одним из самых точных неинвазивных методов диагностики ИБС.
 - Эту пробу можно проводить у пациентов с невозможностью выполнения физической нагрузки и она не вызывает побочных эффектов лекарственных препаратов.

ТРЁХМЕРНАЯ ЭХОКАРДИОГРАФИЯ

С начала 90-х годов прошлого столетия появилась возможность получения трёхмерных ультразвуковых изображений сердца. Это были компьютерные реконструкции различных двухмерных эхокардиографических срезов в фиксированные фазы сердечного цикла (в систолу или диастолу). Первые трёхкамерные изображения сердца были статичными.

В конце 2002 года появилась новая ЭхоКГ технология, получившая название «4D-ЭхоКГ» или «*real-time* 3D-ЭхоКГ». Её основой стало восстановление трёхмерных картин не только в ключевые, но и в промежуточные фазы сердечного цикла (5–16 за цикл). Эта технология также не оказалась безупречной: чтобы получить искомое изображение требуется время для формирования необходимого набора сечений и компьютерной обработки данных; при исследовании могут быть помехи от нарушений ритма сердца и дыхательных движений, что требует чреспищеводного доступа для сканирования.

В том же 2002 году вышел серийный вариант прибора ЭхоКГ с датчиком принципиально новой технологии. Включая 3000 активных элементов и 150 микропроцессоров, датчик позволяет формировать ультразвуковые лучи и селективно принимать сигналы по всем направлениям лоцируемого объёма. Стало возможным непрерывное обновление изображения за короткий интервал времени и, таким образом, получение многоплановых и объёмных изображений сердца с минимальной потерей качества. Данная модель обеспечивает выполнение всего цикла исследования в реальном режиме времени, в результате чего на экране визуализируется «живое» трёхмерное изображение. За данной технологией закрепился термин «живая» трёхмерная эхокардиография (*live* 3D-изображение).

В большинстве случаев «живая» трёхмерная ЭхоКГ лишь подтверждает (детализируя) данные стандартного ЭхоКГ обследования, но в ряде трудных случаев это может быть единственный неинвазивный метод диагностики, позволяющий получить полную информацию о размерах дефекта межпредсердной или межжелудочковой перегородки, клапанной и другой патологии сердца.

ЭХОКАРДИОГРАФИЯ ОТДЕЛЬНЫХ СТРУКТУР СЕРДЦА

Левый желудочек

Как правило, для исследования анатомии и функции левого желудочка (ЛЖ) необходимо и достаточно проведения при стандартной трансторакальной ЭхоКГ следующих исследований: М-модального, двумерного и доплеровского.

Наиболее важные параметры — систолическая и диастолическая функция ЛЖ, объём, толщина стенок, нарушения локальной сократимости.

- Глобальная систолическая функция левого желудочка. Её самым представительным параметром служит **фракция выброса** — отношение ударного объёма левого желудочка к его конечно-диастолическому объёму.
 - С помощью М-модального ЭхоКГ исследования (парастернальный доступ) фракцию выброса левого желудочка рассчитывают по формуле Тейхольца (*Teichholz L.E.*, 1976). При этом измерению подлежит лишь небольшая часть левого желудочка у его основания, не учитывается его длина, а при ишемической болезни сердца, когда имеются участки нарушенной локальные сократимости, эта формула может быть совсем не точной.
 - Количественная двумерная ЭхоКГ (апикальный доступ) — гораздо более точный метод оценки фракции выброса ЛЖ. После выбора стереометрической модели ЛЖ, производят вычисление объёмов ЛЖ, основанное на планиметрических измерениях по тому или иному алгоритму. Как правило, используют алгоритм Симпсона (*Simpson J.S.*, 1989), который также называют методом дисков.
- Объёмы и диаметры левого желудочка рассчитывают в тех же режимах и доступах, что и сократительную функцию ЛЖ. Ударный объём ЛЖ — разница между конечно-диастолическим и конечно-систолическим объёмом.
- Толщину стенок левого желудочка в большинстве случаев измеряют с помощью М-модальной и двумерной ЭхоКГ, проводимой из парастернального доступа.
- Диастолическую функцию левого желудочка определяют при исследовании трансмитрального кровотока в импульсном доплеровском режиме. Допплеровский контрольный объём устанавливают над местом смыкания створок митрального клапана и определяют соотношение следующих параметров трансмитрального кровотока: максимальной скорости раннего диастолического наполнения и предсердной систолы.
- Локальная сократимость ЛЖ нарушена, как правило, при ишемической болезни сердца. Изучают при двумерном ЭхоКГ исследовании из различных позиций: парастернальная позиция длинной оси ЛЖ, короткая ось на уровне митрального клапана и папиллярных мышц, апикальная двух- и четырёхкамерная позиции.

При проведении научных исследований обычно определяют гораздо большее количество показателей, тем более что современные приборы рассчитывают многие параметры автоматически. К ним относят: степень систолического укорочения переднезаднего размера левого желудочка (примерно соответствует половинной величине фракции выброса ЛЖ), скорость циркулярного укорочения волокон миокарда, масса миокарда левого желудочка.

Митральный клапан

Митральный клапан изучают из левого парастерального по длинной и короткой оси и апикального доступов. В норме створки митрального клапана тонкие, подвижные, открыты в диастолу и закрыты в систолу. Как правило, удаётся визуализировать хорды и папиллярные мышцы.

М-ЭхоКГ изображение митрального клапана имеет буквенное обозначение. В целом кривая движения передней митральной створки напоминает букву «М». Максимальное открытие передней створки в фазе быстрого наполнения левого желудочка обозначают буквой «Е», окончание этой фазы — «F» (прикрытие в середине диастолы вследствие замедления скорости кровотока), а открытие створки во время систолы предсердий — «А». Интервал «С–D» соответствует систоле левого желудочка и закрытию митрального клапана. Эхограмма задней митральной створки представляется зеркальным отражением движения передней створки, но у неё меньшая амплитуда движения.

Аортальный клапан и аорта

Аортальный клапан исследуют из левого парастерального доступа по длинной и короткой оси, апикального (пятикамерная позиция) и субкостального доступов. В продольном сечении визуализируются две аортальные створки: правая коронарная и некоронарная, которые изображаются в виде двух параллельно движущихся линий. Во время систолы две указанные створки раскрываются в виде «коробочки». Три створки доступны визуализации из парастерального доступа по короткой оси на уровне аортального клапана.

Восходящая аорта визуализируется из парастерального доступа по длинной оси. Дуга аорты и часть нисходящей аорты доступны изучению из супрастерального доступа. Оптимальным методом подробного исследования аорты служит чреспищеводная ЭхоКГ.

Параметры трансаортального потока измеряют с помощью импульсной и непрерывной доплер-ЭхоКГ.

Трикуспидальный клапан и правый желудочек

Трикуспидальный клапан удаётся качественно лоцировать значительно реже, чем митральный. Легче это сделать при дилатации правого желудочка.

Изображение трикуспидального клапана можно получить из апикального, парастерального и субкостального доступов. Септальная и передняя створки визуализируются из апикального доступа, задняя — из парастерального (приносящий тракт правого желудочка), одновременно три створки — из парастерального доступа по короткой оси. В этих же позициях изучают правый желудочек.

В норме створки трикуспидального клапана тонкие, подвижные, дискордантные. Как правило, удаётся визуализировать умеренный тяж (линейная поперечная структура в полости правого желудочка), из которого частично берёт начало передняя папиллярная мышца.

Лёгочная артерия и клапан лёгочной артерии

Лёгочная артерия визуализируется из левого парастерального доступа по длинной оси и по короткой на уровне сосудов. В норме створки клапана лёгочной артерии определяются в её просвете в виде двух тонких линейных эхо-сигналов. С помощью одномерной ЭхоКГ обычно удаётся визуализировать левую створку клапана лёгочной артерии, кривая движения которой имеет буквенное обозначение. Волна «А» соответствует систоле правого предсердия, «В» — положению клапана перед началом систолы правого желудочка, «С» — началу систолы правого желудочка, интервал «Е-*F*» отражает диастолическое движение закрытого клапана. Значительно реже одновременно регистрируют две створки клапана лёгочной артерии.

Нормы размеров структур сердца при ЭхоКГ исследовании. Протокол ЭхоКГ исследования

До настоящего времени практически в каждом лечебном учреждении нашей страны имеется своя форма протокола ЭхоКГ исследования. К сожалению, часто встречаются и различные нормы размеров структур сердца.

В большинстве случаев, как бы ни выглядел протокол, его заполняют по мере проведения этапов исследования (в начале раздела Трансторакальная ЭхоКГ, см. Этапы ЭхоКГ исследования и стандартные эхокардиографические позиции).

Примерные нормы размеров структур сердца приведены в табл. 12.

Таблица 12

	Нормы, от—до
Левый желудочек	
– конечный диастолический диаметр	37–55, мм
– конечный систолический диаметр	26–37, мм
– диастолический объём	55–149, мл
– систолический объём	18–40, мл
– фракция выброса	55–65, %
– толщина задней стенки	9–11, мм
Толщина межжелудочковой перегородки	9–10, мм
Правый желудочек	
– диаметр	7–26, мм
– толщина стенки	2–4, мм
Левое предсердие	20–36 (4), мм
Корень аорты	20–38, мм
Амплитуда раскрытия створок аортального клапана	17–25, мм
Устье лёгочной артерии	11–22, мм
Максимальные скорости по данным непрерывноволновой доплер-ЭхоКГ, м/с	
Трансмитральный кровоток	0,6–1,3
Транстрикуспидальный кровоток	0,3–0,7

Окончание табл. 12

Лёгочная артерия	0,6–1,1
Левый желудочек	0,7–1,1
Аорта	1,0–1,7

ПОКАЗАНИЯ К ЭХОКГ ИССЛЕДОВАНИЮ

Международные рекомендации классифицируют показания к проведению ЭхоКГ у больных с различными заболеваниями сердечно-сосудистой системы и лиц из групп риска их развития с позиции доказательной медицины в зависимости от количества, уровня и результатов проведённых клинических исследований. В рамках настоящих рекомендаций, показания к обязательному первичному проведению ЭхоКГ исследования следующие.

- Врождённые пороки сердца.
- Приобретённые пороки сердца.
- Инфекционный эндокардит.
- Острый коронарный синдром.
- Ишемическая болезнь сердца, кроме острого коронарного синдрома, когда ЭхоКГ необходима для дифференциального диагноза и/или её результаты окажут влияние на ведение пациента.
- Сердечная недостаточность.
- Планируемое кардиохирургическое вмешательство.
- Тромбозомболия лёгочной артерии.
- Лёгочная гипертензия неуточнённая.
- Нарушения ритма сердца в тех случаях, когда ЭхоКГ необходима для дифференциальной диагностики и/или её результаты окажут влияние на ведение пациента.
- После проведения чрескожных инвазивных процедур (коронарография, баллонная пластика коронарных артерий, электрофизиологическое исследование и др.).
- Кардиомиопатия, миокардит, перикардит.
- Синкопальные состояния неясной этиологии.
- Подозрение на опухоль сердца.
- Скрининг у ближайших родственников лиц, умерших внезапно или имевших в молодом возрасте признаки сердечной недостаточности.
- Скрининг спортсменов, участвующих в соревнованиях.

В динамике (повторно) ЭхоКГ рекомендуют проводить в следующих случаях.

- Оценка эффективности лекарственной терапии (например, тромб ушка левого предсердия у больных, готовящихся к кардиоверсии).
- Оценка эффективности кардиохирургических вмешательств.
- Резкое изменение/ухудшение клинического течения заболевания (например, подозрение на разрыв папиллярной мышцы при остром инфаркте миокарда).
- Необходимость мониторинга:
 - размеров и функции левого желудочка (сердечная недостаточность, диффузный миокардит);

- степени выраженности клапанного стеноза;
- градиента систолического давления (аортальный стеноз, гипертрофическая кардиомиопатия);
- лёгочной гипертензии (например, гемодинамически значимый дефект межжелудочковой или межпредсердной перегородки, тяжёлая лёгочная гипертензия и др.).
- Скрининг детей лиц, умерших внезапно или имевших в молодом возрасте признаки сердечной недостаточности (ежегодно в течение всего пубертатного периода).

СУТОЧНОЕ МОНИТОРИРОВАНИЕ АРТЕРИАЛЬНОГО ДАВЛЕНИЯ

Суточное мониторирование артериального давления (СМАД) — методика, используемая для исследования вариабельности АД, влияния поведенческих факторов на АД и изучения эффективности антигипертензивной терапии. Метод также используют для получения величин АД в «домашних» условиях.

МЕТОДИКА

Важнейшее условие для корректного суточного мониторирования АД в амбулаторных условиях — выполнение ряда методических требований, включающих выбор адекватного метода определения АД и соответствующего прибора, обеспечивающего достаточную точность измерения, применение современных методов обработки полученной информации.

Метод измерения АД

В настоящее время подавляющее количество приборов для СМАД основано на осциллометрическом или аускультативном (по Короткову) методе измерения АД (табл. 13).

Таблица 13. Сравнительная характеристика осциллометрического или аускультативного методов измерения АД

Метод измерения АД	Преимущества	Недостатки
Аускультативный	Официальный эталон неинвазивного измерения АД для диагностических целей и при проведении верификации автоматических измерителей АД; по сравнению с осциллометрическим методом обладает повышенной устойчивостью к движениям руки	Чувствителен к шумам в помещении, точности расположения микрофонов относительно артерии, разворотам манжеты с микрофонами на руке в ходе длительного мониторирования Требует непосредственного контакта манжеты или микрофона с кожей пациента

Окончание табл. 13

Осциллометрический	Относительно устойчив к шумовым нагрузкам Позволяет проводить определение АД в случаях, представляющих проблему для аускультативного метода Значения давления практически не зависят от размера манжеты на руке Позволяет проводить измерения АД без потери точности через тонкую ткань одежды	Относительно низкая устойчивость к движениям руки
--------------------	---	---

Контрольные (верифицирующие) исследования

Контрольные измерения проводят в положении сидя, регистрируют I и V фазы тонов Короткова, давление в манжете измеряют ртутным или аттестованным стрелочным манометрами. Рекомендуют не менее четырёх последовательных измерений с интервалом не менее 2 мин (после окончания предыдущего). По последним трём измерениям рассчитывают средние приборные и контрольные значения АД. При их отличии более 5 мм рт.ст. для ДАД и 10 мм рт.ст. для САД необходимо проверить, правильно ли наложены манжеты и ориентированы микрофоны (при аускультативном методе). Если добиться лучшего согласия невозможно, рекомендуют переместить манжету на другую руку или применить прибор с другим методом определения АД.

ПОКАЗАНИЯ

Определённые показания:

- подозрение на «гипертонию белого халата»;
- подозрение на амбулаторную (скрытую) АГ;
- подозрение на ночную АГ;
- определение степени ночного снижения АД;
- рефрактерная АГ;
- АГ при беременности.

Возможные показания:

- пожилой возраст;
- подбор антигипертензивной терапии;
- сахарный диабет I типа;
- оценка симптомов ортостатической гипотензии.

ИНТЕРПРЕТАЦИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ

При анализе суточного профиля АД, полученного за сутки, используют три основных группы показателей (индексов): средние значения, суточный ритм и вариабельность АД (табл. 14).

Таблица 14. Стандартные показатели, получаемые при СМАД

Обозначение	Размерность	Интерпретация
САД	(мм рт.ст.)	Среднее за 24 ч значение систолического давления
ДАД	(мм рт.ст.)	Среднее за 24 ч значение диастолического давления
ИБ	%	Индекс времени (ИБ) для АД — процент времени, в течение которого величины АД превышают критический («безопасный») уровень
ИП АД	(мм рт.ст.)	Индекс площади (ИП) АД — величина площади, ограниченная сверху графиком функции зависимости давления от времени, а снизу — кривой пороговых («безопасных») значений
СНС АД, или суточный индекс	%	Степень ночного снижения (СНС) АД. Его использование предполагает предварительный расчёт средних значений АД для времени сна [АД(ночь)] и бодрствования [АД(день)] и определение степени ночного снижения давления, выраженной в процентах
ВАР АД	(мм рт.ст.)	Вариабельность артериального давления (ВАР) — стандартные отклонения от среднего значения АД

Нормальные параметры СМАД

Таблица 15. Средние величины суточного профиля АД (САД/ДАД)

	Нормальные	Пограничные	Повышенные
День	<135/85	≥135/85	≥140/90
Ночь	<120/70	≥120/70	≥125/75
Сутки	<130/80	≥130/80	≥135/85

Примечание. День=бодрствование, ночь=сон.

Таблица 16. Нормативные значения индекса времени гипертонии

	Нормальный	Пограничный	Повышенный
День	<15	≥15	≥30
Ночь	<15	≥15	≥30
Сутки	<15	≥15	≥30

Таблица 17. Нормативные значения индекса времени гипертонии для разных возрастных групп

Возраст, лет	ИВСАД(Д), %	ИВДАД(Д), %
20–29	37	17
30–39	30	16
40–49	28	20
50–59	45	20
60–69	56	20
70–79	70	18

Примечание. День=бодрствование, ночь=сон.

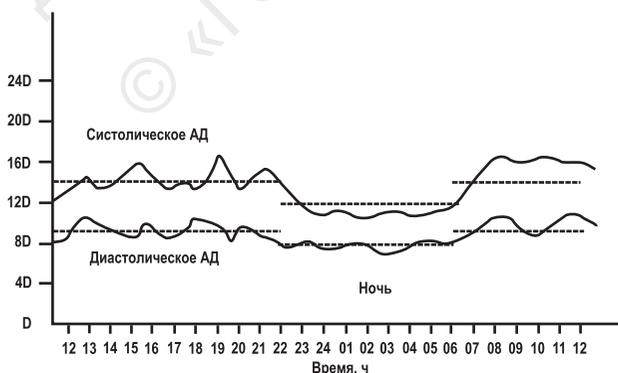
СУТОЧНЫЙ РИТМ АРТЕРИАЛЬНОГО ДАВЛЕНИЯ

Оптимальной признают степень ночного снижения (СНС) АД на 10–22%. При этом сниженная СНС, проявления устойчивых ночных подъёмов АД, а также повышенная СНС потенциально опасны как факторы повреждения органов-мишеней, сердечно-сосудистых «катастроф».

На основании данных о СНС применяют схему классификации больных (отдельно по критериям систолического и диастолического давления).

- Нормальная (оптимальная) степень ночного снижения АД (в англоязычной литературе «дипперы») — $10\% < \text{СНСАД} < 20\%$ (рис. 2).
- Недостаточная степень ночного снижения АД (в англоязычной литературе «нондипперы») — $0 < \text{СНСАД} < 10\%$ (рис. 3).

Снижение СНС ниже оптимального диапазона наблюдают у ряда пациентов с первичной АГ (в том числе при атеросклеротическом поражении сонных артерий), оно характерно также для синдрома злокачественного течения гипертонии, хронической почечной недостаточности, вазоренальной гипертонии, синдрома Кушинга, его наблюдают после трансплантации сердца и почек, при застойной сердечной недостаточности, эклампсии,

**Рис. 2.** Суточный профиль АД: диппер.

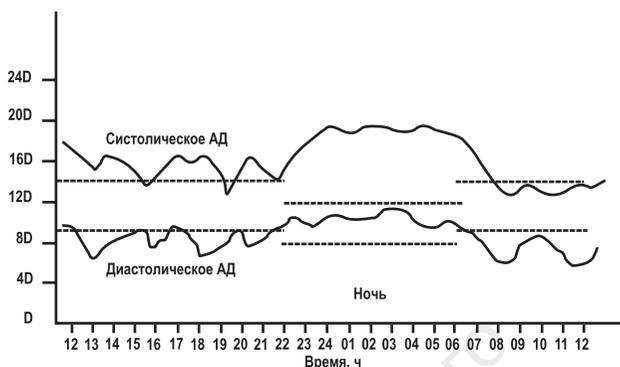


Рис 3. Суточный профиль АД: нон-диппер.

диабетической и уремической нейропатии, при распространенном атеросклерозе у пожилых людей.

Отметим, что степень ночного снижения АД чрезвычайно чувствительна к качеству сна, режиму дня и типу активности в дневное время, относительно плохо воспроизводится при повторных наблюдениях. Учитывая эти обстоятельства, большинство исследователей склонны проводить контрольные повторные мониторирования для подтверждения отклонений суточного профиля АД по данному признаку, обнаруженных при разовом мониторировании.

ВАРИАБЕЛЬНОСТЬ АД

В качестве временных нормативов variability (ВАР или STD) для пациентов с мягкой и умеренной формами АГ сформированы критические значения:

- для САД — 15/15 мм рт.ст. (день/ночь);
- для ДАД — 14/12 мм рт.ст. (день/ночь).

Пациента относят к группе повышенной variability при превышении хотя бы одного из четырех критических значений.

Следует отметить, что в группе гипертоников с повышенной variability САД частота сердечно-сосудистых осложнений выше на 60–70% (1372 пациента, время наблюдения до 8,5 года).

ИСТОЧНИК

Practice guidelines of the European Society of Hypertension for clinic, ambulatory and self blood pressure measurement // J. Hypertens. — 2005. — Vol. 23. — P. 697–670.

ХОЛТЕРОВСКОЕ МОНИТОРИРОВАНИЕ ЭКГ

Холтеровское мониторирование (ХМ) — непрерывная регистрация ЭКГ с помощью портативного устройства, которое больной носит на себе. После

исследования портативное устройство снимают с пациента, электрокардиограмму переносят в стационарное устройство (компьютер) и подвергают анализу накопленную информацию.

МЕТОДИКА И ТЕХНИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ХОЛТЕРОВСКОГО МОНИТОРИРОВАНИЯ ЭКГ

Современная холтеровская мониторинговая система — комплекс, состоящий из двух частей: переносного записывающего устройства и стационарного дешифратора. Дешифратор — это компьютер, снабжённый специальным программным обеспечением для анализа длительной записи ЭКГ.

Наложение электродов и подключение кабелей

Электроды накладывают на обезжиренную, желателно скарифицированную кожу в местах наименьшей подвижности. Избегают свободного натяжения и перемещения кабелей.

Наложение электродов и система отведений

При холтеровском мониторинговании используют систему отведений, отличную от стандартной, поэтому запись, зарегистрированная в отведениях при холтеровском мониторинговании, отражает электрокардиографическую кривую только в 2 или 3 грудных отведениях (табл. 18). Наиболее частый вариант расположения электродов при 2-канальной записи — из 4 электродов и одного нейтрального, которые формируют два отведения: одно — M(модифицированное)V5, второе — MaVF.

Таблица 18. Корреляция между отведениями холтеровского мониторингования и ЭКГ в 12 стандартных отведениях

Отведения холтеровского мониторингования	Отведения стандартной ЭКГ
Отведение 1	$\sim V_1$
Отведение 2	$\sim V_5$
Отведение 3	$\sim V_2$

Длительность записи

Длительность холтеровского мониторингования зависит от задачи исследования. При скрининговых обследованиях на угрожающие жизни экстрасистолы достаточно 12 ч наблюдения. При наличии синкопальных или полуобморочных состояний для поиска их причин необходимо дольше наблюдать ЭКГ — 24 ч и более. Для обнаружения динамики ST достаточно суток.

Дневник пациента

При холтеровском мониторинговании ЭКГ рекомендовано вести дневник, в котором пациент отмечает самочувствие, жалобы, вид активной деятельности, физические нагрузки, приём лекарственных препаратов, время бодрствования и сна.

ЗАДАЧИ ХОЛТЕРОВСКОГО МОНИТОРИРОВАНИЯ

Основные:

- выявление, подсчёт и врачебная оценка нарушений ритма сердца за весь исследуемый промежуток времени;

- поиск участков ЭКГ, на которых происходят диагностически значимые смещения сегмента *ST* (депрессия или подъём).

Дополнительные:

- анализ variability ритма сердца (BPC);
- анализ длительности интервалов *Q-T*;
- анализ поздних потенциалов желудочков.

ПОКАЗАНИЯ

- Наличие клинических проявлений, которые могут быть связаны с нарушениями сердечного ритма:
 - жалобы на обморочные и полубморочные состояния, головокружения неясной природы;
 - сердцебиение, перебои в работе сердца;
 - установленный синдром длительного *Q-T*;
 - сердцебиение у больных с установленным диагнозом предвозбуждения.
- Поиск угрожающих жизни нарушений ритма у пациентов *без* клинических проявлений, относящихся, тем не менее, к группе высокого риска внезапной аритмической смерти:
 - постинфарктные больные с систолической дисфункцией левого желудочка (фракция выброса левого желудочка $\leq 40\%$);
 - пациенты с хронической сердечной недостаточностью;
 - пациенты с дилатационной кардиомиопатией (ДКМП) или гипертрофической кардиомиопатией (ГКМП);
 - пациенты с артериальной гипертонией, с гипертрофией ЛЖ;
 - пациенты с клапанными пороками сердца;
 - пациенты перед кардиохирургическими операциями;
 - пациенты с водно-электролитными расстройствами.
- Оценка эффективности терапии:
 - оценка антиаритмического лечения;
 - оценка проаритмического действия антиаритмических препаратов;
 - оценка адекватности контроля ЧСС при постоянной форме мерцательной аритмии;
 - оценка работы постоянного электрокардиостимулятора;
 - оценка антиангинальной терапии.
- Диагностика ишемии миокарда:
 - подозрение на вариантную стенокардию;
 - диагностика бессимптомной ишемии миокарда;
 - наличие болевого синдрома в грудной клетке у пациентов, неспособных выполнить нагрузочную пробу;
 - диагностика «немой» ишемии при наличии положительной влоэргометрической (ВЭМ) пробы.
- Оценка прогноза заболевания — анализ variability ритма сердца (BPC):
 - постинфарктные больные с систолической дисфункцией левого желудочка (фракция выброса левого желудочка $\leq 40\%$);
 - пациенты с хронической сердечной недостаточностью.

Противопоказаний к проведению холтеровского мониторирования ЭКГ нет, кроме отказа пациента от процедуры.

АНАЛИЗ И ИНТЕРПРЕТАЦИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ХОЛТЕРОВСКОГО МОНИТОРИРОВАНИЯ

Стандартный протокол-заключение по результатам холтеровского мониторинга содержит следующие положения:

- характеристику синусового ритма;
- сведения о нарушениях сердечного ритма и проводимости;
- сведения об изменениях реполяризации и их взаимосвязи с симптоматикой (по данным дневника, который пациент должен вести во время исследования);
- сведения о динамике сегмента *ST*.

В зависимости от целей исследования протокол может включать сведения о работе имплантированного электрокардиостимулятора (ЭКС), ВРС или интервала *Q-T*.

Анализ синусового ритма по данным холтеровского мониторинга

Таблица 19. Нормы частоты синусового ритма по данным холтеровского мониторинга ЭКГ

Возраст, лет	Ударов в минуту	
	диапазон	в среднем
Новорождённые	36–110	82
10–19	30–70	45
16–19	31–60	49
20–29	30–65	48
30–39	33–71	52
40–59	36–78	56
60–79	40–78	55
80–92	37–89	54

Диагностика синкопальных состояний

Большая вероятность аритмогенной причины эпизодов потери сознания возникает при регистрации следующих нарушений ритма сердца:

- СА-блокада и отказ синусового узла с паузой *R-R*, превышающей 3 с;
- АВ-блокада III степени или II степени типа Мобитц II;
- желудочковая тахикардия или фибрилляция предсердий с частотой желудочкового ответа более 180 в минуту;
- устойчивая желудочковая тахикардия.

Выявление угрожающих жизни нарушений сердечного ритма

К «угрожающим жизни» нарушениям сердечного ритма относят следующие аритмии:

- пароксизмы желудочковой тахикардии с постепенным учащением ритма, переходящие в трепетание желудочков (особенно эпизоды двунаправленно-веретенообразной желудочковой тахикардии);
- желудочковая тахикардия «узвимого периода», начинающаяся с ранней желудочковой экстрасистолы;
- ранние (типа *R* на *T*), групповые и политопные желудочковые экстрасистолы (ЖЭ) (градации III–V по классификации Лауна и Вольфа), табл. 20;

- остро возникшее нарушение внутрижелудочковой проводимости;
- пароксизмы фибрилляции и трепетания предсердий у пациентов с синдромом Вольфа–Паркинсона–Уайта;
- короткие, спонтанно прекращающиеся эпизоды фибрилляции или асистолии желудочков.

Таблица 20. Градации тяжести желудочковой эктопической активности [Лаун, Вольф, 1971]

Градация	Характеристика
0	Отсутствие ЖЭ
1	≤30 монотопных ЖЭ в час
2	>30 монотопных ЖЭ в час
3	Полиморфные (политопные) ЖЭ
4	Спаренные ЖЭ (куплеты) или неустойчивая пароксизмальная тахикардия (три и более ЖЭ подряд)
5	Ранние ЖЭ (типа R на T)

Оценка эффективности антиаритмической терапии

В качестве критериев эффективности антиаритмической терапии используют следующие результаты холтеровского мониторирования:

- уменьшение общего числа экстрасистол на 50–75% и более;
- уменьшение числа парных и ранних экстрасистол на 90% и более;
- полное исчезновение эпизодов желудочковой тахикардии;
- сокращение числа морфологических типов экстрасистолических комплексов до 1–2.

Выявление проаритмического эффекта антиаритмических препаратов

Критерии проаритмического эффекта — следующие результаты холтеровского мониторирования:

- не менее чем 4-кратное увеличение общего количества экстрасистол за сутки;
- не менее чем 10-кратное увеличение количества парных экстрасистол и эпизодов неустойчивой желудочковой тахикардии;
- появление эпизодов устойчивой желудочковой тахикардии, которые не регистрировались ранее.

Выявление ишемии миокарда

Критерии ишемии миокарда при холтеровском мониторировании — депрессия или подъём сегмента *ST* ишемического типа на 1 мм и более при длительности отклонения сегмента *ST* от изолинии не менее 1 мин и времени между отдельными эпизодами не менее 1 мин (правило «1×1×1») при наличии корреляции с болевым эпизодом. При отсутствии клинической симптоматики об ишемическом происхождении динамики сегмента *ST* можно говорить при его отклонении от изолинии не менее 2 мм.

АНАЛИЗ И ИНТЕРПРЕТАЦИЯ ВАРИАБЕЛЬНОСТИ РИТМА СЕРДЦА

Вариабельность ритма сердца заключается в колебаниях интервала между последовательными ударами сердца, а также колебаниях между последовательными частотами сердечных сокращений. Термин «вариабельность рит-

ма сердца» стал общепринятым термином при описании изменений как частоты сердцебиений, так и интервалов $R-R$. ВРС отражает баланс между активностью симпатического и парасимпатического отделов вегетативной нервной системы и может служить показателем степени риска сердечной смерти, в том числе внезапной.

Анализ ВРС при ХС чаще всего проводят во временной и частотной (спектральной) областях. В табл. 21 и 22 приведены временные и спектральные характеристики ВРС.

Таблица 21. Временные характеристики ВРС

Величина	Единица измерения	Описание
SDNN	мс	Стандартное отклонение всех NN-интервалов
SDANN	мс	Стандартное отклонение средних значений NN-интервалов, вычисленных по 5-минутным промежуткам в течение всей записи
RMSSD	мс	Квадратный корень из средней суммы квадратов разностей между соседними NN-интервалами
Индекс SDNN	мс	Среднее значение стандартных отклонений NN-интервалов, вычисленных по 5-минутным промежуткам в течение всей записи
SDSD	мс	Стандартное отклонение разностей между соседними NN-интервалами
NN50		Количество пар соседних NN-интервалов, различающихся более чем на 50 мс, в течение всей записи; возможны три варианта вычислений: подсчёт всех таких пар или подсчёт только пар, в которых или первый интервал длиннее второго, или наоборот
pNN50	%	Значение NN50, делённое на общее число NN-интервалов
Триангулярный индекс ВРС		Общее количество NN-интервалов, делённое на высоту гистограммы всех NN-интервалов с шагом 7,8125 мс (1/128 мс).
TINN	мс	Ширина основания среднеквадратичной треугольной интерполяции наиболее высокого пика гистограммы, построенной по всем NN-интервалам

Таблица 22. Частотные (спектральные) параметры для суточных записей

Величина	Единица измерения	Описание	Частотный диапазон, Гц
Total power	мс ²	Общая спектральная мощность, отражает вариабельность всех NN-интервалов	Приблизительно $\leq 0,4$

Окончание табл. 22

ULF (ultra low frequency)	мс ²	Спектральная мощность сверхнизких частот	До 0,003
VLF (very low frequency)	мс ²	Спектральная мощность очень низких частот	0,003–0,04
LF (low frequency)	мс ²	Спектральная мощность низких частот	0,04–0,15
HF (high frequency)	мс ²	Спектральная мощность высоких частот	0,15–0,4
α		Наклон линейной интерполяции спектра в логарифмическом масштабе в областях ULF и VLF	

Нормативные значения ВРС приведены в табл. 23.

Таблица 23. Нормативные значения ВРС

Величина	Единицы	Нормальные значения (M±SD)
SDNN	мс	141±39
SDANN	мс	127±35
RMSSD	мс	27±12
Триангулярный индекс		37±15
TP	мс ²	3466±1018
LF	мс ²	1170±416
HF	мс ²	975±203
LF/HF		1,5–2,0

Резюме, основные положения и рекомендации по интерпретации прогностической значимости пониженной ВРС после инфаркта миокарда.

- ВРС следует оценивать не ранее чем через неделю после инфаркта.
- Сниженная ВРС — независимый от других известных факторов риска показатель смертности и аритмических осложнений.
- Для оценки прогноза следует оценивать параметры ВРС во временной области.
- Группа высокого риска может быть определена по SDNN <70 мс или треугольному индексу меньше 15.
- Для увеличения прогностической значимости ВРС можно сочетать с другими факторами риска.

Резюме, основные положения и рекомендации по интерпретации прогностической значимости пониженной ВРС при хронической сердечной недостаточности.

- Рекомендовано оценивать ВРС у всех больных с хронической сердечной недостаточностью (ХСН).

- Временные и спектральные показатели ВРС снижены в условиях ХСН.
- Группу пациентов с высоким риском общей смертности характеризует значение $SDNN \leq 50$ мс.
- Группу пациентов с высоким риском внезапной смерти характеризует значение $LF < 20$ мс².
- Для увеличения прогностической значимости ВРС можно сочетать с другими факторами риска.

ДРУГИЕ МЕТОДЫ ДИАГНОСТИКИ

ПРОБА С 6-МИНУТНОЙ ХОДЬБОЙ

В рутинной практике и при отсутствии специального оборудования для оценки толерантности к физической нагрузке и объективизации функционального статуса больных с умеренно выраженными и тяжёлыми заболеваниями сердца и лёгких, ХСН можно использовать тест ходьбы в течение 6 мин, соответствующий субмаксимальной нагрузке.

Показания к проведению пробы с 6-минутной ходьбой

Сравнительная оценка функционального статуса до и после лечения (2 теста).

- Резекция лёгких.
- Хирургическое уменьшение объёма лёгких.
- Лёгочная реабилитация.
- ХОБЛ.
- Сердечная недостаточность.

Оценка функционального статуса (1 тест).

- ХОБЛ.
- Муковисцидоз.
- Сердечная недостаточность.
- Сосудистая недостаточность нижних конечностей.
- Пожилой возраст.

Оценка прогноза в отношении развития осложнений и смертность.

- Сердечная недостаточность.
- ХОБЛ.
- Первичная лёгочная гипертензия.

Условия проведения теста

Необходимое оборудование: часы с секундной стрелкой, сантиметр/рулетка, сфигмоманометр, пульсоксиметр (при возможности).

При проведении 6-минутной шаговой пробы больному ставится задача пройти как можно большую дистанцию за 6 мин, после чего пройденное расстояние регистрируется. Пациентов инструктируют о целях теста. Им предлагают ходить по измеренному (30 м) и размеченному через 1 м коридору в своём собственном темпе, стараясь пройти максимальное расстояние в течение 6 мин. При этом пациентам разрешено останавливаться и отдыхать во время теста, однако они должны возобновлять ходьбу, когда сочтут это возможным. Во время ходьбы разрешают подбадривать пациентов фразами: «Все идёт хорошо», «Продолжайте в том же темпе». Перед

началом и в конце теста оценивают одышку по шкале Борга (табл. 24), пульс и, при возможности, насыщение кислородом крови (при наличии пульсоксиметра).

В целях безопасности в ближайшей доступности от места проведения пробы должен находиться источник кислорода и дефибриллятор. В каждом конце коридора рекомендуют установить кресло для отдыха.

Противопоказания к проведению пробы

- Абсолютные: нестабильная стенокардия или инфаркт миокарда в течение предыдущего месяца, заболевания опорно-двигательного аппарата, препятствующие выполнению пробы.
- Относительные: исходная ЧСС менее 50 в минуту или более 120 в минуту, систолическое АД более 180 мм рт.ст., диастолическое АД более 120 мм рт.ст.

Критерии немедленного прекращения пробы:

- боль в грудной клетке;
- невыносимая одышка;
- судороги в ногах;
- нарушение устойчивости;
- головокружение;
- резкая бледность;
- снижение насыщения крови кислородом до 86%.

Дистанцию, пройденную в течение 6 мин (6MWD), измеряют в метрах и сравнивают с должным показателем 6MWD (i). 6MWD (i) вычисляют по нижеприведённым формулам, которые учитывают возраст в годах, массу тела в килограммах, рост в сантиметрах, индекс массы тела (ИМТ).

Для мужчин

$$6MWD (i) = 7,57 \times \text{рост} - 5,02 \times \text{возраст} - 1,76 \times \text{масса} - 309$$

или

$$6MWD (i) = 1140 - 5,61 \times \text{ИМТ} - 6,94 \times \text{возраст}.$$

Для женщин

$$6MWD (i) = 2,11 \times \text{рост} - 2,29 \times \text{масса} - 5,78 \times \text{возраст} + 667$$

или

$$6MWD (i) = 1017 - 6,24 \times \text{ИМТ} - 5,83 \times \text{возраст}.$$

Преимущества пробы с 6-минутной ходьбой

Проба с 6-минутной ходьбой проста в выполнении, не требует сложного оборудования и может проводиться как в стационарных, так и в амбулаторных условиях. Тест позволяет оценить уровень повседневной активности больных, а его результаты хорошо коррелируют с показателями качества жизни и могут быть использованы в качестве дополнительных критериев оценки эффективности лечения и реабилитации больных.

Недостатки пробы с 6-минутной ходьбой

Результаты проведения пробы с 6-минутной ходьбой в значительной мере определяются субъективными факторами, основным из которых служит характер мотивации пациента.

Таблица 24. Шкала Борга

Оригинальная шкала Борга	Описание одышки	Модифицированная шкала Борга
6	Нет вообще	0
7	Очень-очень слабая, очень-очень лёгкая	0,5
8		
9	Очень слабая, очень лёгкая	1
10		
11	Довольно слабая. Лёгкая	2
12		
13	Немного сильнее. Умеренная	3
14		
15	Выраженная. Достаточно тяжёлая	4
16		
17	Очень сильная. Тяжёлая	5
18		6
19	Очень-очень сильная. Очень тяжёлая	7
20		8
	Очень-очень тяжёлая (почти максимальная)	9
	Максимальная	10

РАДИОИЗОТОПНЫЕ МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Методы ядерной кардиологии

- Оценка кровоснабжения миокарда на уровне микроциркуляции — перфузионная сцинтиграфия миокарда.
- Оценка кровоснабжения и сократительной способности миокарда — синхронизированная томосцинтиграфия с перфузионными агентами.
- Оценка сократительной способности миокарда — радионуклидная вентрикулография по первому прохождению, равновесная вентрикулография, томовентрикулография.

- Оценка метаболизма миокарда — позитронная эмиссионная томография, томосцинтиграфия с мечеными жирными кислотами.

Перфузионная скintiграфия миокарда — метод, предназначенный для выявления областей относительного или абсолютного снижения кровотока вследствие ишемии или рубцового повреждения миокарда. Метод основан на способности вводимого внутривенно радиофармпрепарата (РФП) распределяться в неповреждённых кардиомиоцитах пропорционально коронарному кровотоку. Области нарушенного кровоснабжения визуализируются, как области сниженной концентрации РФП, или дефекты перфузии.

Варианты перфузионной скintiграфии миокарда:

- планарная перфузионная скintiграфия миокарда;
- однофотонная эмиссионная компьютерная томография миокарда.

РФП, применяющиеся при проведении перфузионной скintiграфии миокарда (табл. 25).

Таблица 25. Основные перфузионные агенты

Радиофармпрепарат	Вводимая активность, MBq	Орган, в котором накапливается наибольшая активность	Эффективная доза, mSv/MBq
²⁰¹ Tl хлорид	75–150	Почки	0,23
^{99m} Tc сестамиби	750–1100	Жёлчный пузырь	0,0085
^{99m} Tc тетrafosмин	750–1100	Жёлчный пузырь	0,0067

Показания к проведению перфузионной скintiграфии миокарда

Диагностика коронарной болезни сердца (включая дифференциальную диагностику болевого синдрома в грудной клетке) — чувствительность метода составляет 84%, специфичность — 77%.

- Наличие коронарной болезни сердца:
 - промежуточная или высокая претестовая вероятность наличия ИБС у пациентов с исходными изменениями на ЭКГ, препятствующими интерпретации результатов нагрузочной пробы;
 - промежуточная или высокая претестовая вероятность наличия ИБС у пациентов женского пола, неспособных достичь субмаксимальной ЧСС или страдающих сахарным диабетом;
 - промежуточная претестовая вероятность наличия ИБС у пациентов с впервые выявленной сердечной недостаточностью.
- Локализация поражения (бассейн коронарной артерии).
- Распространённость поражения (количество бассейнов коронарных артерий).
- Оценка гемодинамического влияния стенотического поражения на региональную перфузию.
- Оценка жизнеспособности миокарда:
 - дифференцирование между ишемическими и рубцовыми изменениями;
 - прогнозирование эффекта в отношении улучшения сократительной функции после реваскуляризации.
- Оценка и стратификация риска и определение прогноза:
 - после инфаркта миокарда;

- перед большими внесердечными хирургическими вмешательствами у больных с высоким риском развития коронарных осложнений;
- оценка риска у лиц без клинических проявлений ИБС, имеющих умеренный и высокий риск развития ИБС и относящихся к профессиям высокого риска (например, пилоты).
- Оценка раннего и долговременного эффекта лечения:
 - реваскуляризации у больных с рецидивом клинической симптоматики;
 - медикаментозной терапии;
 - диеты и мероприятий по изменению образа жизни.
- Диагностированная или подозреваемая застойная сердечная недостаточность:
 - дифференциальная диагностика между ишемической и неишемической кардиомиопатией;
 - оценка функции левого желудочка (исходно и в динамике) при необходимости назначения препаратов, заведомо обладающих кардиотоксическим действием (например, доксорубицин).

Противопоказания к проведению перфузионной сцинтиграфии миокарда

Противопоказаниями к проведению собственно радиоизотопного исследования служит беременность и кормление грудью. Остальные противопоказания зависят от протокола исследования и включают стандартные противопоказания к проведению нагрузочных проб. Не следует забывать, что при проведении перфузионной сцинтиграфии существуют технические ограничения по весу пациента (в зависимости от фирмы-производителя гамма-камеры верхний предел массы тела колеблется от 120 до 180 кг).

Методика проведения перфузионной сцинтиграфии миокарда

В зависимости от задач исследования перфузионную сцинтиграфию миокарда выполняют по различным протоколам в один или два дня:

- покой — нагрузка;
- нагрузка — покой;
- нагрузка — перераспределение;
- покой — перераспределение;
- повторное введение.

В зависимости от задач исследования и возможностей пациента, проводят пробу либо с физической нагрузкой, либо с фармакологической.

Проба с физической нагрузкой.

- Субмаксимальная (достижение субмаксимальной частоты сердечных сокращений).
- До появления симптомов ухудшения коронарного кровоснабжения.
- Максимальная.

Проба с фармакологической нагрузкой.

- Вазодилататоры:
 - аденозин;
 - дипиридамол.
- Ино-, хронотропные агенты:
 - добутамин;
 - добутамин+атропин.

Определение дальнейшей тактики ведения пациентов в зависимости от результатов перфузионной сцинтиграфии миокарда представлено в табл. 26.

Таблица 26. Определение тактики ведения пациента на основании результатов перфузионной сцинтиграфии миокарда

Результаты нагрузочной пробы	Результаты сцинтиграфии миокарда	Тактика ведения пациента
–	–	Наблюдение
+	+	КАГ* или агрессивная медикаментозная терапия
–	+	Единичный нераспространённый дефект перфузии — медикаментозная терапия
		Множественные дефекты перфузии или единичный глубокий распространённый дефект перфузии — КАГ*
сомнительная	+	КАГ*
+	–	КАГ* при наличии выраженной клинической симптоматики

* КАГ — коронароангиография.

МУЛЬТИСПИРАЛЬНАЯ КОМПЬЮТЕРНАЯ ТОМОГРАФИЯ И ЭЛЕКТРОННО-ЛУЧЕВАЯ ТОМОГРАФИЯ

Мультиспиральная компьютерная томография (МСКТ) и электронно-лучевая томография (ЭЛТ) в кардиологической практике применяются для неинвазивной визуализации коронарных артерий.

Области применения МСКТ и ЭЛТ.

- Диагностика коронарного атеросклероза на основании выявления и количественной оценки кальциноза стенки коронарных артерий.
- Неинвазивная коронароангиография.
- Неинвазивная шунтография (артериальные и венозные шунты).
- Оценка анатомии и функции камер сердца при врождённых и приобретённых заболеваниях сердца.
- Компьютерная томография-ангиография (КТ-ангиография) аорты, лёгочной артерии, периферических артерий и вен.
- Неинвазивная оценка коронарного атеросклероза.

Методы быстрой компьютерной томографии (МСКТ и ЭЛТ) при условии синхронизации с ЭКГ позволяют выявлять и количественно оценивать наличие кальция в стенках коронарных артерий и, тем самым, оценивать наличие и тяжесть коронарного атеросклероза.

ПОКАЗАНИЯ К ОПРЕДЕЛЕНИЮ КОРОНАРНОГО КАЛЬЦИНОЗА

Определение степени кальциноза коронарных артерий показано тем пациентам, у которых результаты данного исследования могут оказать влияние на дальнейшую тактику их ведения.

- Скрининговое обследование лиц из группы умеренного риска с отсутствием клинических проявлений ИБС (мужчины в возрасте 35–65 лет и

женщины в возрасте 45–70 лет) с целью раннего выявления коронарного атеросклероза.

- Обследование пациентов до 65 лет с атипичным болевым синдромом в грудной клетке.
- Обследование пациентов до 65 лет с сомнительными результатами нагрузочных тестов.
- Обследование пациентов до 65 лет с наличием традиционных факторов риска при отсутствии установленного диагноза ИБС.
- Обследование пациентов с отягощённым семейным анамнезом по наличию ранних осложнений коронарного атеросклероза.
- Обследование пациентов с кардиомиопатией неясной этиологии (дифференциальный диагноз между ишемической и неишемической кардиомиопатией).

Нецелесообразно проводить исследование коронарного кальция у пациентов молодого возраста без отягощённой наследственности или наличия множественных факторов риска (кальцификацию коронарных артерий в молодом возрасте встречают редко, поэтому отсутствие кальциноза не может исключить наличие коронарной болезни), у пациентов преклонного возраста (результаты исследования редко влияют на тактику лечения) и у лиц с подтверждённым диагнозом ИБС.

ПРОТИВОПОКАЗАНИЯ К ПРОВЕДЕНИЮ МСКТ И ЭЛТ

Абсолютных противопоказаний к проведению исследования нет. Относительные противопоказания включают в себя:

- беременность;
- наличие факторов, делающих по какой-либо причине невозможным сохранение неподвижности во время исследования и задержку дыхания в течение 15–30 с;
- избыточная масса тела, превышающая максимально допустимую нагрузку на стол томографа для данной модели.

При проведении контрастной КТ-ангиографии дополнительными противопоказаниями служат:

- гиперчувствительность к контрастному препарату;
- почечная недостаточность (сывороточный креатинин более 1,5 мг/дл);
- стойкая сердечная недостаточность;
- анамнестические указания на тромбоэмболические осложнения;
- множественная миелома;
- гипертиреоз;
- феохромоцитома;
- фибрилляция предсердий.

Эффективная доза при проведении ЭЛТ составляет 1,0–1,3 мЗв (при КТ-ангиографии 1,5–2,0 мЗв), при проведении МСКТ 1,5–6,2 мЗв (при КТ-ангиографии 6,7–13,0 мЗв).

ИНТЕРПРЕТАЦИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ИССЛЕДОВАНИЯ

Программное обеспечение томографа позволяет определять как площадь, так и плотность кальцифицированных участков стенки коронарной артерии. Согласно стандартизованной количественной системе измерений коронарного кальциноза, основанной на коэффициенте рентгеновского

поглощения и площади кальцинатов, количество коронарного кальция выражается в безразмерных единицах индекса обызвествления (кальцификации) коронарных артерий (кальциевый индекс, индекс Агатстона, КИ).

Таблица 27. Стратификация риска сердечно-сосудистых осложнений в зависимости от выраженности коронарного кальциноза

Кальциевый индекс	Категория риска	Вероятность коронарного атеросклероза	Риск сердечно-сосудистых осложнений (в год)	Относительный риск
0	Очень низкий	<1%	<0,1%	1
1–80	Низкий	Низкая	0,2%	2
81–400	Умеренный	Вероятность необструктивного поражения	1%	10
>400	Высокий	Высокая вероятность обструктивного поражения	4,8%	25

Пациентам с КИ выше 400 рекомендуют проведение дальнейшего обследования (нагрузочное тестирование) для стратификации риска и определения тактики лечения.

КОРОНАРНАЯ КТ-АНГИОГРАФИЯ

Коронарную КТ-ангиографию используют для уточнения показаний к проведению инвазивной коронарной ангиографии у пациентов с низкой вероятностью хирургического вмешательства на коронарных сосудах и для неинвазивной оценки проходимости шунтов после операции коронарного шунтирования.