

Нагрузочные ЭКГ тесты

# Тредмил тест

Кафедра профилактической и неотложной кардиологии

к.м.н. Чомахидзе П.Ш.

# Определение

**Нагрузочный ЭКГ тест – это исследование состояния сердечно-сосудистой системы с достижением субмаксимальной или максимальной нагрузки под контролем ЭКГ и уровня артериального давления**

# Основные варианты ЭКГ тестов



V  
S



Зависит от навыка и силы ног  
Трудно выполнять:  
ПОЖИЛЫМ  
при болезни суставов, позвоночника

Более привычная нагрузка  
Легче дозировать нагрузку

Дороже

# Показания к проведению нагрузочного теста

- **Диагностика ИБС**
- Оценка эффективности антиангинальной, гипотензивной и антиаритмической терапии
- Динамическое наблюдение пациентов после реваскуляризации миокарда
- Определение переносимости нагрузки, резерва АД
- Индукция нарушений сердечного ритма и проводимости

# Место нагрузочного ЭКГ теста в алгоритме диагностики ИБС



# Диагностическая точность тредмил теста

## Данные литературы

	Число работ	Общее число больных	Чувствительность	Специфичность	Предсказательная ценность
Gianrossi R.	147	24047	68%	77%	73%
Detrano R.	58	11691	67%	72%	69%


## Собственные данные

Число тестов  
7100

Чувствительность  
81%

Специфичность  
88%

# Диагностическая точность и стоимость методов диагностики ИБС



	<b>Ч.</b>	<b>Сп.</b>	<b>стоимость</b>
Тредмил-тест	70%	75%	1
Стресс ЭХО-КГ	81%	88%	2
Сцинтиграфия $^{201}\text{Tl}$	86%	91%	5
МСКТ	90%	95%	10
Коронароангиография	100%	100%	19

# Вероятность ИБС перед проведением нагрузочного теста

Возраст	Пол	Ангинозные боли			
		Типичные	Атипичные	Неангинозные	Нет
30-39	муж	средняя	средняя	< 10%	< 5%
	жен	средняя	< 5%	< 5%	< 5%
40-49	муж	> 90%	средняя	средняя	< 10%
	жен	средняя	< 10%	< 5%	< 5%
50-59	муж	> 90%	средняя	средняя	< 10%
	жен	средняя	средняя	< 10%	< 5%
60-69	муж	> 90%	средняя	средняя	< 10%
	жен	> 90%	средняя	средняя	< 10%



# Методика проведения нагрузочного теста

Оценка состояния пациента, наличие противопоказаний к тесту



Терапия пациента и соблюдение рекомендаций по отмене препаратов



Выбор протокола теста



Проведение исследования



Анализ результатов



Общение с лечащим врачом

# Абсолютные противопоказания к проведению нагрузочного теста

- острый инфаркт миокарда в течение 1-3 недель в зависимости от тяжести;
- нестабильная стенокардия;
- острый миокардит, перикардит, эндокардит;
- ОНМК или инсульт (острая и подострая фаза);
- критический аортальный стеноз, другие пороки с критическим нарушением внутрисердечной гемодинамики;
- аневризма сердца, аорты, др. сосудов при исходном АД выше 130/80 мм рт.ст.;
- диссекция аорты;
- внутрисердечный тромбоз;
- неконтролируемая артериальная гипертензия;
- неконтролируемые желудочковые нарушения ритма I-IV;
- частые эпизоды АВ блокады II степени, АВ блокада III степени;
- сердечная недостаточность IV функционально класса по NYHA;
- ТЭЛА (давность до 3 месяцев);
- выраженная артропатия, иные внесердечные причины, препятствующие нагрузке;
- пациент неконтактный, неадекватно оценивает происходящее;
- тестирование пациента натощак после забора крови из вены.

# Относительные противопоказания к проведению нагрузочного теста

- документально подтвержденный приступ стенокардии в день исследования;
- ОНМК или инсульт в анамнезе при исходном АД выше 120/80 мм рт.ст.;
- гемодинамически значимые (не критические) пороки сердца, в т.ч. приобретенные;
- аневризмы сердца, сосудов;
- желудочковые нарушения ритма высоких градаций на фоне терапии;
- тяжелая неконтролируемые наджелудочковые нарушения ритма;
- эпизоды АВ блокады II степени;
- сердечная недостаточность II-III функционального класса по NYHA, субкомпенсация;
- исходная ЧСС выше 110 в минуту, АД выше 140/90 мм рт.ст.;
- синдром отмены  $\beta$ -адреноблокаторов (тахикардия, артериальная гипертония);
- пациент не обследован
- обострение деформирующего остеоартроза и других болезней суставов;
- анемия, декомпенсация нарушений углеводного обмена;
- лихорадка любого генеза, явления ОРВИ.

# Что мешает проведению теста

## Сопутствующая патология

Гипертермия  
Гипертиреоз  
Артериальная гипертензия



потребление  
миокарда  
**O<sub>2</sub>**

Анемия  
Гипоксемия  
Голод  
Пневмония  
Бронхиальная астма  
ХОБЛ  
Легочная гипертензия  
Интерстициальный легочный  
фиброз  
Повышенная вязкость крови  
Полицитемия



снабжение  
миокарда  
**O<sub>2</sub>**

**Исходная ЭКГ:** блокада ножек пучка Гиса  
фоновое смещение ST-T  
выраженная тахикардия

# Методика проведения нагрузочного теста

Оценка состояния пациента, показаний и противопоказаний к тесту



**Терапия пациента и соблюдение рекомендаций по отмене препаратов**



Выбор протокола теста



Проведение исследования



Анализ результатов



Общение с лечащим врачом

# Какие лекарства влияют на результат

Бета-адреноблокаторы  
Антагонисты Ca<sup>++</sup> рецепторов  
Ивабрадин (кораксан)

↓ ЧСС затрудняют достижение  
субмаксимальной ЧСС

Кордарон  
Нитраты

улучшают коронарный  
кровоток

Гипотензивные препараты

↓ АД искажают реакцию АД

Диуретики, препараты калия

Электролитные нарушений  
ST-T, ЧСС

# Необходимость отмены терапии перед тестом

- Диагностика ИБС **Отмена терапии**
- Определение переносимости нагрузки, резерва АД **Отмена терапии**
- Индукция нарушений сердечного ритма и проводимости **Отмена терапии**
- Оценка эффективности антиангинальной, гипотензивной и антиаритмической терапии **На фоне терапии**
- Динамическое наблюдение пациентов после реваскуляризации миокарда **На фоне терапии**

Отмена препаратов за 3 дня до теста

# Осложнения

Тяжелый приступ стенокардии	<b>0.05 %</b>
Тяжелые нарушения сердечного ритма	<b>0.04 %</b>
Синкопальные состояния	<b>0.04 %</b>
Инфаркт миокарда	<b>0.01 %</b>
Острое нарушение мозгового кровообращения	<b>1 пациент</b>
Диссекция аневризмы аорты	<b>1 пациент</b>
Смертность (данные литературы)	<b><u>0.01 %</u></b>

**n=8000**

**Раннее осложнение** - во время теста или через час после него

**Позднее осложнение** – в течение 24 часов после теста



# Методика проведения нагрузочного теста

Оценка состояния пациента, показаний и противопоказаний к тесту



Терапия пациента и соблюдение рекомендаций по отмене препаратов



Выбор протокола теста



Проведение исследования



Анализ результатов



Общение с лечащим врачом

# Выбор протокола тестирования

Противопоказаний нет  
Нет тяжелой патологии сердца  
Сопутствующая патология незначимая

**BRUCE**

2.7 км/час, 10%

Есть относительные противопоказания  
Есть известное значимое поражение КА  
Есть тяжелая патология сердца  
Сопутствующие заболевания значимы

**Mod BRUCE**

2.7 км/час, 0%

Тяжелое состояние, в т.ч. НК III ф.класса  
Тяжелая стенокардия – III ф.класса  
Тяжелая сопутствующая патология легких, суставов и др.  
Низкая переносимость нагрузки

**NAUGHTON**

1.6 км/час, 0%

**Цель – достигнуть субмаксимальной ЧСС без осложнений**



85% от максимальной (200-возраст)

# Методика проведения нагрузочного теста

Оценка состояния пациента, показаний и противопоказаний к тесту



Терапия пациента и соблюдение рекомендаций по отмене препаратов



Выбор протокола теста



**Проведение исследования**



Анализ результатов



Общение с лечащим врачом

# Подготовка пациента

Дать разъяснения пациенту

Получить письменное согласие

Наложить электроды

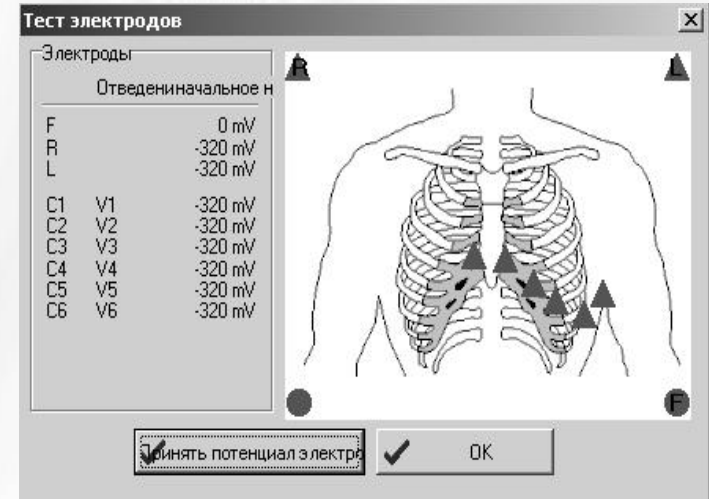
Измерить АД

Зарегистрировать исходную ЭКГ

Убедиться с исправности оборудования

При необходимости – коррекция АД

Принять окончательное решение о возможности проведения  
и выборе протокола теста



# Контроль ЭКГ и АД

## Печать ЭКГ:

исходная ЭКГ

нарастание ЧСС на каждые 10-15 сокращений в мин.

появление динамики ST-T

индукция нарушений ритма

жалобы пациента

достижение искомой ЧСС

## Измерение АД:

каждые 2 минуты

чаще при гипер- или гипотонии

# Критерии прекращения нагрузки

Достижение субмаксимальной или максимальной ЧСС

Ишемическая динамика сегмента ST более 1 мм

Индукция нарушений ритма и проводимости

групповая желудочковая эктопия

предсердная тахикардия, фибрилляция предсердий

преходящая блокада проведения по системе Гиса

синоатриальная или атриовентрикулярная блокада II, III степени

Повышение АД выше 200/100 мм рт.ст. или Снижение АД ниже исходного

## Жалобы

Выраженный болевой синдром

Выраженная усталость, тяжелая одышка

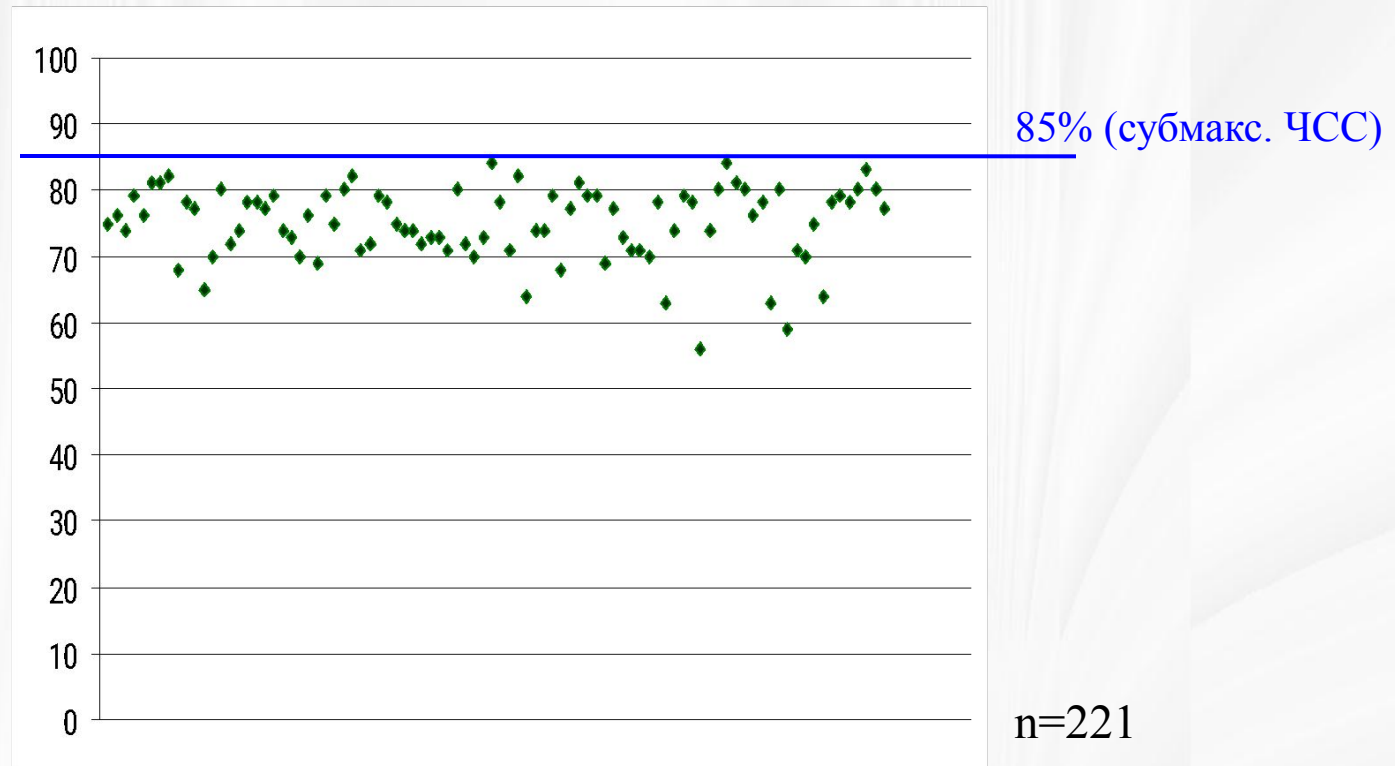
Головокружение, нарушение походки резкая головная боль

Плохое качество ЭКГ сигнала, неисправность оборудования

**Нежелание пациента продолжать нагрузку**

# Значимость субмаксимальной ЧСС

ЧСС (% от макс.)



У всех пациентов ишемические изменения выявляются на ЧСС ниже субмаксимальной

# Клинический пример

**Пациент А., 52 лет**, мужчина, считал себя практически здоровым  
Жалобы на дискомфорт в груди около 1 месяца, назначен тредмил  
До нагрузки – ЭКГ в норме, АД 120,70 мм рт.ст.

На 2 ступени теста – **слабость, бледность** – тест остановлен – ЭКГ в норме

В течение следующей минуты:

снижение АД с 150/90 мм рт.ст. до 70/40 мм рт.ст.

Потеря сознания

Выраженная брадикардия

Депрессия сегмента ST



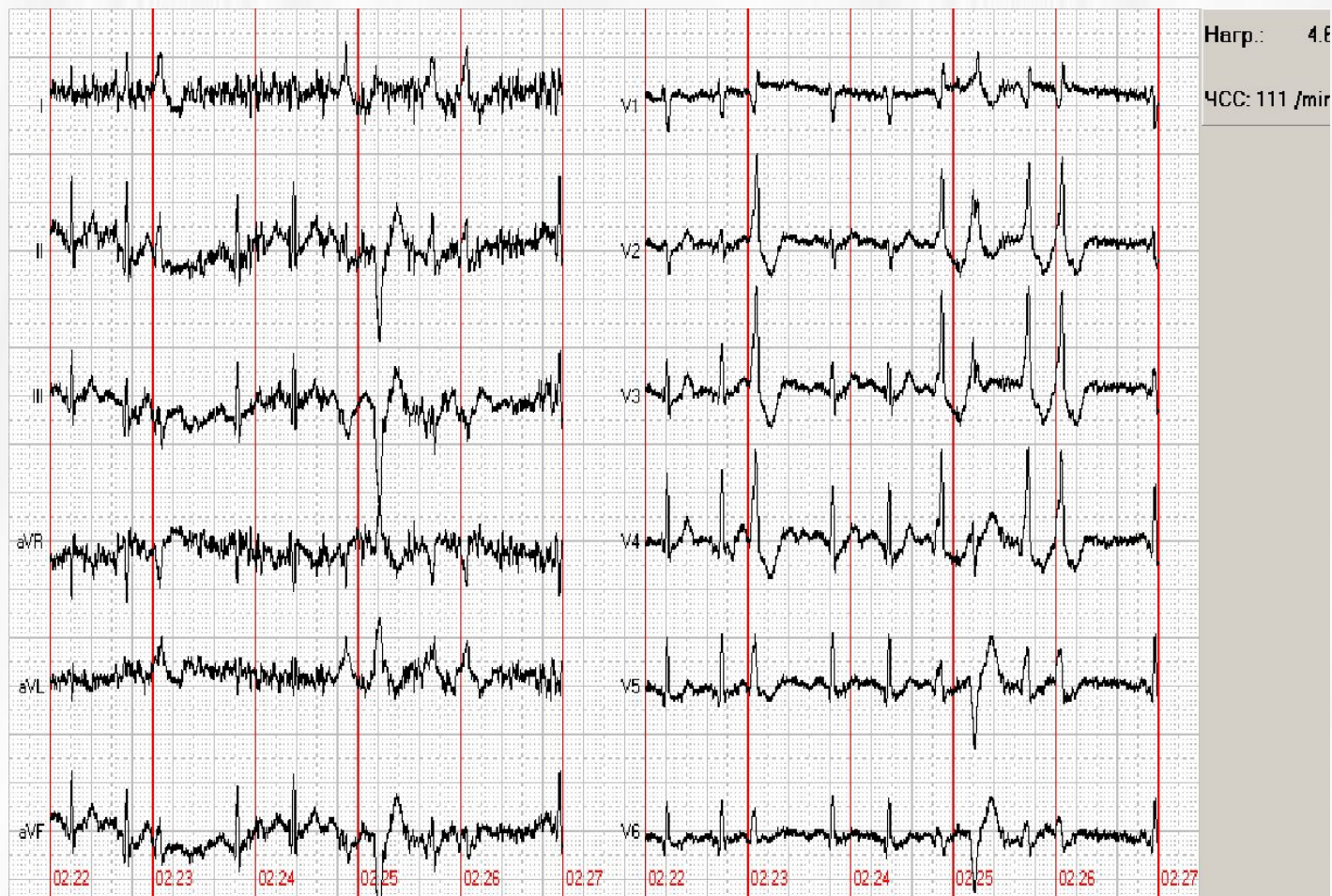
Перевод в отделение реанимации в течение 1 минуты

Через 2-3 минуты - самостоятельное нарастание АД, пришел в себя

По ЭХОКГ – критический аортальный стеноз – grad 85 мм рт.ст.



# Индукция нарушений ритма



# Желудочковая тахикардия ??



# Методика проведения нагрузочного теста

Оценка состояния пациента, показаний и противопоказаний к тесту



Терапия пациента и соблюдение рекомендаций по отмене препаратов



Выбор протокола теста



Проведение исследования



**Анализ результатов**



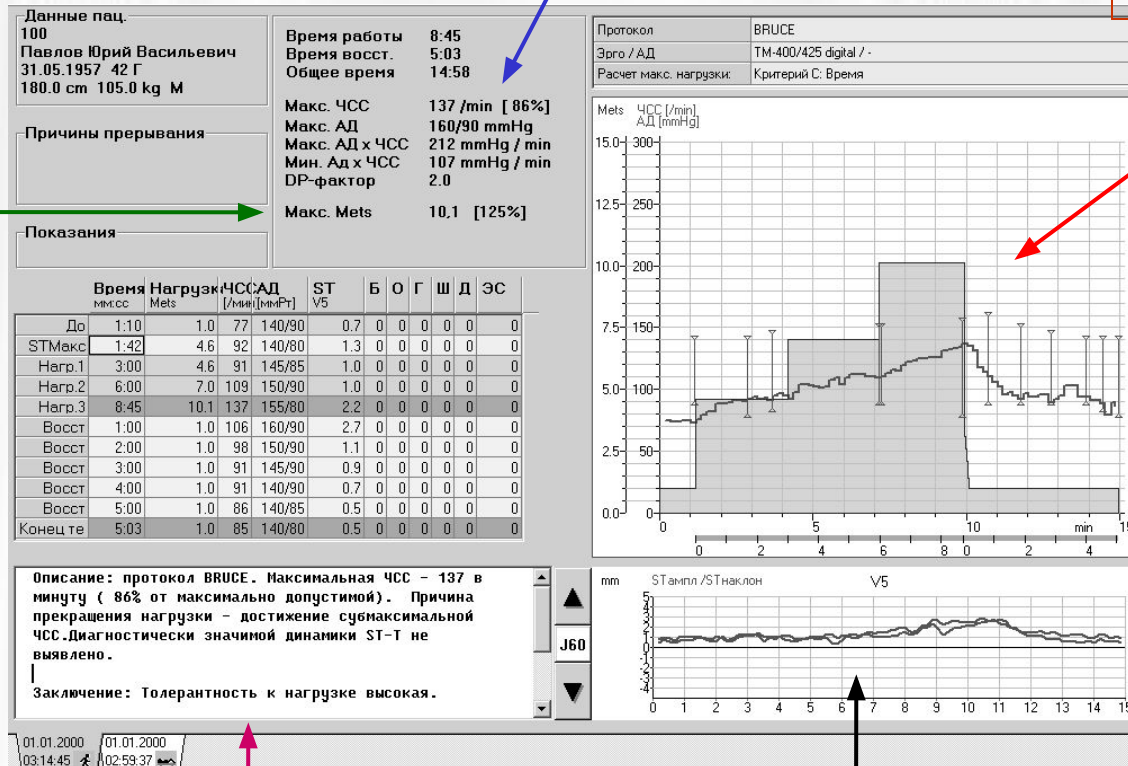
Общение с лечащим врачом

# Анализ полученных данных

Выполненная работа

ЧСС – исходная, максимальная

Тренд АД и ЧСС



Ваше заключение

ST тренд в выбранном отведении



# Анализ полученных данных

## Выполненная работа

Измеряется в METS – эквивалент потребления кислорода

1 METS = 3.5 мл O<sub>2</sub>/мин/кг веса тела

<b>METS</b>	<b>Вт</b>	<b>Толерантность</b>
до 3.9	35-50	низкая
4.0-6.9	50-75	средняя
более 7.0	100-125	высокая
более 10.0	более 125	очень высокая

# Анализ полученных данных

## Реакция АД на нагрузку

### Нормотонический тип реакции АД на нагрузку

Исходное АД, мм рт. ст.	Степень теста (протокол Bruce)	Диапазон АД (мм рт. ст.)
115/70-135/90	1	140/90-150/90
	2	150/90-160/90
	3	160/90-180/100
	4-7	не более 190/100

**Гипертонический** тип реакции АД

**Гипотонический** тип реакции АД



## **Элевация сегмента ST**

- встречается редко (3-7% пациентов с ИБС)
- чаще у пациентов с нестабильной стенокардией и перенесших инфаркт миокарда с Q зубцом
- обусловлен спазмом коронарных артерий
- отражает сегментарные изменения сократимости



# Оценка риска

## Риск сердечно-сосудистых эпизодов по Дьюку

$$(t-5) \times (ST_{\max} - 4k)$$

**t** - время нагрузки (мин)

**ST<sub>max</sub>** – максимальная амплитуда депрессии/элевации сегмента ST (мм)

**k** – показатель тяжести стенокардии:

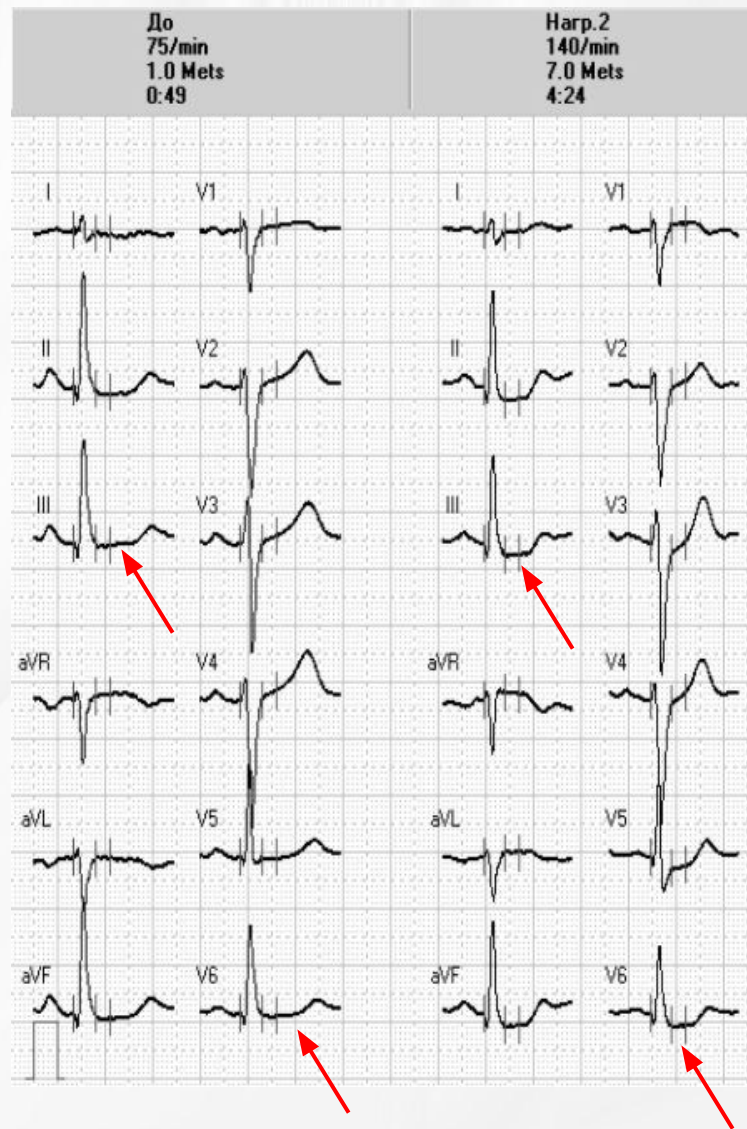
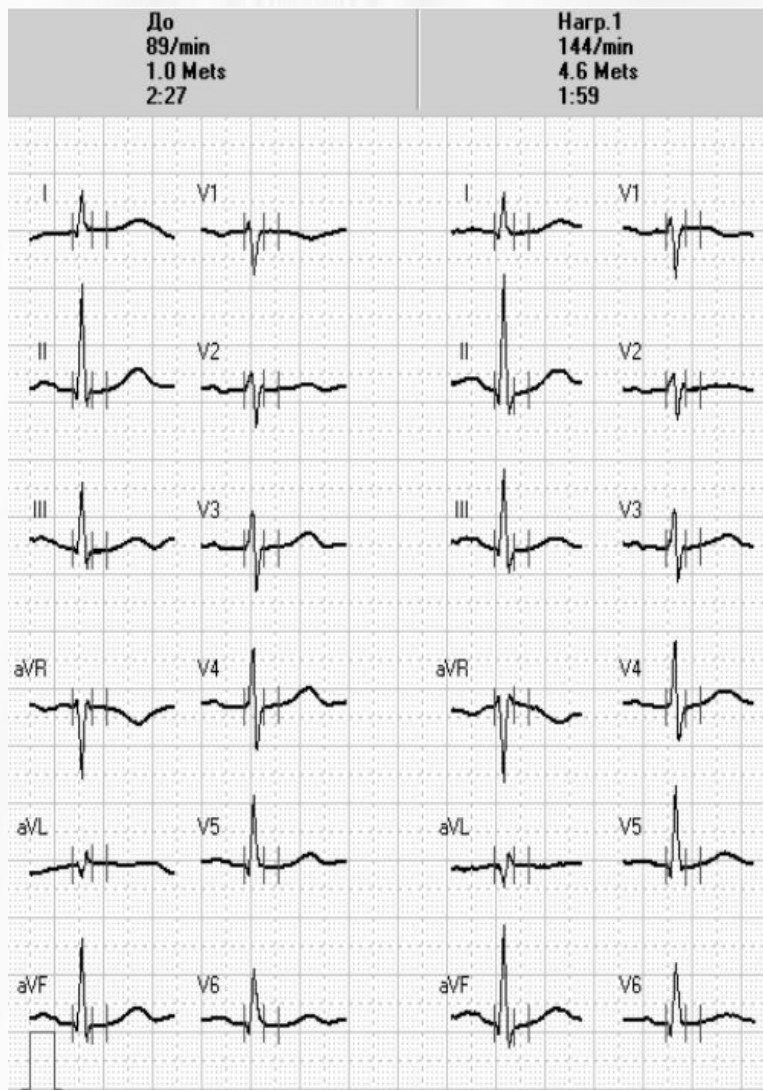
0 – отсутствие стенокардии;

1 – боль, не ограничивающая нагрузку;

2 – боль, являющаяся причиной остановки теста.

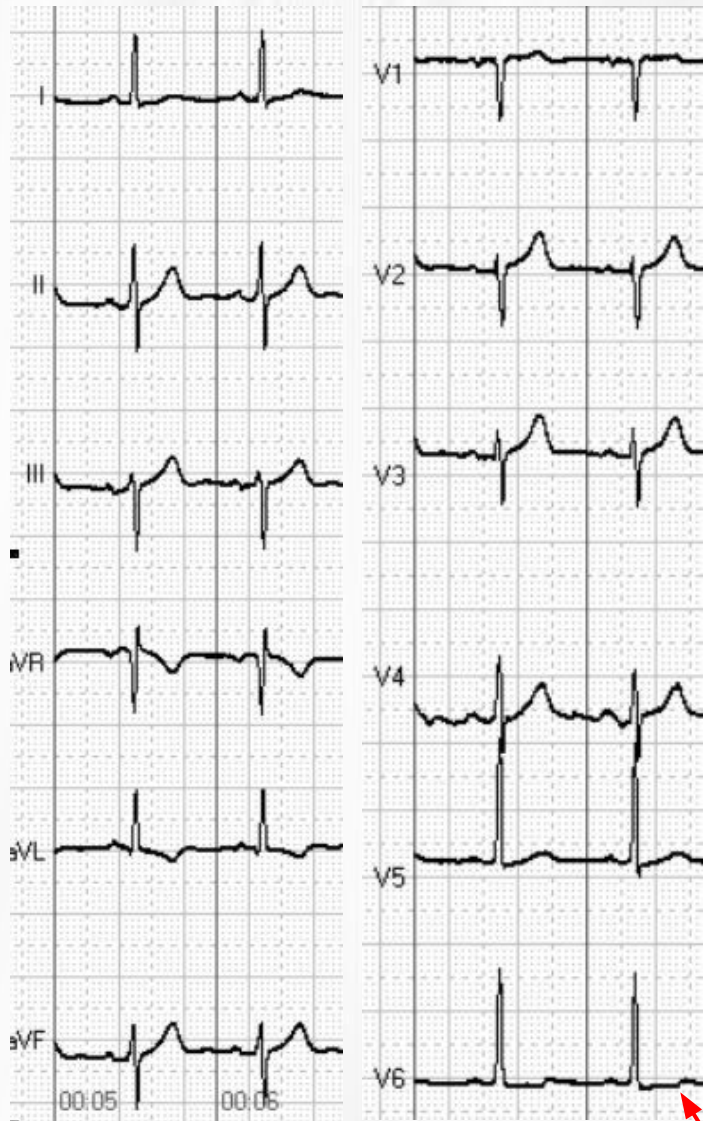
Низкий риск: **более +5** Средний риск: **от +4 до -10** Высокий риск: **ниже -11**

# Пример нормального и положительного тредмил теста

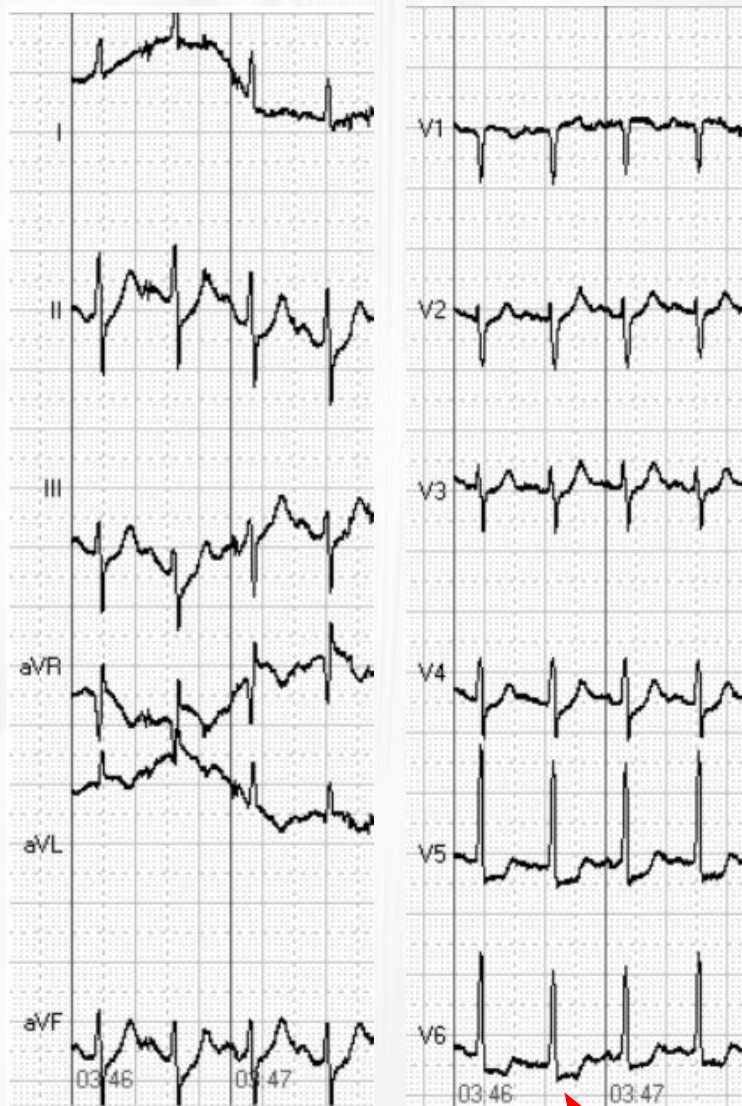


# Еще один положительный тредмил тест

До начала нагрузки



Максимальная динамика ST



# Особенности тредмил теста

## женщины

Пол	Чувствительность	Специфичность	Диагностическая точность
Мужчины	<b>71%</b>	<b>82%</b>	<b>80%</b>
Женщины	<b>69%</b>	<b>62%</b> ↓	<b>67%</b> ↓

Причиной ложноположительных тестов чаще являются:

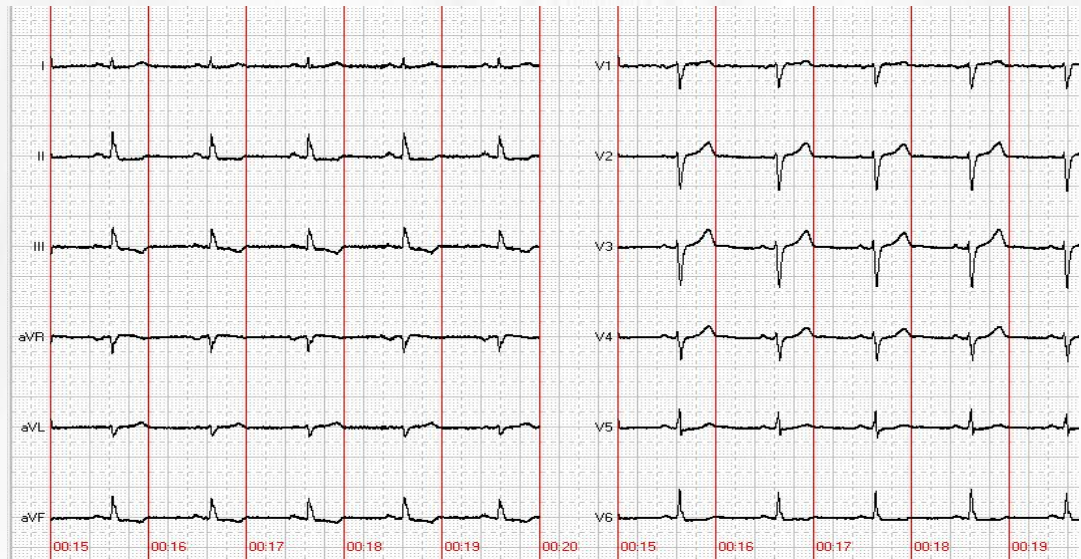
- возраст старше 45 лет
- синдром пре- или постменопаузы
- избыточный вес
- сочетании с
  - пролапсом митрального клапана
  - гиперлипидемия
  - артериальная гипертензия
- ЭКГ покоя - неспецифические изменения конечной части желудочкового комплекса

Чаще всего требуется дополнительное обследование – предпочтительна ОФЭКТ



# Классический “женский” тест

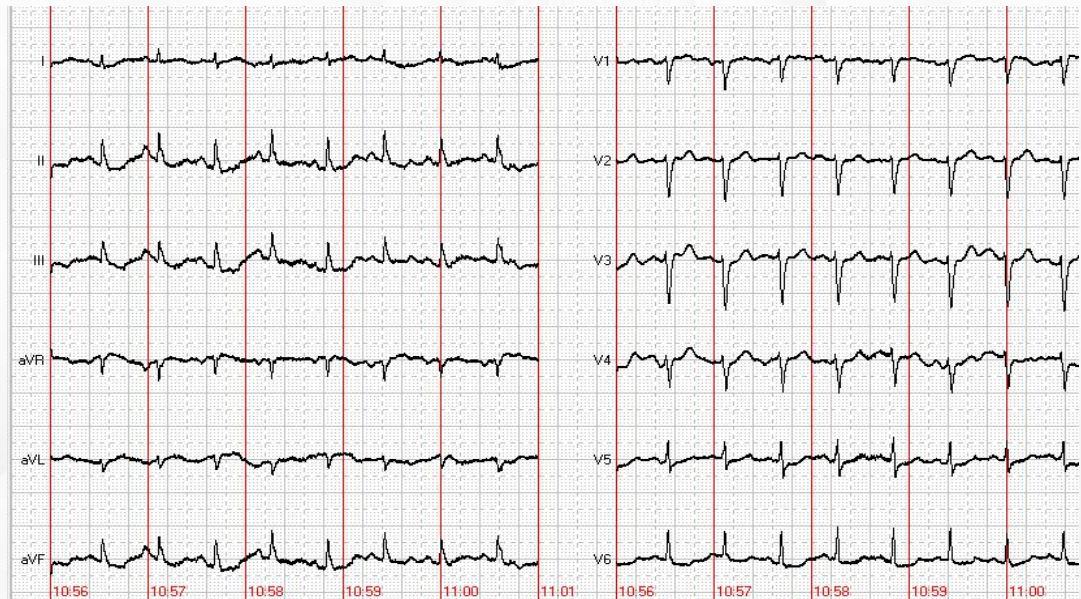
Пациентка Т, 52 лет,  
Климактерический с.  
Дисгормональная КМП  
ST-T – неспецифические  
изменения



Протокол BRUCE  
Макс. ЧСС 150 в мин  
Макс. АД 180/90 мм рт.ст.  
Нагрузка – 8.2 METS

Углубление депрессии до 0.5 мм.  
Сомнительная динамика.

По КАГ – чистые КА



## Особенности **нагрузочного ЭКГ теста** при ожирении

- высокая вероятность ИБС при положительном результате
- гипертоническая реакция на нагрузку
- высокий стартовый прирост ЧСС и АД
- одышка, артралгии
- ограничения оборудования
- разработка программы реабилитации

} **Протокол MOD-BRUCE**

	Чувствительность	Специфичность	Диагностическая точность
ИМТ ниже 30	71%	82%	80%
<b>ИМТ выше 30</b>	<b>69%</b>	<b>62%</b>	<b>67%</b>

# Особенности тредмил теста

## После реваскуляризации

	Чувствительность	Специфичность	Диагностическая точность
В выявлении рестенозов	<b>75%</b>	<b>88%</b>	<b>81%</b>

*собственные данные, n=62*

**1 этап** – через **1-2** недели после вмешательства – результат реваскуляризации

**2 этап** – наблюдение за пациентом через **1, 3, 6, 12** месяцев, далее 1 раз в год и при рецидиве жалоб.

Тесты проводятся на фоне плановой терапии.

При сомнительном результате – ОФЭКГ или стресс-ЭХОКГ на фоне постепенной отмены терапии в условиях стационара.

Чаще индуцируются аритмии и преходящие нарушения проводимости

# Особенности тредмил теста

## После инфаркта миокарда

ИМ без осложнений – тредмил тест через 3-4 дня

ИМ осложненный – тредмил тест через 3-4 недели

Риск повторного инфаркта повышается при:

- невозможность выполнения 2 ступени протокола Bruce (толерантность менее 6.5 METs)
- максимальной ЧСС ниже 120 в минуту
- продолжительности восстановительного периода более 6 мин;
- гипотонической реакции АД на нагрузку
- подъеме сегмента ST

Если исходная ЭКГ изменена, чувствительность и специфичность снижается до **62%** и **73%** соответственно

Рекомендовано применение ОФЭКГ и стресс-ЭХОКГ



КАЧЕСТВО  
ОБОРУДОВАНИЯ

КОНТАКТ С  
ПАЦИЕНТОМ

МИНИМУМ ОСЛОЖНЕНИЙ  
МАКСИМАЛЬНАЯ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТЬ  
МАКСИМАЛЬНАЯ СПЕЦИФИЧНОСТЬ  
ВЫСОКАЯ ВОСПРОИЗВОДИМОСТЬ

КВАЛИФИКАЦИЯ ВРАЧА

ПРЕДВАРИТЕЛЬНОЕ  
ОБСЛЕДОВАНИЕ  
(ЭХО КГ, ХОЛТЕР)  
И ПОДГОТОВКА (ТЕРАПИЯ?)

**Спасибо за внимание**