



Нагрузочные пробы в кардиологии

Зайцева Вера Ивановна
Доцент кафедры
кардиологии и функциональной диагностики
НМАПО им.П.Л.Шупика

Применение нагрузочных проб в кардиологии



Провокационные пробы

- Пробы с ДФН
- Фармакологические пробы
- Электрическая стимуляция предсердий
- Холодовая проба
- Проба с гипервентиляцией
- Моделирование психоэмоционального напряжения



Методы регистрации ишемии миокарда

- ЭКГ
- Вентрикулография
- Радиоизотопная сцинтиграфия миокарда с Tl-201
- Концентрация лактата и пирувата в крови из коронарного синуса





Показания для проведения пробы с ДФН

1. **Диагностическая** (нечеткие клинические проявления болезни, отсутствие типичного сердечно-болевого синдрома)
2. **Определение работоспособности** (возможность выполнить определенный объем ФН, характеризуется толерантностью к ФН)
3. **Определение эффективности лечения больных ИБС:**
 - а) *уменьшение или исчезновение признаков ишемии миокарда в ответ на повторную ФН;*
 - б) *увеличение продолжительности выполнения ФН до появления признаков ишемии миокарда;*
 - в) *увеличение мощности и объема выполненной работы.*



Противопоказания для проведения пробы с ДФН

Абсолютные:

1. Сердечная недостаточность IIБ-III ст.
2. Выраженная дыхательная недостаточность
3. Острый период ИМ (от начала заболевания: 2 недели при неосложненном течении и 3 недели при осложненном течении)
4. Нестабильная стенокардия
5. Транзиторная ишемическая атака
6. Острый тромбофлебит
7. Острые инфекционные заболевания
8. Миокардит (первые 3 месяца)
9. Расслаивающая аневризма
10. Клинически значимый аортальный стеноз
11. Аритмии с нарушением гемодинамики
12. ТЭЛА



Противопоказания для проведения пробы с ДФН

Относительные:

1. Артериальная гипертензия (АД > 220/130 мм рт.ст.)
2. Блокада ветвей пучка Гиса
3. Атриовентрикулярная блокада
4. Фибрилляция или трепетание предсердий
5. Экстрасистолы групповые, политопные и ранние
6. Синдром WPW
7. Аневризма сердца
8. Болезни обмена веществ (сахарный диабет, микседема, тиреотоксикоз, ожирение)
9. Заболевания крови
10. Почечная и печеночная недостаточность
11. Психоневротические расстройства
12. Ортопедические нарушения



Условия проведения нагрузочной пробы

1. Ознакомить больного с целями и задачами
2. Проводится в первой половине дня, через 1,5-2 часа после завтрака
3. В помещении свежий воздух, $t^{\circ}=18^{\circ}-20^{\circ}$, спокойная обстановка
4. В течение часа перед исследованием не курить, не выполнять интенсивных физических нагрузок
5. Перед исследованием не принимать лекарств при показаниях 1,2, при показании 3 учитывают время приема препарата
6. Во время выполнения НП включен дефибриллятор, набор средств для неотложной помощи, пробу проводит врач, владеющий приемами неотложной помощи
7. Обязательное условие безопасности: визуальный мониторингЭКГ

40% массы тела составляют скелетные мышцы

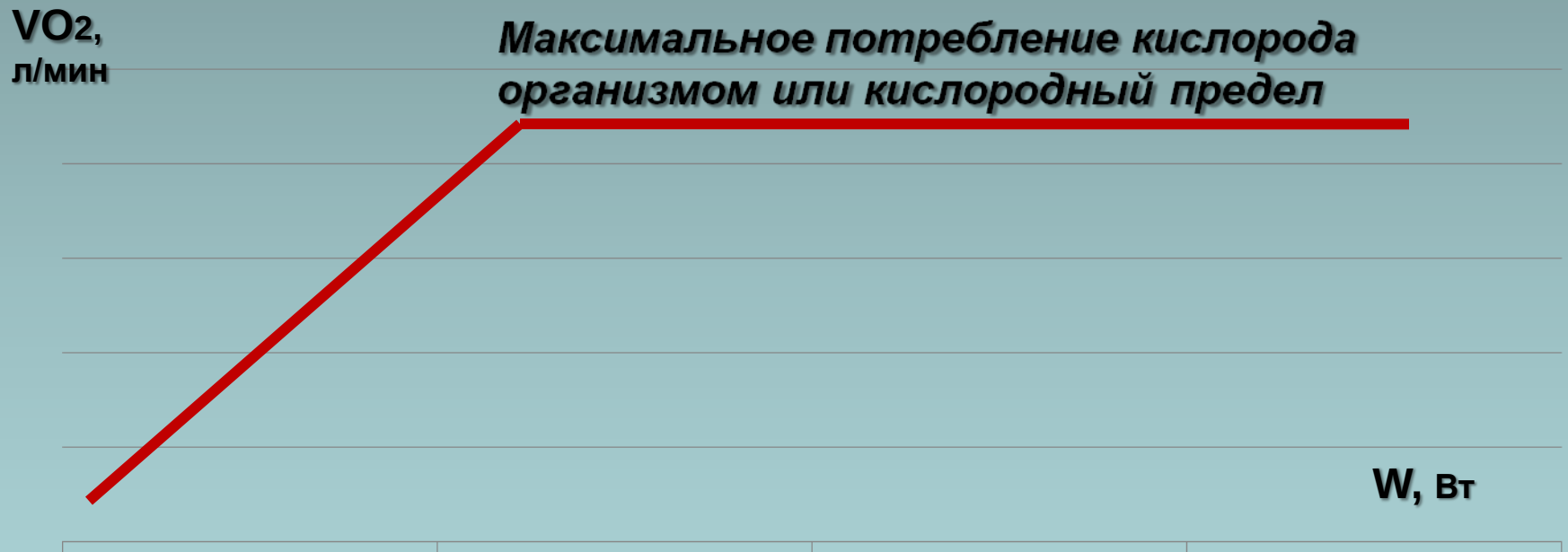
Статическая мышечная нагрузка (поддержание позы, осанки):

Переносимость нагрузки зависит от функционального состояния тех или иных мышечных групп

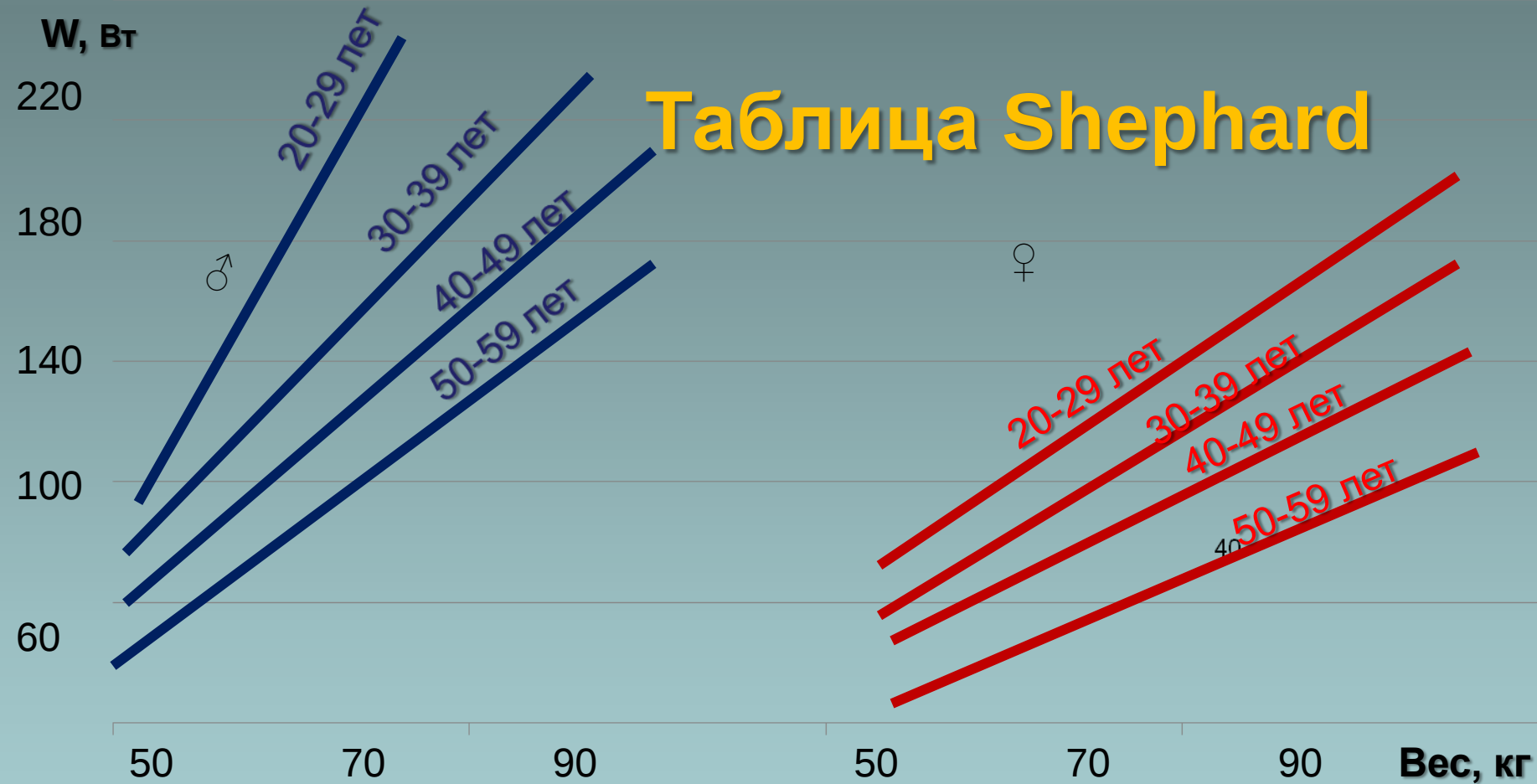
Динамическая мышечная нагрузка:

Переносимость нагрузки зависит от эффективности механизмов, поставляющих энергию (сердечно-сосудистая и дыхательная системы, кровь)

Суммарным показателем, отражающим функциональное состояние СС и Д систем является потребление кислорода организмом (измеряется в л/мин прямым и косвенным методом)



Это наивысший достижимый уровень аэробного обмена при ФН, истощающий человека в течение 5-10 минут и зависящий от физиологического состояния организма (возраст, пол, рост, вес), а также от типа нагрузок и массы участвующих в работе мышц
Доказана тесная корреляция $maxVO_2$ с ЧСС



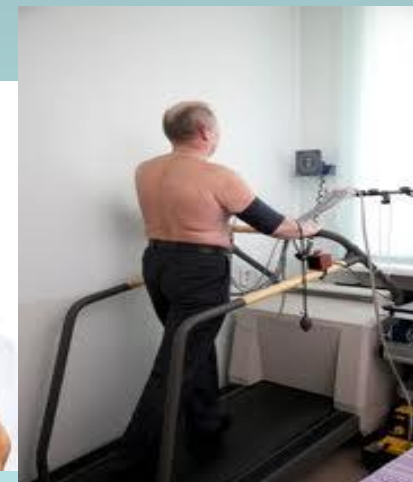
Максимальная ЧСС в зависимости от пола и возраста

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

Признаки прекращения ФН

Клинические:

1. Развитие приступа стенокардии (2 балла по шкале Вайнер)
2. Появление приступа удушья, выраженной одышки
3. Появление тошноты, головокружения, сильной головной боли
4. Развитие резкой общей слабости
5. Снижение АД на 25-30% от исходного
6. Повышение АД более 230/130 мм рт.ст.
7. Отказ больного от пробы вследствие боязни, дискомфорта, усталости





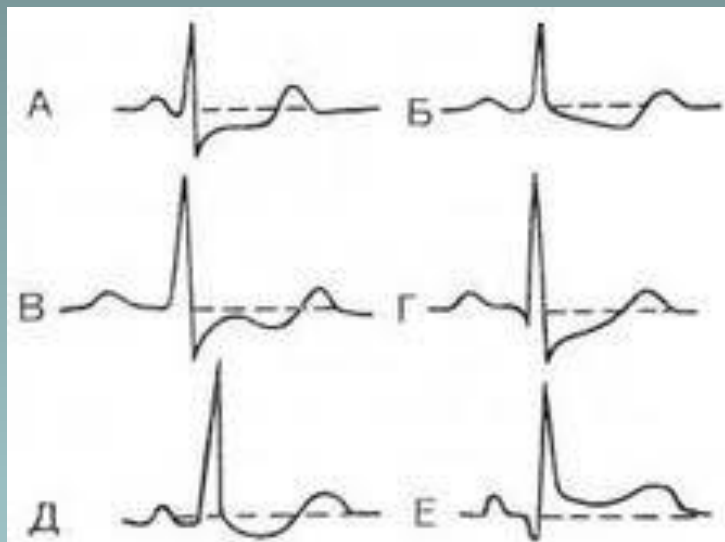
Признаки прекращения ФН

Электрокардиографические:

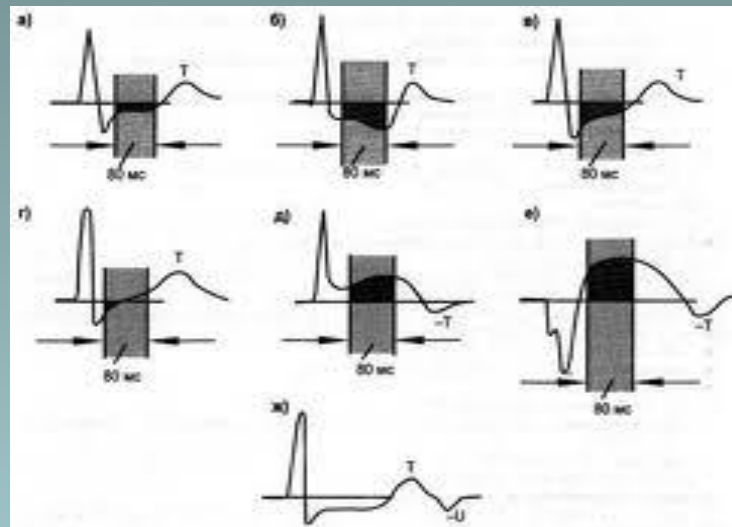
1. Депрессия сегмента ST не менее 1 мм продолжительностью 0,08 с при ЧСС < 120 уд/мин и 0,06 с при ЧСС > 120 уд/мин
2. Элевация сегмента ST на 1 мм и более
3. Отсутствие изменений (при субмаксимальной ЧСС) или повышение суммы амплитуд зубца R как средней величины этих зубцов в отведениях avL, avF, V3, V4, V5, V6 плюс глубина зубцов S в отведениях V1 и V2
4. Отсутствие изменений или повышение амплитуды зубца R в V5
5. Локальное снижение амплитуды зубца R более 50%
6. Углубление и уширение зубцов Q, QS и переход Q в QS
7. Снижение зубца T на 25% или его увеличение в грудных отведениях в 3 раза и более
8. Инверсия, реверсия зубца T
9. Появление частых (1:4), ранних экстрасистол, ПТ, других нарушений возбудимости
10. Появление нарушений АВ и внутрижелудочковой проводимости

Определение депрессии сегмента ST

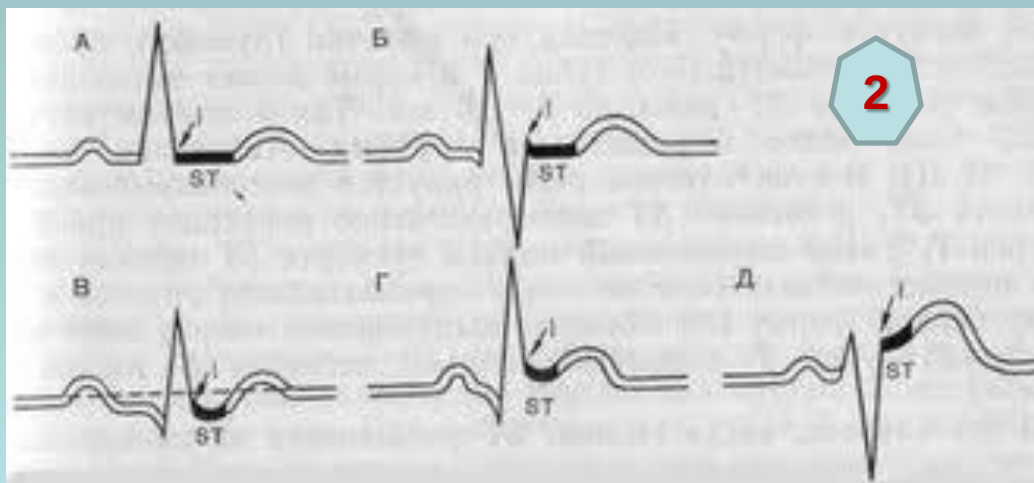
1



3,4

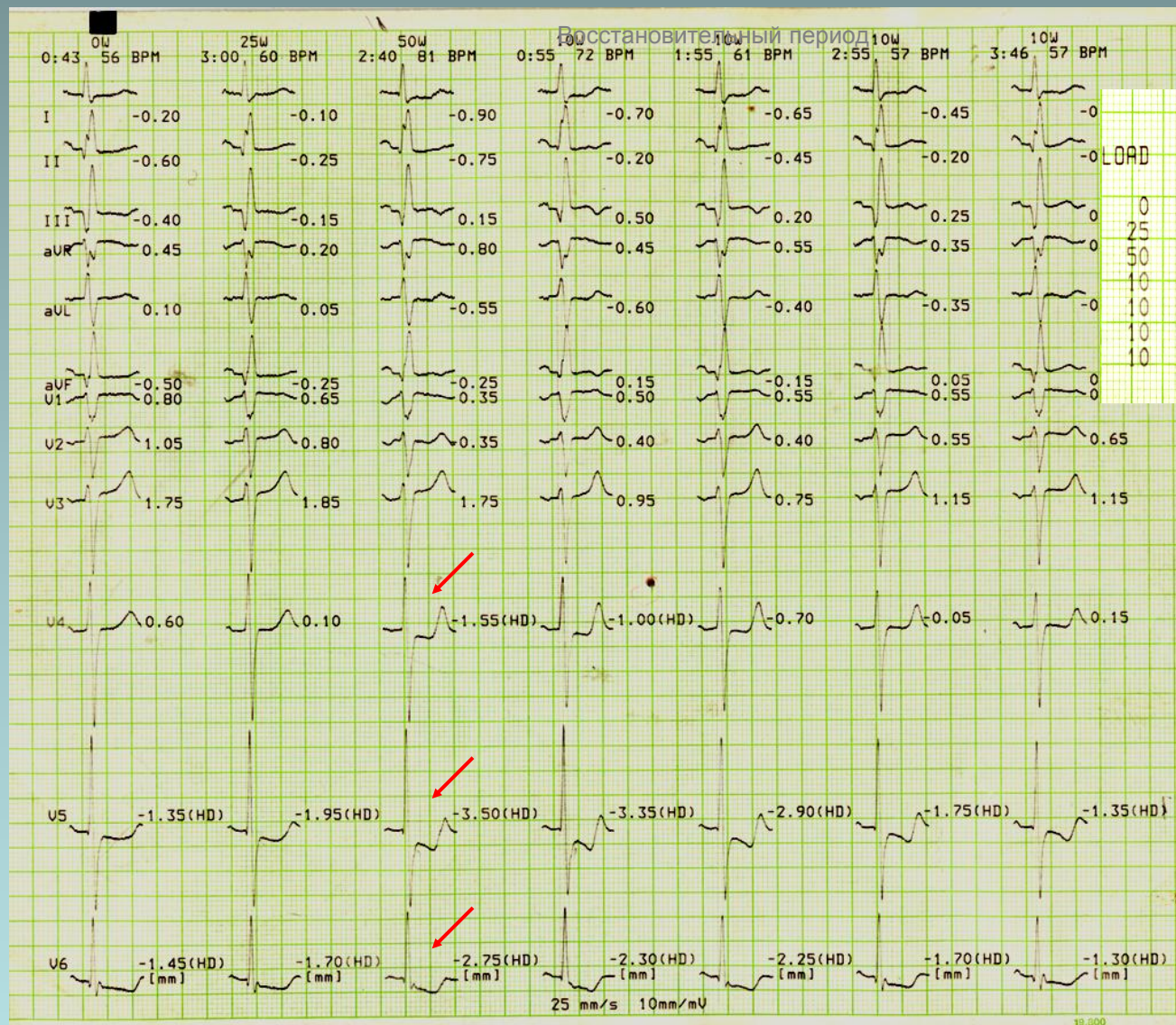


2



1. Определение изолинии
2. Определение точки J
3. Определение депрессии точки J
4. Депрессия сегмента ST - на расстоянии 0,08 с или 0,06 с от точки J

ВЭМ больного с поражением ствола ЛКА



LOAD	TIME	HR	BP	P	Y	D	UES	R
0	0:43	56	119/ 94	0	0	0	0	-
25	3:00	60	138/ 87	0	0	0	6	ES
50	2:40	81	<u>119/ 85</u>	0	0	0	20	BI
10	0:55	72	119/ 85	0	0	0	7	BI
10	1:55	61	143/ 97	0	0	0	0	-
10	2:55	57	143/ 97	0	0	0	0	-
10	3:46	57	138/ 98	0	0	0	0	-

50 Вт, 2 мин 40 с

ЧСС- 81 уд/мин

АД-119/85 мм рт.ст

Стенокардия 2 б.

Косая нисходящая депрессия ST

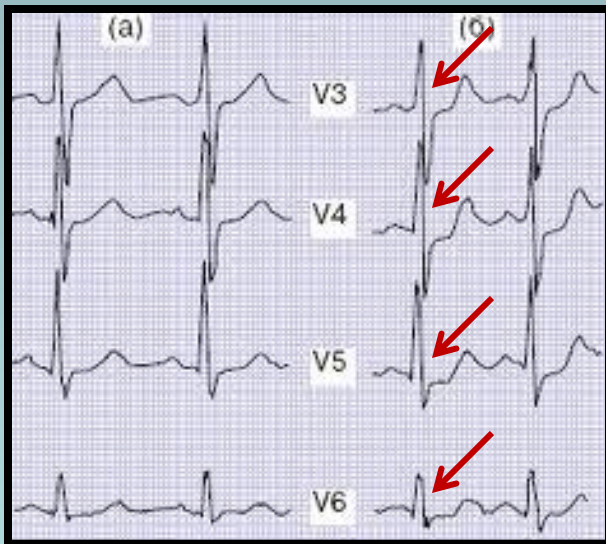
в отведениях:

V4 - 1,5 мм

V5 - 3,5 мм

V6- 2,75 мм

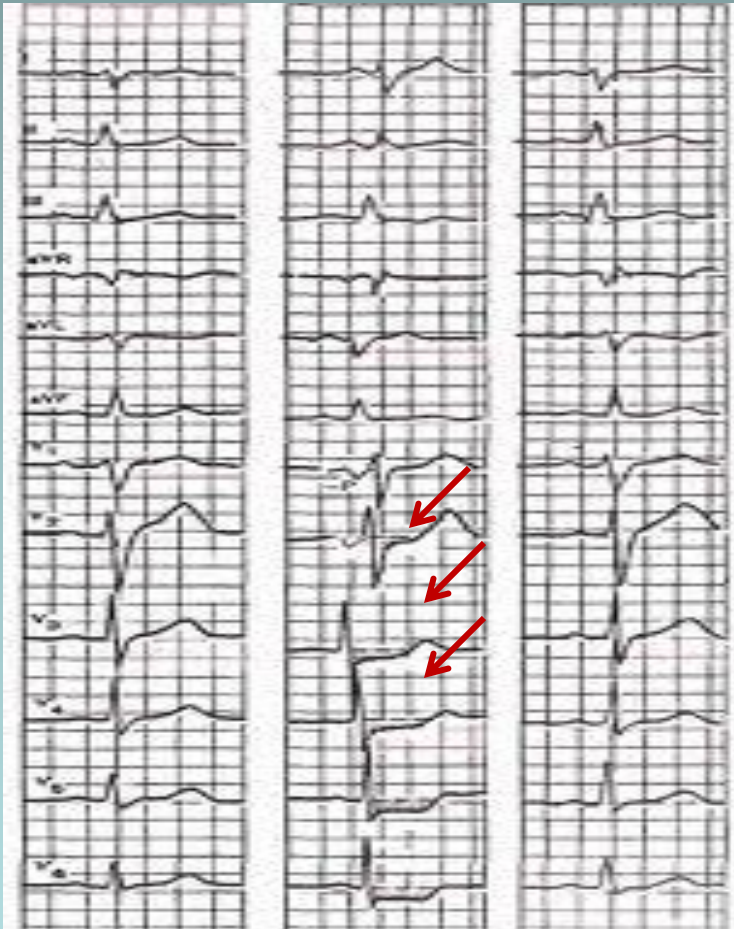
Результаты обследования. Данные велозэргометрии.



Расчетная субмаксимальная нагрузка 130 Вт
Выполнено 75 Вт за 2 минуты, **достигнуты АД 165/90 мм рт.ст. и ЧСС 98 уд/мин.**

Пороговая реакция: боль за грудиной 2 балла по шкале Вайнер и депрессия сегмента ST на 1 мм V3 и V6, на 2 мм V4 и V5 продолжительностью 0,08 сек. Реституция 4-5 минута отдыха. **Проба положительная.**

Данные велоэргометрии (ЭКГ-признаки ишемии)



Появление ишемии миокарда
на высоте нагрузки:

↓ сегмента ST **на 1 мм**

продолжительностью 0,08 сек

в отведениях V3,4 и

1,5 мм продолжительностью 0,08 сек

в отведениях V5,6

Реституция – 5-6 минута отдыха



Оценка результатов пробы с ДФН

Положительная проба – развитие приступа стенокардии минимум 2 балла и/или депрессии сегмента ST 1 мм продолжительностью 0,08 сек

Отрицательная проба – достижение субмаксимальной ЧСС без клинических или ЭКГ-симптомов

Неадекватная или недиагностическая проба – прекращение пробы досрочно из-за развития клинических или ЭКГ-признаков



и
или

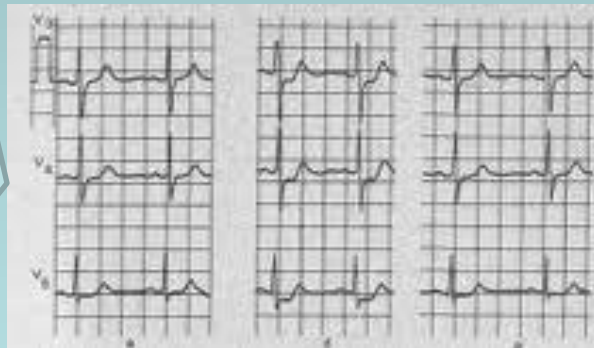


Таблица 2.2

Субмаксимальные уровни ЧСС при физической нагрузке (Chung E.X., 1979)

Возраст, лет	85–90% максимальной ЧСС
20–29	175–180
30–39	170–175
40–49	165–170
50–59	160–165
60–69	155–160
70–79	150–155

Оценка результатов пробы с ДФН

Пороговая нагрузка – нагрузка, при которой возникают признаки ее неадекватности

Толерантность к физической нагрузке определяется по величине пороговой нагрузки (мощность нагрузки, работа)

Двойное произведение – $\text{ЧСС} \times \text{АДс} / 100$

Определение функционального класса по результатам проб с ДФН
(по данным Д.М.Аронова, В.П.Лупанова, 2000)

Показатель	Функциональный класс			
	I	II	III	IV
ME	7,0 и >	4,0 – 6,9	2,0 – 3,9	< 2,0
ДП (усл.ед.)	278 и >	218 -277	151 - 217	< 150
W (Вт)	125 и >	75 - 100	50	25 и <

Парные фармакодинамические тесты

Для оценки антиангинальной эффективности препаратов

Условия проведения: 1-я пробу с ДФН выполняют в условиях отмены препаратов с учетом $t_{1/2}$ -выведения; 2-ю – на максимуме действия препарата; 3-ю – в конце действия препарата

Оценка пробы: положительный антагинальный эффект при $\Delta t \geq 2$ мин. на максимуме действия препарата и при $\Delta t \geq 1$ мин. в конце действия препарата



Ложноположительные результаты НП – регистрация положительной пробы с ДФН (по ЭКГ-критериям) у лиц с отсутствием ИБС по данным КВГ

Причины:

1. Нарушение функции автономной нервной системы (НЦД)
2. Нарушения электролитного обмена
3. Анемии различного генеза
4. Гипервентиляция
5. Изменения ЭКГ в покое при блокаде ножек п.Гиса и синдроме WPW
6. Наличие синдрома ранней реполяризации
7. Проплапс митрального клапана
8. Гипертрофия миокарда
9. Прием сердечных гликозидов

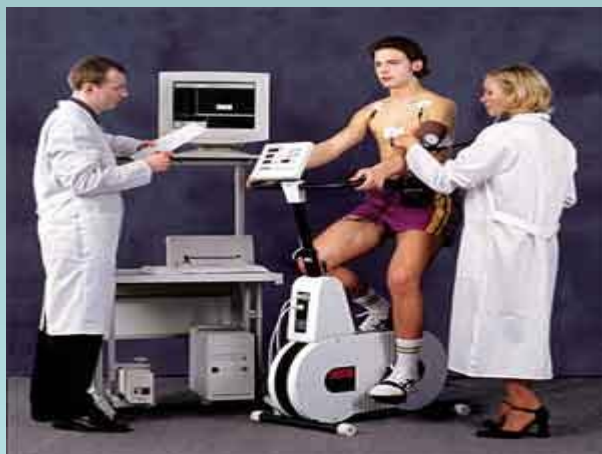


Ложноположительные результаты чаще встречаются у лиц с изменениями сегмента ST на исходной ЭКГ

Ложноотрицательные результаты НП –отсутствие критериев положительной пробы с ДФН у лиц с наличием ИБС по данным КВГ

Причины:

1. Искажение реполяризации в миокарде (вследствие его рубцовых изменений), что скрывает изменения сегмента ST
2. Развитие симметричной ишемии миокарда, которая не регистрируется на ЭКГ
3. Прием накануне исследования лекарственных средств (антиангинальные препараты, препараты ксантинового ряда)
4. Прием перед исследованием крепкого чая, кофе



Пределы результатов нагрузочных проб

Чувствительность – процент положительных проб у лиц с подтвержденным диагнозом ИБС

Специфичность – процент отрицательных проб у лиц без ИБС

Предсказующая значимость положительной пробы – процент больных с ИБС среди лиц с положительным результатом пробы

Предсказующая значимость отрицательной пробы – процент лиц без ИБС среди обследованных с отрицательным результатом пробы

Таблица 2. Сравнение диагностической точности различных стрессовых методов для выявления ИБС		
Метод	Чувствительность, %	Специфичность, %
Нагрузочная ЭКГ	68	77
Нагрузочная стресс-ЭхоКГ	80-85	84-86
Нагрузочное исследование миокардиальной перфузии	85-90	70-75
Стресс-ЭхоКГ с добутамином	40-100	62-100
Стресс-ЭхоКГ с вазодилататорами	56-92	87-100
Исследование миокардиальной перфузии с вазодилататорами	83-94	64-90

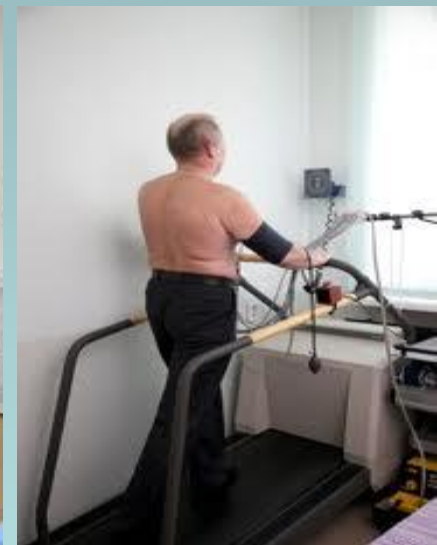
Таблица 34. Диагностическое значение выявляемых при нагрузочных тестах признаков для распознавания ИБС

Признак	Вероятность ИБС
депрессия ST > 1 мм	70%
депрессия ST > 2 мм	90%
ангинозные боли + депрессия ST > 1 мм	90%
ангинозные боли + депрессия ST > 2 мм	100%
снижение АД	80%



В результате сравнительных исследований, проведенных в Торонто группой физиологов по труду ВОЗ, отмечено значительное совпадение результатов различных тестов при идентичной нагрузке
Так, у обследованных здоровых мужчин:

Показатель (M±m)	Степ-тест	ВЭМ	Тредмил
Макс. VO2 (л/мин)	3,68 ± 0,73	3,56 ± 0,71	3,81 ± 0,76
ЧСС макс. (уд/мин)	188 ± 6	187 ± 9	190 ± 5
Содержание молочной к-ты в крови (ммоль/л)	11,66 ± 2,9	12,43 ± 1,7	13,54 ± 2,3



Степ-тест



Тест заключается в повторных подъемах на ступеньку высотой 50 см для мужчин 43 см для женщин и спуска с них в течении $t = 5$ мин с частотой 30 подъемов в минуту.



Ступенька



Секундомер



Настенный

индекс степ-теста	оценка
меньше 55	плохая
55 - 65	ниже сред.
65 - 79	средняя
80 - 89	хорошая
90 и больше	отличная

$$\text{ИСТ} = \frac{t \times 100}{(f_2 + f_3 + f_4) \times 2},$$

где t – время выполнения пробы в секундах,
 f_2, f_3 и f_4 – сумма ЧСС за 30 сек на 2-й, 3-й и 4-й минутах восстановительного периода

Начальная скорость – 8-10 подъёмов /мин, увеличение на 3-6 подъёмов /мин

$W = M \times H \times T \times 1,33$, где W – мощность нагрузки в Вт,
 M – масса тела в КГ,
 H – высота ступеньки в М (от 20 до 50 см),
 T – количество подъёмов в минуту.



Велоэргометрия

Виды нагрузок: непрерывно-нарастающая и ступенеобразная

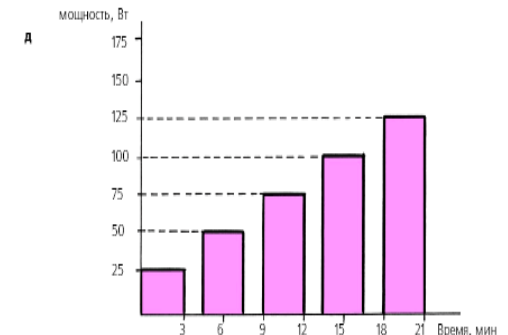
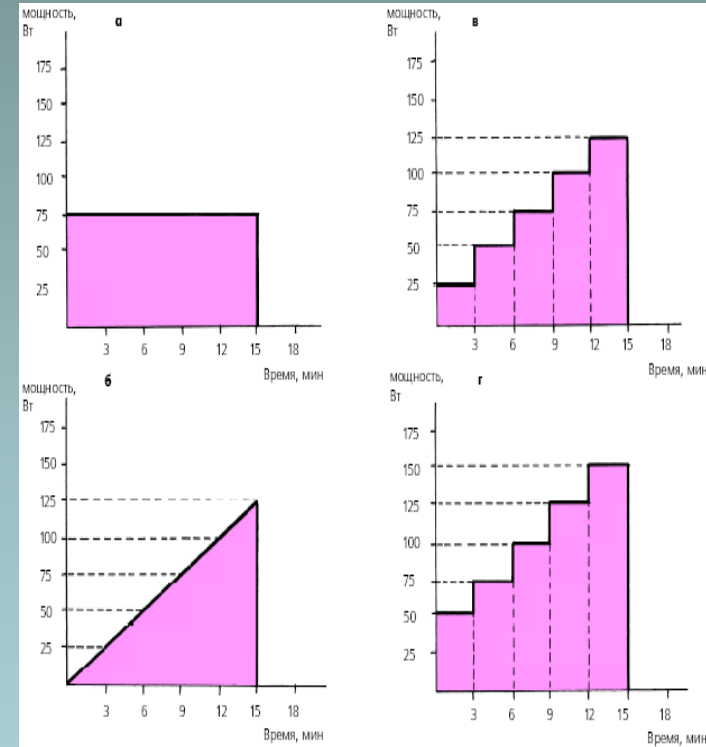
Скорость педалирования: 60 об/мин

Величина ступени: 25 – 30 Вт в течение 3 – 5 минут

1) период вработывания (стартовая реакция + начальная стабилизация) – от 30 сек до 2,0-2,5 мин;

2) устойчивое состояние (steady state)

Реституция: минимум 6 минут





Тредмил

Таблиця 1. Протокол проведення тредмілергометрії за R. Bruce

Сходи́нка наванта́ження	Трива́лість, хв	Швидкі́сть, км за годину	Ку́т нахилу, %	Метабо́лічна ва́ртість, МЕТ
1	3	2,7	10	4,6
2	3	4,0	12	7,1
3	3	5,5	14	10,2
4	3	6,8	16	12,1
5	3	8,0	18	14,9
6	3	8,8	20	17,0
7	3	9,7	22	19,3

Таблиця 2. Дві сходи́нки «розі́гріву» у модифікованому протоколі R. Bruce

Сходи́нка наванта́ження	Трива́лість, хв	Швидкі́сть, км за годину	Ку́т нахилу, %	Метабо́лічна ва́ртість, МЕТ
«Розі́грів» 1	3	2,7	0	2,3
«Розі́грів» 2	3	2,7	5	3,5

$$\text{ПМН (Вт)} = \frac{\text{VO}_2 \text{ max} \times (\text{МЕТ}) \times \text{вес тела (кг)} - 90}{3,44},$$

где ПМН – пороговая мощность нагрузки

Виды нагрузок:

- 1) горизонтальный уровень ленты с возрастающей скоростью от 6 до 8 км/час и т.д.
- 2) постоянная скорость со ступенчатым возрастанием угла наклона по 2,5%, в этом случае возможны два варианта: ходьба со скоростью 5 км/час и бег со скоростью 10 км/час

Осложнения при проведении проб с ДФН

Предупреждение осложнений при проведении проб с ДФН

- Степень риска при проведении проб крайне мала: общее число осложнений на 10000 проб – 1,6-1,8; заболеваемость – 1,4-8,3; смертность – 0,2-1,0
- Инфаркт миокарда – 0,035%; ишемия миокарда с последующей “летальной” ишемией – 0,048%; острый отек легких
- Желудочковые нарушения ритма: экстрасистолия, ПТ, ФЖ – 1 случай на 5000 исследований
- Осложнения, не требующие госпитализации: церебральная ишемия, обмороки, гипотония

1. Строгий анализ показаний и противопоказаний.
2. Наличие дефибриллятора, необходимых медикаментозных средств и умение персонала оказывать реанимационную помощь.
3. Тщательный анализ жалоб, анамнеза и ЭКГ покоя.
4. Соблюдение протокола исследования
5. Непрерывный контроль ЭКГ, ЧСС и АД во время пробы.
6. Контакт с больным во время пробы.
7. Достаточное число отведений для регистрации ЭКГ.



Таблица 2.3

Осложнения нагрузочных проб

Группы осложнений	Осложнения
Сердечные	Брадиаритмия Тахикардия Острый коронарный синдром СН АГ, синкопе и шок Смерть
Несердечные	Травма костно-мышечной системы Повреждение мягких тканей
Другие	Выраженная усталость, иногда на протяжении нескольких дней Головокружение Потеря сознания Боль в теле Симптомы заболевания, которые возникают в поздние сроки после нагрузочных проб



Рекомендована фізична активність хворих на ІХС залежно від толерантності до фізичного навантаження

Фізична активність	Щоденна	Професійна	Спортивна
Легка < 40 Вт	Самообслуговування, туалет, одягання	Керування автомобілем	Прогулянки
Середня 40-85 Вт	Домашні роботи	Робота стоячи	Велосипед
Енергійна 85-120 Вт	Сексуальна активність	Будівельні роботи	Плавання
Напружена 120-160 Вт	Швидкий підйом сходами	Робота на городі, у саду	Біг
Атлетична > 160 Вт	Підняття вантажів > 40 кг	Робота лісоруба	Регбі, футбол

