

Функциональные пробы и тесты, применяемые для оценки функционального состояния организма

Григорьева В.Н.

Доцент кафедры реабилитологии
ФП и ДПО СПбГПМУ

- Функциональными методами исследования называют группу специальных методов исследования, используемых для оценки и характеристики функционального состояния организма.
- Сущность функциональной диагностики заключается в изучении реакции организма на какой-либо дозированный фактор.

Исходное состояние

Состояние покоя:

- Условия основного обмена
- «Условия обмена покоя»
- В любое время дня

Данные, полученные в покое, являются исходными. Степень и характер их изменений под влиянием различных факторов позволяют оценить состояние функции органа или системы.

Функциональная возможность

- Это статическое понятие, определяемое по данным покоя (антропометрические данные, жизненная емкость легких и др.)
- Характеризует возможности, которыми обладает тот или иной человек, т.е. что он мог бы сделать

Функциональная способность

- Это понятие динамическое и определяется различными функциональными пробами
- Отвечает на вопрос, как и насколько организм умеет использовать свои функциональные возможности

Функциональная диагностика

- Это определение и оценка функционального состояния органов и систем человека, т.е. определение его функциональных способностей, а также анализ механизмов, обеспечивающих происходящее под влиянием какого-либо фактора изменение функции органов и систем

Функциональные пробы

Позволяют оценить:

- функциональное состояние организма в целом
- уровень общей физической работоспособности
- готовность организма к физическим нагрузкам

Требования к функциональным пробам

- Объективность
- Валидность (информативность)
- Стабильность
- Стандартность
- Дозировуемость
- Надежность

Цель проведения

- Определение подготовленности к занятиям ФК, спортом (допуск) и другим видам физической активности
- Выявление функционального состояния ССС и ДС здоровых и больных лиц
- Оценка эффективности программ тренировки (двигательного режима)
- Выявление адекватности реабилитационных мероприятий
- Экспертиза профессиональной пригодности

Задачи функционального исследования

- Выявление степени и механизмов приспособления к искусственно изменяемым условиям
- Выявление объема и степени скрытых изменений функции
- Оценка длительности восстановления

Виды функциональных проб

- Пробы с физической нагрузкой
- Пробы с изменением условий внешней среды:
 - дыхательные пробы
 - вегетативные пробы
 - фармакологические пробы
 - проба с натуживанием
 - исследование вестибулярного аппарата

Функциональные пробы с физической нагрузкой

- Одномоментные пробы

1. 20 приседаний за 30 сек. (проба Мартинэ - Кушелевского)

А.А.Бирюкович и В.М.Король для детей:

- 8-10 лет – 20 приседаний за 30 сек.
- 10-12 лет – 25 приседаний за 30 сек.
- 12-14 лет(дев.) – 30 приседаний за 30 сек.
- 12-14 лет(мал.) – 35 приседаний за 30 сек.

2. 60 подскоков за 30 сек.

3. 3-х минутный бег на месте с высоким подниманием бедра в темпе 180 шагов в минуту (бедро под углом 70° к горизонтали, голень под углом к бедру – $45-50^\circ$)

1 и 2 нагрузки – для физкультурников и начинающих заниматься спортом,

3 – для спортсменов (для подростков, юношей и девушек, женщин – 2-х минутный бег на месте)

- Двухмоментные пробы
- Трехмоментные пробы – проба Летунова
 - 20 приседаний за 30 сек.- разминка (восстановление 3 минуты)
 - 15-ти секунднй бег на месте в максимальном темпе – скоростные качества (восстановление 4 минуты)
 - 3-х минутный бег на месте – качество выносливости(восстановление 5 минут)

Оценка функциональной пробы

- По реакции на нагрузку пульса и АД
- Скорость восстановления пульса и АД
- Сдвиги пульса, АД и время восстановления зависят не только от длительности и интенсивности функциональной пробы, но и от функциональной подготовленности обследуемого.
- В N происходят однонаправленные сдвиги ЧСС и АД.

- Степень изменения пульса на 1-й минуте восстановления после нагрузки определяется в % к исходной величине. Пульс в покое принимается за 100%, разница в ее величинах до и после нагрузки – за X. Составив пропорцию, определяем на какую величину в % участился пульс.
- Аналогичные расчеты проводятся и с другими показателями.

Реакции ССС на физическую нагрузку

- ССС лимитирует возможности ОДА
- От ССС зависит доставка O_2 к мышцам и выведение CO_2 .
- Изменяются гемодинамические факторы:
 - увеличивается ЧСС,
 - увеличивается систолический выброс за счет расширения полостей сердца,
 - ускорение кровотока в 3 раза,
 - ↑ увеличение массы циркулирующей крови,
 - изменения уровня АД.

Типы ответных реакций

- Благоприятные

- нормотоническая

- Неблагоприятные

- гипертоническая

- дистоническая

- астеническая
(гипотоническая)

- реакция со
ступенчатым
подъемом АД max

Нормотоническая реакция

- Сопряженность и параллелизм изменений пульса и АД

Учащение пульса: на 20 прис.-на 60-80%
на 2-х мин. бег-на 80-100%
на 3-х мин. бег-на 100-120%
на 15-ти сек. бег-на 120-150%

- При оценки АД (на 20 приседаний):
 - АД max увеличивается на 15-30%
 - АД min уменьшается на 20-30%
 - Р пул. увеличивается на 35-60%.

Пульсовое давление при пробе:

- с 15-ти сек. бегом – увел. на 80-100%
- при 3-х мин. беге – увел. на 100-120%.

Восстановление:

- на 20 приседаний – пульс на 2-3 мин.,
АД на 3-4 минуте,
- на 3-х мин. бег – 3-5 минут

Гипертоническая реакция

- Значительное увеличение АД_{max} до 180-200 мм рт.ст.
- Повышение АД_{min} выше 90 мм рт.ст.
- Повышение пульсового давления (повышение периферического сопротивления)
- Значительное увеличение пульса
- Время восстановления замедленно

Дистоническая реакция

- Значительное увеличение пульса
- Значительное повышение A_{Dmax} до 200 мм рт.ст.
- A_{Dmin} снижается до 0 = феномен «бесконечного тона»

Астеническая или гипотоническая реакция

- Значительное увеличение пульса (на 120-150%)
- АД_{тах} повышается незначительно или даже снижается
- АД_{мин} не изменяется
- Пульсовое давление если и увеличивается, то незначительно (на 12-25%)

Реакция со ступенчатым подъемом АДтах

- Выраженное увеличение пульса
- АДтах, измеренное непосредственно после физической нагрузки ниже, чем на 2-3 минуте восстановительного периода

Восстановительный период

- Длительность его зависит от интенсивности нагрузки, от активности обследуемого лица при ее выполнении и от функционального состояния ССС.
- Чем быстрее восстанавливаются показатели до исходного уровня, тем выше функциональное состояние ССС.

Оценка функциональной пробы

- **Хорошая** – при нормотоническом типе реакции и нормальной длительности восстановительного периода
- **Удовлетворительная** – если изменения пульса и АД даже превышают нормативы, но происходят параллельно и длительность восстановительного периода 3-5 минут
- **Неудовлетворительная** – все атипичные реакции и при нормотонической реакции, если время восстановления более 5-6 минут

Показатель качества реакции

Формула Б. П. Кушелевского

$$\text{ПКР} = \frac{\text{РД}_2 - \text{РД}_1}{\text{Р}_2 - \text{Р}_1}, \text{ где}$$

РД_2 – пульсовое давление после нагр.

РД_1 – пульсовое давление до нагр.

Р_2 – пульс после нагрузки

Р_1 – пульс до нагрузки

$\text{ПКР} = 0,5 - 1$ – хорошее функц. сост.

$\text{ПКР} < 0,5$ – реакция за счет увел. Р

$\text{ПКР} > 1$ – реакция за счет увел. АД

Недостатки двигательных проб

- Нельзя измерить количество выполненной работы
- Нельзя повторить данную пробу в аналогичном исполнении
- Не видим период устойчивого состояния организма, а видим только период вработывания
- Не дают возможность выявить влияние других факторов
- Не являются специфическими, т.к. люди с заболеваниями ССС одинаково реагируют, как и физически неподготовленные лица

Дифференцированные пробы по Шалкову

1. Переход из горизонтального положения в положение сидя и обратно – 3 раза (пост. режим)
2. - // - - 5 раз (- // -)
3. - // - - 10 раз (постельный и полупостельный режим)
4. 5 глубоких приседаний за 10с или подъем на 10 ступенек лестницы (палатный режим)
5. 10 приседаний за 20с или подъем на 20 ступенек лестницы (общий режим и дети дошкол. возр.)
6. 20 приседаний за 30с или подъем на 30 ступенек лестницы (дети школ. возраста)
7. Нагрузки тренировочного характера (здоровым)
8. Нагрузки спортивного характера (спортсменам)

Проба Игнатовского

- Измеряют пульс и АД лежа, затем выполняют 5-10-15 раз переход их положения лежа в положение сидя и обратно в медленном темпе. После выполнения упражнений повторно измеряют пульс и АД сразу после нагрузки, через 2, 4 и 6 минут.

Оценка пробы

- При удовлетворительном состоянии:
пульс увеличивается на 10-20 уд/мин,
АД_{тах} увеличивается на 20-30 мм рт. ст.
Восстановление – 2-3 минуты.
- При легкой степени СН –
пульс увеличивается более чем на 20 уд/мин,
АД_{тах} – увел. более чем на 30 мм рт. ст.
Восстановление – 4 минуты.
- При значительной степени СН – пульс резко учащается, АД_{тах} – умен., АД_{мин} – увел.
Восстановление – более 6 минут.

Проба Гориневской

- Стоя определяют ЧСС и АД,
- 60 подскоков за 30с на высоту 3-4 см.
- В норме ЧСС и АД после физической нагрузки увеличиваются не более, чем на 30% по сравнению с исходными.
- Восстановление показателей к 3 минуте
- Пробу проводят для детей, находящихся на общем режиме и у здоровых детей.

Дыхательные пробы

- Проба Штанге

Взрослые (не трен.) – м - 45-60с

ж - 30-50с

Спортсмены – от 1 до 2,5 минут

Дети от 6 до 15 лет – от 16 до 55с

Проба Штанге у детей и подростков

Возраст	Время задержки дыхания
6 лет	16 с
7 лет	26 с
8 лет	32 с
9 лет	34 с
10 лет	37 с
11 лет	39 с
12 лет	42 с
13 лет	39 с
14 лет	49 с
15 лет	55 с

- **Проба Генчи**

Взрослые (не трен.) – м – 25-30с

ж – 15-20с

Спортсмены – от 30 до 90с

Дети от 6 до 15 лет – 15-25с

- **Проба Розенталя** – 5-тикратное измерение ЖЕЛ с 15-ти секундными интервалами (не изменяется или увеличивается от 1-ого к 5-ому измерению)

- **Формула Шалкова**

ЖЕЛ долж. = ОО долж. x К

Коэф. К: для мужчин – 2,6

для женщин – 2,3

для детей: 4 года – 1,4

5-6 лет – 1,5

7-9 лет – 1,65

10-12 лет – 1,75

13-15 лет – 2,0

16-18 лет – 2,2

- **Формула Людвига**

ЖЕЛ долж.(муж.) =

$$40 \times \text{рост(см)} + 30 \times \text{вес(кг)} - 4400$$

ЖЕЛ долж.(женщ.) =

$$40 \times \text{рост(см)} + 10 \times \text{вес(кг)} - 3800$$

Индекс Скибинского (циркуляторно - респираторный коэффициент)

$$\text{Инд. Скибинского} = \frac{\frac{\text{ЖЕЛ(мл)}}{100} \times \frac{t \text{ зад. ДЫХ. на вдохе(с)}}{\text{ЧСС (уд/мин)}}}{\text{ЧСС (уд/мин)}}$$

- < 5 - очень плохое функц. состояние
- 5-10 – неудовлетворительное
- 11-30 – удовлетворительное
- 31-60 – хорошее
- > 60 – очень хорошее

Жизненный индекс

$$\text{ЖИ} = \frac{\text{ЖЕЛ (мл)}}{\text{Масса тела (кг)}}$$

У мужчин – 65 мл/кг

У женщин – 55 мл/кг

Проба Серкина

- Определяют реакцию организма на физическую нагрузку в сочетании с задержкой дыхания на вдохе в положении сидя 3-кратно.
- Измерение производят в покое , 1 минута отдыха и 20 приседаний за 30с (10 приседаний за 15с) , через 1 мин. отдыха.

Оценка пробы

Контингент	Фазы		
	1	2	3
Здоровые, тренированные	45 – 60с	> 50% от 1 фазы	≥ 100% от 1 фазы
Здоровые, не тренированные	35 – 45с	30 – 50% от 1 фазы	70 – 100% от 1 фазы
Со скрытой недостаточностью кровообращения	20 – 35с	< 30% от 1 фазы	< 70% от 1 фазы

Вегетативные пробы

- Ортостатическая проба
- Клино-ортостатическая проба
- Глазо-сердечный рефлекс Ашнера
- Температурная проба
- Дермографизм

Ортостатическая проба

- Учащение пульса
- Увеличение АДmin

Обусловлено перераспределением крови, что приводит к уменьшению притока крови к сердцу и уменьшается давление в рефлексогенных зонах сердца (сино-каротидная и кардио-аортальная зоны)

- Факторы, способствующие поддержанию достаточного венозного возврата:
 - «мышечный насос»,
 - «грудино-брюшной насос» (создание отрицательного давления в грудной полости).

Проведение пробы

- Подсчитывают пульс и измеряют АД в положении лежа.
- Пациент встает и подсчитывают пульс, измеряют АД в положении стоя в течении 10 минут (по Шеллонгу).
Пульс за 20с в конце каждой минуты, АД измеряют на 2, 4, 6, 8 и 10 минутах.

Оценка пробы

- Определяют абсолютные изменения пульса и пульсового давления, а также характер переходного процесса.
- Определяют разницу пульса и пульсового давления на 10 минуте в положении стоя и лежа.

Удовлетворительная ОП

- Разница пульса не превышает:
у м – 25 уд/мин, у ж – 30 уд/мин,
у детей – 10-20 уд/мин.
- Пульсовое давление на 10 минуте уменьшается не более, чем на 50% от величины в положении лежа.
- Устойчивое состояние пульса у мужчин достигается на 5-6 мин. в положении стоя, у женщин – на 8 мин., у детей – на 6-8 мин.

Неудовлетворительная ОП

- Появляются головокружение, слабость, другие неприятные субъективные ощущения
- Разница пульса у мужчин >25 уд/мин, у женщин >30 уд/мин, у детей >20 уд/мин
- Пульсовое давление уменьшается более чем на 50% на 10 минуте по сравнению с положением лежа

Клино-ортостатическая проба

- Повышается тонус парасимпатического отдела вегетативной нервной системы.
- В норме замедление пульса не превышает 5-10 уд/мин.
- АД_{тах} уменьшается на 10 мм рт.ст.
- АД_{мин} уменьшается или не изменяется.
- Восстановление показателей к исходному уровню на 3 минуте.

Кардиоинтервалография (КИГ)

АМо

$$\text{ИН} = \frac{\text{АМо}}{2 \times \text{Мо} \times (\text{RR}_{\text{max}} - \text{RR}_{\text{min}})}$$

- < 30 усл. ед. - ваготония
- 30-90 усл. ед. – эйтония
- 90 – 120 усл. ед. – симпатикотония
- > 121 усл. ед. – гиперсимпатикотония

Вегетативный индекс Кердо

$ВИК = (1 - Д/Р) \times 100$ (усл. ед.), где

Д – диастолическое давление

Р – пульс (уд/мин)

В норме ВИК = -15 до +15 усл.ед.

> +15 усл.ед. - симпатикотония

< - 15 усл.ед. - парасимпатикотония

Межсистемный коэффициент Хильдебранта

$$Q = \text{ЧСС в 1 мин.} / \text{ЧД в 1 мин.}$$

В норме $Q = 2,8 - 4,8$ свидетельствует о взаимосвязи ССС и ДС.

Повышение или понижение Q соответствует межсистемному рассогласованию и характерно для вегетативной дистонии.

Глазо - сердечный рефлекс Ашнера

- При надавливании на глазные яблоки в течении 10 с – в N урежение пульса на 7-10 уд/мин.
- Уменьшение пульса более, чем на 10 уд/мин – вагальная реактивность.
- Учащение пульса - извращенная реакция.
- Неизменность пульса – симпатическая реакция.

Дермографизм

- При быстром и легком штрихе через 8-20с появляется **белый дермографизм** вследствие спазма капилляров, держится от 1 до 10 минут.
- При сильном штрихе появляется **красный дермографизм** вследствие расширения капилляров:
у детей 2-10 лет через 3-4с,
у 10-20 лет – через 5-15с.
Держится 20-25 минут.

Если появляется белый дермографизм – симпатическая реакция.

- Гиперваготония – выраженный стойкий красный дермографизм – держится от 30 минут до 2-х часов.

Возвышающийся отечный дермографизм – на фоне красного дермагрофизма появляется белый возвышающийся валик, длительно сохраняется.

Измененный дермографизм свидетельствует о нарушении вегетативной иннервации.

Фармакологические пробы

- Нагрузочные пробы – фармакологический препарат оказывает стимулирующее действие на исследуемый механизм.
- Пробы выключения – основаны на ингибирующих (блокирующих) эффектах фармакологических препаратов.

Пробы исключения

- Проба с хлоридом калия
- Атропиновая проба
- Проба с пропранолоном (обзидан, индерал)
- Обзидан-пирроксановый тест
- Проба с амилнитритом

Проба с хлоридом калия

- Для дифференциации «-»Т ЭКГ коронарного происхождения от обусловленного метаболическими нарушениями.
- Нормализация «Т» после приема КСІ говорит о метаболических нарушениях в миокарде.
- При отсутствии «+» динамики или даже углублении его амплитуды – о коронарных нарушениях, ГЛЖ, БЛНПГ.

Атропиновая проба

- Оказывает блокирующее влияние на периферические М-холинорецепторы.
- Способствует выявлению природы нарушений сердечного ритма и проводимости, вызванных повышением тонуса n. Vagus, либо поражением миокарда (миокардиосклероз, миокардиты, атеросклеротический кардиосклероз).

Проба с пропранолоном (обзидан, индерал)

- Применяется при изменении полярности зубца «Т», смещении сегмента S-T для дифференциальной диагностики функциональных изменений от нарушений органического происхождения.
- Блокаторы β - адренорецепторов ослабляют эффект симпатической стимуляции, ограничивают влияние катехоламинов и нормализуют процесс реполяризации, зубец «Т» становится «+».

Обзидан-пирроксановый тест

- Рекомендуется лицам среднего и пожилого возраста для диагностики гемодинамических форм артериальной гипертензии:
 - эукинетической,
 - гиперкинетической (повышенная активность β -адренергических рец.),
 - гипокинетической (повышенная активность α -адренергических рец.)

Проба с амилнитритом

- Рекомендуется для диагностики сердечных шумов.
- Необходима при отборе спортсменов и при медицинском контроле за занимающимися ФК.
- У 9% спортсменов диагностированы приобретенные или врожденные пороки сердца.

Проба с натуживанием

- Характеризуется повышением внутригрудного и внутрибрюшного давления при задержанном дыхании.
- Уменьшается венозный приток крови к сердцу.
- Увеличивается сопротивление кровотоку в сосудах малого круга кровообращения.
- Уменьшается СО крови.
- Увеличивается ЧСС, изменяется АД.

- **Методика:** после вдоха имитирует выдох для поддержания давления в манометре 40-60 мм рт. ст. Натуживание «до отказа» и по 5-тисекундным отрезкам времени считают пульс. Регистрируют время натуживания.
- **Оценка (путем измерения P_s – Флэк):**
 - в N у нетренированных лиц – учащение P_s продолжается 15-20с, затем он стабилизируется,
 - при недостаточном регулировании ССС у лиц с повышенной реактивностью P_s может повышаться всю процедуру,
 - плохая реакция – повышение P_s сменяется его понижением,
 - у спортсменов – за каждые 5с P_s увеличивается всего на 1-2 уд/мин.

Оценка по уровню АД (Бюргер):

Длительность пробы 20с. Измеряют АД в покое, затем сразу после натуживания и после его окончания.

3 типа реакции:

- нормальная реакция – АД max почти не меняется на протяжении всей пробы,
- у хорошо тренированных АД даже увеличивается, возвращаясь к исходному уровню через 20-30с после прекращения пробы,
- отрицательная реакция – значительное падение АД во время натуживания.

Исследование вестибулярного аппарата

- Определение спонтанного нистагма
- Равновесие в позе Ромберга (простая и сложная)
- Проба ходьбы (прямая и фланговая)
- Указательные пробы Барани (пальце-пальцевая, пальце-носовая)
- Вращательная проба Барани (с закрытыми глазами 10 оборотов за 20с). После остановки – нистагм глаз в сторону обратную вращению (20-50с), соматические (отклонение туловища и указательные пробы) и вегетативные реакции (Ps и АД)

- Метод двойного вращения (Воячек В.И.) – с закрытыми глазами и наклоном туловища на 90° вперед и вниз. На кресле Барани вращают 10с (5 вращений в одну сторону, затем выжидают 5с и предлагают выпрямиться). Оценка по соматическим и вегетативным реакциям.
- Устойчивость вестибулярного аппарата зависит от состояния отолитового аппарата (4 степени – от 0 до 3 степ.).

Благодарю за внимание