

**Учреждение образования «Гомельский
государственный медицинский университет»
Кафедра неврологии и нейрохирургии с
курсами медицинской реабилитации,
психиатрии, ФПКиП**

Лекция № 3

Тема:

**«Функциональные нагрузочные
пробы»**

Лечебный факультет

Лектор: ассистент А.С. Барбарович

Функциональные пробы – это различные дозированные нагрузки и возмущающие воздействия, позволяющие получить объективные данные о функциональном состоянии физиологических систем организма. При функциональной пробе (тесте) изучается реакция органов и систем на воздействие какого-либо фактора, чаще — физической нагрузки. Главным (обязательным) условием при этом должна быть ее строгая дозировка. Только при этом условии можно определить изменение реакции одного и того же лица на нагрузку при различном функциональном состоянии.

Классификация функциональных (нагрузочных) проб (тестов).

Функциональные пробы могут быть **одномоментные**, когда используют одну нагрузку (например, бег на месте в течение 15 с, или 20 приседаний, и пр.).

Двухмоментные — когда дается две нагрузки (например, бег, приседания).

Трехмоментные (комбинированные) пробы основаны на определении адаптации аппарата кровообращения к различным по характеру нагрузкам (когда последовательно одна за другой дается три пробы (нагрузки), например, приседание, 15 с. бег, и 3-х минутный бег на месте).

Показания к проведению функциональных проб:

- 1) определение физической подготовленности человека к занятиям физической культурой и спортом, ЛФК;
- 2) экспертиза профессиональной пригодности;
- 3) оценка функционального состояния ССС, дыхательной, нервной и других систем здоровых и больных людей;
- 4) оценка эффективности программ реабилитации и тренировок;
- 5) прогнозирование вероятности возникновения тех или иных отклонений в состоянии здоровья при занятиях физкультурой.

Требования к функциональным пробам:

- 1) нагрузка должна быть специфичной для тренирующегося человека;
- 2) проба должна проводиться с интенсивностью, максимально возможной для испытуемого;
- 3) проба должна быть безвредной;
- 4) проба должна быть стандартной и легко воспроизводимой;
- 5) проба должна быть эквивалентной нагрузке в жизненных условиях;

Абсолютные противопоказания:

- выраженная недостаточность кровообращения;
- быстро прогрессирующая или нестабильная стенокардия;
- активный миокардит;
- недавно перенесенная эмболия;
- аневризма сосудов;
- острое инфекционное заболевание;
- тромбофлебит;
- желудочковая тахикардия и другие опасные нарушения ритма;
- резко выраженный стеноз аорты;
- гипертонический криз;
- выраженная дыхательная недостаточность;
- невозможность выполнения пробы (болезни суставов, нервной и нервно-мышечной систем, которые мешают проведению пробы).

Относительные противопоказания:

- 1) суправентрикулярные нарушения ритма типа тахикардии;
- 2) повторяющаяся или частая желудочковая экстрасистолия;
- 3) системная или легочная гипертензия;
- 4) умеренно выраженный стеноз аорты;
- 5) значительное расширение сердца;
- 6) неконтролируемые заболевания обмена веществ (диабет, микседема);
- 7) токсикоз беременных.

Основные задачи тестирования:

- 1) изучение адаптации организма к тем или иным воздействиям
- 2) изучение восстановительных процессов после прекращения воздействия.

Виды воздействий, используемых при тестировании:

- а) физическая нагрузка;
- б) изменение положения тела в пространстве;
- в) натуживание;
- г) изменение газового состава вдыхаемого воздуха;
- д) медикаментозные средства.

Наиболее часто в качестве входного воздействия применяется **физическая нагрузка**. Формы ее выполнения многообразны. Это, прежде всего, простейшие тесты, не требующие специальной аппаратуры. Тем не менее, эти пробы характеризуют восстановительные процессы, позволяют косвенно судить и о характере реакции на саму нагрузку. К таким пробам относятся: тест Мартине, который может применяться как у детей, так и у взрослых; тесты Руфье и Руфье-Диксона; проба С. П. Летунова, предназначенная для качественной оценки адаптации организма к выполнению скоростной работы и работы на выносливость. Кроме простых тестов, применяются различные тесты, в которых тестирующая нагрузка задается с помощью специальных приборов. При этом по механизму пробы с физической нагрузкой можно разделить на:

- динамические
- статические
- смешанные (динамические и статические нагрузки)
- комбинированные (физическая нагрузка и другой тип воздействия, например, фармакологическое);

Изменение положения тела в пространстве – ортостатическая (переход из положения лежа в положение стоя) и клиностатическая пробы.

Натуживание – эта процедура выполняется в 2-х вариантах. В первом – натуживание количественно не оценивается (проба Вальсальвы). Второй вариант предусматривает дозированное натуживание. Он проводится с помощью манометров, в которые производит выдох испытуемый. Показания манометра практически соответствуют величине внутригрудного давления. К числу проб с дозированным натуживанием относятся проба Бюргера, проба Флека.

Изменение газового состава вдыхаемого воздуха – чаще всего заключается в уменьшении напряжения кислорода во вдыхаемом воздухе. Гипоксемические пробы чаще всего используются для изучения устойчивости к гипоксии.

Медикаментозные средства – введение лекарственных веществ в качестве функциональной пробы используются, как правило, с целью дифференциальной диагностики между нормой и патологией.

Одним из объективных критериев здоровья человека является уровень физической работоспособности (ФР). Высокая работоспособность служит показателем стабильного здоровья, и наоборот, низкие ее значения рассматриваются как фактор риска для здоровья. Как правило, высокая ФР связана с более высокой двигательной активностью и более низкой заболеваемостью, в том числе и сердечно-сосудистой системы.

Таким образом физическая работоспособность - это способность к выполнению конкретной работы, где физические (мышечные) усилия являются основными для достижения конечного результата

Пробы с дозированной физической нагрузкой.

Проба Мартине – 20 приседаний (простейшая). Методика: обследуемый человек садится у края стола слева от врача. На его левом плече закрепляют манжетку тонометра. В состоянии покоя у обследуемого подсчитывается ЧСС за 10 с и измеряется артериальное давление, затем обследуемый встает, не снимая манжетки, и выполняет 20 глубоких приседаний за 30 с. При каждом приседании ему следует поднимать обе руки вперед. После выполнения физической нагрузки человек садится на место. Врач проводит исследование ЧСС за 10 с и АД сразу после нагрузки в течение каждой из трех минут восстановительного периода; в первые и последние 10 с каждой минуты определяют ЧСС, а в промежутке между 11 и 49 с – измеряется АД. Для оценки пробы используется подъем ЧСС и АД, частота дыхания до и после нагрузки, тип реакции ССС, время восстановления ЧСС и АД (таблица 1).



Типы реакции сердечно-сосудистой системы на дозированную физическую нагрузку (проба Мартине-Кушелевского)

Типы реакции	Показатели			
	ЧП*	САД**	ДАД***	Время восстановления
Нормотонический	увеличивается на 50–70 %.	повышается на 15–30 мм рт.ст. (на 15-30 %)	не изменяется или снижается на 5–10 мм рт.ст. (на 10-30 %)	до 3 минут
Гипотонический (астенический)	значительно увеличивается (более 120%)	не изменяется, незначительно снижается или незначительно повышается	не изменяется или незначительно повышается	более 5-10 минут
Гипертонический	значительно увеличивается (более 100 %)	повышается до 180–200 мм рт.ст.	повышается до 90 мм рт.ст. и более	более 5 минут
Дистонический (феномен бесконечного тона)	значительно увеличивается (более 100 %)	повышается до 200 мм рт.ст. и выше	снижается до 0 мм рт.ст.	более 3 минут
Ступенчатый	значительно увеличивается (более 100 %)	повышается на 2-й или 3-й минуте восстановительного периода	не изменяется или повышается	более 3 минут

Примечание: * ЧП – частота пульса

** САД – систолическое артериальное давление

*** ДАД – диастолическое артериальное давление

Бег на месте в течение 3 мин со скоростью 180 шагов в минуту (проба Дешина). Наблюдение за обследуемым человеком и оценка пробы те же.

Проба Руфье

С целью определения функционального резерва сердечно-сосудистой системы в практике спортивной медицины, благодаря своей простоте и доступности (регистрируется лишь ЧП), широко применяется проба Руфье. Она позволяет оценить с какой скоростью протекает восстановительный процесс после дозированной нагрузки и может использоваться для характеристики уровня развития общей физической работоспособности.

После 5-минутного отдыха в положении сидя у обследуемого регистрируется частота пульса за 15 секунд. Затем выполняется 30 приседаний в течение 45 секунд. Сразу после нагрузки в положении сидя измеряется ЧП за первые и последние 15 секунд первой минуты восстановления. Расчёт индекса Руфье производится по формуле:

$$ИР = \frac{4 \times (P_1 + P_2 + P_3) - 200}{10}$$

где ИР - индекс Руфье

Р1 частота пульса в покое,

Р2 частота пульса за первые 15 секунд первой минуты восстановления,

Р3 частота пульса за последние 15 секунд первой минуты восстановления.

Для оценки результатов пробы используют следующую шкалу:

- 1) $ИР \leq 3$ работоспособность «отличная»;
- 2) ИР находится в диапазоне от 4 до 6 «хорошая»;
- 3) ИР от 7 до 9 «средняя»;
- 4) ИР от 10 до 14 «удовлетворительная».
- 5) ИР – 15 и более – «плохая»

Субмаксимальный тест PWC170

Функциональную пробу, основанную на определении мышечной нагрузки, при которой ЧСС повышается до 170 уд/мин, обозначают как тест PWC170 (от первых букв английского обозначения термина «физическая работоспособность» — Physical Working Capacity).

Определение физической работоспособности с помощью этого теста базируется на двух известных из физиологии мышечной деятельности фактах. Первый факт: учащение сердцебиения при мышечной работе прямо пропорционально ее интенсивности (мощности). Второй факт: степень учащения сердцебиения при всякой (неопределенной) физической нагрузке обратно пропорциональна способности испытуемого выполнять мышечную работу данной интенсивности (мощности), т.е. физической работоспособности

Таблица 7.3. Мощность второй нагрузки (W_2) при определении физической работоспособности по тесту PWC170

Мощность первой нагрузки W_1 , Вт	Мощность второй нагрузки W_2 , Вт			
	ЧСС (уд/мин) при W_1			
	90–99	100–109	110–111	120 и выше
50	165	135	115	100
65	195	165	130	115
80	230	195	165	135
100	260	230	195	165
115	295	260	230	195
145	325	295	260	230

Тест выполняется следующим образом: испытуемый на велоэргометре подвергается двум нагрузкам разной мощности (W_1 и W_2) продолжительностью 5 мин и отдыхом между нагрузками в 3 мин. Нагрузки подбираются с таким расчетом, чтобы получить несколько значений пульса в диапазоне от 120 до 170 уд/мин. Обычно интенсивность первой нагрузки составляет 1 Вт/кг (ЧСС в конце первой нагрузки должна составить величину, близкую к диапазону 110—130 уд/мин), второй — 2 Вт/кг (подбор второй нагрузки осуществляется с учетом мощности первой нагрузки — W_1 и ЧСС — f_1

Частота педалирования постоянная, в диапазоне 60—80 об/мин. В конце каждой нагрузки в течение последних 30 с определяют ЧСС электрокардиографически или аускультативно с помощью фиксированного на грудной клетке фонендоскопа. Расчет теста RWC170 можно проводить двумя способами — графическим или с использованием формулы, предложенной В.Л. Карпманом с соавторами (1974):

$$PWC170 = W_1 + (W_2 - W_1) \cdot \frac{170 - f_1}{f_2 - f_1}$$

где PWC_{170} – мощность физической нагрузки при ЧСС 170 уд/мин; W_1 и W_2 – мощность соответственно первой и второй нагрузки, Вт или кГм/мин; f_1 и f_2 – ЧСС на последней минуте соответственно первой и второй нагрузки (в 1 мин).

- Индивидуальные колебания величин *PWC170* определяются целым рядом факторов, таких как пол, возраст, наследственность, состояние здоровья, уровень физической активности и т.д. У здоровых молодых нетренированных мужчин величины *PWC170* колеблются в пределах 850—1100 кГм/мин, у женщин — 450—850 кГм/мин. Относительная величина *PWC170* у мужчин составляет 14,4 кГм/ мин/кг, у женщин — 10,2 кГм/ мин/кг.

- **Тест Навакки.** Рекомендован ВОЗ для широкого применения. Физическая нагрузка дается на велоэргометре, а суть теста состоит в определении времени, в течение которого испытуемый способен выполнить конкретную нагрузку (Вт/кг), которая зависит от собственного веса и мощности. Нагрузка начинается с 1 Вт/кг массы, через каждые 2 мин увеличивается на 1 Вт /кг до тех пор, пока испытуемый не откажется от выполнения нагрузки

Таблица 7.4. Оценка результатов теста Навакки

Мощность нагрузки, Вт/кг	Время работы на каждой ступеньке, мин	Оценка физической работоспособности
2	1	Низкая работоспособность у нетренированных
3	1	Удовлетворительная работоспособность у нетренированных
3	2	Нормальная работоспособность у нетренированных
4	1	Удовлетворительная работоспособность у спортсменов
4	2	Хорошая работоспособность у спортсменов
5	1–2	Высокая работоспособность у спортсменов
6	1	Очень высокая работоспособность у спортсменов

- **Максимальное потребление кислорода (МПК)** — основной показатель, отражающий функциональные возможности сердечно-сосудистой, дыхательной систем и физическое состояние в целом, т.е. аэробную способность. Этот показатель (л/мин, мл/мин/кг) или его энергетический эквивалент (кДж/мин, ккал/мин) относятся к ведущим в оценке и градациях физического состояния человека. Субмаксимальные нагрузочные тесты, обеспечивающие информацию об аэробной способности, являются важнейшим инструментом оценки функционального состояния организма. Величина МПК зависит от пола, возраста, физической подготовленности обследуемого и варьируется в широких пределах.

**Таблица 7.5. Максимальное потребление кислорода (мл/мин/кг) у взрослых
(К. Andersen et al., 1971)**

Возраст, лет	Мужчины	Женщины
20–29	44	36
30–39	42	34
40–49	39	33
50–59	36	29
60–69	32	—
70–79	27	—

Испытуемому рекомендуется велоэргометрическая нагрузка (ЧСС после вработывания должна находиться между 120–170 уд/мин) или степ-тест (высота ступеньки — 40 см для мужчин, 33 см — для женщин, темп восхождения — 22,5 цикла в 1 мин) в течение не менее 5 мин. ЧСС регистрируется на пятой минуте работы. Расчет МПК проводят по специальной номограмме I. Astrand (рис. 7.1) и формуле фон Добелна. Найденная с помощью номограммы величина корригируется путем умножения на «возрастной фактор».

Определение МПК возможно также с помощью пробы *RWC170* по формуле В.Л. Карпмана с соавторами (1974):

$\text{МПК (л/мин)} = RWC170 \cdot 1,7 + 1070$ (у нетренированных людей);

$\text{МПК (л/мин)} = RWC170 \cdot 1,7 + 1070$ (для спортсменов высокой квалификации).

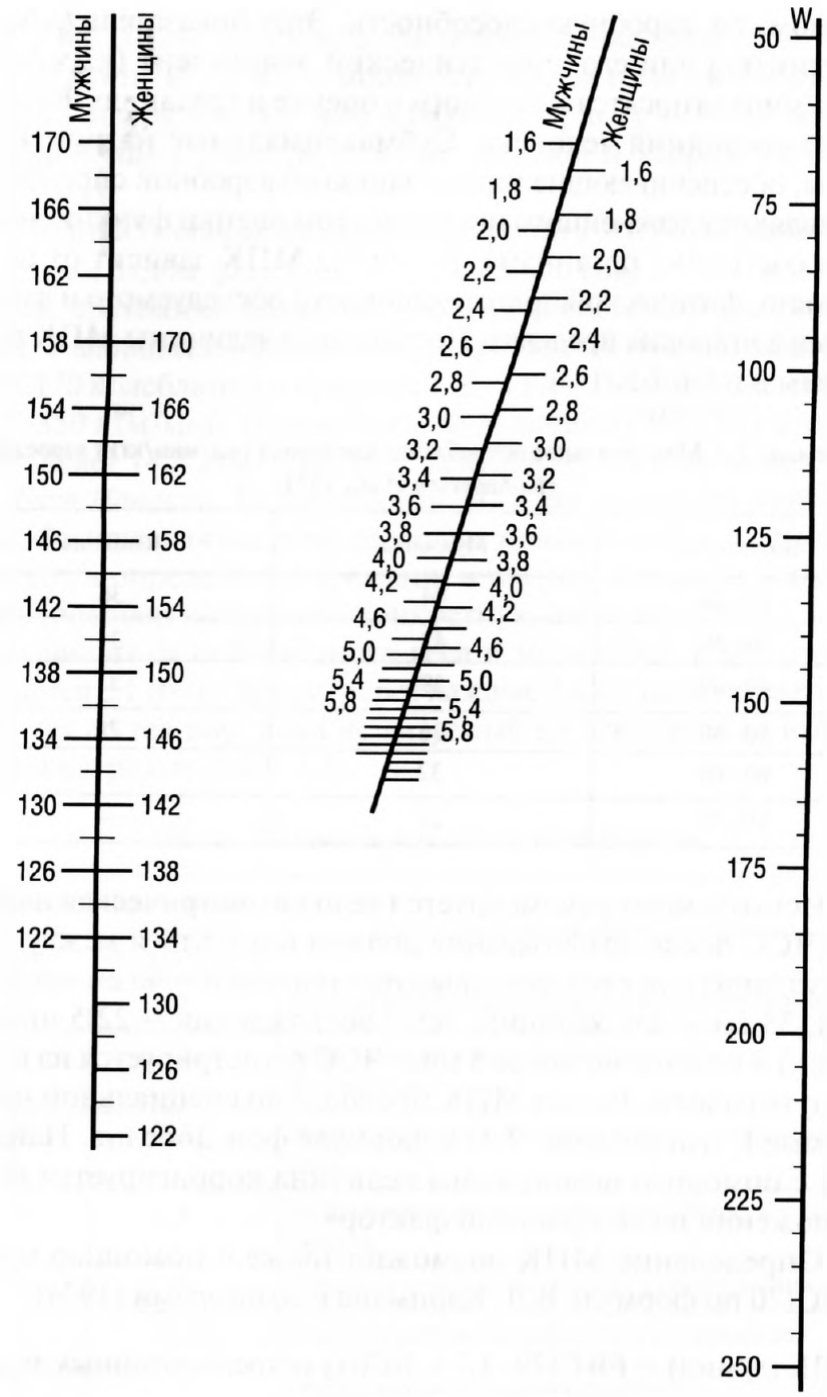


Таблица 7.6. Определение МПК по частоте сердечных сокращений при нагрузках на велоэргометре у мужчин и женщин

Мужчины											
ЧСС	МПК, л/мин					ЧСС	МПК, л/мин				
	300 кгм/ мин	600 кгм/мин	900 кгм/мин	1200 кгм/мин	1500 кгм/мин		600 кгм/мин	900 кгм/мин	1200 кгм/мин	1500 кгм/мин	
120	2,2	3,5	4,8	—		148	2,4	3,2	4,3	5,4	
121	2,2	3,4	4,7	—		149	2,3	3,2	4,3	5,4	
122	2,2	3,4	4,6	—		150	2,3	3,2	4,2	5,3	
Женщины											
ЧСС	МПК, л/мин					ЧСС	МПК, л/мин				
	300 кгм/мин	450 кгм/мин	600 кгм/мин	750 кгм/мин	900 кгм/мин		300 кгм/мин	450 кгм/мин	600 кгм/мин	750 кгм/мин	900 кгм/мин
120	2,6	3,4	4,1	4,8		146	1,6	2,2	2,6	3,2	3,7
121	2,5	3,3	4,0	4,8		147	1,6	2,1	2,6	3,1	3,6

Таблица 7.7. Качественная оценка результатов теста МПК (мл/кг/мин)

Мужчины					
Возраст	Весьма плохое	Плохое	Среднее	Хорошее	Отличное
20–29	38	39–43	44–51	52–56	57
30–39	34	35–39	40–47	48–51	52
40–49	30	31–35	36–43	44–47	48
50–59	25	26–31	32–39	40–43	44
60–69	21	22–26	27–35	36–39	40
Женщины					
20–29	28	29–34	35–43	44–48	49
30–39	27	28–33	34–41	42–47	48
40–49	25	26–31	32–40	41–45	46
50–56	21	22–28	29–36	37–41	42

- Индекс Робинсона, или показатель качества реакции. В настоящее время в качестве одного из критериев функционального состояния ССС, косвенно отражающего потребление кислорода, используется показатель двойного произведения (индекс Робинсона):
$$\text{Индекс Робинсона} = \frac{(\text{ЧСС} \cdot \text{САД})}{100}$$
- Принципы оценки индекса в покое у лиц взрослого возраста:
- средние значения — от 76 до 89;
- значения выше среднего — 75 и меньше;
- значения ниже среднего — 90 и выше

- **Вегетативные тесты**
- *Ортостатическая проба.* После 5-минутного пребывания в горизонтальном положении у обследуемого считают пульс в течение 15 с (результат умножают на 4 и измеряют АД). Исследуемый спокойно встает, и у него снова измеряют АД и считают пульс. В норме разница между частотой пульса в горизонтальном и вертикальном положении не превышает 10—14 уд/мин, а АД (максимальное и минимальное) колеблется в пределах 10 мм рт. ст. Благоприятным признаком считается увеличение пульсового давления, неблагоприятной реакцией — учащение пульса после пробы на 20 уд/мин и больше и значительное колебание показателей АД, особенно если оно сопровождается снижением пульсового давления

- *Клиноортостатическая проба.* Проба проводится в обратном порядке по сравнению с ортостатической, т.е. ЧСС и величину АД определяют сначала в вертикальном, а затем в горизонтальном положении исследуемого. Благоприятной реакцией считается замедление ЧСС на 4—6 уд/мин; колебания АД не должны превышать 10 мм рт. ст.
- Проводимые пробы отражают возбудимость соответственно симпатического и парасимпатического отделов вегетативной нервной системы

- **Пробы для оценки функционального состояния дыхательной системы**
- *Проба Штанге.* Исследуемый в положении сидя после кратковременного отдыха (3—5 мин) делает глубокий вдох и выдох, а затем снова вдох (но не максимальный) и задерживает дыхание (при этом рот должен быть закрыт, а нос зажат пальцами). Секундомером регистрируется время задержки дыхания. Здоровые люди задерживают дыхание в среднем на 40—50 с, спортсмены высокой квалификации — до 5 мин. У детей 6-летнего возраста проба колеблется от 15 с (девочки) до 20 с (мальчики); у 10-летних — от 20 с (девочки) до 35 с (мальчики)

- *Проба Гении*, или *проба с задержкой дыхания на выдохе*. Предварительные условия проведения пробы такие же, как при пробе Штанге. Секундомером фиксируется время задержки дыхания на выдохе, у здоровых нетренированных лиц оно составляет 25—30 с, у спортсменов — 30—90 с.
- *Комбинированная проба Серкина*. Первая фаза: определяется время, в течение которого обследуемый может задержать дыхание на фазе вдоха в положении сидя; вторая фаза: определяется время задержки дыхания на фазе вдоха непосредственно после 20 приседаний, выполненных в течение 30 с; третья фаза: через 1 мин повторяется первая фаза

Таблица 7.1. Оценка пробы Серкина

Контингент обследуемых	Фазы		
	1-я, с	2-я, %	3-я, %
Здоровые, тренированные	45–60	Более 50 1-й фазы	Более 100 1-й фазы
Здоровые, нетренированные	35–45	30–50 1-й фазы	70–100 1-й фазы
Пациенты со скрытой недостаточностью кровообращения	20–35	Менее 30 1-й фазы	Менее 70 1-й фазы

- *Показания к прекращению тестирования:* прогрессирующая загрудинная боль; выраженная одышка; бледность лица и цианоз слизистых, холодный пот; нарушение координации движений, тремор конечностей; невнятная речь; чрезмерное повышение АД, не соответствующее возрасту обследуемого и увеличивающейся нагрузке; резкое снижение САД; резкие изменения на ЭКГ.
- Все тесты, проводимые с пациентами с сердечно-сосудистыми заболеваниями, дыхательными нарушениями, всегда должны быть индивидуальны и проводиться под строгим наблюдением врача

- **Тесты с психоэмоциональной нагрузкой.** *Психологический стресс-тест* предназначен для оценки реакции центральной и вегетативной нервной системы, ССС на имитацию психологической стрессовой ситуации. Последнюю можно создавать с помощью разнообразных методик: компьютерная игра, проба «быстрого обратного счета», запись максимально возможного количества слов на заданную тему за отведенный временной интервал и др.
- *Психоэмоционально-информационная проба* — метод моделирования психоэмоционального напряжения с использованием компьютерных игр.
- Методика проведения заключается в следующем. В течение 5 мин игры ежеминутно измеряются ЧСС, АД. Оценивается реактивность ССС, что позволяет дифференцировать лабильные и стабильные формы АГ. При лабильной форме имеет место гиперкинетический синдром на фоне избыточных симпатических влияний (избыточный прирост САД, ЧСС и МОК), при стабильной форме АГ — более выраженный прирост САД и ДАД без тахикардии.
- Обязательным условием при проведении функциональных тестов является готовность к выполнению реанимационных мероприятий

Спасибо за внимание