

УДК 612.821(075.8)+159.91(075.8)
ББК 88.3я73
А81

Рекомендовано Ученым советом
гуманитарного факультета
12 октября 2005 г., протокол № 2

Р е ц е н з е н т
кандидат медицинских наук *К. Э. Зборовский*

Аринчина, Н. Г.

А81 Функциональные пробы с физическими и психоэмоциональными нагрузками у человека : пособие для студентов гуманитар. фак. спец. 1-86 01 01 «Социальная работа (по направлениям)» и 1-23 01 04 «Психология» / Н. Г. Аринчина, В. И. Дунай, А. Н. Антоненко, Ю. И. Чепик. – Минск : БГУ, 2007. – 55 с.
ISBN 978-985-485-698-8.

В пособии приводятся сведения о современных пробах с физическими и психоэмоциональными нагрузками у человека: особенности применения и проведения, показания и противопоказания, оценка выполнения нагрузок.

Для студентов III курса гуманитарного факультета специальностей 1-86 01 01 «Социальная работа (по направлениям)» и 1-23 01 04 «Психология».

УДК 612.821(075.8)+159.91(075.8)
ББК 88.3я73

ISBN 978-985-485-698-8

© Аринчина Н. Г., Дунай В. И.,
Антоненко А. Н., Чепик Ю. И., 2007
© БГУ, 2007

ПРЕДИСЛОВИЕ

Данное пособие предполагает усвоение студентами учебного материала по курсу «Современные методы функциональной диагностики» на лекциях, в процессе выполнения практических занятий и самостоятельной работы.

В пособии приводятся сведения о применении различных функциональных проб, под которыми понимают такие методы исследования, когда при воздействии на сердечно-сосудистую систему внешних факторов (физических, эмоциональных нагрузок) наблюдается изменение гомеостаза в организме. Происходит провокация имеющихся скрытых патофизиологических состояний, недоступных для обнаружения в покое. С помощью функциональных проб можно определить характер патологии, выявить степень ее выраженности или сохранности компенсаторных возможностей сердечно-сосудистой системы.

При проведении проб с различными физическими и психоэмоциональными нагрузками особое значение имеет обеспечение безопасности испытуемого, так как существует возможность развития осложнений. Поэтому необходимо скрупулезно выполнять все требования к проведению проб и их прекращению. Важным моментом является принятие решения о допуске испытуемого к проведению пробы, выявление у него возможных противопоказаний.

В книге представлены также краткие сведения о физических (динамических, статических, смешанных, комбинированных) и психоэмоциональных нагрузках, описываются основные механизмы их действия, возможности применения и особенности проведения, показания и противопоказания, приводится материал для выполнения практических занятий.

КЛАССИФИКАЦИЯ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ПРОБ

Функциональные пробы – это такие методы исследования, при которых на сердечно-сосудистую систему воздействуют с помощью различных внешних факторов, изменяющих в той или иной степени состояние сердечно-сосудистой и респираторной систем по сравнению с состоянием относительного покоя. В это время провоцируется скрытая или труднодоступная для обнаружения в условиях покоя патология. Если эта патология была известна ранее, то с помощью функциональных проб можно определить степень ее выраженности или, наоборот, оценить резервные возможности сердечно-сосудистой системы.

Практическая значимость и распространенность функциональных проб весьма различны – от широкого применения почти во всех лечебных и спортивных учреждениях (например, пробы на велоэргометре) до использования только в первоклассных клиниках или специализированных лабораториях.

В табл. 1 представлена классификация современных функциональных проб.

Таблица 1

Классификация функциональных проб (по Д. М. Аронову, 1995)

Применяемые факторы	Основной механизм	Назначение пробы
Физические нагрузки: динамические, статические, смешанные, комбинированные	Повышение потребления кислорода миокардом и организмом в целом	Диагностика ИБС, контроль состояния больного в динамике, оценка функционального состояния обследуемого

Применяемые факторы	Основной механизм	Назначение пробы
Электрическая стимуляция предсердий: прямая, чреспищеводная	Повышение потребления кислорода только миокардом	Диагностика ИБС, выявление нарушений ритма и проводимости
Психоэмоциональные пробы: счет в уме, запоминание, компьютерные задания	Повышение потребления кислорода миокардом, гиперсимпатикотония	Диагностика ИБС, выявление эмоциональных нарушений сердечно-сосудистой системы
Моделирование уменьшения венозного возврата крови к сердцу: ортостатическая проба, создание отрицательного давления на нижнюю часть тела	Уменьшение преднагрузки (силы, растягивающей сердечную мышцу перед сокращением)	Уточнение состояния гемодинамики и насосной функции сердца
Локальное воздействие на нервные окончания: холодовая проба, воздействие на барорецепторы аорты	Провоцирование спазма коронарных артерий, воздействие на уровень давления	Диагностика стенокардии, связанной со спазмом сосудов, выявление нарушений регуляции АД
Воздействие на внешнее дыхание: проба Вальсальвы, гипервентиляционная проба	Провоцирование ишемии и гипоксии миокарда	Диагностика ИБС, диагностика стенокардии, связанной со спазмом сосудов, диагностика ложноположительных проб
Лекарственные воздействия: провокационные пробы (эрготриновая, ацетилхолиновая, компламинная и др.); разрешающие пробы (нитроглицериновая, калиевая, фентоламинная и др.)	Провоцирование спазма коронарных артерий, провоцирование феномена «обкрадывания» Улучшение кровоснабжения и метаболизма миокарда	Диагностика ИБС, оценка жизнеспособности миокарда. Уточнение характера изменений ЭКГ при боли в сердце, оценка синдрома слабости синусового узла, нарушений проводимости, диагностика артериальной гипертензии

ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ПРОБЫ С ФИЗИЧЕСКИМИ НАГРУЗКАМИ

ФИЗИОЛОГИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ПРИМЕНЕНИЯ ФИЗИЧЕСКИХ НАГРУЗОК

Первоначально пробы с физическими нагрузками были предназначены для профессионального отбора. В начале XX в. использовали метод с восхождением и спуском на ступеньку высотой 50 см для отбора в армию и на работу, требующую высокой физической работоспособности организма, молодых людей (это так называемый Гарвардский степ-тест). В 1929 г. А. Мастер и Е. Оппенгеймер предложили ставшую классической двухступенчатую пробу для диагностики ишемической болезни сердца (ИБС). Ими же были разработаны методы стандартизации пробы, критерии ее прекращения, оценка результатов. Именно эти работы дали толчок для развития этого направления современной медицины. Пробы с физическими нагрузками применяются весьма широко и с самыми разнообразными целями, но физиологическое обоснование их применения едино: физическая нагрузка является идеальным и самым естественным видом провокации, позволяющим оценить полноценность физических компенсаторно-приспособительных механизмов организма, а при наличии явной или скрытой патологии – степень функциональной неполноценности кардиореспираторной системы.

Надежность любого метода должна зависеть от ряда требований, которые применяются к нему.

Проба обязана:

- представлять собой простую и непродолжительную для испытуемого процедуру, не требующую специальных навыков;
- быть безопасной для испытуемого и выполнимой для большинства лиц (больных или здоровых);
- обеспечивать участие многих мышечных групп, давая нагрузку на все тело, а не на ограниченные группы мышц;
- включать периоды устойчивого состояния, в течение которых можно регистрировать сопоставимые количественные показатели;
- давать воспроизводимые результаты;
- выражаться в величинах расхода энергии на массу тела, но с возможностью быстрого пересчета в единицы работы;
- позволять оценивать максимальную реакцию кардиореспираторной системы человека и максимальную физическую работоспособность;
- иметь возможность стандартизировать методики.

Стандартизация метода и его хорошая воспроизводимость позволяют достоверно сопоставлять результаты обследования одного и того же человека в разные периоды его жизни; оценивать и сравнивать индивидуальные и групповые результаты исследований, проводимых в различных лабораториях и клиниках; определять степень функциональной полноценности обследуемого.

Наиболее пригоден для стандартизации проб с физической нагрузкой строгий, количественно измеряемый, воспроизводимый параметр – потребление кислорода при нагрузке. Реальное его измерение при проведении проб малодоступно, поэтому специалисты используют другие физиологические параметры, тесно связанные с потреблением кислорода.

Существует прямая зависимость между потреблением кислорода и величиной сердечного выброса [минутным объемом кровообращения (МОК) и частотой сердечных сокращений (ЧСС)]. По мере ухудшения состояния, нарастания функциональной недостаточности сердечно-сосудистой системы происходит прогрессирующее снижение максимального потребления кислорода и максимальной ЧСС. Таким образом, имеется хорошая возможность стандартизировать пробы по весьма показательному и легко определяемому параметру – величине ЧСС. Чем выше у испытуемого ЧСС при возрастающей нагрузке, тем выше максимальное потребление кислорода и соответственно лучше физическая работоспособность человека и функциональное состояние сердечно-сосудистой системы.

Разработаны зависящие от пола и возраста обследуемых нормативы ЧСС при максимальной и субмаксимальной физических нагрузках. Наиболее широкое распространение получили нормативы, предложенные К. Андерсеном с соавторами (1971) и рекомендованные к применению Комитетом экспертов ВОЗ (табл. 2).

Таблица 2

Частота сердечных сокращений (уд/мин) при физических нагрузках у мужчин и женщин (по К. Андерсену, 1971)

Процент от максимальной нагрузки	Возраст, лет									
	20–29		30–39		40–49		50–59		60–69	
	м.	ж.	м.	ж.	м.	ж.	м.	ж.	м.	ж.
75	160	166	155	149	151	153	144	144	139	140
100	195	198	187	189	178	179	170	172	162	163

Кроме возраста и пола на ЧСС человека влияет степень его тренированности. Благодаря «экономизации» работы сердца вследствие систематических тренировок или систематической физической активности в быту и на производстве в ответ на одну и ту же нагрузку ЧСС у тренированных лиц меньше, чем у нетренированных. Это обстоятельство учтено в нормативных предложениях Л. Шефилда и Д. Ройтмана (1976) (табл. 3).

Чрезмерное увеличение ЧСС при нагрузках происходит при недостаточной физической подготовленности человека (длительная гиподинамия, перенесенные истощающие заболевания, нейроциркуляторная дистония-астения, гиперфункция щитовидной железы, применение симпатомиметиков).

Недостаточное учащение ЧСС наблюдается у лиц, принимающих β -блокаторы, верапамил, амиодарон, сердечные гликозиды.

Таблица 3

**Частота сердечных сокращений (уд/мин)
в зависимости от возраста и тренированности
(по Л. Шефилду и Д. Ройтману, 1976)**

Степень тренированности	Процент от максимальной нагрузки	Возраст, лет														
		20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90
Слабая	100	195	195	193	191	189	187	184	182	180	178	176	174	172	170	168
	90	177	175	173	172	170	168	166	164	162	160	158	157	155	153	151
	75	148	146	144	143	142	140	138	137	135	134	132	131	129	128	126
	60	118	117	115	114	113	112	110	109	108	107	106	104	103	102	101
Высокая	100	190	188	186	184	182	180	177	175	173	171	169	167	165	163	161
	90	171	169	167	166	164	162	159	158	156	154	152	150	149	147	145
	75	143	141	140	138	137	135	133	131	130	128	127	125	124	122	121
	60	143	113	112	110	109	106	105	104	103	101	100	99	98	97	–

НАЗНАЧЕНИЕ ПРОБ С ФИЗИЧЕСКОЙ НАГРУЗКОЙ

Выделено девять основных направлений по применению нагрузочных проб:

- массовые (эпидемиологические) обследования различных контингентов населения в целях раннего выявления сердечно-сосудистой патологии, в первую очередь ИБС;
- дифференциальная диагностика ИБС и отдельных ее форм;
- выявление нарушений ритма сердца;
- выявление лиц с гипертензивной реакцией на нагрузку;
- определение индивидуальной переносимости физических нагрузок;
- оценка эффективности лечебных и реабилитационных мероприятий (по динамике);
- экспертиза трудоспособности больных с сердечно-сосудистыми заболеваниями;
- профессиональный отбор лиц для работы в экстремальных условиях или работы, требующей высокой физической работоспособности;
- для прогностической оценки.

В России и Беларуси большинство нагрузочных проб проводится для диагностики ИБС, а также для оценки эффективности лечения.

УСЛОВИЯ ПРОВЕДЕНИЯ НАГРУЗОЧНЫХ ПРОБ

Функциональные нагрузочные тесты относятся к условно безопасным методам исследования, требуют индивидуального решения вопроса о возможности проведения пробы каждому конкретному больному, а также соблюдения при этом всех мер безопасности.

Перед началом исследования нужно тщательно собрать анамнез, оценить электрокардиограмму в покое для исключения у больного противопоказаний для проведения пробы.

Вопрос о противопоказаниях должен решаться индивидуально с учетом конкретных задач исследования. Необходимо перед проведением пробы подготовить к ней пациента, получить его согласие. Исследование должно проводиться специалистами в области функциональной диагностики, владеющими методами неотложной кардиологии. В течение всего времени проведения проб и сразу после их прекращения должен быть обеспечен непрерывный контроль за деятельностью сердечно-сосудистой системы (электрокардиограмма, показатели гемодинамики, артериальное давление).

МАКСИМАЛЬНЫЕ НАГРУЗОЧНЫЕ ПРОБЫ

Максимальные нагрузочные пробы – это пробы, в ходе которых нагрузка повышается до достижения пациентом максимальной возрастной ЧСС (максимального потребления кислорода).

Несмотря на высокую достоверность диагноза при использовании этой методики, высока вероятность развития тяжелых осложнений, поэтому чаще используются более безопасные субмаксимальные нагрузки.

Максимальные нагрузочные пробы предназначены для обследования только практически здоровых лиц.

Показания к проведению максимальных проб:

- болевой синдром, напоминающий редкую стенокардию больших нагрузок;

- изменения ЭКГ, даже без каких-либо жалоб, напоминающие изменения у больных со стенокардией;

- высокий уровень холестерина.

Противопоказания к проведению максимальных проб:

- установленный диагноз ИБС;
- невысокие показатели объема работы при предшествующих велоэргометриях или неспособность переносить быструю ходьбу;

- нарушения ритма и проводимости;

- головная боль, головокружение, склонность к обморокам;

- тромбофлебит, варикозное расширение вен;

- значительная близорукость, кровоизлияния в глазах.

Критерии прекращения максимальной пробы:

- достижение 100% -ной возрастной ЧСС;
- появление ишемических изменений на электрокардиограмме;
- появление болей в сердце;
- появление перебоев (экстрасистол);
- повышение АД до 250 мм рт. ст. систолического, 120 мм рт. ст. диастолического;

- снижение АД систолического на 20 мм рт. ст. или отсутствие его прироста при увеличении нагрузок;

- появление головной боли, головокружения, нарушений координации движений или болей в мышцах голени;

- появление тяжелой одышки (более 40 дыханий в минуту);

- выраженное утомление.

К р и т е р и и о ц е н к и м а к с и м а л ь н о й п р о б ы:

- отрицательная проба, если достигнута 100% -ная возрастная ЧСС;

- положительная проба, если появились любые другие признаки;

- сомнительная проба, если появились любые другие признаки.

СУБМАКСИМАЛЬНЫЕ НАГРУЗОЧНЫЕ ПРОБЫ

Субмаксимальные нагрузочные пробы – это пробы, которые продолжают до достижения пациентом 75 % от максимальной возрастной ЧСС. Для определения субмаксимального нагрузочного уровня, соответствующего 75 % от максимального потребления кислорода, используют таблицу Р. Шепарда, в которой предельный уровень субмаксимальной нагрузки определяется по величине ЧСС (табл. 4).

Таблица 4

Частота пульса при различном уровне потребления кислорода во время физической нагрузки у мужчин и женщин (по Р. Шепарду, 1969)

Процент от максимальной аэробной мощности	Возраст, лет									
	20–29		30–39		40–49		50–59		60–69	
	м.	ж.	м.	ж.	м.	ж.	м.	ж.	м.	ж.
40	115	122	115	120	115	117	111	113	110	112
40–59	115–140	122–147	115–137	120–142	115–135	117–137	111–130	113–133	110–126	112–129
60–74	141–160	148–166	138–155	143–159	136–151	138–153	131–144	134–144	127–139	130–140
75–100	161–195	167–198	156–187	160–189	152–178	154–179	145–170	145–172	140–162	142–163

Показани я к проведению субмаксимальных проб:

- наличие атипичного болевого синдрома в грудной клетке;

- изменение ЭКГ без болевого синдрома;

- определение индивидуальной переносимости нагрузок у лиц с диагнозом ИБС;

- массовые обследования, профилактические осмотры.

Противопоказания к проведению субмаксимальных нагрузок:

1) *абсолютные* – острые, тяжелые состояния (инфаркт, тромбоз, тромбофлебит и др.);

2) *относительные*:

● выраженная артериальная гипертензия (АД = 220/130 мм рт. ст.);

● частый пульс (100 и более);

● наличие в прошлом сложных нарушений сердечного ритма, обмороков;

● блокады ножек пучка Гиса.

Критерии прекращения пробы:

● достижение субмаксимальной возрастной ЧСС;

● приступ болей в сердце;

● повышение АД до 230/120 мм рт. ст. и более;

● снижение АД систолического на 25 % от исходного;

● одышка, общая слабость, головокружение, тошнота, головная боль;

● отказ пациента от продолжения пробы из-за боязни, дискомфорта;

● ЭКГ-критерии прекращения пробы.

ОБЕСПЕЧЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ НАГРУЗОЧНЫХ ПРОБ

Даже при самом скрупулезном выполнении всех требований возможно развитие осложнений, в том числе и серьезных, во время нагрузочных проб. На каждые 10 000 проб с нагрузкой, по обобщенным данным разных авторов, приходится до одного случая смерти и девяти случаев общих осложнений. Функциональные пробы с физической нагрузкой являются серьезной процедурой, связанной с риском для жизни и здоровья пациентов. Необходим тщательный отбор с учетом показаний и противопоказаний к проведению пробы; непрерывный контроль во время пробы за состоянием больного, ЭКГ, АД; должна быть гарантирована срочная реанимационная помощь при необходимости.

ОЦЕНКА РЕЗУЛЬТАТОВ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ПРОБ

Оценка результатов проводится с учетом электрокардиографических показателей, данных гемодинамики и клинической симптоматики в момент прекращения нагрузки.

На рис. 1 и в табл. 5 представлена более детальная характеристика показателей ЭКГ в условиях нагрузок.

Изменения сегмента *ST* во время пробы с физической нагрузкой являются наиболее информативными для диагностики ИБС и другой патологии. Величина смещения сегмента *ST* измеряется относительно изоэлектрической линии. Направление смещения сегмента *ST* может быть горизонтальным, косонисходящим, косовосходящим (см. рис. 1).

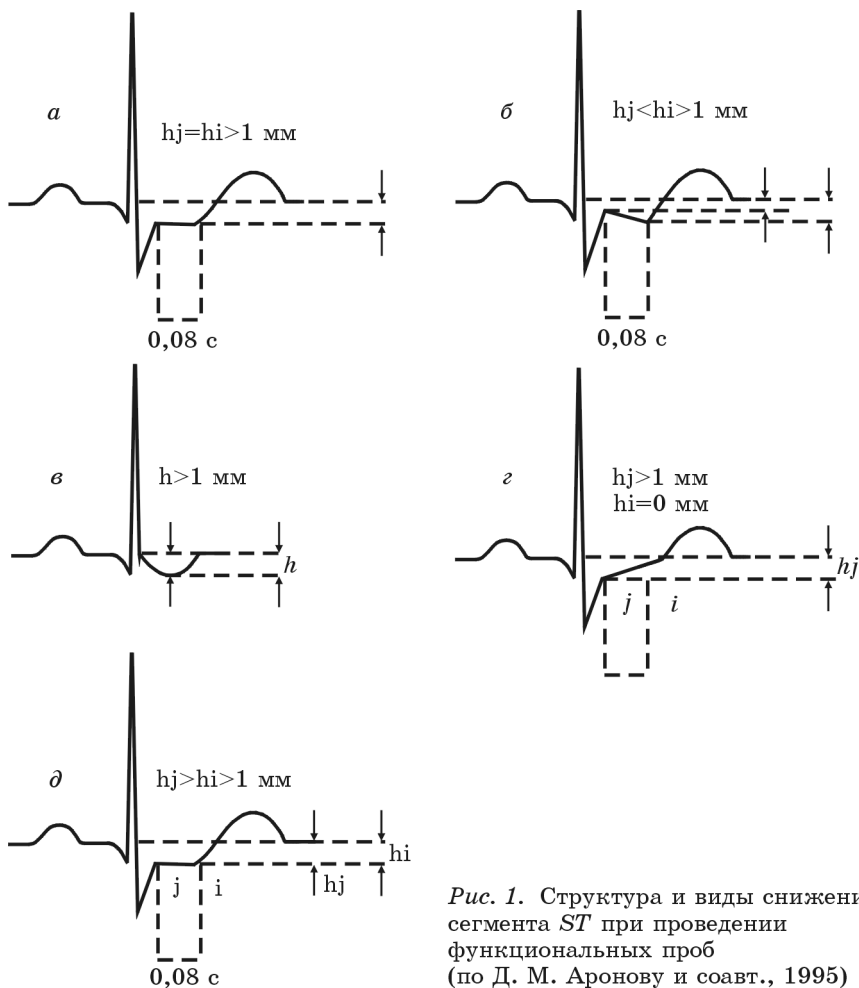


Рис. 1. Структура и виды снижения сегмента *ST* при проведении функциональных проб (по Д. М. Аронову и соавт., 1995)

Причины изменений сегмента *ST* и зубца *T*

Причины	Непосредственные факторы
Физиологические	Позиция сердца, нарушения проводимости, синдром <i>WPW</i> , температура, гипервентиляция, тревога и т. п., нервные влияния, гипергликемия, тахикардия, физические упражнения
Фармакологические	Дигитализация, антиаритмические и психотропные препараты (фенотиазины, трициклические антидепрессанты, препараты лития), β -блокаторы
Экстракардиальные	Электролитные расстройства (гипокалиемия), цереброваскулярные катастрофы, шок, анемия, аллергические реакции, инфекционные процессы, эндокринные нарушения, острый живот, эмболия легочной артерии
Первичные заболевания миокарда	Миокардиодистрофии, миокардиопатии, миокардиты
Вторичные заболевания миокарда	Амилоидоз, гемохроматоз, опухоли сердца, саркоидоз, болезни соединительной ткани, нейромышечные нарушения, гипертрофия левого желудочка
Ишемическая болезнь сердца	Инфаркт миокарда, стенокардия, аневризма сердца

К смещениям, имеющим диагностическое значение, относится *горизонтальное смещение ST* вниз на 1 мм или более от изоэлектрической линии; *косонисходящее смещение ST*. Такое смещение сегмента *ST* оценивается как ишемическое.

Если при нагрузке происходит подъем сегмента *ST* над изолинией на 1 мм и более – это объясняется спазмом коронарных артерий. Он наблюдается достаточно редко – у 0,5 % здоровых лиц и 3–6 % больных ИБС.

Изменения зубца *R* при нагрузке – увеличение его амплитуды – свидетельствуют о нарушении функции левого желудочка при напряжении.

Динамика амплитуды зубца *T* встречается при нагрузках весьма часто. У 30 % здоровых лиц отмечается увеличение или снижение амплитуды *T* при нагрузках. Должно настораживать появление высокого симметричного остроконечного зубца *T* (5 мм или более), что указывает на тяжелую ишемию.

При выполнении нагрузочных тестов проводятся следующие измерения.

Электрокардиографические:

- максимальная депрессия сегмента *ST*;
- максимальный подъем сегмента *ST*;
- характер снижения сегмента *ST* – косонисходящее, косо-восходящее, горизонтальное;
- число отведения ЭКГ с депрессией (элевацией) сегмента *ST*;
- продолжительность депрессии (элевации) сегмента *ST* после нагрузки (в восстановительном периоде);
- индексы *ST/ЧСС* (при наличии компьютерных программ);
- «двойное произведение» ($\text{ЧСС} \times \text{АД сист}/100$) на высоте нагрузки;
- нарушения ритма, вызванные нагрузкой;
- время до начала ишемического смещения сегмента *ST*.

Гемодинамические:

- максимальная ЧСС;
- максимальное систолическое АД, диастолическое АД;
- максимальное «двойное произведение» ($\text{ЧСС} \times \text{АД сист}/100$);
- общее время непрерывной нагрузки;
- артериальная гипотензия при нагрузке (снижение АД ниже исходного уровня до нагрузки).

Клинические симптомы:

- величина нагрузки, вызвавшей появление симптомов ишемии миокарда;
- время нагрузки до начала стенокардии;
- стенокардия, вызванная нагрузкой;
- другие клинические проявления (коллапс, приступ удушья, резкая общая слабость, перемежающаяся хромота и др.).

ВИДЫ ФИЗИЧЕСКИХ НАГРУЗОК

Физические нагрузки делятся на *динамические, статические, комбинированные*.

Пробы с динамической нагрузкой

Динамическая работа проводится при изотоническом мышечном сокращении, когда уменьшается длина сокращающихся мышечных волокон.

Пробы с динамической нагрузкой – это ходьба, подъем по ступенькам, велоэргометрическая нагрузка, тредмиловая нагрузка.

Работу, выполняемую при подъеме по лестнице, условно принимают за единицу, а выполняемую при спуске с лестницы – за 1/3 объема работы при подъеме.

Единицей работы является джоуль (Дж):

1 Дж = 1 Вт × с, или 10 эрг, или 0,24 калории.

Работа, выполняемая в единицу времени, называется мощностью. Единицы мощности:

1 кгм/мин и 1 Вт.

1 ватт (Вт) – это единица мощности, эквивалентная 1 Дж/с или 10 эрг/с.

1 Вт соответствует 6 кгм/мин.

1 кгм/мин соответствует 0,167 Вт.

Способность выполнять физическую работу зависит от состояния физической работоспособности человека (ФРЧ) или в англоязычной литературе – Physical working capacity (PWC).

Применяют постоянную, быстро возрастающую, ступенчато возрастающую (прерывистую и непрерывную), стохастическую нагрузки.

Постоянной является нагрузка, при которой обследуемое лицо выполняет в течение определенного времени работу при одной и той же мощности. Уровень нагрузки при этом может быть низким, средним или высоким. Этот вид нагрузки чаще всего используется в физиологии труда, спортивной медицине, во время тренировок. Особенностью этого вида нагрузки является то, что при ней быстро устанавливается и длительно сохраняется состояние устойчивого равновесия. При таких нагрузках сложно выявить неадекватность работы сердечно-сосудистой системы.

При *быстро возрастающей* нагрузке в течение короткого времени (5–10 мин) нагрузку увеличивают до высокого уровня. Например, начав нагрузку с 150 кгм/мин (25 Вт), каждую минуту ее увеличивают на 150 кгм/мин. При таком стремительном увеличении нагрузки очень быстро развивается мышечное утомление. У нетренированных людей при этом утомление развивается раньше достижения максимальной ЧСС, и оно препятствует выполнению дальнейшей работы.

Этот вид нагрузки применяется в основном у лиц с высоким уровнем физического развития (спортсмены, летчики и т. д.).

В кардиологии чаще применяют *ступенчато возрастающие* нагрузки. Длительность каждой ступени обычно составляет 3–5 мин, начальный уровень нагрузки – 150–300 кгм/мин. Последующие уровни нагрузки кратны первоначальной: 150, 300, 450, 600, 750, 900 кгм/мин. Они бывают *прерывистыми*, когда очередное повышение нагрузки осуществляется после периода отдыха (обычно 3–5 мин), или *непрерывными*, которые рекомендуются для современных учреждений практического здравоохранения с начальной ступенью 150 кгм/мин, продолжительностью каждой ступени 3 мин с последующим возрастанием мощности на 150 кгм/мин. Обычно применяют не более шести ступеней непрерывной нагрузки.

Различают максимальную и субмаксимальную физическую работоспособность.

Под *максимальной физической работоспособностью* подразумевается способность данного лица выполнять в течение определенного времени работу такой интенсивности, при которой достигается максимальное потребление кислорода. Установлено, что потребление кислорода работающими мышцами постепенно повышается в зависимости от уровня нагрузки. Организм человека может обеспечить повышенное потребление кислорода до какого-то предела, поэтому максимальное количество кислорода, которое организм способен утилизировать во время возрастающей работы за единицу времени, называется *кислородным пределом* или *максимальным потреблением кислорода*.

Дальнейшее увеличение физической нагрузки не сопровождается увеличением поступления и потребления кислорода. В это время развивается резкое утомление, препятствующее дальней-

шей работе испытуемого. Иначе говоря, происходит истощение адаптационных и резервных возможностей организма, а точнее, сложной системы газообмена, включающей сердечно-сосудистую, дыхания, крови, тканевого обмена и др.

В последние годы идет поиск новых вариантов функциональных проб, которые приближались бы к естественным нагрузкам человека. Именно такой является проба со *стохастическими* нагрузками. Это проба, мощность которой изменяется по случайному закону. Современные бытовые и производственные нагрузки связаны не столько с увеличением их интенсивности, сколько с непредсказуемостью и скоростью их измерения.

Эта особенность важна и для обычной, и для спортивной кардиологии. Показатели этой пробы характеризуют степень адаптированности организма, они могут быть использованы для оценки динамики реабилитации. Важно отметить, что при применении стохастической нагрузки критерии прекращения пробы наступают гораздо быстрее (в 1,7 раза), чем при проведении обычных ступенчато возрастающих нагрузок. Разница во времени достижения прекращения проб при этих видах нагрузок отражает резервные возможности системы регуляции сердечного ритма. Наблюдения за выполнением стохастических нагрузок показали, что при этом возникают эпизоды «динамического отдыха», когда временное уменьшение нагрузки воспринимается как отдых, хотя работа продолжается. Такой «рваный» ритм нагрузок уже применяется в ряде зарубежных стран в процессе тренировок военнослужащих, в рамках спортивной медицины для оздоровительных занятий. Непрерывная изменчивость и нелинейность свойственна живой природе. Организм всегда сталкивается с ситуациями динамически переменчивыми, он живет в стохастическом мире. Регуляторные системы организма должны быть всегда в состоянии мобилизационной готовности для реакции на стохастические ситуации. Поэтому необходимо дальнейшее изучение закономерностей стохастических процессов.

Пробы с применением ступенек

1. *Проба Мастера* была предложена в 1929 г. Для ее проведения используется двухступенчатая лестница, каждая ступенька которой имеет высоту 22,5 см. Количество подъемов определяет-ся в соответствии с полом, возрастом и массой тела (табл. 6).

Таблица 6

**Степэргометрические нагрузки (число циклов в одну минуту)
для людей различного возраста и пола в зависимости от массы тела**

Женщины, лет					Мужчины, лет				
Масса, кг	20–29	30–39	40–49	50–59	Масса, кг	20–29	30–39	40–49	50–59
	(167)	(160)	(154)	(145)		(161)	(156)	(152)	(145)
36	16	16	14	10	50	20	18	16	13
–	–	–	–	–	54	20	19	16	13
41	17	16	14	10	59	20	19	16	13
45	17	17	14	10	63	21	19	17	13
50	17	17	15	10	68	21	19	17	13
54	17	17	15	10	72	21	19	17	13
59	18	17	15	10	77	21	19	17	14
63	18	17	15	10	81	21	19	17	14
68	18	18	15	10	86	21	19	17	14
72	18	18	15	10	91	21	20	17	14
77	18	18	15	10	95	21	20	17	14
81	18	18	16	10	100	21	20	17	14
86	18	18	16	10	–	–	–	–	–
91	18	18	16	10	–	–	–	–	–

Примечание. В скобках – «должная» ЧСС.

Выносливость человека оценивается по сопоставлению фактической ЧСС (после 5-минутного восхождения на ступеньки в заданном темпе) и «должной» ЧСС, указанной в таблице в скобках. Она бывает:

- *средняя*, если фактическая ЧСС отличается от табличной не более чем на ± 10 ударов в минуту;

- *высокая*, если ЧСС меньше табличного указателя;
- *низкая*, если ЧСС больше табличного показателя.

Недостатком теста Мастера является невозможность получать существенную физическую нагрузку, большие погрешности при угле массы тела.

2. *Гарвардский степ-тест* позволяет получать достаточно большие нагрузки, используется чаще в спортивной практике. О физической работоспособности судят по величине индекса Гарвардского степ-теста (ИГСТ), который рассчитывается исходя из времени восхождения на ступеньку и ЧСС после прекращения нагрузки. Высота ступеньки и время восхождения выбираются в зависимости от пола и возраста обследуемого (табл. 7–9).

Таблица 7

**Нахождение индексов Гарвардского степ-теста (ИГСТ)
у взрослых людей ($t = 5$ мин)**

Частота пульса, f	Индекс Гарвардского степ-теста									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
30	182	176	171	165	160	156	152	147	144	140
40	136	133	130	127	124	121	119	116	114	111
50	109	107	105	103	101	99	97	96	94	92
60	91	89	88	87	85	84	83	81	80	79
70	78	77	76	75	74	73	72	71	70	69
80	68	67	67	66	65	64	63	63	62	61
90	61	60	59	59	58	57	57	56	56	55
100	55	54	53	53	52	52	51	51	50	50
110	50	49	49	48	48	47	47	47	46	46

Примечание. В левом вертикальном столбике находят значение частоты пульса (f) за 30 с восстановления, в верхней горизонтальной строке – последнюю цифру частоты пульса. Место пересечения этих строк и будет искомым индексом ИГСТ, который оценивают по табл. 9.

Таблица 8

Высота ступенек и время восхождения в Гарвардском степ-тесте

Обследуемые	Возраст	Высота ступеньки, см	Время восхождения, мин	Примечание
Мужчины	Взрослые	50	5	–
Женщины	Взрослые	43	5	–
Юноши-подростки	12–18 лет	45	4	Поверхность тела < 1,85 м ²
Девушки-подростки	12–18 лет	40	4	Поверхность тела < 1,85 м ²

Таблица 9

Оценка физической работоспособности по индексу Гарвардского степ-теста

ИГСТ	Оценка физической работоспособности
< 55	Слабая
55–64	Ниже среднего
65–79	Средняя
80–89	Хорошая
≤ 90	Отличная

Темп восхождений постоянный и равен 30 циклам в 1 мин. Один цикл состоит из четырех шагов. После завершения работы испытуемый садится на стул, на 2-й минуте отдыха подсчитывают ЧСС за 30 с.

$$\text{ИГСТ} = t \times 100 / f \times 5,5,$$

где t – время восхождения в секундах; f – частота пульса за 30 с 2-й минуты отдыха.

Физическая подготовленность обследуемого оценивается по значению полученного индекса – ИГСТ.

Пример. Обследуемый взрослый мужчина поднимался на ступеньку высотой 50 см положенные ему 5 мин (300 с). При подсчете пульса на 2-й минуте за 30 с оказалось, что ЧСС = 60 ударов.

$ИГСТ = 300 \times 100 / 60 \times 5,5 = 91$ – физическая подготовленность отличная.

В связи с большой интенсивностью нагрузки при выполнении Гарвардского степ-теста он, как правило, применяется только для обследования здоровых людей, спортсменов (рис. 2).

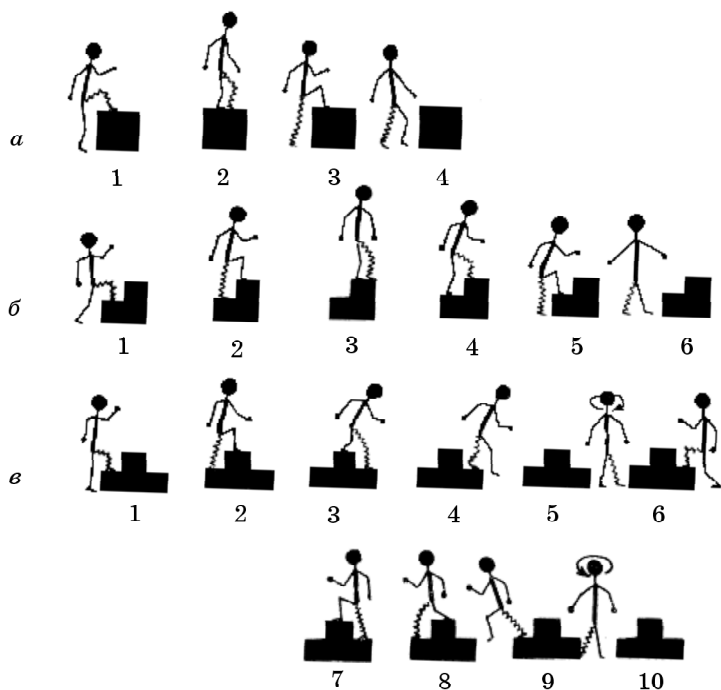


Рис. 2. Разновидности степэргометрии и способы восхождения на ступеньку: *а* – Гарвардский степ-тест; *б* – двухступенчатый тест; *в* – степ-тест по А. Мастеру

3. *Ступенчатая проба* (по Д. М. Аронову и Л. А. Дмитриевской, 1974) позволяет назначить обследуемым возрастающие нагрузки с использованием ступенек (аналогично велоэргометрии).

Основное преимущество этой методики связано с ее доступностью любому медицинскому учреждению, так как не требуется использование дорогой специальной аппаратуры для тестирования. Для проведения пробы с заданной мощностью с помощью ступенек по табл. 10 определяют их высоту и число восхождений за 1 мин.

Таблица 10

Определение нагрузки при применении ступенек разной высоты

Масса тела, кг	Нагрузка, кгм/мин															
	50		100		200		300		400		500		600		700	
	А	Б	А	Б	А	Б	А	Б	А	Б	А	Б	А	Б	А	Б
До 50	0,1	8	0,2	8	0,2	15	0,3	15	0,3	20	0,4	19	0,4	23	0,4	27
51–55	0,1	7	0,2	7	0,2	14	0,3	14	0,3	19	0,4	17	0,4	21	0,4	25
56–60	0,1	6	0,2	6	0,2	13	0,3	13	0,3	17	0,4	16	0,4	20	0,4	24
61–65	0,1	6	0,2	12	0,2	12	0,3	12	0,3	16	0,4	15	0,4	18	0,4	22
66–70	0,1	5	0,2	11	0,2	11	0,3	11	0,3	15	0,4	14	0,4	17	0,4	20
71–75	0,1	5	0,2	10	0,2	10	0,3	10	0,3	14	0,4	13	0,4	16	0,4	19
76–80	0,1	5	0,2	9	0,2	9	0,3	9	0,3	13	0,4	12	0,4	14	0,4	18
81–85	0,1	5	0,2	9	0,2	9	0,3	9	0,3	12	0,4	11	0,4	14	0,4	17
86–90	0,1	4	0,2	9	0,2	9	0,3	9	0,3	11	0,4	10	0,4	12	0,4	16
91–100	0,1	4	0,2	8	0,2	8	0,3	8	0,3	10	0,4	10	0,4	12	0,4	15
101–120	0,1	3	0,2	7	0,2	7	0,3	7	0,3	9	0,4	8	0,4	10	0,4	14

Примечание. А – высота ступеньки (м), Б – число подъемов за 1 мин.

Эта таблица составлена исходя из формулы

$$W = 1,33 \times p \times h \times n,$$

где W – мощность нагрузки; 1,33 – коэффициент для оценки работы при спуске со ступеньки; p – масса тела в килограммах; h – высота ступеньки в метрах; n – число подъемов за 1 мин.

Приспособление для нагрузок состоит из четырех секций, насаживающихся друг на друга. Высота каждой секции 0,1 м. С помощью этих секций легко составить ступеньки необходимой высоты – 0,1, 0,2, 0,3 или 0,4 м.

Особенностью этого вида нагрузки является неоптимальный темп восхождений и спусков со ступеньки у лиц с низким весом (до 60 кг), особенно при нагрузках свыше 500 кгм/мин.

В связи с широким распространением современных нагрузочных систем ступенчатые нагрузочные пробы несколько теряют свою актуальность.

Велоэргометрические нагрузки

Велоэргометр представляет собой стационарный велосипед, имеющий приспособление для тарирования нагрузки в единицах мощности (ваттах или километрах в минуту). Все велоэргометры обеспечивают режим педалирования 60 оборотов в минуту, который контролируется спидометром.

Обычно велоэргометрия проводится в положении сидя, однако при использовании параллельного зондирования легочной артерии или других исследований велоэргометрия проводится в положении лежа. Велоэргометрия бывает ножная (чаще всего) и ручная. При ручной эргометрии обычно не удается спровоцировать существенный дисбаланс в кровоснабжении сердца, который необходим для выявления скрытой ИБС. Этот метод чаще применяется в физиологии и патофизиологии труда. При ножной эргометрии недостатком являются локальное утомление мышц и боли в мышцах нижних конечностей, что ограничивает выполнение работы при тяжелых или длительных нагрузках.

Парные велоэргометрические нагрузки применяются для оценки эффективности:

- антиангинального лечения больных хронической ИБС;
- реабилитации больных, перенесших инфаркт миокарда.

Метод парных велоэргометрий заключается в проведении двух физических нагрузок в один и тот же день до и после разовой дозы исследуемого препарата. Требования к этим нагрузкам несколько отличаются от требований к диагностическим физическим нагрузкам. Парные велоэргометрии должны быть хорошо воспроизводимыми, неустойчивыми для испытуемого. Их обычно проводят больным с нетяжелой стабильной стенокардией.

Противопоказания для проведения парных велоэргометрий такие же, как для выполнения субмаксимальной нагрузочной пробы.

Критерием прекращения нагрузки служит появление типичного для большого приступа стенокардии в сочетании с изменением ЭКГ.

Рекомендуется трехбалльная система обозначения выраженности стенокардии (сердечной боли):

- 1 балл – слабый (+) приступ, не требующий прекращения нагрузки;

- 2 балла – приступ, требующий прекращения нагрузки или замедления ее темпа (++);

- 3 балла – сильный приступ, требующий приема нитроглицерина (+++).

В проведении парных нагрузок выделяют следующие этапы:

- 1) подготовительный, когда проводится диагностическая велоэргометрия и на ее основе подбирается укороченный вариант (на 30 Вт меньше мощность);

- 2) оценки эффективности препарата, когда последовательно проверяется эффект 1-й дозы нитратов, антагонистов Ca^{2+} и β -блокаторов.

Результаты (объем выполненной нагрузки) сравнивают между собой. Важно отметить, что все нагрузки должны начинаться с одной и той же мощности и завершаться при одинаковых критериях прекращения пробы.

Эффективным считается препарат, если после его приема (разовой дозы) продолжительность нагрузки увеличилась не менее чем на 2 мин. При необходимости можно таким же образом проверить эффект комбинации двух-трех препаратов.

Оценка эффективности реабилитации больных людей, перенесших инфаркт миокарда

Противопоказанием для проведения проб является наличие боли в сердце, выраженная одышка, слабость, высокое АД (более 180/120 мм рт. ст.), повышенная температура, низкое АД (менее 90 мм рт. ст. в положении стоя) и частые перебои ЧСС.

В целях безопасности пробы рекомендуется использовать ступени небольшой мощности, постепенно увеличивая ее:

- I ступень – 25 W, длительность 3 мин;

- II ступень – 50 W, длительность 3 мин;

- III ступень – 75 W, длительность 3 мин;

- IV ступень – 100 W, длительность 3 мин.

Целесообразно увеличивать ЧСС не более 120 ударов в минуту.

Критерии прекращения пробы аналогичны критериям при максимальной нагрузочной пробе.

После первой пробы проводится 30-минутный отдых. За это время происходит восстановление ЧСС, АД и ЭКГ. Затем выполняется второе велоэргометрическое тестирование, позволяющее оценить состояние защитных, адаптивных механизмов регуляции кровообращения, подготовленного к нагрузке. Выделяют следующие варианты реакции на нагрузку:

- *положительный*, если на второй пробе отмечается увеличение работы на 30–40 %;
- *нейтральный*, если нет изменений в объеме работы при втором тестировании;
- *отрицательный*, если уменьшается объем работы при втором тестировании.

Парная велоэргометрическая проба позволяет точно проследить эффект реабилитации, например, в санатории. При положительном варианте реакции в начале санаторной реабилитации, как правило, отмечается положительный эффект всего санаторного лечения (90 %).

Тредмиловые нагрузки

Тредмил представляет собой дорожку, приводимую в движение электромотором с различной скоростью (от 1 до 10 миль/час). Человек на дорожке совершает ходьбу или бег, соответствующие скорости движения дорожки, а также может имитировать ходьбу в гору. Подъем конца дорожки на 5 см равняется 5 %. В табл. 11 представлены сведения об основных методиках проведения тредмиловых нагрузок.

Таблица 11

Наиболее распространенные пробы с физической нагрузкой с применением тредмила

Ступень	Скорость		Угол подъема, %	Длительность, мин
	миль/ч	км/ч		
Протокол Р. Брюса				
1	1,7	2,7	0,0	3
2	2,5	4,0	12,0	3

Продолжение табл. 11

Ступень	Скорость		Угол подъема, %	Длительность, мин
	миль/ч	км/ч		
3	3,4	5,5	14,0	3
4	4,2	6,8	16,0	3
Модифицированный протокол Р. Брюса				
1	1,7	2,7	0,0	3
2	1,7	2,7	5,0	3
3	1,7	2,7	10,0	3
4	2,5	4,0	12,0	3
5	3,4	5,5	14,0	3
6	4,2	6,8	16,0	3
7	5,0	8,0	18,0	3
8	5,5	8,9	20,0	3
9	6,0	9,7	22,0	3
Протокол Дж. Наутона				
1	3,0	4,8	0,0	3
2	3,0	4,8	2,5	3
3	3,0	4,8	5,0	3
4	3,0	4,8	7,5	3
5	3,0	4,8	10,0	3
6	3,0	4,8	12,5	3
7	3,0	4,8	15,0	3
8	3,0	4,8	17,5	3
9	3,0	4,8	20,0	3
10	3,0	4,8	22,5	3
Протокол А. Каттуса				
1	2,0	3,2	10,0	3
2	3,0	4,8	10,0	3
3	4,0	6,4	10,0	3

Окончание табл. 11

Ступень	Скорость		Угол подъема, %	Длительность, мин
	миль/ч	км/ч		
4	4,0	6,4	14,0	3
5	4,0	6,4	18,0	3
6	4,0	6,4	22,0	3
Протокол В. Балка				
1	3,0	4,8	2,0	1
2	3,0	4,8	3,0	1
3	3,0	4,8	4,0	1
4	3,0	4,8	5,0	1
5	3,0	4,8	6,0	1
6	3,0	4,8	7,0	1
7	3,0	4,8	8,0	1
8	3,0	4,8	9,0	1
9	3,0	4,8	10,0	
10	3,0	4,8	11,0	1
11	3,0	4,8	12,0	1
12	3,0	4,8	13,0	1
13	3,0	4,8	14,0	1
14	3,0	4,8	15,0	1
15	3,0	4,8	16,0	1

Наиболее распространена проба с применением протокола Р. Брюса, темп ходьбы 5 миль/ч достигается через 12 мин от начала пробы, при более осторожном наращивании нагрузки – через 18 мин.

Шестиминутный шаговый тест

У больных с хронической сердечной недостаточностью (ХСН) выполнение велоэргометрии и тредмилового теста часто бывает невозможно вследствие тяжелого состояния больных. Поэтому для определения физической активности применяется простая

проба с 6-минутной ходьбой. Суть пробы заключается в измерении расстояния, которое проходит больной за это время обычным шагом. Проба прекращается досрочно, если появляется или усиливается одышка, возникают боли в сердце, усталость, головокружение, ощущение перебоев.

Проба проводится в заранее измеренном коридоре с разметкой через 1 м. Тест целесообразно проводить дважды с интервалом 4–5 ч для уточнения дистанции и определения воспроизводимости. Здоровые люди проходят за 6 мин 550–700 м, больные за это время способны преодолеть от 426 до 550 м, что соответствует легкой ХСН (IФК); от 300 до 425 м – умеренной ХСН (IIФК); от 150 до 300 м – средней ХСН (IIIФК); менее 150 м – тяжелой ХСН (IVФК).

Проведение этого теста возможно практически у всех больных, независимо от степени тяжести заболевания, так как этот тест приближается к повседневной физической активности больных. Для него не нужно специального оборудования, он прост, безопасен, воспроизводим. Его легко применять для оценки эффективности лечения, реабилитации.

Преимущество и недостатки различных видов нагрузочных проб

Каждый из представленных выше методов для проведения динамических нагрузок имеет определенные преимущества и недостатки.

Велоэргометры компактны, относительно дешевы. Неудобство заключается в том, что не все испытуемые имеют навыки езды на велосипеде. Впервые оказавшись на велоэргометре, они испытывают большой психоэмоциональный стресс от этой ситуации, чем от выполнения физической нагрузки. При велоэргометрии часто появляются боли и неприятные ощущения в мышцах голени.

Пробы с применением ступенек дают вполне стандартизированный, воспроизводимый результат. Это привычная, физиологичная нагрузка, которая широко используется в учреждениях, не имеющих оснащения велоэргометрами и тредмиллами. В настоящее время при проведении ступенчатых проб, подъемов по лестнице используют различного рода мониторы (холтеровские мониторы для наблюдения за нагрузочной электрокардиограммой или динамикой АД).

Тредмилы в России и Беларуси не производятся. Они весьма громоздки, дорогостоящие (в 2–4 раза дороже велоэргометров). Показатели измеряются в милях в час, что трудно сопоставлять с

принятыми в нашей стране ваттами и километрами в минуту. Преимущество тредмилов в том, что эта нагрузка более физиологична, привычна. В табл. 12 показана сравнительная оценка различных видов нагрузочных проб.

Таблица 12

Сравнительная оценка различных видов нагрузочных проб

Виды нагрузочной пробы	Воспроизводимость результатов	Дозировка в физических единицах	Экономичность	Возможность использования в группах	Использование естественных нагрузок
Тредмил	++++	+++	+	++	++
Велоэргометр	+++	++++	++	++	+
Ступеньки	++	++	+++	+++	++
Быстрый бег	+	+	++++	++++	+++
Статическая нагрузка	++	++	+++	+++	++

Классификация функционального состояния больных ишемической болезнью сердца по результатам пробы с физической нагрузкой

В табл. 13 представлены результаты проб с нагрузкой у больных ИБС. По способности выполнять необходимый объем нагрузки с определенной симптоматикой все больные могут быть распределены на четыре функциональных класса. Наиболее благоприятный *I функциональный класс*, показатели которого близки к данным практически здоровых лиц.

Таблица 13

Характеристика функциональных классов больных ишемической болезнью сердца по результатам пробы с физической нагрузкой (по Д. М. Аронову и соавт., 1980, 1982)

Метод исследования	Показатель	Функциональный класс			
		I	II	III	IV
Спироэргометрия	Число метаболических единиц	7,0 и больше	4,0–6,9	2,0–3,9	Менее 2,0

Метод исследования	Показатель	Функциональный класс			
		I	II	III	IV
Велоэргометрия	«Двойное произведение» ($ЧСС \times \times АД_{\text{сист}} \times \times 10^{-2}$) Мощность последней ступени нагрузки, кгм/мин	Более 278 750 и выше	218–277 450–600	151–217 300	До 150 150 или проба противопоказана
Клинические данные	Степень нагрузки, вызывающая стенокардию напряжения Сердечная недостаточность	Чрезмерные нагрузки Нет	Высокие нагрузки Нет или I степень	Обычные или умеренные нагрузки Нет или I–II степени	Минимальные нагрузки Нет или I–III степени

Эти больные способны увеличить при возрастающей нагрузке потребление кислорода в 7 и более раз. Такое увеличение потребления кислорода возможно только при хорошей сохранности коронарного (состояния сосудов сердца) и сократительного резервов сердца, адекватной регуляции кровообращения. Приступы стенокардии у этих лиц редки. Они без затруднения поднимаются по лестнице до 4–5-го этажа, ходят в быстром темпе. Стенокардия возникает только при чрезмерных, длительных нагрузках. Мощность нагрузки у этих больных самая большая – 750 кгм/мин и более, значения «двойного произведения» наивысшие – 278 у. е.

Больные II функционального класса имеют относительно удовлетворительные возможности коронарного кровообращения. Потребление кислорода у этих лиц при нагрузках может возрастать в 4–6,9 раза по сравнению с состоянием покоя. Стенокардия возникает при подъеме в гору, по лестнице, при ходьбе после еды, на холодном ветру, в морозную погоду, во время эмоционального стресса, в первые часы после пробуждения. Стенокардия возмож-

на при ходьбе по ровному месту на расстояние более 500 м или при подъеме более чем на один этаж. Мощность предельной нагрузки у этих лиц не превышает 450 кгм/мин. «Двойное произведение» у них в пределах 218–277 у. е.

У больных, отнесенных к *III функциональному классу*, заметно ограничена обычная физическая активность. Потребление кислорода у них во время нагрузки может увеличиваться в 2–3,9 раза. Приступ стенокардии может возникать при ходьбе по ровному месту в обычном темпе на расстояние 250–500 м, при подъеме по лестнице на один этаж. Предельная мощность нагрузки у этих лиц 300 кгм/мин. «Двойное произведение» колеблется от 151 до 217 у. е.

Больные *IV функционального класса* наиболее физически ограниченные. Физические нагрузки им противопоказаны. Они способны выполнить лишь небольшую нагрузку с повышением потребления кислорода не более, чем в 2 раза по сравнению с состоянием покоя. В течение суток приступы стенокардии развиваются многократно в условиях небольших нагрузок или покоя. Предельная мощность нагрузок составляет 150 кгм/мин. «Двойное произведение» менее 150 у. е.

Пробы со статической нагрузкой

При статической нагрузке (сжатие, удержание тяжести, сохранение любой позы, поддержание тела в вертикальном положении, попытка столкнуть с места тяжелый предмет) происходит изометрическое напряжение мышц (без укорочения длины мышечного волокна). При этом внешняя работа не выполняется, но требуется затрата энергии и оказывается выраженное влияние на сердечно-сосудистую систему. Изометрическое напряжение ведет к неадекватному повышению АД, особенно диастолического, некоторому увеличению ЧСС и «двойного произведения» (систолическое АД × ЧСС), отражающего потребление кислорода миокардом.

Пробы со статической нагрузкой бывают:

- *ручными* (кистевыми для мышц предплечья);
- *ножными* (нагрузки выполняются ногами);
- *смешанными* (ручными и ножными);
- *комбинированными* (статическая нагрузка выполняется с динамической).

Основными показателями физической работоспособности при статических нагрузках являются сила и выносливость. Сила характеризует конечный итог работы в килограммах, выносливость – время, в течение которого выполняется статическое усилие. Максимальная сила – это наибольший жим на динамометре в килограммах.

Выделяют различные уровни от максимального жима: 1/2; 1/3; 1/4. Между силой и выносливостью при статических нагрузках существует обратная зависимость. Показатель мышечной выносливости определяется произведением силы жима на время жима.

Аппаратура для выполнения статической нагрузки

Проба с ручной статической нагрузкой проводится с помощью ручного кистевого динамометра. Первоначально испытуемому предлагают быстро, с максимальной силой сжать динамометр для определения индивидуальной силы сжатия. Затем под контролем ЭКГ и АД определяют выносливость (в секундах) к изометрической нагрузке в определенном объеме от максимального усилия (1/2; 1/3; 1/4). Проба проводится до появления критериев ее прекращения или до утомления руки. Если проводятся две ступени нагрузки, то между ними устанавливается перерыв (обычно 5 мин) для восстановления параметров ЧСС, АД, ЭКГ до исходного уровня. В этом случае она проводится последовательно сначала одной, затем другой рукой.

В настоящее время получил распространение прибор для изометрической нагрузки – ПИН, который имеет существенное преимущество перед традиционными ручными динамометрами. Прибор ПИН позволяет автоматически получать интегральный показатель (выносливости) – площадь регулирования (S) (рис. 3).

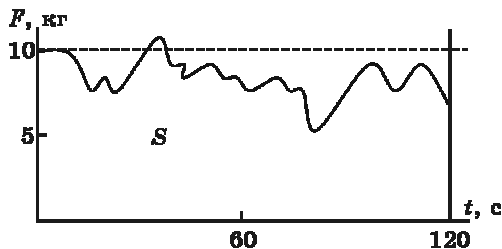


Рис. 3. Динамика силы жима рукой у испытуемого человека во времени

На рис. 3 показано, как испытуемый человек обычно удерживает определенный объем нагрузки (в данном случае $1/3$ от 30 кг). Как только рука испытуемого начинает уставать, изменяется сила жима. В этот момент звучит сигнал, который говорит о необходимости изменить силу жима до заданной величины. Площадь регулирования (S) точно автоматически рассчитывается, отражая показатель выносливости.

Проба с ножной статической нагрузкой выполняется с помощью станкового динамометра (силомера) или оригинальных устройств, которые позволяют давать нагрузку разгибательным мышцам ног до 100 кг.

Методика проведения этой пробы: первая ступень 40 кг, длительность 2 мин; затем ступень увеличивается на 20 кг, длительность 2 мин и т. д. Интервалы между ступенями составляют 5 мин. Нагрузка завершается при появлении критериев прекращения пробы или сильного утомления.

Комбинированная статико-динамическая нагрузка ускоряет время проведения пробы за счет более быстрого появления критериев прекращения пробы или утомления.

ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ПРОБЫ С ПСИХОЭМОЦИОНАЛЬНЫМ НАПРЯЖЕНИЕМ

ФИЗИОЛОГИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ К ПРИМЕНЕНИЮ ПРОБ С ПСИХОЭМОЦИОНАЛЬНЫМ НАПРЯЖЕНИЕМ

Обоснованием к применению проб с психоэмоциональным напряжением служит усиление под их влиянием деятельности сердечно-сосудистой системы человека. Моделируя психоэмоциональную нагрузку, можно вызвать у больных ИБС приступы стенокардии или гипотензивную реакцию. Причиной этого является возрастание ЧСС и АД вследствие усиления секреции катехоламинов, что ведет к увеличению потребления кислорода миокардом.

Психоэмоциональная проба бывает положительной, если под ее влиянием уменьшается ударный объем крови (у здоровых лиц и у больных ИБС с незначительными проявлениями ударный объем при этом повышается), возрастает общее периодическое сопротивление на фоне недостаточного прироста потребления кислорода.

Оборудование для проведения проб с психоэмоциональными нагрузками

1. Серийный телевизор любой марки с электронной приставкой для телеигр («Палестра», «Видео-Спорт») или персональный компьютер с телеиграми; наборы специальных бланковых заданий и др.

2. Аппарат для измерения артериального давления и частоты сердечных сокращений.

3. Желательна аппаратура для оценки степени нарушения мозговой и центральной гемодинамики (реограф, реоплетизмограф).

4. Кушетка и набор медикаментов, необходимых для купирования возможных осложнений.

Условия проведения проб с психоэмоциональными нагрузками

1. Пробы должны проводиться в изолированной комнате при зашторенных окнах.

2. Должны быть исключены шум, хождение сотрудников и другие помехи, отвлекающие обследуемого человека.

3. Проба выполняется в положении сидя, с обязательным контролем ЭКГ, АД и др.

4. Необходимо за сутки до проведения пробы отменить медикаменты (кроме нитратов).

Показания к проведению проб:

- при профилактических осмотрах населения (отдельных контингентов) в целях выявления лиц, склонных к повышению АД или с уже повышенным АД, лиц, склонных к болевым сердечным синдромам, к нарушениям сердечного ритма, склонности артерий сердца к спазмам;

- при контроле за эффективностью лечения;

- для оценки функций человека-оператора (особенно имеющих начальные признаки артериальной гипертензии или ИБС);

- для выявления наиболее уязвимого звена при адаптации к психоэмоциональным нагрузкам для последующей его коррекции;

- для моделирования гипертонических кризов в целях подбора необходимой тактики их купирования.

Противопоказания к применению психоэмоциональных нагрузок:

- острое нарушение мозгового кровообращения (сильная головная боль, головокружение, онемение конечностей);
- гипертонический криз;
- сильные боли в сердце (возможный инфаркт);
- острое воспалительное заболевание (грипп и т. п.);
- неконтролируемое нарушение зрения, косоглазие;
- частые перебои в сердце.

Критерии прекращения пробы:

- приступы болей в сердце;
- появление сильной головной боли;
- появление одышки, общей слабости, головокружения, тошноты;
- нарушение зрения;
- повышение АД до 230/120 мм рт. ст.;
- снижение АД систолического на 25 % от исходного уровня;
- ЭКГ-критерии прекращения пробы;
- отказ испытуемого от продолжения пробы из-за боязни, дискомфорта.

Обеспечение безопасности нагрузочных проб с психоэмоциональным напряжением

Наиболее чувствительны к психоэмоциональному напряжению лица, склонные к неврозам, с фиксацией внимания на своем здоровье, с внутренним напряжением, эмоциональной лабильностью, повышенной раздражительностью. При кажущейся простоте психоэмоциональные тесты могут провоцировать серьезные осложнения, вплоть до отека легких.

Чаще дисфункция сердца возникает при проведении психоэмоциональной пробы у больных с особым психологическим профилем, где доминируют агрессивность, раздражительность, низкий контроль раздражимости.

Из большинства стрессорных факторов, применяемых для тестирования, наиболее сильным является арифметический счет в уме. Именно он и вызывает наибольшее отклонение ЭКГ и гемодинамики у испытуемых.

Критерии положительной психоэмоциональной пробы

1. *Клинические* – появление приступа болей в сердце (стенокардии), появление сильной головной боли, ощущения головокружения, возникновение перебоев в сердце.

2. *Электрокардиографические* – аналогичны критериям при физических нагрузках.

3. *Гемодинамические* – аналогичны критериям при физических нагрузках.

В качестве критериев оценки психоэмоциональных тестов чаще всего оценивают динамику артериального давления, частоты сердечных сокращений, электрокардиограммы. Можно применять также оценку изменений гемодинамических показателей (показатели импедансной реоплетизмографии и эхокардиографии, радионуклидной вентрикулографии, коронарной ангиографии и др.).

Перспективным направлением является учет «физиологической платы» за переработку информации во время психоэмоциональной пробы. Это прирост АД, учет количества переработанной информации, длительность выполнения задания.

Методики проведения проб с психоэмоциональным напряжением

Существует множество вариантов проб, вызывающих психоэмоциональное напряжение.

Исследования влияния психоэмоциональных нагрузок на человека чрезвычайно разноплановы, существенно различаются по своему характеру, по сложности проведения, по сложности методов контроля.

В 1970 г. многие исследователи оценивали эмоции, возникающие в условиях психоэмоционального стресса. При этом выраженность эмоций оценивали по изменениям ЧСС. Так, С. Валинис (1970) в качестве положительного раздражителя демонстрировал мужчинам на экране привлекательных женщин, в качестве отрицательного раздражителя – требовалось прикоснуться к удаву. Р. Лазарус с соавторами (1970) демонстрировал психоэмоциональный стресс, показывая кинофильмы угрожающего содержания (несчастный случай на лесопилке), при этом оценивали прирост ЧСС. С. Трециас (1981) изучал динамику пульса у 14 тренеров: до начала футбольного матча, во время взятия ворот, при иг-

ре в штрафном поле, травме игрока и т. д. Результат игры не влиял на ЧСС. Наибольшая ЧСС – 120 уд/мин – отмечалась при взятии ворот и получении травмы игроком.

Н. Я. Волкинд (1985) изучал динамику пульса во время защиты кандидатской диссертации. У отдельных соискателей ЧСС достигала 130–140 уд/мин (в момент начала Ученого совета, после доклада, при ответах на вопросы оппонентов).

А. П. Козловский, А. Ф. Коваленко (1986) оценивали динамику ЧСС у здоровых летчиков в условиях предстоящего катапультирования (сильная психоэмоциональная нагрузка и высокий фактор мотивации). ЧСС достигала 140–170 уд/мин.

Множество исследований было посвящено оценке ЧСС у студентов во время экзаменов. При хорошей подготовленности ЧСС плавно снижалась к концу ответа, при плохой – возрастала к концу ответа.

Рост удельного веса операторского труда в современном производстве, интересы профессиональной ориентации, гигиена и физиология труда, стремление выяснить «надежность» человека, его профессиональную пригодность способствовали появлению многочисленных исследований диспетчеров, летчиков, водителей. Важно отметить, что оценку влияния психоэмоциональных стрессов на человека осуществляли различными методами: оценкой динамики артериального давления, динамики мозгового кровообращения, изменением уровня катехоламинов, адреналина и норадреналина, динамикой дыхания, электрического состояния кожи, изменением температуры тела, потоотделения и др.

Стрессовая ситуация активизирует защитно-сигнальную реакцию – реакцию «бороться» или «бежать». Эта реакция дает мощный импульс скоординированной активизации вегетативной нервной системы, что проявляется повышением артериального давления, изменением уровня катехоламинов в крови, учащением пульса и дыхания и способствует повышению интенсивности кровообращения в скелетной мускулатуре.

Оценка этих вегетативных проявлений дает ключ к изучению психоэмоционального напряжения объективными методами, так как словесные отчеты могут носить налет субъективизма.

Определена специфичность выделения катехоламинов в зависимости от характера проявляемых эмоций и психологической характеристики испытуемых.

«“Пугливый кролик” или “Отважный лев”»? – ставит вопрос шведская исследовательница М. Франкенхаузер (1975). Лица, ко-

торые на эмоциональный стрессор отвечают мощной адреналиновой реакцией, ведут себя как «кролики», впадая в состояние тревоги и страха, а лица, у которых на стресс выделяется преимущественно норадреналин, подобны «львам», поскольку обладают способностью к быстрой мобилизации и организации защиты.

Условно можно назвать норадреналин гормоном мобилизации, а адреналин – гормоном тревоги. Тревожному состоянию испытуемого, т. е. при эмоциях с задержкой внешнего отреагирования, во время психоэмоциональной пробы соответствует преобладание выделения адреналина над норадреналином. Уровень норадреналина повышается в основном в ситуациях, связанных с напряженной умственной деятельностью, с концентрацией внимания при отсутствии тревоги и беспокойства.

Чаще всего пробы с психоэмоциональными нагрузками применяют:

- *в кардиологии* (у больных с ИБС, с гипертонической болезнью, нейроциркуляторной дистонией, перенесших операции на сердце);

- *в неврологии* (у больных с черепно-мозговыми травмами, последствиями мозговых инсультов);

- *для определения профпригодности* лиц, чья работа связана с быстрой переработкой информации и высокой ответственностью за жизни людей (диспетчеры, операторы, водители и др.).

Эти пробы целесообразно применять в целях диагностики, для оценки эффективности лечения и реабилитации, подбора адекватного лечения, прогнозирования состояния.

Независимо от модели психоэмоционального напряжения, существуют три фактора, которые необходимо учитывать при моделировании психоэмоционального напряжения:

- фактор мотивации;

- дефицит времени;

- «наказание» в случае ошибок при выполнении задания.

По сути, любая электронная игра, требующая выполнения какого-либо задания, может быть использована для целей тестирования. При этом необходимо ограничить выполнение определенного объема заданий временем.

Рекомендуется использовать набор методик, состоящий, по крайней мере, из двух (но не более четырех) видов. Их недостатком является то, что они в основном не стандартизированы. Современный подход к проведению таких проб, вероятно, должен состоять в создании системы психоэмоциональных нагрузок, учи-

тывающих степень умственного развития и уровень образования обследуемых, а также, возможно, и психологический тип личности (таков подход зарубежных специалистов).

Российские ученые предлагают следующий комплекс моделей психоэмоционального напряжения: моделирование действий человека-оператора и последовательное выполнение методик, требующих умственного напряжения (сообразительности, анализа, синтеза, различных действий).

Вариантом такого комплекса может быть работа:

● в условиях компьютерных заданий (или на аппарате типа «Абитуриент-1»);

- при выполнении арифметического счета в уме;
- при составлении слов;
- при составлении предложений.

Перед началом проведения такой пробы дается устная *инструкция*, в которой испытуемым объясняют, что у них в результате выполнения данных тестов будет моделироваться умеренное психоэмоциональное напряжение. Во время пробы будет регистрироваться электрокардиограмма, измеряться артериальное давление и частота сердечных сокращений, а также проводиться другие измерения. Таким образом, будет получена важная информация о реакции сердечно-сосудистой системы в момент умеренного психоэмоционального напряжения. Эти данные помогут оценить состояние кровообращения и подобрать адекватное лечение.

Работа на аппарате «Абитуриент-1». Этот аппарат, сконструированный в лаборатории психологии НИИ гражданской авиации, позволяет получить количественную оценку быстроты и точности реакции испытуемого на световые и звуковые раздражители, имитирующие работу летчика, оператора. Обследование выполняется в условиях автоматического вынужденного темпа, звуковых и световых помех, дефицита времени и перестройки сенсорного навыка.

В медицинских целях оценивают не только быстроту и точность реакции на световые и звуковые раздражители, но и степень психоэмоционального возбуждения, наступающего при работе с аппаратом. Было важно «втянуть» испытуемого в «игру», разбудить его самолюбие, старание, создать фактор мотивации. По результатам временных затрат на выполнение каждой части теста, деленных на количество верных ответов, осуществляется обобщенная оценка.

Арифметический счет в уме. В течение 3 мин требуется сосчитать от 17 до 1003, прибавляя по 17. В наушниках при этом будут помехи – щелчок метронома каждые 2 с; в случае ошибки зажигается лампа и звенит звонок до того, пока не будет названа правильная цифра.

Составление предложений. Необходимо написать на бумаге перечень любых букв. В течение 2 мин испытуемый должен составить как можно больше предложений. Каждое предложение должно состоять из пяти слов. Первое слово должно начинаться с первой буквы, написанной испытуемым, второе – со второй и т. д. Предложения должны быть красивыми и соответствовать интеллектуальному развитию испытуемого.

Составление слов. Необходимо в течение 2 мин составить не менее семи слов, каждое из которых должно состоять из семи букв. Эти слова должны быть существительными, различными по тематике, показывать богатство внутреннего мира испытуемого. Слова можно произнести только по истечении 2 мин.

В процессе выполнения проб испытуемым (всем) в определенные моменты времени делались одни и те же порицания. Например, при арифметическом счете в уме говорилось испытуемому, что он очень медленно считает, делает много ошибок и т. д. При составлении слов и предложений испытуемому говорилось, что он совсем не думает или не хочет думать и т. д. В конце обследования испытуемых успокаивали, им объясняли, что такими порицаниями усиливалось психоэмоциональное напряжение.

В комплексе моделей психоэмоционального напряжения часто применяют другие простые методики.

Таблицы Шульте – зрительный поиск 25 цифр в 10 таблицах в условиях дефицита времени.

Красно-черные таблицы – происходит поиск цифр красного цвета, с увеличением на 1 единицу, а цифр черного цвета от 25, уменьшая на 1 единицу в условиях дефицита времени.

В настоящее время фундаментальное издание «Cardiology» рекомендует для изучения психоэмоционального стресса и оценки физиологической реактивности применять стандартизированные, низкотребовательные, психологические задания с ограничением времени, видеоигры (соревнования).

Таковыми качествами обладает разработанная в РНПЦ «Кардиология» (Республика Беларусь) «Информационная проба», которая проводится с помощью игровой методики (компьютерной и телевизионной), дает четкую количественную оценку величины

психоэмоционального раздражения, обеспечивает достаточную мотивацию для лиц от 6 до 80 лет, просто реализуется. Эта проба более 20 лет применяется в кардиологических центрах Республики Беларусь, в ряде центров России и зарубежья для распознавания нейроциркуляторной дистонии, определения степени артериальной гипертензии, выявления стенокардии и механизма ее происхождения.

Информационная проба

На экране компьютера или телевизора (игровое поле) по непредсказуемой траектории перемещается световая точка (мяч). Испытуемый с помощью пульта должен отбивать летящий мяч. В противном случае на экране фиксируется ошибка. Ошибки подсчитываются автоматически за 5 мин теста. Игру можно усложнять путем уменьшения размера мяча или увеличением скорости его полета.

К р и т е р и и о ц е н к и :

● вычисляется коэффициент информационной переработки (КИП) в процентах:

$$\text{КИП} = (1 - t/T \times n)/(1 + t/T \times n),$$

где t – время проведения теста; T – время пролета световой точки; n – число ошибок за время теста.

- оценивается величина максимального прироста во время пробы АД (систолического и диастолического) от исходного уровня;
- определяют динамику АД в конце 1, 3, 5 мин пробы от исходного уровня;
- выявляют отклонение АД от исходного уровня через 1, 3, 5 мин отдыха после пробы;
- в процессе выполнения этой пробы на испытуемого надевают ЭКГ-электроды, оценивают центральную или церебральную гемодинамику, состояние вегетативного тонуса и другие показатели.

П о к а з а н и я к п р о в е д е н и ю п р о б ы :

- при проведении профилактических осмотров населения в целях выявления лиц, склонных к повышению АД или имеющих начальную степень артериальной гипертензии;
- при проведении контроля за эффективностью гипотензивной терапии;
- для оценки функций человека-оператора при наличии артериальной гипертензии;

- для выявления наиболее уязвимого звена нарушений мозговой гемодинамики в целях его коррекции;
- для моделирования гипертонических кризов (для заблаговременного подбора адекватного лечения кризов).

Профосмотры населения. У здоровых лиц прирост АД систолического и диастолического не превышает 10–15 мм рт. ст. и наблюдается обычно на 1-й мин пробы. На 3-й и 5-й мин пробы прирост АД меньше, а после 1-й мин отдыха АД возвращается к исходному уровню.

У лиц с *нейроциркуляторной дистонией* отмечается более выраженный прирост АД систолического (на 20–25 мм рт. ст.). Через 1 мин после пробы АД возвращается к исходному уровню или несколько ниже.

У больных с *артериальной гипертензией* выраженный прирост АД (25–40 мм рт. ст. систолического АД; 20–25 мм рт. ст. диастолического АД) сохраняется на протяжении всей нагрузки, а также после ее прекращения.

Контроль за эффективностью лечения гипертензии. При лечении больных артериальной гипертензией нельзя ориентироваться только на снижение АД до нормального уровня, на темпы и степень снижения АД. Снижение АД (особенно быстрое) до нормального уровня может сопровождаться ухудшением мозгового и коронарного кровотока, когда ухудшается самочувствие и теряется трудоспособность.

Правильный подход в лечении больных артериальной гипертензией должен включать стабилизацию давления, улучшение самочувствия и повышение возможности выполнения больными трудовых процессов.

Информационная проба позволяет в процессе лечения оценить эффективность переработки информации по величине коэффициента информационной переработки (КИП). Поскольку все виды профессиональной деятельности включают переработку информации, то данный коэффициент косвенно может характеризовать функцию человека-оператора, т. е. его работоспособность. Повторное определение КИП после назначения препарата проводится обычно через 3–4 дня лечения.

Увеличение КИП, улучшение самочувствия, нормализация АД свидетельствуют об адекватном подборе препарата. Таким образом, по динамике КИП можно получать индивидуализированное, оптимальное лечение.

С учетом данных шкалы субъективной оценки состояния больных с артериальной гипертензией (табл. 14), физиологических параметров можно оценить их работоспособность:

$$Q = (AD_{\text{диаст}} \times \Delta AD_{\text{диаст}}) / (C \times \text{КИП}) + 2,$$

где Q – показатель работоспособности; $AD_{\text{диаст}}$ – диастолическое артериальное давление; $\Delta AD_{\text{диаст}}$ – прирост диастолического артериального давления от исходного уровня; C – показатель самочувствия; 2 – допустимая точность измерения артериального давления.

При значении $Q \geq 12$ у. е. больные обычно с крайне низкой работоспособностью, ограничивающей их трудоспособность.

Таблица 14

Шкала субъективной оценки состояния больных

Головная боль	Головокружение	Самооценка работоспособности	Оценка
–	–	Хорошая	5
Не резко выраженная	–	Удовлетворительная	4
Выраженная	Нет или не резко выраженное	Снижена	3
Резко выраженная	Выраженное	Резко снижена	2
Резко выраженная	Выраженное, тошнота, рвота	Невозможность выполнения	1

Методика проведения информационной пробы и критерии ее оценки у больных с ишемической болезнью сердца

Изучение этиологии и патогенеза ишемической болезни сердца является одной из главных задач современной кардиологии. Среди факторов риска, способствующих развитию ИБС, важное место занимают психоэмоциональные перегрузки современного человека. Поэтому исследование влияния психоэмоциональных

нагрузок на сердечно-сосудистую систему человека путем моделирования стрессовых ситуаций чрезвычайно актуально.

В качестве психогенного стимула используются:

- яркий, прерывистый свет;
- сильный звук;
- чередование световых и звуковых сигналов определенной частоты;
- угроза наказания электрическим током.

В ряде случаев испытуемому предлагается стандартизированная интеллектуальная деятельность: математические задачи, составление слов и предложений, счет в уме. Также используют значимые для данного человека психологические ситуации, разговоры на важные для данного испытуемого темы, демонстрацию фильмов с различным эмоциональным содержанием.

Применение информационной пробы в виде игры предполагает в качестве стрессового фактора необходимость сосредоточения и концентрации внимания на игровом процессе в целях успешной реализации поставленной задачи в условиях дефицита времени.

У больных ИБС это позволяет провести дифференциальную диагностику, выявить нарушения ритма и проводимости, склонность артерий сердца к вазоспазму, определить состояние пропульсивной функции миокарда.

Преимуществом данной информационной пробы является возможность сопоставления результатов исследования кровотока в сосудах сердца, эффективности сердечных сокращений и выраженности психоэмоционального напряжения. Можно оценивать эти данные на различных этапах заболевания, с учетом различных методов исследования.

Перед исследованием на теле испытуемого фиксируют ЭКГ-электроды, а также круговые электроды для оценки показателей центральной гемодинамики. На руке закрепляют аппарат для измерения АД. Эти данные регистрируют до пробы, на 1, 3, 5-й мин пробы и на 1, 3, 5-й мин отдыха.

Пробу прекращают досрочно при повышении АД систолического до 220 мм рт. ст., АД диастолического до 130 мм рт. ст. или при возникновении болевого приступа, или при частых перебоях (1 : 8).

Ишемическую болезнь сердца диагностируют:

- если в нескольких отведениях ЭКГ есть снижение сегмента $ST \geq 1$ мм;

- есть снижение зубца R не менее, чем на 5 % от исходного уровня;

- появилась желудочковая экстрасистолия или нарушение проводимости по ножкам пучка Гиса;

- во время пробы отмечалось ухудшение показателей гемодинамики: снижение минутного объема кровообращения и повышение общего периферического сопротивления, что свидетельствует об истощении компенсаторных возможностей системы кровообращения при действии психогенного стимула.

Если во время пробы на фоне снижения МОК и повышения ОПС появляется повышение сегмента ST на 1,5 мм от исходного уровня, то это свидетельствует о признаках ишемии на почве вазоспазма. В этом случае целесообразно применять коринфар, фторидон, фенилгидин. Когда на фоне роста потребности миокарда в кислороде появляется снижение сегмента ST на 1 мм и более, то это свидетельствует об ишемии (недостаточном снабжении сердца кровью) в условиях стенозированных (суженных) коронарных артерий. Для нормализации состояния испытуемого целесообразно применять нитроглицерин как вазодилататор.

Струп-тест

Этот тест фигурирует в литературе как «золотой стандарт» при изучении внимания и интеллектуальной сферы. Число публикаций о его использовании огромно: по данным Интернета за 1980–2003 гг. оно составило более 42 000.

Дж. Р. Струп предложил этот тест в 1935 г. Он предназначен для оценки возможностей концентрации внимания, а также способности к выделению основного фактора и игнорированию побочных.

Методика выполнения теста

Первый вариант. Используют два бланка: на первом – названия цветов написаны черным по белому, на втором – разными цветами, причем название цвета не всегда совпадает с цветом, а чаще не совпадает. Бланки предъявляются испытуемому по 40 с каждый. За это время нужно просчитать количество совпадающих с цветом слов максимально быстро. Фиксируется количество ошибок при чтении второго бланка. Таким образом, учитывается количество прочитанных слов и количество ошибок за фиксиро-

ванное время. В норме при чтении второго бланка отмечается уменьшение слов на 5–10 % или появление 1–3 ошибок.

Обычно повышение информационной нагрузки сопровождается снижением скорости деятельности или ухудшением качества при сохранении скорости выполнения. Если снижается скорость выполнения и увеличивается число ошибок, то это говорит о невысокой способности к концентрации внимания в условиях информационной нагрузки. Фактически от испытуемого требуется игнорировать часть информации и мобилизовать внимание в режиме «самомониторинга».

Второй вариант. На первом бланке цвета соответствуют надписям, на втором – часть наименований цветов перепутана [используются термины: конгруэнтны (совпадают) или неконгруэнтны (не совпадают)]. Фиксируется время прочтения первого и второго бланков. Временная разница оценивается как Струп-эффект. Этот эффект Дж. Р. Струп назвал *интерференцией*. Он заключается в различной продуктивности переработки информации в нейтральных и стрессовых условиях.

В настоящее время широко используются компьютерные версии этого теста. Результаты тестирования не зависят от возраста, образования, пола, расы. Это психологический тест духовной жизнеспособности и гибкости. Он основан на способности «читать» слова более быстро и автоматически, чем различать наименования цветов. Несомненна связь этого эффекта с кратковременной памятью, возможна взаимосвязь кратковременной памяти и внимания.

В литературе указывается на применение Струп-теста для диагностики ИБС, вазоспастической стенокардии, сосудистых нарушений при менопаузе, выявления гиперреакторов – будущих гипертоников. Этот метод также перспективен для оценки эффективности фармакологических препаратов, сопоставления с психологическими особенностями испытуемых, с уровнем их тревожности.

Самостоятельная работа «Функциональные пробы с физическими нагрузками»

Цель работы: получить представление об основных параметрах сердечно-сосудистой системы; научиться измерять и оценивать частоту сердечных сокращений, систолическое и диастолическое артериальное давление в покое и после физической нагрузки.

З а д а н и е 1. Измерение частоты сердечных сокращений в состоянии покоя

После 10-минутного отдыха подсчитайте пульс в течение 1 мин. Можно подсчитывать пульс за 15 с и умножить полученный результат на 4.

Мой результат: _____ уд/мин.

Норма ЧСС (для лиц от 17 лет и старше) – 60–80 уд/мин.

При преобладании симпатической регуляции имеет место тенденция к более высокой ЧСС (тахикардия), при преобладании парасимпатической регуляции – тенденция к редкой ЧСС (брадикардия).

З а д а н и е 2. Измерение артериального давления в состоянии покоя

Определяется АД в положении сидя при умеренном сгибании руки в локтевом суставе. АД измеряется на обеих руках по 2–3 раза.

Мой результат	АД слева	АД справа
АД при первом измерении, мм рт. ст.		
АД при 2–3 измерениях, мм рт. ст.		
Разница результатов первого и повторных измерений, мм рт. ст.		

З а д а н и е 3. Оценка уровня физической подготовленности (по Н. М. Амосову)

Поднимитесь в среднем темпе на 4-й этаж. Измерьте свой пульс после нагрузки. Сопоставьте свой данный показатель с показателями физической подготовленности в табл. 1.

Мой результат: ЧСС после нагрузки _____ мм рт. ст.

Таблица 1

Оценка уровня физической подготовленности по Н. М. Амосову

Подготовленность	Пульс, уд/мин
Отличная	< 100
Хорошая	100–120
Посредственная	121–140
Плохая	141 и более

Моя физическая подготовленность _____.

З а д а н и е 4. Ступенчатый тест Кэрша

После 10-минутного отдыха в течение 3 мин поднимайтесь на две ступеньки (высота 45 см). Измерьте свой пульс и сопоставьте его уровень с данными в табл. 2.

Мой результат: _____ уд/мин.

Таблица 2

Оценка физической подготовленности

Подготовленность	Пульс, уд/мин	
	возраст 18–26 лет	возраст 27–60 лет
Превосходная	73	74
Отличная	74–82	75–83
Хорошая	83–90	84–92

Окончание табл. 2

Подготовленность	Пульс, уд/мин	
	возраст 18–26 лет	возраст 27–60 лет
Удовлетворительная	91–100	93–103
Посредственная	101–107	104–112
Плохая	108–114	113–121
Очень плохая	115	122

Моя физическая подготовленность _____.

ПРИЛОЖЕНИЕ 2

Самостоятельная работа «Функциональные пробы с психоэмоциональными нагрузками»

Цель работы: получить представление об основных параметрах сердечно-сосудистой системы; научиться измерять и оценивать ЧСС, систолическое и диастолическое АД после психоэмоциональной нагрузки.

Задание 1. Арифметический счет в уме

В положении сидя измеряют ЧСС и АД.

Затем в течение 3 мин нужно сосчитать от 17 до 1003, прибавляя по 17. Инструктор проверяет правильность счета по таблице. При каждой ошибке он сообщает об этом испытуемому, который должен назвать исправленную цифру.

После завершения теста повторно измеряют ЧСС и АД.

Мой результат: ЧСС_{исх} _____ уд/мин, АД_{исх} _____ мм рт. ст.
ЧСС_{нагр} _____ уд/мин, АД_{нагр} _____ мм рт. ст.

1. С заданием справился полностью (1 балл).
2. С заданием справился с превышением времени (0,5 балла).
3. С заданием не справился (0 баллов).

Физиологическую «плату» за выполнение этой пробы определим при помощи «двойного произведения» (ДП), которое равно произведению ЧСС АД_{сист} и отражает косвенно потребление кислорода миокардом.

В исходном состоянии: $ДП_{исх} = \underline{\hspace{2cm}}$ отн. ед.

На высоте выполнения умственной нагрузки: $ДП_{нагр} = \underline{\hspace{2cm}}$ отн. ед.

Физиологическая «плата» за выполнение нагрузки:

$ДП_{нагр} - ДП_{исх} / (\text{баллы выполнения нагрузки}) \cdot 100 = \underline{\hspace{2cm}}$ отн. ед.

З а д а н и е 2. Составление предложений

В состоянии сидя измеряем ЧСС.

Далее напишите на бумаге пять любых букв. В течение 2 мин вы должны составить как можно больше предложений. Каждое предложение должно состоять из пяти слов. Первое слово должно начинаться с 1-й буквы, написанной вами, второе слово – со 2-й буквы и т. д. Предложения должны быть красивыми и соответствовать вашему интеллектуальному развитию. В течение 2 мин нельзя ни на что отвлекаться.

После завершения задания сразу же измеряем ЧСС повторно.

Мой результат: $ЧСС_{нагр} - ЧСС_{исх} / (\text{баллы за работу}) \times 10 = \underline{\hspace{2cm}}$ отн. ед.

Результаты оцениваются следующим образом:

1. С заданием справился полностью (1 балл).
2. С заданием справился с превышением времени (0,5 балла).
3. С заданием не справился (0 баллов).

Физиологическую «плату» за выполнение этой пробы оцениваем по величине прироста ЧСС за 2 мин.

З а д а н и е 3. Определение стрессоустойчивости сердечно-сосудистой системы

Сидя, в спокойном состоянии измерить пульс за 10 с (ЧСС-1).

Максимально быстро и правильно вслух отнимать по целому нечетному числу из целого нечетного числа (например, 3 и 777) в течение 30 с.

Повторно сосчитать пульс за 10 с (ЧСС-2).

Рассчитать и оценить показатель реакции (ПР) сердечно-сосудистой системы на психоэмоциональный стресс:

$$\text{ПР} = \text{ЧСС-2} / \text{ЧСС-1}$$

$\text{ПР} > 1,3$ свидетельствует о низкой стрессоустойчивости сердечно-сосудистой системы к психоэмоциональным воздействиям.

Мои результаты:

ЧСС-1 = _____.

ЧСС-2 = _____.

ПР = _____.

*Мой уровень стрессоустойчивости сердечно-сосудистой системы к психоэмоциональным воздействиям:*_____.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Амосов, Н. М.* Физическая активность и сердце / Н. М. Амосов, Я. А. Бендет. Киев, 1989. 212 с.
2. *Аронов, Д. М.* Функциональные пробы в кардиологии / Д. М. Аронов, В. П. Лупанов, Т. Г. Михеева // Кардиология. 1995. № 8. С. 79–86.
3. *Аронов, Д. М.* Функциональные пробы в кардиологии: лекция III–IV: Пробы с физической нагрузкой: максимальная и субмаксимальная. Обеспечение безопасности проб / Д. М. Аронов, В. П. Лупанов, Т. Г. Михеева // Кардиология. 1995. № 12. С. 83–93.
4. *Аронов, Д. М.* Функциональные пробы в кардиологии / Д. М. Аронов, В. П. Лупанов. М., 2002. 296 с.
5. *Аулик, И. В.* Определение физической работоспособности в клинике и спорте / И. В. Аулик. 2-е изд. М., 1990. 192 с.
6. *Беленков, Ю. Н.* Методы исследования: руководство по внутренним болезням. Болезни органов кровообращения / Ю. Н. Беленков, О. Ю. Атьков; под ред. Е. И. Чазова. М., 1997. С. 90–224.
7. *Бова, А. А.* Оценка функционального состояния сердечно-сосудистой системы: учеб. пособие / А. А. Бова, С. С. Горохов. Минск, 1997. 128 с.
8. Велоэргометрическая проба, особенности проведения в различных учреждениях: метод. рекомендации Мин-ва здравоохранения СССР / И. И. Быков [и др.]; под ред. В. С. Гасилина. М., 1989. 19 с.
9. *Гельфгат, Е. Б.* Изменения гемодинамики при изометрической нагрузке у здоровых людей / Е. Б. Гельфгат [и др.] // Кардиология. 1991. № 11. С. 30–31.
10. *Данилов, Н. Н.* Психофизиологическая диагностика функциональных состояний: учеб. пособие / Н. Н. Данилов. М., 1992. 192 с.
11. Инструментальные методы исследования в кардиологии: руководство / под ред. Г. И. Сидоренко. Минск, 1994. 272 с.
12. *Лупанов, В. П.* Предупреждение осложнений при проведении проб с физической нагрузкой / В. П. Лупанов // Кардиология. 1991. № 7. С. 107–112.
13. Практикум по психофизиологической диагностике: учеб. пособие для студентов высш. учеб. заведений / Э. М. Казин [и др.]. М., 2000. 128 с.
14. Применение нагрузочных тестов при назначении антиангинальных препаратов и контроле за их эффективностью: метод. рекомендации Мин-ва здравоохранения СССР / под ред. В. С. Гасилина. М., 1985. 27 с.
15. Сидоренко, Г. И. Тест «информационная проба» в диагностике ишемической болезни сердца / Г. И. Сидоренко, С. Г. Суджаева // Кардиология. 1985. № 6. С. 92–95.
16. Стресс и тревога в спорте: междунар. сб. науч. ст. / сост. Ю. Л. Ханин. М., 1983. 288 с.

17. Федоров, Б. М. Стресс и система кровообращения / Б. М. Федоров. М., 1990. 320 с.
18. Функциональная нагрузочная электрокардиография: руководство / А. П. Воробьев [и др.]. Минск, 1998. 124 с.
19. Deedwania, P. Clinical relevance of ischemia induced mental stress / P. Deedwania // Clin. Cardiology. 1997. Vol. 20. P. 317–319.
20. Poole-Wilson, P. The 6-minute walk – a simple test with clinical application / P. Poole-Wilson // Eur. Heart. J. 2000. Vol. 21. № 7. P. 507–509.
21. Robinson, B. Relation of heart rate and systolic blood pressure to the onset of pain in angina pectoris / B. Robinson // Circulation. 1967. Vol. 35. P. 1073–1083.
22. Sheffield, Z. Maximal heart rate and treadmill performance of healthy women in relation to age / Z. Sheffield [et al.] // Circulation. 1978. Vol. 57. P. 79–84.
23. Sheffield, Z. Stress testing methodology / Z. Sheffield, D. Roitman // Progr. Cardiovasc. Dic. 1976. Vol. 19. № 1. P. 33–49.
24. Wong, C.-K. Usefulness of laboratory mental stress test in patients with stable coronary artery disease / C.-K. Wong, S. Freedman // Clin. Cardiology. 1997. Vol. 20. P. 367–371.
25. Working Group on Cardiac Rehabilitation. Exercise Physiology and Working Group on Heart Failure of the European Society of Cardiology. Recommendations for exercise testing in chronic heart failure patients // Eur. Heart. J. 2001. Vol. 22. P. 37–45.

СОДЕРЖАНИЕ

Предисловие	3
Классификация функциональных проб	4
Функциональные пробы с физическими нагрузками	6
Физиологическое обоснование применения физических нагрузок	6
Назначение проб с физической нагрузкой	9
Условия проведения нагрузочных проб	9
Максимальные нагрузочные пробы	10
Субмаксимальные нагрузочные пробы	11
Обеспечение безопасности нагрузочных проб	12
Оценка результатов функциональных проб	12
Виды физических нагрузок	16
Пробы с динамической нагрузкой	16
Пробы с применением ступенек	18
Велоэргометрические нагрузки	24
Тредмиловые нагрузки	26
Шестиминутный шаговый тест	28
Пробы со статической нагрузкой	32
Функциональные пробы с психоэмоциональным напряжением	34
Физиологическое обоснование к применению проб с психоэмоциональным напряжением	34
Оборудование для проведения проб с психоэмоциональными нагрузками	35
Условия проведения проб с психоэмоциональными нагрузками	35
Обеспечение безопасности нагрузочных проб с психоэмоциональным напряжением	36
Критерии положительной психоэмоциональной пробы	37
Методики проведения проб с психоэмоциональным напряжением	37
Методика проведения информационной пробы и критерии ее оценки у больных с ишемической болезнью сердца	44
Струп-тест	46
<i>Приложение 1</i>	48
<i>Приложение 2</i>	50
Литература	53

Учебное издание

Аринчина Наталья Георгиевна
Дунай Валерий Иванович
Антоненко Александр Николаевич
Чепик Юлия Игоревна

**ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ПРОБЫ
С ФИЗИЧЕСКИМИ И ПСИХОЭМОЦИОНАЛЬНЫМИ
НАГРУЗКАМИ У ЧЕЛОВЕКА**

Пособие

для студентов гуманитарного факультета
специальностей 1-86 01 01
«Социальная работа (по направлениям)»
и 1-23 01 04 «Психология»

В авторской редакции

Технический редактор *Т. Р. Раманович*
Корректор *В. И. Богданович*
Компьютерная верстка *Т. А. Малько*

Ответственный за выпуск *Р. Г. Блошко*

Подписано в печать 13.02.2007. Формат 60×84/16. Бумага офсетная.
Гарнитура SchoolBook. Печать офсетная. Усл. печ. л. 3,25.
Уч.-изд. л. 3,1. Тираж 100 экз. Зак.

Белорусский государственный университет.
Лицензия на осуществление издательской деятельности
№ 02330/0056804 от 02.03.2004.
220030, Минск, проспект Независимости, 4.

Отпечатано с оригинала-макета заказчика.
Республиканское унитарное предприятие
«Издательский центр Белорусского государственного университета».
Лицензия на осуществление полиграфической деятельности
№ 02330/0056850 от 30.04.2004.
220030, Минск, ул. Красноармейская, 6.