

Министерство здравоохранения и социального развития Российской Федерации
Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования
Московская медицинская академия им. И. М. Сеченова

Кафедра лечебной физкультуры и спортивной медицины

Исследование и оценка функционального состояния спортсменов

*Учебное пособие для студентов лечебных и педиатрических факультетов
медицинских вузов*

Рекомендовано Учебно-методическим объединением по медицинскому
и фармацевтическому образованию вузов России в качестве учебного
пособия для студентов, обучающихся по специальностям:
060101 65 — Лечебное дело и 060103 65 — Педиатрия.

УДК 611.796
ББК 75.0

Авторы: С. Д. Руненко, Е. А. Таламбум, Е. Е. Ачкасов

Исследование и оценка функционального состояния спортсменов: Учебное пособие для студентов лечебных и педиатрических факультетов медицинских вузов / С. Д. Руненко, Е. А. Таламбум, Е. Е. Ачкасов. М.: Профиль – 2С, 2010. 72 с. обл. тираж 500 экз.

ISBN 978-5-903950-06-5

ISBN 978-5-903950-06-5

© Коллектив авторов

© Оформление Профиль – 2С

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	6
Исследование и оценка функционального состояния организма спортсменов	7
Практические навыки, которыми должен овладеть студент:	7
Необходимые базовые знания из предыдущих занятий по разделу врачебный контроль.	7
Оценка эффективности проведенной терапии (оздоровительных мероприятий)	8
Цели функциональной диагностики у практически здоровых людей и спортсменов:	8
Общие требования, предъявляемые к функциональным пробам	9
Виды функциональных проб.	9
Требования ВОЗ, предъявляемые к тестирующим нагрузкам:	10
Цели проведения нагрузочной велоэргометрической пробы в кардиологии:	12
Противопоказания к проведению велоэргометрии и тредмил-теста:	12
Критерии прекращения велоэргометрической пробы:	13
Исследование и оценка физической работоспособности	14
Максимальное потребление кислорода (МПК)	19
Способы определения МПК: прямой и непрямой	19
Субмаксимальный тест PWC_{170}	19
Проведение теста PWC_{170} с помощью велоэргометра	20
Определение PWC_{170} спомощью степ-теста	25
Определение PWC_{170} с помощью специального модуля АПК «Истоки здоровья»	28
Прямые методы определения МПК	28
Определение порога анаэробного обмена	33
Определение ПАНО по лактату	34

Определение направленности тренировочного процесса по показателю ПАНО.	35
Контроль направленности тренировочного процесса с учетом рекомендаций по результатам тестирования	36
Оценка адаптационных резервов организма спортсменов	38
Тест вариационной пульсометрии (по Р. М. Баевскому)	40
Выполнение теста вариационной пульсометрии с использованием модуля АПК «Истоки здоровья»	43
Комплексная оценка резервов здоровья спортсменов.	49
Определение функциональных резервов ЦНС по тесту зрительно-моторной реакции (по Т. Д. Лоскутовой)	51
Определение типа и уровня адаптивных реакций по Л. Х. Гаркави.	54
Определение психоэмоционального статуса по тестам Люшера и Спилбергера.	56
Ситуационная задача.	61
Решение ситуационной задачи	61
Тестовые задания для самоконтроля.	63
Ответы к тестовым заданиям	65
Рекомендуемая литература для подготовки к занятию	66
Приложение 1	67
Приложение 2, 3	68

СПИСОК

основных сокращений и условных обозначений, использованных в работе

АПК – аппаратно-программный комплекс
АДС – артериальное давление систолическое
АДД – артериальное давление диастолическое
ВК – врачебный контроль
ВНС – вегетативная нервная система
ДЖЕЛ – должная жизненная емкость легких
ДС – дыхательная система
ВПН – врачебно-педагогические наблюдения
ЖЕЛ – жизненная емкость легких
ИМ – инфаркт миокарда
ИПЗ – интегральный показатель здоровья
ЛФК – лечебная физкультура
МПК – максимальное потребление кислорода
НС – нестабильная стенокардия
НЦД – нейроциркуляторная дистония
ОДС – опорно-двигательная система
 O_2D – кислородный долг
ПАНО – порог анаэробного обмена
ПАРС – показатель активности регуляторных систем
ПДП – показатель двойного произведения
 PO_2 – потребление кислорода
ССС – сердечно-сосудистая система
ФР – физическая работоспособность
ФС – функциональное состояние
ЦНС – центральная нервная система
ЧД – частота дыхания
ЧСС – частота сердечных сокращений
ЧСС_{макс} – максимально допустимая частота сердечных сокращений
ЭКГ – электрокардиограмма
Аобщ – объем выполненной работы в Вт
 O_2Ps – кислородный пульс
 O_2D – кислородный долг
 O_2i/A – кислородная стоимость нагрузки
PWC – физическая работоспособность
RR – частота дыхания
RQ – дыхательный коэффициент
VE – минутная вентиляция легких
VEO₂ – вентиляционный эквивалент
VO₂ – потребление кислорода
VO_{2max} – максимальное потребление кислорода
W, N – мощность нагрузки

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время грамотная и адекватная подготовка высококвалифицированных спортсменов требует четко организованной системы врачебного контроля. Все возрастающие объемы и интенсивность тренировочных нагрузок, которые необходимы для максимального повышения общей и специальной работоспособности, требуют тщательного учета функционального состояния организма спортсмена в каждый момент тренировочного процесса.

Рост достижений в спорте сегодня связывают в основном с совершенствованием учебно-тренировочного процесса, приведением в соответствие биологических закономерностей протекания адаптационных процессов с главными параметрами тренировочных и соревновательных нагрузок, корректным управлением физическим состоянием атлетов на основе ожидаемой структуры соревновательной деятельности и планируемого спортивного результата. При таком подходе организация и проведение тренировочного процесса реализуются только при условии объективной оценки функционального состояния спортсмена

Вот почему важнейшим разделом спортивной медицины является функциональная диагностика, и в частности, тестирование физической работоспособности, функциональной готовности, адаптационных резервов и других характеристик функционального состояния спортсменов. Это в равной степени относится как к спорту, так и к массовой оздоровительной физической культуре. Именно поэтому современный врач, занимающийся медицинским обеспечением спорта и физической культуры, должен иметь обширные познания в этой области спортивной медицины с целью подбора функциональных проб и тестов, адекватных задачам физической тренировки, их качественного проведения и объективной оценки результатов тестирования. Для этого нужно использовать современную диагностическую аппаратуру, в том числе аппаратно-программные комплексы для исследований не только в условиях лаборатории, но и непосредственно во время выполнения тренировочных нагрузок.

Динамическое наблюдение за функциональным состоянием спортсмена позволяет обеспечивать высокую физическую работоспособность, повысить эффективность тренировочного процесса, что способствует достижению высоких спортивных результатов.

ИССЛЕДОВАНИЕ И ОЦЕНКА ФУНКЦИОНАЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ ОРГАНИЗМА СПОРТСМЕНОВ

Цель занятия: изучить методы исследования и оценки функционального состояния организма спортсменов: методы оценки физической работоспособности (тест PWC_{170} , спироэргометрическое тестирование), методы оценки адаптационных резервов организма (тест вариационной пульсометрии), современные методы врачебно-педагогических наблюдений (кардиомониторирование).

Практические навыки, которыми должен овладеть студент:

- Уметь провести, оценить и правильно оформить в протоколе субмаксимальный тест PWC_{170} .
- Уметь оценить аэробную и анаэробную работоспособность организма, максимальное потребление кислорода (МПК) при проведении спироэргометрии.
- Определять МПК непрямыми методами по формулам и номограммам.
- Уметь использовать монитор сердечного ритма (POLAR) при проведении нагрузочного тестирования и ВПН.
- Уметь оценить адаптационные резервы организма по показателю ПАРС в тесте вариационной пульсометрии.

Необходимые базовые знания из предыдущих занятий по разделу врачебный контроль

Оценка функционального состояния организма – важный этап любого диагностического исследования. Медицинское обследование в условиях мышечного покоя не является достаточным для любого обследуемого контингента (спортсмены, здоровые люди или лица, имеющие отклонения в состоянии здоровья).

Исследование функционального состояния (ФС) в клинике внутренних болезней позволяет прогнозировать ведущие тенденции в развитии патологического и компенсаторного процессов. Оценка общего ФС при заболеваниях является методологической основой для следующих целей:

- Оценка морфофункционального дефекта
- Уточнение реабилитационного потенциала обследуемого
- Прогнозирование вероятности развития неадекватных и (или) парадоксальных реакций на проводимые лечебные мероприятия

- Рекомендации по оптимизации проводимой терапии, включая медикаментозную
- Стратификация больных по степени риска возникновения осложнений (при проведении физиотерапии, занятий лечебной физкультурой и т. д.)
- Оценка эффективности проведенной терапии (оздоровительных мероприятий)

У практически здоровых людей исследование ФС позволяет выявить неблагоприятные тенденции в состоянии здоровья (донозологическая диагностика). Задача оценки ФС человека непременно возникает тогда, когда ставится вопрос о его профессиональной пригодности, работоспособности, прогнозируется динамика заболевания или его исход.

Цели функциональной диагностики у практически здоровых людей и спортсменов:

- Оценка резервов и качества здоровья
- Оценка текущего функционального состояния и адаптационных резервов
- Профессиональный отбор (космонавты, летчики, спасатели, работники силовых структур и др.)
- Индивидуализация двигательного режима, выбор оптимальных нагрузок, построение индивидуальной программы тренировки
- **Определение и оценка физической работоспособности**
- Выявление ранних признаков физического перенапряжения и состояния перетренированности
- Оценка эффективности индивидуальной оздоровительной программы

Основным функциональным исследованием организма спортсменов является определение и оценка **ФИЗИЧЕСКОЙ РАБОТОСПОСОБНОСТИ**, ее кислородное обеспечение, а также соотношение аэробных и анаэробных механизмов энергообеспечения мышечной деятельности.

В функциональной диагностике важное значение имеют функциональные пробы – это нагрузки, задаваемые обследуемому для определения функционального состояния и резервных возможностей какого-либо органа, системы или организма в целом.

Общие требования, предъявляемые к функциональным пробам

Они должны быть:

- безопасны для здоровья
- специфичны для исследуемой системы
- адекватны возможностям исследуемой системы
- точно дозированы

ВИДЫ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ПРОБ

Выделяют функциональные пробы для оценки состояния ССС, ДС, ЦНС, ВНС, ОДС.

По применяемым факторам различают:

- Дыхательные пробы (с задержкой на вдохе, выдохе, с гипервентиляцией)
- С переменной положения тела – ортостатическая, клиноортостатическая
- Физические нагрузки (динамические, статические)
- Физические факторы (электростимуляция предсердий, холодовая проба)
- Психоэмоциональные
- Фармакологические

В методическом пособии «Врачебный контроль», подготовленном на кафедре ЛФК и ВК ММА им. И. М. Сеченова в 2009 г., подробно изложена методика проведения и оценка дыхательных проб (Штанге, Генчи), ортостатической пробы, пробы Мартине с 20-ю приседаниями и определение типов реакции ССС на физическую нагрузку.

Пробы с физической нагрузкой или нагрузочные функциональные пробы классифицируют по:

- 1) характеру выполнения физической нагрузки:
 - а) динамические,
 - б) статические;
- 2) типу нагрузки:
 - а) бег,
 - б) приседания,
 - в) подскоки,
 - г) нагрузка на велоэргометре,
 - д) тредмиле;

- 3) интенсивности выполнения нагрузки:
 - а) максимальной интенсивности,
 - б) субмаксимальной интенсивности,
 - в) умеренной интенсивности;
- 4) времени регистрации показателей:
 - а) рабочие,
 - б) послерабочие;
- 5) степени сложности выполнения:
 - а) простые,
 - б) сложные;
- 6) комбинации видов нагрузки в пробе:
 - а) простые,
 - б) комбинированные;
- 7) по количеству «подходов» в пробе:
 - а) одномоментные (Мартине, ГЦОЛИФК – (в настоящее время РГУФК),
 - б) двухмоментные (PWC_{170}),
 - в) многомоментные (проба Летунова);
- 8) по виду задаваемой нагрузки на велоэргометре (рис. 1).

Длительность ступени в модели нагрузки без интервалов отдыха (на рис. 1в, 1г), как правило, 3 минуты. Это время, достаточное для достижения устойчивого состояния и стабилизации регистрируемых показателей. Мощность первой ступени и увеличение нагрузки на последующих ступенях определяется в зависимости от обследуемого контингента. Обычно для здоровых мужчин – это 50 Вт, для здоровых женщин – 25 Вт (также как и для кардиологических больных), для спортсменов – из расчета 1 Вт на кг массы тела.

Требования ВОЗ, предъявляемые к тестирующим нагрузкам:

- должны подлежать количественному измерению;
- точно воспроизводиться при повторных тестах;
- вовлекать в работу не менее 2/3 мышечной массы и обеспечивать максимальную интенсификацию работы физиологических систем;
- быть простыми (исключать сложнокоординированные движения);
- обеспечивать возможность регистрации физиологических параметров во время теста.

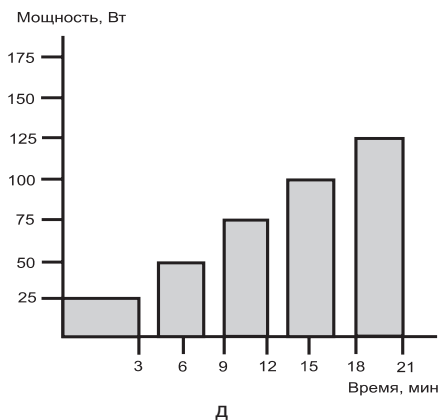
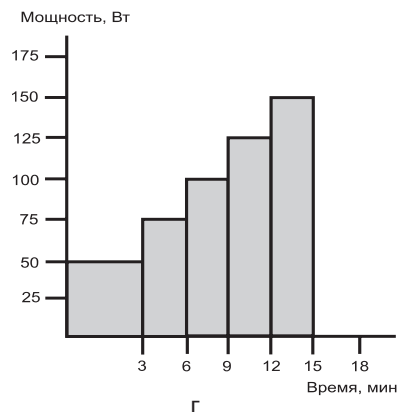
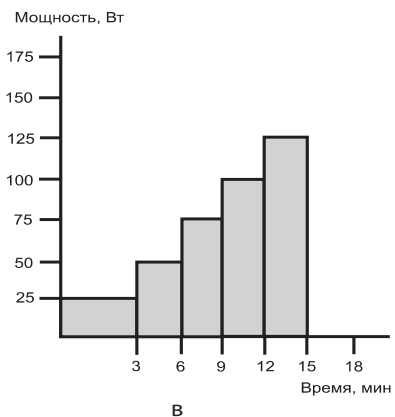
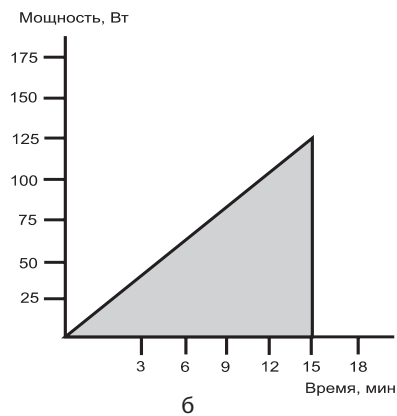
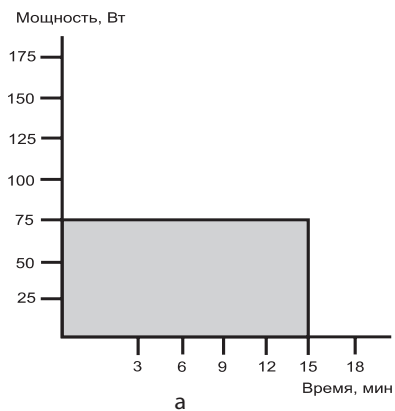


Рис. 1. Модели нагрузки при велоэргометрии

Всем этим требованиям в полной мере отвечает **ВЕЛОЭРГОМЕТРИЯ**, (рис. 2 см. на вклейке) являющаяся по этой причине наиболее часто используемой и информативной нагрузочной пробой.

Велоэргометрия позволяет строго дозировать физическую нагрузку, оценивать выполненную работу количественно в ваттах (Вт) или (кГм), регистрировать помимо ЧСС и АД электрокардиограмму.

Кабинет функциональной диагностики, где проводится исследование, должен быть оснащен дефибриллятором и набором средств для оказания неотложной помощи.

Велоэргометрическое тестирование проводят обычно в первой половине дня натощак или через 2–3 ч после еды. Желательно, чтобы за сутки до проведения исследования обследуемый не принимал лекарственных препаратов, оказывающих влияние на результаты пробы с физической нагрузкой: нитратов пролонгированного действия, блокаторов β -адренорецепторов, антагонистов кальция, ингибиторов АПФ, сердечных гликозидов, мочегонных средств, некоторых противоаритмических препаратов.

Цели проведения нагрузочной велоэргометрической пробы в кардиологии:

- Верификация диагноза ИБС;
- Оценка толерантности к физической нагрузке:
 - для определения функционального класса;
 - для определения прогноза заболевания;
 - для решения вопроса о ранней реабилитации у больных с ИМ;
 - для оценки эффективности реабилитационных мероприятий.

Подобные исследования у больных ИМ и нестабильной стенокардией могут осуществляться только в специально оснащенных блоках интенсивной терапии или кардиореанимационных отделениях при участии врачей-реаниматологов!!!

Противопоказания к проведению велоэргометрии и тредмил-теста

Абсолютные:

1. Острый ИМ (или подозрение на ИМ).
2. Нестабильная стенокардия (НС).

3. Сердечная недостаточность II–III стадии.
4. Дыхательная недостаточность II–III степени.
5. Острое нарушение мозгового кровообращения или хроническая дисциркуляторная недостаточность II–III степени.
6. Острые инфекционные заболевания, сопровождающиеся лихорадкой.
7. Острый тромбоз глубоких вен.

Относительные:

1. Выраженная АГ (АД выше 200/100 мм рт. ст.).
2. Тяжелые нарушения ритма и проводимости (АВ-блокада II–III степени, мерцательная аритмия, пароксизмальные тахикардии).
3. Тахикардия неясного генеза (ЧСС выше 100 уд. в мин.).
4. Стеноз устья аорты (клапанный, подклапанный).
5. Аневризмы сердца и сосудов.
6. Частые синкопальные состояния в анамнезе.
7. Неврологические и психические заболевания.
8. Заболевания опорно-двигательной системы и др.

Критерии прекращения велоэргометрической пробы:

- отказ от работы вследствие общей усталости;
- жалобы на боли в области сердца, одышку, чувство нехватки воздуха;
- появление резкой общей слабости (бледность, холодный пот);
- возникновение выраженного головокружения, головной боли, тошноты, нарушений координации движений;
- достижение максимальной или субмаксимальной возрастной ЧСС;
- горизонтальное или косонисходящее снижение (депрессия) сегмента RS–T на 1,0 мм;
- подъем сегмента RS–T на 1,0 мм и более;
- появление угрожающих нарушений ритма (частая ЖЭ, полиморфная ЖЭ, залповая ЖЭ, пароксизм суправентрикулярной или желудочковой тахикардии, пароксизм мерцательной аритмии);
- возникновение АВ-блокады или блокады ножек пучка Гиса;

- изменение комплекса QRS: углубление и увеличение продолжительности ранее существовавших зубцов Q, переход патологического зубца Q в комплекс QS;
- снижение АДД на 20 мм рт. ст.;
- подъем АДС до 220 мм рт. ст. и/или АДД до 110 мм рт. ст. и выше.

Новый материал

ИССЛЕДОВАНИЕ И ОЦЕНКА ФИЗИЧЕСКОЙ РАБОТОСПОСОБНОСТИ

Важным функциональным исследованием организма спортсменов является определение и оценка **физической работоспособности (physical working capacity – PWC)**.

В понятие «физическая работоспособность» (ФР) разными авторами вкладывается разное по объему, но близкое по смыслу содержание. По мнению большинства исследователей, физическая работоспособность является интегральным показателем функционального состояния организма и зависит от морфологического и функционального состояния основных систем жизнеобеспечения и, в первую очередь, от состояния сердечно-сосудистой и дыхательной систем.

Термином физическая работоспособность принято обозначать потенциальную способность человека проявить максимум физических усилий в статической, динамической и смешанной работе. Физическую работоспособность связывают с определенным объемом мышечной работы, который может быть выполнен без снижения заданного (или установившегося на максимальном уровне для данного индивидуума) уровня функционирования организма, в первую очередь, его сердечно-сосудистой и дыхательной систем.

«Физическая работоспособность» считается комплексным понятием, характеризующимся рядом факторов, к которым относятся: антропометрические показатели, в частности, сила и выносливость мышц; мощность, емкость и эффективность механизмов энергопродукции аэробным и анаэробным путем; нейромышечная координация (ловкость); состояние опорно-двигательной системы. При этом подчеркивается, что уровень развития отдельных компонентов физической работоспособности у разных людей различен.

Определяют и лимитируют физическую работоспособность функциональные возможности ССС и ДС, поэтому ФР чаще всего ассоциируют с функциональными возможностями кислородтранспортной системы организма.

ФР человека определяется двумя различными по своей биохимической сущности возможностями организма – его **аэробной и анаэробной производительностью**.

Мышечная деятельность требует определенных энергозатрат, величина которых определяется мощностью выполняемой нагрузки. Работающие мышцы используют химический энергетический запас АТФ, превращая его в механическую энергию. Энергию для мышечного сокращения дает расщепление аденозинтрифосфата (АТФ) до аденозиндифосфата (АДФ) и неорганического фосфата (Фн). Количество АТФ в мышцах очень невелико и его достаточно для обеспечения высокоинтенсивной работы лишь в течение 1–2 сек. Для продолжения работы необходим ресинтез АТФ, который производится за счет энергодающих реакций различных типов. Восполнение запасов АТФ в мышцах позволяет поддерживать постоянный уровень его концентрации, необходимый для полноценного мышечного сокращения. Существенное снижение уровня АТФ может наблюдаться только в начале высокоинтенсивной работы в силу определенной инертности процессов, в результате которых производится энергия, или при явном утомлении в момент отказа от работы, когда системы энергообеспечения уже не в состоянии поддерживать необходимый уровень АТФ.

Ресинтез АТФ обеспечивается как в анаэробных, так и в аэробных реакциях с привлечением в качестве энергетических источников запасов креатинфосфата (КФ) и АДФ, содержащихся в мышечных тканях, а также богатых энергией субстратов (гликоген мышц и печени, жиры (фосфолипиды, триглицериды, холестерин), отдельные белки, различные метаболиты). Химические реакции, приводящие к обеспечению мышц энергией, протекают в трех энергетических системах: 1) анаэробной алактатной, 2) анаэробной лактатной (гликолитической), 3) аэробной. Образование энергии в первых двух системах осуществляется в процессе химических реакций, не требующих наличия кислорода. Третья система предусматривает энергообеспечение мышечной деятельности в результате реакций окисления, протекающих с участием кислорода. Возможности каждой из указанных энергети-

ческих систем определяются скоростью освобождения энергии в метаболических процессах и емкостью, которая определяется величиной и эффективностью использования субстратных фондов.

Запасы АТФ истощаются через 2–3 с работы максимальной мощности. КФ полностью расходуется через 3–5 с максимальной работы, запасы гликогена и глюкозы истощаются через 20–40 мин. субмаксимальной работы. Запасы жира практически неисчерпаемы (**рис. 3 см. на вклейке**).

Потенциал аэробной системы энергообеспечения обуславливается различными факторами. В числе важнейших – мощность и эффективность внешнего дыхания и сердечно-сосудистой системы; величина фондов энергосубстратов; соотношение мышечных волокон разного типа; плотность и количество капилляров в мышечной ткани; количество, величина и плотность митохондрий в мышечных клетках; количество и активность многочисленных окислительных ферментов и коферментов, гормонов и других регуляторов окислительных процессов. При использовании нагрузок умеренной интенсивности, соответствующих функциональным возможностям организма занимающегося, обеспечение работающих мышц кислородом будет определяться в основном возможностями системы транспорта кислорода. При максимальных нагрузках – соотношением мышечных волокон различного типа, особенностями иннервации и возможностями системы транспорта кислорода.

Таким образом, под **АЭРОБНОЙ** производительностью понимается способность организма к поглощению, транспорту и утилизации кислорода в условиях мышечной деятельности. Наиболее полная характеристика метаболического обеспечения мышечной деятельности достигается при оценке критериев, отражающих мощность, емкость и эффективность аэробной производительности. Интегральным показателем аэробной производительности является максимальное потребление кислорода – МПК, величина которого зависит от функционального состояния сердечно-сосудистой и дыхательной систем.

Понятие **АНАЭРОБНОЙ** производительности отражает функциональные резервы организма, обеспечивающие возможность совершать работу при недостаточном снабжении организма кислородом. Анаэробная работоспособность определяется мощностью внутриклеточных анаэробных ферментативных систем, общими запасами в мышцах веществ, идущих на ресинтез АТФ, и измеряется уровнем лактата,

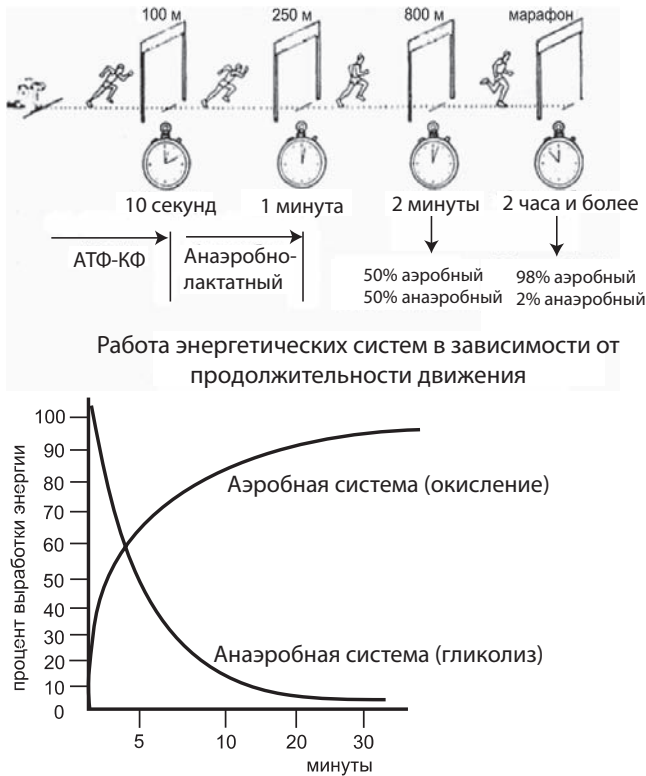


Рис. 4. Вклад в энергообеспечение аэробных и анаэробных механизмов энергопродукции в зависимости от интенсивности и продолжительности нагрузки

величиной кислородного долга и показателями ПАНО. В зависимости от интенсивности и продолжительности выполняемой физической нагрузки вклад в энергообеспечение аэробных и анаэробных механизмов энергопродукции существенно отличается (**рис. 4**).

Концентрация лактата в крови является очень важным показателем интенсивности нагрузки. Уровень лактата в крови измеряется в ммоль/л. В покое у здорового человека концентрация лактата составляет 1–2 ммоль/л. После энергичных физических нагрузок этот показатель повышается. Даже относительно небольшое увеличение концентрации лактата (до 6–8 ммоль/л) может ухудшить функциональное состояние и координацию спортсмена. Регулярно высокие показатели лактата ухудшают аэробные возможности спортсмена.

У хорошо подготовленных спортсменов, тренирующихся на выносливость при медленной скорости бега (передвижения на лыжах, велосипеде и т.д.), показатели лактата очень низкие и не превышают аэробного порога (около 2 ммоль/л). При данной интенсивности нагрузки энергообеспечение происходит полностью аэробным путем.

При повышении скорости бега к энергообеспечению нагрузки подключается анаэробная система, и в мышцах начинает вырабатываться молочная кислота. Однако если скорость не слишком высокая, молочной кислоты вырабатывается настолько мало, что основная ее часть нейтрализуется организмом. Таким образом, в организме сохраняется равновесие между выработкой и элиминацией (удалением) молочной кислоты. Концентрация лактата в этом случае находится в пределах 2–4 ммоль/л. Данный диапазон интенсивности называется аэробно-анаэробной транзитной зоной.

При беге на 100, 200, и 400 м, а также во время любой другой интенсивной работы, длящейся 2–3 мин., энергообеспечение нагрузки осуществляется в основном анаэробным путем. В беге на 800 м вклад аэробного и анаэробного энергообеспечения примерно одинаков – 50/50 (**рис. 4**).

В самом начале любого упражнения, независимо от интенсивности нагрузки, энергообеспечение происходит только анаэробным путем (**рис. 3**). Каждый раз организму требуется несколько минут для того, чтобы аэробная система полностью включилась в работу – пока легкие, сердце и другие системы транспорта кислорода не приспособятся к потребностям организма при выполняемой нагрузке. До этого момента необходимая энергия поставляется за счет анаэробного лактатного механизма энергообеспечения.

Лактатная система также поставляет энергию при кратковременном увеличении интенсивности во время обычной аэробной нагрузки – при рывках, преодолении подъемов, попытке отрыва от преследователей. Помимо этого лактатная система участвует в энергообеспечении финишного броска после продолжительной нагрузки (например, на финише марафона или велогонки).

Высокие показатели лактата, которые могут появиться во время выполнения интенсивной нагрузки, являются свидетельством несостоятельности аэробной системы и означают, что в энергообеспечение нагрузки подключилась лактатная система, побочным продуктом которой является молочная кислота. Максимальная концентрация

лактата может достигать значений, в 20 раз превышающих таковые во время покоя.

Максимальное потребление кислорода (МПК)

А. Гилл в 1929 году впервые указал на то, что способность мышц к выполнению механических усилий может быть оценена с помощью измерения количества кислорода, поглощенного ими в процессе работы; величина же поглощения (потребления) кислорода (PO_2), в свою очередь, определяется состоянием сердечно-сосудистой системы и, кроме того, зависит от мощности выполняемой мышцами нагрузки. Эта зависимость носит линейный характер: с увеличением нагрузки уровень поглощения организмом кислорода возрастает пропорционально ей, пока, наконец, по достижении определенной мощности нагрузки, не станет постоянной.

СПОСОБЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ МПК: ПРЯМОЙ И НЕПРЯМОЙ

Прямой метод определения МПК основан на выполнении спортсменом нагрузки, интенсивность которой равна или больше его критической мощности. Он небезопасен для обследуемого, так как связан с предельным напряжением функций организма. Эту изнуряющую нагрузку в состоянии выполнить только здоровые, хорошо тренированные, достаточно волевые люди.

Между величиной потребления кислорода и частотой сердечных сокращений существует линейная зависимость, что дает возможность оценки физической работоспособности в условиях безопасных, не изнуряющих субмаксимальных нагрузок, с последующим вычислением максимального потребления кислорода по номограммам и формулам, предложенным для экстраполяции результатов субмаксимальных нагрузочных тестов. При этом под субмаксимальной понимают ту нагрузку, мощность которой составляет 75% от максимальной. В практике тестирования здоровых людей и спортсменов чаще пользуются непрямыми методами определения, основанными на косвенных расчетах при использовании небольшой мощности нагрузки.

Субмаксимальный тест PWC_{170}

Для *определения физической работоспособности* в клинике и спорте наиболее часто используют субмаксимальный тест PWC_{170} .

Физическая работоспособность в этом случае выражается в величинах той мощности нагрузки, при которой ЧСС достигла или могла бы достигнуть показателя 170 уд/мин. Эта частота ЧСС выбрана не случайно: в диапазоне от 110 уд/мин до 170 уд/мин она имеет линейную зависимость от мощности нагрузки, что говорит о возможности линейной экстраполяции при расчете PWC_{170} по двум относительно небольшим нагрузкам. Важен и тот факт, что на этом уровне ЧСС происходит оптимальная интенсификация работы кислородтранспортной системы, резервные возможности которой исследуются в этом тесте.

Практическая часть занятия

Самостоятельное проведение теста PWC_{170} студентами.

Проведение теста PWC_{170} с помощью велоэргометра

Испытуемый последовательно выполняет две разные по величине нагрузки в течение 5 минут с 3-минутным интервалом отдыха между ними. В последние 30 с пятой минуты каждой нагрузки подсчитывается пульс (пальпаторно или с помощью кардиодатчика).

Мощность первой нагрузки (N_1) подбирается по таблице 1 в зависимости от массы тела обследуемого с таким расчетом, чтобы в конце 5-й минуты пульс (f_1) достигал 110–115 уд/мин.

Мощность второй (N_2) нагрузки определяется по таблице 2 в зависимости от величины N_1 . Если величина N_2 правильно подобрана, то в конце пятой минуты пульс (f_2) должен составить 135 ...150 уд/мин.

NB! Во всех расчетах используется соотношение:

$$1 \text{ ватт} = 6,12 \text{ кгм/мин} (\sim 6 \text{ кгм})$$

Для точности определения N_2 можно воспользоваться формулой:

$$N_2 = N_1 \cdot [1 + (170 - f_1) / (f_1 - 60)],$$

где N_1 – мощность первой нагрузки, N_2 – мощность второй нагрузки, f_1 – ЧСС в конце первой нагрузки, f_2 – ЧСС в конце второй нагрузки.

Т а б л и ц а 1

Мощность первой нагрузки, рекомендуемая для определения PWC_{170} у спортсменов различного веса (по Белоцерковскому)

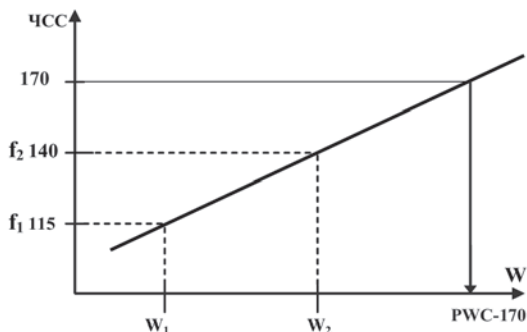
Вес тела в кг	59 и менее	60–64	65–69	70–74	75–79	80 и более
Мощность первой нагрузки, кгм/мин (N_1)	300	400	500	600	700	800

Т а б л и ц а 2

Ориентировочные значения мощности второй нагрузки
(в кгм/мин), рекомендуемые при определении PWC_{170}

Мощность работы при первой нагрузке, кгм/мин	Мощность N2, кгм/мин				
	ЧСС N1, уд/мин				
	80–89	90–99	100–109	110–119	120–129
400	1100	1000	900	800	700
500	1200	1100	1000	900	800
600	1300	1200	1100	1000	900
700	1400	1300	1200	1100	1000
800	1500	1400	1300	1200	1100

Пробу проводят с использованием велоэргометра или ступенек разной высоты, после чего определяют PWC_{170} разными способами. Графический способ, основанный на линейной зависимости ЧСС от мощности нагрузки, представлен на **рис. 5**

Рис. 5. Графический способ определения PWC_{170}

Величину PWC_{170} можно определить и по формуле Л. В. Карпмана:

$$PWC_{170} = W1 = (W2 - W1) \times \frac{170 - f1}{f2 - f1},$$

где $f1$ – ЧСС при 1-й нагрузке; $f2$ – ЧСС при 2-й нагрузке; $W1$ – мощность 1-й нагрузки, кгм/мин; $W2$ – мощность 2-й нагрузки, кгм/мин.

Средняя величина PWC_{170} у нетренированных:

мужчин – 700–1100 кгм,

женщин – 450–750 кгм.

Таблица 3

Средние величины PWC_{170} у спортсменов различной специализации (по Карпману, 1988)

Спортивная специализация	PWC_{170}		
	кгм/мин $\pm m$	Пределы колебаний	На 1 кг веса тела $\pm m$
Лыжники	1760 $\pm$ 305	1140...2328	25,7 $\pm$ 4,6
Конькобежцы	1710 $\pm$ 284	1160...2328	24,0 $\pm$ 3,5
Легкоатлеты (бег на сред. дист.)	1694 $\pm$ 35	1200...2400	24,2 $\pm$ 1,9
Велосипедисты	1670 $\pm$ 287	1220...2130	22,6 $\pm$ 3,9
Баскетболисты	1625 $\pm$ 306	950...2241	18,7 $\pm$ 2,8
Ватерполисты	1637 $\pm$ 219	1328...2190	19,1 $\pm$ 2,5
Гребцы	1919 $\pm$ 249	1125...2100	21,2 $\pm$ 2,2
Пятиборцы	1594 $\pm$ 265	1145...2236	21,7 $\pm$ 2,6
Спортивная ходьба	1548 $\pm$ 216	1250...1867	22,5 $\pm$ 2,1
Футболисты	1529 $\pm$ 195	1200...1910	21,7 $\pm$ 2,5
Хоккеисты	1428 $\pm$ 47	489...1810	20,1 $\pm$ 2,72
Борцы	1370 $\pm$ 310	976...2150	18,6 $\pm$ 2,5
Теннисисты	1280 $\pm$ 284	990...1800	18,4 $\pm$ 3,2
Тяжелоатлеты	1148 $\pm$ 224	750...1332	15,16 $\pm$ 1,6
Гимнасты	1044 $\pm$ 150	793...1400	16,5 $\pm$ 2,0
Боксеры	1360 $\pm$ 335	948...2456	20,2 $\pm$ 2,35
Прыгуны в воду	1195 $\pm$ 190	868...1518	17,7 $\pm$ 2,1

Таблица 4

Оценка относительных значений показателя PWC_{170} (по Н. Д. Граевской, 2004)

Общая физическая работоспособность	PWC_{170} (кгм/кг)
Низкая	14 и меньше
Ниже средней	15–16
Средняя	17–18
Выше средней	19–20
Высокая	21–22
Очень высокая	22 и больше

Средние величины PWC_{170} у спортсменов различной специализации представлены в табл. 3.

Абсолютный показатель PWC_{170} , как правило, пересчитывают на килограмм массы тела испытуемого – кгм/кг (табл. 4).

Основываясь на высокой корреляции PWC и МПК, предложены **непрямые способы определения МПК** по формуле и таблице соотношения показателя PWC_{170} и величины МПК (табл. 5).

Т а б л и ц а 5

**Соотношение показателя PWC_{170} и величины МПК
по В. Л. Карпману (для здоровых лиц, не спортсменов), МПК (л/мин)**

PWC_{170} , кгм	МПК, л/мин	PWC_{170} , кгм	МПК, л/мин
500	1,62	1500	4,37
600	2,66	1600	4,67
700	2,72	1700	4,83
800	2,82	1800	5,06
900	2,97	1900	5,32
1000	3,15	2000	5,57
1100	3,38	2100	5,57
1200	3,60	2200	5,66
1300	3,88	2300	5,66
1400	4,13	2400	5,72

Формула В. Л. Карпмана:

$$\text{МПК(мл)} = 1,7 \times PWC_{170}(\text{кгм}) + 1240.$$

Другим косвенным методом определения МПК является метод Астранда. В его основе лежит линейная зависимость между ЧСС и величиной потребления кислорода. Для проведения теста необходим велоэргометр. Тест начинается с 3-минутной разминки, в течение которой мощность нагрузки постепенно повышается до 200–250 Вт в зависимости от подготовленности спортсмена. Затем выполняется разовая непрерывная субмаксимальная работа продолжительностью 6 мин., в конце которой измеряется ЧСС. К концу теста ЧСС должна установиться на одном постоянном уровне. Рекомендуется подбирать такую мощность нагрузки, при которой ЧСС будет находиться в пределах 140–160 уд/мин. Частота педалирования – 60 об/мин.

Расчет МПК проводят по специальной номограмме Астранда (рис. 6). Найденная с помощью номограммы величина МПК корригируется путем умножения на «возрастной фактор» (табл. 6). На рисунке представлена номограмма Астранда, на которой в качестве примера пунктиром представлен результат субмаксимального нагрузочного теста на велоэргометре 25-летнего спортсмена весом 70 кг, выполнившего постоянную нагрузку 200 Вт (1200 кГм). На 6-й минуте работы его

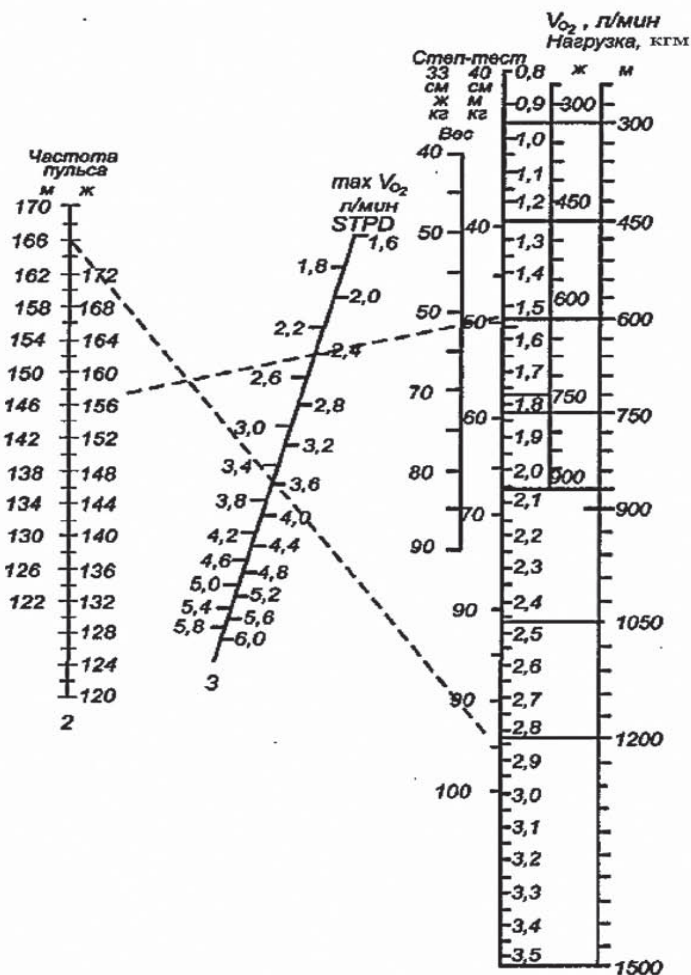


Рис. 6. Номограмма Астранда для непрямого определения МПК

Т а б л и ц а 6

**Возрастные поправочные коэффициенты к величинам МПК,
определенным по номограмме Астранда**

Возраст, лет	15	25	35	40	45	50	55	60	85
Фактор	1,10	1,0	0,87	0,83	0,78	0,75	0,71	0,68	0,65

ЧСС составляет 166 уд/мин. Согласно номограмме Астранда (пересечение линии, соединяющей ЧСС и мощность нагрузки в кгм) его МПК составляет 3,6 л/мин при возрастном поправочном коэффициенте равном 1 (табл. 6).

Помимо номограммы Астрандом предложен еще один непрямой метод определения МПК – по таблице 7. Сам тест выполняется аналогично вышеописанному.

Определение PWC_{170} с помощью степ-теста

Как и в вышеописанном варианте с использованием велоэргометра, испытуемый последовательно выполняет две различные по величине нагрузки в течение 5 минут с 3-минутным интервалом отдыха между ними. В последние 30 с пятой минуты каждой нагрузки подсчитывается пульс (пальпаторно или с помощью кардиодатчика).

Мощность выполненной нагрузки определяется высотой ступенек и скоростью на шагивания на них. Для того чтобы 1-я нагрузка была достаточной, но не чрезмерной, учитывается пол и степень тренированности обследуемого. Для нетренированных женщин предлагается нагрузка с темпом на шагиваний 5 раз/мин при высоте ступеньки 28 см, что соответствует мощности 0,3 ватта на килограмм массы тела. Для нетренированных мужчин темп составляет 10 раз/мин, что соответствует мощности 0,6 ватта на килограмм массы тела. Для тренированных мужчин и спортсменов предлагается первая нагрузка с темпом на шагиваний 15 раз/мин при высоте ступеньки 40 см, что соответствует мощности 1,27 ватта на килограмм веса, а для тренированных женщин – 10 раз/мин при высоте ступеньки 28 см, что соответствует мощности 1,2 ватт на кг массы тела.

Мощность выполненных нагрузок определяется по формуле:

$$N = 1,3 h \cdot n \cdot P,$$

где h – высота ступеньки в м; n – количество подъемов в мин.; P – масса тела обследуемого в кг; 1,3 – коэффициент.

Затем по формуле вычисляют величину PWC_{170} (см. вариант проведения пробы с велоэргометром).

Таблица 7

Непрямой метод определения МПК (по таблице Астранда)

Мужчины											
ЧСС	Максимальное потребление кислорода, л/мин					ЧСС	Максимальное потребление кислорода, л/мин				
	300 КГМ	600 КГМ	900 КГМ	1200 КГМ	1500 КГМ		300 КГМ	600 КГМ	900 КГМ	1200 КГМ	1500 КГМ
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
123	2,1	3,4	4,6	–	–	151	–	2,3	3,1	4,2	5,2
124	2,1	3,3	4,5	6,0	–	152	–	2,3	3,1	4,1	5,2
125	2,0	3,2	4,4	5,9	–	153	–	2,2	3,0	4,1	5,1
126	2,0	3,2	4,4	5,8	–	154	–	2,2	3,0	4,0	5,1
127	2,0	3,1	4,3	5,7	–	155	–	2,2	3,0	4,0	5,0
128	2,0	3,1	4,2	5,6	–	156	–	2,2	2,9	4,0	5,0
129	1,9	3,0	4,2	5,6	–	157	–	2,1	2,9	3,9	4,9
130	1,9	3,0	4,1	5,5	–	158	–	2,1	2,9	3,9	4,9
131	1,9	2,9	4,0	5,4	–	159	–	2,1	2,8	3,8	4,8
132	1,8	2,9	4,0	5,3	–	160	–	2,1	2,8	3,8	4,8
133	1,8	2,8	3,9	5,3	–	161	–	2,0	2,8	3,7	4,7
134	1,8	2,8	3,9	5,2	–	162	–	2,0	2,8	3,7	4,6
135	1,7	2,8	3,8	5,1	–	163	–	2,0	2,8	3,7	4,6
136	1,7	2,7	3,8	5,0	–	164	–	2,0	2,7	3,6	4,5
137	1,7	2,7	3,7	5,0	–	165	–	2,0	2,7	3,6	4,5
138	1,6	2,7	3,7	4,9	–	166	–	1,9	2,7	3,6	4,5
139	1,6	2,6	3,6	4,8	–	167	–	1,9	2,6	3,5	4,4
140	1,6	2,6	3,6	4,8	6,0	168	–	1,9	2,6	3,5	4,4
141	–	2,6	3,5	4,7	5,9	169	–	1,9	2,6	3,5	4,3
142	–	2,5	3,5	4,6	5,8	170	–	1,8	2,6	3,4	4,3
143	–	2,5	3,4	4,6	5,7	171	–	–	–	–	–
144	–	2,5	3,4	4,5	5,7	172	–	–	–	–	–
145	–	2,4	3,4	4,5	5,6	173	–	–	–	–	–
146	–	2,4	3,3	4,4	5,6	174	–	–	–	–	–
147	–	2,4	3,3	4,4	5,5	175	–	–	–	–	–

Таблица 7 (продолжение)

Непрямой метод определения МПК (по таблице Астранда)

Женщины											
ЧСС	Максимальное потребление кислорода, л/мин					ЧСС	Максимальное потребление кислорода, л/мин				
	300 КГМ	600 КГМ	900 КГМ	1200 КГМ	1500 КГМ		300 КГМ	600 КГМ	900 КГМ	1200 КГМ	1500 КГМ
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
122	2,5	3,2	3,9	4,7	–	148	1,6	2,1	2,6	3,1	3,6
123	2,4	3,1	3,9	4,6	–	149	–	2,1	2,6	3,0	3,5
124	2,4	3,1	3,8	4,5	–	150	–	2,0	2,5	3,0	3,5
125	2,3	3,0	3,7	4,4	–	151	–	2,0	2,5	3,0	3,4
126	2,3	3,0	3,6	4,3	–	152	–	2,0	2,5	2,9	3,4
127	2,2	2,9	3,5	4,2	–	153	–	2,0	2,4	2,9	3,3
128	2,2	2,8	3,5	4,2	4,8	154	–	2,0	2,4	2,8	3,3
129	2,2	2,8	3,4	4,1	4,8	155	–	1,9	2,4	2,8	3,2
130	2,1	2,7	3,4	4,0	4,7	156	–	1,9	2,3	2,8	3,2
131	2,1	2,7	3,4	4,0	4,6	157	–	1,9	2,3	2,7	3,2
132	2,0	2,7	3,3	3,9	4,5	158	–	1,8	2,3	2,7	3,1
133	2,0	2,6	3,2	3,8	4,4	159	–	1,8	2,2	2,7	3,1
134	2,0	2,6	3,2	3,8	4,4	160	–	1,8	2,2	2,6	3,0
135	2,0	2,6	3,1	3,7	4,3	161	–	1,8	2,2	2,6	3,0
136	1,9	2,5	3,1	3,6	4,2	162	–	1,8	2,2	2,6	3,0
137	1,9	2,5	3,0	3,6	4,2	163	–	1,7	2,2	2,6	2,9
138	1,8	2,4	3,0	3,5	4,1	164	–	1,7	2,1	2,5	2,9
139	1,8	2,4	2,9	3,5	4,0	165	–	1,7	2,1	2,5	2,9
140	1,8	2,4	2,8	3,4	4,0	166	–	1,7	2,1	2,5	2,8
141	1,8	2,3	2,8	3,4	3,9	167	–	1,6	2,1	2,4	2,8
142	1,7	2,3	2,8	3,3	3,9	168	–	1,6	2,0	2,4	2,8
143	1,7	2,2	2,7	3,3	3,8	169	–	1,6	2,0	2,4	2,8
144	1,7	2,2	2,7	3,2	3,8	170	–	1,6	2,0	2,4	2,7
145	1,6	2,2	2,7	3,2	3,7	–	–	–	–	–	–

Определение величины PWC_{170} с помощью специального модуля АПК «Истоки здоровья»

Тест выполняется с помощью велоэргометра или с использованием ступенек разной высоты. Особенность и преимущество выполнения теста с помощью АПК – посекундная запись ЧСС во время нагрузки и в фазе отдыха с помощью кардиодатчика с возможностью визуализации пульсограммы и последующей ее распечатки (**рис. 7 см. на вклейке**). Мощность первой нагрузки (при велоэргометрии) или скорость на шагивания на ступень (при степ-тесте) определяется автоматически на основании результата предварительной оценки уровня физического здоровья по Апанасенко. Мощность второй нагрузки также определяется автоматически по реакции ЧСС на 1-ую нагрузку, после чего автоматически вычисляется величина PWC_{170} абсолютная, относительная, МПК фактическое и МПК должное.

Для оценки относительных значений фактического МПК, определенного любым способом, его сравнивают с должным МПК (ДМПК), который можно рассчитать по следующим формулам:

Для мужчин: $ДМПК(мл/мин/кг) = 52 - (0,25 \times \text{возраст})$

Для женщин: $ДМПК(мл/мин/кг) = 52 - (0,20 \times \text{возраст})$

Прямые методы определения МПК

В 1955 году V. Bohlaу сообщил об изобретенном им способе непрерывной регистрации потребления кислорода в покое и при выполнении физической нагрузки, который был назван впоследствии спироэргометрией (**рис. 8 см. на вклейке**).

Целью спироэргометрии является получение информации о работе кардиореспираторной системы. Это осуществляется посредством непрерывной регистрации и анализа выдыхаемого воздуха по легочным объемам, а также поглощенным и выделяемым газам (O_2 и CO_2) в процессе выполнения испытуемым физической нагрузки. Анализ изменений этих показателей позволяет определить общую физическую работоспособность, аэробную и анаэробную производительность организма, анаэробный порог и другие параметры, позволяющие прогнозировать долгосрочную функциональную активность и разрабатывать рекомендации по коррекции тренировочных нагрузок.

В практике спортивных тестирований спироэргометрию чаще всего проводят с целью определения МПК, ПАНО и других показателей газообмена при выполнении максимальных нагрузочных тестов. Для

этой цели используют велоэргометрическую нагрузку под контролем ЭКГ ступенчатоповышающейся мощности «до отказа», с длительностью каждой ступени 3 мин. (для достижения стабилизации регистрируемых показателей), мощность нагрузки рассчитывают исходя из массы тела спортсмена – 1 Вт на кг.

Исследование газообмена проводится ежеминутно в состоянии покоя – 3 мин. (Baseline), во время работы (Exercise) и в течение 10 минут восстановительного периода (Recovery) с регистрацией показателей газообмена с текущей и последующей компьютерной обработкой в виде таблиц и графиков.

В процессе тестирования регистрируются основные показатели газообмена (табл. 8): число дыханий в минуту (RR), дыхательный объем (TV), кислородный пульс (O_2 puls), потребление кислорода (VO_2), потребление кислорода на 1 кг массы тела (VO_2 /kg), вентиляция легких (VE), выделение углекислого газа (VCO_2), дыхательный коэффициент (RQ), вентиляционный эквивалент (VEO_2). В протокол тестирования включены показатели, регистрируемые электрокардиографом и велоэргометром: ЧСС (HR), АД сист. (SBP), АД диаст. (DBP), мощность нагрузки в Вт (work) (табл. 8).

До начала тестирования рассчитываются ряд должных индивидуальных величин, предусмотренных программой газоанализа, исходя из антропометрических данных обследуемого, возраста, пола. Рассчитывается индивидуальное должное МПК (VO_2 max), потребление кислорода в покое (REST VO_2), «идеальная» масса тела (PRED WT kg), рекомендуемое потребление ккал в день (KCAL/DAY), максимально допустимый пульс (HRmax).

Общепризнанным критерием оценки физической работоспособности является потребления кислорода в условиях максимальной мышечной нагрузки. При этом максимальной принято считать нагрузку такой мощности, повышение которой уже не сопровождается ростом потребления кислорода, то есть нагрузку, исчерпывающую резервы организма по снабжению работающих мышц источниками энергии (рис. 9).

В среднем МПК у лиц с разным физическим состоянием составляет от 2,5 ...4,5 л/мин, а у спортсменов в циклических видах спорта – 4,5 ...6,5 л/мин (табл. 9, 10).

Таблица 8

Протокол спирометрического тестирования.
Research Department of Human Functional Abilities
Moscow Medical Academy

SPIROEGOMETRY MAIN PROFIL														
MIN	WORK	HR	O ₂ PULS	VEBTPS	RR	TV	SBP	DBP	VO ₂	VO ₂ /KG	VCO ₂	R	VEO ₂	VECO ₂
ACTIVE WARMUP														
00:01:00		73	4,7	13,3	17	0,66	108	73	344	5,92	309	0,90	39	43
00:02:00		81	3,7	11,7	19	0,60	109	73	302	5,21	261	0,86	39	45
00:03:00		78	4,0	11,7	19	0,62	104	71	315	5,43	267	0,85	37	44
00:04:00	50	98	7,9	20,6	23	0,91	133	67	775	13,36	575	0,74	27	36
00:05:00	50	94	10,6	23,7	26	0,90	121	68	994	17,14	695	0,70	24	34
00:06:00	50	92	11,4	26,6	26	1,01	118	67	1053	18,15	801	0,76	25	33
00:07:00	100	116	12,2	33,2	27	1,23	116	62	1414	24,38	1082	0,77	23	31
00:08:00	100	118	13,6	38,7	28	1,36	147	66	1577	27,18	1286	0,82	25	30
00:09:00	100	112	14,4	41,4	29	1,44	154	69	1551	26,67	1352	0,87	26	30
00:10:00	150	138	14,1	46,9	30	1,58	156	66	1944	33,52	1631	0,84	24	29
00:11:00	150	135	15,7	55,6	31	1,78	168	75	2118	36,53	1930	0,91	26	29
00:12:00	150	138	16,3	55,4	31	1,73	173	61	2256	38,90	1965	0,87	25	28
00:13:00	200	157	16,1	64,2	33	1,93	175	55	2582	43,59	2245	0,89	25	29

Таблица 8 (продолжение)

Протокол спирометрического тестирования.
Research Department of Human Functional Abilities
Moscow Medical Academy

SPIROEGOMETRY MAIN PROFIL														
MIN	WORK	HR	O ₂ PULS	VEBTPS	RR	TV	SBP	DBP	VO ₂	VO ₂ /KG	VCO ₂	R	VEO ₂	VECO ₂
00:14:00	200	161	17,3	75,0	35	2,14	178	75	2792	48,13	2606	0,93	27	29
00:15:00	200	163	17,4	76,7	35	2,17	184	62	2839	48,95	2642	0,92	27	29
00:16:00	250	172	18,5	85,2	39	2,20	186	54	3186	54,93	2937	1,01	29	29
00:17:00	250	179	18,0	93,9	41	2,28	185	65	3217	55,46	3217	1,02	29	29
ACTIVE RECOVERY														
00:18:00		125	17,7	79,9	38	2,08	175	75	2342	40,38	2830	1,21	34	28
00:19:00		101	9,7	43,9	32	1,39	165	84	983	16,94	1342	1,37	45	33
00:20:00		99	6,9	31,6	30	1,06	148	78	687	11,84	850	1,24	46	37
00:21:00		94	6,3	24,8	27	0,92	121	81	590	10,18	648	1,10	42	38
00:22:00		97	5,5	20,1	25	0,80	125	80	531	9,15	509	0,96	38	39
00:23:00		92	5,2	17,5	21	0,82	115	80	482	8,32	468	0,97	36	38
00:24:00		89	5,3	17,0	24	0,70	111	82	470	8,10	420	0,89	36	41
00:25:00		91	5,2	17,5	24	0,72	112	80	470	8,10	421	0,90	37	41
00:26:00		87	5,0	15,4	23	0,67	113	74	436	7,51	388	0,89	35	40
00:27:00		90	4,4	15,2	24	0,64	108	87	400	6,90	340	0,85	38	45

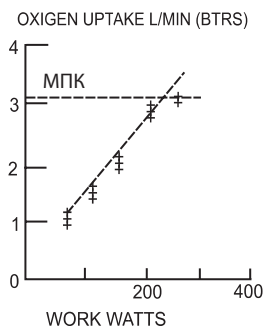


Рис. 9. Определение МПК на графике зависимости потребления кислорода от мощности нагрузки при спироэргометрии

Таблица 9

Оценка физической работоспособности по относительной величине МПК (мл/мин/кг) по К. Коопер

ФР	Моложе 30 лет	30–39 лет	40–49 лет	Старше 50 лет
Низкая	менее 25	менее 25	менее 25	–
Ниже средней	25–33,7	25–30,1	25–26,4	менее 25
Средняя	33,8–42,5	30,2–39,1	26,5–35,4	25–33,7
Выше средней	42,6–51,5	39,2–48	35,5–45	33,8–43
Высокая	51,6 и более	48,1 и более	45,1 и более	43,1 и более

Таблица 10

Средние величины МПК в скоростно-силовых спорта (по Карпману)

Спортивная специализация		МПК, л/мин		мл/мин на 1 кг веса	
		Мужчины	Женщины	Мужчины	Женщины
Лыжный спорт		5,6	3,8	83	64
Легкая атлетика	стайерский бег	4,8	–	79	–
	бег на 800 и 1500 м	5,4	–	75	–
	бег на 400 и 800 м	–	3,1	–	55
	бег на 400 м	4,9	–	67	–
Велосипедный спорт		5,2	–	79	–
Плавание		5,0	3,2	66	56
Фехтование		4,2	2,4	59	43
Тяжелая атлетика		4,5	–	56	–
Не занимающиеся спортом		3,4	2,2	44	39

Кислородное обеспечение нагрузки и физическая работоспособность при спироэргометрии анализируются по следующим параметрам:

- Время работы (T) мин.
- Объем выполненной работы (A_{ob}) – кгм
- Объем выполненной работы на 1 кг веса ($A_{ob/kg}$) – кгм/кг
- Максимальная мощность выполненной нагрузки (W_{max}) – Вт
- Критическая мощность (W_{cr}) – Вт
- PWC_{170} – кгм
- Максимальное потребление кислорода ($VO_2 max$) – мл/мин
- Максимальное потребление кислорода на 1 кг (VO_2/kg) – мл/кг
- Кислородная стоимость работы определяется как суммарное потребление кислорода во время всей нагрузки, потраченное на выполнение 1 кгм работы ($O_2 i/A$) – мл/кгм
- Максимальная легочная вентиляция ($VE max$) – л/мин
- Дыхательный коэффициент (RQ)
- Общий кислородный долг – дополнительное потребление кислорода в послерабочем периоде по сравнению с уровнем покоя ($O_2 D$) – л/мин
- Общий кислородный долг на 1 кг ($O_2 D/kg$) – мл/кг
- Кислородный долг на единицу выполненной работы ($O_2 D/A$) – мл/кгм
- ЧСС в покое, макс., на 5 и 10 мин. восстановления ($Ps_{bas, max, 5', 10'}$)
- АД в покое, макс., на 5 и 10 мин. восстановления ($SBP/DBP_{bas, max, 5', 10'}$)

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОРОГА АНАЭРОБНОГО ОБМЕНА

Важной характеристикой кислородного обеспечения нагрузки является ПАНО – порог анаэробного обмена – мощность нагрузки при работе возрастающей интенсивности, при которой начинаются улавливаемые лабораторными методами анаэробные процессы энергообеспечения. **ПАНО – порог анаэробного обмена** определяет соотношение аэробных и анаэробных механизмов энергообеспечения.

Обычно ПАНО определяют по началу резкого, крутого изменения (излома) целого ряда физиологических кривых на графике зависимости этих показателей от мощности выполненной нагрузки. К числу таких показателей относят содержание лактата, рН, содержание бу-

ферных оснований в крови, легочную вентиляцию, дыхательный коэффициент, «неметаболический избышек CO_2 » и др., которые коррелируют с содержанием лактата и буферных оснований в крови.

Из неинвазивных методик самым популярным методом определения ПАНО является резкое увеличение вентиляции или вентиляционного эквивалента по кислороду (рис. 10) на графике зависимости этих показателей от времени выполнения теста.

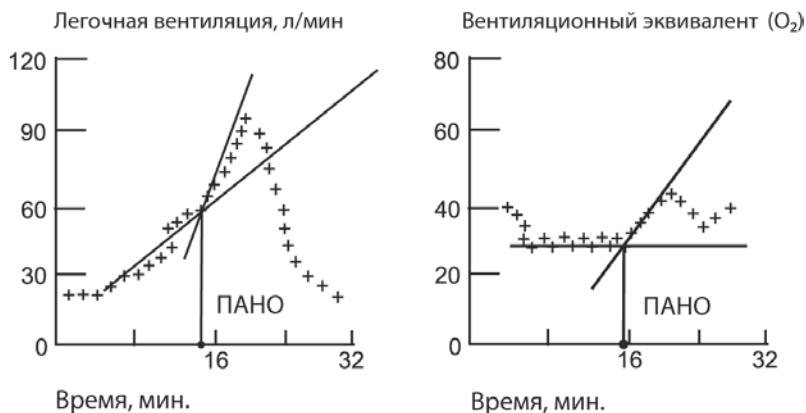


Рис. 10. Графическое определение ПАНО по легочной вентиляции и вентиляционному эквиваленту

Определение ПАНО по уровню лактата

В покое у здорового человека концентрация лактата составляет 1–2 ммоль/л. Концентрация лактата на уровне 2–4 ммоль/л соответствует аэробно-анаэробной транзитной зоне. При выполнении ступенчатовозрастающего теста превышение уровня 4 ммоль/л, как правило, свидетельствует о достижении ПАНО. Резкое увеличение концентрации лактата обычно коррелирует с неинвазивными методиками определения ПАНО по резкому увеличению вентиляции и вентиляционного эквивалента по кислороду.

На основании анализа графиков газоанализа и концентрации молочной кислоты определяют следующие характеристики ПАНО для изучения соотношения аэробных и анаэробных механизмов энергообеспечения и составления рекомендаций по дальнейшему плану тренировочных нагрузок:

- Время ПАНО – мин.
- Мощность ПАНО – Вт
- Пульс ПАНО – уд/мин
- Интенсивность ПАНО – отношение PO_2 на уровне ПАНО к МПК – %

ОПРЕДЕЛЕНИЕ НАПРАВЛЕННОСТИ ТРЕНИРОВОЧНОГО ПРОЦЕССА ПО ПОКАЗАТЕЛЮ ПАНО

Определение ПАНО позволяет целенаправленно определять зоны интенсивности тренировочных нагрузок. Наилучшим ориентиром для определения зон интенсивности нагрузки является индивидуальный анаэробный порог спортсмена – ЧСС на уровне ПАНО, когда концентрация лактата приближается к 4 ммоль/л и отмечаются другие признаки его достижения.

Поскольку анаэробный порог – это та интенсивность нагрузки, выше которой начинают превалировать анаэробные механизмы энергообеспечения, а в мышцах повышается концентрация молочной кислоты, то, целенаправленно занимаясь ниже или выше этого уровня, можно повышать аэробную или анаэробную работоспособность организма. Если необоснованно часто тренироваться с интенсивностью выше анаэробного порога, аэробные способности организма могут ухудшиться. Кроме того, анаэробный порог – это максимальная скорость бега, езды на велосипеде, передвижения на лыжах или в воде, которую спортсмен может поддерживать в течение длительного времени, не испытывая при этом преждевременной усталости. Эта скорость называется пороговой. Именно от пороговой скорости зависит результат спортсмена на длинных дистанциях. Установлено, что тренировки на уровне анаэробного порога в наибольшей степени способствуют увеличению пороговой скорости.

Величина анаэробного порога для всех спортсменов примерно равна $90\% \text{ ЧСС}_{\text{макс}}$. Однако в действительности уровень анаэробного порога может существенно различаться у разных спортсменов, в зависимости от их специализации и уровня тренированности. У спортсмена-любителя уровень анаэробного порога может составлять $75\% \text{ ЧСС}_{\text{макс}}$, а у высококвалифицированного спортсмена – $95\% \text{ ЧСС}_{\text{макс}}$. Вот почему так важно определять ПАНО с помощью спироэргометрии в максимальных тестах.

Основная часть тренировочной программы спортсмена, тренирующегося на выносливость, должна выполняться на уровне пульса ПАНО, который определяется при спироэргометрии (концентрация лактата 2–4 ммоль/л), то есть не выше анаэробного порога. Во время восстановительных тренировок рекомендуемая ЧСС должна составлять 60–80% от пульса ПАНО, при этом уровень лактата не должен превышать 2 ммоль/л.

По результатам тестирования формулируется заключение, даются рекомендации по коррекции тренировочной нагрузки (аэробной или анаэробной направленности), а при необходимости назначаются восстановительные процедуры и необходимая фармакологическая поддержка.

КОНТРОЛЬ НАПРАВЛЕННОСТИ ТРЕНИРОВОЧНОГО ПРОЦЕССА С УЧЕТОМ РЕКОМЕНДАЦИЙ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ТЕСТИРОВАНИЯ

Определение параметров ПАНО позволяет вносить целенаправленные коррективы в тренировочную нагрузку, придавая ей по необходимости аэробную или анаэробную (скоростно-силовую) направленность. Определяя ЧСС ПАНО, врач рекомендует придерживаться этого значения пульса для увеличения аэробной производительности организма. Выполнение нагрузок с ЧСС, превышающей это значение, позволяет увеличивать анаэробную работоспособность.

На практике в процессе тренировки довольно сложно контролировать пребывание спортсмена в целевой зоне пульса без использования телеметрического контроля ЧСС с помощью **мониторов сердечного ритма** (POLAR, Kardiotest и др). В настоящее время это самый современный, удобный и эффективный способ непрерывного врачебно-педагогического наблюдения, позволяющий регистрировать ЧСС в течение всей тренировки с возможностью последующего анализа пульсограммы выполненной нагрузки и восстановительного периода.

В комплект оборудования для кардиомониторирования входит нагрудный датчик и приемник-монитор, располагаемый на запястье в виде наручных часов. Нагрудный датчик передает сигналы о работе сердца на приемник-монитор в течение всей тренировки и в восста-

новительном периоде (возможность непрерывной записи информации до 48 часов) с точностью, достоверно коррелирующей с данными ЭКГ. Компьютерная программа монитора обрабатывает полученную информацию и формирует информационные и корректирующие сигналы. На экране приемника монитора в зависимости от модели отражена информация о времени, реальной ЧСС в данный момент (в абсолютном значении или в % от максимума, определяемого по возрасту пользователя), заданных границах индивидуальной целевой зоны сердечного ритма, энергетической стоимости работы в ккал, скорости ходьбы или бега, интенсивности педалирования, общей протяженности дистанции, уровне высоты над уровнем моря, атмосферном давлении и температуре окружающей среды и т.д.

Использование мониторов сердечного ритма обеспечивает безопасность тренировок за счет включения предупреждающего звукового сигнала при достижении максимально допустимого пульса, который устанавливается предварительно врачом по результатам нагрузочного тестирования. Помимо обеспечения безопасности занятий использование кардиомониторов позволяет повысить эффективность тренировки за счет контроля интенсивности выполняемой нагрузки в соответствии с индивидуальной целевой зоной пульса (**рис. 11 см. на вклейке**). Целевая зона пульса определяется предварительно по показателям ПАНО и рассчитывается в зависимости от рекомендуемой тренировочной направленности (аэробной или анаэробной). Проконтролировать эффективность конкретной тренировки можно не только по итоговому отчетному протоколу, где в абсолютных цифрах или в процентном отношении указывается время работы в определенной целевой зоне пульса (**рис. 12 см. на вклейке**), но и непосредственно в процессе выполнения нагрузки. Звуковые сигналы информируют спортсмена при выходе за нижнюю или верхнюю границу ЧСС.

После тренировки полную информацию о выполненной нагрузке и реакции на нее можно передать через инфракрасный порт в персональный компьютер спортивного врача.

Современное программное обеспечение позволяет хранить и обрабатывать полученную информацию, составлять наглядные отчеты, осуществлять планирование нагрузок различной направленности, вести индивидуальные дневники тренировок для каждого спортсмена, передавать данные по электронной почте.

Оценка адаптационных резервов организма спортсменов

Традиционные диагностические технологии клинической медицины чаще определяют состояние здоровья с точки зрения наличия или отсутствия патологических изменений, а технологии спортивной и восстановительной медицины – с точки зрения оценки резервов адаптации.

В настоящее время с позиции теории адаптации здоровье человека оценивается как степень адаптированности организма к условиям окружающей среды, ее физическим, психическим и социальным воздействиям. Переход из состояния здоровья к болезни идет через последовательные стадии дезадаптационного процесса. Это особенно актуально для спортсменов, постоянно подвергающихся воздействию предельных физических, психологических и других нагрузок.

До недавнего времени медицина практически не уделяла внимания функциональным состояниям, где на первом плане стоят не конкретные симптомы болезни, а нарушение способности организма адаптироваться к условиям окружающей среды, обусловленное снижением его функциональных резервов. Адаптация или приспособление к новым условиям происходит благодаря мобилизации функциональных резервов и требует определенного напряжения регуляторных систем. Проблема состоит в том, чтобы «цена адаптации» не выходила за пределы индивидуального «лимита», не приводила к перенапряжению и истощению механизмов регуляции.

Суммарная величина мощностей функциональных систем, характеризующих количество здоровья человека, определяет его жизне- и трудоспособность, а для спортсменов – еще и профессиональную состоятельность и возможность достижения высоких спортивных результатов, так как роль резервов организма возрастает при изменении условий окружающей среды, в субэкстремальных и экстремальных ситуациях жизни, особенно при напряженной спортивной деятельности.

Эффективность использования положительной динамики адаптации для повышения работоспособности, профилактики физического перенапряжения во многом зависит от объективной оценки функционального состояния организма спортсмена. Отсутствие четкого представления о границах резервных возможностей человека является, с одной стороны, препятствием к достижению высоких спортивных результатов, а с другой – может привести к различным нарушениям в организме из-за несоответствия величины тренировочных физических нагрузок его адаптационным возможностям.

Р. М. Баевский и А. П. Берсенева в своей работе «Оценка адаптационных возможностей организма и риска развития заболеваний» предлагают косвенно оценивать функциональные резервы организма на основе сопоставления двух измеряемых показателей – уровня функционирования доминирующей системы и степени напряжения регуляторных систем:

$$\Phi P = U\Phi / CH ,$$

где ΦP – функциональный резерв организма; $U\Phi$ – уровень функционирования системы; CH – степень напряжения.

Функциональный резерв может быть определен непосредственно на основании результатов функционально-нагрузочных тестов. Чем он выше, тем меньше усилий требуется организму для адаптации к обычным условиям существования в условиях покоя. Резервные «мощности» функциональной системы (кровообращения либо другой) создают запас прочности на случай неадекватных воздействий. Любые неблагоприятные факторы, в том числе чрезмерные физические нагрузки, приводят к напряжению регуляторных механизмов, что при достаточно высоком уровне функционирования системы («числитель» формулы) и небольшом напряжении регуляторных систем («знаменатель» формулы) не приводит к срыву адаптации.

Большинство известных и широко практикуемых в клинической медицине функционально-нагрузочных тестов направлено на изучение уровня функционирования доминирующих систем, чаще всего сердечно-сосудистой и дыхательной (например, показатель МПК для оценки резервных мощностей кардиореспираторной системы). Это «числитель» приведенной выше формулы. С позиций теории адаптации не менее важно определение величины «знаменателя». К сожалению, традиционная функциональная диагностика не акцентирует на нем внимание, хотя очевидно, что даже при очень высоком уровне функционирования системы (например, высоком МПК) при значительном напряжении регуляторных механизмов (выраженном функциональном напряжении) резервы здоровья невелики и могут граничить с уровнем срыва адаптации. Это особенно важно при обследовании спортсменов для прогнозирования пика спортивной формы и профилактики физического перенапряжения.

Для исследования и оценки процессов регуляции в организме, для определения степени напряжения регуляторных систем («знамена-

тель» в формуле Р. М. Баевского) в настоящее время широкое распространение получил метод анализа **вариабельности сердечного ритма (ВРС)**, объективно отражающий состояние нейрогуморальной регуляции и позволяющий на этой основе оценить общее функциональное состояние и адаптационные резервы организма.

Принимая во внимание универсальность участия нейрогуморальной регуляции в различных физиологических и патологических процессах, быстроту ее реагирования на внешние и внутренние изменения, опережающие клинико-лабораторную картину, исследование и оценка нейрогуморальной регуляции является основой всей системы донозологической диагностики и оценки состояния здоровья человека, функционального состояния и резервов адаптации.

Оценка «здоровья здорового человека», физиологическая цена деятельности, динамический контроль за лицами, ведущими активный образ жизни, и спортсменами, раннее выявление признаков физического перенапряжения и состояния перетренированности, контроль процесса физической тренировки с целью его оптимизации – самые приоритетные направления использования ВРС в спортивной и восстановительной медицине.

Анализ вариабельности сердечного ритма отвечает всем медицинским, социальным и экономическим требованиям, предъявляемым к методам донозологической диагностики, которые должны быть экспрессивными, неинвазивными, фундаментально обоснованными и апробированными на достаточно широком контингенте.

Тест вариационной пульсометрии (по Р. М. Баевскому)

Регуляция сердечного ритма в физиологических условиях является результатом ритмической активности синусового узла и модулирующего влияния вегетативной, центральной нервных систем и ряда гуморальных воздействий. Иерархическая структура управления ритмом сердца – это последовательность включения этих уровней регуляции.

Изменение сердечного ритма – универсальная оперативная реакция целостного организма на любое воздействие внешней среды. Информация о том, какова «цена» этой адаптации, содержится в волновой структуре сердечного ритма и может быть выявлена с помощью математического анализа ряда кардиоинтервалов.

В основе авторского (Баевский Р. М.) алгоритма вычисления показателя активности регуляторных систем (ПАРС), использованного

в АПК «Истоки здоровья», лежит гипотеза о двухконтурной модели управления сердечным ритмом, исходящая из наличия дыхательной и недыхательной компонент синусовой аритмии. При этом низший контур управления рассматривается как автономный. Элементы этого контура (синусовый узел, ядра блуждающего нерва, дыхательный центр) представляют собой достаточно обособленную систему со специфической, независимой периодикой, определяемой частотой дыхания. Высший контур является центральным и связан с недыхательной компонентой синусовой аритмии. Он представляет собой сложную суперпозицию колебаний с различным периодом и трендом, обусловленных непрерывной функциональной перестройкой системы управления ритмом сердца со стороны вегетативной нервной системы, подкорковых вазомоторных центров, гуморально-метаболических и других факторов.

При оптимальном регулировании управления участие высших уровней минимально. Деятельность «низших» уровней при этом «освобождает» высшие от необходимости постоянного участия в локальных регуляторных процессах. В случае, когда низшие уровни не справляются со своими функциями, когда необходима координация деятельности нескольких подсистем, уравнивание организма со средой идет за счет напряжения механизмов регуляции. Чем выше централизация управления ритмом сердца, тем выше «физиологическая цена» адаптации.

Отклонения, возникающие в регулирующих системах, предшествуют гемодинамическим, метаболическим, энергетическим нарушениям, а следовательно, являются наиболее ранним прогностическим признаком неблагополучия обследуемого. Сердечный ритм служит индикатором этих отклонений, поэтому исследование ВРС имеет важное прогностическое и диагностическое значение как при обследовании практически здоровых людей, спортсменов, так и для больных с разной патологией.

Р. М. Баевский предлагает классифицировать состояния системы регуляции ритма сердца по пяти характеристикам:

- суммарному эффекту всех регуляторных воздействий;
- функции автоматизма сердечной мышцы;
- вегетативному гомеостазу;
- устойчивости регуляции;
- состоянию подкорковых нервных центров.

Суммарный эффект регуляции. Для его оценки используются общепринятые понятия нормо-, бради- и тахикардии. Брадикардия и тахикардия разделены на умеренную и выраженную. Границы классов выбраны по данным литературы.

Функция автоматизма. В используемой методике оценка функции автоматизма преследует ограниченные цели: выделение состояний синусовой аритмии, изоритмии и гетеротопных нарушений автоматизма. Для этого используются три статистических показателя (ΔX , σ , V), характеризующие степень вариабельности RR-интервалов.

Вегетативный гомеостаз. Математический анализ сердечного ритма является специфическим методом оценки вегетативного гомеостаза. Выделяются умеренные и выраженные степени преобладания тонуса симпатической (СНС) или парасимпатической (ПСНС) нервной системы на основании оценки значений ΔX , АМо, Ин (табл. 11).

Устойчивость регуляции. Система регуляции ритма сердца чрезвычайно сложна и состоит из множества функциональных элементов. В используемой методике выделяются 4 варианта дисрегуляции ритма сердца:

Т а б л и ц а 11

Условные диапазоны колебаний математико-статистических показателей сердечного ритма

№	Обозначения показателей	Единица измерения	Диапазоны колебаний	Рабочие формулы
1.	М	сек.	0,4–1,4	
2.	σ	сек.	0,01–0,20	
3.	V	%	1,0–15,0	100 σ /М
4.	Мо	сек.	0,4–1,4	
5.	ΔX	сек.	0,05–0,95	
6.	АМо	%	5–100	
7.	Ин	б/р	5–5000	АМо/2 ΔX Мо
8.	мо	б/р	1–50	
9.	IK	б/р	(–0,5)–(+0,95)	
10.	SD	б/р	0,002–0,20	
11.	Sm	б/р	0,005–0,50	
12.	So	б/р	0,10–0,80	

1. Преходящие явления опережающего включения отдельных систем регуляции (преобладание нервного или гуморального, симпатического или парасимпатического элементов).

2. Дисрегуляция с преобладанием парасимпатической нервной системы.

3. Дисрегуляция с преобладанием симпатической нервной системы.

4. Дисрегуляция центрального типа. Обусловлена возбуждением центрального контура управления, влияющим как на симпатический, так и на парасимпатический отделы ВНС.

Активность подкорковых центров. Усиление медленных волн указывает на активизацию подкорковых нервных центров, возможно, на преобладание активности кардиостимулирующего центра.

Каждая из 5 характеристик по результатам тестирования оценивается в баллах от «-2» до «+2».

Например:

<u>Сумарный эффект регуляции</u> – ЧСС	
-2 балла выраженная тахикардия:	ЧСС >90
-1 балл умеренная тахикардия:	$75 < \text{ЧСС} \leq 90$
0 баллов нормокардия:	$60 < \text{ЧСС} \leq 75$
+1 балл умеренная брадикардия:	$50 < \text{ЧСС} \leq 60$
+2 балла выраженная брадикардия:	ЧСС ≤ 50

Аналогичным образом оцениваются в баллах: функция автоматизма; вегетативный гомеостаз; устойчивость регуляции; активность подкорковых нервных центров, после чего определяется результирующий показатель – ПАРС.

В работе использовалась 10-балльная шкала оценок ФС, апробированная при исследованиях различных контингентов: космонавтов, спортсменов, здоровых людей разного возраста и пола, а также пациентов с различными заболеваниями. По этой шкале выделяются пять основных состояний (табл. 12):

Выполнение теста вариационной пульсометрии с использованием модуля АПК «Истоки здоровья»

Демонстрация для студентов

Методика тестирования. Тест вариационной пульсометрии выполняется в покое. Испытуемый с датчиком Кетлера на груди, ре-

Таблица 12

Оценка состояния регуляторных механизмов по значениям ПАРС

Состояния	ПАРС		
	Модуль	Отрицательные значения	Положительные значения
1. Норма	0–1	–1	=< +1
2. Умеренное функциональное напряжение	2–4	–2	=< +4
3. Выраженное функциональное напряжение	5–6	–2	=< +6
4. Резко выраженное функциональное напряжение	7–8	–2	=< +8
5. Истощение регуляторных систем	9–10	–2	=< +10

гистрирующим кардиосигналы, должен сидеть спокойно, дышать неглубоко, не разговаривать и не делать резких движений. Окружающая обстановка также не должна вызывать дополнительного эмоционального напряжения. Все перечисленные факторы могут исказить результаты тестирования, так как сердечный ритм – очень чувствительный показатель любых воздействий на организм. В течение минуты программа настраивается на прием кардиосигналов, затем регистрируются 100 кардиоинтервалов, длительность каждого из которых измеряется и оценивается с помощью математического анализа.

Интерпретация результатов (табл. 11)

1. Математическое ожидание (М) – средняя длительность кардиоинтервалов отражает средний уровень функционирования сердечно-сосудистой системы (синусового узла), является величиной, обратной частоте пульса.

2. Мода (Мо) характеризует наиболее вероятный уровень функционирования системы кровообращения (синусового узла). Совпадает с М при строго стационарных процессах. В переходных процессах отражает доминирующий уровень функционирования.

3. Среднеквадратическое отклонение (σ) указывает на суммарный эффект регуляции ритма сердца автономным и центральным контурами управления.

4. Вариационный размах (ΔX) при строго стационарных процессах по своей физиологической значимости не отличается от среднеквадратического отклонения. Указывает на максимальную амплитуду колебаний сердечного ритма, которая во многом зависит от влияния блуждающего нерва.

5. Коэффициент вариации (V) является нормированным показателем суммарной активности регуляторных механизмов.

6. Амплитуда моды (AMo) отражает эффект стабилизирующего влияния симпатического отдела вегетативной нервной системы.

7. Индекс напряжения регуляторных систем ($Ин$) – показатель суммарной активности центрального контура управления ритмом сердца.

8. Скорость затухания автокорреляционной функции (m_0) и значение коэффициента корреляции после первого сдвига (IK) отражают связь автономного контура с центральным. При этом степень доминирования центрального контура тем выше, чем больше произведение $IK \cdot m_0$.

9. Мощность спектра дыхательных волн (SD) указывает на степень активации автономного контура регуляции сердечного ритма (уровень саморегуляции).

10. Мощность спектра медленных волн (Sm и So) указывает на активность различных уровней центральной регуляции. Период медленных волн тем больше, чем более высокие уровни регуляции активно включены в деятельность управляющих механизмов.

В процессе тестирования с использованием специального модуля АПК «Истоки здоровья» и кардиодатчика автоматически строится гистограмма длительности кардиоинтервалов, выполняется спектральный анализ, строится график автокорреляционной функции, вычисляются все анализируемые показатели сердечного ритма и определяется показатель активности регуляторных систем (**рис. 13 см. на вклейке**).

Классификация состояния системы регуляции ритма сердца определяется по пяти характеристикам: суммарному эффекту всех регуляторных воздействий; функции автоматизма сердечной мышцы; вегетативному гомеостазу; устойчивости регуляции; состоянию под-

корковых нервных центров. Затем вычисляется показатель активности регуляторных систем (ПАРС) по 10-балльной шкале оценок для определения пяти основных состояний функциональных резервов и адаптационных возможностей:

1. НОРМА

Состояние полной или достаточной уравновешенности организма с внешней средой. Достаточные адаптационные резервы. Высокая (удовлетворительная) приспособляемость организма к текущим условиям достигается при минимальном напряжении регуляторных систем. ПАРС = 0–1.

2. УМЕРЕННОЕ ФУНКЦИОНАЛЬНОЕ НАПРЯЖЕНИЕ

Донозологические состояния, при которых функции организма реализуются более высоким, чем в норме, напряжением регуляторных систем. Возникают как результат высокой активности человека или после работы, к концу рабочего дня. Постоянное пребывание в этом состоянии указывает на то, что регуляторные механизмы работают с более высокой нагрузкой, чем это свойственно норме. ПАРС = 2–4.

3. ВЫРАЖЕННОЕ ФУНКЦИОНАЛЬНОЕ НАПРЯЖЕНИЕ

Преморбидное состояние, которое характеризуется снижением функциональных резервов. Характерно для лиц со снижением функциональных возможностей системы кровообращения, с неудовлетворительной адаптацией организма к условиям окружающей среды. У здорового человека такое состояние бывает во время интенсивной физической или умственной работы. Наличие этого состояния в покое является признаком неадекватного ответа организма на воздействие факторов окружающей среды. Состояние постоянного стресса ведет к ускоренному расходованию жизненных ресурсов и к развитию заболеваний. ПАРС = 5–6.

4. РЕЗКО ВЫРАЖЕННОЕ ФУНКЦИОНАЛЬНОЕ НАПРЯЖЕНИЕ

Состояние неудовлетворительной адаптации с резким снижением функциональных возможностей организма. Как правило, имеются симптомы тех или иных заболеваний. У здоровых людей может кратковременно возникать в моменты выполнения больших нагрузок (например, у спортсменов) или ответственных заданий (космонавты, летчики). У пациентов с различными заболеваниями это состояние указывает на недостаточность функциональных резервов, на истощение жизненных сил и требует серьезного отношения. ПАРС = 7–8.

5. АСТЕНИЗАЦИЯ (ИСТОЩЕНИЕ) РЕГУЛЯТОРНЫХ СИСТЕМ

Астенизация (истощение) регуляторных систем означает срыв адаптационных процессов, неспособность организма поддерживать равновесие с окружающей средой. Это патологическое состояние, требующее немедленного применения средств его коррекции в клинических условиях. ПАРС = 9–10.

Использование теста вариационной пульсометрии для определения текущего функционального состояния спортсменов.

Анализ вариабельности ритма сердца можно использовать в качестве современного метода врачебно-педагогических наблюдений для:

- оперативной экспресс-диагностики текущего функционального состояния;
- определения адаптационной «стоимости» конкретной тренировки конкретного спортсмена;
- определения функциональной готовности организма к очередной тренировке;
- оценки эффективности оздоровительных процедур и процессов восстановления.

Оценка тяжести тренировки, ее индивидуальной переносимости, оптимальности выполненной нагрузки проводится по показателю активности регуляторных систем (ПАРС), определяемому сразу после занятия, и по его динамике в сравнении с исходным значением. Это позволяет количественно определить адаптационную «стоимость» конкретной тренировки для конкретного спортсмена.

Пользуясь 10-балльной оценочной шкалой ПАРС, где 0–1 балл – норма; 2–4 балла – умеренное функциональное напряжение; 5–6 баллов – выраженное функциональное напряжение; 7–8 баллов – резко выраженное функциональное напряжение; 9–10 баллов – истощение регуляторных систем и срыв адаптации, спортивный врач может определить оптимальность и безопасность рекомендуемых тренировок.

Объем выполненной нагрузки можно считать допустимым, если ПАРС сразу после тренировки не превышает 6 баллов, что соответствует зоне выраженного функционального напряжения, и через час после окончания тренировки снижается не менее чем на 2 балла.

Оптимальность и эффективность тренировки по ее адаптационной «стоимости» можно определять по разнице между ПАРС исходным и посленагрузочным. Оптимальными можно считать сдвиги

исследуемого показателя на 2–4 балла (рис. 14). Большой прирост ПАРС означает чрезмерное функциональное напряжение регуля-

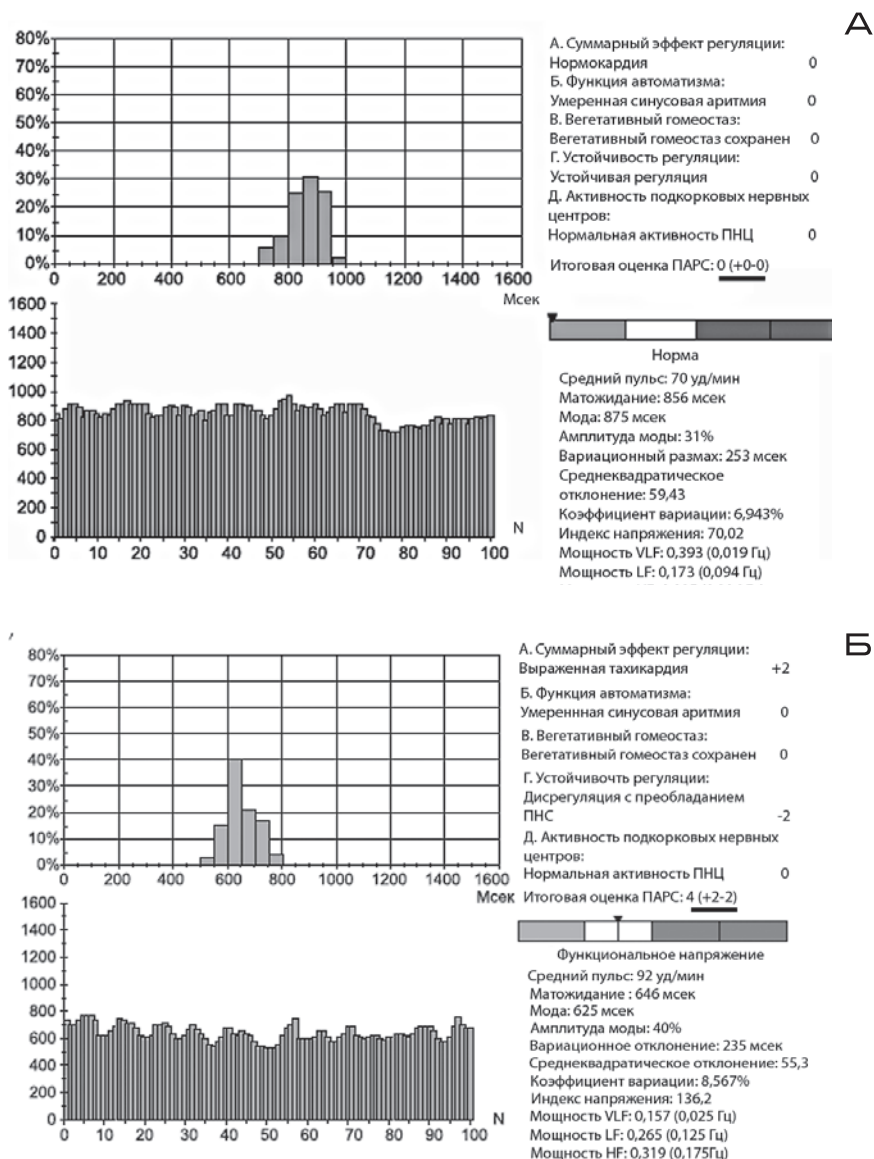


Рис. 14. Протокол теста вариационной пульсометрии обследуемого К*****
 а) ПАРС до тренировки 0 баллов. б) после тренировки – 4 балла

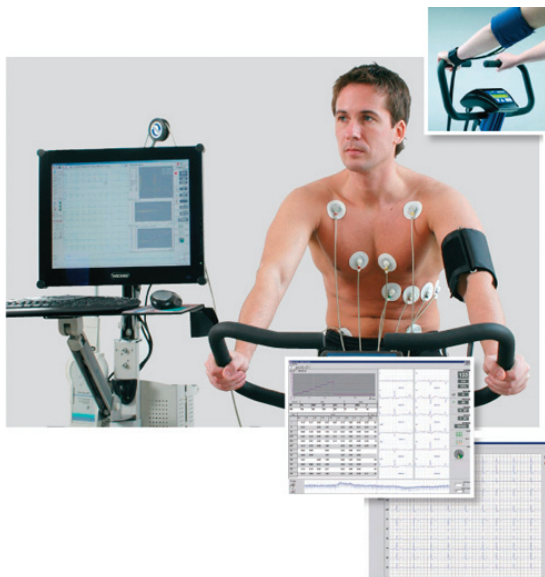
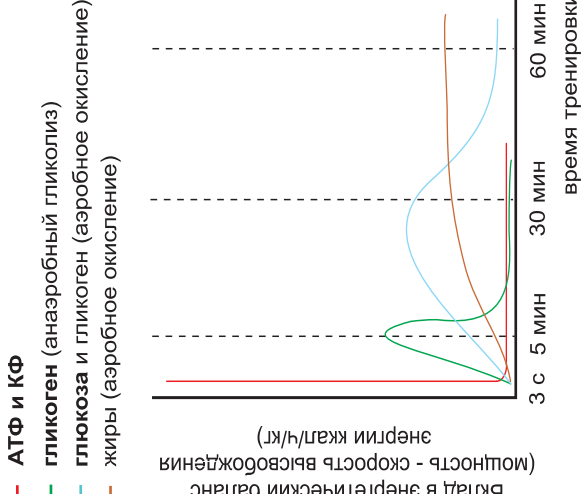


Рис. 2. Велоэргометрическое тестирование с контролем ЭКГ

ЭНЕРГООБЕСПЕЧЕНИЕ МЫШЕЧНОЙ РАБОТЫ

Вклад в энергообеспечение длитель-
ной физической нагрузки различных
источников энергии



Максимальная скорость образования энергии из различных
источников во время физических упражнений
(по В. Рогозкину с соавторами, 1989)

Источник энергии	Максимальная ско- рость образования богатых энергией фос- фатных связей, ммоль/ сек/кг мышцы	Количество в мышце, ммоль/кг	Максимальная скорость продукции энергии, ккал/ч/кг	Время поддержа- ния максимальной ско- рости энергообеспе- чения
АТФ	6,0	6,0	92,6	2 с
Креатинфосфат	6,0	18	92,6	3-5 с
Анаэробный гликолиз	1,5	76,5	23,1	2-3 мин
Аэробное окисление глюкозы и гликогена	0,5	3000	7,7	100 мин
Аэробное окисление жирных кислот	0,24	Не лимити- ровано	3,7	Не лимити- ровано

Рис. 3. Энергообеспечение мышечной деятельности

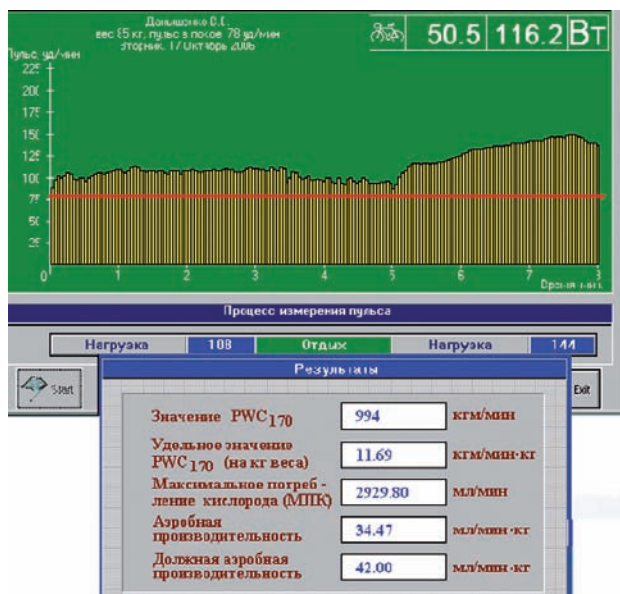


Рис. 7. Пульсограмма и протокол теста PWC_{170} , выполненного с помощью АПК «Истоки здоровья»



Рис. 8. Спирометрическое тестирование

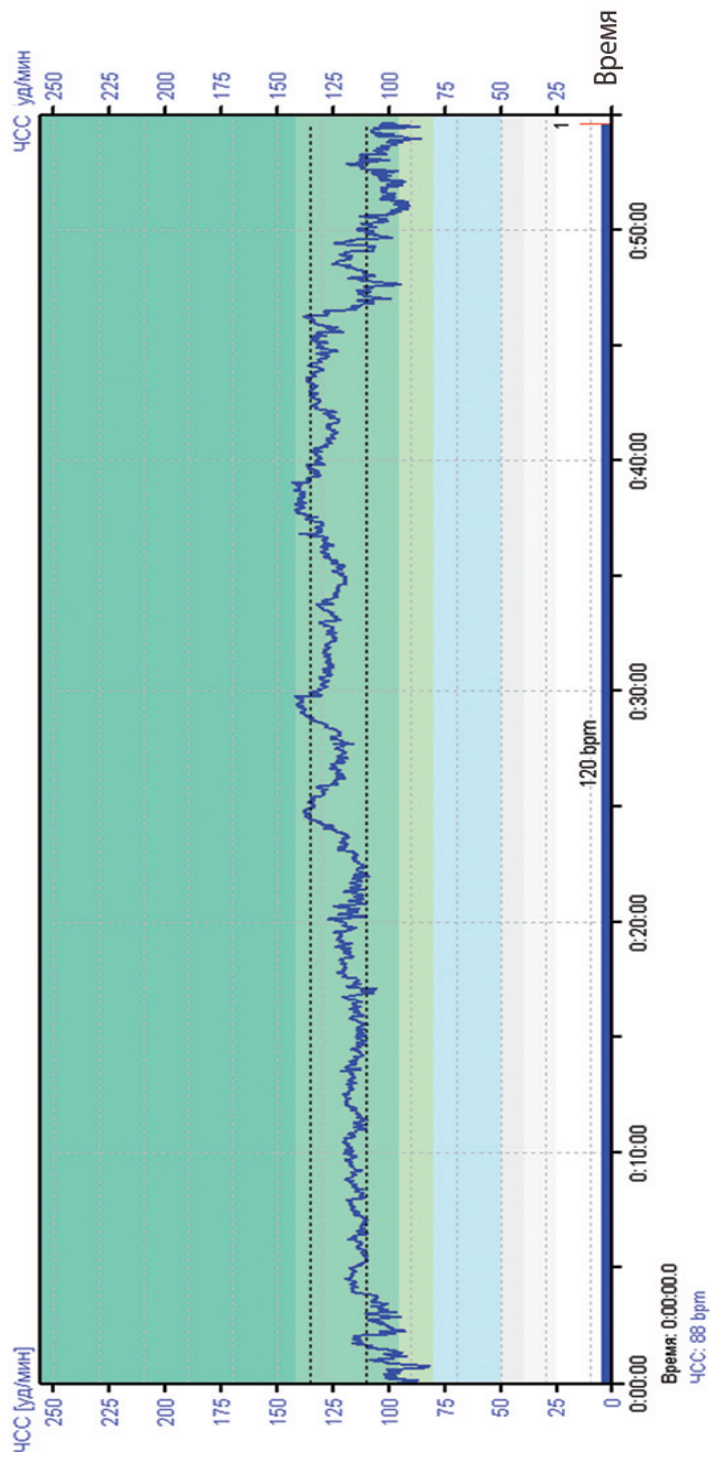


Рис. 11. Пульсограмма тренировки (пунктиром обозначена целевая зона пульса)

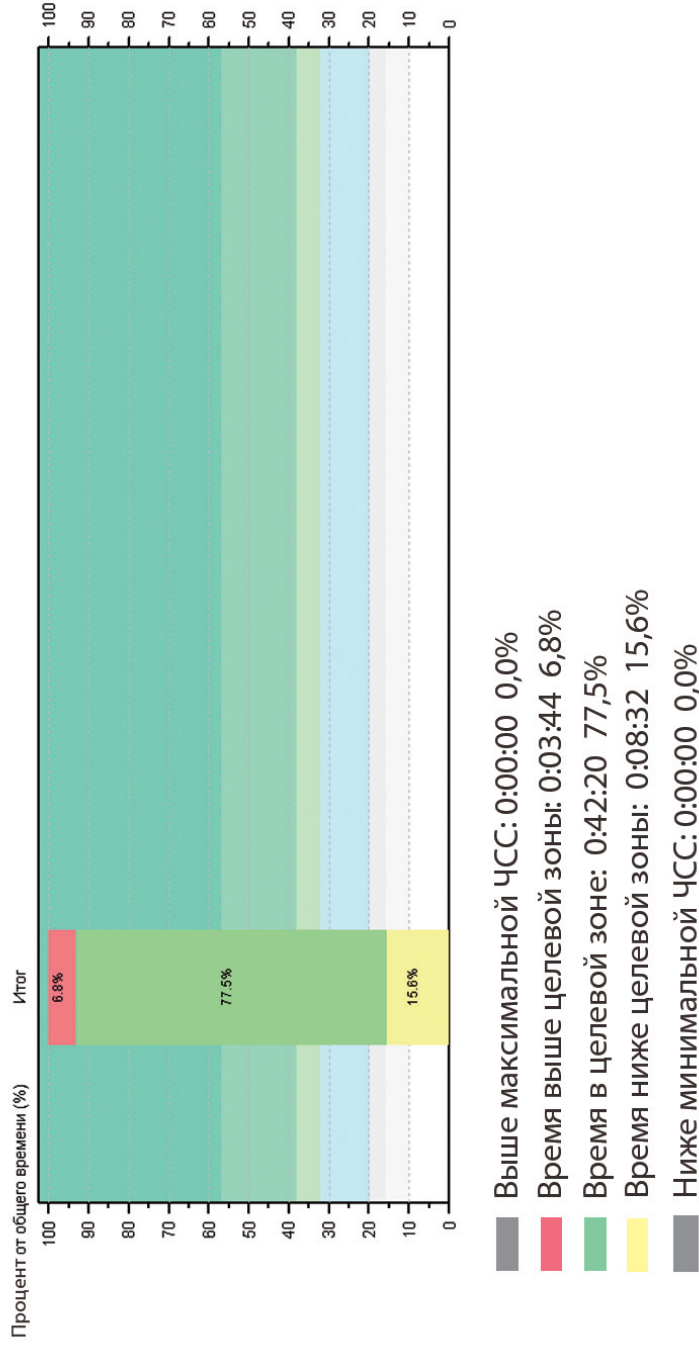


Рис.12. Столбчатая диаграмма эффективности выполненной нагрузки (зеленым цветом выделено время пребывания(77,5%) в целевой зоне пульса

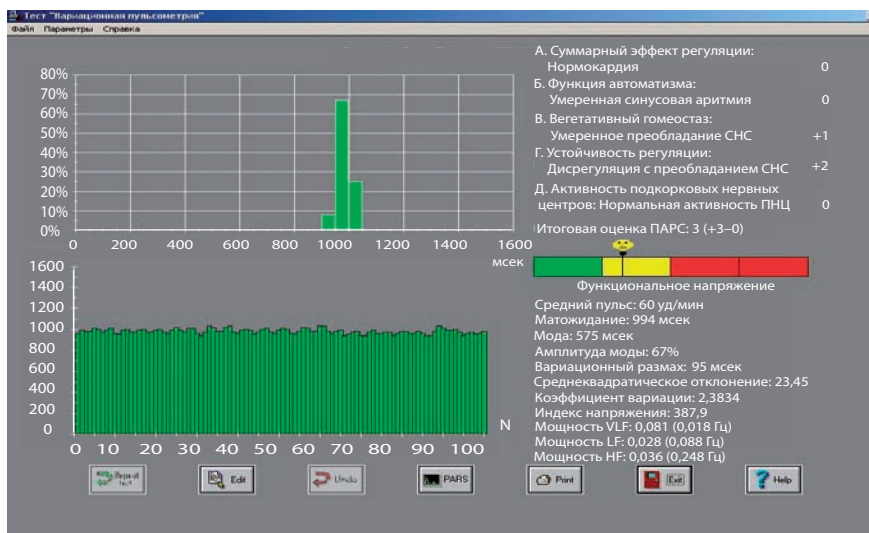


Рис. 13. Протокол теста вариационной пульсометрии (по Р. М. Баевскому) с использованием соответствующего модуля АПК «Истоки здоровья»

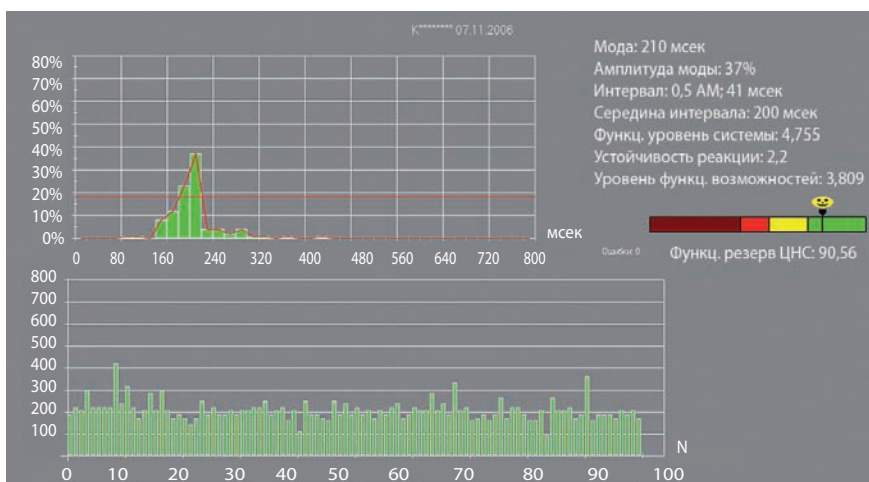


Рис.15. Протокол теста зрительно-моторной реакции с использованием соответствующего модуля АПК «Истоки здоровья»

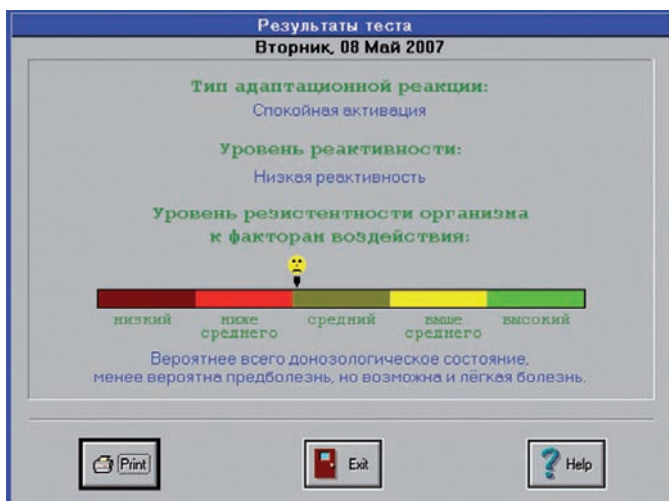


Рис. 16. Протокол тестирования типа реакции и уровня реактивности с использованием соответствующего модуля АПК «Источники здоровья»

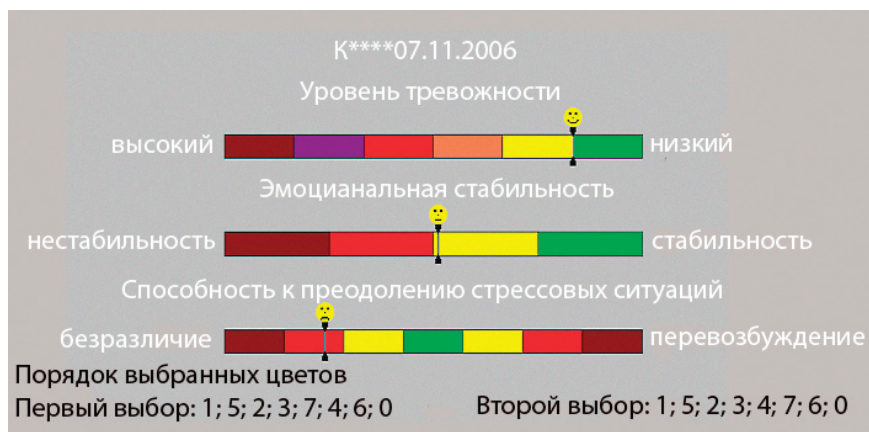


Рис. 17. Протокол теста Люшера с использованием соответствующего модуля АПК «Источники здоровья»

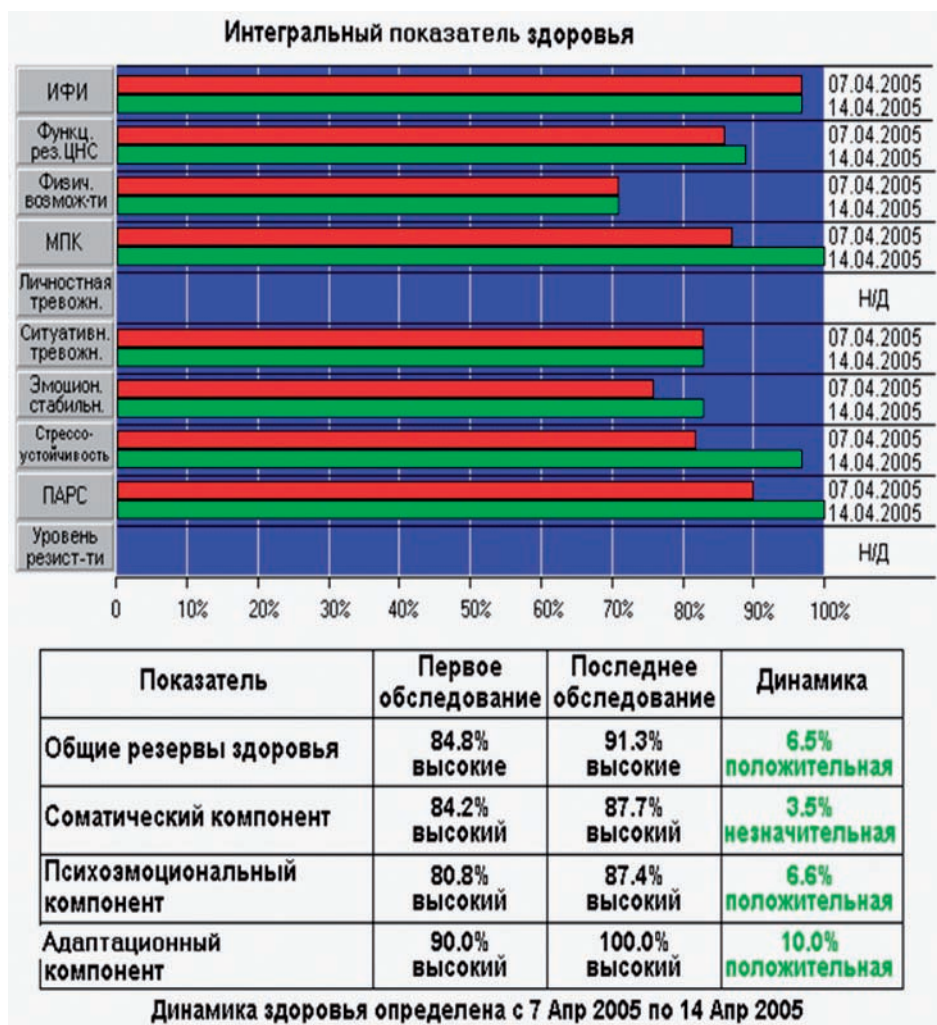


Рис. 18. Итоговый протокол УМО с использованием АПК «Истоки здоровья»

торных механизмов в ответ на физическую нагрузку, превышающую функциональные возможности организма.

Оценка текущего функционального состояния по показателю ПАРС позволяет оперативно решать вопрос об эффективности восстановительного периода и функциональной готовности к очередной тренировке. При значениях ПАРС больше 4-х баллов в покое не рекомендуются высокоинтенсивные нагрузки. В таких случаях помимо коррекции тренировочного процесса и режима отдыха необходимо назначение релаксационно-восстановительных мероприятий: расслабляющий массаж, сауна, SPA (водо- и грязелечебные процедуры), физиотерапия.

Определение ПАРС актуально и при планировании индивидуальной программы углубленных медицинских обследований. Выявление выраженного функционального напряжения (ПАРС выше 4 баллов) в день нагрузочного тестирования требует пересмотра программы обследования: так, вместо максимального теста «до отказа» для прямого спироэргометрического определения МПК и ПАНО следует ограничиться субмаксимальным тестом PWC_{170} .

Оценку вариабельности ритма сердца в настоящее время предложено включить в унифицированную программу УМО спортсменов высокой квалификации¹ как один из тестов в комплексной оценке общих резервов здоровья для выявления слабых звеньев адаптации и прогнозирования пика спортивной формы спортсмена.

Комплексная оценка резервов здоровья спортсменов

Функциональное состояние организма спортсмена можно понимать как систему слаженного устойчивого функционирования интегративных физиологических механизмов, обеспечивающих не только известное постоянство различных физиологических констант, но и адаптацию всех систем организма к интенсивным физическим и психоэмоциональным специфическим воздействиям. В этом смысле функциональное состояние можно трактовать как динамическое понятие. Оно постоянно изменяется под действием внутренних и внешних факторов, в том числе под воздействием интенсивных физических и психоэмоциональных нагрузок. В этой связи практически

¹ «Порядок медико-биологического и медико-санитарного обеспечения сборных команд России и их ближайшего резерва» – официальный документ нормативно-правовой базы службы спортивной медицины в рамках Минздравсоцразвития от 24.02.2010. № 103 Ан.

невозможно с удовлетворительной для практики точностью описать динамику функционального состояния спортсмена с помощью набора отдельных параметров, каждый из которых определяется количественно и изменяется в нормативных диапазонах, тем более что нормативные диапазоны для спортсменов отличаются от среднепопуляционных.

Многочисленные исследования показывают, что для определения функционального состояния организма достаточно оценить резервные возможности ограниченного количества его основных систем: кардиореспираторной, центральной нервной и нейрогуморальной регуляции. Эти системы охватывают практически все органы и подсистемы организма, их параметры отражают и показатели гомеостаза, и показатели функциональных резервов процессов адаптации через соотношение уровня регуляции и напряжения механизмов регуляции. Помимо этого необходимым элементом комплексной оценки ФС является исследование психоэмоциональной сферы.

Эта концепция согласуется с основными положениями современной теории адаптации, в соответствии с которой здоровье рассматривается «как процесс развертывания генетической программы организма во взаимодействии с окружающей средой, физической и социальной, в результате которого достигается оптимальная устойчивость к действиям патогенных агентов, физическая, психологическая и социальная адаптивность к изменяющимся условиям жизни». Эта теория основывается на целостном «холистическом» восприятии здоровья человека, и, следовательно, при проведении функциональных исследований предусматривает многоуровневый подход, включающий исследование не только кислородтранспортной системы, но психологических и психофизиологических показателей, системы нейрогуморальной регуляции как основного звена, связывающего высшую нервную деятельность и висцеральные структуры.

В настоящее время для оценки функционального состояния организма спортсмена и прогнозирования пика спортивной формы предлагаются комплексные методики обследования с помощью современных аппаратно-программных комплексов. Один из них – АПК «Истоки здоровья» – предназначен для определения интегрального показателя здоровья (ИПЗ), включающего соматическую, психоэмоциональную и адаптационную составляющие.

Входящие в состав АПК диагностические тесты являются известными и общепризнанными для функциональных исследований в спортивной медицине: проба PWC_{170} , позволяющая оценить физическую работоспособность, определить фактическое и должное максимальное потребление кислорода (МПК), характеризующее функциональные резервы кислородтранспортной системы организма (подробно на стр. 15); тест вариационной пульсометрии (по Р. М. Бавескому), являющийся высокоэффективным методом исследования системы нейрогуморальной регуляции и оценки на этой основе текущего функционального состояния и адаптационных резервов организма (подробно на стр. 32); тест зрительно-моторной реакции (по Т. Д. Лоскутовой), позволяющий оценить функциональное состояние ЦНС по показателям возбудимости, реактивности и устойчивости реагирования; тест физических возможностей по Г. Л. Апанасенко, являющийся известным экспресс-методом количественной оценки уровня физического здоровья; тест общей реактивности (по Л. Х. Гаркави), основанный на тесной связи психофизиологического состояния человека с общей неспецифической адаптационной реакцией, позволяющий определить тип и уровень адаптивных реакций организма; блок тестов для оценки психоэмоционального статуса, использующихся для характеристики уровня тревожности, эмоциональной стабильности и стрессоустойчивости.

Определение функциональных резервов ЦНС по тесту зрительно-моторной реакции (по Т. Д. Лоскутовой)

Для определения функциональных резервов ЦНС по ее основным функциональным характеристикам (возбудимость, реактивность, подвижность, устойчивость реагирования) проводят тест зрительно-моторной реакции по Т. Д. Лоскутовой, основанный на анализе временных показателей простой сенсомоторной реакции.

Измерение времени ответных двигательных реакций является одной из наиболее удобных, получивших широкое распространение методик изучения динамики нервных процессов вообще, и широко используется в физиологии высшей нервной деятельности человека. Под временем двигательной реакции понимается время от начала действия какого-либо «пускового» сигнала при требовании реагировать «как можно быстрее» до моторного ответа на этот сигнал.

Время двигательной реакции зависит от характеристики раздражителя, функционального состояния, индивидуально-типологических особенностей нервной системы испытуемых.

Относительная простота этой методики, удобство ее применения при скрининг-обследованиях, практическое отсутствие тренируемости дают возможность использовать ее как экспресс-метод для оценки функционального состояния ЦНС.

Форма распределения последовательных значений времени простой зрительно-моторной реакции варьирует в соответствии с изменением функционального состояния ЦНС. Это соответствие позволяет определить три количественных критерия, характеризующих теоретически возможные варианты форм кривой, отражающих функциональное состояние центральной нервной системы.

Первый критерий – *функциональный уровень системы (ФУС)*. Его величина определяется, главным образом, абсолютным значением времени реакции и отражает текущее функциональное состояние ЦНС, степень развития утомления под влиянием факторов окружающей среды.

Второй критерий – *устойчивость реакции (УР)*. Величина этого показателя тем больше, чем меньше вариабельность значений времени простой двигательной реакции. Поскольку разнообразие значений времени реакций является проявлениями непрерывных флуктуаций состояния ЦНС, показатель УР рассматривается как критерий устойчивости состояния ЦНС. Следовательно, чем выше показатель УР, тем устойчивее, стабильнее текущее функциональное состояние ЦНС.

Третий критерий – *уровень функциональных возможностей (УФВ)*. Он наиболее полно характеризует состояние ЦНС и позволяет судить о ее способности сформировать и достаточно долго удерживать соответствующее функциональное состояние.

Оценка функционального уровня системы с использованием АПК «Истоки здоровья» вычисляется по формулам:

$$\text{ФУС} = \ln 1 / T_{\text{мод}} \cdot \Delta T_{0,5} [\text{сек}^{-2}] ,$$

где: $T_{\text{мод}}$ – время реакции, соответствующее пику гистограммы (наиболее вероятному значению); $P_{\text{макс}}$ – вероятность (частота) появления значения, равного моде (амплитуда моды); $\Delta T_{0,5}$ – диапазон времен реакций на уровне $0,5 P_{\text{макс}}$.

Оценка устойчивости реакции:

$$УР = \ln P_{\text{макс}} / \Delta T_{0,5} [\text{сек}^{-1}] .$$

Оценка уровня функциональных возможностей:

$$УФВ = \ln P_{\text{макс}} / \Delta T_{0,5} \cdot T_{0,5} [\text{сек}^{-2}] ,$$

где: $T_{0,5}$ – среднее время реакции для диапазона времен реакций на уровне $0,5 P_{\text{макс}}$.

На основании имеющегося экспериментального материала для аппаратной реализации метода получены [22] следующие граничные значения критериев (табл. 13) функционального состояния ЦНС для здоровых испытуемых:

Функциональный уровень системы	=	4,2–5,5
Устойчивость реакций	=	1,0–2,8
Уровень функциональных возможностей	=	2,7–4,8

Т а б л и ц а 13

Значения граничных критериев для разных уровней нормы

Состояние системы	ФУС	УР	УФВ
Высокий уровень	4,9–5,5	2,1–2,8	3,9–4,8
Средний уровень	4,5–4,8	1,5–2,0	3,1–3,8
Низкий уровень	4,2–4,4	1,0–1,4	2,7–3,0

Это исследование очень важно для интегральной оценки здоровья человека, особенно спортсменов, подвергающихся воздействию чрезмерных и физических, и психоэмоциональных нагрузок. Для включения результатов теста зрительно-моторной реакции в итоговый протокол комплексного обследования с помощью АПК «Истоки здоровья» вычисленные значения критериев пересчитываются в %, причем нижняя граница зоны «низкий уровень» принимается за 10% и все меньшие значения критериев – тоже за 10%. Верхняя граница зоны «высокий уровень» принимается за 100%, и все значения, выходящие за эту границу вверх – тоже за 100%. Затем вычисляется среднее арифметическое процентных значений всех трех параметров, которое и определяется в комплексном тестировании как функциональный резерв ЦНС (рис. 14).

Определение типа и уровня адаптивных реакций по Л. Х. Гаркави

В основе теории общих неспецифических адаптационных реакций лежит открытие дискретной системы регуляции гомеостаза, сделанное отечественными учеными Л. Х. Гаркави, Л. Б. Квакиной, М. А. Уколовой в 1975 году. Система включает 4 типа реакций, которые возникают в организме под влиянием внешних или внутренних раздражителей соответствующей силы.

Одна из этих реакций была уже известна – это открытая Г. Селье в 1936 г. общая неспецифическая реакция на сильные раздражители, названная им стрессом. Эта реакция протекает стадийно, характеризуется определенным комплексом изменений в нейроэндокринной системе и оказывает влияние на уровень неспецифической резистентности (устойчивости) организма, его воспалительный потенциал и метаболизм.

Неспецифические адаптационные реакции организма и на более слабые раздражители открыты и детально исследованы Л. Х. Гаркави с соавторами: это реакция на слабое воздействие – реакция тренировки (РТ); реакция на среднее воздействие – реакция спокойной активации, которая впоследствии была подразделена на реакцию спокойной активации (РСА) и реакцию повышенной активации (РПА). Замыкает эту систему адаптационных реакций реакция на сильное воздействие – реакция-стресс (РС). Они же выяснили величину шага между реакциями в зависимости от силы воздействия: для перехода к соседней реакции нужно увеличить (уменьшить) силу воздействия в 1,2 раза (на 20 %). Кроме того, они обнаружили, что организм имеет некоторое дискретное множество диапазонов реактивности, в каждом из которых в зависимости от относительной силы воздействия организм отвечает одним из 4-х типов реакций. Например, если организм находится в состоянии стресса в самом нижнем диапазоне реактивности, то при увеличении воздействия на 20% организм отвечает не углублением стресса, а развитием реакции тренировки, но уже более высокого диапазона реактивности. Именно наличием диапазонов реактивности организма объясняется широкий интервал воздействий, к которым организм способен приспособиться. Важное свойство организма, объясняющее причину самопроизвольного возврата из болез-

ненного состояния к здоровому, заключается в том, что из множества воздействий организм способен выбрать не самое сильное, а самое информативное. Именно это открыло возможность на практике добиваться желательных изменений в сторону антистрессорных реакций и позволило создать соответствующие методики, совокупность которых известна сейчас под названием «активационная терапия».

Использованный в работе тест реактивности основан на тесной связи ряда параметров психофизиологического состояния человека с **общей неспецифической адаптационной реакцией** (ОНАР) организма на имеющиеся в данный момент внешние и внутренние воздействия.

Неспецифической эта реакция является потому, что она не зависит от физической природы воздействия, а определяется только его биологической силой.

Конкретная ОНАР характеризуется двумя параметрами – типом реакции (тренировка, спокойная активация, повышенная активация, стресс) и уровнем реакции (очень низкий, низкий, средний, высокий). Каждому типу реакции соответствует определенный набор параметров состояния организма и его функционирования, а каждому уровню – степень гармоничности реакции, согласованности функционирования всех систем организма. Чем выше уровень реакции, тем меньшее по абсолютной силе воздействие требуется организму для формирования реакции данного типа, то есть организм при этом точнее приспосабливается к изменяющимся условиям.

Авторы этой теории считают, что тип и уровень ОНАР достаточно полно характеризуют весь диапазон возможных состояний организма от крепкого здоровья до тяжелой болезни. При этом следует учитывать, что некоторым ОНАР может соответствовать 2–3 близких состояний организма, например, реакции спокойной активации низкого уровня может соответствовать донозологическое состояние или предболезнь или легкая болезнь, но каждое из перечисленных состояний имеет разную вероятность, что выражается в формулировке заключения: «возможно донозологическое состояние, реже – предболезнь, а иногда – легкая болезнь».

Для интегральной характеристики общих резервов здоровья авторы теории ОНАР предлагают использовать резистентность (устойчивость) организма к разнообразным внешним и внутренним воздействиям, которую они оценивают в баллах для каждого типа реакции и

уровня реактивности. Резистентность является подходящей высокоинформативной оценкой гомеостатического потенциала организма, так как количественно характеризует способность организма сохранять здоровое состояние.

Выполнение теста общей реактивности с использованием соответствующего модуля АПК «Истоки здоровья»

При выполнении теста испытуемому предлагается как можно точнее отождествить свое текущее состояние и ощущения с предлагаемыми в тесте формулировками вариантов ответов – они построены так, чтобы разграничить значимые различия в состоянии тестируемого.

Для определения состояния предлагается выбрать один из семи вариантов ответов на каждый из 10 вопросов, что позволяло охарактеризовать следующие психофизиологические параметры:

- | | |
|-----------------------|-----------------------------------|
| 1. Тревожность; | 6. Оптимизм; |
| 2. Раздражительность; | 7. Сон; |
| 3. Утомляемость; | 8. Аппетит; |
| 4. Угнетенность; | 9. Работоспособность по скорости; |
| 5. Активность; | 10. Работоспособность по времени. |

После завершения процесса тестирования автоматически определяется тип реакции и уровень реактивности, а также формируется заключение о наиболее вероятном состоянии здоровья обследуемого (**рис. 15 см. на вклейке**).

Определение психоэмоционального статуса по тестам Люшера и Спилберга

Тест цветowych выборов Люшера

В АПК «Истоки здоровья» для оценки психоэмоционального состояния испытуемого используется тест цветowych выборов, являющийся модификацией сокращенного теста Люшера в интерпретации Л. Н. Собчик. По результатам теста вычисляются количественные показатели тревожности, эмоциональной стабильности и стрессоустойчивости. Значения этих показателей отображаются в нормированном виде на соответствующих шкалах (**рис. 16 см. на вклейке**).

Общая выраженность компенсаций и тревог вычисляется как сумма всех набранных условных баллов, соответствующих позициям основных и дополнительных цветов во вторичном выборе.

При расчете вегетативного коэффициента (ВК), характеризующего способность преодоления стрессовой ситуации, учитываются позиции основных цветов во вторичном выборе в соответствии с формулой:

$$BK = (18 - X3 - X4)/(18 - X1 - X2),$$

где: X1 – местоположение синего цвета; X2 – местоположение зеленого цвета; X3 – местоположение красного цвета; X4 – местоположение желтого цвета.

Согласно расчетной формуле, ВК может принимать значения в диапазоне от 0,2 до 5 баллов.

Если $BK < 1$, то это означает установку на минимизацию усилий, неготовность к активной деятельности.

Если $1 \leq BK \leq 1,5$, то имеет место установка на активное действие, энергозатраты; при этом наблюдается оптимальный уровень активности с высокой вероятностью успешной деятельности в стрессовой ситуации, в том числе в процессе выполнения интенсивных физических нагрузок. Основой данной установки служит оптимальный баланс симпатического и парасимпатического отделов вегетативной нервной системы.

При $BK > 1,5$ отмечается перевозбуждение, склонность к повышенной активности. Основой данного состояния служит доминирование симпатического отдела вегетативной нервной системы, что может свидетельствовать о признаках физического перенапряжения и перетренированности.

Вычисленная оценка способности преодоления стрессовой ситуации наглядно отображается на цветовой шкале «Преодоление стресса», объединяющей все три диапазона значений ВК таким образом, что нормальному состоянию (оптимальному балансу симпатического и парасимпатического отделов нервной системы) соответствует средняя часть шкалы зеленого цвета, а на краях шкалы отображаются наиболее выраженные степени безразличия или перевозбуждения.

Для вычисления общих резервов здоровья все три диапазона значений ВК объединяются в одну составляющую, в которой нормальному состоянию (оптимальному уровню активности с высокой вероятностью успешной деятельности в стрессовой ситуации) соответствует 100%, а количественная оценка двух других поддиапазонов ВК инвертируется – минимальное значение оценки соответствует наиболее выраженной степени перевозбуждения или безразличия.

Для оценки степени эмоциональной устойчивости вычисляются отклонения от аутогенной нормы нервно-психического благополучия. Эталонным индикатором нервно-психического благополучия считается следующая комбинация выбора предпочтений цветового ряда:

на первом месте	3 – красный;
на втором месте	4 – желтый;
на третьем месте	2 – зеленый;
на четвертом месте	5 – фиолетовый;
на пятом месте	1 – синий;
на шестом месте	6 – коричневый;
на седьмом месте	0 – серый;
на восьмом месте	7 – черный.

Вычисленная оценка эмоциональной стабильности наглядно отображалась на цветовой шкале «Эмоциональная стабильность» (рис. 17 см. на вклейке).

Тест тревожности по Спилбергеру

Под личностной тревожностью понимается устойчивая предрасположенность субъекта к тревоге, предполагающая наличие у него тенденции воспринимать достаточно широкий диапазон ситуаций как угрожающих с ответом на каждую из них определенной реакцией. Ситуативная или реактивная тревожность как состояние характеризуется субъективно переживаемыми эмоциями: напряжением, беспокойством, озабоченностью, нервозностью. Это состояние возникает как эмоциональная реакция на стрессовую ситуацию и у спортсменов может свидетельствовать о психическом перенапряжении, сопровождающем состояние перетренированности.

Измерение уровня тревожности как свойства личности особенно важно для спортсменов, так как это свойство во многом обуславливает отношение к тренировочному процессу, отражается на общих резервах здоровья и спортивной форме. Определенный уровень тревожности – естественная и обязательная особенность активной деятельной личности.

Определение уровня тревожности по тесту Спилбергера выполняется в соответствии с авторской методикой. Особенностью реализации теста в АПК «Истоки здоровья» является то, что полученные в тесте баллы личностной тревожности в итоге преобразуются в двунаправ-

ленную шкалу оценки, на которой максимальная оценка в % соответствует оптимальному (среднему) уровню тревожности – это диапазон 25–40 баллов по Спилбергеру. Более низкая оценка в % присваивается при получении 15–24 баллов или 46–55 баллов. Еще более низкая оценка присваивается при 5–14 или 56–65 баллах. Такая оценка соответствует утверждению психологов об оптимальности для адекватного реагирования и адаптации именно среднего уровня тревожности. Ситуативная тревожность оценивается по однонаправленной шкале обратно пропорционально набранным в тесте баллам.

После выполнения всех тестов формируется итоговое заключение (**рис. 18 см. на вклейке**) по общим резервам здоровья спортсмена, выраженное в процентах от максимально возможного показателя.

Отдельно оцениваются:

соматический компонент (по тестам Г. Л. Апанасенко, PWC_{170} , соотношению МПК фактического с МПК должным, тесту зрительно-моторной реакции по Т. Д. Лоскутовой);

психологический компонент (по тестам Люшера, САН и Спилбергера);

адаптационный компонент (по тесту вариационной пульсометрии по Р. М. Баевскому и определению типа и уровня адаптивной реакции по Л. Х. Гаркави).

Такая форма заключения позволяет в наглядной и понятной (и врачу, и тренеру, и спортсмену) форме оценить (в процентах от максимума) общие резервы здоровья и его составляющие; сравнить результаты каждого отдельного теста с возрастной нормой (в процентах от максимума по каждому из показателей); объективно оценить динамику показателей и эффективность тренировочного процесса, сопоставляя результаты предыдущих и последующих исследований.

Получаемый в результате тестирования так называемый «интегральный показатель здоровья» вычисляется как производная величина от значений соматического, психологического и адаптационного компонентов исходя из принципа выявления и учета «слабых» звеньев в функциональном состоянии организма.

В АПК «Истоки здоровья» одной из целей обобщения результатов тестирования в виде интегральной оценки является реализация современного подхода к показателю здоровья не как к усредненной сумме показателей резервов разных органов и систем, а как к показателю

отсутствия «провалов». Поэтому использованный алгоритм оценки является нелинейным, подчеркивающим наличие слабых звеньев организма. Это позволяет и спортивному врачу, и тренеру, и спортсмену не радоваться наличию отдельных хороших показателей, а сосредоточить свое внимание на слабом звене и принять необходимые меры по его укреплению в предсоревновательный период.

Динамика интегрального показателя здоровья, выраженного в процентах от максимально возможного значения, позволяет объективно оценить эффективность тренировочного процесса и восстановительных мероприятий.

Одним из преимуществ АПК «Истоки здоровья» является наличие режима мониторинга, позволяющего проводить регулярные обследования спортсменов, что дает возможность постоянного наблюдения за динамикой резервов здоровья и других исследуемых показателей в максимально удобной наглядной форме. В виде графиков и диаграмм представлена динамика параметров физического развития, функционального состояния, самочувствия, факторов окружающей среды и их влияния на вышеперечисленные показатели. Ценность мониторинга заключается в возможности изучения механизмов адаптации к любым внешним и внутренним воздействиям на организм и оперативного принятия соответствующих мер при неблагоприятных влияниях, в том числе чрезмерных физических нагрузок.

Самостоятельная работа

Проведение студентами теста PWC_{170} с помощью велоэргометра или ступенек, а также демонстрация теста вариационной пульсометрии на одном-двух студентах.

После обсуждения полученных результатов студенты заполняют протокол тестирования (приложение 1) и рассчитывают показатели работоспособности (по полученным индивидуальным данным или по данным ситуационных заданий), используя расчетные таблицы и формулы (приложение 2)

Ситуационная задача:

При проведении субмаксимального теста PWC_{170} у мужчины 25 лет с массой тела 80 кг определили, что:

в конце 1-ой нагрузки 50 Вт ЧСС составила 110 уд/мин,

в конце 2-ой нагрузки 100 Вт ЧСС составила 125 уд/мин.

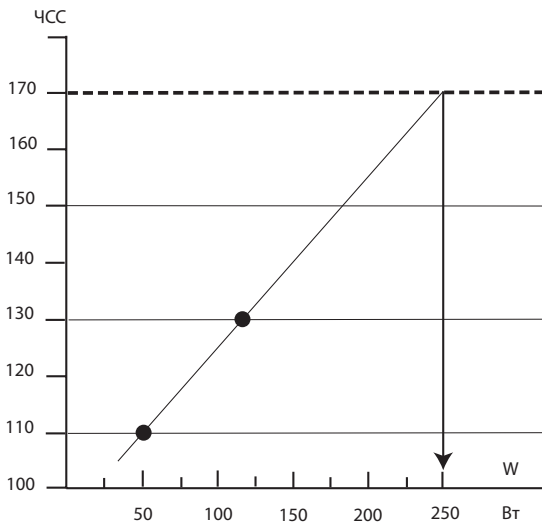
ВВ! Во всех расчетах используется соотношение:

1 ватт = 6,12 кгм/мин (~6 кгм)

1. Определить PWC_{170} графическим способом _____ Вт _____ кгм
2. Определить PWC_{170} по формуле В. Л. Карпмана _____ кгм
3. Оценить общую физическую работоспособность по относительной величине PWC_{170} _____ (кгм/кг) _____
4. Определить МПК по соотношению с показателем PWC_{170} (по В. Л. Карпману) _____ л/мин
5. Определить МПК по формуле В. Л. Карпмана _____ мл/мин
6. Определить МПК (по номограмме Астранда) _____ л/мин
7. Оценить общую физическую работоспособность по относительной величине МПК (по Куперу) _____ мл/мин/кг _____
8. Рассчитать относительную должную величину МПК по формуле _____ мл/мин/кг

Решение ситуационной задачи.

1. Определение PWC_{170} графическим способом.



2. PWC_{170} графическим способом 250 Вт 1500 кгм

3. PWC_{170} по формуле В. Л. Карпмана:

$$PWC_{170} = 300 \text{ гкм} + (600 \text{ гкм} - 300 \text{ гкм}) \cdot \frac{(170-110) \text{ уд/мин}}{(125-110) \text{ уд/мин}} = 1500 \text{ гкм}$$

4. Общая физическая работоспособность по относительной величине PWC_{170} – **18,7** кгм/кг – **выше средней**

5. МПК по соотношению показателя PWC_{170} (по В. Л. Карпману) – **4,4** л/мин

6. МПК по формуле В. Л. Карпмана:

$$\text{МПК (мл)} = 1,7 \cdot 1500 + 1240 = 3800 \text{ мл/мин}$$

7. МПК (по номограмме Астранда) – **4,4** л/мин

8. Общая физическая работоспособность по относительной величине МПК (по Куперу) – **55** мл/мин/кг – **высокая**

9. Относительная должная величина МПК по формуле:

$$\text{ДМПК (мл/мин/кг)} = 52 - (0,25 \cdot 25) = 45,7 \text{ мл/мин/кг}$$

ТЕСТОВЫЕ ЗАДАНИЯ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЯ

Выберите один правильный ответ

1. МОДЕЛЬ ВЕЛОЭРГОМЕТРИЧЕСКОЙ НАГРУЗКИ, ИСПОЛЬЗУЕМАЯ ДЛЯ ПРЯМОГО ОПРЕДЕЛЕНИЯ МПК

- а) непрерывная постоянной мощности без интервалов отдыха
- б) непрерывно возрастающая без интервалов отдыха
- в) ступенчато возрастающая без интервалов отдыха
- г) ступенчато возрастающая с интервалами отдыха после каждой ступени

2. ОПТИМАЛЬНАЯ ДЛИТЕЛЬНОСТЬ СТУПЕНИ НАГРУЗКИ В ВЕЛОЭРГОМЕТРИЧЕСКОМ ТЕСТЕ ДЛЯ ДОСТИЖЕНИЯ «УСТОЙЧИВОГО СОСТОЯНИЯ» ГЕМОДИНАМИЧЕСКИХ И ВЕНТИЛЯЦИОННЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ

- а) 1 минута
- б) 2 минуты
- в) 3 минуты
- г) 4 минуты
- д) 5 минут

3. МОЩНОСТЬ КАЖДОЙ СТУПЕНИ НАГРУЗКИ ПРИ ВЕЛОЭРГОМЕТРИЧЕСКОМ (СТУПЕНЧАТО ВОЗРАСТАЮЩЕМ) ТЕСТИРОВАНИИ СПОРТСМЕНОВ

- а) 50 Вт
- б) 100 Вт
- в) в зависимости от индивидуального МПК
- г) из расчета 1 Вт на кг массы тела
- д) в зависимости от индивидуального значения PWC_{170}

4. НАИБОЛЕЕ ТОЧНЫЙ МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ МПК ПРИ НАГРУЗОЧНОМ ТЕСТИРОВАНИИ

- а) по номограмме Астранда
- б) по данным спироэргометрии
- в) по таблице Астранда
- г) по формуле Карпмана
- д) по результату пробы PWC_{170}

5. УРОВЕНЬ ЛАКТАТА, СВИДЕТЕЛЬСТВУЮЩИЙ О ДОСТИЖЕНИИ ПАНО (ПОРОГА АНАЭРОБНОГО ОБМЕНА), СОСТАВЛЯЕТ

- а) 1 ммоль/л
- б) 2 ммоль/л
- в) 3 ммоль/л
- г) 4 ммоль/л
- д) 5 ммоль/л

Выберите один или несколько правильных ответов

6. ТРЕБОВАНИЯ ВОЗ, ПРЕДЪЯВЛЯЕМЫЕ К ТЕСТИРУЮЩИМ НАГРУЗКАМ

- а) должны подлежать количественному измерению
- б) точно воспроизводиться при повторных тестах
- в) вовлекать в работу не менее 2/3 мышечной массы и обеспечивать максимальную интенсификацию деятельности физиологических систем
- г) обеспечивать возможность регистрации физиологических параметров во время теста

7. АЭРОБНАЯ РАБОТОСПОСОБНОСТЬ

- а) определяется и лимитируется функциональными резервами кислородтранспортной системы
- б) является синонимом общей выносливости
- в) ее интегральным показателем является МПК
- г) определяется при максимальных нагрузочных тестах

8. АНАЭРОБНАЯ РАБОТОСПОСОБНОСТЬ

- а) определяется величиной кислородного долга в нагрузочном спироэргометрическом тестировании
- б) максимальна у спортсменов, тренирующихся на выносливость
- в) определяется уровнем лактата в нагрузочном тестировании
- г) определяет скоростно-силовые качества обследуемого

9. К НЕПРЯМЫМ МЕТОДАМ ОПРЕДЕЛЕНИЯ МПК ОТНОСЯТСЯ

- а) графический метод (график зависимости ЧСС от мощности выполненной нагрузки)
- б) расчет по величине PWC_{170}
- в) по номограмме Астранда
- г) по таблице Астранда

10. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАНО ПОЗВОЛЯЕТ

- а) определить соотношение аэробных и анаэробных механизмов энергообеспечения
- б) определять МПК
- в) вносить коррекцию в тренировочный процесс с целью увеличения аэробной производительности организма
- г) выявлять признаки физического перенапряжения

Ответы к тестовым заданиям

- 1 – в
- 2 – в
- 3 – г
- 4 – б
- 5 – г
- 6 – а, б, в, г
- 7 – а, б, в
- 8 – а, в, г
- 9 – б, в, г
- 10 – а, в

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА ДЛЯ ПОДГОТОВКИ К ЗАНЯТИЮ

Основная

1. Епифанов В. А. Спортивная медицина. Учебник. М.: Советский спорт, 2006. 480 с.
2. Макарова Г. А. Спортивная медицина. Учебник. М.: Советский спорт, 2004. 480 с.

Дополнительная

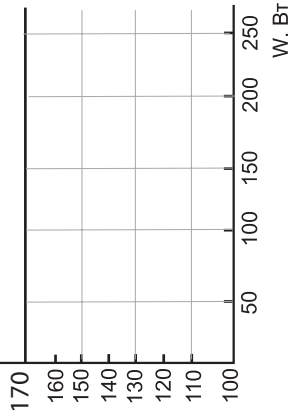
1. Аулик И. В. Определение физической работоспособности в клинике и спорте. М.: Медицина, 1990. 192 с.
2. Баевский Р. М., Берсенева А. П. Оценка адаптационных возможностей организма и риска развития заболеваний. М.: Медицина, 1997. 265 с.
3. Белоцерковский З. Б. Эргометрические и кардиологические критерии физической работоспособности у спортсменов. М.: Советский спорт, 2005. 312 с.
4. Волков Н. И., Несен Э. Н, Осипенко А. А., Корсун С. Н. Биохимия мышечной деятельности. Киев: Олимпийская Литература, 2000. 504 с.
5. Карпман В. Л., Белоцерковский З. Б., Гудков И. А. Тестирование в спортивной медицине. М.: Физкультура и спорт, 1988. 208 с.
6. Михайлов В. М. Вариабельность ритма сердца: опыт практического применения. Иваново, 2002. 288 с.
7. Михайлов С. С. Спортивная биохимия. М.: Советский спорт, 2006. 256 с.
8. Платонов В. Н. Система подготовки спортсменов в олимпийском спорте. Общая теория и ее практические приложения. К.: Олимпийская литература, 2004. 808 с.
9. Уилмор Дж. Х., Костил Д. Л. Физиология спорта. К.: Олимпийская литература, 2001. 503 с.
10. Янсен Петер «ЧСС, лактат и тренировки на выносливость»: Пер. с англ. Мурманск: Издательство «Тулума», 2006. 160 с.
11. Astrand P.-O., Cuddy T.-E., Saltin B, Stenberg J. Cardiac output during submaximal and maximal work. «J. Appl. Physiol.», 1964, Vol. 19, P. 268–274.
12. Astrand P.-O. Qualification of exercise capability and evaluation of physical capacity in man //Progr. Cardiol. Dis.». 1976. Vol. 19. P. 51.
13. Cooper K. Physical training programs for mass scale use: effects on cardiovascular disease – facts and theories //Ann.clin.Res. 1982. Vol. 14. Suppl. 34. P. 25–32.
14. Hill A. Работа мышц. Пер. с англ. М-Л., 1929. 136 с.
15. Shephard R. J. Maximal Oxygen Intake //Endurance in Sports. Oxford: Blackwell Sci. Publ, 1992a. P. 192–200.
16. Wasserman K. Detecting the threshold of anaerobic metabolism in cardiac patients during exercise //Am. J. Cardiol. 1964. Vol. 14. P. 844–852.

Приложение 1

ИССЛЕДОВАНИЕ И ОЦЕНКА ФИЗИЧЕСКОЙ РАБОТОСПОСОБНОСТИ

Ф.И.О. _____ Возраст _____ W1 _____ Вт ЧСС-1 _____ уд/мин Дата _____
 Группа _____ Масса тела _____ W2 _____ Вт ЧСС-2 _____ уд/мин № задания _____

Графический способ

Определение RWC_{170} по формуле Л. В. Карпмана

Мощность нагрузки в кгм!!!

$$RWC_{170} = W1 = (W2 - W1) \times \frac{170 - f_1}{f_2 - f_1}$$

NB! 1 Вт=6 кгм

f1 - ЧСС при 1-й нагрузке

f2 - ЧСС при 2-й нагрузке

W1 - мощность 1-й нагрузки (кгм/мин) !!! Не в Ваттах!

W2 - мощность 2-й нагрузки (кгм/мин) !!! Не в Ваттах!

Средний показатель: 700–1100 кгм – мужчины; 450–750 – женщины
 12–17 (кгм / кгт) 8–14 (кгм/кгт)

Определение МПК по формуле Л. В. Карпмана (5)

$$МПК(мл) = 1,7 \cdot RWC_{170} (кгм) + 1240$$

Расчет должного МПК мл/мин/кг (9)

Для мужчин: ДМПК (мл/мин/кг) = 52 - (0,25·возраст)

Для женщин: ДМПК (мл/мин/кг) = 52 - (0,20·возраст)

1. Определить RWC_{170} графическим способом _____ Вт _____ кгм
2. Определить RWC_{170} по формуле Л. В. Карпмана _____ кгм
3. Оценить общую физическую работоспособность по относительной величине RWC_{170} _____ (кгм/кгт)
4. Определить МПК по соотношению показателя RWC_{170} (по Л. В. Карпману) _____ л/мин
5. Определить МПК по формуле Л. В. Карпмана _____ мл/мин
6. Определить МПК (по номограмме Астранда) _____ л/мин
7. Определить МПК (по таблице Астранда) _____ л/мин
8. Оценить общую физическую работоспособность по относительной величине МПК (по Куперу) _____ мл/мин/кг
9. Рассчитать относительную должную величину МПК по формуле _____ мл/мин/кг

Приложение 2, 3

Оценка относительных значений
показателя RWC_{170} (3)

Общая физическая работоспособность	RWC_{170} , кгм/кг
Низкая	12 и меньше (8–жен)
Ниже средней	14–16 (10–12)
Средняя	16–18 (12–14)
Выше средней	18–20 (14–16)
Высокая	20–22 (16–18)
Очень высокая	22 и больше (18)

Определение МПК по формуле
Л. В. Карпмана (5)

$$МПК(мл) = 1,7 \cdot RWC_{170} (кгм) + 1240$$

Оценка физической работоспособности по относительной
величине МПК (мл/мин/кг) по К. Соорер (8)

ФР	Моложе 30 лет	30–39 лет	40–49 лет
Низкая	менее 25	менее 25	менее 25
Ниже средней	25–33,7	25–30,1	25–26,4
Средняя	33,8–42,5	30,2–39,1	26,5–35,4
Выше средней	42,6–51,5	39,2–48	35,5–45
Высокая	51,6 и более	48,1 и более	45,1 и более

Соотношение показателя RWC_{170} и величины МПК по
В. Л. Карпману (для здоровых лиц, не спортсменов), МПК, л/мин (4)

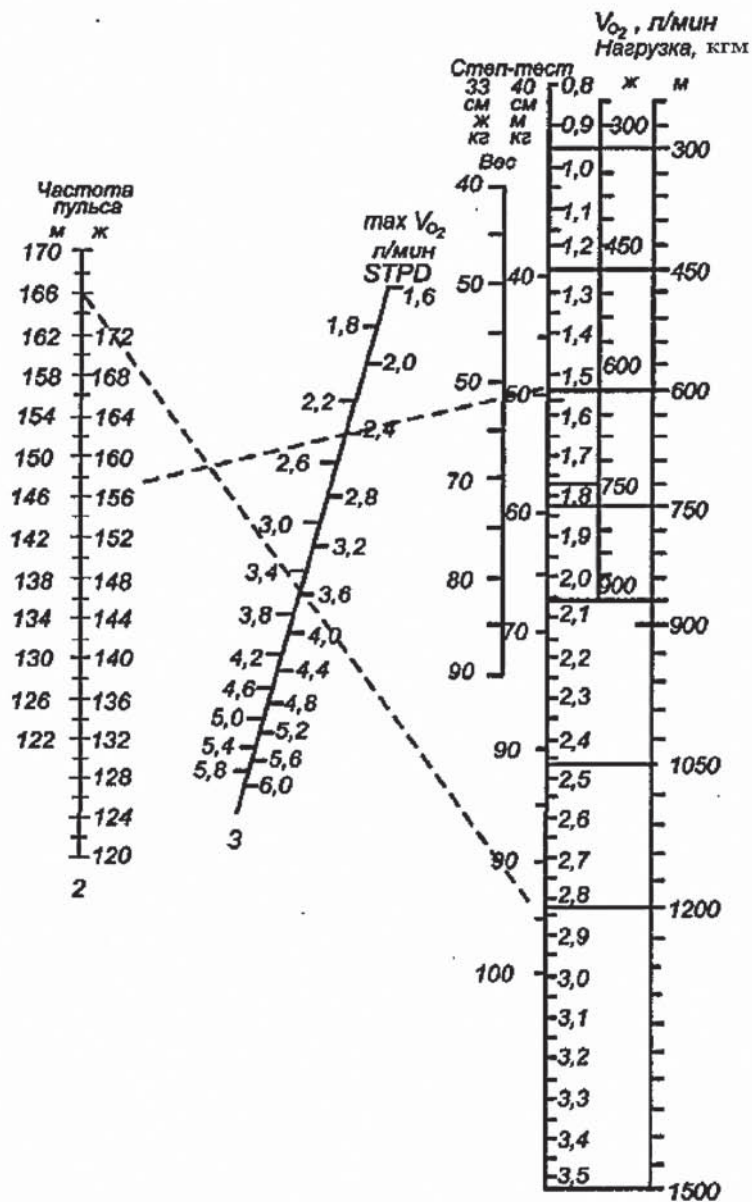
RWC_{170} , кгм	МПК, л/мин	RWC_{170} , кгм	МПК, л/мин
500	1,62	1500	4,37
600	2,66	1600	4,67
700	2,72	1700	4,83
800	2,82	1800	5,06
900	2,97	1900	5,32
1000	3,15	2000	5,57
1100	3,38	2100	5,57
1200	3,60	2200	5,66
1300	3,88	2300	5,66
1400	4,13	2400	5,72

Для оценки относительных значений фактического МПК его
сравнивают с должным МПК (ДМПК), рассчитывают по следующим
формулам:

(9)

Для мужчин: $ДМПК(мл/мин/кг) = 52 - (0,25 \cdot \text{возраст})$

Для женщин: $ДМПК(мл/мин/кг) = 52 - (0,20 \cdot \text{возраст})$



Номограмма Астранда

Непрямой метод определения МПК по таблицам Астранда (7)

Мужчины											
ЧСС	Максимальное потребление кислорода, л/мин					ЧСС	Максимальное потребление кислорода, л/мин				
	300 КГМ	600 КГМ	900 КГМ	1200 КГМ	1500 КГМ		300 КГМ	600 КГМ	900 КГМ	1200 КГМ	1500 КГМ
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
123	2,1	3,4	4,6	–	–	151	–	2,3	3,1	4,2	5,2
124	2,1	3,3	4,5	6,0	–	152	–	2,3	3,1	4,1	5,2
125	2,0	3,2	4,4	5,9	–	153	–	2,2	3,0	4,1	5,1
126	2,0	3,2	4,4	5,8	–	154	–	2,2	3,0	4,0	5,1
127	2,0	3,1	4,3	5,7	–	155	–	2,2	3,0	4,0	5,0
128	2,0	3,1	4,2	5,6	–	156	–	2,2	2,9	4,0	5,0
129	1,9	3,0	4,2	5,6	–	157	–	2,1	2,9	3,9	4,9
130	1,9	3,0	4,1	5,5	–	158	–	2,1	2,9	3,9	4,9
131	1,9	2,9	4,0	5,4	–	159	–	2,1	2,8	3,8	4,8
132	1,8	2,9	4,0	5,3	–	160	–	2,1	2,8	3,8	4,8
133	1,8	2,8	3,9	5,3	–	161	–	2,0	2,8	3,7	4,7
134	1,8	2,8	3,9	5,2	–	162	–	2,0	2,8	3,7	4,6
135	1,7	2,8	3,8	5,1	–	163	–	2,0	2,8	3,7	4,6
136	1,7	2,7	3,8	5,0	–	164	–	2,0	2,7	3,6	4,5
137	1,7	2,7	3,7	5,0	–	165	–	2,0	2,7	3,6	4,5
138	1,6	2,7	3,7	4,9	–	166	–	1,9	2,7	3,6	4,5
139	1,6	2,6	3,6	4,8	–	167	–	1,9	2,6	3,5	4,4
140	1,6	2,6	3,6	4,8	6,0	168	–	1,9	2,6	3,5	4,4
141	–	2,6	3,5	4,7	5,9	169	–	1,9	2,6	3,5	4,3
142	–	2,5	3,5	4,6	5,8	170	–	1,8	2,6	3,4	4,3
143	–	2,5	3,4	4,6	5,7	171	–	–	–	–	–
144	–	2,5	3,4	4,5	5,7	172	–	–	–	–	–
145	–	2,4	3,4	4,5	5,6	173	–	–	–	–	–
146	–	2,4	3,3	4,4	5,6	174	–	–	–	–	–
147	–	2,4	3,3	4,4	5,5	175	–	–	–	–	–

Непрямой метод определения МПК по таблицам Астранда (7)

Женщины											
ЧСС	Максимальное потребление кислорода, л/мин					ЧСС	Максимальное потребление кислорода, л/мин				
	300 КГМ	600 КГМ	900 КГМ	1200 КГМ	1500 КГМ		300 КГМ	600 КГМ	900 КГМ	1200 КГМ	1500 КГМ
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
122	2,5	3,2	3,9	4,7	–	148	1,6	2,1	2,6	3,1	3,6
123	2,4	3,1	3,9	4,6	–	149	–	2,1	2,6	3,0	3,5
124	2,4	3,1	3,8	4,5	–	150	–	2,0	2,5	3,0	3,5
125	2,3	3,0	3,7	4,4	–	151	–	2,0	2,5	3,0	3,4
126	2,3	3,0	3,6	4,3	–	152	–	2,0	2,5	2,9	3,4
127	2,2	2,9	3,5	4,2	–	153	–	2,0	2,4	2,9	3,3
128	2,2	2,8	3,5	4,2	4,8	154	–	2,0	2,4	2,8	3,3
129	2,2	2,8	3,4	4,1	4,8	155	–	1,9	2,4	2,8	3,2
130	2,1	2,7	3,4	4,0	4,7	156	–	1,9	2,3	2,8	3,2
131	2,1	2,7	3,4	4,0	4,6	157	–	1,9	2,3	2,7	3,2
132	2,0	2,7	3,3	3,9	4,5	158	–	1,8	2,3	2,7	3,1
133	2,0	2,6	3,2	3,8	4,4	159	–	1,8	2,2	2,7	3,1
134	2,0	2,6	3,2	3,8	4,4	160	–	1,8	2,2	2,6	3,0
135	2,0	2,6	3,1	3,7	4,3	161	–	1,8	2,2	2,6	3,0
136	1,9	2,5	3,1	3,6	4,2	162	–	1,8	2,2	2,6	3,0
137	1,9	2,5	3,0	3,6	4,2	163	–	1,7	2,2	2,6	2,9
138	1,8	2,4	3,0	3,5	4,1	164	–	1,7	2,1	2,5	2,9
139	1,8	2,4	2,9	3,5	4,0	165	–	1,7	2,1	2,5	2,9
140	1,8	2,4	2,8	3,4	4,0	166	–	1,7	2,1	2,5	2,8
141	1,8	2,3	2,8	3,4	3,9	167	–	1,6	2,1	2,4	2,8
142	1,7	2,3	2,8	3,3	3,9	168	–	1,6	2,0	2,4	2,8
143	1,7	2,2	2,7	3,3	3,8	169	–	1,6	2,0	2,4	2,8
144	1,7	2,2	2,7	3,2	3,8	170	–	1,6	2,0	2,4	2,7
145	1,6	2,2	2,7	3,2	3,7	–	–	–	–	–	–

**Руненко Светлана Давидовна, Таламбум Евгений Абрамович,
Ачкасов Евгений Евгеньевич**

Исследование и оценка функционального состояния спортсменов

*Учебное пособие для студентов лечебных и педиатрических факультетов
медицинских вузов*

Подписано в печать 26.07.2010. Формат 60×90/16. Бум. офсетная, печать офсетная. Усл. печ. л. 4,5. Обл. тираж 500 экз.

ООО «Профиль — 2С», 123182, Москва, ул. Маршала Василевского, д. 13, корп. 3, офис 16

ISBN 978-5-903950-06-5



9 785903 950065