

УДК 796.01:612(075.8)
ББК 75.0я73
Б 811

Рецензент:

Ковалева О.А. – к.п.н., доцент, зав. кафедрой оздоровительной и лечебной физической культуры,

Рекомендовано к изданию научно-методическим советом учреждения образования «Гомельский государственный университет имени Франциска Скорины»

Бондаренко А.Е

Б 811 Физиология спорта: практическое пособие для студентов 3 курса специальности 1-03 02 01 физическая культура / А.Е. Бондаренко, Т.А. Ворочай, В.В. Солошик; Мин-во обр. РБ, Гомельский государственный университет им. Ф. Скорины. – «УО ГГУ им. Ф. Скорины». – 2010. – 86с.

Практическое пособие предназначено студентам 3 курса специальности 1-03 02 01 физическая культура, изучающим дисциплину Физиология спорта. Может быть использовано для самостоятельного обучения.

УДК 796.01:612(075.8)
ББК 75.0я73
Б 811

© Бондаренко А.Е., Ворочай Т.А.,
Солошик В.В., 2010
© УО Гомельский государственный

РЕПОЗИТОРИЙ ГГУ ИМЕНИ Ф. СКОРИНЫ

Содержание

Список сокращений	4
Введение	5
Тема 1 Адаптация к физическим нагрузкам и резервные возможности организма	7
Тема 2 Физиологическая классификация физических упражнений	16
Тема 3 Физическая работоспособность спортсмена	32
Тема 4 Физиологические основы утомления и восстановления спортсменов	46
Тема 5 Физиологические основы развития тренированности	50
Тема 6 Физиологические особенности спортивной тренировки учащихся	60
Примерные тематики рефератов	73
Примерный перечень вопросов к экзамену	75
Приложения	78
Литература	84

Список сокращений

АД – артериального давления
АП – адаптационный потенциал
ВИК – вегетативный индекс Кердо
ВОЗ – всемирной организации здравоохранения
Вт – ватт
ДД – диастолическое артериальное давление
ДК – дыхательный коэффициент
ЖЕЛ – жизненная емкость легких
ИГСТ – индекс Гарвардского степ-теста
КВП – коэффициент восстановления пульса
КД – кислородный долг
КЕК – кислородная емкость крови
КЗ – кислородный запрос
КО – комплексная оценки
КП – кислородный пульс
л/мин – литры в минуту
ЛВ – легочная вентиляция
МВЛ – максимальная вентиляция легких
мин – минута
мм рт.ст. – миллиметры ртутного столба
МОД – минутный объем дыхания
МОК – минутный объем крови
МПК – максимальное потребление кислорода
об/мин – обороты в минуту
ПД – пульсовое артериальное давление
ПК – потребления кислорода
ПО₂ – потребление кислорода
СД – систолическое давление
СОК – систолический объем крови
ср АД – среднее артериальное давление
с – секунда
уд/мин – удары в минуту
ФЖЕЛ – фактическая жизненная емкость легких
ФР – физическая работоспособность
ЦНС – центральная нервная система
ЧД – частота дыхания

ЧСС – частота сердечных сокращений

РЕПОЗИТОРИЙ ГГУ ИМЕНИ Ф.СКОРИНЫ

Введение

Физиология спорта – это специальный раздел физиологии человека, изучающий изменения функций организма и их механизмы под влиянием мышечной (спортивной) деятельности и обосновывающий практические мероприятия по повышению ее эффективности.

Физиология спорта по своему месту в системе подготовки специалистов по физической культуре и спорту связана с тремя группами учебных и научных дисциплин. Первую группу составляют фундаментальные науки, на которых базируется спортивная физиология, она и использует их теоретические достижения, методики исследования и сведения о факторах среды, с которыми взаимодействует организм спортсмена в процессе тренировочной и соревновательной деятельности. К числу таких дисциплин следует отнести биологию, физиологию человека и животных, химию и физику.

Во вторую группу входят учебные и научные дисциплины, взаимодействующие со спортивной физиологией таким образом, что они взаимно обогащают или дополняют друг друга. В этом плане спортивная физиология тесно связана с анатомией, биохимией, биомеханикой, гигиеной и психологией.

И, наконец, третью группу дисциплин, с которыми связана спортивная физиология, составляют те из них, которые используют ее научные достижения и методики исследования в своих целях. К ним относятся теория и методика физической культуры, педагогика, спортивно-педагогические дисциплины, спортивная медицина, лечебная физкультура.

Одной из важных задач физиологии спорта является научное обоснование, разработка и реализация мероприятий, обеспечивающих достижение высоких спортивных результатов и сохранения здоровья спортсменов. Отличительной методической особенностью физиологии спорта является то, что ее материалы могут быть получены только из экспериментов с человеком, где применение ряда классических методов физиологии невозможно. Важно также подчеркнуть, что основной задачей спортивной физиологии является сравнительное изучение функционального состояния организма человека, т.е. исследование проводится до, во время и после двигательной активности, что в натуральных условиях весьма затруднительно. Поэтому разработаны специальные нагрузочные тесты, позволяющие дозировать физическую активность и регистрировать соот-

ветствующие изменения функций организма в различные периоды деятельности человека. С этой целью используются велоэргометр, беговая дорожка (тредбан), ступеньки разной высоты, а также различные приборы, позволяющие регистрировать функции сердечно-сосудистой, дыхательной, мышечной и центральной нервной систем на расстоянии, передавая соответствующие показатели по телеметрическим каналам.

Спортивная физиология занимает важное место в теории физической культуры, составляя фундамент знаний, необходимых тренеру и преподавателю для достижения высоких спортивных результатов и сохранения здоровья спортсменов. Поэтому тренер и педагог должны хорошо знать о физиологических процессах, происходящих в организме спортсмена во время тренировочной и соревновательной деятельности с тем, чтобы научно обоснованно строить и совершенствовать эту работу, уметь аргументировать свои распоряжения и рекомендации, избегать переутомления и перенапряжения и не причинить вреда здоровью тренирующихся. Они также должны понимать суть изменений, возникающих в организме спортсмена в реабилитационном периоде, чтобы активно и грамотно влиять на них, ускоряя восстановительные реакции.

Изложенные в практическом пособии материалы включают в себя теоретические основы, содержание и организацию проведения занятий, подробные сведения о методиках исследования. Описаны наиболее простые и информативные способы обработки полученных результатов. Для проверки знаний студентов и усвоения ими пройденного материала в учебном пособии содержатся контрольные вопросы. Дополнительно предложены примерные темы рефератов и экзаменационных вопросов. В приложении представлены полезные и часто используемые в практической деятельности тренера и педагога нормативные показатели основных функций организма спортсменов и нетренированных лиц в состоянии покоя, а также при физических нагрузках различной мощности.

Пособие предназначено для проведения практических и лабораторных занятий по дисциплине «Физиология спорта» для студентов специальности 1-03 02 01 «Физическая культура».

Тема 1

Адаптация к физическим нагрузкам и резервные возможности организма

1 Адаптация организма спортсмена к физическим нагрузкам

2 Виды адаптации и ее стадии

Основные понятия по теме

Приспособление человека к физическим нагрузкам представляет собой сложный многоуровневый процесс, затрагивающий различные функциональные системы организма.

В физиологическом отношении адаптация к мышечной деятельности является системным ответом организма, направленным на достижение высокой тренированности и минимизацию физиологической цены за это. С этих позиций адаптацию к физическим нагрузкам следует рассматривать как динамический процесс, в основе которого лежит формирование новой программы реагирования, а сам приспособительный процесс, его динамика и физиологические механизмы определяются состоянием и соотношением внешних и внутренних условий деятельности.

С физиологической точки зрения, ведущими при адаптации спортсменов в процессе тренировок являются повторность и возрастание физических нагрузок, что за счет обратных биологических связей позволяет совершенствовать функциональные возможности органов и систем и их энергетическое обеспечение на основе механизма саморегуляции организма. С этих позиций тренировка сводится к активизации механизмов адаптации, включению физиологических резервов, благодаря которым организм человека легче и быстрее приспособляется к повышенным нагрузкам, совершенствуя свои физические, физиологические и психические качества, повышая состояние тренированности.

Физиологическая сущность тренированности – это такой уровень функционального состояния организма, который характеризуется совершенствованием механизмов регуляции, увеличением физиологических резервов и готовностью к их мобилизации, что выражается в его повышенной устойчивости к длительным и интенсивным физическим нагрузкам и высокой работоспособности.

Развившееся в процессе тренировки состояние тренированности по своим физиологическим механизмам и морфофункциональной сути со-

ответствует стадии адаптированности организма к физическим нагрузкам.

Адаптация организма к физическим нагрузкам заключается в мобилизации и использовании функциональных резервов организма, в совершенствовании имеющихся физиологических механизмов регуляции. Никаких новых функциональных явлений и механизмов в процессе адаптации не наблюдается, просто имеющиеся уже механизмы начинают работать совершеннее, интенсивнее и экономичнее. В основе адаптации к физическим нагрузкам лежат нервно-гуморальные механизмы, включающиеся в деятельность и совершенствующиеся при работе двигательных единиц (мышц и мышечных групп). При адаптации спортсменов происходит усиление деятельности ряда функциональных систем за счет мобилизации и использования их резервов, а системообразующим фактором при этом является приспособительный полезный результат – выполнение поставленной задачи, т.е. конечный спортивный результат.

Физиологические факторы при долговременной адаптации обязательно сопровождаются следующими процессами: а) перестройкой регуляторных механизмов; б) мобилизацией и использованием физиологических резервов организма; в) формированием специальной функциональной системы адаптации к конкретной трудовой (спортивной) деятельности человека. *Эти три физиологических реакции являются главными и основными составляющими процесса адаптации, а общебиологическая закономерность таких адаптивных перестроек относится к любой деятельности человека.* Функциональная система, ответственная за адаптацию к физическим нагрузкам, включает в себя три звена: *афферентное, центральное регуляторное и эффекторное* (Солодков А.С., 1988).

Приспособительные изменения в здоровом организме бывают двух видов: 1) изменения в привычной зоне колебаний факторов среды, когда функциональная система функционирует в обычном составе; 2) изменения при действии чрезмерных факторов с включением в систему дополнительных элементов и механизмов.

Первая группа изменений является *обычными физиологическими реакциями* и не сопровождается существенными функциональными перестройками в организме, которые, как правило, не выходят за пределы физиологической нормы. Вторая группа приспособительных изменений отличается значительным напряжением регуляторных механизмов, использованием физиологических резервов и формированием функциональной

системы адаптации, в связи, с чем их называют *адаптационными сдвигами*.

Адаптивные перестройки – динамический процесс, поэтому в динамике адаптационных изменений у спортсменов целесообразно выделять несколько стадий. *Существует четыре стадии* (преадаптации, адаптивности, дизадаптации и реадаптации), *каждой из которых присущи свои функционально-структурные изменения и регуляторно-энергетические механизмы*.

Естественно, основными, имеющими принципиальное значение в спорте, следует считать две первые стадии. Применительно к общей схеме адаптации такие стадии, очевидно, свойственны людям в процессе приспособления к любым условиям деятельности.

Вопросы для самоконтроля

1 Методика регистрации физиологических показателей ЧСС в покое, во время и после физической нагрузки

2 Методика регистрации физиологических показателей АД в покое, во время и после физической нагрузки.

3 Как определяется систолический и минутный объем крови в покое, во время и после физической нагрузки?

4 Как определяется адаптационный потенциал в состоянии покоя?

5 Как определяется коэффициент восстановления пульса (КВП)?

Лабораторное занятие

Цель: усвоить навыки подсчета ЧСС и познакомиться с методами оценки интенсивности нагрузки, физической работоспособности и функционального состояния организма спортсменов.

Материалы и оборудование: для определения ЧСС необходим секундомер. При подсчете ЧСС могут использоваться инструментальные методы (пульсотаксиметрия, электрокардиография, сейсмокардиография, фонокардиография и т. д.).

Методика определения ЧСС: ЧСС измеряется при прощупывании (пальпации) височной, лучевой, бедренной артерий, по сердечному толчку, а также при аускультации (выслушивании) сердца. Наиболее хорошо прощупывается пульс на лучевой артерии на левой руке в положении сидя. Для этого накладывают 2-3 пальца правой руки на область запя-

стия. ЧСС подсчитывается по 10-секундным отрезкам 2-3 раза подряд. При недостаточном навыке ЧСС определяют за 30 секунд.

Средние количественные показатели ЧСС в покое у здоровых нетренированных людей 60-80 уд/мин; у спортсменов 40-60 уд/мин.

Повышение ЧСС свыше 80 уд/мин., называется *тахикардией* (от лат. «тахис» – быстрый), а замедление (реже 60 уд/мин) – *брадикардией* (от лат. «брадис» – медленный).

Во время небольших нагрузок и после них ЧСС составляет 110-130 уд/мин;

Во время средних нагрузок и после них ЧСС составляет 130-160 уд/мин;

Во время больших нагрузок и после них ЧСС составляет 160-190 уд/мин.

Ход работы

Определение ЧСС в покое, во время и после физической нагрузки у спортсменов

В качестве нагрузки предлагается выполнить 30 приседаний за 30 с (т.е. одно приседание за 1 с). Нагрузка выполняется с полной амплитудой движений: приседая, испытуемые выносят руки вперед перед грудью, спина прямая; и. п. встать, ноги выпрямлены в тазобедренных и коленных суставах, руки вдоль туловища.

Из числа студентов выбирают испытуемых. Остальные студенты в состоянии покоя ведут подсчет ЧСС, контролируют выполнение нагрузки, фиксируют данные в таблице 1.

- а) определение ЧСС до нагрузки за 15 с;
- б) выполнение нагрузки (30 приседаний за 30 с);
- в) определение ЧСС за 15 с (стоя) в начале 1-й минуты восстановительного периода;
- г) определение ЧСС за 15 с (стоя) в начале 2-й минуты восстановительного периода;
- д) определение ЧСС за 15 с (стоя) в начале 5-й минуты восстановительного периода.

Таблица 1 – Показатели ЧСС в различных условиях

Ф.И.О.	Покой	Восстановительный период, мин
--------	-------	-------------------------------

испытуемого		1	2	3	4	5

Расчет индекса Рюффье (IR) по формуле:

$$IR = (P_1 + P_2 + P_3 - 200) / 10, \text{ где}$$

P_1 – ЧСС до нагрузки за 1 мин;

P_2 – ЧСС за 1 мин на 1 мин восстановительного периода;

P_3 – ЧСС за 1 мин на 2 мин восстановительного периода.

Оценочные данные:

– атлетическое сердце: меньше 0 – у мастеров спорта международно-го класса;

– очень хорошее: (0-5);

– хорошее: (6-10);

– средней степени (11-15); (недостаточность сердца по отношению к нагрузке).

– недостаточность сильной степени (16-20).

Определение величины, на которую произошло учащение ЧСС (в числах и в процентах):

Оценочные данные: реакция на пробу хорошая, если ЧСС на 1 мин восстановительного периода участилась на 30-80 % по сравнению с данными покоя. Учащение ЧСС ниже или выше этих цифр свидетельствует о неудовлетворительной реакции на пробу.

Определение времени восстановления ЧСС после нагрузки до исходной величины.

Оценочные данные: в норме восстановление ЧСС после нагрузки до исходной величины не должно превышать 5 минут.

О приспособлении испытуемых к нагрузке судят по реакции восстановления ЧСС за 3 минуты. Для этого рассчитывают *коэффициент восстановления пульса (КВП)* по формуле:

$$КВП = \text{ЧСС (через 3 мин после нагрузки)} / \text{ЧСС (на 1 мин отдыха)} \times 100 \%$$

Чем меньше КВП, тем лучше скорость восстановления ЧСС.

На основании полученных данных оформляется вывод.

Лабораторное занятие

Цель: усвоить навыки измерения артериального давления в покое и после нагрузки по методу Короткова, а также изучить влияние физической нагрузки на величину артериального давления и ЧСС. Оценить функциональное состояние ССС.

Материалы и оборудование: тонометр, фонендоскоп, секундомер.

Ход работы

Измерение артериального давления, определение систолического и минутного объемов крови расчетным методом

Для изучения влияния физической нагрузки на величину артериального давления и ЧСС, а также для оценки функционального состояния ССС, испытуемому предлагается выполнить две нагрузки: 10 глубоких и быстрых приседаний, а затем 20 приседаний. После выполнения первой нагрузки фиксируют ЧСС за 10с и измеряют АД. Определяют восстановительный период. Такие же подсчеты проводят после второй нагрузки.

Используя полученные данные АД и ЧСС в покое и после нагрузки, необходимо рассчитать величины СОК и МОК в покое и после физической нагрузки. Данные заносят в таблицу 1.

Методика измерения артериального давления: При измерении АД всемирное признание получил аускультативный метод Короткова. Для того чтобы измерить артериальное давление, необходимо обнажить левую руку испытуемого. На плечо испытуемого надевают манжету так, чтобы ее нижний край находился на 2,5-3 см выше локтевого сгиба. Манжета должна прилегать к коже достаточно плотно, но не сжимать тканей плеча. Для этого под нижний край манжеты следует подвести указательный и средний пальцы (они должны свободно располагаться в манжете). Шланги, идущие от манжеты к манометру не должны перекручиваться и сжимать друг друга. Стрелки в манометре должны соответствовать нулю. Фонендоскоп устанавливают в области локтевого сгиба на лучевой артерии.

В манжету нагнетают воздух до тех пор, пока стрелка манометра не покажет 160-180 мм рт.ст. (до полного исчезновения пульса). Для людей с высоким артериальным давлением (180-220 мм рт.ст.), т.е. с выраженной гипертонией, нагнетают воздух в манжету до уровня 200-220 мм рт.ст.

Как только стрелка поднялась до необходимого уровня, начинают медленно выпускать воздух из манжеты. Выпуская воздух из манжеты

(снижая давление), внимательно прослушивают фонендоскопом пульс и при появлении первого звука фиксируют показания манометра. Это будет величина *максимального (систолического) давления*, т.е. в этот момент во время систолы левого желудочка кровь проталкивается через зажатый участок сосуда. Продолжают прослушивать пульсовые толчки. Они постепенно затухают, и в момент полного исчезновения пульсовых толчков снова фиксируют показания манометра. Эта величина соответствует *минимальному (диастолическому) давлению*.

Средние показатели систолического давления в покое: 110-130 мм рт.ст. Средние показатели диастолического давления в покое: 60-80 мм рт.ст.

Артериальное давление в покое выше 130/80 мм рт.ст. расценивается как *гипертоническое состояние*, а ниже 100/60 мм рт.ст. как *гипотоническое состояние*.

Кроме систолического и диастолического артериального давления существует *пульсовое давление*.

Пульсовое давление представляет собой разницу между систолическим и диастолическим артериальным давлением и косвенно свидетельствует о величине систолического выброса, т.е. об увеличении ударного объема сердца.

Средние показатели пульсового давления в покое – 40-70 мм рт.ст. Чем больше показатель пульсового давления, тем тренированнее ССС.

Систолическое артериальное давление после физической нагрузки – 160-200 мм рт.ст.

Диастолическое артериальное давление после физической нагрузки – 50-80 мм рт.ст.;

Пульсовое давление после нагрузки – 80-150 мм рт.ст.

Одним из самых важных показателей гемодинамики является *среднее артериальное давление*.

Среднее артериальное давление равно сумме диастолического давления и $1/3$ пульсового, где:

$$\text{ср АД} = \text{ДД} + \text{ПД} \times 1/3, \text{ где}$$

ср АД – среднее артериальное давление;

ДД – диастолическое артериальное давление;

ПД – пульсовое артериальное давление.

Методика определения СОК и МОК расчетным методом.

Минутный объем крови, и систолический объем крови являются важнейшими гемодинамическими показателями сердца. Поэтому исследования данных величин как в состоянии покоя, так и (особенно) при мышеч-

ной деятельности представляют большой интерес для оценки общей работоспособности человека.

Систолический объем крови (СОК) – это количество крови, выбрасываемое желудочком сердца при каждом его сокращении.

Норма СОК в состоянии покоя у здоровых людей 40-90 мл.

У спортсменов величины СОК в покое чаще всего колеблются в диапазоне от 50 до 100 мл.

При мышечной деятельности СОК увеличивается до 100-150 мл (в отдельных случаях до 180-200 мл).

Широкое применение получила формула *Старра* для определения СОК:

$$\text{СОК} = (101 + 0,5 \times \text{ПД}) - (0,6 \times \text{ДД}) - 0,6 \times \text{А}, \text{ где}$$

СОК – систолический объем крови;

ПД – пульсовое давление;

ДД – диастолическое давление;

А – возраст (в годах).

Минутный объем крови (МОК) – это количество крови, выбрасываемое сердцем в течение 1 мин. Он характеризует собой уровень кровоснабжения тканей и связанную с ним доставку к тканям кислорода и выведение из них углекислоты.

Норма МОК в состоянии покоя у здоровых людей 3-6 л/мин и более.

При легкой работе МОК увеличивается до 10-15 л/мин и более.

При очень тяжелой МОК достигает 25-40 л/мин.

В связи с невозможностью широко использовать существующие лабораторные методы определения СОК и МОК в миллилитрах, исследователи на основании экспериментальных данных вывели формулы для их расчета.

Для определения МОК пользуются следующей формулой:

$$\text{МОК} = \text{СОК} \times \text{ЧСС}, \text{ где}$$

МОК – минутный объем крови;

СОК – систолический объем крови;

ЧСС – частота сердечных сокращений за 1 мин.

Таблица 2 – Показатели артериального давления и объема крови

Показатели	Покой	Восстановительный период									
		1		2		3		4		5	
		10	20	10	20	10	20	10	20	10	20

ЧСС за 10с											
СД											
ДД											
ПД											
срАД											
СОК											
МОК											

На основании полученных данных оформляется вывод.

Лабораторное занятие

Цель: Изучить приспособительные реакции организма спортсменов к тренировочным нагрузкам в состоянии покоя.

Материалы и оборудование: ростомер, весы, секундомеры, тонометр, фонендоскоп, спирт, вата.

Ход работы

Изучение приспособительных реакций организма к тренировочным нагрузкам в состоянии относительного мышечного покоя

Из числа студентов выбираются испытуемые разной спортивной специализации и тренированности. Сформированные группы студентов в состоянии покоя (сидя) производят у испытуемых измерение роста и веса тела, ЧСС, АД. Данные фиксируют в таблице 3.

Расчет адаптационного потенциала (АП) системы кровообращения вычисляется в условных баллах по ЧСС, систолическому и диастолическому артериальному давлению, росту и массе тела с учетом возраста испытуемого.

Для определения АП системы кровообращения предложена формула:

$$\text{АП (в баллах)} = 0,011 (\text{ЧСС}) + 0,014 (\text{САД}) + 0,008 (\text{ДАД}) + 0,014 (\text{В}) + 0,009 (\text{МТ}) - 0,009 (\text{Р}) - 0,27,$$

где

ЧСС – частота сердечных сокращений (в минуту);

САД – систолическое артериальное давление;

ДАД – диастолическое артериальное давление;

В – возраст (в годах);

МТ – масса тела (кг);

Р – рост (см).

Для отнесения испытуемых к тому или иному классу функциональных состояний может быть использована следующая шкала:

удовлетворительная адаптация – не более 2,1 балла;

напряжение механизмов адаптации – от 2,11 до 3,2 балла;

неудовлетворительная адаптация – от 3,21 до 4,3 балла;

срыв адаптации – 4,31 балла и более.

Таблица 3 – Определение уровня приспособительных реакций организма по адаптационному потенциалу системы кровообращения

№ п/п	Ф.И.О.	Возраст	Специализация	Разряд	Рост, см	Вес, кг	ЧСС уд/мин	САД мм рт.ст.	ДАД мм рт.ст.	АП, в баллах
1										
2										
3										

Полученные данные заносятся в протокол занятия, и на основе анализа результатов исследования оформляется вывод. В выводе необходимо отразить уровень приспособительных реакций испытуемых в зависимости от адаптационного потенциала системы кровообращения.

Тема 2

Физиологическая классификация физических упражнений

1 Позы для выполнения физических упражнений

2 Виды движений

Основные понятия по теме

Общепринятой в настоящее время считается классификация физических упражнений, предложенная В. С. Фарфелем (1970). В этой системе в силу многообразия и разнохарактерности физических упражнений применены различные критерии классификации (см. схему классификации).

Схема физиологической классификации упражнений в спорте (по В. С. Фарфелю, 1970) ПОЗЫ

- Лежание

- Сидение
- Стояние
- Опора на руки

ДВИЖЕНИЯ

I. Стереотипные (стандартные) движения

1) Качественного значения (с оценкой в баллах)

2) Количественного значения (с оценкой в килограммах, метрах, секундах)

Циклические

По зонам мощности:

- Максимальной
- Субмаксимальной
- Большой
- Умеренной
- Ациклические
- Собственно-силовые
- Скоростно-силовые
- Прицельные

II. Ситуационные (нестандартные) движения

- Спортивные игры
- Единоборства
- Кроссы

Все спортивные упражнения разделены первоначально на позы и движения. Затем все движения подразделены по критерию стандартности на стандартные или стереотипные (с повторяющимся порядком действий) и нестандартные или ситуационные (спортивные игры и единоборства). Стандартные движения разбиты на 2 группы по характеру оценки спортивного результата – на упражнения качественного значения (с оценкой в баллах – гимнастика, фигурное катание, прыжки в воду и др.) и количественного значения (с оценкой в килограммах, метрах, секундах). Из последних, выделены упражнения с разной структурой – ациклические и циклические. Среди ациклических упражнений выделены собственно-силовые (тяжелая атлетика), скоростно-силовые (прыжки, метания) и прицельные (стрельба).

Работая в условиях определенной позы, человек выполняет статическую работу. При этом мышцы находятся в изометрическом режиме, их механическая работа равна нулю. С физиологической точки зрения, человек выполняет определенную нагрузку, затрачивает на это энергию, следовательно, такая работа оценивается по длительности ее выполнения. В

ЦНС создается рабочая доминанта, вызывая торможение других незадействованных нервных центров. *При выполнении статической работы активные мышечные сокращения непрерывны. Это характеризует статическую работу как более утомительную по сравнению с динамической работой.* Во время такой работы отмечается значительное снижение кровоснабжения мышц при одновременном повышении артериального давления. При мышечном напряжении, превышающем 30% от максимального, кровообращение в мышцах полностью прекращается.

Статические упражнения характеризуются **«феноменом статических усилий»** (феномен Линдгарта-Верещагина). Он заключается в том, что усиление дыхания и кровообращения при статических усилиях происходит не столько во время выполнения работы, сколько после нее. Причину возникновения «феномена статического усилия» объясняют большим напряжением мышц, в результате которого наступает сжатие кровеносных сосудов, уменьшения кровоснабжения и поступления кислорода к мышцам. После выполненной работы восстанавливается кровоснабжение мышц, продукты анаэробного распада (молочная кислота и др.) всасываются в кровь и стимулируют нервные центры дыхательной и сердечно-сосудистой систем, вызывая усиление их функционирования. Статическое усилие зачастую сопровождается явлением «натуживания», которое совершается на выдохе при закрытой голосовой щели и сопровождается остановкой дыхания, повышением АД, СОК, уменьшением притока крови к сердцу. В некоторых случаях это может привести к нарушению мозгового кровообращения и потере сознания.

Характеристика изменений в организме при статической работе отражена в таблице 4.

Таблица 4 – Характеристика изменений в организме при статической работе

Суммарный кислородный запас	2 л.
Величина кислородного долга	2 л.
Отношение потребленного кислорода к кислородному запросу	1/2 – 9/10

Циклические упражнения по предельному времени работы разделены по зонам относительной мощности – максимальной мощности (продолжающиеся до 10-30с), субмаксимальной (от 30-40 с до 3-5 мин), большой (от 5-6 мин до 20-30 мин) и умеренной мощности (от 30-40 мин до нескольких часов). При этом учитывалось, что физическая нагрузка не равна физиологической нагрузке на организм человека, а основной величи-

ной, характеризующей физиологическую нагрузку, является предельное время выполнения работы у бегунов, конькобежцев, пловцов.

Работа максимальной мощности обеспечивается преимущественно за счет поступления энергии в результате процессов анаэробного окисления и относится к анаэробным алактатным нагрузкам, т.е. выполняется на 90-95% за счет энергии фосфогенной системы. Такая работа совершается во время спринтерского бега на 60, 100 и 200 метров, плавания на 25 и 50 метров, велогонки на трек-гиты на 200 и 500 метров и т.п.

Предельные единичные энерготраты могут достигать значительных величин, однако суммарные – минимальны. Огромный кислородный запрос удовлетворяется крайне незначительно, но кислородный долг не успевает достичь большой величины из-за кратковременности нагрузки. Короткий рабочий период недостаточен для формирования заметных адаптивных сдвигов в системах дыхания и кровообращения. При этом из-за высокого уровня предстартового возбуждения ЧСС может достигать больших значений. В результате активного выхода из печени углеводов в крови обнаруживается повышенное содержание глюкозы и формируется состояние гипергликемии.

Ведущими системами организма при работе в зоне максимальной мощности являются ЦНС и двигательный аппарат.

Характеристика изменений в организме при работе максимальной мощности представлена в таблице 5.

Таблица 5 – Характеристика изменений в организме при работе максимальной мощности

Относительный расход энергии	4ккал/с
Суммарный расход энергии	20-80 ккал/с
Минутный кислородный запрос	40,0 л/мин
Суммарный кислородный запрос	6-13л
Суммарное потребление кислорода	0,3 на 100м
Отношение потребления кислорода к кислородному запросу	Менее 1/10
Относительное потребление кислорода (в % от МПК)	незначительное
Кислородный долг	7-10 л
Концентрация молочной кислоты в крови	незначительная
Минутный объем дыхания	30-40 л/мин
Частота дыханий	90 дыханий/мин
Дыхательный объем	0,4 л
Частота сердечных сокращений	150-200 уд/мин
Ударный объем крови	100-120мл
Систолическое артериальное давление	150-180 мм.рт.ст.

Концентрация глюкозы в крови	3,9-6,1 ммоль/л
------------------------------	-----------------

Работа субмаксимальной мощности обеспечивается за счет поступления энергии в результате процессов анаэробно-аэробного окисления. Однако из-за незначительного по времени выполнения нагрузки преимущественным способом энергообеспечения являются реакции анаэробного гликолиза, что приводит к предельному нарастанию концентрации молочной кислоты в крови. В таких условиях значение рН крови может снижаться до 7,0 и более. Высокий кислородный запрос формирует кислородный долг, который может достигать максимальных величин. Ведущие физиологические системы в обеспечении работы в зоне субмаксимальной мощности – ЦНС и системы транспорта газов крови (дыхательная, сердечно-сосудистая система и система крови). Их показатели достигают максимальных значений. При таком виде нагрузки рекомендуется определять величину прямого показателя физической работоспособности – максимальное потребление кислорода (МПК).

Характеристика изменений в организме при работе субмаксимальной мощности представлена в таблице 6.

Таблица 6 – Характеристика изменений в организме при работе субмаксимальной зоны мощности

Относительный расход энергии	1,5-0,6 ккал/с
Суммарный расход энергии	150-450 ккал
Минутный кислородный запрос	8,5-25,0 л/мин
Суммарный кислородный запрос	19-32 л
Суммарное потребление кислорода	4-5 л/мин
Отношение потребления кислорода к кислородному запросу	1/3
Относительное потребление кислорода (в % от МПК)	100%
Кислородный долг	До 20-22 л
Концентрация молочной кислоты в крови	20-25 ммоль/л
Минутный объем дыхания	До 150 л/мин
Частота дыханий	50-70 дыханий/мин
Дыхательный объем	До 2-3 л
Частота сердечных сокращений	180-200 уд/мин
Ударный объем крови	150-200 мл
Систолическое артериальное давление	180-220 мм рт.ст.
Концентрация глюкозы в крови	3,9-5,5 ммоль/л

Адаптивные сдвиги в системе энергообеспечения организма при работе большой мощности определяются, прежде всего, потребностями в

кислороде – кислородным запросом (КЗ). Величина КЗ при выполнении работы большой мощности намного превышает возможности сердечно-сосудистой системы в транспортировке кислорода к работающим органам. Однако соотношение величин потребления кислорода и кислородного запроса в этом случае выше, чем при работе в зонах максимальной и субмаксимальной мощности. Энергетическое обеспечение работы большой мощности происходит преимущественно за счет аэробного обмена. Значительная длительность и высокая интенсивность работы большой мощности обеспечивает полное развертывание функций сердечно-сосудистой и дыхательной систем.

Выполнение работы умеренной мощности обеспечивается преимущественно за счет аэробного пути окисления. После истощения запасов глюкозы обменные процессы задействуют и окисление жиров. Такая работа выполняется во время бега на дистанции 20, 30 км, марафонского бега, шоссейных велогонок, лыжных гонок на 30, 50 км, спортивной ходьбы.

Предельные единичные энерготраты незначительны, зато суммарные энерготраты могут достигать незначительных величин. Потребление кислорода при выполнении таких нагрузок составляет около 70-80 % от МПК, что способствует практически полной компенсации кислородного запроса во время работы. Кислородный долг к концу работы может быть минимальным, а концентрация молочной кислоты не превышает нормальных значений. Достаточно длительный рабочий период способствует развитию адаптивных реакций в работе основных газотранспортных систем – дыхания и кровообращения. Благодаря этому, при работе умеренной мощности можно наблюдать истинное «устойчивое состояние». В результате активного использования из печени запасов углеводов в крови уменьшается содержание глюкозы, и накапливаются признаки гипогликемии. Ведущими системами организма при работе в зоне умеренной мощности являются сердечно-сосудистая система, дыхание, кровь, тканевое окисление и двигательный аппарат.

Характеристика изменений в организме при работе умеренной мощности представлена в таблице 7.

Таблица 7 – Характеристика изменений в организме при работе умеренной мощности

Относительный расход энергии	0,3 ккал/с
Суммарный расход энергии	2-3 тыс. ккал

Минутный кислородный запрос	3,0-4,0 л/мин
Суммарный кислородный запрос	500 л и более
Суммарное потребление кислорода	3-4 л/мин
Отношение потребления кислорода к кислородному запросу	1
Относительное потребление кислорода (в % от МПК)	85%
Кислородный долг	До 4-5 л
Концентрация молочной кислоты в крови	4 ммоль/л
Минутный объем дыхания	80-130 л/мин
Частота дыханий	50-60 дыханий/мин
Дыхательный объем	1,0-1,5 л
Частота сердечных сокращений	160-180 уд/мин
Ударный объем крови	120-140мл
Систолическое артериальное давление	160-180 мм рт.ст.
Концентрация глюкозы в крови	2,4-3,0 ммоль/л

Выполнение работы переменной мощности постоянно требует нового сдвига активности различных органов и систем спортсмена. Особенности вегетативного обеспечения является невозможность одновременной быстрой перестройки систем снабжения организма – сердечно-сосудистой, дыхательной и других. Системы обеспечения всегда «опаздывают» за оптимальным кислородным снабжением, что способствует росту кислородного долга. Такая работа особенно характерна для спортивных игр и единоборств, а также для стандартных ациклических упражнений. Высокая лабильность вегетативного обеспечения является важным условием успешного выполнения подобной работы.

Ведущими системами организма при работе в зоне переменной мощности являются центральная и вегетативная системы, органы кровообращения, дыхания, система крови, а также тканевое окисление и двигательный аппарат. Уровень физической активности определяется величиной ЧСС. Следовательно, расчет корреляции ЧСС и мощности нагрузки в эксперименте позволяет судить о приспособленности организма спортсмена к данной работе.

Вопросы для самоконтроля

1 Физиологическая характеристика работы статического характера, динамической работы максимальной, субмаксимальной, умеренной и переменной мощности.

2 В каком режиме мышечных сокращений совершается работа статического и динамического характера?

3 При какой мощности работы происходят максимальные изменения физиологических показателей?

4 В чем заключается феномен Лингардта-Верещагина?

5 При каких мощностях совершается работа в аэробном и анаэробном режимах?

6 Источники и способы получения энергии организмом при выполнении работы максимальной и субмаксимальной мощности.

7 Источники и способы получения энергии организмом при выполнении работы большой и умеренной мощности.

8 Особенности работы в переменной зоне мощности.

Лабораторное занятие

Цель: ознакомиться с особенностями изменений в организме при выполнении статической нагрузки.

Материалы и оборудование: тонометр, фонендоскоп, сухой спирометр, мундштук, секундомеры, спирт, вата.

Ход работы

Физиологическая характеристика статических усилий

Из числа студентов выбирают двух испытуемых. Сформированные группы студентов в состоянии покоя регистрируют у них ЧСС, СД, ДД, СОК, МОК, КВП, частоту дыхания (ЧД), жизненную емкость легких (ЖЕЛ), максимальную вентиляцию легких (МВЛ), поглощение кислорода (ПК), кислородный пульс (КП). Данные фиксируются в таблице 4.

Испытуемому предлагается выполнить статическую нагрузку, заключающуюся в удержании ногами угла 90° в упоре на руках в течение 30с или удержание гантелей весом 5 кг каждая на вытянутых руках в течение 1 мин.

Частота дыхания (ЧД) определяется визуально по движениям грудной клетки (фазы вдоха и выдоха).

В норме в покое средняя ЧД у здоровых лиц колеблется в пределах 16-18 в минуту; у спортсменов – 8-12 в минуту. В условиях максимальной нагрузки ЧД возрастает до 40-60 в минуту.

Жизненная емкость легких (ЖЕЛ) – объем воздуха, полученный при максимальном выдохе, сделанном после максимального вдоха. ЖЕЛ является одним из важнейших показателей функционального состояния системы внешнего дыхания. Измеряется ЖЕЛ спирометром и выражается в единицах объема (литрах и миллилитрах).

Средние показатели ЖЕЛ в норме:

- для мужчин: 3500-5000 мл;
- для женщин: 2500-3200 мл;
- для спортсменов: 4500-8000 мл;
- для спортсменок: 3500-5300 мл.

Высокая ЖЕЛ будет наблюдаться у спортсменов, тренирующихся преимущественно на выносливость и обладающих высокой кардиореспираторной производительностью (плавание, гребля и т.д.).

Максимальная вентиляция легких (МВЛ) – объем воздуха, вентилируемый легкими в единицу времени при максимальной глубине и ЧД.

МВЛ определяется по формуле:

$$\text{МВЛ} = (\text{ЖЕЛ} / 2) \times 35$$

Средние показатели МВЛ в покое:

- у мужчин – 120-170 л/мин;
- у женщин – 125-140 л/мин.

Величину поглощаемого кислорода (ПК) определяют путем следующего вычисления.

В состоянии покоя из вдыхаемого воздуха поглощается около 4 % кислорода, следовательно, при легочной вентиляции, равной, например, 6000 мл/мин, поглощается 240 мл кислорода.

$$100\text{мл} - 4\text{мл}$$

$$6000\text{мл} - X \text{ мл}$$

$$X = 4 \times 6000 / 100 = 240\text{мл}$$

При мышечной деятельности процент поглощения кислорода возрастает до 5%. Следовательно, 5% по отношению к легочной вентиляции составят величину потребления кислорода (мл) при работе.

Студентам необходимо рассчитать по своим данным величину поглощения кислорода.

С целью более полной оценки транспортной функции кровообращения необходимо вычислить *кислородный пульс (КП)* по формуле:

$$\text{КП мл/уд} = \text{ПК (мл)} / \text{ЧСС уд/мин (на 1 мин после нагрузки)}$$

Увеличение КП в состоянии покоя и во время 4 мышечных нагрузок обуславливает большую экономичность кислородных режимов организма и соответственно более высокую тренированность.

Вышеуказанные показатели кардиореспираторной системы фиксируются в таблице 8 в течение 5 минут восстановительного периода.

Таблица 8– Функциональные показатели организма

Показатели	Покой	Восстановительный период				
		1	2	3	4	5
ЧСС						
СД						
ДД						
КВП						
СОК						
МОК						
ЧД						
ЖЕЛ						
МВЛ						
ПК						
КП						

На основе анализа результатов комплексного исследования следует сделать вывод об особенностях физиологических реакций организма на статическую работу.

Лабораторное занятие

Цель работы: ознакомиться с особенностями изменений в организме при выполнении нагрузки максимальной мощности.

Материалы и оборудование: велоэргометр, электроды, физиологический раствор, манометр, фонендоскоп, сухой спирометр, мундштук, секундомеры, спирт, вата.

Ход работы

Физиологическая характеристика работы максимальной мощности

Из числа студентов выбираются два испытуемых. Сформированные группы студентов в состоянии покоя регистрируют у них ЧСС, СД, ДД, ПД, СОК, МОК, КВП, ЧД, ЖЕЛ, МВЛ, ПК, КП. Данные фиксируются в таблице 9.

Для выполнения работы максимальной мощности испытуемым предлагается совершить работу на велоэргометре в течение 20с при нагрузке 250 Вт и частоте педалирования 50 об/мин, либо бег на месте в течение 20с с частотой 240 шагов/минуту. Для определения ЧСС за 1 мин данные пульса умножаются на 3.

После завершения работы вышеуказанные физиологические показатели фиксируются в таблице 9 в течение 5 мин восстановительного периода.

Таблица 9 – Функциональные показатели организма

Показатели	Покой	Восстановительный период				
		1	2	3	4	5
ЧСС						
СД						
ДД						
ПД						
КВП						
СОК						
МОК						
ЧД						
ЖЕЛ						
МВЛ						
ПК						
КП						

На основе анализа результата исследования оформляется заключение об особенностях изменений в организме при выполнении нагрузки максимальной мощности

Лабораторное занятие

Цель: ознакомиться с особенностями изменений в организме при выполнении нагрузки субмаксимальной мощности.

Материалы и оборудование: велоэргометр, электроды, марлевые прокладки, смоченные в физиологическом растворе, тонометр, фонендоскоп, сухой спирометр, мундштук, секундомер, спирт, вата.

Ход работы

Физиологическая характеристика работы субмаксимальной мощности

Из числа студентов выбираются два испытуемых. Сформированные группы студентов в состоянии покоя регистрируют у них ЧСС, АД, ПД, СОК, МОК, ЖЕЛ, МВЛ, ЧД. Данные фиксируют в таблице 10.

Для выполнения работы субмаксимальной мощности испытуемому предлагается выполнить работу на велоэргометре в течение 5 мин при нагрузке 200 Вт и частоте педалирования 50 об/мин или бег на месте (можно на третбане) в темпе 180 шагов в минуту длительностью 5 минут.

После завершения работы вышеуказанные физиологические показатели фиксируются в течение 5 мин восстановительного периода.

Для определения величины прямого показателя физической работоспособности – максимального потребления кислорода (МПК) *абсолютной* с учетом ЧСС на 1 мин восстановительного периода и веса испытуемого пользуются номограммой Астранда (приложение 2).

Таблица 10 – Функциональные показатели организма

Показатели	Покой	Восстановительный период				
		1	2	3	4	5
ЧСС						
СД						
ДД						
ПД						
СОК						
МОК						
ЧД						
ЖЕЛ						
МВЛ						

Если работа выполнялась на велоэргометре, то для расчета *абсолютной* МПК (л/мин) по номограмме необходимо Вт перевести в кгм/мин ($200 \text{ Вт} \times 6 = 1200 \text{ кгм/мин}$).

У нетренированных мужчин от 20 до 30 лет МПК *абсолютная* не превышает 2-4 л/мин.; у женщин – от 2 до 3 л/мин или на 25-30% ниже,

чем у мужчин. У спортсменов международного класса она может достигать 6-6,5 л/мин.

Поскольку *относительная* величина МПК зависит от размеров тела, ее делят на вес человека.

При перерасчете на 1кг веса у нетренированных мужчин *относительная* МПК составляет 40-60 мл/кг/мин; у женщин – 30-40 мл/кг/мин или на 15-20 % меньше, чем у мужчин. У спортсменов высокого класса (в зависимости от специализации) – 80-90 мл/кг/мин. (таблица 11).

Таблица 11 – Показатели МПК в различных видах спорта

Вид спорта	л/мин	мл/кг веса
Лыжный спорт	5,6	79-83
Легкая атлетика:		
– спринтерский бег	4,8	60-79
– бег на 800 и 1500 м	5,4	69-75
– бег на 400 м	4,9	67-69
Велосипедный спорт	5,2	71-79
Плавание	5,0	66-72
Тяжелая атлетика	4,5	56
Спортивные игры	4,6	62
Гимнастика	3,5	47

Полученные данные заносятся в протокол занятия, и на основе анализа результатов исследования оформляется вывод об особенностях изменений в организме при выполнении нагрузки субмаксимальной мощности.

Лабораторное занятие

Цель: ознакомиться с особенностями изменений в организме при выполнении нагрузки большой мощности.

Материалы и оборудование: велоэргометр, электроды, марлевые прокладки, смоченные в физиологическом растворе, тонометр, фонендоскоп, сухой спирометр, мундштук, секундомер, спирт, вата.

Ход работы

Физиологическая характеристика работы большой мощности

Из числа студентов выбираются два испытуемых. Сформированные группы студентов в состоянии покоя регистрируют у них ЧСС, АД, ПД, СОК, МОК, ЖЕЛ, МВЛ, ЧД. Данные фиксируют в таблице 12.

Для выполнения работы большой мощности испытуемому предлагается выполнить работу на велоэргометре в течение 10 мин при нагрузке 150 Вт и частоте педалирования 50 об/мин.

После завершения работы вышеуказанные физиологические показатели фиксируются в течение 5 мин восстановительного периода.

Таблица 12 – Функциональные показатели организма

Показатели	Покой	Восстановительный период				
		1	2	3	4	5
ЧСС						
СД						
ДД						
ПД						
СОК						
МОК						
ЧД						
ЖЕЛ						
МВЛ						

При таком виде нагрузки рекомендуется определить величину МПК (абсолютную и относительную величины) по номограмме Астранда (приложение 2).

Полученные данные заносятся в протокол занятия, и на основе анализа результатов исследования оформляется вывод об особенностях изменений в организме при выполнении нагрузки большой мощности.

Лабораторное занятие

Цель: ознакомиться с особенностями изменений в организме при выполнении нагрузки умеренной мощности.

Материалы и оборудование: велоэргометр, электроды, марлевые прокладки, смоченные в физиологическом растворе, тонометр, фонендоскоп, сухой спирометр, мундштук, секундомер, спирт, вата.

Ход работы

Физиологическая характеристика работы умеренной мощности

Из числа студентов выбираются два испытуемых. Сформированные группы студентов в состоянии покоя регистрируют у них ЧСС, АД, ПД, СОК, МОК, ЖЕЛ, МВЛ, ЧД. Данные фиксируют в таблице 13.

Для выполнения работы умеренной мощности испытуемому предлагается выполнить работу на велоэргометре в течение 15 мин при нагрузке 150 Вт и частоте педалирования 40 об/мин либо бег на месте в темпе 150 шагов в минуту. После завершения работы вышеуказанные физиологические показатели фиксируются в таблице 13 в течение 5 мин восстановительного периода.

Таблица 13 – Функциональные показатели организма

Показатели	Покой	Восстановительный период				
		1	2	3	4	5
ЧСС						
СД						
ДД						
ПД						
СОК						
МОК						
ЧД						
ЖЕЛ						
МВЛ						

При таком виде нагрузки рекомендуется определить величину МПК (абсолютную и относительную величины) по номограмме Астранда (приложение 2).

Полученные данные заносятся в протокол занятия, и на основе анализа результатов исследования оформляется вывод об особенностях изменений в организме при выполнении нагрузки умеренной мощности.

Лабораторное занятие

Цель: ознакомиться с особенностями изменений в организме при выполнении нагрузки переменной мощности.

Материалы и оборудование: велоэргометр, электроды, марлевые прокладки, смоченные в физиологическом растворе, тонометр, фонендоскоп, сухой спирометр, мундштук, секундомер, спирт, вата.

Ход работы

Физиологическая характеристика работы переменной мощности

Из числа студентов выбирается испытуемый. Сформированные группы студентов в состоянии покоя регистрируют у него ЧСС, АД, ПД, СОК, МОК, ЧД, ЖЕЛ, МВЛ. Данные фиксируют в таблице 15.

Для выполнения работы переменной мощности испытуемому предлагается выполнить работу на велоэргометре, где можно легко дозировать мощность нагрузки. После 5-минутной разминки, проводимой в произвольной форме, испытуемый выполняет работу. Общая длительность работы составляет 12 минут. Используется следующее чередование темпа и мощности:

- на первых 4 мин темп 60 об/мин, мощность 100 Вт;
- на 5 мин темп увеличивается до 70 об/мин, а мощность до 250 Вт;
- на 7 мин темп уменьшается до 60 об/мин, а мощность до 150 Вт;
- на 9 мин темп уменьшается до 50 об/мин, а мощность до 150 Вт;
- на 10 мин темп увеличивается до 70 об/мин, а мощность до 250 Вт;
- на 12 мин темп уменьшается до 60 об/мин, а мощность до 100 Вт.

В процессе работы для каждой ступени мощности на последних 10 с регистрируется ЧСС и фиксируется в таблице 14.

Таблица 14 – Показатели ЧСС на ступенях мощности

Мощность, Вт Обороты, мин	ЧСС					
	4 мин	5 мин	7 мин	9 мин	10 мин	12 мин
100/60						
250/70						
150/60						
150/50						
250/70						
100/60						

После завершения работы вышеуказанные физиологические показатели фиксируются в таблице 15 в течение 5 мин восстановительного периода.

Таблица 15 – Функциональные показатели организма

Показатели	Покой	Восстановительный период				
		1	2	3	4	5
ЧСС						
СД						
ДД						
ПД						
СОК						
МОК						
ЧД						
ЖЕЛ						
МВЛ						

Аналогичная нагрузка может быть выполнена в качестве степ-теста. В этом случае мощность можно варьировать изменением темпа восхождения (частотой шагов).

Используется следующие 10 ступеней мощности по количеству шагов в 1 мин: 90, 60, 120, 60, 150, 90, 150, 60, 120, 60. При расчете мощности выполняемой нагрузки учитываются следующие моменты. Поскольку мощность определяется как работа, выполненная за единицу времени, то в этом случае работа есть произведение массы тела испытуемого (М) в килограммах, высоты ступеньки (h) в метрах и числа подъемов (n) за 1 мин.

$$A = M \times h \times n, \text{ где}$$

A – работа в кгм/мин;

M – масса тела испытуемого (кг);

h – высота ступеньки (м);

n – число подъемов за 1 мин (для 60 шагов/мин – это 15 подъемов, для 90 шагов/мин – 23 подъема, для 120 шагов – 30 подъемов, для 150 шагов – 38 подъемов).

Уровень физической активности вегетативной нервной системы определяется величиной ЧСС. Для этого определяют соотношение компонентов симпатической и парасимпатической нервной системы в организме испытуемого, т.е. рассчитывают вегетативный индекс Кердо (ВИК).

О приспособлении организма испытуемого к работе в переменной мощности судят по реакции восстановления ЧСС за 30 мин, т.е. рассчитывают коэффициент восстановления пульса (КВП).

При таком виде нагрузки рекомендуется определить величину МПК (абсолютную и относительную) по номограмме Астранда за каждый период и дать сравнительную характеристику.

Полученные данные заносятся в протокол занятия, и на основе анализа результатов исследования оформляется вывод об особенностях изменений в организме при выполнении нагрузки переменной мощности (обратить внимание на степень учащения ЧСС при увеличении мощности работы и степень снижения ее при уменьшении мощности).

Тема 3

Физическая работоспособность спортсмена

- 1 Прямые и косвенные показатели физической работоспособности
- 2 Динамика физической работоспособности

Основные понятия по теме

Физическая работоспособность является выражением жизнедеятельности человека, имеющим в своей основе движение, универсальность которого была блестяще охарактеризована еще И.М. Сеченовым. Она проявляется в различных формах мышечной активности и зависит от способности и готовности человека к физической работе. Физическая работоспособность является одной из важнейших составляющих спортивного успеха.

*Под работоспособностью понимается способность человека выполнять в заданных параметрах и конкретных условиях профессиональную деятельность, сопровождающуюся обратимыми в сроки регламентированного отдыха функциональными **изменениями в организме**.* Работоспособность следует оценивать по критериям профессиональной деятельности и состоянию функций организма, другими словами, с помощью прямых и косвенных ее показателей.

Прямые показатели у спортсменов позволяют оценивать их спортивную деятельность как с количественной (метры, секунды, килограммы, очки и т.д.), так и с качественной (надежность и точность выполнения конкретных физических упражнений) стороны. С этой точки зрения все методики исследования прямых показателей работоспособности подразделяются на количественные, качественные и комбинированные. *С помощью*

комбинированных методик исследования можно оценивать как производительность, так и надежность, точность спортивной деятельности.

К **косвенным критериям работоспособности** относят различные клинико-физиологические, биохимические и психофизиологические показатели, характеризующие изменения функций организма в процессе работы. Другими словами, косвенные показатели представляют собой реакции организма на определенную нагрузку и указывают на то, какой физиологической ценой для человека обходится эта работа, т.е. чем, например, организм спортсмена расплачивается за достигнутые секунды, метры, килограммы и т.д. Установлено, что косвенные показатели работоспособности в процессе труда ухудшаются значительно раньше, чем прямые критерии. Это дает основание использовать различные физиологические методики для прогнозирования работоспособности человека, а также для выяснения механизмов адаптации.

При оценке работоспособности и функционального состояния человека необходимо также учитывать его субъективное состояние (усталость), являющееся довольно информативным показателем. Ощущая усталость, человек снижает темп работы или вовсе ее прекращает. Этим самым предотвращается функциональное истощение различных органов и систем и обеспечивается возможность быстрого восстановления работоспособности человека. А.А. Ухтомский считал ощущение усталости одним из наиболее чувствительных показателей снижения работоспособности и развития утомления.

Обобщенные данные по оценке работоспособности человека с учетом его субъективного и функционального состояний, прямых и косвенных показателей работоспособности представлены в таблице 16.

Таблица 16 – Стадии физической работоспособности

Периоды работоспособности	Субъективное состояние	Клинико-физиологические показатели	Психофизиологические показатели	Профессиональная работоспособность	Функциональное состояние организма
Врабатывание	Улучшается	Улучшаются	Улучшаются	Улучшается	Нормальное состояние (утомление)
Стабильная работоспособность	Хорошее	Устойчивость показателей	Устойчивость показателей	Сохраняется на стабильном уровне	Нормальное состояние (утомление)
Неустойчивая работа	Ухудшается	Разнонаправленные сдвиги	Разнонаправленные сдвиги	Незначительное снижение	Переходное состояние

способность		ги вегетативных функций	ги показателей		(хроническое утомление)
Прогрессирующее снижение работоспособности	Постоянное ощущение усталости, не проходящее после дополнительного отдыха	Однонаправленное ухудшение всех показателей	Однонаправленное ухудшение показателей	Выраженное снижение, появление грубых ошибок	Патологическое состояние (перевосстановление)

Располагая такими данными и сопоставляя их с фактически наблюдаемыми сдвигами у человека в период любой его деятельности, можно с достаточной достоверностью судить о динамике работоспособности, утомления и переутомления и при необходимости рекомендовать проведение соответствующих оздоровительных мероприятий

С позиции общей теории адаптации, работоспособность следует рассматривать как динамический процесс взаимосвязи и взаимодействия организма и факторов среды. **В динамике спортивной работоспособности** выделяются предстартовые состояния и разминка, вработывание, устойчивое (истинное и условное) состояние, утомление и восстановление.

При правильно построенном тренировочном процессе в организме развивается состояние тренированности, в основе которого лежат механизмы срочной и долговременной адаптации к физическим нагрузкам. С физиологической точки зрения, тренированность представляет собой уровень функционального состояния организма, возникающего в процессе систематических тренировок и характеризующегося повышением функциональных резервов и готовностью к их мобилизации, что проявляется увеличением работоспособности человека. Другими словами, **тренированность спортсмена характеризуется уровнем его специальной физической работоспособности**, прогнозировать которую можно показателями физиологических функций, как в состоянии относительного покоя, так и при дозированных физических нагрузках, о чем сказано выше.

Во время рационально построенных тренировочных нагрузок возможности организма не только восстанавливаются до исходных констант, но и закрепляются на новом уровне, обеспечивая повышение и расширение функциональных резервов организма (**состояние суперкомпенсации**). Биологический смысл этого феномена огромен. Повторные нагрузки, приводящие к суперкомпенсации, обеспечивают повышение рабочих возможностей организма. В этом и состоит основной эффект си-

стематических тренировок. С физиологической точки зрения, главным в тренировке является повторность и возрастание физических нагрузок, что за счет обратных биологических связей позволяет совершенствовать движения и их вегетативное и энергетическое обеспечение на основе механизмов саморегуляции. Этот процесс обеспечивается оптимальным состоянием различных систем организма при их синхронной скоординированной деятельности. С улучшением функционального состояния спортсмен способен при той же затрате энергии выполнить работу большей мощности.

Существует линейная зависимость между мощностью выполненной работы и ЧСС. Такая зависимость сохраняется до уровня ЧСС – 170 уд/мин. Это характеризует оптимальный по производительности режим работы кардиореспираторной системы. При более высокой ЧСС эта зависимость исчезает, что ведет к увеличению СОК и, соответственно, к увеличению работы сердца.

Вопросы для самоконтроля

- 1 Физиологическая характеристика вработывания, «устойчивого состояния», утомления.
- 2 Объяснить понятие «мертвая точка», «второе дыхание».
- 3 Какова максимальная величина кислородного долга у спортсменов и лиц, не занимающихся регулярными физическими упражнениями?
- 4 Чем лимитируются анаэробные возможности организма?
- 5 Дайте определение понятию «кислородный долг».
- 6 Какие физические качества развивают анаэробную мощность и анаэробную емкость?
- 7 Каких предельных величин может достигать содержание молочной кислоты в крови у высококвалифицированных спортсменов и лиц, не занимающихся регулярными физическими упражнениями?
- 8 Общая физическая работоспособность организма. Ее значение при занятиях различными видами спорта.
- 9 Методы оценки общей работоспособности (PWC_{170} , Гарвардский степ-тест и др.).

Лабораторное занятие

Цель: определение относительной и абсолютной величины физической работоспособности с помощью степ-теста

Материалы и оборудование: ступенька или тумба высотой 50 см (для мужчин) и 43 см (для женщин), метроном, весы, секундомер.

Ход работы

Определение физической работоспособности с помощью степ-теста

Тест заключается в подъемах на ступеньку, высота которой устанавливается в зависимости от длины ноги испытуемого. Бедро и голень образуют при подъеме угол 90 градусов. Частота подъемов – 30 в минуту. Каждый подъем выполняется на 4 счета (под метроном): 1 – одна нога на ступеньку; 2 – встать на ступеньку обеими ногами; 3 – опустить одну ногу на пол; 4 – стать двумя ногами на пол. Время выполнения работы – 2 минуты.

Из числа студентов выбирают двух испытуемых. Сформированные группы студентов в состоянии покоя регистрируют у них ЧСС, СД, ДД, ПД, СОК, МОК; испытуемые взвешиваются. Данные фиксируют в таблице 17.

После завершения работы вышеуказанные показатели фиксируют в течение 5 минут восстановительного периода.

Таблица 17 – Функциональные показатели организма

Показатели	Покой	Восстановительный период				
		1	2	3	4	5
ЧСС						
СД						
ДД						
ПД						
СОК						
МОК						

Зная массу испытуемого, высоту ступеньки и число подъемов в минуту, необходимо рассчитать мощность работы, выполняемой при подъеме на ступеньку по следующей формуле:

$$W = P \times n \times h, \text{ где}$$

W – мощность работы (кгм/мин);

P – масса тела испытуемого (кг);

n – число подъемов в минуту.

h – высота ступеньки (м).

Для определения *абсолютной* величины физической работоспособности применяют формулу Г. П. Юрко (1978г.):

$$\Phi P_{170} = W \times (170 - ЧСС_{\text{покоя}}) / (ЧСС_{\text{нагрузки}} - ЧСС_{\text{покоя}}), \text{ где}$$

ΦP_{170} – физическая работоспособность;

W – мощность работы (кгм/мин);

ЧСС – частота сердечных сокращений.

Более информативным показателем является *относительная* величина физической работоспособности, рассчитанная на 1 кг массы тела. Она зависит от пола, возраста и тренированности человека.

Для этого полученную величину абсолютной физической работоспособности (ΦP_{170}) делят на вес испытуемого.

У нетренированного здорового человека она равна 10-15 кгм/мин/кг;

У спортсменов – до 20 кгм/мин/кг.

В зависимости от величины АД, полученной сразу после выполнения работы, различают следующие *типы реакций на физическую нагрузку*:

Нормотонический тип: СД достигает 180-190 мм рт.ст., ДД изменяется по сравнению с данными покоя в пределах 10 мм рт.ст.;

Гипертонический тип: СД превышает 190 мм рт.ст, ДД увеличивается более чем на 10 мм рт.ст.;

Гипотонический тип (астенический тип): СД изменяется в пределах 20 мм рт.ст., ДД остается прежним либо изменяется незначительно;

Дистонический тип: СД достигает 180-200 мм рт.ст., ДД снижается в пределах 30 мм рт.ст.

Нормотонический тип реакции принято считать нормальной реакцией организма на физическую нагрузку. Все другие типы реакций свидетельствуют о некотором нарушении соотношения симпатической и парасимпатической иннервации в организме.

Полученные данные заносятся в протокол занятия, и оформляется вывод (характеризуется абсолютная и относительная физическая работоспособность, сравниваются показатели КВП, ВИК, определяется тип реакции на нагрузку и оценивается функциональное состояние организма спортсменов).

Лабораторное занятие

Функциональную пробу, основанную на определении мощности мышечной нагрузки, при которой ЧСС повышается до 170 уд/мин, обозначают как пробу Sjostrand /170/ или как тест PWC_{170} (от первых букв английского обозначения термина «физическая работоспособность»).

Тест PWC_{170} был разработан в Каролинском университете в Стокгольме для определения физической работоспособности спортсменов. Название теста PWC происходит от первых букв английского термина, обозначающего физическую работоспособность (Physical Working Capacity).

Физическая работоспособность в тесте PWC_{170} выражается в величинах той мощности физической нагрузки, при которой ЧСС достигает 170 уд/мин. Выбор именно такой частоты сердечных сокращений основан на следующих двух положениях:

1. Зона оптимального функционирования кардиореспираторной системы у спортсменов ограничивается диапазоном пульса от 170 до 200 уд/мин. Таким образом, с помощью этого теста можно установить ту интенсивность физической нагрузки, которая выводит деятельность сердечно-сосудистой системы в область оптимального функционирования.

2. Между мощностью выполняемой нагрузки и ЧСС существует линейная зависимость вплоть до пульса равного 170 уд/мин. При более высокой частоте пульса эта зависимость утрачивается. Следовательно, чем больше мощность нагрузки, при которой ЧСС достигает 170 уд/мин, тем больше резервы сердечно-сосудистой системы, которые и определяют «потолок» физической работоспособности.

Велоэргометр (от греч. «ergon» – работа и «metreo» – меряю, измеряю) – аппарат, который служит для определения физической работоспособности, переносимости физических нагрузок (толерантности к физическим нагрузкам), а также для тренировок спортсменов и нетренированных здоровых и больных людей.

Работа на велоэргометре по характеру движений аналогична езде на велосипеде. Испытуемый вращает ногами педали обычно со скоростью 50-60 оборотов в минуту, вращение (посредством цепи) передается диску механическим или электрическим способом. Изменение скорости вращения педалей или силы торможения диска позволяет точно дозировать усилия, затрачиваемые на выполнение работы. Мощность работы выражается в ваттах.

На результаты велоэргометрии могут влиять различные факторы, поэтому необходимо соблюдать следующие условия:

- накануне и, особенно, в день исследования, запрещается употребление алкогольных и других возбуждающих напитков (чай, кофе), по возможности, не курить или максимально ограничить курение;

- перед исследованием избегать интенсивных и продолжительных физических и эмоциональных напряжений;

- непосредственно перед началом велоэргометрии испытуемому необходимо отдохнуть 15-20 минут лежа или сидя в кресле;

- помещение, в котором проводится исследование, должно иметь хорошую вентиляцию. Оптимальная температура воздуха от +18 до +22°C, относительная влажность – 30-60 %.

- испытуемый работает на каждом уровне нагрузки 4-5 минут, периоды отдыха составляют 3-5 минут.

- для детей и женщин начинать нагрузку следует с 25 Вт (150 кгм/мин) и увеличивать на каждой последующей ступени на 25 Вт; для мужчин рекомендуется начинать с 50 Вт; для спортсменов начальная нагрузка составляет 100 Вт (600 кгм/мин) и на каждой ступени увеличивается на 100 Вт.

Цель: ознакомиться с методиками определения общей физической работоспособности по показателю PWC_{170} .

Материалы и оборудование: велоэргометр или ступенька, весы, тонометр, фонендоскоп, спирт, вата.

Ход работы

Определение физической работоспособности с помощью PWC_{170}

Из числа студентов выбираются два испытуемых. Сформированные группы студентов в состоянии покоя регистрируют у них ЧСС, СД, ДД, ПД, СОК, МОК. Данные фиксируют в таблице 18.

Таблица 18 – Функциональные показатели организма

Показатели	Покой	Восстановительный период				
		1	2	3	4	5
ЧСС						
СД						

ДД						
ПД						
СОК						
МОК						

Испытуемому предлагается выполнить две нагрузки на велоэргометре в течение 5 минут с 3-минутным отдыхом между ними. Мощность физических нагрузок должна быть такова, чтобы ЧСС при выполнении этих нагрузок не превышала 170 уд/мин, а скорость педалирования – не более 60-70об/мин.

Аналогичная нагрузка может быть выполнена и на разновысотной ступеньке. Продолжительность выполнения нагрузок и время отдыха между ними такие же, как и на велоэргометре. Обе нагрузки выбираются с учетом пола и физической подготовленности испытуемого, но не должны быть для него предельными. Пример выбора нагрузок представлен в таблице 19.

В последние 15 с 5-й минуты каждой нагрузки подсчитывается ЧСС. Результат умножается на 4 и получается ЧСС за 1 мин.

Для перевода кгм/мин в Ватты необходимо число кгм/мин разделить на 6.

Таблица 19 – Мощность нагрузок, рекомендованная для определения физической работоспособности

Обследуемые	Пол	1-я нагрузка (кгм/мин)	2-я нагрузка (кгм/мин)
Спортсмены	Женщины	300	600
	Мужчины	600	1200
Неспортсмены	Женщины	150	300
	Мужчины	300	600

После завершения работы вышеуказанные показатели фиксируют в таблице в течение 5 минут восстановительного периода.

На основании данных о мощности и по результатам зарегистрированной ЧСС рассчитывается *абсолютная* величина PWC_{170} (кгм/мин) по формуле:

$$PWC_{170} = N_2 + (N_2 - N_1) \times \frac{170 - f_1}{f_2 - f_1}$$

где:

PWC_{170} – физическая работоспособность;

N_1 – мощность первой нагрузки (кгм/мин);

N_2 – мощность второй работы (кгм/мин);

f_1 – ЧСС за 1 мин в конце первой работы;

f_2 – ЧСС за 1 мин в конце второй работы.

Значения PWC_{170} зависят от возраста, пола, спортивной специализации и квалификации испытуемого.

Так, у женщин эта величина может составлять от 420 до 900 кгм/мин, у мужчин – от 850 до 1000 кгм/мин, у спортсменов – от 1000 до 2000 кгм/мин и даже более. В таблице 20 представлены данные о физической работоспособности у спортсменов и нетренированных лиц.

Таблица 20 – Физическая работоспособность у спортсменов и нетренированных лиц (по В.П. Карпману с соавторами, 1988)

Наблюдаемые	$PWC_{170} (\pm \frac{M}{\sigma})$	
	кгм/мин	кгм/мнн/кг
Спортсмены, тренирующиеся «на выносливость»	1760 ± 305	25,7 $\pm 4,6$
Спортсмены, занимающиеся игровыми видами спорта	1705 ± 280	19,3 $\pm 2,7$
Нетренированные лица	1001 ± 136	14,4 $\pm 2,7$

Зная величину абсолютной PWC_{170} , необходимо рассчитать *относительную* величину PWC_{170} на 1 кг веса. Нормы относительной физической работоспособности представлены в таблице 21.

Таблица 21 – Уровень относительной физической работоспособности

Относительная физическая работоспособность	PWC_{170} (кгм/мин/кг)
Низкая	14 и меньше
Ниже средней	15-16
средняя	17-18
Выше средней	19-20
высокая	21-22
Очень высокая	23 и более

Аэробные возможности организма определяются и лимитируются величиной максимального потребления кислорода (МПК). МПК определяется в условиях напряженной работы длительностью 5 мин. Этот показатель представляет собой предельную для данного индивидуума величину кислорода в единицу времени (1 мин), которую способен утилизировать организм во время выполнения физической работы. МПК зависит от тренированности и спортивной специализации, возможностей сердечно-

сосудистой, дыхательной систем и системы крови, а также от возраста, пола и веса индивидуума. Особенно большие значения МПК наблюдаются у спортсменов, специализирующихся в циклических видах спорта на выносливость. Наибольшие величины абсолютного МПК достигаются к 15-20 годам.

Определение максимума аэробной производительности организма оцениваются при помощи прямых и косвенных методик.

Прямое измерение МПК – точная, но сложная методика, требующая значительного технического оснащения. *Прямые* методики позволяют рассчитать количество потребленного кислорода, определив при помощи газоанализаторов его содержание во вдыхаемом и выдыхаемом воздухе и вычислив разницу его потребления.

Косвенные методики основаны на прямой зависимости изменений ЧСС и мощности выполняемой работы в нормальных условиях. Они получили широкое распространение из-за простоты и доступности. Косвенную оценку аэробных возможностей, согласно рекомендациям Международной Биологической Программы, можно производить путем регистрации мощности нагрузки и ЧСС.

Вследствие того, что измерение МПК – трудоемкий процесс с использованием сложного оборудования, на занятиях МПК определяют с использованием номограммы Астранда. (приложение 2)

Порядок расчета по номограмме Астранда

1. Осуществляется нахождение предполагаемой величины потребления кислорода (ПК) при выполнении стандартной работы. При выполнении степ-теста через точку, соответствующую массе тела испытуемого на шкале «вес» необходимо провести горизонтальную линию до шкалы «ПК», при выполнении нагрузки на велоэргометре горизонтальную линию следует проводить через точку, соответствующую мощности работы, до шкалы «ПК».

2. Полученная точка на шкале «ПК» соединяется с соответствующей точкой на шкале «частота сердцебиений», на которой откладывается достигнутая при работе ЧСС.

3. На средней шкале «МПК» считывается предполагаемая величина потребления кислорода.

Например (Рисунок 1, приложение 2), у испытуемого весом 61 кг при выполнении степ-теста частота сердцебиений достигла 156 ударов в 1 мин, предполагаемая величина МПК равна 2,4 л/мин; у испытуемого при работе на велоэргометре с нагрузкой 1200 кгм/мин частота сердцебиений

достигла 166 ударов в 1 мин, предполагаемая величина МПК равна 3,6 л/мин. После получения собственных материалов результаты сравниваются с данными, представленными в таблицах 22, 23.

По данным Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ), у не спортсменов величина МПК в среднем составляет 3,1 л/мин, или 44 мл/кг/мин, у женщин – на 17-26 % меньше.

Принято считать, что максимальная аэробная производительность у спортсменов высокого класса может достигать 6,5 л/мин, что в пересчете на 1 кг массы составляет до 90 мл/кг/мин.

Таблица 22 – Максимальное потребление кислорода у спортсменов, специализирующихся в разных видах спорта (Салтин, Астранд, 1967)

Контингент	Абсолютная величина МПК (л/мин)	Относительная величина МПК (мл/кг/мин)
Нетренированные	3,1	44
Лыжники	5,6	83
Стайеры	4,8	79
Средневики	5,4	75
Гимнасты	3,9	60

Таблица 23 – Работоспособность бегунов на разных дистанциях по показателям МПК (мл/кг/мин) (по А.А. Гуминскому, 1975)

Дистанции (м)				Условная оценка работоспособности
100, 200, 400	800, 1500	3000	5000, 10 000, марафон	
45-49	50-54	53-57	55-59	Очень низкая
50-54	55-59	58-62	60-64	Низкая
55-59	60-64	63-67	65-69	Средняя
60-64	65-69	68-72	70-74	Хорошая
65-69	70-74	73-77	75-79	Очень хорошая
>70	>75	>78	>80	Отличная

Величину МПК можно рассчитать, если известно значение PWC_{170} . Для спортсменов скоростно-силовых видов используется формула:

$$\text{МПК} = 1,7 PWC_{170} + 1240.$$

Для представителей циклических видов спорта формула несколько отличается:

$$\text{МПК} = 2,2 \text{ PWC}_{170} + 1070.$$

Полученные данные заносятся в протокол занятия, в котором регистрируются полученные в ходе выполнения нагрузки показатели, рассчитываются значения PWC_{170} и МПК.

Полученные данные заносятся в протокол занятия, и оформляется вывод о физической работоспособности испытуемого.

Лабораторное занятие

Индекс степ-теста нашел широкое применение в спортивной практике. Функциональная проба рассчитана на здоровых молодых людей и позволяет объективно оценивать у них общую физическую работоспособность. Интенсивность выполняемой нагрузки во время проведения исследования велика и требует от испытуемого предельного физического напряжения. Существует несколько вариантов методики проведения степ-теста. Одной из наиболее распространенных является методика степ-теста в модификации Гарвардского университета.

В 1942 году в США в лаборатории утомления при Гарвардском университете в Бруа разработали тест для определения общей физической работоспособности и выносливости. Этот тест является информативным показателем оценки степени тренированности обследуемых лиц и влияния на них физических упражнений.

Цель: ознакомиться с методиками определения общей физической работоспособности по показателю индекса Гарвардского степ-теста.

Материалы и оборудование: ступенька высотой 50 см, метроном, тонометр, фонендоскоп, секундомеры, спирт, вата.

Ход работы

Определение общей физической работоспособности с помощью индекса Гарвардского степ-теста

Из числа студентов выбираются два испытуемых. Сформированные группы студентов в состоянии покоя регистрируют у них ЧСС, СД, ДД, ПД, СОК, МОК. Данные фиксируют в таблице 24.

Гарвардский степ-тест заключается в подъемах на ступеньку высотой 50 см – для мужчин и 43 см – для женщин в течение 5 минут в темпе 30 подъемов в минуту. Если испытуемый не может поддерживать заданный темп, то работу следует прекратить, зафиксировав ее продолжительность.

После завершения работы вышеуказанные физиологические показатели фиксируются в таблице в течение 5 минут восстановительного периода.

Таблица 24 – Показатели ЧСС и артериального давления

Показатели	Покой	Восстановительный период				
		1	2	3	4	5
ЧСС						
СД						
ДД						
ПД						
СОК						
МОК						

Исходя из продолжительности выполненной работы и ЧСС, рассчитывают **индекс Гарвардского степ-теста (ИГСТ)** по формуле:

$$I = (t \times 100) / (f_1 + f_2 + f_3) \times 2, \text{ где}$$

I – индекс Гарвардского степ-теста;

t – время восхождения (с);

f_1, f_2, f_3 – ЧСС за 30 с на 2-й, 3-й, 4-й минутах восстановительного периода.

Оценка общей физической работоспособности осуществляется в сравнении с данными, представленными в таблице 25.

Таблица 25– Оценка общей физической работоспособности лиц занимающихся и не занимающихся спортом

Оценка	Величина индекса Гарвардского степ-теста		
	Здоровые нетренированные лица	Спортсмены, занимающиеся ациклическими видами	Спортсмены, занимающиеся циклическими видами
Плохая	Меньше 56	Меньше 61	Меньше 71
Ниже средней	56–65	61–70	71–80
Средняя	66–70	71–80	81–90
Выше средней	71–80	81–90	91–100
Хорошая	81–90	91–100	101–110
Отличная	Больше 90	Больше 100	Больше 110

Для определения соотношения компонентов симпатической и парасимпатической систем в организме испытуемого рассчитывают *вегетативный индекс Кердо (ВИК)* по формуле:

$$\text{ВИК} = (1 - (\text{ДД} / \text{ЧСС})) \times 100, \text{ где}$$

ВИК – вегетативный индекс Кердо;

ДД – величина диастолического давления на 1 мин восстановительного периода;

ЧСС – частота сердечных сокращений на 1 мин восстановительного периода.

Оценка полученного вегетативного индекса (ВИК) производится соответственно таблицы 26.

Полученные данные заносятся в протокол занятия, и оформляется вывод (характеризуется физическая работоспособность по ИГСТ, сравниваются показатели КВП, ВИК, определяется тип реакции на нагрузку и оценивается функциональное состояние организма спортсменов).

Таблица 26 – Показатели вегетативного индекса Кердо

Численное значение вегетативного индекса	Количество баллов	Заключение
$\geq 24\%$	1	Выраженное преобладание тонуса симпатической системы
$23\% - 16\%$	2	Значительное преобладание тонуса симпатической системы
$15\% - 0\%$	3	Баланс симпатической и парасимпатической нервной системы
Отрицательные значения ВИК	4	Выраженное преобладание парасимпатической нервной системы

Тема 4 Физиологические основы утомления и восстановления спортсменов

- 1 Утомление и его проявления
- 2 Восстановление, периоды восстановления

Основные понятия по теме

Известно, что чрезмерная по напряженности физическая работа делает невозможной продолжение не только физической, но и умственной

работы, и наоборот. Современные концепции утомления складываются из представлений о многоструктурности и неоднозначности функциональных изменений в отдельных системах во время работы. В зависимости от вида работы, ее напряженности, продолжительности ведущая роль в развитии утомления может принадлежать различным физиологическим системам.

Изменения в гуморальной системе регуляции могут стать ведущими факторами утомления при напряженной мышечной работе, связанной с эмоциональным стрессом. При длительной истощающей работе, наряду с предельными тратами энергии, продолжение работы может лимитировать и утомление системы гипоталамус–гипофиз–надпочечники.

Нарушение в центральном звене регуляции физиологических функций может играть существенную роль при кратковременной мышечной работе скоростного характера.

Физиологические и биохимические сдвиги, происходящие во время работы, приводят к ухудшению функционального состояния работающего органа. Но они в то же время стимулируют восстановительные процессы. Скорость восстановления при этом оказывается тем выше, чем быстрее наступает утомление. Процессы восстановления различных функций в организме могут быть разделены на три отдельных периода.

К первому (рабочему) периоду относят те восстановительные реакции, которые осуществляются уже в процессе самой мышечной работы (восстановление АТФ, креатинфосфата, переход гликогена в глюкозу и ресинтез глюкозы из продуктов ее распада – глюконеогенез). Рабочее восстановление поддерживает нормальное функциональное состояние организма и допустимые параметры основных гомеостатических констант в процессе выполнения мышечной нагрузки.

Второй (ранний) период восстановления наблюдается непосредственно после окончания работы легкой и средней тяжести в течение нескольких десятков минут и характеризуется восстановлением ряда уже названных показателей, а также нормализацией кислородной задолженности, гликогена, некоторых физиологических, биохимических и психофизиологических констант.

Раннее восстановление лимитируется главным образом временем погашения кислородного долга. Погашение алактатной части кислородного долга происходит довольно быстро, в течение нескольких минут, и связано с ресинтезом АТФ и креатинфосфата. Погашение лактатной части кислородного долга обусловлено скоростью окисления молочной кислоты, уровень которой при длительной и тяжелой работе увеличивается в

20-25 раз по сравнению с исходным, а ликвидация этой части долга происходит в течение 1,5-2 ч.

Третий (поздний) период восстановления отмечается после длительной напряженной работы (бег на марафонские дистанции, многокилометровые лыжные и велосипедные гонки) и затягивается на несколько часов и даже суток. В это время нормализуется большинство физиологических и биохимических показателей организма, удаляются продукты обмена веществ, восстанавливаются водно-солевой баланс, гормоны и ферменты. Эти процессы ускоряются правильным режимом тренировок и отдыха, рациональным питанием, применением комплекса медико-биологических, педагогических реабилитационных средств.

Мероприятия, направленные на ускорение восстановительных процессов, делят на педагогические, психологические, медицинские и физиологические. Кроме того, восстановительные мероприятия могут быть разделены на постоянные и периодические.

Постоянные – проводятся с целью профилактики неблагоприятных функциональных изменений, сохранения и повышения неспецифической резистентности и физиологических резервов организма, предупреждения развития раннего утомления и переутомления спортсменов. К таким мероприятиям относятся рациональный режим тренировок и отдыха, сбалансированное питание, дополнительная витаминизация, закаливание, общеукрепляющие физические упражнения, оптимизация эмоционального состояния.

Периодические - осуществляются по мере необходимости с целью мобилизации резервных возможностей организма для поддержания, экстренного восстановления и повышения работоспособности спортсменов. К мероприятиям этой группы относят различные воздействия на биологически активные точки, вдыхание чистого кислорода при нормальном повышенном атмосферном давлении (гипербарическая оксигенация), гипоксическую тренировку, массаж, применение тепловых процедур, ультрафиолетовое облучение, а также использование биологических стимуляторов и адаптогенов, не относящихся к допингам, пищевых веществ повышенной биологической активности и некоторые другие.

Важным показателем тренированности является скорость течения восстановительных процессов. Чем выше уровень тренированности, тем быстрее протекают процессы восстановления. При оценке степени приспособления к функциональным пробам и к повторным специфическим, для спортивной

специализации, упражнениям скорость восстановления является одним из показателей допустимости нагрузки.

В тренировке спортсменов большое внимание уделяется развитию скоростной и специальной выносливости. В основе развития этих способностей лежит анаэробная производительность – энергетический обмен в бескислородных условиях. Многократное, высокоинтенсивное, непродолжительное выполнение скоростных и прыжковых упражнений способствует образованию кислородного долга, особенно алактатной фракции. В связи с этим одной из особенностей функционирования организма спортсменов является быстрая восстанавливаемость, которая и является оценкой его специальной работоспособности и тренированности

В качестве экспресс-информации о функциональном состоянии организма спортсменов в соревновательном периоде А.В. Беляев, Ю.Д. Железняк, Ю.И. Клещев и другие. (2000) рекомендуют исследовать скорость восстановительных процессов в организме после выполнения мышечной работы определением индекса по Квергу.

Вопросы для самоконтроля

- 1 Физиологическая характеристика хронического утомления и переутомления.
- 2 Физиологическая характеристика процессов восстановления, фаза суперкомпенсации.
- 3 Восстановление физиологических функций после окончания физической работы.
- 4 Средства, ускоряющие восстановительные процессы (активный отдых и др.).
- 5 Утомление при физической работе. Факторы, ускоряющие его возникновение при разных видах мышечной деятельности.

Лабораторное занятие

Цель: ознакомиться с некоторыми особенностями реакций организма на физические нагрузки. Оценить состояние сердечно-сосудистой системы после мышечной нагрузки по функциональной пробе по Квергу.

Материалы и оборудование: секундомеры, метроном, скакалка.

Ход работы

Оценка скорости восстановления сердечно-сосудистой системы после мышечной нагрузки

У испытуемых измеряют частоту сердечных сокращений (ЧСС) сидя, в покое. После измерения ЧСС испытуемым предлагается тестирующая нагрузка: 30 приседаний за 30 секунд, максимальный бег на месте – 30 секунд, 3-минутный бег на месте с частотой 150 шагов в минуту, прыжки со скакалкой – 1 минуту.

В первые 30 секунд восстановительного периода в положении сидя измеряется ЧСС (P_1); повторно через 2 минуты (P_2) и через 4 минуты (P_3) после окончания упражнений.

Результаты работы: из длительности упражнения и трех измерений пульса (30-секундного значения) вычисляется индекс. Расчет индекса по Квергу осуществляется по формуле:

$$И = \frac{\text{длительность работы в сек} \times 100}{2 \times (P_1 + P_2 + P_3)}$$

где P_1 , – частота сердечных сокращений в течение 30 с;

P_2 – частота сердечных сокращений через 2 минуты восстановления;

P_3 – частота сердечных сокращений через 4 минуты после окончания работы.

Значение индекса оценивается по классификации:

105 и выше – «очень хорошо»;

99-104 – «хорошо»;

93-98 – «удовлетворительно»;

92 и ниже – «слабо». Полученные показатели заносятся в таблицу.

О скорости восстановления организма испытуемых после выполнения тестирующей нагрузки судят по реакции ЧСС за 4 минуты. Для этого рассчитывают *коэффициент восстановления пульса (КВП)* по формуле. Чем меньше КВП, тем лучше скорость восстановления (Ж.К. Холодов, В.С. Кузнецов. 2000).

$$КВП = \frac{\text{ЧСС (через 3 мин после нагрузки)} \times 100\%}{\text{ЧСС (во время нагрузки)}}$$

Проанализировать полученные показатели. На основе полученных данных сделать заключение о зависимости скорости восстановления организма от специальной тренированности, спортивного стажа и квалификации.

Тема 5 Физиологические основы развития тренированности

- 1 Механизм развития тренированности
- 2 Состояние спортивной формы
- 3 Физиологическая оценка тренированности

Основные понятия по теме

С позиции общей теории адаптации, работоспособность следует рассматривать как динамический процесс взаимосвязи и взаимодействия организма и факторов среды. **В динамике спортивной работоспособности** выделяются предстартовые состояния и разминка, вработывание, устойчивое (истинное и условное) состояние, утомление и восстановление.

При правильно построенном тренировочном процессе в организме развивается состояние тренированности, в основе которого лежат механизмы срочной и долговременной адаптации к физическим нагрузкам. С физиологической точки зрения, тренированность представляет собой уровень функционального состояния организма, возникающего в процессе систематических тренировок и характеризующегося повышением функциональных резервов и готовностью к их мобилизации, что проявляется увеличением работоспособности человека. Другими словами, **тренированность спортсмена характеризуется уровнем его специальной физической работоспособности**, прогнозировать которую можно показателями физиологических функций как в состоянии относительного покоя, так и при дозированных физических нагрузках, о чем сказано выше.

Во время рационально построенных тренировочных нагрузок возможности организма не только восстанавливаются до исходных констант, но и закрепляются на новом уровне, обеспечивая повышение и расширение функциональных резервов организма (**состояние суперкомпенсации**). Биологический смысл этого феномена огромен. Повторные нагрузки,

приводящие к суперкомпенсации, обеспечивают повышение рабочих возможностей организма. В этом и состоит основной эффект систематических тренировок. С физиологической точки зрения, главным в тренировке является повторность и возрастание физических нагрузок, что за счет обратных биологических связей позволяет совершенствовать движения и их вегетативное и энергетическое обеспечение на основе механизмов саморегуляции.

Высокий уровень тренированности в состоянии относительного покоя характеризуется функциональными и структурными изменениями, которые отражают нарастающую экономичность физиологических функций, повышение потенциальных возможностей организма к выполнению тренировочных и соревновательных нагрузок. В конечном итоге, сущность проблемы тренированности сводится к вопросу о механизмах ее развития и о преимуществах тренированного организма перед нетренированным. *Эти преимущества характеризуются четырьмя основными свойствами.*

Во-первых, тренированный организм может выполнять физические нагрузки такой продолжительности или интенсивности, которые не под силу нетренированному.

Во-вторых, тренированный организм характеризуется более экономным функционированием различных органов и систем в покое, при умеренных физических нагрузках и способностью достигать при максимальных нагрузках такого уровня их деятельности, который недоступен для нетренированного организма.

В-третьих, тренированный организм способен более совершенно осуществлять управление двигательной деятельностью, быстрее и полнее мобилизовать и эффективнее использовать свои резервные возможности.

В-четвертых, тренированный организм может продолжать работу при более глубоких изменениях гомеостаза и характеризуется более высокими функциональными резервами и эффективными восстановительными процессами.

Развившееся в процессе систематических тренировок состояние тренированности по своим физиологическим механизмам и морфофункциональной сути представляет собой достижение нового уровня физической работоспособности на основе образования в организме **специальной функциональной системы адаптации к конкретной деятельности спортсмена**. Такая система у спортсменов представляет собой вновь сформированное взаимоотношение нервных центров, гормональных, вегетативных и исполнительных органов, необходимое для решения задач

приспособления организма к определенным физическим упражнениям и повышения работоспособности (Солодков А.С., 1988).

Состояние спортсмена в период его высшей специальной тренированности называется **спортивной формой**. Основными физиологическими предпосылками достижения спортивной формы является повышение общего уровня функциональных возможностей организма и целесообразные морфологические перестройки. Оптимальную функциональную готовность отдельные органы и системы организма достигают не всегда одновременно. Физическая работоспособность в своем развитии может опережать техническую и тактическую подготовленность, или наоборот.

Для физиологической оценки тренированности должны быть использованы два основных критерия: потенциальная способность к усилению функций и приспособляемость организма к физической нагрузке.

О потенциальных способностях организма в известной степени можно судить по показателям физиологических функций в состоянии покоя. Для суждения о степени приспособляемости организма к физическим упражнениям применяются функциональные пробы со стандартными нагрузками, а также пробы с повторными специфическими спортивными нагрузками. Повторные нагрузки дают возможность определить степень развития специальной тренированности в избранном виде спортивной специализации.

В состоянии покоя показатели тренированности отражают экономизированную деятельность организма. Общее количество крови в организме у спортсменов увеличивается, возрастает количество гемоглобина, повышается кислородная емкость крови. В результате тренировки наступает гипертрофия сердечной мышцы (утолщение сердечных волокон), увеличивается емкость полостей сердца. Объем сердца у спортсменов на 30% больше, чем у лиц, не занимающихся спортом. Этот показатель изменяется за 3-4 недели тренировки даже у высокотренированных спортсменов, поэтому считается точным показателем тренированности. Состояние тренированности характеризуется брадикардией (урежением частоты сердечных сокращений), у лыжников, бегунов-марафонцев частота сердечных сокращений в покое равна 34-40 уд/мин. Показателем высокой тренированности спортсмена является синусовая аритмия. Принято считать, что он определяет способность сердца быстро адаптироваться к изменяющимся условиям деятельности организма. Минутный объем крови у спортсменов меньше, чем у нетренированных людей. Величина его обусловлена степенью брадикардии и уменьшением систолического объема крови у спортсменов. Артериальное давление в процессе

становления тренированности почти не изменяется. Повышение артериального давления в состоянии относительного покоя служит показателем ухудшения функционального состояния сердца.

Такие изменения, как повышенная жизненная емкость легких, урежение дыхания, увеличение глубины вдоха, уменьшение вентиляции легких, понижение основного обмена, характеризуют тренированность в меньшей степени. Лучшими показателями тренированности являются функциональные пробы дыхательной системы: определение максимальной произвольной вентиляции легких, анаэробной производительности организма и мощности дыхательных мышц. В состоянии высокой тренированности повышается максимальная вентиляция легких, увеличивается мощность дыхательных мышц, возрастает выносливость к задержке дыхания.

Рост тренированности отражается на двигательном аппарате. Значительно гипертрофируются мышцы, выполняющие силовую работу. Увеличивается содержание белков саркоплазмы и сократительного белка миофибрилл - миозина. Повышаются запасы гликогена и креатинфосфата, способствующих восстановлению АТФ при работе. Показателем тренированности служит уменьшение хронаксии мышц, повышение способности к их расслаблению, увеличение мышечной силы, высокая статическая выносливость мышечных групп.

При выполнении стандартной работы тренированность отражается в более экономной перестройке физиологических функций к условиям работы. Стандартной называют работу, которая по форме движений и по величине нагрузки одинакова для всех выполняющих ее людей. В настоящее время в спортивной практике в виде стандартной нагрузки используют степ-тест (от слов: степ-шаг, тест-испытание, проба), т.е. восхождение на ступеньку определенной высоты. В отличие от других функциональных проб (приседание, бег) этот тест позволяет точно подсчитать величину производимой работы или ее мощность в килограмм-метрах в минуту. Для этого необходимо знать вес испытуемого, высоту ступеньки и частоту шагов.

Наиболее точная дозировка стандартной нагрузки задается на велоэргометре. Испытуемый совершает работу при определенной велоэргометре стандартной частоте вращения педалей выполнение стандартной работы тренированными и нетренированными лицами сопровождается у первых более экономичным расходом энергетического потенциала на единицу выполненной работы Кислородный запрос на единицу работы у трени-

рованных лиц уменьшается на 18-20%. Относительное повышение эффективности внутриклеточного метаболизма является одним из проявлений экономизации функций, отмечаемой у тренированных спортсменов при стандартной работе. Стандартная работа выполняется тренированными спортсменами при менее выраженных сдвигах в функциях внутренних органов и двигательного аппарата.

Реакции на тестирующие нагрузки у тренированных характеризуются: наиболее срочным в начале работы повышением функционирования систем организма, меньшими сдвигами функций в процессе работы, наиболее быстрым восстановлением измененных функций после физической нагрузки.

При выполнении предельной мышечной работы тренированность находит свое выражение в быстрой и наиболее полной мобилизации потенциальных ресурсов организма. Это является результатом высокой степени упорядоченности нейрогуморальных влияний на работу двигательного аппарата и внутренних органов, слаженности их работы. Основным показателем высокой тренированности является величина максимально предельной работы, которую может выполнить спортсмен при сохранении частоты сердечных сокращений, не превышающих 170-200 уд/мин. С этой целью большое значение приобретают методы определения общей работоспособности организма: проба РWC₁₇₀ (физическая работоспособность); Гарвардский степ-тест; определение аэробных возможностей по номограмме П.О. Астранда и др.

Реакция на предельные нагрузки у тренированных людей по сравнению с нетренированными характеризуется более активной мобилизацией всех функций организма, а следовательно, и более длительными периодами восстановления. Однако у спортсменов мобилизация функций не превышает оптимальных величин (частота сердечных сокращений 170-190 уд/мин). Наиболее существенным показателем тренированности считается аэробная производительность организма, которая выражается величиной максимального потребления кислорода (МПК) или величиной «кислородного потолка». МПК выражается в литрах в минуту или миллилитрах в минуту на кг веса. МПК является интегральным показателем и зависит от многих факторов: развития дыхательного аппарата, с которым связано увеличение минутного объема дыхания; диффузионной способности легочных альвеол, обуславливающей газообмен; размеров сосудистого русла легочного кровообращения, с чем связано количество крови, протекающей через легкие; размеров сосудистого русла работающих мышц, кислородной емкости крови; быстроты диссоциации оксигемоглобина крови; активности ферментных

систем, обеспечивающих аэробные процессы в мышцах, количества работающих мышц и мощности их работы, взаимной координации работы систем дыхания, кровообращения и движения.

В процессе тренировки МПК возрастает на 1,0-2,5 л/мин. У мужчин, не занимающихся спортом, МПК 3,2-4,0 л/мин, у тренированных достигает 6,0-6,5 л/мин. У женщин соответственно величины МПК 2,3-2,8 л/мин и 4,0-5,0 л/мин. Высокий показатель МПК у тренированных спортсменов обуславливает высокую скорость, выносливость и силу. Тренированных спортсменов отличают наиболее высокие показатели производительности сердца: минутный объем достигает у них 35-40 л, частота сердечных сокращений 200-250 уд. при сохранении высокого (от 150 до 200 мл) ударного объема крови. Величина легочной вентиляции при предельной работе достигает 150 л/мин и более. Максимальное потребление кислорода составляет 5,0-5,5 л/мин, а в отдельных случаях 6,0 л/мин. У нетренированных лиц деятельность сердечно-сосудистой и дыхательной систем в 1,5-2 раза ниже. Одним из существенных проявлений тренированности при мышечной работе является повышение устойчивости к изменениям внутренней среды организма. Тренированный спортсмен может выполнять работу в условиях значительного (до 18-19 л) кислородного долга, при снижении резервных возможностей крови к нейтрализации продуктов неполного обмена веществ.

Таким образом, систематическая мышечная деятельность сопровождается ростом тренированности – специфического для спортсмена состояния организма, характеризующегося высокой спортивной работоспособностью и оптимальной готовностью к достижению спортивного результата. Высокая степень тренированности и готовности к выполнению предельных соревновательных нагрузок обеспечивается повышением общего уровня функциональных возможностей организма и прогрессивных морфологических перестроек. Оптимальной функциональной готовности отдельные системы организма достигают не всегда одновременно. Физическая работоспособность в своем развитии может опережать техническую и тактическую подготовленность или наоборот.

Для определения степени переносимости нагрузок можно использовать тесты с определением максимального потребления кислорода при стандартной работе. Величина потребления кислорода в этих тестах представляет собой интегральный показатель деятельности многих физиологических функций и характеризует фактор экономизации.

Стандартной называют работу, которая по форме движений и величине нагрузки одинакова для всех выполняющих ее людей. Наиболее

точной стандартизации работы можно достичь при использовании велоэргометра, предлагая испытуемому работать при определенной величине сопротивления и стандартной частоте вращения педалей.

Выполнение предельной мышечной нагрузки у **спортсменов** обеспечивается лучшим использованием запасов энергетических веществ, более совершенной нервной и гуморальной регуляцией, более активной мобилизацией функций организма. Спортсмен адаптируется к работе при резко выраженных сдвигах во внутренней среде организма. Приспособление кровообращения выражается, прежде всего, в рациональном использовании гемодинамических факторов. Обычно частота сердечных сокращений (ЧСС не превышает 170-200 уд/мин.

Для тренированного спортсмена предельно возможная работа по мощности будет значительно больше, чем для нетренирующегося здорового человека. В связи с этим и изменения деятельности всех систем организма, принимающих участие в обеспечении работы, также будут больше у тренированного.

Вопросы для самоконтроля

- 1 Какие показатели определяют состояние тренированности?
- 2 Какова общая закономерность функционирования тренированного организма в состоянии покоя?
- 3 Может ли частота сердечных сокращений в покое служить показателем тренированности?
- 4 Какую физическую работу можно считать стандартной? Приведите примеры.
- 5 Можно ли определить степень тренированности спортсмена по реакции на стандартную нагрузку?
- 6 С какой целью применяются предельные нагрузки?
- 7 Каково физиологическое значение повышающихся нагрузок для становления тренированности?
- 8 Как определить, сколько времени может работать спортсмен на уровне своего максимального потребления кислорода?
- 9 Как изменяется легочная вентиляция при предельной работе в процессе тренировки?
- 10 Почему максимальное потребление кислорода является интегральным показателем тренированности?
- 11 Как влияет спортивная деятельность на аэробную производительность?

Лабораторное занятие

Цель работы: по функциональным сдвигам в ответ на стандартную работу определить степень тренированности испытуемых. Определить разницу в исследуемых показателях в зависимости от вида спорта и спортивного разряда.

Материалы и оборудование: велоэргометр, электроды, марлевые прокладки, смоченные в физиологическом растворе, тонометр, фонендоскоп, сухой спирометр, мундштук, секундомер, спирт, вата, линейки, карандаши.

Ход работы

Исследование физиологических показателей тренированности при выполнении стандартной работы

Из числа студентов назначают двух испытуемых (желательно, чтобы они специализировались в разных видах спорта). Сформированные группы студентов контролируют выполнение теста и работают с секундомерами. У испытуемых в состоянии относительного мышечного покоя регистрируют ЧСС, АД, ПД, СОК, МОК, ЧД, ЖЕЛ, ЛВ.

Испытуемым предлагается стандартная работа: 60 об/мин, мощность работы 1 Вт на 1 кг веса тела, время работы 15 мин. В конце 15-минутной работы, регистрируют ЧСС и АД.

Восстановительный период продолжается 5 мин и вышеперечисленные показатели регистрируются в конце каждой минуты восстановления. После окончания обследования первого испытуемого, приступают к обследованию второго испытуемого.

После завершения работы вышеуказанные физиологические показатели фиксируются в таблице 27 в течение 5 мин восстановительного периода.

Определяют абсолютную величину МПК с учетом ЧСС на 1 мин восстановительного периода и веса испытуемого по номограмме Астранда.

Расчет абсолютной МПК (л/мин) по номограмме необходимо Вт перевести в кгм/мин ($200 \text{ Вт} \times 6 = 1200 \text{ кгм/мин}$).

Определяют относительную величину МПК путем деления на вес человека.

На основе полученных данных по частоте сердечных сокращений, легочной вентиляции и относительной МПК на килограмм веса студенты делают выводы.

Таблица 27 – Физиологические показатели работы

Показатели	Покой	Восстановительный период				
		1	2	3	4	5
ЧСС						
СД						
ДД						
ПД						
СОК						
МОК						
ЧД						
ЖЕЛ						
МВЛ						

В выводах сравнить реакцию тренированного и менее тренированного организма в ответ на стандартную нагрузку.

Лабораторное занятие

Цель работы: изучить реакцию организма на предельную нагрузку. По функциональным показателям определить степень тренированности спортсменов.

Материалы и оборудование: велоэргометр, электроды, марлевые прокладки, смоченные в физиологическом растворе, тонометр, фонендоскоп, сухой спирометр, мундштук, пневмотахометр, секундомер, спирт, вата, линейки, карандаши.

Ход работы

Исследование физиологических показателей тренированности при выполнении предельной работы

При прямом методе определения МПК применяется трехступенчатая нагрузка с постепенно повышающейся мощностью. Мощность I ступени нагрузки определяют по максимальным силовым и скоростным возможностям испытуемых для данного возраста. Последующее повышение нагрузки рекомендуется на 250 кгм.

Нагрузка для каждого испытуемого определяется индивидуально в зависимости от степени ее переносимости, с учетом объективных показателей сердечно-сосудистой и дыхательной систем.

Критериями для прекращения работы являются:

- 1) невозможность поддерживать заданный темп педалирования;
- 2) учащение ЧСС более 200 уд/мин;
- 3) снижение минутного объема дыхания, превышение дыхательного коэффициента более единицы.

Из числа студентов назначают шесть испытуемых (желательно, чтобы они специализировались в разных видах спорта). Сформированные группы студентов контролируют выполнение теста и работают с секундомерами. У испытуемых в состоянии относительного мышечного покоя регистрируют ЧСС, ЧД, МОД, ЖЕЛ, ФЖЕЛ_{вд} и ФЖЕЛ_{выд}, ЛВ.

Работа выполняется на велоэргометре. Сначала выполняется разминка в равномерном темпе 5 мин. После разминки испытуемому предлагается отдых до ЧСС – 120 уд/мин.

Далее выполняется первый «заезд» физической нагрузки на велоэргометре, в процессе которого ведется определение МОД и расчет ЧСС в конце каждой минуты работы.

Второй «заезд» выполняется после восстановления ЧСС до 120 уд/мин. Регистрация МОД, ЧСС производится, как в первом «заезде».

Третий «заезд» и регистрация показателей производится в такой же последовательности, что и во втором «заезде».

После завершения работы вышеуказанные физиологические показатели фиксируются в таблице 28 в течение 5 мин восстановительного периода

Таблица 28 – Физиологические показатели работы

Показатели	Покой	Восстановительный период				
		1	2	3	4	5
ЧСС						
ЧД						
МОД						
ЖЕЛ						

МВЛ						
-----	--	--	--	--	--	--

Затем предлагается второму испытуемому велоэргометрическая нагрузка, которая производится в такой же последовательности.

После выполнения нагрузки всеми испытуемыми, определяют относительную величину МПК путем деления на вес человека и рассчитывают кислородный пульс.

На основе полученных данных студенты делают выводы. При обработке и описании полученных экспериментальных данных особое внимание обратить на то, что, несмотря на экономичность отдельных физиологических процессов и высокую эффективность дыхания и кровообращения, для выполнения предельной работы тренированный организм спортсмена затрачивает огромную энергию и развивает значительные сдвиги в моторных и вегетативных функциях, совершенно недоступные для неподготовленного человека.

Тема 6 Физиологические особенности спортивной тренировки учащихся

- 1 Физическая работоспособность учащихся
- 2 Тренировочный эффект занятий физическими упражнениями
- 3 Нормирование физических нагрузок и контроль на уроках физической культуры

Основные понятия по теме

Изучение адаптивных возможностей детского организма к мышечной деятельности является одной из центральных проблем возрастной физиологии. Очевидно, что без знания критериев физиологической адаптации невозможно оценить характер текущих изменений, происходящих в организме под влиянием мышечной деятельности, прогнозировать возможные нарушения в состоянии здоровья и рационально организовать процесс физического воспитания.

Актуальность проблемы адаптации организма детей к физическим нагрузкам определяется еще и тем, что нередко в практику физического воспитания детей переносятся принципы использования физических нагрузок, принятых в подготовке взрослых спортсменов. Между тем в процессе возрастного развития меняется диапазон приспособляемости к

физическим нагрузкам. Определение мощности, интенсивности и продолжительности мышечной деятельности, вызывающей напряжение функций в физиологических рамках, приобретает принципиально важное практическое значение.

Знание медико-биологических особенностей изменения функций организма и восстановительных процессов, их реализация в практике физической культуры будут способствовать улучшению физического и функционального развития и самое главное - сохранению здоровья учащихся.

Уроки физической культуры должны повышать устойчивость организма школьников к физическим нагрузкам и быть направлены на улучшение физического и функционального развития, повышение работоспособности, сохранение и укрепление здоровья учащихся. Медико-биологической основой этих процессов являются физиологические, биохимические и морфологические изменения, возникающие во время занятий физическими упражнениями, а также совершенствование нервной и гуморальной регуляции функций организма учащихся. Одно из основных физиолого-педагогических требований урока физической культуры состоит в получении тренировочного эффекта. В физиологическом отношении тренировочный эффект заключается прежде всего в повышении функциональных возможностей различных органов и систем и развитии адаптации организма к физическим нагрузкам.

Тренировочный эффект возникает, если нагрузка достигает или превышает пороговую величину, которая всегда должна быть выше обычной повседневной (бытовой) нагрузки. Выбирая величину пороговой нагрузки, следует учитывать функциональные возможности организма, возраст и пол школьников. Одна и та же нагрузка может быть выше или ниже пороговой для школьников разного возраста (младший, средний, старший) и разного пола. Для решения различных задач урока (вводная, основная, заключительная) величина пороговых нагрузок также должна быть различной. Таким образом, для правильного и грамотного проведения занятий педагогу необходимо знать и учитывать целый ряд методических и медико-биологических положений (А.С. Солодков, Е.Б. Сологуб, 2001).

Для эффективного нормирования и управления уроком физической культуры необходим комплексный физиолого-педагогический контроль, на основании которого оценивается эффект нагрузки и функциональное состояние организма. Зарегистрированные в процессе контроля параметры функционального состояния и эффектов нагрузки сопоставляются с количественными и качественными ее характеристиками, на основании

чего составляется конспект урока и методические рекомендации по его проведению. Используются следующие виды контроля: оперативный, текущий и этапный.

Оперативный контроль предназначен для регистрации одного упражнения, серии упражнений и урока в целом, а также функциональных изменений организма. Анализ результатов контроля основан на оценке зависимости типа «доза-эффект», где дозой является величина и время нагрузки, а эффектом – степень выраженности и направленность функциональных сдвигов. Установлено, что наибольшее потребление кислорода, более эффективное функционирование различных органов и систем отмечается при средних по величине объемах нагрузок. Малые нагрузки не вызывают необходимого физиологического эффекта, большие – угнетают деятельность кислородтранспортной системы, снижают функциональные резервы и работоспособность учащихся.

Оперативная оценка физиологической стоимости упражнений имеет большое значение при выборе рациональной последовательности их выполнения и продолжительности на уроке. Нагрузку на уроке нужно распределять так, чтобы получить заданное (положительное или отрицательное) взаимодействие срочных эффектов, которое должно проявляться в увеличении или уменьшении функциональных сдвигов, вызванных предшествующей энерготратой и последующей работой. Если во время урока используется много различных упражнений, оценка величины и направленности срочных эффектов каждого из них позволяет установить их нагрузочную стоимость и оптимизировать последовательность выполнения. Установлено, что частота сердечных сокращений при выполнении упражнений на различных гимнастических снарядах практически одинакова. Однако если определить частоту пульса только в начале нагрузок, то наибольшие сдвиги при этом наблюдаются при выполнении вольных упражнений, а наименьшие – во время прыжков. Особенно важен оперативный контроль за динамикой функциональных сдвигов в игровых частях урока, когда упражнения выполняются одновременно группой школьников.

Текущий контроль предусматривает регистрацию нагрузок и их влияние на организм за несколько уроков (5-10). В основе текущего Контроля лежат данные регистрации показателей каждого урока, их сопоставление с результатами контрольных занятий и с показателями текущего функционального состояния школьников. Анализ данных текущего контроля проводится на основе оценки восстановления основных функ-

ций организма в зависимости от объема выполненной нагрузки. Полученные данные о характеристике восстановительных процессов служат основой для планирования нагрузки на ближайшие уроки при обязательном учете гетерохронности восстановления различных функций. Поэтому подбор упражнений должен осуществляться таким образом, чтобы одинаковые по направленности нагрузки задавались через достаточные интервалы времени для восстановления ведущих функций организма.

Этапный контроль нагрузки заключается в регистрации ее параметров и их анализе на протяжении нескольких месяцев и даже всего учебного года. Количество этапов зависит от возраста, пола, подготовленности школьников и педагогических задач урока. Главными задачами этапного контроля являются анализ спортивных результатов, физического развития, функционального состояния и определения наиболее эффективных нагрузок, обладающих выраженным развивающим воздействием. Рассчитав соотношение нагрузок разной направленности, следует сопоставлять полученные результаты с показателями кумулятивного эффекта нагрузки. Надежность полученных при этом данных зависит, прежде всего, от информативности тестов этапного контроля, к числу которых относят энерготраты организма и показатели физической работоспособности школьников.

Одной из важных задач является нормирование физических нагрузок для детей с учетом их различного возраста.

Обоснование физических нагрузок адекватным функциональным возможностям организма обычно осуществляется по трем параметрам:

1) величина сдвигов физиологических констант и прежде всего частота сердечных сокращений, уровень артериального давления, потребление кислорода и легочная вентиляция;

2) биоэнергетические затраты организма;

3) интенсивность физических упражнений (сила, скорость передвижения).

При нормировании нагрузок рекомендуется учитывать следующие компоненты:

1) продолжительность упражнения;

2) его интенсивность;

3) продолжительность интервалов отдыха между упражнениями;

4) характер отдыха (активный, пассивный);

5) число повторений упражнений.

Анализ и учет всех этих компонентов позволяет, с одной стороны, регулировать интенсивность нагрузок, а с другой - прогнозировать величину и характер функциональных сдвигов у занимающихся.

Вопросы для самоконтроля

- 1 Физиологическая последовательность решения задач на уроках физической культуры.
- 2 Физиологические критерии интенсивности нагрузки на уроках физической культуры.
- 3 Особенности реакции организма на стандартные нагрузки детей и подростков.
- 4 Прямые и косвенные критерии определения работоспособности у школьников.
- 5 Тренировочный эффект урока физической культуры и его обоснование.
- 6 Методика физической работоспособности по показателю комплексной оценки у учеников начальных классов.
- 7 Взаимодействие физических нагрузок и функциональные сдвиги в организме.

Лабораторное занятие

Все средства физического воспитания, направленные на развитие физических качеств силы, ловкости и выносливости, прежде всего связаны с усилением деятельности сердечно-сосудистой и дыхательной систем. Физическая нагрузка требует повышения функции сердечно-сосудистой системы, от которой зависит обеспечение работающих мышц достаточным количеством кислорода и выделением из тканей углекислоты. Спортивная тренировка обеспечивает более усиленный рост мышечной работоспособности.

Юные спортсмены по сравнению с незанимающимися спортом показывают большую работоспособность и выносливость. Увеличение работоспособности с возрастом в зонах большой и умеренной мощности в значительной степени связано с ростом аэробной производительности, т.е. способности организма удовлетворять кислородный запрос, возникающий при напряженной работе. В связи с более высокой реактивностью вегетативных систем детского организма, в частности, сердечно-сосудистой на мышечную нагрузку, используют длительность выполнения работы, равную 30 с.

Цель работы: познакомить студентов с экспресс-тестом для оценки физической работоспособности школьников. По показателю комплексной оценки (КО) определить уровень физической работоспособности.

Материалы и оборудование: секундомеры, метроном.

Ход работы

Оценка физической работоспособности учащихся

Из числа студентов выбираются испытуемые разной спортивной специализации и тренированности. Сформированные группы студентов контролируют выполнение теста и работают с секундомерами.

Тест выполняется из положения упора присев. По команде испытуемый встает и выполняет хлопок над головой. Затем возвращается в исходное положение. Упражнение выполняется в максимальном темпе в течение 30 с. Фиксируется количество приседаний (КП). Необходимо следить, чтобы учащиеся полностью выпрямляли туловище, ноги в коленях и не делали подскоков. По окончании экспресс-теста подсчитывается ЧСС за 1 минуту. Данные фиксируют в таблице 36.

Уровень физической работоспособности по показателю комплексной оценки (КО) определяется отношением ЧСС к количеству приседаний:

$КО = ЧСС_{уд/мин} / КП$, где

КО – комплексная оценка уровня физической работоспособности;

ЧСС – частота сердечных сокращений за 1 минуту;

КП – количество приседаний.

Для характеристики уровня физической работоспособности по показателю комплексной оценки (КО) пользуются таблицей 29

Таблица 29 – Нормативы оценок показателя экспресс – теста

Уровень физической работоспособности	Комплексная оценка	
	Мальчики	Девочки
Высокий	Ниже 5,2	Ниже 5,4
Средний	От 5,2 до 6,0	От 5,4 до 6,2
Низкий	Выше 6,0	Выше 6,2

Из таблицы видно, что чем ниже значение КО, тем выше физическая работоспособность.

Таблица 30 – Показатели комплексной оценки физической работоспособности

№ п/п	Ф.И.О.	КП	ЧСС	КО	Уровень физической работо- способности

Полученные данные заносятся в протокол занятия, и на основе анализа результатов исследования оформляется вывод. В выводе отразить уровень физической работоспособности каждого испытуемого.

Лабораторное занятие

Величина максимального потребления кислорода (МПК) зависит главным образом от развития систем дыхания и кровообращения, поэтому Всемирной организацией здравоохранения МПК признано наиболее объективным и информативным показателем функционального состояния кардиореспираторной системы.

Поскольку кислород – основной источник энергии при мышечной работе, то по величине МПК судят о физической работоспособности человека. Величина МПК изменяется с возрастом и неодинакова у лиц разного пола. Наиболее объективным показателем работоспособности человека является величина относительного МПК (мл/мин/кг). Для ее определения делят величину МПК, полученную в эксперименте, на массу тела испытуемого.

Максимальные аэробные возможности организма школьников увеличиваются с возрастом и достигают наибольших величин к 15-18 годам. Относительные величины МПК (мл/мин/кг) у детей очень высоки, близки к показателям нетренированных взрослых лиц (таблица 31).

Таблица 31 – Возрастная динамика относительных величин максимального потребления кислорода (по А.А. Гуминскому, 1986)

Возраст, лет	МПК мальчиков, мл×мин/кг	МПК девочек, мл×мин/кг
9-10	46,8-44,2	34,8-38,0
11-12	44,6-43,2	37,8-38,3
13-14	45,4-46,5	37,5-34,8
15-18	46,3-45,3	34,2-33,1

В настоящее время в связи с гиподинамией наблюдается снижение показателей МПК, что свидетельствует об ухудшении состояния кардиореспираторной системы. Международная биологическая программа рекомендует систематически изучать этот показатель у людей разного возраста, пола и профессии. В научном эксперименте МПК определяют у испытуемого, выполняющего предельную работу на велоэргометре. Такое определение МПК представляет значительные трудности: оно требует специальной аппаратуры, большого навыка эксперимента и главное – предельного мышечного напряжения.

В последние годы разработаны методы косвенного расчета МПК по величине мощности работы и частоте сердечных сокращений. Эти два показателя определяют при физической нагрузке, получившей название «степ-тест» (восхождение на ступеньку высотой 40 см и спуск с нее). Эта физическая работа осуществляется строго по правилам. Восхождение и спуск осуществляется на 4 счета: 1 – левая нога на ступеньку; 2 – приставить правую ногу и стать на ступеньку; 3 – левая нога на полу; 4 – приставить правую (исходная стойка). Эти движения составляют один цикл. Во время работы следует не менее двух раз поменять опорную ногу.

Каждый испытуемый выполняет движения с разной скоростью, что связано с его физическим развитием и состоянием кардиореспираторной системы, поэтому количество циклов, выполняющихся в минуту, значительно колеблется (от 18 до 30). Для достижения устойчивого состояния частоты сердечных сокращений (ЧСС) в ответ на мышечную нагрузку рекомендуется выполнять работу в течение 5 мин. Наиболее точные объективные результаты определения мощности работы находятся в пределах 135-155 уд/мин.

На 5-й мин работы подсчитывают точно количество циклов в минуту и сразу по окончании работы (после последнего спуска со ступеньки) пальпаторно или с помощью фонендоскопа определяют ЧСС в течение первых 10 с восстановительного периода.

Зная массу тела испытуемого, высоту ступеньки и количество циклов в минуту, рассчитывают мощность работы по формуле:

$$W = P \times H \times 1,5 \times n,$$

где W – мощность работы; P – масса тела испытуемого; H – высота ступеньки; n – количество циклов; 1,5 – коэффициент подъема и спуска (1 – оценивает работу на подъем, 0,5 – на спуск, таблица 32),

Таблица 32 – Коэффициент подъема и спуска для детей

Мальчики	Девочки
8-12 лет = $P \times H \times n \times 1,2$	8-12 лет = $P \times H \times n \times 1,2$
13-14 лет = $P \times H \times n \times 1,3$	13-16 лет = $P \times H \times n \times 1,3$
15-16 лет = $P \times H \times n \times 1,4$	

Если, например, масса тела испытуемого 20-летнего возраста 70 кг, высота ступеньки 0,4 м (40 см) и он совершил 20 восхождений и спусков (циклов) в минуту, то мощность выполняемой им работы окажется равной:

$$70 \text{ кг} \times 0,4 \text{ м} \times 20 \text{ восхождений} \times 1,5 = 840 \text{ кгм/мин.}$$

Пульс, подсчитанный в течение 10 с восстановления, был равен 24 уд/мин, следовательно, ЧСС = $24 \times 6 = 144$ уд./мин.

Определить величину МПК у детей школьного возраста наиболее удобно и достаточно точно можно методом фон Добельна (1967), который учитывает мощность работы в степ-тесте (кгм/мин), пульс в устойчивом состоянии на 5-й мин работы и возраст испытуемого.

$$МПК = 1,29 \sqrt{\frac{W}{H - 60}} \cdot e - 0,00884 \cdot T$$

где W – мощность работы (кгм/кг); H – пульс на 5-й мин (уд/мин); e – основание натурального логарифма; T – возраст испытуемого.

Высота ступеньки в зависимости от возраста ребенка должна быть меньше, чем у взрослого. Для ускорения расчетов приводим значения члена уравнения $e - 0,00884 \times T$ для соответствующего возраста (коэффициент K – таблица 33, поправку в формулу при тестировании детей – таблица 34).

Таблица 33 – Возрастной коэффициент

Возраст (лет)	7	8	9	10	11	12	13	14	15	–
K	0,941	0,932	0,924	0,914	0,909	0,900	0,891	0,883	0,818	–
Возраст (лет)	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
K	0,868	0,860	0,853	0,846	0,839	0,831	0,823	0,817	0,809	0,799

Таблица 34 – Поправка в формулу Фон Добельна при тестировании детей школьного возраста

Мальчики	Девочки
7-8 лет + 0,5 $\times K$	7-9 лет + 0,89 $\times K$

	Н – 30		Н – 30
9-10 лет + 1,11	$\frac{\quad}{\text{Н} - 30} \times \text{К}$	10-11 лет + 0,95	$\frac{\quad}{\text{Н} - 30} \times \text{К}$
11 лет + 1,15	$\frac{\quad}{\text{Н} - 40} \times \text{К}$	12-13 лет + 0,98	$\frac{\quad}{\text{Н} - 40} \times \text{К}$
12-13 лет + 1,20	$\frac{\quad}{\text{Н} - 50} \times \text{К}$	14-15 лет + 1,09	$\frac{\quad}{\text{Н} - 60} \times \text{К}$
16 лет + 1,29	$\frac{\quad}{\text{Н} - 60} \times \text{К}$	16 лет + 1,10	$\frac{\quad}{\text{Н} - 430} \times \text{К}$

МПК в примере будет равно:

$$\text{МПК} = 1,29 \sqrt{\frac{840}{144 - 60}} \times 0,839 = 3,42 \text{ (л/мин)}.$$

$$\text{МПК/кг} = \frac{3420}{70} = 48,8 \text{ (мл} \times \text{мин/кг)}.$$

Цель работы: 1) познакомиться с методикой косвенного расчета максимального потребления кислорода; 2) определить максимальное потребление кислорода у юношей старших классов.

Материалы и оборудование: Для проведения работы необходимы: ступенька высотой 40 см, секундомеры, тонометры, фонендоскоп, метроном.

Ход работы

Методика определения и оценка величины максимального потребления кислорода у школьников

Испытуемый по сигналу экспериментатора поднимается и начинает работу (восхождение на ступеньку и спуск). Работа осуществляется со скоростью 20 циклов в минуту (метроном устанавливается на 80 уд/мин). Время работы контролируется по секундомеру.

В конце 3-й мин экспериментатор останавливает испытуемого на 10-й с и подсчитывает его пульс. Если он окажется ниже 130 уд/мин, то темп работы необходимо увеличить на 4-5 циклов в минуту. Если же пульс выше 150 уд/мин, количество циклов следует уменьшить.

После соответствующей корректировки темпа работа в степ-тесте продолжается. На 5-й мин точно подсчитывается количество циклов и после последнего шага (спуска со ступеньки) в течение 10 с определяется пульс.

Следует следить за тем, чтобы в процессе эксперимента испытуемый совершал строго вертикальный спуск (не оттягивал ногу далеко назад) и не менее двух раз менял опорную ногу для подъема.

После завершения работы вышеуказанные физиологические показатели фиксируются в таблице в течение 5 мин восстановительного периода.

Таблица 35 – Физиологические показатели работы

Показатели	Покой	Восстановительный период				
		1	2	3	4	5
ЧСС						
СД						
ДД						
ПД						
СОК						
МОК						
ЧД						
ЖЕЛ						
МВЛ						

Результаты работы: Для анализа полученных результатов, учитывая особенности растущего организма, следует рассчитать мощность работы по формуле Фон Добельна и определить величину МПК с поправкой для данного возраста.

Полученные данные заносятся в протокол занятия, и на основе анализа результатов исследования оформляется вывод о физиологических сдвигах, происходящих в организме у юношей старших классов.

Методика проведения работы с детьми 1-3-го класса. Высота ступеньки регулируется так, чтобы угол коленного сустава был прямым или чуть больше 90°. Для детей 1-го класса среднего физического развития высота ступеньки составляет 25 см; 3-го класса – 28 см. Измерить ЧСС в покое (сидя).

Первая нагрузка пробы состоит из 16 циклов в минуту (метроном устанавливают на 64 уд/мин). Продолжительность работы 3 мин.

Не останавливаясь, ребенок сразу переходит на работу в более частом ритме: 25 уд/мин (метроном устанавливают на 100 уд/мин) в течение 2

мин. После окончания второй нагрузки необходимо моментально приложить фонендоскоп к области толчка сердца и определить ЧСС за 5 с, полученный результат умножить на 12 (за 1 мин). По окончании пробы ребенка нужно посадить. Величины исследуемых параметров измерить к концу 1-й, 3-й и 5-й мин восстановительного периода. Рассчитать мощность работы по формуле и рассчитать МПК для взятого возраста. Полученные данные занести в протокол (таблица 36).

Особенность адаптационных возможностей сердечно-сосудистой системы школьников выявляет дополнительная физическая нагрузка. Реакция ЧСС на нее, по данным П.А. Филеши и Т.В. Пачевой, может быть сведена к четырем типам.

I тип – быстрый подъем и возвращение к исходному уровню через 5 мин после нагрузки. Это благоприятный тип, показывает оптимальный уровень функционирования сердечно-сосудистой системы.

II тип – после подъема ЧСС наблюдается снижение, к концу 5-й мин ЧСС остается выше исходного;

III тип – нарастание ЧСС, после чего волнообразное снижение не восстанавливается к концу 5-й мин;

IV тип – подъем ЧСС после нагрузки, затем снижение ниже исходного к концу 5-й мин (восстановление через отрицательную фазу). Это благоприятный тип, наблюдается при преобладании блуждающего нерва.

II и III типы – неблагоприятные, свидетельствующие о дискоординации регуляции, неэкономичной работе сердца, недостаточном приспособлении к нагрузке.

Таблица 36 – Изменение частоты сердечных сокращений у школьников в ответ на физическую нагрузку

	Фамилия	Возраст, лет	ЧСС, уд/мин				
			покой	После нагрузки	восстановление		
					1 мин	3 мин	5 мин
1.							
2.							
3.							
4.							
5.							
6.							
7.							
8.							

9.							
	М (ср. арифметическое)						
	δ (ср. квадр. отклонение)						
	m (ср. ошибка ср. ариф.)						

В школьный период развитие процессов аэробной энергопродукции наблюдается в подростковом возрасте. Бурное увеличение мышечной массы, преобладание в мышцах медленных волокон окислительного типа, нарастание в мышцах количества митохондрий, повышение активности окислительных ферментов, улучшение утилизации приносимого кровью кислорода, а также совершенствование механизмов регуляции сердечно-сосудистой и дыхательной систем – все это приводит к *повышению аэробных возможностей организма и величины МПК*. В препубертатном периоде и во II стадии полового созревания (у девочек в 12-13 лет, у мальчиков – в 13-14 лет) наблюдается их резкое увеличение. На этой стадии прирост МПК (л/мин) у мальчиков составляет примерно 28 %, у девочек – 17 %. У юных спортсменов прирост МПК еще больше. *Максимальных значений абсолютные величины МПК достигают в возрасте 15-18 лет.*

Примерные тематики рефератов

1 Динамика физической работоспособности (PWC_{170}) и МПК в недельном и месячном циклах тренировки у спортсменов избранной специализации.

2 Динамика ЧСС в покое и после специальной нагрузки у спортсменов в выбранной специализации в недельном и месячном циклах тренировочного процесса.

3 Сравнительная характеристика общей физической работоспособности детей среднего и старшего школьного возраста, активно занимающихся и не занимающихся спортом.

4 Динамика индекса физической работоспособности (ИГСТ) в Гарвардском степ-тесте в недельном и месячном циклах тренировки у спортсменов выбранной специализации.

5 Сравнительная характеристика функционального состояния нервно-мышечного аппарата у спортсменов различных специализаций и квалификации по данным миоэлектрометрии.

6 Характеристика показателей внешнего дыхания (ЧД, время произвольной задержки дыхания) в покое и после работы различной мощности.

7 ЧСС и АД при работе в разной мощности.

8 Физиологическая характеристика предстартовых состояний по выраженности реакций АД и ЧСС в зависимости от значимости соревнований.

9 Физиологическая характеристика предстартовых состояний по выраженности реакции ЧД и времени произвольной задержки дыхания в зависимости от значимости соревнований.

10 АД и ЧСС в предстартовом состоянии в зависимости от вида разминки.

11 Влияние дозированных физических нагрузок на степень насыщения артериальной крови кислородом (оксигеметрия).

12 Изменение некоторых гемодинамических констант (ЧСС, АД, УОК, МОК) при выполнении стандартной физической нагрузки (степ-тест).

13 Некоторые константы вегетативной нервной системы как показатели тренированности организма (орто-, клиностатическая пробы, вегетативный индекс Кердо).

14 Адаптивные изменения некоторых функциональных показателей органов дыхания при физических нагрузках (ЖЕЛ, МОД, пробы Штанге и Генча).

15 Психофизиологическая диагностика в спортивном отборе.

16 Оценка функционального состояния ЦНС у спортсменов.

17 Оценка состояния регулирования сердечного ритма по данным вариационной пульсометрии.

18 Влияние соревновательных нагрузок на характер регулирования сердечного ритма.

19 Динамика активности нервно-мышечного аппарата (по показателям кистевой динамометрии, миотонметрии, теппинг-теста) у представителей выбранной специализации в годичном цикле тренировочного процесса.

20 Сравнительная характеристика двигательных способностей у представителей выбранной специализации по времени двигательной реакции.

21 Динамика ЧСС у представителей выбранной специализации на стандартную специальную нагрузку в отдельные периоды годичного цикла тренировки.

22 Изменение частоты дыхания в микроцикле в зависимости от объема тренировочных нагрузок.

23 Динамика реакции на движущийся объект в зависимости от мощности выполненной нагрузки.

24 Психофизиологические особенности спортсменов в избранном виде спорта.

25 Значение индивидуально-типологических особенностей для выбора стиля соревновательной деятельности спортсмена.

26 Влияние индивидуальных биоритмов на работоспособность спортсмена в избранном виде спорта.

27 Определение энерготрат при выполнении конкретных упражнений в избранном виде спорта.

28 Энергетическая, пульсовая и эмоциональная стоимость работы у спортсменов разных специализаций.

29 Определение уровня общей работоспособности у спортсменов разных специализаций.

Примерный перечень вопросов к экзамену

- 1 Спортивная физиология как научная и учебная дисциплина. Цели, задачи, методы исследования.
- 2 Динамика функций организма при адаптации и ее стадии.
- 3 Срочная и долговременная адаптация.
- 4 Функциональные системы адаптации.
- 5 Понятия о физиологических резервах организма, их характеристика и классификация.
- 6 Современная физиологическая классификация физических упражнений.
- 7 Особенности протекания физиологических процессов при циклической работе максимальной мощности.
- 8 Особенности протекания физиологических процессов при циклической работе субмаксимальной мощности.
- 9 Особенности протекания физиологических процессов при циклической работе большой мощности.
- 10 Особенности протекания физиологических процессов при циклической работе умеренной мощности.
- 11 Особенности протекания физиологических процессов при ациклической работе (собственно-силовые, скоростно-силовые, прицельные).
- 12 Особенности протекания физиологических процессов при выполнении ситуационных упражнений.
- 13 Роль эмоций при стартовой деятельности.
- 14 Предстартовые реакции, изменения функционального состояния различных систем.
- 15 Разминка и ее значение для заблаговременного приспособления организма к предстоящей основной мышечной работе.
- 16 Процесс вработывания, постепенная мобилизация физиологических функций, повышение работоспособности.
- 17 Изменение функционального состояния организма при «мертвой точке» и «втором дыхании».
- 18 Характеристика устойчивого состояния.
- 19 Физиологические механизмы возникновения утомления.
- 20 Физиологическая локализация утомления.
- 21 Особенности утомления при различных видах физических нагрузок.
- 22 Предутомление, хроническое утомление и переутомление.

- 23 Физиологическая характеристика процессов восстановления.
- 24 Закономерности процессов восстановления.
- 25 Физиологические мероприятия повышения эффективности восстановления. Активный отдых.
- 26 Физиологическое обоснование применения средств эргогенных средств, ускоряющих процессы восстановления
- 27 Эрголитические средства, их влияние на восстановление и спортивную работоспособность.
- 28 Гормональные средства, их влияние на восстановления и повышение физической работоспособности.
- 29 Наследственное влияние на морфофункциональные особенности и физические качества.
- 30 Физиологические механизмы развития силы, феномен Лингарда-Верещагина.
- 31 Физиологические механизмы развития быстроты
- 32 Физиологические механизмы развития выносливости
- 33 Двигательный навык как сложный комплекс условных двигательных рефлексов.
- 34 Физиологические механизмы и закономерности формирования двигательного навыка.
- 35 Стереотипность и изменчивость двигательного навыка.
- 36 Стадии формирования двигательного навыка.
- 37 Физиологические основы совершенствования двигательных навыков.
- 38 Физиологическое обоснование принципов обучения спортивной технике.
- 39 Физиологические показатели тренированности.
- 40 Физиологические основы развития тренированности.
- 41 Физиологическая характеристика перетренированности и перенапряжения.
- 42 Влияние повышенной температуры и влажности на спортивную работоспособность.
- 43 Тепловая адаптация и питьевой режим.
- 44 Влияние пониженной температуры и влажности на спортивную работоспособность.
- 45 Влияние пониженного барометрического давления на спортивную работоспособность.

46 Влияние повышенного барометрического давления на спортивную работоспособность.

47 Спортивная работоспособность при смене поясно-климатических условий.

48 Эффекты тренировки, пороговые тренирующие нагрузки.

49 Специфичность и обратимость тренировочных эффектов, тренируемость.

50 Физиологические изменения в организме при плавании.

51 Морфофункциональные особенности женского организма.

52 Изменение функций женского организма в процессе тренировок.

53 Влияние биологического цикла на работоспособность женщин.

54 Роль физической культуры в жизнедеятельности современного человека.

55 Понятия гиподинамии и гипокинезия. Влияние на функции организма недостаточной двигательной активности.

56 Влияние оздоровительной физической культуры на функциональное состояние и неспецифическую устойчивость организма человека.

57 Физиологические особенности урока физической культуры, обоснование нормирования физических нагрузок для детей школьного возраста.

58 Влияние занятий физической культурой на физическое, функциональное развитие, работоспособность школьников.

59 Возрастные особенности и динамика состояния организма при спортивной деятельности.

60 Реакция тренированного и нетренированного организма на стандартные и предельные нагрузки.

РЕПОЗИ

ДОЛЖНЫЕ ВЕЛИЧИНЫ НЕКОТОРЫХ ФИЗИОЛОГИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ У ЧЕЛОВЕКА В ПОКОЕ И ПРИ ФИЗИЧЕСКОЙ РАБОТЕ

Систолический объем (СО, ударный объем) – количество (объем) крови, выбрасываемое каждым из желудочков сердца при одном сокращении.

В вертикальном положении тела в состоянии физиологического покоя у молодых мужчин СО равен 60-80 мл, в среднем – 70 мл. У женщин из-за меньших размеров сердца СО при всех условиях приблизительно на 25% меньше, чем у мужчин. У детей и подростков 7-18 лет увеличение СО происходит по мере роста ребенка (от 36 до 60 мл). У девочек максимальное увеличение приходится на период 12-14 лет (+10 мл), у мальчиков - на 13-16 лет (+10,6 мл). Это связано с несколько более поздним началом и окончанием пубертатного скачка у мальчиков и соответственной разницей в сроках окончательного структурного завершения развития элементов миокарда.

При интенсивной мышечной работе у нетренированных мужчин СО может увеличиваться в среднем до 130 мл, у спортсменов – до 160-180 мл (у отдельных лиц – до 200 мл и более). У юных спортсменов 15-18 лет – от 100 до 125 мл (В.В. Васильева, 1971; Р.А. Калюжная, 1973).

Частота сердечных сокращений (ЧСС) – число сокращений сердца (сistol желудочков) за 1 минуту.

В условиях покоя в положении сидя ЧСС у молодых нетренированных мужчин равна в среднем 70 уд/мин, у женщин – около 75 уд./мин, у детей школьного возраста – около 80 уд/мин. В норме колебания могут быть от 60 до 90 уд/мин. У спортсменов с ростом тренированности, особенно при увеличении такого качества как выносливость, ЧСС покоя уменьшается до 40-30 уд./мин и ниже (спортивная или физиологическая брадикардия).

При аэробной работе максимальной интенсивности ЧСС достигает 170-210 уд/мин. У 25-летних мужчин и женщин, например, она равна в среднем 195, у подростков и юношей – в пределах 196-202, у девочек в подобных условиях 203-208 уд/мин (В.С. Фарфель, 1960). Дальнейшее увеличение ЧСС при физической работе возможно, но нецелесообразно из-за уменьшения минутного объема кровотока.

Минутный объем кровотока (МОК, сердечный выброс, СВ) – количество (объем) крови, выбрасываемое каждым желудочком сердца за 1 мин.

У условиях покоя МОК в зависимости от размеров тела колеблется у мужчин в пределах 4-6 л/мин, у женщин – 3-5 л/мин.

В настоящее время уже известно, что увеличение сердечного выброса при физических напряжениях происходит главным образом за счет более полного опорожнения желудочков, т.е. за счет использования резервуального объема крови.

При очень напряженной мышечной работе у нетренированных мужчин МОК может возрастать до 20-24 л/мин, у спортсменов – до 35 л/мин и выше.

У женщин величины сердечного выброса при всех условиях в среднем на 25% ниже, чем у мужчин.

У детей и подростков в покое МОК – от 3 до 4,5 л/мин, при физической нагрузке может достигать у 15-летних спортсменов 9-10 л/мин (В.В. Васильева, 1971; Р.А. Калюжная, 1973).

Артериальное давление (АД) – давление, оказываемое кровью на стенки артерий.

У условиях покоя у мужчин и женщин в возрасте от 20 до 30 лет систолическое давление (СД) колеблется от 100 до 130 мм рт.ст., диастолическое (ДД) – от 60 до 90 мм рт.ст., пульсовое (ПД) – от 35 до 50 мм рт.ст. Средние величины АД в этом возрасте равны: систолическое – 120, диастолическое 60 мм рт.ст. С возрастом показатели АД закономерно возрастают.

Для определения их средних величин пользуются формулами:

$$\text{СД} = 102 + (0,6 \times \text{В}); \quad \text{ДД} = 63 + (0,4 \times \text{В}),$$

где В – возраст в годах; СД - систолическое давление; ДД – диастолическое давление.

Под влиянием тренировки с преимущественной направленностью на выносливость АД в покое снижается, и показатели его находятся обычно на нижней границе нормы или несколько ниже (спортивная гипотония).

При тяжелой мышечной работе СД возрастает до 180-220 мм рт.ст. и выше, ДД изменяется при работе мало, но может возрастать до 100-110 мм рт.ст., ПД возрастает до 80-130 мм рт.ст. и более.

Дыхательный объем (ДО) – количество (объем) воздуха, вдыхаемое или выдыхаемое за одно дыхательное движение.

В состоянии покоя у молодых мужчин ДО в среднем равен 500 мл и колеблется от 300 до 800 мл.

С возрастом ДО увеличивается. По данным разных авторов, у детей 7 лет ДО колеблется в пределах 163-240; 8 лет – 170-285; 9 лет – 230-319; 10 лет – 230-556; 11-12 лет – 254-466; 13-14 лет – 300-560; 15-16 лет – 344-600 мл (А.З. Колчинская, В.С. Мищенко, 1973; Н.А. Шалков, 1967).

При максимальной мышечной работе у нетренированных лиц ДО равен в среднем 2400 мл, у спортсменов в зависимости от величины ЖЕЛ он может достигать 4000 мл и более.

У женщин величина ДО при всех условиях в среднем на 20-25% ниже, чем у мужчин.

Частота дыхания (частота дыхательных движений, ЧД) – число вдохов или выдохов, производимых человеком за 1 мин.

У нетренированных мужчин и женщин в возрасте 20-30 лет ЧД колеблется от 12 до 20 дыхательных циклов в 1 мин, в среднем – 16 дыхательных движений в минуту, но может быть и ниже.

У детей ЧД отчетливо зависит от возраста. ЧД в возрасте 7-11 лет снижается от 23 до 19 циклов в минуту (Н.А. Шалков, 1967).

Наибольшая ЧД при максимальной работе у молодых людей составляет 40-60 циклов в минуту, но кратковременно и особенно при произвольной гипервентиляции она может достигать 70 дыхательных движений в минуту и более.

У женщин ЧД как в покое, так и при физической нагрузке на 10-15% выше, чем у мужчин.

Легочная вентиляция (ЛВ), количественным показателем которой служит **минутный объем дыхания (МОД)** – количество (объем) воздуха, провентилируемого между внешней средой и легкими за минуту.

В условиях покоя МОД варьирует у разных людей в пределах от 4 до 15 л/мин, в среднем – 6-8 л/мин. МОД у детей отличается в меньшей степени от МОД взрослого. Согласно одним авторам, МОД в пубертатном возрасте превышает МОД у взрослых людей, согласно другим – МОД такой же, как и у взрослых. Так, для мальчиков 12 лет одни авторы приводят средние цифры МОД в пределах 8-10 л/мин (Э.М. Гельмрейх, 1928; Л.Ш. Израэльян, 1946), другие авторы указывают на существенно меньшие цифры – 4,5-5,6 л/мин (Н.А. Шалков, 1957; Н.Н. Белоусова, Н.Н. Розина, 1964; А.З. Колчинская, 1973).

При предельной максимальной работе у молодых мужчин ЛВ возрастает до 100-140 л/мин, у женщин – до 70-100 л/мин. У тренированных спортсменов-мужчин МОД при работе может достигать 150-200 л/мин и более, у женщин – 90-130 л/мин и больше.

Потребление кислорода (ПО_2) – количество (объем) кислорода, утилизируемое (потребляемое) тканями организма за одну минуту.

В состоянии физиологического покоя, сидя, потребление кислорода у человека равно в среднем 0,25-0,3 л/мин; ПО_2 у детей от 7 до 17 лет – 140-220 мл/мин (Н.А. Шалков, 1957).

Максимальное потребление кислорода (МПК, абсолютное МПК) – максимальное количество (объем) кислорода, которое может утилизировать организм в течение одной минуты.

Максимальное потребление кислорода у нетренированных мужчин в возрасте от 20 до 30 лет составляет в среднем от 3 до 4 л/мин, у женщин – от 2 до 3 л/мин, или на 25-30% ниже, чем у мужчин. У детей от 9 до 17 лет – 1,5-3,7 л/мин. У высокотренированных спортсменов МПК достигает 5-6 л/мин и более (В.И. Дубровский, 1999).

Относительное максимальное потребление кислорода (МПК, мл×мин/кг) – максимальное количество кислорода, которое может потребить организм человека в расчете на 1 кг его массы за одну минуту. У нетренированных молодых мужчин относительное МПК составляет 40-60 мл×мин/кг, у женщин – 30-40 мл×мин/кг, или на 15-20% меньше, чем у мужчин. У спортсменов относительное МПК может достигать 80-90 мл×мин/кг и выше.

Кислородный долг (КД) – количество кислорода, которое требуется для окисления продуктов обмена, образовавшихся при физической работе, т.е. объем кислорода, которое человек должен потребить после окончания работы сверх уровня покоя, для того чтобы окислить или восстановить продукты анаэробного распада, накопившиеся в тканях и крови.

Максимальный кислородный долг у молодых лиц, не занимающихся спортом, равен 4-7 л, у высокотренированных спортсменов он достигает 20-24 л и более. Поскольку растущий организм обладает более ограниченной способностью работать в «долг», величина КД как в абсолютных цифрах, так и на 1 кг веса тела у детей и подростков значительно меньше, чем у взрослых.

Дыхательный коэффициент (ДК) – соотношение выделенного при дыхании углекислого газа к поглощенному кислороду.

Величина дыхательного коэффициента определяется составом веществ, окисляемых в организме. Наиболее низок он при окислении белков и достигает единицы при окислении углеводов. При смешанном питании колеблется, как правило, в пределах от 0,75 до 0,95.

Артериовенозная разность крови по кислороду ($ABP O_2$) – разность в содержании кислорода в артериальной и венозной крови в мл O_2 , в 100 мл крови.

В состоянии покоя $ABP O_2$ равна 4-6 мл O_2 /100 мл крови, у детей $ABP O_2$ /100 мл крови несколько ниже, чем у взрослых примерно на 1-1,5 O_2 /100 мл крови (А.З. Колчинская, 1973).

При интенсивной мышечной работе в результате более интенсивного поглощения кислорода тканями и падения его содержания в венозной крови, а также увеличения кислородной емкости крови этот показатель может увеличиваться до 14-16 мл O_2 /100 мл крови и более, у детей до 8-10 мл O_2 /100 мл крови.

Кислородная емкость крови (КЕК) – количество (объем) кислорода, которое может связать 100 мл крови.

Кислородная емкость крови в основном зависит от содержания гемоглобина в крови и равна в покое у мужчин в среднем 19-20 мл O_2 /100 мл, у женщин – 17-19 мл/100 мл крови. Данные о содержании гемоглобина и количестве эритроцитов в различные возрастные периоды позволяют говорить о том, что КЕК в период полового созревания достигает только нижних границ нормы взрослых людей (В.С. Мищенко, 1969; АЗ. Колчинская, 1973).

При интенсивной физической работе КЕК может возрастать до 21-22 мл/100 мл крови и более.

Приложение 2

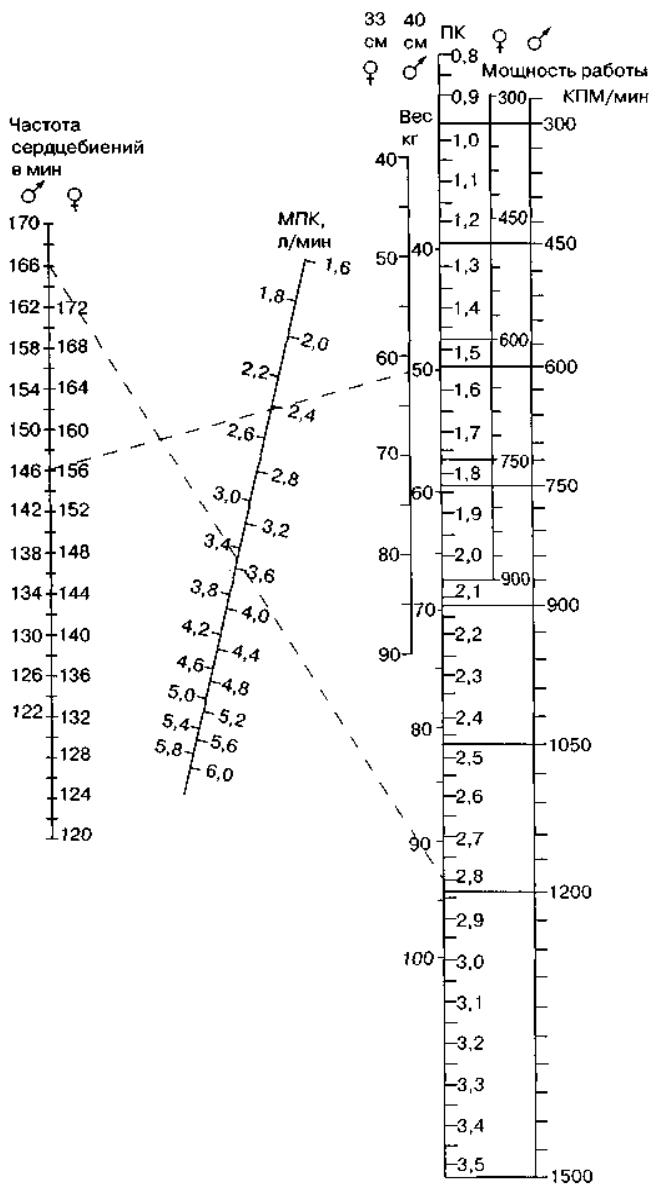


Рисунок 1 – Номограмма Астранда для вычисления максимального

потребления кислорода (аэробной производительности) по частоте сердцебиений при стандартной нагрузке

РЕПОЗИТОРИЙ ГГУ ИМЕНИ Ф.СКОРИНЫ

Литература

- 1 Белоцерковский, З.Б. Эргометрические и кардиологические критерии физической работоспособности у спортсменов. [Текст]: пособие / З.Б. Белоцерковский – М.: Советский спорт, 2005. – 312 с.
- 2 Гендельсман, А.Б. Физиологические основы методики спортивной тренировки [Текст]: пособие / А.Б. Гендельсман, К.М. Смирнов. – М.: Физкультура и спорт, 1970.
- 3 Прокофьева, В.Н. Практикум по физиологии физического воспитания и спорта [Текст]: учебное пособие / В.Н. Прокофьева – Ростов н /Д: Феникс, 2008. -190 с.: ил. – (Высшее образование)
- 4 Руководство к практическим занятиям по физиологии человека [Текст]: учебное пособие для вузов физической культуры / Под общей редакц. А.С. Солодкова. – СПбГУФК им. П.Ф. Лесгафта. – М.: Советский спорт, 2006. -192 с.; ил.
- 5 Семкин, А.А. Физиологическая характеристика различных по структуре движения видов спорта (механизмы адаптации) [Текст]: научное издание / А.А. Семкин - Минск: «Полымя», 1992.- 190 с.
- 6 Солодков, А.С., Сологуб, Е.С. Физиология человека. Общая. Спортивная. Возрастная [Текст]: учебник, - М.: Терра-спорт, Олимпия-Пресс, 2001.
- 7 Спортивная физиология: [Текст]: учебник для ин-тов физ. культуры/ под общей редакцией Я.М. Коца – М.: Физкультура и спорт, 1986.- 240 с., ил.
- 8 Уилмор, Д.Х., Костилл, Д.Л. Физиология спорта [Текст]: - Киев: Олимпийская литература, 2001.
- 9 Физиология человека: учебник / под общей редакцией Н.В. Зимкина. [Текст]: – М.: Физкультура и спорт, 1975.
- 10 Фомин, Н.А., Фимин, В.П. Возрастные основы физического воспитания. – М.: Физкультура и спорт, 1972.

Учебное издание

Алла Евгеньевна Бондаренко
Татьяна Александровна Ворочай
Вадим Васильевич Солошик

ФИЗИОЛОГИЯ СПОРТА
ПРАКТИЧЕСКОЕ ПОСОБИЕ ДЛЯ ВЫПОЛНЕНИЯ ЛАБОРАТОРНЫХ
РАБОТ

*для студентов 3 курса специальности
1-03 02 01 физическая культура*

В авторской редакции

Подписано в печать (). Формат 60х84 1/16. Бумага писчая №1.
Гарнитура «Таймс». Уч.-изд.л. Тираж 25 экз.

Отпечатано в учреждении образования
«Гомельский государственный университет имени Франциска
Скорины»

246019 г. Гомель, ул. Советская, 104

Министерство образования Республики Беларусь

**Учреждение образования
«Гомельский государственный университет
имени Франциска Скорины»**

А.Е. Бондаренко, Т.А. Ворочай, В.В. Солошик

**ФИЗИОЛОГИЯ СПОРТА
практическое пособие
для выполнения лабораторных работ**

**для студентов специальности
1-03 02 01 «Физическая культура»**

Гомель
УО «ГГУ им. Ф. Скорины»
2010

РЕПОЗИТОРИЙ ГГУ ИМЕНИ Ф. СКОРИНЫ