

И. И. ЗЕМЦОВА



СПОРТИВНАЯ ФИЗИОЛОГИЯ

ББК 75.0я73
3-55

*Рекомендовано Министерством образования и науки Украины
Письмо № 1.4/18-Г-1257 от 23.07.2007*

Рецензенты

доктор биологических наук, зав. отдела физиологии движений Института физиологии им. А. А. Богомольца НАНУ, профессор **О. И. Костюков**
доктор биологических наук, профессор кафедры физиологии человека и животных Национального университета им. Т. Г. Шевченко **Ю. П. Горго**
кандидат педагогических наук, зав. лаборатории диагностики функционального состояния спортсменов ГНИИФКС **А. И. Павлик**

Земцова, И. И.

3-55 Спортивная физиология : учеб. пособие для студентов вузов / И. И. Земцова. — К. : Олимп. л-ра, 2010. — 219 с. — Библиогр. : С. 212—214.

ISBN 978-966-8708-29-9

Учебное пособие подготовлено в соответствии с программой по спортивной физиологии Национального университета физического воспитания и спорта Украины. В основу положено интегральное преподавание учебного материала на структурном, биохимическом и функциональном уровнях. Пособие включает комплекс практических занятий и ситуационных заданий, каждое из которых состоит из теоретического введения, перечня необходимых материалов и оборудования, хода выполнения работы, а также контрольных вопросов. В пособие вместе с традиционными включены современные методы определения структуры функциональной подготовленности спортсменов с использованием газоанализа выдыхаемого воздуха, определения компонентного состава массы тела с помощью весов-жироанализаторов и др.

Для студентов, магистрантов, аспирантов области физического воспитания и спорта.

Навчальний посібник підготовлено відповідно до програми зі спортивної фізіології Національного університету фізичного виховання і спорту України. В основу покладено інтегральне викладання навчального матеріалу на структурному, біохімічному і функціональному рівнях. Посібник включає комплекс практичних занять і ситуаційних завдань, кожне з яких містить теоретичний вступ, перелік необхідних матеріалів і обладнання, хід виконання роботи, а також контрольні запитання. До посібника поруч із традиційними включено сучасні методи визначення структури функціональної підготовленості спортсменів із використанням газоаналізу видихуваного повітря, визначення компонентного складу маси тіла за допомогою ваг-жироаналізаторів та ін.

Для студентів, магістрантів, аспірантів галузі фізичного виховання і спорту.

ББК 75.0я73

ISBN 978-966-8708-29-9

© И. И. Земцова, 2010
© Издательство НУФВСУ
«Олимпийская литература», 2010

Спортивная физиология является ведущей среди медико-биологических дисциплин в университетах и институтах спортивного профиля как биологическая основа физического воспитания и спорта.

Процесс физического воспитания и спорта может быть успешным только при условии, что его практическая реализация базируется на знаниях биологической сущности физической активности человека, закономерностях ее роста и развития, знаниях процесса адаптации организма к влиянию физических упражнений, биологических основах дозирования физических нагрузок, контроле над их влиянием на организм в разных условиях внешней среды. Эти знания являются фундаментом высокой методической подготовки специалиста области «Физическое воспитание и спорт», что имеет большое значение для повышения конкурентоспособности выпускников учебных заведений физического воспитания и спорта на рынке труда.

Сегодня существенно изменились подходы к изучению и преподаванию студентам спортивной физиологии. Они связаны, прежде всего, с расширением современных методов экспериментальных исследований, позволяющих быстро получать достоверные физиологические, метаболические и морфологические показатели организма спортсменов и лиц, занимающихся оздоровительной физической культурой. Выявлено также целесообразность интегрального преподавания спортивной физиологии, то есть включение в программу лекционного и практического курса вопросов по спортивной морфологии и спортивной биохимии. Такое комплексное преподавание спортивной физиологии позволяет студенту более объемно, всесторонне и на всех уровнях (структурном, биохимическом и функциональном) приобретать интегральные теоретические знания и практические навыки современных экспериментальных исследований, необходимые им для дальнейшей практической работы в области физического воспитания и спорта. Такая программа по спортивной физиологии, подготовленная и апробированная на кафедре биологии человека НУФВСУ, показала свою эффективность.

Методическое пособие создано в соответствии с этой программой, оно состоит из 16 разделов: восемь разделов программы преподаются на 3-м курсе и восемь — на 4-м. Данное пособие ориентировано на обеспечение выполнения практических работ по спортивной физиологии и состоит из отдельных

разделов, каждый из которых содержит соответствующие практические занятия, включающие теоретическое вступление, перечень необходимого оснащения, ход работ и контрольные вопросы для проверки теоретических знаний и практических навыков по каждой теме. Широкий подбор практических занятий позволяет выбрать одно из них в зависимости от наличия соответствующего оснащения: можно провести практическое занятие в обычной аудитории, используя простые методы экспериментальных исследований, а можно провести его в научно-исследовательской лаборатории, используя метод газоанализа, или в фитнес-клубе. Содержание некоторых разделов сокращено, а иных, наоборот, расширено из-за их исключительной важности и актуальности.

Практические занятия, включенные в методическое пособие, качественно различны: одни направлены на исследование узкого конкретного вопроса программы, другие посвящены решению ситуационных задач, моделируя ситуации, которые могут возникнуть в процессе практической деятельности специалиста области физического воспитания и спорта, а некоторые темы включают проведение научно-исследовательской работы в учебное время и могут подаваться на конкурс студенческих научных работ.

Автор надеется, что это методическое пособие будет способствовать повышению качества проведения практических занятий и приобретению современных практических навыков научно-исследовательской работы, что, соответственно, повысит эффективность изучения студентами курса спортивной физиологии и улучшит качество подготовки специалистов области «Физическое воспитание и спорт».

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ

АД	—	артериальное давление
АДдиаст.	—	артериальное давление диастолическое
АДсист.	—	артериальное давление систолическое
АДФ	—	аденозиндифосфорная кислота
АКТГ	—	адренокортикотропный гормон
АМФ	—	аденозинмонофосфорная кислота
АО	—	антиоксиданты
АП	—	адаптационный потенциал
АД	—	артериальное давление
АТФ	—	аденозинтрифосфорная кислота
БАД	—	биологически активная добавка
БС ₃	—	быстросоcontractающиеся мышечные волокна с аэробным и гликолитическим энергообеспечением
БС ₆	—	быстросоcontractающиеся мышечные волокна, способные к кратковременным сокращениям взрывного характера
ВОД	—	время одиночного движения
ВЭ _{CO₂}	—	вентиляционный эквивалент для углекислого газа
ВЭ _{O₂}	—	вентиляционный эквивалент для кислорода
ДА	—	двигательная активность
ДК	—	дыхательный коэффициент
ДН	—	двигательный навык
ДО	—	дыхательный объем
ЖЕЛ	—	жизненная емкость легких
ЖП	—	жизненный показатель
ИГСТ	—	индекс Гарвардского степ-теста
КД	—	кислородный долг
КИАНВ	—	коэффициент использования анаэробных возможностей
КЛВ	—	коэффициент легочной вентиляции
КФ	—	креатинфосфат
КФР	—	коэффициент темпа физического развития
КЭР	—	кислородный эквивалент работы
ЛВ	—	легочная вентиляция
ЛФК	—	лечебная физическая культура

МКД	—	максимальный кислородный долг
МЛВ	—	максимальная легочная вентиляция
мм рт. ст.	—	миллиметр ртутного столба
МОД	—	минутный объем дыхания
МОК	—	минутный объем крови
МПК	—	максимальное потребление кислорода
МС	—	медленносокращающиеся мышечные волокна
МЦ	—	менструальный цикл
МЭТ	—	метаболический эквивалент
ОЦК	—	объем циркулирующей крови
ОЦМ	—	общий центр массы тела
ПАНО	—	порог анаэробного обмена
ПОЛ	—	пероксидное окисление липидов
ППБЦ	—	продукты повышенной биологической ценности
ПР	—	предстартовые реакции
РНК	—	рибонуклеиновая кислота
СО	—	систолический объем
ТХУ	—	трихлоруксусная кислота
ФОЕ	—	функциональная остаточная емкость
ФР	—	физическая работоспособность
ФР _а	—	физическая аэробная работоспособность
ФР _{ан}	—	физическая анаэробная работоспособность
ФР _{см}	—	физическая работоспособность смешанная
ЦНС	—	центральная нервная система
ЧД	—	частота дыхания
ЧМТ	—	чистая масса тела
ЧСС	—	частота сердечных сокращений
ЧСС _{макс}	—	максимальная частота сердечных сокращений
ЭКГ	—	электрокардиограмма
ЭПО	—	эритропоэтин
ЭС	—	эргогенные средства
Д _{тела}	—	плотность тела
Д _{чмт}	—	плотность чистой массы тела
Hb	—	гемоглобин
La	—	лактат
Pa _{CO₂}	—	напряжение CO ₂ в крови
Pa _{O₂}	—	напряжение O ₂ в крови
pH	—	водородный показатель
t	—	время
$\dot{V}O_2$	—	потребление кислорода
$\dot{V}O_{2max}$	—	максимальное потребление кислорода

**ВВЕДЕНИЕ В ДИСЦИПЛИНУ.
ДВИГАТЕЛЬНАЯ АКТИВНОСТЬ И ЗДОРОВЬЕ**

Двигательная активность (ДА) — это не только способность высокоорганизованной материи, но и необходимое условие самой жизни, ее эволюции. Ход эволюционного развития человека предопределил нормальное функционирование ее органов и систем в условиях активной двигательной деятельности. От активности скелетной мускулатуры зависит резервирование энергетических ресурсов, экономное их использование в покое и, в результате, укрепление здоровья и продолжительности жизни (Ананьев, 2001; Апанасенко, 1985; Орешкин, 1990).

В основе здоровья лежат процессы адаптации, направленные на поддержание равновесия внутренней среды организма (гомеостаза). Среди факторов, определяющих здоровье, 50 % относятся к образу жизни (питание, интеллектуальная и эмоциональная напряженность, ритм жизни, уровень двигательной активности); 22,5 % — к вредным привычкам (употребление алкоголя, курение, наркомания); 20 % — к экологическим факторам; 7,5 % — к медицинскому обеспечению. Среди этих факторов одним из главных является уровень двигательной активности — эффективное средство нормального развития и оздоровления подрастающего поколения, оздоровления лиц пожилого и преклонного возраста (Детская спортивная медицина, 1991; Здоровье..., 2005).

В основе механизма благоприятного, стимулирующего влияния ДА на функционирование организма лежит положение, рассматривающее рост тканей как процесс создания избыточного анаболизма, индуцированного функциональной активностью (катаболизмом). В соответствии с этим определением сформулировано «энергетическое правило скелетных мышц», суть которого состоит в том, что двигательная активность живой системы является фактором функциональной избыточности организма. Таким образом, рост является естественным следствием активности живой системы и ее элементов. При этом ДА индуцирует возвращение системы не к исходному уровню, а восстанавливает ее с избытком.

В жизни человека генетически запрограммирован оптимум двигательной активности, и только в случае ее ежедневной реализации организм может оптимально развиваться. Естественная биологическая потребность человека в движениях обозначается научным термином — **кинезифилия**. Уровни ДА ниже оптимального или значительно выше ведут к возникновению различных заболеваний. Сегодня абсолютное большинство людей находится на низшем уровне ДА, а спортсмены — на максимальном.

Явление недостаточной ДА называют гипокинезией (недостаточный объем двигательной деятельности, то есть движений). Гиподинамия связана с недостаточной напряженностью усилий. Примером ее может быть труд домохозяйки.

«Двигательный гоггд» часто проходит незамеченным и сопровождается ощущением комфорта. Это субъективное ощущение при условии мышечного бездействия очень опасно. Наступает момент, когда комфорт превращается в патологию. Существуют болезни с признаками мышечного бездействия: сутулость, узкая грудь, болезни позвоночника, ожирение, хронический колит, камни в желчном пузыре и почках и др. Комплекс расстройств, возникающих при дефиците ДА, объединен в понятие «гипокинетический синдром» (Меерсон, 1986; Орешкин, 1990; Булич, Мурахов, 2003).

Недостаточная ДА приводит, прежде всего, к нарушениям в органах движения: уменьшаются масса мышц, сеть капилляров, снижаются сила и скорость сокращений и выносливость мышц. Нарушается осанка, снижается прочность костей, уменьшается подвижность суставов.

Ухудшается деятельность системы кровообращения: уменьшаются систолический объем (СО), минутный объем крови (МОК), может повышаться артериальное давление (АД) (фактор риска), возникает слабость миокарда, атеросклеротическое перерождение сосудов. Ухудшаются подвижность грудной клетки, нормальный газообмен, снижается жизненная емкость легких (ЖЕЛ) и другие параметры газообмена.

Нарушается обмен веществ, что ведет к атеросклерозу, заболеваниям суставов, сердечно-сосудистым заболеваниям, ожирению (факторы риска).

Повышенная ДА предотвращает нежелательные последствия и является источником, стимулирующим положительные морфофункциональные превращения: возрастают СО, МОК, увеличивается толщина сердечной мышцы, расширяется капиллярная сеть, возрастает объем циркулирующей крови, повышается уровень гемоглобина. Увеличиваются ЖЕЛ, дыхательный объем (ДО), улучшается аэрация.

Возрастает сопротивляемость организма неблагоприятным факторам внешней среды, патогенным микроорганизмам (неспецифический эффект спортивной тренировки), холоду, перегрузкам, дефициту кислорода. Повышается бактерицидная способность кожи и слизистых оболочек, стимулируется выработка антител. Повышается умственная работоспособность, устойчивость нервных клеток к раздражителям, улучшаются память, зрение и слух.

Повышенная ДА способствует снижению массы тела, уровня холестерина в крови, улучшает все виды обмена веществ. Однако следует различать спорт (достижение наивысших результатов любой ценой) и оздоровительную физическую культуру, направленную на поддержание нормальных физических кондиций (Булич, Мурахов, 2003; Спортивная медицина..., 2005).

РАБОТА 1. *Исследование сердечно-сосудистой и дыхательной систем в естественных условиях оздоровительной и спортивной тренировки*

Важными характеристиками состояния сердечно-сосудистой и дыхательной систем лиц, занимающихся спортом и физической культурой, являются, прежде всего, ЧСС, АД и ЖЕЛ.

Частота сердечных сокращений (ЧСС) соответствует частоте пульса, отражающего колебания эластичных стенок сосудов в соответствии с работой сердца.

Пульс измеряется накладыванием трех пальцев руки на участок артерии в нижней трети предплечья, немного выше лучезапястного сустава, где лучевая артерия располагается поверхностно и поэтому доступна для исследования.

Оценивая пульс, учитывают такие его характеристики: частоту, ритм, величину, напряжение и скорость подъема.

Самые достоверные данные о пульсе в состоянии покоя можно получить во время исследования утром натощак.

Сердечный ритм определяют на последних 15—20 секундах каждой минуты физической нагрузки. Пульс хорошо ощущается на сонной артерии под углом нижней челюсти. Самые точные данные получают, подсчитывая время 30 сердечных сокращений. Секундомер включают в начале подсчета и выключают на 30-м сокращении. Можно также определить ЧСС путем измерения длительности 10 сердечных сокращений по формуле:

$$\text{ЧСС} = 60/t \cdot 100,$$

где t — продолжительность 10 сокращений, с.

У молодых людей ЧСС в состоянии покоя равна 60—80 уд·мин⁻¹. У спортсменов, тренированных на выносливость, ЧСС в состоянии покоя может равняться 50 уд·мин⁻¹ и ниже (брадикардия). Во время физических нагрузок у спортсменов ЧСС может достигать 200 уд·мин⁻¹ и выше (Аганянц, 2001; Использование пульсометрии..., 1997).

Исследование артериального давления. Существуют три основных способа измерения АД: слуховой, пальпаторный, осциллоторный. Достаточно точным и простым методом определения артериального давления является слуховой, предложенный И. С. Коротковым: полупневматическую манжетку, наложенную на среднюю треть плеча исследуемого, соединяют с манометром. При помощи груши накачивают воздух, поднимая давление в манометре до уровня, превышающего предполагаемый уровень артериального давления в плечевой артерии. В пережатой плечевой артерии останавливается кровоток. В локтевом сгибе немного ниже наложенной манжетки не прослушиваются никакие звуки. Если после этого постепенно выпускать воздух из манжетки, то в момент,

когда давление в манжетке будет равняться систолическому давлению в артерии, будут прослушиваться звуки (тона). Показание манометра в этот момент будет соответствовать уровню систолического давления. При дальнейшем выпуске воздуха из манжетки тона становятся громче и напоминают шумы, потом становятся тише, пока не наступит момент, когда звуки исчезают или резко слабеют. С понижением внешнего давления сосуд во время диастолы уже не сдается и кровь проходит свободно. Показатель на манометре в этот момент показывает величину диастолического артериального давления (Солодков, Сологуб, 2005).

Измерение ЖЕЛ и легочных объемов у спортсменов методом спирометрии

Измерение ЖЕЛ. Мундштук суховоздушного спирометра обрабатывают дезинфицирующей жидкостью и подносят ко рту. Делают максимально глубокий вдох, а потом максимально глубокий выдох в спирометр. Стрелка спирометра указывает значение ЖЕЛ испытуемого.

У взрослого человека среднего роста ЖЕЛ составляет 3—5 л. На каждые 5 см роста, начиная со 155 см, значение ЖЕЛ увеличивается в среднем на 300 мл. У мужчин этот показатель примерно на 15 % выше, чем у женщин. Школьники 11—12 лет имеют ЖЕЛ приблизительно 2 л, дети в возрасте 4 лет — 1 л, новорожденные — 150 мл (Физическая культура..., 1999; Фомин, 1991).

У выдающихся спортсменов значения ЖЕЛ могут достигать 9 л. В состоянии утомления после физических упражнений показатель ЖЕЛ снижается.

Поскольку ЖЕЛ зависит от некоторых факторов, особенно от массы тела спортсмена, то сравнительный анализ следует проводить по жизненным показателям (ЖП), то есть по величине ЖЕЛ, приходящейся на 1 кг массы тела.

$$\text{ЖП (мл} \cdot \text{кг}^{-1}\text{)} = \frac{\text{ЖЕЛ, мл}}{\text{масса тела, кг}}$$

У спортсменов высокой квалификации ЖП составляет 80 мл·кг⁻¹ и выше.

Измерение ДО. После обычного спокойного вдоха выполняют спокойный выдох в спирометр. Фиксируют показатель прибора. Повторяют измерение трижды и рассчитывают среднее значение. Величина ДО у взрослых людей равна 400—500 мл, у детей в возрасте 11—12 лет — приблизительно 200 мл, у новорожденных — 20—30 мл. У выдающихся спортсменов ДО может достигать 800 мл и выше.

Измерение резервного объема выдоха. После обычного спокойного выдоха в окружающее пространство делают максимально глубокий выдох в спиро-

метр и регистрируют показатели. У взрослых резервный объем выдоха равен в среднем 1500 мл, у спортсменов этот показатель значительно выше, у детей в возрасте 11—12 лет — приблизительно 800 мл.

Измерение величины резервного объема вдоха. Пользуясь уже полученными данными, находят резервный объем вдоха как разницу между ЖЕЛ и суммой ДО и резервного объема выдоха.

Оснащение: суховоздушный спирометр, секундомер, прибор для регистрации АД.

Ход работы

1. Нарисовать схему дыхательных циклов и дыхательных объемов (рис. 1).

2. Из числа студентов выбрать 5—7 испытуемых (желательно разных спортивных специализаций и разного уровня тренированности). У всех испытуемых регистрируют в состоянии покоя показатели ЧСС, АД, легочные объемы (ДО, резервный объем вдоха, резервный объем выдоха и ЖЕЛ). Полученные данные внести в таблицу 1 и сделать выводы об особенностях показателей сердечно-сосудистой и дыхательной систем у представителей разных спортивных специализаций и об уровне их тренированности.

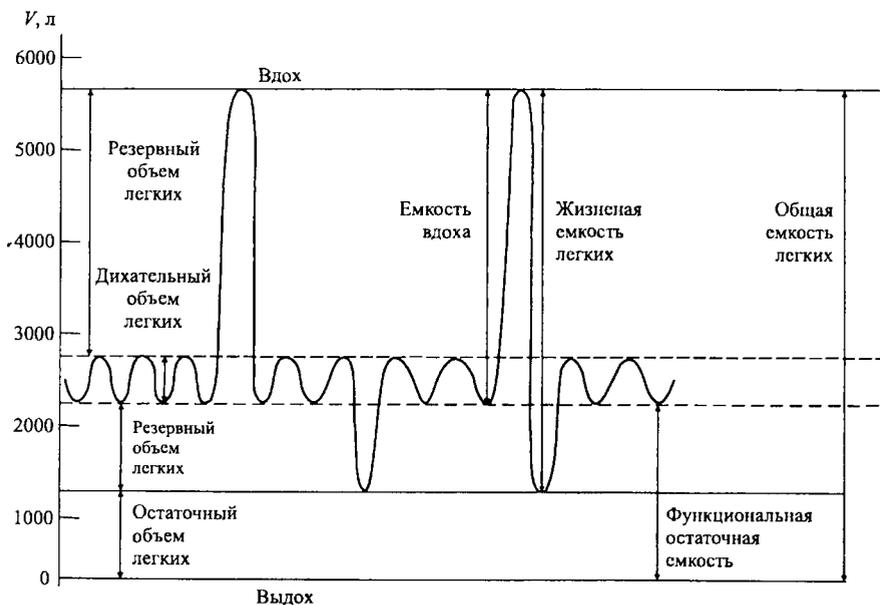


Рисунок 1 — Дыхательные циклы и легочные объемы

Таблица 1 — Исследования ЧСС, АД и дыхательных объемов спортсменов

Испытуемый	ЧСС, уд·мин ⁻¹	АД систолическое/диастолическое	ДО, мл	Резервный объем вдоха, мл	Резервный объем выдоха, мл	ЖЕЛ, мл

3. Рассчитать коэффициент легочной вентиляции (КЛВ) и минутный объем дыхания (МОД), используя формулы:

$$КЛВ = \frac{ДО - \text{объем «мертвого пространства»}}{\text{резервный объем выдоха} + \text{объем остаточного воздуха}}$$

где объем «мертвого пространства» (≈ 15 мл, образованное воздухоносными путями) равен примерно 150 мл; объем остаточного воздуха — объем, находящийся в легких после спокойного выдоха, называется функциональной остаточной емкостью (ФОЕ). Она равна сумме остаточного объема и резервного объема выдоха. Зная ФОЕ, легко определить объем остаточного воздуха:

$$МОД = ДО \cdot \text{число дыхательных циклов в минуту.}$$

Сравнить полученные данные у всех испытуемых и сделать выводы.

Контрольные вопросы

1. Что подразумевают под понятиями гипокинезия и гиподинамия?
2. Как влияет на организм человека недостаточная двигательная активность?
3. В чем состоит суть метода измерения АД?
4. Какие показатели ЧСС используют во время занятий физическими упражнениями?
5. Какие дыхательные объемы вы знаете?
6. Какая значимость показателей ЖЕЛ и ЖП у спортсменов?

РАБОТА 2. Методы исследования метаболизма во время оздоровительной и спортивной тренировки

Изучение любой последовательности взаимосвязанных процессов, происходящих в организме, начинается, как правило, из изучения его компонентов, получаемых для анализа из клеток при помощи фракционирования. Этот процесс обычно состоит из двух этапов: сначала клетки разрушают, а затем из образовавшейся суспензии методом центрифугирования отделяют необходимые частицы и органеллы. Дальнейшее разделение индивидуальных компонентов

клеточных частиц и органелл и изучение их особенностей проводят при помощи центрифугирования, хроматографии и электрофореза. Для определения состава, механизма действия и функций клеточных компонентов используют сложные количественные и качественные аналитические методы. На атомном и молекулярном уровнях используют целый ряд спектральных методов. Механизмы действия клеточных частиц и внутриклеточные взаимодействия изучают, используя одновременно несколько аналитических методов, таких, как спектроскопия, радиоизотопные методы, колориметрия, флуориметрия (Биологический контроль..., 1986; Н. И. Волков и соавт., 1998).

1. *Центрифугирование*. Разделение веществ при помощи центрифугирования базируется на разном поведении частиц под воздействием центробежных сил. Основные компоненты клеток оседают в такой последовательности: сначала целые клетки и их фрагменты, затем ядра, митохондрии, лизосомы, микросомы и, наконец, рибосомы. Существуют такие основные виды центрифугирования: препаративное, дифференциальное, аналитическое, ультрацентрифугирование и др.

Хроматографические методы — самые удобные методы разделения, при помощи которых можно исследовать большие (несколько граммов) и малые (микрограммы) количества материала. Метод базируется на разном коэффициенте разделения веществ не только между двумя растворителями, но и между любыми двумя фазами, например твердой и жидкой или газовой и жидкой. В зависимости от применяемых методических подходов различают такие виды хроматографии: на бумаге, адсорбционная, газодинамическая, афинная, ионообменная, гель-фильтрация и др.

Спектрофотометрия — аналитический метод, базирующийся на измерении спектра поглощения вещества, он отображает зависимость количества поглощаемого света от длины волны. Поглощение в видимой и ультрафиолетовой зонах можно регистрировать на спектрографах или спектрофотометрах, ток в фотоэлементах которых пропорционален качеству света, падающего на него. Все спектрофотометры и спектрографы позволяют осуществлять количественный и качественный анализ биологических соединений.

Колориметрия — метод, базирующийся на измерении интенсивности окраски веществ, образующихся в ходе реакций. Для регистрации интенсивности окраски (экстинкции) веществ, находящихся в крови, моче или экстракте ткани с определенными реактивами, используют фотозлектроколориметры различной конструкции, фотометры или спектрофотометры. Поскольку все вещества поглощают определенную длину волны светового спектра, то в фотозлектроколориметрах используются светофильтры.

Современные фотозлектроколориметры и фотометры имеют электронную систему настройки, не требуют прогрева, характеризуются высокой чувствительностью и хорошим воспроизведением. Среди последних можно

назвать фотометры системы LP (Dr. Lange, Германия), имеющие в комплекте термостат и принтер. Работа на них предполагает использование набора готовых реактивов этой фирмы, что обеспечивает быстроту, точность определения, возможность проведения исследования в полевых условиях, что очень важно во время проведения биохимических исследований в области спорта.

Радиоизотопные методы основаны на использовании радиоактивных изотопов, а именно атомов элементов, содержащих неодинаковое количество нейтронов (отличаются массовым числом). Во время распада радиоизотопы излучают частицы (α и β) или осуществляют электромагнитное излучение (γ -распад). Чаще всего в лабораторной практике во время исследований биохимических механизмов используют такие радиоактивные изотопы, как C^{14} , S^{35} , P^{32} и др.

В качестве объектов для биохимических исследований в области спорта и медицинских обследований чаще всего используют кровь и мочу, реже — образцы мышечной ткани, слюну и пот.

Кровь — жидкая ткань, осуществляющая в организме интеграцию биохимических процессов, происходящих в разных клетках, в единую систему. Поэтому химический состав крови отражает обмен веществ в организме. Разные физиологические состояния, в том числе и физические нагрузки, а также разнообразные заболевания сопровождаются изменением содержания в крови определенных веществ. Биохимическое исследование крови распространено как в клинической практике с целью диагностики заболеваний, оценки эффективности лечения, так и в практике физической культуры и спорта для оценки влияния физических нагрузок на организм спортсмена, определения параметров структуры функциональной подготовленности во время этапных обследований, исследования состояния восстановительных процессов, допуска к занятиям спортом и соревнованиям и т. д. Для решения этих вопросов в крови испытуемых определяют содержание гемоглобина, глюкозы, мочевины, молочной и пировиноградной кислот, активность ферментов (Волков Н. И. и соавт., 1998; Мохан, 2001; Солодков, Сологуб, 2005).

Моча — биологическая жидкость, вырабатываемая почками. Биохимический анализ мочи дает представление о функциональном состоянии почек, процессах обмена веществ в разных органах и организме в целом, способствует определению характера патологического процесса, эффективности проводимого лечения. Исследование химического состава мочи имеет большое значение и для практики физической культуры и спорта. Прежде всего, анализ мочи очень важен во время проведения оперативного, текущего антидопингового контроля. Исследование мочи — важный диагностический прием и в случае выявления и лечения патологических процессов у спортсменов.

В моче обнаружено более 150 отдельных химических ингредиентов. Вещества, входящие в состав мочи, делятся на физиологические (постоянные)

и патологические (временные). К физиологическим относят мочевину, креатин, пептиды, аминокислоты, мочевую кислоту, гиппуровую кислоту, органические сульфаты. Кроме того в моче находятся различные пигменты (урохром, уробилин и др.), витамины, гормоны; минеральные компоненты: ионы натрия, калия, кальция, магния аммиак, хлориды, бикарбонаты, фосфаты, неорганические сульфаты; к патологическим составным мочи принадлежат глюкоза, белок, кетоновые тела, эритроциты, гемоглобин, миоглобин. Для оздоровительной физической культуры, спорта высших достижений и клинической практики самым главным является выявление временных составляющих мочи (Биологический контроль..., 1986; Волков Н. И. и соавт., 1998).

Сегодня для выявления белка, глюкозы, кетоновых тел, гемоглобина, миоглобина, определения pH мочи самыми распространенными являются экспресс-методы «сухой» химии — диагностические бумажные полоски «Альбуфан» (Словакия), «Биофан Е» (Германия), «Тетрафан» (Словакия), «Пентафан» (Словакия), «Гексафан» (Словакия), «Гептафан» (Словакия), «Нефрофан» (Словакия).

Разбавленную слюну используют для исследования активности амилазы, показателей кислотно-щелочного состояния, содержания метаболитов (мочевины, молочной кислоты, кетосоединений), минеральных элементов. Однако как объект для биохимических исследований она не получила широкого распространения.

Мышечная ткань является очень информативным объектом биохимического контроля. Однако такие исследования проводят очень редко из-за травматичности, связанной с получением проб мышечной ткани методом микробиопсии. В мышечной ткани определяют содержание АТФ, гликогена, креатинфосфата, активность ферментов гликолиза и аэробного окисления и др.

Для проведения практических занятий по этой теме (в зависимости от наличия соответствующего оснащения) можно выбрать одну из предложенных работ или выполнить обе.

Работа 2.1. *Определение содержания глюкозы в крови спортсменов в состоянии покоя и после физических нагрузок разной интенсивности*

Сегодня очень распространено определение глюкозы в крови при помощи глюкометров различного производства, позволяющих быстро и точно провести анализ. В Украине часто используют глюкометры научно-производственной фирмы «VDMAS». Предварительно прибор калибруют в соответствии с прилагаемым калибратором. Затем вставляют в прибор сенсорный электрод и на зону теста наносят каплю капиллярной крови. Зона теста должна быть пол-

ностью покрыта кровью. Как только капля крови коснется зоны теста, палец убирают за три секунды до того, как на экране появится символ «ctd». Спустя некоторое время на табло высвечивается значение содержания глюкозы в крови в ммоль·л⁻¹. Нормальное содержание глюкозы в крови составляет 3,5—5,5 ммоль·л⁻¹.

Оснащение: глюкометр, секундомер, скарификаторы, спирт, вата.

Ход работы

Из числа студентов выбирают двух испытуемых, у которых в состоянии покоя определяют содержание глюкозы в крови с использованием глюкометра по методике, описанной в теоретическом вступлении к работе.

Первый испытуемый выполняет бег на месте в течение 20 с, после чего сразу у него определяют содержание глюкозы в крови.

Второй испытуемый выполняет бег на месте в течение 3 мин. Сразу по окончании работы у него определяют содержание глюкозы в крови.

Полученные результаты содержания глюкозы в крови обоих испытуемых вносят в таблицу 2, сравнивают и делают соответствующие выводы.

Таблица 2 — *Уровень глюкозы в крови в состоянии покоя и после физических нагрузок разной интенсивности, ммоль·л⁻¹*

Испытуемый	Уровень глюкозы в крови		
	В состоянии покоя	После 20 с бега	После 3 мин бега

Контрольные вопросы

1. Каково нормальное содержание глюкозы в крови?
2. Какие механизмы регуляции содержания глюкозы в крови?
3. В каких случаях у спортсменов может повышаться содержание глюкозы в крови?
4. После выполнения физических нагрузок какой интенсивности содержание глюкозы в крови, как правило, снижается? Ответ обосновать.
5. Как изменяется содержание глюкозы в крови в состоянии предстартовой лихорадки?

Работа 2.2. Исследование мочи у спортсменов

Моча — биологическая жидкость, которая вырабатывается почками из плазмы крови и по своему составу близка к ней, но не содержит клеток крови, углеводов, белков. Биохимическое исследование мочи позволяет характеризовать течение обменных процессов в организме спортсмена и его реакцию на

физические нагрузки. Исследование мочи — важный диагностический прием и в случае патологических процессов у спортсменов (Биохимический контроль..., 1986; Волков Н. И. и соавт, 1998; Спортивная медицина..., 2003).

Моча содержит воду и растворенные в ней конечные и промежуточные продукты обмена белков и нуклеиновых кислот, минеральные соли и другие вещества (всего более 150). Все составляющие мочи делятся на физиологические и временные. Такое деление является важным с практической точки зрения и в то же время в определенной степени условным, так как к патологическим относят вещества, содержащиеся в моче здорового человека в низких концентрациях и не определяющиеся обычными методами, используемыми в биохимических лабораториях. Определение веществ этой группы при помощи обычных биохимических методов исследований является признаком заболевания или реакции организма спортсменов на значительные физические нагрузки. Самое большое значение в области спорта и в медицинских обследованиях имеет определение временных составляющих мочи: глюкозы, белка, кетоновых тел, гемоглобина.

Для проведения обычного анализа мочи берут суточную мочу или порцию за определенное время и, конечно, утреннюю. Анализ мочи начинают с определения ее физико-химических показателей: удельного веса, прозрачности, цвета, запаха, pH. Удельный вес определяют при помощи урометров (норма: 1,010—1,025 г·см³). При нарушении функции почек, сахарном диабете, употреблении большого количества жидкости удельный вес мочи изменяется.

Цвет мочи оценивают визуально: в норме — соломенно-желтый, бледно-желтая моча характерна для полиурии, красная окраска характерна для гемоглобин- и миоглобинурии или может вызываться наличием в еде пищевых красителей, желтовато-зеленый цвет обусловлен присутствием желчных кислот и пигментов (болезнь Боткина).

Прозрачность мочи определяют визуально. Светлая моча обычно прозрачна; при отстаивании в ней появляется помутнение со слизистых телец, эпителиальных клеток. Мутность мочи со щелочным значением pH обусловлена наличием фосфатов, а моча, насыщенная уратами, во время отстаивания образует красный осадок кислого мочекислотного натрия.

Запах мочи в норме напоминает запах мясного бульона или миндаля. При разложении эпителиальных клеток в мочевыводящих путях моча приобретает неприятный запах, а при наличии большого количества кетоновых тел — запах плодов.

pH мочи зависит от характера питания: мясная пища смещает реакцию мочи в кислую сторону, а растительная — в щелочную. При обычном питании моча имеет слабокислую или кислую реакцию (pH = 5—7).

Для определения временных компонентов мочи обычно используют диагностические бумажки (отечественного или зарубежного производства),

позволяющие очень быстро провести исследование: «Тетрафан», «Пентафан», «Биован», «Гемофан», «Гексафан» и др. Интенсивность окраски диагностических бумажек сравнивают с прилагаемой шкалой и определяют количественное содержание вещества в исследуемом образце мочи.

Оснащение: урометр, диагностические полоски «Пентафан» для анализа мочи, пробирки.

Ход работы

Испытуемые готовят мочу для анализа. Сначала определяют физические свойства исследуемой мочи: удельный вес (при помощи урометра), цвет, прозрачность (визуально), запах. Потом в образцах исследуемой мочи при помощи диагностических полосок «Пентафан» определяют содержание временных (патологических) компонентов: белка, глюкозы, кетоновых тел, эритроцитов и гемоглобина, pH. Данные вносят в таблицу 3.

Таблица 3 — *Исследование физических свойств и наличия временных составляющих мочи*

Показатель	Испытуемые		
	1	2	3
Удельный вес			
Цвет			
Прозрачность			
Запах			
pH			
Белок			
Глюкоза			
Кетоновые тела			
Гемоглобин			
Эритроциты			

Полученные данные физических свойств и химического состава мочи сравнивают с нормами для здоровых людей (см. приложение 1) и делают выводы.

Контрольные вопросы

1. Как и где образуется моча?
2. Как исследуют физические свойства мочи?
3. Какие составляющие мочи называют временными (патологическими)?
4. При каких условиях и какие изменения химического состава мочи происходят у спортсменов?

АДАПТАЦИЯ КАК БИОЛОГИЧЕСКАЯ ОСНОВА ЭФФЕКТОВ ЗАНЯТИЙ ФИЗИЧЕСКИМИ УПРАЖНЕНИЯМИ

Адаптация — это способность организма приспосабливаться к внешней среде или изменениям в самом организме. Различают процесс и состояние адаптации. **Состояние адаптации** — это состоявшаяся физиологическая адаптация. Оно характеризуется устойчивым уровнем активности и взаимосвязи систем органов, тканей и механизмов регуляции, обеспечивающих нормальный уровень жизнедеятельности организма в новых условиях внешней и внутренней среды. Это состояние достигается в течение определенного времени, за которое происходит адаптация (процесс адаптации) (Ключевые факторы адаптации..., 1986; Медведев, 1984; Солодков, Сологуб, 2003).

По механизмам возникновения различают такие виды адаптации:

– *генотипическая*, обусловленная врожденными механизмами функционирования систем и возникшая на основе наследственности, изменчивости, естественного отбора, мутаций и являющаяся характерной для вида живых организмов;

– *фенотипическая*, приобретаемая в течение индивидуальной жизни и проявляемая относительно влияния определенного фактора внешней среды (температура, АД, влажность, физические нагрузки и др.).

По срокам возникновения различают срочную (быструю, незавершенную) и долговременную (медленную, завершенную) фазы адаптации.

Срочная адаптация — это реакция организма на действующий раздражитель. Ее реализация происходит на основе сформировавшихся ранее физиологических механизмов. Адаптация реализуется «с места» и не является совершенной. Примером срочной адаптации являются физиологические реакции организма на выполнение физической нагрузки: повышение ЧСС, ЧД, АД и других показателей. Работа требует затрат энергии, и для ее реализации усиливается деятельность вегетативных систем.

Долговременная адаптация возникает в результате многократного влияния фактора, то есть многократной реализации срочной адаптации. Вследствие постепенного количественного накопления изменений организм приобретает новое качество — превращается в адаптированный, и потому одни и те же движения выполняются экономнее, эффективнее, а максимальная работа выводит организм на более высокий уровень функционирования.

Выполнение оптимальных, адекватных индивидуальным возможностям организма, физических нагрузок обеспечивает развитие структурных изменений прогрессивного характера — *рациональной адаптации*, что способствует развитию резервных возможностей организма спортсменов. Чрезмерные физические нагрузки, превышающие функциональные возможности организма, вызывают нарушение функциональных связей между его структурными уровнями и ведут к развитию *нерациональной адаптации*. В отличие от рациональной, нерациональная адаптация характеризуется стремительным становлением и может сопровождаться дистрофическими изменениями тканей, а впоследствии и структурно-функциональными нарушениями органов и тканей (Алексамянц, 2003; Козлов, 1997; Спортивная медицина..., 2003).

Срочная адаптация рассматривается как состояние общего напряжения организма, возникающее вследствие влияния очень сильного раздражителя. Термин «стресс» впервые использовал канадский ученый Ганс Селье в 1936 г. Он показал, что во время влияния на организм стрессового раздражителя возникает активизация деятельности организма, увеличивающая секрецию АКГГ, которая стимулирует прежде всего деятельность коры надпочечников.

Гормоны коры надпочечников стимулируют приспособительные механизмы, благодаря которым организм адаптируется к влиянию раздражителя. Механизмы такой срочной адаптации являются общими для разных стрессовых влияний — физических, химических, эмоциональных и др. В результате возникло понятие — общий адаптационный синдром (Дубровский, 2005; Фомин, Вавилов, 1991).

Общий адаптационный синдром — это комплекс неспецифических реакций организма на действие раздражителя, происходящих в несколько стадий: тревоги, резистентности, истощения.

Стадия тревоги характеризуется предельной мобилизацией функций. Физиологические механизмы этой стадии характерны для срочной адаптации, реализующейся по типу стресс-реакции с максимальной мобилизацией вегетативных функций.

Стадия резистентности характеризуется активным поиском устойчивого состояния. Ее механизмы являются основой долговременной адаптации.

Стадия истощения проявляется в случае, когда сила действующего раздражителя продолжает расти, превышая функциональные и метаболические возможности организма, возникает срыв адаптации, переходящий в дезадаптацию. При оптимальной организации тренировочного процесса стадия резистентности может не возникать в течение продолжительного времени.

РАБОТА 3. Оценка срочных реакций на физические упражнения разного характера

Оснащение: секундомер, тонометр для измерения АД.

Ход работы

Из числа студентов отбирают четырех испытуемых. В состоянии покоя у всех регистрируют ЧСС, ЧД и АД.

Два студента выполняют бег на месте в течение 3 мин. Сразу же после нагрузки у каждого испытуемого регистрируют ЧСС, ЧД и АД и те же показатели на 4-й мин восстановления.

Два других студента выполняют упражнение статического характера — удержание угла в упоре — в течение максимально возможного времени. Сразу же по завершении нагрузки, а также на 4-й мин восстановительного периода регистрируют все показатели.

Полученные результаты вносят в таблицы 4 и 5 и делают выводы.

Таблица 4 — Оценка срочных физиологических реакций на физическую нагрузку динамического характера

Испытуемый	Состояние покоя			Нагрузка динамического характера			4-я минута восстановления		
	ЧСС	ЧД	АД	ЧСС	ЧД	АД	ЧСС	ЧД	АД

Таблица 5 — Оценка срочных физиологических реакций на физическую нагрузку статического характера

Испытуемый	Состояние покоя			Нагрузка статического характера			4-я минута восстановления		
	ЧСС	ЧД	АД	ЧСС	ЧД	АД	ЧСС	ЧД	АД

Контрольные вопросы

1. Что подразумевают под понятием «срочная адаптация»?
2. В чем сущность адаптационного синдрома по Г. Селье?
3. Какие признаки стадии тревоги и резистентности?
4. В каких случаях возникает стадия истощения и как предотвратить ее возникновение?
5. Каковы особенности проявления срочной адаптации во время физических нагрузок динамического и статического характера?

РАБОТА 4. Оценка долговременной адаптации организма к тренировочным нагрузкам по показателю адаптационного потенциала спортсменов

Методика оценки адаптационного потенциала (АП), предложенная Баевским, дает возможность оценить физическое здоровье человека (Мурза, 2001). «Расплата» за адаптацию, выходящую за пределы резервных возможностей спортсмена, ведет к нарушению адаптационного механизма и появлению устойчивых патологических изменений.

Для оценки АП измеряют уровень АД и ЧСС. По формуле определяют числовое значение показателя.

$$АП = 0,011 \cdot ЧСС + 0,014 \cdot АД_{сист.} + 0,008 \cdot АД_{диаст.} + 0,014 \cdot B + 0,009 \cdot m - 0,009 \cdot h - 0,27,$$

где ЧСС — частота сердечных сокращений за 1 мин; АД_{сист.} и АД_{диаст.} — соответственно систолическое и диастолическое артериальное давление; B — возраст, годы; m — масса тела, кг; h — рост, см.

Для оценки АП используют данные, представленные в таблице 6.

Таблица 6 — Оценка значения адаптационного потенциала

Адаптационный потенциал, баллы	Характер адаптации	Характеристика уровня функционального состояния
Менее 2,1	Удовлетворительная	Высокие или достаточные функциональные возможности организма
2,11—3,2	Напряженность механизмов адаптации	Достаточные функциональные возможности обеспечиваются за счет функциональных резервов
3,21—4,3	Неудовлетворительная	Снижение функциональных возможностей организма
Более 4,3	Срыв адаптации	Резкое снижение функциональных возможностей организма

Оснащение: секундомер, тонометр для определения артериального давления.

Ход работы

Из числа студентов отбирают нескольких испытуемых с разным уровнем тренированности. У каждого из них измеряют ЧСС, АД_{сист.} и АД_{диаст.} По прилагаемой в теоретическом введении к занятию формуле рассчитывают значение АП для каждого испытуемого. Полученные данные вносят в таблицу 7.

Сравнивают показатели АП всех испытуемых и делают выводы об уровне функционального состояния в соответствии с используемыми в тренировочном процессе физическими нагрузками.

Таблица 7 — Исследование уровня функционального состояния

Испытуемый	Показатель				Уровень функционального состояния
	ЧСС, уд·мин ⁻¹	АДенст.	АДдиаст.	АП	

Контрольные вопросы

1. *Что подразумевают под понятием «долговременная адаптация»?*
2. *Какова роль тренировочных эффектов в возникновении долговременных адаптационных изменений?*
3. *Каковы основные механизмы возникновения долговременной адаптации?*
4. *Какая роль принадлежит функциональным резервам в долговременных адаптационных изменениях?*
5. *О чем свидетельствует показатель АП во время занятий физическими упражнениями?*

РАБОТА 5. Оценка изменений в структурах опорно-двигательного аппарата при рациональной и нерациональной адаптации к мышечной тренировке

Под влиянием спортивной тренировки во всех звеньях опорно-двигательного аппарата (мышцы, кости, сухожилия, связки) возникают значительные морфологические и функциональные изменения (Буланов, 2002; Дубровский, 2005; Козлов, 1997). Еще П. Ф. Лесгафт обнаружил, что развитие скелетных мышц сопровождается утолщением костей и повышением их прочности. У тренированных физическими нагрузками людей поперечные размеры костей увеличены, корковый слой утолщен. На поверхности костей образуются выступы и шероховатости. Вместе с макроскопическими изменениями костей возникают и гистологические изменения, обусловленные, прежде всего, увеличением количества остеонов. Рабочая гипертрофия, возникающая вследствие этого, способствует повышению механической прочности костей.

В процессе занятий физическими упражнениями увеличиваются масса и объем скелетных мышц. Больше всего гипертрофируются мышцы, выполняющие работу силового и статического характера. Физическая нагрузка динамического характера вызывает меньшие морфологические изменения.

Рабочая гипертрофия мышц происходит преимущественно за счет увеличения размеров отдельных мышечных волокон, у которых утолщается сарколемма, увеличивается объем саркоплазмы, миофибрилл и других структурных элементов.

Гипертрофия скелетных мышц сопровождается улучшением их кровоснабжения прежде всего за счет увеличения количества капилляров. Если в состоянии покоя в нетренированной мышце часть артерио-венозных анастомозов закрыта, то в тренированной они открыты, что улучшает ее кровоснабжение. В процессе утолщения мышечного волокна в нем увеличиваются и становятся толще нервные окончания.

Гипертрофия мышц в процессе занятий физическими упражнениями сопровождается увеличением удельного веса тела вследствие потери воды и жира. При систематической тренировке в течение недели мышечная масса в отдельные периоды может увеличиваться на 1,5 кг, а при ограничении двигательной активности она быстро уменьшается.

В тренированных мышцах возрастает энергетический потенциал (содержание КФ, гликогена, внутриклеточных липидов) и повышается активность ферментов, ускоряющих анаэробные и аэробные реакции. В процессе спортивной тренировки возрастает количество миоглобина, что увеличивает кислородную емкость и повышает интенсивность окислительных процессов во время работы (Волков Н. И. и соавт., 1998; Мохан, 2005).

Биохимические и морфологические изменения, возникающие в процессе занятий физическими упражнениями, вызывают соответствующие функциональные сдвиги. У тренированных лиц, особенно во время скоростной работы, повышены возбудимость и лабильность мышц. Совершенствуется координация двигательной деятельности. Одним из важнейших показателей функционального состояния мышц является их способность развивать максимальное напряжение и хорошо расслабляться.

Выполнение оптимальных, адекватных индивидуальным возможностям организма, физических нагрузок, обеспечивает развитие структурных изменений прогрессивного характера — **рациональной адаптации**, способствующей развитию резервных возможностей в организме спортсменов. Чрезмерные, превышающие функциональные возможности организма, физические нагрузки, вызывают нарушение функциональных связей между его структурными уровнями и ведут к развитию **нерациональной адаптации**. В отличие от рациональной нерациональная адаптация характеризуется стремительным становлением и может сопровождаться дистрофическими изменениями тканей, а затем и структурно-функциональными нарушениями органов и тканей. Например, неадекватные физические нагрузки с использованием отягощений приводят к уплощению межпозвонковых дисков и их травмированию, изменениям суставных поверхностей костей, уплощению свода стоп (Кашуба, 2003; Ключевые факторы адаптации..., 1996).

Одним из методов оценки состояния опорно-двигательного аппарата в процессе адаптации к физическим нагрузкам может быть оценка состояния свода стоп. Стопа является опорным и рессорным аппаратом тела человека,

имеющим сводчатое строение. Различают два основных свода стопы: продольный и поперечный. Продольный свод состоит из двух частей — внутренней и внешней. Внутренний продольный свод называют рессорным, а внешний — опорным.

Костные своды стопы определяются формой костей, образующих его, и удерживаются связками, мышцами и их сухожилиями. Мышцы являются активными удерживателями свода стоп. Стопа амортизирует толчки и сотрясения во время ходьбы и бега, определяет эластичность шага. В случае ослабления аппаратов, удерживающих свод, стопа приобретает неправильную форму, которая называется уплощением свода. Последнее часто сопровождается болевыми ощущениями, особенно во время длительной ходьбы. Уплющенные своды и боль могут временно возникать после тренировки на жестком покрытии поля, беговой дорожки, а также вследствие перегрузки мышц и суставно-связочного аппарата стопы во время выполнения прыжков. В перечисленных случаях рекомендуется на некоторое время снизить физические нагрузки, а также вкладывать в обувь супинаторы, поддерживающие своды стоп.

Плантография — это метод снятия отпечатков подошвы стопы (следа) для оценки состояния ее свода. Известно, что форма стопы может быть нормальной, уплощенной и плоской. Это определяется путем осмотра стопы или вычислением специальных индексов (Александряк, 2003; Дубровский, 2005).

Самым распространенным методом плантографии во время массовых обследований является такой: испытуемый садится на стул, поверхности стоп смазывают любым косметическим кремом, глицеролом или растительным маслом. Потом он сразу обеими ногами становится на бумагу, лежащую на полу. На бумаге остается отпечаток стоп (плантограмма). Следует учитывать, что жир быстро растекается на бумаге, поэтому необходимо полученный след подошвы быстро обвести карандашом.

Качественные отпечатки стопы получают в случае использования плантографов разных конструкций. Для расчета индекса Чижина необходимо на полученном отпечатке стопы провести соответствующие линии и обозначить их:

- линия АВ — касательная к краю отпечатка стопы со стороны большого пальца;
- линия СД — от основания второго пальца до середины следа пятки;
- линия ЕФ — перпендикуляр к середине линии СД.

На линии ЕФ помечают ширину затемненного участка — АВ и ширину светлого участка подошвы стопы — БВ.

$$\text{Индекс Чижина} = \frac{АВ, мм}{БВ, мм}$$

Оценка индекса: 0—1 — стопа нормальная; 1—2 — стопа уплощенная; 2 и более — стопа плоская.

Педометрия — метод оценки состояния свода стопы путем ее измерения. Измерение высоты медиального (рессорного) свода стопы проводят при помощи штангенциркуля или линейкой антропометра (от опоры стопы до верхнего края косточек). Длина стопы определяется линейкой или большим толстотным циркулем от середины заднего края пятки до передней поверхности ногтевой фаланги большого пальца (все измерения проводят в сантиметрах). Оценку стопы проводят по индексу Фриллянда (в %): отношение высоты медиального (рессорного) свода к длине стопы. Если индекс Фриллянда равняется 29—33 %, стопа оценивается как нормальная, выше 33 % — стопа с повышенным сводом, ниже 29 % — стопа со сниженным сводом.

Обнащение: плантограф, листки бумаги, растительное масло или крем.

Ход работы

Все студенты должны усвоить методики оценки состояния свода стопы на занятии и выполнить домашнее задание: оценить состояние свода стоп обеих ног методом плантографии.

Для выполнения домашнего задания следует приготовить два листа бумаги, положить их на пол и, смазав обе стопы растительным маслом или кремом, одновременно стать на листки бумаги. После этого сразу же обвести отпечатки карандашом. На полученных отпечатках провести соответствующие линии, как указано в теоретическом вступлении к работе, и рассчитать индекс Чижина.

Оценить состояние сводов на обеих ногах, сделать выводы о рациональной или нерациональной адаптации и изложить рекомендации для коррекции состояния сводов стоп, если обнаружено нарушение. Выполненную работу подать преподавателю для проверки.

Контрольные вопросы

- 1. Какие адаптационные изменения происходят в мышцах спортсмена?*
- 2. Какие адаптационные изменения происходят в костях спортсмена?*
- 3. Что подразумевают под понятиями гипертрофии и гиперплазии?*
- 4. Какую адаптацию называют рациональной и нерациональной?*
- 5. Что такое осанка и какие факторы ее обеспечивают?*
- 6. Как можно исследовать состояние свода стоп?*
- 7. Какие меры предпринимают для коррекции состояния свода стоп?*

КЛАССИФИКАЦИЯ ФИЗИЧЕСКИХ УПРАЖНЕНИЙ. ОСОБЕННОСТИ ИХ ФИЗИОЛОГИЧЕСКОГО И МЕТАБОЛИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ

Физиологическая классификация объединяет физические упражнения с подобными функциональными характеристиками в группы. Существуют различные варианты физиологической классификации физических упражнений (Солодков, Сологуб, 2005).

1. В зависимости от объема вовлеченной активной мышечной массы все физические упражнения распределяют на:

а) **локальные** — упражнения, в выполнении которых участвует до 1/3 всей мышечной массы (стрельба, некоторые гимнастические упражнения);

б) **региональные** — упражнения, в выполнении которых участвует от 1/3 до 1/2 всей мышечной массы (гимнастические упражнения, выполняемые только мышцами рук и пояса верхних конечностей, мышцами туловища);

в) **глобальные** — упражнения, в выполнении которых участвует более 1/2 всей мышечной массы (бег, гребля, езда на велосипеде).

2. Классификация по типу сокращения основных мышц:

а) **статические** — выполняются без перемещения тела или частей тела в пространстве, характеризуются изометрическим типом мышечного сокращения (удержание штанги, «крест» гимнастический на кольцах);

б) **динамические** — характеризуются изотоническим типом мышечного сокращения (все виды локомоций: ходьба, бег, плавание).

3. Классификация по силе сокращения требует учета двух характеристик мышечного сокращения: «сила—скорость» и «сила—выносливость»:

а) **силовые** — это упражнения с предельным или околопредельным напряжением мышц в статическом или динамическом режимах при небольшой скорости движения;

б) **скоростно-силовые (мощностные)** — это динамические упражнения, во время выполнения которых ведущие мышцы проявляют одновременно относительно большую силу и скорость сокращения, то есть мощность (длительность от 3—5 с до 1—2 мин);

в) **упражнения на выносливость** — во время их выполнения ведущие мышцы развивают не очень большие по силе и скорости сокращения, но

способны поддерживать или повторять их в течение длительного времени (от нескольких минут до многих часов).

4. Энергетическая стоимость физических упражнений характеризуется такими показателями: энергетическая мощность и общие энергетические расходы:

а) **энергетическая мощность** — это количество энергии, расходуемой в среднем за минуту во время выполнения данного упражнения. Этот показатель измеряется в физических единицах (Вт, ккал·мин⁻¹, кДж·мин⁻¹), а также в «физиологических» — скорости потребления кислорода (мл O₂·мин⁻¹) или в МЕТах (метаболический эквивалент, то есть количество O₂, потребляемое за 1 мин на 1 кг массы тела в условиях полного покоя, лежа: 1 МЕТ = = 3,5 мл O₂·кг⁻¹·мин⁻¹). По показателям энергетической мощности физические упражнения делятся на легкие, умеренные (средние), тяжелые и очень тяжелые. При оценке тяжести работы следует учитывать также ряд факторов: характер выполняемой работы (статический, динамический), объем активной мышечной массы, размеры и массу тела, возраст, пол, степень тренированности, условия внешней среды (температура, влажность и т. д.) (см. приложение 2). Целесообразно учитывать также ряд физиологических показателей: скорость потребления кислорода, ЧСС, ЛВ, температуру тела, ДК, содержание молочной кислоты в крови;

б) **валовый (общий энергетический расход)** — это количество энергии, расходуемой за время выполнения упражнения. Он равняется производному средней энергетической мощности и времени выполнения упражнения. В зависимости от характера физических упражнений этот показатель может составлять от 500 ккал до нескольких тысяч.

5. В зависимости от вклада мышечной силы в выполнение упражнений и предельного проявления двигательных качеств они делятся на атлетические и технические:

а) **атлетические** — выполняются за счет внутренних мышечных сил. Для них характерны очень большие физические нагрузки, которые предъявляют высокие требования к ведущим физиологическим системам и требуют предельного проявления двигательных качеств (все виды легкой атлетики, плавание, гребля, спортивные игры и единоборства);

б) **технические** — выполняются в основном за счет внешних сил — тяги двигателя, силы гравитации, силы воздушного потока и др. (автоспорт, санный, парашютный спорт, авиа- и дельтапланеризм, конный спорт).

6. В соответствии с общей кинематической характеристикой, то есть по характеру протекания во времени, атлетические упражнения делятся на циклические и ациклические:

а) для **циклических упражнений** характерно многократное повторение стереотипных циклов движений при относительно постоянной структуре и мощности (бег и ходьба, конькобежный спорт, лыжные гонки, велосипедный спорт);

б) для **ациклических упражнений** характерны резкие изменения вида двигательной активности и мощности в течение их выполнения (спортивные игры, единоборства, метания, прыжки, упражнения на водных и горных лыжах, фигурное катание).

В соответствии с относительной нагрузкой на анаэробные и аэробные энергетические системы все циклические упражнения делятся на **анаэробные** и **аэробные**. Энергетическая и эргометрическая характеристика анаэробных и аэробных циклических упражнений представлена в приложениях 3 и 4 и в теоретическом вступлении к последующим практическим занятиям.

Классификация ациклических упражнений включает четыре класса:

– **взрывные** — характеризуются наличием одного или нескольких акцентированных кратковременных усилий большой мощности («взрыва»), придающих большую скорость всему телу и/или верхним конечностям со спортивным снаряжением (прыжки, метания);

– **стандартно-переменные упражнения** — объединены в непрерывный, строго фиксированный стандартный ряд разнообразных сложных действий (элементов), каждый из которых является законченным самостоятельным действием и потому может изучаться отдельно и входить как компонент в самые разнообразные комбинации (комплексные упражнения, соревновательные упражнения в спортивной и художественной гимнастике и акробатике, фигурном катании на коньках и водных лыжах, синхронном плавании и т. д.);

– **нестандартно-переменные (ситуационные) упражнения** характеризуются резким нестандартным чередованием периодов с различным характером и интенсивностью двигательной деятельности (спортивные игры и единоборства, все разновидности горнолыжного спорта);

– **интервально-повторные упражнения** — включают общие и комплексные тренировочные упражнения, состоящие из стандартных комбинаций различных или одинаковых элементов, разделенных периодами полного или частичного отдыха (тренировочные упражнения с повторным пробегом определенных отрезков дистанции на большой скорости, чередующиеся с периодами полного или частичного отдыха; поднимание штанги несколько раз подряд; биатлон и спортивное ориентирование).

РАБОТА 6. Оценка физиологических изменений во время выполнения циклических упражнений максимальной мощности

Нагрузки максимальной мощности характеризуется достижением предельных физических возможностей спортсмена. Для их осуществления необ-

ходима максимальная мобилизация энергетического обеспечения в скелетной мускулатуре, что связано с исключительно анаэробными процессами. Практически вся работа происходит за счет распада макроэргов (АТФ и КФ) и только частично — анаэробного гликолиза (Волков, 1986; Дубровский, 2005; Куроченко, 2005; Мохан, 2001).

Вследствие кратковременности работы вработывание вегетативных систем не успевает произойти. Можно говорить только о полном вработывании мышечной системы по локомоторным показателям (наращивание быстрого темпа и длины шага после старта).

В связи с коротким сроком выполнения работы функциональные сдвиги в организме невелики, причем некоторые из них увеличиваются после финиша.

Работа максимальной мощности вызывает незначительные изменения в составе крови и мочи. Наблюдается кратковременное повышение содержания гемоглобина за счет поступления в общую циркуляцию депонируемой крови, некоторое увеличение уровня глюкозы. Последнее обусловлено больше эмоциональным фоном (предстартовые состояния), чем самой нагрузкой. В моче могут обнаруживаться следы белка.

ЧСС после финиша достигает 150—170 уд·мин⁻¹, а АД повышается до 150—180 мм рт. ст.

Дыхание во время работы максимальной мощности возрастает незначительно, но существенно увеличивается после завершения нагрузки вследствие большого кислородного долга. Так, ЛВ после финиша может повыситься до 40 л·мин⁻¹ и более.

После окончания работы, вследствие большой кислородной задолженности, функции сердечно-сосудистой и дыхательной систем некоторое время остаются усиленными и приходят в норму через 30—40 мин. За это время завершается в основном восстановление многих других функций и процессов.

Оснащение: секундомер, прибор для измерения АД.

Ход работы

1. Из числа студентов выбирают двух-трех испытуемых, остальные студенты делятся на бригады для исследования показателей (ЧСС за 10 с, АД, ЧД за 30 с). Один студент проводит хронометраж.

2. Исследуется функциональное состояние организма в покое.

3. Испытуемые выполняют работу: бег 100 м на стадионе или в лабораторных условиях — бег на месте в течение 20 с. Во время работы подсчитывают количество шагов.

4. Сразу же по завершении работы и в период восстановления исследуют все показатели первых 10—30 с в течение 30 мин.

Полученные результаты вносят в таблицу 8, анализируют и делают выводы.

Таблица 8 — Физиологические изменения в организме спортсменов во время выполнения физических нагрузок максимальной интенсивности и в период восстановления

Состояние	ЧСС за 10 с, уд·мин ⁻¹	Количество шагов	АД сист., мм рт. ст.	АД диаст., мм рт. ст.	ЧД за 30 с, циклов
Покой					
Работа (бег 20 с)					
Восстановление:					
1 мин					
2 мин					
3 мин					
5 мин					
7 мин					
10 мин					
15 мин					
20 мин					
25 мин					
30 мин					

Контрольные вопросы

1. Какова продолжительность циклических упражнений максимальной мощности?
2. Каковы особенности деятельности двигательного аппарата во время выполнения упражнений максимальной мощности?
3. Каковы особенности реакций сердечно-сосудистой системы на нагрузку максимальной мощности?
4. Каковы особенности реакций системы дыхания на нагрузки максимальной мощности?
5. Какая динамика процессов восстановления после нагрузок максимальной мощности?

РАБОТА 7. Исследование физиологических изменений в организме во время выполнения упражнений субмаксимальной мощности

В отличие от работы максимальной мощности при этой нагрузке возникает резкое усиление кровообращения и дыхания (Куроченко, 2004; Солодков, Сологуб, 2003). Последнее обеспечивает поступление в мышцы значительного количества кислорода. Потребление кислорода достигает в конце 3—5-минутной работы предельных или околопредельных величин (5—6 л·мин⁻¹), МОК достигает 25—30 л. Однако кислородный запрос в этой зоне мощности намного

выше фактического потребления кислорода, и потому абсолютная величина кислородного долга достигает 20 л и более, то есть максимально возможных значений. Это свидетельствует о том, что во время работы субмаксимальной мощности анаэробные процессы преобладают над аэробными. Вследствие интенсивного гликолиза в мышцах в крови накапливается максимальное количество молочной кислоты (до $26 \text{ ммоль} \cdot \text{л}^{-1}$), что вызывает резкое смещение рН в кислую сторону (до 7,0—6,9). ЧСС достигает $190\text{—}220 \text{ уд} \cdot \text{мин}^{-1}$, АД сист. повышается до $180\text{—}220 \text{ мм рт. ст.}$, ЛВ возрастает до $140\text{—}160 \text{ л} \cdot \text{мин}^{-1}$.

При неправильном распределении сил на дистанции, например, в случае интенсивного начала бега на 800 или 1500 м, у неподготовленных спортсменов часто возникает состояние «мертвой точки». При этом снижается скорость бега, дыхание становится очень частым, неритмичным и поверхностным, что ведет к наращиванию кислородного долга и повышению напряжения CO_2 в легочных альвеолах и крови. Резко учащается ЧСС и повышается АД. Все это свидетельствует о временном нарушении координации вегетативных и двигательных функций. Состояние «мертвой точки» вынуждает неопытных спортсменов прекратить бег, не закончив дистанцию, или резко снизить мощность работы.

После работы субмаксимальной мощности функциональные сдвиги в организме ликвидируются на протяжении 2—3 ч. Причем АД восстанавливается быстрее, чем ЧСС и показатели газообмена.

Оснащение: секундомер, прибор для измерения АД.

Ход работы

1. Определить показатели в состоянии покоя: ЧСС за 1 мин; ЧД за 30 с, количество циклов; АД, мм рт. ст.
2. Исследовать те же показатели сразу после работы (бег на стадионе 800 м или 3 мин в лаборатории). В первом случае определяется время бега, а во втором — количество шагов.
3. Исследовать время восстановительного периода по всем исследуемым показателям.

Результаты исследования вносят в таблицу 9.

По результатам проведенного исследования делают выводы. Сравнивают показатели, полученные во время работы субмаксимальной интенсивности, с показателями при работе максимальной интенсивности.

Ситуационные задания

Задание 1. Определить величину затраченной энергии во время бега на 100 м. Время преодоления дистанции — 10, 11, 12 с. Известно, что за 1 с такой работы спортсмен затрачивает 3—4 ккал. Пересчитать затраты энергии на 1 мин работы.

Задание 2. Определить, какое количество воздуха может быть провентилировано легкими, чтобы обеспечить поступление 48 л кислорода. Известно, что в атмосферном воздухе 21 % кислорода, в выдыхаемом — 16 %.

Таблица 9 — Функциональные показатели во время выполнения физических упражнений субмаксимальной мощности и в период восстановления

Состояние	ЧСС за 1 мин	АДсист., мм рт. ст.	АДдиаст., мм рт. ст.	ЧД за 1 мин, циклов	Количество шагов	Время преодоления дистанции, мин
Покой						
После работы						
Восстановление:						
1 мин						
3 мин						
5 мин						
10 мин						
15 мин						
20 мин						
30 мин						

Задание 3. Во время пробегания дистанции 100 м кислородный запрос равен 8 л. Спортсмен преодолел дистанцию за 10,0 с. Потребление кислорода во время бега составило 0,3 л. Рассчитать:

- величину кислородного долга;
- кислородный запрос за 1 мин;
- процентное соотношение аэробных и анаэробных энергетических процессов;
- определить зону мощности этой работы.

Контрольные вопросы

1. Какие циклические упражнения относят к упражнениям субмаксимальной мощности?
2. Каковы особенности деятельности двигательного аппарата во время выполнения упражнений субмаксимальной мощности?
3. Каковы особенности реакций сердечно-сосудистой системы на нагрузки субмаксимальной мощности?
4. Каковы особенности реакций системы дыхания на нагрузку субмаксимальной мощности?
5. Какова динамика процессов восстановления после нагрузок субмаксимальной мощности?

РАБОТА 8. Влияние циклических нагрузок большой мощности на функции организма

Во время циклических нагрузок большой зоны мощности (длительность до 30—40 мин) во всех случаях вратывание полностью завершается и много

показателей стабилизируются на достигнутом уровне и удерживаются на нем до финиша (Мурза, 2001; Омельяненко, 2004; Спортивная физиология, 1986).

ЧСС после вработывания составляет $190\text{--}220 \text{ уд} \cdot \text{мин}^{-1}$, МОК — в пределах $30\text{--}35 \text{ л} \cdot \text{мин}^{-1}$, ЛВ — $140\text{--}180 \text{ л} \cdot \text{мин}^{-1}$.

Сердечно-сосудистая и дыхательная системы работают на предельном или околопредельном уровне функциональных возможностей. И хотя потребление кислорода может увеличиваться при такой работе до $5\text{--}6 \text{ л} \cdot \text{мин}^{-1}$, кислородный запрос превышает эти показатели, вследствие чего возникает постепенное наращивание кислородного долга. Стабилизация показателей сердечно-сосудистой и дыхательной систем при относительно небольшом кислородном долге ($10\text{--}15 \%$ кислородного запроса) определяется как мнимое устойчивое состояние.

В связи с увеличением удельного веса аэробных процессов во время работы большой мощности в крови спортсменов наблюдаются меньшие изменения, нежели при работе субмаксимальной мощности. Содержание молочной кислоты достигает $18\text{--}22 \text{ ммоль} \cdot \text{л}^{-1}$, рН смещается до значения $7,1\text{--}7,0$.

После окончания работы деятельность органов кровообращения и дыхания остается длительное время повышенной. Необходимо не менее $5\text{--}6 \text{ ч}$, чтобы ликвидировался кислородный долг и восстановился гомеостаз.

Оснащение: секундомер, прибор для измерения АД, суховоздушный спирометр, термометр.

Ход работы

Испытуемого следует выбрать из бегунов на длинные дистанции. Исследования проводят пять студентов. Первый измеряет пульс, второй определяет артериальное давление, третий, — частоту дыхания, четвертый исследует МОК, пятый измеряет температуру тела и следит за общим порядком исследования. Когда проведены все измерения в состоянии покоя, испытуемый бежит с высокого старта в ритме $140\text{--}160 \text{ уд} \cdot \text{мин}^{-1}$ на месте либо в спортивном зале в течение 15 мин. На последней минуте он ускоряет бег. Сразу же по окончании бега измеряют температуру тела и одновременно исследуют ЧСС, ЧД, АД и МОД. После 10 мин отдыха исследуют те же показатели. Рассчитывают СО и МОК по формулам:

$$CO = 100 + 0,5 ПД - 0,6 ДД - 0,6 В,$$

где CO — систолический объем, мл; $ПД$ — пульсовое давление, мм рт. ст.; $ДД$ — диастолическое давление, мм рт. ст.; $В$ — возраст, лет;

$$МОК = CO \cdot ЧСС.$$

Если в лаборатории имеются портативные регистрирующие приборы, можно определить значение ЧСС, АД, снять ЭКГ, определить оксигенацию крови испытуемого в состоянии покоя, после нагрузки и через 10 мин отдыха. Интересно

вычислить периферическое сопротивление крови испытуемого — очень важный показатель гемодинамики, особенно во время длительной работы, по формуле:

$$\text{Периферическое сопротивление} = P_{\text{средн.}} / \text{МОК},$$

где $P_{\text{средн.}}$ — среднее давление, мм рт. ст.

При наличии пульсометра или газоанализаторного оборудования с компьютерным обеспечением особенно интересно исследовать постепенную мобилизацию функций и достижение физиологических пределов.

Полученные показатели вносят в таблицу 10 и делают выводы.

Таблица 10 — Функциональные изменения в организме после выполнения упражнений большой мощности

Условия опыта	ЧСС, уд·мин ⁻¹	Адсист. и диаст.	Температура тела, град	ЧД, циклов	МОД, л·мин ⁻¹	СО, мл	МОК, л·мин ⁻¹	Периферическое сопротивление крови
Состояние покоя								
Физическая нагрузка								
После 10 мин отдыха								

Контрольные вопросы

1. Какова длительность циклических упражнений большой мощности?
2. Каковы особенности деятельности двигательного аппарата во время выполнения упражнений большой мощности?
3. Каковы особенности реакций сердечно-сосудистой системы на нагрузки большой мощности?
4. Каковы особенности реакций системы дыхания на нагрузку большой мощности?
5. Что подразумевают под мнимым устойчивым состоянием?
6. Как изменяется периферическое сопротивление крови под влиянием нагрузки большой мощности и в процессе восстановления?
7. Каковы особенности изменения исследуемых функциональных показателей в процессе восстановления (на 10 мин отдыха)?

РАБОТА 9. Влияние циклических нагрузок умеренной мощности на функции организма

Характерной особенностью циклической работы умеренной мощности (длительность от 30—40 мин до нескольких часов) является возникновение

истинного устойчивого состояния, которое определил еще в 1929 г. Хилл и под которым понимают равное соотношение кислородного запроса и потребления кислорода. Энергообеспечение происходит преимущественно за счет аэробного окисления гликогена и липидов в мышцах, а также белков (Солодков, Сологуб, 2003; Физиологические механизмы адаптации..., 1980).

Величина потребляемого кислорода составляет 70—80 % максимального.

Функциональные сдвиги в сердечно-сосудистой и дыхательной системах заметно меньше, чем те, которые наблюдаются во время работы большой мощности. ЧСС не превышает 150—170 уд·мин⁻¹, МОК — 15—20 л·мин⁻¹, ЛВ — 50—60 л·мин⁻¹.

Содержание молочной кислоты в начале работы заметно повышается, достигая 6—8 ммоль·л⁻¹, а потом приближается к норме.

Характерным для этой зоны мощности является возникновение гипогликемии, развивающейся через 30—40 мин после начала работы. Содержание глюкозы в крови в конце дистанции может уменьшиться до 2,5—3,0 ммоль·л⁻¹, что отрицательно влияет на функции нервной системы и является одним из факторов возникновения состояния утомления.

Снижается функция коркового слоя надпочечников. Вследствие сильного потовыделения организм теряет много воды и минеральных солей, что может привести к нарушению водно-солевого баланса и снижению работоспособности.

Повышенный газообмен после такой работы наблюдается в течение многих часов. Процессы восстановления завершаются спустя несколько дней.

Оснащение: секундомер, прибор для измерения АД, термометр.

Ход работы

Исследование проводит одна бригада из четырех студентов на одном испытуемом. Сначала первый и второй студенты изучают в состоянии покоя ЧСС и МОК, третий измеряет температуру, четвертый подает команду и руководит исследованием. Если в лаборатории есть регистрирующие приборы, то назначают дополнительно студента для регистрации функций организма испытуемого. После определения всех показателей в состоянии покоя испытуемый идет на тренировочное занятие по спортивным играм на выносливость (15 мин разминки, 50 мин спортивных игр, 5 мин спокойного бега). Если среди испытуемых есть марафонцы, они выполняют бег длительностью около 1 ч. За это время студенты, проводящие опыт, готовят все необходимое для повторного исследования. После окончания нагрузки у испытуемых измеряют температуру тела, определяют ЧСС, АД, ЧД и МОК. После 10 мин отдыха повторяют эти же измерения.

Полученные данные вносят в таблицу 11 и делают выводы.

Таблица 11 — Функциональные изменения в организме во время выполнения упражнений умеренной мощности

Условие	ЧСС, уд/мин ⁻¹	АД сист. и диаст.	Температура тела, град	ЧД, циклов	МОД, л/мин ⁻¹
Состояние покоя					
Физическая нагрузка					
Спустя 10 мин					

Контрольные вопросы

1. Какова длительность циклических упражнений умеренной мощности? Приведите примеры.
2. Что подразумевает под истинным устойчивым состоянием?
3. Каковы особенности деятельности двигательного аппарата во время выполнения упражнений умеренной мощности?
4. Каковы особенности реакций сердечно-сосудистой системы на нагрузку умеренной мощности?
5. Каковы особенности реакций системы дыхания на нагрузку умеренной мощности?
6. Каковы основные причины возникновения состояния утомления во время физических нагрузок умеренной мощности?
7. Каковы особенности процессов восстановления после нагрузок умеренной мощности?

РАБОТА 10. Оценка физиологических изменений во время выполнения статических упражнений

Результаты исследований показали, что силовые нагрузки, выполняемые в статическом режиме, ведут к значительному приросту силы и их эффективность значительно выше, чем при выполнении упражнений в динамическом режиме (Платонов, 1997; Дубровский, 2005).

Во время силовой тренировки возникают морфологические изменения в мышцах, суть которых заключается в том, что увеличиваются мышечная масса и площадь поперечного сечения мышцы. При этом в мышцах происходит увеличение не только чисто мышечных, но и соединительнотканых элементов. Отмечают при этом также изменения в иннервации, прежде всего в окончаниях двигательных нервов.

Развитие силы сопровождается изменением химического состава мышц с увеличением содержания миозина и усилением его аденозинтрифосфатазной активности.

Характерной чертой статических усилий во время значительной нагрузки является относительно небольшая длительность их выполнения. Существенная роль при этом принадлежит степени напряженности мышц. Существует определенная зависимость между величиной отягощения и длительностью статических усилий: чем больше отягощение, удерживаемое во время статического усилия, тем меньше длительность, в течение которой можно удерживать соответствующее напряжение мышц (Физиологические механизмы адаптации..., 1980).

Большие статические усилия, особенно у людей нетренированных, сопровождаются возникновением соответствующих физиологических изменений в организме. Феномен статических усилий изучался еще в 1920 г. Линдгардом (рис. 2). Суть этого феномена состоит в том, что усиление дыхания и кровообращения возникает не столько во время самого усилия, сколько после его окончания. Линдгард считал, что во время статического усилия напряженные мышцы сжимают кровеносные сосуды, проходящие в них. В результате уменьшается кровоснабжение работающих мышц. Вместе с тем продукты обмена веществ (CO_2 , молочная кислота) не могут попасть в круг кровообращения и стимулировать деятельность дыхательной и сердечно-сосудистой систем. Вследствие этого ЛВ и МОК во время статических усилий возрастают мало. После окончания статического усилия кровообращение мышц восстанавливается и про-

дукты обмена веществ выходят из мышц в кровь, стимулируя работу дыхательного аппарата и сердечно-сосудистой системы.

Исследования Верещагина с сотрудниками показали, что феномен статического усилия обусловлен не только механическим влиянием на кровеносные сосуды мышц, работающих в статическом режиме, но и угнетением во время выполнения упражнений центральных механизмов, регулирующих функцию ды-

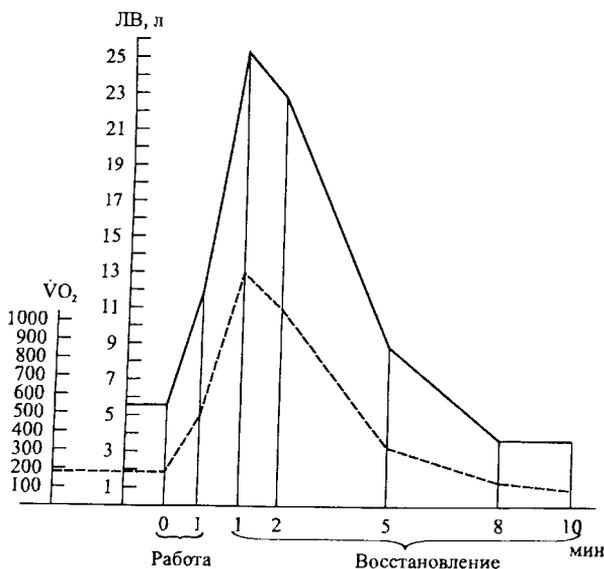


Рисунок 2 — Феномен статического усилия

хания и кровообращения. Статическое напряжение мышц поддерживается импульсами, исходящими из очага длительного постоянного возбуждения в двигательной зоне коры больших полушарий. По механизму одновременной отрицательной индукции этот очаг возбуждения угнетает деятельность других нервных центров, в том числе и тех, которые регулируют снабжение тканей кислородом. Когда это постоянное возбуждение завершается и мышцы расслабляются, в заторможенных центрах возникает состояние возбуждения, обуславливающее усиление деятельности дыхания и кровообращения (Аганянц, 2001; Дубровский, 2005).

По мнению Зимкина, теория Верещагина подтверждается двумя фактами. Во-первых, во время статического усилия наблюдается угнетение и других центров, не имеющих отношения к выполняемой работе, например, пищеварения. Во-вторых, у людей, специально тренированных на выносливость к статическим усилиям, феномен Линдгарда исчезает.

Существуют и другие положения, объясняющие этот феномен и его незначительную выраженность у специально тренированных спортсменов. Исследования профессора Радзиевского свидетельствуют о том, что торможение деятельности системы пищеварения, наблюдаемое Верещагиным при значительных статических усилиях, возникает и во время работы динамического характера и потому является не специфическим фактором для статических усилий, а общим для любой интенсивности мышечной деятельности. Во время физической работы доминантной функциональной системой является скелетная мускулатура и, по закону иерархического подчинения функциональных систем, деятельность доминантной системы усиливается, а системы, от которых непосредственно не зависит выполнение мышечной работы, снижают свою функциональную активность, о чем свидетельствует изменение их кровообращения. Поэтому основной причиной возникновения феномена статического усилия следует считать недостаточный приток крови от работающих мышц к центрам, которые регулируют дыхание и кровообращение. Уменьшение проявления феномена Линдгарда может возникать потому, что приток крови по какой-то причине увеличивается. Механизм этого увеличения может быть связан, прежде всего, с морфофункциональными превращениями в микроциркулярном русле и венах конечностей спортсмена. Предполагается, что во время физической работы, сопровождающейся пережиманием в том или ином участке русла сосудов, важная роль в поддержании необходимого уровня кровотока принадлежит сосудам — коллатералям, обеспечивающим кровоток «в обход» сжатых сосудов. Коллатераль — это сосуд, претерпевший определенное морфологическое превращение, в результате чего изменилось его функциональное назначение. Характерным признаком коллатералей является их извилистость (Алексанянц, 2003; Ключевые факторы адаптации..., 1996; Меерсон, 1988).

Следует обратить внимание на то, что через артерио-венозные шунты, а тем более через артерио-венозные анастомозы, в венозное русло поступает обогащенная кислородом кровь, поскольку сквозь стенки артерио-венозных анастомозов диффузия газов не происходит. К тому же кровь поступает из артериального русла в венозное через артерио-венозные анастомозы под гораздо большим давлением. Поэтому благодаря артерио-венозным анастомозам объем крови, поступающей из артерий к венам, безусловно не уменьшается, а наоборот, увеличивается. Давление в венах при этом повышается, а артерио-венозная разница становится меньше относительно уровня в состоянии покоя. Это и является причиной того, что во время выполнения статического усилия нервные центры регуляции дыхания и деятельности сердечно-сосудистой системы не реагируют адекватным образом на те сдвиги, которые возникают в мышцах во время работы. Таким образом, положения, изложенные профессором Радзиевским, разъясняют и дополняют существующие гипотезы и теории относительно феномена статических усилий.

Оснащение: секундомер или пульсомер, прибор для измерения АД.

Ход работы

У испытуемого в положении сидя определяют ЧСС, АД, ЧД. Затем он выполняет работу статического характера «до отказа» (угол в упоре, стойка на кистях, удержание ног под углом 45° лежа). Определяют те же показатели во время статического усилия сразу после работы и в течение каждой минуты периода восстановления.

Результаты исследования вносят в таблицу 12, анализируют и делают выводы.

Таблица 12 — *Функциональные изменения в результате выполнения упражнений статического характера*

Исследование	ЧСС, уд·мин ⁻¹	АД, мм рт. ст.	ЧД, дых·мин ⁻¹
В состоянии покоя			
Во время статических усилий			
Сразу после работы			
Восстановление:			
1-я минута			
2-я минута			
3-я минута			
4-я минута			
5-я минута			

Контрольные вопросы

1. Какой тип сокращения мышц обеспечивает статические усилия?
2. В чем состоит сущность феномена Линдгарда?

3. Каковы особенности проявления феномена статических усилий у лиц с разным уровнем тренированности?
4. Каковы основные положения теории Верещагина о феномене статических усилий?
5. Выполнение каких упражнений сопровождается большими статическими усилиями во время спортивной деятельности?

РАБОТА 11. Особенности параметров внутренней среды организма во время выполнения упражнений разного характера (на примере исследования резервной щелочности крови методом титрования)

Относительное постоянство внутренней среды и некоторых физиологических функций организма человека называют **гомеостазом** (Булич, Муравов, 2003; Н. И. Волков и соавт., 1988; Меерсон, 1986; Функциональные резервы..., 1990).

Особое значение для жизни человека имеет постоянство состава крови. Такие ее особенности, как активная реакция (рН) и осмотическое давление, наиболее устойчивы.

1. Регуляция кислотно-щелочного равновесия крови

Кислотно-щелочное равновесие — это константа крови, регулируемая наиболее часто. Кровь имеет слабощелочную реакцию: рН артериальной крови составляет 7,4, а венозной — 7,35 (вследствие избытка CO_2).

Снижение рН может происходить в узких пределах (максимально до 6,8). В случае большего изменения наступает смерть.

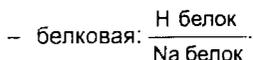
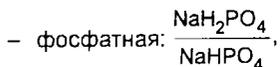
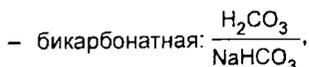
Смещение рН в кислую сторону осуществляют кислоты H_3PO_4 , H_2CO_3 , молочная, пировиноградная, некоторые кетосоединения.

Возможным является и повышение щелочности внутренней среды организма, прежде всего в горных условиях. Щелочные электролиты поступают во внутреннюю среду с пищевыми продуктами (овощи, фрукты).

Благодаря регуляторным механизмам двух типов рН крови четко поддерживается:

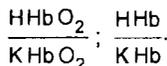
а) *физико-химические (буферные системы)*, состоящие из кислотного и щелочного компонентов, связывают кислоты или щелочи, предотвращая существенное изменение концентрации H^+ . Этот механизм действует очень быстро (доли секунды) и потому относится к быстрым механизмам регуляции устойчивости внутренней среды (Булич, Муравов, 2003; Волков Н. И. и соавт., 1998; Функциональные резервы..., 1990).

В плазме крови содержатся такие основные буферные системы:



В эритроцитах функционируют такие буферные системы:

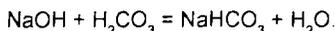
1. Оксигемоглобин и восстановленная форма гемоглобина. Они действуют как слабая кислота в буферной паре с калиевой солью гемоглобина:



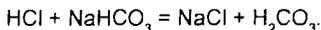
2. Калиевые соли H_3PO_4 (калийфосфатная буферная система):



Механизм функционирования буферных систем можно продемонстрировать на примере карбонатной буферной системы. Если во внутренней среде организма образуется избыток щелочи, в реакцию вступает кислотный компонент буферной системы — H_2CO_3 :



Если среда подкисляется кислыми продуктами обмена веществ, в реакции участвует щелочной компонент буферной системы:



В обоих случаях образуются продукты, которые легко диссоциируют и существенно не влияют на pH внутренней среды;

б) *физиологические механизмы* связаны с функционированием легких и почек, которые соответственно регулируют концентрацию CO_2 и минеральных солей. Такой физиологический механизм регуляции гомеостаза, как почки, действует очень медленно (10—12 ч). Но этот механизм наиболее мощный и способен полностью восстановить pH организма, удалив мочу со щелочными или кислыми значениями pH (Волков Н. И. и соавт., 1998; Медведев, 1984).

Физиологические механизмы регуляции устойчивости внутренней среды тесно взаимодействуют с физико-химическими, дополняя их и делая систе-

му регуляции в целом более надежной. Например, у бикарбонатной системы небольшая емкость, но в организме по важности она превосходит все другие вследствие того, что концентрация каждого из элементов буферной системы может регулироваться: CO_2 — дыхательной системой, а бикарбонатный ион — почками. Благодаря легкости, с которой легкие регулируют концентрацию CO_2 , эта система обладает значительной буферной емкостью.

Все буферные системы вместе взятые образуют щелочной резерв, способный связывать избыток кислот, образующихся в процессе обмена веществ, в том числе и во время физических нагрузок.

Оснащение: микробюретки, пипетки на 10 мл, микропипетки, колбы на 25 мл, кровь, 0,1N раствор гидроксида натрия, 0,01N раствор HCl.

Ход работы

В колбы, содержащие 10 мл 0,01N раствора HCl, добавляют 0,2 мл крови спортсменов разной специализации и тщательно перемешивают. Прозрачную жидкость бурого цвета титруют 0,1N раствором гидроксида натрия до появления муты и выпадения осадка, то есть до изoeлектрической точки смеси белков крови (альбумины, глобулины, гемоглобин). Окончание реакции наступает сразу после добавления одной капли щелочи.

Расчет резервной щелочности крови спортсменов разной спортивной специализации проводят по формуле:

$$x = \frac{(1-a) \cdot c \cdot 100}{V}$$

где 1 — объем HCl, взятый для определения, приведенный к 0,1N концентрации, мл; a — объем щелочи, затраченной на титрование, мл; c — концентрация щелочи (0,1N); V — объем крови, взятой для определения (0,2 мл).

Полученные данные анализируют и делают выводы.

Контрольные вопросы

1. *Что подразумевают под понятиями кислотность и щелочность?*
2. *Какие нейтральные, кислотные и щелочные среды присутствуют в организме человека?*
3. *Какие растворы называют буферными? Приведите примеры.*
4. *Из каких веществ состоят буферные системы?*
5. *Какова особенность продуктов, образующихся в результате действия буферных систем?*
6. *Что такое буферная емкость раствора и его резервная щелочность?*

**МОРФОФУНКЦИОНАЛЬНАЯ И МЕТАБОЛИЧЕСКАЯ
ХАРАКТЕРИСТИКА ФИЗИЧЕСКОЙ РАБОТОСПОСОБНОСТИ**

Понятие «**физическая работоспособность**» отражает потенциальную способность человека выполнять максимум механической работы. В обычных условиях жизни и профессиональной деятельности человек использует лишь небольшую часть возможностей своей физической работоспособности (ФР). Более полно она проявляется в спорте, борьбе за жизнь, в случаях стрессового состояния и др. (Булич, Муравов, 2003; Левушкин, 2001; Чумаков, 1999).

ФР является интегральным выражением функциональных возможностей организма человека, входит в понятие здоровья и характеризуется рядом объективных факторов, таких как состав тела и антропометрические показатели; мощность, емкость и эффективность механизмов энергопродукции; функциональные возможности мышц и вегетативных систем; состояние опорно-двигательного аппарата, эндокринной системы и др.

Уровень ФР в значительной степени индивидуален и зависит от наследственных, а также других факторов — пола, возраста, состояния здоровья, двигательной активности, спортивной специализации.

Методы оценки анаэробной и аэробной физической работоспособности

Количественной мерой оценки ФР являются единицы работы (эргометрические показатели): килограммометры (кгм), ватты (Вт), джоули (Дж), ньютон (Н). Для непрямой оценки используют функциональные показатели вегетативных систем (Вілмор, Костілл, 2003; Белоцерковский, 2005; Солодков, Сологуб, 2005).

Поскольку энергообеспечение механической работы происходит одновременно аэробным и анаэробным путями, ФР, по преимущественному вкладу различных механизмов ресинтеза АТФ, разделяют на три вида:

- физическую работоспособность аэробную (ФРа);
- физическую работоспособность анаэробную (ФРан);
- физическую работоспособность со смешанным типом энергообеспечения (ФРсм).

ФРа — это способность человека выполнять длительную циклическую глобальную работу, требующую значительного напряжения аэробных окислительных процессов. Показателями ФРа являются объем, мощность или предельное время выполняемой работы (в спорте — спортивный результат).

Вклад аэробного механизма энергообеспечения можно измерять путем регистрации $\dot{V}O_2\max$. Этот показатель для нетренированных женщин зрелого возраста составляет в среднем $2,8 \text{ л} \cdot \text{мин}^{-1}$ ($49 \text{ мл} \cdot \text{кг}^{-1} \cdot \text{мин}^{-1}$), а для мужчин — $4,0 \text{ л} \cdot \text{мин}^{-1}$ ($57 \text{ мл} \cdot \text{кг}^{-1} \cdot \text{мин}^{-1}$). Максимальные значения $\dot{V}O_2\max$ наблюдаются прежде всего у представителей лыжного спорта (гонки) — 5 — $6 \text{ л} \cdot \text{мин}^{-1}$ (до $90 \text{ мл} \cdot \text{кг}^{-1} \cdot \text{мин}^{-1}$) и более.

В достижении высокого уровня ФРа важную роль играют возможности функциональных звеньев системы транспорта кислорода в организме и его утилизации. Высокая ФРа обеспечивается увеличением газообмена в 20 — 25 раз, при этом ЛВ возрастает до $120 \text{ л} \cdot \text{мин}^{-1}$, увеличивается ЧД до 50 — 60 дыханий за 1 мин и глубина дыхания. Усиление диффузионной способности легких позволяет большему количеству кислорода поступать в кровь. Повышение концентрации гемоглобина, наблюдаемое при этом, способствует увеличению кислородной емкости крови.

ФРа обеспечивается усилением центрального кровообращения: ЧСС до $170 \text{ уд} \cdot \text{мин}^{-1}$, СО — до 120 мл и МОК — до 22 л ; возрастает кровоток в работающих мышцах до 100 — $150 \text{ мл} \cdot \text{мин}^{-1}$ на 100 г массы мышц. Увеличение этих показателей способствует поступлению в мышцы большего количества кислорода. В тканях организма, прежде всего в мышечной, расширяются возможности аэробного ресинтеза АТФ за счет увеличения количества и размера митохондрий, количества миоглобина, активности ферментов аэробного окисления, накопления гликогена и внутриклеточных липидов.

ФРан — это способность человека выполнять кратковременную работу с максимально мощным сокращением мышц, что требует максимального напряжения алактатного и лактатного механизмов энергопродукции. В связи с этим различают два вида ФРан:

- алактатная анаэробная, фосфагенная (обеспечивается за счет энергии распада АТФ и КФ);
- лактатная анаэробная, гликолитическая (обеспечивается за счет энергии, образующейся в процессе анаэробного гликолиза).

Проявляется ФРан в скоростно-силовых возможностях, ее показателями являются предельная скорость выполнения движений, а также уровень максимальной скорости освобождения энергии во время анаэробных реакций (для лиц зрелого возраста она равняется $50 \text{ ккал} \cdot \text{кг}^{-1} \cdot \text{мин}^{-1}$). Более распространенной является оценка вклада анаэробного механизма в процесс энергообеспечения физической работы по количеству кислорода, потребляемого после работы сверх уровня потребления в состоянии покоя (кислородный долг). Этот показатель можно определить только с использованием газоанализатора и измерить быстрый компонент кислородного долга (алактатный) и медленный (лактатный), которые, соответственно, характеризуют вклад обоих анаэробных механизмов в энергообеспечение работы (Дубровский, 2005).

Также распространенным показателем, отражающим вклад анаэробного гликолиза в энергообеспечение физической работы, является максимальный уровень молочной кислоты в крови, что характеризует максимальную мощность гликолитического механизма. Для определения этого показателя на третьей и седьмой минутах после окончания физической нагрузки берут кровь из пальца и с помощью фотометров измеряют содержание молочной кислоты в крови. Этот показатель может достигать $26 \text{ ммоль} \cdot \text{л}^{-1}$.

Обеспечение высокого уровня ФРан осуществляется, в основном, благодаря высоким возможностям центральной нервной регуляции мышечной деятельности, высокой способности мышц к скоростно-силовым проявлениям, емкости и мощности фосфагенной энергетической системы работающих мышц. Аэробные механизмы, нуждающиеся в некотором времени для своей реализации, а также системы обеспечения поступления кислорода не успевают выйти на высокий уровень функционирования и потому доля их участия в энергообеспечении — около 5 %.

ФРсм — это способность человека выполнять физическую работу в режимах деятельности двигательного аппарата, приближенных к максимальным. Механизмы энергообеспечения работают в максимальных (аэробные и гликолитические) и близких к максимальным (алактатный) режимах.

Показателями ФРсм являются близкие к максимальным уровни мощности усилий мышц и скорости движения, максимально возможные уровни молочной кислоты в крови (до $26 \text{ ммоль} \cdot \text{л}^{-1}$), величины кислородного долга (КД) — до 20 л и более.

Высокий уровень ФРсм возможен при значительном усилении функций организма и обусловлен проявлением скоростной выносливости. Выполнение нагрузки сопровождается максимально возможным напряжением функции внешнего дыхания и кровообращения, что обеспечивает максимально возможное поступление кислорода к работающим мышцам. $\dot{V}O_2$ увеличивается до максимальных величин, но кислородный запрос полностью не удовлетворяется и потому растет КД. Высокая мощность такой нагрузки нуждается в интенсификации анаэробного энергообеспечения, при этом особенно повышаются требования к гликолитическому процессу.

Работоспособность ограничивается накоплением молочной кислоты и потому важное значение имеют два фактора: емкость буферных систем и увеличение количества малочувствительных к снижению pH изоферментов (Буланов, 2002; Henricsson, 1992; Williams, 1990).

РАБОТА 12. Оценка анаэробной физической работоспособности

Для характеристики скоростно-силовых упражнений используют два основных показателя — максимальную анаэробную мощность и максимальную анаэробную емкость.

Максимальная анаэробная мощность может поддерживаться только несколько секунд. Работа такой мощности выполняется исключительно за счет энергии анаэробного расщепления мышечных фосфагенов — АТФ и КФ. Поэтому запасы этих веществ и скорость их энергетической утилизации определяют максимальную анаэробную мощность. Короткий спринт и прыжки являются теми упражнениями, результаты которых зависят от максимальной анаэробной мощности. Для оценки максимальной анаэробной мощности часто используют тест Маргария, суть которого состоит во взбегании по ступенькам и измерении времени взбегающего (Физиологическое тестирование спортсменов..., 1998). Нормативные показатели максимальной анаэробной мощности приведены в таблице 13.

Для оценки максимальной анаэробной емкости чаще всего используют показатель максимальной величины кислородного долга (МКД), который проявляется после работы предельной мощности (1—3 мин). Это обусловлено тем, что большая часть избыточного количества кислорода, потребляемого после работы, используется для восстановления АТФ, КФ и гликогена, использованных во время работы (рис. 3).

У неспортсменов МКД составляет: мужчины — 5 л ($68 \text{ мл} \cdot \text{кг}^{-1}$), женщины — 3,1 л ($50 \text{ мл} \cdot \text{кг}^{-1}$).

У спортсменов: мужчины — до 20 л и больше ($140 \text{ мл} \cdot \text{кг}^{-1}$), женщины — 10—12 л ($95 \text{ мл} \cdot \text{кг}^{-1}$).

МКД состоит из двух компонентов — быстрого и медленного.

Быстрый (алактатный) компонент КД — характеризует фосфагенную часть анаэробной емкости, обеспечивающей выполнение

Таблица 13 — Максимальная анаэробная мощность лиц разного возраста и пола ($\text{кгм} \cdot \text{с}^{-1}$)

Оценка	Возраст, годы	
	15—20	21—30
Мужчины:		
Плохая	< 113	< 106
Посредственная	113—149	106—139
Средняя	150—187	140—175
Хорошая	188—224	176—120
Отличная	> 224	> 210
Женщины:		
Плохая	< 92	< 85
Посредственная	92—120	85—111
Средняя	121—151	112—140
Хорошая	152—182	141—168
Отличная	> 182	> 168

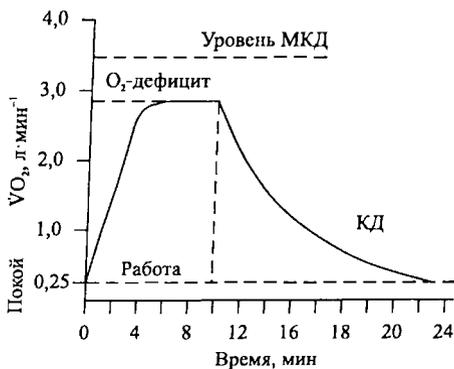


Рисунок 3 — Кислородный дефицит и кислородный долг при кратковременной работе субмаксимальной аэробной мощности (Спортивная физиология, 1986)

кратковременных упражнений скоростно-силовой направленности (спринт). Ее определяют, рассчитывая величину КД за первые 2 мин восстановительного периода. Из этой величины можно выделить фосфагенный компонент КД, вычитая количество кислорода, связанного с миоглобином и находящегося в тканевых жидкостях.

Фосфагенный (АТФ + КФ) КД равен:

$$КД = \frac{КД\ 2\ мин - 550 \cdot 0,6 \cdot 5}{\text{масса тела (кг)}}$$

где КД 2 мин — КД (ккал·кг массы⁻¹), измеренный в течение двух минут восстановления после работы предельной мощности; 550 — приблизительная величина КД за 2 мин, используемого для восстановления кислородных запасов миоглобина и тканевых жидкостей; 0,6 — эффективность оплаты алактатного КД; 5 — калорический эквивалент 1 мл кислорода.

Типичная максимальная величина фосфагенного компонента КД \cong \cong 100 ккал·кг⁻¹ или 1,5—2 л О₂. В результате тренировок скоростно-силовой направленности этот показатель может увеличиваться в 1,5—2 раза (Мурза, Филиппов, 2001).

Медленная фракция КД связана с анаэробным гликолизом и затрачивается на ликвидацию молочной кислоты в организме путем ее окисления до СО₂ и Н₂О или превращения в гликоген.

Для определения максимальной емкости анаэробного гликолиза можно использовать расчеты образования молочной кислоты в процессе мышечной работы, оценивая энергию, образованную за счет анаэробного гликолиза:

$$\begin{aligned} & \text{Энергия анаэробного гликолиза (кал·кг}^{-1}\text{)} = \\ & = \text{Содержание молочной кислоты в крови (г·л}^{-1}\text{)} \cdot 0,76 \cdot 220, \end{aligned}$$

где содержание молочной кислоты определяется как разница между самой большой ее концентрацией на 4—5 минуте после работы (пик ее содержания в крови) и концентрацией в условиях покоя; 0,76 — константа, используемая для коррекции уровня молочной кислоты в крови до уровня ее содержания во всех жидкостях; 220 — калорический эквивалент продукции 1 г молочной кислоты.

Максимальная емкость лактатного (гликолитического) компонента КД составляет:

- у нетренированных мужчин \cong 200 кал·кг⁻¹ (13 ммоль·л⁻¹);
- у ведущих спортсменов \cong 400—500 кал·кг⁻¹ (до 26 ммоль·л⁻¹).

Высокая лактатная емкость обуславливает более высокую мощность и большее время ее удержания. Это обеспечивается включением в работу большой мышечной массы (рекрутированием), в том числе быстрых (гликолитического типа) мышечных волокон; развитием механизмов, позволяющих

организму переносить более высокие концентрации молочной кислоты (низкие значения pH) за счет увеличения количества соответствующих изоферментов.

Для оценки анаэробной мощности и емкости можно использовать также такие тесты, как Квебекский 10-секундный велоэргометрический тест, а также промежуточные анаэробные тесты (30-секундный велоэргометрический тест Винтгейта, Квебекский 90-секундный велоэргометрический тест, 60-секундный прыжковый тест и др.) (Физиологическое тестирование спортсменов..., 1998). В зависимости от наличия соответствующего оснащения можно использовать один из них, а также не прямые методы оценки анаэробной работоспособности (варианты работы 12.1—12.4).

Работа 12.1. *Определение алактатной анаэробной мощности по тесту Маргария*

Оснащение: ступеньки, высота каждой — 175 мм, два фотоэлемента с таймером (чувствительность 0,01 с), медицинские весы для взвешивания испытуемых.

Ход работы

Суть одного из вариантов теста Маргария: испытуемый находится на расстоянии 2 м от ступенек и по сигналу бежит с максимальной скоростью через две ступеньки вверх. Регистрирующие устройства находятся на 8-й и 12-й ступеньках.

Расчет проводят по формуле

$$P = \frac{W \cdot 9,8 \cdot D}{T},$$

где P — алактатная мощность, Вт; 9,8 — ускорение свободного падения тела, $\text{м} \cdot \text{с}^{-2}$; W — масса тела испытуемого, кг; D — вертикальная высота между первым и вторым переключающими устройствами, м; T — время от первого до второго переключающего устройства, с.

Полученные данные сравнивают со значениями для людей нетренированных и ведущих спортсменов разного возраста, используя данные таблицы 13, и делают выводы об анаэробной алактатной мощности испытуемых.

Работа 12.2. *Определение анаэробной возможности организма спортсменов по регистрации времени задержки дыхания*

Оснащение: секундомер.

Ход работы

Не всегда есть возможность использовать сложную аппаратуру для определения анаэробных возможностей организма спортсменов прямыми мето-

дами. Поэтому была предложена простая и достаточно информативная методика, состоящая в максимальной задержке дыхания на вдохе до работы (в состоянии покоя) и сразу после выполнения работы, направленной на проявление скоростной выносливости. Такой работой может быть «челночный бег» (7 × 50 м).

Для исследования выбирают нескольких студентов разной специализации и разного уровня тренированности. По очереди они делают максимальную задержку дыхания до работы и сразу после работы. Процедура задержки дыхания: перед задержкой дыхания выполняют максимальный вдох и максимальный выдох (для вентиляции легких), затем делают глубокий вдох, поскольку при максимальном вдохе и чрезвычайно растянутых альвеолах будут раздражаться нервные окончания, что вызовет непроизвольное окончание задержки дыхания. После вдоха нос зажимают пальцами.

Время задержки дыхания в состоянии покоя рассматривают как показатель анаэробных возможностей организма, поскольку и время поддержания скоростной выносливости, и время максимальной задержки дыхания определяются устойчивостью организма к условиям недостатка кислорода.

Время задержки дыхания после работы свидетельствует о том, в какой степени во время работы спортсмен может использовать анаэробные возможности.

Чем меньше время задержки дыхания после работы, тем эффективнее используются анаэробные возможности организма.

Исследования показали, что время задержки дыхания в состоянии покоя у квалифицированных футболистов в среднем составляет 90 с (70—120 с), а время задержки дыхания после работы — 5—7 с.

На основании полученных результатов рассчитывают показатель эффективности реализации анаэробных возможностей организма — коэффициент использования анаэробных возможностей организма (КИАнВ), это отношение времени максимальной задержки дыхания в состоянии покоя ко времени задержки дыхания после работы:

$$\text{КИАнВ (усл. ед.)} = \frac{\text{время задержки дыхания в состоянии покоя, с}}{\text{время задержки дыхания после работы, с}}$$

Полученные результаты вносят в таблицу 14.

Данные, полученные во время обследования всех испытуемых, сравнивают, делают выводы об устойчивости к гипоксии, отражающей анаэробные возможности организма спортсменов. Делают также выводы об эффективности реализации анаэробных возможностей организма испытуемых по показателю КИАнВ.

Таблица 14 — Определение максимального времени задержки дыхания на входе и коэффициента использования анаэробных возможностей организма

Испытуемый	Время задержки дыхания в состоянии покоя, с	Время задержки дыхания после работы, с	КНАВ, усл. ед.

Работа 12.3. Определение максимального кислородного долга

В тех случаях, когда выполняется работа высокой мощности, системы доставки кислорода не обеспечивают потребность энергетических процессов, следствием чего является накопление в тканях недоокисленных продуктов. После завершения физической нагрузки у человека сохраняется гипервентиляция, в процессе которой ликвидируется кислородная задолженность, оцениваемая максимальным кислородным долгом (МКД). Определяется МКД на велоэргометре или тредбане (тредмиле).

Оценка индивидуального значения МКД должна учитывать пол и возраст испытуемых, их физическую подготовку, характер физических нагрузок. У мужчин 20—35 лет, не занимающихся спортом, величина МКД обычно находится в пределах 70—110 мл·кг⁻¹, а с возрастом она снижается приблизительно на 1 % в год. У женщин МКД ниже, чем у мужчин, в среднем на 30—40 %.

При систематической спортивной тренировке МКД может возрасти более чем в два раза, достигая у некоторых спортсменов, специализирующихся в беге на 400—1500 м и в подобных упражнениях, 250—300 мл·кг⁻¹ и более.

Оборудование: аппаратура для дозированной физической нагрузки (велоэргометр, тредбан), газоанализатор (например, «OXYCON ALPHA» Германия), секундомер.

Ход работы

Из числа студентов выбирают двух испытуемых разного уровня подготовленности. Нагрузка во время определения МКД должна быть такой, чтобы ее предельное время составляло от 1 до 3 мин, то есть субмаксимальной мощности (по классификации Фарфеля).

После завершения работы проводят измерение избытка потребляемого кислорода по сравнению с состоянием покоя (в мл·мин⁻¹ или мл·мин⁻¹·кг⁻¹). В течение 30—45 мин получают 10—15 значений, на основании которых рассчитывают МКД по ручной методике (Карпман, Белоцерковский, Гудков, 1988, с. 208) или с помощью компьютерной программы.

На основании полученных данных делают выводы.

Работа 12.4. *Определение быстрого и медленного компонентов кислородного долга*

Оснащение: газоанализатор, тредбан (тредмил).

Ход работы

Используя данные методики, приведенной в теоретическом вступлении к разделу «Физическая работоспособность и механизмы ее обеспечения», у испытуемых по соответствующим формулам определяют быстрый и медленный компоненты КД. Полученные экспериментальные данные вносят в таблицу 15.

Таблица 15 — *Значение алактатного и лактатного компонентов КД*

Испытуемый	Алактатный КД	Лактатный КД

Полученные данные сравнивают и делают выводы об анаэробной емкости организма испытуемых.

Контрольные вопросы

1. *Какую ФР называют анаэробной?*
2. *Какие показатели отражают анаэробную мощность и емкость?*
3. *В чем состоит суть метода определения компонентов КД?*
4. *Какие физиологические механизмы обеспечивают алактатную анаэробную работоспособность?*
5. *Какие физиологические механизмы обеспечивают лактатную анаэробную работоспособность?*

РАБОТА 13. *Определение и оценка аэробной физической работоспособности*

Для оценки аэробной мощности и емкости в процессе контроля выносливости спортсменов используют такие функциональные, морфологические и метаболические показатели (Вілмор, Костілл, 2003; Белоцерковский, 2005; Мищенко В.С., 1990):

1. $\dot{V}O_2\max$. Этот показатель характеризует скорость максимального потребления кислорода и используется для оценки мощности аэробного процесса (приложение 8). Регистрируют абсолютные показатели ($л \cdot мин^{-1}$), прямо зависящие от массы тела спортсмена, и относительные ($мл \cdot мин^{-1} \cdot кг^{-1}$), находящиеся в обратной зависимости от массы тела. Спортсмены высокого класса имеют высокие значения $\dot{V}O_2\max$: абсолютные значения у мужчин могут до-

стигать 6—7 л, относительные — 85—95 л·мин⁻¹, у женщин — соответственно 4,0—4,5 л·мин⁻¹ (72 мл·мин⁻¹·кг⁻¹).

2. *Время достижения $\dot{V}O_{2max}$ для показателей данной работы* отражает способность к быстрой мобилизации возможностей аэробного процесса. Спортсмены высокого класса, особенно те, которые специализируются в беге на дистанциях 400, 800 и 1500 м, способны достигать предельных значений показателя уже спустя 30—40 с после начала работы.

3. *Максимальная легочная вентиляция (МЛВ, л·мин⁻¹)* используется для оценки мощности системы внешнего дыхания. Предельные показатели регистрируются в условиях произвольной вентиляции. У спортсменов высокого класса регистрируются очень высокие величины: до 190—200 л·мин⁻¹ и более — у мужчин, до 130—140 л·мин⁻¹ и более — у женщин.

4. *Время удержания максимальных для данной работы величин ЛВ* используется для оценки емкости аэробного процесса энергообеспечения. ЛВ на уровне 80 % максимальной спортсмены высокой квалификации способны поддерживать в течение 10—15 мин, а ведущие стайеры — до 30—40 мин и более. О повышении эффективности ЛВ судят по вентиляционному эквиваленту O_2 , то есть по объему ЛВ на 1 л потребляемого кислорода. У хорошо тренированных спортсменов наблюдается тенденция к снижению количества вентилируемого воздуха при одинаковом потреблении кислорода.

5. *Порог анаэробного обмена (ПАНО)* оценивается по величине потребления O_2 при постоянном уровне лактата в крови (4 ммоль·л⁻¹) или в процентах $\dot{V}O_{2max}$. У нетренированных лиц ПАНО находится приблизительно на уровне 50—55 % $\dot{V}O_{2max}$, а у спортсменов высокого класса может достигать 85—90 % $\dot{V}O_{2max}$.

6. *Длительность работы на уровне ПАНО* является показателем емкости аэробного процесса энергообеспечения. У спортсменов высокого класса этот показатель может достигать 1,5—2 ч.

7. *СО* используют для оценки мощности системы центральной гемодинамики и определяют количеством крови, вытолкнутой желудочком сердца во время каждого сокращения. В условиях покоя у спортсменов высокой квалификации он составляет 100—110 мл, а во время выполнения максимальной работы — 200—220 мл.

8. *Сердечный выброс (л·мин⁻¹)* определяет объем крови, поступающей в сосудистую систему за 1 мин. В состоянии покоя этот показатель составляет 4,5—5,5 л·мин⁻¹, а во время предельных нагрузок может возрасти до 40—45 л·мин⁻¹.

9. *ЧСС за 1 мин* у бегунов-стайеров в состоянии покоя может составлять 40 и даже 30 уд·мин⁻¹, а при предельных нагрузках достигать 210—230 и даже 250 уд·мин⁻¹.

10. *Время удержания ЧСС_{макс}* отражает емкость аэробного механизма. Спортсмены высокой квалификации способны в течение 2—3 ч работать при ЧСС 180—200 уд·мин⁻¹.

11. *Артерио-венозная разница кислорода* — важный показатель утилизации кислорода работающими мышцами. У выдающихся бегунов на длинные дистанции отмечается разница в содержании кислорода в артериальной и венозной крови, достигающая 18—19 %.

12. *Мышечный кровоток* у спортсменов во время физических нагрузок изменяется: 85—90 % крови сердечного выброса направляется к функционирующим мышцам.

13. *Капилляризация мышечных волокон* отражает аэробную продуктивность мышц. В результате спортивной тренировки увеличивается количество капилляров на 1 мм поперечного сечения мышечных волокон. В среднем их у спортсменов — 400—450. У квалифицированных спортсменов (мужчины) мышечное волокно может окружаться 5—6 капиллярами, а у женщин — 4—5.

14. *Композиция и структурные особенности мышечных волокон* определяют способность к проявлению выносливости. Повышенное содержание МС волокон отражает предпосылки для выносливости во время работы аэробной направленности, БСа- и БСб-волокон — к выносливости во время работы анаэробного характера (Ключевые биологические факторы..., 1996; Александянц, 2003; Козлов, Гладышева, 1997).

Возрастет количество митохондрий, их размеры и поверхность митохондриальных крист соответственно на 15—25, 35—45 и 65—75 %.

Количество мышечного гликогена свидетельствует о способности мышц выполнять длительную работу и является одним из важных показателей емкости аэробного процесса. Под влиянием спортивной тренировки количество гликогена в мышцах может возрастать на 50—60 % и более.

Экономичность использования энергетического потенциала оценивают по таким показателям:

1. *Механическая эффективность работы* определяется как отношение количества энергии, необходимой для выполнения работы, к реально затраченной на ее выполнение. При условиях стандартных нагрузок механическая эффективность работы у квалифицированных спортсменов колеблется в пределах 25—27 %.

2. *Кислородная стоимость работы* оценивается по количеству кислорода, затраченного на единицу работы ($O_2 \cdot Вт^{-1}$). У спортсменов высокого класса этот показатель на 40—60 % выше, чем у нетренированных лиц.

3. *Гемодинамический эквивалент (усл. ед.)* — это отношение сердечного выброса к потреблению кислорода, оно свидетельствует об эффективности утилизации кислорода в крови. У спортсменов высокого класса этот показатель достигает 6,25—6,50 усл. ед.

4. *Вентиляционный эквивалент (усл. ед.)* — это отношение ЛВ к потреблению кислорода. У спортсменов высокого класса эффективность утилизации кислорода достигает 24,5 усл. ед.

5. *Пульсовая стоимость работы* характеризуется общим количеством сокращений сердца во время выполнения стандартной нагрузки. Регистрируется суммарное количество сокращений сердца, затраченное на выполнение заданной работы, минус ЧСС покоя.

В зависимости от наличия необходимого оснащения, возможности использования стадиона предлагается несколько методов определения аэробных возможностей спортсменов (работы 13—14).

Работа 13.1. *Определение физической работоспособности по тесту Купера*

Оценку физической работоспособности с использованием стандартных физических нагрузок определяют по 12-минутному и 1,5-мильному тестам Купера (Орешкин, 1990; Мурза, Филиппов, 2001).

12-минутный тест состоит в преодолении как можно большего расстояния за 12 мин с использованием ходьбы или бега только в условиях стадиона. Учитывая возраст испытуемых, в зависимости от преодоленной дистанции проводят оценку физической подготовленности, используя таблицу 16.

Таблица 16 — *Оценка физической подготовленности по результатам 12-минутного теста Купера**

Физическая подготовленность	Возраст, лет			
	До 30	30—39	40—49	50 и больше
<i>Мужчины</i>				
Очень плохая	Менее 1,6	Менее 1,5	Менее 1,3	Менее 1,2
Плохая	1,6—1,9	1,5—1,8	1,3—1,6	1,2—1,4
Удовлетворительная	2,0—2,4	1,85—2,15	1,7—2,1	1,5—1,8
Хорошая	2,5—2,7	2,16—2,6	2,2—2,4	1,85—2,3
Отличная	2,8 и более	2,65 и более	2,5 и более	2,5 и более
<i>Женщины</i>				
Очень плохая	Менее 1,5	Менее 1,3	Менее 1,2	Менее 1,0
Плохая	1,5—1,84	1,3—1,6	1,2—1,5	1,0—1,3
Удовлетворительная	1,85—2,24	1,7—1,9	1,6—1,9	1,4—1,6
Хорошая	2,25—2,64	2,0—2,4	2,0—2,4	1,7—2,15
Отличная	2,65 и более	2,5 и более	2,4 и более	2,2 и более

*К тестированию по 12-минутному тесту Купера допускаются лишь лица, имеющие разрешение врача и прошедшие 6-недельную предварительную подготовку (занятия не менее трех раз в неделю).

По преодоленному расстоянию за 12 мин можно определить максимальное потребление кислорода, используя такие данные:

Дистанция	$\dot{V}O_2 \text{ max}$, мл·кг ⁻¹ ·мин ⁻¹
Менее 1,6	Менее 25,0
1,6—1,9	25,0—33,7
2,0—2,4	33,8—42,5
2,5—2,7	42,6—51,5
2,8 и более	51,6 и более

1,5-мильный (2,4-километровый) тест целесообразно использовать для группового тестирования. Оценку теста делают, определяя время, необходимое для преодоления 1,5 мили (2,4 км), используя данные таблицы 17.

Таблица 17 — Оценка физической подготовленности мужчин разного возраста по результатам времени преодоления ими дистанции 1,5 мили (2,4 км), мин

Физическая подготовленность	Возраст, лет			
	До 30	30—39	40—49	50 и больше
Очень плохая	16,30 и более	17,30 и более	18,30 и более	19,00 и более
Плохая	16,30—14,31	17,30—15,31	18,30—16,31	19,00—17,01
Удовлетворительная	14,20—12,01	15,30—13,01	16,30—14,01	17,00—14,31
Хорошая	12,00—10,16	14,00—11,01	14,00—11,31	14,30—12,01
Отличная	10,15 и менее	11,00 и менее	11,30 и менее	12,00 и менее

Ход работы

Из числа студентов выбирают двух девушек и двух юношей разного уровня подготовленности. В условиях стадиона они выполняют 12-минутный тест Купера. Полученные данные вносят в таблицу 18 и анализируют их. По величине преодоленного расстояния определяют соответствующее значение МПК.

Таблица 18 — Результаты 12-минутного теста Купера, км

Испытуемый	Результат теста, км	Соответствующее значение $\dot{V}O_2 \text{ max}$, мл·кг ⁻¹ ·мин ⁻¹

Сравнивают данные, полученные у всех испытуемых, делают выводы.

Работа 13.2. Определение аэробной физической работоспособности (прямой метод определения $\dot{V}O_2 \text{ max}$)

Оснащение: аппаратура, позволяющая давать дозированные физические нагрузки разной мощности (велозергометр, тредбан / тредмил), газоанализатор

для определения кислорода во вдыхаемом и выдыхаемом воздухе (например, «ОХУСОН АЛФА», Германия), секундомер.

Ход работы

Из числа студентов выбирают двух испытуемых (желательно бегунов) разной квалификации. Перед исследованием обязательно проводят инструктаж и разминку (стандартная нагрузка аэробной направленности). Потом испытуемый выполняет физические нагрузки ступенчато возрастающей мощности (от субмаксимальной величины до отказа от работы) с постепенным повышением на 20 Вт. Частота педалирования на велоэргометре — 60 оборотов·мин⁻¹, длительность — 3 мин. Между каждым сеансом должен быть длительный перерыв, достаточный для полного восстановления. За конечную величину принимают значение, когда потребление кислорода выходит на плато.

Полученные данные анализируют и делают выводы.

Работа 13.3. Непрямые методы определения $\dot{V}O_2\max$

Вследствие тяжелого испытания и технической сложности описанного выше метода часто используют не прямые методы определения $\dot{V}O_2\max$. Существует несколько вариантов.

Вариант 1. Определение $\dot{V}O_2\max$ по номограмме Астранда. Испытуемого предварительно взвешивают, а потом он выполняет дозированную физическую нагрузку (Евгеньева, 2001; Мурза, Филиппов, 2001).

Для дозирования нагрузки рекомендуется ступенька высотой 33 см для женщин и 40 см для мужчин. Темп восхождения 22,5 цикла·мин⁻¹.

Для велоэргометрического исследования нагрузки выбирают такую, чтобы ЧСС на пятой (конечной) минуте нагрузки была в пределах 120—170 уд·мин⁻¹. Если обследование проводят с использованием степ-теста, то на номограмме сначала на шкале «степ-тест» находят точку, соответствующую массе тела испытуемого, которую соединяют горизонтально со шкалой потребления кислорода (рис. 4). На месте пересечения находят величину фактического потребления кислорода. Эту точку соединяют прямой линией с зарегистрированной в опыте ЧСС на левой шкале (ЧСС). Точка пересечения последней линии со шкалой $\dot{V}O_2\max$ указывает на значение $\dot{V}O_2\max$.

В условиях использования велоэргометра вычисляют показатель $\dot{V}O_2\max$, пользуясь вместо шкалы «степ-тест» шкалой «велоэргометрическая нагрузка».

Найденную при помощи номограммы величину $\dot{V}O_2\max$ корректируют, умножая на возрастной показатель:

Возраст, лет	15	25	35	40	45	50	55	60	65
Возрастной показатель	1,1	1,00	0,87	0,83	0,78	0,75	0,71	0,68	0,65

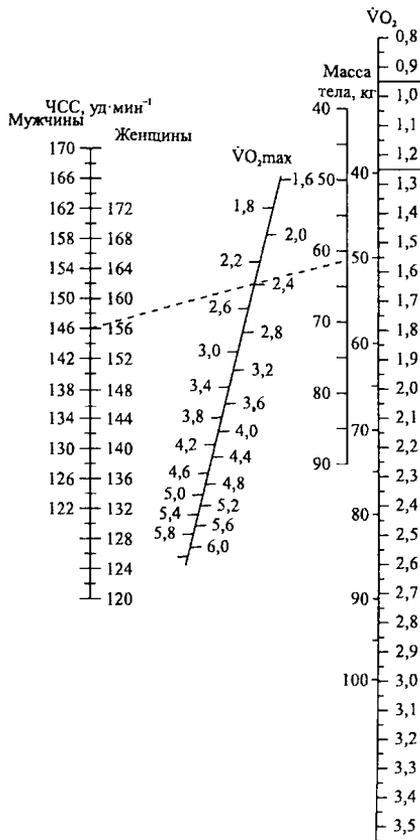


Рисунок 4 — Номограмма Астранда для определения $\dot{V}O_{2max}$. Номограммой Астранда рекомендуют пользоваться только лицам, занимающимся оздоровительной физкультурой, но не спортсменам высокой квалификации, у которых при дозированных нагрузках ЧСС относительно низкая, и это ведет к искажению результатов

для определения PWC_{170} используют различные модификации этого метода.

Во время оценки получаемых результатов следует учитывать, что у молодых тренированных мужчин PWC_{170} обычно достигает 850—1100 кгм·мин⁻¹ (142—184 Вт), у женщин — 450—850 кгм·мин⁻¹. Более информативной явля-

Вариант 2. Вычисление $\dot{V}O_{2max}$ с помощью теста PWC_{170} . Физическую работоспособность можно оценивать с помощью теста PWC_{170} , предусматривающего регистрацию физической работоспособности в условиях нагрузки, сопровождаемой повышением ЧСС до 170 ударов в 1 минуту (Солодков, Сологуб, 2003; Спортивная медицина..., 2003). Физиологической предпосылкой этой пробы является линейная зависимость между мощностью работы и ЧСС в пределах 170—190 уд./мин⁻¹. Дальнейшее увеличение этого показателя уже не сопровождается параллельным возрастанием физической работоспособности.

Известно также, что рост физической работоспособности и адаптированности к выполнению физических упражнений сопровождается уменьшением ЧСС как в состоянии покоя, так и в условиях выполнения дозированных (немаксимальных) физических нагрузок. Именно это позволяет, регистрируя ЧСС в условиях определенных нагрузок, делать вывод о физической работоспособности организма.

Самые достоверные результаты можно получить в условиях, когда ЧСС достигает 170 уд./мин⁻¹. Для этого нужно всем испытуемым давать определенную нагрузку, доводя ЧСС до 170 уд./мин⁻¹. Однако, такая нагрузка слишком велика, и поэтому

ется относительная величина PWC_{170} , приходящаяся на 1 кг массы тела. У нетренированных мужчин эти величины составляют $14,4 \text{ кгм} \cdot \text{мин}^{-1}$ и $2,4 \text{ Вт} \cdot \text{кг}^{-1}$, а у женщин — $10,2 \text{ кгм} \cdot \text{мин}^{-1}$, $1,7 \text{ Вт} \cdot \text{кг}^{-1}$.

У спортсменов, тренирующих выносливость, показатели PWC_{170} значительно выше — до 1600 — $1700 \text{ кгм} \cdot \text{мин}^{-1}$, 267 — 284 Вт , или $23,0$ — $24,0 \text{ кгм} \cdot \text{мин}^{-1} \cdot \text{кг}^{-1}$, $3,8$ — $4,0 \text{ Вт} \cdot \text{кг}^{-1}$.

Приведем несколько модификаций метода определения PWC_{170} (Детская спортивная медицина, 1991; Круцевич, 1999).

Методика упрощенного определения PWC_{170} . У испытуемого, сидящего в удобной позе, после нескольких минут отдыха определяют ЧСС за 1 мин ($ЧСС_1$). Затем он в течение 2 мин осуществляет восхождение на ступеньку для степ-теста. Темп восхождения постоянен и равен 25 циклам за 1 мин, каждый цикл состоит из 4 шагов, а заданный метрономом темп равен $100 \text{ уд} \cdot \text{мин}^{-1}$. Сразу по окончании работы испытуемый садится, и у него подсчитывают пульс за первых 10 с восстановления. Полученную величину умножают на 6 и таким образом определяют ЧСС после работы ($ЧСС_2$).

Мощность выполненной работы рассчитывают по формуле:

$$W = h \cdot m \cdot n \cdot k, \text{ кгм} \cdot \text{мин}^{-1},$$

где h — высота ступеньки, м; m — масса тела, кг; n — число подъемов за 1 мин; k — коэффициент, учитывающий работу, затраченную на спуск со ступеньки (среднее значение — 1,3).

Расчет PWC_{170} проводят по формуле:

$$PWC_{170} = \frac{W(170 - ЧСС_1)}{(ЧСС_2 - ЧСС_1)}, \text{ кгм} \cdot \text{мин}^{-1},$$

где W — мощность выполненной работы; $ЧСС_1$ — в состоянии покоя за 1 мин; $ЧСС_2$ — за 1 мин сразу после работы.

Графический способ определения PWC_{170} . Исходя из положения, что между интенсивностью работы и ЧСС в пределах до 170 — 190 за 1 мин существует линейная зависимость, было предложено измерять физическую работоспособность методом экстраполяции (Детская спортивная медицина, 1991; Евгеньева, 2002; Булич, Муравов, 2003). Суть принципа состоит в том, что работоспособность в случае 170 сокращений сердца можно вычислить, зная ЧСС у испытуемого и мощность двух меньших физических нагрузок (рис. 5). Из рисунка видно, что при нагрузке мощностью 75 Вт , наблюдаем рост ЧСС у испытуемого до $112 \text{ уд} \cdot \text{мин}^{-1}$, вторая нагрузка мощностью 150 Вт сопровождается повышением ЧСС до 146 . Соединив две полученные точки и продлевая прямую до горизонтальной линии, идущей на уровне ЧСС, равной $170 \text{ уд} \cdot \text{мин}^{-1}$, получаем точку пересечения, перпендикуляр из которой определяет величину физической работоспособности, которая была бы в условиях ЧСС $170 \text{ уд} \cdot \text{мин}^{-1}$, то есть PWC_{170} .

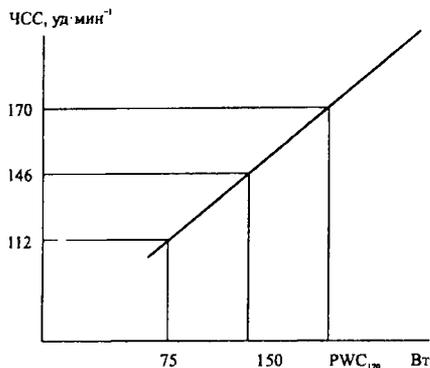


Рисунок 5 — Графический способ определения PWC_{170}

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

где W_1 и W_2 — мощности первой и второй нагрузок; f_1 и f_2 — ЧСС в конце первой и второй нагрузок.

Методика состоит в выполнении двух нагрузок относительно небольшой мощности (длительность 5 мин с 3-минутным интервалом отдыха). В конце каждой нагрузки в течение 30 с подсчитывают ЧСС. Удваивая эти значения, получают ЧСС за 1 мин (f_1 и f_2).

Использование этой методики результативно, если:

- используют велоэргометрическую нагрузку, что позволяет поддерживать определенную интенсивность работы и привлекать к деятельности большие группы мышц;
- исследование проводится без предварительной разминки;
- разница между ЧСС в конце первой и второй нагрузки должна быть не менее 40;
- во время выбора мощности первой нагрузки следует учитывать специализацию спортсмена и массу его тела, используя таблицу 19;
- для оптимального выбора второй нагрузки используют таблицу 20.

В случае использования степ-теста выполненная работа за единицу времени может быть точно определена по формуле:

$$W = P \cdot h \cdot n \cdot 1,33,$$

где W — мощность нагрузки, $\text{кгм} \cdot \text{мин}^{-1}$; P — масса тела, кг; h — высота ступеньки, м; n — количество восхождений за 1 мин; 1,33 — поправочный коэффициент на физические затраты, связанные со спуском со ступеньки, которые составляют 1/3 затрат на восхождение.

Этот метод, по сравнению с прямым, удобнее, поскольку нет необходимости давать нагрузку при ЧСС 170 $\text{уд} \cdot \text{мин}^{-1}$, что является тяжелым испытанием, а можно выполнять исследование PWC_{170} при более низких пульсовых режимах.

Расчет PWC_{170} с помощью вычислений. Наиболее целесообразно рассчитывать PWC_{170} с помощью вычислений. Для этого необходимо провести исследование и подставить полученные значения ЧСС и мощности нагрузки в формулу:

Таблица 19 — Мощность первой нагрузки (W_1) для определения PWC_{170} у спортсменов различной специализации (кгм мин⁻¹ Вт⁻¹)

Группа видов спорта	Масса тела, кг						
	55—59	60—64	65—69	70—74	75—79	80—84	85 и более
Скоростно-силовые и сложнокоординационные	300/50	400/67	500/83	500/83	500/83	600/100	600/100
Игровые и единоборства	300/50	400/67	500/83	600/100	700/117	800/133	800/133
На выносливость	500/83	600/100	700/117	800/133	900/150	900/150	1000/167

Таблица 20 — Мощность второй нагрузки (W_2) для определения PWC_{170} (кгм мин⁻¹ Вт⁻¹)

Мощность W_2 , кгм·мин ⁻¹ ·Вт ⁻¹	ЧСС во время W_2 , уд·мин ⁻¹			
	90—99	100—109	110—119	120—129
300/50	1000/167	850/142	700/117	600/100
400/67	1200/200	1000/167	800/133	700/117
500/83	1400/233	1200/200	1000/167	850/142
600/100	1600/267	1400/233	1200/200	1000/167
700/117	1800/300	1600/267	1400/233	1200/200
800/113	1900/317	1700/283	1500/250	1300/217
900/115	2000/333	1800/300	1600/267	1400/233

Определив одним из предложенных методов значения PWC_{170} (кгм мин⁻¹), можно определить значение $\dot{V}O_2max$ по формулам:

$$\dot{V}O_2max = 2,2 \cdot PWC_{170} + 1070, \text{ мл} \cdot \text{мин}^{-1}$$

(для представителей циклических видов спорта)

$$\dot{V}O_2max = 1,7 \cdot PWC_{170} + 1240, \text{ мл} \cdot \text{мин}^{-1}$$

(для представителей скоростно-силовых видов спорта)

Полученные результаты сравнивают с данными таблицы 21. Следует учитывать, что у спортсменов (особенно тренированных на выносливость) $\dot{V}O_2max$ гораздо выше и может достигать 90 мл·мин⁻¹·кг⁻¹ и более.

Таблица 21 — Значение $\dot{V}O_2max$ и его оценка у нетренированных здоровых людей

Пол	Возраст, лет	$\dot{V}O_2max$, мл·мин ⁻¹ ·кг ⁻¹				
		Очень высокое	Высокое	Среднее	Низкое	Очень низкое
Мужчины	< 25	> 55	49—54	39—48	33—38	< 33
	25—34	> 52	45—52	38—44	32—37	< 32
	35—44	> 50	43—50	36—42	30—35	< 30
	45—54	> 47	40—47	32—39	27—31	< 27
	55—64	> 45	37—45	29—36	23—28	< 23

Пол	Возраст, лет	$\dot{V}O_{2max}$, мл·мин ⁻¹ ·кг ⁻¹				
		Очень высокое	Высокое	Среднее	Низкое	Очень низкое
Женщины	> 64	> 43	33—43	27—32	20—26	< 23
	< 20	> 44	38—44	31—37	24—30	< 24
	20—29	< 41	36—41	30—35	23—29	< 23
	30—39	< 39	35—39	28—34	22—27	< 22
	40—49	< 36	31—36	25—30	20—24	< 20
	50—59	< 34	29—34	23—38	18—22	< 18
	> 59	< 32	27—32	21—26	16—20	< 16

Делают выводы об уровне функционирования сердечно-сосудистой и дыхательной систем испытуемых.

Контрольные вопросы

1. По каким метаболическим, морфологическим и функциональным показателям можно оценить аэробные возможности организма?
2. Какова информационная значимость показателя $\dot{V}O_{2max}$ во время занятий спортом и физической культурой?
3. В чем состоит суть теста Купера?
4. Какие общие подходы используют во время проведения теста PWC_{170} ?
5. В каких единицах выражается аэробная мощность и каковы ее значения у лиц нетренированных и тренированных?
6. Какие показатели характеризуют аэробную емкость?

РАБОТА 14. Определение кислородного эквивалента работы

Важное значение для обеспечения выполнения физических нагрузок аэробной направленности имеет показатель эффективности аэробного процесса энергообеспечения (Мищенко В. С., 1990; Левушкин, 2001).

Метаболическая эффективность аэробного процесса указывает, какая часть энергии, освобождаемой в условиях физических нагрузок, фиксируется в макроэргических связях АТФ. Этот показатель по своему значению подобен коэффициенту полезного действия.

Показатель эффективности аэробного процесса энергообеспечения может изменяться в процессе занятий физическими упражнениями, и потому определение его динамики имеет большое практическое значение.

Эффективность аэробного процесса определяют на велоэргометре или тредбане/тредмиле в тестах со ступенчатым повышением нагрузки, фиксируя

уровень потребления кислорода при каждом повышении. Одним из показателей эффективности аэробного процесса энергообеспечения является кислородный эквивалент работы (КЭР), определяемый по формуле:

$$КЭР = \frac{\Delta \dot{V}O_2}{\Delta W},$$

где $\Delta \dot{V}O_2$ — прирост потребления кислорода; ΔW — прирост мощности физической нагрузки.

$\Delta \dot{V}O_2$ и ΔW определяют графическим методом (рис. 6). Для этого на оси абсцисс откладывают мощность выполняемого упражнения (в $кгм \cdot мин^{-1}$ — работа на велоэргометре или в $м \cdot с^{-1}$ — скорость бега на тредмиле). На оси ординат откладывают соответствующий уровень потребления кислорода (в $мл \cdot мин^{-1}$).

Показатель КЭР отражает степень увеличения потребления кислорода в ответ на увеличение мощности упражнения на единицу измерения.

Оснащение: тредмил / велоэргометр, газоанализатор.

Ход работы

Испытуемые (желательно представители разных видов спорта) друг за другом выполняют тест со ступенчатым повышением нагрузки на тредмиле/ велоэргометре. Другие студенты фиксируют данные потребления кислорода испытуемыми при каждом повышении, строят графики для определения КЭР.

На основе полученных значений КЭР дают сравнительную характеристику эффективности аэробного механизма энергообеспечения для всех испытуемых и делают выводы.

Контрольные вопросы

1. Что подразумевают под эффективностью аэробного механизма энергообеспечения?
2. По каким показателям можно оценивать эффективность аэробного процесса?
3. На чем основывается принцип метода определения КЭР?
4. Каковы ориентировочные значения КЭР у неспортсменов и спортсменов разной специализации?

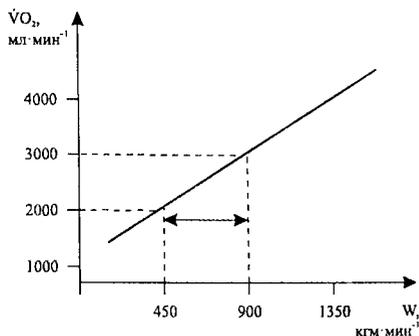


Рисунок 6 — Пример расчета показателя эффективности аэробного процесса энергообеспечения

РАБОТА 15. Эргогенные средства в спорте

Термин «эргогенный» происходит от греческих слов *ergon* (работа) и *gennan* (производить). То есть этот термин можно интерпретировать как «вырабатывающий энергию» или «повышающий работу». В практике спорта эргогенные средства (ЭС) — это средства, повышающие физическую работоспособность и/или ускоряющие процессы восстановления. Основными средствами решения этой проблемы являются, конечно, физические упражнения (**специфические средства** повышения физической работоспособности), их соотношение по характеру, объему и интенсивности, при соблюдении оптимальных соотношений между работой и отдыхом и других принципов спортивной тренировки. Кроме последних используют также и вспомогательные (медико-биологические) средства повышения физической работоспособности и ускорения процессов восстановления, являющиеся **неспецифическими** (Питание спортсменов..., 2006; Сорубин, 2004; Уильямс, 1997).

Использование медико-биологических ЭС в спорте помогает решать такие специальные задачи:

- усиление метаболических процессов, обеспечивающих энергопродукцию;
- регуляция массы тела;
- увеличение скорости энергопродукции в самой мышце;
- повышение энергетического потенциала мышц во время выполнения продолжительной работы;
- улучшение поступления к мышцам веществ, обеспечивающих оптимальную энергетику мышечных клеток;
- создание препятствий для накопления в организме продуктов, усложняющих оптимальную энергетику мышечных волокон;
- повышение эффективности движений человека;
- снижение влияния факторов, препятствующих оптимальному протеканию психологических процессов.

Все ЭС делятся на соответствующие классы (Вілмор, Костілл, 2003; Питание спортсменов..., 2006; Уильямс, 1997).

1. *Пищевые ЭС* используют, главным образом, для увеличения мышечной массы, обеспечения мышц энергетическими источниками, а также для увеличения скорости энергопродукции в мышечных клетках.

2. *Физиологические ЭС* используют, в основном, для повышения скорости энергопродукции, а также для создания препятствий накоплению в организме продуктов, способствующих развитию утомления.

3. *Фармакологические ЭС* используют с той же целью, что и физиологические и психологические.

4. *Физиотерапевтические и другие средства и манипуляции* используют, в основном, для повышения физической работоспособности и ускорения процессов восстановления после тренировочных занятий и соревнований.

5. *Психологические ЭС* используют для улучшения функций головного мозга, для ослабления влияния факторов, снижающих спортивную работоспособность.

6. *Биомеханические ЭС* создаются и используются, в основном, для повышения эффективности движений человека, содействуя сохранению как физической, так и умственной энергии.

Пищевые ЭС относительно процессов, связанных с образованием энергии и обеспечением других процессов, выполняют три основные функции:

- некоторые продукты питания являются источником энергии;
- некоторые пищевые вещества необходимы для обеспечения регуляции процессов энергообеспечения в организме;
- некоторые пищевые вещества выполняют структурную функцию, участвуя в энергообразовании, обеспечивающем рост и развитие организма.

В связи с разнообразием обеспечения функций с участием пищевых веществ спортсмены всегда старались использовать продукты питания для повышения своей физической работоспособности. Поступление в организм всех питательных веществ, необходимых для достижения оптимального уровня работоспособности, возможно только за счет хорошо сбалансированной диеты, содержащей все шесть классов пищевых веществ (углеводы, белки, липиды, витамины, минеральные вещества и вода) в соответствующем количестве и соотношении. Основным источником энергии являются углеводы; жиры также выполняют энергетическую функцию, но наряду с этим они выполняют и структурную функцию. Белки необходимы для формирования тканей, роста и развития организма, обеспечения иммунитета, они могут также выполнять и энергетическую функцию. Витамины, в основном, участвуют в регуляции метаболизма, обеспечивая эффективное функционирование ферментов. Многие минеральные вещества также участвуют в регуляции метаболизма, но, вместе с тем, необходимы для формирования структуры тканей и, наконец, вода, составляя большую часть массы тела, обеспечивает возможность регуляции различных метаболических и физиологических процессов.

Принимая во внимание, что рационы питания редко бывают сбалансированными по всем этим компонентам, в практике спорта широко применяют биологически активные пищевые добавки (БАДы) и продукты повышенной биологической ценности (ППБЦ) (Сорубин, 2004; Кулиненко, Кулиненко, 2004).

БАДы — это концентраты биологически активных веществ, обогащенные витаминами, белками, минералами, микроэлементами, которые могут скорректировать рацион питания, повысить работоспособность и сберечь здоровье спортсменов.

Употребление БАДов, особенно тех, которые содержат биостимуляторы, следует рекомендовать только в некоторых случаях по назначению врача. БАДы помогают: улучшить здоровье и физическую форму; увеличить мышечную массу и силу; «сбросить» лишний жир; повысить энергообеспечение;

уменьшить боль и воспаление; ускорить восстановление тканей; улучшить психическое состояние.

Примерами могут быть БАДы, содержащие аминокислоты, витамины, минералы, креатин, китайский лимонник, спирулину, гинкго билоба, красный перец, мяту, L-карнитин и др.

В зависимости от вида спорта, периода подготовки, а также поставленных задач, спортсмены могут использовать разные ППБЦ, способные направлено влиять на обмен веществ и решать такие задачи:

- обеспечить питание во время длительных соревновательных нагрузок и между тренировочными занятиями;
- ускорить процессы восстановления после тренировочных занятий и соревнований;
- способствовать регуляции водно-солевого обмена и терморегуляции;
- корректировать массу тела;
- повышать интенсивность занятий, направленных на развитие мышечной массы спортсмена;
- снижать объем суточных рационов в период соревнований;
- изменять качественную ориентацию суточного рациона в зависимости от направленности тренировочных занятий.

В практике спорта используют ППБЦ различной направленности: белковой, углеводной, минеральной, а также комбинированные. Для усиления синтеза белка широко применяют такие ППБЦ: белки СП-11, «Антей», «Бодрость», «Мультикрафт», «Астрофит». Источником энергизирующих субстратов являются мед, перга, халва, курага, инжир, «Пантогематоген», «Апилак» и др.

Для поддержания водно-солевого баланса организма спортсмены используют витаминно-минеральные напитки, например, российско-эстонского производства «Олимпия», «Спартакиада», а также немецкого производства «Multi Energy», «Fit Aktiv» и др. (Сарубин, 2004; Спортивная медицина..., 2003).

Фармакологические ЭС делятся на разрешенные для использования в спорте и запрещенные (допинги) (Кулиненко, Кулиненко, 2004; Остапенко, Клитов, 2004; Уильямс, 1997).

Классы допинговых веществ: стимуляторы (эфедрин, псевдоэфедрин, кокаин, кофеин, амфетамин), наркотики (морфин, героин, метадон, пептидан и др.), анаболики (тестостерон, дегидроэпиандростерон, оксандролон, метилтестостерон, станозолол и др.), диуретики (фуросемид, фурадонин и др.), пептидные гормоны, их аналоги и вещества подобного действия (хорионический гонадотропин, гормон роста — соматотропин, эритропоэтин, инсулин и др.).

Запрещенные методы: кровяной допинг (внутривенное введение эритроцитов), введение искусственных носителей кислорода или плазмозаменителей, фармакологические, химические и физические манипуляции (использование бромантана, катеризация, подмена мочи и др.).

Классы веществ, запрещенных в некоторых ситуациях: алкоголь, каннабиноиды, местноанестезирующие средства, глюкокортикостероиды, бета-блокаторы.

Ниже поданы сведения о концентрации в моче веществ, превышение которых считается допингом:

<i>Вещество</i>	<i>Концентрация</i>
Кофеин	> 12 мкг·мл ⁻¹
Карбокси-THC	> 15 мкг·мл ⁻¹
Кафин	> 5 мкг·мл ⁻¹
Эфедрин	> 10 мкг·мл ⁻¹
Эпитестостерон	> 200 мкг·мл ⁻¹
Метилэфедрин	> 10 мкг·мл ⁻¹
Морфин	> 1 мкг·мл ⁻¹
19-Норандростерон	> 2 нг·мл ⁻¹ (мужчины) > 5 нг·мл ⁻¹ (женщины)
Фенилпропаноламин	> 25 мкг·мл ⁻¹
Псевдоэфедрин	> 25 мкг·мл ⁻¹
Псевдоэфедрин	> 12 мкг·мл ⁻¹
Сальбутамол (как анаболический агент)	> 1000 нг·мл ⁻¹
Сальбутамол (как стимулятор)	> 100 нг·мл ⁻¹
Соотношение	> 6

Фармакологические средства, разрешенные для использования в спорте:

1. *Витамины и коферменты* (витамины В₁, В₁₂, В₁₅, А и Е, пантотеновая кислота, никотиновая кислота, поливитаминные и витаминно-минеральные комплексы «Декамевит», «Олиговит», «Витрум», «Супрадин» и др.).

2. *Препараты, регулирующие минеральный обмен* (панангин, аспаркам, минеральные комплексы, содержащие железо, медь, цинк, кобальт, марганец, магний, селен, кремний, бикарбонат натрия, фосфаты и др.).

3. *Адаптогены* повышают сопротивляемость организма не только физическим нагрузкам, но и неблагоприятным условиям внешней среды. К этому классу принадлежат пантокрин, дибазол, адаптогены растительного происхождения (леuzeя сафлоровидная, родиола розовая, элеутерококк колючий, женьшень, лимонник китайский и др.).

4. *Препараты, стимулирующие синтез белка* (метилурацил, оротат калия, фосфаден, рибоксин (инозин), пиколинат хрома, некоторые адаптогены растительного происхождения и др.) (см. приложение 9).

5. *Антигипоксанты* — класс соединений, повышающий устойчивость организма к недостатку кислорода (оксибутират натрия, витамины РР, Е и В₁₅ и др.).

6. *Антиоксиданты* — группа веществ различной химической природы и некоторые продукты питания, обеспечивающие защиту организма от свобод-

ных радикалов и продуктов пероксидного окисления липидов (витамины С, Е, А, Р, каротиноиды, метионин, цистеин, мочеви́на, молочная кислота, цинк, марганец, селен, танины чая, бетаин свеклы и др.).

7. *Ноотропы* — группа соединений, активирующих синтез белка и РНК в ЦНС, используются для улучшения памяти, внимания, логического мышления, повышения умственной работоспособности и силы нервных процессов (пирацетам, пантогам и др.).

8. *Энергизирующие соединения* (глюкоза, фруктоза, сахароза, крахмал, гликоген, янтарная кислота, сукцинат аммония, АТФ, креатинмоногидрат, креатинфосфат, L-карнитин и др.) (см. приложение 9).

9. *Средства, влияющие на кровоток и реологические свойства крови* (трентал, ксавин, никотиновая кислота, аспирин и др.).

Физиологическими ЭС — стимуляторами общего анаболизма — являются: кратковременное голодание, бег, дозированное холодное воздействие, гипоксическая дыхательная тренировка, дозированные болевые воздействия.

Физиотерапевтические и другие средства и манипуляции: электро-стимуляция, кислородная «поддержка», УФ-излучение, физиотерапевтические процедуры (массаж, ванны, души, бани, электропроцедуры и др.).

Психологические ЭС существенно снижают нервно-психическое напряжение, восстанавливают затраченную спортсменами энергию и формируют у них позитивные установки на высокоэффективную реализацию тренировочных и соревновательных программ. К психологическим ЭС относят: психоэнергизирующие методики (целевая установка, воображение, тренировка внимания и контроль над мыслями) и психологические транквилизаторы (дыхательные упражнения, медитация, релаксирующее воображение, аутогенная релаксирующая тренировка).

Биомеханические ЭС связаны с учетом и использованием природных факторов — сил гравитации, трения и физического сопротивления движению тела в воде и в воздушной среде, законов гидравлики и аэродинамики с целью повышения физической работоспособности. К биомеханическим средствам спортивной тренировки принадлежат спортивная одежда и обувь, экипировка, спортивные снаряды и инвентарь, спортивные средства перемещения и др. В их совершенствовании большую роль играют дизайнеры и конструкторы.

РАБОТА 16. Физиологические эффекты стимуляторов на примере кофеина

Оснащение: ступенька для выполнения степ-теста, метроном, секундомер.
Ход работы

Из числа студентов выбирают испытуемых, которых делят на две группы: контрольную и экспериментальную. После проведения разминки испытуемые

обеих групп выполняют субмаксимальный тест PWC_{170} (по методике, изложенный в работе 13). После отдыха испытуемые контрольной группы выпивают по стакану кофе без кофеина, а испытуемые опытной группы — по стакану натурального кофе (с кофеином) и через 5—10 мин по очереди выполняют тот самый тест. Полученные результаты физической работоспособности вносят в таблицу 22, сравнивают между собой данные контрольной и экспериментальной групп и делают выводы.

Таблица 22 — Физическая работоспособность, определенная по тесту PWC_{170} ($кг \cdot мин^{-1}$) до и после употребления кофеина

Испытуемый	Контрольная группа		Экспериментальная группа	
	исходное значение	+ кофе без кофеина	исходное значение	+ кофе с кофеином

Контрольные вопросы

1. Какие средства в спорте называют эргогенными?
2. Какие ЭС относят к специфическим и неспецифическим?
3. Какие вещества относят к допингам?
4. На какие классы делят разрешенные для использования в спорте ЭС?
5. Какие ЭС называют физиологическими?
6. Каковы особенности влияния психологических и биомеханических ЭС?

РАЗДЕЛ 5

ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ МЕХАНИЗМЫ ФОРМИРОВАНИЯ ДВИГАТЕЛЬНЫХ НАВЫКОВ И УПРАВЛЕНИЯ ДВИЖЕНИЯМИ В СПОРТЕ

Двигательный навык (ДН) — это новая форма движения или действия, приобретенная в процессе тренировки по механизму временных связей (то есть природа ДН рефлекторна). Фонд разных ДН в организме состоит, с одной стороны, из врожденных ДН, с другой — из ДН, приобретенных в результате специального обучения в течение индивидуальной жизни. Человек рождается с ограниченным по количеству и сложности фондом ДН (сосание, глотание, моргание, сгибание и разгибание конечностей в ответ на раздражение и др.). По наследству передается чрезвычайно важное свойство — пластичность нервной системы, что обеспечивает высокую степень тренированности,

то есть способности овладевать новыми формами двигательных актов, адекватными измененным условиям жизнедеятельности (Солодков, Сологуб, 2005; Фомин, Вавилов, 1991).

Каждый ДН рассматривают как многокомпонентную систему, состоящую из **двигательного** (проявляется в структуре самого двигательного акта), **вегетативного** (связанного со структурой вегетативного обеспечения выполнения движения) и **сенсорного** (связанного с деятельностью анализаторов) **компонентов**. В зависимости от вида деятельности значения их изменяются. Например, для бегуна на длинные дистанции важными являются двигательный и вегетативный компоненты, а для гимнаста или фехтовальщика — сенсорный.

Формирование ДН является сложным процессом. От элементарных умений происходит переход к умениям высшего порядка. Это осуществляется путем превращения элементарного умения в навык, а затем в более совершенное умение. Навыки в системе произвольных движений — это усвоенное умение решать определенную двигательную задачу.

В соответствии с представлениями Крестовникова, Зимкина и других, первая стадия формирования ДН характеризуется иррадиацией нервного процесса и генерализированным внешним ответом, вторая — концентрацией возбуждения, улучшением координации и формированием стереотипных движений, третья — завершением формирования автоматизма и стабилизацией двигательных актов (Солодков, Сологуб, 2003; Фомин, Вавилов, 1991).

На *первой стадии формирования ДН* к выполнению движений привлечены большие мышечные группы, движения несогласованны, неэкономны, работоспособность быстро падает. *Вторая стадия* характеризуется концентрацией возбуждения, движения делаются точнее, деятельность вегетативных систем приходит в соответствие с работой мышц. Эта фаза характеризуется образованием двигательной доминанты, то есть доминирующих нервных центров в ЦНС, играющих координирующую роль в целенаправленной двигательной деятельности. *Третья фаза* — образование *динамического стереотипа*, состоящего в физических упражнениях со своеобразной последовательностью фаз движений. Однако внутренняя структура движения (состав мышц, участвующих в двигательном акте, и количество сокращающих двигательных единиц в этих мышцах) может бесконечно меняться. То есть двигательная деятельность человека характеризуется высокой **вариативностью**. Значительная часть моторных актов новой структуры благодаря высокой пластичности ЦНС осуществляется путем экстраполяции. Она обеспечивает перенос ДН и возможность «с места» осуществлять новые движения. Экстраполяция — это способность нервной системы на основе приобретенного опыта адекватно решать возникающие двигательные задачи. Увеличение фонда усвоенных движений способствует повышению возможности человека без специального обучения правильно решать новые двигательные задачи.

Важной чертой поведения человека является его способность создавать и корректировать программы двигательных действий для решения поставленных задач.

В двигательной зоне коры больших полушарий при систематическом выполнении движений остаются кратковременные и долговременные следы (двигательная память), составляющие основу двигательной программы. С участием нервных процессов осуществляются такие функции:

- прием информации, поступающей из разных сенсорных систем;
- обработка и синтез этой информации;
- фиксация (сохранение) результатов обработки информации;
- извлечение из памяти необходимой информации;
- программирование соответствующих реакций.

Двигательный акт на всех этапах подготовки и выполнения связан с интеграцией в ЦНС афферентных и других факторов. Анохин определил четыре основных фактора: пусковую информацию, мотивацию, память и обстановочную информацию (рис. 7). В спортивной деятельности особенно большое значение имеют разного рода социально обусловленные виды мотивации, существенно влияющие на реализацию двигательной программы. Благодаря следам в ЦНС (двигательная память) предыдущий опыт имеет сильное влияние на оценку любых событий и ситуаций. Обстановочная информация, поступающая из окружающей среды (состояние грунта, ветер и др.) о состоянии

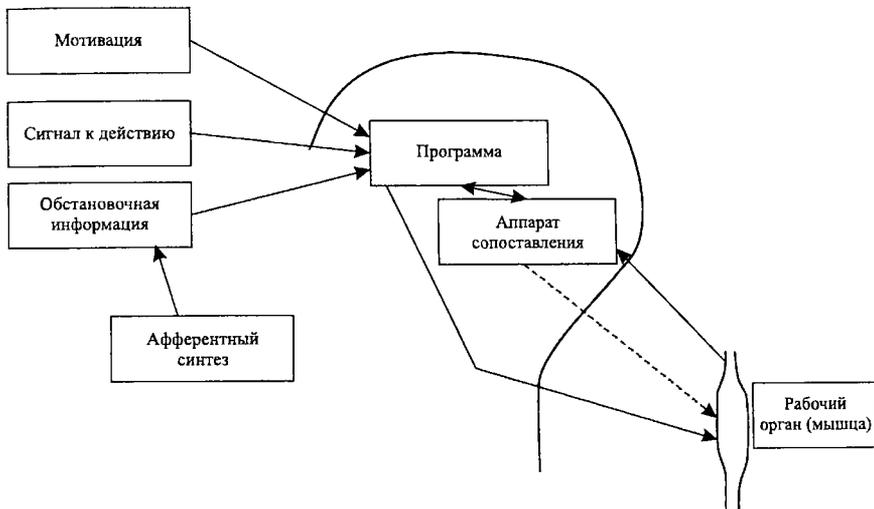


Рисунок 7 — Схема механизма саморегуляции в функциональной системе управления произвольными движениями (Фомин, Вавилов, 1991)

различных функций организма, является существенным компонентом для правильного программирования различных действий в ЦНС. Большое значение имеют и пусковые сигналы (выстрел, звук свистка и др.).

Во время выполнения различных физических упражнений использование информации, поступающей из внутренней и внешней среды путем обратных связей, имеет специфические особенности. В случае медленного выполнения двигательных актов обратные связи способствуют корректировке данного движения или любой его фазы. В сложных многофазных движениях, выполняемых быстро, обратные связи играют меньшую роль в текущей коррекции из-за нехватки времени. В очень быстрых движениях (метания, броски) обратные связи могут корректировать двигательный акт только во время его повторения.

Работа 17. Исследование способности человека к воспроизведению заданной величины мышечного усилия при отсутствии зрительного анализатора

Оснащение: кистевой и становой динамометры.

Ход работы

Из числа студентов выбирают четыре-пять испытуемых, одного регистратора величины усилий, секретаря для ведения протокола исследований.

Испытуемые вначале по очереди сжимают с максимальной силой кистевой динамометр или растягивают становой динамометр. Затем каждый из испытуемых выполняет под зрительным контролем усилия, составляющее 25 % максимального. В следующих трех-четыре попытки испытуемые стараются воспроизвести такое усилие без зрительного контроля. Результаты каждой попытки доводят до их сведения. Затем испытуемые воспроизводят усилие 50 % максимального под зрительным контролем. После этого в трех-четыре попытки проверяют их способность к воспроизведению данного усилия без зрительного контроля. Результаты каждой попытки доводят до сведения испытуемого.

Полученные данные вносят в таблицу 23, делают выводы.

Таблица 23 — Величины заданных и действительных усилий при сжатии исследуемыми кистевого (растягивании станового) динамометра

Испытуемый	25 % максимального усилия	Величина действительного усилия			50 % максимального усилия	Величина действительного усилия		
		1-я попытка	2-я попытка	3-я попытка		1-я попытка	2-я попытка	3-я попытка

Работа 17.1. *Исследование способности человека управлять временными параметрами движений*

Оснащение: секундомер, велоэргометр.

Ход работы

Из числа студентов выбирают двух-трех испытуемых, регистратора времени и регистратора темпа движений, секретаря для ведения протокола исследования.

В первой части опыта испытуемые по очереди из положения стоя, ноги на ширине плеч медленно (в течение 10 с по секундомеру) выполняют (под контролем регистратора времени) наклоны туловища в стороны (1 — наклон вправо; 2 — исходное положение (и. п.); 3 — наклон влево; 4 — и. п.). Затем каждый из них в трех-четырех попытках выполняет это же упражнение самостоятельно с заданием воспроизвести его предыдущую продолжительность (10 с). Фактическое время попыток фиксируется регистратором времени и сообщается испытуемым.

Во второй части опыта испытуемые, глядя на секундомер, выполняют работу на велоэргометре в произвольном легком постоянном темпе в течение 30 с. При этом каждый из них самостоятельно подсчитывает общее количество оборотов педалей за данный промежуток времени (фиксируется также регистратором темпа). Затем испытуемые в двух-трех повторных попытках воспроизводят так же, как и в первой части, количество оборотов педалей, не глядя на секундомер и стараясь сохранить предыдущий 30-секундный интервал. Работу завершает испытуемый самостоятельно, как только почувствует, что от ее начала прошло 30 с. Регистратор времени фиксирует количество оборотов педалей в каждой из двух попыток, а регистратор времени — фактическую продолжительность каждого из двух заданий. Данные фиксации каждый раз сообщаются испытуемым.

Результаты опыта вносят в таблицу 24, делают выводы.

Таблица 24 — *Результаты выполнения испытуемыми заданий по воспроизведению времени наклонов туловища в стороны и темпа работы на велоэргометре без зрительного контроля*

Испытуемый	Задание	Наклоны туловища в стороны			Задание	Работа на велоэргометре	
		Выполнение				Выполнение	
		1-я попытка	2-я попытка	3-я попытка		1-я попытка	2-я попытка

Работа 17.2. Исследование способности человека управлять перемещением частей тела

Ход работы

Из числа студентов выбирают двух-трех испытуемых, регистратора точности движений, секретаря для ведения протокола результатов опыта.

У испытуемых сначала определяют способность к воспроизведению сгибания и разгибания предплечья и голени на 20, 90 и 120° под зрительным контролем и без него. Затем у них исследуют способность к произвольному уменьшению и увеличению заданного суставного угла — 90° — на какую-нибудь величину (минимальную или на 20°, 40°) сначала под контролем, а затем без зрительного контроля. Во время выполнения задания плечо правой руки должно лежать на столе, а правую ногу испытуемый, сидя на стуле, незначительно поднимает над опорой. Одна-две предварительные попытки осуществляются под зрительным контролем. Результаты каждой из них сообщаются испытуемым.

Полученные данные вносят в таблицы 25, 26, анализируют и делают выводы.

Таблица 25 — Результаты воспроизведения испытуемыми углов в локтевом и коленном суставах

Испытуемый	Угол, град	Результат выполнения задания					
		Локтевой сустав			Коленный сустав		
		1	2	3	1	2	3
	20						
	90						
	120						
	20						
	90						
	120						
	20						
	90						
	120						

Таблица 26 — Результаты выполнения испытуемыми заданий по изменению угла в локтевом и коленном суставах

Испытуемый	Угол 90°	Попытка	Величина минимального		Величина изменения			
			Уменьшения	Увеличения	Уменьшение на		Увеличение на	
					20°	40°	20°	40°
	~	1						
		2						

Испытуемый	Угол 90°	Попытка	Величина минимального		Величина изменения			
			Уменьшения	Увеличения	Уменьшение на		Увеличение на	
					20°	40°	20°	40°
	~	3						
	~	1						
		2						
		3						
		1						
		2						
		3						

Контрольные вопросы

1. Что называют двигательным навыком?
2. Какая физиологическая природа ДН?
3. Какие существуют компоненты ДН и каков их вклад в осуществление двигательных действий различного характера?
4. Каковы физиологические особенности стадий формирования ДН?
5. Что называют динамическим стереотипом?
6. Какую роль играет двигательная память в регуляции двигательной деятельности?
7. Какова роль внешней информации и мотивации в регуляции двигательной деятельности?

РАБОТА 18. Исследование автоматизированных и неавтоматизированных двигательных навыков

Ход работы

Студентам можно продемонстрировать автоматизированные и неавтоматизированные движения. Для этого проводят такие опыты.

1. Наипростейшим автоматизированным движением является ходьба и координированные с нею движения рук. Для демонстрации вызывают студента и предлагают ему пройти вперед, а всем остальным поручают проследить за согласованным движением рук и ног. Затем дают задание пройти спиной вперед, и сразу же координация движений рук нарушается из-за того, что такое движение непривычно и не усвоено, не приобретен навык.

2. Испытуемый марширует на месте, высоко поднимая колени, руки двигаются координировано (левая поднимается одновременно с правой ногой и наоборот). Дать задание: по хлопку рук поднимать в движении одно-

временно левую руку и левую ногу, по второму хлопку — идти обычно. Видно, что по сигналу студент не может координировать необычные движения. При достаточной тренировке это ему удастся — образуется новый двигательный навык.

3. Опыт можно проводить всем. Предложить студентам, сидя, по команде поднимать одновременно руку и ногу. Дать команду и обратить внимание на то, что поднимаются одновременно рука и нога одной стороны (левая с левой, правая с правой). В положении стоя такая координация не проявляется. Почему?

4. Дать студентам задание написать в тетрадях большую цифру 8, одновременно поворачивая ногу в одну сторону: задание выполняется лишь частично, когда рука и нога двигаются в одном направлении. Это обычная координация движений. Поворот в разные стороны вначале не получается и нуждается в специальной тренировке, поскольку такие движения необычны, не изучались и на них не образовались двигательные навыки.

Наблюдение анализируют и делают выводы.

Контрольные вопросы

1. *Какова физиологическая природа ДН?*
2. *Какие движения называют автоматизированными и неавтоматизированными?*
3. *Какие компоненты ДН участвуют в осуществлении двигательных действий?*
4. *На какой стадии формирования ДН движения становятся автоматизированными?*
5. *Какую роль играют анализаторы в регуляции двигательной деятельности?*

РАЗДЕЛ 6

МОРФОФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ И МЕТАБОЛИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ДВИГАТЕЛЬНЫХ КАЧЕСТВ

Одной из основных задач, решаемых в процессе физического воспитания, является обеспечение оптимального развития физических качеств, присущих человеку. **Физическими качествами** принято называть врожденные (унаследованные генетически) морфофункциональные качества, благодаря которым

возможна физическая (материально выраженная) активность человека, полностью проявляющаяся в целенаправленной двигательной деятельности. К основным физическим качествам относят мышечную силу, быстроту, выносливость, гибкость и ловкость.

Относительно динамики изменений показателей физических качеств используют термины «развитие» и «воспитание». Термин «развитие» характеризует естественный ход изменений физического качества, а термин «воспитание» предусматривает активное и целенаправленное влияние на рост показателей физического качества.

В современной литературе пользуются терминами «физические качества» и «физические (двигательные) способности». Однако они не тождественны. В общем двигательные способности можно понимать как индивидуальные особенности, определяющие двигательные возможности человека.

Основу двигательных способностей человека составляют физические качества, а форму проявления — двигательные умения и навыки. К двигательным способностям относят силовые, скоростные, скоростно-силовые, двигательнo-координационные способности, общую и специальную выносливость. Следует помнить, что, когда речь идет о развитии силы мышц или скорости, под этим нужно подразумевать процесс развития соответствующих силовых или скоростных способностей.

У каждого человека двигательные способности развиты по-разному. В основе развития способностей лежит **иерархия разных врожденных (наследственных) анатомо-физиологических задатков:**

- анатомо-морфологические особенности мозга и нервной системы (свойства нервных процессов — сила, подвижность, уравновешенность, индивидуальные варианты строения коры больших полушарий, степень функциональной зрелости ее отдельных зон);
- физиологические особенности сердечно-сосудистой и дыхательной систем — максимальное потребление кислорода, показатели периферического кровообращения;
- биологические (особенности окисления, эндокринной регуляции, обмена веществ, энергетики мышечного сокращения);
- телесные (длина тела и конечностей, масса тела, масса мышечной и жировой ткани);
- хромосомные (генные).

На проявление двигательных способностей влияют также психодинамические задатки (свойства психодинамических процессов, темперамент, особенности регуляции и саморегуляции психических состояний).

О способностях человека судят не только по его достижениям в процессе обучения или выполнения какой-нибудь двигательной деятельности, но и по тому, как быстро и легко он приобретает умения и навыки.

Под скоростной способностью подразумевают комплекс функциональных свойств, обеспечивающих выполнение двигательных действий за минимальное время (Платонов, 1997).

Проявление скоростных возможностей зависит, в основном, от таких факторов:

- подвижности нервных процессов в двигательной зоне полушарий;
- скорости проведения возбуждения по нервам сквозь синапсы;
- сократительных свойств мышц (композиционный состав);
- запасов креатинфосфата и гликогена в мышцах;
- внутримышечной и междумышечной координации.

Скоростные возможности проявляются в трех формах:

- **латентное (скрытое) время двигательной реакции** — наибольшее значение имеет в спортивных играх, боксе, фехтовании;
- **темп мышечных сокращений** — проявляется, например, во время выполнения бросков, метаний;
- **скорость передвижения в пространстве** (дистанционная скорость) — проявляется, например, в легкоатлетическом беге, плавании и др.

На проявление скорости двигательной реакции впервые обратили внимание астрономы Гринвичской обсерватории в XVIII в. Один из сотрудников этой лаборатории отмечал время прохождения звезды через меридиан телескопа с опозданием на 0,5—0,8 с, вследствие чего был уволен с работы. Лишь в начале XX в. стало известно, что погрешности в подсчете времени были обусловлены личным временем реакции сотрудника. Ныне каждый астроном знает свое время реакции и учитывает его во время работы.

Двигательные реакции бывают простыми и сложными. Самым распространенным методом определения простой двигательной реакции является такой: команда к выполнению действия подается одновременно с включением миллисекундомера, а испытуемый должен сразу же выполнить нужные двигательные действия. Чаще всего этим движением является нажатие кнопки (ключа). Сигналы к действию могут быть световыми, звуковыми, тактильными.

Спортивная деятельность предъявляет высокие требования к нервно-мышечному аппарату спортсмена. Экстремальные условия соревнований, постоянно меняющаяся ситуация в игровых видах спорта, борьбе, фехтовании и других видах требует от спортсмена быстрого переключения внимания, ориентировки и принятия решений. Сложная двигательная реакция, или «реакция выбора», является одним из показателей личных качеств спортсмена. Раздражители могут быть зрительными, слуховыми и тактильными.

Сложные двигательные реакции бывают комбинированными: используются различные условные раздражители, направленные на зрительный, слуховой, тактильный анализаторы. По показателям такой реакции можно изучать процессы возбуждения в коре головного мозга, а также их уравновешенность.

Время двигательных реакций обеспечивается двумя процессами — возбуждением и торможением, которые определяют силу, уравновешенность и подвижность нервных процессов.

Сила нервных процессов определяет силу сокращения мышц, устойчивость нервных центров к утомлению во время продолжительной работы.

Подвижность нервных процессов лежит в основе скоростной работы, быстрой реакции на раздражители, переключении внимания на изменение ситуации.

Уравновешенность нервных процессов характеризуется временем удержания максимального уровня работоспособности, противодействием утомлению и определяет выносливость.

Под влиянием спортивной тренировки повышаются сила, подвижность и уравновешенность нервных процессов, что обеспечивает высокую эффективность спортивной деятельности (Кроль, 2003; Филиппов, 2006).

Работа 19.1. *Исследование уровня скорости по данным простой двигательной реакции*

Оснащение: миллисекундомер, компьютер с программой для определения простой и сложной двигательной реакции или цилиндр со стоп-кнопкой.

Ход работы

Если нет соответствующей компьютерной программы для определения простой двигательной реакции (например, по Макаренко), то вместо клавиатуры используют цилиндр со стоп-кнопкой.

Испытуемого помещают в изолированную комнату, в руке он держит цилиндр со стоп-кнопкой, указательный палец расположен на кнопке, на голове — наушники. Одновременно с подачей звукового сигнала включается электросекундомер, а когда испытуемый нажимает на стоп-кнопку, он останавливается и фиксирует латентный (скрытый) период двигательной реакции. Обычно делают шесть измерений, исключают самый лучший и худший результаты. Из оставшихся четырех рассчитывают средний показатель в миллисекундах.

Во время определения зрительно-моторной реакции условным раздражителем является световой — лампочка или свет, вспыхивающий на экране.

Тактильным раздражителем является касание к определенной точке на теле испытуемого.

Данные, полученные от всех испытуемых, сравнивают между собой, анализируют и делают выводы.

Работа 19.2. Исследование сложной двигательной реакции

Вариант 1. Для определения сложной двигательной реакции со световым раздражителем выбирают несколько цветов, например, красный, желтый, зеленый. Один из них должен быть отрицательным условным раздражителем, то есть на него не следует реагировать (не нажимать на кнопку), остальные — положительными (нажать на кнопку). Сигналы подаются в определенной последовательности. Фиксируют латентные периоды двигательной реакции на все положительные раздражители, а также количество ошибок. Затем подсчитывают средний показатель латентных периодов положительных реакций, который сравнивают со временем простой двигательной реакции.

Например: время простой двигательной реакции равно 320 мс, а сложной — 550 мс. Разница между этими показателями, составляющая 230 с, может служить показателем времени, необходимого спортсмену для выбора правильного решения. Чем меньше этот показатель, тем лучшими способностями ориентирования в сложных ситуациях обладает спортсмен. Разница между временем простой и сложной двигательной реакции спортсменов не должна превышать 100 мс. Если эта разница больше, значит подвижность нервных процессов слаба, а реагирование — заторможено.

Вариант 2. В сложных двигательных реакциях слуховыми раздражителями могут быть звуки, слова. Для их дифференцирования изменяют силу звука: сильный, средний, слабый. Один из них принимают за отрицательный.

В случае дифференцирования слов их подбирают по значению — птицы, животные, растения и др. Одни слова являются положительными раздражителями, а другие — отрицательными.

В процессе выполнения задания скорость изменения раздражителей постепенно увеличивается. После тренировки (50 раздражителей повторяют 17—20 раз), можно определить максимальную частоту подачи раздражителей, при которой испытуемый успевает адекватно реагировать, допуская на 50 слов (раздражителей) не более трех ошибок. Такая частота отражает уровень подвижности нервных процессов. Распознавание 100—120 слов за минуту считается высоким, 80—90 слов — средним, 75 и менее — низким уровнем подвижности нервных процессов.

После определения уровня подвижности нервных процессов предлагают контрольное задание из 700 слов, изменяемое со скоростью, соответствующей подвижности нервных процессов испытуемого. Результат рассматривают как показатель работоспособности (силы) корковых клеток. Испытуемые,

допустившие в контрольном задании не более 5 % ошибок, характеризуются высокой работоспособностью корковых клеток и обладают сильной нервной системой, 6—7 % — средней силой нервной системы, 8 % и более — слабой силой нервной системы.

Данные всех испытуемых обсуждают, сравнивают, анализируют и делают выводы.

Работа 19.3. *Исследование уровня скорости по данным времени одиночного движения и максимальной частоты движений при помощи теппинг-теста*

Оснащение: секундомер, листки бумаги, карандаши

Ход работы

Все студенты на листке бумаги чертят шесть квадратов. По сигналу они карандашом наносят в квадрате максимально возможное количество точек в течение 5 с. В следующие 5 с они делают то же самое в другом и так последовательно во всех шести квадратах. Регистрирует время и объявляет каждые 5 с один из студентов, назначенный для хронометража.

Подсчитывают количество нанесенных точек и записывают отдельно в каждом квадрате. Для исключения ошибок во время подсчета рекомендуется соединять линией подсчитанную точку со следующей.

Анализируют динамику точек в квадратах и их сумму в шести квадратах. Сумма точек является показателем работоспособности нервных клеток двигательной зоны коры головного мозга и характеризует возможности спортсмена к реализации качества скоростной выносливости.

По данным теппинг-теста можно оценить скорость вхождения в работу (вработывание) и способность противодействовать утомлению. Эти показатели удобнее анализировать, если начертить график, на оси абсцисс которого отложить в шести точках время работы с интервалом 5 с, а на оси ординат — количество точек. Чем большая сумма поставленных точек, тем быстрее достигается максимальный уровень и тем дольше он сохраняется, тем лучше свойства центральной нервной системы.

Данные теппинг-теста позволяют определить время одиночного движения (ВОД), являющееся одной из форм проявления скорости. ВОД определяется путем деления времени работы на сумму точек. Например, сумма точек в шести квадратах равна 150, время работы — 30 с (30 000 мс).

$$\text{ВОД} = 30\,000 \text{ мс} / 150 = 200 \text{ мс.}$$

Полученные результаты всех испытуемых сравнивают и делают выводы.

Контрольные вопросы

1. Что называют скоростной способностью?
2. Какие существуют формы проявления скоростных возможностей?
3. Какие основные физиологические факторы определяют проявление скорости?
4. Какие методы используют для определения различных форм проявления скоростных возможностей?

РАБОТА 20. *Оценка максимальной, максимальной произвольной, абсолютной и относительной силы мышц*

Сила — это способность мышц преодолевать внешнее сопротивление или противодействовать ему за счет мышечных усилий. Она проявляется в таких основных формах: максимальная мышечная сила (абсолютная и относительная), скоростная (динамическая), статическая (изометрическая) сила и силовая выносливость (Аганянц, 2001; Остапенко, 2002; Спортивная физиология, 1986).

Под **максимальной силой** подразумевают наибольшую возможность, которую спортсмен способен проявить при максимальном произвольном мышечном сокращении. Максимальная сила мышцы зависит от количества и толщины ее мышечных волокон. Количество и толщина мышечных волокон определяют толщину мышцы в целом — *анатомический поперечник*, то есть площадь поперечного сечения.

Отношение значения максимальной силы мышцы к его анатомическому поперечнику называют *относительной силой мышцы*. Поперечное сечение мышцы, перпендикулярное направлению ее волокон, составляет ее *физиологический поперечник*. Для мышц с параллельным направлением волокон физиологический поперечник совпадает с анатомическим. Отношение максимальной силы мышцы к ее физиологическому поперечнику называют *абсолютной силой* мышцы.

Скоростная сила (взрывная) — это способность проявлять самую большую силу в самое короткое время.

Силовая выносливость — это способность мышцы или мышечной группы противостоять утомлению во время многократных мышечных сокращений.

Для развития силы существуют определенные возрастные периоды, когда благоприятными являются морфологические и функциональные предпосылки: у девочек — 9—11 лет, а у мальчиков прослеживаются два периода — 9—12 лет и 14—17 лет (Апанасенко, 1985; Виксне, 1989; Ермолаев, 2001; Фомин, Вавилов, 1991).

Различают максимальную статическую и максимальную динамическую силу. **Максимальная статическая сила** проявляется во время изометрического сокращения мышц. Условия проявления максимальной статической силы таковы:

- активация всех двигательных единиц;
- сокращение мышц при условии полного тетануса;
- сокращение мышц в состоянии покоя;
- мобилизация деятельности симпатической нервной системы и др.

Максимальная динамическая сила — это сила, проявляемая спортсменом во время максимального произвольного сокращения мышц без учета времени и массы собственного тела. Взрывная сила обеспечивается в основном:

- частотой импульсации в начале сокращения и синхронизацией импульсации различных мотонейронов (внутримышечная координация);
- сократительными свойствами мышц (внутримышечная координация);
- степенью гипертрофии быстросокращающихся мышечных волокон и др.

Тренировочные занятия силовой направленности стимулируют гипертрофию (увеличение обхвата мышц) саркоплазматическую и миофибриллярную (Спортивная фармакология, 1986; Солодков, Сологуб, 2003). **Саркоплазматическая гипертрофия** обусловлена увеличением объема саркоплазмы, содержащей в ней митохондриальных белков, метаболических резервов, миоглобина, количества капилляров. К таким превращениям наиболее склонны медленные мышечные волокна и быстрые — окисляемые. Такой тип гипертрофии мало влияет на прирост силы, но повышает способность к продолжительной работе (выносливость).

Миофибриллярная гипертрофия обусловлена увеличением объема миофибрил за счет актомиозина. При этом значительно повышается сила. Большую роль в активизации синтеза белка и нуклеиновых кислот играют андрогены и гормоны коры надпочечников, а также средства с анаболическим действием. Во всех случаях развиваются эти два типа гипертрофии с преобладающим развитием одного из них.

Оснащение: кистевой и становой динамометры.

Ход работы

1. *Оценку максимальной мышечной силы* проводят при помощи разных динамометров. Кистевой динамометр (динамометр Коллина) используют для измерения силы мышц предплечья и кисти. Становой динамометр используют для регистрации силы мышц-разгибателей туловища.

Все испытуемые проводят измерения силы мышц предплечья и кисти, а также силу мышц-разгибателей туловища по два-три раза и записывают самый лучший результат. Следует помнить, что становая сила не исследуется в случае боли в пояснице, повреждении мышц живота, спины; у женщин — в период менструации и беременности.

2. *Определение скоростной силы* у испытуемых проводят при помощи таких упражнений:

- оценка силы мышц ног: прыжки в длину с места, выпрыгивание вверх с места, количество приседаний за 20 с, количество подскоков на правой (левой) ноге за 10 с;
- оценка силы мышц рук: сгибание и разгибание рук в упоре лежа за 10 с (количество раз), количество подтягиваний на перекладине за 10 с;
- оценка силы мышц живота и спины: прогибание спины из положения лежа на животе в течение 10 с (количество раз), поднятие туловища из положения лежа на спине до прямого седа (количество раз за 10 с), в висе поднимание ног вперед (количество раз за 10 с).

3. *Оценку силовой выносливости* мышц рук и пояса верхних конечностей испытуемых можно провести во время выполнения подтягивания на перекладине или сгибания и разгибания рук в упоре на брусках. Для мышц живота используют поднятие и опускание туловища из положения лежа на спине, а для мышц ног — приседания.

Полученные данные заносят в таблицу 27, сравнивают и делают выводы о силовых возможностях всех испытуемых.

Таблица 27 — *Определение силовых возможностей*

Испытуемый	Максимальная мышечная сила	Скоростная мышечная сила	Силовая выносливость

Контрольные вопросы

1. *Что такое сила?*
2. *Какие основные виды силовых возможностей вы знаете?*
3. *Какие возрастные периоды являются благоприятными для развития силы?*
4. *Какие физиологические факторы определяют проявление максимальной статической силы?*
5. *Какие физиологические факторы определяют проявление максимальной динамической силы?*
6. *Какие типы гипертрофии мышц известны и какие физические качества они определяют?*

РАБОТА 21. Оценка гибкости

Гибкость — это способность человека выполнять движения с максимальной амплитудой. Она характеризуется степенью подвижности суставов, выражением которой является амплитуда движений (в градусах).

Уровень гибкости зависит от эластичности мышц и связочного аппарата, анатомических особенностей суставных поверхностей. Максимальная амплитуда движений определяется также функциональным состоянием ЦНС, согласованностью работы мышц-синергистов и антагонистов. Гибкость зависит также от температуры окружающей среды (при повышенной температуре она выше), поэтому использование разминки, согревающих процедур (горячая ванна) способствует существенному увеличению гибкости. В то же время физическое утомление, снижение температуры воздуха приводят к снижению гибкости. Она зависит также от возраста (у детей выше, чем у взрослых) и пола (у женщин выше, чем у мужчин) (Алтер, 2001; Дубровский, 2005; Кашуба, 2003; Фомин, Вавилов, 1991).

Различают такие **виды гибкости**:

- **общая** — определяется подвижностью всех суставов, что позволяет выполнять самые разнообразные движения с большой амплитудой;
- **специальная** — определяется уровнем подвижности отдельных суставов, что обусловлено спецификой вида спорта;
- **активная** — проявление максимальной амплитуды движений, выполняемых с помощью (с участием партнера, снаряда и др.);
- **резервная** — это разность между пассивной и активной гибкостью.

В младшем школьном возрасте имеются благоприятные условия для развития гибкости. Это, прежде всего, морфологические особенности опорно-двигательного аппарата — высокая эластичность связок и мышц, большая подвижность позвоночника. Самые высокие естественные темпы развития гибкости наблюдаются у детей 7—10 лет. У девушек 11—13 лет и у мальчиков 13—15 лет активная гибкость достигает максимальных величин. Физиологические и морфологические предпосылки для улучшения гибкости в этом возрасте не должны быть самоцелью, ведь избыточная подвижность суставов неблагоприятно влияет на формирование некоторых двигательных навыков.

Подвижность в суставах увеличивается, когда в растянутых мышцах увеличено кровоснабжение и, наоборот, уменьшается, если кровообращение ухудшается (Александрянц, 2003; Вискне, 1989; Ермолаев, 2001; Козлов, Гладышева, 1997).

У людей зрелого и пожилого возраста гибкость уменьшается, поэтому тренировочные оздоровительные занятия должны быть направлены и на ее развитие.

Основным методическим приемом во время развития гибкости суставов является обязательная разминка перед выполнением упражнений на растягивание. Чем лучше подготовлен мышечно-связочный аппарат, тем совершеннее выполняются движения, тем меньший риск травмирования — растяжения, разрывы мышц, сухожилий.

Упражнения на растягивание выполняют сериями в определенной последовательности: упражнения для суставов верхних конечностей, туловища и нижних конечностей, а между сериями — упражнения на расслабление.

Выполняя упражнения на растягивание, амплитуду движений увеличивают постепенно, поскольку даже после хорошей разминки возможно травмирование мышц и связок. Постепенное увеличение дает возможность организму приспособиться к специфической работе. Обычный темп движений с небольшой амплитудой (махи ногами, рывки руками и т. д.) — примерно 60 за 1 мин, других движений (наклоны туловища) — 40—45 за 1 мин. Упражнения на растягивание, особенно наклоны туловища, лица зрелого и пожилого возраста должны выполнять с большой осторожностью и произвольной скоростью.

Во время развития гибкости ведущим является повторный метод с интервалами отдыха, недостаточными для полного восстановления.

Уровень развития гибкости следует регулярно проверять. Это осуществляется методами измерения, при которых подвижность суставов оценивается в градусах или в метрах как на самом испытуемом, так и по изготовленным фотографиям.

Точнее всего подвижность суставов можно определить при помощи механического гониометра, представляющего собой соединение штангенциркуля и угломера в одну систему. Это дает возможность проводить измерения частей тела и их наклонов по вертикали и горизонтали в градусах в разных плоскостях (горизонтальной, саггитальной и фронтальной). Во время поворотов и наклонов штанги и угломера стрелка, благодаря противовесу, постоянно находится в вертикальном положении и показывает углы наклона измеряемого объекта к вертикали или горизонтали в градусах.

В пазы ножек штангенциркуля вставляют дугообразные или прямые ножки и закрепляют винтами. С помощью этих ножек проводят разнообразные глубинные измерения тела — например таза, ребер и др. Самым распространенным является гониометр конструкции Гамбурцева. Результаты гониометрии выражаются в угловых единицах (Александрянц, 2003; Алтер, 2001; Козлов, Гладышева, 1997).

Во время определения подвижности в суставах при помощи гониометров следует соблюдать соответствующие правила:

- измерения проводят утром;
- не проводить измерения после больших физических нагрузок;
- перед измерениями проводить разминку с включением в упражнения движений с нарастающей амплитудой;
- максимальная подвижность определенной части тела определяется из ее исходного положения;
- на коже испытуемого отмечают антропометрические точки, к которым приставляют рабочую часть гониометра;
- во время измерения стрелка гониометра должна передвигаться только в плоскости, перпендикулярной оси вращения исследуемой части тела.

Оснащение: гониометр.

Ход работы

После проведения разминки (в соответствии с положениями и условиями, изложенными в теоретическом вступлении к работе) у испытуемых (желательно разной спортивной специализации и тренированности) при помощи гониометра по очереди определяют подвижность таких суставов: плечевого, локтевого, лучезапястного, тазобедренного, коленного, голеностопного. Результаты измерений вносят в таблицу 28, сравнивают, делают выводы и дают рекомендации.

Таблица 28 — Оценка гибкости

Сустав	Подвижность, град					
	Сгибание	Разгибание	Отведение	Приведение	Пронация	Супинация
Плечевой						
Локтевой						
Лучезапястный						
Тазобедренный						
Коленный						
Голеностопный						

Контрольные вопросы

1. *Что такое гибкость?*
2. *Какие существуют виды гибкости?*
3. *Какие морфологические и физиологические факторы определяют гибкость?*
4. *Какие факторы влияют на проявление гибкости и подвижности суставов?*
5. *Каких условий и правил следует придерживаться во время определения подвижности в суставах?*
6. *Какие приборы используют для оценки подвижности суставов, каков принцип их работы?*

РАБОТА 22. *Определение координационных способностей человека*

Сегодня значительно увеличился объем деятельности, осуществляемой в различных ситуациях и требующей проявления находчивости, быстроты реакции, способности концентрировать и переключать внимание, пространственной, временной, динамической точности движений и их биомеханической рациональности. Все эти умения связывают с понятием ловкость —

способность человека быстро, оперативно, целесообразно, то есть наиболее рационально, усваивать новые двигательные действия, успешно решать двигательные задачи в изменяемых условиях. Наибольшее значение имеют высокоразвитое мышечное ощущение и пластичность нервных процессов, от степени проявления которых зависит срочность образования координационных связей и скорость перехода от одних установок и реакций к другим. В основе ловкости лежит координационная способность (Виксне, 1989; Дубровский, 2005; Куроченко, 2005; Омельченко, 2004; Фомин, Вавилов, 1991).

Под двигательной-координационной способностью подразумевают способность быстро, точно, целенаправленно, экономно, то есть наиболее совершенно решать двигательные задачи (особенно сложные и неожиданные).

Проявление координационных способностей зависит от ряда факторов, а именно: способности человека к точному анализу движений; деятельности анализаторов, особенно двигательного; сложности двигательной задачи; уровня развития других физических возможностей (скоростные возможности, динамическая сила, гибкость и др.); смелости и решительности; возраста; общей подготовленности (то есть запаса разнообразных, преимущественно вариативных двигательных умений и навыков).

Координационные способности в определенной степени можно разделить на три группы:

1 группа — способность точно измерять и регулировать пространственные, временные и динамические параметры движений;

2 группа — способность поддерживать статическое (позу) и динамическое равновесие;

3 группа — способность выполнять двигательные действия без лишней мышечной напряженности (скованности).

Координационные способности, принадлежащие к первой группе, зависят, прежде всего, от ощущения пространства, а также мышечного, то есть ощущения усилия.

Координационные способности, принадлежащие ко второй группе, зависят от способности удерживать стойкое положение тела, то есть равновесие, в статических положениях и при балансировании во время перемещений.

Координационные способности, принадлежащие к третьей группе, можно разделить на управление тоническим и координационным напряжением. Первое характеризуется чрезмерным напряжением мышц, обеспечивающих поддержание позы, а второе проявляется скованностью и чрезмерным напряжением мышц во время движения, включением в действие разных мышечных групп, а именно, мышц-антагонистов, что отрицательно сказывается на самом действии, неполным переходом мышц из фазы сокращения в фазу расслабления, что мешает формированию совершенной техники.

Координационные способности характеризуются точностью управления силовыми, пространственными и временными параметрами, обеспечиваются сложным взаимодействием центральных и периферических звеньев моторики на основе обратной афферентации, имеют *выраженные возрастные особенности*.

Дети 4—6 лет имеют низкий уровень развития координации, нестабильную координацию симметричных движений. Двигательные навыки формируются у них на фоне избытка ориентировочных, лишних двигательных реакций и низкой способности к дифференцированию усилий. В 7—8 лет двигательные координации характеризуются неустойчивостью скоростных параметров и ритмичности. С 11 до 13—14 лет возрастает точность дифференцирования мышечных усилий, улучшается способность к воспроизведению заданного темпа движений. Подростки 13—14 лет обладают высокой способностью к усвоению сложных двигательных координаций, что обусловлено завершением формирования функциональной сенсомоторной системы, достижением максимального уровня взаимодействия всех анализаторных систем и завершением формирования основных механизмов произвольных движений.

В 14—15 лет наблюдается некоторое снижение пространственного анализа и координации движений. В 16—17 лет продолжается совершенствование двигательной координации до уровня взрослых, дифференцирование мышечных усилий достигает оптимального уровня.

Оснащение: секундомер, свисток, мячи.

Ход работы

1. Выполнение штрафного броска (требует выполнения в спортивном зале). Испытуемых разделяют по парам: один подает мяч, другой с линии штрафного броска выполняет броски в кольцо 10 раз подряд. Затем партнеры меняются ролями. Засчитывается каждое попадание мяча в кольцо.

2. Бросок в движении. Испытуемые выстраиваются у средней линии направо от щита. У каждого в руке мяч. По команде преподавателя испытуемый выполняет два шага и бросок в кольцо с отскоком от щита. Затем возвращается на свое место, выполняет второй бросок и так далее (всего — 10). Фиксируется количество точных попаданий в кольцо.

3. Передача мяча двумя руками от груди (в стену). Испытуемые размещаются на расстоянии 3 м от стены и по сигналу преподавателя в течение 30 с выполняют передачи (в стену) двумя руками от груди. По свистку упражнение заканчивают. Задание можно выполнять двумя группами: одна группа испытуемых выполняет передачи, вторая считает, затем наоборот. Подсчитывается количество выполненных передач за 30 с. Делают выводы о координационных способностях испытуемых.

Контрольные вопросы

1. Что такое ловкость?
2. Что подразумевают под двигательльно-координационными способностями?
3. На какие группы делятся координационные возможности?
4. Какие факторы обуславливают проявление координационных способностей?
5. Каковы возрастные особенности проявления координационных способностей?

РАБОТА 23. *Оценка выносливости по данным функций кислородтранспортной системы организма*

В спортивной терминологии **выносливость** — это способность человека к длительному выполнению глобальной мышечной работы преимущественно или исключительно аэробного характера. В зависимости от типа и характера выполняемой работы различают такие виды выносливости — **статическая и динамическая, локальная и глобальная, силовая и скоростная, анаэробная и аэробная.**

В видах спорта, требующих проявления выносливости, спортсмены должны обладать большими аэробными возможностями: высокой максимальной скоростью потребления кислорода ($\dot{V}O_2\max$), то есть большой **аэробной мощностью** и способностью продолжительное время поддерживать высокую скорость $\dot{V}O_2$ (**большой аэробной емкостью**).

Уровень $\dot{V}O_2\max$ обуславливает скорость спортсмена на дистанции и возможность выполнять большой объем работы аэробного характера. Если у нетренированных мужчин 20—30 лет $\dot{V}O_2\max$ в среднем составляет 3,0—3,5 л·мин⁻¹, то у бегунов-стайеров и лыжников высокой квалификации этот показатель достигает 5—6 л·мин⁻¹. У нетренированных женщин он соответственно равен 2,0—2,5 л·мин⁻¹, а у лыжниц — около 4 л·мин⁻¹. Наиболее высокие абсолютные значения $\dot{V}O_2\max$ (л·мин⁻¹) у гребцов, пловцов, велосипедистов.

Относительные показатели $\dot{V}O_2\max$ (мл·кг⁻¹·мин⁻¹) находятся в обратной зависимости от массы тела, и потому у бегунов на длинные дистанции, имеющих, как правило, малую массу тела, относительные значения $\dot{V}O_2\max$ высоки и могут достигать 90 мл·кг⁻¹·мин⁻¹ и более (Аганянц, 2001; Вилмор, Костилл, 2003; Мищенко В. С. и др., 2004).

Уровень $\dot{V}O_2\max$ зависит от максимальных возможностей кислородтранспортной системы и утилизации кислорода. Кислородтранспортная система включает системы внешнего дыхания, крови и сердечно-сосудистую.

Система внешнего дыхания. Легочные объемы и емкости у тренированных на выносливость спортсменов в среднем на 10—20 % больше, чем у нетренированных лиц. Так, ЖЕЛ может достигать 9 л (у гребцов), максимальная произвольная вентиляция возрастает до 190—200 л мин⁻¹, у нетренированных — 120 л мин⁻¹, ЧД может достигать 40—60 циклов мин⁻¹. Увеличение ЛВ у спортсменов достигается за счет увеличения легочных объемов, силы и выносливости дыхательных мышц, повышения растяжимости грудной клетки, снижения противодействия току воздуха в воздухоносных путях.

Происходит повышение эффективности ЛВ, о котором можно судить по вентиляционному эквиваленту O₂, то есть объему ЛВ на литр потребляемого кислорода. Повышается вентиляционный анаэробный порог — критическая мощность работы, начиная с которой нарушается линейная зависимость между возрастанием ЛВ и мощностью работы: у нетренированных людей вентиляционный анаэробный порог соответствует мощности нагрузки, равной 50—60 % $\dot{V}O_{2\max}$, а у спортсменов — 80—85 % (Симонова, 2001; Солодков, Сологуб, 2003; Человек в цифрах..., 1990; Powers, Howly, 1990).

У тренированных на выносливость спортсменов повышается диффузионная способность легких вследствие увеличения легочных объемов, что обеспечивает большую альвеолярно-капиллярную поверхность, но главным образом — с увеличением объема крови в легочных капиллярах за счет расширения альвеолярно-капиллярной сети и центрального объема крови.

Система крови. Тренировка выносливости ведет к увеличению объема циркулирующей крови (ОЦК) до 6,4 л (у спортсменов — 5,5). Прирост ОЦК обусловлен в большей степени увеличением объема плазмы, чем объемом эритроцитов. Соответственно показатель гематокрита (густоты крови) у спортсменов ниже, чем у спортсменов (соответственно 42,8 и 44,6 %). Это уменьшает нагрузку на сердце в условиях покоя. Содержание эритроцитов и гемоглобина у спортсменов, тренирующих выносливость, превышает значения у нетренированных, это обуславливает большую кислородную емкость крови (Белоцерковский, 2005; Мищенко В. С., 1990; Спортивная физиология, 1986).

Сердечно-сосудистая система. Снижение ЧСС в состоянии покоя (брадикардия) является специфическим эффектом тренировки выносливости. ЧСС в состоянии покоя у тренированных на выносливость лиц может достигать 30 уд мин⁻¹ и менее, что является признаком экономизации работы сердца. Снижение ЧСС компенсируется увеличением CO до 100—120 мл и более. Увеличение CO происходит, в основном, за счет увеличения объема (дилатации) полостей сердца и повышения сократительной способности миокарда. Увеличение CO — главный функциональный эффект тренировки выносливости для сердечно-сосудистой системы и всей кислородтранспортной системы в целом.

Общий объем сердца у спортсменов, тренирующих выносливость, превышает 1000 см³ (максимально до 1700 см³), что обеспечивается большей дилатацией желудочков и нормальной, немного увеличенной толщиной их стенок. Наоборот, у представителей скоростно-силовых видов спорта сердце отличается нормальными или немного увеличенными размерами полостей, но хорошо заметной гипертрофией стенок. Таким образом, гипертрофия сердца специфична — тип ее определяется особенностями тренировочной деятельности (Белоцерковский, 2005; Вілмор, Костілл, 2003; Дубровский, 2005; Мищенко В. С., 1990; Функциональные резервы..., 1990).

Система утилизации кислорода. Выносливость спортсмена в большой степени зависит от физиологических особенностей их мышечного аппарата, которые, в свою очередь, определяются специфическими структурными и биохимическими свойствами мышечных волокон.

Отличительной особенностью композиции мышц у выдающихся представителей видов спорта, требующих проявления выносливости, является относительно высокое содержание медленносокращающихся волокон. Преобладание содержания этих волокон в мышцах выдающихся стайеров генетически обусловлено. При этом между содержанием медленносокращающихся волокон и $\dot{V}O_{2max}$ существует прямая связь.

Тренировка выносливости приводит к рабочей гипертрофии скелетных мышц, преимущественно саркоплазматического типа, что связано с увеличением саркоплазматического пространства мышечных волокон. В процессе тренировки выносливости увеличивается синтез белков, из которых состоят митохондриальные кристы мышечных волокон. В итоге возрастает число и размеры митохондрий в мышечных волокнах: у спортсменов высокой квалификации объемная плотность центральных и периферических митохондрий соответственно на 50 и 300 % больше, чем у нетренированных людей, а значит, и выше способность мышцы к утилизации кислорода, поступающего с кровью.

Тренировка выносливости стимулирует увеличение количества капилляров, окружающих мышечные волокна. Среднее количество капилляров на 1 мм² поперечника мышечных волокон у нетренированных людей составляет 325, а у тренированных — 400. У мужчин это количество больше, чем у женщин (Куроченко, 2004; Pover, Howlly, 1990; Viru, 1995).

В миокарде увеличивается активность аэробных окислительных ферментов, возрастает способность миокарда поглощать из крови кислород и молочную кислоту и использовать ее как энергетический источник.

Наиболее характерными эффектами тренировки выносливости являются повышения емкости и мощности аэробного метаболизма работающих мышц. Главные метаболические механизмы этих эффектов:

1) увеличение содержания и активности специфических ферментов аэробного механизма;

2) увеличение содержания миоглобина в 1,5—2 раза;

3) повышение содержания энергетических источников — мышечного гликогена и липидов (максимально на 50 %);

4) усиление способности мышц окислять углеводы и особенно жиры («жировой сдвиг») (Буланов, 2002; Ключевые факторы адаптации..., 1996, Henriksson, 1992; Williams, 1990).

Оснащение: степ-ступенька, секундомер, медицинские весы.

Ход работы

Если нет возможности определить прямым методом $\dot{V}O_2$ max с использованием современного оборудования — газоанализатора и тредмила, то работу можно провести при помощи степ-теста.

Для этого испытуемый (предварительно взвешенный на медицинских весах) выполняет восхождение на степ-ступеньку в течение 5 мин. Темп движений — 25 шаговых циклов за 1 мин (задается метрономом). Высота ступеньки — 40 см (мужчины) и 30 см (женщины). В конце пятой минуты регистрируют пульс и полученные данные подставляют в формулу:

$$\dot{V}O_2 = 1,29 \sqrt{\frac{W}{H - 60}} \cdot e^{0,000884 \cdot t},$$

где 1,29 — коэффициент; W — мощность нагрузки, кгм·мин⁻¹; H — ЧСС в конце работы, уд·мин⁻¹; e — основание натурального логарифма; t — возраст.

Полученные данные сравнивают и делают выводы об аэробной мощности всех испытуемых.

Контрольные вопросы

1. Что подразумевают под понятием «выносливость»?
2. Какие основные системы определяют проявление выносливости?
3. Что означают термины «аэробная мощность» и «аэробная емкость»?
4. Какие структурные, метаболические и функциональные изменения происходят в кислородтранспортной системе организма в процессе развития выносливости?
5. Каковы основные структурные, метаболические и функциональные изменения, происходящие в системе утилизации кислорода при развитии выносливости?

МОРФОФУНКЦИОНАЛЬНОЕ И МЕТАБОЛИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ЗАНЯТИЙ ФИЗИЧЕСКИМИ УПРАЖНЕНИЯМИ ЛИЦ РАЗНОГО ВОЗРАСТА

Онтогенез — это весь период индивидуального развития организма от момента оплодотворения яйцеклетки до естественного окончания жизни. В онтогенезе выделяют два относительно самостоятельных этапа развития: **пренатальный** (от момента оплодотворения и до рождения ребенка) и **постнатальный** (от рождения до естественного завершения индивидуальной жизни). С рождением человека развитие его продолжается в течение всего постнатального периода, в котором, в свою очередь, можно выделить ранний, зрелый и конечный (период старения) этапы развития. В процессе онтогенеза происходят рост и развитие организма, завершающиеся в основном в 18—22 года (Ананьев и др., 2001; Апанасенко, 1985; Возрастная физиология..., 1978; Дубровский, 2005).

Под термином **рост** подразумевают увеличение длины, объема, массы тела детей и подростков, обусловленные увеличением количества клеток и составляющих их органических молекул, то есть количественными изменениями. Под **развитием** подразумевают качественные изменения в организме, состоящие в усложнении строения и функций всех тканей и органов, совершенствовании их взаимодействия и процессов регуляции. Рост и развитие тесно взаимосвязаны и взаимообусловлены. Так, постепенные количественные изменения, возникающие в процессе роста организма, ведут к появлению у ребенка новых качественных особенностей. Качественное совершенствование двигательных функций ребенка, в свою очередь, способствует количественному морфофункциональному созреванию мозговых структур, поскольку вследствие увеличения двигательной активности ребенка более интенсивно происходит и формирование новых межклеточных и межзональных связей в подкорковых и корковых образованиях головного мозга. Рост и развитие человека запрограммированы генетически и определяют лишь общий план развития. Конечная реализация генетической программы зависит от влияния внешней среды, в том числе и физических нагрузок. Многие морфологические признаки тела находятся под генетическим контролем (приложение 10): ЖЕЛ, общая емкость легких, остаточный и резервный объем дыхания, продолжительность задержки дыхания. Генетически обусловлены максимальная ЧСС, общий объем сердца, масса левого желудочка, капилляризация сердца, толщина коронарных арте-

рий и др. На 90—94 % генетическими факторами обусловлен уровень VO_{2max} Ярким доказательством влияния комплекса генетических факторов и факторов окружающей среды на физическое развитие современного человека являются акселерация и эпохальные сдвиги (Дубровский, 2005; Ермолаев, 2001; Солодков, Сологуб, 2001).

Акселерация — это ускорение темпов роста и развития размеров тела, более ранние сроки полового созревания современного человека относительно предыдущих поколений. **Эпохальные сдвиги** — комплекс морфофункциональных изменений организма современного человека: увеличение размеров тела, снижение возраста полового созревания, ускорение темпов развития, уменьшение периода роста, увеличение продолжительности жизни и периода работоспособности. Это — положительные изменения, отражающие влияние благоприятных социальных и медико-биологических факторов, поскольку вместе с улучшением показателей физического развития отмечается повышение уровня проявления двигательных способностей и показателей физической работоспособности, рост спортивных результатов.

Биологические механизмы акселерации окончательно не выяснены, но наиболее существенными являются такие: эффект гетерозиса (вследствие широкой миграции современного населения и увеличения количества смешанных браков), урбанизация (увеличение количества населения городов) и стимулирующее влияние уровня городской жизни на темпы развития; увеличение уровня радиации на Земле; улучшение социальных и социально-гигиенических условий жизни населения промышленно развитых стран и др.

Жизненный цикл человека делится на возрастные периоды, характеризующиеся определенными морфологическими и функциональными особенностями. Вопросы возрастной периодизации являются спорными из-за отсутствия единого взгляда на критерии границ между возрастными этапами. К тому же каждый организм развивается индивидуально, проходит своим неповторимым путем со своими отклонениями и блужданиями. Нередко физическое и умственное созревание, функциональная дееспособность двигательного аппарата и внутренних органов, общее состояние организма, то есть все то, что характеризует биологический возраст, не согласовываются с календарным возрастом, опережая его, или, наоборот, заметно отставая (Семенов, 2005; Солодков, Сологуб, 2005; Korobeynikov, Korobeynikova, 2003).

Самой распространенной является такая схема возрастной периодизации.

Новорожденные	1—10 дней
Грудной возраст	10 дней — 1 год
Раннее детство	1—3 года
Первое детство	4—7 дней

Второе детство	8—12 лет (мальчики) 8—11 лет (девочки)
Подростки	13—16 лет (мальчики) 12—15 лет (девочки)
Юношеский возраст	17—21 год (юноши) 16—20 лет (девушки)
Зрелый возраст	
I период	22—35 лет (мужчины) 21—35 лет (женщины)
II период	36—60 лет (мужчины) 36—55 лет (женщины)
Пожилый возраст	61—74 года (мужчины) 56—74 года (женщины)
Старческий возраст	75—89 лет (мужчины и женщины)
Долгожители	свыше 90 лет

В развитии организма в онтогенезе обнаружены две основных закономерности: неравномерность (цикличность) и неодновременность (гетерохронность). **Цикличность** состоит в том, что периоды усиленного роста и интенсификации обменных процессов сменяются их замедлением. Суть **гетерохронности**: формирование разных органов и систем происходит в разное время. В связи с неравномерностью роста и развития человека выделяют несколько периодов:

- *первый период вытягивания* (первый год жизни) — рост ребенка увеличивается примерно на 25 см, масса тела — почти втрое;
- *второй период вытягивания* (5—7 лет): годовой прирост длины тела — 7—10 см, массы тела — на 3—6 кг;
- *третий период вытягивания* (с 11—12 лет до 15—16 лет): ежегодный прирост длины тела составляет 8—10 см, массы тела — 3—6 кг.

Между этими периодами темпы развития несколько снижаются и наступают периоды «округления» (Виксне, 1989; Фомин, Вавилов, 1991).

Основные морфофункциональные показатели организма человека в возрастном аспекте представлены в приложении 7. Учитывая их и особенности физической работоспособности людей разного возраста, следует правильно использовать и средства физического воспитания. Так, физическую подготовку детей рекомендуют начинать с 1,5—2-месячного возраста, применяя массаж, пассивные, пассивно-активные и активные движения. В течение первого года жизни при помощи физических упражнений следует подготовить двигательный аппарат ребенка к ходьбе, а затем стимулировать ходьбу, формировать правильную осанку. До трех лет происходит усвоение локомоторных актов (ходьба, бег без фазы полета). С шести лет ребенка готовят к интенсивным занятиям физическими упражнениями в школе.

Главная направленность физической подготовки детей периода второго детства (девочки 8—11 лет, мальчики 8—12 лет) — это развитие двигательных координаций и скорости движений. Очень велика способность детей к усвоению техники движений. При этом они лучше усваивают целостные движения, нежели движения по элементам, что обусловлено преобладанием первой сигнальной системы.

У **подростков** наблюдается повышение темпа движений, улучшение статической и динамической выносливости, статического равновесия, двигательной координации. Есть предпосылки для развития скорости и скоростно-силовых качеств. Этот период благоприятен для развития силовых возможностей — в 14—17 лет происходят их скачкообразное наращивание.

В **юношеском возрасте** завершается половое созревание, прекращается рост тела в длину, мышцы по объему и функциям достигают показателей взрослого человека. Происходит дальнейшее совершенствование центральной нервной системы и высшей нервной деятельности, умственной деятельности, способности к обобщению, развитие координационных способностей, овладение и совершенствование новой техникой движений. Завершается формирование высших эмоций (эстетических, интеллектуальных), а также самосознания. Есть возможности для совершенствования всех двигательных качеств, а для развития специальной силы и выносливости этот период наиболее благоприятен.

До 35 лет наблюдается относительная стабильность морфофункциональных показателей органов и систем, а в дальнейшем происходит постепенное их ухудшение. С 35 лет постепенно снижаются гибкость, затем скорость, сила и позже — выносливость. Уменьшаются продуктивность умственной деятельности, способность к логическому мышлению, эластичность и прочность связочного аппарата, подвижность суставов, возрастает ломкость костей, происходит окостенение элементов позвоночника. Систематические занятия физическими упражнениями стимулируют потенциальные ресурсы организма людей зрелого возраста и задерживают негативные возрастные изменения (Солодков, Сологуб, 2005; Спортивная медицина, 2003; Физическая культура студента, 1999).

Инволютивный период (женщины с 56 лет, мужчины с 61 года) характеризуется асинхронными изменениями в структурах и функциях различных органов и систем. Изменения высшей нервной деятельности проявляются в ослаблении нервных процессов и особенно торможения, что влияет на умственную работоспособность. Уменьшаются слуховая и тактильная чувствительность, ухудшается зрение. Даже при отсутствии тренировки сохраняются двигательные навыки. Ухудшаются скорость, координация, гибкость. В большей степени сохраняются сила и выносливость к умеренной работе.

Второе детство	8—12 лет (мальчики) 8—11 лет (девочки)
Подростки	13—16 лет (мальчики) 12—15 лет (девочки)
Юношеский возраст	17—21 год (юноши) 16—20 лет (девушки)
Зрелый возраст	
I период	22—35 лет (мужчины) 21—35 лет (женщины)
II период	36—60 лет (мужчины) 36—55 лет (женщины)
Пожилой возраст	61—74 года (мужчины) 56—74 года (женщины)
Старческий возраст	75—89 лет (мужчины и женщины)
Долгожители	свыше 90 лет

В развитии организма в онтогенезе обнаружены две основных закономерности: неравномерность (цикличность) и неодновременность (гетерохронность). **Цикличность** состоит в том, что периоды усиленного роста и интенсификации обменных процессов сменяются их замедлением. Суть **гетерохронности**: формирование разных органов и систем происходит в разное время. В связи с неравномерностью роста и развития человека выделяют несколько периодов:

- *первый период вытягивания* (первый год жизни) — рост ребенка увеличивается примерно на 25 см, масса тела — почти втрое;
- *второй период вытягивания* (5—7 лет): годовой прирост длины тела — 7—10 см, массы тела — на 3—6 кг;
- *третий период вытягивания* (с 11—12 лет до 15—16 лет): ежегодный прирост длины тела составляет 8—10 см, массы тела — 3—6 кг.

Между этими периодами темпы развития несколько снижаются и наступают периоды «округления» (Виксне, 1989; Фомин, Вавилов, 1991).

Основные морфофункциональные показатели организма человека в возрастном аспекте представлены в приложении 7. Учитывая их и особенности физической работоспособности людей разного возраста, следует правильно использовать и средства физического воспитания. Так, физическую подготовку детей рекомендуют начинать с 1,5—2-месячного возраста, применяя массаж, пассивные, пассивно-активные и активные движения. В течение первого года жизни при помощи физических упражнений следует подготовить двигательный аппарат ребенка к ходьбе, а затем стимулировать ходьбу, формировать правильную осанку. До трех лет происходит усвоение локомоторных актов (ходьба, бег без фазы полета). С шести лет ребенка готовят к интенсивным занятиям физическими упражнениями в школе.

Главная направленность физической подготовки детей периода второго детства (девочки 8—11 лет, мальчики 8—12 лет) — это развитие двигательных координаций и скорости движений. Очень велика способность детей к усвоению техники движений. При этом они лучше усваивают целостные движения, нежели движения по элементам, что обусловлено преобладанием первой сигнальной системы.

У *подростков* наблюдается повышение темпа движений, улучшение статической и динамической выносливости, статического равновесия, двигательной координации. Есть предпосылки для развития скорости и скоростно-силовых качеств. Этот период благоприятен для развития силовых возможностей — в 14—17 лет происходят их скачкообразное наращивание.

В *юношеском возрасте* завершается половое созревание, прекращается рост тела в длину, мышцы по объему и функциям достигают показателей взрослого человека. Происходит дальнейшее совершенствование центральной нервной системы и высшей нервной деятельности, умственной деятельности, способности к обобщению, развитие координационных способностей, овладение и совершенствование новой техникой движений. Завершается формирование высших эмоций (эстетических, интеллектуальных), а также самосознания. Есть возможности для совершенствования всех двигательных качеств, а для развития специальной силы и выносливости этот период наиболее благоприятен.

До 35 лет наблюдается относительная стабильность морфофункциональных показателей органов и систем, а в дальнейшем происходит постепенное их ухудшение. С 35 лет постепенно снижаются гибкость, затем скорость, сила и позже — выносливость. Уменьшаются продуктивность умственной деятельности, способность к логическому мышлению, эластичность и прочность связочного аппарата, подвижность суставов, возрастает ломкость костей, происходит окостенение элементов позвоночника. Систематические занятия физическими упражнениями стимулируют потенциальные ресурсы организма людей зрелого возраста и задерживают негативные возрастные изменения (Солодков, Сологуб, 2005; Спортивная медицина, 2003; Физическая культура студента, 1999).

Инволютивный период (женщины с 56 лет, мужчины с 61 года) характеризуется асинхронными изменениями в структурах и функциях различных органов и систем. Изменения высшей нервной деятельности проявляются в ослаблении нервных процессов и особенно торможения, что влияет на умственную работоспособность. Уменьшаются слуховая и тактильная чувствительность, ухудшается зрение. Даже при отсутствии тренировки сохраняются двигательные навыки. Ухудшаются скорость, координация, гибкость. В большей степени сохраняются сила и выносливость к умеренной работе.

Систематические занятия физическими упражнениями в этом возрасте повышают работоспособность, уменьшают утомляемость, улучшают ночной сон, способствуют уменьшению массы тела, уровня холестерина в крови. Мышечная деятельность повышает обмен веществ, задерживает атрофию мышечной системы. Самыми эффективными являются непродолжительные скоростные нагрузки, выполняемые в условиях умеренной эмоциональной насыщенности. Наименее благоприятными для лиц пожилого возраста являются нагрузки относительно интенсивные, продолжительные, характеризующиеся однообразием. В программу занятий следует включать упражнения для развития гибкости позвоночника, подвижности суставов.

РАБОТА 24. *Определение и оценка биологического возраста человека*

Биологический возраст — понятие, отражающее индивидуальный фактически достигнутый уровень морфофункциональной зрелости отдельных тканей, органов, систем и организма в целом. Биологический возраст зависит от генетических особенностей роста и развития, а также от условий окружающей среды, в которых воспитывается ребенок, — социальных, бытовых, материальных и других факторов, определяющих образ жизни (Меерсон, 1986; Мищенко В. П. и др., 2004; Орешкин, 1990; Вилмор, Костилл, 1997; Чумаков, 1999).

Оценивая общий уровень физического развития, детей делят на три группы: акселераты, медианты и ретарданты.

Акселераты — дети с ускоренным, опережающим паспортный возраст, развитием и половым созреванием в более ранние сроки.

Медианты — дети со средним уровнем физического развития (по длине тела) и соответствующими ему зависимыми признаками — массой тела и объемом грудной клетки.

Ретарданты — дети, отстающие в физическом развитии и созревании организма от паспортного возраста.

Ускорение и замедление темпов физического развития имеют свои недостатки и положительные стороны. Ускорение роста сопровождается улучшением физического развития и одновременно моторики. Дети с замедленным развитием пополняют группы с нарушениями здоровья.

У акселератов чаще всего наблюдается нарушение гармоничности психо-социального развития. Ускорение физического развития и полового созревания ведет к ранней осификации скелета. Акселераты чаще болеют, чем дети со средним и низким уровнем физического развития. Акселерацию следует учитывать во время организации учебного и тренировочного процессов путем варьирования форм, средств и методов физического воспитания в разные

возрастные периоды. Дети рано взрослеют физически, а уровень их работоспособности отстает. Тенденция отмечать успехи в физическом воспитании детей-акселераторов принципиально неверна. Медианты и ретарданты в более поздние календарные сроки потенциально могут опередить акселераторов, достигая выдающихся успехов в спорте в зрелом возрасте.

Определение биологического возраста в совокупности с показателями физического развития позволяет точно определить уровень функциональных возможностей основных систем растущего организма и в какой-то мере — уровень его здоровья. Расстройства здоровья у школьников, связанные с ускорением или запаздыванием физического развития, как правило, имеют функциональную природу и являются характерными для второй группы здоровья. У школьников со средними показателями физического развития редко наблюдаются расстройства функций сердечно-сосудистой системы, которые следует рассматривать как результат неадекватности предложенных физических нагрузок уровню физического развития.

Различия между паспортным и биологическим возрастом могут достигать в подростковом периоде 4—5 лет, что требует дифференцирования методики проведения занятий по физическому воспитанию, подбора средств и методов, адекватных биологическому развитию, а не календарному возрасту детей.

Задержка биологического развития детей на 5—6 лет может свидетельствовать о неблагоприятных бытовых условиях, неполноценном питании, недостатке в нем витаминов, тяжелых или повторных заболеваниях, гормональных нарушениях (Алексанянц и др., 2003; Детская спортивная медицина, 1991; Дубровский, 2005; Козлов, Гладышева, 1997; Круцевич, 1999).

Критериями биологического возраста могут быть морфологические, функциональные и биохимические показатели, диагностическая ценность которых меняется в зависимости от этапа постнатального онтогенеза. Из морфологических критериев чаще всего используют скелетную зрелость (термины ossification скелета), зрелость зубов (прорезание и смена зубов), зрелость форм тела (пропорции, состав тела), развитие первичных и вторичных половых признаков.

Функциональными критериями являются показатели, отражающие зрелость центральной и вегетативной нервной систем, опорно-двигательного аппарата.

К **биохимическим критериям** относят ферментативные, гормональные и цитохимические показатели. В практической работе для определения биологического возраста обычно пользуются зубной и половой формулами. Для оценки биологического возраста в период полового созревания учитывают развитие первичных и вторичных половых признаков:

- у мальчиков — волосы на лобке и на подмышках, набухание сосков, ломка голоса, развитие кадыка;

- у девочек — кроме показателей развития волосяного покрова учитывают состояние молочных желез, а также отсутствие или время появления первой менструации.

Методики оценки биологического возраста

1. Для определения биологического возраста исследуемые показатели сравнивают со среднестатистическими значениями показателей биологического развития детей определенного возраста, имеющимися в таблицах (возраст, длина тела, ежегодные увеличения длины тела в каждом возрасте, количество постоянных зубов, признаки оссификации костей, развитие вторичных половых признаков).

2. Метод оценки биологического возраста детей 6—7 лет (по Дубогай) предусматривает определение степени биологического развития детей путем сопоставления количества прорезавшихся постоянных зубов с данными, приведенными в таблице 29.

Таблица 29 — Оценка биологического возраста детей

Темп дозревания	Количество зубов		
	6 лет	6,5 лет	7 лет
<i>Мальчики</i>			
Отставание	0	00—1	< 5
Средний темп	1—4	2—8	5—10
Опережение	< 4	< 8	> 10
<i>Девочки</i>			
Отставание	0	0—2	< 6
Средний темп	1—5	3—9	5—11
Опережение	> 5	> 9	> 11

По методике Дубогай, биологический возраст соответствует паспортному, если длина тела ребенка не ниже средней (по таблицам стандартов физического развития), ежегодное увеличение длины тела составляет не менее 4 см, количество постоянных зубов до 6 лет не меньше одного, а в 7 лет — не меньше четырех у мальчиков и пяти у девочек (Детская спортивная медицина, 1991).

Определение биологического возраста в сочетании с показателями физического развития позволяет точнее оценить уровень функциональных возможностей основных систем растущего организма и в какой-то степени — уровень его развития.

Биологический возраст можно также определить по особенностям дифференцирования костной ткани, прежде всего по порядку и срокам возникновения точек окостенения и синостозов в отдельных частях скелета, определяемых рентгенографически, что является одним из надежных индикаторов биологического возраста. Во время анализа рентгенограммы для оценки биологического возраста пользуются сравнением со стандартными рентгенограммами,

приведенными в специальных атласах, или определяют сроки возникновения окостенения и формирования синостозов в отдельных костях. Фазы образования синостозов предлагается определять в баллах:

0 баллов — эпифизарная зона открыта;

1 балл — начало синостозирования, закрыты не менее 1/2—1/3 эпифизарной зоны;

2 балла — закрыто около 1/2 эпифизарной зоны;

3 балла — синостозирование почти всей эпифизарной зоны, по краям сохранились небольшие свободные от костной ткани участки;

4 балла — синостозирование закончено, на месте эпифизарной зоны остается в виде белой полоски участок склерозированной кости;

5 баллов — участок склероза в эпифизарной зоне исчез.

Для объективной оценки биологического возраста следует учитывать весь комплекс морфофункциональных показателей.

Для определения биологического возраста по комплексу показателей можно пользоваться формулами, приведенными в таблице 30.

Таблица 30 — Формулы для определения биологического возраста

Формула полового созревания	Степень развития волосяного покрова подмышек (А) и на лобке (Р)	Ломка голоса (Г)
$A_0 P_0 G_0$	Полное отсутствие волосяного покрова	Детский голос
$A_1 P_1 G_1$	Первые признаки волосяного покрова на ограниченных центральных участках и на лобке	Отличие голоса от детского
$A_2 P_2 G_2$	Ясно выраженный волосяной покров	Ломка голоса
$A_3 P_3 G_3$	Полное развитие волосяного покрова	Отличие голоса от мужского
$A_4 P_4 G_4$	Увеличение волосяного покрова	Мужской голос

Биологический возраст определяется суммой баллов по всем индексам. Максимальная сумма баллов составляет 12 (Дудин, Лисенчук, Воробьев, 2001; Евгеньева, 2002).

Работа 24.1. *Определение темпа физического развития и функционального возраста юношей*

Оснащение: ростомер, медицинские весы, секундомер, суховоздушный спирометр.

Ход работы

Из числа студентов выбирают нескольких различной спортивной специализации. У каждого из них определяют антропометрические данные и показатели сердечно-сосудистой и дыхательной систем: длину тела (ДТ) и массу

тела (MT), ЧСС в покое (ЧССпок), ЧСС после 20 приседаний (ЧССнаг), жизненную емкость легких (ЖЕЛ), время задержки дыхания на вдохе (ЗДвд) и выдохе (ЗДвд_в).

На основе полученных показателей всех испытуемых рассчитывают (Коробеуников, Коробеуникова, 2003):

1. Коэффициент темпа физического развития (КФР) по формуле:

$$КФР = \frac{ДТ_{\phi}}{ДТ_m} + \frac{МТ_{\phi}}{МТ_m} + \frac{ЧССпок_m}{ЧССпок_{\phi}} + \frac{ЧССнаг_m}{ЧССнаг_{\phi}} + \frac{ЗДвд_{\phi}}{ЗДвд_m} + \frac{ЗДвд_{в\phi}}{ЗДвд_{вm}} + \frac{ЖЕЛ_{\phi}}{ЖЕЛ_m} / n,$$

где ϕ — фактическое значение показателя; m — надлежащее значение показателя; n — количество показателей в формуле.

2. Функциональный возраст определяют по формуле:

$$ФВ = ТФР \cdot КВ,$$

где $ТФР$ — темп физического развития; $КВ$ — календарный возраст.

$ТФР$ рассчитывают по формуле:

$$ТФР = \left(\frac{L_{\phi}}{L_m} + \frac{МТ_{\phi}}{МТ_m} + \frac{ЧССпок_m}{ЧССтах_{\phi}} + \frac{ЧССнаг_m}{ЧСС_{\phi}} + \frac{ЖЕЛ_{\phi}}{ЖЕЛ_m} + \frac{ЗДвд_{\phi}}{ЗДвд_m} + \frac{ЗДвд_{в\phi}}{ЗДвд_{вm}} \right) / 6,$$

где L — длина тела; $МТ$ — масса тела.

Если $ТФР$ равен 1, то темп физического развития нормален, больше 1,1 — ускоренный, менее 1 — замедленный.

Для анализа уровня темпа физического развития используют данные таблицы 31 со средними показателями для юношей.

Таблица 31 — Надлежащие значения показателей физического развития

Показатель	Пол	Возрастные группы (лет)					
		15	16	17	18	19	20
Длина тела, см	Мужчины	150	168	171	174	176	179
	Женщины	156	160	164	166	168	170
Масса тела, кг	Мужчины	48	54	59	63	67	70
	Женщины	43	47	60	69	72	76
ЧСС в состоянии покоя, уд·мин ⁻¹	Мужчины	84	80	70	75	74	74
	Женщины	88	85	84	83	80	78
ЧСС после нагрузки, уд·мин ⁻¹	Мужчины	135	131	120	118	116	112
	Женщины	120	117	116	115	110	106
Задержка дыхания на вдохе, с	Мужчины	46	52	60	64	66	70
	Женщины	46	47	48	49	50	51
Задержка дыхания на выдохе, с	Мужчины	23	26	30	32	33	35
	Женщины	23	25	27	28	30	32
Становая мышечная сила, кг	Мужчины	70	90	103	108	115	119
	Женщины	44	51	55	58	60	62

Полученные данные всех испытуемых сравнивают, анализируют и делают выводы.

Контрольные вопросы

1. Что такое биологический возраст?
2. Каковы основные морфологические, биохимические и функциональные критерии биологического возраста?
3. Какие основные методы используют для оценки биологического возраста?
4. Что подразумевают под понятиями «темп физического развития» и «функциональный возраст»?

РАБОТА 25. *Определение физической работоспособности детей школьного возраста*

Оснащение: ступеньки или гимнастическая скамейка высотой 30 см, секундомер.

Ход работы

Для определения физической работоспособности детей чаще всего используют двухступенчатый тест (Апанасенко, 1985; Детская спортивная медицина, 1991; Круцевич, 1999; Мурза, Філіппов, 2001). Для этого испытуемый выполняет подъем на ступеньку высотой 30 см (можно использовать гимнастическую скамейку) в темпе 20 восхождений за 1 мин в течение 3 мин. По завершении работы в положении стоя подсчитывают ЧСС в течение первых 10 с. Спустя 1 мин отдыха испытуемому дают вторую нагрузку: в течение 3 мин подъем на ступеньку высотой 30 см в темпе 30 восхождений за 1 мин. По завершении работы в положении стоя опять подсчитывают ЧСС в течение первых 10 с. Используя данные таблицы 32, на горизонтальной линии находят цифру, соответствующую ЧСС после первой нагрузки, а на вертикальной — ЧСС, полученную после второй нагрузки. Место пересечения этих двух величин ЧСС дает определенный коэффициент, умножением которого на массу тела испытуемого (в кг) рассчитывают физическую работоспособность (в $\text{кг} \cdot \text{мин}^{-1}$):

$$PWC_{170} = K \cdot m,$$

где K — коэффициент, который находят по таблице на пересечении значений ЧСС после первой (P_1) и второй (P_2) нагрузок, m — масса тела.

Данные исследования сравнивают и делают выводы об уровне физической работоспособности.

Таблица 32 — Таблица для расчета физической работоспособности школьников

$P_2 \backslash P_1$	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
20	20,80	25,80	40,80							
21	17,40	19,60	24,00	37,20						
22	15,36	16,50	18,40	22,20	33,60					
23	14,00	14,64	15,60	17,20	20,20					
24	13,03	13,40	13,92	14,70	16,00	18,60				
25	12,30	12,51	12,80	13,20	13,80	14,80	16,80			
26	11,73	11,85	12,00	12,20	12,48	12,90	13,60	15,00		
27	11,28	11,33	11,40	11,49	11,60	11,76	12,00	12,40	13,20	
28			10,93	10,85	10,97	11,00	11,04	11,10	11,20	11,40
29				10,53	10,50	10,46	10,40	10,32	10,20	10,00
30					10,13	10,05	9,94	9,80	9,60	9,30
31						9,73	9,60	9,43	9,20	8,88
32							9,33	9,15	8,91	8,60

Контрольные вопросы

1. На какие возрастные периоды делят школьников?
2. Каковы особенности организма детей младшего школьного возраста?
3. Каковы морфофункциональные и метаболические особенности организма подростков?
4. Каковы основные морфофункциональные и метаболические характеристики организма юношей?
5. Каковы особенности физической работоспособности детей школьного возраста?
6. Какие основные методы используют для характеристики физической работоспособности школьников?

РАБОТА 26. *Исследование особенностей физиологических процессов лиц пожилого возраста*

Оснащение: секундомеры, прибор для регистрации АД, суховоздушный спирометр, оборудование для регистрации латентного времени двигательной реакции на световые раздражители (желательно компьютерная программа), электромиотометр, пневмотахометр, оксигеметр.

Ход работы

В состоянии покоя у испытуемых лиц пожилого возраста определяют:

1. ЧСС дважды за 10 с с пересчетом на 1 мин.
2. АДсист., АДдиаст. и пульсовое давление.
3. Величину ЖЕЛ, объемы, составляющие ее, отношение резервного объема выдоха к резервному объему вдоха.
4. Время задержки дыхания на вдохе и выдохе с одновременным оксигемометрическим контролем.
5. Латентное время двигательной реакции на световые раздражители.
6. Реобазу и хронаксию на двух антагонистичных мышцах.
7. Твердость некоторых мышц конечностей и туловища (электромиотонометрия).

Далее испытуемые выполняют физические нагрузки — бег на месте в течение 15 с или в течение 1 мин в темпе соответственно 160 и 140 шагов за 1 мин. Можно использовать восхождение на ступеньку высотой 40 см (20—30 раз за 1 мин). После выполнения физической нагрузки проводят регистрацию тех же показателей. Полученные результаты всех испытуемых сравнивают с данными таблицы 33 и делают выводы о функциональных особенностях лиц пожилого возраста.

Таблица 33 — Допустимая предельная и максимальная (но недопустимая во время тестирования) ЧСС у людей разного возраста, уд/мин¹

Возраст, лет	ЧСС за 1 мин			
	Допустимая предельная		Максимальная	
	Мужчины	Женщины	Мужчины	Женщины
20—29	161	167	195	198
30—39	156	160	187	189
40—49	152	154	178	179
50—59	145	145	170	171
60 и более	140	142	162	163

Контрольные вопросы

1. Лиц какого возраста относят к пожилому возрасту?
2. Каковы особенности обмена веществ у лиц пожилого возраста?
3. Каковы особенности деятельности сердечно-сосудистой и дыхательной систем у лиц пожилого возраста?
4. Каковы особенности функционирования нервной системы и психической деятельности лиц пожилого возраста?
5. Каковы особенности гормонального статуса и водно-солевого обмена у лиц пожилого возраста?
6. Какие физические качества дольше всего сохраняются у лиц пожилого возраста?

Таблица 32 — Таблица для расчета физической работоспособности школьников

$P_2 \backslash P_1$	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
20	20,80	25,80	40,80							
21	17,40	19,60	24,00	37,20						
22	15,36	16,50	18,40	22,20	33,60					
23	14,00	14,64	15,60	17,20	20,20					
24	13,03	13,40	13,92	14,70	16,00	18,60				
25	12,30	12,51	12,80	13,20	13,80	14,80	16,80			
26	11,73	11,85	12,00	12,20	12,48	12,90	13,60	15,00		
27	11,28	11,33	11,40	11,49	11,60	11,76	12,00	12,40	13,20	
28			10,93	10,85	10,97	11,00	11,04	11,10	11,20	11,40
29				10,53	10,50	10,46	10,40	10,32	10,20	10,00
30					10,13	10,05	9,94	9,80	9,60	9,30
31						9,73	9,60	9,43	9,20	8,88
32							9,33	9,15	8,91	8,60

Контрольные вопросы

1. На какие возрастные периоды делят школьников?
2. Каковы особенности организма детей младшего школьного возраста?
3. Каковы морфофункциональные и метаболические особенности организма подростков?
4. Каковы основные морфофункциональные и метаболические характеристики организма юношей?
5. Каковы особенности физической работоспособности детей школьного возраста?
6. Какие основные методы используют для характеристики физической работоспособности школьников?

РАБОТА 26. *Исследование особенностей физиологических процессов лиц пожилого возраста*

Оснащение: секундомеры, прибор для регистрации АД, суховоздушный спирометр, оборудование для регистрации латентного времени двигательной реакции на световые раздражители (желательно компьютерная программа), электромиотонометр, пневмотахометр, оксигемометр.

Ход работы

В состоянии покоя у испытуемых лиц пожилого возраста определяют:

1. ЧСС дважды за 10 с с пересчетом на 1 мин.
2. Адсист., АДдиаст. и пульсовое давление.
3. Величину ЖЕЛ, объемы, составляющие ее, отношение резервного объема выдоха к резервному объему вдоха.
4. Время задержки дыхания на вдохе и выдохе с одновременным оксигнометрическим контролем.
5. Латентное время двигательной реакции на световые раздражители.
6. Реобазу и хронаксию на двух антагонистичных мышцах.
7. Твердость некоторых мышц конечностей и туловища (электромионометрия).

Далее испытуемые выполняют физические нагрузки — бег на месте в течение 15 с или в течение 1 мин в темпе соответственно 160 и 140 шагов за 1 мин. Можно использовать восхождение на ступеньку высотой 40 см (20—30 раз за 1 мин). После выполнения физической нагрузки проводят регистрацию тех же показателей. Полученные результаты всех испытуемых сравнивают с данными таблицы 33 и делают выводы о функциональных особенностях лиц пожилого возраста.

Таблица 33 — Допустимая предельная и максимальная (но недопустимая во время тестирования) ЧСС у людей разного возраста, уд·мин⁻¹

Возраст, лет	ЧСС за 1 мин			
	Допустимая предельная		Максимальная	
	Мужчины	Женщины	Мужчины	Женщины
20—29	161	167	195	198
30—39	156	160	187	189
40—49	152	154	178	179
50—59	145	145	170	171
60 и более	140	142	162	163

Контрольные вопросы

1. Лиц какого возраста относят к пожилому возрасту?
2. Каковы особенности обмена веществ у лиц пожилого возраста?
3. Каковы особенности деятельности сердечно-сосудистой и дыхательной систем у лиц пожилого возраста?
4. Каковы особенности функционирования нервной системы и психической деятельности лиц пожилого возраста?
5. Каковы особенности гормонального статуса и водно-солевого обмена у лиц пожилого возраста?
6. Какие физические качества дольше всего сохраняются у лиц пожилого возраста?

ФИЗИОЛОГИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ОЗДОРОВИТЕЛЬНОГО ЭФФЕКТА ЗАНЯТИЙ ФИЗИЧЕСКИМИ УПРАЖНЕНИЯМИ. НОРМИРОВАНИЕ И ДОЗИРОВАНИЕ ФИЗИЧЕСКИХ НАГРУЗОК

Первоочередной задачей оздоровительной физической культуры является повышение уровня физического состояния до безопасных величин, которые гарантируют стабильное здоровье. Главнейшая задача спортивной тренировки людей зрелого и пожилого возраста — профилактика сердечно-сосудистых заболеваний, являющихся основной причиной неработоспособности и смертности в современном обществе. Кроме того, следует учитывать возрастные физиологические изменения в организме в процессе инволюции. Все это обуславливает специфику занятий оздоровительной физической культурой и требует соответствующего подбора тренировочных нагрузок, методов и средств тренировки (Брискин, 2003; Булич, Муравов, 2003; Вилмор, Костилл, 2003; Колбанов, 1998; Мищенко В. П. и др., 2004; Budgett, 1998).

Оздоровительной тренировке присущи разные эффекты: общий, специальный и профилактический. **Общий эффект** состоит в том, что в результате оздоровительной тренировки происходит компенсация дефицита энергозатрат при недостаточной двигательной активности. Это достигается таким объемом бега, который соответствует затратам энергии не менее 2000 ккал на неделю, в частности во время бега продолжительностью около трех часов (3 раза в неделю по 1 часу) или бега на 30 км со средней скоростью 10 км·ч⁻¹. Общий эффект проявляется также в повышении устойчивости организма к стрессовым ситуациям, высоким и низким температурам, радиации, гипоксии. Повышается также неспецифический природный иммунитет, поэтому возрастает устойчивость к простудным и инфекционным заболеваниям.

Специальный эффект оздоровительной тренировки обуславливает повышение функциональных возможностей опорно-двигательного аппарата, сердечно-сосудистой, дыхательной, нервной и эндокринной систем организма. Экономизация работы сердца и повышение резервных возможностей системы кровообращения во время физических нагрузок, повышения ЖЕЛ и $\dot{V}O_2$ max способствует развитию выносливости, что ведет к повышению уровня физического состояния организма человека.

Профилактический эффект оздоровительной тренировки, в частности, состоит в опосредствованном положительном влиянии на факторы риска воз-

никновения сердечно-сосудистых заболеваний: увеличиваются капиллярное русло миокарда и коронарный кровоток, снижаются АД, уровень холестерина, липопротеидов низкой и очень низкой плотности в крови, уменьшается масса тела. Положительное влияние оздоровительные физические упражнения оказывают и на опорно-двигательный аппарат: укрепляют мышцы спины, разгружают позвоночник, предотвращая «выпадение» межпозвоночных дисков и появление болевого поясничного синдрома. Кости становятся крепче и массивнее, сухожилия и связки — крепкими и эластичными. Увеличение способности мышц к растягиванию и эластичность связок совершенствуют движения — увеличивают их амплитуду, расширяют возможности адаптации человека к разной физической работе и улучшают его здоровье.

В оздоровительной и спортивной тренировке различают основные компоненты нагрузок, определяющие их эффективность: тип, величину, объем и интенсивность нагрузки, периодичность занятий, продолжительность интервалов отдыха между занятиями (Аганянц, 2001; Куроченко, 2004; Омельченко, 2004; Платонов, 1997).

Тип нагрузки определяется видом упражнения, структурой двигательного акта. В оздоровительной тренировке различают три основных вида упражнений:

I тип — *циклические упражнения аэробной направленности* — способствуют развитию общей выносливости;

II тип — *циклические упражнения смешанной аэробно-анаэробной направленности* — развивают общую и специальную (скоростную) выносливость;

III тип — *ациклические упражнения* — повышают силовую выносливость.

Однако оздоровительный и профилактический эффекты относительно атеросклероза и сердечно-сосудистых заболеваний оказывают только упражнения, направленные на развитие аэробных возможностей и общей выносливости. Самыми эффективными из них являются циклические упражнения аэробной направленности, наиболее доступные — оздоровительный бег и ходьба (Брискин, 2004; Орешкин, 1990; Солодков, Сологуб, 2003; Фомин, Вавилов, 1991; Спортивная медицина, 2003).

Величину нагрузки определяют степень влияния на организм оздоровительных и спортивных упражнений. С этой точки зрения физические нагрузки делятся на пороговые, оптимальные, пиковые и сверхнагрузки.

Пороговая нагрузка превышает уровень обычной физической нагрузки, оказывающей необходимый оздоровительный эффект: компенсирует недостаточные энергетические затраты, повышает функциональные возможности организма и снижает факторы риска. Компенсация недостаточных энергозатрат пороговой нагрузкой — это такая длительность нагрузки и такой объем бега, которые соответствуют затратам энергии не менее 2000 ккал на неделю

(во время бега в аэробном режиме тратится примерно $1 \text{ ккал} \cdot \text{кг}^{-1} \cdot \text{км}^{-1}$ пути: $0,98$ у женщин и $1,08 \text{ ккал} \cdot \text{кг}^{-1}$ у мужчин). Для расчета пороговых ЧСС исходят из пульсового резерва сердца, который для здоровых нетренированных людей 20 лет составляет $200 \text{ уд} \cdot \text{мин}^{-1}$, а для тренированных того же возраста $220 \text{ уд} \cdot \text{мин}^{-1}$. Пороговая ЧСС соответственно рассчитывается так:

для нетренированных: $200 - \text{возраст (лет)} - \text{ЧССпок}$;

для тренированных: $220 - \text{возраст} - \text{ЧССпок}$.

Пиковая нагрузка — такая, которая не должна быть превышена на данном занятии. Пиковую ЧСС для лиц, начинающих заниматься оздоровительной физической культурой, рассчитывают так: $189 \text{ уд} \cdot \text{мин}^{-1} - \text{возраст (лет)}$, а для тех, кто имеет стаж занятий более трех лет — $170 \text{ уд} \cdot \text{мин}^{-1} - 0,5 \text{ возраста (лет)}$.

Оптимальная нагрузка — это нагрузка такого объема и интенсивности, которая оказывает максимальный оздоровительный эффект для данного лица. Зона оптимальных нагрузок ограничена снизу уровнем пороговых, а сверху — максимальных нагрузок. Обнаружено, что оптимальные нагрузки для подготовленных бегунов составляют $40-60 \text{ мин}$ $3-4$ раза в неделю (в среднем $30-40 \text{ км}$ за неделю). Дальнейшее увеличение количества преодоленных километров нецелесообразно, так как не происходит дополнительный прирост функциональных возможностей организма и увеличивается риск травмирования опорно-двигательного аппарата, нарушения деятельности сердечно-сосудистой системы, ухудшения психического состояния и нарушение менструального цикла у женщин (Дубровский, 2005; Еремеев, 1991; Шахлина, 2001).

Преодоление марафонской дистанции является примером **сверхнагрузки**, которая может привести к длительному снижению работоспособности и истощению резервных возможностей человека. В связи с этим марафонская дистанция не может быть рекомендована для оздоровительных занятий физической культурой. Она не ведет к увеличению «количества здоровья» и не может рассматриваться как логическое завершение оздоровительного бега и высшая степень здоровья.

Интенсивность нагрузки чаще всего определяется по ЧСС или в процентах $\dot{V}O_2 \text{max}$, а также с использованием других показателей (ПАНО, уровень лактата в крови и др.). В зависимости от характера энергообеспечения все циклические упражнения делятся на четыре тренировочных режима (Платонов, Булатова, 1995; Платонов, 1997).

1. *Анаэробный режим* — скорость выше критической (выше уровня $\dot{V}O_2 \text{max}$), содержание молочной кислоты в крови достигает $15-25 \text{ ммоль} \cdot \text{л}^{-1}$. В оздоровительной тренировке не используется.

2. *Смешанный аэробно-анаэробный режим* — скорость достижения уровней ПАНО и $\dot{V}O_2 \text{max}$, лактат крови — от 5 до $15 \text{ ммоль} \cdot \text{л}^{-1}$. Периодически может использоваться хорошо подготовленными спортсменами для развития специальной выносливости во время подготовки к соревнованиям.

3. *Аэробный режим* — скорость между аэробным порогом и уровнем ПАНО (2,0—4,0 ммоль·л⁻¹). Используется для развития и поддержания уровня общей выносливости.

4. *Восстановительный режим* — скорость ниже аэробного порога, лактат меньше 2 ммоль·л⁻¹. Используется как метод реабилитации после перенесенных заболеваний.

Объем нагрузки определяется общим количеством производимой работы или затраченной энергии и выражается в килограммометрах (кгм) либо в килокалориях (ккал). Объем характеризуется длиной преодоленной дистанции, временем выполнения упражнений, числом повторений. Объем и интенсивность нагрузки находятся в обратной зависимости: нагрузка предельной интенсивности может быть только при небольшом ее объеме, а если целью является достижение предельного объема работы, то интенсивность нагрузки должна быть умеренной. В оздоровительном спорте основным является объем нагрузки, однако необходимо учитывать ее интенсивность, чтобы она не превышала предел, до которого энергообеспечение происходит аэробным путем. Если интенсивность тренировочной нагрузки превышает аэробный порог, энергообеспечение будет происходить анаэробным путем, что не оказывает оздоровительного эффекта (Белоцерковский, 2005; Булич, Муравов, 2003; Ключевые факторы адаптации..., 1996; Лактатный порог..., 1997).

РАБОТА 27. Дозирование физических нагрузок при ЧСС в оздоровительной тренировке лиц разного возраста

Контроль функционального состояния сердечно-сосудистой системы связан прежде всего с использованием сложных методик (электрокардиография, поликардиография, эхокардиография и др.), применяемых обычно во время проведения углубленного медико-биологического контроля спортсменов. В оздоровительном спорте во время проведения обследований довольно надежной и информативной методикой является определение функционального состояния сердечно-сосудистой системы с целью дозирования физических нагрузок при помощи **пульсометрии** (Биологический контроль спортсменов..., 1986; Губарь и др. 1963; Карпман, Любина, 1982; Применение пульсометрии..., 1996; Спортивная медицина, 2003).

Исследование ЧСС может проводиться различными путями. Самый простой и самый распространенный метод — пальпаторный, состоящий в наложении пальцев на поверхностно располагающуюся артерию (лучевую, сонную или височную) и в подсчете количества колебаний стенок сосудов за 1 мин. В практической работе ЧСС подсчитывают за 10, 15, 20 и 30 с, а затем, умножая

соответственно на 6, 4, 3 и 2, определяют пульс за 1 мин. Сокращение времени подсчета дает некоторые погрешности в определении ЧСС, однако если необходима информация о величине ЧСС непосредственно во время выполнения работы, то после ее окончания рекомендуется подсчитывать ЧСС за 10 или 15 с, так как после работы идет интенсивное ее восстановление, и подсчет за 30 с или за 1 мин не позволяет получить достоверную информацию о «рабочей» ЧСС.

Показатель ЧСС информативен, так как он непрямо информирует о состоянии ведущих вегетативных систем организма, уровне обменных процессов, эмоциональном состоянии. Недовосстановление после физических нагрузок, перетренировки обязательно сказываются на этом показателе.

Если в процессе занятий физическими упражнениями с оздоровительной целью постепенно происходит снижение ЧСС по утрам, это следует рассматривать как позитивный факт приспособления организма к физической нагрузке, как постепенный рост тренированности. Некоторая стабилизация ЧСС свидетельствует о прекращении роста тренированности, а постепенное повышение ЧСС — о несоответствии применяемых физических нагрузок функциональным возможностям организма лиц, занимающихся оздоровительным спортом.

Если оздоровительными упражнениями занимаются лица старшего возраста, для оптимизации процесса адаптации к влиянию физических нагрузок следует использовать данные, приведенные в таблице 33, позволяющие найти предельные и максимальные значения пульсовых режимов для лиц разного возраста.

При помощи пульсометрии тренер может получить информацию о протекании в организме адаптационных процессов к физическим нагрузкам, используя тест Руфье.

Ход работы

Из числа студентов выбирают нескольких с разным уровнем тренированности. У каждого из них после 5-минутного отдыха в положении сидя перед нагрузкой определяют ЧСС за 15 с (P_1). Потом в течение 30 с выполняется 30 глубоких приседаний (1 приседание за 1 с). Сразу после нагрузки в положении стоя опять подсчитывают ЧСС за 15 с (P_2) и в положении сидя подсчитывают ЧСС за 15 с в конце первой минуты восстановления (P_3).

Полученные результаты вносят в таблицу 34 и рассчитывают индекс Руфье по формуле:

Таблица 34 — Значение индекса Руфье

Испытуемый	P_1	P_2	P_3	Индекс Руфье

$$\text{Индекс Руфье} = 4 (P_1 + P_2 + P_3) - 200 / 10,$$

где P_1, P_2, P_3 — ЧСС за 15 с; 200 и 10 — коэффициенты.

Для оценки состояния адаптации испытуемых к физическим упражнениям по индексу Руфье используют такие данные:

<i>Значения индекса Руфье</i>	<i>Состояние адаптации</i>
0—3	Отличное
4—6	Хорошее
7—9	Удовлетворительное
10—14	Слабое
5 и более	Неудовлетворительное

На основе полученных данных делают выводы о состоянии адаптации испытуемых к воздействию физических нагрузок.

Контрольные вопросы

- 1. Что подразумевают под общим, оздоровительным и специальным эффектом оздоровительной тренировки?*
- 2. Какие показатели используют для оценки объема физических нагрузок?*
- 3. Какие показатели используют для оценки интенсивности физических нагрузок?*
- 4. Какие показатели характеризуют величину физической нагрузки?*
- 5. Что означают термины: «пороговая нагрузка», «оптимальная» и «пиковая»?*

РАБОТА 28.

Оценка оздоровительного эффекта физической тренировки по данным компонентного состава массы тела

Анализ состава тела — широко используемая процедура, в ходе которой определяется один из основных показателей успешности фитнеса (Бриклин, Коннер, 1998; Булич, Муравов, 2003; Вилмор, Костилл, 2003; Спортивная медицина, 2003; Powers, Howley, 1990). Масса тела — показатель, отражающий и обуславливающий уровень здоровья. Однако важно знать, какую долю в этом показателе составляет жировая ткань. Полнота и ожирение — это серьезная проблема для здоровья. Излишек жира в организме мы не всегда

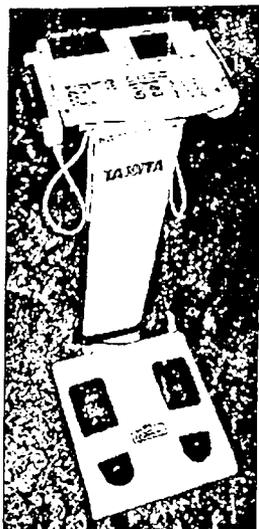


Рисунок 8 — Весы-жиро-анализатор

можем видеть. Он не может быть обнаружен и на обычных весах. Весы-жироанализатор, например TANITA (рис. 8), дают полное представление о составе тела, точно рассчитывают, сколько в нем жира и мышечной массы. Процедура определения компонентного состава массы тела длится не более 30 с и является наиболее простым и удобным методом мониторинга состава тела.

При регулярном измерении содержания жира в организме можно точно определить, как меняется состав тела в пользу активной мышечной массы — как жир постепенно замещается мышечной массой.

У людей, которые недавно приступили к тренировочным занятиям с целью увеличения мышечной массы или укрепления отдельных мышечных групп, даже в случае правильного питания, масса тела не меняется в течение нескольких месяцев. Это свидетельствует о том, что жир, занимающий большой объем, чем мышцы, исчезает, а сама мышечная ткань — увеличивается (Человек в цифрах..., 1990, Вилмор, Костілл, 2003; Питание спортсменов, 2006).

У людей с нормальной или даже сниженной массой тела содержание жира бывает чрезмерно высоким. Нормальные и сниженные показатели массы тела связаны с наличием слабо развитых и мало тренированных мышц. И наоборот, сильные, мускулистые, атлетически сложенные люди могут весить значительно больше, чем рекомендуют массо-ростовые диаграммы. Желая похудеть, атлетически сложенные люди могут снижать массу своего тела неправильно — в основном, за счет уменьшения мышечной массы. При регулярном контроле над массой жира эти люди имеют небольшое количество жира

в организме и их большая масса тела обусловлена исключительно массой мышц и, возможно, большей плотностью костей. Для контроля массы жира в организме можно пользоваться данными таблиц 35 и 36.

Наиболее целесообразным подходом к уменьшению массы жира в организме является соединение

Таблица 35 — Относительные показатели содержания жира в организме нетренированных мужчин и женщин (Вилмор, Костілл, 2003), %

Возрастная группа, лет	Женщины	Мужчины
15—19	20—24	13—16
20—29	22—25	15—20
30—39	24—30	18—26
40—49	27—33	23—29
50—59	30—36	26—33
60—69	30—36	29—33

ограниченного потребления пищи с повышением уровня двигательной активности. Если снизить калорийность рациона всего на 100 ккал·сутки⁻¹ (один кусок хлеба с маслом), то за год при условии сохранения обычного уровня двигательной активности масса тела уменьшается примерно на 4,5 кг. Если к этому прибавить потерю всего 0,1—0,2 кг массы за неделю, превышая уровень обычной двигательной активности (например, бег «трусцой» три раза на неделю, при дополнительных энергетических расходах 300—500 ккал·сутки⁻¹), то за год масса тела уменьшится на 10—16 кг, причем происходит это главным образом за счет запасов жира в организме.

Набор продуктов, которые рекомендуют потреблять для снижения калорийности рациона питания таков: обезжиренное молоко, обезжиренный творог, тунец, круто сваренные яйца, сырые овощи, сухие крекеры, рисовый кекс, хлопья, попкорн. При этом следует **придерживаться таких рекомендаций** (Орешкин, 1990; Сорубин, 2004; Уильямс, 1997; Питание спортсменов, 2006; Keddy, Lion, 1998):

- снижать массу тела постепенно (0,5—1,0 кг·неделю⁻¹) путем индивидуальной программы, направленной на модификацию режима питания и программы тренировочных занятий;

Таблица 36 — Диапазоны показателей относительного содержания жира в организме спортсменов, занимающихся различными видами спорта (Вилмор, Костипл, 2003), %

Вид спорта	Мужчины	Женщины
Бейсбол	8-14	12-18
Культуризм	6-12	10-16
Гребля на байдарках и каноэ	6-12	10-16
Велосипедный спорт	5-11	8-15
Фехтование	8-12	10-16
Футбол	6-18	—
Гольф	10-16	12-20
Гимнастика	5-12	8-16
Верховая езда	6-12	10-16
Хоккей на льду/траве	8-16	12-18
Ориентирование	5-12	8-16
Пятиборье	—	8-15
Ракетбол	6-14	10-18
Академическая гребля	6-14	8-16
Регби	6-16	—
Конькобежный спорт	5-12	8-16
Лыжные гонки	7-15	10-18
Прыжки с трамплина	7-15	10-18
Американский футбол	6-14	10-18
Плавание	6-12	10-18
Синхронное плавание	—	10-18
Теннис	6-14	10-20
Легкая атлетика:		
Беговые дисциплины	5-12	8-15
Другие дисциплины	8-18	12-20
Троеборье	5-12	8-15
Волейбол	7-15	10-18
Тяжелая атлетика	5-12	10-18
Борьба	5-16	—

- создавать незначительный дефицит энергии (снижая количество ежедневно потребляемых калорий на 500—1000), который определяется соответственно возрасту, полу, росту, массе тела, статусу развития и тренировочных потребностей;
- потреблять минимальное количество углеводов для осуществления тренировочных задач (5 г углеводов на 1 кг массы тела в день);
- ограничить потребление жира до 25 % суточной нормы (за счет обезжиренных продуктов);
- потреблять минимальное количество белков (1,2 кг белков на 1 кг массы тела в день);
- есть меньше, но чаще, при этом не забывая потреблять адекватное количество жидкости;
- есть медленно, тщательно пережевывая пищу;
- внести изменения в тренировочные программы, чтобы увеличить энергетические затраты, в соответствии с указаниями инструктора (тренера).

Цель программ уменьшения массы тела — снизить количество жировой, а не чистой массы тела. Постоянные физические нагрузки ведут к увеличению чистой массы тела и уменьшению жировой. Степень изменений колеблется в зависимости от вида физических нагрузок. Выполнение упражнений силовой направленности обеспечивает увеличение чистой массы тела, а их сочетание с нагрузками циклического характера ведет к потере жировой массы.

Обснащение: весы-жироанализатор.

Ход работы

Эту работу желательно выполнять на базе фитнес-клуба, где есть соответствующий контингент испытуемых и необходимое оборудование.

1. Определить компонентный состав массы тела у испытуемых, занимающихся фитнесом, с использованием весов-жироанализатора по инструкции, прилагаемой к прибору (обучает методике научный сотрудник фитнес-клуба).

2. Описать особенности контроля над массой тела во время занятий оздоровительной тренировкой. Эта часть работы является домашним заданием.

3. Дать рекомендации относительно индивидуальной коррекции массы тела лицам, занимающимся фитнесом (программу тренировочных нагрузок согласовать с инструктором фитнес-клуба). Эта часть работы является домашним заданием.

Поскольку мониторинг жировой массы проводится в течение месяца, эта работа подается студентами в письменном виде как научно-исследовательская и может быть представлена на конкурс научных студенческих работ.

Для проведения этой работы выбирают трех испытуемых, желательно одного пола и примерно одной возрастной группы. С помощью весов-жироанализатора определяют у каждого испытуемого содержание жира в организме, сравнивают с данными таблиц, делают выводы о соответствии содержания жира нормативным показателям.

Каждому испытуемому (если это необходимо) дают рекомендации относительно используемых физических нагрузок, а также диеты (рекомендации согласовывают с преподавателем и инструктором фитнес-клуба).

Исследование содержания жира и мышечного компонента в организме испытуемых желательно проводить регулярно с целью мониторинга оздоровительного эффекта используемых физических упражнений и рекомендованных диет.

Результаты мониторинга содержания жира в организме испытуемых заносят в таблицу 37 и делают выводы об эффективности используемых физических упражнений и диет.

Таблица 37 — Динамика содержания жира в организме лиц, занимающихся фитнесом

Испытуемый	Содержание жира, %				
	Нормальное значение	I неделя	II неделя	III неделя	IV неделя

Контрольные вопросы

1. Что подразумевают под компонентным составом массы тела?
2. Как влияет излишняя жировая масса на состояние здоровья и физическую работоспособность человека?
3. У лиц какого пола масса жира в организме выше?
4. Что рекомендуют для уменьшения жировой массы без снижения мышечной?
5. Как осуществляют мониторинг эффективности использования средств для уменьшения содержания жира в организме?

РАБОТА 29.

Физиологическое обоснование формирования групп для занятий оздоровительными видами спорта

Решение ситуационной задачи. Охарактеризовать методические подходы к формированию групп из лиц среднего и пожилого возраста для занятий оздоровительными видами спорта.

Последовательность выполнения задачи:

1. Дать морфофункциональную и метаболическую характеристику организма людей среднего (40—59 лет — мужчины, 35—54 года — женщины) и пожилого возраста (60—74 года — мужчины, 55—74 года — женщины).
2. Раскрыть основные задачи, решаемые на занятиях оздоровительными видами спорта.

3. Охарактеризовать физиологические критерии, используемые для включения лиц среднего и пожилого возраста в определенные группы для занятий оздоровительными видами спорта.

4. Дать рекомендации относительно характера и направленности физических нагрузок, пульсовых режимов занятий с оздоровительной направленностью для лиц I—III групп.

Образец типичного решения ситуационной задачи

1. Теоретические сведения по первому вопросу ситуационной задачи изложены в главе 7 (Алексанянц и др., 2003; Булич, Муравов, 2003; Ермолаев, 2001; Мухин, 2005).

2. Избежать старения невозможно, но замедлить темпы его проявления, сделать активной жизнь в эти годы можно. Известно, что нехватка двигательной деятельности (гиподинамия) стимулирует инволютивные изменения в организме и в комплексе с другими факторами ведет к преждевременному старению. Поэтому физические упражнения, природные факторы, закаливание, рациональный режим питания, деятельности и отдыха является эффективными средствами предупреждения преждевременного старения и продления трудовой активности человека. Позитивное влияние физических упражнений на организм лиц среднего и пожилого возраста обуславливает необходимость их использования для решения таких задач:

- укрепление здоровья, противодействие развитию инволютивных процессов, сохранение умственной и физической работоспособности, продление активного долголетия;
- стимуляция адаптационных реакций к влиянию факторов внешней среды, улучшение общего тонуса и закаливание организма;
- профилактика заболеваний или предотвращение их развития, поддержка функций ЦНС, сердечно-сосудистой, дыхательной, пищеварительной систем, стимуляция обмена веществ;
- укрепление мышц, улучшение и сохранение подвижности суставов, поддержание уровня двигательных возможностей, умений и навыков, правильной осанки;
- формирование уверенности в необходимости систематических занятий физическими упражнениями, приобретение теоретических знаний и практических навыков в основах самостоятельного их применения и самоконтроля.

3. Задачи, решаемые на занятиях физическими упражнениями, эффективно реализуются в организованных коллективах — группах здоровья, поскольку проводятся под руководством опытных тренеров и инструкторов по специально разработанным программам и при постоянном врачебно-педагогическом контроле. Рекомендуется использовать также физические упражнения — гигиеническую гимнастику, физкультурные паузы и физкультурные минутки во

время работы, туристические походы выходного дня, пешеходные прогулки, охоту, рыбалку, сбор грибов и ягод, занятия посильным физическим трудом.

Желающих посещать занятия в группах здоровья предварительно обследует врач и, в соответствии с состоянием здоровья, физической подготовленности, функциональных особенностей организма, их зачисляют в одну из трех медицинских групп:

I группа — практически здоровые лица с умеренными возрастными изменениями и достаточной для своего возраста физической подготовленностью;

II группа — лица, возрастные изменения у которых сопровождаются умеренными отклонениями в состоянии здоровья, без существенных функциональных расстройств и удовлетворительной физической подготовленностью;

III группа — лица, которые кроме выраженных возрастных изменений имеют значительные отклонения в состоянии здоровья, слабую физическую подготовленность и сниженную приспособляемость к физическим нагрузкам.

Лица указанных возрастных групп, имеющие серьезные нарушения в состоянии здоровья, направляются в лечебно-профилактические учреждения для занятий лечебной физкультурой (ЛФК).

Группы здоровья формируют соответственно полу и возрасту. Разница в возрасте лиц одной группы может составлять 5—10 лет. В I группе могут заниматься 20—25 человек, а во II и III — не более 12—15. Занятие мужчин и женщин лучше проводить отдельно, но возможны и смешанные группы.

4. Планирование занятий должно быть годовым из расчета два занятия в неделю, при условии преимущественного их проведения на свежем воздухе. Наиболее целесообразны комплексные занятия, включающие различные виды упражнений либо такие, которые чередуются по сменному графику: сначала в гимнастическом зале, затем на игровой площадке, в бассейне, на стадионе и т. д.

Продолжительность подготовительной и заключительной частей тренировочных занятий увеличивается из-за замедления процессов вработывания и восстановления. Продолжительность занятий в течение первых двух месяцев для I группы составляет 30—45 мин, для II группы — 20—30 мин, для III группы — 15—20 мин. В течение года продолжительность занятий может быть увеличена соответственно до 60—90, 45—60 и 30—45 мин. Для представителей III группы тренировочные занятия можно проводить 4—5 раз в неделю, уменьшив их продолжительность.

В программе занятий большее внимание уделяют упражнениям основной гимнастики из-за ее всестороннего влияния на организм, возможности индивидуального дозирования, избирательного влияния на определенные мышечные группы, суставы, позвоночник, отдельные органы. Используют упражнения без предметов и с предметами, на гимнастической стенке и гимнастической скамейке, профилакторе Евминова и тренажерах для укрепления мускулатуры,

а также упражнения, направленные на увеличение гибкости, расслабление, координацию.

Для женщин среднего возраста в программы занятий рекомендуется вводить элементы художественной гимнастики, а для мужчин — некоторые упражнения атлетической гимнастики. В пожилом возрасте можно использовать танцевальные элементы и их комбинации, вольные упражнения.

Лицам, отнесенным к III группе, показана ежедневная ходьба (3—4 км за 30—50 мин), занимающимся во II группе, — 5—7 км за 60—75 мин, представителям I группы — 7—10 км за 70—100 мин. Бег во II группе рекомендуется людям пожилого возраста в виде коротких пробежек, чередующихся с ускоренной ходьбой, а в III группе — в виде кратковременного бега «труссой». Как самостоятельную форму его можно использовать людям среднего и пожилого возраста I группы, а при дополнительном разрешении врача — и во II.

В занятия всех возрастных групп включают спортивные игры (волейбол, баскетбол, бадминтон, теннис, городки) по упрощенным правилам. У представителей II и III групп пожилого возраста игры должны быть кратковременными, чтобы не вызывать чрезмерного эмоционального подъема, перенапряжения, травм (Ананьев и др., 2001; Муравов, 2003; Мухин, 2005; Спортивная медицина. Практические..., 2003).

Ходьба на лыжах, плавание, гребля, катание на коньках имеют большое оздоровительное и закаляющее значение. Заниматься ими рекомендуется людям среднего возраста, овладевшим данными двигательными навыками, и людям пожилого возраста, приобретшим их ранее. Плавание по своему всестороннему профилактическому и оздоровительному воздействию является незаменимым средством в занятиях с людьми среднего и пожилого возраста. Занятия состоят из гимнастических упражнений на суше (15—25 мин) и плавания (35—45 мин) в бассейне с подогревом при температуре воды 22—26 °С и воздуха 20—21 °С.

Физические упражнения благоприятно влияют на людей среднего и пожилого возраста только при условии рационально спланированных, четко организованных и методически правильно построенных занятий. Для контроля над интенсивностью и величиной нагрузки ориентируются на значения ЧСС. Для этого перед занятием, в основной и в конце заключительной частей определяют ЧСС. Допустимая ее величина составляет для 40—49-летних 150, 50—59-летних — 140, 60-летних и старше — 130 за 1 мин. Физиологическая кривая нагрузки должна постепенно повышаться в начале занятия, достигая своего максимума в середине основной части занятия, и плавно снижаться к концу занятия. Плотность занятий в первые месяцы не должна превышать 40—55 %, через полгода может составлять около 60—65 %. В дальнейшем рекомендуется в III группе поддерживать достигнутую плотность, а во II и I группах увеличивать ее до 70—80 % (Белоцерковский, 2005; Карпман, Любина, 1982; Применение пульсометрии..., 1996; Мухин, 2005).

Два раза на год определяют эффективность занятий, используя врачебно-педагогические наблюдения, контролируя изменение антропометрических показателей, амплитуды движений в суставах, ЧСС, АД, проводя врачебные обследования.

Контрольные вопросы

- 1. Какие изменения в организме человека происходят в процессе старения?*
- 2. Каковы основные задачи занятий оздоровительными видами спорта?*
- 3. Каковы механизмы влияния физических упражнений на людей среднего и пожилого возраста?*
- 4. Каковы особенности организации занятий физической культурой с лицами среднего и пожилого возраста?*
- 5. В чем состоят особенности методики занятий физическими упражнениями с людьми среднего и пожилого возраста?*

РАЗДЕЛ 9

ФИЗИОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА СОСТОЯНИЙ ОРГАНИЗМА, ВОЗНИКАЮЩИХ ВО ВРЕМЯ СПОРТИВНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Качественные особенности двигательной деятельности человека характеризуются ее скоростью, силой, выносливостью, согласованностью отдельных частей движений в целом двигательном акте. Понятие физического качества представляет собой проявление как собственно двигательной функции, так и психо-физиологических особенностей, определяющих специфичность этого проявления.

Качественной мерой силы является величина мышечного напряжения, скорости — скорость мышечного сокращения, ее скрытый период, а также скорость движения на определенном участке дистанции, выносливости — продолжительность выполняемой мышечной работы. Состояние периферического аппарата движения, функций внутренних органов, биохимические процессы имеют специфические свойства.

В совершенствовании физических качеств существенное значение имеет сознательный волевой контроль. Хорошо известно, что умение преодолевать критическое состояние во время работы, сопровождаемой проявлением скоростной выносливости, в значительной мере определяет успех в беге на 400—1500 м.

Структурные основы развития физических качеств связаны с прогрессивными морфологическими и биохимическими превращениями в опорно-двигательном аппарате, центральной нервной системе, во внутренних органах. Таким образом, уровень развития физических качеств находится в прямой зависимости от согласованности соматических и вегетативных функций.

РАБОТА 30. *Исследование особенностей физиологических процессов, характерных для стартового состояния*

В ходе систематических тренировочных занятий в организме спортсменов возникает ряд различных функциональных состояний, тесно взаимодействующих друг с другом. До начала работы у спортсменов возникают **предстартовое состояние** и **собственно стартовое состояние**, к которым присоединяется влияние разминки. От качества разминки и характера предстартового состояния зависят скорость и эффективность **вработывания** в начале работы, а также наличие или отсутствие «**мертвой точки**». Эти процессы определяют, в свою очередь, степень проявления и продолжительность **устойчивого состояния**, от которого зависит скорость начала и глубина развития утомления, что в дальнейшем обуславливает особенности течения **восстановительных процессов**. В зависимости от скорости восстановительных процессов у спортсмена перед началом следующего тренировочного занятия или соревнования проявляются те или иные формы предстартовых реакций, которые определяют следующую двигательную деятельность (Солодков, Сологуб, 2005).

В регуляции функциональных состояний, являющихся основой двигательной деятельности человека, участвуют различные психологические, нервные и гуморальные механизмы: потребность, основные источники активности; мотивы, побуждающие к удовлетворению этих потребностей; эмоции, подкрепляющие деятельность; языковая регуляция (самоорганизация и самомобилизация); гормональные влияния, обусловленные выделением гормонов гипофиза, надпочечников и др.

Спортивная деятельность и, прежде всего, выступление в соревнованиях, осуществляют в организме спортсмена такого рода влияния:

- физические напряжения, обусловленные осуществлением мышечной работы;
- эмоционально-психические напряжения, вызванные экстремальным раздражителем (стрессорами).

К последним относятся такие факторы:

1. Большой объем информации, поступающий к спортсмену и вызывающий информационную перегрузку (особенно в игровых видах спорта, единоборствах, скоростном спуске на лыжах и др.).

2. Необходимость переработки информации в условиях дефицита времени.
3. Высокий уровень мотивации — социальной значимости решений, принимаемых спортсменом.

Во время осуществления этих процессов большую роль играют эмоции, которые представляют собой личное отношение человека к окружающей среде и к себе, оно определяется его потребностями и мотивами. Значение эмоций в поведении состоит в оценочном влиянии на деятельность систем организма (сенсорных и моторных). Они обеспечивают избирательное поведение человека в ситуациях со многими выборами, подкрепляя определенные пути решения задач и способы действий. Эмоции ярко проявляются в предстартовом состоянии, а также во время спортивной борьбы, являются важным компонентом в процессе тактического мышления. Эмоциональный настрой увеличивает максимальную произвольную силу и скорость локомоций.

Различают предстартовые состояния, возникающие за много часов и даже суток до начала соревнований, и собственно стартовые (возникают непосредственно перед началом работы), являющиеся продолжением и усилением предстартовых реакций (ПР). По механизму возникновения ПР являются условными рефлексам и могут быть *специфическими* и *неспецифическими*. Степень проявления первых обусловлена особенностями мышечной деятельности — чем она интенсивнее, тем выразительнее предстартовые изменения. Неспецифические предстартовые реакции не зависят от характера предстоящей работы, а обусловлены значимостью данного соревнования для спортсмена и другими, главным образом, социальными факторами. В каждом отдельном случае может преобладать тот или иной вид ПР. В условиях соревнований специфичность ПР уменьшается в связи с влиянием других факторов.

Мощность предстоящей работы является только одним из факторов, определяющих характер ПР. Степень проявления их зависит также от условий, в которых ожидается старт, состояния спортсмена, типа его высшей нервной деятельности. ПР могут проявляться в трех формах: состояние боевой готовности, предстартовой лихорадки и предстартовой апатии (Куроченко, 2004; Омеляненко, 2004; Солодков, Сологуб, 2005; Филиппов, 2006).

В состоянии *боевой готовности* происходит оптимальное повышение возбужденности ЦНС и увеличение подвижности нервных процессов. Это обеспечивает соответствующие сдвиги в функциональном состоянии двигательного аппарата и вегетативных систем организма. Данное состояние является самой эффективной формой ПР, обеспечивающей самую лучшую работоспособность в предстоящей деятельности.

Предстартовая лихорадка характеризуется чрезмерно сильными процессами возбуждения в ЦНС, что вызывает значительные изменения всех функций организма. Нарушение способности к дифференцированию может привести к ряду тактических ошибок, снижению спортивного результата (фаль-

старт, чрезмерно высокий темп в начале дистанции и др.). Вегетативные сдвиги чрезмерно велики. Повышение ЧСС температуры тела, концентрация глюкозы в крови достигают очень больших значений. Организм затрачивает много энергии в ожидании старта, в связи с чем работоспособность снижается.

Предстартовая апатия характеризуется преобладанием тормозных процессов в ЦНС. Изменения вегетативных функций выражены мало. Например, содержание глюкозы в крови иногда становится даже ниже исходного уровня, а содержание молочной кислоты повышается. Предстартовая апатия может возникать в случае ожидания встречи с более сильным соперником, перенесения старта на более позднее время. Это состояние сопровождается снижением возбуждения в нервных центрах и соответствующими изменениями в функциональном состоянии всех систем организма. Предстартовая апатия негативно влияет на результат. Только в некоторых случаях спортсмены успешно выступают на соревнованиях. Это обусловлено быстрым снятием тормозного состояния в начале работы в результате мощного потока импульсов, поступающих в ЦНС от работающих мышц.

Степень и форма ПР зависят от ряда факторов. Тренированность увеличивает устойчивость нервной системы к разным раздражителям, воздействующим на организм в ожидании старта. Кроме того, повторные выступления на соревнованиях позволяют правильно оценивать возможности свои и соперников. Тип нервной деятельности также существенно влияет на ПР. У неуравновешенных лиц с преобладанием тормозных процессов ПР обычно происходят по типу стартовой лихорадки.

ПР можно регулировать путем управления эмоциями во время ожидания старта. Очень важно правильно организовать отдых в дни и часы, предшествующие спортивным соревнованиям. Для сохранения работоспособности в это время рекомендуется переключение на другой вид деятельности. Продолжительность пребывания перед стартом в месте соревнований может отрицательно повлиять на лиц легко возбудимых.

Одним из важных средств регулирования ПР является разминка. Если в предстартовом состоянии преобладают тормозные процессы, то разминка может уменьшить или совсем снять это торможение. В случае преобладания процессов возбуждения, разминка, усиливая процессы возбуждения в двигательной зоне, способствует ослаблению его в других центрах, вследствие чего восстанавливается оптимальное соотношение между процессами возбуждения и торможения в ЦНС.

Массаж, проводимый незадолго до старта, может регулировать ПР, усиливая поток афферентных импульсов от рецепторов двигательного аппарата и кожи. Массаж действует так же как разминка. Примерно таков же и механизм воздействия глубокого дыхания в ожидании старта.

Оснащение: секундомер.

Ход работы

Один из студентов назначается для подачи сигналов начала и окончания каждого измерения ЧСС и количества шагов во время бега. У испытуемых, разделенных на соревновательные пары, перед началом разьяснения следующей физической нагрузки подсчитывается ЧСС за 10 с для получения относительно стабильных величин.

После этого детально разьясняются условия бега на месте. Во время разьяснения акцентируется, что каждый участник соответствующей пары должен показать максимальное количество шагов и стараться выиграть у своего партнера. Испытуемые должны внимательно следить друг за другом и бороться за более высокий темп движений. Выигрыш присуждается в каждой паре тому, кто сможет сделать самое большое количество шагов. Обязательным условием верного выполнения бега является максимально высокое поднятие коленей.

Во время этого разьяснения регистраторы ЧСС по сигналу два-три раза подсчитывают ЧСС за 10 с у испытуемых и сообщают результат секретарям.

После завершения инструктажа и последнего измерения ЧСС испытуемым в течение минуты подают сигналы: «Остается 1 минута до старта»!, «Остается 30 секунд до старта»!, «Приготовиться к старту»!

Регистраторы ЧСС после каждого из этих сигналов подсчитывают ЧСС за 10 с и сообщают полученные данные секретарям. Разьяснения условий бега и сигналы приближения старта должны подаваться оживленно и энергично. Для усиления влияния на эмоциональное состояние испытуемых вышеуказанные сигналы повторяются дважды.

После завершения последнего дорабочего подсчета ЧСС подается команда «Марш»!, и испытуемые выполняют 10-секундный бег на месте. Регистраторы темпа подсчитывают количество шагов, сделанных каждым испытуемым за время бега, и сообщают результаты секретарям. После быстрого 10-секундного бега испытуемые переходят на медленный бег и затем отдыхают до полного восстановления ЧСС. Для продолжения опыта оставляют двух-трех испытуемых, показавших самые лучшие результаты в беге. Им объясняют, что они отобраны для «финальной» части соревнования, и дают короткий инструктаж о сохранении в «финале» всех условий 10-секундного бега на месте. Во время инструктажа регистраторы один-два раза определяют у испытуемых ЧСС за 10 с. После этого им, как и в предыдущем случае, дают сигналы: «Остается 1 минута до старта»!, «Остается 30 секунд до старта»!, «Приготовиться к старту»!. Каждый из этих сигналов повторяется дважды. Регистраторы пульса, как и в предыдущем случае, проводят определение ЧСС за 10 с. Пульс подсчитывают после каждого сигнала. После окончания регистрации испытуемые выполняют 10-секундный бег и переходят на медленный для постепенного снижения деятельности сердечно-сосудистой системы.

Все данные вносят в таблицу 38, делают выводы.

Таблица 38 — Исследование физиологических процессов, характерных для стартового состояния

Испытуемый	До инструктажа	Во время инструктажа	ЧСС за 10 с												
			После сигналов			Восстановительный период, мин*									
			«1 мин до старта!»	«30 с до старта!»	«Приготовиться к старту!»	1	3	5	7	9	11				

* ЧСС в восстановительный период подсчитывают только после первой физической нагрузки.

Контрольные вопросы

1. Какова физиологическая природа ПР?
2. Какие бывают ПР и какие факторы обуславливают преобладание того или иного типа ПР?
3. Каково состояние предстартовой лихорадки?
4. Каково состояние боевой готовности?
5. Каково состояние предстартовой апатии?
6. Как можно регулировать ПР?

РАБОТА 31. *Исследование особенностей физиологических процессов, характерных для разминки*

Разминка — это выполнение упражнений, предшествующих выступлению на соревнованиях или в основной части тренировочного занятия. Разминка способствует оптимизации предстартового состояния, обеспечивает ускорение процессов вработывания, повышает физическую работоспособность. Основные механизмы положительного влияния разминки (Дубровский, 2005; Куроченко, 2004; Спортивная физиология, 1986; Спортивная медицина, 2003):

- повышение возбудимости сенсорных и моторных нервных центров коры больших полушарий, вегетативных нервных центров, усиление деятельности желез внутренней секреции. Создание условий для ускорения процессов оптимального регулирования функций во время выполнения предстоящих задач;
- усиление деятельности всех звеньев кислородтранспортной системы: повышение ЛВ, скорости диффузии кислорода из альвеол в кровь, АД, учащение ЧСС и увеличение сердечного выброса, венозного возврата, расширение капиллярной сети в легких, сердце, скелетных мышцах. Все эти изменения приводят к усилению поступления кислорода и, соответственно, уменьшению

кислородного дефицита в период вработывания, предотвращению возникновения «мертвой точки» и ускорению наступления «второго дыхания»;

- усиливается кожный кровоток и снижается порог начала потовыделения (положительное влияние на терморегуляцию), что облегчает теплоотдачу и предотвращает перегрев тела;

- повышается температура тела, и особенно работающих мышц (разогревание), что способствует повышению эластичности мышц, скорости их сокращения и расслабления.

Различают общую часть разминки и специальную. Общая разминка может состоять из разнообразных упражнений, цель выполнения которых — способствовать повышению температуры тела, возбудимости ЦНС, усилению функций кислородтранспортной системы, обмена веществ. Специальная разминка по своему характеру должна быть как можно ближе к следующей работе, в ней должны участвовать те же системы и органы тела, что и во время выполнения основного упражнения. В эту часть разминки включают сложные в координационном отношении упражнения, обеспечивающие необходимую «настройку» ЦНС.

На продолжительность и интенсивность разминки, интервал между разминкой и основной деятельностью влияет ряд факторов: характер предстоящего упражнения, условия внешней среды (температура, влажность воздуха и др.), индивидуальные особенности и эмоциональное состояние. Оптимальный перерыв должен длиться не более 15 мин, в течение которых еще сохраняется следовой эффект разминки. Через 45 мин перерыва эффект разминки исчезает: температура мышц возвращается к предразминочному уровню.

Выраженное положительное влияние оказывает разминка на выполнение непродолжительных упражнений скоростно-силовой направленности. Разминка не влияет существенно на мышечную силу, но улучшает результаты, например, в легкоатлетических метаниях. Перед бегом на длинные дистанции влияние разминки значительно меньше, чем перед бегом на средние и короткие дистанции. В случае высокой температуры воздуха обнаружено отрицательное влияние разминки на терморегуляцию во время бега на длинные дистанции. В этих случаях продолжительность разминки сокращают.

Работа 31.1. *Влияние сигналов о приближении старта и разминки на ЧСС*

Оснащение: секундомер, велоэргометр.

Ход работы

Перед началом разминки на велоэргометре у испытуемого подсчитывают ЧСС за 10 с. Затем ему предлагают начать разминку — вращение педалей в невысоком темпе. В ходе работы периодически при помощи фонендоскопа подсчитывают ЧСС за 10 с. Обнаружив стабильность ЧСС, следует сообщить

испытуемому о приближении времени основной 10-секундной работы на результат. Во время продолжающейся разминки подают сигналы: «Остается 1 минута до старта!», «Остается 30 секунд до старта!», «Приготовиться к старту!». Сразу же после каждого из этих сигналов два раза подряд подсчитывают пульс за 10 с. По окончании подсчетов испытуемый по команде «Марш!» выполняет 10-секундную работу и после ее завершения переходит на медленный темп для постепенного снижения деятельности сердечно-сосудистой системы. То же проводят с другими испытуемыми. Выполнение работы двумя испытуемыми придает ей соревновательный характер и усиливает эффект сигналов о времени, остающемся до старта, и команды «Приготовиться к старту!». Выразительнее этот эффект проявляется у другого испытуемого, так как он видел работу своего предшественника и имеет возможность сориентироваться в частоте педалирования, необходимой для выигрыша.

Результаты опыта вносят в таблицу 39, делают выводы.

Таблица 39 — Влияние сигналов о приближении старта и разминки на ЧСС

Испытуемый	ЧСС за 10 с								
	До разминки	В процессе разминки					После сигналов		
		1	2	3	4	5	«1 мин до старта!»	«30 с до старта!»	«Приготовиться к старту!»

Работа 31.2. Физиологический анализ разминки

Оснащение: велоэргометр или степ-ступенька, секундомер, спирометр, электрокардиограф.

Ход работы

Для количественной характеристики работы используют велоэргометр, позволяющий рассчитать мощность работы (в кгм или Вт). В случае отсутствия велоэргометра можно выполнять работу на ступеньке (степ-тест), мощность которой измеряется относительно точно, или на тредбане.

Работу выполняют бригадами по 4—5 студентов в каждой. Один из них — испытуемый, остальным поручается регистрация определенных функциональных показателей.

После 10-минутного отдыха у испытуемого, находящегося в положении сидя, определяют ЧСС, ЛВ, ЧД и глубину дыхания. Эти же показатели определяют во время выполнения нагрузки и в течение 10—15 мин после нее.

Экспериментальная нагрузка выполняется дважды. Первая — соответствует разминке. Ее продолжительность составляет 5—6 мин. Мощность постепенно возрастает, доходя на последних минутах до предельной для испытуемого. Интервал отдыха между первой и второй нагрузкой — 10 мин.

Полученные экспериментальные данные вносят в таблицу 40, анализируют и делают выводы.

Таблица 40 — Физиологическая характеристика разминки

Условие опыта	ЧСС, уд·мин ⁻¹	ЛВ, л·мин ⁻¹	ЧД, циклы	ДО, мл
Состояние покоя				
1-я нагрузка (разминка)				
2-я нагрузка				

Контрольные вопросы

1. Какие основные задания решает разминка?
2. Какие существуют составные части разминки?
3. Какие физиологические и метаболические процессы происходят во время разминки?
4. Каковы особенности проведения разминки при высокой и низкой температуре окружающей среды?

РАБОТА 32. *Исследование процессов вработывания во время мышечной деятельности*

Главнейшим условием успешного выполнения мышечной нагрузки является согласованная деятельность разных систем организма. Чем согласованнее работа двигательного аппарата, центральной нервной системы и внутренних органов спортсмена, тем выше результат. Однако необходимая координация и приспособление функций возникают не сразу, поскольку нужно определенное время, в течение которого организм переходит на новый уровень деятельности, адекватный выполняемой работе.

Мышечная деятельность ведет к усилению деятельности многих внутренних органов, прежде всего кровообращения и дыхания. В механизме сложного усиления первоочередным звеном является рефлекторное влияние на сосудодвигательный и дыхательный центры со стороны рецепторов двигательного аппарата.

Это в самом начале работы ведет к учащению ЧСС, повышению АД, перераспределению крови и усилению дыхания. Дальнейшее усиление деятельности работающих органов и систем обеспечивается прогрессирующим повышением содержания в крови метаболитов — молочной, угольной кислот и др.

Метаболиты, а также недостаток кислорода в крови, раздражают хеморецепторы, которые рефлекторным путем усиливают деятельность систем кровообращения и дыхания.

Во время мышечной деятельности имеет место также возбуждение симпатического отдела нервной системы с одновременным снижением функциональной активности парасимпатического отдела. Это явление, вместе с увеличением продукции адреналина надпочечниками, существенно отражается на приспособлении различных функций, и особенно кровообращения, к физической нагрузке. Как следствие, возникают еще большее повышение МОК, изменение периферического сопротивления тока крови и выход в общую циркуляцию депонированной крови. МОК увеличивается за счет учащения ЧСС и повышения СО крови, что в значительной степени обусловлено увеличением притока венозной крови из активных мышц.

Периферическое сопротивление тока крови, определяющее АД, в целом возрастает во время физической нагрузки. Это объясняется сужением сосудов в органах брюшной полости и мышечных группах, не участвующих в данной работе. В работающих мышцах, наоборот, наступает рабочая гиперемия, что обеспечивает усиление в них кровотока.

Различия в скорости включения механизмов регуляции вегетативных функций являются причиной их отставания от движений и неодновременного приспособления двигательных и вегетативных функций, а также разных вегетативных процессов к физической нагрузке. Это явление называется *гетерохронность (гетерохронизм)* и является одним из характерных проявлений вработывания (Дубровский, 2005; Солодков, Сологуб, 2003).

Различия в сроках разворачивания разных функций в начале работы обусловлены неодинаковой степенью инертности вегетативных систем и регулирующих их деятельность нервных центров.

На скорость вработывания организма влияют много факторов: возраст, степень тренированности, эмоциональное состояние, разминка, мощность работы. У подростков, например, во время работы на велоэргометре наблюдается более быстрая стабилизация ЧСС, ЛВ и потребление кислорода, чем у взрослых.

У людей пожилого возрастного в связи с увеличенной инертностью вегетативных систем процессы вработывания замедлены.

У спортсменов приспособление функций к заданной работе завершается раньше, чем у нетренированных лиц. Это объясняется тем, что систематическая тренировка ведет к повышению функциональных возможностей работающих органов.

Наиболее быстрый переход организма на новый уровень функционирования происходит днем, медленнее — утром после пробуждения, когда возбудимость центральной нервной системы снижена.

«Боевая готовность» как наиболее оптимальное эмоциональное состояние спортсмена способствует сокращению вработывания. Стартовая апатия, наоборот, продлевает время разворачивания функций во время основной нагрузки, поскольку начинается на фоне преобладания тормозных процессов в центральной нервной системе, ведущих к снижению функционального состояния организма.

Правильно выбранная и проведенная разминка с дальнейшим небольшим интервалом отдыха создает условия для более быстрого процесса вработывания во время выполнения основной работы.

В случае повышения мощности работы скорость разворачивания функций в периоде вработывания увеличивается. Поэтому при работе максимальной и субмаксимальной мощности разворачивания вегетативных функций происходит быстрее, чем при работе умеренной мощности. Вместе с тем, во время работы максимальной и субмаксимальной мощности процессы вработывания не успевают завершиться из-за кратковременности выполняемой работы. Полное разворачивание вегетативных функций в процессе вработывания наблюдается во время работы большой и умеренной мощности, которая осуществляется в течение относительно продолжительного времени.

По окончании периода вработывания во время продолжительной работы возникает период, который еще Хилл назвал *устойчивым состоянием*. Определяя скорость потребления кислорода во время выполнения упражнений малой аэробной мощности, было обнаружено, что скорость потребления кислорода вслед за быстрым ее ростом в начале упражнения в дальнейшем устанавливается на определенном уровне и практически сохраняется неизменной в течение многих десятков минут. Во время выполнения упражнений небольшой мощности в течение периода устойчивого состояния имеет место количественное соответствие между потребностью организма в кислороде (кислородный запрос) и его удовлетворением (истинное устойчивое состояние, рис. 9).

При более интенсивных нагрузках (средней, субмаксимальной и околомаксимальной аэробной мощности) после периода быстрого увеличения скорости потребления кислорода (вработывания) наступает период постепенного повышения и стабилизации этого показателя на уровне $\dot{V}O_{2max}$. Этот период обозначают как *мнимое устойчивое состояние*.

Поскольку в аэробных упражнениях большой мощности уже нет полного равновесия между кислородным запросом и его удовлетворением, то после их выполнения регистрируется **кислородный долг**, который тем больше, чем больше мощность и продолжительность работы. В связи с необходимостью усиления доставки кислорода к тканям, резко повышаются требования к системе кровообращения. ЧСС и МОК при мнимом устойчивом состоянии близки к предельным величинам. В мышцах, а затем и в крови возрастает концентрация молочной кислоты и происходит значительное смещение pH в кислую сторону.

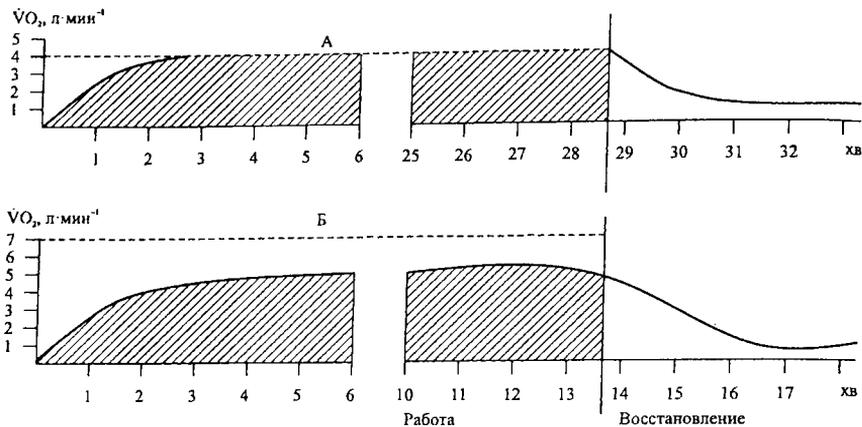


Рисунок 9 — Потребление кислорода (незаштрихованная площадь) и кислородный долг во время работы, характеризующейся истинным (А) и мнимым устойчивым (Б) состоянием

Работа в условиях мнимого устойчивого состояния очень тяжела и требует максимального напряжения как двигательного аппарата, так и всех систем, обеспечивающих его деятельность.

В упражнениях анаэробной мощности (продолжительностью 3—5 мин) вообще не наступает устойчивое состояние, потому что в течение всего времени их выполнения повышается скорость $\dot{V}O_2$ и происходит изменение других физиологических функций.

Работа 32.1. *Исследование процессов вращивания и устойчивого состояния по показателям сердечно-сосудистой и дыхательной систем*

Обснащение: газовый счетчик, дыхательный вентиль, шланг для соединения, прибор для измерения АД, велоэргометр, секундомер, метроном.

Ход работы

Из числа студентов выбирают испытуемого, регистраторов темпа движений, дыхания, ЛВ, ЧСС, секретаря для ведения протокола результатов опыта.

У испытуемого в положении сидя на велоэргометре определяют до начала работы два-три раза ЧСС за 10 с, ЛВ за 30 с и ЧД за 1 мин.

После взятия исходных данных испытуемый выполняет 5-минутную работу в темпе 90 оборотов мин^{-1} . Во время ее выполнения проводится регистрация ЧСС через каждые 20 с, ЛВ — за каждые 30 с работы, непрерывная запись

оборотов педалей за каждые 30 с работы и ЧД за каждые 30 с. По ЧСС и ЛВ определяют глубину вдоха.

Все полученные данные вносят в таблицу 41, делают выводы.

Таблица 41 — Изменение показателей внешнего дыхания и ЧСС во время 5-минутной работы на велозергометре

Показатель	До работы	Измерения								Время стабилизации
		1	2	3	4	5	6	7	8	
Количество шагов за 10 с										
ЧСС за 10 с										
ЧД за 30 с										
ЛВ за 30 с										
Глубина вдоха, л										

Работа 32.2. *Исследование процессов вработывания и устойчивого состояния во время повторного бега на месте*

Ход работы

Задачи исследования и оснащение такое же, как в работе 31.1 (кроме велозергометра), динамика показателей исследуется во время повторного бега на месте.

В этом опыте два-три раза регистрируют дорабочие показатели ЧСС за 10 с, ЧД и ЛВ за 30 с. ЧД подсчитывают визуально по движениям грудной клетки и брюшной стенки или газовым счетчиком.

По окончании взятия выходных данных испытуемый выполняет восемь раз 30-секундный бег на месте в темпе 120 шагов за минуту (под метроном). Между каждым повторением нагрузки дается 30-секундная остановка для измерения ЧСС в первые 10 с, ЧД и ЛВ за 30 с. Регистраторы темпа ведут подсчет количества шагов, сделанных испытуемыми в каждом повторе бега.

По величинам ЛВ и ЧД рассчитывают величину глубины вдоха.

Все цифровые данные вносят в таблицу 42, делают выводы.

Таблица 42 — Изменение некоторых показателей внешнего дыхания и ЧСС во время повторного бега на месте

Показатель	Перед бегом	Измерения								Время стабилизации
		1	2	3	4	5	6	7	8	
Количество шагов за 10 с										
ЧСС за 10 с										
ЧД за 30 с										
ЛВ за 30 с										
Глубина вдоха, л										

Контрольные вопросы

1. Какое состояние называют устойчивым?
2. Какие существуют виды устойчивого состояния?
3. Каковы физиологические характеристики истинного устойчивого состояния? При каких физических нагрузках оно возникает?
4. Каковы физиологические характеристики мнимого устойчивого состояния и при каких физических нагрузках оно возникает?

РАБОТА 33. *Определение состояния утомления*

Утомление — это состояние, возникающее в результате интенсивной или продолжительной работы и сопровождающееся снижением физической работоспособности. Оно является в результате истощения организма, а сигналом о возможности существенных биохимических и функциональных изменений, вследствие которых автоматически снижается работоспособность и предотвращаются чрезмерные сдвиги.

В зависимости от преобладания содержания работы — *умственной* или *физической* — речь идет об умственном или физическом утомлении. Различают также острое и хроническое, общее и локальное, скрытое (компенсируемое) и явное (не компенсируемое) утомление (Вілмор, Костілл, 2003; Гордон, 1999; Ключевые факторы адаптации..., 1996; Мищенко В. С., 1990; Моногаров, 1986; Платонов, Булатова, 1995; Viru, 1995).

Острое утомление наступает во время относительно кратковременной работы, когда ее интенсивность не соответствует уровню физической подготовленности. Оно проявляется в резком снижении сердечной продуктивности (сердечная недостаточность), расстройстве регуляторных влияний со стороны ЦНС и эндокринной системы, увеличении потоотделения, нарушении водно-солевого баланса.

Хроническое утомление является результатом невозможности восстановления после работы. Теряется способность к усвоению новых двигательных навыков, снижаются работоспособность, естественная устойчивость к заболеваниям, аппетит, нарушается сон и т. д.

Общее утомление (вовлечены большие мышечные группы) связано с нарушением регуляторных функций со стороны ЦНС, координации двигательной и регуляторной функций. Общее утомление сопровождается расстройством вегетативных функций: неадекватным на нагрузке ростом ЧСС, падением пульсового давления, уменьшением ЛВ. Субъективно оно ощущается как резкое обессиление, усиленное сердцебиение, невозможность продолжать работу.

Локальное утомление (нагрузка отдельных мышечных групп) связано не столько с центральным аппаратом управления, сколько с местными структур-

ными элементами регуляции движений: терминалями двигательных нервов, нервно-мышечными синапсами. В пресинаптической мембране уменьшается количество ацетилхолина, вследствие чего падает потенциал действия постсинаптической мембраны. Возникает частичное блокирование эфферентного сигнала, передаваемого на мышцу. Сократительная функция мышцы ухудшается.

В скрытой (компенсируемой) фазе утомления сохраняется высокая работоспособность, поддерживаемая волевыми усилиями. Но экономичность работы падает. Продолжение ее сопровождается возникновением некомпенсированного (явного) утомления, что сопровождается снижением работоспособности при угнетении функций внутренних органов и двигательного аппарата. Угнетается функция надпочечников, снижается активность дыхательных ферментов, накапливаются недоокисленные продукты обмена веществ, снижается резервная щелочность. При резком падении работоспособности, когда физически невозможно поддерживать работу, спортсмен отказывается от ее выполнения.

Физическая природа утомления сложна. Многочисленные факты свидетельствуют, что основным процессом, ведущим к возникновению утомления, является постепенное угнетение деятельности ЦНС и развитие торможения. Оно обусловлено нарушением проведения импульсов через синапсы. Таким образом, торможение, возникшее в случае утомления, играет защитную роль, охраняя нервные клетки от истощения. Развитию утомления способствует также недостаток кислорода, накопление продуктов обмена, потеря энергетических ресурсов и др. Изменение внутриклеточного метаболизма снижает возбудимость и лабильность нервных клеток, что ведет к развитию торможения (Вілмор, Костілл, 2003; Спортивная медицина. Практические..., 2003).

Начало утомления характеризуется изменением привычного стереотипа движений. Например, атлет, бегущий с обычной длиной и частотой шагов, в случае утомления может некоторое время поддерживать высокую скорость путем увеличения частоты шагов и уменьшения их длины. Однако это будет продолжаться недолго. С развитием утомления неизбежно уменьшается частота шагов и снижается скорость.

Во время циклической работы **максимальной интенсивности** основное значение в развитии утомления имеют уменьшение подвижности нервных процессов и развитие торможения в нервных центрах. Это — результат сильного возбуждения под влиянием высокого ритма и темпа афферентных импульсов, поступающих от работающих мышц. Определенное значение в развитии утомления во время работы такой интенсивности имеет истощение запасов фосфагенов и накопление молочной кислоты.

Во время циклической работы **субмаксимальной интенсивности** физиологические причины возникновения утомления более разнообразны: накопление молочной кислоты, постепенное угнетение деятельности нервных

центров вследствие высокого темпа работы, резкий недостаток кислорода (предельные значения), истощение макроэргов и др. (Лактатный порог и... 1997; Мохан, Глессон, Грингафор, 2001; Фомин, Вавилов, 1991).

Во время циклической работы **большой интенсивности** главной причиной утомления является относительная гипоксия мышечной ткани, а также постепенное накопление молочной кислоты и ее угнетающее влияние на аэробный метаболизм и процессы нервной регуляции двигательной функции. Возможности кислородтранспортной системы являются фактором, лимитирующим работоспособность в условиях предельного $\dot{V}O_2$, и потому организм часть энергии образует в процессе анаэробного расщепления глюкозы — гликолиза. Определенную роль в угнетении нервных центров при выполнении бега на длинные дистанции играет однообразное влияние на нервные клетки афферентных импульсов, периодически поступающих от работающих мышц.

Во время циклической работы **умеренной интенсивности** на первое место в развитии утомления выходит истощение энергетических ресурсов — главным образом гликогена — в работающих мышцах и печени. Определенную роль играет возникновение утомления под влиянием многократного однообразного раздражения нервных центров афферентными импульсами, поступающими от мышц. Значительное потоотделение, ведущее к дегидратации организма, и потеря минеральных веществ также способствуют развитию утомления во время работы умеренной интенсивности.

Основную роль в развитии утомления при **ациклической работе** играет изменение функционального состояния нервных центров. Во время спортивных игр, например, снижаются подвижность нервных процессов и возможности вегетативных систем, а также накапливается КД. Во время силовых и скоростно-силовых упражнений снижается мобилизационная возможность нервных центров — способность развивать максимальную деятельность за короткое время. При статических усилиях основной причиной утомления является развитие запредельного торможения в нервных центрах под влиянием мощного потока афферентных импульсов, поступающих от напряженных мышц.

Работа 33.1. *Определение состояния утомления во время работы на велоэргометре в заданном темпе*

Оснащение: велоэргометр.

Ход работы

Из числа студентов выбирают одного-двух испытуемых (желательно тренированных велосипедистов), регистратора темпа движений, двух секретарей для ведения протокола результатов опыта.

Каждый испытуемый после предварительного инструктажа по очереди выполняет такие виды нагрузок на велоэргометре:

- 1) 2—3-минутная работа в невысоком постоянном темпе (разминка);
- 2) через 1—1,5 мин — 10-секундное педалирование в максимальном темпе с переходом на медленное педалирование;
- 3) через 2—3 мин — работа на уровне 70 % максимального темпа (задается метрономом). В ходе работы испытуемый сообщает о появлении у него усталости;

4) спустя 5—10 с после этого каждому из испытуемых предлагают перейти на максимальный темп педалирования и через 10 с вернуться к основному (70 %) уровню работы;

5) спустя 30 с испытуемым предлагают довести темп до максимального и через 10 с опять вернуться к основному.

Работа прекращается в случае снижения темпа движений.

В процессе выполнения нагрузки ведут запись количества оборотов педалей только за каждые 10 с из трех 10-секундных периодов работы в максимальном темпе.

Все полученные цифровые данные вносят в таблицу 43, делают выводы.

Таблица 43 — Результаты 10-секундных "ускорений" на велоэргометре в максимальном темпе

Испытуемый	Количество оборотов за 10 с			
	До основной работы	На фоне основной работы (70 % максимальной)		
		1-й раз	2-й раз	3-й раз

Работа 33.2. *Физиологические изменения, возникающие в результате утомления во время циклической работы различной мощности*

Оснащение: ступенька для выполнения степ-теста или велоэргометр, прибор для измерения АД, миллисекундомер.

У испытуемого после 10—15-минутного отдыха в положении сидя определяют ЧСС, АД, продолжительность латентного времени двигательных реакций и проводят оценку функционального состояния сердечно-сосудистой системы путем изучения реакций на стандартную работу (подъем на ступеньку высотой 40 см в темпе 30 за 1 мин в течение 3 мин). До и после стандартной работы измеряют АД и ЧСС. По окончании всех измерений испытуемый

выполняет две экспериментальные нагрузки с интервалом между ними не менее 30—40 мин. Длительность первой нагрузки — 3 мин, мощность на велоэргометре — $1200 \text{ км} \cdot \text{ч}^{-1}$ или темп шагов в беге на месте — 160—200 шагов · мин⁻¹. Длительность второй нагрузки — 20—30 мин (в зависимости от спортивной специализации испытуемого), мощность работы на велоэргометре устанавливают в зависимости от подготовленности испытуемого, темп шагов при выполнении бега на месте — 160—180 шагов · мин⁻¹.

Во время экспериментальных нагрузок проводят наблюдение за темпом движений и регистрируют момент, когда испытуемый начинает снижать заданный темп.

По окончании экспериментальной нагрузки сразу же определяют ЧСС, АД, ЛВ, не позже 4—5 мин после нагрузки регистрируют латентное время двигательных реакций, проводят оценку состояния сердечно-сосудистой системы путем исследования реакций на выполнение степ-теста.

Полученные данные анализируют и делают выводы об особенностях физиологических сдвигов, возникающих в результате утомления во время циклической работы различной мощности.

Работа 33.3. *Динамика максимальных мышечных усилий в фазе компенсированного утомления во время статической работы на эргографе (динамографе)*

Ход работы

Из числа студентов выбирают двух испытуемых и секретаря для ведения протокола результатов опыта.

Каждый из испытуемых после предварительного инструктажа выполняет на эргографе или динамографе:

- два коротких максимальных усилия;
- статическую работу на уровне 75—80 % максимальной кистевой силы, которая завершается в начале фазы некомпенсированного утомления (определяется по снижению динамограммы).

В ходе статической нагрузки испытуемые сообщают о появлении ощущения утомления. Спустя 5—6 с после этого каждому из них дается команда осуществить на фоне основной нагрузки короткое максимальное усилие и вернуться к основной работе.

Продолжая выполнять эту работу, испытуемый сообщает, когда ему становится очень трудно сохранить заданную величину статического усилия.

После этого каждому из них предлагается осуществить дополнительное максимальное усилие на фоне основной работы с быстрым возвращением к заданной величине статической нагрузки.

Работа завершается, когда происходит снижение показателей динамограммы.

На полученной кривой определяют величины исходных максимальных усилий (в кг) и величины дополнительных усилий, осуществленных испытуемым во время статической нагрузки.

Результаты исследования вносят в таблицу 44, анализируют и делают выводы.

Таблица 44 — Величина максимальных усилий на фоне работы статического характера на динамографе (эргографе)

Испытуемый	Величина максимальных усилий, кг			
	Исходная		Во время статической нагрузки	
	1	2	1	2

Контрольные вопросы

1. Что такое утомление?
2. Какие виды утомления могут возникать во время мышечной деятельности?
3. Какие основные факторы утомления проявляются во время работы максимальной интенсивности?
4. Какие основные факторы служат причиной утомления во время работы субмаксимальной интенсивности?
5. Какие факторы служат причиной утомления во время работы большой интенсивности?
6. Какие основные факторы служат причиной возникновения утомления в случае статических усилий?

РАБОТА 34. Физиологическая характеристика восстановительного периода

В течение восстановительного периода из организма выводятся продукты метаболизма, пополняются энергетические запасы, пластичные вещества, ферменты, гормоны, использованные во время мышечной деятельности. В период восстановления можно выделить четыре фазы: быстрого восстановления, медленного, суперкомпенсации и длительного (позднего) восстановления. Первым двум фазам соответствует период восстановления физической рабо-

тоспособности, сниженной в результате работы, третьей фазе — повышенная работоспособность, четвертой — возвращение к дорабочему уровню физической работоспособности.

Восстановительный период имеет определенные закономерности (Волков Н. И. и соавт., 1998; Губарь и соавт., 1963; Дубровский, 2005; Powers, Howley, 1990).

1. Скорость и продолжительность восстановления большинства функциональных показателей пребывают в прямой зависимости от мощности работы: чем больше мощность работы, тем большие изменения происходят за время ее выполнения, и, соответственно, выше скорость и короче период восстановления. Например, продолжительность восстановления большинства функций после максимальной анаэробной работы — несколько минут, а после марафонского бега — несколько дней. Течение начального восстановления многих показателей по своему характеру является отражением их изменений в период вработывания.

2. Восстановление разных функций происходит с разной скоростью, а в некоторых фазах периода восстановления — и с разной направленностью. Достижение ими уровня покоя происходит неодновременно (гетерохронно). Быстрее всего происходит восстановление запасов КФ, медленнее — гликогена и позже всего — белков. Поэтому о завершении процесса восстановления в целом следует констатировать не по какому-нибудь одному или даже нескольким показателям, а только по возвращению к исходному уровню наиболее медленно восстанавливаемого показателя.

3. Физическая работоспособность и многие функции организма, определяющее ее, в течение периода восстановления не только достигают дорабочего уровня, но и превышают его, проходя стадию сверхвосстановления. Если речь идет об энергетических субстратах, то такое временное превышение дорабочего уровня называется *суперкомпенсацией*.

Восстановительные процессы находят свое отражение в повышенном потреблении кислорода по сравнению с дорабочим уровнем (кислородный долг). Скорость потребления кислорода после работы снижается экспоненциально: в течение первых 2—3 мин очень быстро (быстрый, или алактатный, компонент кислородного долга), а потом медленнее (медленный, или лактатный, компонент кислородного долга), пока не достигнет (спустя 30—60 мин) постоянной величины, близкой к дорабочей (детальнее этот вопрос рассмотрен в теоретическом введении к работе 12).

Кроме того, продолжительное повышенное потребление кислорода связано с необходимостью поддерживать усиленную деятельность дыхательной и сердечно-сосудистой систем в период восстановления, усиленный обмен веществ и др. Общие запасы «мышечного» кислорода, связанного с миоглобином (около 0,5 л) и в венозной крови (до 0,2 л) после работы быстро восстанавливаются.

Восстановление фосфагенов (АТФ и КФ) происходит очень быстро за счет энергии аэробного метаболизма (*быстрая фаза кислородного долга*). Восстановление гликогена в мышцах может продолжаться до двух-трех суток и зависит от степени истощения гликогена во время физической нагрузки и содержания углеводов в рационе питания.

Выведение молочной кислоты из мышц, крови и тканевой жидкости происходит тем быстрее, чем меньше ее образовалось во время работы. Так, после максимальной нагрузки для полного выведения молочной кислоты необходимо 60—90 мин в условиях полного покоя. Активное восстановление с использованием восстановительной нагрузки ускоряет этот процесс.

Молочная кислота выводится так: 1) окисление до CO_2 и H_2O (70 %); 2) превращение в гликоген мышц и печени, а также в глюкозу (около 20 %); 3) превращение в белки (10 %); 4) выведение с мочой и потом (1—2 %) (Лактатный порог и..., 1997; Уилмор, Костилл, 1997; Спортивная медицина. Практические..., 2003).

Еще в опытах Сеченова было показано, что более быстрое и значимое восстановление работоспособности происходит в условиях не пассивного отдыха, а переключения на другой вид деятельности (*феномен активного отдыха*). Он обнаружил, что работоспособность руки, утомленной работой на ручном эргографе, восстанавливалась быстрее и полнее, когда в период отдыха работала другая рука. Было сделано предположение, что афферентные импульсы, поступающие во время отдыха от других, работающих мышц, способствуют улучшению восстановления работоспособности нервных центров, будто заряжая их энергией. Кроме того, работа улучшает кровоток в тканях, что также способствует более быстрому устранению молочной кислоты и восстановлению работоспособности. Феномен активного отдыха проявляется не только в случае включения в работу других мышечных групп, но и в случае выполнения той же работы, но с меньшей интенсивностью.

Оснащение: секундомер.

Ход работы

Из числа студентов выбирают 10 испытуемых. В состоянии покоя у них регистрируют ЧСС за 10 с. Испытуемые одновременно производят работу до «изнеможения» (сгибание и разгибание рук в упоре). Сразу же по окончании работы у них регистрируют ЧСС. Перед выполнением повторной работы опять регистрируют ЧСС. Затем каждый испытуемый повторно выполняет работу через свой интервал пассивного отдыха (1, 3, 5, 10 ... 15, 20 мин). После повторной работы регистрируют ЧСС. Полученные данные вносят в таблицу 45, анализируют и делают выводы.

Решение ситуационной задачи. Определение изменения функций организма (в %) сразу же после работы большой мощности и на 10-й минуте восстановительного периода на основании данных таблицы 46.

Таблица 45 — Исследование процесса восстановления после физических нагрузок

Испытуемый	ЧСС за 10 с (исходная)	Количество выполненных работ:	ЧСС за 10 с после первой работы	Интервал отдыха, мин	ЧСС за 10 с перед второй работой	Количество повторно выполненных работ	ЧСС за 10 с после второй работы	Изменение работоспособности, %	Недовосстановление ЧСС, %

Таблица 46 — Функциональные показатели после работы большой мощности

Функциональный показатель	Перед нагрузкой	После работы	На 10-й мин восстановления
ЧСС, уд·мин ⁻¹	74	200	82
ЧД, цикл·мин ⁻¹	18	36	22
ЖЕЛ, мл	4200	4500	4300
$\dot{V}O_2$, л·мин ⁻¹	0,3	5	0,7

По результатам решения ситуационной задачи сделать соответствующие выводы.

Работа 34.1. Восстановление во время пассивного и активного мышечного отдыха

Оснащение: кистевой динамометр, эргометр или эргограф, секундомер.

Ход работы

Опыты можно проводить с использованием динамометра, эргометра или эргографа.

Опыт с кистевым динамометром проводят студенты вдвоем. У испытуемого измеряют подряд несколько раз максимальный жим на выдохе и в положении сидя до резкого снижения силы (обычно 6—8 раз). Дают 5 мин отдыха и повторяют определение в том же количестве и в той же последовательности. Затем дают 5 мин отдыха и продолжают 5-минутную гимнастику в умеренном темпе для мышц туловища и ног. Исследования повторяют и записывают результаты.

При наличии станового динамометра проводят аналогичный опыт, только количество попыток уменьшают (3—4). На эргографе, велоэргометре, пальцевом эргометре определяют работу, выполненную в одинаковом ритме за определенное время до и после пассивного отдыха.

Полученные данные вносят в таблицу 47, анализируют и делают выводы о влиянии активного отдыха на процессы восстановления.

Таблица 47 — Влияние активного и пассивного отдыха на процессы восстановления

Испытуемый	Показатели динамометрии		
	Исходные данные	После 5 мин пассивного отдыха	После 5 мин активного отдыха

Работа 34.2. Оценка скорости восстановительных процессов по индексу Гарвардского степ-теста

Оснащение: секундомер, степ-тест.

Ход работы

Испытуемые (студенты желательны разных специализаций) по очереди выполняют подъем на ступеньку в заданном темпе (частота 30 раз за минуту). По окончании нагрузки отдыхают сидя. Начиная со второй минуты, три раза с интервалом 30 с регистрируют ЧСС: с 60-й по 90-ю с восстановительного периода, со 120-й по 150-ю и с 180-й по 210-ю с. Значения этих трех измерений суммируют и умножают на 2. Результаты тестирования выражают в условных единицах (индекс Гарвардского степ-теста — ИГСТ):

$$\text{ИГСТ} = t \cdot 100 / (f_1 + f_2 + f_3) \cdot 2,$$

где t — время выполнения физической нагрузки, с; $(f_1 + f_2 + f_3)$ — сумма ЧСС в первые 20 с каждой минуты (начиная со второй) восстановительного периода; 100 — величина, необходимая для выражения ИГСТ в целых числах; 2 — для перевода суммы ЧСС за 30 с в ЧСС за 1 мин.

ИГСТ — характеризует скорость восстановительных процессов после напряженной мышечной деятельности. Чем быстрее восстанавливается ЧСС, тем меньше величина $(f_1 + f_2 + f_3)$ и выше значение ИГСТ (Евгеньева, 2002; Круцевич, 1999; Мурза, Филиппов, 2001).

Результаты тестирования целесообразно выражать в очках, как это делается во время спортивного отбора в футболе (табл. 48).

Таблица 48 — Оценка восстановительных процессов у юных футболистов по ИГСТ

Возраст, лет	Оценка, очки					
	1,0	0,8	0,6	0,4	0,2	0
11—12 лет	> 95	94—90	89—85	84—80	79—75	< 75
12—14 лет	> 105	104—100	99—95	94—90	89—85	> 85

ИГСТ у спортсменов разных специализаций имеет свои отличительные особенности. Ниже приведены данные средних значений ИГСТ спортсменов высокого класса разных специализаций:

Вид спорта	Величина ИГСТ
Современное пятиборье	152,6
Спортивная ходьба	126,9
Гребля	125,5
Футбол	119,5
Волейбол	115,0
Фехтование	105,0
Гимнастика	92,9
Парусный спорт	74,8

Данные ИГСТ нескольких студентов, полученные на практическом занятии, сравнивают, используя справочные таблицы, делают выводы.

Контрольные вопросы

1. Что называют восстановительным периодом?
2. Какие бывают виды восстановительных процессов?
3. Что такое суперкомпенсация?
4. Каковы физиологические и метаболические механизмы возникновения фазы суперкомпенсации?
5. Что подразумевают под гетерохронностью процессов восстановления? Приведите примеры.
6. Какое значение имеет контроль над протеканием процессов восстановления во время спортивной и оздоровительной тренировки?

РАЗДЕЛ 10

ФИЗИОЛОГИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ПРИНЦИПОВ ПОСТРОЕНИЯ СПОРТИВНОЙ ТРЕНИРОВКИ

Теория и практика физической культуры и спорта определили ряд принципов, соблюдение которых гарантирует успехи во время занятий физическими упражнениями и предотвращает нежелательные последствия. Среди дидактических и физиологических принципов спортивной тренировки следует отметить главные из них: постепенность, повторность, индивидуализация,

систематичность, регулярность, разносторонность спортивной подготовки, специфичность тренировочных эффектов, их обратимость, тренируемость, принципы критических нагрузок и др. (Дубровский, 2005; Волков Н. И. и соавт., 1998; Спортивная медицина. Практические..., 2003).

Принцип постепенности предусматривает последовательное увеличение интенсивности и объема нагрузок. Это связано, прежде всего, с последовательностью в осуществлении каждого разового занятия: приступая к нему, сначала выполняют упражнения для небольших групп мышц, например рук, затем ног, затем туловища. Последовательно должна увеличиваться интенсивность выполнения упражнений, амплитуда движений, сила, скорость. Затем постепенно увеличивается время тренировочных занятий. Если начинать сразу с больших физических нагрузок, то реакцией организма на них может быть перенапряжение внутренних органов и нервной системы. Соблюдение этого принципа обусловлено тем, что во время выполнения спортивных движений функционируют очень сложные временные связи, одновременно управляющие деятельностью мышц и вегетативных систем. Поэтому вырабатывать их необходимо с постепенным усложнением, чтобы не произошел срыв нервной системы и не развилось охранительное торможение.

Соблюдение **принципа повторности** необходимо для того, чтобы изменения, возникшие в организме в результате занятий физическими упражнениями, закрепились и окрепли. В основе этого принципа лежит такая закономерность — для возникновения стабильных условнорефлекторных связей в нервной системе необходимо многократное влияние раздражителя, что приводит к закреплению временных функциональных связей. При несоблюдении этого положения функциональные связи гаснут.

Принцип систематичности и регулярности предусматривает, что достижение спортивных результатов возможно только в случае систематического выполнения физических упражнений в течение многих месяцев и лет. Тренировать функциональные системы следует регулярно, систематически выполняя физические нагрузки. Внешне принцип регулярности подобен принципу повторности. В обоих случаях главным является многократность повторных нагрузок. Но если принцип повторности диктует необходимость выполнения однотипных упражнений в комплексе (цикл), то регулярность означает повторение физических нагрузок (в том числе разных по характеру) в течение более продолжительного периода: месяцев, лет. В результате функциональные резервы становятся мощнее, крепче, надежнее.

Принцип разносторонней спортивной подготовки предусматривает использование в процессе спортивной тренировки разнообразных упражнений, способствующих выработыванию большого объема двигательных навыков. При этом увеличиваются возможности процесса экстраполяции и изменения двигательного акта при изменении условий. Обучение стереотипному выполнению упражнений тормозит развитие тренированности.

Принцип индивидуализации предусматривает строгое соблюдение ответственности физических нагрузок возможностям человека с учетом пола, возраста, физической подготовленности. Принцип индивидуализации обучения связан с необходимостью учета фонда ранее приобретенных навыков, а также генетических особенностей к усвоению движений (соматотип, композиционный состав мышц, тип высшей нервной деятельности, уровень $\dot{V}O_2\max$ и др.).

Принцип специфичности тренировочных эффектов состоит в том, что систематическое повторение определенного упражнения формирует специфическую адаптацию организма, что проявляется в максимальном повышении результата в этом упражнении. Принцип включает специфичность тренировочных эффектов относительно:

- двигательного навыка (спортивной техники);
- состава активных мышечных групп;
- различных условий внешней среды.

Обратимость тренировочных эффектов (эффект детренировки) состоит в том, что уже спустя несколько месяцев после значительного уменьшения объема тренировочных нагрузок или полного их прекращения происходит снижение физической работоспособности, функциональных показателей кислородтранспортной системы, $\dot{V}O_2\max$, уменьшается объем циркулирующей крови, число (плотность) капилляров, наблюдается атрофия мышечных волокон, снижается активность окислительных ферментов и т. д. Чем выше двигательная активность в этот период, тем медленнее снижаются тренировочные эффекты. Эти эффекты также замедляются при соблюдении принципов повторности и систематичности тренировочных занятий.

Принцип критических нагрузок состоит в том, что чем больше интенсивность и объем работы, выполняемой спортсменом, тем большие структурные и биохимические превращения возникают в организме. Физические нагрузки небольшого объема и интенсивности не вызывают глубоких биохимических и функциональных превращений и потому называются неэффективными. С возрастанием работоспособности нагрузки одного объема вызывают все меньшие изменения в организме. Поэтому для обеспечения повышения работоспособности величину пороговой нагрузки следует постепенно увеличивать. Это обеспечивает большее расходование энергетических ресурсов, большие функциональные изменения и, соответственно, большую суперкомпенсацию, что обуславливает возрастание спортивных результатов.

Тренируемость — это свойство организма изменять свои функциональные возможности под влиянием тренировки. Степень тренируемости может оцениваться величиной тренировочных эффектов: чем больше тренировочный эффект в ответ на данную тренировку, тем выше тренируемость. Тренируемость специфична, как специфичны и тренировочные эффекты. Она зависит от пола, возраста, исходного уровня показателя: изменение показателя тем

больше, чем ниже его исходный уровень. Существенную роль в максимально возможной тренируемости играет генотип, то есть наследственно обусловленные генетические факторы: много антропометрических показателей, ЖЕЛ, время задержки дыхания, максимальная ЧСС, композиция мышц, $\dot{V}O_2\text{max}$ и др. (Биологический контроль спортсменов..., 1986; Волков Н. И. и соавт., 1998; Платонов, Булатова, 1995; Спортивная медицина. Практические..., 2003).

РАБОТА 35. *Основные подходы к индивидуальной коррекции программ тренировочных нагрузок аэробной направленности*

Контрольное задание. Возникла необходимость составить программу оперативного биохимического контроля переносимости тренировочных нагрузок аэробной направленности.

Ход выполнения задания

1. Определить метаболические критерии переносимости тренировочных нагрузок с учетом специфичности используемых физических упражнений.
2. Составить программу оперативного биохимического контроля переносимости тренировочных нагрузок.
3. Описать возможные варианты результатов измерений скорости протекания процессов в организме, связанных с фазой нагрузки и фазой восстановления.
4. Провести анализ и дать интерпретацию результатов указанных выше измерений переносимости тренировочной нагрузки.
5. Составить рекомендации к коррекции тренировочного процесса, исходя из базы данных, полученных во время обследования спортсменов.

Типовое решение задачи

1. Определение переносимости тренировочных нагрузок проводят по характеру изменений метаболизма, вызванных физической нагрузкой, непосредственно во время ее выполнения, сразу же по ее завершении и в разные периоды отдыха после нагрузки.

Основными критериями переносимости тренировочных нагрузок являются: степень завершенности пластических процессов, восстановление массы тела, уровня функций и характеристик метаболизма в состоянии относительного покоя (утром, перед зарядкой и завтраком).

Определить переносимость физических нагрузок можно по изменению ряда показателей: ЧСС, АД, данных электрокардиографических исследований, $\dot{V}O_2$, уровня метаболитов углеводного, липидного и белкового обмена веществ в крови, смещения кислотно-щелочного состояния крови, показателя рН крови и др.

Распространенным метаболическим критерием оценки переносимости тренировочных нагрузок является динамика уровня мочевины в крови и соотноше-

ние этого показателя с нормой для состояния покоя (4,0—6,6 ммоль·л⁻¹ (Волков и соавт., 1998; Куроченко, 2005; Тнимова, 2004; Henricsson, 1992; Williams, 1990).

2. Для анализа эффективности тренировочного процесса и, прежде всего, переносимости тренировочных нагрузок широко используют контроль динамики изменений показателей метаболизма в крови по избранным показателям в зависимости от специфичности и объема используемых физических нагрузок.

Обследования спортсменов в зависимости от цели и задач проводят при помощи тестирования в лабораторных условиях или в естественных условиях тренировочной и соревновательной деятельности.

Задача для велосипедистов-шоссейников: тренировочное занятие аэробной направленности умеренной мощности, дистанция 250 км, продолжительность выполнения — 8 час, ЧСС — 160 уд·мин⁻¹. Запланированный прирост концентрации мочевины в крови должен составлять от 5 до 6 ммоль·л⁻¹, а остаточный прирост (после 18 час отдыха) не должен превышать 7 ммоль·л⁻¹. Результаты определения динамики мочевины в крови представлены в таблице 49.

Таблица 49 — Динамика мочевины в крови велосипедистов в условиях тренировочного занятия и восстановления, ммоль·л⁻¹

Спортсмен	Исследуемое состояние организма						
	Стандартный покой	Сразу по окончании нагрузки		После 6 час отдыха (стандартный покой)		После 18 час отдыха (стандартный покой)	
		Исходный уровень	Накопление	Прирост	Остаточная концентрация	% восстановления	Остаточная концентрация
1	6,5	12,0	5,5	9,0	45,4	7,0	90,0
2	6,5	13,5	7,0	12,0	21,4	8,5	71,4
3	6,5	14,5	8,0	15,0	0	16,0	0

3. Анализ данных определения степени нагрузки спортсменов в тренировочном занятии и скорости прохождения восстановительных процессов в организме в период отдыха, то есть переносимости тренировочных нагрузок, выявил различные варианты реакции на нагрузку при одинаковом исходном состоянии (концентрация мочевины у всех испытуемых велосипедистов была в пределах нормы).

У первого спортсмена выполненная физическая нагрузка вызвала значительное накопление мочевины в крови (12 ммоль·л⁻¹), прирост ее накопления составлял 5,5 ммоль·л⁻¹. Такой показатель свидетельствует о большом тренировочном эффекте нагрузки, является адекватным выполненной нагрузке и соответствует планируемому уровню.

У второго спортсмена как накопление мочевины в крови, так и показатель ее прироста превысил запланированный уровень. Это свидетельствует о большой напряженности обменных процессов во время выполнения нагрузки. Таким образом, выполненная работа не полностью соответствовала

представлениям тренера об уровне функциональных возможностей организма данного спортсмена. В связи с этим спортсмен получил нагрузку больше планируемой.

У третьего спортсмена реакция на выполненную нагрузку, определяемая по накоплению мочевины в крови, была особенно острой, поскольку прирост концентрации мочевины составлял $8 \text{ ммоль} \cdot \text{л}^{-1}$. Таким образом, спортсмен получил нагрузку значительно выше планируемой.

Обследование спортсменов в разные фазы восстановления с целью определения скорости протекания процессов восстановления и степени их завершенности показало, что восстановительные процессы в организме обследуемых проходили по-разному.

У первого спортсмена восстановление проходило с высокой скоростью и практически завершилось через 18 час отдыха. Кумулятивный тренировочный эффект сказался в приросте мочевины на $0,5 \text{ ммоль} \cdot \text{л}^{-1}$, и это соответствовало планируемому уровню.

У второго спортсмена скорость восстановительных процессов была ниже: за 18 час восстановление состоялось на 70 %. Кумулятивный тренировочный эффект сказался в приросте уровня мочевины на $2,0 \text{ ммоль} \cdot \text{л}^{-1}$, что значительно превышало запланированный тренировочный эффект.

В организме третьего спортсмена в период отдыха после тренировочного занятия не произошло переключения обменных процессов, связанных с фазой нагрузки, на обменные процессы фазы восстановления. Эти данные свидетельствуют о большой перегрузке организма и полном несоответствии выполненной нагрузки функциональным возможностям спортсмена.

4. Анализ результатов обследования спортсменов позволяет дать такие рекомендации относительно проведения тренировочного процесса.

Первый спортсмен получил дозу нагрузки аэробной направленности, которая планировалась, хорошо перенес ее, практически полностью восстановился и может продолжать тренировочный процесс по плану.

Второй спортсмен получил запланированную нагрузку, которая была околопредельной для его функциональных возможностей. Тренировочное воздействие на организм было «ударным». После этого спортсмену рекомендуется изменить направленность работы на анаэробную небольшого объема.

Третий спортсмен получил нагрузку, превышающую его функциональные возможности, вследствие чего у него появились признаки перегрузки. Данного спортсмена следует освободить от тренировочных занятий и рекомендовать ему курс специальных восстановительных мероприятий по назначению врача команды.

Эти рекомендации передают тренеру и врачу команды с целью индивидуальной коррекции тренировочного процесса.

Время выполнения задачи — 90 мин.

Контрольные вопросы

1. *В чем состоит суть основных дидактических принципов спортивной тренировки?*
2. *Как с позиций спортивной физиологии можно обосновать принципы: специфичности; взаимодействия тренировочных эффектов; критических нагрузок; индивидуализации; тренируемости; обратимости тренировочных эффектов; разносторонности спортивной подготовки?*

РАЗДЕЛ 11

МОРФОФУНКЦИОНАЛЬНАЯ И МЕТАБОЛИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ТРЕНИРОВАННОСТИ

Для характеристики состояния тренированности исследуют физиологические показатели в состоянии покоя, во время стандартных (немаксимальных) и предельных нагрузок. У тренированных лиц в состоянии покоя, а также во время выполнения стандартных немаксимальных нагрузок отмечается феномен экономизации функций — менее выраженные функциональные изменения, чем у лиц нетренированных или малотренированных. В случае использования максимальных физических нагрузок отмечается феномен усиления максимальных функциональных возможностей до предельных значений (Белоцерковский, 2005; Вилмор, Костилл, 2003; Дубровский, 2005; Коц, 1986).

В состоянии покоя о тренированности организма свидетельствуют: гипертрофия левого желудочка в 34 % случаев и в 20 % — гипертрофия обоих желудочков, увеличение объема сердца (максимально до 1700 см³), замедление ЧСС до 50 уд/мин⁻¹ и менее (брадикардия), синусовая аритмия и синусовая брадикардия, изменение характеристик зубцов Р и Т. В аппарате внешнего дыхания отмечается увеличение ЖЕЛ (максимально до 9000 мл) за счет развития дыхательных мышц, замедление частоты дыхания до 6—8 циклов за минуту. Увеличивается время задержки дыхания (примерно до 146 с), что свидетельствует о большей способности переносить гипоксию.

В системе крови у спортсменов в состоянии покоя увеличиваются объем циркулирующей крови в среднем на 20 %, общее количество эритроцитов, гемоглобина (до 170 г·л⁻¹), что свидетельствует о высокой кислородной емкости крови.

Показателями тренированности двигательного аппарата являются: гипертрофия мышц, сокращения двигательной хронаксии, уменьшение разницы в величинах хронаксии мышц-антагонистов, увеличение способности мышц к утомлению и расслаблению, совершенствование проприоцептивной чувствительности мышц и др.

Во время выполнения стандартных (немаксимальных) физических нагрузок показателями тренированности являются меньшая выраженность функциональных изменений у тренированных лиц по сравнению с нетренированными.

Во время выполнения предельных физических нагрузок отмечается феномен повышения реализации функций: ЧСС повышается до 240 уд·мин⁻¹, ЧОК — до 35—40 л·мин⁻¹, увеличивается пульсовое давление, ЛВ достигает 150—200 л·мин⁻¹, $\dot{V}O_{2max}$ — 6—7 л·мин⁻¹, МКД — 22 л и более, максимальная концентрация лактата в крови может достигать 26 ммоль·л⁻¹, рН крови смещается в сторону более низких значений (к рН = 6,9), концентрация глюкозы в крови может уменьшиться до 2,5 ммоль·л⁻¹, ПАНО у тренированных лиц наступает при потреблении кислорода на уровне 80—85 % $\dot{V}O_{2max}$ (Дубровский, 2005; Куроченко, 2004; Физиологические механизмы адаптации, 1980; Физиологическое тестирование спортсменов.... 1998).

В нагрузочном тестировании следует использовать физические нагрузки, отвечающие таким требованиям:

- чтобы можно было измерить выполненную работу и в дальнейшем ее воспроизвести;
- чтобы существовала возможность изменять интенсивность работы в необходимых пределах;
- чтобы была задействована большая масса мышц, что обеспечивает необходимую интенсификацию системы транспорта кислорода и предотвращает возникновение локального мышечного утомления;
- быть достаточно простыми, доступными и не требовать особых навыков или высокой координации движений.

В нагрузочном тестировании обычно используют велоэргометры или ручные эргометры, ступеньки, тредбан (Физиологическое тестирование спортсменов.... 1998; Спортивная медицина. Практические.... 2003).

Преимуществом велоэргометрии является то, что мощность нагрузки может быть четко дозирована. Относительная неподвижность головы и рук во время педалирования позволяет определять различные физиологические показатели. Особенно удобны электромеханические велоэргометры. Их преимуществом является то, что в процессе работы не нужно следить за темпом педалирования, изменение его в определенных пределах не влияет на мощность работы. Недостатком велоэргометрии является возникновение локального утомления в мышцах нижних конечностей, что лимитирует работу во время интенсивных или продолжительных физических нагрузок.

Степэргометрия — простой способ дозирования нагрузок, в основе которого лежит модифицированное восхождение на ступеньку, что позволяет выполнять нагрузку в лабораторных условиях. Мощность работы регулируется изменением высоты ступеньки и темпом восхождения.

Используют одно-, дво-, триступенчатые лестницы, которые могут различаться высотой ступенек. Темп восхождения задают метрономом, ритмическим звуковым или световым сигналом. Недостатком степэргометрии является невысокая точность дозирования мощности нагрузки.

Тредбан позволяет моделировать локомоции — ходьбу и бег в лабораторных условиях. Мощность нагрузки дозируется изменением скорости и угла наклона движущейся ленты. Современные тредбаны оснащены автоматически эргометрами, регистраторами ЧСС или газоанализаторами с компьютерным обеспечением, которые позволяют точно контролировать мощность нагрузки и получать большое количество абсолютных и относительных функциональных показателей газообмена, кровообращения, энергетического обмена.

Самыми распространенными являются такие виды нагрузок (Мищенко В. С. , 1990; Левушкин, 2001; Солодков, Сологуб, 2005).

1. Непрерывная нагрузка постоянной мощности. Мощность работы может быть одинаковой для всех испытуемых или меняться в зависимости от пола, возраста и физической подготовленности.
2. Ступенчатовозрастающая нагрузка с интервалом отдыха после каждой «ступеньки».
3. Непрерывная работа при равномерно возрастающей мощности (или почти равномерно) с быстрой сменой следующих ступенек без интервалов отдыха.
4. Ступенчатовозрастающая непрерывная нагрузка без интервалов отдыха.

РАБОТА 36.

Оценка состояния тренированности спортсменов по данным функциональных показателей двигательного аппарата и сенсорных систем

Исследование функционального состояния двигательного аппарата. Под влиянием тренировочных занятий адаптационные изменения происходят не только в активном звене двигательного аппарата — мышцах, но и в костях, суставах и сухожилиях. Кости грубеют и становятся крепче. На них образуются шероховатости, выступы, обеспечивающие лучшие условия для прикрепления мышц и предотвращения возникновения травм.

Более значительные изменения происходят в мышцах. Увеличиваются масса и объем скелетных мышц (рабочая гипертрофия), количество кровеносных капилляров, вследствие чего к мышцам поступает больше питательных

веществ и кислорода. Если у нетренированных лиц на 100 мышечных волокон приходится 46 капилляров, то у хорошо тренированных спортсменов — 98. Благодаря усиленному обмену веществ увеличивается объем отдельных мышечных волокон, утолщается их оболочка, увеличиваются объем саркоплазмы, количество миофибрилл, и, как следствие, объем и масса мышц, что составляет у спортсменов разной специализации 44—50 % массы тела и более (Алтер, 2001; Козлов, Гладышева, 1997; Спортивная медицина. Практические..., 2003).

Функциональные свойства двигательного аппарата в значительной мере определяются композиционным составом мышц. Так, упражнения скоростной и силовой направленности выполняются эффективнее, если в мышцах преобладают быстросокращающиеся (БС) волокна, а упражнения с проявлением выносливости — с преобладанием медленносокращающихся (МС) мышечных волокон. Например, у спортсменов-спринтеров содержание БС волокон — в среднем 59,8 % (41—79 %). Композиция мышц генетически обусловлена, и под влиянием систематических тренировочных занятий не отмечается перехода одного типа волокон в другой. В некоторых случаях наблюдается переход одного подтипа БС волокон в другой.

Под влиянием спортивной тренировки увеличиваются запас энергетических источников — креатинфосфата, гликогена и внутриклеточных липидов, активность ферментативных систем, емкость буферных систем и др.

Морфологические и метаболические превращения в мышцах, возникающие под влиянием тренировочных занятий, являются основой функциональных изменений. Благодаря гипертрофии, например, увеличивается сила мышц у футболистов: разгибателей голени от 100 до 200 кг, сгибателей голени — от 50 до 80 кг и более (Дудин, Лисенчук, Воробьев, 2001; Евгеньева, 2002).

Мышцы тренированных людей более возбудимы и функционально подвижны, о чем судят по времени двигательной реакции или времени одиночного движения. Если время двигательной реакции у нетренированных лиц составляет 300 мс, то у спортсменов — 210—155 мс и менее (Филиппов, 2006).

Работа 36.1. *Исследование силы мышц спортсменов при помощи динамометров*

Оснащение: динамометры (ручной и становой).

Ход работы

При помощи ручного (кистевого) динамометра измеряют силу мышц кисти и предплечья нескольких испытуемых (желательно разных специализаций). Измерения проводят трижды, учитывают самый больший показатель. Высоким показателем считается величина, составляющая 70 % массы тела.

Сила мышц спины измеряется при помощи станового динамометра. Исследования у каждого студента проводят трижды, учитывают максимальный результат. Анализ полученных показателей проводят с учетом массы тела испытуемых, используя такие данные:

<i>Результат. % массы тела</i>	<i>Оценка</i>
170	Низкая
170—200	Ниже средней
200—230	Средняя
230—250	Выше средней
260	Высокая

Полученные показатели силы мышц кисти и предплечья, а также становой силы всех испытуемых анализируют и делают выводы.

Контрольные вопросы

- 1. Какие функциональные и структурные изменения происходят в костях, суставах, связках в процессе адаптации организма к воздействию физических нагрузок?*
- 2. Какие морфофункциональные изменения происходят в скелетных мышцах в процессе адаптации к физическим нагрузкам?*
- 3. Какие виды гипертрофии мышц преобладают у спринтеров и стайеров?*
- 4. Какую роль играет латентное время двигательной реакции при занятиях спортом?*
- 5. Какие методы дают возможность определить этот показатель?*

Работа 36.2. Исследование функциональной устойчивости вестибулярного аппарата с помощью пробы Яроцкого

Мышечная деятельность возможна только тогда, когда центральная нервная система получает информацию о состоянии внешней и внутренней среды организма. Такая информация поступает в центральную нервную систему через специальные образования — рецепторы, являющиеся высокочувствительными нервными окончаниями. Они могут быть частью органов чувств (глаз, ухо, вестибулярный аппарат) или функционировать самостоятельно (температурные рецепторы кожи, болевые рецепторы и др.). Импульсы, возникающие во время раздражения рецепторов, через чувственные (центростремительные) рецепторы достигают разных отделов центральной нервной системы и сигнализируют о характере влияния внешней среды или о состоянии внутренней среды. В центральной нервной системе происходит их анализ и создается про-

грамма адекватного ответного действия. Образования, включающие участок ЦНС, центростремительный нерв и орган чувств, называют **анализаторами**.

Для каждого вида спорта характерно участие ведущих анализаторов. Прежде всего, для нестандартнопеременных видов спорта (все спортивные игры, единоборства, горнолыжный спорт и др.) чрезвычайно важное значение имеют мышечный и вестибулярный анализаторы, обеспечивающие реализацию технических приемов (Круцевич, 1999; Солодков, Сологуб, 2003).

Во внутреннем ухе находится вестибулярный аппарат. Его рецепторы воспринимают положение тела в пространстве, направление движения, скорость, ускорение. Кроме того, вестибулярный аппарат получает функциональную нагрузку при резких стартах, поворотах, падениях и остановках. Во время выполнения физических упражнений происходит его постоянное раздражение, и потому его устойчивость обеспечивает стабильность выполнения технических приемов. При значительных раздражениях вестибулярного аппарата у спортсменов нарушается точность действий, появляются технические ошибки. Одновременно появляются негативные реакции, влияющие на деятельность сердца, ускоряя или замедляя ЧСС, чувствительность мышц. Поэтому система функционального контроля должна включать методику определения устойчивости вестибулярного аппарата спортсменов, прежде всего пробу Яроцкого.

Оснащение: секундомер.

Ход работы

Из числа студентов выбирают нескольких испытуемых разной специализации и с разным уровнем спортивного мастерства.

Испытуемый, стоя с закрытыми глазами, выполняет обороты головой в одну сторону в темпе 2 движения за 1 с. Определяют время сохранения равновесия тела.

Взрослые нетренированные лица сохраняют равновесие в течение 27—28 с, хорошо тренированные спортсмены — до 90 с.

Полученные во время обследования данные сравнивают и делают выводы о вестибулярной устойчивости спортсменов разной специализации и уровне тренированности.

Работа 36.3. *Исследование некоторых функций двигательного анализатора*

Оснащение: гониометр или угломер.

Ход работы

Испытуемый под контролем зрения выполняет 10 раз определенное движение, например, сгибание предплечья до 90°. Затем то же движение выполняет с закрытыми глазами. Во время контроля амплитуды движения в каждом повторе отмечают величину отклонения (ошибку).

Делают выводы об уровне мышечно-суставного ощущения для выполнения движений заданной амплитуды.

Контрольные вопросы

1. Какова роль рецепторов в функционировании анализаторов?
2. Какую роль играют анализаторы во время занятий спортом?
Приведите примеры.
3. Деятельность каких анализаторов наиболее важна во время выполнения технических приемов?
4. В чем заключается суть пробы Яроцкого?

РАБОТА 37. *Определение тренированности спортсмена по оценке устойчивости к гипоксии*

Пробы с задержкой дыхания (Штанге и Генчи) — это простые методы исследования устойчивости организма к гипоксии, что является одним из характерных признаков тренированности организма.

Оснащение: секундомер.

Ход работы

Из числа студентов выбирают испытуемых разной спортивной специализации и уровня тренированности.

1. Сделав вдох, испытуемый задерживает дыхание как можно дольше (нос зажат пальцами). В этот момент включают секундомер и фиксируют время задержки дыхания. С началом выдоха секундомер останавливают (проба Штанге). У здоровых нетренированных лиц время задержки дыхания колеблется в пределах 40—60 с у мужчин и 30—40 с у женщин. У спортсменов этот показатель увеличивается до 60—120 с у мужчин и 40—95 с — у женщин.

2. Сделав выдох, испытуемый задерживает дыхание, из этого момента включают секундомер и фиксируют время задержки дыхания (проба Генчи). С началом вдоха секундомер останавливают. У здоровых нетренированных людей время задержки дыхания длится в пределах 25—40 с у мужчин и 15—30 с — у женщин. У спортсменов наблюдают высокие показатели: до 50—60 с у мужчин и 30—50 с — у женщин.

Полученные показатели всех испытуемых вносят в таблицу 50 и делают соответствующие выводы.

Таблица 50 — Значение тестов с задержкой дыхания, с

Испытуемый	Проба Штанге	Проба Генчи

Работа 37.1. Оценка состояния тренированности по данным сердечно-сосудистой и дыхательной систем организма (проба Руфье)

Оснащение: секундомер.

Ход работы

Из числа студентов выбирают нескольких испытуемых с разным уровнем подготовленности, которые по очереди выполняют пробу Руфье.

В испытуемого, который находится в положении лежа на спине в течение 5 мин, определяют ЧСС за 15 с (P_1). Затем в течение 45 с он выполняет 30 приседаний, после этого ложится и у него опять подсчитывают ЧСС за первые 15 с (P_2), а потом — за последние 15 с первой минуты восстановления (P_3). Индекс Руфье рассчитывают по формуле:

$$\text{Индекс Руфье} = \frac{4(P_1 + P_2 + P_3)}{10}$$

Оценку функциональных резервов сердца проводят, сравнивая полученные данные с такими:

Значение индекса Руфье	Оценка функционального резерва сердца
0 и <	Атлетическое сердце
0,1—5,0	Сердце среднего человека:
5,1—10,0	очень хорошо
	хорошо
10,1—15,0	Сердечная недостаточность:
15,1—20,0	средней степени
	высокой степени

Результаты проведенного исследования анализируют, делают выводы об уровне функциональных резервов сердца у испытуемых.

Работа 37.2. Пробы с изменением положения

1. Ортостатическая проба

Ход работы

После пребывания в положении лежа в течение не менее 5 мин испытуемый медленно (за 2—3 с) встает. ЧСС (за 15 с) у него измеряют трижды: в состоянии покоя перед подъемом, сразу после перехода в вертикальное положение и спустя 3 мин стояния.

Нормальной реакцией на пробу является увеличение ЧСС на 14—16 ударов за 1 мин сразу после подъема и стабилизация этого показателя на уровне,

повышенном на 6—10 ударов через 3 мин стояния. Более выраженная реакция свидетельствует о повышенной реактивности симпатической части периферической нервной системы, что присуще недостаточно тренированным лицам. Менее выраженная реакция наблюдается в случае сниженной реактивности симпатической части и повышенного тонуса парасимпатической части периферической нервной системы. Более слабая реакция, как правило, сопровождается развитием состояния тренированности.

2. Клиностатическая проба

Ход работы

Пробу проводят в таком порядке: 5 мин спокойного стояния, измерение ЧСС, медленный переход в положение лежа, опять измерение ЧСС и, наконец, после 3 мин пребывания в состоянии покоя — последнее измерение ЧСС.

Нормальной реакцией является снижение ЧСС на 8—14 уд сразу после перехода в положение лежа и снижение еще на 6—8 уд спустя 3 мин. Большое снижение ЧСС свидетельствует о повышенной реактивности парасимпатической части периферической нервной системы, меньшее — о сниженной реактивности.

Во время оценки результатов орто- и клиностатической проб нужно учитывать то, что непосредственная реакция указывает, главным образом, на чувствительность симпатической (ортостатическая проба) или парасимпатической (клиностатическая проба) частей периферической нервной системы, а отставленная реакция, измеряемая через 3 мин, — на их тонус.

Результаты, полученные во время исследования, сравнивают и делают выводы.

Работа 37.3. Оценка функции внешнего дыхания у спортсменов

Оснащение: спирограф (или другой диагностический аппарат), а в случае их отсутствия — водяной или суховоздушный спирометр, секундомер, загубник с клапанами вдоха и выдоха, зажим для носа, газовый счетчик или газовые часы (можно использовать волюметр или суховоздушный спирометр).

Ход работы

Оценка функции системы дыхания при помощи суховоздушного спирометра проводится так. После глубокого вдоха и максимального выдоха измеряют ЖЕЛ. После измерения испытуемый дышит в обычном режиме. По команде исследователя выполняется задержка дыхания после вдоха и воздух выдыхается через спирометр. После выдоха осуществляется полный выдох через спирометр. Полученное значение воздушного объема в последнем случае будет соответствовать резервному объему выдоха. Разница между объемами выдыхаемого воздуха после вдоха и выдоха составляет величину дыхатель-

ного объема (ДО), а разница между ЖЕЛ и объемом после выдоха будет соответствовать резервному объему вдоха.

Для определения максимальной легочной вентиляции (МЛВ) последовательность исследования такая: испытуемый дышит через загубник, на некоторое время (не более 5—10 с) выполняется задержка дыхания и к загубнику за клапаном выдоха присоединяется азрозонд без воздуха (изготавливается из тонкого полиэтилена) емкостью 60—80 л. По команде испытуемый начинает дышать чаще и глубже в течение 15 с. Частота дыханий подсчитывается визуально. Значения измеренного объема воздуха и частоты дыханий для определения их за минуту умножают на 4. Желательно для большей точности выполнить процедуру несколько раз.

Для оценки результатов исследования используют данные таблицы 51.

Таблица 51 — Оценка состояния системы внешнего дыхания по данным спирометрии (для мужчин 20—25 лет), баллы

Показатель	Баллы				
	5	4	3	2	1
ЖЕЛ, % должной	90 и более	90—85	84—70	69—50	Менее 50
МЛВ, % должной	до 85	85—75	74—55	54—55	Менее 35
PO _{вл} , % должной	Не менее 90	85—89	80—84	70—79	Менее 70
PO _{вм} , % должной	Не менее 90	85—89	80—84	70—79	Менее 70

Надлежащие показатели спирометрии:

Показатель	Формула для расчетов
ЖЕЛ, л	$0,52 \cdot \text{рост} - 0,28 \cdot \text{возраст} - 3,2$
МВЛ, л · мин ⁻¹	Должная ЖЕЛ · 25
PO _{вл} , мл	ЖЕЛ · 0,55
PO _{вм} , мл	PO _{вл} · 0,75

Полученные результаты показателей системы дыхания у разных испытуемых сравнивают, анализируют и делают выводы о состоянии тренированности.

Контрольные вопросы

1. По каким показателям сердечно-сосудистой системы можно оценить тренированность организма в состоянии покоя?
2. Какие показатели сердечно-сосудистой системы свидетельствуют о тренированности организма при стандартных и максимальных физических нагрузках?
3. Какие показатели системы дыхания свидетельствуют о тренированности организма в состоянии покоя, при стандартных и максимальных нагрузках?

4. С помощью каких проб можно оценить устойчивость организма спортсменов к гипоксии и какова значимость этого показателя?

РАБОТА 38. *Показатели тренированности организма по некоторым функциональным показателям в состоянии покоя*

Оснащение: секундомеры, прибор для регистрации АД, суховоздушный спирометр, набор реактивов для определения уровня гемоглобина в крови, фотозлектроколориметр или фотометр для определения уровня гемоглобина в крови, гемооксигеметр, электромиотометр, хронаксиметр. Можно использовать газоанализатор (например, OXYCON ALPHA), дающий возможность определить кроме указанных многие другие показатели.

Ход работы

Студентов делят на группы (по два-три). Каждая из них готовит и проводит исследование одной из функций. Испытуемые — два студента, один из которых по спортивно-техническим данным и врачебным выводам находится в состоянии высокой тренированности, а другой — в состоянии недостаточной тренированности. Желательно, чтобы эти испытуемые участвовали во всех дальнейших исследованиях, связанных с анализом состояния тренированности во время стандартных и предельных физических нагрузок.

Регистрацию функций различных систем осуществляют в четкой последовательности, чтобы испытуемые не мешали друг другу.

В процессе работы определяют:

- ЧСС (повторно за 10 с с пересчетом на 1 мин);
- ЧД (за 1 мин);
- АД сист, АД диаст и пульсовое давление;
- содержание гемоглобина в крови;
- ЖЕЛ и объемы, составляющие ее;
- МВЛ за 15 с с пересчетом на 1 мин;
- время задержки дыхания на вдохе и выдохе с одновременным оксигеметрическим контролем (не ниже 70 % насыщения крови кислородом по шкале оксигеметра);
- латентное время двигательной реакции на световые сигналы или с использованием аналогичных компьютерных методик;
- твердость некоторых мышц конечностей и туловища (электромиотометрия).

Если имеется в наличии современный газоанализатор, регистрируют и другие показатели.

Полученные результаты вносят в таблицу 52, анализируют и делают выводы.

Таблица 52 — Функциональные показатели, используемые для оценки тренированности исследуемых в состоянии покоя

Испытуемый	Исследуемые показатели							
	ЧСС, уд·мин ⁻¹	ЧД, дых·мин ⁻¹	АДсист. / диаст., мм рт. ст.	Нв крови, г·л ⁻¹	ЖЕЛ, л	ЛВ, л·мин ⁻¹	Время задержки дыхания, с	Латентное время двигательной реакции, мс

Контрольные вопросы

1. Какая существует тенденция изменения ЧСС в состоянии покоя у лиц, тренированных физическими нагрузками?
2. Каких значений могут достигать ЧД и ЖЕЛ в состоянии покоя у лиц, тренированных на выносливость?
3. Как изменяются АДсист., АДдиаст. и пульсовое давление у тренированных лиц в состоянии покоя?
4. Каких значений может достигать уровень гемоглобина в крови лиц, тренированных на выносливость?
5. Как изменяется устойчивость организма к гипоксии в процессе занятий спортом и какова значимость этого показателя?

РАБОТА 39. *Исследование состояния тренированности во время выполнения стандартной (немаксимальной) нагрузки*

Оснащение: современный газоанализатор, велоэргометр или тредбан (тредмил). В ином случае оснащение такое же, как и в предыдущей работе.

Ход работы

1) При наличии современного газоанализатора, велоэргометра или тредбана (тредмила) выбирают двух испытуемых (с высоким уровнем тренированности и низким).

Исследование начинают из измерения роста спортсмена и его массы тела. Сначала у них исследуют функциональные показатели метаболизма в состоянии покоя: уровень гемоглобина и лактата в крови, ЧСС, ЧД, ЛВ, $\dot{V}O_2$, концентрацию кислорода и углекислого газа в выдыхаемом воздухе, дыхательный коэффициент и относительные функциональные показатели (на 1 кг массы тела).

После исследования показателей в состоянии покоя испытуемый выполняет дозированную стандартную нагрузку умеренной мощности. При использовании тредмила «Jaeger LE500» (беговая дорожка) в качестве стандартной

немаксимальной физической нагрузки целесообразно использовать нагрузку умеренной мощности с такими (по методике В. С. Мищенко, 1990) характеристиками: скорость бега — 10 км·ч⁻¹, продолжительность нагрузки — 12 мин. Во время его выполнения компьютерный регистрирующий прибор фиксирует все исследуемые функциональные показатели.

Сразу по окончании дозированной стандартной нагрузки проводят забор капиллярной крови из пальца для исследования содержания лактата в крови. Его содержание определяют сразу, а также на третьей минуте восстановительного периода с целью определения максимального поступления молочной кислоты из мышц в кровь для характеристики вклада гликолитического механизма энергообеспечения в выполнение стандартной нагрузки.

Все метаболические и функциональные показатели (абсолютные и относительные), полученные во время обследования двух студентов разной спортивной квалификации, вносят в таблицу 53, анализируют и делают выводы о состоянии тренированности во время выполнения дозированной физической нагрузки умеренной мощности.

Таблица 53 — Влияние дозированной стандартной нагрузки умеренной мощности на функциональные и метаболические показатели

Состояние	Испытуемый	Показатель								
		Нь	Ля	ЧСС	ЧД	ЛВ	VO ₂	% O ₂	% CO ₂	ДК
Покой	А									
	Б									
Стандартная нагрузка	А									
	Б									
Восстановление	А									
	Б									

А — спортсмен высокой квалификации, Б — спортсмен низкой квалификации

2) Если невозможно использовать для исследования тредмил и автоматический газоанализатор, то в роли дозированной нагрузки применяют разные функциональные пробы, которые проводят в лаборатории или в естественных условиях спортивной тренировки — на стадионе, в бассейне, гимнастическом зале. В лабораторных условиях удобны такие дозированные нагрузки, как восхождение на ступеньку, нагрузка на велоэргометре, а также 15-секундный бег на месте, 1-минутный и 3-минутный в темпе 160—180 шагов за 1 мин, 20 приседаний за 30 с и др. Дозирование таких нагрузок по времени и числу движений достаточно точное, однако повторные движения часто бывают разными по исполнению, что затрудняет стандартизацию подобных нагрузок.

В условиях спортивной тренировки на стадионах используют бег на 100, 200, 400 м и более со скоростью, доступной нетренированному испытуемому.

Задаваемая скорость бега должна строго соблюдаться. В бассейне можно выбрать отрезки дистанции 25, 50, 100 м и более с доступной ровной скоростью и одинаковым стилем плавания для двух испытуемых с разным уровнем подготовленности (Мищенко В. С., 1990; Омеляненко, 2004; Физическое тестирование спортсменов..., 1999; Фомин, Вавилов, 1991; Спортивная медицина. Практические..., 2003).

Ход работы

Студенты делят на две бригады: одна проводит исследование различных систем организма во время выполнения выбранной дозированной нагрузки у хорошо тренированного испытуемого, а другая — аналогичные исследования у спортсмена с низким уровнем подготовленности.

Исследуют те же показатели, что и в предыдущем опыте (если есть возможность), до и после дозированной физической нагрузки, а также во время нагрузки. Полученные данные анализируют и делают выводы о реакции различных систем хорошо тренированного и мало тренированного испытуемых на одинаковую не максимальную нагрузку.

Контрольные вопросы

- 1. Как изменяется концентрация лактата в крови спортсменов во время выполнения стандартных не максимальных нагрузок по сравнению с влиянием предельных нагрузок?*
- 2. В чем состоит суть феномена экономизации функций при стандартных нагрузках на примере показателей ЧСС и ЧД?*
- 3. Каким изменениям подвергается показатель ЛВ под влиянием стандартной нагрузки у спортсменов высокой квалификации по сравнению с малотренированными?*
- 4. Как изменяются показатели $\dot{V}O_2$, потребления кислорода, дыхательный коэффициент, содержание кислорода и углекислого газа в выдыхаемом воздухе при выполнении стандартной не максимальной нагрузки по сравнению с максимальной?*

РАБОТА 40. *Определение структуры функциональной подготовленности спортсменов (по В. С. Мищенко)*

Общий уровень функциональной подготовленности спортсменов — представителей циклических и игровых видов спорта — и степень развития ее ведущих свойств определяют по результатам выполнения блока тестирующих нагрузок различной мощности и продолжительности (Биологический контроль..., 1996; Мищенко В. С., 1990; Симонова, 2001; Шац, 1995). Во время тестирования испытуемый выполняет беговые нагрузки на тредбане «Jaeger LE500»,

возможности которого позволяют точно дозировать мощность и интенсивность нагрузки

Реакции функции дыхания и кровообращения исследуют при помощи автоматического быстродействующего газоанализатора «Oxicon Alpha» (Германия). В процессе выполнения нагрузок определяют показатели системы дыхания и кровообращения и соответствующие им показатели мощности выполняемой работы.

В качестве тестов используют такие виды нагрузок:

1. **Стандартная нагрузка умеренной мощности** — скорость бега $10 \text{ км} \cdot \text{ч}^{-1}$, продолжительность 12 мин. Работа выполняется при постоянной нагрузке для определения выносливости к работе аэробного характера.

2. **Нагрузка ступенчатонарастающей мощности** — скорость бега $10 \text{ км} \cdot \text{ч}^{-1}$ с увеличением угла наклона каждые 2 мин на 2 %, продолжительность нагрузки — до отказа от работы. Эта работа выполняется для определения аэробной мощности (по показателю $\dot{V}O_2 \text{max}$), экономичности, работоспособности спортсмена.

3. **Нагрузка «критической» мощности** выполняется на уровне $\dot{V}O_2 \text{max}$ при скорости бега $10 \text{ км} \cdot \text{ч}^{-1}$. Продолжительность бега — до отказа от работы. Этот показатель определяется индивидуально для каждого спортсмена по результатам выполнения нагрузки ступенчатонарастающей мощности. Нагрузка выполняется для определения специальной выносливости.

4. **Максимальная нагрузка** — скорость бега $13 \text{ км} \cdot \text{ч}^{-1}$, продолжительность — 1—1,5 мин, угол наклона беговой дорожки — 25 %. Этот вид нагрузки применяют для определения максимальной лактатной мощности.

Интервалы восстановления между тестирующими нагрузками составляют 5—10 мин.

В состоянии покоя и после выполнения каждого вида нагрузки проводят забор крови из пальца для определения содержания в ней молочной кислоты: после стандартной — сразу, после максимальной — сразу и на 3-й минуте, после критической — на 3-й и на 7-й минутах после нагрузки.

По результатам выполнения блока нагрузок рассчитывают многие показатели, на основании чего определяется комплекс из 30 показателей, позволяющих определить общий уровень функциональной подготовленности и степень развития ее ведущих свойств у спортсмена по показателям аэробной и анаэробной мощности, устойчивости, подвижности, экономичности и реализации функционального потенциала.

Мощность функциональных систем (аэробная и анаэробная) отражает верхний предел их возможностей и максимальных сдвигов во внутренней среде организма во время выполнения нагрузок предельной величины. Это свойство определяют по таким показателям (Белоцерковский, 2005; Мищенко, 1990; Мурза, Филиппов, 2001):

- $\dot{V}O_2$ max, мл·мин⁻¹·кг⁻¹;
- величина предельной мощности нагрузки продолжительностью 1—1,5 мин, Вт·кг⁻¹;
- КД, или максимальная рабочая продуктивность при нагрузке продолжительностью 1—1,5 мин, мл·кг⁻¹;
- АД, мм рт. ст.;
- разница между ЧССmax и АДсист.;
- МЛВ во время выполнения тестовой нагрузки, л·мин⁻¹;
- Максимальный ДО, л.

Подвижность функциональных систем определяется по таким показателям:

- постоянная времени ЧСС стандартной нагрузки, с;
- $\dot{V}O_2$ при стандартной нагрузке, л·мин⁻¹;
- быстрая компонента ЛВ в начале работы (10 с) во время критической нагрузки, л;
- время полувосстановления ЧСС после нагрузки критической мощности, с;
- $\dot{V}O_2$ при критической нагрузке, мл·мин⁻¹·кг⁻¹.

Устойчивость функциональных систем определяется по таким основным показателям (В. С. Мищенко, 1990; Физиологическое тестирование спортсменов, 1998):

- ▲ время удержания критической мощности нагрузки, мин;
- ▲ разность между ЧСС первой и последней минут во время критической нагрузки, деленная на время работы, мин;
- ▲ разность $V\dot{E}_{O_2}$ и $V\dot{E}_{CO_2}$ на первой и последней минутах критической нагрузки, деленная на время работы, мин.
- ▲ разность кислородного пульса при тех же условиях, деленная на время работы.

Об экономичности функциональных систем судят по таким показателям:

- $\dot{V}O_2$ при достижении ПАНО, мл·мин⁻¹·кг⁻¹;
- мощность критической работы относительно массы тела спортсмена, Вт·мин⁻¹·кг⁻¹;
- кислородная стоимость предельных рабочих уровней легочной вентиляции, мл.

Реализация функционального потенциала оценивается по таким основным показателям:

- ◆ прирост потребления кислорода относительно прироста ЧСС ступенчатонарастающей работы;
- ◆ $\dot{V}O_2$ среднее одноминутной нагрузки предельной интенсивности, % $\dot{V}O_2$ max;
- ◆ $\dot{V}O_2$ среднее критической нагрузки относительно $\dot{V}O_2$ пикового;
- ◆ $\dot{V}O_2$ max реальное, % $\dot{V}O_2$ max модельного.

Ход работы

Из числа студентов выбирают одного (желательно представителя циклических видов спорта или спортивных игр). Исследование начинается с определения у него показателей в состоянии покоя: роста, массы тела, содержания гемоглобина и молочной кислоты в крови, психофизиологические исследования. Затем ответственный научный сотрудник проводит инструктаж о физических нагрузках, предстоящих выполнить испытуемому, надевает на него маску для осуществления газоанализа. В состоянии покоя, сидя в маске, испытуемый привыкает дышать в таких условиях. По сигналу «Пуск!» он начинает выполнять стандартную аэробную нагрузку (умеренной мощности), играющую роль разминки. Сразу после ее выполнения проводят забор крови для определения содержания молочной кислоты. По окончании перерыва (медленный бег) выполняется ступенчатонарастающая нагрузка с целью выхода на $\dot{V}O_2\max$ (на мониторе $\dot{V}O_2$ достигает постоянной величины — выходит на плато), определение его величины и значений соответствующих функциональных показателей, указанных в теоретическом вступлении к работе. Максимальная нагрузка заканчивается тогда, когда испытуемый сообщает о невозможности продолжать работу. По окончании ступенчатонарастающей нагрузка испытуемый продолжает идти по беговой дорожке в медленном темпе. Сразу после нагрузки и на 3-й минуте восстановительного периода берут кровь из пальца для определения содержания молочной кислоты. По окончании перерывы выполняется кратковременная физическая нагрузка критической мощности, продолжающаяся до изнеможения. На 3-й и 7-й минутах восстановления берут кровь из пальца для определения содержания лактата.

По окончании выполнения всего комплекса физических нагрузок разной мощности испытуемый продолжает ходьбу в умеренном темпе с целью определения КД и других функциональных показателей. Затем полученные данные обрабатывают для определения показателей структуры функциональной подготовленности и делают вывод об оценке особенностей аэробной и анаэробной работоспособности испытуемого. Для ознакомления с обработкой результатов тестирования и подготовкой выводов необходимо провести дополнительное занятие.

Контрольные вопросы

- 1. Что подразумевают под мощностью функциональных систем и какие показатели ее отражают?*
- 2. Что подразумевают под подвижностью функциональных систем и какова значимость этого показателя в практике спорта?*
- 3. Что означает термин «устойчивость функциональных систем» и каково значение этого показателя во время занятий спортом?*

4. Какие показатели отражают реализацию функционального потенциала организма спортсменов и его значение в практике спорта?
5. В каких видах контроля определяют структуру функциональной подготовленности спортсменов и как используют полученные данные?

РАЗДЕЛ 12

БИОЛОГИЧЕСКИЙ КОНТРОЛЬ (МОНИТОРИНГ) В СПОРТИВНОЙ ТРЕНИРОВКЕ

Общей целью биологического контроля в спорте является повышение эффективности спортивной тренировки за счет оптимизации физической нагрузки на основе объективной оценки функциональной подготовленности спортсмена.

На разных этапах подготовки спортсменов стоят разные задачи, в соответствии с которыми определяют цель и формы контроля. В теории и практике спорта различают четыре основных вида контроля: **оперативный**, **текущий**, **этапный** и **углубленный** (Волков, 1996; Биологический контроль..., 1996; Куроченко, 2005; Левушкин, 2001; Платонов, 1997; Clausep, 1997).

Оперативный контроль (срочный) предполагает оценку оперативных состояний — срочных реакций организма спортсменов на нагрузку в ходе отдельных тренировочных занятий и соревнований.

Текущий контроль направлен на оценку текущих состояний, являющихся следствием физических нагрузок серии занятий, тренировочных или соревновательных микроциклов.

Этапный контроль позволяет оценить состояние спортсмена, являющееся следствием долговременного тренировочного эффекта на определенных этапах подготовки.

Углубленный контроль проводят один раз в году для комплексной оценки подготовленности спортсмена и состояния его здоровья.

Показатели, используемые соответственно определенному виду контроля, должны быть информативными и надежными, соответствовать:

- специфике вида спорта;
- возрасту и квалификации испытуемых;
- направленности тренировочного процесса.

В видах спорта, связанных с проявлением **выносливости** (плавание, гребля, велосипедный спорт, лыжные гонки, бег на средние и длинные дистан-

ции и др.). преимущественно исследуют показатели, характеризующие состояние сердечно-сосудистой и дыхательной систем, обменных процессов. Благодаря им можно наиболее достоверно оценить потенциальные возможности спортсменов в достижении высоких спортивных результатов.

В скоростно-силовых видах спорта, где главной задачей является умение проявлять кратковременные мышечные напряжения (спринтерский бег, легкоатлетические прыжки и метания, тяжелая атлетика, отдельные дисциплины велосипедного, конькобежного спорта, плавания и др.) как средства контроля используют показатели, характеризующие состояние нервно-мышечного аппарата, ЦНС, скоростно-силовых компонентов двигательной функции, которые проявляются в специфических тестовых упражнениях.

В видах спорта, где спортивные достижения преимущественно обусловлены деятельностью анализаторов, подвижностью нервных процессов, которые обеспечивают точность, размеренность движений во времени и пространстве (гимнастика, акробатика, фигурное катание, прыжки в воду, все виды спортивных игр, стрельба и др.), в процессе контроля используют широкий комплекс показателей. Они характеризуют точность воспроизведения временных, пространственных и силовых параметров специфических движений, способность к обработке информации и быстрому принятию решений, эластичность скелетных мышц, подвижность суставов, координационные возможности и др. (Белоцерковский, 2005; Биологический контроль..., 1996; Брискин, 2003; Платонов, 1997).

РАБОТА 41. *Использование содержания лактата в крови в процессе контроля за подготовкой спортсменов*

Молочная кислота образуется только в анаэробных условиях. Большое ее количество вызывает изменения концентрации ионов водорода во внутренней среде организма. При значительном смещении pH в сторону повышения кислотности наблюдается угнетение активности ферментов, регулирующих способность мышц к сокращению и скорость анаэробного ресинтеза АТФ (АТФаза миофибрилл, креатинфосфокиназа, ферменты гликолиза) (Буланов, 2002; Волков и соавт., 1998; Ключевые факторы адаптации..., 1996; Мохан, Глессон, Грингафор, 2001; Тнимова, 2004).

Накопление молочной кислоты в саркоплазматическом пространстве мышц сопровождается изменением осмотического давления, что ведет к поступлению воды с межклеточной среды внутрь мышечных волокон, вызывая их набухание. Значительные изменения осмотического давления в мышцах могут служить причиной болевых ощущений, так как набухшие клетки сдавливают нервные окончания.

Поступая из работающих мышц в кровь, молочная кислота взаимодействует с гидрокарбонатной буферной системой, что вызывает выделение «не метаболического» избытка CO_2 , следствием чего является ускорение ЛВ.

Молочная кислота и лактат — не одно и то же соединение. Лактат — это соль молочной кислоты, образующаяся при замещении H^+ молочной кислоты на Na^+ или K^+ . В результате анаэробного гликолиза образуется молочная кислота, которая очень быстро превращается в соль — лактат. Поэтому, говоря об этом соединении в крови, целесообразно использовать термин «лактат».

Если спортсмен находится в состоянии покоя, содержание лактата в его крови составляет $1,0\text{—}2,5\text{ г}\cdot\text{л}^{-1}$. В первые 2—19-ю минуты работы содержание лактата быстро увеличивается, а затем стабилизируется. В случае выполнения работы с кислородным запросом более 80 % содержание лактата в крови постоянно увеличивается, достигая максимальных значений не во время работы, а на 2—10-й минутах восстановительного периода.

Содержание лактата в крови довольно точно характеризует направленность тренировочных занятий, и поэтому определение его содержания в процессе занятий — один из важнейших методов оперативного управления нагрузкой.

Определены **нормативные показатели зон работы разной интенсивности** по изменению уровня лактата в крови в зависимости от мощности работы (Платонов, 1995; Лактатный порог..., 1997):

1-я зона — *аэробно-восстановительная работа*, направленная на устранение недоокисленных продуктов обмена веществ, образовавшихся во время предыдущей работы. В этом случае смещения биохимических показателей крови находятся в пределах нормы. Концентрация лактата составляет от 1 до $3\text{ ммоль}\cdot\text{л}^{-1}$, ЧСС — до $130\text{ уд}\cdot\text{мин}^{-1}$;

2-я зона — *аэробно-тренировочная работа*, направленная на стабилизацию работоспособности. Концентрация лактата в крови составляет $3,5\text{—}4,5\text{ ммоль}\cdot\text{л}^{-1}$, ЧСС — $130\text{—}150\text{ уд}\cdot\text{мин}^{-1}$;

3-я зона — *смешанная работа аэробной направленности*, проводится с целью повышения уровня VO_2max . Концентрация лактата в крови составляет от $4,5$ до $7,5\text{ ммоль}\cdot\text{л}^{-1}$, ЧСС — $150\text{—}170\text{ уд}\cdot\text{мин}^{-1}$;

4-я зона — *смешанная работа анаэробной направленности*, проводится для развития выносливости. Концентрация лактата в крови $8\text{—}11\text{ ммоль}\cdot\text{л}^{-1}$, ЧСС — $170\text{—}190\text{ уд}\cdot\text{мин}^{-1}$;

5-я зона — *соревновательно-специфическая работа*, направленная на развитие скоростных качеств. При этом наблюдается изменение биохимических показателей крови до индивидуального максимума. Концентрация лактата может достигать $28\text{ ммоль}\cdot\text{л}^{-1}$, а ЧСС — индивидуального максимума.

Если после проведения тренировки, направленной на развитие аэробной работоспособности, концентрация лактата в крови меньше $4\text{ ммоль}\cdot\text{л}^{-1}$.

это значит, что интенсивность его недостаточна. Тренировочные занятия, направленные на развитие силовой выносливости, должны осуществляться при содержании лактата в крови 5—6 ммоль·л⁻¹; занятия, направленные на экономизацию анаэробного обмена, — 8—11 ммоль·л⁻¹.

Показатель лактата в крови кроме использования для нужд оперативного контроля может дать информацию о мощности и емкости гликолитического механизма энергообеспечения, о состоянии тренированности:

<i>Реакция</i>	<i>Оценка тренированности</i>
Уменьшение содержания лактата в крови при стандартной физической нагрузке	Повышение тренированности
Повышение содержания лактата в крови при повышении мощности тестирующей нагрузки	Совершенствование анаэробных процессов энергообеспечения работы
Отсутствие изменений содержания лактата или его уменьшение при повышении мощности тестирующей нагрузки	Рост экономизации функций организма (рост тренированности)
Отсутствие изменений содержания лактата в крови при снижении мощности тестирующей нагрузки	Снижение тренированности
Резкое увеличение содержания лактата в крови при сохранении постоянной мощности работы	Низкая тренированность

Этот показатель может использоваться для определения лактатного порога, протекания восстановительных процессов, если уровень лактата в крови определять в динамике после нагрузок различного характера (Евгеньева, 2002; Лактатный порог..., 1997; Симонова, 2001; Шац, 2001).

Оснащение: лактометр с тестовыми полосками или набор реактивов для определения лактата в крови (например, фирмы Dr. Lange, Германия), фотометр этой же фирмы, микропипетка и капилляры для забора крови, скарификаторы, спирт, вата.

Ход работы

В состоянии покоя у испытуемых (желательно с разным уровнем тренированности) берут по 10 мкл крови из пальца и вносят в бутылочки с готовым реактивом.

Испытуемые в условиях стадиона выполняют бег на 800 м с регистрацией времени преодоления этой дистанции, или в условиях лаборатории — бег на месте в течение 3 мин с регистрацией количества шагов. После бега, на 3-й и 7-й минутах восстановления, у испытуемых берут по 10 мкл крови из пальца, вносят в бутылочку с реактивом и определяют содержание лактата в крови на фотометре фирмы Dr. Lange (Германия) при длине волны 420 нм по инструкции, прилагаемой к прибору.

Полученные результаты вносят в таблицу 54, сравнивают данные, полученные во время обследования двух испытуемых, с приведенными выше, делают выводы о гликолитической мощности испытуемых, состоянии их тренированности.

Таблица 54 — Содержание лактата в крови ($\text{ммоль} \cdot \text{л}^{-1}$) после выполнения физической нагрузки субмаксимальной интенсивности и в процессе восстановления после нее

Испытуемый	Лактат в крови, $\text{ммоль} \cdot \text{л}^{-1}$				Время выполнения / количество шагов
	Состояние покоя	Физическая нагрузка	Восстановление		
			3 мин	7 мин	

Контрольные вопросы

1. Продуктом какого метаболического процесса является молочная кислота?
2. Какие негативные влияния оказывает лактат в организме и каковы пути его устранения?
3. О чем свидетельствует максимальное значение содержания лактата в крови после предельной нагрузки?
4. Каково содержание лактата в крови в состоянии покоя?
5. О чем свидетельствует увеличение содержания лактата в крови спортсменов при отсутствии роста мощности нагрузки?
6. О чем свидетельствует увеличение содержания лактата в крови во время выполнения спортсменами стандартной неадекватной нагрузки?

РАБОТА 42.

Контроль направленности тренировочных нагрузок с использованием показателя мочевины в крови

Синтез мочевины происходит в печени, где за сутки ее синтезируется около 40 г. Для синтеза мочевины необходимы аммиак, углекислый газ, АТФ. Образование мочевины — это способ связывания и выведения аммиака, токсичного для организма. Аммиак образуется в результате дезаминирования аминокислот, образовавшихся во время распада белков. При некоторых патологических процессах, а также во время интенсивных физических нагрузок наблюдается ускоренный распад белков и компенсаторный синтез углеводов, повышение содержания мочевины в крови. Содержание мочевины в крови характеризует протекание процесса восстановления после физических нагрузок. Поэтому, если уровень мочевины в крови, взятой утром натощак, превышает $7 \text{ ммоль} \cdot \text{л}^{-1}$ (для мужчин) или $5 \text{ ммоль} \cdot \text{л}^{-1}$ (для женщин), это свидетельствует о чрезмерных нагрузках. Содержание мочевины в крови в пределах $6\text{—}7 \text{ ммоль} \cdot \text{л}^{-1}$ (мужчины) и $4\text{—}5 \text{ ммоль} \cdot \text{л}^{-1}$ (женщины) свидетельствует о том, что тренировочная

нагрузка накануне была достаточной и адекватной для организма. Более низкие показатели свидетельствуют о недостаточной нагрузке (Биологический контроль спортсменов..., 1996; Гордон, 1999; Моногаров, 1986; Тнимова, 2004; Henricsson, 1992; Zemon, 1991; Williams, 1990).

Выявлены три типа реакций организма на нагрузки, определяемые по изменению содержания мочевины в крови в состоянии стандартного покоя (утро, покой, натошак).

- Для *реакции первого типа* характерна прямая зависимость между динамикой содержания мочевины и нагрузками. Содержание мочевины в крови, как правило, не превышает в течение двух дней средних групповых нормативов, то есть $6 \text{ ммоль} \cdot \text{л}^{-1}$. Такая зависимость свидетельствует о сбалансированности анаболических и катаболических процессов, а также о том, что нагрузки, применяемые в процессе тренировки, соответствуют диапазону функциональных возможностей спортсмена.

- *Второй тип* реакции характерен тем, что в случае дальнейшего увеличения нагрузки уровень мочевины падает, иногда даже ниже нормы. Это явление расценивается как незавершенность восстановительных процессов, то есть возникли условия для торможения образования мочевины в связи с активным использованием аминокислот в синтезе белков скелетных мышц. Этот тип реакции встречается нечасто. При этом спортсмены ощущают затруднения в выполнении скоростных нагрузках при неплохом общем самочувствии.

- *Третий тип* реакции характеризуется отсутствием зависимости между изменением нагрузок и содержанием мочевины в крови. Уровень мочевины при этом типе реакции в течение двух дней и более, как правило, значительно выше общей средней нормы, то есть $6 \text{ ммоль} \cdot \text{л}^{-1}$. Такой вид зависимости встречается в случае высокоинтенсивных и продолжительных нагрузок «стрессового» характера. После подобного влияния высокий уровень содержания мочевины имеет тенденцию к повышению независимо от величины последующих нагрузок. Третий тип реакции указывает на несоответствие возможностей организма таким нагрузкам и требует специальных восстановительных мероприятий.

У одного спортсмена в зависимости от конкретного сочетания тренировочных нагрузок и восстановительных мероприятий могут иметь место переходы от одного типа реакции к другому.

Величины содержания мочевины в крови в состоянии покоя составляют $4,5\text{--}6,5 \text{ ммоль} \cdot \text{л}^{-1}$. Верхний предел содержания мочевины зависит от поступления белков с едой; при суточном приеме белков более $2,5 \text{ г} \cdot \text{кг}^{-1}$ содержание мочевины в сыворотке крови может достигать даже $10 \text{ ммоль} \cdot \text{л}^{-1}$.

Оснащение: фотометр фирмы Dr. Lange (Германия), набор готовых реактивов этой же фирмы для определения мочевины в крови, микропипетка и капилляры для забора крови, центрифужные пробирки, центрифуга, автоматический дозатор, 5 % трихлоруксусная кислота, скарификаторы, спирт, вата.

Ход работы

Исследования проводят натощак. Из числа студентов выбирают двух испытуемых, которые накануне выполняли разный объем тренировочных нагрузок. У них при помощи одноразового капилляра и специальной микропипетки (после обработки пальца спиртом) берут 20 мкл крови и вносят в пробирку с 0,2 мл 5 % трихлоруксусной кислоты (ТХУ). После этого пробирку центрифугируют в течение 10 мин (скорость 3000 об·мин⁻¹), затем 50 мкл супернатанта вносят в бутылочку с готовым реактивом и сразу же погружают в кюветное отделение фотометра. Прибор очень быстро определяет содержание мочевины в крови и результат высвечивается на табло фотометра. Полученный результат умножают на 4,2 и определяют содержание мочевины в крови.

Данные обследования обоих испытуемых, сравнивают с нормативными показателями, определяют тип реакции организма на весь объем физической нагрузки, выполненной накануне, делают выводы о состоянии восстановительных процессов у испытуемых.

Контрольные вопросы

- 1. Где в организме и из каких химических веществ образуется мочевина?*
- 2. Какова значимость показателя мочевины в крови в условиях стандартного покоя?*
- 3. О чем свидетельствует содержание мочевины в крови спортсменов сразу же после тренировочных занятий?*
- 4. Каково проявление первого и второго типов реакции организма на тренировочные занятия по показателю мочевины в крови?*
- 5. Какие меры принимают в случае обнаружения третьего типа реакции на тренировочные нагрузки по содержанию мочевины в крови?*

РАБОТА 43. *Определение ПАНО у спортсменов*

Понятие о пороге анаэробного обмена (ПАНО) было широко распространено в начале 1960-х годов. В соответствии с начальными представлениями под ПАНО подразумевали интенсивность нагрузки, выше которой развивается метаболический ацидоз. Началом метаболического ацидоза стали считать резкое изменение динамики (излом графика) ряда показателей в случае повышения мощности работы (ЛВ, ДК, неметаболический избыток углекислоты и др.), которые коррелировали с показателем содержания лактата в крови (Биологический контроль спортсменов..., 1996; Дубровский, 2005; Лактатный порог..., 1997; Применение пульсометрии..., 1996; Солодков, Сологуб, 2005; Шац, 1995).

Сегодня сформировались такие представления. При первом приросте концентрации лактата в крови фиксируется первая пороговая точка — первый анаэробный порог — ПАНО₁. Эту точку также называют *аэробным порогом*, так как до этого не отмечается существенный прирост анаэробного метаболизма. Существует мнение, что аэробный порог — это мощность циклической работы, в которой в существенном объеме участвуют мышечные волокна гликолитического типа (БС волокна II типа). В среднем концентрация лактата в крови составляет около 2 ммоль·л⁻¹.

Во время дальнейшего роста нагрузки отмечается период, когда концентрация лактата в крови после периода небольшого равномерного его повышения начинает выражено увеличиваться. Это возникает, в среднем, при концентрации лактата в крови 4 ммоль·л⁻¹ и обозначается как второй анаэробный порог (ПАНО₂), являющийся истинным анаэробным порогом. ПАНО₂ в какой-то мере отражает максимальную аэробную продуктивность МС волокон (табл. 55).

Таблица 55 — Физиологическая характеристика аэробно-анаэробного перехода во время физической нагрузки

Показатель	Фазы аэробно-анаэробного перехода		
	Аэробный порог (ПАНО ₁)	Зона перехода	Анаэробный порог (ПАНО ₂)
Тип метаболизма	Аэробный	Аэробно-анаэробный	Анаэробно-аэробный
Содержание лактата в крови, ммоль·л ⁻¹	2	2—4	4
Основные энергетические субстраты, преимущественно затрачиваемые во время работы	Жирные кислоты	Жирные кислоты, гликоген	Гликоген, жирные кислоты
$\dot{V}O_2$, % $\dot{V}O_{2max}$	< 40	40—85	> 85
ЧСС, % ЧСС _{макс}	< 65	65—90	> 90

Пороговые точки отражают мощность работы: скорость езды на велосипеде, плавания, а также величину $\dot{V}O_2$ из расчета на 1 кг массы тела и в % $\dot{V}O_{2max}$. Широко используется определение ПАНО по показателям скорости бега, плавания при уровне лактата в крови 4 ммоль·л⁻¹.

Существуют также термины — **вентиляционный** и **лактатный пороги**. Они отображают методы оценки ПАНО. В первом случае речь идет о его оценке по началу нелинейного прироста ЛВ и повышение вентиляционного эквивалента для O₂ (ВЭ_{O₂}), который отражает этот нелинейный прирост (отношение МОД к потреблению кислорода).

Термин **лактатный порог** используют, чтобы подчеркнуть способ определения ПАНО по критериям начала интенсивного прироста концентрации лактата в крови. Разные методы дают немного отличающиеся результаты.

Различают: 1) методы, требующие забора крови для определения в ней лактата и рН; 2) неинвазивные методы, базирующиеся на показателях внешнего дыхания, газообмена, ЧСС и др.

1. Инвазивные (прямые) методы определения ПАНО основываются на графическом анализе кинетики лактата крови во время нагрузки с возрастающей интенсивностью. Как критерии ПАНО используются фиксированные значения концентрации лактата ($4 \text{ ммоль} \cdot \text{л}^{-1}$), степень его увеличения от исходного уровня на $1,5$ или $2 \text{ ммоль} \cdot \text{л}^{-1}$, точку отклонения от уровня стандартного покоя, достижение определенной, довольно высокой скорости наращивания лактата в крови (1 ммоль за 1 или 3 мин) либо показатели динамики лактата в восстановительном периоде.

2. Неинвазивные методы определения ПАНО:

- измерение динамики прироста ЛВ и ЧСС в зависимости от мощности нагрузки (скорость передвижения) (рис. 10). При этом различают две точки «излома» и, соответственно, три зоны аэробно-анаэробного перехода;

- определение ПАНО по ДК, а также «неметаболического избытка» CO_2 . Первоочередное накопление лактата в крови наблюдается при такой мощности нагрузки, когда ВЭ_{O_2} ниже всего (отношение МОД к VO_2 является самым низким). Это происходит как у тренированных, так и нетренированных лиц. Зато ВЭ_{O_2} начинает значительно возрастать.

Для определения ПАНО₁ предлагается использовать как дополнительные критерии три такие условия: начало устойчивого повышения Pa_{O_2} (напряжение O_2 в артериальной крови), отсутствие при этом снижения Pa_{CO_2} (напряжение CO_2 в артериальной крови) и достижение величины ДК (отношение выделившегося CO_2 к потребленному O_2) $0,90$ — $0,95$.

Вследствие этого нарастают явления метаболического ацидоза. В основу дополнительных критериев определения ПАНО₂ можно положить начальные признаки реакции дыхательной компенсации метаболического ацидоза. Ведущим признаком этого является начало повышения вентиляционного эквивалента для CO_2 (отношение ЛВ к выделившемуся CO_2);

- полевое измерение (тест Конкони), в основе которого лежит

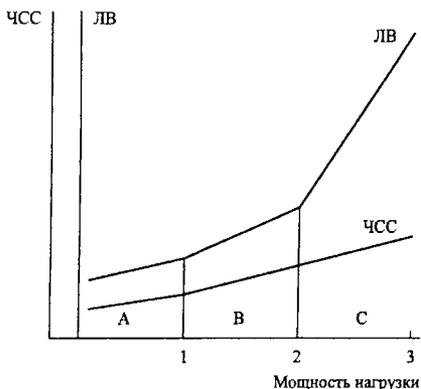


Рисунок 10 — Типовая зависимость ЛВ и ЧСС от мощности нагрузки (скорости передвижения) в ступенчатом тесте продолжительностью более 20 мин: 1 — аэробный порог (ПАНО₁), 2 — анаэробный порог (ПАНО₂) (Лактатный порог..., 1997)

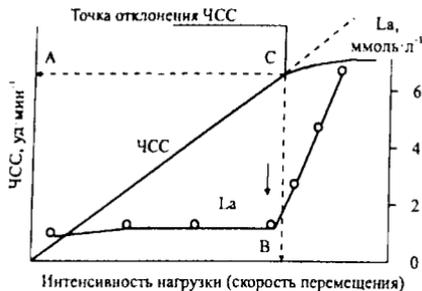


Рисунок 11 — Схематическое изображение принципа метода Конкони

определение ПАНО по графику «ЧСС—мощность» с использованием портативных измерителей ЧСС (рис. 11). Конкони и другие исследователи обнаружили, что прямая линия этой зависимости имеет закономерный излом (отклонение) при высокой интенсивности работы. Если продолжать наращивать интенсивность нагрузки, в определенный момент ускорение ЧСС относительно замедляется, и эта точка обозначается как «точка отклонения». Излом отражает такую скорость бега, езды на велосипеде, плавания, гребли, при которой начинается быстрое накопление лактата в крови (Лактатный порог..., 1997; Коц, 1986; Солодков, Сологуб, 2003; Костилл, 1997; Шац, 1995).

Оснащение: газоанализатор, тредбан (беговая дорожка).

Ход работы

После выполнения разминки у испытуемых разного уровня спортивной квалификации определяют ПАНО при помощи газоанализатора (например, «Охусон Alpha») путем измерения неметаболического избытка CO_2 (ExсCO_2) во время нагрузок возрастающей мощности. Для расчета используют формулу:

$$\text{ExсCO}_2 = \text{DRQ} \cdot \dot{V}\text{O}_2 = V_{\text{CO}_2} - \text{RQ} \cdot \dot{V}\text{O}_2.$$

где RQ — дыхательный коэффициент в состоянии покоя; DRQ — разница между величинами дыхательного коэффициента в процессе работы и в состоянии покоя; $\dot{V}\text{O}_2$ — потребление кислорода, л·мин⁻¹; V_{CO_2} — выделение CO_2 , л·мин⁻¹.

Путем графического построения в системе координат «логарифм значения ExсCO_2 —мощность» определяют начало избыточного выделения CO_2 . Величину ПАНО выражают в абсолютных единицах мощности выполняемой работы, либо в значениях потребления кислорода, либо в относительных величинах (например, в % $\dot{V}\text{O}_{2\text{max}}$). Соответствующую уровню ПАНО мощность называют пороговой мощностью.

У нетренированных здоровых людей ПАНО колеблется в пределах 48—65 % $\dot{V}\text{O}_{2\text{max}}$, а у спортсменов — 75—85 % $\dot{V}\text{O}_{2\text{max}}$, то есть ПАНО наблюдается во время работы большей мощности.

Для оценки полученных значений ПАНО по уровню потребления кислорода можно использовать нормативные показатели потребления кислорода у представителей циклических видов спорта по интенсивности работы, обуславливающей накопление лактата в крови на уровне 4 ммоль·л⁻¹ (табл. 56).

Таблица 56 — Нормативы для оценки ПАНО у спортсменов циклических видов спорта (по потреблению O_2 в мл \cdot кг⁻¹ \cdot мин⁻¹) по интенсивности работы, соответствующей накоплению лактата в крови на уровне 4 ммоль \cdot л⁻¹

Пол	Оценка ПАНО по пороговому $\dot{V}O_2$, ммоль \cdot л ⁻¹		
	Низкая	Средняя	Высокая
Мужчины	43	50—58	68
Женщины	36	45—50	58

Значения ПАНО, полученные у разных испытуемых, сравнивают между собой и с нормативными показателями и делают выводы об уровне их специальной работоспособности.

Контрольные вопросы

1. Какие существуют современные представления о показателе ПАНО?
2. Какие методы используют для определения ПАНО?
3. Что подразумевают под понятиями ПАНО₁ и ПАНО₂?
4. Какая физиологическая и метаболическая характеристика аэробно-анаэробного перехода?
5. В каких видах физиологического контроля определяют ПАНО?
6. В каких единицах оценивают ПАНО?
7. О чем свидетельствует сдвиг ПАНО в сторону большей мощности физической нагрузки? Ответ обоснуйте.

РАБОТА 44. *Использование ЧСС для направленного развития двигательных качеств (на примере определения точки отклонения по Конкони)*

Наиболее доступным и информативным методом оценки реакции организма на физические нагрузки является ЧСС. Ее определяют перед занятием, после разминки, после выполнения отдельных упражнений в основной части занятия, после отдыха или периодов снижения интенсивности нагрузки (Белоцерковский, 2005; Булич, Мурахов, 2003; Вілмор, Костілл, 2003; Круцевич, 1999; Мищенко В. С., 1990; Применение пульсометрии..., 1996).

Сегодня в большинстве видов спорта тренеры планируют объем и интенсивность тренировочных нагрузок не только в часах, метрах, но и по ЧСС, определяемой при данной работе (табл. 57, 58).

Сравнивая характер и интенсивность нагрузки по изменению ЧСС и скорости ее восстановления, определяют уровень функционального состояния организма. Например, если после пробега 400 м за 70 с пульс у спортсмена

Таблица 57 — Характеристика тренировочных процессов по зонам интенсивности (Платонов, 2004)

Зона интенсивности	Направленность физической нагрузки	Реакция организма	
		ЧСС, уд·мин ⁻¹	Лактат, ммоль·л ⁻¹
I (восстановительная)	Активизация восстановительных процессов	100—120	2—3
II (поддерживающая)	Поддержка на достигнутом уровне аэробных процессов	140—150	3—4
III (развивающая)	Повышение аэробных возможностей, специальной выносливости к продолжительной работе	165—175	4—8
IV (развивающая)	Повышение гликолитических возможностей, специальной выносливости к кратковременной работе (скоростная выносливость)	175—185	8—12
V (спринтерская)	Повышение алактатных анаэробных возможностей, совершенствование скоростных возможностей	185 и выше	> 12

Таблица 58 — Характеристика тренировочных режимов разной направленности

Направленность тренировочного занятия	Количество серий упражнений	Продолжительность серий, мин	Интервал между упражнениями в серии, с	Интервал между сериями	ЧСС во время работы, уд·мин ⁻¹	ЧСС перед выполнением очередной серии	Энергетические системы	Содержание молочной кислоты, ммоль·л ⁻¹
Совершенствование скоростных возможностей	7	6—7	20	1,5—2 мин	От 185 и выше	125	Алактатная (фосфагенная) + лактатная (гликолитическая)	10
Развитие специальной (скоростной) выносливости	8—9	8	10—15	40—60 с	175—185	135—140	Алактатная (фосфагенная) + лактатная (гликолитическая)	8—12
Развитие общей выносливости	8—9 (до 10)	8	до 30	3—4 мин	160—175	110—115	Аэробная (окислительная) + лактатная (гликолитическая)	4—8

участился до 160 уд·мин⁻¹ и восстановился за 2 мин до 120 уд·мин⁻¹, а затем после такой же нагрузки повысился до 150 уд·мин⁻¹ и восстановился за 3 мин, есть основания говорить об ухудшении функционального состояния сердечно-сосудистой системы.

У хорошо тренированных спортсменов ЧСС снижается в течение 60—90 с с 180 до 120 уд·мин⁻¹. В этом случае они готовы к повторному выполнению упражнения. Отставленный эффект физических нагрузок можно оценить по изменению ЧСС на следующее утро натощак.

В последнее время в практике контроля в спорте распространился метод **Конкони** (Применение пульсометрии..., 1996), позволяющий определить величину ЧСС, которая соответствует максимальному, преимущественно аэробному, энергообеспечению без громоздких исследовательских процедур, связанных с анализом проб крови и воздуха. Тест Конкони базируется на том, что при определенной интенсивности выполнения работы линейная зависимость между интенсивностью работы и ЧСС нарушается и можно графически выявить индивидуальную точку отклонения (нарушение линейности). ЧСС, которая отмечается в этой точке, указывая на максимальный уровень интенсивности нагрузки, обеспечиваемой преимущественно аэробным путем. Выше этого уровня прогрессивно включаются анаэробные механизмы и наступает утомление (см. рис. 11).

Точка отклонения, по Конкони, близка к физиологическому понятию ПАНО, характеризующему предельную интенсивность нагрузки, при которой работа может выполняться относительно продолжительное время в устойчивом состоянии, без прогрессивного наращивания концентрации лактата в крови (Лактатный порог..., 1997; Симонова, 2001).

ЧСС точки отклонения индивидуальна и связана с состоянием спортсмена, уровнем тренированности, периодом годового цикла подготовки. Во всех случаях, исследуя ЧСС точки отклонения для определения интенсивности нагрузок, выбранных в качестве основных тренировочных средств, необходимо проводить тест Конкони для каждого спортсмена не менее одного раза в 3—4 недели.

Определив ЧСС точки отклонения по тесту Конкони, следует определить необходимое время, в течение которого целесообразно выполнять нагрузки по установленной ЧСС. Это время можно определить, пользуясь формулой Карвоненна и графиком Сен Гупта (рис. 12). Формула Карвоненна (Применение пульсометрии..., 1996):

$$X \% = \frac{\text{ЧССнагрузки} - \text{ЧССсостояния покоя} \cdot 100}{\text{ЧССмаксимальная} - \text{ЧССсостояния покоя}}$$

где X % — интенсивность нагрузки.

Значения величины X % по формуле Карвоненна откладывают на оси абсцисс графика Сен Гупта и из этой точки проводят перпендикуляр до пересечения с нанесенной на шкалу наклоненной линией. Напротив полученной точки по оси ординат находят соответствующее время, ориентировочно возможное для непрерывной работы спортсменов — представителей циклических видов спорта — в заданном режиме ЧСС.

Оснащение: спорттестер.

Ход работы

Испытуемый выполняет тест Конкони (с использованием программного обеспечения спорттестера) в выбранных условиях: на беговой дорожке стадиона, в бассейне, на велотреке, беговой дорожке в природных условиях, где длина, рельеф и метеоэрологические условия каждого отрезка будут примерно одинаковы. Выполняя тест Конкони, спортсмен равномерно увеличивает скорость. В это время у него измеряют ЧСС, что позволяет получить графическую зависимость «скорость—ЧСС». В начале выполнения теста это соотношение имеет линейную зависимость, а затем учащение ЧСС замедляется. В этот момент (точка отклонения) достигается анаэробный порог. Тест продолжается до тех пор, пока не будет получена максимальная величина ЧСС. Для хорошо тренированных спортсменов подходят отрезки длиной 200—400 м. Для дости-

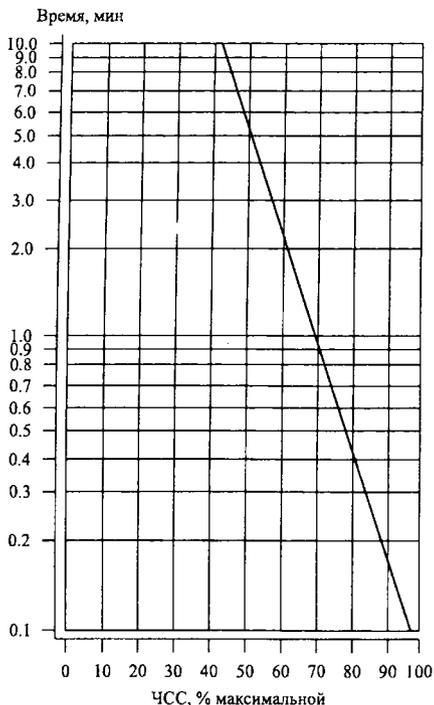


Рисунок 12 — График Сен Гупта для определения ориентировочно возможного времени непрерывной работы спортсменов циклических видов спорта в режиме заданной ЧСС (Применение пульсометрии..., 1996)

жения максимальных значений ЧСС достаточно 10—20 отрезков, но не менее 8. Главное условие, которое следует соблюдать, — это постепенное увеличение скорости на каждом последующем отрезке и поддержание ее на постоянном уровне в пределах отрезка.

Тест Конкони проводят так:

1. Спорттестер следует установить в режим измерения ЧСС с 5-секундным интервалом регистрации данных.

2. Следует нажимать кнопку STOPE/RECALL после прохождения каждого отрезка дистанции в одном месте. Целесообразно визуально удостовериться в том, что на дисплее регистрируется время прохождения каждого отрезка.

3. Необходимо увеличивать скорость на отрезках постепенно, иначе возможно наступление утомления до того, как будут пройдены все минимально необходимые отрезки.

4. Заканчивать тест следует после достижения максимальной ЧСС или околорекордной.

На основании полученных значений строят графическую зависимость «скорость—ЧСС», определяют точку отклонения по Конкони и делают выводы об индивидуальном ПАНО испытуемого. Используя данные теоретического вступления к работе, находят по графику Сен Гупта ориентировочно возможное время работы при ЧСС точки отклонения испытуемого (Симонова, 2001; Применение пульсометрии..., 1996; Физиологическое тестирование спортсменов..., 1998).

Контрольные вопросы

1. В чем заключается суть теста Конкони и каковы преимущества этого метода?
2. Какое количество отрезков необходимо для определения точки отклонения?
3. Каковы основные условия проведения теста Конкони?
4. О чем свидетельствует точка отклонения по Конкони?
5. Как по данным ЧСС точки отклонения по Конкони можно определить теоретически возможное время работы в этих условиях?

РАЗДЕЛ 13

БИОЛОГИЧЕСКИЕ КРИТЕРИИ ОТБОРА В СПОРТЕ

В организационном отношении процесс отбора юных спортсменов делится на четыре этапа:

- предварительный (первичный) отбор детей и подростков;
- углубленная проверка соответствия отобранного контингента требованиям, соответствующим успешной специализации в выбранном виде спорта (этап вторичного отбора);
- спортивная ориентация;
- отбор в сборные команды ДСТ и страны.

Основными задачами *первого этапа* отбора являются определения пригодности детей и подростков к занятиям спортом путем выявления у них задатков, лежащих в основе развития способностей, оценка степени двигательной активности. На основании педагогических наблюдений тренер определяет способность юных спортсменов преодолевать значительные тренировочные нагрузки, возможности эффективного восстановления, выявляет темпы

формирования двигательных навыков, а также темпы развития отдельных двигательных качеств (Бушакова, 1986; Волков П. В., Филип, 1983, Волков П. В., 1996, Губа, 2002, Семенов, 2005).

Основной задачей *второго этапа* отбора является углубленная проверка соответствия предварительно отобранного контингента детей требованиям успешной специализации в выбранном виде спорта. Наличие специальных качеств, свойств человека, элементарной подготовленности позволяет определить степень спортивной одаренности детей и подростков, их пригодность к дальнейшему совершенствованию в выбранном виде спорта.

На *третьем этапе* отбора, который продолжается несколько лет, формируются способности, проявляющиеся в конкретной спортивной деятельности. Педагог глубоко и всесторонне изучает каждого юного спортсмена, на основании чего определяет его перспективность и узкую специализацию. Как и ранее, на этом этапе осуществляются педагогические наблюдения, контрольные испытания, медико биологические, социологические и психологические исследования с целью определения степени спортивной подготовленности.

На *четвертом этапе* отбора продолжается углубленное исследование спортивных способностей, оценивается степень спортивного мастерства, на основе чего осуществляются отбор и комплектование юношеских и молодежных сборных команд ДСО, ведомств республик и страны.

На разных этапах отбора в спорте используют, прежде всего, морфологические критерии, из которых основными являются антропометрические исследования и определение компонентного состава тела.

Для проведения **антропометрических исследований** используют антропометрические точки, имеющее строгую локализацию (выступы, бугры, кожные складки и т. д.). Антропометрические исследования выполняют стандартным оборудованием (медицинские весы, антропометр, динамометры, толстотные циркули и др.). В антропометрии определяют поперечные, продольные и глубинные размеры тела и на их основании составляют антропометрическую карту спортсмена с 36-ю показателями. Ориентируясь на морфологические признаки, тренеры могут прогнозировать, на что способен спортсмен в будущем, то есть проводить отбор и ориентацию. Для определения соответствия индивидуальных соматических и антропометрических особенностей выбранной спортивной специализации следует показатели строения тела сопоставить с характерными морфологическими особенностями спортсменов высших спортивных разрядов (Алтер, 2001; Кашуба, 2003, Козлов, Гладышева, 1997; Семенов, 2005; Человек в цифрах..., 1990).

Относительно стабильны и плохо поддаются тренировке конституциональные особенности человека. **Конституция** – это совокупность функциональных и морфологических особенностей, сложившихся на основе наследственных и приобретенных качеств, которые определяют своеобразие реакции

организма на внешние и внутренние раздражители. Наиболее популярна схема конституциональных типов за Черноруцкому

- **нормостенический тип** характерен пропорциональными размерами тела и гармоническим развитием костно-мышечной системы;
- **астенический тип** отличается стройным телом, преобладанием продольных размеров тела и размеров грудной клетки над размерами живота, длины конечностей над длиной туловища;
- **гиперстенический тип** — отличается хорошей упитанностью, длинным туловищем и короткими конечностями, относительным преобладанием поперечных размеров тела, размеров живота над размерами грудной клетки.

Проведение визуальной оценки индивидуумов по целому ряду признаков позволяет выявить компоненты спортивной одаренности детей и подростков во время выбора специализации и отбора в спорте на этапе начальной спортивной подготовки. Связан с этим важным критерием отбора в спорте также соматотип, то есть морфологическое отражение конституции. Характер соматотипа тесно связан с физической способностью человека. Наиболее распространена такая классификация соматотипов:

- **эндоморф** (мягкая округлость в разных частях тела, сильное развитие органов пищеварения) — имеет большую мышечную силу, но реализует ее слабо из-за чрезмерной туловищности; им подходят такие виды спорта, как борьба, тяжелая атлетика;
- **мезоморф** (прямоугольные очертания тела, сильное развитие мышц, костной системы и соединительной ткани) — отличается выносливостью, крепким строением тела, быстрой реакцией, ловкостью и большой физической силой; диапазон выбора специализацией очень широк;
- **экторморф** (вытянутость тела в длину и его хрупкость) — отличается хорошими скоростными качествами и координацией движений, хорошо переносит кратковременные нагрузки; им подходят виды спорта, связанные с проявлением скоростных и координационных качеств.

Нужно иметь в виду, что «чистых» соматотипов не существует, как правило, существует их сочетание с преобладанием определенного типа.

Важное значение во время отбора в спорте имеет определение компонентного состава массы тела и мышц. Абсолютная масса тела считается недостаточно информативным показателем, так как при одной и той же массе тела составляющие компоненты (жировой, мышечный, костный) могут существенно отличаться.

В последнее время для оценки компонентного состава массы тела используют два показателя: жировая масса (% общей массы тела, которая содержит жир) и **чистая масса тела** (все ткани тела, не содержащие жира — кости, мышцы, внутренние органы и соединительная ткань).

Определение состава тела спортсмена позволяет ему вместе с тренером получить дополнительную информацию, так как состав тела дает более

точную информацию о возможностях, чем размеры и масса тела. Избыточная масса тела спортсмена, как правило, не является особой проблемой, тогда как избыточное содержание жира в организме отрицательно сказывается на спортивных результатах. Стандартные таблицы для определения массы, соответствующей росту, дают неточное представление об оптимальной массе, поскольку не учитывают состав тела. У спортсменов, в соответствии с таблицей, может быть избыточная масса, и в то же время в его организме может содержаться очень небольшое количество жира.

Чаще всего для определения жирового, костного и мышечного компонентов используют метод, базирующийся на измерении антропометрических показателей в определенных участках тела с использованием формул, предложенных Матейко. Однако самым лучшим методом для определения состава тела в течение многих лет остается метод денситометрии (Вилмор, Костилл, 2003; Питание спортсменов. Руководство..., 2006). Но и он имеет определенные ограничения: необходимо правильно определить массу тела и объем воздуха в легких, что достигается методом взвешивания под водой. Слабым местом этого метода является зависимость показателя от относительного количества жира в организме.

Стандартное уравнение Сири используют для пробразования показателя плотности тела с целью определения относительного содержания жира в организме:

$$\% \text{ жира в организме} = (495 : D_{\text{тела}}) - 450,$$

где $D_{\text{тела}}$ — плотность тела, г·см³.

Плотность жира в разных участках тела практически идентична у всех людей и составляет 0,9007 г·см³. Более проблематичным является определение плотности чистой массы тела ($D_{\text{чмт}}$), что, согласно уравнению Сири, составляет для взрослого человека 1,1 г·см³. Для определения этой плотности допускают, что: 1) плотность каждой ткани, включающей чистую массу тела, известна и остается неизменной; 2) в каждом виде ткани пропорция чистой массы тела постоянна (кости составляют 17 % чистой массы тела). Однако плотность чистой массы тела у людей значительно колеблется. Из-за известных расхождений в костной массе и общем содержании жидкости в организме этот показатель рекомендуется считать более низким у детей, женщин и людей преклонного возраста (1,085 г·см³) и более высоким у выходцев из Африки ($\approx 1,115$ г·см³).

Важным критерием отбора на этапе спортивной специализации является определение *композиционного состава мышц*, то есть соотношение белых и красных мышечных волокон, что может быть наследственным показателем. Этот показатель можно определить, используя метод микробиопсии с последующим микроскопическим анализом содержания красных и белых мышечных волокон. Лица с большим содержанием белых волокон более способны

к кратковременной работе скоростно-силового характера, а те, у кого большее содержание красных волокон, — к продолжительной работе. Эта информация позволяет сделать правильный выбор специализации с учетом наследственной предрасположенности к определенному характеру мышечной деятельности.

На более поздних этапах отбора все большее значение приобретает *контроль функциональных показателей*. Оценка компонентов специальных свойств в условиях конкретного вида спорта является важным звеном спортивного отбора. Например, компонентом двигательной способности является ловкость, которая оценивается по координационной сложности движений и точности их выполнения. Кроме того, качество выполненных движений зависит от координации, ощущения времени, мышечного усилия, пространственной точности, вестибулярной устойчивости, определяемых некоторыми тестами.

Информативным показателем перспективности юного спортсмена в видах спорта с преобладающим проявлением выносливости является повышение эффективности выполнения стандартных упражнений с одновременным определением $\dot{V}O_2$.

Если спортсмен после годовой тренировки выполняет заданную стандартную работу на уровне $\dot{V}O_2$ равным исходному, то перспективность дальнейшего роста этого показателя можно считать исчерпанной (Волков Л. В., 1998; Губа, 2002; Дудин, Лисенчук, Воробьев, 2001).

Регулярные тренировочные занятия ведут к увеличению уровня VO_{2max} в среднем на 20—30 % исходного. В то же время у выдающихся спортсменов $\dot{V}O_{2max}$ превышает показатели нетренированных людей на 60—80 %, поскольку показатель $\dot{V}O_{2max}$ в значительной степени генетически детерминирован и в большой спорт приходят индивидуумы с высокими генетическими задатками $\dot{V}O_{2max}$. Последнее обуславливает большую значимость определения $\dot{V}O_{2max}$ на всех этапах спортивного отбора в видах спорта с преобладающим проявлением выносливости.

Большое значение для рационального отбора юных спортсменов имеет исследование свойств нервной системы — силы, уравновешенности и подвижности нервных процессов. У разных лиц могут встречаться самые разнообразные сочетания свойств нервной системы, в значительной степени определяющие не только психологические, но и функциональные возможности спортсменов, что очень важно в плане их дальнейшей перспективности (Кроль, 2003; Психология функциональных состояний, 2006).

Научные сотрудники Национального института спорта Франции предлагают определять «индекс чемпионов», в котором значительное место занимают антропометрические показатели: длина тела (количество см сверх 1 м) + брюшной периметр — ЖЕЛ (в дцл) + 20. Оценку подготовленности определяют в баллах.

Значение «индекса чемпиона» (Л. В. Волков, 1996)

<i>Результат</i>	<i>Оценка, баллы</i>
Атлетические	0—10
Хорошие	10—20
Посредственные	20—30
Плохие	30

РАБОТА 45. *Методические подходы к отбору в некоторых видах спорта*

Решение ситуационной задачи: определить методические подходы к отбору юных пловцов на этапе предварительной базовой подготовки к спринтерской или стайерской работе.

Ход выполнения задания

1. Охарактеризовать соматотипы.
2. Охарактеризовать взаимосвязь между соматотипом и физическими качествами, физиологическими и биохимическими процессами, психологическими особенностями испытуемого.
3. Используя антропометрические показатели, психофизиологические особенности, возможности систем энергообеспечения и других физиологических систем и проявление специфических двигательных качеств, разделить юных пловцов на группы на этапе предварительной базовой подготовки к спринтерской или стайерской работе.

Типичное решение задачи

1. Наиболее распространенным подходом к определению конституции человека являются морфологические критерии: степень развития мускулатуры и отложение жира, рост и масса тела, особенности скелета. При таком подходе большинство специалистов склоняются к использованию для характеристики конституции термина «соматотип». Сведения относительно этого вопроса изложены в теоретическом вступлении к разделу 13.

Поскольку «чистых» соматотипов не существует, следует иметь в виду взаимозависимость всех трех компонентов строения тела: увеличение одного из них ведет к снижению других. Процесс определения соматотипов осуществляется путем изучения соответственно расположенных фотографий и их сравнения с фотографиями стандартных соматотипов.

2. У спортсменов высокого класса, специализирующихся в различных видах спорта, конституционные отличия выражены тем больше, чем выше уровень их квалификации. Это обусловлено общим влиянием двух факторов — спортивного отбора как разновидности профессионального отбора и специфических методов подготовки, характерных для конкретного вида спорта.

Например, борцы отличаются выраженной мезоморфией, в хоккее на льду мезоморфный компонент выявлен в большей степени у нападающих и защитников по сравнению с вратарями. У пловцов, например, часто отмечается выраженность эндоморфного компонента. В каждом из видов спорта наиболее характерный соматотип очень тесно связан со структурой мышечной ткани, возможностями систем кровообращения и дыхания. Так, высокие атлетические возможности спортсмена, хорошая двигательная реакция, высокие результаты в тестах скоростно-силового характера являются гарантией наличия повышенного содержания БС волокон в мышцах. И наоборот, замедленная реакция, высокие возможности кислородтранспортной системы и системы утилизации кислорода свидетельствуют о преобладании в мышцах спортсмена МС волокон.

У разных спортсменов могут встречаться самые разнообразные сочетания свойств нервной системы, таких, как сила, уравновешенность и подвижность, которые в значительной степени определяют психологические и функциональные особенности организма спортсмена, такие, как эффективность мышечно-двигательного дифференцирования, способность к адекватным оценкам функционального состояния, восприятие возникающих ситуаций, принятие и реализация творческих решений и т. д.

Исходя из данных показателей отбора в плавании, на специализацию по спринту можно ориентировать подростков высокого роста, с длинными конечностями, большими силовыми возможностями мышц плечевого пояса; на длинные дистанции — детей с хорошей плавучестью и обтекаемостью тела, высокими возможностями кислородтранспортной системы, хорошей подвижностью голеностопных суставов.

На специализацию в беге на короткие дистанции следует ориентировать подросткам с ростом выше среднего, большими силовыми способностями мышц ног; в беге на длинные дистанции — подросткам с небольшим массоростовым индексом и высокими возможностями кислородтранспортной системы. Длина тела в данном случае не имеет существенного значения.

4. Исходя из особенностей антропометрических показателей, психофизиологических особенностей, возможностей энергообеспечения, показателей физиологических систем и проявления специальных двигательных качеств, юных пловцов можно распределить на пять относительно самостоятельных групп по способности выполнять спринтерскую или стайерскую работу: первая группа — спортсмены с ярко выраженными спринтерскими способностями (спринтеры); вторая группа — спортсмены со смешанными способностями с преимущественной склонностью к спринтерской работе (миксты со склонностью к спринтерской работе); третья группа — спортсмены со смешанными способностями при относительно равномерном уровне их развития; четвертая группа — спортсмены, обладающие смешанными способностями с преимущественной склонностью к стайерской работе (миксты со склонностью

к стайерской работе); пятая группа — спортсмены с ярко выраженными стайерскими способностями (стайеры).

5. Спортсмены I, III и V групп, обладающие ярко выраженными способностями, имеют такие морфофункциональные характеристики:

- спортсмены **первой группы** (спринтеры) имеют большие показатели роста, массы тела, обхватных размеров, длины верхних и нижних конечностей. Они обладают высокой анаэробной мощностью и функциональной подвижностью и превосходят спортсменов других групп по показателям алактатной и лактатной мощности, величинам МКД, коэффициенту увеличения $\dot{V}O_2$, времени достижения $\dot{V}O_{2max}$. Показатели психофизиологических особенностей этих пловцов свидетельствует о высокой лабильности и реактивности их нервной системы, а специальные тесты — о высоком уровне абсолютной скорости плавания и взрывной силы, низких показателях длины скольжения и аэробной выносливости;

- спортсмены **третьей группы** отличаются средними антропометрическими данными, высокими значениями $\dot{V}O_{2max}$, КД, продолжительным временем удерживания критической мощности работы. В специальных двигательных тестах пловцы этой группы показали уровень абсолютной скорости плавания и высоты выпрыгивания ниже, чем спортсмены первой группы, однако отличались лучшим временем преодоления дистанции 2000 м вольным стилем и большей длиной скольжения;

- пловцы **пятой группы** отличаются высоким уровнем мощности и стойкости аэробной системы энергообеспечения, оцениваемых по показателям $\dot{V}O_{2max}$, максимальной критической мощности нагрузки. В то же время у представителей этой группы низкие показатели двигательной реакции, незначительный темп движений, невысокая лабильность нервной системы. В специальных двигательных тестах у них отмечается большая длина скольжения и высокий уровень аэробной выносливости по результатам проплывания дистанции 2000 м, посредственные результаты по абсолютной скорости плавания и высоте выпрыгивания.

Аналогичный подход к отбору может быть реализован не только в плавании и других циклических видах спорта, но и в спортивных играх, единоборствах, что позволяет своевременно выявить сильнейшие стороны спортсмена, правильно определить его игровое амплуа, направленность технико-тактического и физического совершенствования.

Контрольные вопросы

1. *Какие особенности 1-го и 2-го этапов отбора в спорте?*
2. *Какие задания 3-го и 4-го этапов отбора в спорте и какие физиологические методы при этом используются?*
3. *Какие существуют соматотипы и к проявлению каких физических качеств они предрасположены?*

4. Какие методы исследований используют для определения компонентного состава тела и мышц?

5. Какие методы физиологических исследований используют в процессе спортивного отбора?

РАЗДЕЛ 14

ОСОБЕННОСТИ СПОРТИВНОЙ ТРЕНИРОВКИ ЖЕНЩИН

Организм женщин отличается от организма мужчин как строением тела, так и биологическими функциями. У женщин иные показатели физического развития, чем у мужчин одного с ними возраста:

- мышечная масса составляет 35 %, а у мужчин — 40—45 % общей массы тела;
- сила отдельных мышечных групп у женщин в 1,5—1,8 раза меньше, чем у мужчин;
- жировая ткань у женщин составляет относительно большую часть массы тела — 28 % (у мужчин — 18 %);
- туловище у женщин длиннее, плечи уже, таз шире, ноги и руки короче. Общий центр массы тела (ОЦМ), играющий важную роль в механизме движения, расположен ниже, чем у мужчин. Эти особенности строения тела способствуют выполнению упражнений на равновесие с опорой на нижние конечности, но ограничивают скорость бега, высоту прыжков и др.;
- особая конфигурация и размеры таза, который является защитным костным кольцом для внутренних органов и плода;
- относительно короткая и широкая грудная клетка, обеспечивающая полноценное грудное дыхание;
- головка и шейка бедра располагаются по отношению к телу бедра почти под прямым углом.

Между мужчиной и женщиной существуют различия в **структуре и функциях внутренних органов**. Так, масса сердца у женщин меньше, чем у мужчин на 10—15 %, объем сердца у нетренированных женщин составляет примерно 580 см³, а у нетренированных мужчин — 760 см³. Аналогичное соотношение наблюдается у спортсменов и спортсменок (соответственно 1125 и 813 см³ и более).

Ударный объем сердца в состоянии покоя у женщин на 10—15 см³ меньше, а МОК — на 0,5—0,8 л·мин⁻¹ меньше, чем у мужчин. Во время выполнения

максимальной физической нагрузки сердечный выброс у женщин также существенно ниже, чем у мужчин. Однако ЧСС в состоянии покоя у женщин выше, чем у мужчин на 10—15 уд·мин⁻¹. Все это свидетельствует о более низких функциональных возможностях сердечно-сосудистой системы у женщин. У них отмечается ЧД выше, а его глубина ниже, чем у мужчин. ЖЕЛ у женщин на 500—1500 см³ ниже, а $\dot{V}O_{2max}$ — на 500—1500 мл·мин⁻¹·кг⁻¹ меньше, чем у мужчин. Тип дыхания у женщин — грудной, а у мужчин — брюшной.

Физическая работоспособность, определяемая по тесту PWC₁₇₀, у спортсменов мужчин в среднем составляет 1027 кгм·мин⁻¹, а у женщин — 640 кгм·мин⁻¹. У спортсменок значения теста выше, но различия между данными для мужчин и женщин сохраняются. Различия физической работоспособности, прежде всего, обусловлены разными возможностями сердечно-сосудистой и дыхательной систем мужчин и женщин (табл. 59).

Особую роль в жизнедеятельности организма женщины играет нейроэндокринная регуляция многих процессов, в том числе и месячных биологических циклов. Изменения баланса половых гормонов формируют фазы менструального цикла (МЦ) (рис. 13), у каждой фазы — свои особенности, которые

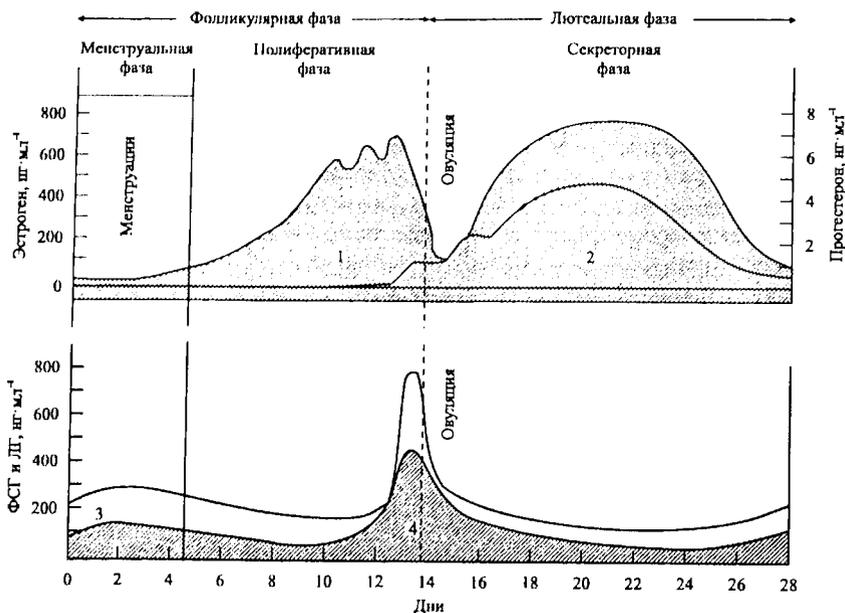


Рисунок 13 — Фазы менструального цикла (Випмор, Костілл, 2003); ФСГ — фолликулостимулирующий гормон; ЛГ — лютеинизирующий гормон; 1 — эстрогены; 2 — прогестерон; 3 — ЛГ; 4 — ФСГ

Таблица 59 — Общая физическая работоспособность, определяемая по тесту РВС¹² (кгм·мин⁻¹) у представителей разных видов спорта (Шахлина, 2001)

Вид спорта	Женщины	Мужчины
Гимнастика, прыжки в воду	835	1095
Бег на коньках, лыжные гонки, гребля	1144	1630

необходимо учитывать во время проведения соревнований и организации тренировочного процесса.

РАБОТА 46. Обоснование направленности тренировочного процесса в специфических микроциклах женщин-спортсменок с учетом фаз МЦ

Последовательность выполнения задания

1. Определить особенности строения тела и биологических функций у женщин.

2. Описать функциональные изменения, возникающие в организме женщины-спортсменки в течение менструального цикла.

3. Обосновать направленность тренировочных занятий и относительную характеристику нагрузок (в % общего объема месячной нагрузки) в каждой фазе менструального цикла спортсменок различной специализации.

Предложенные рекомендации внести в таблицу 60, в которой данные приведены в качестве образца (на примере квалифицированных лыжниц-гонщиц).

Типичное решение задачи (на примере разработки направленности тренировочного процесса у квалифицированных лыжниц-гонщиц) (Фомин, Радзиевский, Пивоварова, 1986; Шахлина, 2001).

Во время построения тренировочного процесса лыжниц следует рассматривать их МЦ как мезоцикл, а отдельные фазы — как микроциклы биологического цикла.

1. Отвечая на этот вопрос, можно использовать информацию, изложенную в теоретическом введении к работе.

2. Менструальный цикл (МЦ) — это сложный биологический процесс, в который включаются в какой-то степени все системы организма женщины. МЦ продолжается у каждой женщины разное количество дней (21—24, 24—26 или 28—30). Первую половину МЦ составляет фолликулярная фаза, продолжающаяся 10—15 дней. В это время в крови преобладает фолликулярный гормон, в слизистой оболочке матки активизируются процессы пролиферации, она готовится принять оплодотворенную яйцеклетку. Заканчивается эта фаза созреванием фолликула и его разрывом.

максимальной физической нагрузки сердечный выброс у женщин также существенно ниже, чем у мужчин. Однако ЧСС в состоянии покоя у женщин выше, чем у мужчин на 10—15 уд·мин⁻¹. Все это свидетельствует о более низких функциональных возможностях сердечно-сосудистой системы у женщин. У них отмечается ЧД выше, а его глубина ниже, чем у мужчин. ЖЕЛ у женщин на 500—1500 см³ ниже, а $\dot{V}O_{2\max}$ — на 500—1500 мл·мин⁻¹·кг⁻¹ меньше, чем у мужчин. Тип дыхания у женщин — грудной, а у мужчин — брюшной.

Физическая работоспособность, определяемая по тесту PWC_{170} , у спортсменов мужчин в среднем составляет 1027 кгм·мин⁻¹, а у женщин — 640 кгм·мин⁻¹. У спортсменов значения теста выше, но различия между данными для мужчин и женщин сохраняются. Различия физической работоспособности, прежде всего, обусловлены разными возможностями сердечно-сосудистой и дыхательной систем мужчин и женщин (табл. 59).

Особую роль в жизнедеятельности организма женщины играет нейро-эндокринная регуляция многих процессов, в том числе и месячных биологических циклов. Изменения баланса половых гормонов формируют фазы менструального цикла (МЦ) (рис. 13), у каждой фазы — свои особенности, которые

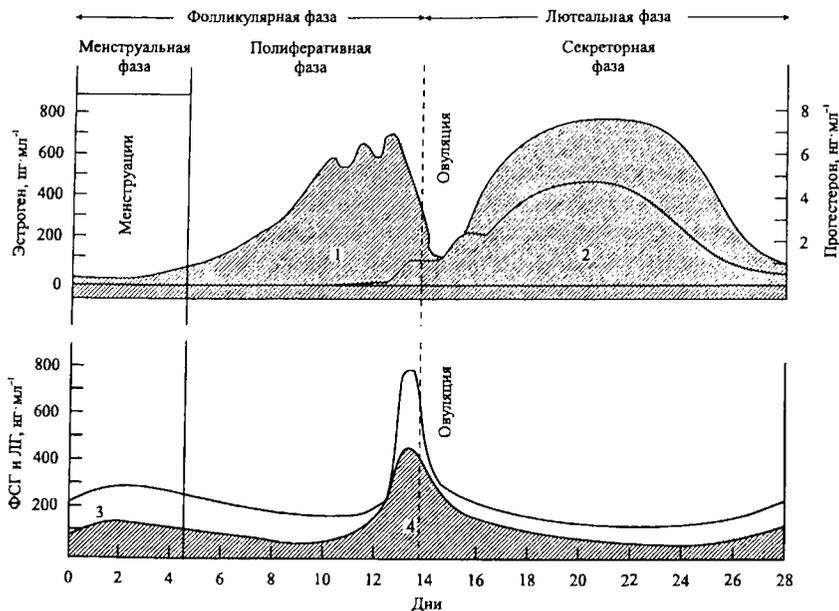


Рисунок 13 — Фазы менструального цикла (Вилмор, Костілл, 2003); ФСГ — фолликулостимулирующий гормон; ЛГ — лютеинизирующий гормон; 1 — эстрогены; 2 — прогестерон; 3 — ЛГ; 4 — ФСГ

Таблица 59 — *Общая физическая работоспособность, определяемая по тесту PWC₁₇₀ (кгм·мин⁻¹) у представителей разных видов спорта (Шахлина, 2001)*

Вид спорта	Женщины	Мужчины
Гимнастика, прыжки в воду	835	1095
Бег на коньках, лыжные гонки, гребля	1144	1630

необходимо учитывать во время проведения соревнований и организации тренировочного процесса.

РАБОТА 46. *Обоснование направленности тренировочного процесса в специфических микроциклах женщин-спортсменок с учетом фаз МЦ*

Последовательность выполнения задания

1. Определить особенности строения тела и биологических функций у женщин.

2. Описать функциональные изменения, возникающие в организме женщины-спортсменки в течение менструального цикла.

3. Обосновать направленность тренировочных занятий и относительную характеристику нагрузок (в % общего объема месячной нагрузки) в каждой фазе менструального цикла спортсменок различной специализации.

Предложенные рекомендации внести в таблицу 60, в которой данные приведены в качестве образца (на примере квалифицированных лыжниц-гонщиц).

Типичное решение задачи (на примере разработки направленности тренировочного процесса у квалифицированных лыжниц-гонщиц) (Фомин, Радзиевский, Пивоварова, 1986; Шахлина, 2001).

Во время построения тренировочного процесса лыжниц следует рассматривать их МЦ как мезоцикл, а отдельные фазы — как микроциклы биологического цикла.

1. Отвечая на этот вопрос, можно использовать информацию, изложенную в теоретическом введении к работе.

2. Менструальный цикл (МЦ) — это сложный биологический процесс, в который включаются в какой-то степени все системы организма женщины. МЦ продолжается у каждой женщины разное количество дней (21—24, 24—26 или 28—30). Первую половину МЦ составляет фолликулярная фаза, продолжающаяся 10—15 дней. В это время в крови преобладает фолликулярный гормон, в слизистой оболочке матки активизируются процессы пролиферации, она готовится принять оплодотворенную яйцеклетку. Заканчивается эта фаза созреванием фолликула и его разрывом.

Таблица 60 — Направленность тренировочных занятий в специфических микроциклах квалифицированных лыжниц-гонщиц с учетом особенностей их МЦ (Фомин, Радзиевский, Писоварова, 1986)

Фаза МЦ	Дни продолжительности МЦ					Основная направленность тренировочных нагрузок	Метод тренировок	Относительная характеристика нагрузки, % общего объема месячной нагрузки
	21—22	22—26	27—28	29—30	32—36			
Менструальная	1—4	1—4	1—5	1—5	1—5	Развитие общей выносливости, качества гибкости, динамического равновесия	Равномерный, итровой	8—9
Постменструальная	5—9	5—11	6—12	6—13	6—16	Развитие специальной выносливости, характерной для лыжных гонок: совершенствование техники движения на лыжах	Переменный, повторный итровой	37—38
Овуляторная	10—12	12—14	13—15	14—16	17—19	Развитие общей выносливости и двигательных навыков	Равномерный, переменный	6—7
Постовуляторная	13—18	15—22	16—24	16—26	20—31	Развитие специальной выносливости, технико-тактических навыков и умений	Переменный, повторный, интервальный	39—40
Предменструальная	19—22	23—26	25—28	27—30	32—36	Развитие общей выносливости, гибкости и подвижности в тазобедренном, коленном и голеностопных суставах	Равномерный, итровой, круговой	7—8

Выход яйцеклетки из фолликула и его имплантацию в слизистую оболочку матки называют овуляцией. После овуляции начинается следующая фаза — прогестероновая, которая продолжается 10—15 дней и характеризуется преобладанием в крови гормона желтого тела — прогестерона. Желтое тело развивается на месте лопнувшего фолликула. В это время в матке проходит секреторная фаза, и яйцеклетка, находящаяся там, может оплодотвориться. Если оплодотворение яйцеклетки не произошло, желтое тело прекращает существовать, превращается в белое тело и наступает менструация — отторжение слизистой оболочки, сопровождающееся кровотечением.

В соответствии с изменениями гормонального статуса организма женщины в течение МЦ выделяют пять его фаз: I — менструальная (1—6-й дни), II — постменструальная (7—12-й дни), III — овуляторная (13—15-й дни), IV — постовуляторная (16—25-й дни), V — предменструальная (26—28-й дни).

В течение МЦ в организме женщин происходят существенные функциональные изменения. За время менструации количество эритроцитов в крови уменьшается на 1 млн в 1 мм³, гемоглобина — на 15 %, тромбоцитов на 30—50 %, лейкоцитов — на 1000 в 1 мм³, снижается уровень альбуминов на 7—8 %.

Гормоны коры надпочечников вызывают задержку натрия в организме, что сопровождается накоплением межклеточной жидкости, обуславливая отек тканей малого таза за 4—5 дней до начала менструации (повышается масса тела). У многих женщин наблюдается повышенная утомляемость, раздражительность, сонливость, особенно в фазе овуляции.

В течение МЦ происходят существенные изменения деятельности системы дыхания, кислородных режимов и работоспособности женщин-спортсменок. Наибольшая экономичность деятельности систем дыхания, кровообращения, кислородных режимов организма наблюдается во II и IV фазах МЦ, что обуславливает большую работоспособность спортсменок по сравнению с I, III и V фазами МЦ.

В течение МЦ изменяется психическое состояние женщин. Это проявляется индивидуально в повышении возбудимости, неадекватных реакциях (особенно в I и V фазах МЦ) или в ощущении апатии. II и IV фазы МЦ отличаются оптимальным психологическим фоном, возможностями самого лучшего проявления физических качеств, и потому на эти периоды можно планировать физические нагрузки наибольшего объема и интенсивности, целесообразно участвовать в соревнованиях.

3. В первой фазе биологического цикла — *фаза менструации* — тренировочную нагрузку рекомендуется планировать средней по объему и интенсивности. Она составляет примерно 8—9 % общей месячной нагрузки при ЧСС 170 ± 10 уд·мин⁻¹. В этой фазе под влиянием гормонов женского организма (их называют расслабляющими) наблюдается повышение подвижности суставов, поэтому целесообразно работать над развитием гибкости. Спортсменки

должны выполнять упражнения на растягивание и расслабление, чередуя контрольные тренировочные занятия и соревнования. Если в течение первого месяца эти упражнения (в определенном объеме) проводились в предменструальной фазе, то в следующем месяце их следует планировать на период менструальной фазы. При этом рекомендуется в основном равномерный игровой метод тренировки, а также увеличение интервалов отдыха между выполнением упражнений до 4—7 %. В этой фазе не следует начинать изучение новых сложных упражнений, новых способов передвижения на лыжах и др. Тренировочные занятия должны быть направлены на развитие общей выносливости, гибкости и динамического равновесия (Еремеев, 2001; Спортивная медицина, 2003; Шахлина, 2001).

Во второй фазе биологического цикла — *постменструальная фаза* — квалифицированные лыжницы могут выполнять большую тренировочную нагрузку как по объему, так и по интенсивности. Она составляет около 37—38 % общей месячной нагрузки при ЧСС 180 ± 10 уд·мин⁻¹. В данном микроцикле целесообразно планировать тренировочные нагрузки, направленные преимущественно на развитие специальной выносливости, для чего рекомендуется использовать переменный и повторный методы тренировки. При этом физические нагрузки следует увеличивать не за счет увеличения преодоления отрезков на скорость, а за счет увеличения количества ускорений и многократных повторений четко измеренных отрезков трасс лыжных гонок.

В третьей фазе — *фаза овуляции* — физическая работоспособность и приспособительные возможности организма спортсменов снижены, поэтому тренировочные нагрузки по объему и интенсивности рекомендуется планировать относительно небольшими (6—7 % общей месячной нагрузки).

В четвертой фазе — *постовуляторная фаза* — квалифицированные лыжницы способны производить самую большую работу, как по объему, так и по интенсивности используемых упражнений. Оптимальное планирование в этой фазе больших физических нагрузок, направленных на поступательное развитие специальной выносливости, обеспечивает значительные функциональные и морфологические перестройки в организме спортсменов, нагрузки должны составлять 39—40 % общей тренировочной нагрузки.

В пятой фазе — *предменструальная фаза* — общая работоспособность лыжниц снижается, возникает нарушение автоматизации движений и ухудшение проявлений двигательных навыков. Объем силовых упражнений с большой интенсивностью в этом микроцикле следует снижать до минимума и не изучать новые элементы техники. Тренировочные нагрузки целесообразно планировать средними по объему и интенсивности (7—8 % месячной нагрузки). В этой фазе у лыжниц наблюдается повышенная утомляемость во время физических нагрузок с проявлением выносливости, повышается возбудимость центральной нервной системы. Ее раздражение у спортсменов происходит не

только рефлекторно, но и гуморальным путем. Гуморальными раздражителями являются женские половые гормоны и гормон желтого тела, уровень которых меняется. Поэтому в таком периоде особенно необходимо учитывать настроение спортсменок, взаимосвязи между членами команды, между тренером и командой.

Использование переменного и игрового методов во время тренировки женщин в менструальной, овуляторной и предменструальной фазах позволяет им выполнять значительные по объему и интенсивности физические нагрузки, что положительно влияет на повышение специальной работоспособности.

При планировании тренировочных занятий следует учитывать также и тот факт, что не все женщины имеют 28—30-дневный биологический цикл. Продолжительность его у спортсменок может составлять от 21—22 до 32—36 дней. Принимая во внимание особенности адаптации организма лыжниц, специализирующихся в лыжных гонках, к большим тренировочным нагрузкам, целесообразно строить тренировочный процесс в строгом соответствии с конкретными специфическими особенностями, присущими их организму.

Для определения фаз биологического цикла лыжниц-гонщиц целесообразно использовать такие несложные методы, как анкетный опрос, ежедневное измерение базальной температуры, ведения дневников самоконтроля. Это поможет тренеру выявить биологическую ритмику функционального состояния спортсменок и наиболее эффективно руководить тренировочным процессом.

Учитывая длительность менструального цикла у студенток — представительниц различных спортивных специализаций, для них корректируют тренировочный процесс в специфических микроциклах с учетом индивидуальной продолжительности МЦ. Как пример используют данные, приведенные в таблице 61 (на примере квалифицированных лыжниц-гонщиц).

Контрольные вопросы

- 1. Какие женские половые гормоны участвуют в формировании фаз МЦ?*
- 2. Из каких фаз состоит МЦ?*
- 3. Какие режимы тренировочной деятельности используют в 1-й и 5-й фазах МЦ?*
- 4. Какие фазы МЦ являются оптимальными для соревновательной деятельности и использования больших объемов тренировочных нагрузок? Ответ обоснуйте.*
- 5. Каковы особенности проявления предменструальной фазы МЦ?*
- 6. Какие функциональные изменения происходят в организме женщин на протяжении МЦ?*

**ОБОСНОВАНИЕ ОСОБЕННОСТЕЙ СПОРТИВНОЙ ТРЕНИРОВКИ
В ГОРНЫХ УСЛОВИЯХ**

Климатические условия горной местности. С увеличением высоты над уровнем моря наблюдается *снижение барометрического давления*, падает парциальное давление, и это ведет к уменьшению содержания кислорода в крови. Гипоксия, связанная с пребыванием в горных условиях, вызывает целый ряд физиологических изменений, которые могут повысить уровень физической деятельности (в зависимости от продолжительности влияния данных условий и конкретной высоты над уровнем моря) после возвращения в условия равнины. В условиях гор на организм человека влияют и другие факторы:

- **сниженная влажность воздуха** увеличивает испарение влаги с поверхности тела, вследствие чего возникает дегидратация (обезвоживание) организма с нарушениями обмена веществ;
- **сниженная температура воздуха** (на каждые 100 м подъема — на 0,4—0,6 °С) вызывает ухудшение условий функционирования нервно-мышечного аппарата, возникает риск появления гипотермических травм;
- **увеличенное солнечное излучение** может стать причиной ухудшения зрения и ожогов, вызванных повышенным ультрафиолетовым излучением.

Основным фактором, положительно влияющим на работоспособность спортсменов, из указанных является *снижение парциального содержания кислорода* в атмосферном воздухе (Булатова, Платонов, 1996; Платонов, 2004; Сулов, Гиппенрейтер, 2001).

Принята такая классификация горных уровней: низкогорье — до 800—1000 м над уровнем моря; среднегорье — от 1000 до 2500 м над уровнем моря; высокогорье — свыше 2500 м над уровнем моря.

Минимальные периоды акклиматизации на разных высотах соответствуют таким срокам: 2000 м — 7—10 дней; 3600 м — 15—21 день; 4500 м — 21—25 дней.

Условия среднегорья и высокогорья практически не влияют на спортивные результаты в соревновательных видах продолжительностью до 2 мин и негативно влияют на результаты в видах большей продолжительности. В некоторых случаях горные условия положительно влияют на спортивные результаты. В качестве примера можно привести выдающийся результат, показанный Робертом Бимоном в прыжках в длину на Играх Олимпиады в 1968 г. в Мехико, расположенном на высоте 2240 м над уровнем моря.

Максимальное влияние горных условий на уровень физической работоспособности наблюдается в первые несколько дней до того, как состоится физиологическая адаптация. В этот период $\dot{V}O_2\max$ находится на минимальном уровне, причем уровень аэробной мощности снижается прямо пропорционально повышению высоты над уровнем моря (рис. 14):

- уровень аэробной мощности снижается примерно на 3 % каждые 300 м после высоты 1800 м над уровнем море;
- на высоте 3000 м аэробная мощность снижается на 12—15 %;
- на высоте 4000 м аэробная мощность снижается на 20—25 %;
- на высоте 5000 м аэробная мощность снижается на 50 %;

В горных условиях происходят такие физиологические реакции:

- увеличение ЛВ;
- увеличение сердечного выброса;
- потеря воды;
- увеличение содержания гемоглобина (сначала обусловленное снижением объема плазмы);
 - увеличение количества циркулирующих в крови эритроцитов и содержания гемоглобина вследствие эритропоэза (индуцируется эритропоэтином), который продолжается до тех пор, пока спортсмен находится в условиях горной местности;
 - повышение в эритроцитах 2,3-дифосфоглицерата способствует выведению кислорода из гемоглобина на тканевом уровне, что является характерной реакцией на гипоксию;
 - повышение количества миоглобина, который способствует улучшению транспорта и потребления кислорода;
 - увеличение размеров и количества митохондрий (увеличение активности окислительных ферментов).

Гипоксия стимулирует гипервентиляцию, это вызывает уменьшение содержания CO_2 в артериях, что ведет к респираторному алкалозу (повышение щелочности) и последующей экскреции бикарбоната из почек для восстановления нормального значения pH внутренней среды (Булатова, Платонов, 1996; Спортивная медицина, 2003).

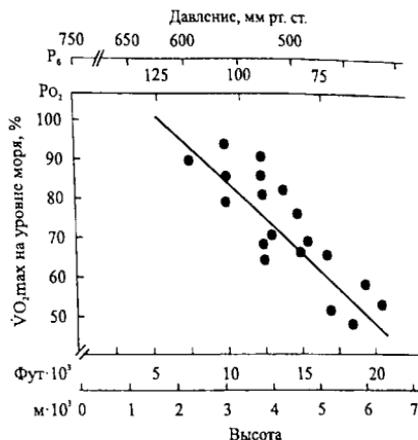


Рисунок 14 — Снижение $\dot{V}O_2\max$ при уменьшении барометрического давления (P_b) и парциального давления кислорода (P_{O_2}) в условиях высокогорья (Вилмор, Костиль, 2002)

Учитывая особенности горных условий, процесс адаптации проходит в три стадии: **острая адаптация, переходная адаптация и устойчивая адаптация.**

Для получения устойчивого адаптационного эффекта требуется определенная продолжительность и высота горной подготовки: на высоте 2000—2500 м — 7—10 дней; на высоте 3600 м — 15—21 день; на высоте 4500 м — 21—35 дней.

Положительное влияние горной тренировки на физические возможности и спортивные результаты в условиях равнины проявляется не сразу, а требует некоторого периода реакклиматизации, функциональной, метаболической и структурной перестройки (Булатова, Платонов, 1996; Платонов, 2004; Спортивная медицина, 2003; Суслов, Гиппенрейтер, 2001). Лишь 50—60 % спортсменов в первые 3—4 дня способны показать высокие спортивные результаты. После этого наступает фаза сниженной работоспособности, которая продолжается 5—6 дней.

У 40—50 % спортсменов фаза сниженной работоспособности наступает сразу же после спуска с гор и может продолжаться 6—8 дней и дольше. В течение этого периода спортсменам не рекомендуется участвовать в соревнованиях и планировать занятия с предельной нагрузкой.

По окончании фазы сниженных функциональных возможностей с 8—12-го дня проявляется отставленный эффект горной подготовки, пик которого приходится на 15—20-й день после возвращения с гор. В этот период целесообразно участвовать в соревнованиях, связанных с проявлением выносливости. Спустя 30—35 дней после возвращения с гор отмечаются первые признаки деадаптации, которые прежде всего отражаются на функциях сердечно-сосудистой, дыхательной систем, на системах крови и утилизации кислорода тканями.

Спортсмены, специализирующиеся в видах спорта с проявлением выносливости, сохраняют уровень адаптации на 20—40 % дольше, чем спортсмены, специализирующиеся в спортивных единоборствах и сложнокоординационных видах спорта. Более продолжительное время (в 1,5—2 раза) сохраняются адаптационные реакции у спортсменов, которые использовали гипоксическую тренировку регулярно, в отличие от тех, кто тренировался в горах эпизодически.

РАБОТА 47. *Разработка рекомендаций относительно основной направленности динамики физических нагрузок в период тренировки в среднегорье*

Последовательность выполнения работы

1. Используя данные литературных источников, охарактеризовать особенности горного климата и их влияние на организм спортсмена;
2. Обосновать и раскрыть особенности тренировки в горной местности представителей своего вида спорта (продолжительность пребывания, необходимая высота, параметры нагрузок и т. д.);

3. Используя данные таблицы 61 как образец, каждому студенту (в зависимости от своей специализации) необходимо разделить весь период тренировки в среднегорье на соответствующие микроциклы и сформулировать примерный объем, интервалы отдыха и основную направленность тренировочных нагрузок в каждом из них. Разработанные рекомендации внести в таблицу (по образцу таблицы 61) и подать преподавателю для проверки.

Таблица 61 (образец) — *Динамика нагрузок в период тренировки в среднегорье*
(Суслов, Гиппенрейтер, 2001)

Параметр	Микроцикл			
	I (4—7 дней)	II (3—5 дней)	III (5—7 дней)	IV (5—7 дней)
Нагрузка	Без ограничений ($\pm 10\%$)	Без ограничений ($\pm 10\%$)	Без ограничений ($\pm 10\%$)	Снижена на 20 %
Объем интенсивных мер (выше уровня ПАНО)	Снижен до 40 %	Снижен до 20 %	Без ограничений	Без ограничений или снижен, если после спуска планируются старты
Интервал отдыха	Увеличен в 2 раза	Увеличен в 1,5 раза	Без ограничений	Без ограничений
Координационная сложность	Не рекомендуется совершенствование техники и овладение новыми элементами	Работа над техникой без изучения новых элементов	Без ограничений	Без ограничений
Соревновательные и контрольные старты	Не рекомендуется	Контрольные старты	Без ограничений	Без ограничений

Контрольные вопросы

1. Каковы особенности горного климата?
2. Какие факторы способствуют возникновению в горной местности тканевой гипоксии и дегидратации?
3. Какие факторы определяют длительность пребывания спортсменов в горной местности?
4. Какие физиологические изменения происходят в организме спортсменов в горных условиях?
5. Какова основная направленность тренировочной деятельности в течение пребывания спортсменов в горной местности?
6. Каковы особенности процесса реакклиматизации и реадаптации в условиях равнины?

**ФИЗИОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА
НЕКОТОРЫХ ВИДОВ СПОРТА**

Разные виды спорта имеют свои особенности и определенную направленность физиологического влияния на организм человека (см. приложение 5).

Легкоатлетический бег — универсальное средство двигательной активности и физического влияния на организм человека. Каждый спортсмен высокой квалификации обязательно включает бег в программу своей общефизической подготовки, так как бег больше, чем другие виды спорта, тренирует выносливость (Брискин, 2003; Булич, Муравов, 2003; Дубровский, 2005; Мищенко В. П. и др., 2004; Платонов, 2004).

Спринтерский бег совершенствует преимущественно двигательный аппарат (повышаются возбудимость и лабильность его центральных и периферических цепей; мышцы адаптируются к выполнению работы в относительно анаэробных условиях). Скоростной бег вырабатывает у спортсмена скоростные качества, силу и скоростную выносливость. Последняя обеспечивает возможность сохранить высокую скорость в течение дистанции. Вследствие такого бега стремительно нарастают изменения во внутренней среде организма, происходит быстрое накопление молочной кислоты, повышение емкости буферных систем организма. Поскольку такие нагрузки непродолжительны, то в сердечно-сосудистой и дыхательной системах не происходят существенные морфологические изменения.

Бег на средние дистанции предъявляет высокие требования к деятельности двигательного аппарата, однако с увеличением дистанции все большее значение приобретают аэробные процессы в мышцах. Поэтому при такой работе очень важна роль физиологических систем, обеспечивающих поступление к организму кислорода. Бегу на средние дистанции необходимо высокое развитие таких двигательных качеств, как скорость, общая и специальная выносливость.

Бег на длинные дистанции развивает аэробную выносливость, связанную с расширением функциональных резервов всех систем организма и, прежде всего, сердечно-сосудистой и дыхательной. Увеличиваются мышечная масса и размеры сердца, значительно повышаются СО и МОК, увеличивается ЖЕЛ, возрастает кислородная емкость крови. Продолжительный бег, используемый в оздоровительных целях, улучшает функции нервной системы, стиму-

лирует тканевый обмен, нормализует жировой и углеводный обмены, снижает уровень холестерина и сахара в крови, что является отличной профилактикой атеросклероза, ишемической болезни сердца, ожирения и сахарного диабета. Бег укрепляет мышцы ног, туловища, живота, суставы, стимулирует работу внутренних органов.

Легкоатлетические прыжки и метания предъявляют высокие требования к деятельности двигательного аппарата. Роль физиологических систем, обеспечивающих поступление в организм кислорода, относительно невелика. Для успешного выступления в этих видах легкой атлетики необходим высокий уровень развития скоростно-силовых возможностей.

В велосипедном спорте, скоростном беге на коньках, плавании и разных видах гребли движения носят циклический характер. В зависимости от длины дистанции они могут быть максимальной, субмаксимальной, большой и умеренной мощности. Различное влияние этих видов спорта на организм определяется не только разной мощностью работы, но и разной структурой движений.

Особенно своеобразные требования к организму предъявляет плавание (Булгакова, 1986; Булич, Муравов, 2003; Мухин, 2005; Платонов, 2004).

Плавание на дистанциях 100—400 м относят к работе субмаксимальной мощности, 800—1500 м — к работе большой мощности. Частота дыхания у пловцов связана с частотой гребковых движений рук. Поэтому ЛВ у них увеличивается главным образом за счет глубины дыхания. Во время вдоха, а частично и во время выдоха, пловец должен преодолевать сопротивление воды. Это способствует развитию мышц, участвующих в дыхании. Затраты энергии во время плавания немного выше, чем при циклической работе в других видах спорта. Это обусловлено большими затратами энергии в виде тепла в связи с большей теплопроводностью воды.

Плавание широко используют с оздоровительной целью. Вследствие занятий улучшается работа внутренних органов, развиваются сердечно-сосудистая и дыхательная системы, совершенствуются процессы терморегуляции, происходит закаливание организма, разгружается опорно-двигательный аппарат. Эффект «гидроневесомости», возникающий в воде, освобождает хрящевые межпозвоночные диски от постоянного сдавливания. При этом улучшаются обмен веществ, процессы питания, восстановительные процессы, что оказывает оздоровительное влияние при остеохондрозах позвоночника, позволяет исправить осанку. Плавание выполняет также роль гидродинамического массажа тела и кровеносных сосудов.

Однако необходимо знать, что пребывание в воде, особенно прохладной, изменяет функцию органов выделения — угнетается деятельность потовых желез, поэтому основная нагрузка ложится на почки: практически все шлаковые

вещества в этих условиях выделяются через них. Поэтому при наличии отклонений в функции почек к занятиям плаванием следует подходить с осторожностью.

Тяжелоатлеты выполняют подъемы штанги различными способами (рывок, толчок). Все эти упражнения ациклически, кратковременны и требуют большого силового напряжения скелетных мышц. Кратковременная напряженная работа мышц обеспечивается главным образом за счет анаэробных механизмов энергообеспечения. Поэтому требования к физиологическим системам во время подъемов штанги относительно невелики. Деятельность сердца при этом немного усложняется в связи с натуживанием (Вилмор, Костилл, 2003; Олешко, 1999; Орешкин, 1990; Остапенко, Клестов, 2002; Солодков, Сологуб, 2005).

Во время выполнения упражнений в таких видах спорта, как **спортивная и художественная гимнастика, акробатика, фигурное катание на коньках**, мышцы осуществляют главным образом скоростно-силовую работу. Однако некоторые компоненты упражнений носят статический характер (удержание стоек, висов и т. д.). Такие упражнения развивают мышечную силу, гибкость, укрепляют суставы, сердечную мышцу, мышцы плечевого пояса, живота, стимулируют кровообращение, уравнивают процессы возбуждения и торможения, улучшают координацию движений (Алтер, 2001; Дубровский, 2005; Кашуба, 2003; Питание спортсменов. Руководство..., 2003; Спортивная медицина, 2003; Powers, 1990).

Спортивные игры относят к ситуационным видам спорта, которые характеризуются изменениями структуры и мощности движений. Правильная ориентация на поле или площадке обеспечивается функциями анализаторов и, в частности, зрительного. Изменение структуры движений требует высокой подвижности нервных процессов, а также высокой возбудимости и лабильности всех звеньев двигательного аппарата. Характер изменений вегетативных функций во время занятий спортивными играми может быть разным и зависит от особенностей игровой деятельности (Брискин, 2003; Детская спортивная медицина, 1991; Bydgett, 1998).

Физиологическое обеспечение **лыжных гонок** приближено к обеспечению работы умеренной мощности и характеризуется большим кислородным запросом и относительно небольшим O_2 -долгом. Вовлечение в работу основной мышечной массы тела активизирует деятельность аппарата дыхания и кровообращения, что формирует мощную систему жизнеобеспечения организма. Ходьба на лыжах не вызывает большой нагрузки на позвоночник, суставы ног, тазобедренные суставы и потому может рекомендоваться лицам с заболеванием суставов и связок (Булатова, Платонов, 1996; Платонов, 2004; Сергиенко, 2001; Фомин, Радзиевский, Пивоварова, 1986; Viru, 1995).

Единоборства (фехтование, бокс, борьба) являются ситуационными видами спорта. В каждый момент поединка приходится срочно выбирать определенный прием, и это требует большой подвижности нервных процессов, высокой возбудимости и лабильности всех звеньев двигательного аппарата, четкой информации от анализаторов. Вегетативные реакции могут быть различными, а их характер и степень выраженности обусловлены продолжительностью и мощностью работы в тренировочных и соревновательных поединках (Ключевые факторы адаптации, 1996; Кроль, 2003; Орешкин, 1990; Спортивная медицина. Практические..., 2003; Филиппов, 2006).

РАБОТА 48. *Изучение вестибулярной устойчивости гимнастов и акробатов*

Оснащение: кресло Барани, секундомер, указка, прибор для измерения АД.

Ход работы

Для определения устойчивости вестибулярного аппарата по двигательным реакциям можно провести несколько вариантов с вращением в кресле Барани:

1) посадить испытуемого в кресло Барани, нарисовать перед ним мишень и дать указку. После 10 оборотов за 20 с остановить испытуемого напротив мишени. Он должен быстро закрыть глаза и попытаться поставить указку в центр мишени. Обратит внимание на то, в какую сторону происходит отклонение от центра и почему. По точности попадания оценивают устойчивость вестибулярного аппарата;

2) провести перед креслом на полу мелом прямую линию. Испытуемого посадить в кресло и завязать ему глаза. После 10 оборотов за 20 с испытуемый должен встать и пройти с завязанными глазами по прямой линии (страховать с обеих сторон, чтобы не упал). По степени отклонения оценивают функцию вестибулярного аппарата;

3) кроме влияния на двигательные функции и мышечный тонус из рецепторов вестибулярного аппарата осуществляется контроль ряда вегетативных рефлексов, которые регулируют функции кровообращения, дыхания и пищеварения, по ним можно определить устойчивость вестибулярного аппарата. Для этого испытуемого следует посадить в кресло Барани, подсчитать ЧСС трижды по 10 с и, если результаты устойчивые, определить АД. Затем сделать пять оборотов за 10 с, вновь подсчитать ЧСС и определить АД. Полученные результаты оценить, используя таблицу 62.

По результатам проделанной работы сделать выводы.

Таблица 62 — Схема оценки ЧСС и АД после вращательной нагрузки

Изменение ЧСС	Повышение АД сист, мм рт. ст.										Повышение АД диаст, мм рт. ст.					
	+30	+26	+23	+20	+17	+14	+11	+8	+5	+2	-5	-8	-11	-14	-17	-20
Учащается ЧСС за 10 с																
+5	—	1,75	2,00	2,25	2,50	2,75	3,00	3,25	3,50	—	2,50	2,00	—	—	—	—
+4	1,75	2,00	2,25	2,50	2,75	3,00	3,25	3,50	3,75	4,00	3,25	2,75	2,25	1,75	—	—
+3	2,00	2,25	2,50	2,75	3,0	3,25	3,50	3,75	4,00	4,25	3,75	3,25	2,75	2,25	1,75	—
+2	2,25	2,50	2,75	3,00	3,25	3,50	3,75	4,00	4,25	4,50	4,00	3,50	3,00	2,50	2,00	1,50
+1	2,50	2,75	3,00	3,25	3,50	3,75	4,00	4,25	4,50	4,75	4,50	4,00	3,50	3,00	2,50	2,00
Без изменений																
	2,75	3,00	3,25	3,50	3,75	4,00	4,25	4,50	4,75	5,00	4,75	3,75	3,75	3,25	2,75	1,75
Замедление ЧСС за 10 с																
-1	2,25	2,50	2,75	3,00	3,25	3,50	3,75	4,00	4,25	4,50	4,35	3,75	3,25	2,75	2,25	1,75
-2	1,75	2,00	2,25	2,50	2,75	3,00	3,25	3,50	3,75	4,00	3,75	3,25	2,75	2,25	1,75	—
-3	—	1,50	1,75	2,00	2,25	2,50	2,75	3,00	3,25	3,50	3,35	2,75	2,25	1,75	—	—
-4	—	—	—	1,50	1,75	2,00	2,25	2,50	2,75	3,00	2,75	2,25	1,75	—	—	—
-5	—	—	—	—	—	1,50	1,75	2,00	2,25	2,50	2,00	1,75	—	—	—	—

Примечание: 1. В случае повышения АД сист. при одновременном падении или повышении АД диаст. более чем на 10 мм балловую оценку снижают с таким расчетом: если АД диаст. изменяется на ± 11 — ± 15 мм, снижают на 0,5 балла; на ± 16 — ± 20 мм — на 1,0 балла; на ± 21 мм и более — на 1,5 балла.
 2. Когда АД сист. неизменно или падает, а АД диаст. повышается, снижают балл с таким расчетом: если АД диаст. повышается на 3—5 мм, снижают на 0,5 балла; на 6—10 мм — на 1,0 балл; на 11—15 мм — на 1,5 балла; на 16—20 мм — на 2,0 балла; на 21 мм и более — на 2,5 балла.
 Оценка результатов исследования вестибулярной устойчивости: 3 балла — недостаточная устойчивость; 3—4,5 балла — хорошая устойчивость; > 4,5 балла — отличная устойчивость вестибулярного аппарата.

РАБОТА 49. Физиологические изменения в организме во время поднятия штанги

Оснащение: штанга, газоанализатор или секундомер, прибор для определения АД.

Ход работы

Занятия проводят в тренажерном зале, или в помещении, оборудованном для тяжелой атлетики. Из числа студентов выбирают тяжелоатлетов высокой квалификации и квалифицированных спортсменов.

У испытуемых в состоянии покоя регистрируют ЧСС, АД в бедренной артерии, определяют ЧД, ЛВ. Те же функции исследуют в процессе поднятия штанги (или соответствующего веса на тренажере) и удерживания ее на вытянутых руках в течение 15—20 с. После этого исследуют динамику восстановления функций.

Если имеется в наличии газоанализатор, желательно провести газоанализ воздуха, выдыхаемого в состоянии покоя и во время удерживания штанги,

определить коэффициент утилизации кислорода и энергетические затраты тяжелоатлетов высокой квалификации и квалифицированных спортсменов.

Сравнить протекание восстановительных процессов и проявление феномена Линдгарда по изменению ЧСС, АД у спортсменов-тяжелоатлетов разной квалификации.

Полученные данные вносят в таблицу 63, анализируют и делают выводы.

Таблица 63 — Функциональные показатели силовой нагрузки

Испытуемый	Состояние покоя				Удержание штанги в течение 15—20 с				Восстановление, мин					
	ЧСС	АД max/min	ЛВ	ЧД	ЧСС	АД max/min	ЛВ	ЧД	1	3	5	7	9	11
1														
2														

1 — спортсмен высокой квалификации; 2 — спортсмен квалифицированный

Контрольные вопросы

1. К какому классу физических упражнений (по физиологической классификации) относят выполнение упражнений в тяжелой атлетике?
2. В чем состоит суть феномена Линдгарда, проявляющегося во время удержания штанги?
3. Какие особенности изменения показателей системы кровообращения во время статических усилий и в процессе восстановления? Обоснуйте ответ, исходя из разных теорий статических усилий.
4. Каковы особенности изменения показателей системы дыхания и $\dot{V}O_2$ во время статических усилий и в процессе восстановления?

РАБОТА 50. Исследование скорости движений у спринтеров и бегунов на средние дистанции

Оснащение: секундомер, шагомер.

Ход работы

Из числа студентов выбирают хорошо тренированных бегунов, специализирующихся в спринте и беге на средние дистанции, а также малотренированных, одного студента для хронометража и записи результатов и одного для подсчета количества шагов (если нет шагомера).

Испытуемый студент (обязательно в спортивной одежде) должен за 10 с бега на месте обеспечить максимальное количество циклов, поднимая бедра

до горизонтального положения. Перед бегом в кармане спортивной формы крепят шагомер, стрелки которого установлены на нулевую отметку. Работа состоит из двух частей:

1. По команде «Марш!» испытуемый спринтер начинает бег на месте, стараясь обеспечить предельный ритм; по команде «Стоп!» — прекращает бег. Снимают показания шагомера, записывают. У спринтеров высокого класса за 10 с может быть 60—80 циклов, а у малотренированных спортсменов — 35—45.

2. Определяют скоростную выносливость, которую желательно использовать у бегунов на средние дистанции. Такая проба сводится к трехкратному повторению предыдущего опыта каждые 30 с. Показания шагомера снимают трижды. У хорошо тренированных бегунов на средние дистанции показатели выше и устойчивее; у малотренированных — быстро и резко уменьшаются с каждым разом, так как возрастает кислородный долг, выносливость к которому вырабатывается в процессе тренировки.

Полученные данные вносят в таблицу 64, делают выводы.

Таблица 64 — Исследование скорости движений у спринтеров и бегунов на средние дистанции

Испытуемый	Количество шагов за 10 с	Второе повторение	Третье повторение
Спринтеры высокой квалификации			
Спринтеры квалифицированные			
Бегуны на средние дистанции высокой квалификации			
Бегуны на средние дистанции квалифицированные			

Контрольные вопросы

1. К какому классу физических упражнений относят легкоатлетический бег по физиологической классификации?
2. Из каких зон интенсивности состоит легкоатлетический бег на разные дистанции?
3. Какие физиологические и метаболические изменения происходят в организме спортсменов во время бега на короткие дистанции?
4. Какие физиологические и метаболические изменения происходят в организме бегунов на средние дистанции?
5. Как изменяется количество шагов, сделанных за определенное время, в зависимости от состояния тренированности испытуемых? Ответ обоснуйте.
6. Бег какой длительности и интенсивности рекомендуется использовать с оздоровительной целью?

РАБОТА 51. *Определение поля зрения у представителей игровых видов спорта*

Оснащение: периметр, сетка из 10 кругов.

Ход работы

Из числа студентов выбирают испытуемых — желательно представителей спортивных игр высокой квалификации, а также квалифицированных спортсменов или представителей других специализаций.

Для изучения поля зрения необходимо в тетради разметить сетку из 10 кругов, разделенных на сегменты по 45°. Посадить испытуемого за прибор (периметр), положить его подбородок на подставку. Испытуемый смотрит одним глазом на центральную точку, другой глаз закрывает рукой или экранчиком. Экспериментатор ставит дугу горизонтально и начинает медленно передвигать метку от центра. Определяют то наименьшее расстояние метки от центра, на котором испытуемый замечает ее неподвижным глазом. Отметить найденные точки с двух сторон от центра на заготовленной карте. Затем, каждый раз поворачивая дугу на 30 или 45°, проводить подобные эксперименты с белой меткой, а потом с зеленой, чтобы определить поле зрения на белый и зеленый цвета. Проверить показания испытуемого, повторно отдаляя и приближая метку.

Сравнить поле зрения представителей игровых видов спорта высокой квалификации и квалифицированных, а также представителей иных спортивных специализаций.

Полученные даны проанализировать и сделать выводы.

Контрольные вопросы

- 1. К какому классу физических упражнений (по физиологической классификации) относят спортивные игры?*
- 2. К каким физиологическим системам предъявляют особые требования во время занятий спортивными играми?*
- 3. Какие физиологические и метаболические изменения происходят в организме спортсменов во время игр?*
- 4. Каковы основные факторы, вызывающие утомление в спортивных играх?*
- 5. Какова роль анализаторов для занятий спортивными играми и их доля в возникновении утомления у спортсменов?*
- 6. Каков оздоровительный эффект занятий спортивными играми?*

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение 1 — Химический состав мочи здорового человека

Компонент	Содержание веществ в норме	
	г·сутки ⁻¹	ммоль·л ⁻¹
<i>Органические вещества:</i>	22—46	—
мочевина	20—35	333—583
аминокислоты	до 1,1	8,8
креатинин	1,0—2,0	8,8—17,7
мочевая кислота	0,0,2—1,2	1,2—7,1
глюкоза	0	0
белок	0	0
<i>Неорганические вещества:</i>	15—25	—
хлориды	3,6—9,0	100—250
фосфор неорганический	0,0,9—1,3	29—45
фосфаты	2,0—6,7	—
натрий	3,0—6,0	130—260
калий	1,5—3,2	38—82
кальций (общий)	0,0,1—0,25	2,5—6,2
магний	0,0,1—0,2	4,2—8,4
бикарбонаты	—	0,0,5 ммоль·л ⁻¹ , при pH 5,6
азот аммиака	0,0,5—1,0	36—71
pH	4,6—8,0	—

Приложение 2 — Классификация физических упражнений по затратам энергии у лиц разного возраста, ккал·кг⁻¹

Пол и возраст	Упражнения			
	легкие	умеренные (средние)	тяжелые	очень тяжелые
<i>Мужчины:</i>				
20—29	4,2	4,3—8,3	8,4—12,5	>12,5
30—39	3,9	4,0—7,8	7,9—11,7	>11,7
40—49	3,7	3,8—7,1	7,2—10,7	>10,7
50—59	3,2	3,3—6,3	6,4—9,5	>9,5
60—69	2,5	2,6—5,0	5,1—7,5	>7,5

Пол и возраст	Упражнения			
	легкие	умеренные (средние)	тяжелые	очень тяжелые
<i>Женщины:</i>				
20—29	3,2	3,3—5,1	5,2—7,0	>7,0
30—39	2,9	3,0—4,2	4,3—6,5	>6,5
40—49	2,7	2,8—4,0	4,1—6,0	>6,0
50—59	2,2	2,3—3,8	3,9—5,5	>5,5
60—69	1,9	2,0—3,5	3,6—5,0	>5,0

Приложение 3 — Энергетическая и эргометрическая характеристика анаэробных циклических упражнений

Группа	Анаэробная составляющая энергопродукции, %	Вклад энергетических систем, %			Рекордная мощность, ккал·кг ⁻¹	Предельная продолжительность бега, с
		Фосфагенная + лактацидная	Лактацидная + кислородная	Кислородная		
Максимальной анаэробной мощности	90—100	95	5	—	120	до 10
Околомаксимальной анаэробной мощности	75—85	70	20	10	100	20—50
Субмаксимальной анаэробной мощности	60—70	25	60	15	40	60—120

Приложение 4 — Энергетическая и эргометрическая характеристика аэробных циклических упражнений

Анаэробная мощность	VO ₂ , % VO ₂ max	Вклад энергетических систем, %			Главные энергетические субстраты	Рекордная мощность, ккал·кг ⁻¹	Рекордная продолжительность, мин
		Фосфагенная + лактацидная	Лактацидная + кислородная	Кислородная			
Максимальная	95—100	20	55—40	25—40	Мышечный гликоген	25	3—10
Околомаксимальная	85—90	10—5	20—15	70—80	Мышечный гликоген и глюкоза крови	20	10—30
Субмаксимальная	70—80	—	5	95	Мышечный гликоген, жиры, глюкоза крови	17	30—120
Средняя	55—65	—	2	98	Жиры, мышечный гликоген, глюкоза крови	14	120—240

Анаэробная мощность	VO ₂ , % VO ₂ max	Вклад энергетических систем, %			Главные энергетические субстраты	Рекордная мощность, ккал·кг ⁻¹	Рекордная продолжительность, мин
		Фосфагенная + лактацидная	Лактацидная + кислородная	Кислородная			
Малая	50 и ниже	—	—	100	Жиры, мышечный гликоген, глюкоза крови	12 и ниже	> 240

Приложение 5 — Диапазон изменений физиологических показателей у спортсменов разных видов спорта

Показатель	Группа видов спорта			
	Циклические	Скоростно-силовые	Единоборства	Сложнокоординационные
ЧСС, уд·мин ⁻¹	40—220	50—220	50—220	50—100
АДдиаст., мм рт. ст.	80—250	80—200	80—250	85—190
АДсист., мм рт. ст.	60—130	70—110	60—130	60—100
Объем сердца, см ³	770—1075	760—1020	750—1000	750—1000
МОК, л·мин ⁻¹	6—40	6—40	6—40	6—30
Скорость вдоха и выдоха, л·мин ⁻¹	4—8	4—10	4—80	4—8
Содержание лактата в крови, мг·100 мл ⁻¹	15—200	15—150	15—100	15—100
pH крови, усл. ед.	7,4—7,0	7,4—7,1	7,4—7,15	7,4—7,17
Глюкоза крови, мг·100 мл ⁻¹	120—70	120—60	120—90	120—100

Приложение 6 — Изменения физиологических показателей во время динамической работы

Работа	Показатель							
	W, Вт	ЧСС, уд·мин ⁻¹	СО, мл	МОК, л·мин ⁻¹	МОД, л·мин ⁻¹	VO ₂ , л·мин ⁻¹	La крови, мг·100 мл ⁻¹	АДср., мм рт. ст.
<i>Неспортсмены</i>								
Легкая	< 50	120—140	80—100	10—12	30—50	1,0—1,5	20—30	85—95
Средняя	50—100	140—160	100—120	12—15	50—80	1,5—2,0	30—40	95—100
Субмаксимальная	100—150	160—170	120—130	15—20	80—100	2,0—2,5	40—60	100—150
Максимальная	150—200	170—190	130—150	20—25	100—110	2,5—3,0	60—100	130—150
<i>Спортсмены</i>								
Легкая	100—150	90—120	90—100	8—10	20—40	0,8—1,0	10—20	85—95
Средняя	150—200	120—140	100—140	10—15	40—80	1,0—2,5	20—50	95—100
Субмаксимальная	200—350	140—180	140—170	15—30	80—110	2,5—4,5	50—150	100—150
Максимальная	350—500 и >	180—210	120—200	30—40	110—170	4,5—6,5	150—300	150—170

Приложение 7 — Морфофункциональные показатели организма человека в возрастном аспекте

Показатель	4 года	7 лет	11 лет
Количество крови, % массы тела	11	10	8
Количество эритроцитов, $10^{12} \cdot \text{л}^{-1}$	4,7	4,8	4,9
Содержание гемоглобина, $\text{г} \cdot \text{л}^{-1}$	126	128	132
Количество лейкоцитов, $10^9 \cdot \text{л}^{-1}$	11,0	10Д	8,2
ЧСС, $\text{уд} \cdot \text{мин}^{-1}$	100	85	80
МОК, $\text{л} \cdot \text{мин}^{-1}$	2,8	3,0	3,1
АД сист., мм рт. ст.	95	98	103
АД диаст., мм рт. ст.	47	53	62
ЧД, дых. цикла	27	22	21
ЖЕЛ, л	1Д	1,9	2,1
ДО, мл	100	156	175
МОД, $\text{л} \cdot \text{мин}^{-1}$	3,4	3,8	6,8
МЛВ, $\text{л} \cdot \text{мин}^{-1}$	—	50	60
$\dot{V}O_2 \text{max}$, $\text{л} \cdot \text{мин}^{-1}$	—	1,8	2,1
Задержка дыхания на вдохе, с	—	26	39
Задержка дыхания на выдохе, с	—	17	20
Суточные энергетические затраты, ккал	2000	2400	2800
Становая сила, кг	18	29	46
Время реакции на звук, мс	396	301	203
Теплинг-тест, движения $\cdot 10 \text{ с}^{-1}$	48	54	62
PWC_{170} , $\text{кг} \cdot \text{мин}^{-1}$	232	285	533
Гибкость, наклон вперед, см	+ 4	+ 5	+ 11

Приложение 8 — $\dot{V}O_2 \text{max}$ у лиц разного пола и возраста, $\text{л} \cdot \text{мин}^{-1}$

Возраст, лет	Уровень развития аэробных возможностей					
	Низкий		Средний		Высокий	
	Мужчины	Женщины	Мужчины	Женщины	Мужчины	Женщины
20—29	3,1—3,69	2,0—2,49	3,7—3,99	2,5—2,79	4,0	2,8
30—39	2,8—3,39	1,9—2,39	3,4—3,68	2,4—2,69	3,7	2,7
40—49	2,5—3,09	1,8—2,29	3,1—3,39	2,3—2,39	3,4	2,6
50—59	2,2—2,79	1,7—2,2	2,8—3,09	2,2—2,3	3,1	2,5
60—69	1,9—2,49	1,6—2,1	2,5—2,79	2,1—2,2	2,8	2,4

Дополнение 9 — Основные препараты пластического и энергетического действия

Препарат	Доза и срок	Механизм действия
Калий оротат	0,0,5—2,0 г в сутки; 30—40 дней	Стимуляция процессов обмена. повышение синтеза белка и нуклеиновых кислот в видах на выносливость и скоростно-силовых

Препарат	Доза и срок	Механизм действия
Метилурацил	1,5—2,5 г в сутки; 20 дней	Повышает синтез белка и РНК, особенно в катаболической фазе, ускоряет усвоение углеводов, повышает работоспособность и ускоряет восстановление
Экдистен и препараты, содержащие левзею (леветон, адаптон, левзея)	0,005—0,01 г 3 раза в день; 15—20 дней	Эффективен при сниженном синтезе белка и нуклеиновых кислот в катаболической фазе тренировок, повышает прирост мышечной массы и силы у спортсменов
Рибоксин (инозин)	0,0,4 г 2 раза в день; 1—2 мес	Способствует протекторному воздействию на миокард, особенно во время перегрузок, стимулирует сниженный синтез белка, ускоряет процессы восстановления спортсменов
L-карнитин	4,0 г в день; 3 нед или однократно перед соревнованием	Является кофактором системы окисления жирных кислот, транспортирует жирные кислоты через внутреннюю мембрану митохондрий, где находится система бета-окисления. Освобождаемая энергия во много раз превышает гликолиз и окисление метаболитов цикла Кребса. Антиоксидант
Аденозинмонофосфат (АМФ)	0,025 г 2 раза в день; 3 нед	Участвует в регуляции процессов энергообеспечения, ускоряет восстановление работоспособности спортсменов
Ноотон	1 амп за 40 мин до выступления	Возобновляет энергетический метаболизм за счет креатина в видах спорта с проявлением выносливости
Панангинмагниева и калиевая соли аспарагиновой кислоты	По 1 таблетке 3 раза в день; 1 мес	Нормализует сниженный энергетический потенциал в видах спорта с преобладающим проявлением выносливости
Милдронат — структурный аналог предшественник карнитина	1 г за 3 часа до соревнования	Стимулирует реакции гликолиза в цикле трикарбоновых кислот, является протектором при перенапряжениях организма при физических перегрузках
Актовегин-форте (солкосерил)	1—3 драже 2 раза в день; 2—3 нед	Улучшает перенесение кислорода к субстратам, активизирует энергозависимые процессы при повышенном потреблении энергии
Липоевая кислота	2 таблетки 3 раза в день; 2—3 нед	Играет важную роль в образовании энергии в организме. Участвует в регуляции липидного и углеводного обмена, улучшает функцию печени. Рекомендуются с лецитином (0,5 г на день)
Сукцинат натрия (соль янтарной кислоты)	2 таблетки 2 раза в день; 3 нед	Улучшает микроциркуляцию, активизирует энергетический обмен, повышает баланс богатых энергией соединений, улучшает функцию сердечно-сосудистой системы, печени, обладает антиацетотическими свойствами, ускоряет процесс восстановления
Адаптогены растительного и животного происхождения	Женьшень, заманиха, левзея, родиола розовая, лимонник и др.	Повышает синтез нуклеиновых кислот и белка, стабилизирует мышечную массу, повышает синтез АТФ, повышает утилизацию гликогена

Примечание. Существуют другие препараты пластического и энергетического действия

Приложение 10 — Показатели влияния наследственности H (коэффициент Хольцингера) на некоторые морфофункциональные признаки организма человека

Морфофункциональный признак	Показатель наследственности (H)
Длина тела (рост)	0.73—0.80
Масса тела	0.65
Объем сердца	0.80—0.92
Показатели ЭКГ	0.78—0.88
Минутный и ударный объем крови	0.83—0.94
ЧСС во время работы	0.60—0.91
АД сист. в покое и во время работы	0.60—0.70
ЖЕЛ	0.48—0.93
МОД во время работы	0.59—0.98
$\dot{V}O_{2max}$	0.77—0.96
Максимальная анаэробная мощность	0.84—0.98
Задержка дыхания на вдохе	0.80
RWC_{120}	0.88—0.90
Процент МС волокон в мышцах	0.92—0.99
Вырабатывание условных рефлексов	0.73—0.80
Частотно-амплитудные показатели ЭЭГ	0.90

Аганянц Е. К. Физиология человека : учеб. пособие / Е. К. Аганянц. — М. : Сов. спорт, 2001. — 336 с.

Алтер М. Дж. Наука о гибкости / М. Дж. Алтер. — К. : Олимп. л-ра, 2001. — 422 с.

Белоцерковский З. Б. Эргометрические и кардиологические критерии физической работоспособности у спортсменов / З. Б. Белоцерковский. — М. : Сов. спорт, 2005. — 312 с.

Бриклин И. Ваш идеальный вес / И. Бриклин, Л. Коннер ; пер. с англ. — М. : Изд. Дом «Крон-пресс», 1998. — 298 с.

Буланов Ю. Б. Питание мышц / Ю. Б. Буланов. — Тверь: Изд-во РУПГО, 2002. — 205 с.

Булатова М. М. Спортсмен в различных климато-географических условиях / М. М. Булатова, В. Н. Платонов. — К. : Олимп. л-ра, 1996. — С. 7—84.

Булич Э. Г. Здоровье человека / Э. Г. Булич, И. В. Муравов. — К. : Олимп. л-ра, 2003. — 424 с.

Вілмор Дж. Х. Фізіологія спорту / Дж. Х. Вілмор, Д. Л. Костілл. — К. : Олімп. л-ра, 2002. — 504 с.

Волков Л. В. Теория спортивного отбора: способность, одаренность, талант / Л. В. Волков. — К. : Вежа, 1996. — 152 с.

Волков Н. И. Биохимия мышечной деятельности / Н. И. Волков, Э. Н. Несен, А. А. Осипенко, С. И. Корсун. — К. : Олимп. л-ра, 1998. — 288 с.

Гордон Нил Ф. Хроническое утомление и двигательная активность / Нил Ф. Гордон. — К. : Олимп. л-ра, 1999. — 128 с.

Детская спортивная медицина / [под ред. С. Б. Тихвинского и С. В. Хрущева]. — М. : Медицина, 1991. — 560 с.

Допинг и эргогенные средства в спорте / [под ред. В. Н. Платонова]. — К. : Олимп. л-ра, 2003. — 576 с.

Дудин Н. П. Морфофункциональный и психофизиологический контроль как критерии отбора юных спортсменов, занимающихся игровыми видами спорта: метод. рекоменд. / Н. П. Дудин, Г. А. Лисенчук, М. И. Воробьев. — К., 2001. — 24 с.

Евгеньева Л. Я. Комплексный контроль подготовленности футболистов по морфофункциональным показателям / Л. Я. Евгеньева. — К. : Федерация футбола Украины, 2002. — 68 с.

Еремеев Б. В. Женщинам о физической культуре / Б. В. Еремеев. — К. : Здоров'я, 1991. — 174 с.

- Ермолаев Ю. А. Возрастная физиология / Ю. А. Ермолаев. — М. : Спорт Академ Пресс, 2001. — 144 с.
- Здоровье и образ жизни студентов : учеб. пособие / [под общей ред. Д. Н. Давиденко]. — СПб.—К., 2005. — 158 с.
- Кашуба В. А. Биомеханика осанки / В. А. Кашуба. — К. : Олимп. л-ра, 2003. — 280 с.
- Ключевые факторы адаптации организма спортсменов к большим тренировочным нагрузкам / [под ред. Д. А. Полищука]. — К. : Абрис, 1996. — 78 с.
- Козлов В. И. Основы спортивной морфологии / В. И. Козлов, А. А. Гладышева. — М., 1997. — 125 с.
- Кроль В. М. Психофизиология человека / В. М. Кроль. — СПб., 2003. — 302 с.
- Круцевич Т. Ю. Методы исследования индивидуального здоровья детей и подростков в процессе физического воспитания и спорта / Т. Ю. Круцевич. — К. : Олимп. л-ра, 1999. — 132 с.
- Лактатный порог и его использование для управления тренировочным процессом / [под ред. Д. Полищука]. — К. : Абрис, 1997. — 60 с.
- Мищенко В. П. Физическая активность. Гомеостаз и здоровье / В. П. Мищенко, Е. Л. Яремина, И. В. Мищенко. — Полтава, 2004. — 144 с.
- Мищенко В. С. Функциональные возможности спортсменов / В. С. Мищенко. — К. : Здоров'я, 1990. — 200 с.
- Мохан Р. Биохимия мышечной деятельности и физической тренировки / Р. Мохан, М. Глессон, П. А. Грингафф. — К. : Олимп. л-ра, 2001. — 296 с.
- Мурза В. П. Методи функціональних досліджень у фізичній реабілітації та спортивній медицині : навч. посібник / В. П. Мурза, М. М. Філіппов. — К. : Університет «Україна», 2001. — 96 с.
- Омельяненко В. Г. Збірник тестових завдань з фізіології фізичного виховання / В. Г. Омельяненко. — Тернопіль, 2004. — 120 с.
- Омельяненко В. Г. Тестові завдання. Фізіологія людини / В. Г. Омельяненко. — Тернопіль, 2004. — 156 с.
- Остапенко А. А. Анаболические средства в современном силовом спорте / А. А. Остапенко, М. В. Клестов. — М., 2002. — 288 с.
- Питание спортсменов / [под ред. Кристин А. Розенблюм]. — К. : Олимп. л-ра, 2006. — 535 с.
- Платонов В. Н. Общая теория подготовки спортсменов в олимпийском спорте / В. Н. Платонов. — К. : Олимп. л-ра, 1997. — 504 с.
- Платонов В. Н. Система подготовки спортсменов в олимпийском спорте. Общая теория и ее практическое приложение / В. Н. Платонов. — К. : Олимп. л-ра, 2005. — 258 с.
- Применение пульсометрии в подготовке спортсменов высокого класса : метод. рекомендации / [под ред. Д. А. Полищука]. — К. : ГНИИФКС, 1996. — 80 с.
- Сарубин Э. Популярныe пищевые добавки. Справочник по распространенным пищевым добавкам / Э. Сарубин. — К. : Олимп. л-ра, 2004. — 480 с.
- Семенов Л. А. Определение спортивной пригодности детей и подростков: биологические и психолого-педагогические аспекты / Л. А. Семенов. — М. : Сов. спорт, 2005. — 142 с.

- Симонова О. Н. Оценка анаэробных порогов по изменению ЧСС при стандартных нагрузочных пробах / О. Н. Симонова // Физиология человека. — 2001. — № 4, Т. 27. — С. 66—68.
- Солодков А. С. Физиология человека / А. С. Солодков, Е. Б. Сологуб. — М. : Терра Спорт, 2001. — 340 с.
- Солодков А. С. Физиология человека. Общая. Спортивная. Возрастная : учеб. пособие / А. С. Солодков, Е. Б. Сологуб. — М. : Сов. спорт, 2003. — 528 с.
- Спортивная медицина. Практические рекомендации / [под ред. Р. Джексона]. — К. : Олимп. л-ра, 2003. — 382 с.
- Суслов Ф. П. Подготовка спортсменов в горных условиях / Ф. П. Суслов, Е. Б. Гиппенрейтер. — М. : Спорт Академ Пресс, 2001. — 176 с.
- Тнимова Г. Т. Молекулярные механизмы адаптации к мышечной деятельности / Г. Т. Тнимова. — Караганда, 2004. — 183 с.
- Уильямс М. Эргогенные средства в системе спортивной подготовки / М. Уильямс. — К. : Олимп. л-ра, 1997. — 256 с.
- Физиологическое тестирование спортсмена высокого класса / [под ред. Дж. Дункана Мак Дугласа и др.]. — К. : Олимп. л-ра, 1998. — 230 с.
- Физическая культура студента / [под ред. В. И. Ильинича]. — М. : Гардарики, 2003. — 448 с.
- Филиппов М. М. Психофизиология функциональных состояний : учеб. пособие / М. М. Филиппов. — К., 2006. — 240 с.
- Шахлина Л. Г. Медико-биологические основы спортивной тренировки женщин / Л. Г. Шахлина. — К. : Наук. думка, 2001. — С. 279—285.
- Budgett R. Fatigue and underperformance in athletes: the overtraining syndrome / R. Budgett // Brit. J. of Sports Med., 1998, 32, P. 107—110.
- Henricsson J. Metabolism in the Contracting Skeletal Muscle. Endurance in Sport / J. Henricsson. — Oxford Blackwell Scientific Publications, 1992. — P. 226—243.
- Keddy D. Assessing nutritional status / D. Keddy, T. J. Lion // Eating Disorders Review. 1998, 9 (5), 1—8.
- Korobeynikov G. Physical development as health criterion in children. Potegowanie zdrowia czynniki, mechanizmy i strategie zdrowotne / G. Korobeynikov, L. Korobeynikova. — Radom, 2003. — P. 103—105.
- Lemon P.W.R. Protein intake and athletic performance / P.W.R. Lemon, D. N. Proctor // Sports Med. — 1991, 12, P. 313—325.
- Powers S. K. Exercise physiology / S. K. Powers, E. T. Howley // Theory and application to Fitness and Performance, WCB, Wm. C. Brown Publishers, 1990. — 560 p.
- Usaj A. Influence of endurance training on the results of Conconi test / A. Usaj // Kinesiology, 1995. — V. 27. — № 2. P. 32—37.
- Viru A. Adaptation in Sports training / A. Viru // Times Mirror International London: Publishers, 1995. — 320 p.
- Williams M. N. Nutritional ergogenics in athletics / M. N. Williams // J. Sport Sci. 1995, 13. — P. 63—74.

ВВЕДЕНИЕ	3
СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ	5
РАЗДЕЛ 1. Введение в дисциплину. Двигательная активность и здоровье	7
<i>Работа 1.</i> Исследование сердечно-сосудистой и дыхательной систем в естественных условиях оздоровительной и спортивной тренировки	9
<i>Работа 2.</i> Методы исследования метаболизма во время оздоровительной и спортивной тренировки	12
<i>Работа 2.1.</i> Определение содержания глюкозы в крови спортсменов в состоянии покоя и после физических нагрузок разной интенсивности	15
<i>Работа 2.2.</i> Исследование мочи у спортсменов	16
РАЗДЕЛ 2. Адаптация как биологическая основа эффектов занятий физическими упражнениями	19
<i>Работа 3.</i> Оценка срочных реакций на физические упражнения разного характера	21
<i>Работа 4.</i> Оценка долговременной адаптации организма к тренировочным нагрузкам по показателю адаптационного потенциала спортсменов	22
<i>Работа 5.</i> Оценка изменений в структурах опорно-двигательного аппарата при рациональной и нерациональной адаптации к мышечной тренировке	23
РАЗДЕЛ 3. Классификация физических упражнений. Особенности их физиологического и метаболического обеспечения	27
<i>Работа 6.</i> Оценка физиологических изменений во время выполнения циклических упражнений максимальной мощности	29
<i>Работа 7.</i> Исследование физиологических изменений в организме во время выполнения упражнений субмаксимальной мощности	31
<i>Работа 8.</i> Влияние циклических нагрузок большой мощности на функции организма	33
<i>Работа 9.</i> Влияние циклических нагрузок умеренной мощности на функции организма	35
<i>Работа 10.</i> Оценка физиологических изменений во время выполнения статических упражнений	37
<i>Работа 11.</i> Особенности параметров внутренней среды организма во время выполнения упражнений разного характера (на примере исследования резервной щелочности крови методом титрования)	41

РАЗДЕЛ 4. Морфофункциональная и метаболическая характеристика физической работоспособности	44
<i>Работа 12. Оценка анаэробной физической работоспособности</i>	46
<i>Работа 12.1. Определение алактатной анаэробной мощности по тесту Маргария</i>	49
<i>Работа 12.2. Определение анаэробной возможности организма спортсменов по регистрации времени задержки дыхания</i>	49
<i>Работа 12.3. Определение максимального кислородного долга</i>	51
<i>Работа 12.4. Определение быстрого и медленного компонентов кислородного долга</i>	52
<i>Работа 13. Определение и оценка аэробной физической работоспособности</i>	52
<i>Работа 13.1. Определение физической работоспособности по тесту Купера</i>	55
<i>Работа 13.2. Определение аэробной физической работоспособности (прямой метод определения $VO_2\max$)</i>	56
<i>Работа 13.3. Непрямые методы определения $VO_2\max$</i>	57
<i>Работа 14. Определение кислородного эквивалента работы</i>	62
<i>Работа 15. Эргогенные средства в спорте</i>	64
<i>Работа 16. Физиологические эффекты стимуляторов на примере кофеина</i>	68
РАЗДЕЛ 5. Физиологические механизмы формирования двигательных навыков и управление движениями в спорте	69
<i>Работа 17. Исследование способности человека к воспроизведению заданной величины мышечного усилия при отсутствии зрительного анализатора</i>	72
<i>Работа 17.1. Исследование способности человека управлять временными параметрами движений</i>	73
<i>Работа 17.2. Исследование способности человека управлять перемещением частей тела</i>	74
<i>Работа 18. Исследование автоматизированных и неавтоматизированных двигательных навыков</i>	75
РАЗДЕЛ 6. Морфофункциональные и метаболические основы двигательных качеств	76
<i>Работа 19. Исследование скорости по данным двигательной реакции, времени одиночного движения и максимальной частоты движений</i>	78
<i>Работа 19.1. Исследование уровня скорости по данным простой двигательной реакции</i>	79
<i>Работа 19.2. Исследование сложной двигательной реакции</i>	80
<i>Работа 19.3. Исследование уровня скорости по данным времени одиночного движения и максимальной частоты движений с помощью теппинг-теста</i>	81
<i>Работа 20. Оценка максимальной, максимальной произвольной, абсолютной и относительной силы мышц</i>	82
<i>Работа 21. Оценка гибкости</i>	84
<i>Работа 22. Определение координационных способностей человека</i>	87
<i>Работа 23. Оценка выносливости по данным функций кислородтранспортной системы организма</i>	90

РАЗДЕЛ 7. Морфофункциональное и метаболическое обоснование занятий физическими упражнениями лиц разного возраста	94
<i>Работа 24. Определение и оценка биологического возраста человека</i>	98
<i>Работа 24.1. Определение темпа физического развития и функционального возраста юношей</i>	101
<i>Работа 25. Определение физической работоспособности детей школьного возраста</i>	103
<i>Работа 26. Исследование особенностей физиологических процессов лиц преклонного возраста</i>	104
РАЗДЕЛ 8. Физиологическое обоснование оздоровительного эффекта занятий физическими упражнениями. Нормирование и дозирование физических нагрузок	106
<i>Работа 27. Дозирование физических нагрузок при ЧСС в оздоровительной тренировке лиц разного возраста</i>	109
<i>Работа 28. Оценка оздоровительного эффекта физической тренировки по данным компонентного состава массы тела</i>	111
<i>Работа 29. Физиологическое обоснование формирования групп для занятий оздоровительными видами спорта</i>	115
РАЗДЕЛ 9. Физиологическая характеристика состояний организма, возникающих во время спортивной деятельности	119
<i>Работа 30. Исследование особенностей физиологических процессов, характерных для стартового состояния</i>	120
<i>Работа 31. Исследование особенностей физиологических процессов, характерных для разминки</i>	124
<i>Работа 31.1. Влияние сигналов о приближении старта и разминки на ЧСС</i>	125
<i>Работа 31.2. Физиологический анализ разминки</i>	126
<i>Работа 32. Исследование процессов вработывания во время мышечной деятельности</i>	127
<i>Работа 32.1. Исследование процессов вработывания и устойчивого состояния по показателям сердечно-сосудистой и дыхательной систем</i>	130
<i>Работа 32.2. Исследование процессов вработывания и устойчивого состояния во время повторного бега на месте</i>	131
<i>Работа 33. Определение состояния утомления</i>	132
<i>Работа 33.1. Определение состояния утомления во время работы на велоэргометре в заданном темпе</i>	134
<i>Работа 33.2. Физиологические изменения, возникающие в результате утомления во время циклической работы различной мощности</i>	135
<i>Работа 33.3. Динамика максимальных мышечных усилий в фазе компенсированного утомления во время статической работы на эргографе (динамографе)</i>	136
<i>Работа 34. Физиологическая характеристика восстановительного периода</i>	137
<i>Работа 34.1. Восстановление во время пассивного и активного мышечного отдыха</i>	140
<i>Работа 34.2. Оценка скорости восстановительных процессов по индексу Гарвардского степ-теста</i>	141

РАЗДЕЛ 10. Физиологическое обоснование принципов построения спортивной тренировки	142
<i>Работа 35. Основные подходы к индивидуальной коррекции программ тренировочных нагрузок аэробной направленности.</i>	145
РАЗДЕЛ 11. Морфофункциональная и метаболическая характеристика тренированности	148
<i>Работа 36. Оценка состояния тренированности спортсменов по данным функциональных показателей двигательного аппарата и сенсорных систем</i>	150
<i>Работа 36.1. Исследование силы мышц спортсменов при помощи динамометров</i>	151
<i>Работа 36.2. Исследование функциональной устойчивости вестибулярного аппарата с помощью пробы Яроцкого</i>	152
<i>Работа 36.3. Исследование некоторых функций двигательного анализатора</i>	153
<i>Работа 37. Определение тренированности спортсмена по оценке устойчивости к гипоксии</i>	154
<i>Работа 37.1. Оценка состояния тренированности по данным сердечно-сосудистой и дыхательной систем организма (проба Руфье)</i>	155
<i>Работа 37.2. Пробы с изменением положения</i>	155
<i>Работа 37.3. Оценка функции внешнего дыхания у спортсменов</i>	156
<i>Работа 38. Показатели тренированности организма по некоторым функциональным показателям в состоянии покоя</i>	158
<i>Работа 39. Исследование состояния тренированности во время выполнения стандартной (немаксимального) нагрузки</i>	159
<i>Работа 40. Определение структуры функциональной подготовленности спортсменов (по В. С. Мищенко)</i>	161
РАЗДЕЛ 12. Биологический контроль (мониторинг) в спортивной тренировке	165
<i>Работа 41. Использование содержания лактата в крови в процессе контроля за подготовкой спортсменов</i>	166
<i>Работа 42. Контроль направленности тренировочных нагрузок с использованием показателя мочевины в крови</i>	169
<i>Работа 43. Определение ПАНО у спортсменов</i>	171
<i>Работа 44. Использование ЧСС для направленного развития двигательных качеств (на примере определения точки отклонения по Конкони)</i>	175
РАЗДЕЛ 13. Биологические критерии отбора в спорте	179
<i>Работа 45. Методические подходы к отбору в некоторых видах спорта</i>	184
РАЗДЕЛ 14. Особенности спортивной тренировки женщин	187
<i>Работа 46. Обоснование направленности тренировочного процесса в специфических микроциклах женщин-спортсменок с учетом фаз МЦ</i>	189

РАЗДЕЛ 15. Обоснование особенностей спортивной тренировки в горных условиях	194
<i>Работа 47.</i> Разработка рекомендаций относительно основной направленности динамики физических нагрузок в период тренировки в среднегорье	196
РАЗДЕЛ 16. Физиологическая характеристика некоторых видов спорта	198
<i>Работа 48.</i> Изучение вестибулярной устойчивости гимнастов и акробатов	201
<i>Работа 49.</i> Физиологические изменения в организме во время поднятия штанги	202
<i>Работа 50.</i> Исследование скорости движений у спринтеров и бегунов на средние дистанции	203
<i>Работа 51.</i> Определение поля зрения у представителей игровых видов спорта	205
ПРИЛОЖЕНИЯ	206
ЛИТЕРАТУРА	212

РАЗДЕЛ 10. Физиологическое обоснование принципов построения спортивной тренировки	142
<i>Работа 35. Основные подходы к индивидуальной коррекции программ тренировочных нагрузок аэробной направленности.</i>	145
РАЗДЕЛ 11. Морфофункциональная и метаболическая характеристика тренированности	148
<i>Работа 36. Оценка состояния тренированности спортсменов по данным функциональных показателей двигательного аппарата и сенсорных систем</i>	150
<i>Работа 36.1. Исследование силы мышц спортсменов при помощи динамометров</i>	151
<i>Работа 36.2. Исследование функциональной устойчивости вестибулярного аппарата с помощью пробы Яроцкого</i>	152
<i>Работа 36.3. Исследование некоторых функций двигательного анализатора</i>	153
<i>Работа 37. Определение тренированности спортсмена по оценке устойчивости к гипоксии</i>	154
<i>Работа 37.1. Оценка состояния тренированности по данным сердечно-сосудистой и дыхательной систем организма (проба Руфье)</i>	155
<i>Работа 37.2. Пробы с изменением положения</i>	155
<i>Работа 37.3. Оценка функции внешнего дыхания у спортсменов</i>	156
<i>Работа 38. Показатели тренированности организма по некоторым функциональным показателям в состоянии покоя</i>	158
<i>Работа 39. Исследование состояния тренированности во время выполнения стандартной (немаксимального) нагрузки</i>	159
<i>Работа 40. Определение структуры функциональной подготовленности спортсменов (по В. С. Мищенко)</i>	161
РАЗДЕЛ 12. Биологический контроль (мониторинг) в спортивной тренировке	165
<i>Работа 41. Использование содержания лактата в крови в процессе контроля за подготовкой спортсменов</i>	166
<i>Работа 42. Контроль направленности тренировочных нагрузок с использованием показателя мочевины в крови</i>	169
<i>Работа 43. Определение ПАНО у спортсменов</i>	171
<i>Работа 44. Использование ЧСС для направленного развития двигательных качеств (на примере определения точки отклонения по Конкони)</i>	175
РАЗДЕЛ 13. Биологические критерии отбора в спорте	179
<i>Работа 45. Методические подходы к отбору в некоторых видах спорта</i>	184
РАЗДЕЛ 14. Особенности спортивной тренировки женщин	187
<i>Работа 46. Обоснование направленности тренировочного процесса в специфических микроциклах женщин-спортсменок с учетом фаз МЦ</i>	189

РАЗДЕЛ 15. Обоснование особенностей спортивной тренировки в горных условиях	194
<i>Работа 47.</i> Разработка рекомендаций относительно основной направленности динамики физических нагрузок в период тренировки в среднегорье	196
РАЗДЕЛ 16. Физиологическая характеристика некоторых видов спорта	198
<i>Работа 48.</i> Изучение вестибулярной устойчивости гимнастов и акробатов	201
<i>Работа 49.</i> Физиологические изменения в организме во время поднятия штанги	202
<i>Работа 50.</i> Исследование скорости движений у спринтеров и бегунов на средние дистанции	203
<i>Работа 51.</i> Определение поля зрения у представителей игровых видов спорта	205
ПРИЛОЖЕНИЯ	206
ЛИТЕРАТУРА	212