

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
Федеральное государственное автономное образовательное
учреждение высшего образования
«ЮЖНЫЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

**И. А. Пономарева,
В. В. Хренкова**

Физиология физической культуры и спорта

**(Физиологические основы
мышечной деятельности)**

Учебное пособие

Ростов-на-Дону
2015

УДК 796.01
ББК 75.0
П56

Пономарева И. А., Хренкова В. В.
П56 Физиология физической культуры и спорта (Физиологические основы мышечной деятельности) : учебное пособие / И. А. Пономарева, В. В. Хренкова ; Южный федеральный университет. – Ростов-на-Дону : Издательство Южного федерального университета, 2015. – 122 с.
ISBN 978-5-9275-1736-7

Публикуется в авторской редакции.

ISBN 978-5-9275-1736-7

УДК 796.01
ББК 75.0

© Пономарева И. А., Хренкова В. В., 2015
©Южный федеральный университет, 2015

Содержание

Введение.....	4
Глава 1 Методы исследования в спортивной физиологии	5
1.1 Соматометрические методы	6
1.1.1 Определение должной массы тела	6
1.1.2 Экскурсия грудной клетки	8
1.1.3 Оценка уровня физического развития по соматометрическим показателям.....	8
1.2 Физиометрические методы оценки уровня физического развития	9
1.2.1 Определение мышечной силы	9
1.2.2 Методы оценки функционального состояния сердечно-сосудистой системы	11
1.2.2.1 Определение артериального давления (АД)	11
1.2.2.2 Определение частоты сердечных сокращений (ЧСС) в покое и при выполнении физических упражнений	12
1.2.2.2.1 Оценка функциональных возможностей сердечно-сосудистой системы по показателям ЧСС в покое	13
1.2.2.2.2 ЧСС в оценке физической работоспособности	15
1.2.2.3 Оценка сократительной функции сердца	22
1.2.2.4 Показатели гемодинамики в оценке вегетативного статуса организма.....	24
1.2.3 Методы оценки функциональных возможностей дыхательной системы.....	25
1.2.4 Методы оценки функционального состояния ЦНС.....	28
Глава 2 Содержание лекционного материала дисциплины «Физиология физической культуры и спорта»	38
2.1 Модуль «Общая спортивная физиология»	38
Тема 1 Морфофизиологическая характеристика скелетной мышечной ткани и основы мышечной деятельности	38
Тема 2 Понятие об адаптации и функциональных резервах организма	43
Тема 3 Функциональные изменения в организме под влиянием нагрузок	50
Тема 4 Физиологическая характеристика и классификации физических упражнений	60
Тема 5 Физическая работоспособность	68
Вопросы для самоконтроля по I модулю	72
2.2 Модуль «Частная спортивная физиология»	74
Тема 6 Физиологическая характеристика состояний организма при спортивной деятельности	74
Тема 7 Физиологические механизмы и закономерности развития физических качеств	84
Тема 8 Физиологические механизмы и закономерности формирования двигательных навыков	96
Тема 9 Физиологические основы развития тренированности	102
Тема 10 Спортивная работоспособность в особых условиях внешней среды	107
Вопросы для самоконтроля по II модулю	114
Список рекомендуемой литературы	115
Список использованной литературы	117

Введение

Физиология физической культуры и спорта (спортивная физиология) – это специальный раздел физиологии человека, изучающий изменения функций организма и их механизмы под влиянием мышечной (спортивной) деятельности и обосновывающий практические мероприятия по повышению её эффективности. В свою очередь, спортивная физиология состоит из двух подразделов – общей и частной спортивной физиологии. Общая спортивная физиология изучает физиологические основы адаптации к физическим нагрузкам и резервные возможности организма, функциональные изменения организма при спортивной деятельности, физическую работоспособность и физиологические основы утомления и восстановления в спорте. Частная спортивная физиология – физиологическую классификацию физических упражнений, механизмы и закономерности формирования и развития двигательных качеств и навыков, спортивную работоспособность в особых условиях внешней среды, физиологические особенности тренировки женщин и детей, физиологические основы оздоровительной физической культуры.

Дисциплина «Физиология физической культуры и спорта» относится к профессиональному циклу ФГОС ВО по направлению 050100 «Педагогическое образование» и направлена на формирование у будущих специалистов общекультурных, профессиональных и специальных компетенций, которые обеспечат им знания о закономерностях функционирования систем организма, методах оценки их функционального состояния, физиологических механизмах адаптации к физическим нагрузкам, резервных возможностях организма, работоспособности, функциональных изменениях при физических нагрузках, механизмах формирования двигательных навыков и умения планировать тренировочный режим с учетом возрастных возможностей организм, организовывать уроки физической культуры в учебных учреждениях различного уровня.

Понимание механизмов и закономерностей функционирования систем организма, знание методов оценки функционального состояния различных органов и систем могут позволить эффективно воздействовать на отдельные процессы различными средствами двигательной активности, управляя скоростью развития приспособления к физическим нагрузкам и улучшая тренированность.

Это имеет большое значение при решении вопросов профессионального отбора, допуска к оздоровительным и тренировочным занятиям, при планировании для занимающихся режима двигательной нагрузки с учётом принципов кинезисэнергономики, поставленных перед спортсменом целей и задач, индивидуальной физической подготовленности и мотивации, состояния здоровья, возрастных и половых возможностей, некоторых особенностей среды.

Глава 1

Методы исследования в спортивной физиологии

Динамический мониторинг и оценка функционального состояния человека, занимающегося оздоровительной физической культурой или спортом, является одним из необходимых условий планирования оздоровительных, тренировочных и соревновательных нагрузок. Достаточно серьезные по интенсивности и/или объёму физические нагрузки при недостаточно физиологически обоснованном индивидуальном планировании процесса мышечной деятельности могут привести не только к состоянию перетренированности, спаду спортивных результатов, но также способствовать развитию цепочки патологических процессов в организме тренирующегося. Описано нарушение субъективной оценки самочувствия у спортсменов с высокой мотивацией к спортивным достижениям, частая недооценка тяжести того или иного тренировочного занятия, самостоятельное увеличение продолжительности и/или интенсивности физической нагрузки зачастую вопреки требованиям тренера. Следствием этого может явиться длительное (избыточное) напряжение функциональных систем организма, вплоть до нарушения регуляторных механизмов, недовосстановление, накопление усталости и развитие перетренированности.

Исходя из этого, в физиологии спорта является актуальным применение физиологических методик, позволяющих контролировать состояние основных систем организма до, во время и после физических нагрузок.

В качестве основных компонентов физического здоровья человека выделяют для растущего организма – уровень его физического развития, соответствие закономерностям онтогенеза и возрастным нормативам, для взрослого – приспособительные (адаптационные) возможности организма к действию внешних факторов.

Физическое развитие – комплекс функционально-морфологических свойств организма, которые определяют его физическую дееспособность (Демографический энциклопедический словарь, 1985). Уровень физического развития оценивается с помощью антропометрических методов, результаты которых соотносятся с возрастными нормативами.

К антропометрическим методам относятся

- соматоскопические – наружный осмотр кожных покровов и слизистых оболочек, определение степени развития подкожно-жирового слоя, состояние опорно-двигательного аппарата, степень полового развития.
- соматометрические – определение размеров тела и его частей: длина тела (рост), масса тела (вес), окружность грудной клетки и др.
- физиометрические – оценка функциональных показателей: жизненная емкость легких, мышечная сила (сила кистей рук, стантовая сила), частота пульса, величина артериального давления и др.

1.1 Соматометрические методы

1.1.1 Определение должной массы тела

При несбалансированном питании, при переедании, при малоподвижном образе жизни развивается ожирение и значительное превышение массы тела над «должной массой».

«Должная» масса тела вычисляется с помощью формул и таблиц (табл.1). Считается, что превышение должной массы тела на 15-29% соответствует ожирению 1 степени; на 30-40% – ожирению 2 степени; на 50-100% – ожирению 3 степени.

Таблица 1 – Максимально допустимая масса тела (по А.И. Киеня, Ю.И. Бандажевскому, 1997)

Рост, см	Возраст, лет									
	20–29		30–39		40–49		50–59		60–69	
	М	Ж	М	Ж	М	Ж	М	Ж	М	Ж
150	51,3	48,9	56,7	53,9	58,1	58,5	58,0	55,7	57,3	54,0
152	53,1	51,0	58,7	55,0	61,5	59,5	61,0	57,3	60,3	55,9
154	55,3	53,0	61,6	59,1	64,5	62,4	63,8	60,2	61,9	59,0
156	58,5	55,8	64,4	61,5	67,3	66,0	65,8	62,4	63,7	60,9
158	61,2	58,1	67,3	64,1	70,4	67,9	68,0	64,5	67,0	62,4
160	62,9	59,8	69,4	65,8	72,3	69,9	69,7	65,8	68,2	64,6
162	64,6	61,6	71,0	68,5	74,4	72,2	72,4	68,7	69,1	66,5
164	67,3	63,6	73,9	70,8	77,2	74,0	75,6	72,0	72,2	70,7
166	68,8	65,2	74,5	71,8	78,0	76,5	76,3	73,8	74,3	71,4
168	70,8	68,5	76,2	73,7	79,6	79,2	79,5	74,8	76,0	73,3
170	72,7	69,2	77,7	75,8	81,0	79,8	79,9	76,8	76,9	75,0
172	74,1	72,8	79,3	77,0	82,8	82,7	81,1	77,7	78,3	76,3
174	77,5	74,3	80,8	79,0	84,4	83,7	82,5	79,4	79,3	78,0
176	80,8	76,8	83,3	79,9	86,0	84,6	84,1	80,5	81,9	79,1
178	83,0	78,2	85,6	82,4	88,0	86,1	86,5	82,4	82,8	80,9
180	85,1	80,9	88,0	83,9	89,9	88,1	87,5	84,1	84,4	81,6
182	87,2	83,3	90,6	87,7	91,4	89,3	89,5	86,5	85,4	82,9
184	89,1	85,5	92,0	89,4	92,9	90,9	91,6	87,4	88,0	85,8
186	93,1	89,2	95,0	91,0	96,6	92,9	92,8	89,6	89,0	87,3
188	95,8	91,8	97,0	94,4	98,0	95,8	95,0	91,5	91,5	88,8
190	97,1	92,3	99,5	95,8	99,9	97,4	99,4	95,6	94,8	92,9

– *Определение «должной» массы по формуле Брока*

$$\text{Вес (кг)} = \text{Рост (см)} - 100$$

Эта формула пригодна только при росте 155-164 см. При росте 165-174 см вычитают 105. При росте больше 175 см вычитают 110. В случае брюшного (пикнического для женщин) типа конституции прибавляют 5 кг и отнимают 5 кг в случае астеноидного соматотипа.

– **Определение должной массы по формуле Борегарда**

$$\text{Вес} = (\text{Рост} * \text{обхват груди})/240$$

Росто-весовые индексы

– **Определение индекса массы тела - ИМТ(ВМІ)**

$$\text{ВМІ} = \text{Вес (кг)} / \text{Рост}^2 \text{ (м)}$$

Нормативы для взрослых: ВМІ=20-25 – оптимальное соотношение массы тела и роста; ВМІ= 25,1-30 – избыток массы тела; ВМІ ≥ 30,1 – ожирение; ВМІ ≤ 19,9 – дефицит массы тела.

ВМІ позволяет оценить соответствие оптимальному весу и риск некоторых заболеваний.

ВМІ, равный 17-21 соответствует наименьшей предрасположенности к сердечно-сосудистым заболеваниям;

ВМІ меньше 25 – наименьшая заболеваемость раком.

ВМІ, превышающий 23, является показателем повышенного риска сердечно-сосудистых заболеваний.

– **Весоростовой индекс Кетле (ИК)**

$$\text{ИК} = \text{вес (кг)} / \text{рост(см)}$$

Таблица 2 – Нормативная оценка индекса Кетле

Значение индекса Кетле, г/см	Трактовка результата
больше 540	ожирение
451-540	чрезмерный вес
416-450	излишний вес
401-415	хорошая упитанность
400	наилучшая для мужчин
390	наилучшая для женщин
360-389	средняя упитанность
320-359	плохая упитанность
300-319	очень плохая упитанность
200-299	истощение

1.1.2 Экскурсия грудной клетки

Экскурсия грудной клетки – разница объемов грудной клетки при вдохе и выдохе.

Ход обследования:

1. Испытуемому предлагают приподнять руки.
2. Накладывают измерительную ленту так, чтобы на спине она касалась углов лопаток, а на груди проходила по нижнему краю сосковых кружков у мужчин и над молочными железами у женщин. Во время измерения руки должны быть опущены.
3. Испытуемому предлагают глубоко вдохнуть. Мышцы напрягать нельзя, плечи не поднимать.
4. Испытуемому предлагают сделать глубокий выдох. Плечи не опускать, не сутулиться.

Нормативы: Разница обхвата грудной клетки в состоянии глубокого вдоха и в состоянии глубокого выдоха у взрослых равна 6-9 см.

1.1.3 Оценка уровня физического развития по соматометрическим показателям

1. Определить рост стоя.
2. Определить рост сидя.
3. Определить окружность груди.
4. Определить массу тела.

Пользуясь полученными данными определить:

– **Коэффициент пропорциональности (КП)**

$$КП = (D1 - D2) \times 100\%$$

D1 – рост стоя, D2 – рост сидя.

Трактовка: При значении КП от 97 до 92% - пропорция тела нормальная

– **Индекс пропорциональности развития грудной клетки (индекс Эрисмана – ИЭ)**

$$ИЭ = \text{обхват грудной клетки на выдохе (см)} - \text{рост(см)} / 2$$

Трактовка: для мужчин ИЭ = +5,8; для женщин +3,3;

если полученная цифра равна или выше нормативного значения – хорошо развита грудная клетка, если ниже или отрицательное значение – узкогрудие.

– **Показатель крепости телосложения (по Пинье - X)**

$$X = P - (M+O), \text{ где}$$

P – рост

М – масса тела

О – окружность груди на выдохе.

Трактовка: X меньше 10 – крепкое телосложение

X от 10 до 20 – хорошее

21-25 – среднее

25-35 – слабое

36 и выше – очень слабое

– **Показатель пропорциональности физического развития (ППФР)**

$$\text{ППФР} = [(\text{рост стоя} - \text{рост сидя}) / \text{рост сидя}] * 100\%$$

Трактовка: ППФР меньше 87% – длина ног малая по отношению к туловищу;

87-92% – пропорциональное физическое развитие.

больше 92% – длина ног большая по отношению к туловищу.

1.2 Физиометрические методы оценки уровня физического развития

1.2.1 Определение мышечной силы

Интенсивная мышечная деятельность является мощным стимулом функционирования большинства систем организма. В свою очередь, физическая работоспособность зависит от морфологического и функционального состояния различных систем организма и может считаться основным показателем динамического здоровья. Показателями состояния мышечной системы являются мышечная сила и выносливость.

Изменение мышечной силы в онтогенезе. Сила мышечного сокращения с возрастом повышается в результате увеличения общего поперечного сечения миофибрилл за счет роста мионов в толщину и за счет повышения плотности «упаковки» миофибрилл. Позднее возрастает и плотность расположения в мышцах мышечных волокон.

Мышечная сила достигает максимума примерно через 18 мес после достижения верхней границы общего увеличения длины тела и примерно на год позже максимального нарастания мышечной массы. Повышение мышечной силы, по-видимому, вызывается воздействием андрогенов надпочечников и половых желез на белки и ферменты мышечных волокон.

Интенсивность развития мышечной силы зависит от пола. В младшем школьном возрасте (7-8 лет) у мальчиков и девочек сила большинства мышечных групп одинакова. У девочек к 10-12 годам мышечная сила больше чем у мальчиков. К 12-15 годам происходит превышение мышечной силы у мальчиков на 30% по сравнению с девочками. Наибольший прирост мышечной силы у мальчиков отмечается в 15-16 лет. Юноши 18 лет приближаются к нижней границе показателей взрослых.

Выносливость. С возрастом организм ребенка по-разному приспособляется к физической нагрузке на фоне нарастающего утомления. Это приспособление выражается в способности продолжения работы с неснижающейся мощностью. У мальчиков 17 лет выносливость в 2 раза выше,

чем у 7-летних. В 16-19 лет выносливость подростков составляет 85% величины этого показателя взрослых. Достигнув к 20-29 годам наивысшего уровня, выносливость в дальнейшем снижается и к 70 годам достигает четверти максимального уровня.

Определение физической работоспособности различными экспресс-методами на базе динамических и статических нагрузок способствует как определению физического развития человека, так и выявлению снижения работоспособности, т.е. развитию утомления.

– **Определение абсолютной мышечной силы сгибателей кисти**

Мышечная сила определяется с помощью динамометров Колена при оценке физического развития спортсменов, а также в неврологии.

1. Обследуемый находится в положении стоя, рука с динамометром вытянута в сторону под прямым углом. Вторая – свободно опущена.

2. Дважды выполняют максимальное усилие поочередно для левой и правой рук. Сила оценивается по лучшему результату и сопоставляется с нормативными данными (табл.3).

Таблица 3 – Нормативная оценка абсолютной силы сгибателей кисти

Пол	Уровень абсолютной силы кисти, кг				
	низкий	ниже среднего	средний	выше среднего	высокий
женщины	< 22	22-25	26-37	38-40	> 40
мужчины	< 42	42-50	51-66	67-73	> 73

– **Определение относительной мышечной силы сгибателей кисти**

Индекс относительной мышечной (ИОС) силы определяется по формуле:

$$\text{ИОС} = [(0,5 \cdot \text{сила правой} + 0,5 \cdot \text{сила левой кисти}) / (\text{масса тела})] \cdot 100\%$$

Нормативы: ИОС у мужчин составляет 65-80%, у женщин – 48-50%.

– **Определение мышечной выносливости**

Определить абсолютную мышечную силу сгибателей кисти, затем зафиксировать показания динамометра с усилием 0,5 её величины. Определить время удержания данного усилия.

Нормативы: Удержание усилия ≥ 3 мин – отличная мышечная выносливость, 1,5-2 мин – средняя выносливость, 1-1,5 мин – низкая выносливость.

– **Исследование мышечной силы разгибателей туловища человека.**

Важно! Проведение исследования запрещается для лиц: с патологией опорно-двигательной системы, внутренних органов, беременным женщинам.

Обследование проводится с помощью станвого динамометра. Обследуемый становится на платформу, сгибает спину, ноги в коленных суставах должны быть выпрямлены. Рукоятка динамометра должна быть расположена на уровне середины коленных чашечек. Не сгибая ног, обследуемый пытается максимально разогнуть спину. Измерение повторяют 2-3 раза. Полученные показатели оцениваются по таблице нормативов (табл.4).

Таблица 4 – Оценка становой силы (кг) у мужчин и женщин старше 18 лет

Уровень становой силы	Женщины	Мужчины
Низкий	меньше 90	меньше 130
Ниже среднего	90-119	130-159
Средний	120-149	160-189
Выше среднего	150-180	190-220
Высокий	больше 180	больше 220

1.2.2 Методы оценки функционального состояния сердечно-сосудистой системы

Согласно теории адаптации, сердечно-сосудистая система – индикатор адаптивных возможностей целостного организма, поэтому показатели сердечно-сосудистой системы рассматриваются как основные при оценке уровня здоровья. Системную гемодинамику характеризуют частота и сила сокращений сердца, систолический и минутный объемы крови, системное артериальное давление, общее периферическое сопротивление сосудов, венозный возврат крови к сердцу.

1.2.2.1 Определение артериального давления (АД)

АД измеряют в плечевой артерии. Различают систолическое (САД) или максимальное, создаваемое во время сокращения сердца; диастолическое (ДАД), или минимальное, когда кровь во время расслабления сердца устремляется на периферию и уменьшается ее количество в артерии. В состоянии покоя у взрослого человека САД в плечевой артерии равно 110-120, ДАД 70-75 мм рт.ст. Разница между систолическим и диастолическим давлением называется пульсовым давлением (ПАД). Его величина является важным показателем функционального состояния сердечно-сосудистой системы, и в среднем оно равняется 40 мм рт.ст.

Перед определением АД обследуемый находится в спокойном состоянии в течение трех минут. Измерение давления проводится, как правило, на правой руке. Рука полусогнута в локтевом суставе, предплечье располагается на твердой опоре – столе. Манжету накладывают на обнаженное плечо пациента на 2–3 см выше локтевого сгиба: одежда не должна сдавливать плечо выше манжетки; закрепите манжетку тонометра так плотно, чтобы между ней и плечом проходил только один палец

Следует учитывать величину окружности плеча. Значение систолического АД не требует коррекции при окружности плеча около 30 см, диастолического – при окружности плеча 15-20 см. При величине окружности плеча 15-30 см рекомендуется к показателю систолического давления прибавить 15 мм рт.ст., при окружности 45-50 см – вычитать из полученного результата 25 мм рт.ст.

Полученные значения САД и ДАД необходимо сравнить с должными величинами для данного возраста (табл.5).

Таблица 5 – Определение должного уровня артериального давления

Возраст	САД	ДАД
до 15 лет	$САД=80+2,0*\text{возраст (лет)}$	-
16–20	$САД=83+1,7*\text{возраст (лет)}$	$ДАД=42+1,6*\text{возраст (лет)}$
20–80 лет	$САД=109+0,4*\text{возраст (лет)}$	$ДАД=64+0,3*\text{возраст (лет)}$

Отклонение реальных значений артериального давления от расчетных до 15% считается нормальным, отклонение выше 20% – указывает на несоответствие артериального давления возрастным нормативам.

Реакции АД на физическую нагрузку: нормотоническая – увеличение или стабильность САД, снижение ДАД, гипотоническая – снижение и САД, и ДАД, гипертоническая – увеличение и САД, и ДАД.

1.2.2.2 Определение частоты сердечных сокращений (ЧСС) в покое и при выполнении физических упражнений

Индикатором функционального состояния сердечно-сосудистой системы и всего организма в целом является ЧСС. В практике физиологии труда и спорта, спортивной медицины определяют ЧСС в покое и при выполнении физических упражнений различной мощности. ЧСС в покое позволяет выявить функциональные резервы сердца, становление механизмов экономичности работы сердца, уровень тренированности. При выполнении физических упражнений ЧСС применяют для тестирования физической работоспособности поскольку ЧСС линейно связана с мощностью внешней механической работы и количеством потребляемого при нагрузке кислорода. Существует два

подхода определения работоспособности по ЧСС:1 – измерение ЧСС при выполнении физической работы какой-то определенной мощности (например, 1000 кгм/мин); 2 – определение той мощности мышечной работы, которая необходима для повышения ЧСС до определенного уровня. Такой подход является наиболее перспективным и применяется в современном спорте. Одним из методов в данном случае является метод определения работоспособности PWC170.

1.2.2.2.1 Оценка функциональных возможностей сердечно-сосудистой системы по показателям ЧСС в покое

– *Определение ЧСС в покое пальпаторным методом*

ЧСС, как правило, определяют в лучевой артерии в области лучезапястного сустава таким образом, чтобы большой палец экспериментатора находился на внешней стороне ладони, а указательный, средний и безымянный - на внутренней стороне, непосредственно на лучевой артерии. Подсчитывают частоту пульса за 15 или 10 с. Повторяют подсчет 3 раза и определяют среднее значение. Полученные значения ЧСС сопоставляют с нормативными (табл.6) и определяют тип сердечных сокращений (табл.7). Не следует сильно прижимать артерию, так как под давлением пульсовая волна может исчезнуть; не следует также прощупывать пульс своим большим пальцем, поскольку в нем проходит пульсирующая артерия, что может ввести в заблуждение.

Таблица 6 – Диапазон физиологической нормы ЧСС для лиц различного возраста

Возраст	ЧСС, уд/мин	Возраст	ЧСС, уд/мин
1 мес	120-140	9 лет	80-85
6 мес.	130-135	10 лет	78-85
1 год	120-125	11 лет	78-84
2 года	110-115	12 лет	75-82
3 года	105-110	13 лет	72-80
4 года	100-105	14 лет	72-78
5 лет	98-100	15 лет	70-75
6 лет	90-95	15-20 лет	65-75
7 лет	80-90	20-50 лет	60–84
8 лет	80-85		

Таблица 7 – Характеристика типа сердечных сокращений взрослого человека (20-50 лет) в спокойном состоянии по пульсу

Частота пульса (уд./мин.)	Тип сердечных сокращений
32–48	Выраженная брадикардия **
49–59	Умеренная брадикардия*
60–84	Физиологическая норма
85–95	Тахикардия*
96–118 и выше	Выраженная тахикардия**
* — требуется консультация у терапевта; ** — требуется лечение	

– **Определение резерва сердечно-сосудистой системы**

Для оценки резервных возможностей (РВ) сердечно-сосудистой системы использовали формулу Карвонена:

$$РВ = 220 - В - ЧССп$$

где, 220 – максимально допустимая ЧСС,

В – возраст,

ЧССп – частота сердечных сокращений в покое.

— **Оценка общего функционального состояния организма по variability сердечного ритма**

Для оценки общего функционального состояния человека используется методика вариационной кардиоинтервалометрии, реализованная в устройстве психофизиологического тестирования - УФТП-1/30 «Психофизиолог».

ЭКГ-сигнал регистрируется в I или II стандартных отведениях, измеряется время между соседними RR-интервалами. Минимальное время регистрации определяется 128 кардиоинтервалами. Время обследования в привязке к евро-американскому стандарту составляет 5 минут. На основе статистических показателей длительности RR-интервалов (максимальное, минимальное и среднее значения, среднеквадратичное отклонение, медиана, мода, амплитуда моды, вариационной размах) и спектральных характеристик сердечного ритма (очень низких частотах (VLF), низких частотах (LF) и высоких частотах (HF)) определяется уровень функциональных возможностей сердечно-сосудистой системы.

1.2.2.2.2 ЧСС в оценке физической работоспособности

– Оценка реакции сердечно-сосудистой системы человека на ортостатическую пробу

Ортостатическая проба — функциональная нагрузка на системы регуляции организма человека, заключающаяся в быстром переводе тела из горизонтального в вертикальное положение. Ортостатическая проба относится к наиболее мягким нагрузочным пробам, что позволяет ее использовать достаточно широко, в частности, в качестве начального этапа оценки физической работоспособности человека.

Обследуемому лежащему на спине на кушетке (не менее 3-5 минут) определяют ЧСС1 и измеряют артериальное давление – САД1 и ДАД1. После измерения давления манжета с руки обследуемого не снимается. Обследуемому предлагают быстро встать. Повторно измеряют ЧСС2, и артериальное давление – САД2, ДАД2.

Считается нормальным, если после перехода обследуемого из лежачего положения в вертикальное, пульс учащается не более чем на 4 удара в минуту, САД увеличивается на 10 мм рт.ст. Индекс реактивности при этом принимается равным 100. Все варианты иных реакций (большее увеличение ЧСС и САД, уменьшение САД) считаются неблагоприятными. Индексы реактивности рассчитываются по таблице (табл.8). Допустимыми реакциями считаются 84-75, плохими 74-60. В случае худших результатов можно считать, что реактивные свойства находятся в неоптимальном состоянии, дальнейшее исследование реактивных свойств сердечно-сосудистой системы обследуемого (в частности, исследование физической работоспособности) не проводится – рекомендуется консультация у врача-терапевта.

Таблица 8 – Расчет индекса реактивности сердечно-сосудистой системы на ортостатическую пробу

Учащение пульса в минуту	Изменения максимального артериального давления										
	Увеличение						Уменьшение				
	+10	+8	+6	+4	+2	0	—2	—4	—6	—8	—10
На 0– 4 удара	100	95	90	85	80	75	70	65	60	55	50
« 5– 8 ударов	95	90	85	80	75	70	65	60	55	50	45
« 9–12 «	90	85	80	75	70	65	60	55	50	45	40
« 13–16 «	85	80	75	70	65	60	55	50	45	40	35
« 17–20 «	80	75	70	65	60	55	50	45	40	35	30
« 21–24 удара	75	70	65	60	55	50	45	40	35	30	25
« 25–28 ударов	70	65	60	55	50	45	40	35	30	25	20
« 29–32 удара	65	60	55	50	45	40	35	30	25	20	15
« 33–36 ударов	60	55	50	45	40	35	30	25	20	15	10
« 37–40 «	55	50	45	40	35	30	25	20	15	10	5
« 41–44 удара	50	45	40	35	30	25	20	15	10	5	0

– **Клиностагическая проба**

Выполняется в обратном порядке: при переходе из положения стоя в положение лежа. В норме пульс уменьшается на 4-10 ударов в минуту. Большое замедление – признак тренированности.

– **Частота сердечных сокращений как критерий оценки реактивных свойств сердечно-сосудистой системы. Индекс Руфье**

Для получения сведения о реактивных свойствах сердечно-сосудистой системы и, в первую очередь, свойств сердца по увеличению частоты сокращения, используется нагрузочная проба Руфье.

Измерить ЧСС обследуемого в спокойном состоянии за 10 (P1), затем измеряют ЧСС (P2) в первые 10 с после 20 глубоких приседаний за 30 секунд с выбрасыванием рук вперед (обследуемый сидит). Третий раз измеряют ЧСС в последние 10 секунд (P3) первой минуты восстановительного периода. Определяют индекс Руфье (ИР).

$$\text{ИР} = (6 \times (P1 + P2 + P3) - 200) / 10, \text{ где}$$

Результаты обследования и расчетов сравнивают с табличными (табл. 9).

Таблица 9 – Оценочная таблица индекса Руфье для всех возрастов

Усл.ед.	≤ 0,1– 5	5,1–10	10,1–15	≥ 15,1–20
Оценка результата	Отлично	Хорошо	Удовлетворительно	Неудовлетворительно

– **Бельгийский тест**

При наклонах вперед с опусканием рук вниз происходит перераспределение крови в грудной клетке. Чем быстрее происходит восстановление ЧСС после наклонов, тем выше тренированность сердца и сосудов.

Испытуемый стоит спокойно 5 мин, определяют ЧСС1 за 10 с. За 90 с необходимо выполнить 20 глубоких наклонов: при наклоне вперед - выдох, при подъеме – вдох. Сразу за первые 10 сек определяют ЧСС2 и через минуту - ЧСС3. Определяют индекс бельгийского теста (ИБТ).

$$\text{ИБТ} = (\text{ЧСС}_1 + \text{ЧСС}_2 + \text{ЧСС}_3 - 33) : 10$$

Интерпретация результатов:

0-0,3 – сердце в прекрасном состоянии;

0,3-0,6 – в хорошем состоянии;

0,6-0,9 – в среднем состоянии;

0,9-1,2 – в посредственном состоянии;

1,2 и выше – плохое состояние (необходимо обратиться к кардиологу).

– **Проба Мартине**

Используется для лиц среднего и пожилого возраста. Методика: в положении стоя отдохнуть 1 минуту, а затем определить ЧСС за 1 минуту; сделать 20 приседаний (руки вперед) за 30 секунд. Сразу после приседаний определить ЧСС за 1 минуту.

Интерпретация результатов:

Превышение исходной ЧСС на 25% – отлично; 25-50% – хорошо; 50-75% – удовлетворительно; более 75% – неудовлетворительно. Если ЧСС выше исходного на 100%, следует обратиться к врачу. Время восстановления пульса до исходного через 2 минуты – отлично, 3 минуты – хорошо.

– ***Проба с подскоками (по Н.С. Кучкину)***

Методика: посчитайте ЧСС в положении стоя; в течение 30 сек сделайте 60 небольших подскоков (5-6-см); посчитайте пульс.

Интерпретация результатов:

Превышение не более, чем на 25%, – отлично; превышение 25-50% – хорошо; превышение на 50-75% – удовлетворительно; более, чем на 75% – плохо. Людям с проблемами сердца не рекомендуется делать более 30 подскоков.

– ***Трёхмоментная комбинированная проба Летунова***

Методика проведения: проба состоит из трех нагрузок, выполняемых в определенном порядке с короткими интервалами отдыха: 1 – 20 приседаний за 30 секунд. Нагрузка приравнивается к разминке, 2 – 15-секундный бег на месте в максимальном темпе, имитируя скоростной бег, 3 – 3х-минутный (для женщин – 2х-минутный) бег на месте в темпе 180 шагов в минуту, имитация работы на выносливость.

В покое определяется ЧСС и АД. Затем обследуемый выполняет первую нагрузку, после чего в установленном порядке в течение трехминутного восстановительного периода вновь регистрируют пульс и АД по минутно. Затем выполняется вторая нагрузка. Восстановительный период – 4 мин. Измерение ЧСС и АД, и далее третья нагрузка, после чего в течение 5 мин исследуется пульс и АД.

Обработка данных: оценка результатов пробы (табл. 10) производится по типу ответной реакции: (нормотонический, гипотонический, гипертонический, дистонический и реакция со ступенчатым подъемом максимального АД), а также по времени к характеру восстановления пульса и АД. Реакция со ступенчатым подъемом максимального АД – когда оно на второй и третьей минутах восстановительного периода выше, чем на первой минуте, в большинстве случаев свидетельствует о патологических изменениях в системе кровообращения.

Таблица 10 – Оценка результатов пробы Летунова

Тип реакции	Характеристика данного типа
Нормотонический	Характеризуется параллелизмом в изменении ЧСС и пульсового давления за счет адекватного повышения максимального АД и снижения минимального АД. Такая реакция - правильная приспособляемости сердечно-сосудистой системы к нагрузкам и наблюдается в состоянии хорошей подготовленности. Иногда в начальные периоды тренировки может иметь место замедление восстановления ЧСС и АД.
Астенический или гипотонический	Характеризуется чрезмерным учащением ЧСС при незначительном подъеме АД и оценивается как неблагоприятный. Такая реакция наблюдается в состоянии перерыва в тренировках в связи с болезнью, травмой.
Гипертонический	Характеризуется чрезмерным повышением ЧСС и АД на нагрузку. Изолированное повышение минимального АД свыше 90 мм рт. ст. также следует расценивать как гипертоническую реакцию. Восстановительный период затягивается. Гипертоническая реакция встречается у лиц с гипертонической болезнью, либо при переутомлении и перенапряжении.
Дистонический или феномен «бесконечного тона»	Характеризуется тем, что практически не удается определить минимальное АД. Если феномен «бесконечного тона» выявляется лишь после 15-секундного максимального бега и минимальное АД восстанавливается в течение трех минут, то к отрицательной оценке его следует относиться с большой осторожностью.

– **Оценка тренированности организма с помощью пробы Купера**

12-минутный бег. Необходимо преодолеть максимальное расстояние за 12 минут (бег, быстрая ходьба, кто на что способен). Тест можно использовать лицам, которые занимаются оздоровительной тренировкой не менее 6 месяцев. Если в процессе выполнения теста появятся боль, головокружение, рвота и т. п. — немедленно прекратить выполнение теста. Сравнить полученные результаты с нормативными данными (табл.11-13).

Таблица 11 – Нормативы теста Купера для лиц младшего возраста

Пол и возраст, лет	Отлично	Выше среднего	Средний уровень	Ниже среднего	Плохо
мальчики 13-14	> 2700 м	2400-2700 м	2200-2400 м	2100-2200 м	< 2100 м
девочки 13-14	> 2000 м	1900-2000 м	1600-1900 м	1500-1600 м	< 1500 м
юноши 15-15	> 2800 м	2500-2800 м	2300-2500 м	2200-2300 м	< 2200 м
девушки 15-16	> 2100 м	2000-2100 м	1700-2000 м	1600-1700 м	< 1600 м
юноши 17-19	> 3000 м	2700-3000 м	2500-2700 м	2300-2500 м	< 2300 м
девушки 17-19	> 2300 м	2100-2300 м	1800-2100 м	1700-1800 м	< 1700 м

Таблица 12 – Нормативы теста Купера для лиц старшего возраста

Пол и возраст, лет	Отлично	Выше среднего	Средний уровень	Ниже среднего	Плохо
мужчины 20-29	> 2800 м	2400-2800 м	2200-2400 м	1600-2200 м	< 1600 м
женщины 20-29	> 2700 м	2200-2700 м	1800-2200 м	1500-1800 м	< 1500 м
мужчины 30-39	> 2700 м	2300-2700 м	1900-2300 м	1500-2000 м	< 1500 м
женщины 30-39	> 2500 м	2000-2500 м	1700-2000 м	1400-1700 м	< 1400 м
мужчины 40-49	> 2500 м	2100-2500 м	1700-2100 м	1400-1700 м	< 1400 м
женщины 40-49	> 2300 м	1900-2300 м	1500-1900 м	1200-1500 м	< 1200 м
мужчины > 50	> 2400 м	2000-2400 м	1600-2000 м	1300-1600 м	< 1300 м
женщины > 50	> 2200 м	1700-2200 м	1400-1700 м	1100-1400 м	< 1100 м

Таблица 13 – Нормативы теста Купера для квалифицированных спортсменов, чья работа связана с выносливостью

Пол	Отлично	Выше среднего	Средний уровень	Ниже среднего	Плохо
мужчины	> 3700 м	3400-3700 м	3100-3400 м	2800-3100 м	< 2800 м
женщины	> 3000 м	2700-3000 м	2400-3000 м	2100-2400 м	< 2100 м

– **Определение физической работоспособности с помощью гарвардского степ-теста**

Работоспособность – способность человека на протяжении заданного времени и с определенной эффективностью выполнять максимально возможное количество работы.

Гарвардский степ-тест заключается в подъемах в течение 5 мин на ступеньку, высота которой определяется полом и возрастом испытуемого (табл.14). Темп восхождения на ступеньку постоянный и равняется 30 циклам в 1 мин. Каждый цикл состоит из четырех шагов. Темп задается метрономом 120 ударов в минуту. Сразу после нагрузки испытуемый садится на стул, ему подсчитывается ЧСС за первые 30 секунд на 2-й (ЧСС2), 3-ей (ЧСС3) и 4-ой (ЧСС4) минуте после нагрузки.

Таблица 14 – Режимы Гарвардского степ-теста с учетом пола и возраста

Возраст	Высота ступеньки, см		Длительность нагрузки, мин	
	мужчины	женщины	мужчины	женщины
до 8 лет	35	35	2	2
8-12 лет	35	35	3	3
12-18 лет	45	40	4	4
более 18 лет	50	43	5	5

Индекс Гарвардского степ-теста (ИГСТ) рассчитывают по формуле и оценивают по данным таблицы 16:

$$ИГСТ = 100 * T / [(ЧСС2 + ЧСС3 + ЧСС4) * 2], \text{ где}$$

T – время работы в секундах

При массовых обследованиях можно пользоваться сокращенной формулой:

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

t - время восхождения в секундах, f-частота сердечных сокращений (ЧСС).

Таблица 15 – Оценка физической работоспособности по показателям Гарвадского степ-теста

ИГСТ у здоровых нетренированных	Физическая работоспособность
> 90	отличная
81 – 90	хорошая
71 – 80	выше средней
66 – 70	средняя
56 – 65	ниже среднего
55 и <	плохая

– *Оценка физической работоспособности по тесту PWC170*

Проба PWC170 рекомендована Всемирной организацией здравоохранения для оценки как общей, так и специальной работоспособности спортсменов. Суть метода состоит в определении той мощности мышечной работы, которая необходима для повышения ЧСС до 170 уд/мин. Существенным физиологическим доводом в пользу выбора уровня ЧСС в данной пробе служит и тот факт, что при частоте пульса больше 170 уд.мин рост минутного объема крови если и происходит, то уже сопровождается относительным снижением систолического объема крови.

Исследование PWC170 у спортсменов обнаружили, что у борцов и гимнастов она сравнительно невысока, тогда как у лыжников, велогонщиков, бегунов-стайеров – очень большая. Поэтому принято считать, что PWC170 отражает, прежде всего аэробную производительность, то есть работоспособность в зонах умеренной и большой мощности, где главным источником энергии являются окислительные процессы.

Основу пробы PWC₁₇₀ составляет определение той мощности физической нагрузки, при которой ЧСС достигает 170 ударов в минуту, т.е. уровня оптимального функционирования кардиореспираторной системы. У лиц старших возрастных групп в связи с возрастным ограничением амплитуды прироста частоты пульса при выполнении физической нагрузки оценку физической работоспособности производят по тесту PWC₁₅₀ и даже PWC₁₃₀. Верхняя граница ЧСС при этой пробе устанавливается индивидуально (табл.16).

Таблица 16 – Верхняя граница ЧСС в субмаксимальном нагрузочном тесте

Возраст (годы)	Границы ЧСС (уд/мин)
20-29	170
30-39	160
40-49	150
50-59	140
60 и более	130

Методика проведения теста PWC_{170} в классическом варианте требует наличия велоэргометра. Тестирование на велоэргометре предусматривает последовательное выполнение двух нагрузок умеренной мощности с 3-5-минутным отдыхом или без него. Частота педалирования постоянная в диапазоне 60-80 оборотов, продолжительность каждой нагрузки от 3 до 6 минут. Мощность напряжения подбирают таким образом, чтобы разница между ЧСС при одной и второй ступенях составляла не менее 40 в 1 мин. Обычно интенсивность первой нагрузки 1 Вт/кг, второй – 2 Вт/кг. Если не достигается требуемая разница ЧСС, то назначают третью нагрузку из расчета 2,5 – 3 Вт/кг. В конце каждой нагрузки в течение последних 30 сек определяют ЧСС.

Математический способ расчета PWC_{170} предусматривает использование формулы, предложенной В.Л. Карпманом с соавторами:

$$PWC_{170} = N_1 + (N_2 - N_1) \frac{170 - ЧСС_1}{ЧСС_2 - ЧСС_1} \text{ (Вт) , где}$$

N_1 и N_2 – мощности 1-й и 2-й нагрузок,
 $ЧСС_1$ и $ЧСС_2$ – пульс в конце 1-й и 2-й нагрузки.

Таблица 17 – Средняя величина PWC_{170} спортсменов (по Карпману)

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

– **Определение максимального потребления кислорода (МПК)**

МПК выражает предельную для данного человека «пропускную» способность системы транспорта кислорода и зависит от пола, возраста, физической подготовленности и состояния организма. В среднем МПК у лиц с разным физическим состоянием достигает 2,5-4,5 л/мин, в циклических видах спорта – 4,5-6,5 л/мин. Способы определения МПК: прямой и непрямой. Прямой метод определения МПК основан на выполнении спортсменом нагрузки, интенсивность которой равна или больше его критической мощности. Он небезопасен для обследуемого, так как связан с предельным напряжением функций организма. Чаще пользуются непрямими методами определения, основанными на косвенных расчетах, использовании небольшой мощности нагрузки. К косвенным методам определения МПК относятся метод Астранда; определение по формуле Добельна; по величине PWC_{170} .

– **Определение МПК по величине PWC_{170} .**

Расчет МПК производится с помощью формул, предложенных В. Л. Карпманом для спортсменов, специализирующихся в скоростно-силовых видах спорта:

$$МПК = 2,2 PWC_{170} + 1240;$$

для спортсменов, тренирующихся на выносливость:

$$МПК = 2,2 PWC_{170} + 1070$$

1.2.2.3 Оценка сократительной функции сердца

Количество крови, выбрасываемой желудочком сердца за одну систолу, называется систолическим (СОК), или ударный объемом крови (УОК), количество крови, выбрасываемое сердцем за 1 минуту – минутный объем кровотока (МОК), или минутный объем сердца, который составляет у взрослого человека в среднем 4-5 л и является важнейшим показателем функционального состояния сердца. МОК определяет функциональные возможности сердца. СОК с покое у нетренированного человека составляет – 80-90 мл, у тренированного – 100-120 мл, т.е. увеличение систолического объема – это основной результат тренировки выносливости сердечно-сосудистой системы. Максимальная величина СОК наблюдается при ЧСС 130 уд/мин. В дальнейшем с увеличением нагрузки скорость прироста СОК резко уменьшается и при мощности работы, превышающей 1000 кгм/мин, составляет лишь 2-3 мл крови на каждые 100 кгм/мин увеличения нагрузки. Поддержание необходимого уровня кровообращения обеспечивается большей частотой сердечных сокращений.

– **Определение систолического и минутного объемов крови**

СОК у взрослых определяют по формулам:

И. Старра:

$$СОК = [(101 + 0,5 * ПАД) - (0,6 * ДАД)] - 0,6 А,$$

где, ПАД и ДАД – пульсовое и диастолическое давление в мм. рт. ст.,
А – возраст в годах.

Лилиенистранда:

$$СОК = (ПАД / АДср) * 100,$$

где: ПАД – пульсовое давление;

АДср – среднее давление ($АДср = (САД + ДАД) / 2$)

СОК у детей 7-15 лет определяют по формуле Н.А.Романцева и Н.С. Пугина:

$$СОК = [(40 + 0,5 * ПАД) - (0,6 * ДАД)] + 3,2 А$$

Минутный объем крови определяют по формуле Г. Цандера:

$$МОК = СОК * ЧСС,$$

где ЧСС – частота сердечных сокращений.

В таблице 18 приведены значения СОК и МОК у детей и подростков.

Таблица 18 – Средние показатели ударного и минутного объемов крови у здоровых детей 7-15 лет, полученные экспериментальным методом

Возраст (лет)	Девочки		Мальчики	
	СОК, мл	МОК, л	СОК, мл	МОК, л
7	32	2,9	32	2,8
8	34	2,9	38	2,8
9	36	3,0	38	2,9
10	38	3,2	39	3,1
11	44	3,4	50	3,8
12	47	3,8	53	4,0
13	47	3,7	56	4,2
14	57	3,8	64	4,3
15	59	3,9	64	4,5

1.2.2.4 Показатели гемодинамики в оценке вегетативного статуса организма

– Индекс Кердо

В естественных условиях симпатические и парасимпатические центры вегетативной нервной системы находятся в состоянии непрерывного возбуждения, получившего название «тонус». Характерной особенностью тонического влияния является длительное поддержание внешнего эффекта, который наиболее выражено отражается на функциональном состоянии сосудистой стенки, сердечной мышцы, внутренних органов в целом.

Преобладание тонических влияний парасимпатической и симпатической частей автономной нервной системы послужило основанием для создания *конституционной классификации*. Согласно этой классификации, преобладание в организме тонуса парасимпатической части автономной нервной системы именуется *ваготонией*, симпатической – *симпатикотонией*. Ваготония характеризуется замедленным пульсом, склонностью к покраснению, потливостью, желудочными расстройствами. Для симпатикотонии, напротив, типичным является учащенный пульс, падение диастолического давления и т.д. Чистые формы ваготонии и симпатикотонии встречаются исключительно редко.

При относительно равном тонусе симпатических и парасимпатических центров значения индекса Кердо близки к нулю. Отрицательный индекс Кердо указывал на более благоприятный, анаболический вариант метаболизма и экономный режим функционирования, положительный – свидетельствует об усилении процессов катаболизма, характерного для напряжённого функционирования и расходования резервов организма.

Исследование необходимо проводить в определенное время суток. В состоянии покоя испытуемому измеряют АД и ЧСС по ранее описанным методикам. Индекс Кердо определяют по формуле:

$$ИК = (1 - ДАД/ЧСС) * 100,$$

где: ДАД – диастолическое артериальное давление

ЧСС – частота пульса в покое (за 1 мин)

Оценка соотношения симпатических и парасимпатических влияний: величины ВК в пределах ± 15 свидетельствуют об уравновешенности симпатических и парасимпатических влияний. Значения ВК от 16 до 30 свидетельствуют о симпатикотонии, ВК > 31 – о выраженной симпатикотонии. На парасимпатикотонию указывает значения ВК от -16 до -30, на выраженную парасимпатикотонию – ниже -30.

– **Оценка качества регуляции сердечно-сосудистой системы по индексу Робинсона**

Методика применяется для оценки регулирующих влияний на сердечно-сосудистую систему у лиц старше 16 лет.

Измеряют частоту сердечных сокращений (уд/мин) и артериальное давление.

Рассчитывают индекс Робинсона по формуле:

$$IP = \frac{ЧСС \times АД_{сисст}}{100}$$

Оценка качества регуляции сердечно-сосудистой системы производится на основании данных таблицы 19.

Таблица 19 – Оценка качества регуляции сердечно-сосудистой системы по индексу Робинсона

Индекс Робинсона	Качество регуляции сердечно-сосудистой системы
<70	Неудовлетворительное
71-80	Удовлетворительное
81-107	Хорошее
108-115	Удовлетворительное
>116	Неудовлетворительное

1.2.3 Методы оценки функциональных возможностей дыхательной системы

Несмотря на то, что внешнее дыхание не является главным лимитирующим звеном в комплексе систем, транспортирующих кислород, оно является ведущим в формировании необходимого кислородного режима организма. Чрезвычайно высокие требования предъявляются к деятельности аппарата внешнего дыхания в условиях спортивной деятельности. При исследовании функционального состояния дыхательной системы и тренированности человека используют показатели, характеризующие способности системы внешнего дыхания: жизненную емкость легких (ЖЕЛ), минутный объем дыхания (МОД), максимальную вентиляцию легких (МВЛ), устойчивость к недостатку кислорода (гипоксию) и избытку углекислого газа (гиперкапнию) (пробы на задержку дыхания).

– *Определение жизненной ёмкости лёгких*

Жизненная емкость легких (ЖЕЛ) определяется при помощи спирометров. ЖЕЛ – наибольший объем газа, который может быть удалён из лёгкого при усиленном выдохе, произведенном после максимального вдоха. Его величина зависит от пола, роста, возраста, массы тела человека, физического состояния организма. С момента рождения и до 30-35 лет ЖЕЛ увеличивается, затем постепенно снижается. ЖЕЛ увеличивается также с возрастанием физической тренированности и уменьшается при хронических заболеваниях органов дыхания.

Полученные результаты исследования ЖЕЛ сравниваются с должной величиной ЖЕЛ (ДЖЕЛ), рассчитанной для конкретного человека с учетом пола, возраста, длины и веса тела.

Должную величину ЖЕЛ для взрослых определяют по формулам Льюдвига:

$$\text{ДЖЕЛ м} = 40 \text{ Длина тела (см)} + 30 \text{ Вес (кг)} - 4400 \text{ (мл)}$$

$$\text{ДЖЕЛ ж} = 40 \text{ Длина тела (см)} + 10 \text{ Вес (кг)} - 3800 \text{ (мл)}$$

Должную величину ЖЕЛ для детей 4-17 лет можно рассчитать по формулам:

$$\text{ДЖЕЛ д при росте от 1 до 1,75 м} = 3,75 \times \text{рост} - 3,15;$$

$$\text{ДЖЕЛ м при росте до 1,65 м} = 4,53 \times \text{рост} - 3,9;$$

$$\text{ДЖЕЛ м при росте свыше 1,65 м} - \text{ДЖЕЛ} = 10 \times \text{рост} - 12,85.$$

В норме у здоровых людей ЖЕЛ отклоняется от должной в пределах $\pm 15\%$. Превышение ЖЕЛ относительно ДЖЕЛ указывает на потенциально высокое функциональное состояние легких. Снижение ЖЕЛ более чем на 15% может свидетельствовать о патологии легких.

Важные сведения о состоянии дыхательной системы можно получить при помощи пробы с 5-кратным измерением ЖЕЛ через каждые 15 сек. При хорошем функциональном состоянии величина ЖЕЛ в процессе последовательных измерений увеличивается, при удовлетворительном остается без изменений, а при неудовлетворительном уменьшается.

Более полную информацию о состоянии респираторной системы можно получить при динамической спирометрии, когда, определив величину ЖЕЛ в покое, предлагается выполнить стандартную физическую нагрузку (20 приседаний за 30 сек или 2-минутный бег на месте в темпе 180 шаг/мин). После этого снова измеряют ЖЕЛ. Об изменении ЖЕЛ можно говорить только в том случае, если она превышает 200 мл. Результаты динамической спирометрии оценивают как удовлетворительные, если показатель ЖЕЛ не изменяется, неудовлетворительные – при снижении более чем на 200 мл и хорошие, если ЖЕЛ увеличивается более чем на 200 мл.

– **Определение жизненного индекса (жизненного показателя)**

Фактическую ЖЕЛ можно интерпретировать, не прибегая к сопоставлению с ДЖЕЛ, а рассчитав жизненный показатель (жизненный индекс):

$$\text{ЖИ} = \text{ЖЕЛ (мл)} / \text{Масса тела (кг)}$$

Оценку этого показателя можно произвести относительно статистической нормы, по которой у мужчин ЖИ = 60 мл/кг, у женщин – 50мл/кг, у мальчиков в зависимости от возраста – от 55 до 60 мл/кг, а у девочек – от 45 до 50 мл/кг.

Уменьшение этого показателя свидетельствует или о недостаточности ЖЕЛ, или же об избыточном весе тела человека.

– **Определение процента изменения ЧДД при физических нагрузках по сравнению с покоем**

Определяется по формуле:

$$(\text{ЧДД}_n - \text{ЧДД}_n) / \text{ЧДД}_n \times 100 \%, \text{ где}$$

ЧДД_н – частота дыхания после нагрузки, ЧДД_п – частота дыхания в покое.

Данный показатель, как и последующий, возрастает при небольших и средних нагрузках. Перегрузки и срыва адаптационных механизмов может сопровождаться отрицательными значениями показателей.

– **Определение отношения прироста ДО при нагрузках к приросту ЧДД**

Отношение определяется по формуле:

$$\% \text{ ДО} / \% \text{ ЧДД}, \text{ где}$$

% ДО – процент изменения (прирост) ДО при физических нагрузках по сравнению с покоем,

% ЧДД – процент изменения (прирост) частоты дыхания при физических нагрузках по сравнению с покоем.

Это отношение характеризует структуру обеспечения нагрузки дыхательной системой. Оптимальность реакции заключается в больших приростах объёма (значения показателя больше единицы).

– **Определение тренированности организма пробами Штанге и Генчи**

Проба Штанге

Методика проведения: обследуемый в положении стоя делает 2-3 глубоких вдоха-выдоха, затем глубокий вдох и задержка дыхания. Одновременно с началом задержки дыхания включают секундомер и отмечают время с момента остановки дыхания до его возобновления. Длительность задержки дыхания оценивают по табл.20.

Таблица 20 – Уровни длительности задержки дыхания на входе

Низкий уровень	Ниже среднего	Средний	Выше среднего	Высокий
< 20 сек	20-39 сек	40-59 сек	60-80 сек	> 80 сек

Проба Генчи

Методика проведения: обследования и определение длительности задержки дыхания на выдохе такие же, как при пробе Штанге. Оценка времени задержки дыхания представлена в таблице 21.

Таблица 21 – Уровни длительности задержки дыхания на входе

Низкий уровень	Ниже среднего	Средний	Выше среднего	Высокий
< 15 сек	16-25 сек	26-35 сек	36-45 сек	> 45 сек

- *Определение отношения минутного объёма дыхания (МОД) к минутному объёму кровообращения (МОК) в покое и после нагрузки*

Определяется по формуле:

$$\text{МОД}_n / \text{МОК}_n \text{ или } \text{МОД}_n / \text{МОК}_n, \text{ где}$$

МОД_n – минутный объём дыхания в покое,

МОК_n – минутный объём кровообращения в покое,

МОД_n – минутный объём дыхания после нагрузки,

МОК_n – минутный объём кровообращения после нагрузки.

Динамика этого показателя характеризует отношение вкладов дыхательной и сердечно-сосудистой систем в обеспечение выполнения физической нагрузки. Поскольку дыхательная система имеет большие возможности прироста объёмов, возрастание этого показателя при выполнении физической нагрузки свидетельствует о значительном совместном функциональном резерве. Падение значений показателя говорит о том, что большая нагрузка ложится на сердечно-сосудистую систему, а это свидетельствует о снижении совместного функционального резерва.

1.2.4 Методы оценки функционального состояния центральной нервной системы

Функциональные резервы систем и организма в целом формируются благодаря перестройке систем регуляции и включению в функциональную систему новых, дополнительных структур. Функциональными резервами при

физической работе разной мощности, в первую очередь, являются функциональные возможности ЦНС.

Одним из важнейших механизмов функционирования головного мозга является принцип асимметрии. Выраженность функциональных асимметрий мозга человека определяется как врожденными биологическими особенностями организма, так и фенотипическими факторами. Каждое из полушарий вносит свой вклад в формирование адаптационных возможностей организма. В ранние сроки адаптации большую роль играет левое полушарие, а способность преодолевать возникшие трудности определяется активностью правого полушария, в котором хранится информация о событиях, происходящих в прошлом. В начале адаптационного процесса сильнее активируется левое полушарие, а при автоматизации деятельности фокус максимальной активности смещается в правое полушарие. Между левым и правым полушарием существует обмен информацией, что является необходимым условием адекватной оценки изменений, происходящих в окружающей среде и формирования поведенческих приспособительных реакций.

– *Оценка профиля функциональной межполушарной асимметрии (ФМА)*

О степени выраженности функциональной межполушарной асимметрии судят по профилю функциональной асимметрии мозга – присущее только данному индивиду сочетание сенсорных, моторных и психических асимметрий латеральных признаков

Для определения профиля функциональной межполушарной асимметрии (ФМА) необходимо выявить сенсорную и моторную асимметрию – ведущие глаз (Г), ухо (У) и ведущие руку (Р) и ногу (Н). В таблице 20 приведены возможные комбинации ведущих признаков, по которым определяют профиль ФМА:

- Ведущий глаз – тест «дырка в карте»: поместить лист с дыркой диаметром 1 см на расстоянии 30 см от глаз, смотреть двумя глазами в дырку на преподавателя, преподаватель видит в дырке ведущий глаз. Можно использовать пробы «замочная скважина», «прицел», «микроскоп».
- Ведущее ухо – тест «телефонная труба» или «тиканье часов».
- Ведущая рука – опросник Аннет: какой рукой 1 – пишете; 2 – режете хлеб; 3 – сдаёте карты; 4 – вставляете нитку в иголку; 5 – держите ножницы; 6 – держите молоток; 7 – держите теннисную или бадминтонную ракетку; 8 – заводите часы или игрушку; 9 – откручиваете крышку тюбика; 10 – зажигаете спичку.

Обработка данных: если манипуляция выполняется

- только правой рукой + 2 балла;
- чаще правой рукой + 1 балл;
- обеими руками одинаково хорошо 0 баллов;
- чаще левой рукой – 1 балл;

только левой рукой – 2 балла.

Интерпретация результатов:

- + 16-20 баллов – чисто праворукий;
- + 8-15 баллов – преимущественно праворукий;
- + 7 - - 7 баллов – амбидекстр;
- 8 - - 15 баллов – преимущественно леворукий;
- 16 - - 20 баллов – чисто леворукий.

- Ведущая нога – тест «отклонение траектории движения»: на просторной площадке закрыть глаза и, решая в уме математические примеры, быстро идти по прямой; длина шага ведущей ноги немного больше, чем другой ноги, следовательно, произойдёт отклонение движения в сторону неведущей ноги. Можно уточнить с помощью несложного физического упражнения, например, прыжка в длину или в высоту – ведущей ногой является маховая, а не толчковая.

Таблица 22 – Определение профиля ФМА и доминирующего полушария

Профиль ФМА	Сочетание ведущих признаков
Правый профиль ФМА (доминирование левого полушария)	Г – П У – П Р – П Н – П
Парциальный профиль ФМА с преобладанием правых признаков (функциональное преобладание левого полушария)	Г – П У – П Р – П Н – Л Г – П У – Л Р – П Н – П
Левый профиль ФМА (доминирование правого полушария)	Г – Л У – Л Р – Л Н – Л
Парциальный профиль ФМА с преобладанием левых признаков (функциональное преобладание правого полушария)	Г – Л У – Л Р – Л Н – П Г – Л У – П Р – Л Н – Л
Распределённый профиль ФМА	Г – П У – П Р – Л Н – П Г – П У – П Р – Л Н – Л Г – П У – Л Р – Л Н – П Г – П У – Л Р – Л Н – Л Г – Л У – Л Р – П Н – Л Г – Л У – Л Р – П Н – П Г – Л У – П Р – П Н – Л Г – Л У – П Р – П Н – П

Левополушарный тип – доминирование левого полушария – характеризуется склонностью к обобщению и абстрагированию, словесно-

логическим типом познавательных процессов. Происходит оперирование словами, символами и условными знаками. Левое полушарие отвечает за способность к анализу, письмо, счет, абстрактное и концептуальное мышление. Интересно, что информация, которая поступает в это полушарие, обрабатывается линейно, последовательно и медленно. Восприятие действительности у левополушарных людей аудиальное, дискретное, интеллект теоретический, вербальный, память произвольная. Среди них много склонных к интроверсии. Для того, чтобы деятельность левополушарного человека была успешной, необходимо соблюдать определённые условия: анализировать детали, неоднократно повторять материал, работать в одиночку, в тишине, задания должны быть вневременными. Важно, что для людей с доминированием левого полушария характерна постоянная высокая потребность в интеллектуальной деятельности. Для формирования мотивации, например, к учебной деятельности, у левополушарных детей нужно делать упор на познание, поскольку их интересует сам процесс получения и усвоения знаний. Социальным мотивом выступает желание продолжения образования. Любые занятия рассматриваются как средство развития мышления. Левополушарным легче писать, чем диктовать. Среди левополушарных – инженеры, математики, философы, лингвисты. Левополушарные нередко подчеркнута рациональны и рассудочны. Много и охотно пишут, легко запоминают длинные тексты, речь их грамматически правильна. Для них характерны обостренное чувство долга, ответственность, принципиальность, внутренний характер переработки эмоций. Часто занимают административные должности, но им не хватает гибкости, непосредственности и спонтанности в выражении чувств. Они предпочитают действовать по заранее составленным схемам, трафаретам, с трудом перестраивают свои отношения. Недостаток данного фенотипа – благодушие, недооценка реальной опасности, беспечность, гневливость, не оптимальная регуляция систем внутренних органов, быстрая утомляемость, плохая адаптируемость к суровым условиям существования.

Правополушарный тип – доминирование правого полушария определяет склонность к творчеству, конкретно-образный характер познавательных процессов. Правое полушарие мозга оперирует образами реальных предметов, отвечает за ориентацию в пространстве и легко воспринимает пространственные отношения. Считается, что оно ответственно за синтетическую деятельность мозга. Правополушарных людей отличает визуальное восприятие, невербальный, практический интеллект; быстрая переработка информации; произвольная память. Экстраверты. Кроме того, с функционированием правого полушария связывают способность к рисованию и восприятию гармонии форм и цвета, музыкальный слух, артистичность, успехи в спорте. «Правополушарные» склонны к отрицательным эмоциям, в том числе беспочвенности и страху. Они лучше ориентируются в обстановке, более целостны в восприятии окружающего мира. Для правополушарных учащихся необходимо делать упор на престижность положения в коллективе, авторитет,

социальную значимость данного вида деятельности, так как у них высоко выражена потребность самореализации. Мотивы, побуждающие изучать школьные предметы, связаны со становлением их личности, со стремлением к самопознанию, с желанием разобраться во взаимоотношениях людей, осознать свое положение в мире. Для них характерна ориентация на высокую оценку и похвалу: «пятерка любой ценой». Большой интерес у правополушарных школьников вызывает эстетическая сторона предметов. Дети с доминированием правого полушария не контролируют правильность своей речи. Виды деятельности, требующие постоянного самоконтроля, будут выполняться плохо. В устной речи могут возникнуть проблемы в грамматике и подборе слов. Возможны смысловые пропуски, особенно если правополушарный ученик еще и импульсивен. Необходимо отметить, что правополушарные люди обладают прекрасной пространственной ориентацией, чувством тела, высокой координацией движений. Успешны в командных видах спорта. Речь правополушарных людей эмоциональна, экспрессивна, богата интонациями, жестикуляцией. В ней нет особой выстроенности, возможны запинки, сбивчивость, лишние слова и звуки. Им легче диктовать текст, чем писать. Среди правополушарных чаще встречаются литераторы, журналисты, деятели искусства, организаторы. Как правило, правополушарные люди – целостные натуры, открыты и непосредственны в выражении чувств, наивны, доверчивы, внушаемы, способны тонко чувствовать и переживать, легко огорчаются и плачут, приходят в состояние гнева и ярости, общительны и контактны. Часто действуют по настроению.

Равнополушарный тип – отсутствие ярко выраженного доминирования одного из полушарий предполагает их синхронную деятельность в выборе стратегий мышления. Кроме того, существует гипотеза эффективного взаимодействия правого и левого полушария как физиологической основы общей одаренности. **Равнополушарные** учащиеся являются наиболее грамотными. Левое полушарие у них берет на себя основную работу по организации переработки зрительной и слуховой информации, моторного акта письма. Написав диктант, дети этой группы замечают и исправляют почти все допущенные ошибки. Организм равнополушарных устойчив к утомлению, регуляция работы внутренних органов близка к совершенству. Они способны легко адаптироваться к суровым условиям существования, эмоционально устойчивы и не подвержены частой смене настроений, способны трудиться длительное время без чувства усталости и без ошибок. Недостаток данного фенотипа - не столь высокая скорость реакций как у лиц с выраженным односторонним доминированием.

– ***Оценка функционального состояния ЦНС с помощью простой зрительно-моторной реакции (ПЗМР)***

В настоящее время в качестве наиболее практикуемого и объективного метода определения функционального состояния ЦНС в психофизиологии

учебной и профессиональной деятельности используется вариационная хронорефлексометрия, в основе которой лежит статистический анализ латентных периодов простой и сложной сенсомоторных реакций. Метод вариационной хронорефлексометрии реализован в устройстве психофизиологического тестирования УПФТ-1/30 – «Психофизиолог» (МТД Медиком, г. Таганрог). И может быть использован для решения прикладных задач: диагностики, экспертизы, коррекции функциональных состояний и в научных исследованиях.

Практическое применение данного метода: прогнозирование работоспособности операторов, водителей транспортных средств – в качестве одного из критериев допуска к работе в сложных условиях, в медицине – для оценки функционального состояния при различных заболеваниях и травмах, контроля за динамикой реабилитации больных, экспертизы трудоспособности; для диагностики функциональных и органических расстройств центральной нервной системы; в спорте – для контроля за процессом спортивных тренировок, оценки психофизиологического состояния, функциональных возможностей и работоспособности спортсменов, в клинической практике – для оценки воздействия неблагоприятных факторов, эффективности лекарственных препаратов, оптимизации режима труда и отдыха, в образовании – в качестве одного из показателей психического развития ребенка

В основе оценки функционального состояния ЦНС лежит анализ уровня и стабильности сенсомоторных реакций человека в ответ на световые раздражители одного цвета различной длительности, предъявляемыми с различными интервалами.

У испытуемых определяют ведущую руку по опроснику Аннет. Затем у них определяют латентный период простой зрительно-моторной реакции. Испытуемым предъявлялось 75 стимулов зеленого цвета различной длительности, с различными межстимульными интервалами. Первые 5 стимулов были тренировочными и не учитывались при расчете параметров. В процессе выполнения теста регистрировались время ответной реакции в миллисекундах (ошибка измерения ≤ 5 мс) и количество ошибочных действий: пропуск сигнала, преждевременное нажатие. По окончании тестирования рассчитывались среднее время ответной реакции; среднее квадратичное отклонение; количество ошибок упреждения; количество ошибок запаздывания.

Уровень функциональных возможностей ЦНС определяется по среднему времени ответной реакции, а церебральный гомеостаз – по среднее квадратичному отклонению. Интегральный показатель функционального состояния ЦНС рассчитывается из этих показателей на основе мультипликативной свертки. Выделено 5 классов (уровней) функционального состояния ЦНС, по которым у испытуемых оценивается быстродействие, стабильность реакции, соотношение возбуждения и торможения. Классы 5 и 4

– высокий и выше среднего уровни активации, классы 3 и 2 – средний и сниженный уровни, класс 1 – низкий уровень активации.

– ***Оценка функционального состояния ЦНС с помощью сложной зрительно-моторной реакции (СЗМР)***

Данная методика измерения параметров реакции на световой стимул позволяет оценить функциональное состояние центральной нервной системы. Методика предназначена для исследования устойчивости нервных процессов и отличается от методики ПЗМР тем, что испытуемому предъявляются стимулы двух цветов – красный и зеленый. При появлении зеленого сигнала испытуемый должен нажать кнопку правой рукой, при появлении сигнала красного цвета – левой.

Анализ статистических показателей времени сложной зрительно-моторной реакции позволяет оценить, кроме абсолютного времени реакции, ее устойчивость, стабильность, вероятность ошибок, срывов. Характеристики распределения времени реакции позволяют оценить степень напряжения, готовности человека к работе, степень его утомления, а в ряде случаев – и наличие патологических функциональных нарушений или органических расстройств деятельности центральной нервной системы.

– ***Определение уровня тревожности (методика Ч.Д. Спилбергера, Ю.Л. Ханина)***

Ч. Спилбергер выделил два значения тревожности, относящихся к совершенно разным аспектам функционирования психики. Одна тревожность – ситуативное психогенное состояние, т.е. результат адаптивных регуляций, а другая тревожность – это личностная черта, постоянно преломляющая восприятие реальности и ее мысленные репрезентации в агрессивные тона на деле отсутствующих опасностей и угроз.

А. Определение уровня ситуативной (реактивной) тревожности.

Характеризуется субъективно переживаемыми эмоциями: напряжением, беспокойством, озабоченностью, нервозностью в данной конкретной обстановке. Это состояние возникает как эмоциональная реакция на экстремальную или стрессовую ситуацию, может быть разным по интенсивности и динамичным во времени).

Дан ряд утверждений, необходимо выбрать один из четырех вариантов ответов: 1 балл – если выбранный ответ *нет*; 2 балла – *скорее нет*; 3 балла – *скорее да*; 4 балла – *да*:

1. Я спокоен.
2. Мне ничего не угрожает.
3. Я нахожусь в напряжении.
4. Я испытываю сожаление.
5. Я чувствую себя свободно.

6. Я расстроен.
7. Меня волнуют возможные неудачи.
8. Я чувствую себя отдохнувшим.
9. Я встревожен.
10. Я испытываю чувство внутреннего удовлетворения.
11. Я уверен в себе.
12. Я нервничаю.
13. Я не нахожу себе места.
14. Я взвинчен.
15. Я не чувствую скованности и напряжённости.
16. Я доволен.
17. Я озабочен.
18. Я слишком возбуждён, и мне не по себе.
19. Мне радостно.
20. Мне приятно.

Обработка данных: подсчитывается сумма чисел, записанных при ответе на утверждения №№ 3, 4, 6, 7, 9, 12, 13, 14, 17, 18 (сумма 1, С 1), затем сумма остальных ответов (сумма 2, С 2).

Уровень реактивной тревожности вычисляется по формуле:

$$PT = 35 + C1 - C2.$$

Б. Определение уровня личностной тревожности (отражает уровень тревожности человека как устойчивой наследственно обусловленной характеристики).

Дан ряд утверждений, необходимо выбрать один из четырёх вариантов ответов: 1 балл – если выбранный ответ *почти никогда*; 2 балла – *иногда*; 3 балла – *часто*; 4 балла – *почти всегда*:

1. Я испытываю удовольствие.
2. Я очень быстро устаю.
3. Я легко могу заплакать.
4. Я хотел бы быть таким же счастливым, как и другие.
5. Нередко я проигрываю из-за того, что недостаточно быстро принимаю решения.
6. Обычно я чувствую себя бодрим.
7. Я спокоен, хладнокровен и собран.
8. Ожидаемые трудности обычно очень тревожат меня.
9. Я слишком переживаю из-за пустяков.
10. Я вполне счастлив.
11. Я принимаю всё слишком близко к сердцу.
12. Мне не хватает уверенности в себе.
13. Обычно я чувствую себя в безопасности.
14. Я стараюсь избегать критических ситуаций и трудностей.
15. У меня бывает хандра.
16. Обычно я чувствую себя довольным.
17. Всякие пустяки отвлекают и волнуют меня.
18. Я так сильно переживаю свои разочарования, что потом долго не могу о них забыть.
19. Я уравновешенный человек.
20. Меня охватывает сильное беспокойство, когда я думаю о своих делах и заботах.

Обработка данных: подсчитывается сумма чисел, записанных при ответе на утверждения №№ 2, 3, 4, 5, 8, 9, 11, 12, 14, 15, 17, 18, 20 (сумма 1, С 1), затем сумма остальных ответов (сумма 2, С 2).

Уровень личностной тревожности вычисляется по формуле:

$$ЛТ = 35 + C1 - C2.$$

Интерпретация результатов: < 12 – ареактивность, глубокая депрессия или нечестные ответы с желанием представить себя в наилучшем свете; 13-30 – низкая тревожность; 31-45 – умеренная; 46 и выше – высокая тревожность, возможно развитие невроза, психосоматической патологии.

– *Исследование статодинамической устойчивости человека методом стабиллографии*

Поддержание равновесия и координации движений – одно из важнейших условий жизнедеятельности человека. Значительный вклад в развитие биомеханики равновесия тела связан с разработкой *методики стабиллографии*, позволившей с большой точностью исследовать статодинамическую устойчивость тела человека и системы тел. Методика стабиллографии, играет важную роль в протезостроении, клинике и физиологии труда, в измерении и оценке статодинамической устойчивости в различных видах спорта, где умение сохранять равновесие определяет спортивный результат: спортивная и художественная гимнастика, фигурное катание на коньках, биатлон и стрельба, акробатика, прыжки в воду и прыжки на батуте, фристайл, борьба и т.п. Методика стабиллографии была разработана В.С. Гурфинкелем с соавторами еще в 1952 году, многократно совершенствовалась, но лишь интенсивное развитие компьютерной техники, дающее возможность точно измерять и интерпретировать биомеханические параметры устойчивости дало методике стабиллографии второе рождение.

Область применения компьютерной стабиллографии:

- диагностика нарушений функции равновесия тела человека;
- оценка результативности лечения;
- реабилитация функции равновесия после травм и заболеваний;
- профессиональный отбор;
- экспертиза трудоспособности и профориентация;
- оценка качества функции равновесия и прогнозирование профессионального роста спортсменов, артистов балета;
- улучшение координации движений спортсменов;
- фундаментальные научные исследования в области биомеханики движений при поддержании вертикальной позы, аэрокосмической медицины, психофизиологии, валеологии и др

Наиболее полно удовлетворяет требованиям использования в физической культуре и спорте стабилоанализатор компьютерный с биологической обратной связью «Стабилан-01» (г. Таганрог).

Реализованная методика в стабилоанализаторе даёт возможность решать ряд актуальных спортивно-педагогических задач:

- 1) исследовать статодинамическую устойчивость (СДУ) тела спортсмена и системы тел, дать количественную и качественную оценку этой устойчивости, дополнить знания о спортивной технике упражнений;
- 2) осуществлять контроль качества обучения упражнениям, связанным со сложным двигательным навыком сохранения равновесия тела;
- 3) определять функциональное состояние организма спортсмена по показателям СДУ, регистрируя состояние сенсорных систем и переносимость тренировочных нагрузок по показателям координации ортогоградного и перевёрнутого положения тела (до тренировки, после разминки, после видов многоборья и т.д.);
- 4) определять уровень и динамику тренированности функции балансирования в системе взаимодействующих тел;
- 5) проводить прогнозирование и профессиональный отбор спортсменов в команду.

Глава 2 Содержание лекционного материала дисциплины «Физиология физической культуры и спорта»

2.1 Модуль «Общая спортивная физиология»

Тема 1 Морфофизиологическая характеристика скелетной мышечной ткани и основы мышечной деятельности

Человеческий организм насчитывает более чем 600 мышц. Мышечная ткань составляет около 40% массы тела. Скелетная мышечная ткань обеспечивает возможность осознанных произвольных движений тела и его частей. Структурно-функциональной единицей скелетной мышцы является симпласт. Скелетное мышечное волокно, как правило, имеет форму вытянутого цилиндра диаметром до 0,1 мм, достигающего в длину нескольких сантиметров. Ядра скелетного мышечного волокна лежат в саркоплазме под сарколеммой. В саркоплазме симпласта расположены: сократительный аппарат – миофибриллы, депо Ca^{2+} – саркоплазматическая сеть (саркоплазматический ретикулум), энергетический аппарат – митохондрии, включения (гликоген). От поверхности мышечного волокна вглубь направляются впячивания сарколеммы – поперечные трубочки (Т-трубочки). Между отдельными мышечными волокнами располагается соединительная ткань с кровеносными и лимфатическими сосудами и нервными волокнами (эндомизий); группы мышечных волокон в виде чехла окружает перимизий, формируя пучки, а сверху мышцу покрывает эпимизий.

Поперечная исчерченность скелетного мышечного волокна определяется регулярным чередованием в миофибриллах различно преломляющих поляризованный свет участков (дисков) – изотропных (светлые, I-диски, Isotropic) и анизотропных (тёмные, А-диски, Anisotropic). Разное светопреломление дисков определяется упорядоченным расположением по длине саркомера тонких и толстых нитей: толстые нити находятся только в тёмных дисках. Каждый светлый диск пересекает Z-линия. Участок миофибриллы между соседними Z-линиями называется саркомер. Саркомер является структурно-функциональной единицей миофибриллы. Саркомер образуют расположенные параллельно друг другу тонкие (актиновые) и толстые (миозиновые) нити.

Каждая миофибрилла окружена регулярно повторяющимися по длине саркомера элементами саркоплазматической сети, представляющей собой анастомозирующие мембранные трубочки, заканчивающиеся терминальными цистернами. Саркоплазматический ретикулум выполняет роль депо кальция. На границе между А- и I-дисками две терминальные цистерны соседних саркомеров контактируют с Т-трубочками, образуя триады. В триадах происходит передача возбуждения в виде потенциала действия плазматической мембраны мышечного волокна на мембрану терминальных цистерн – сопряжение возбуждения и сокращения.

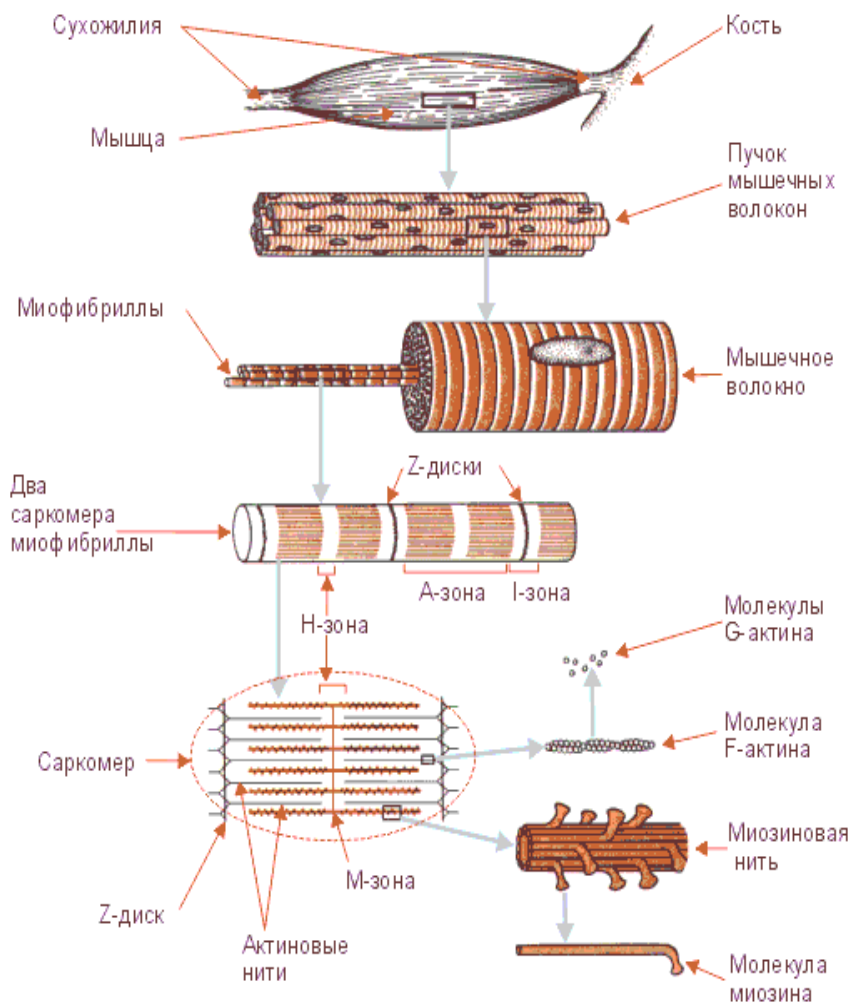


Рис. 1 Различные уровни организации скелетной мышечной ткани: мышца как орган – мышечное волокно – миофибрилла – саркомер – сократительные белки

Двигательная и чувствительная иннервация осуществляется соответственно α - и γ -мотонейронами (α -МН, γ -МН) передних рогов спинного мозга и двигательных ядер черепно-мозговых нервов и псевдлуниполярными чувствительными нейронами спинномозговых узлов и чувствительных ядер черепных нервов. Двигательная (нейромоторная) единица включает один мотонейрон и группу иннервируемых им мышечных волокон. Количество и размеры двигательных единиц в различных мышцах значительно варьируют. Поскольку при сокращении фазные мышечные волокна подчиняются закону «всё или ничего», то сила, развиваемая мышцей, зависит от количества активированных (участвующих в сокращении) двигательных единиц. Одна нейромоторная единица образована только быстросокращающимися или только медленносокращающимися мышечными волокнами.

Сокращение мышцы происходит при поступлении по аксонам двигательных нейронов к нервно-мышечным синапсам волны возбуждения в виде нервных импульсов (потенциала действия). Деполяризация постсинаптической мембраны приводит к распространению по всей плазмолемме мышечного волокна (включая Т-трубочки) потенциала действия. Волна деполяризации по Т-трубочкам проникает до триад и передаётся на саркоплазматический ретикулум, что приводит к открытию кальциевых каналов. Ca^{2+} поступает из депо в саркоплазму, и его концентрация достигает значений, достаточных для связывания с тропонином. В покое взаимодействие тонких и толстых нитей невозможно, т.к. миозинсвязывающие участки молекул актина заблокированы тропомиозином. При высокой концентрации ионов кальция они связываются с тропонином, вызывая конформационные изменения тропомиозина и приводя к разблокированию миозинсвязывающих участков. В результате этого головки миозина присоединяются к тонкой нити и создают тянущее усилие – тонкие нити начинают скользить между толстыми. Поскольку в процесс сокращения практически одновременно вовлечены все саркомеры мышечного волокна, происходит его укорочение. При расслаблении Ca^{2+} -АТФ-аза саркоплазматического ретикулума закачивает кальций из саркоплазмы обратно в цистерны ретикулума, тропомиозин закрывает миозинсвязывающие участки и препятствует их взаимодействию с миозином, волокно удлиняется.

Скелетные мышцы и образующие их мышечные волокна различаются по многим параметрам: скорости сокращения, утомляемости, цвету, диаметру и т.д. Цвет, например, может быть обусловлен содержанием миоглобина, количеством митохондрий, плотностью кровеносных капилляров. Выделяют красные и белые, медленные и быстрые мышцы и волокна. Каждая мышца – гетерогенная популяция разных типов мышечных волокон, и тип мышцы определяется преобладанием в ней конкретного типа мышечных волокон.

На практике применяются следующие классификации: по характеру сокращения, по скорости сокращения, по типу обмена.

По характеру сокращения мышечные волокна разделяются на фазные, осуществляющие энергичные сокращения, и тонические, поддерживающих тонус или статическое напряжение. В человеческом организме произвольная мускулатура практически полностью представлена фазными мышечными волокнами, а тонические встречаются лишь в наружных глазных и наружных ушных мышцах. Тонические волокна сокращаются только при повторных нервных стимулах и имеют полинейронную иннервацию.

По скорости сокращения мышечные волокна разделяются на быстрые и медленные. Скорость сокращения определяется типом миозина. Изоформа миозина, которая обеспечивает высокую скорость сокращения, называется быстрый миозин и характеризуется высокой активностью АТФ-азы, а с меньшей скоростью сокращения – соответственно медленный миозин, имеющий меньшую активность АТФ-азы.

По типу обмена волокна разделяют условно на окислительные и гликолитические, в зависимости от преобладающего пути ресинтеза АТФ. В процессе аэробного (с достаточным количеством кислорода) окисления из 1 молекулы глюкозы образуется 38 молекул АТФ, а конечными продуктами метаболизма являются вода и углекислый газ. Этот тип обмена характерен для окислительных, или красных мышечных волокон. Они имеют небольшой диаметр, содержат большое количество миоглобина, хорошо кровоснабжаются – окружены богатой сетью кровеносных капилляров. Многочисленные митохондрии таких волокон характеризуются высоким уровнем активности окислительных ферментов.

Анаэробный тип метаболизма характеризуется образованием из 1 молекулы глюкозы 2-х молекул АТФ, а также молочной кислоты. Этот тип обмена преобладает у белых, гликолитических волокон. Они имеют больший диаметр по сравнению с красными, в саркоплазме содержатся большое количество гликогена и немногочисленные митохондрии. Такие волокна характеризуются низкой активностью окислительных ферментов и высокой – гликолитических. В белых скелетных мышечных волокнах продукт метаболизма молочная кислота выводится в межмышечное пространство, тогда как в красных она служит субстратом для дальнейших окислительных реакций.

Количество митохондрий в скелетных мышечных волокнах, плотность капилляров вокруг них, а также степень активности окислительных и гликолитических ферментов определяют степень утомления мышечного волокна. Гликолитические (белые) мышечные волокна имеют высокую скорость сокращения и являются быстроутомляемыми. Среди красных выделяются два подтипа: медленные неутомляемые и быстрые неутомляемые волокна.

Таблица 23 – Морфологическая характеристика скелетных мышечных волокон млекопитающих (по Итиной Н.А., 1974; Заварзину А.А., 1985; Томилину Н.В., Кузнецову В.Г., Машианскому В.Ф., 1990; Данилову Р.К., 1996; Кузнецову С.Л., 1999; Hood D.A., Simoneau J.-A., 1989; Shah A., Sahdal V., 1999; Лебедевой И.А., 2005, и др.)

	фазные, I тип, красные, медленные	фазные, II A тип, красные, быстрые	фазные, II B тип, белые, быстрые	фазные, II C тип, белые, быстрые
тип метаболизма	оксидативный (аэробный)	оксидативно-гликолитич. (аэробный + анаэробный)	гликолитич. (анаэробный)	оксидативно-гликолитич. (аэробный + анаэробный)
диаметр	небольшой	средний	большой	средний
скорость сокращения	малая	средняя	большая	средняя
сила сокращения	малая	большая	большая	средняя
выносливость	устойчивы к утомлению	достаточно устойчивы к утомлению	не устойчивы к утомлению	достаточно устойчивы к утомлению
изоформа миозина	медленная	преимущественно быстрая	быстрая	уникальная тяжёлая цепь миозина + различные комбинации лёгких цепей медленной и быстрой изоформ
Z-линия	толстая	средней толщины	тонкая	средней толщины
M-линия	толстая (5 полос)	средней толщины (5 полос: 2 – тонкие)	тонкая (3 полосы)	средней толщины
митохондрии	под сарколеммой (крупные), между МФ; $V_{\text{мл}} = 15\%$	крупные со светлым матриксом; $V_{\text{мл}} = \text{до } 15\%$	мало, расп. дуплетами у Z-линии	нет данных
мембранный компонент	относительно слабо развит	около 15 %	хорошо развит (до 21%)	нет данных
триады	располагаются на уровне A- и I-дисков			
	нет данных	нет данных	высокое содержание	незначительное количество
РНК	больше	меньше		
миоглобин	много	много	мало	много
гликоген	умеренно	достаточно много	много	среднее кол-во
липиды	много	много	мало	достаточно много
ферменты	высокая акт-ть СДГ, низкая – АТФ-азы миозина	умеренная акт-ть СДГ, относительно высокая – АТФ-азы миозина	низкая акт-ть СДГ, высокая – АТФ-азы миозина	достаточно высокая акт-ть СДГ, умеренная – АТФ-азы миозина
иннервация	«малые» МН СМ	«большие» α-МН	«большие» α-МН	«большие» α-МН

Тема 2

Понятие об адаптации и функциональных резервах организма

Изучение адаптации человека к физическим нагрузкам – одна из центральных проблем, составляющих методические основы теории и практики спорта. Понимание физиологических механизмов и законов адаптации является ключом к решению практических медико-биологических и педагогических задач сохранения и укрепления здоровья и повышения работоспособности в процессе физических тренировок.

Возможность приспосабливаться к изменениям среды (и внешней, и внутренней) – основа выживания, способность к этому – важнейшее свойство организма человека. Биологическая адаптация представляет собой динамический колебательный процесс, сопровождающийся перестройкой функциональной системы гомеостаза на новый уровень регулирования. Суть адаптации тесно связана с представлением о возможностях человеческого организма, т.е. функциональных резервах, имеющих возможность реализации в изменяющихся (в т.ч. экстремальных) условиях. При понимании закономерностей организации функциональной системы становится возможным эффективное влияние различными средствами на отдельные её звенья и ускорение таким образом приспособления к физическим нагрузкам с повышением общей тренированности.

Полученные знания и понимание основных механизмов изменений, происходящих в организме при занятиях оздоровительной физкультурой, любительским и профессиональным спортом, имеют важное значение для высококвалифицированных специалистов в области физической культуры и спорта, поскольку позволяют определять круг вопросов и решать поставленные задачи в сфере профессионального отбора, допуска к тренировочным занятиям и грамотно планировать двигательную активность и режим нагрузки с позиций кинезисэнергономики, уровня физической подготовленности и состояния здоровья организма. Такие знания необходимы и для занимающихся физической культурой и спортом, потому что позволяют осуществлять в динамике самоконтроль физического совершенствования.

I. Механизмы адаптации организма к физическим нагрузкам

В физиологическом отношении адаптация к мышечной деятельности является системным ответом организма, направленным на достижение высокой тренированности и минимизацию физиологической цены за это. С этой точки зрения, адаптация к физическим нагрузкам – это динамический процесс, основанный на формировании новой программы реагирования, в то время как сам процесс перестройки и приспособления, его физиологические механизмы и динамика в большой степени коррелируют с соотношением и состоянием внутренних и внешних условий деятельности организма.

В процессе мышечной деятельности нагрузки выполняют роль раздражителя, включая таким образом в организме цепь приспособительных изменений. Тренировочный эффект зависит от направленности и величины физиологических и биохимических изменений, которые происходят под воздействием применяемых физических нагрузок. При этом глубина происходящих в организме сдвигов определяется основными характеристиками физической нагрузки:

- интенсивностью и продолжительностью выполняемых упражнений;
- количеством повторений;
- продолжительностью и характером интервалов отдыха между упражнениями.

Правильное сочетание вышеуказанных параметров, характеризующих физические нагрузки, позволяет физиологически обоснованно предположить изменения в функциональном состоянии организма, добиться достаточного тренировочного эффекта, улучшения основного обмена и, в конечном итоге, повысить тренированность.

Процесс адаптации организма к воздействию физических нагрузок имеет фазный характер. Принято выделять два этапа адаптации: срочный и долговременный (хронический).

Этап срочной адаптации начинается сразу после начала действия раздражителя и характеризуется, преимущественно, изменением энергетического обмена, а также связанных с ним механизмов сдвигов вегетативного обеспечения, осуществляющихся на основе ранее сформированных физиологических путей их реализации. Данный этап, таким образом, является непосредственным ответом организма на однократное воздействие физических нагрузок.

Долговременная адаптация развивается постепенно, при условии неоднократного повторения воздействий и суммировании многих следов физических нагрузок. Данный этап характеризуется формированием в организме изменений (как функциональных, так и структурных), которые происходят вследствие стимулирующего воздействия на генетический аппарат задействованных в работе клеток. В результате долговременной адаптации к физическим нагрузкам в тканях активизируется синтез специфических белков и нуклеиновых кислот, приводя к увеличению возможностей всех структур опорно-двигательного аппарата, а также к совершенствованию его энергообеспечения. Морфофункциональные изменения при долговременной адаптации сопровождаются следующими процессами:

- изменение взаимоотношений регуляторных механизмов;
- мобилизация и использование физиологических резервов организма;
- формирование специальной функциональной системы адаптации к конкретной деятельности.

Для достижения совершенной и устойчивой адаптации важную роль играет перестройка приспособительных регуляторных механизмов, сопровождающаяся мобилизацией физиологических резервов, а также последовательность включения этих механизмов на разных функциональных уровнях. Вначале активно работают нормальные физиологические реакции, затем включаются реакции, сопровождающие процессы напряжения механизмов адаптации, которые требуют значительных энергетических затрат и использования резервных возможностей тренирующегося организма. Это приводит к формированию в организме спортсмена специальной функциональной системы адаптации, обеспечивающей конкретную (спортивную) деятельность человека.

Фазовость процессов адаптации к физическим нагрузкам определяет выделение трёх разновидностей эффектов в ответ на выполняемую работу.

Срочный тренировочный эффект возникает непосредственно во время выполнения физических упражнений и продолжается в период восстановления в течение 30-60 минут после окончания работы (тренировки). Его биологическое значение – это устранение кислородного долга, образовавшегося во время работы.

Во время выполнения физической нагрузки можно контролировать некоторые физиологические переменные, причем современные методики позволяют достаточно точно измерить некоторые из них, не нарушая физическую деятельность. Например, с помощью средств радио-, телеметрии и миниатюрных мониторов можно контролировать во время выполнения физической нагрузки следующие показатели:

- деятельность сердца (ЧСС, электрокардиограмма);
- частоту дыхания;
- внутреннюю температуру и температуру кожи;
- мышечную деятельность;
- потребление кислорода во время произвольной физической деятельности.

Отставленный тренировочный эффект характеризуется активизацией пластических процессов осуществляемой физической нагрузкой для восполнения энергетических ресурсов тканей организма и избыточного синтеза разрушенных при мышечной работе его клеточных структур. Данный эффект наблюдается, как правило, в пределах до 48 часов после окончания физической нагрузки.

Кумулятивный тренировочный эффект является результатом последовательного суммирования срочных и отставленных эффектов повторяющихся нагрузок. Вследствие кумуляции следовых эффектов процессов физических воздействий в течение длительных периодов тренировки (как правило, более одного месяца) наблюдается прирост показателей физической работоспособности и улучшение спортивных результатов.

Недостаточные по объёму физические нагрузки считаются неэффективными, поскольку не стимулируют необходимое развитие тренируемой функции. То есть при задаче достижения выраженного тренировочного эффекта следует выполнить объём работы, который превышает величину неэффективных физических нагрузок.

Дальнейшее увеличение объёмов выполняемой работы до определенного предела сопровождается пропорциональным нарастанием тренируемой функции. Когда нагрузка превышает уровень, предельно допустимый в данных условиях регулирования, то развивается состояние перетренированности и происходит срыв адаптации.

Адаптивные перестройки представляют собой динамический процесс, поэтому у спортсменов в динамике адаптационных изменений выделяется несколько **стадий**: физиологического напряжения организма, адаптированности, дизадаптации и реадаптации. Каждая из этих стадий характеризуется своими функционально-структурными изменениями и регуляторно-энергетическими механизмами. С точки зрения общей схемы адаптации все эти стадии проходит организм человека в процессе приспособления к любым изменениям условий деятельности. В спорте имеют принципиальное значение и считаются основными две первые стадии.

В стадии напряжения у спортсменов в коре головного мозга преобладают процессы возбуждения, увеличивается производство гормонов корой надпочечников, увеличиваются показатели регуляторных систем организма и уровень основного обмена. В этой стадии спортивная работоспособность характеризуется неустойчивостью. В работе желез внутренней секреции преобладает продукция глюкокортикоидов и катехоламинов, которые играют ведущую роль в адаптационных сдвигах углеводного обмена. Кроме того, эти гормоны повышают активность липазы жировой ткани. Увеличившийся жиромобилизирующий эффект определяет подготовку следующей метаболической фазы приспособительных изменений – фазы усиления жирового обмена, что соответствует уже **стадии адаптированности**. Физиологической основой этой стадии является вновь установившийся уровень функционирования различных органов и систем для поддержания гомеостаза в конкретных условиях деятельности. В это время функциональные показатели, определяемые в состоянии покоя, как правило, не выходят за рамки диапазона физиологических колебаний. Работоспособность спортсменов на этой стадии стабильна и/или повышается. Интересно, в процессе долговременной адаптации спортсменов к физическим нагрузкам именно гормоны играют ведущую роль в механизмах переключения энергетического обмена с углеводного типа на жировой. Переход в стадию адаптированности (по Агаджаняну Н.А. (1989) она называется «стадия долговременной устойчивой адаптации») зависит от специфики воздействующего фактора, индивидуальных особенностей, социальных условий и мотиваций. Поэтому с практической точки зрения весьма интересны

рекомендации Н.А. Агаджаняна, Н.Н. Шабатуры (1989) по оптимизации и коррекции процесса адаптации:

- поддержание исходного высокого физического и психоэмоционального состояния организма;
- соблюдение ступенчатости при адаптации к новым условиям, а также при переключении с одного рода деятельности на другой;
- организация режима труда, отдыха, питания с учётом возрастных, половых особенностей человека и природно-климатических условий;
- поддержание не только высокого уровня физического состояния, но и характера социально значимой мотивации и сохранения здорового морального климата в коллективе;
- учёт конституционально-генетических особенностей организма, определяющих эффективность адаптации человека к конкретным условиям.

При длительном воздействии на организм больших по объёму и интенсивных тренировочных и соревновательных нагрузок возможно нарушение вегетативной и эндокринной регуляции, снижение синтеза катехоламинов и глюкокортикоидов и уменьшение уровня энергетического обмена, что может привести к различным расстройством, характеризующим наступление следующего периода – **стадии дизадаптации**. Для неё характерно наличие неблагоприятно направленных изменений функций организма, существенное снижение адаптивных возможностей спортсмена, его общей и специальной работоспособности. В этой стадии возможно развитие функциональных нарушений, переходящих в преморбидные состояния, а затем и в профессионально обусловленные заболевания.

В случае длительного перерыва в тренировках или их полного прекращения развивается **стадия реадaptации**, характеризующаяся приобретением новых свойств и качеств организмом. Биологическим смыслом этой стадии является возвращение некоторых показателей функций организма к исходным значениям и снижение уровня тренированности. Спортсменам, систематически тренировавшимся многие годы и составляющим большой спорт, требуются специальные, научно обоснованные оздоровительные мероприятия для возвращения организма к нормальной жизнедеятельности.

Процесс адаптации к различным условиям (например, к тренировочным нагрузкам) связан с неодинаковой биологической значимостью для него различных функциональных систем организма. Законы адаптации основаны на согласованных реакциях отдельных систем и органов, которые в целом обеспечивают оптимальное функционирование целостного организма, но при этом изменяются неодинаково. Именно этим обусловлено торможение деятельности систем органов пищеварения и выделения у спортсменов при интенсивной физической работе, в результате чего сохраняются резервные возможности организма для усиления функций кровообращения и дыхания, а также клеток крови, непосредственно обеспечивающих организм кислородом.

Адаптационно-приспособительная деятельность обуславливает переход на новый уровень функционирования, требующий дополнительного расхода энергии, в связи с чем существует понятие «цена адаптации», определяющаяся, с одной стороны, степенью напряжения механизмов регуляции, а с другой – количеством израсходованных функциональных резервов. Текущая деятельность организма в условно нормальных физиологических условиях тоже всегда связана с расходом резервов, однако вместе с этим происходит и их восполнение. В связи с этим немаловажную роль играет не только своевременная мобилизация резервов организма, но и соответствующая стимуляция генетических, биохимических, морфологических и физиологических процессов их восстановления и защиты. Уровень напряжения регуляторных систем, особенно тонуса симпатического отдела вегетативной нервной системы, обуславливает функционирование кислородтранспортных систем путем мобилизации той или иной части функционального резерва. Так, любое воздействие на организм среды или изменение её условий вызывает, прежде всего, стресс-реакцию, выражающуюся в увеличении уровня функционального состояния определенных систем (например, при физической нагрузке систем дыхания и кровообращения). Одновременно с этим включаются регуляторные системы, мобилизующие функциональные резервы. Путём контроля уровня функционирования (обратная связь) и управлением (прямая связь), системы регуляции так обеспечивают расходование функционального резерва, чтобы поддержать динамическое равновесие и полноценное взаимодействие систем, участвующих в цепи реакций на стресс-фактор. Если тканевых и органных (автономных) механизмов не достаточно для обеспечения поддержания требуемого уровня функционирования определённых систем, мобилизация стратегических резервов может осуществляться центральными регуляторными механизмами.

Важно, что с учётом прогноза функциональной готовности педагог или тренер может дифференцированно осуществлять мониторинг и коррекцию функционального состояния занимающихся путем подбора восстановительных средств разнонаправленного либо сочетанного действия, а также физиологически обоснованную коррекцию тренировочных и других нагрузок.

II. Значение оценки функционального состояния при занятиях физической культурой и спортом

Мониторинг функционального состояния занимающегося оздоровительной физической культурой или спортом является одним из необходимых условий планирования оздоровительных, тренировочных и соревновательных нагрузок. Значительные по интенсивности и объёму физические нагрузки при неправильном нормировании физических нагрузок могут привести не только к состоянию перетренированности, спаду спортивных результатов, но также способствовать развитию череды патологических процессов в организме спортсмена.

Широко применяются в спортивной медицине автоматизированные методики, которые позволяют контролировать функциональное состояние основных органов и систем организма до, во время и после физической нагрузки, что актуально как при занятиях оздоровительной физической культурой, так и профессиональным спортом.

Описано нарушение субъективной оценки самочувствия у спортсменов с высокой мотивацией к спортивным достижениям, частая недооценка тяжести того или иного тренировочного занятия, самостоятельное увеличение продолжительности и/или интенсивности физической нагрузки зачастую вопреки требованиям тренера. Следствием этого может явиться длительное (избыточное) напряжение функциональных систем организма, нарушение регуляторных механизмов, недовосстановление, накопление усталости и развитие перетренированности. Для выхода из такого состояния требуется значительно более продолжительный промежуток времени, чем при обычном режиме, вплоть до недель и даже месяцев.

При условии оптимальной работы вегетативной регуляции мышечной деятельности и при наличии достаточного уровня мотивации у спортсмена появляется возможность максимально использовать свои функциональные резервы, обеспечивается необходимая экономизация функций и возрастает скорость восстановительных процессов.

Ранним признаком уменьшения возможностей адаптации к нагрузкам, приводящего в итоге к снижению работоспособности, является нарушение вегетативной регуляции. Вегетативные расстройства могут проявляться жалобами на транзиторную головную боль, расстройства сна, непереносимость духоты и патологические вазомоторные реакции. Срыв адаптации может проявляться симптомами нейроциркуляторной дистонии по гипертоническому (как правило, у юношей и мужчин) или гипотоническому (как правило, у женщин) типу. Для клинической картины характерен общевротический синдром с повышенной возбудимостью, раздражительностью или, наоборот, с астеническим состоянием, понижением работоспособности и нарушением сна. Практически всегда наблюдаются те или иные функциональные изменения сердечно-сосудистой системы, в том числе нарушения ритма сердца, а также расстройства мозгового кровообращения. Таким образом, функциональные изменения в системе кровообращения отражают адаптационные реакции целостного организма. Функциональный резерв может быть определен непосредственно на основании результатов функционально-нагрузочных тестов. Чем он выше, тем меньше усилий требуется для адаптации к обычным условиям существования, к покою (Солодков А.С., Сологуб Е.Б., 2005).

В целом управление процессом адаптации и знание её физиологических механизмов позволяет осуществлять индивидуальное физиологически обоснованное планирование тренировочных нагрузок для оптимизации спортивного режима и, таким образом, способствовать сохранению здоровья спортсмена при поддержании и увеличении уровня спортивных достижений.

Тема 3

Функциональные изменения в организме под влиянием физических нагрузок

Одним из важнейших условий, необходимым для поддержания оптимального функционального состояния организма человека, является двигательная активность. И.П. Павлов писал, что для сохранения нормальной жизнедеятельности каждая клетка организма должна достаточно функционировать, потому что при этом восстановление её исходных энергетических и пластических ресурсов происходит более полноценно. Согласно теории «энергетического правила скелетных мышц» И.А. Аршавского, от двигательной активности, в частности, от её уровня, непосредственно зависит состояние вегетативной регуляции. Ещё

Афферентная информация от работающих структур – проприорецепторов мышц, связок, суставов и интероцепторов внутренних органов во время двигательной деятельности поступает в огромном объёме в кору больших полушарий. На её основе кора формирует функциональную систему, которая объединяет некоторые структуры головного мозга, а также все моторные уровни ЦНС и избирательно мобилизует отдельные группы мышц. Одновременно перестраивают режим функционирования центры, регулирующие дыхание, кровообращение, гормональное звено, некоторые другие вегетативные функции. На фоне повышения основного обмена закономерно увеличивается кислородный запрос. В зависимости от объёма и интенсивности совершаемой двигательной работы потребление O_2 может возрастать от 250-300 мл/мин (в покое) до 5-6, а некоторых случаях даже до 7,2-7,5 л/мин. В субклеточных структурах усиливаются процессы и анаболизма, и катаболизма, что приводит к росту биоэнергетического потенциала клеток и их обновлению. Рефлекторно двигательная деятельность активизирует также эндокринные механизмы регуляции. Одну из центральных ролей играет адренокортикотропный гормон (АКТГ), выделение которого гипофизом стимулируется через кору больших полушарий и гипоталамус. АКТГ активизирует синтез и выделение корой надпочечников глюкокортикоидов. Стимуляция мозгового вещества надпочечников приводит к выбросу катехоламинов, которые, в свою очередь, обуславливают повышение в крови глюкозы и других субстратов энергетического обмена. Поджелудочная железа усиливает выделение инсулина, что обеспечивает должный уровень углеводного обмена и способствует увеличению процесса утилизации глюкозы мышечной тканью. Гормоны щитовидной железы, участвующие в регуляции всех видов обмена, особенно способствуют при мышечной работе повышению обмена жиров.

I. Сердечно-сосудистая система

Системную гемодинамику характеризуют объём крови, работа сердца, сердечный выброс, системное артериальное давление, общее периферическое сопротивление сосудов, венозное давление, венозный возврат крови к сердцу.

Нервные механизмы регуляции сердечной деятельности осуществляются вегетативной нервной системой. При этом регулируется возбудимость клеток водителей ритма, в результате чего изменяется частота генерации потенциалов действия и сокращений сердца (хронотропный эффект); регулируется скорость электротонической передачи возбуждения и, следовательно, изменяется длительность фаз сердечного цикла (дромотропный эффект); изменяется уровень энергетического обмена в мышечных волокнах, в результате чего изменяется сила сердечных сокращений (инотропный эффект); регулируется величина порога возбуждения мышечных клеток (батмотропный эффект). Стимуляция парасимпатического отдела вызывает отрицательные, т.е. снижающие эффекты, стимуляция симпатического отдела – положительные, т.е. повышающие эффекты деятельности сердца.

Гуморальные механизмы регуляции связаны с биологически активными веществами, содержащимися в плазме крови, которые оказывают прямое или опосредованное действие на сердце. Специфическую гуморальную регуляцию сердца осуществляют адреналин, норадреналин и дофамин. Эти гормоны повышают уровень энергетического обмена и вызывают положительные хронотропные и инотропные эффекты. Ряд гормонов, таких как ацетилхолин, оказывают тормозящее действие на деятельность сердца. Сердце чувствительно также к ионному составу протекающей крови и изменению рН. Катионы кальция повышают возбудимость миокарда, участвуют в сопряжении возбуждения и сокращения. Повышение концентрации ионов калия в межклеточном пространстве до определенного предела приводит к гиперполяризации мембраны клеток, в результате возбудимость миокарда снижается, уменьшение концентрации ионов калия во внеклеточном пространстве ниже нормального уровня сопровождается нарушениями ритма сердца.

Высокие величины работы сердца при физических нагрузках обусловлены повышением АД, увеличением скорости тока крови, объёма циркулирующей крови, притока крови к правым отделам сердца (В.С. Фарфель, Т.П. Конради). Работающие мышцы при этом снабжаются кислородом в 10-15 раз интенсивнее, чем в покое. Хронотропная реакция сердца определяется интенсивностью двигательной активности. Выраженная хронотропная реакция сердца приводит к преимущественному укорочению диастолы желудочков и может лимитировать кровоснабжение миокарда. Начальная вазоконстрикция во время физических усилий сменяется вазодилаторным эффектом. Накопленные продукты обмена (CO_2 , молочная кислота, АДФ) вызывают расширение сосудов.

Частота сердечных сокращений (ЧСС) в покое составляет 60-80 ударов в мин. Повышение ЧСС является важным адаптационным механизмом увеличения минутного объема крови (МОК), осуществляющим быстрое приспособление его величины к требованиям организма. При некоторых экстремальных воздействиях на организм сердечный ритм может повышаться в 3-3,5 раза по отношению к исходному.

Во время мышечной работы сердечный выброс и систолический объем возрастают пропорционально её интенсивности. Наибольшее потребление O_2 достигается при ЧСС 170-175 уд/мин, максимальный систолический объем крови – при ЧСС 130 уд/мин и сердечный выброс крови – при ЧСС 150 уд/мин.

Систолический объем крови (СОК) в покое составляет 70-100 мл и равен примерно половине количества крови, содержащейся в желудочке в конце диастолы. После систолы в сердце остается резервный объем крови. Величина резервного объема крови является гарантом срочного изменения сердечного выброса. Соотношение максимальной величины МОК, возникающей при максимальной мышечной работе, с его значением в условиях покоя дает представление о функциональном резерве всей сердечно-сосудистой системы. В норме этот резерв составляет 300-400%, т.е. МОК покоя может быть увеличен в 3-4 раза. У физически тренированных лиц функциональный резерв может достигать 500-700%. В условиях покоя МОК взрослого человека составляет 4-6 л/мин, в период тяжелой работы – 25-30 л/мин, а у спортсменов – 35-40 л/мин.

Важным показателем системной гемодинамики является работа сердца, которая вычисляется как произведение массы крови, выброшенной в аорту в единицу времени, на среднее артериальное давление за этот же промежуток времени.

Систематические и достаточные по интенсивности занятия физическими упражнениями, и особенно спортом, через некоторый индивидуальный промежуток времени приводят к развитию экономизации деятельности сердца, причём не только при нагрузке, но и в покое. Сердце тренированного человека обладает большими резервами, чем сердце человека, не занимающегося систематическими физическими упражнениями, и охарактеризовано Г.Ф. Лангом как «спортивное» сердце. «Спортивное» сердце характеризуется урежением ЧСС в покое (брадикардия менее 60 ударов в минуту), некоторой гипертрофией и увеличением числа капилляров миокарда, а также возрастанием скорости и амплитуды сокращения и скорости и величины диастолического расслабления. За счёт вышеперечисленных факторов общая работа сердца тренированного человека в покое на 40% оптимальнее (экономичнее), чем у нетренированного. На 100 г массы миокарда такое сердце потребляет в 2 раза меньше энергии, чем у не занимающегося физическими нагрузками. В основе увеличения резервов сердечной мышцы лежат физиологические и биохимические механизмы: повышение мощности Ca^{2+} -насоса в саркоплазматическом ретикулуме, увеличение числа митохондрий и

активности тех ферментов, которые отвечают за транспорт субстратов окисления. Поскольку постепенно нарастает растяжимость сердечной мышцы и объём сердца, то соответственно увеличивается и ударный объём.

В медицинской литературе неоднократно отмечалось оздоровительное влияние физиологически обоснованной двигательной активности на функциональное состояние сердечно-сосудистой системы, которое проявляется в том числе и снижением темпа склерозирования сосудов, и уменьшением отложения на их стенках холестерина. Общеизвестно, что чем выше уровень содержания холестерина в крови, тем выше вероятность развития атеросклероза; гиперхолестеринемия 6-7 ммоль/л (при норме 3,5-5,9 ммоль/л) приводит к развитию атеросклероза. Сосуды, поражённые атеросклеротическими бляшками, имеют суженный просвет и характеризуются зачастую неадекватным реагированием на гуморальные и нервные стимулы, что обуславливает нарушение циркуляции крови и лимитирует кровоснабжение органов. Десятиминутная двигательная активность в виде физических упражнений способствует снижению уровня холестерина в крови. Особенно выражено этот эффект проявляется при длительной двигательной активности в виде бега. Увеличенное потребление O_2 организмом приводит к извлечению из жировых депо липидов и их расщеплению в процессе обмена веществ (И.В. Муравов).

II. Дыхательная система и кровь

Для полноценной реализации двигательной деятельности необходим соответствующий уровень перестройки регуляции функционального состояния дыхательной системы и крови. Момент начала движения характеризуется, в первую очередь, активизацией дыхания, которое учащается и углубляется. Поскольку дыхательные мышцы онтогенетически сохраняют тесную связь с другими скелетными мышцами, то двигательная деятельность рефлекторно через дыхательный центр возбуждает и дыхательные мышцы. Кроме того, увеличиваются дыхательная поверхность лёгких, эффективная альвеолярная вентиляция легких, глубина, частота и минутный объём дыхания, а также нарастает утилизация O_2 из альвеолярного воздуха с 3-4% до 4-5%.

Регуляция внешнего дыхания представляет собой физиологический процесс управления легочной вентиляцией для обеспечения оптимального газового состава внутренней среды организма (крови, внеклеточной жидкости, клеток, тканей и т.д.) в постоянно меняющихся условиях его жизнедеятельности. Основную роль в регуляции внешнего дыхания играют рефлекторные реакции, возникающие в результате возбуждения специфических рецепторов, заложенных в легочной ткани и в сосудистых рефлексогенных зонах. Центральный аппарат регуляции дыхания представляют нервные образования спинного и продолговатого мозга и вышележащих отделов нервной системы. Дыхательный ритм генерируют нейроны дыхательного центра.

Мышечная деятельность служит наиболее сильным естественным стимулом дыхания. При физической нагрузке проявлением активации дыхательной системы является учащение и углубление дыхания. При этом легочная вентиляция может возрастать в 20 раз (с 6-8 л/мин до 120 л/мин). Через 3-4 мин работы с умеренной нагрузкой наступает устойчивое состояние, при котором уровень легочной вентиляции достигает плато. Этот уровень, как правило, соответствует потреблению кислорода, а следовательно, энерготратам организма при данной нагрузке. После окончания работы легочная вентиляция резко падает, однако её уровень в течение какого-то времени (в зависимости от тяжести предшествовавшей работы) остаётся повышенным.

Регуляция дыхания при выполнении физической нагрузки осуществляется нервными и гуморальными механизмами. Изменения дыхания начинаются ещё в период до начала физической работы, который получил название «предстартового состояния». В этой фазе происходит условно-рефлекторное увеличение легочной вентиляции. Наибольшая выраженность этой фазы наблюдается при выполнении привычной, уже знакомой по тяжести работе, т.е. в условиях сформированного рабочего динамического стереотипа. Это достигается в результате тренировки, формирования функциональных систем, использующих опережающее возбуждение, основанное на прошлом опыте. Эта **первая фаза** является **условно-рефлекторной**.

Во **второй фазе** увеличение легочной вентиляции возникает за счёт потока проприоцептивной афферентации от работающих мышц к неспецифическим и специфическим системам мозга, дыхательный центр активируется со стороны гипоталамуса, мозжечка, лимбических структур и двигательной коры больших полушарий. Следовательно, вторая фаза имеет **нейрогенное** происхождение.

В **третьей фазе** увеличения легочной вентиляции включается система **гуморальной** регуляции. Накопившиеся в крови продукты метаболизма мышечных и других клеток стимулируют хеморецептивные системы сосудов, гипоталамуса и др., сигналы от которых поступают в дыхательный центр, возбуждая его. Так, если вентиляция отстает от уровня газообмена, то в крови появляется избыток углекислоты и других кислых продуктов метаболизма работающих мышц на фоне падения напряжения кислорода. Усиленная импульсация от хеморецепторов дополнительно стимулирует активность центрального механизма, в результате чего наступает компенсаторный рост вентиляции. Тем самым обеспечивается сохранение более или менее нормального газового состава и pH крови во время работы, т.е. сохранение гомеостаза.

В **восстановительный период** легочная вентиляция остаётся повышенной. Хеморецепторы в этот период продолжают активироваться циркулирующими в крови недоокисленными продуктами обмена (молочная и другие органические кислоты). Происходит постепенное погашение образовавшегося кислородного долга.

В результате оптимальной координации деятельности дыхательной и сердечно-сосудистой систем улучшаются процессы доставки кислорода в ткани. Увеличение дыхательных экскурсий обуславливает повышение притока крови к сердцу. «Дыхательная поверхность» крови увеличивается за счёт относительного повышения в крови уровня эритроцитов, а также за счёт увеличения синтеза эритроцитов красным костным мозгом. Вследствие повышения утилизации кислорода в тканях увеличивается артериовенозная кислородная разница. При интенсивной и длительной двигательной активности поступающие в кровь из работающих мышц и других органов продукты метаболизма возбуждают через хеморецепторы рефлексогенных зон дыхательный центр. При максимальных и субмаксимальных двигательных усилиях у высококвалифицированных спортсменов частота дыхания может достигать 60 в минуту, а глубина дыхания – до 50 % от жизненной ёмкости легких.

Важно, что у человека, который регулярно занимается оздоровительной физкультурой, в организме происходят благоприятные изменения функционального состояния дыхательной системы и крови:

- увеличивается ЖЕЛ;
- дыхание в покое урежается (с 16-20 дыхательных движений в минуту у не занимающихся физической культурой людей до 11-14 в минуту) и становится более глубоким;
- становится более выраженной разница в продолжительности фаз вдоха и выдоха;
- увеличивается кислородная ёмкость крови;
- улучшаются буферные свойства крови;
- увеличивается максимальное потребление кислорода.

Функциональный этап в тренировке дыхательной системы проявляется во время разовой ежедневно повторяющейся двигательной активности, затем фиксируется в ЦНС в виде динамического стереотипа с проявлением феномена экономизации дыхания в условиях покоя.

III. Водно-минеральный обмен

В обычных условиях человек потребляет и выделяет 2-3 л воды в сутки, а при большой физической нагрузке – до 6-8 л. У здорового человека водно-солевой обмен между внутренней и окружающей средами должен поддерживать равенство поступления и выделения, т.е. водный и электролитный баланс организма. Регуляция водного баланса поддерживает постоянство общего объёма жидкости в организме между водными пространствами и секретами организма. Водный баланс организма тесно связан с обменом электролитов. Минеральные и другие ионы создают осмотическое давление, определяют возбудимость тканей и проницаемость биологических

мембран. Гомеостаз электролитов зависит от поступления в организм, перераспределения и депонирования в клетках, выделения из организма.

Общее количество воды в организме человека среднего возраста составляет до 70% массы тела. У женщин содержание воды меньше, чем у мужчин. В процессе обмена веществ и окисления водорода образуется эндогенная «вода окисления». Так, в покое при окислении 100 г жира, белка и углеводов образуется соответственно 102, 40 и 55 мл воды. В условиях физической нагрузки, когда повышается общий уровень обмена веществ, продукция «воды окисления» резко возрастает. Однако эндогенной воды у человека недостаточно для обеспечения водной среды метаболических процессов.

В организме вода находится в двух средах: внутриклеточная (2/3 общей воды) и внеклеточная (1/3 – плазма крови и интерстициальное пространство). Наиболее лабильной является межклеточная, интерстициальная вода. За счёт этой воды осуществляется в основном восстановление сдвигов в водном балансе, наступающем при избыточном или недостаточном снабжении организма водой. Накопление воды в организме называется гипергидратацией, которая может вызвать явления водной интоксикации. Недостаток воды в организме – дегидратация – приводит к нарушению гемодинамики.

Регуляция водно-солевого обмена обеспечивается активностью рецепторного аппарата сосудистого русла, тканей и органов, воспринимающего сдвиги осмотического давления, объема жидкостей и ионного состава. При этом в центральной нервной системе формируются мотивации питьевого и пищевого поведения, а через различные эфферентные звенья изменяется работа желудочно-кишечного тракта и систем выделения.

При дегидратации организма формируется чувство жажды. Жажда – это субъективное ощущение, возникающее при абсолютном или относительном (к содержанию натрия) дефиците воды и приводящее к поведенческой реакции приёма воды. Водное голодание или избыточная потеря воды (при гипервентиляции лёгких, обильного потоотделения, которые наблюдаются при большой физической нагрузке) вызывают дегидратацию клеток и выход вместе с водой из клеток ионов K^+ , что приводит к тяжелым расстройствам, особенно со стороны центральной нервной системы. Компенсируется это эндогенными механизмами – перераспределением воды и солей между вне- и внутриклеточным пространством, мобилизацией водных депо (в частности, кожи), увеличением объёма воды окисления.

Избыточный прием воды ведет к гипергидратации, уменьшению осмотического давления и концентрации натрия в плазме. Увеличение содержания воды в плазме крови (гидремия) снижает её осмотическое давление, вызывает выход воды в ткани – формируются отёки. Чрезмерная гипергидратация ведёт к водному отравлению, клинические проявления которого обусловлены нарушением функции мозга из-за отёка нервных клеток.

При интенсивной тренировке повышается **теплопродукция**. Это чревато **гипертермией** (перегревом) организма. Именно поэтому спортсмен потеет – он отдает лишнее тепло. Как следствие возможны нарушения водно-солевого баланса организма. Некоторые правила профилактики нарушения водно-солевого баланса при занятиях спортом:

- Не следует начинать тренировку в обезвоженном состоянии. За полчаса до занятий необходимо выпить 200-300 граммов жидкости.
- Пить нужно на протяжении всей тренировки. Часто, но понемногу. Спортсмен пьёт, даже когда не чувствует жажды.
- Температура напитка не должна быть выше 10-12 градусов. Холодные напитки выводятся из желудка быстрее, чем тёплые.
- Белковая пища требует большого количества воды. А солёные продукты лучше исключить из рациона.
- Сразу после тренировки необходимо начинать пополнять водный баланс, важно научиться его контролировать.
- Пить нужно очищенную негазированную воду или напитки, содержащие небольшое количество углеводов (8-10 г на 100 мл воды).
- В.Н. Думбай (1996) в качестве рекомендации по восстановлению водно-солевого обмена предлагает потребление подсоленной воды.

IV. Терморегуляция

Главным условием поддержания постоянства температуры тела является баланс теплопродукции (теплообразования) и теплоотдачи. Теплообразование зависит от интенсивности обмена в органах и тканях. При интенсивной мышечной нагрузке теплопродукция может возрастать в 20 раз в основном за счет метаболизма в работающих мышцах.

Перераспределение тепла между тканями осуществляется кровью. В окружающую среду тепло отдается главным образом через кожу. Температура поверхностных тканей («оболочки») ниже температуры глубоких тканей («ядра»). Температура «оболочки» (кожа, поверхностные мышцы, жировая клетчатка) неравномерна и зависит от интенсивности переноса к ней тепла из глубоких частей тела, а также от охлаждающего или согревающего действия температуры внешней среды и не зависит от интенсивности физической нагрузки. Температура дистальных отделов верхних и нижних конечностей ниже, чем температура их проксимальных отделов и глубоких тканей. Температура «ядра» тела (ткани тела, расположенные на глубине 1 см от поверхности и глубже) более равномерна, составляет около 36,6-37,0°C. При физической нагрузке температура «ядра» быстро повышается до 40-41^{0C}. Температурной оболочкой тела служат: кожа, поверхностные мышцы и жировая клетчатка, температура которых существенно различается. При температуре комфорта внешней среды (25-26° С) сохраняется относительное постоянство температуры «ядра» тела, в условиях холода она понижается. Температура «ядра» изменяется в течение суток: в утренние часы составляет в

среднем 36,5°C, к 12 часам она повышается до 37° С и удерживается на этом уровне до 22 часов, после этого вновь начинается понижение.

Баланс между количеством продуцируемого в единицу времени тепла и количеством тепла, рассеиваемого организмом за то же время в окружающую среду, обеспечивается терморегуляцией.

Механизмы, активируемые теплом, направлены на усиление теплоотдачи организма. Сосудодвигательные реакции являются основным компонентом механизмов поддержания температуры тела. При повышении температуры тела усиливаются перенос кровью тепла из «ядра» тела к «оболочке» и его рассеивание. В условиях высокой внешней температуры происходит усиление потоотделения. Эта реакция контролируется симпатической нервной системой через выделение из окончаний нервных волокон ацетилхолина. Испарение пота приобретает в усилении теплоотдачи ведущее значение, поскольку осуществляется за счет тепла поверхности тела, что приводит к снижению ее температуры. Показано, что для превращения в пар 1 л пота требуется 580 ккал. В состоянии покоя в обычных условиях у человека выделяется 0,3-1,0 л пота, а при большой физической нагрузке – 5-8 л.

Механизмы, активируемые холодом, направлены на уменьшение теплоотдачи и усиление теплопродукции. Теплоотдача ограничивается сужением поверхностных сосудов и минимальным потоотделением, повышением тонуса мышц. Повышенный тонус мышц придает телу характерную позу (сворачивание в клубок), которая уменьшает площадь поверхности тела, контактирующую с внешней средой, и снижает интенсивность теплоотдачи. При продолжительном охлаждении организма повышение тонуса мышц переходит в непроизвольные периодические сокращения скелетной мускулатуры (холодовая дрожь). При этом почти вся метаболическая энергия в мышце выделяется в виде тепла. Активация в условиях холода симпатической нервной системы стимулирует липолиз в жировой ткани, при этом в кровотоке выделяются и в последующем окисляются с образованием большого количества тепла свободные жирные кислоты. Норадrenalин и адреналин вызывают быстрое, но кратковременное повышение теплопродукции, а тироксин и трийодтиронин щитовидной железы – более продолжительное усиление обменных процессов. Если величина теплопродукции организма становится меньше величины теплоотдачи, то в организме возникает гипотермия.

Противоположное состояние организма сопровождается повышением температуры тела и называется гипертермией. Гипертермия развивается в условиях при температуре окружающей среды свыше 37° С и 100% влажности воздуха, когда испарение пота или влаги с поверхности тела становится невозможным. В случае продолжительной гипертермии может развиться «тепловой удар». При гипертермических состояниях наблюдается учащение дыхания. Это связано с ухудшением доставки к тканям кислорода и его усиленным потреблением, развитием в них ацидоза, который стимулирует

дыхательный центр посредством избытка ионов водорода в области центральных хеморецепторов. В результате увеличивается минутный объем дыхания, усиливается испарение влаги с поверхности дыхательных путей, снижается парциальное давление углекислого газа и повышается парциальное давление кислорода. При высокой температуре тела организм теряет много жидкости, повышается осмотическое давление крови. Потоотделение при этом резко ограничивается для сохранения водного гомеостаза и температура тела устанавливается на ещё более высоком уровне. Развивается чувство жажды, уменьшается диурез.

Изучение рассмотренных выше физиологических основ регуляции систем организма как важнейших гомеостатических параметров, обеспечивающих целостность, адаптивность и экономичность ответных реакций организма на изменяющиеся условия жизнедеятельности, является одной из центральных проблем спортивной физиологии для понимания методики построения индивидуально дозированной и физиологически обоснованной программы тренировки.

Тема 4

Физиологическая характеристика и классификации физических упражнений

I. Различные критерии классификаций упражнений:

1. Биомеханические критерии – выделяют по структуре движений упражнения циклические, ациклические и смешанные.
2. Критерии ведущего физического качества – силовые, скоростные, скоростно-силовые, упражнения на выносливость, координационные и сложно-технические.
3. Критерии предельного времени работы – подразделяют упражнения по зонам относительной мощности.
4. Энергетические критерии – по преобладающим источникам энергии (аэробные и анаэробные) и по уровню энергозатрат (единичным – ккал в сек, и суммарным – на всю выполненную работу).

Энергообеспечение мышечной деятельности

Для обеспечения энергией мышечной деятельности требуется АТФ; при интенсивной мышечной работе её запасов хватает на 1-2 секунды, а затем требуется её ресинтез. Ресинтез АТФ осуществляется за счёт жиров, углеводов, белков и других макроэргических метаболитов. Существует три биохимических механизма, или системы, обеспечивающих синтез АТФ в различных условиях.

Фосфогенная система энергообеспечения осуществляет синтез АТФ из АДФ при помощи креатинфосфата, макроэрга, запасы которого существуют в мышце. Она обладает огромной мощностью, но крайне ограниченной ёмкостью. Данная система включается в работу практически сразу, с первой секунды, однако запасов креатинфосфата и, соответственно, работы системы хватает всего на 8-10 секунд, затем требуется 1-2 минуты на её восстановление. Данная система осуществляет энергообеспечение при максимальных, но кратковременных нагрузках, например, при метании, прыжке на высоту или в длину, беге на дистанции до 100 метров, рывке и т.д. Повысить производительность фосфогенной системы до 1,5 раз можно с помощью направленных тренировок и включения в пищевой рацион продуктов, богатых фосфором.

Лактацидная система включается в работу через 10-20 секунд, её мощности и ёмкости хватает на 2-3 минуты. Метаболизм глюкозы и свободных жирных кислот при этом осуществляется в анаэробных (бескислородных) условиях. За счёт образования молочной кислоты и протонов водорода происходит закисление среды, и при pH 6,8 процессы гликолиза (метаболизма глюкозы) замедляются, а при pH 6,2 останавливаются. Лактацидная система является малоэкономичной, практически половина (от 30 до 50%) её энергии рассеивается в виде тепла. Например, при беге на 10000 метров, за счёт

лактацидной системы энергообеспечения образуется около 3 % АТФ, при этом расходуется около 30 % запасов гликогена. Лактацидная система осуществляет ресинтез АТФ в нагрузках субмаксимальной мощности и небольшой длительности, а также при статическом напряжении.

Окислительная система энергообеспечения является самой ёмкой. Её запасов хватает на несколько часов мышечной работы. Ресинтез АТФ при этом осуществляется за счёт аэробного (проходящего в присутствии кислорода) гликолиза. Расщепление глюкозы и свободных жирных кислот (СЖК) при этом идёт до образования углекислого газа и воды, не происходит закисления среды, и рН практически не изменяется, а, следовательно, ферменты могут работать достаточно длительное время. Процессы аэробного гликолиза разворачиваются не сразу, а через 2-3 минуты мышечной работы, которые требуются для того, чтобы включились механизмы, осуществляющие повышение частоты сердечных сокращений, частоты и глубины дыхания, из депо (печень, селезёнка) произошёл выброс запасов эритроцитов, включились ферменты, участвующие в процессе газообмена, т.е. произошли подготовительные процессы, осуществляющие полноценный доступ кислорода к работающей мышце. Окислительная система хорошо работает при нагрузках средней и ниже средней интенсивности. Важно, что при метаболизме свободных жирных кислот происходит синтез большего количества молекул АТФ, однако и кислорода для их окисления требуется на 15-20 % больше. Поэтому при максимальных нагрузках, когда большое количество кислорода необходимо работающей мышце, и его запасов не хватает для полноценного окисления жиров, гликолиз осуществляется в основном за счёт углеводов.

Необходимо отметить, что для полноценной работы мышечной системы необходимо учитывать и тренировать все три системы энергообеспечения, в этом случае будет наблюдаться рост спортивных показателей на фоне сбалансированного совершенствования всех метаболических процессов, осуществляющих энергообеспечение мышечной деятельности.

Классификация по энергетическим критериям рассматривает подразделение упражнений по преобладающему источнику энергии: анаэробные алактатные (за счёт фосфогенной системы), анаэробные лактатные (за счёт лактацидной системы) и аэробные (за счёт окислительной системы).

Таблица 24 – Соотношение анаэробных и аэробных источников энергии (в %) при различной длительности физических упражнений

Путь энергопродукции	Продолжительность работы							
	10 сек	1 мин	2 мин	4 мин	10 мин	30 мин	1 час	2 часа
<i>анаэробный</i>	85	70	50	30	10	5	2	1
<i>аэробный</i>	15	30	50	70	90	95	98	99

Также при классификации по уровню энергозатрат выделяют упражнения по величине суммарных и единичных затрат энергии. С увеличением длины дистанции суммарные энергозатраты растут, а единичные снижаются.

II. Физиологическая характеристика различных упражнений

Общепринятой в настоящее время считается классификация физических упражнений, предложенная В.С. Фарфелем (1970), согласно которой все спортивные упражнения разделены первоначально на **позы** и **движения**. Затем все движения подразделены по критерию стандартности на **стандартные** или стереотипные (с повторяющимся порядком действий) и **нестандартные** или ситуационные (спортивные игры, единоборства, кроссы). Стандартные движения, в свою очередь, разбиты по характеру оценки спортивного результата на упражнения **качественного значения** (с оценкой в баллах – гимнастика, фигурное катание, прыжки в воду и т.д.) и упражнения **количественного значения** (с оценкой в килограммах, метрах, секундах). Из упражнений количественного значения выделены упражнения с разной структурой – **ациклические** и **циклические**. Среди ациклических выделены **собственно-силовые** (тяжёлая атлетика), **скоростно-силовые** (прыжки, метания) и **прицельные** (стрельба). Циклические по предельному времени работы разделены по зонам относительной мощности – **максимальной мощности** (продолжающиеся до 10-30 сек), **субмаксимальной** (от 30-40 сек до 3-5 мин), **большой** (от 5-6 мин до 20-30 мин) и **умеренной мощности** (от 30-40 мин до нескольких часов).

1. **ПОЗЫ** (*лежание, сидение, стояние, опора на руки*).

2. **ДВИЖЕНИЯ:**

2.1. **СТАНДАРТНЫЕ:**

2.1.1. **Качественного значения** (ациклические) (*гимнастика, фигурное катание, прыжки в воду*).

2.1.2. **Количественного значения:**

2.1.2.1. **Циклические:**

2.1.2.1.1. Максимальной мощности.

2.1.2.1.2. Субмаксимальной мощности.

2.1.2.1.3. Большой мощности.

2.1.2.1.4. Умеренной мощности.

2.1.2.2. **Ациклические:**

2.1.2.2.1. Собственно-силовые (*тяжёлая атлетика*).

2.1.2.2.2. Скоростно-силовые (*прыжки, метания*).

2.1.2.2.3. Прицельные (*стрельба*).

2.2. **НЕСТАНДАРТНЫЕ** (*спортивные игры, единоборства, кроссы*).

Физиологическая характеристика поз и статических нагрузок

Поза – это закрепление частей скелета в определённом положении, при котором обеспечивается поддержание заданного угла или необходимого напряжения мышц.

Для сохранения позы скелетные мышцы выполняют две разновидности реакции: тонического напряжения (в условиях, когда сохранение позы достаточно стабильно) и фазных (тетанических) сокращений (при заметных отклонениях позы от заданного положения и для её коррекции, а также при больших усилиях).

Лежание характеризуется минимальным усилием мышц, **сидение** предполагает напряжение мышц шеи и туловища, а **стояние** требует значительных усилий мышц-разгибателей дорсальной поверхности тела из-за малой опоры и высокого положения общего центра тяжести. Наиболее сложной считается поза с **опорой на руки**. В таких позах, как «упор» и «вис», координация менее сложная, однако требуются достаточно большие усилия мышц (например, «крест» на кольцах). Наибольшую координационную и физическую сложность имеют стойки (например, стойка на кистях). Для её осуществления требуется как большая сила мышц рук, так и хорошая координация; это осложняется малой опорой и необычным положением вниз головой, вызывающим у нетренированных людей значительный приток крови к голове и огромную афферентную импульсацию от вестибулярного аппарата и от внутренних органов, смещённых в нефизиологическое положение.

Позы, аналогично движениям, разделяются на произвольные и непроизвольные. Кора больших полушарий осуществляет произвольное управление позой. После автоматизации возможно осуществление многих позных реакций без участия сознания, непроизвольно. В формировании непроизвольных поз принимают участие условные и безусловные рефлексы. Специальные статические и статокинетические рефлексы поддержания позы (установочные рефлексы) происходят с участием продолговатого и среднего мозга.

Различают **рабочую** позу и **предрабочую** (которая необходима для подготовки к предстоящему действию), **удобную** (тогда работоспособность повышается) и **неудобную**.

При условии неподвижной позы спортсменом выполняется **статическая работа**, а мышцы его работают в изометрическом режиме. В коре ГМ (её моторной зоне) создаётся рабочая доминанта – мощный очаг возбуждения. Поскольку, в отличие от динамической работы, в этом случае должна непрерывно, без интервалов отдыха, поддерживаться активность нервных центров, статические напряжения являются весьма утомительными для организма и не могут поддерживаться на высоком уровне длительное время. В опорно-двигательном аппарате при выполнении статической работы также осуществляется непрерывная активность мышц, и это делает её более утомительной, чем динамическая работа с той же нагрузкой. Установлено, что

при статических напряжениях, не превышающих 7-8% от максимальных, кровоснабжение мышц обеспечивает необходимый кислородный запрос, при 20% кровотока через мышцу уменьшается в 5-6 раз, более 30% – прекращается. При статической работе вегетативные функции изменяются таким образом, что наблюдается так называемый «феномен статических усилий»: в момент выполнения работы уменьшаются ЖЕЛ, глубина и минутный объём дыхания, падает ЧСС и потребление кислорода, а после работы наблюдается резкое повышение этих показателей.

Явление **натуживания** – осуществление выдоха при закрытой голосовой щели, в результате чего туловище получает механическую опору, а сила мышц увеличивается, наблюдается при значительных усилиях.

Физиологическая характеристика стандартных циклических движений

Для **стандартных** (или стереотипных) движений, как **циклических**, так и **ациклических**, характерно сравнительное постоянство движений; последовательность действий закрепляется в этом случае в виде динамического стереотипа.

Работа при циклических движениях **максимальной мощности** продолжается 20-30 сек (например, спринтерский бег на 60, 100, 200 м, велогонки на треке 200 и 500 м, плавание на 25 и 50 м, и т.д.), относится к **анаэробным алактатным** нагрузкам (выполняется на 90% за счёт энергии фосфогенной системы). Единичные энерготраты при работе максимальной мощности предельные, а суммарные – минимальны. Огромный кислородный запрос (около 40 литров в пересчёте на 1 минуту) во время этого вида работы удовлетворяется крайне незначительно (менее 0,1 литра), однако кислородный долг не успевает достичь больших показателей из-за кратковременности нагрузки. Слишком короткий период работы недостаточен для заметных физиологических и биохимических сдвигов в системах организма, но из-за высокого уровня предстартового возбуждения ЧСС может достигать 200 уд/мин, а в результате активного гликогенолиза (расщепления гликогена до глюкозы и поступления её в кровь) в крови обнаруживается гипергликемия. При работе в зоне максимальной мощности ведущими системами организма тренирующегося являются ЦНС и опорно-двигательный аппарат, поскольку требуется очень высокий уровень и возбудимости, и лабильности нервных центров, а также скелетных мышц, достаточная подвижность нервных процессов, способность к быстрому расслаблению мышечных волокон и достаточные запасы в них креатинфосфата для осуществления реакций восстановления АТФ фосфогенной системой.

Работа в зоне **субмаксимальной мощности** осуществляется от 20-30 секунд до 3-5 минут (бег на 400, 800, 1000, 1500 м, скоростной бег на коньках на 500, 1000, 1500, 3000 м, плавание на 100, 200, 400 м, велогонки на 1000 м, гребля на 500 и 1000 м, и т.д.). Тип метаболизма при таких нагрузках носит **анаэробно-аэробный характер**. С увеличением продолжительности работы и,

соответственно, дистанции, скорость падает, а единичные энерготраты снижаются на фоне всё возрастающих суммарных. Ресинтез АТФ и покрытие энерготрат осуществляется преимущественно за счёт анаэробного гликолиза, что приводит к быстрому нарастанию концентрации в крови лактата (увеличивается по сравнению с уровнем в покое до 25 раз!), рН снижается. Длительность работы в данном случае является достаточной для максимального увеличения функциональной активности систем кровообращения и дыхания, в результате чего достигается МПК. ЧСС при этом находится на уровне 180 уд/мин, однако очень высокий кислородный запрос удовлетворяется потреблением кислорода лишь 1/3, а кислородный долг (составляющий от 50 до 80% от запроса) возрастает при этом виде работы до предельной величины. Ведущие физиологические системы при обеспечении мышечной деятельности в зоне субмаксимальной мощности – это кислородтранспортные системы (ССС, ДС и кровь), а также ЦНС (её участие очень важно, поскольку происходит управление движениями, производимыми с очень высокой скоростью, ещё и в условиях недостаточного снабжения кислородом самих нервных центров).

Работа **большой мощности** длится, как правило, от 5-6 до 20-30 минут (бег на 3000, 5000, 10000 м, бег на коньках 5000 и 10000 м, плавание на 800 и 1500 м, лыжные гонки 5 и 10 км, гребля 1,5 и 2 км и т.д.). В этой зоне мощности тип метаболизма **аэробно-анаэробный**, энергообеспечение осуществляется за счёт и лактацидной, и окислительной систем. В условиях максимального усиления функций кардиореспираторной системы обеспечивается достижение МПК организмом спортсмена; однако, несмотря на это, кислородный долг (составляющий 10-30% от запроса) в условиях большой продолжительности работы достигает обычно к концу дистанции достаточно большой величины, и рН крови снижается. На протяжении дистанции может наблюдаться стабилизация показателей дыхания и кровообращения, потребления кислорода, хотя потребление кислорода во время работы и не удовлетворяет полностью, т.е. устанавливается так называемое кажущееся устойчивое состояние. При этом ЧСС сохраняется на оптимальном рабочем уровне 160-180 в мин, единичные энерготраты при работе в зоне большой мощности невысоки, а суммарные – достаточно значимы. Ведущее значение принадлежит кардиореспираторной системе, а также железам внутренней секреции и терморегуляции.

Работа в зоне **умеренной мощности** продолжается от 30-40 минут до нескольких часов (сверхдлинные беговые дистанции, шоссевые велогонки 100 км и более, спортивная ходьба от 10 до 50 км, гребля на байдарках и каноэ 10 км, сверхдлинные заплывы). Энергообеспечение при такой работе осуществляется практически полностью **аэробным** путём. Важно, что по мере расщепления углеводов (глюкозы) происходит постепенный переход на окисление жиров. Единичные энерготраты при данном виде мышечной работы незначительные, зато суммарные – огромны. Во время работы в зоне умеренной

мощности потребление кислорода составляет около 70-80% МПК и практически покрывает кислородный запрос, поэтому к концу дистанции кислородный долг незначителен, а рН практически не изменяется. ЧСС на уровне 140-170 в мин. Возможно постепенное развитие гипогликемии, что приводит к нарушению функций ЦНС, координации движений, ориентации в пространстве, а в тяжёлых случаях может вызвать потерю сознания. Кроме того, длительная монотонная работа приводит к запредельному торможению в ЦНС (охранительного характера). Ведущее значение при данном виде работы приобретает функциональная устойчивость ЦНС к монотонии (для противостояния развитию запредельного торможения), а также энергетическое обеспечение (наличие для предотвращения гипогликемии запасов углеводов).

Стандартные ациклические движения

Такие движения характеризуются стереотипной программой двигательных актов, но, в отличие от циклических движений, эти акты разнообразны. В таких упражнениях сочетается статическая и динамическая работа **анаэробного** (метание, прыжки) или **анаэробно-аэробного** (произвольная программа в фигурном катании) характера, причём по длительности выполнения такая работа, как правило, находится в зонах максимальной и субмаксимальной мощности. Из-за краткости выполнения суммарные затраты при таких движениях незначительны, кислородный запрос и кислородный долг невысоки, поэтому и значительных требований к изменению функционального состояния вегетативных систем организма не предъявляется. Ведущими при таких движениях являются ЦНС, двигательный аппарат, сенсорные системы. Выполнение таких упражнений требует как пространственной, так и временной точности движений, хорошей координации, развитого чувства времени, значительной абсолютной и относительной силы, концентрации внимания.

Физиологическая характеристика нестандартных движений

Такие движения характеризуются переменной мощностью работы (от максимальной мощности до полной остановки), при условии постоянных изменений структуры направления движений и самих двигательных действий в сочетании с дефицитом времени.

При мышечной работе в условиях нестандартных движений и отсутствия стандартных программ предъявляются высокие требования к функциональному состоянию ЦНС и «творческой» функции головного мозга. Особая роль принадлежит процессам восприятия и переработки информации в условиях крайне ограниченных интервалов времени, что предполагает повышенный уровень лабильности в работе мозга, в частности, высокой возбудимости и лабильности нервных центров (холерик и сангвиник), а также специфических черт психической и умственной работоспособности. В сенсорных системах велики требования к слуху, центральному и периферическому зрению, высокая

вестибулярная устойчивость, повышение проприоцептивной чувствительности. В двигательном аппарате занятия ситуационными упражнениями развивают высокую возбудимость и лабильность скелетных мышц, хорошую синхронизацию скоростных возможностей разных мышечных групп. Требуется также хорошая гибкость и выносливость. Энерготраты в ситуационных упражнениях значительно ниже, чем в циклических. Переменная мощность работы позволяет во многом удовлетворять кислородный запрос уже во время работы и снижает величину кислородного долга. Основной характеристикой вегетативных функций является не достигнутый во время нагрузки рабочий уровень, а степень его соответствия мощности работы в данный момент. ЧСС постоянно колеблется от 120 до 180-190 в мин, ЧДД от 40 до 60 в мин. В связи с большими потерями воды может снижаться масса тела. Ведущими системами являются ЦНС, сенсорные системы, двигательный аппарат.

Тема 5 Физическая работоспособность

Работоспособность – способность человека выполнять в заданных параметрах и конкретных условиях профессиональную деятельность, сопровождающуюся обратимыми, в сроки регламентированного отдыха, функциональными изменениями в организме.

Работоспособность оценивают по прямым (количественные, единицей измерения которых являются секунды, метры, килограммы, очки; качественные – оценка точности выполнения физических упражнений в баллах; комбинированные) и косвенным (биохимические, клинко-физиологические, психофизиологические) показателям. Косвенные показатели характеризуют изменение гомеостаза и физиологических функций организма во время выполнения работы и в восстановительный период. Данные показатели изменяются значительно раньше, чем прямые, поэтому они используются для оценки текущего функционального состояния организма, успешности адаптации к конкретной деятельности, прогнозирования работоспособности. Наряду с прямыми и косвенными показателями работоспособности важным информативным показателем, отражающим функциональное состояние является субъективное состояние человека (табл.24).

Таблица 25 – Схема оценки работоспособности (РС)

Периоды РС	Показатели работоспособности					
	Субъективное состояние	Клинко-физиологические	Психофизиологические	Профессиональная РС	ФС организма	Степень снижения РС
Врабатывание	Улучшается	Улучшаются	Улучшаются	Улучшается	Нормальное	до 16%
Стабильный	Хорошее	Устойчивость показателей	Устойчивость показателей	Сохраняется на стабильном уровне		
Неустойчивый	Ухудшается	Ухудшение показателей функциональных проб	Разнонаправленные сдвиги показателей	Незначительное	Переходное состояние - хроническое утомление	16-19%
Прогрессирующее снижение	Постоянное ощущение усталости и после дополнительного отдыха	Ухудшение всех показателей и появление атипичных реакций	Ухудшение всех показателей. Признаки неврастенических показателей.	Выраженное снижение, появление грубых ошибок в работе.	Патологическое состояние - переутомление	Более 19%

Сопоставление показателей работоспособности таблицы 24 с показателями, зарегистрированными в процессе выполнения работы (нагрузки) позволяет судить о динамике функционального состояния человека, появлении признаков утомления и переутомления и рекомендовать, при необходимости, корректировку физической нагрузки.

Методы тестирования физической работоспособности

Уровень работоспособности определяют с помощью тестов с максимальными и субмаксимальными мощностями физических нагрузок.

В первой группе тестов (тесты Новаки, Купера и др.) мощность физической нагрузки прогрессивно увеличивается вплоть до истощения (отказа). Недостатками этих тестов является, во-первых, их небезопасность, они должны выполняться при обязательном врачебном контроле. Во-вторых, субъективность момента произвольного отказа выполнения нагрузки, зависящего от мотивации испытуемого и других факторов.

К тестам с субмаксимальной мощностью нагрузок относятся проба С.П. Летунова, Гарвардский степ-тест, тест Мастера и др. Во время и после окончания их выполнения регистрируются физиологические показатели, позволяющие оценить динамику функционального состояния испытуемого во время выполнения теста и особенности восстановительных процессов. В практике спортивной физиологии и медицины наиболее распространенным показателем, отражающим динамику функционального состояния в нагрузочный и постнагрузочный периоды, является вариабельность сердечного ритма, поскольку известно, что ЧСС является индикатором функционального состояния организма и доступным показателем для его регистрации. Важным является также линейная зависимость ЧСС от мощности физической нагрузки и количества потребляемого при нагрузке кислорода.

Имеется два способа определения работоспособности по ЧСС:

1 – измерение ЧСС при выполнении физической работы заданной мощности (например, 1000 кгм/мин).

2 – определение уровня мышечной нагрузки, необходимой для повышения ЧСС до определенного уровня. Данный способ определения работоспособности по ЧСС подход в современном спорте наиболее применим, например, широко применяется метод определения работоспособности PWC170 (PWC – аббревиатура Physical Working Capacity – «физическая работоспособность»). Проба PWC170 рекомендована ВОЗ для оценки физической работоспособности человека и позволяет оценивать и общую, и специальную работоспособности спортсменов. Целью данного теста является достижение ЧСС170 уд/мин. Выбор данной ЧСС физиологически обусловлен – при дальнейшем приросте ЧСС минутного объема крови может увеличиваться на фоне относительного снижения систолического объема крови.

Также широко распространено определение работоспособности с помощью Гарвардский степ-тест (этот тест применяют для оценки работоспособности здоровых молодых людей, так как при его выполнении требуется значительное напряжение) и по величине максимального потребления кислорода (МПК). МПК - максимальное количество кислорода, которое может быть использовано организмом в единицу времени (в мин). Величина МПК зависит от функциональных возможностей кардио-

респираторной системы: (дыхательной, сердечно-сосудистой систем и системы крови) и системы утилизации кислорода. Величина МПК отражает уровень здоровья человека. Мужчины, имеющие МПК меньше 42 мл/мин/кг, женщины 35 мл/мин/кг составляют группу риска по развитию соматических заболеваний.

Различают два метода определения МПК:

- прямой – с помощью максимальных проб;
- непрямой – с помощью субмаксимальных проб.

При прямом методе определения МПК применяют газоанализаторы, нагрузка выполняется на велоэргометрах, тредбанах. Испытуемый должен выполнить работу до отказа. Данный метод имеет как объективные, так и субъективные ограничения (см. выше).

Непрямой метод определения МПК основан на том, что при работе определенной мощности существует линейная зависимость между потреблением кислорода и ЧСС. Определить МПК можно по специальной номограмме Астранда или рассчитать по формуле В.Л. Карпмана:

$$\text{МПК (мл)} = 1,7 * \text{PWC}_{170}(\text{кгм}) + 1240.$$

Резервы физической работоспособности

Физическая работоспособность определяется структурно-функциональными резервами систем организма и организма в целом. Индивидуальные пределы данных резервов являются лимитирующими факторами физической работоспособности. Для всех физических нагрузок лимитирующими факторами являются функциональные возможности ЦНС, нервно-мышечного аппарата, кардио-респираторной системы, метаболические и биоэнергетические процессы (табл. 25). Однако степень участия перечисленных систем при работах различной мощности и в разных видах спорта будет неодинаковой.

При нагрузках кратковременных **максимальной мощности** энергетические резервы – анаэробные процессы (запас АТФ и КрФ, анаэробный гликолиз, скорость ресинтеза АТФ), функциональные резервы – функциональные возможности нервных центров, высокая лабильность, способность формировать и поддерживать межцентральные взаимосвязи. Нагрузки данной мощности обеспечивают формирование таких физических качеств как сила и быстрота и их функциональных резервов.

При нагрузках **субмаксимальной мощности** энергетические резервы обеспечиваются в значительной степени анаэробным гликолизом, функциональные резервы – буферные системы крови, усиление работы кардио-респираторной системы, выносливость нервных центров в условиях недостатка кислорода.

При нагрузках **большой мощности** энергетические резервы – аэробные (преимущественно) и анаэробные процессы, функциональные резервы –

кардио-респираторная система; оптимальное перераспределение крови; резервы воды, эффективность терморегуляции.

При нагрузках *умеренной мощности* энергетические резервы – аэробные процессы, запасы гликогена, глюкозы, жиров и процессы глюконеогенеза, функциональные резервы – выносливость нервных центров, резервы воды и солей и эффективность терморегуляции.

В таблице 25 представлены данные о резервных возможностях кардио-респираторной системы.

Таблица 26 – Предельные сдвиги в висцеральных системах при мышечной работе

Показатели	В покое	При физической работе	Кратность изменений
ЧСС, в мин.	70	220	3
САД, мм рт. ст.	120	200	2
ДАД, мм рт. ст.	80	40	2
ПАД, мм рт. ст.	40	160	4
Ударный объем крови, мл	60	180	3
Минутный объем крови, л	4.5	40	8
Артерио-венозная разница по кислороду, об. %	4	16	4
Частота дыхания в мин.	10	60	6
Глубина дыхания, л	0.5	5	10
Минутный объем дыхания, л	6	120	20
Потребление кислорода, л/мин	0.25	5	20
Выделение углекисл. газа, л/мин	0.2	4	20

Наибольшие адаптационные возможности выявлены у системы внешнего дыхания, несколько ниже – у сердечно-сосудистой системы, она является лимитирующим звеном транспорта кислорода.

В таблице 26 показано, что функциональные возможности сердечно-сосудистой системы обеспечиваются перераспределением кровотока при нагрузках увеличивающейся мощности в пользу скелетных мышц. Мышцы, в силу относительно большой массы, оказывают главенствующее влияние на центральную гемодинамику.

Таблица 27 – Распределение кровотока в покое и при физических нагрузках

Органы	Покой		Физическая нагрузка					
			Легкая		Средняя		Тяжелая	
	Мл/ми	%	Мл/м	%	Мл/ми	%	Мл/мин ¹	%
Органы брюшной полости	1400	24	1100	12	600	3	300	1
Почки	1100	19	900	10	600	3	250	1
Мозг	750	13	750	8	750	4	750	3

Сердце	250	4	350	4	750	4	1000	4
Скелетная мускулатура	1200	21	4500	47	12500	71	22000	88
Кожа	500	9	1500	15	1900	12	600	2
Другие органы	600	10	400	4	300	3	100	1
Итого	5800	100	9500	100	17500	100	25000	100

Наряду с физиологическими, необходимо учитывать и биохимические основы физической работоспособности спортсменов:

1 – биоэнергетическое обеспечение мышечного сокращения;

2 – регулирующая роль метаболитов, образующихся при мышечной деятельности.

Выше изложенные энергетические и функциональные резервы работоспособности при физических нагрузках различной мощности должны рассматриваться в динамической взаимосвязи в течении их выполнения. Изучение механизмов их формирования являются необходимым этапом для построения тренировочного процесса, разработки восстановительных и реабилитационных мероприятий.

Вопросы для самоконтроля по I модулю:

1. Спортивная физиология как учебная и научная дисциплина: содержание и задачи, разделы, состояние и перспективы развития. Организация и методы исследования в физиологии человека и физиологии спорта и физического воспитания.
2. Антропометрические методы, применяемые в спортивной физиологии.
3. Методики определения функционального состояния нервной системы, применяемые в спортивной физиологии.
4. Методики определения функционального состояния дыхательной системы, применяемые в спортивной физиологии.
5. Методики определения функционального состояния сердечно-сосудистой системы, применяемые в спортивной физиологии.
6. Методики комплексной оценки функционального состояния и работоспособности, применяемые в спортивной физиологии.
7. Строение скелетной мышечной ткани: мышца как орган, мышечное волокно, миофибрилла, саркомер, сократительные белки.
8. Механизм мышечного сокращения.
9. Типы и краткая характеристика скелетных мышечных волокон.
10. Физиологические основы адаптации. Понятие функциональных резервов организма.
11. Эффекты адаптации, их физиологические механизмы и методы контроля.
12. Стадии адаптации, физиологические механизмы, связь с биологической значимостью различных функциональных систем организма.

13. Вегетативная регуляция, кардиореспираторная и нервная система и «цена адаптации».
14. Регуляция функций дыхательной системы при физической нагрузке.
15. Регуляция функций сердечно-сосудистой системы при физической нагрузке.
16. Регуляция функций водного и минерального обмена при физической нагрузке.
17. Регуляция функции терморегуляции при физической нагрузке.
18. Различные критерии классификаций упражнений.
19. Энергообеспечение мышечной деятельности.
20. Физиологическая характеристика различных упражнений.
21. Физиологическая характеристика поз и статических нагрузок.
22. Физиологическая характеристика стандартных циклических движений.
23. Стандартные ациклические движения.
24. Физиологическая характеристика нестандартных движений.
25. Понятие работоспособности.
26. Прямые, косвенные и комбинированные показатели работоспособности.
27. Определение уровня физической работоспособности.
28. Тесты с максимальными мощностями физических нагрузок.
29. Тесты с субмаксимальными мощностями физических нагрузок.
30. Взаимосвязь физической подготовленности спортсмена и адаптации сердечно-сосудистой системы к нагрузке определенной мощности.
31. Определение работоспособности методом PWC₁₇₀.

2.2 Модуль «Частная спортивная физиология»

Тема 6

Физиологическая характеристика состояний организма при спортивной деятельности

Организм спортсмена, как и любого человека, является единой системой с взаимопределяющими и взаимообуславливающими процессами. При систематической тренировке в работе организма занимающегося наблюдается совокупность функциональных состояний, которые тесно связаны друг с другом, и каждое предыдущее оказывает влияние на протекание последующего. Так, до начала мышечной работы возникает предстартовое и собственно стартовое состояние, во многом определяющие дальнейшие процессы; в частности, от характера предстартового состояния и качества разминки зависит эффективность и скорость вработывания в начале работы, а также развитие или отсутствие мёртвой точки. Эти процессы обуславливают, в свою очередь, длительность и степень выраженности устойчивого состояния, от которого зависит скорость развития и глубина утомления, а далее – особенности процессов восстановления. В зависимости от успешности протекания восстановительных процессов у спортсмена перед началом следующего тренировочного занятия или соревнования проявятся те или иные формы предстартовых реакций, что, в свою очередь, будет определять последующую двигательную деятельность.

I. Эмоции

Спортивная деятельность, особенно соревновательная, вызывает в организме:

1. Физическое напряжение (связано с осуществлением мышечной работы);
2. Эмоционально-психическое напряжение (вызывается экстремальными раздражителями – стрессорами):
 - большой объём информации – поступает к спортсмену и создаёт возможность информационной перегрузки (что особенно характерно для игровых видов спорта, единоборств);
 - необходимость обработки информации в условиях крайнего недостатка времени;
 - завышенный уровень мотивации, связанный с особой социальной значимостью решений, принимаемых спортсменом.

Роль эмоций при осуществлении этих процессов очень важна.

Эмоции – это личностное отношение человека к окружающей среде и себе, которое определяется его потребностями и мотивами. Ярко проявляются в предстартовом состоянии и во время спортивной борьбы («мышечная радость», «спортивная злость», «радость победы», «горечь поражения»).

Значение эмоций:

1. Оценочное влияние на функциональное состояние специфических систем организма (и моторных, и сенсорных).
2. Обеспечение избирательного поведения человека.
3. Подкрепление определённых путей решения задач и способов действий.
4. Важный компонент в осуществлении процесса тактического мышления.
5. Способствуют увеличению максимальной произвольной силы и скорости локомоций.

II. Предстартовые состояния

Предстартовые состояния возникают ещё до выступления, иногда даже за несколько недель до важных стартов. Постепенно развивается мысленный настрой на соревнование, повышается мотивация, усиливается двигательная активность во сне, повышается уровень обмена веществ, увеличивается сила мышц, в крови изменяется уровень гормонов, повышается количество гемоглобина и эритроцитов. Выраженность этих проявлений усиливается за несколько часов до выступления, и ещё больше – за несколько минут до начала работы, когда наступает собственно стартовое состояние.

Физиологически предстартовые состояния развиваются по механизму условных рефлексов. Биохимические и физиологические изменения возникают в ответ на условные раздражители (например, вид спортивного зала, стадиона, спортивная форма, соперники и т.д.).

В коре головного мозга (ГМ) происходят изменения её электрической активности, отражающие актуализацию рабочей доминанты со всеми её моторными и вегетативными компонентами:

- усиливаются межцентральные взаимосвязи;
- изменяется амплитуда электрических потенциалов;
- появляется т.н. «волна ожидания», которая отражает подготовительные процессы;
- наблюдаются т.н. «меченые ритмы» электроэнцефалограммы (ЭЭГ) – медленные потенциалы предстоящего движения);
- в моторной коре возникают премоторные и моторные потенциалы.

Формы неспецифических изменений (при любой работе):

1. Боевая готовность. Такая форма неспецифических изменений обеспечивает наилучший как психологический настрой, так и функциональную подготовку спортсмена к мышечной работе. Наблюдаются оптимальные физиологические изменения: увеличивается возбудимость мышечных волокон и нервных центров, уровень глюкозы находится на необходимом уровне, благоприятно повышается концентрация норадреналина по сравнению с

адренином, оптимально усиливается ЧСС и частота и глубины дыхания, укорачивается время двигательных реакций.

2. Предстартовая лихорадка. При такой форме возбудимость мозга излишне повышена, тонкие механизмы, обеспечивающие межмышечную координацию нарушаются, появляются неоправданные энерготраты и дорабочий расход углеводов, необоснованно усиленные кардиореспираторные реакции. Кроме того, у спортсмена повышается тревожность, появляется нервозность, могут возникать фальстарты, работа (движения) начинается в неоправданно быстром темпе, что вскоре приводит к истощению ресурсов организма.

3. Предстартовая апатия. Для неё характерен недостаточный уровень возбудимости ЦНС, удлинение времени двигательной реакции, недостаточные для оптимального обеспечения мышечной работы изменения вегетативных функций и состояния скелетных мышц, неуверенность в своих силах и подавленность спортсмена.

В процессе длительной работы регуляторные системы организма могут компенсировать негативные сдвиги, и состояния лихорадки или апатии могут преодолеваться, в то время как при кратковременных упражнениях этого не происходит.

Специфические предстартовые реакции, отражающие особенности предстоящей работы:

- в коре ГМ активируются зоны, которые должны вовлекаться в работу;
- функциональные изменения в организме выше перед бегом на короткие дистанции по сравнению с длинными;
- больше перед соревнованиями, чем перед тренировкой;
- перед циклическими упражнениями возникают колебания потенциалов в темпе предстоящего движения.

Чрезмерные предстартовые реакции постепенно сглаживаются по мере привыкания спортсмена к соревновательным условиям.

Известно, что на проявление предстартовых состояний влияет тип нервной системы: так, у сангвиников и флегматиков чаще наблюдается боевая готовность, у холериков – предстартовая лихорадка (ПЛ), у меланхоликов – предстартовая апатия (ПА).

Формы управления предстартовыми состояниями:

1. Правильно проведённая разминка (наибольшее регулирующее воздействие):

- при ПЛ – проводить в невысоком темпе, подключить глубокие ритмичные дыхания (гипервентиляцию), т.к. дыхательный центр оказывает мощное нормализующее влияние на кору ГМ;

- при ПА – в быстром темпе для повышения возбудимости в нервной и мышечной системах.
- 2. Беседа.
- 3. Массаж.
- 4. Ароматерапия.

III. Разминка

Общая разминка не является специфичной. Она направлена, прежде всего, на повышение ФС всего организма, а также на создание оптимального возбуждения в центральных и периферических звеньях двигательного аппарата. Разогревание мышц способствует снижению их вязкости и повышению гибкости суставно-связочного аппарата, облегчает отдачу кислорода из крови тканям, увеличивает активность ферментов и ускоряет биохимические реакции. Разминка должна проводиться с такой интенсивностью, чтобы не приводить к развитию у спортсмена выраженного утомления и не повышать температуру тела выше 38⁰.

Специальная часть разминки непосредственно обеспечивает специфическую подготовку организма в целом и, в частности, определённых нервных центров и групп мышц, несущих основную нагрузку, к предстоящей работе. При этом оживляются рабочие доминанты и созданные на их базе двигательные динамические стереотипы, а изменения вегетативных функций достигают уровня, необходимого для последующего быстрого вхождения в работу.

Оптимальная длительность разминки – 10-30 минут, интервал до работы не должен превышать 15 минут, после чего эффект разминки снижается.

IV. Врaбaтывaниe

В периоды устойчивых состояний функций организма (собственно покой и собственно работа) наблюдается, как правило, их отлаженная регуляция. Между этими периодами существуют 2 переходных: период врaбaтывaниa (от покоя к работе) и период восстановления (от работы к покою).

Период врaбaтывaниa – от начала работы до появления устойчивого состояния.

Характерные черты врaбaтывaниa различных функций:

- гетерохронность;
- увеличение вариативности показателей;
- быстрее – у высококвалифицированных спортсменов, у подростков и в период спортивной формы.

Мощная моторная доминанта тормозит вегетативные центры, поэтому вначале врaбaтывaются двигательные функции, а затем более инертные вегетативные (ЧСС и ЧДД → СОК и МОК, глубина вдоха и минутный объём

дыхания → рост потребления кислорода → налаживание терморегуляции (сопровождается потоотделением).

Период вработывания может завершаться появлением «мёртвой точки».

Причины возникновения:

- недостаточная подготовленность спортсменов в результате дискоординации в сдвигах двигательных и вегетативных функций;
- слишком интенсивные движения и замедленная перестройка вегетативных процессов:
 - а) нарастание кислородного долга;
 - б) нарастание содержания лактата в крови;
 - в) снижение рН крови;
 - г) появление одышки и нарушений ритма;
 - д) уменьшение ЖЕЛ.

«Мёртвая точка» характеризуется резким падением работоспособности с последующим её возрастанием только после волевого преодоления («второе дыхание») или в результате снижения интенсивности нагрузки.

Во время продолжительной работы при повышении её мощности или неадекватных возможностях спортсмена такое состояние может неоднократно повторяться.

V. Устойчивое состояние

1. **Ложное** – при работе большой и субмаксимальной мощности – когда спортсмен достигает уровня МПК, но это потребление не покрывает высокого кислородного запроса, и возникает значительный кислородный долг.

2. **Истинное** – при работе умеренной мощности – потребление кислорода соответствует запросу, долг не образуется.

Устойчивое состояние при циклических упражнениях характеризуется:

1. Мобилизацией на высоком уровне всех систем организма.
2. Стабилизацией показателей.
3. Согласованием различных систем.

При статических и стандартных ациклических упражнениях (тяжёлая атлетика, гимнастика, прыжки в воду, метание, стрельба, прыжки в длину) достижение устойчивого состояния по критерию потребления кислорода и другим физиологическим показателям практически невозможно. Однако повторяющаяся работа приводит к развитию своеобразного проявления процесса вработывания и некоторой стабилизации функций. Каждое предыдущее повторение служит предшествующим этапом, своеобразной разминкой для последующего и предопределяет вработывание с постепенным увеличением сдвигов функционального состояния.

Для ситуационных упражнений (борьба, бокс, фехтование, игры) характерны изменение текущей ситуации и изменяющаяся мощность работы. Но, несмотря на постоянные её изменения, после наступления вработывания различные вегетативные и соматические показатели постепенно устанавливаются в пределах определённых оптимальных рабочих колебаний диапазона. Для каждого спортсмена характерна индивидуальная длительность сохранения такого состояния.

VI. Утомление

Это функциональное состояние организма, вызванное умственной или физической работой, при котором могут наблюдаться временное снижение работоспособности, изменение функций организма и появление субъективного ощущения усталости.

Теории:

1. Теория истощения энергетических ресурсов в мышцах (Шифф, 1868).
2. Теория засорения мышц продуктами обмена (Пфлюгер, 1872).
3. Теория отравления метаболитами (Вейхард, 1902).
4. Теория задушения (Ферворн, 1903).

Это – локально-гуморальные теории, которые отражают лишь местные изменения. У нас была принята центрально-нервная теория (Сеченов, 1903, развил Ухтомский): Основой механизма утомления является ослабление основных нервных процессов в коре ГМ, нарушение их уравновешенности с преобладанием процесса возбуждения над более ослабленным процессом внутреннего торможения и развитием охранительного торможения.

Современные представления: функциональные изменения во многих органах и системах.

Значение утомления

1. Это нормальная физиологическая реакция на работу, препятствует крайнему истощению, переходу в патологическое состояние, это сигнал к отдыху (+).

2. Ведёт к снижению работоспособности, к неэкономичному расходованию энергии и уменьшению функциональных резервов организма (-).

Основной фактор, вызывающий утомление – это физическая или умственная нагрузка. Степень утомления зависит от:

- величины нагрузки;
- особенностей нагрузки:
 - а) статическая или динамическая;
 - б) постоянная или периодическая;
 - в) интенсивная или нет.

- дополнительных и способствующих факторов:
 - а) факторов внешней среды (t, влажность, давление, газовый состав);
 - б) факторов, связанных с нарушением режима труда и отдыха;
 - в) факторов, связанных с биоритмами;
 - г) стресса;
 - д) социальных факторов, мотивации, взаимоотношения в команде и др.

Основным и наиболее объективным признаком утомления является снижение работоспособности человека. Функциональные изменения, в зависимости от степени утомления, могут иметь различный характер:

- для начальной стадии утомления характерна неустойчивость и разнонаправленность изменений психофизиологических и клинко-физиологических показателей; их колебания, как правило, остаются в пределах физиологических нормативов;
- для хронического утомления, особенно переутомления, свойственно однонаправленное значительное ухудшение всех функциональных показателей организма и одновременное снижение уровня профессиональной деятельности.

Субъективный симптом утомления – чувство усталости.

Объективные симптомы:

1. Со стороны ЦНС:
 - а) нарушение в коре ГМ межцентральных взаимосвязей;
 - б) ослабление условно-рефлекторных связей;
 - в) нарушения сухожильных рефлексов;
 - г) развитие неврозоподобных состояний (при переутомлении).
2. Со стороны кислородтранспортной системы (сердечно-сосудистая система (ССС) + дыхательная система (ДС) + кровь):
 - а) тахикардия;
 - б) лабильность АД, неадекватные реакции на дозированную нагрузку;
 - в) сдвиги ЭКГ;
 - г) снижение насыщения артериальной крови кислородом;
 - д) учащение дыхания;
 - е) ухудшение легочной вентиляции;
 - ж) снижение в крови количества эритроцитов и гемоглобина.

Изменения в первую очередь возникают в тех органах и системах, которые непосредственно осуществляют выполнение спортивной деятельности. Однако, возможно, что в зависимости от морально-волевых качеств и мотивации спортсмена функциональное состояние органов и систем организма уже нарушено, а работоспособность ещё сохраняется на высоком уровне.

Признаки утомления:

1. Нарушение автоматизма рабочих движений.
2. Нарушение координации движений.

3. Снижение производительности работы, сопровождающееся значительным напряжением вегетативных функций с последующим нарушением всего вегетативного компонента.

Особенности утомления при различных видах физических нагрузок

1. Во время выполнения циклической работы максимальной мощности основная причина развития утомления – изменение подвижности нервных процессов в головном и спинном мозге в сторону преобладания торможения вследствие большого потока эфферентной импульсации от нервных центров к мышцам и афферентных импульсов от работающих мышц к центрам.

2. Во время циклической работы субмаксимальной мощности основные причины – угнетение нервных центров и изменения внутренней среды организма вследствие недостатка кислорода и гипоксемии (в 20-25 раз увеличивается содержание молочной кислоты в крови, кислородный долг достигает 20-22 л, недоокисленные продукты ухудшают деятельность нервных клеток).

3. При циклической работе большой мощности причина утомления – дискоординация моторных и вегетативных функций (кислородный долг – 12-15 л, снижение глюкозы крови).

4. При циклической работе умеренной мощности происходит развитие охранительного торможения и истощение энергоресурсов, напряжение кислородтранспортной системы, желёз внутренней секреции (ЖВС) и изменение обмена веществ, потеря воды и солей, нарушение терморегуляции.

5. Ациклические: при разных формах работы переменной мощности и при выполнении ситуационных упражнений наибольшие нагрузки испытывают высшие отделы ГМ и сенсорные системы, поскольку спортсменам необходимо постоянно анализировать изменяющуюся ситуацию, программировать свои действия и осуществлять переключение темпа и структуры движений.

6. Футбол: развитие кислородного долга.

7. Гимнастические упражнения и единоборства: ухудшение скорости анализа информации мозгом и уменьшение силы и возбудимости мышц, снижение их скорости сокращения и расслабления.

8. Статическая работа: непрерывное напряжение мышц и нервных центров приводит к выключению деятельности менее устойчивых мышечных волокон, а большой поток афферентных и эфферентных импульсов между мышцами и моторными центрами вызывает утомление.

Предутомление (скрытое утомление) – это наличие при работе существенных функциональных изменений со стороны некоторых органов и систем с компенсированием другими функциями и сохранением работоспособности человека на прежнем уровне.

Во время длительной или интенсивной работы, а также при нарушении режима труда и отдыха сдвиги функционального состояния, сопровождающие

утомление, могут кумулироваться, и возможен переход в хроническое утомление и переутомление.

Хроническое утомление – это пограничное функциональное состояние организма, которое характеризуется сохранением к началу очередного трудового цикла субъективных и объективных признаков утомления от предыдущей работы, для ликвидации которых необходим дополнительный отдых.

В состоянии хронического утомления при продолжении работы возможно поддержание необходимого уровня спортивной работоспособности лишь кратковременно, за счёт увеличения биологической «цены» и ускоренного расходования резервов организма.

Переутомление – это патологическое состояние организма, которое характеризуется постоянным ощущением усталости, вялостью, нарушением сна и аппетита, болями в области сердца и других частях тела. В условиях развившегося переутомления для ликвидации нарушений механизмов регуляции работы систем и симптомов, его сопровождающих, дополнительного отдыха недостаточно, требуется индивидуальная тактика вплоть до специального лечения.

При **количественной оценке** работоспособности установлено, что снижение прямых и косвенных её показателей до 15% по сравнению с исходными свидетельствует о развитии в организме явлений утомления, на 16-19% – о хроническом утомлении, на 20% и более – о переутомлении.

VII. Восстановление

Одним из важнейших свойств организма, существенно определяющим возможность развития вообще и тренируемость в частности, является его способность к восстановлению при различных видах деятельности, включая мышечную.

Восстановление – это совокупность происходящих в организме физиологических, биохимических и структурных изменений, которые обеспечивают переход организма от рабочего уровня к исходному (дорабочему) состоянию.

Процессы катаболизма и анаболизма, истощения и восстановления, происходящие в организме или работающем органе, взаимосвязаны между собой и зависят от общих механизмов регуляции, включая процессы возбуждения и торможения в ЦНС. В литературе существуют данные об их корреляции: чем больше величина энергетических трат во время работы, тем значимее и интенсивнее процессы восстановления. Однако в случаях, когда истощение в процессе мышечной деятельности превышает определённый индивидуальный уровень, происходит некоторый сбой в механизмах регуляции процессов, и полного восстановления не происходит.

Вследствие функциональных и структурных перестроек, осуществляющихся в процессе восстановления, функциональные резервы

организма расширяются, и наступает **сверхвосстановление** (суперкомпенсация).

Периоды восстановления:

1. **Рабочий** – осуществляется в процессе самой работы. Это восстановление АТФ, креатинфосфатата (КрФ), гликогенолиз и глюконеогенез. Смысл: поддержание нормального функционального состояния организма и констант гомеостаза в процессе выполнения мышечной работы.

2. **Ранний** – непосредственно после окончания работы лёгкой и средней тяжести в течение нескольких десятков минут. Это нормализация кислородной задолженности, некоторых физиологических, психофизиологических и биохимических констант, синтез гликогена. Погашение алактатной части кислородного долга происходит в течение нескольких минут, а лактатной – 1,5-2 часов.

3. **Поздний** – после длительной напряжённой работы – несколько часов и даже суток. Это нормализация физиологических и биохимических показателей ФС организма, удаление продуктов обмена веществ, восстановление водно-солевого баланса, гормонов и ферментов.

Факторы, способствующие ускорению процессов восстановления:

1. Правильный режим тренировок.
2. Рациональное питание.
3. Реабилитационные средства (медико-биологические, педагогические, психологические).

Тема 7

Физиологические механизмы и закономерности развития физических качеств

Основные физические качества: сила, быстрота, выносливость, ловкость, гибкость.

Отличия физических качеств от двигательных навыков:

1. Меньшая осознаваемость.
2. Большая значимость для них биохимических, морфологических и вегетативных изменений в организме.

I. Сила

Сила мышцы – это способность за счёт мышечных сокращений преодолевать внешнее сопротивление.

Абсолютная сила – это отношение мышечной силы к физиологическому поперечнику мышцы. Измеряется в Ньютонах или килограммах силы на 1 см^2 , в практике измеряется динамометром без учёта её поперечника. АМС необходима в собственно-силовых упражнениях, где максимальное изометрическое напряжение обеспечивает преодоление большого внешнего сопротивления (подъём штанги максимального или околосреднего веса, стойка на кистях, «крест», и т.д.).

Относительная сила – это отношение мышечной силы к её анатомическому поперечнику. Измеряется в тех же единицах, в практике используют показатель в расчёте на 1 кг массы спортсмена. ОМС определяет успешность перемещения собственного тела (например, в прыжках).

В зависимости от режима мышечного сокращения различают:

1. **силу статическую** (изометрическую) – проявляется при статических усилиях;
2. **силу динамическую** – проявляется в динамической работе; её разновидность – «взрывная» сила.

Взрывная сила мышц зависит от скоростно-силовых возможностей человека, которые определяют придание как можно большего ускорения спортивному снаряду или собственному телу. Она лежит в основе резкости (в ударах, метаниях) и прыгучести (при прыжках). Для взрывной силы важна не столько её величина, сколько нарастание со временем, т.е. градиент силы: результативность выполнения метаний, бросков, прыжков, ударов тем выше, чем меньше время нарастания силы до максимального значения.

Скоростно-силовые возможности человеческого организма в большей степени, чем абсолютная изометрическая сила, определяются наследственными свойствами организма.

Факторы, определяющие развитие мышечной силы

1. Внутримышечные факторы:

а) физиологический поперечник мышцы (он наибольший у мышц с перистым типом строения);

б) качественный состав мышечных волокон в мышце (соотношение более мощных быстрых МВ (гликолитических) и более возбудимых, но менее сильных медленных МВ (малоутомляемых окислительных));

в) гипертрофия мышцы за счёт миофибрилл (увеличение мышечной массы, которая развивается в результате адаптационно-трофических воздействий регуляторных систем при силовой тренировке и выражается в росте толщины и более плотной упаковке миофибрилл).

2. Нервная регуляция (во многом определяет развитие силы в результате совершенствования межмышечной координации, а также деятельности отдельных МВ и двигательных единиц (ДЕ)):

а) увеличение частоты поступления в скелетные мышцы нервных импульсов от мотонейронов спинного мозга, которое обеспечивает переход от слабых одиночных к мощным тетаническим сокращениям МВ;

б) активация большого количества ДЕ;

в) синхронизация активности вовлечённых в работу ДЕ (одновременное сокращение большего числа активных ДЕ может значительно увеличить силу мышечной тяги);

г) межмышечная координация (мышечная сила увеличивается при одновременном расслаблении мышцы-антагониста, а также при фиксации отдельных суставов или туловища мышцами-антагонистами, и снижается при одновременной активации и сокращении других мышц).

3. Психофизиологические механизмы:

а) связанные с изменениями функционального состояния (бодрость, сонливость, утомление);

б) связанные с влияниями мотиваций и эмоций (происходит дополнительное усиление симпатических и гормональных воздействий, в том числе гипофиза, надпочечников, половых желёз);

в) связанные с биоритмами.

Одним из важнейших факторов, участвующим в развитии силы, является уровень андрогенов (мужских половых гормонов). Андрогены способствуют увеличению синтеза миофибриллярных белков в мышечных волокнах. Количество их в мужском организме примерно в 10 раз больше, чем в женском, чем объясняется несравнимо больший тренировочный эффект при выполнении упражнений на развитие силы у спортсменов-мужчин по сравнению с женщинами, даже при условии соблюдения равных правил и абсолютно одинаковых нагрузках. Анаболический эффект андрогенов известен давно, и это способствовало развитию допинговой индустрии и широкому применению (часто физиологически необоснованному!) аналогов половых гормонов – анаболических стероидов – для развития мышечной силы. Однако при

бесконтрольном или безграмотном применении побочные эффекты их воздействия нивелируют любые достоинства данных препаратов. Воздействие анаболических стероидов на организм приводит у спортсменов к подавлению функции собственных половых желёз, порой непоправимому (вплоть до полной импотенции и бесплодия). Для женщин-спортсменок применение анаболических стероидов опасно нарушением специфического биологического цикла женского организма (изменяется его длительность, нарушается регулярность, может также наблюдаться полное прекращение менструаций, и подавляться детородная функция), а также изменением вторичных половых признаков и их трансформация по мужскому типу (изменение характера оволосения, жиротложения, огрубение голоса и т.д.). Особенно тяжёлые последствия приёма анаболических стероидов наблюдаются у спортсменов-подростков. Поэтому в настоящий момент подобные препараты отнесены к разряду запрещенных допингов.

Описаны физиологические эксперименты, связанные с попытками развития мощных тетанических сокращений мышцы с помощью электростимуляции. Эффект такого воздействия прекращался, как правило, через 1-2 недели. Кроме того, вызванная таким искусственным путём способность развития сильных сокращений не может физиологически полноценно включаться в формирование определённых двигательных навыков, поэтому такой способ развития силы в настоящее время практически не применяется.

Функциональные резервы силы

Каждый человек имеет определенный резерв мышечной силы, который может включаться только в крайних случаях или при экстремальных ситуациях (например, опасность для жизни близкого, чрезмерные эмоции и т.п.). Интересно, что при специальном воздействии (например, под гипнозом или при электрическом раздражении мышцы) возможно определение максимальной мышечной силы, которая больше максимальной произвольной силы (силы, проявляемой человеком при выполнении предельного произвольного усилия). Разница между максимальной мышечной силой и максимальной произвольной силой называется дефицитом мышечной силы. При систематических силовых тренировках эта величина уменьшается вследствие происходящей перестройки морфофункциональных возможностей МВ, а также механизмов их регуляции.

Систематически тренирующиеся спортсмены характеризуются, наряду с экономизацией функций, развитием относительного увеличения общих и специальных морфо-физиологических резервов. При этом общие реализуются через одинаковые для различных упражнений физические качества, а специальные – в виде особых для каждого вида спорта особенностей силы, выносливости и быстроты.

Общие факторы функциональных резервов мышечной силы:

- активация дополнительных ДЕ в мышце;
- синхронизация возбуждения ДЕ;
- торможение мышц-антагонистов;
- координация сокращений мышц-агонистов;
- повышение энергоресурсов МВ;
- переход от одиночных сокращений МВ к тетаническим;
- увеличение силы сокращения после растяжения мышцы;
- адаптивная перестройка биохимии и структуры МВ (изменение соотношения быстрых и медленных волокон, рабочая гипертрофия и др.).

II. Быстрота

Для того, чтобы добиться спортивного успеха, для значительной части упражнений требуется не только максимально возможное развитие скорости движений, но и умение производить мышечную работу в условиях дефицита времени. Для этого необходимо хорошее развитие физического качества быстроты.

Формы проявления быстроты

Быстрота – это способность совершать движения в минимальный для данных условий отрезок времени. Различают комплексные и элементарные формы проявления быстроты.

В естественных условиях спортивной деятельности быстрота проявляется обычно в комплексных формах, включающих скорость двигательных действий и кратковременность умственных операций, и в сочетании с другими качествами.

Элементарные формы проявления быстроты:

- общая скорость выполняемых однократно движений (или время выполнения одиночных действий при повторяющихся движениях);
- время двигательной реакции – латентный период простой или сложной зрительно-моторной реакции, а также реакции на движущийся объект (имеет особое значение в спринте и ситуационных упражнениях);
- максимальный темп движений (например, спринтерского бега).

Оценка **времени двигательной реакции** (ВДР) осуществляется от момента подачи сигнала до производства ответного действия. ВДР считается одним из наиболее информативных и при этом несложных показателей, поэтому её оценка широко распространена при тестировании быстроты. Время, затрачиваемое на передачу возбуждения от рецепторов сенсорных систем в нервные центры, а затем обратно от них к работающим мышцам, чрезвычайно мало. Большая часть этого времени затрачивается на проведение и анализ

информации в высших отделах головного мозга, и поэтому оно является показателем функционального состояния ЦНС.

С возрастом величина ВДР в ответ на световой сигнал уменьшается: так, у детей 2-3-х лет она составляет 500-800 мс, а у нетренированных взрослых укорачивается до 190-220 мс. Для спортсменов характерно меньшее значение этой реакции: у мужчин-спортсменов – около 120-140 мс, женщин-спортсменок – 140-150 мс. У занимающихся ситуационными видами спорта спортсменов высокой квалификации и бегунов-спринтеров эти величины ещё меньше – около 110 мс, в отличие от бегунов на длинные дистанции, показывающих 200-300 мс. Интересно, что это находит отражение и при выполнении специальных упражнений: ВДР у спортсменов высокой квалификации также невелико. Например, стартовое время (считается от выстрела стартового пистолета до момента ухода спортсмена со старта) у спринтеров-участников чемпионатов мира и Олимпийских игр, составляет, в среднем, при беге на 50-60 м 139 мс у мужчин и 159 мс у женщин, при беге на 100 м, соответственно, 150-160 мс и 190 мс. Знаменитый спринтер Бен Джонсон мог уходить со старта через 99,7 мс. По теоретическим расчетам ВДР, равное 80-90 мс, вообще составляет для человека предел его функциональных возможностей (Солодков А.С., Сологуб Е.Б., 2005).

Факторы, влияющие на ВДР:

- генетические особенности человека;
- функциональное состояние человека на настоящий момент;
- мотивация;
- выраженность эмоций и тип темперамента;
- уровень спортивного мастерства;
- спортивная специализация;
- количество информации, воспринимаемой спортсменом.

Ещё один простой в использовании тест – так называемый **теппинг-тест** и его различные модификации. С его помощью оценивается максимальный темп постукиваний за определённый промежуток времени. Взрослые производят 50-60 движений за 10 секунд, высококвалифицированные спринтеры и спортсмены, занимающиеся ситуационными видами спорта, – около 60-80 движений.

Особым проявлением быстроты, развивающимся при генетических задатках и систематической тренировке, является скорость специализированных умственных операций: так, при решении тактических задач спортсменами высокой квалификации затрачивается всего 0,5-1,0 секунда.

Физиологические механизмы развития быстроты

Основой развития и проявления качества быстроты являются индивидуальные особенности метаболизма и протекания биохимических и физиологических процессов в мышечной и нервной системах.

Факторы, определяющие развитие быстроты:

- лабильность – скорость процесса возбуждения в мышечных и нервных клетках;
- подвижность нервных процессов – скорость смены в коре головного мозга процесса возбуждения торможением и наоборот;
- соотношение медленных и быстрых МВ в скелетных мышцах.

Степень лабильности нервных процессов обуславливает скорость восприятия и переработки информации, поступающей в организм, а темп движений, скорость сокращения и расслабления мышц (т.е. мышечный компонент быстроты) зависит от лабильности мышц и процентного содержания быстрых ДЕ. В условиях увеличения потока поступающей в организм информации, а также в неоднозначных ситуациях, которые требуют выбора в условиях ограничения времени и быстрой реакции, большую роль играет **пропускная способность мозга** – количество перерабатываемой информации за единицу времени. Время двигательной реакции с увеличением количества возможных решений нарастает прямо пропорционально до 8 альтернатив, а затем при увеличении их числа ВДР резко и непропорционально удлиняется.

В основе физиологических механизмов **реакции на движущийся объект** (РДО) лежат, в том числе, и явления экстраполяции, которые позволяют предвидеть возможные линии развития, траектории перемещения спортивных снарядов или соперников, ускоряя выбор и подготовку ответных действий. Кроме того, быстрота действий спортсмена в таких ситуациях тесно связана с физиологическими возможностями глазодвигательных мышц, осуществляющими следящие движения. Эти качества особенно важны в теннисе, волейболе, хоккее, стрельбе по тарелкам и т.п.

Физиологические резервы развития быстроты

В некоторых ситуациях (гипноз, электрическое воздействие, сильное потрясение) быстрота реакций человека может значительно возрасти (например, темп постукиваний достигает 15 в 1 секунду, хотя в нормальных условиях он не превышает 6-12 в секунду). Это свидетельствует о наличии физиологических резервов качества быстроты в том числе и у нетренированного человека.

Факторы, определяющие обеспечение функциональных резервов быстроты:

- увеличение лабильности мышечных и нервных клеток и, как следствие, ускорение проведения возбуждения;
- увеличение подвижности нервных процессов и, как следствие, рост скорости переработки информации головным мозгом;
- уменьшение времени проведения импульса через межнейронные и нервно-мышечные синапсы;
- синхронизация активности ДЕ в отдельных мышцах и разных мышечных группах;
- торможение мышц-антагонистов;
- ускорение расслабления мышц.

Физиологический предел роста быстроты у каждого спортсмена и просто у человека определён генетически. Скорость развития в онтогенезе и затем нарастание быстроты при систематических тренировках также является врожденно обусловленной. Кроме того, даже при методологически и физиологически правильно выстроенных систематических тренировках существует фактор стабилизации скорости производимых движений по достижении определённого уровня. В неизменённых условиях тренировки повысить этот уровень произвольно практически невозможно, поэтому в тренировочном процессе оправдано применение специальных средств: бега на тредбане с повышенной скоростью с использованием вися на ремнях, бега под горку, бега за мотоциклом, плавания с тянущей резиной и т.п. Таким путём можно достичь некоторого дополнительного повышения лабильности работающих мышц и нервных центров.

III. Выносливость

Выносливость – это способность наиболее длительно или в заданных временных промежутках выполнять специализированную работу без снижения её эффективности. Также выносливостью считается способность человека преодолевать снижение работоспособности или развивающееся утомление.

Формы проявления выносливости

Различают две формы проявления выносливости – общую и специальную.

Общая выносливость характеризует способность длительно выполнять любую циклическую работу умеренной мощности с участием больших мышечных групп, а **специальная выносливость** проявляется в различных конкретных видах двигательной деятельности.

В основе физиологических механизмов общей выносливости лежит уровень аэробных возможностей организма – т.е. способность выполнять мышечную работу за счёт энергии окислительных реакций.

Аэробные возможности зависят от:

- аэробной мощности (она определяется абсолютной и относительной величиной (МПК));
- аэробной ёмкости (суммарная величина потребления кислорода на всю произведённую работу).

Специальная выносливость должна удовлетворять тем требованиям, которые предъявляются организму спортсмена конкретными физическими нагрузками.

Физиологические механизмы развития выносливости

Общая выносливость во многом определяется качеством доставки кислорода к работающим мышцам и, поэтому, зависит от функционирования кислородтранспортной системы: ССС, дыхательной и системы крови.

Развитие общей выносливости, в первую очередь, обеспечивается перестройками в дыхательной системе.

Повышение **эффективности дыхания** достигается следующими механизмами:

- ростом (на 10-20 %) легочных объёмов и ёмкостей (ЖЕЛ может достигать 6-8 л);
- увеличением глубины дыхания (до 50-55% ЖЕЛ);
- нарастанием диффузионной способности лёгких (вследствие увеличения альвеолярной поверхности и объёма крови расширяющейся сети капилляров в лёгких);
- постепенным нарастанием мощности и выносливости дыхательных мышц, вследствие чего наблюдается рост объёма вдыхаемого воздуха по отношению к остаточному объёму и резервному объёму выдоха).

Все эти процессы способствуют, кроме того, экономизации дыхания: происходит большее поступление кислорода в кровь при меньших величинах легочной вентиляции. Увеличение возможностей работы за счёт аэробных источников позволяет организму спортсмена дольше не переходить к менее выгодному энергетически использованию анаэробных источников, таким образом, повышается вентиляционный **порог анаэробного обмена** (ПАНО).

Наряду с перестройками в регуляции функционирования дыхательной системы, важную роль в развитии общей выносливости играют также морфофункциональные сдвиги в **сердечно-сосудистой системе**, отображающие адаптацию к длительной мышечной работе:

- утолщение миокарда – спортивная гипертрофия и увеличение объёма сердца («большое сердце» характерно особенно для спортсменов-стайеров);
- оптимизация сердечного выброса (за счёт увеличения ударного объёма крови);

- замедление ЧСС в покое (до 40-50 уд/мин) вследствие экономизации работы миокарда и усиления парасимпатических влияний – так называемая спортивная брадикардия (её развитие в том числе способствует восстановлению сердечной мышцы и её увеличению работоспособности);
- снижение систолического артериального давления в покое (ниже 105 мм рт.ст.) – развитие спортивной гипотонии.

Со стороны **системы крови** развитию и увеличению общей выносливости способствуют:

- увеличение объёма плазмы и нарастание объёма циркулирующей крови (в среднем на 20 %);
- снижение вязкости крови;
- улучшение микроциркуляции;
- увеличение венозного возврата и, как следствие, более сильные сокращения сердца (по закону Франка-Старлинга);
- повышение уровня гемоглобина и эритроцитов;
- уменьшение уровня лактата в крови (обусловленное, прежде всего, преобладанием в мышцах тренирующихся на выносливость медленных волокон, использующих молочную кислоту в лактацидной системе ресинтеза АТФ);
- увеличение ёмкости буферных систем крови, нарастание лактатного порога анаэробного обмена (ПАНО).

Следует отметить, что несмотря на адаптивные перестройки механизмов регуляции и функций, в организме стайера возможно развитие значительных нарушений гомеостаза (снижение содержания глюкозы в крови, перегревание и т.п.).

Физиологические особенности некоторых систем организма при тренировках на выносливость

У спортсменов, специализирующихся в работе на выносливость, в **скелетных мышцах** преобладают медленные МВ (до 80-90 %). Наблюдается рабочая гипертрофия по саркоплазматическому типу, т.е. за счёт роста объёма саркоплазмы. В ней накапливаются запасы миоглобина, гликогена, липидов, улучшается капиллярная сеть, нарастает количество и размеры митохондрий. У тренированного человека МВ при длительной работе активируются поочередно, восстанавливая в моменты отдыха свои ресурсы.

В **центральной нервной системе** при работе на выносливость наблюдается формирование стабильных рабочих доминант, характеризующихся высокой помехоустойчивостью и способностью к некоторому противостоянию развитию запредельного торможения в условиях монотонной работы. Особой способностью к длительным циклическим

нагрузкам обладают спортсмены с сильной уравновешенной нервной системой и невысоким уровнем подвижности – флегматики.

Специальные формы выносливости различаются адаптивными морфо-функциональными перестройками организма тренирующегося в зависимости от специфики выполняемой физической нагрузки.

Специальная выносливость в циклических видах спорта определяется длиной дистанции, которая обуславливает соотношение аэробного и анаэробного путей ресинтеза АТФ и энергообеспечения. Например, в лыжных гонках на длинные дистанции соотношение аэробной и анаэробной работы около 95% и 5%; в академической гребле на 2 км, соответственно, 70% и 30%; в спринте – 5% и 95%. Этим обусловлены разные требования, предъявляемые к ОДА и вегетативным системам в организме занимающегося.

Специальная выносливость к статической работе основана на способности работающих мышц и нервных центров поддерживать в анаэробных условиях активность без интервалов отдыха. Статическая выносливость выше у мышц шеи и туловища, имеющих в своём составе больше медленных волокон, в отличие от мышц конечностей, более богатых быстрыми МВ.

Силовая выносливость определяется степенью переносимости ОДА и нервной системой многократных повторений натуживания, которое вызывает прекращение микрокровотока в нагруженных мышцах и обуславливает кислородное голодание мозга. Увеличение резервов кислородных запасов в миоглобине некоторым образом облегчает работу работающих мышц, однако вследствие почти полного и одновременного вовлечения в работу всех ДЕ происходит лишение мышцы резервных ДЕ, что ограничивает длительность поддержания усилий.

Скоростная выносливость обусловлена возможностью нервных центров к высокому темпу активности. Данный вид выносливости зависит от скорости ресинтеза АТФ в анаэробных условиях фосфогенным и лактацидным механизмами.

Выносливость в ситуационных видах спорта определяется устойчивостью сенсорных систем и ЦНС к работе в условиях переменного характера и мощности, многоальтернативного выбора, необходимости сохранения координации.

Выносливость к вращениям и ускорениям требует достаточной устойчивости вестибулярного аппарата. Квалифицированные фигуристы, например, без отрицательных соматических и вегетативных реакций могут переносить до 300 вращений на кресле Барани. После многократных вращений вокруг вертикальной оси в виси (тест «вертикаль») у этих спортсменов практически отсутствует так называемое время поиска стабильной позы после опускания на опору (Солодков А.С., Сологуб Е.Б., 2005). Установлено, что при выполнении специальных упражнений активные вращения в большей мере, чем

пассивные вращения на тренажёрах, способствуют развитию и повышению вестибулярной устойчивости.

Выносливость к гипоксии характерна для альпинистов. Данный вид выносливости связан со снижением тканевой чувствительности сердечной и скелетных мышц, а также нервных центров к недостатку кислорода. Это качество в значительной мере определяется генетически. Лишь единицы из многочисленных спортсменов-альпинистов смогли подняться на высоту более 8 км без специального кислородного оборудования.

Физиологические резервы выносливости

Физиологические резервы выносливости включают в себя:

- оптимальную деятельность ССС;
- увеличение кислородной ёмкости крови;
- увеличение ёмкости буферных систем крови;
- оптимальная регуляция водно-солевого обмена;
- оптимальная терморегуляция;
- снижение чувствительности тканей к сдвигам гомеостаза;
- тонкая и стабильная нервно-гуморальная регуляция механизмов поддержания гомеостаза;
- адаптация организма к работе в изменённой среде (гомеокинез).

Развитие качества выносливости коррелирует с увеличением диапазона биохимических и физиологических резервов и возможностями их мобилизации. Особенно важную роль играет развитие спортсменом в процессе тренировки способности к мобилизации функциональных резервов головного мозга и оптимизация механизмов произвольного преодоления скрытого утомления. В этом случае более эффективное и длительное выполнение работы будет связано не только с увеличением периода устойчивого состояния, но и с ростом продолжительности периода скрытого утомления. Волевая мобилизация спортсменом функциональных резервов своего организма позволяет сохранять её рабочие параметры (поддержание заданных углов в суставах при статическом напряжении, силу сокращения мышц, сохранение техники движения, скорость) за счёт повышения физиологической «цены» работы.

IV. Ловкость и гибкость

Механизмы и закономерности развития

Ловкость и гибкость относятся к числу основных физических качеств. Ловкость представляет собой целый комплекс способностей. Интересно, что ловкость достаточно хорошо развивается в процессе жизнедеятельности человека и при спортивной тренировке в том числе. В отличие от неё, гибкость

во многом определяется генетически, что обуславливает тщательный отбор и раннее её развитие в онтогенезе.

Ловкостью считается:

- способность создавать новые двигательные акты и двигательные навыки;
- быстро переключаться с одного движения на другое при изменении ситуации;
- выполнять сложнокоординационные движения.

Таким образом, под ловкостью, с одной стороны, понимаются определенные творческие способности человека незамедлительно формировать двигательное поведение в новых, необычных условиях, а с другой стороны, – его координационные возможности.

Критерии ловкости следующие: точность движений и их быстрое выполнение и координационная сложность. Основой этих способностей являются хорошая ориентация в изменяющейся среде, экстраполяция возможного развития ситуации, адекватная реакция на движущийся объект, достаточно высокий уровень лабильности и подвижности нервных процессов, умение виртуозно управлять группами мышц. В процессе спортивной тренировки для развития качества ловкости необходимо соблюдение некоторых правил:

- варьирование различных условий выполнения одного и того же двигательного действия;
- использование дополнительной срочной информации о результате движений;
- формирование навыка быстрого принятия решений в условиях дефицита времени.

Гибкость – это способность совершать движения в суставах с большой амплитудой. Гибкость коррелирует со способностью к управлению ОДА, а также с морфофункциональными особенностями его элементов (вязкостью мышц, состоянием межпозвоночных дисков, эластичностью связочного аппарата и т.д). Гибкость увеличивается при разогревании мышц и снижается на холоде, а также при утомлении и в сонном состоянии. Показатели гибкости минимальны утром, а максимума достигают к 12-17 часам. Улучшению гибкости способствует предстартовое возбуждение, когда увеличивается ЧСС, облегчается микроциркуляция в мышечной ткани, приводя к разогреванию мышц.

Различают **активную** гибкость при произвольных движениях в суставах и **пассивную** гибкость – при растяжении мышц внешней силой. Как правило, пассивная гибкость превышает активную. Для женщин характерна большая гибкость связочно-мышечного аппарата по сравнению с мужчинами. С возрастом гибкость постепенно начинает снижаться, причём в первую очередь снижается гибкость позвоночника, что необходимо учитывать при профилактике возрастных артрозов и других нарушений ОДА.

Тема 8

Физиологические механизмы и закономерности формирования двигательных навыков

В течение жизни у человека происходит формирование различных двигательных умений и навыков. У спортсменов основой технического мастерства являются двигательные умения и навыки, которые формируются в процессе тренировки и соответственно влияют на спортивный результат. Экспериментально установлено, что эффективность спортивной техники за счёт навыка повышается в циклических видах спорта на 10-25%, а в ациклических – еще более (А.С. Солодков, Е.Б. Соллогуб, 2005).

Двигательные умения – способность на моторном уровне справляться с новыми задачами поведения. Очень важным для спортсмена является умение мгновенной оценки возникшей ситуации, быстрой и эффективной переработки поступающей информации и выбор в условиях дефицита времени адекватной реакции для формирования наиболее результативных действий. В наибольшей мере эти способности проявляются в единоборствах и спортивных играх, т.е. в ситуационных видах спорта. В тех случаях, когда одни и те же движения отрабатываются и в неизменном порядке раз за разом повторяются во время тренировок и на соревнованиях (особенно в стандартных видах спорта), умения спортсменов могут быть закреплены в виде специальных навыков.

Двигательные навыки – это освоенные и упроченные действия, которые могут осуществляться без участия сознания (автоматически) и обеспечивают оптимальное решение двигательной задачи.

Физиологические закономерности и стадии формирования двигательных навыков

В процессе обучения определённому двигательному навыку начальным шагом является побуждение к действию, формируемое корковыми и подкорковыми мотивационными зонами. Для человека, как правило, мотивацией служит стремление к удовлетворению некой социальной потребности (например, желание побеждать, любовь к какому-либо виду спорта, желание в нём преуспеть и т.д.). Мотивация и оптимальный уровень эмоций способствуют максимально успешному усвоению поставленной двигательной задачи и определяют пути её решения.

I. Замысел и общий план действия

Первый этап формирования двигательного навыка – это возникновение замысла действия, осуществляемое переднелобными и нижнетеменными зонами коры больших полушарий (ассоциативными зонами). Здесь формируется общий план по осуществлению движения. Сначала это имеет вид только общего представления о двигательной задаче, возникающего после определённой инструкции, речевого описания, или при показе нужного

движения другим человеком (тренером, педагогом или опытным спортсменом). У обучающегося в сознании создается эталон требуемого действия. Этот процесс был назван П.К. Анохиным «опережающее отражение действительности». Такая наглядно-образная модель формируется из образа как ситуации в целом (заданные временные и пространственные характеристики поставленной двигательной задачи), так и необходимых для достижения цели мышечных действий. Сформировав представление о модели требуемого движения, человек получает возможность осуществить его разными группами мышц. Особую роль в этом процессе играет способность к восприятию и переработке зрительной (при показе) и слуховой (при рассказе) информации. У опытных спортсменов зрительный образ движения формируется быстрее, поскольку у них хорошо выражена поисковая функция глаза, и развита способность к эффективному выделению наиболее важных элементов. Для высококвалифицированных спортсменов характерны богатые запасы «моторной памяти», вследствие этого извлечение необходимых моторных следов (при условии правильно их «заучивания») происходит быстрее.

II. Стадии формирования двигательных навыков

На втором этапе обучения навыку происходит непосредственное выполнение необходимого упражнения. Формирование двигательного навыка при этом происходит в 3 стадии:

- 1) стадия генерализации (иррадиации возбуждения);
- 2) стадия концентрации;
- 3) стадия стабилизации и автоматизации.

На **первой стадии** созданная модель движения становится основой для трансформации внешнего образа во внутренний процесс формирования программы действий собственного организма. Физиологические механизмы, лежащие в основе этого, изучены не до конца. Известно, что на ранних этапах онтогенетического развития, когда речевая регуляция движений ещё не развита, важное значение приобретают процессы подражания, которые являются общими у человека и животных. При наблюдении за действиями другого человека и некотором опыте управления собственными мышцами, ребёнок может превращать свои наблюдения в программы по осуществлению собственных движений. Это аналогично процессу освоения речи, когда ребёнок вначале слышит слова от окружающих людей, а затем постепенно преобразует собственную моторную речь.

Некоторые физиологические особенности программирования можно отследить по электрической активности мозга в межцентральных взаимосвязях. Установлено, например, что у человека, наблюдающего за выполнением бега другого человека, в коре больших полушарий появляются потенциалы в темпе этого движения (своеобразная модель). Подобные специфические перестройки временной и пространственной синхронизации потенциалов в коре и изменения

ритмов мозга наблюдаются также при мысленном выполнении движений. Интересно, что при этом пространственные и временные взаимосвязи мозговой активности становятся отличными от состояния покоя и приближаются к таковым как при реальном выполнении работы.

Для процессов формирования программы используются имеющиеся у человека знания о схеме собственного тела и пространства, необходимые для правильной адресации моторных команд к скелетным мышцам и обеспечения пространственной организации движений. Нейроны, обеспечивающие эти функции, располагаются в нижнетеменной области задних отделов коры головного мозга. Такие сложные процессы, как оценка ситуации, организация движения во времени, построение последовательности актов движения, их сознательная целенаправленность и т.д. осуществляются в клетках переднелобной (ассоциативной) коры. Здесь располагаются специальные нейроны, осуществляющие процесс кратковременной памяти, способные удерживать созданную моторную программу от момента поступления в кору внешнего сигнала до момента осуществления двигательной команды.

Каждый вид работы имеет свою специфику мозговой активности, отражающей характерные черты различных двигательных программ. Например, у конькобежцев и бегунов и при воображаемом, и при реальном выполнении беговых движений на коньках или по дорожке, устанавливается пространственная синхронизация потенциалов программирующей переднелобной области коры с моторными центрами ног, а с моторными центрами рук – у гимнастов при представлении или выполнении стойки на кистях. При осуществлении бросков мяча в баскетбольное кольцо или при стрельбе наблюдается сходство активности нижнетеменных (зрительных) зон, которые ответственны за пространственную ориентацию движения, и моторных зон коры, таким образом обеспечивается точность глазо-двигательных реакций. А в процессе фехтования, например, к этим зонам мозга присоединяются переднелобные области, отвечающие за вероятностную оценку текущей и возможно будущей ситуации.

Для поиска наиболее нужных для реализации программы мозговых элементов происходит вовлечение в создание моторных программ множества из них: большого количества нейронов коры, подкорковых ядер, таламуса, ствола мозга и мозжечка. Этот процесс сопровождается широкой иррадиацией возбуждения в различные зоны и генерализацией периферических реакций. Поэтому **первая стадия** начала попытки выполнить необходимое задуманное движение получила название **стадии генерализации**. Для этой стадии характерно напряжение большого количества активированных скелетных мышц, продолжительное их сокращение, одновременное вовлечение в движение мышц-антагонистов, отсутствие интервалов в электромиограмме во время мышечного расслабления. Это приводит к нарушению координации движений и к значительным энерготратам, а также к излишним вегетативным реакциям: наблюдаются неадекватное учащение сердцебиения и дыхания,

скачки артериального давления, изменение состава крови, значительное повышение температуры тела и усиление потоотделения. Однако эти изменения недостаточно согласованы между собой, а их глубина не соответствует характеру и мощности работы.

На данной стадии процесс анализа корой головного мозга затруднён вследствие наличия массивного потока афферентных импульсов от проприорецепторов работающих мышц и интероцептивных сигналов сердечно-сосудистой и дыхательной систем. Для совершенствования моторной программы и постепенного приближения её к заданному эталону требуются многократные повторения необходимого разучиваемого упражнения.

Вторая стадия формирования двигательного навыка характеризуется концентрацией возбуждения в необходимых корковых зонах, в то время как в посторонних зонах коры происходит подавление активности дифференцировочным торможением. Координированное выполнение акта движения осуществляется за счёт мозаичного избирательного возбуждения и торможения нейронных объединений в коре и подкорковых структурах, обеспечивая включение лишь необходимых мышечных групп в нужные моменты движения. Вследствие этого происходит также снижение рабочих энергозатрат.

На этой стадии двигательный навык уже в некоторой степени сформирован, но непрочен и может нарушаться при любых раздражениях (например, выступление на новом стадионе, появление знаменитого соперника и т. д.). Такие воздействия могут разрушать неокрепшую рабочую доминанту, а едва установившиеся в мозге межцентральные взаимосвязи могут нарушиться и привести к иррадиации возбуждения.

На **третьей стадии** происходит повышение помехоустойчивости рабочей доминанты в результате многократного повторения необходимого навыка в разнообразных условиях. Формируется автоматизация навыка, то есть появляется его стабильность и надёжность, сознательный контроль за элементами снижается и т.д. С помощью чёткой сонастройки нейронов на общий ритм активности поддерживается прочность рабочей доминанты. Такое явление получило название «усвоением ритма» (А.А. Ухтомский). При осуществлении циклической работы ритм корковой активности совпадает с темпом выполняемого движения, в ЭЭГ появляются «меченые ритмы» (потенциалы, соответствующие этому темпу). Интересно, что на этой стадии воздействие внешних раздражителей лишь подкрепляет рабочую доминанту, не нарушая её. Кроме того, повышается надёжность навыков, и отлаживается механизм обеспечения защиты сформированных программ действия от случайных влияний: большая часть посторонних афферентных импульсов не пропускается в мозг за счёт специальных команд, вызывающих пресинаптическое торможение сигналов от периферических рецепторов.

Процесс автоматизации навыка не означает полного исключения контроля коры за выполнением движения. Однако в этой системе центров по мере автоматизации снижается участие лобных ассоциативных отделов коры, что, по-видимому, и отражает снижение его осознанности.

III. Совершенствование двигательных навыков

При систематических тренировках в процессе двигательных действий в ЦНС постоянно происходит анализ реальных результатов выполнения навыка и сравнение с созданной его моделью. По мере формирования уровня спортивного мастерства происходят изменения и в самой модели требуемого действия (она совершенствуется), уточняются некоторые моторные команды, повышается качество анализа поступающей информации о движении.

Важная роль в отработке двигательных программ принадлежит формированию обратных связей. Информация, которая поступает по ходу движения в ЦНС, необходима для сличения имеющегося эталона с полученным результатом. В случае их несовпадения в лобных долях и хвостом ядре генерируются «импульсы рассогласования», запускающие внесение поправок в программу действий. При осуществлении непродолжительных движений (ударов, прыжков, метаний) внесение сенсорных коррекций по ходу движения весьма затруднительно ввиду краткости рабочих фаз (сотые или тысячные доли секунды), поэтому в таких случаях поправки могут вноситься только при повторениях двигательного акта, а вся программа действия, как правило, должна быть готова до его начала.

В системе обратной связи различают два канала регуляции движений: т.н. «внутренний контур», который передаёт информацию в основном от проприорецепторов мышц, суставных сумок и сухожилий, а также от интерорецепторов, и «внешний контур», который несёт информацию от экстерорецепторов (в основном от зрительных и слуховых). Вначале, при первых пробах выполнения определённого двигательного акта, вследствие множественного и неопределённого характера мышечной афферентации, приоритет в системе обратных связей принадлежит сигналам «внешнего контура» – осуществляется зрительный и слуховой контроль. Это объясняет важность использования на начальных этапах освоения навыков зрительных ориентиров и звуковых сигналов для повышения эффективности процесса обучения. Затем по мере освоения навыка роль «внешнего контура» уменьшается, а «внутренний контур» регуляции приобретает всё большее значение, постепенно приводя к автоматизации навыка.

Сам процесс обучения двигательному навыку возможно несколько ускорить с помощью применения различной дополнительной информации: компьютерный 3-D анализ движения, просмотр замедленной съёмки и др.

Надежность и нарушения двигательных навыков

В условиях мышечной работы на грани предела развивается утомление, а надежность навыка обеспечивается с помощью мобилизации функциональных резервов ЦНС (например, разделением некоторых функций управления движениями между полушариями, вовлечением дополнительных нервных центров и т.д.). При этом установлена достаточно важная роль именно произвольного преодоления утомления путём активации лобных ассоциативных областей. В начальной стадии утомления процессы мобилизации резервов ЦНС полезны, поскольку способствуют сохранению навыка путём адаптации нервной системы к нагрузке. В случае глубокого утомления и переутомления слаженная система управления движениями дезорганизуется, и навык теряется.

В условиях воздействия некоторых неблагоприятных факторов (эмоционального стресса, значимых внешних помех и др.), происходит **дезавтоматизация** двигательных навыков. Такое наблюдается, в основном, у юных спортсменов, у недостаточно подготовленных занимающихся с плохо упроченными навыками, у лиц с нестабильными нервными процессами и повышенной возбудимостью (холерики), а также в случае низкого уровня общей и специальной работоспособности.

Общее ухудшение функционального состояния основных систем организма спортсмена (например, при гипоксии, заболеваниях, в состоянии алкогольного опьянения и др.) характеризуется снижением устойчивости рабочей доминанты и нарушением навыковых действий. Важно, что основные черты навыка могут сохраняться и при перерывах в тренировке, однако высока вероятность потери способности эффективного выполнения его тонких элементов.

Тема 9

Физиологические основы развития тренированности

Спортивная тренировка – это не просто подготовка к соревнованиям или метод поддержания определённой функциональной формы, но и специализированный научно-педагогический процесс, имеющий целью повышение как общей физической подготовленности, так и специальной работоспособности.

С морфофункциональной точки зрения, спортивная тренировка в избранном виде спорта представляет собой многолетний процесс адаптации организма человека к требованиям, которые ему предъявляет избранный вид спорта.

Как во всяком педагогическом процессе, в ходе тренировки соблюдаются общие педагогические принципы – активности, сознательности, наглядности, систематичности, последовательности, доступности и прочности. Вместе с тем, имеются специфические принципы тренировки – единство общей и специальной физической подготовки, непрерывность и цикличность тренировочного процесса, постепенное и максимальное повышение тренировочных нагрузок. Эти принципы обусловлены закономерностями развития физических качеств и формирования двигательных навыков у человека, особенностями функциональных перестроек в организме, изменением диапазона функциональных резервов спортсмена.

I. Физиологические основы процесса тренировки

Лишь на базе общей (неспециализированной) подготовки, в результате развития физических качеств и роста функциональных возможностей организма, осуществляется переход к специализированным формам подготовки спортсмена в избранном виде спорта. Этот процесс должен быть по возможности непрерывным, так как перерывы и систематических занятиях приводят к резкому падению достигнутого уровня проявления качественных сторон двигательной деятельности и освоения двигательных навыков. Так, например, достигнутый у подростков на протяжении первого года занятий рост мышечной силы за время летнего перерыва практически полностью теряется.

Цикличность тренировочного процесса связана с тем, что выход на наиболее высокий уровень специальной работоспособности осуществляется постепенно на протяжении подготовительного периода (3-4 мес). К соревновательному периоду спортсмен достигает высокого уровня работоспособности, но поддерживать этот достигнутый на данном этапе наивысший уровень функциональных и психических возможностей человек может лишь ограниченное время (не более 4-5 мес). После чего необходим определённый отдых, переключение на другую деятельность, снижение нагрузки, т.е. переходный период. Годичный тренировочный цикл (или 2 цикла в году), в свою очередь, подразделяется на промежуточные мезоциклы, а те – на

недельные микроциклы. Такая цикличность соответствует естественным биоритмам человеческого организма и, кроме того, позволяет варьировать применяемые физические нагрузки.

Правильное чередование тяжести физических нагрузок с оптимальными интервалами отдыха обеспечивает возможность использования явлений суперкомпенсации – сверхвосстановления организма, когда следующее тренировочное занятие начинается с более высокого уровня работоспособности по сравнению с исходным. При этом режиме неуклонно растут результаты спортсмена и сохраняется его здоровье. Слишком большие интервалы не дают никакого прироста, а недостаточные интервалы приводят к падению работоспособности и ухудшению функционального состояния организма.

Тренировочные нагрузки должны постепенно повышаться в зависимости от достигнутого уровня функциональных возможностей, иначе даже при систематических занятиях будет обеспечиваться лишь их поддерживающий эффект. Например, при физических нагрузках у молодых людей ЧСС должна быть выше 150 уд/мин, а у пожилых – выше 130 уд/мин, иначе адаптивных сдвигов в организме, в частности в состоянии сердечной мышцы, не будет наблюдаться.

Для достижения высоких спортивных результатов должны использоваться максимальные нагрузки, которые вызывают мобилизацию функциональных резервов центральной нервной системы, двигательного аппарата и вегетативных систем, оставляя функциональный и структурный след тренировки.

II. Физиологические основы состояния тренированности

Правильная организация тренировочного процесса обуславливает состояние адаптированности спортсмена к специализированным нагрузкам или состояние тренированности. Его характеризуют 1) повышение функциональных возможностей организма и 2) увеличение экономичности его работы.

Овладение рациональной техникой выполнения упражнений, совершенство координации движений, повышение экономичности дыхания и кровообращения приводят к снижению энерготрат на стандартную работу, т.е. повышает её КПД.

Наиболее высокий уровень тренированности достигается в состоянии спортивной формы. Это состояние требует предельно возможной мобилизации всех функциональных систем организма, значительного напряжения регуляторных процессов. Соответственно, оно может сохраняться непродолжительное время в зависимости от индивидуальных особенностей спортсмена, его квалификации и др. факторов. Цена такого уровня адаптации оказывается высокой – при этом повышается реактивность организма на действие неблагоприятных условий среды, снижается его устойчивость к простудным и инфекционным заболеваниям, т.е. резко снижается иммунитет.

Характер физиологических сдвигов определяется направленностью тренировочного процесса – на быстроту, силу или выносливость, особенностями двигательных навыков, величиной нагрузки на отдельные мышечные группы и т.п., т.е. тренировочные эффекты специфичны.

Тренировочный эффект зависит от объема физической нагрузки – её длительности, интенсивности и частоты. Однако у каждого человека имеется генетически определяемый предел функциональных перестроек в процессе тренировки – его генетическая норма реакции. При одинаковых физических нагрузках различные люди отличаются по величине и скорости изменений функциональной подготовленности, т.е. по тренируемости.

Влияние наследственных факторов определяет степень развития физических качеств. Наименее тренируемыми качествами являются быстрота, гибкость, скоростно-силовые возможности. Генетически обусловлены изменения многих физиологических показателей (МПК, анаэробных возможностей, максимальной величины ЧСС, роста жизненной емкости лёгких и др.).

Отклонения от рационального режима тренировочных занятий, несоблюдение величин нагрузки и длительности отдыха ведут к развитию состояний перетренированности и перенапряжения.

III. Перетренированность

Систематическое выполнение интенсивных нагрузок на фоне значительного недовосстановления организма приводит к развитию у спортсменов состояния перетренированности. Напряженная двигательная деятельность в этом случае превышает функциональные возможности организма.

Перетренированность – это патологическое состояние организма спортсмена, вызванное прогрессирующим развитием переутомления вследствие недостаточного отдыха между тренировочными нагрузками. Это состояние тождественно по генезу невротическим расстройствам, развивающимся в результате нарушений высшей нервной деятельности. Главная причина перетренированности – это недостаточный отдых между нагрузками.

Это состояние характеризуется стойкими нарушениями двигательных и вегетативных функций, плохим самочувствием, падением работоспособности. Комплексные обследования спортсменов выявили преобладание тонуса симпатической нервной системы, неустойчивость психоэмоционального состояния, которое отражается в большом числе жалоб (до 80% случаев), повышенной мнительности, слезливости, симптомах раздражительной слабости, нарушениях сердечно-сосудистой деятельности. У некоторых лиц возникают явления депрессии, вялости, отсутствие интереса к тренировкам, спортсмен «спит на дистанции».

По данным корректурного теста, отмечено снижение умственной работоспособности: преобладает оценка низкая и ниже средней (60% случаев), и совершенно не наблюдается оценок высоких и выше средних.

В характере электрической активности мозга выявлено 2 типа изменений, соответственно клинике неврозов (типа неврастении или психостении): либо (в случае преобладания процессов возбуждения в коре больших полушарий и тонуса симпатической нервной системы) очень малая выраженность или полное отсутствие основного ритма покоя – альфа-ритма ЭЭГ и учащение фоновой активности до 14-17 Гц; либо (в случае депрессивного состояния) – низкая амплитуда и частота альфа-ритма 8-9 Гц. Отмечены нарушения предрабочей настройки корковой активности у перетренированных спортсменов, свидетельствующие о поражении механизмов «опережающего отражения действительности» (по П.К. Анохину), а также особая нерегулярность и нестабильность ЭЭГ во время работы, снижение в 2 раза выраженности рабочих ритмов мозга (медленных потенциалов в темпе движения), регулирующих темп циклических локомоций.

В развитии перетренированности выделяют 3 стадии.

- **Первая стадия** характеризуется прекращением роста спортивных результатов или их незначительным снижением, плохим самочувствием, снижением адаптивных реакций организма на нагрузку.
- **Вторая стадия** связана с прогрессирующим снижением спортивных результатов, затруднением процессов восстановления и дальнейшим ухудшением самочувствия.
- **Третья стадия** выявляется стойким нарушением функций сердечно-сосудистой, дыхательной и двигательной систем, резким снижением спортивной работоспособности, особенно выносливости, тяжелым самочувствием, постоянными нарушениями сна, отсутствием аппетита, потерей массы тела спортсмена.

Профилактика состояния перетренированности заключается в соблюдении режима тренировок и отдыха, адекватного функциональным возможностям организма спортсмена.

Восстановление нарушенной работоспособности требует (в зависимости от тяжести состояния перетренированности) либо снижения физических нагрузок, либо полного их прекращения. Спортсмену необходим активный отдых или полный отдых на протяжении от 1-2 недель до 1 месяца. Рекомендуется применение различных реабилитационных средств – витаминов, биологически активных веществ, массажа, физиотерапии и др.

IV. Перенапряжение

Перенапряжение – это резкое снижение функционального состояния организма, вызванное нарушением процессов нервной и гуморальной регуляции различных функций, обменных процессов и гомеостаза. Оно вызывается несоответствием между потребностями организма в энергоресурсах при физической нагрузке и функциональными возможностями их удовлетворения. В развитии этого состояния велика роль гормональной недостаточности – в особенности истощение при работе резервов адренокортикотропного гормона гипофиза.

При развитии перенапряжения нарушается баланс ионов натрия и калия, что вызывает отклонения в нормальном течении процессов возбуждения в нервной и мышечной системах. Эти изменения приводят, в частности, к очаговым и диффузным поражениям сердечной мышцы. При изменении её состояния возможны даже разрывы мышечных волокон миокарда непосредственно в процессе прохождения дистанции спортсменом. Главной причиной перенапряжения является чрезмерные и форсированные физические нагрузки.

Выделяют острое и хроническое перенапряжение.

Острое перенапряжение сопровождается резкой слабостью, головокружением, тошнотой, одышкой, сердцебиениями, падением артериального давления. Оно может в наиболее тяжелых случаях вызывать печеночные боли в правом подреберье, острую сердечную недостаточность, обморочное состояние, даже летальный исход.

Хроническое перенапряжение отмечается при многократных применениях тренировочных нагрузок, несоответствующих функциональным возможностям организма спортсмена. Оно проявляется в повышенной усталости, нарушениях сна и аппетита, колющих болях в области сердца, стойких повышениях или понижениях артериального давления. Работоспособность спортсмена резко падает.

Сокращение или полное прекращение физических нагрузок способствует восстановлению организма. Используют также лекарственные средства лечения сердечно-сосудистых расстройств. При этом необходимо уделять повышенное внимание сбалансированному питанию и дополнительному приёму витаминов.

Тема 10

Спортивная работоспособность в особых условиях

И. Влияние температуры и влажности воздуха на спортивную работоспособность

В комфортных условиях теплопотери осуществляются следующим образом:

15% – теплопроводением (при контакте тела человека с другими физическими телами) и конвекции (переноса тепла движущимися частицами воздуха или воды);

55% – излучением электромагнитных волн инфракрасного диапазона;

30% – испарением жидкости с кожных покровов и дыхательных путей (на испарение 1 л жидкости расходуется 580 ккал).

При повышении температуры окружающего воздуха испарение пота является ведущим механизмом теплоотдачи. Усиленное потообразование приводит к нарушению водного баланса организма – дегидратации (обезвоживанию), которая вызывает прежде всего напряжение функций сердечно-сосудистой системы.

Повышенная влажность воздуха затрудняет теплоотдачу, это ведет к накоплению тепла в организме, создавая риск перегревания и тепловых ударов. В таких условиях спортивная работоспособность существенно ухудшается.

Таким образом, снижение работоспособности спортсменов в условиях повышенной температуры и влажности воздуха может быть обусловлено снижением кислородтранспортных возможностей сердечно-сосудистой системы, дегидратацией организма и развитием его перегревания.

На основе механизмов саморегуляции предупреждение перегревания организма осуществляется тремя физиологическими процессами:

- усиление кожного кровотока, что увеличивает перенос тепла от ядра к поверхности тела и обеспечивает снабжение потовых желез водой. Кожный кровоток при физической работе в условиях высокой температуры увеличивается в 10-15 раз и составляет 20% МОК (в комфортных условиях – до 5%);
- усиленное потообразование и его испарение. Потоотделение у спортсменов на марафонской дистанции может достигать 12-15л/час, в обычных условиях в состоянии относительного покоя оно составляет 0,5-0,6 л в сутки;
- уменьшение скорости потребления кислорода и энергетических расходов, что приводит к снижению теплопродукции.

Потеря воды организмом при тренировках и соревнованиях и условиях жаркого климата может достигать до 8-10 л в сутки, вода выводится с мочой (около 1 л) и в виде пара при дыхании (0,75 л). Потери жидкости должны обязательно восполняться в достаточном количестве, небольшими дозами, с добавлением солей и витаминов.

Регулярное пребывание человека в условиях повышенной температуры и влажности воздуха, а также физические тренировки, связанные с повышением температуры тела, приводят к адаптации (акклиматизации) организма, что характеризуется повышением работоспособности в этих условиях. Лица, хорошо подготовленные физически, легче переносят повышение температуры и влажности воздуха. При подготовке к соревнованиям в жарком климате нужно проводить тренировки и аналогичных условиях за 10-14 суток.

Влияние пониженной температуры

При пребывании человека в условиях пониженной температуры воздуха (Крайний Север, Заполярье) энергия АТФ расходуется, главным образом, на теплопродукцию и меньше её остаётся на обеспечение мышечной работы. В организме происходит перестройка обменных процессов. Повышается потребность в жирах. Уменьшаются запасы углеводов (в крови вдвое) и увеличиваются запасы жиров, возрастает активность гормонов щитовидной железы, повышается основной обмен. Эти перестройки в организме снижают физическую работоспособность.

II. Спортивная работоспособность при изменении барометрического давления

Различают гипобарическое (пониженное) и гипербарическое (повышенное) давление. В обоих случаях основным биологическим фактором, вызывающим снижение работоспособности является кислород. При этом процентное его содержание остается постоянным – 21%, а снижается или увеличивается его парциальное давление. На высоте свыше 3000 м развивается кислородная недостаточность – гипоксия, на глубине свыше 60 м – избыточное содержание кислорода – гипероксия.

Пониженное барометрическое давление

Высота до 1000 метров – низнегорье, 1000-3000 м – среднегорье, выше 3000 м – высокогорье. Первые дни в среднегорье – снижение аэробных возможностей, увеличение энергозатрат, ухудшение функционального состояния: вялость, нарушение сна. Через 10-15 суток наступает адаптация. Затруднены только тяжелые физические нагрузки вследствие снижения парциального давления кислорода в крови (гипоксемия).

При снижении парциального давления кислорода во вдыхаемом и альвеолярном воздухе, в крови может развиваться патологическое состояние – гипоксия. Первые ее признаки появляются при снижении парциального давления кислорода во вдыхаемом воздухе ниже 140 мм рт.ст. (нормальная величина на уровне моря около 160 мм рт.ст.), что возможно на высоте свыше 1500 м. Гипоксию нередко называют «коварным» патологическим состоянием, которое характеризуется триадой признаков:

- эйфория (повышенное настроение);
- потеря сознания без предвестников;
- ретроградная амнезия.

Изменения функций организма при гипоксии носят адаптационный и компенсаторный характер и направлены на борьбу с кислородной недостаточностью. Это проявляется усилением функций органов дыхания и кровообращения, увеличением количества эритроцитов, гемоглобина, объема циркулирующей крови и возрастанием ее кислородной емкости.

При значительной степени кислородной недостаточности развивается ряд физиологических и патологических изменений – горная (высотная) болезнь:

- снижение подвижности нервных процессов;
- нарушение функций вегетативных и сенсорных систем;
- нарушение координации движений;
- уменьшение показателей физических качеств.

Субъективные признаки выражаются головной болью, головокружением, они сопровождаются носовыми кровотечениями, одышкой, тошнотой, рвотой, возможна потеря сознания. Описанные изменения приводят к снижению работоспособности, главной причиной которого является увеличение кислородного долга.

По мере пребывания на высоте устойчивость организма к недостатку кислорода повышается, улучшается самочувствие людей, стабилизируются функции организма и физическая работоспособность, т.е. наступает адаптация (акклиматизация), которая осуществляется по двум физиологическим механизмам:

- повышение доставки кислорода тканям;
- приспособление органов и тканей к пониженному содержанию кислорода в крови и уменьшение вследствие этого уровня метаболизма.

После пребывания спортсменов в среднегорье и по возвращении их на равнину, в течение 3-4 недель сохраняется повышенная физическая работоспособность, а спортивные результаты нередко улучшаются. Физиологический смысл этого явления заключается в адаптированности организма к условиям гипоксии. Поэтому перед ответственными соревнованиями, особенно в видах спорта на выносливость, рекомендуются тренировки спортсменов в горных условиях или в специальных рекомпрессионных камерах. Разработана также тренировка с дыханием в замкнутом пространстве (например, в резиновый мешок), в котором по мере дыхания снижается содержание кислорода.

Влияние повышенного барометрического давления

Представители некоторых спортивных специализаций в период пребывания под водой подвергаются воздействию повышенного барометрического давления. На организм оказывает влияние комплекс факторов (повышенное давление среды, повышенные парциальные давления газов, насыщение организма индифферентными газами), которые вызывают изменения:

– физиологические сдвиги: нарушение уравниваемости нервных процессов, с преобладанием процессов возбуждения; увеличение сопротивления дыханию, уменьшение скорости выдоха и снижение максимальной вентиляции легких; урежение сердечных сокращений, понижение максимального и повышение минимального артериального давления, т. е. уменьшение пульсового давления, замедление скорости кровотока, снижение количества циркулирующей крови, ударного и особенно минутного ее объемов, уменьшение количества эритроцитов и гемоглобина. Эти изменения являются приспособительными реакциями организма, направленные на ограничение избыточного поступления кислорода в органы и ткани. Через несколько часов все показатели возвращаются к норме.

– патологические изменения и профессиональные заболевания, связанные с нарушением режимов безопасности или неисправности дыхательной аппаратуры: отравление кислородом, кислородное голодание, отравление углекислым газом, переохлаждение или перегревание организма, утопление, баротравма легких и декомпрессионная болезнь. Лечением и профилактикой этой патологии занимаются специально подготовленные врачи-физиологи и водолазные специалисты. В случае появления профессиональных заболеваний пострадавшие должны доставляться в бароцентры (а не в больницы), где имеется необходимое оборудование для проведения лечебных мероприятий и соответствующие специалисты.

Эти изменения являются приспособительной реакцией организма, направленной на ограничение избыточного поступления кислорода в органы и ткани.

III. Спортивная работоспособность при смене поясно-климатических условий

Среди биологических ритмов человека (околосуточных, околосезонных, сезонных, годовых, многолетних) центральное место занимают околосуточные – циркадные, период которых колеблется около 24 часов. В настоящее время известно около 60 разных физиологических функций организма, имеющих четкую суточную периодичность, причем фаза максимальной деятельности в большинстве случаев приходится на период бодрствования, а минимум – примерно на 4 часа ночи. Строгое чередование физиологических процессов во времени является одним из выражений биологической целесообразности и физиологической целостности организма.

Возможность нарушения суточных биологических ритмов обусловлена двумя факторами:

- сменной работой;
- быстрым перемещением людей в широтном направлении при пересечении нескольких часовых поясов.

Перестройка биоритмов проявляется как субъективными, так и объективными нарушениями (быстрая утомляемость, слабость, бессонница в

ночное время и сонливость в дневные часы, изменениями функций организма и пониженная работоспособность) и называется «десинхронозом». На выраженность десинхроноза и скорости перестроек в организме в новых условиях влияют следующие факторы:

- величины поясно-временных сдвигов, направления перелета;
- контрастности поясно-климатического режима в пунктах постоянного и временного проживания;
- характера двигательной деятельности спортсменов.

При возвращении в место постоянного жительства реадaptация людей протекает в более короткий период, чем адаптация к новым условиям.

Формирование суточной периодики в новых условиях проходит в несколько фаз:

- 2-5-е сутки после перелета характеризуются снижением функции организма и прямых показателей работоспособности;
- 6-10-е сутки сопровождаются колебаниями названных показателей;
- 11-14-е сутки – характеризуются полным их восстановлением и после 15 суток иногда отмечается превышение исходного уровня (сверхвосстановление).

Существенное влияние на процессы адаптации к новым поясно-климатическим условиям оказывает специфика двигательной деятельности. В частности, десинхроноз больше сказывается на выполнении скоростных, скоростно-силовых и сложно координационных упражнений; в упражнениях на выносливость его влияние значительно меньше.

IV. Гендерные особенности нормирования физических нагрузок

Женский организм характеризуется более ранним развитием физических качеств. Паспортный возраст, таким образом, зачастую недостаточно объективно отражает физическое состояние и развитие женского организма ввиду наличия периодических колебаний: ускоренного физического развития – акселерации и замедленного – ретардации. Интересен также тот факт, что у женщины достаточно лабильна физическая сила, на которую оказывают влияние многие факторы, в том числе фаза менструального цикла, общий гормональный и психоэмоциональный фон. Так, до овуляции наблюдается относительная ваготония. Активная динамика изменений в женском организме, характерная для интенсивно тренирующихся спортсменок, обуславливает уменьшение адаптационных резервов организма и способствует снижению резистентности к неблагоприятным внешним воздействиям. Этим объясняется частое нарушение репродуктивного здоровья у занимающихся скоростно-силовыми видами спорта женщин.

Физическая нагрузка имеет возможность как прямого, так и опосредованного (через оказание влияния на ядро клетки и её генетический материал) воздействия на метаболические процессы, происходящие в женском организме, а также на основные иммунные, нейрогуморальные и

адаптационные механизмы. При систематических тренировках обычно наблюдаются увеличение порога возбудимости, а также активация симпатоадреналовой и гипофизарно-адренокортикальной систем.

Вследствие акселерации-ретардации биологический и паспортный возраст у спортсменов может не совпадать. Это необходимо учитывать как при планировании физиологически обоснованного режима тренировочных нагрузок, так и при построении физкультурно-оздоровительных программ.

В целом физическая нагрузка схожа по эффектам своего влияния на женский организм с физиотерапевтическим воздействием, а также с химически активными веществами и лекарствами. При характеристике воздействия физических нагрузок, особенно скоростно-силовой направленности, встречаются термины, аналогичные фармацевтическим, но имеющие отношение к дозированию нагрузки: «порог чувствительности», «терапевтическая доза», «токсическое воздействие». Таким образом, в зависимости от адекватности воздействия, общего состояния организма спортсменки, особенностей её гормонального и психоземotionalного фона физическая нагрузка может быть для женщины как фактором, способствующим повышению уровня здоровья и функционального состояния, так и причиной развития преморбидных состояний и даже патологии.

V. Физиологические изменения в организме при плавании

Спортивная деятельность при плавании имеет ряд физиологических особенностей, отличающих её от физической работы в обычных условиях воздушной среды:

- движение в плотной водной среде;
- горизонтальное положение тела;
- большая теплоёмкость воды.

Плотность воды более чем в 700 раз больше плотности воздуха, поэтому при плавании наблюдается затруднение движений, ограничение скорости и большие энерготраты, мышечная работа затрачивается не на удержание пловца на воде, а на преодоление силы лобового сопротивления.

Гипогравитация приводит к тому, что масса тела человека в воде не превышает 1-1,5 кг. В таких условиях в спокойном состоянии деятельность различных органов и систем аналогична их функционированию в состоянии невесомости. Этому способствует и горизонтальное положение тела при плавании, что облегчает работу сердца, улучшает расслабление мышцы и функции суставов.

Теплоемкость воды в 25 раз, а её теплопроводность в 5 раз больше, чем воздуха. Поэтому длительное пребывание пловцов даже в относительно теплой воде может приводить к значительным потерям тепла и переохлаждению тела. Однако у тренированных пловцов механизмы, обеспечивающие сохранение температурного гомеостаза, более совершенны, чем у людей, не

адаптированных к охлаждению. Поэтому плавание в любом возрасте является одним из эффективных средств закаливания.

Названные особенности водной среды оказывают специальное влияние на деятельность различных органов и систем. В частности, в процессе тренировки у пловцов формируется особое комплексное восприятие различных раздражителей, называемое «чувством воды», при наличии которого пловцы хорошо анализируют малейшие изменения в величине сопротивлении воды, ее давление и температуру. Эти ощущения способствуют улучшению движений пловца.

Особенности функционирования различных органов и систем у пловцов:

1. Функции зрительной и слуховой систем при нахождении пловца под водой существенно ухудшаются.

2. Двигательная деятельность пловца, обусловлена горизонтальным положением тела, большим сопротивлением воды движению, выработкой специфических двигательных автоматизмов и новых координаций движений, строгой последовательностью работы отдельных мышечных групп, включением в работу преимущественно мышц рук и плечевого пояса (до 70%) и ног при плавании брассом. Под влиянием тренировки у пловцов хорошо развивается сила мышц. При плавании основные мышечные группы выполняют динамическую работу. Мышцы должны быть адаптированы к работе как в аэробных, так и в анаэробных условиях. При этом, чем длиннее дистанция, тем большее значение приобретают аэробные процессы.

Деятельность вегетативных органов: тренированным пловцам свойственны брадикардия, умеренное повышение артериального давления, усиленный венозный приток к сердцу, увеличение ударного и минутного объемов крови, расширение полостей сердца и умеренная гипертрофия миокарда, уменьшение длительности дыхательного цикла, увеличение частоты и минутного объема дыхания. Легочная вентиляция при плавании может возрастать до 120-150 л/мин, ЖЕЛ у хорошо тренированных пловцов достигает 6 л.

В системе крови – увеличение содержания эритроцитов, гемоглобина и лейкоцитов.

При плавании почти отсутствует потоотделение, поэтому продукты обмена веществ у пловцов могут выводиться только через почки, что предъявляет дополнительные требования к их функциям. Изменение деятельности почек является одной из специфических реакции организма на плавание.

Потребление кислорода при плавании у квалифицированных спортсменов составляет около 5-6 л в мин, что близко к величинам МПК. Кислородный запрос у пловцов доходит до 30 л в мин, он не полностью удовлетворяясь, приводит к развитию кислородного долга (10-15 л). При плавании хорошо развиваются аэробные и анаэробные возможности организма, позволяющие обеспечивать высокие энерготраты (до 10-15 ккал в мин). Однако КПД при

плавании очень низкий и у высококвалифицированных спортсменов не превышает 4-5%. Плавание как вид спорта – удел молодых; для людей зрелого и пожилого возраста – хорошее средство физического развития, тренировки на выносливость и закаливания.

Вопросы для самоконтроля по II модулю:

1. Роль эмоций при спортивной деятельности.
2. Физиологические основы предстартовых состояний.
3. Физиологические основы разминки.
4. Физиологические основы вработывания.
5. Физиологические основы устойчивого состояния.
6. Физиологические основы утомления.
7. Физиологические основы восстановления.
8. Формы проявления, механизмы и резервы развития силы.
9. Формы проявления, механизмы и резервы развития быстроты.
10. Формы проявления, механизмы и резервы развития выносливости.
11. Понятие о ловкости. Механизмы и закономерности развития.
12. Понятие о гибкости. Механизмы и закономерности развития.
13. Физиологические закономерности и стадии формирования двигательных навыков.
14. Физиологические основы совершенствования двигательных навыков.
15. Физиологические основы процесса тренировки.
16. Физиологические основы состояния тренированности.
17. Перетренированность.
18. Перенапряжение.
19. Влияние температуры и влажности воздуха на спортивную работоспособность.
20. Спортивная работоспособность при изменении барометрического давления.
21. Спортивная работоспособность при смене поясно-климатических условий.
22. Гендерные особенности физических нагрузок.
23. Физиологические изменения в организме при плавании.

Список рекомендуемой литературы

Основная:

1. Агаджанян Н.А., Смирнов В.М. Физиология: Учебник для вузов. - М.: Медицинское информационное агентство, 2009. - 520 с.
2. Михайлова Н.Л., Чемпалова Л.С. Физиология центральной нервной системы: Учебное пособие. - Ульяновск, 2010. - 164 с.
3. Судаков К.В. Нормальная физиология: Учебник для вузов. - М.: ГЭОТАР-Медиа, 2012. - 880 с.
4. Солодков А.С., Сологуб Е.Б. Физиология человека. Общая. Спортивная. Возрастная: учебник. - Советский спорт, 2012. - 624 с
5. Обреимова, Н.И., Петрухин, А.С. Основы анатомии, физиологии и гигиены детей и подростков: Учеб. пособ. для вузов.- М.: Академия, 2007. - 376 с. .
6. Павлов С.Е. Физиологические основы подготовки квалифицированных спортсменов: Учебное пособие для вузов. - МГАФК, 2009. - 54 с.

Литература к лабораторным занятиям:

1. Айдаркин Е.К., Кульба С.Н., Иваницкая Л.Н., Глумов А.Г., Воронова Н.В., Хренкова В.В., Золотухин В.В. Малый практикум по физиологии человека и животных / Учебное пособие. ЮФУ, 2009. – 196 с.

Дополнительная литература:

1. Алейникова Т.В., Думбай В.Н., Хананашвили Я.А. Начала нейрофизиологии: Учебное пособие. - Ростов н/Д: ЮФУ, 2010. - 195 с.
2. Думбай В.Н., Кульба С.Н., Кундупьян О.Л., Хусайнова И.С. Сто вопросов по анатомии человека: Учебное пособие. - Ростов н/Д: ЮФУ, 201. - 104 с.
3. Думбай В.Н., Кульба С.Н., Глумов А.Г. Кирпач Е.С. Тестовые задания по физиологии человека и животных: Учебное пособие. Часть 1-6. - Ростов н/Д: ЮФУ, 201. - 300 с.

Список авторских методических разработок

1. Айдаркин Е.К., Кульба С.Н., Иваницкая Л.Н., Глумов А.Г., Воронова Н.В., Хренкова В.В., Золотухин В.В. Малый практикум по физиологии человека и животных / Учебное пособие. ЮФУ, 2009. – 196 с.
2. Хренкова В.В. Общая физиология / учебно-методическое пособие – Ростов-на-Дону: ЮФУ, 2011.- 48 с.
3. Хренкова В.В. Физиология и физиология ФВиС /Учебно-методическое пособие. Ростов н/Д: ЮФУ, 2012.-56 с.
4. Хренкова В.В. Физиология и физиология ФВиС /Учебно-методическое пособие. Ростов н/Д: ЮФУ, 2013.-60 с.

Периодические издания

1. Научно-теоретический журнал «Теория и практика физической культуры». - Москва

2. Научно-практический журнал «Валеология». - Ростов-на-Дону: ЮФУ

Интернет-ресурсы

http://yandex.ru/images/search?img_url=http%3A%2F%2Fwww.tryphonov.ru
(рисунок)

<http://incampus.sfedu.ru/>

<http://tv.sportedu.ru/video/issledovanie-dykhatelykh-funktsii-sportsmenov>

<http://dvsesmedmorf.blogspot.com/>

<http://www.sportguns.ru/19/psiholog-v-sporte/>

<http://19.sportportal.su/>

<http://telegraf.by/sport/>

<http://video.yandex.ru/users/pugachev-alexander/>

<http://sportmedru.blogspot.com/>

<http://www.tiensmed.ru/sportsman5.html>

<http://www.medic-21vek.ru/rubric/>

<http://sportom.ru/content/view/>

Список использованной литературы

1. Агаджанян, Н.А. Биоритмы, спорт, здоровье / Н.А. Агаджанян, Н.Н. Шабатура / Москва. – 1989. – 208 с.
2. Алейникова, Т.В. Психодиагностика / Т.В. Алейникова / Ростов-на-Дону: Феникс, 2001. – 352 с.
3. Афанасьев, В.В. Прогнозирование физической подготовленности юных футболистов и легкоатлетов / В.В. Афанасьев, Н.М. Соколова, А.В. Муравьев, И.Н. Непряев, А.А. Муравьев, П.В. Михайлов // Научно-теоретический журнал «Ученые записки». – 2008. – №1 (35) – С.9-13.
4. Баевский, Р.М. Математический анализ изменений сердечного ритма при стрессе / Р.М. Баевский, О.И.Кириллов, С.З. Клецкин / М., 1984. – 225 с.
5. Бальсевич, В.К. – Методологические принципы исследований по проблеме отбора и спортивной ориентации / В.К. Бальсевич // Теория и практика физической культуры. – 1980. – №1. – С.31-33.
6. Баршай, В.М. Валеодиагностика / В.М. Баршай, В.И. Бондин, В.А. Каплиев, А.В. Лысенко / Ростов н/Д: изд-во РГПУ, 1999. – 100 с.
7. Батуев, А.С. Высшая нервная деятельность / А.С. Батуев / СПб: Лань, 2002. – 416 с.
8. Болобан, В. Стабилография: достижения, перспективы / В. Болобан, Т. Мистулова // Наука в олимпийском спорте. – 2000. – Спец. вып. – С. 5-13.
9. Брагина, Н.Н. Функциональная асимметрия человека /Н.Н. Брагина, Т.А. Доброхотова / М.: Медицина, 1988. – 240 с.
10. Вербицкий, Е.В. Психофизиология тревожности / Е.В. Вербицкий / Ростов н/Д: изд-во РГУ, 2003. – 192 с.
11. Вергунов, Е.Г. Скорость реакции на стимулы различной модальности школьников с различной успеваемостью / Е.Г. Вергунов // Известия РГПУ им. А. И. Герцена. – 2009. – № 98. – С. 255-258.
12. Войнов, В.Б. Практикум по валеологии / В.Б. Войнов / Ростов: УНИИВ, 1999. – 194 с.
13. Войнов, В.Б. Практикум по валеологии для высших учебных заведений / В.Б. Войнов, Л.А. Бугаев, А.Г. Трушкин, В.В. Хренкова, В.В. Золотухин / Ростов н/Д: изд-во ООО ЦВВР, 2001. – 251 с.
14. Войнов, В.Б. Методы оценки состояния систем кислородообеспечения организма человека: Учебно-методическое пособие / В.Б. Войнов, Н.В. Воронова, В.В. Золотухин / Ростов на/Д.: изд-во ООО ЦВВР, 2001. – 108 с.
15. Гигиена физического воспитания и спорта: Учеб. пособие для студ. высш. пед. учеб. заведений / Я.С. Вайнбаум, В.И. Коваль, Т.А.Родионова / М.: Издательский центр «Академия», 2002. – 240 с.
16. Гистология (введение в патологию) / под ред. Э.Г. Улумбекова, Ю.А. Чельшева. – М.: ГЭОТАР МЕДИЦИНА. – 1998. – 960 с.

17. Голоденко, Г.Н. К вопросу о некоторых гендерных особенностях при планировании оздоровительных занятий / Г.Н. Голоденко, Ю.Ю. Голик, И.А. Пономарева // в сб. мат. Третьей всероссийской с международным участием научно-практической конференции «Образование, спорт, здоровье в современных условиях окружающей среды». – Ростов н/Д: ЮФУ, 2014. – С.193-194.

18. Гольник, Ф.Д. Биохимическая адаптация к упражнениям: Анаэробный метаболизм / Ф.Д. Гольник, Л. Германсен // Наука и спорт. – Москва: Прогресс, 1982. – С.14-59.

19. Грекова, Г.А. Биохимическая характеристика тренированного и перетренированного организма спортсмена / Г.А. Грекова, Г.П. Неминуший, А.А. Ананян // в сборнике XI Международной научно-практической конференции «Инновационные преобразования в сфере физической культуры, спорта и туризма» п/ред Ю.И. Евсеева. – Ростов-н/Д-Новомихайловский, 2008. – Т.2. – 352 с. – С.142-145.

20. Губа, В. Современные проблемы ранней спортивной ориентации / В. Губа, М. Вольф, В. Никитушкин / Москва, 1998. – 72 с.

21. Данилова, Н.Н. Зависимость сердечного ритма от тревожности как устойчивой индивидуальной характеристики / Н.Н. Данилова, С.Г. Коршунова, Е.Н. Соколов, В.Н. Чернышенко // Журнал высш. нервн. деят. им. И.П. Павлова. – 1995. – Т. 45. – № 4. – С. 647-666.

22. Данилова, Н.Н. Физиология ВВД / Н.Н. Данилова, А.Л. Крылова. / М.: Учебная литература, 1997. – 432 с.

23. Думбай, В.Н. Физиологическая основа валеологии труда и спорта / В.Н. Думбай, К.Е. Бугаев, под ред. Г.А. Кураева / Ростов н/Дону: Феникс, 2008 – 478 с.

24. Ермолаев, Ю.А. Возрастная физиология /Ю.А. Ермолаев / М.: Вита, 1985. – 384 с.

25. Исаев, Г.Г. Регуляция дыхания при мышечной работе / Г.Г. Исаев / Ленинград: Наука, 1990. – 208 с.

26. Калинин, М.И. Биохимические механизмы адаптации при мышечной деятельности / М.И. Калинин, М.Д. Курский, А.А. Осипенко / Киев: Вища школа, 1986. – 183 с.

27. Капилевич, Л.В. Физиологические методы контроля в спорте: учебное пособие / Л.В. Капилевич, К.В. Давлетьярова, Е.В. Кошельская, Ю.П. Бредихина, В.И. Андреев / Томск: ТПУ, 2009. – 172 с.

28. Каплан, А.Я. Человек тревожный (Номо anxius): в поисках гармонии / А.Я. Каплан // Материалы 7-го Междисциплинарного симпозиума «Психофизиология стресса». – Москва. – 2003. – С. 29-32.

29. Карпман, В.Л. Спортивная медицина: Учебник для институтов физической культуры / В.Л. Карпман / М., 1988. – С. 140-142.

30. Коган, А.Б. О значении функциональной латерализации в формировании сложных двигательных актов у спортсменов / А.Б. Коган, А.Б.

Порошенко, П.Н. Ермаков, Г.А. Кураев // Физиология человека. – 1982. – № 6. – С. 989-993.

31. Косованова, Л.В. Скрининг-диагностика здоровья школьников и студентов. Организация оздоровительной работы в образовательных учреждениях /Л.В. Комованова, М.М. Мельникова, Р.И. Айзман / Новосибирск, 2003. – 240 с.

32. Кузнецов, В.С. Базовые виды спорта и частные методики обучения / В.С. Кузнецов / Москва, 2002. – 128 с.

33. Кузнецов, В.С. Гигиена в физкультуре и спорте / В.С. Кузнецов / Москва, 2001. – 80 с.

34. Кураев, Г.А. Функциональная асимметрия мозга и обучение / Г.А. Кураев / Ростов н/Д: РГУ, 1982. – 158 с.

35. Лебедева, И.А. Морфологические аспекты репаративного гистогенеза скелетной мышечной ткани у белых крыс и озёрных лягушек / И.А. Лебедева / Дис...канд. мед. наук. – Волгоград, 2005. – 178 с.

36. Литовченко, О.Г. Хронорефлексометрическая характеристика работоспособности жителей среднего приобья от 7 до 20 лет / О.Г. Литовченко, Е.А. Аренд // Современные наукоемкие технологии. – 2007. – №11. – С. 24-29.

37. Макарова, Г.А. Медицинский справочник тренера / Г.А. Макарова, С.А. Локтев / М.: Советский спорт, 2006. – 587 с.

38. Меерсон, Ф.З. – Концепция долговременной адаптации / Ф.З. Меерсон / Москва: Дело, 1993. – 138 с.

39. Меерсон, Ф.З. Основные механизмы индивидуальной адаптации / Ф.З. Меерсон / Физиология адаптационных процессов. – Москва: Наука, 1986. – С. 10-76.

40. Мохан, Р. Биохимия мышечной деятельности и физической тренировки / Р. Мохан, М. Глессон, П.Л. Гринхафф / Киев: Олимпийская литература, 2001. – 296 с.

41. Мураков, И.В. Оздоровительные эффекты физической культуры и спорта / И.В. Мураков / Киев, 1989. – 203 с.

42. Никитюк, Б.А. Адаптация, конституция и моторика / Б.А. Никитюк // Теория и практика физической культуры. – 1989. – №1. – С.40-42.

43. Николаев, А.А. Двигательная активность и здоровье современного человека: Учебное пособие для преподавателей и студентов высших учебных заведений физической культуры / А.А. Николаев / Смоленск: СГИФК, 2005. – 93 с.

44. Ноздрачёв, А.Д. Принцип активной адаптации в проблеме функционального состояния: от теории к практике диагностики и укрепления здоровья / А.Д. Ноздрачёв, Т.И. Баранова, Г.Н. Баскакова, Д.Н. Берлов, Л.П. Павлова, И.Н. Январёва // в сб. мат. I Всероссийской научно-практической конференции «Функциональное состояние и здоровье человека». – Ростов н/Д, 2006. – 270 с. – С. 23-24.

45. Панков, Г.А. Современные представления о механизмах влияния скоростно-силовых физических нагрузок на организм женщины / Г.А. Панков, Е.Г. Панкова // Адаптивная физическая культура. – 2010. – № 2 (42). – С. 17-20.
46. Платонов, В.Н. Система подготовки спортсменов в олимпийском спорте / В.Н. Платонов / Москва: Советский спорт, 2005. – 820 с.
47. Рафф, Г. Секреты физиологии / Г. Рафф / С-Пб: Невский диалект, Бинум, 2001. – 190 с.
48. Руководство к лабораторным занятиям по общей и возрастной физиологии / под ред. А.А. Гуминского и др. – М.: Просвещение, 1990. – 239 с.
49. Солодков, А.С. Физиология человека: общая, спортивная, возрастная / А.С. Солодков, Е.Б. Сологуб / М.: Олимпия Пресс, 2005. – 528 с.
50. Физиология человека / под редакцией Г.И. Косицкого. – 3-е издание переработанное и дополненное. – М.: Медицина, 1985. – 544 с.
51. Фомин, Н.А. Физиология человека. Учебное пособие для студентов факультета физической культуры пед. институтов / Н.А. Фомин / М.: Просвещение, 1992. – 351 с.
52. Черноситов, А.В. Функциональная межполушарная асимметрия мозга / А.В. Черноситов / Ростов н/Д: Печатный квартал. – 2009. – 184 с.

Учебное издание

Ирина Александровна Пономарева
Вера Валерьевна Хренкова

Физиология физической культуры и спорта
(Физиологические основы мышечной деятельности)

Учебное пособие

Подписано в печать 20.11.2015 г. Заказ № 4837.
Тираж 100 экз. Формат 60×84 ¹/₁₆. Усл. печ. л. 7,09. Уч.изд.л. 6,46.
Отпечатано в отделе полиграфической, корпоративной и сувенирной продукции
Издательско-полиграфического комплекса КИБИ МЕДИА ЦЕНТРА ЮФУ.
344090, г. Ростов-на-Дону, пр. Стачки, 200/1, тел. (863) 247-80-51.