



УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ
ПОЛЕССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

В.В. Маринич

ФИЗИОЛОГИЯ СПОРТА

для подготовки студентов специальностей:

6-05-1012-01 «Физическая культура»,

6-05-1012-02 «Тренерская деятельность (с указанием вида спорта)»,

6-05-1012-03 «Физическая реабилитация и эрготерапия»

Пояснительная записка

Конспект лекций

Лабораторные работы

Учебная программа дисциплины

Литература

Вопросы к экзамену

**Пинск
ПолесГУ
2022**

**Рассмотрено и утверждено на заседании научно-методического
совета 3 января 2023 г., протокол № 2**

СОГЛАСОВАНО

Декан факультет

_____ Т.В.Маринич

СОГЛАСОВАНО

Заведующий кафедрой

_____ Н.Г. Кручинский

Оглавление

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА	6
СОДЕРЖАНИЕ.....	8
Раздел 1 Введение в учебную дисциплину «Физиология спорта»	8
Содержание физиологии спорта.	8
Физиологическая классификация физических упражнений.....	8
Общая физиологическая классификация физических упражнений.....	8
Физиологическая классификация спортивных упражнений	18
Классификация циклических упражнений.....	22
Классификация ациклических упражнений.....	32
Раздел 2 Физиологическая характеристика состояний организма, возникающих в процессе мышечной деятельности	34
Предстартовое состояние.....	35
Разминка.....	38
Врабатывание, "мертвая точка", "второе дыхание".....	40
Устойчивое состояние.....	44
Утомление	49
Локализация и механизмы утомление	49
Утомление при выполнении различных спортивных упражнений	57
Восстановление	60
Активный отдых	67
Физиологические основы мышечной силы и скоростно-силовых качеств (мощности).....	68
Раздел 3 Физиологические основы развития физических качеств и формирования двигательного навыка	68
Физиологические основы мышечной силы.....	68
Связь произвольной силы и выносливости.....	73
Физиологические основы скоростно-силовых качеств (мощности).....	77
Физиологические основы выносливости	87
Аэробные возможности организма и выносливость	88
Кислородтранспортная система и выносливость	91
Размеры, эффективность работы и метаболизм спортивного сердца.....	115
Распределение сердечного выброса,.....	118
мышечный кровоток и АВР-О ₂	118
Биохимическая адаптация мышц к тренировке выносливости.....	128
Определение максимального потребления кислорода (МПК) как интегрального показателя аэробных возможностей организма	131
Физиологические механизмы развития гибкости и ловкости	137
Понятие о ловкости, ее развитие.....	137
Формы проявления быстроты	138
Физиологические резервы развития быстроты.....	141
Физиологические механизмы формирования двигательных навыков	141
Фазы формирования двигательного навыка	142
Афферентный синтез	143
Раздел 4 Физиологические основы спортивной тренировки	143

Физиологические механизмы адаптации к физическим нагрузкам и физиологические резервы организма	143
Физиологические основы построения тренировочных занятий и тренировочных циклов	144
Физиологический механизм эффекта последствия	145
Срочная и долговременная адаптация к физическим нагрузкам	147
Функциональная система адаптации	151
Понятие о физиологических резервах организма, их характеристика и классификация	153
Физиологические механизмы развития тренированности.....	155
Физиологические особенности спортивной тренировки женщин	159
Аэробная работоспособность (выносливость) женщин	167
Определение состава тела спортсмена	177
Раздел 5 Физическая работоспособность в особых условиях окружающей среды	179
Влияние температуры и влажности воздуха на спортивную работоспособность	179
Тепловая адаптация у спортсменов	196
Спортивная деятельность в условиях пониженной температуры воздуха (холода)	202
Спортивная работоспособность в условиях пониженного атмосферного давления	206
Горная акклиматизация (адаптация к высоте)	216
Спортивная работоспособность в среднегорье и после возвращения на уровень моря	224
Смена поясно-климатических условий	228
Раздел 6 Физиологические основы спортивной тренировки детей и подростков.....	231
Возрастные особенности физиологических функций и систем	234
Развитие движений и формирование двигательных (физических) качеств	246
Физиологическая характеристика юных спортсменов	252
Спортивная ориентация и ее физиологические критерии	257
Раздел 7 Контроль и самоконтроль в процессе занятий физической культурой и спортом	259
Самоконтроль текущего функционального состояния организма человека в процессе занятий физической культурой и спортом. Врачебный контроль в профессиональном спорте	259
Врачебный контроль	260
Педагогический контроль	261
Самоконтроль.....	261
Субъективные показатели самоконтроля	262
Объективные показатели самоконтроля.....	264
ЛАБОРАТОРНЫЕ ЗАНЯТИЯ.....	266
Лабораторная работа №1	266
Лабораторная работа №2	269
Лабораторная работа №3	269
Лабораторная работа №4	273
Лабораторная работа №5	276
Лабораторная работа №6	280
Лабораторная работа №7	280
Лабораторная работа №8	283
Лабораторная работа №9	291
Лабораторная работа №10	298
Учебная программа.....	306

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ КАРТА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ	321
УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ КАРТА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ	324
УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ КАРТА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ	327
Основная литература.....	331
Дополнительная литература	331
Примерный перечень вопросов к экзамену.....	342

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Электронный учебно-методический комплекс (далее ЭУМК) включает систематизированные учебно-методические материалы по учебной дисциплине "Физиология спорта" и предназначен для использования в образовательном процессе при получении высшего образования для подготовки студентов по специальностям 6-05-1012-01 «Физическая культура», 6-05-1012-02 «Тренерская деятельность (с указанием вида спорта)», 6-05-1012-03 «Физическая реабилитация и эрготерапия». В основу преподавания положен принцип единства формы и функции в развитии и становлении организма человека под влиянием физической культуры и спорта. В процессе изучения дисциплины рассматриваются общетеоретические, возрастные и спортивные аспекты физиологии, вопросы прикладного и практического использования конкретных данных, методов и приемов в работе специалиста в области физической культуры и спорта.

В ЭУМК материал представлен в соответствии с программой дисциплины "Физиология спорта".

Использование данного ЭУМК поможет обучающемуся узнать:

- цель и задачи дисциплины физиология спорта;
- физиологическую классификацию спортивных упражнений;
- физиологические механизмы жизнедеятельности организма человека в условиях активной мышечной деятельности;
- закономерности и особенности функционирования организма при выполнении физической работы в разных зонах мощности;
- физиологическую характеристику основных физических качеств;
- физиологические закономерности функционирования организма в зависимости от возраста и пола во время тренировочного процесса и соревновательной деятельности;
- особенности физической работоспособности в различных геоклиматических условиях;
- методы исследования функционального состояния систем организма и отдельных органов.

В структуре ЭУМК представлены тесты и вопросы к экзаменам для контроля уровня освоения программы по дисциплине.

Методы обучения в рамках данной дисциплины соответствуют общим требованиям к формированию компетенций специалиста в области физической культуры и спорта. Курс предполагает изучение не только теоретических вопросов, но и формирование навыков и умений в процессе выполнения лабораторных работ.

На лекциях излагаются теоретические, методологические и методические положения и концепции с учетом

современных представлений о физиологии спорта.

На лабораторных занятиях студенты выполняют лабораторные работы, знакомятся с оборудованием, проводят исследования, решают ситуационные задачи, заполняют таблицы.

При изучении курса используются учебно-наглядные пособия: таблицы, учебные фильмы, измерительные приборы, мультимедийные презентации, лично и профессионально ориентированные педагогические технологии, активные формы и методы обучения.

Контроль усвоения знаний осуществляется посредством тестирования, письменных или устных опросов. К экзамену допускаются студенты, успешно выполнившие программу по дисциплине.

СОДЕРЖАНИЕ

Раздел 1 Введение в учебную дисциплину «Физиология спорта»

Содержание физиологии спорта. Физиологическая классификация физических и спортивных упражнений

Физиологическая классификация физических упражнений

В своей повседневной деятельности - в быту, на производстве, во время занятий физической культурой и спортом - человек выполняет самые разнообразные двигательные действия. С точки зрения физиологии совокупность непрерывно связанных друг с другом двигательных действий (движений), направленных на достижение определенной цели (решение двигательной задачи), является упражнением.

В соревновательном спортивном упражнении совокупность двигательных действий (движений) направлена на достижение максимально возможного спортивного результата (примеры спортивных упражнений: прыжок в высоту, метание копья, стрельба, спортивная игра, бег или плавание на определенную дистанцию).

Огромное число физических, в том числе спортивных, упражнений обуславливает необходимость их классификации. Физиологическая классификация объединяет в группы физические упражнения со сходными функциональными характеристиками. С одной стороны, это такие упражнения, для успешного выполнения которых могут быть использованы в определенной степени сходные режимы, средства и методы физического воспитания (спортивной тренировки). С другой стороны, в одну группу объединяются физические упражнения, которые могут быть в равной мере использованы в системе физического воспитания (спортивной тренировки) для повышения функциональных возможностей одних и тех же физиологических органов, систем и механизмов, а следовательно, одного и того же физического качества. Так, возможности сердечнососудистой и дыхательной систем, в наибольшей степени определяющие уровень развития выносливости, могут успешно повышаться при использовании разных физических упражнений одной группы: длительного бега, езды на велосипеде, плавания, бега на лыжах.

Общая физиологическая классификация физических упражнений

Наиболее общая физиологическая классификация физических упражнений может быть проведена на основе выделения трех основных характеристик активности мышц, осуществляющих соответствующее упражнение:

- 1) объем активной мышечной массы;
- 2) тип мышечных сокращений (статический или динамический);

3) сила или мощность сокращений.

Локальные, региональные и глобальные упражнения

В зависимости от объема активной мышечной массы все физические упражнения классифицируют на локальные, региональные и глобальные.

К локальным относятся упражнения, в осуществлении которых участвует менее 1/3 всей мышечной массы тела (стрельба из лука, из пистолета, определенные гимнастические упражнения).

К региональным относятся упражнения, в осуществлении которых принимает участие примерно от 1/3 до 1/4 всей мышечной массы тела (гимнастические упражнения, выполняемые только мышцами рук и пояса верхних конечностей, мышцами туловища и т. п.).

Глобальными называются упражнения, в осуществлении которых принимает активное участие более 1/3 всей мышечной массы тела (бег, гребля, езда на велосипеде и др.). Подавляющее большинство спортивных упражнений относится к глобальным.

Статические и динамические упражнения

В соответствии с типом сокращения основных мышц, осуществляющих выполнение данного упражнения, все физические упражнения можно разделить соответственно на статические и динамические.

К статическим упражнениям относится, например, сохранение фиксированной позы при удержании стойки на кистях (у гимнастов), в момент выстрела (у стрелка).

Большинство физических упражнений относится к динамическим. Таковы все виды локомоций: ходьба, бег, плавание и др.

Силловые, скоростно-силловые упражнения и упражнения на выносливость

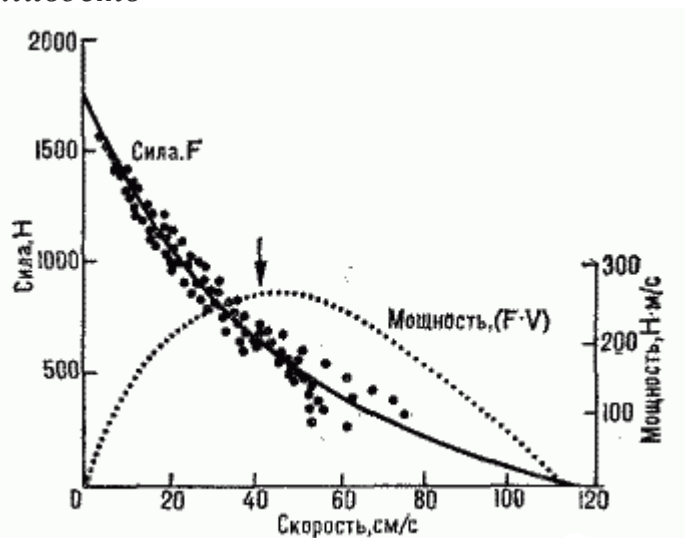


Рис. 1. Связь "сила скорость", полученная в исследовании на одном испытуемом при подъеме с максимальным усилием шести разных грузов:

штриховая линия мгновенные значения мощности; скорость, соответствующая максимальной мощности, указана стрелкой

При классификации физических упражнений по силе сокращения ведущих мышечных групп следует учитывать две зависимости: "сила - скорость" и "сила - длительность" мышечного сокращения.

В соответствии с зависимостью "сила - скорость" (рис. 1) при динамическом сокращении проявляемая сила обратно пропорциональна скорости укорочения мышц (скорости движения перемещаемого звена тела): чем больше эта скорость, тем меньше проявляемая сила. Другая формулировка этой зависимости: чем больше внешняя нагрузка (сопротивление, вес), тем ниже скорость укорочения (движения) и тем больше проявляемая сила, и наоборот, чем меньше внешняя нагрузка, тем выше скорость движения и меньше, проявляемая мышечная сила. Произведение силы на скорость мышечного сокращения определяет его мощность (см. рис. 1).

Зависимость "сила - длительность" мышечных сокращений, выражается в том, что чем больше сила (или мощность) сокращений мышц, тем короче их предельная продолжительность. Это справедливо как для локальной и региональной статической и динамической работы (рис. 2), так и для глобальной работы (рис. 3).

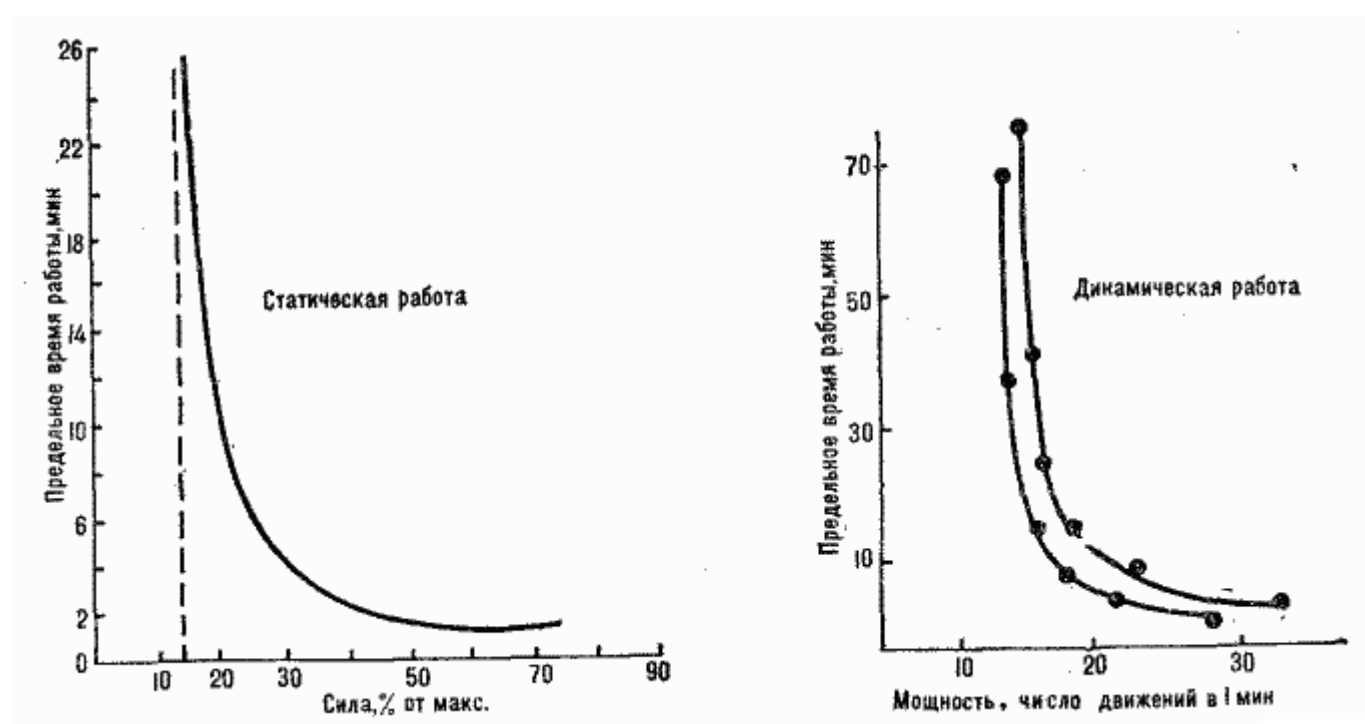


Рис. 2. Зависимость предельного времени работы от силы сокращения при локальной статической работе (слева) и от мощности (частоты движений) при локальной динамической работе (справа)

По проявляемой силе и мощности мышечных сокращений и связанной с ними предельной продолжительности работы все физические упражнения можно разделить на три группы: силовые, скоростно-силовые (мощностные) и на выносливость.

Силовыми можно считать упражнения с максимальным или почти максимальным напряжением основных мышц, которое они проявляют в статическом или динамическом режиме при малой скорости - движения (с большим внешним сопротивлением, весом). На рис. 1 силовым упражнениям соответствует левая часть кривой "сила - скорость". Предельная продолжительность упражнений с максимальным проявлением силы исчисляется несколькими секундами. Сила является основным двигательным качеством, определяющим успех выполнения силовых упражнений.

Скоростно-силовыми (мощностными) являются такие динамические упражнения, в которых ведущие мышцы одновременно проявляют относительно большие силу и скорость сокращения, т. е. большую мощность. Максимальная мощность мышечного сокращения достигается в условиях максимальной активации мышцы при скорости укорочения около 30% от максимальной для ненагруженной мышцы. На кривой "сила - скорость" скоростно-силовые упражнения занимают срединное положение - до 50-60% от максимальной скорости (см. рис. 1). Максимальную мощность мышцы развивают при внешнем сопротивлении (грузе), составляющем 30-50% от их максимальной (статической) силы. Предельная продолжительность упражнения с большой мощностью мышечных сокращений находится в диапазоне, от 3-5 с до 1-2 мин - в обратной зависимости от мощности мышечных сокращений (нагрузки). Мощность играет важнейшую роль в скоростно-силовых упражнениях.

Упражнениями на выносливость считаются такие упражнения, при выполнении которых ведущие мышцы развивают не очень большие по силе и скорости сокращения, но способны поддерживать или повторять их на протяжении длительного времени - от нескольких минут до многих часов (в обратной зависимости от силы или мощности мышечных сокращений). Выносливость - ведущее физическое качество для упражнений этой группы.

Более подробная физиологическая характеристика силовых и скоростно-силовых упражнений дается в гл. 3, упражнений на выносливость - в гл. 4.

Энергетическая характеристика физических упражнений

Энергетическая стоимость служит важнейшей характеристикой упражнения. Для определения энергетической стоимости физического упражнения, используют два показателя: энергетическую . мощность и валовый (общий) энергетический расход.

Энергетическая мощность - это количество энергии, расходуемое в среднем за единицу времени при выполнении данного упражнения. Она измеряется обычно в физических единицах: ваттах, ккал/мин, килоджоулях в минуту, а также в "физиологических":

скорости потребления O_2 (мл O_2 /мин) или в МЕТ'ах (метаболический эквивалент, т. е. количество O_2) потребляемого в 1 мин - на 1 кг веса тела в условиях полного покоя лежа. 1 МЕТ равен 3,5 мл O_2 /кг мин).

Валовый (общий) энергетический расход - это количество энергии, расходуемой во время выполнения всего упражнения в целом. Валовый энергетический расход (общая энергетическая стоимость упражнения) может быть определен как произведение средней энергетической мощности на время выполнения упражнения.

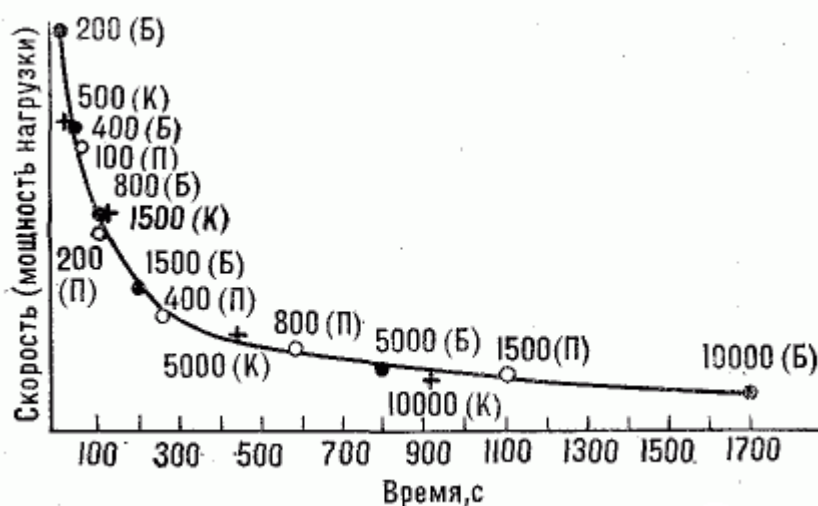


Рис. 3. Кривая зависимости рекордного (предельного) времени от скорости в беге (Б), плавании (П) и беге на коньках (К) (В. С. Фарфель).

При беге валовый энергетический расход на преодоление одинаковой дистанции в определенных пределах не зависит от скорости передвижения. Дело в том, что при увеличении скорости (энергетической мощности) время преодоления данной дистанции уменьшается, а при снижении скорости, наоборот, увеличивается, так что произведение энергетической мощности на время, т. е. общий энергетический расход, остается неизменным. Общая энергетическая стоимость преодоления одной и той же дистанции выше при беге, чем при ходьбе (до скорости около 8 км/ч): на каждый километр дистанции при ходьбе расходуется в среднем 0,72 ккал/кг веса тела у женщин и 0,68 ккал/кг веса тела у мужчин, а при беге соответственно 1,08 и 0,98 ккал/кг веса тела.

По показателям энергетической мощности физические упражнения обычно подразделяют на легкие, умеренные (средние), тяжелые и очень тяжелые (табл. 1).

Таблица 1. Классификация физических упражнений по расходу энергии (ккал/мин) у мужчин и женщин разного возраста.

Пол и возраст	Упражнения			
	легкие	умеренные (средние)	тяжелые	очень тяжелые
Мужчины:				
20-29	4,2	4,3-8,3	8,4-12,5	> 12,5
30-39	3,9	4,0-7,8	7,9-11,7	> 11,7
40-49	3,7	3,8-7,1	7,2-10,7	>10,7
50-59	3,2	3,3-6,3	6,4- 9,5	> 9,5
60-69	2,5	2,6-5,0	5,1- 7,5	> 7,5
Женщины:				
20-29	3,2	3,3-5,1	5,2-7,0	> 7,0
30-39	2,9	3,0-4,2	4,3- 6,5	> 6,5
40-49	2,7	2,8-4,0	4,1- 6,0	> 6,0
50-59	2,2	2,3-3,8	3,9- 5,5	> 5,5
60-69	1,9	2,0-3,5	3,6- 5,0	> 5,0

При оценке тяжести упражнения по энергетическим показателям необходимо учитывать еще целый ряд факторов: характер выполняемой работы (статический или динамический), объем активной мышечной массы (локальное, региональное или глобальное упражнение), размеры или вес тела, возраст, пол и степень тренированности (физической подготовленности) человека, выполняющего данное упражнение, внешние условия выполнения данного упражнения.

Так, если выполняется очень тяжелая локальная работа, которая может продолжаться лишь несколько десятков секунд, скорость энерготрат организма не превышает 1,2 ккал/мин (табл. 2). Такая же скорость расхода энергии характерна для региональной работы средней (умеренной) тяжести, которая может выполняться много десятков минут, и для глобальной, но очень легкой работы (крайне медленная ходьба по ровной местности), которая длится много суток подряд. Очень тяжелая глобальная работа для женщин в возрасте 50-59 лет с расходом энергии более 5,5 ккал/мин, которая может продолжаться лишь десятки секунд, является умеренной для мужчин 20-29 лет и может выполняться ими в течение нескольких часов (см. табл. 1).

Таблица 2. Классификация тяжести локальных, региональных и глобальных упражнений по энергозатратам (ккал/мин)

Вид работы	Упражнения		
	легкие	умеренные (средние)	тяжелые
Локальная кистью	0,3-0,6	0,6-0,9	0,9- 1,2
Региональная			
одной рукой	0,7-1,2	1,2-1,7	1,7-2,2
двумя руками	1,5-2,0	2,0-2,5	2,5-3,0
Глобальная	2,5-4,0	4,0-10,0	10,0-15,0

Особенно большие различия при энергетической оценке тяжести упражнений существуют между нетренированными людьми и высокотренированными спортсменами. Последние способны выполнять нагрузки с такими энергетическими затратами, которые недоступны нетренированным людям. У спортсменов в подавляющем числе видов спорта тяжесть физических упражнений по энергетическим (и другим) показателям превышает тяжелые или даже очень тяжелые нагрузки для нетренированных людей и является недоступной для последних (табл. 3).

Таблица 3. Энергетическая стоимость различных видов физической и спортивной деятельности (по данным Е. М. Берковича, Н. В. Зимкина, Н. И. Волкова и др.)

Вид деятельности	Энерг.стоимость.(ккал/мин)
Покой: лежа	1,5
сидя	1,6
стоя	1,7
Ходьба:	
3 км/ч	2
5 км/ч	4
7 км/ч	7
Бег:	
8 км/ч*	9
18 км/ч (5,0м/с)**	25

23 км/ч (6,3 м/с)***	40
26 км/ч (7,2 м/с) ****	60
32 км/ч (8,8-м/с)*****	100
Плавание:	
кроль 0,9 м/с	14
1,3 м/с	40
1,8 м/с	125
на спине 0,6 м/с	10
1,2 м/с	40
1,4 м/с	70
1,5 м/с	135
брасс 0,8 м/с	20
1,1 м/с	50
1,2 м/с	80
Ходьба на лыжах 13 км/ч	20
Бег на коньках	
4 м/с	10
8 м/с	15
10 м/с	25
Езда на велосипеде	
9 км/ч	5
15 км/ч	7
20 км/ч	10
более 30 км/ч	20
Гимнастика	
сгибание туловища	4

обороты на перекладине, прыжки	7
Танцы	3-8
Волейбол (развлек.)	3
Теннис	
одиночный	8
парный	5
Борьба	14
Спортивные игры (футбол, баскетбол, гандбол)	10-15

* Соответствует скорости бега трусцой.

** Соответствует скорости марафонского бега с результатом 2 час. 20 мин. *** Соответствует скорости бега на 10 000 м с результатом около 28 мин. **** Соответствует скорости бега на 1500 м с результатом около 3 мин 40 с. ***** Соответствует скорости бега на 400 м с результатом 45 с.

С физиологической точки зрения, тяжесть одного и того же физического упражнения сильно изменяется в зависимости от условий его выполнения (например, в горах или при повышенных температуре и влажности воздуха), хотя энергетическая стоимость его остается почти или полностью такой же, что и в обычных условиях.

Таким образом, оценка тяжести упражнения только по энергетическим критериям недостаточна. Поэтому многие классификации физических упражнений наряду с энергетическими характеристиками' (отнесенными к весу или поверхности тела) учитывают также ряд других физиологических показателей (табл. 4): скорость потребления O₂, частоту сердечных сокращений (ЧСС), легочную вентиляцию (ЛВ), температуру тела, дыхательный коэффициент-(ДК), содержание молочной-кислоты в крови и др.

Таблица 4. Классификация физической работы по энергетическим и физиологическим показателям (по данным у нетренированных мужчин)

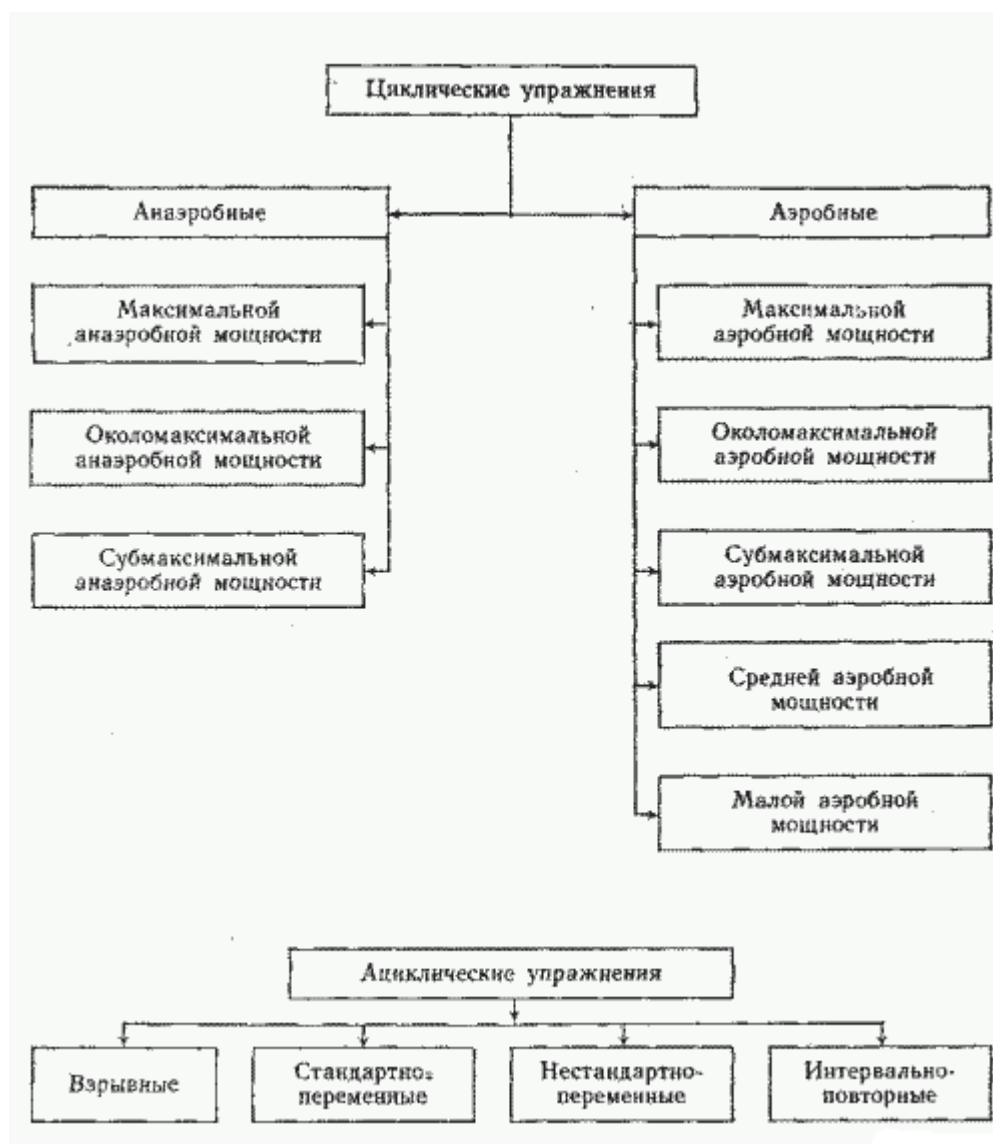
Тяжесть работы	Энергетическая мощность		Физиологические показатели							Вид деятельности (предельное время работы)
	ккал/мин*	МЕТ**	VO ₂ МЛ/КГ*М ИН	VO ₂ ** *, л/мин	ЧСС, уд/м ин	ЛВ, л/мин	ДК	Ректальная температура	Лактат крови, и,	

								ра	мг%	
Покой	1,2	1	3,5	0,25	70	8'	0,83	37,0	10-20	
Легкая работа:										
спокойная	3,5	3	10,5	0,75	100	20	0,85	37,0	10-20	Неопределенно долго
умеренная	7,5	6	21,0	1,50	120	35	0,85	37,5	20	Обычная трудовая деятельность (до 8 ч в день)
Средняя работа: оптимальная	10,0	8	28,0	2,00	140	50	0,90	38,0	20-30	Интенсивная трудовая деятельность (8 ч в день неск недель - сезонные работы)
Тяжелая работа: напряженная	12,5	10	35,0	2,50	160	60	0,95.	38,5	40	Занятия физкультурой (1 - 2 ч в день, 3 раза в неделю)
Очень тяжелая работа:										
максимальная	15,0	12	42,0	3,00	180	80	1,00	39,0	50-60	Интенсивная тренировка (до 1-2 ч в день)
истощающая	более 15,0	более 12	более 42,0	более 3,0	более 180	более 120	более 1,00	более 39,0	более 60	Соревновательное упражнение (неск. мин)

• 1 ккал/мин = 426,85 кгм/мин= 69,767 Ватт= 4,186 кДж/мин. ** 1 МЕТ = 3,5 мл, O₂/кг*мин - 0,0175 ккал/кг = 0,0732 КДж/кг. *** 1 л потребления O₂ = -5,05 ккал = 21,237 кДж

Физиологическая классификация спортивных упражнений

Все спортивные упражнения можно разделить на две большие группы. Для упражнений первой группы характерны очень большие (на соревнованиях - предельные) физические нагрузки, которые предъявляют исключительно высокие запросы к ведущим физиологическим системам и требуют предельного проявления таких двигательных физических качеств, как сила, быстрота или выносливость. К таким упражнениям относятся все виды легкой атлетики, плавание, лыжный и конькобежный спорт, гребля, спортивные игры, единоборства и т. д. Вторую, группу составляют технические упражнения: авто, мотоспорт, парусный, санный, парашютный, конный, авиа- и дельтапланеризм. Перемещение спортсмена в пространстве при выполнении упражнений первой, наиболее многочисленной группы осуществляется в основном за счет внутренних (мышечных) сил. При выполнении, технических упражнений перемещение спортсмена происходит главным образом за счет внешних (не мышечных) сил: тяги двигателя машины (в автоспорте), гравитационных сил (в санном, парашютном спорте), силы воздушного потока (в парусном спорте, авиа- и дельтапланеризме). Успех в технических упражнениях в очень большой мере определяется техническим оборудованием (в конном спорте - качествами лошади) и степенью владения им. Эти спортивные упражнения требуют исключительно высокого развития у спортсменов специфических психофизиологических функций: внимания, быстроты реакции, тонкой координации движений и т. д. В то же время упражнения в технических видах спорта" как правило, не предъявляют предельных требований к энергетической и мышечной системам, к системам вегетативного обеспечения, а также к физическим качествам: силе, мощности и выносливости.



В соответствии с общей кинематической характеристикой упражнений, т. е. характером протекания во времени, упражнения первой группы делят на циклические и ациклические* (см. схему на рис.)

К циклическим упражнениям локомоторного (переместительного) характера относятся бег и ходьба, бег на коньках и на лыжах, плавание, гребля, езда на велосипеде. Для этих упражнений характерно многократное повторение стереотипных циклов движений. При этом относительно постоянны не только общий рисунок движений, но и средняя мощность нагрузки или скорость перемещения спортсмена (велосипеда, лодки) по дистанции. Исключение составляют очень короткие циклические упражнения (дистанции) и начальный отрезок любой дистанции, т. е. период разгона, на протяжении которых скорость перемещения изменяется очень значительно. Иначе говоря, циклические упражнения - это упражнения относительно постоянных структуры и мощности.

К ациклическим относятся такие упражнения, на протяжении выполнения которых резко меняется характер двигательной активности.

Упражнениями такого типа являются все спортивные игры, спортивные единоборства, метания и прыжки, гимнастические и акробатические упражнения, упражнения на водных и горных лыжах, в фигурном катании на коньках. Для ациклических упражнений характерны также резкие изменения мощности по ходу их

Некоторые виды спорта включают разные упражнения - циклические и ациклические. Таковы, например; многоборья в легкой атлетике, лыжное двоеборье, современное пятиборье. Поэтому понятие "соревновательное спортивное упражнение" и понятия "вид спорта" или "спортивная дисциплина" во многих случаях нетождественны. выполнения.

Это справедливо не только для соревновательных, но и для тренировочных упражнений (например, повторное пробегание отрезков с различной скоростью).

Важнейшую классификационную характеристику упражнений, кроме технических, составляет их мощность. Учитывая, что она относительно постоянна в циклических упражнениях, их можно классифицировать по средней мощности нагрузки на протяжении любого (достаточно длинного) отрезка времени выполнения упражнения.

На протяжении выполнения ациклических упражнений выделяют периоды наибольшей активности (мощности) - рабочие периоды, чередуемые с промежуточными периодами относительно невысокой активности (мощности), вплоть до полного отдыха (нулевой мощности). При классификации ациклических упражнений остается неясным, оценивать ли мощность основных рабочих периодов ("пиковую" мощность) или "среднюю" мощность за все время упражнения, включая основные рабочие периоды и промежуточные периоды относительного или полного отдыха. Физиологическая характеристика ациклических упражнений при использовании каждого из таких показателей будет различной.

Механическая, или физическая, мощность выполняемого упражнения измеряется физическими величинами - в ваттах, кгм/мин. Она определяет физическую нагрузку. В подавляющем большинстве случаев очень трудно достаточно точно измерить физическую мощность спортивных упражнений. В циклических упражнениях мощность (физическая нагрузка) и скорость перемещения (при неизменной технике выполнения движений) связаны линейной зависимостью: чем больше скорость, тем выше физическая нагрузка.

Совокупность физиологических (и психофизиологических) реакций организма на данную физическую нагрузку позволяет определить физиологическую мощность нагрузки или физиологическую нагрузку на организм работающего человека. "Физиологическая нагрузка" или "физиологическая мощность" - понятия близкие к термину "тяжесть работы".

У каждого человека при выполнении упражнения одного и того же характера в одинаковых условиях внешней среды физиологическая мощность нагрузки находится в прямой зависимости от физической нагрузки. Например, чем выше скорость бега, тем больше физиологическая нагрузка.

Однако одинаковая физическая нагрузка вызывает неодинаковые физиологические реакции у людей разного возраста и пола, у людей с неодинаковой степенью функциональной подготовленности (тренированности), а также у одного и того же человека в разных условиях (например, при повышенных или пониженных температуре или давлении воздуха). Кроме того, различные физиологические реакции наблюдаются у одного и того же человека при одинаковой по мощности физической нагрузке, выполняемой разными мышечными группами (руками или ногами) или при разных положениях тела (лежа или стоя). Так, у гребцов на каноэ; пловцов или бегунов, выполняющих одинаковую по физической мощности работу (с одинаковой скоростью потребления O_2), физиологические нагрузки (реакции) сильно различаются.

Следовательно, показатели физической мощности упражнения не могут быть использованы в качестве критерия для единой физиологической классификации различных спортивных упражнений, выполняемых людьми разного пола и возраста, с неодинаковыми функциональными возможностями и подготовленностью (тренированностью) или одним и тем же спортсменом в разных условиях. Поэтому в качестве классификационного признака чаще используются показатели физиологической мощности или физиологической нагрузки.

Одним из таких показателей служит предельное время выполнения данного упражнения. Действительно, чем выше физиологическая мощность ("тяжесть работы"), тем короче предельное время выполнения работы (см. рис. 2 и 3). Проанализировав по данным, мировых рекордов зависимость между скоростью преодоления разных дистанции и предельным (рекордным) временем (см. рис. 3), В. С. Фарфель разделил "кривую рекордов" на четыре зоны относительной мощности: с предельной продолжительностью упражнений до 20 с (зона максимальной мощности), от 20 с до 3-5 мин (зона субмаксимальной мощности), от 3-5 до 30-40 мин (зона большой мощности) и более 40 мин (зона умеренной мощности). Такая классификация спортивных циклических упражнения получила широкое распространение.

Другой подход к характеристике физиологической мощности состоит в определении относительных физиологических сдвигов. Характер и величина, ответных физиологических реакций на одну и ту же физическую нагрузку зависят прежде всего от предельных функциональных возможностей ведущих (для данного упражнения) физиологических систем. При выполнении одинаковой физической нагрузки у людей с более высокими функциональными возможностями ведущих систем величина реакций

(физиологические сдвиги) меньше, и следовательно, физиологическая нагрузка на ведущие (и другие) системы и соответственно на организм в целом относительно меньше, чем у людей с более низкими функциональными возможностями. Одинаковая физическая нагрузка будет относительно труднее ("тяжелее") для вторых, и, следовательно, предельное время ее выполнения у них будет короче, чем у первых. Соответственно первые способны выполнять такие большие физические нагрузки, которые недоступны вторым.

Например, два спортсмена выполняют одну и ту же абсолютную физическую нагрузку с одинаковым рабочим потреблением O_2 - 3 л/мин. Однако у одного из спортсменов МПК равно 6 л/мин, а у другого - 4,5 л/мин. Соответственно относительная физиологическая нагрузка на кислородтранспортную систему у этих спортсменов далеко не одинакова, так как у первого выполняемая физическая работа "нагружает" эту систему лишь на 50% от ее предельных возможностей, а у второго - на 75%. Следовательно, относительная физиологическая нагрузка у первого спортсмена меньше, чем у второго.

Таким образом, для физиологической классификации спортивных упражнений, используются показатели относительной физиологической "мощности: физиологической нагрузки, физиологической напряженности, тяжести работы. Такими показателями служат относительные физиологические сдвиги, которые возникают в ведущих функциональных системах в ответ на данную физическую нагрузку, выполняемую в определенных условиях внешней среды. Эти сдвиги выявляются путем сравнения текущих рабочих показателей деятельности ведущих физиологических систем с предельными (максимальными) показателями.

Классификация циклических упражнений

Энергетические запросы организма (работающих мышц) удовлетворяются, как известно, двумя основными путями: анаэробным и аэробным. Соотношение этих двух путей энергопродукции неодинаково в разных циклических упражнениях (рис. 4). При выполнении любого упражнения практически действуют все три энергетические системы: анаэробные фосфагенная (алактатная) и лактацидная (гликолитическая) и аэробная (кислородная, окислительная). "Зоны" их действия частично перекрываются (рис. 5). Поэтому трудно выделить "чистый" вклад

каждой из энергетических систем, особенно при работе относительно небольшой предельной продолжительности. В этой связи часто объединяют в пары "соседние" по энергетической мощности (зоне действия) системы: фосфагенную с лактацидной, лактацидную с кислородной. Первой при этом указывается система, энергетический вклад которой больше.



Рис. 4. Примерный вклад (в процентах) аэробных и анаэробных энергетических источников на разных дистанциях легкоатлетического бега

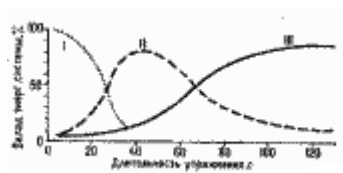


Рис. 5. Относительный вклад (в процентах) трех энергетических систем (I - фосфагенной, II - лактацидной, III - кислородной) при выполнении упражнений разной предельной продолжительности

В соответствии с относительной нагрузкой на анаэробные и аэробные энергетические системы все циклические упражнения можно разделить на анаэробные и аэробные (см. схему на стр. 14). Первые - с преобладанием анаэробного, вторые - аэробного компонента энергопродукции. Ведущим качеством при выполнении анаэробных упражнений служит мощность (скоростно-силовые возможности), при выполнении аэробных упражнений - выносливость.

Соотношение разных путей (систем) энергопродукции в значительной мере определяет, характер и степень изменений в деятельности различных физиологических систем, обеспечивающих выполнение разных упражнений.

Анаэробные упражнения. Выделяются три группы анаэробных упражнений:

1. максимальной анаэробной мощности (анаэробной мощности) ;
2. околорексимальной анаэробной мощности (смешанной анаэробной мощности);
3. субмаксимальной анаэробной мощности (анаэробно-аэробной мощности).

Энергетические и эргометрические характеристики анаэробных упражнений приведены в табл. 5.

Таблица 5. Энергетическая и эргометрическая характеристика анаэробных циклических упражнений

Группа	Анаэробный компонент энергопродукции, % от общей энергопродукции	Соотношение трех энергетических систем, %			Рекордная мощность, ккал/мин	Предельная рекордная продолжительность при беге, с
		фосфагенная + лактацидная	лактацидная + кислородная	Кислородная		
Максимальной анаэробной мощности	90-100	95	5		120	До 10
Околомаксимальной анаэробной мощности	75- 85	70	20	10	100	20-50
Субмаксимальной 60-70 анаэробной мощности	60-70	25	60	15	40	60-120

Упражнения максимальной анаэробной мощности (анаэробной мощности) - это упражнения с почти исключительно анаэробным способом энергообеспечения работающих мышц: анаэробный компонент в общей энергопродукции составляет от 90 до 100%. Он обеспечивается главным образом за счет фосфагенной энергетической системы (АТФ + КФ) при некотором участии лактацидной (гликолитической) системы. Рекордная максимальная анаэробная мощность, развиваемая выдающимися спортсменами во время спринтерского бега, достигает 120 ккал/мин. Возможная предельная продолжительность таких упражнений - несколько секунд. Таковы, например, соревновательный бег на дистанциях до 100 м, спринтерская велогонка на треке, плавание и ныряние на дистанцию до 50 м.

Усиление деятельности вегетативных систем происходит в процессе работы постепенно (см. главу II. 2). Из-за кратковременности анаэробных упражнений во время их выполнения функции кровообращения и дыхания, не успевают достигнуть возможного максимума. На протяжении максимального анаэробного упражнения спортсмен либо вообще не дышит, либо успевает выполнить лишь несколько дыхательных циклов. Соответственно "средняя" легочная вентиляция не превышает 20-30% от максимальной. ЧСС повышается еще до старта (до 140-150 уд/мин) и во время упражнения продолжает расти, достигая наибольшего значения сразу после финиша - 80-90% от "максимальной (160-180 уд/мин). Поскольку энергетическую основу этих упражнений составляют анаэробные процессы,

усиление деятельности кардио-респираторной (кислородтранспортной) системы практически не имеет значения для энергетического обеспечения самого упражнения. Концентрация лактата в крови за время работы изменяется крайне незначительно, хотя в рабочих мышцах она может достигать в конце работы 10 ммоль/кг и даже больше. Концентрация лактата в крови продолжает нарастать на протяжении нескольких минут после прекращения работы и составляет максимально 5-8 ммоль/л (рис. 6).

Перед выполнением анаэробных упражнений несколько повышается концентрация глюкозы в крови. До начала и в результате их выполнения в крови очень существенно повышается концентрация катехоламинов (адреналина и норадреналина) и гормона роста, но несколько снижается концентрация инсулина; концентрации глюкагона и кортизола заметно не меняются (см. рис. 6).

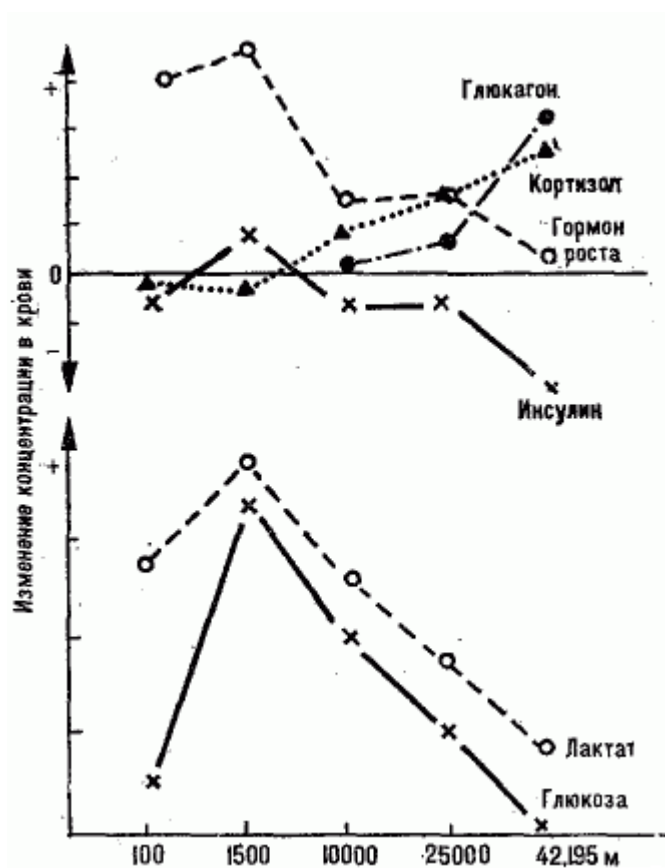


Рис. 6. Изменения концентрации гормонов в плазме крови, лактата и глюкозы крови при беге на разные дистанции

Ведущие физиологические системы и механизмы, определяющие спортивный результат в этих упражнениях, - центрально-нервная регуляция мышечной деятельности (координация движений с проявлением большой мышечной мощности), функциональные свойства нервно-мышечного аппарата (скоростно-силовые), емкость и мощность фосфагенной энергетической системы рабочих мышц.

Упражнения околомаксимальной анаэробной мощности (смешанной анаэробной мощности) - это упражнения с преимущественно анаэробным энергообеспечением работающих мышц. Анаэробный компонент в общей энергопродукции составляет 75- 85% - отчасти за счет фосфагенной и в наибольшей мере за счет лактаcidной (гликолитической) энергетических систем. Рекордная околомаксимальная анаэробная мощность в беге - в пределах 50-100 ккал/мин. Возможная предельная продолжительность таких упражнений у выдающихся спортсменов, колеблется от 20 до 50 с. К соревновательным упражнениям относится бег на дистанциях 200-400 м, плавание на дистанциях до 100 м, бег на коньках на 500 м.

Для энергетического обеспечения этих упражнений значительное усиление деятельности кислородтранспортной системы уже играет определенную энергетическую роль, причем тем большую, чем продолжительнее упражнение. Предстартовое повышение ЧСС очень значительно (до 150-160 уд/мин). Наибольших значений (80-90% от максимальной) она достигает сразу после финиша на 200 м и на финише 400 м (рис. 7). В процессе выполнения упражнения быстро растет легочная вентиляция, так что к концу упражнения длительностью около 1 мин она может достигать 50-60% от максимальной рабочей вентиляции для данного спортсмена (60-80 л/мин). Скорость потребления O₂ также быстро нарастает на дистанции и на финише 400 м может составлять уже 70-80% от индивидуального МПК.

Концентрация лактата в крови после упражнения весьма высокая - до 15 ммоль/л у квалифицированных спортсменов. Она тем выше, чем больше дистанция и выше квалификация спортсмена. Накопление лактата в крови связано с очень большой скоростью его образования в рабочих мышцах (как результат интенсивного анаэробного гликолиза).

Концентрация глюкозы в крови несколько повышена по сравнению с условиями покоя (до 100-120 мг%). Гормональные сдвиги в крови сходны с теми, которые происходят при выполнении упражнения максимальной анаэробной мощности.

Ведущие физиологические системы и механизмы, определяющие спортивный результат в упражнениях околомаксимальной анаэробной мощности, те же, что и в упражнениях предыдущей группы, и, кроме того, мощность лактаcidной (гликолитической) энергетической системы рабочих мышц.

Упражнения субмаксимальной анаэробной мощности (анаэробно-аэробной мощности) -это упражнения с преобладанием анаэробного компонента энергообеспечения работающих мышц. В общей энергопродукции организма он достигает 60-70% и обеспечивается преимущественно за счет лактаcidной (гликолитической) энергетической

системы. В энергообеспечении этих упражнений значительная доля принадлежит кислородной (окислительной, аэробной) энергетической системе. Рекордная мощность в беговых упражнениях составляет примерно 40 ккал/мин. Возможная предельная продолжительность соревновательных упражнений у выдающихся спортсменов - от 1 до 2 мин. К соревновательным упражнениям относятся: бег на 800 м, плавание на 200 м, бег на коньках на 1000 и 1500 м, заезды на 1 км в велоспорте (трек).

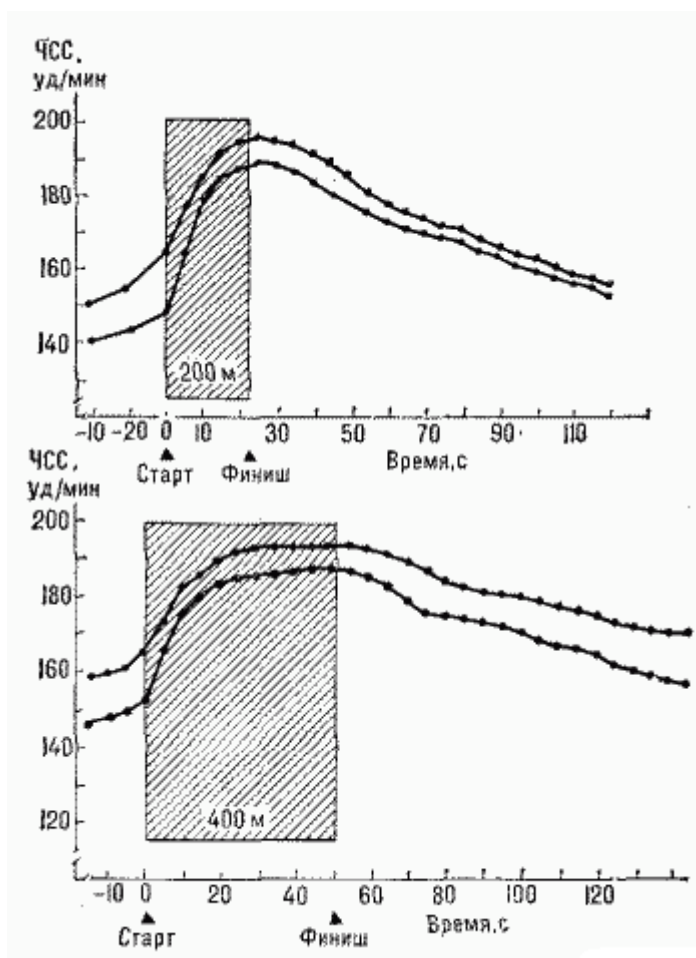


Рис. 7. Частота сердечных сокращений перед началом, во время и после бега на 200 и 400 м

Мощность и предельная продолжительность этих упражнений таковы, что в процессе их выполнения показатели деятельности кислородтранспортной системы (ЧСС, сердечный выброс, ЛВ, скорость потребления O_2) могут быть близки к максимальным значениям для данного спортсмена или даже достигать их. Чем продолжительнее упражнение, тем выше на финише эти показатели и тем значительнее доля аэробной энергопродукции при выполнении упражнения. После этих упражнений регистрируется очень высокая концентрация лактата в рабочих мышцах и крови - до 20- 25 ммоль/л. Соответственно рН крови снижается до 7,0. Обычно заметно повышена концентрация глюкозы в крови-до 150 мг%, высоко содержание в плазме крови катехоламинов и гормона роста.

Ведущие физиологические системы и механизмы - емкость и мощность лактаcidной (гликолитической) энергетической системы рабочих мышц, функциональные (мощностные) свойства нервно-мышечного аппарата, а также кислород-транспортные возможности организма (особенно сердечно-сосудистой системы) и аэробные (окислительные) возможности рабочих мышц. Таким образом, упражнения этой группы предъявляют весьма высокие требования как к анаэробным, так и к аэробным возможностям спортсменов.

Аэробные упражнения. Мощность нагрузки в этих упражнениях такова, что энергообеспечение рабочих мышц может происходить (главным образом или исключительно) за счет окислительных (аэробных) процессов, связанных с непрерывным потреблением организмом и расходом работающих мышцами кислорода. Поэтому мощность в этих упражнениях можно оценивать по уровню (скорости) дистанционного потребления O_2 . Если дистанционное потребление O_2 соотнести со средней аэробной мощностью у данного человека (т. е. с его индивидуальным МПК, или "кислородным потолком"), то можно получить представление об относительной, аэробной физиологической мощности выполняемого им упражнения. По этому показателю среди аэробных циклических упражнений выделяются пять групп (см. схему на стр. 14).

1. упражнения максимальной аэробной мощности (95-100% МПК);
2. упражнения околоремальной аэробной мощности (85-90% МПК);
3. упражнения субремальной аэробной мощности (70-80% МПК);
4. упражнения средней аэробной мощности (55- 65%'отМПК);
5. упражнения малой аэробной мощности (50% от МПК и менее).

Общая энергетическая характеристика аэробных циклических упражнений приводится в табл. 6.

Ведущими физиологическими системами и механизмами, определяющими успешность выполнения аэробных циклических упражнений, служат функциональные возможности кислородтранспортной системы и аэробные возможности рабочих мышц.

По мере снижения мощности этих упражнений (увеличения предельной продолжительности) уменьшается доля анаэробного (гликолитического) компонента энергопродукции. Соответственно снижаются концентрация лактата в крови (см. рис. 6) и прирост концентрации глюкозы в крови - степень гипергликемии). При упражнениях длительностью в несколько десятков минут гипергликемии вообще не

наблюдается (см. рис. б). Более того, в конце таких упражнений может отмечаться снижение концентрации глюкозы в крови (гипогликемия).

Таблица 6. Энергетическая и эргометрическая характеристики аэробных циклических спортивных упражнений

Группа	Дистанционное потребление O ₂ , % от МПК	Соотношение трех энергетических систем, %			Главные энергетические субстраты*	Рекордная мощность, кал/мин	Рекордная продолжительность, мин
		фосфагенная лактацид	лактацид + ксилородная	ксилородная			
Максимальной аэробной мощности	95-100	20	55-40	25-40	Мышечный гликоген	25	3- 10
Околомаксимальной аэробной мощности	85- 90	10-5	20-15	70-80	Мышечный гликоген, жиры и глюкоза крови	20	10- 30
Субмаксимальной аэробной мощности	70-80		5	95	Мышечный гликоген, жиры и глюкоза крови	17	30-120
Средней аэробной мощности	55-65		2	98	Жиры, мышечный гликоген и глюкоза крови	14	120-240
Малой аэробной мощности	50 и ниже			100	Жиры, мышечный гликоген и глюкоза крови	12 и ниже	> 240

* Перечисляются в порядке значимости (удельного вклада).

Чем больше мощность аэробных упражнений, тем выше концентрация катехо-ламинов в крови (рис. 8) и гормона роста (см. рис. 6). Наоборот, по мере снижения мощности нагрузки содержание в крови таких гормонов, как глюкагон и кортизол, увеличивается, а содержание инсулина уменьшается (см. рис. 6).

С увеличением продолжительности аэробных упражнений повышается температура тела, что предъявляет повышенные требования к системе терморегуляции.

Упражнения максимальной аэробной мощности (с дистанционным потреблением кислорода 95-100% от индивидуального МПК) - это упражнения, в которых преобладает аэробный компонент энергопродукции - он составляет до 60-70%. Однако энергетический вклад анаэробных (преимущественно гликолитических) процессов еще очень значителен. Основным энергетическим субстратом при выполнении этих упражнений служит мышечный гликоген, который расщепляется как аэробным, так и анаэробным путем (в последнем случае с образованием большого количества молочной кислоты). Предельная продолжительность таких упражнений - 3-10 мин. К соревновательным упражнениям этой группы относятся: бег на 1500 и 3000 м, бег на 3000 и 5000 м на коньках, плавание на 400 и 800 м, академическая гребля (классические дистанции), заезды на 4 км на велотреке.

Через 1,5-2 мин после начала упражнений достигаются максимальные для данного человека ЧСС, систолический объем крови и сердечный выброс, рабочая ЛВ, скорость потребления O₂ (МПК). По мере продолжения упражнения ЛВ, концентрация в крови лактата и катехоламинов продолжает нарастать. Показатели работы сердца и скорость потребления O₂ либо удерживаются на максимальном уровне (при состоянии высокой тренированности), либо начинают несколько снижаться.

После окончания упражнения концентрация лактата в крови Достигает 15-25 ммоль/л в обратной зависимости от предельной продолжительности упражнения и в прямой - от квалификации-спортсмена (спортивного результата).

Ведущие физиологические системы и механизмы - общие для всех аэробных упражнений; кроме того, существенную роль играет мощность лактаcidной (гликолитической) энергетической системы рабочих мышц.

Упражнения околомаксимальной аэробной мощности (с дистанционным потреблением O₂ 85-95% от индивидуального МПК) - это упражнения, при выполнении которых до 90% всей энергопродукции обеспечивается окислительными (аэробными) реакциями в рабочих мышцах. В качестве субстратов окисления используются в большей мере углеводы, чем жиры (дыхательный коэффициент около 1,0). Главную роль играют гликоген рабочих мышц и в меньшей степени - глюкоза крови (на второй половине дистанции). Рекордная продолжительность упражнений до 30 мин. К этой группе относятся: бег на дистанциях 5000 и 10 000 м, плавание на дистанции 1500 м, бег на лыжах до 15 км и на коньках на 10 000 м. В процессе выполнения упражнений ЧСС находится на уровне 90-95%, ЛВ - 85-90% от индивидуальных максимальных значений. Концентрация лактата в

крови после упражнения у высококвалифицированных спортсменов - около 10 ммоль/л. В процессе выполнения упражнения происходит существенное повышение температуры тела - до 39°.

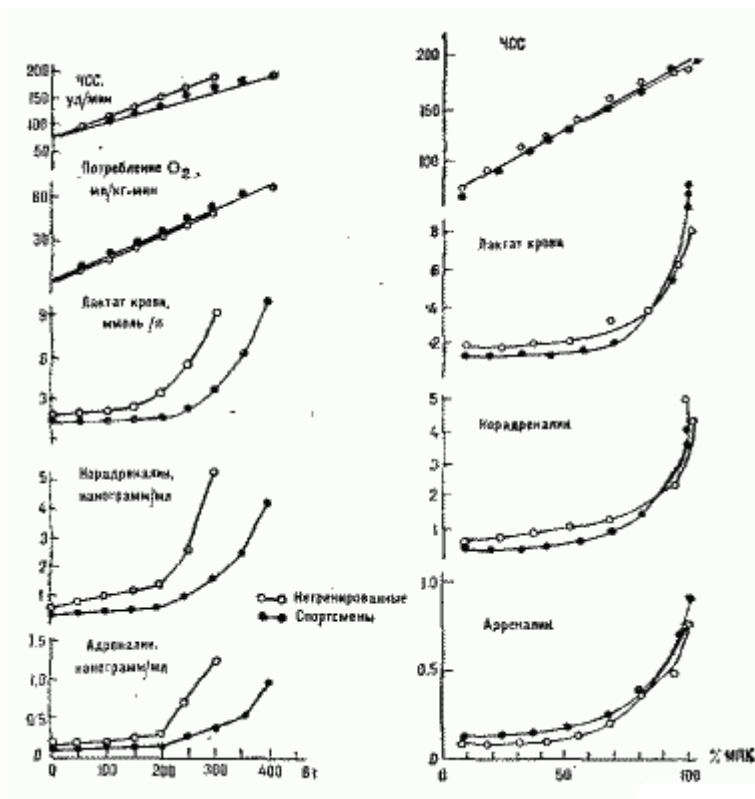


Рис. 8. Концентрация адреналина, норадреналина и лактата в плазме крови, ЧСС и скорость потребления O₂ у нетренированных мужчин и спортсменов при разных абсолютных (слева) и относительных аэробных нагрузках (по М. Леману и др., 1981)

Упражнения субмаксимальной аэробной мощности (с дистанционным потреблением O₂ 70-80% от индивидуального МПК) - это упражнения при выполнении которых более 90% всей энергии образуется аэробным путем. Окислительному расщеплению подвергаются в несколько большей степени, углеводы, чем жиры (дыхательный коэффициент примерно 0,85-0,90). Основными энергетическими субстратами служат гликоген мышц, жиры рабочих мышц и крови и (по мере продолжения работы) глюкоза крови. Рекордная продолжительность упражнений - до 120 мин. В эту группу входят: бег на 30 км и более (включая марафонский бег), лыжные гонки на 20-50 км, спортивная ходьба до 20 км.

На протяжении упражнения ЧСС находится на уровне 80-90%, а ЛВ - 70-80% от максимальных значений для данного спортсмена. Концентрация лактата в крови обычно не превышает 4 ммоль/л. Она заметно увеличивается только в начале бега или в результате длительных подъемов. На протяжении выполнения этих упражнений температура тела может достигать 39-40°.

Ведущие физиологические системы и механизмы - общие для всех аэробных упражнений и, кроме того, емкость кислородной (окислительной) системы, которая зависит в наибольшей мере от запасов гликогена в рабочих мышцах, и печени и от способности мышц к повышенной длительной утилизации (окислению) жиров.

Упражнения средней аэробной мощности (с дистанционным потреблением O_2 55-65% от индивидуального МПК) - это упражнения, при выполнении которых почти вся энергия рабочих мышц обеспечивается аэробными процессами. Основным энергетическим субстратом служат жиры рабочих мышц и крови, углеводы играют относительно меньшую роль (дыхательный коэффициент около 0,8). Предельная продолжительность упражнения - до нескольких часов. К упражнениям этой группы относятся: спортивная ходьба на 50 км, лыжные гонки на сверхдлинные дистанции (более 50 км).

Кардиореспираторные показатели не превышают 60-75% от максимальных для данного спортсмена. Во многом характеристики этих упражнений и упражнений предыдущей группы близки.

Упражнения малой аэробной мощности (с дистанционным потреблением O_2 50% и менее от индивидуального МГЩ) - это упражнения, при выполнении которых практически вся энергия рабочих мышц обеспечивается за счет окислительных процессов, в которых расходуются главным образом жиры и в меньшей степени углеводы (дыхательный коэффициент менее 0,8). Упражнения такой относительной физиологической мощности могут выполняться в течение многих часов. Это соответствует бытовой деятельности человека (ходьба) или упражнениям в системе занятий массовой или лечебной физической культурой.

Классификация ациклических упражнений

Ациклические соревновательные упражнения на основе их кинематических и динамических характеристик можно разделить на 1) взрывные, 2) стандартно-переменные, 3) нестандартно-переменные и 4) интервально-повторные (см. схему на стр. 14).

Взрывные упражнения. К взрывным упражнениям относятся прыжки и метания. Группу прыжков составляют прыжки в легкой атлетике (в длину, в высоту, тройным, с шестом), прыжки на лыжах с трамплина и прыжки с трамплина в воднолыжном спорте, прыжки в воду, гимнастические и акробатические прыжки. В группу Метаний входят легкоатлетические метания: диска, копья, молота, толкание ядра. Частным случаем метаний являются тяжелоатлетические упражнения (рывок и толчок).

Характерная особенность взрывных упражнений - наличие одного или нескольких акцентированных кратковременных усилий большой мощности ("взрыва"), сообщающих большую скорость всему телу и (или) верхним конечностям со спортивным снарядом. Эти взрывные мышечные усилия обуславливают: а) дальность прыжка в длину или высоту; б) продолжительность полета, во время которого выполняются сложные движения в воздухе (прыжки в воду, гимнастические и акробатические прыжки); в) максимальную (в легкоатлетических метаниях) или необходимую (в тяжелоатлетических упражнениях) дальность полета спортивного снаряда.

Все взрывные упражнения имеют очень небольшую продолжительность - от нескольких секунд до немногих десятков секунд. Значительную часть большинства взрывных упражнений составляют циклические движения - разбег или разгон. Каждое взрывное упражнение выполняется как единое целое, что определяет и особенности обучения таким движениям.

Стандартно-переменные упражнения - это соревновательные упражнения в спортивной и художественной гимнастике и акробатике (кроме прыжков), в фигурном катании на коньках и на водных лыжах, в синхронном плавании. Для этих упражнений характерно объединение в непрерывную, строго фиксированную, стандартную цепочку разнообразных сложных действий (элементов), каждое из которых является законченным самостоятельным действием и потому может разучиваться отдельно и входить как компонент в самые разные комбинации (комплексные упражнения).

Нестандартно-переменные (ситуационные) упражнения включают все спортивные игры и спортивные единоборства, а также все разновидности горнолыжного спорта. На протяжении выполнения этих упражнений резко и нестандартным образом чередуются периоды с разным характером и интенсивностью двигательной деятельности - от кратковременных максимальных усилий взрывного характера (ускорений, прыжков, ударов) до физической нагрузки относительно невысокой интенсивности, вплоть до полного отдыха (минутные перерывы у боксеров и борцов, остановки в игре, периоды отдыха между таймами в спортивных играх).

В связи с этим в нестандартно-переменных упражнениях можно выделить рабочие периоды, т. е. периоды особенно интенсивной двигательной активности (деятельности), и промежуточные периоды, или периоды относительно мало интенсивной двигательной активности.

К интервально-повторным упражнениям относятся соревновательные, а также комплексные тренировочные упражнения, которые составлены из стандартной комбинации различных или одинаковых элементов,

разделенных периодами полного или частичного отдыха. При этом элементы, входящие в такую комбинацию, могут быть однородными (по характеру и интенсивности) циклическими или ациклическими упражнениями. Так, к интервально-повторным упражнениям относится тренировочное упражнение с повторным пробегом (проплыванием) определенных отрезков дистанции на большой скорости, чередуемым с периодами полного или частичного отдыха. Другой пример - поднимание штанги несколько раз подряд. К соревновательным интервально-повторным упражнениям относятся биатлон и спортивное ориентирование.

Если во время выполнения комплексных тренировочных упражнений рабочие периоды чередуются с промежуточными периодами полного отдыха, то такие упражнения обозначаются как повторные переменные упражнения*.

* От повторных переменных упражнений следует отличать повторное выполнение одного и того же или разных упражнений на тренировках и соревнованиях. Примерами последних могут служить повторные попытки в прыжках или метаниях, отдельные подходы к снаряду, выполнение в течение одного или нескольких дней разных видов программы многоборья. Здесь каждая попытка или каждый вид программы - самостоятельные упражнения циклического или ациклического характера. В отличие от повторных переменных упражнений, в которых длительность рабочих периодов и интервалов между ними обычно почти одинакова (отличаются не более чем в несколько раз), при повторных попытках или выполнении разных видов программы (в многоборье) интервалы между ними в десятки и сотни раз длиннее, чем само упражнение.

Если при выполнении упражнения рабочие периоды сменяются промежуточными периодами частичного отдыха, т. е. работой значительно более низкой интенсивности (например, бегом трусцой), то такие упражнения обозначают как интервальные переменные упражнения. По существу, подавляющее большинство комплексных тренировочных упражнений и каждое тренировочное занятие в целом являются интервально-повторными упражнениями.

Раздел 2 Физиологическая характеристика состояний организма, возникающих в процессе мышечной деятельности

При выполнении тренировочного или соревновательного упражнения в функциональном состоянии спортсмена происходят значительные изменения. В непрерывной динамике этих изменений можно выделить три основных периода: предстартовый, основной (рабочий) и восстановительный (рис. 9).

Предстартовое состояние характеризуется функциональными изменениями, предшествующими началу работы (выполнению упражнения).

В рабочем периоде различают быстрые изменения функций в самый начальный период работы - состояние вработывания и следующее за ним относительно неизменное (а точнее, медленно изменяющееся) состояние основных физиологических функций, так называемое устойчивое состояние. В процессе выполнения упражнения развивается утомление, которое проявляется в снижении работоспособности, т. е. невозможности продолжать упражнение на требуемом уровне интенсивности, или в полном отказе от продолжения данного упражнения.

Восстановление функций до исходного, предрабочего, уровня характеризует состояние организма на протяжении определенного времени после прекращения упражнения.

Каждый из указанных периодов в состоянии организма характеризуется особой динамикой физиологических функций различных систем, органов и всего организма в целом. Наличие этих периодов, их особенности и продолжительность определяются прежде характером, интенсивностью и продолжительностью выполняемого упражнения, условиями его выполнения, а также степенью тренированности спортсмена.

Предстартовое состояние и разминка

Еще до начала выполнения мышечной работы, в процессе ее ожидания, происходит целый ряд изменений в разных функциях организма. Значение этих изменений состоит в подготовке организма к успешному выполнению предстоящей деятельности.

Предстартовое состояние

Предстартовое изменение функций происходит в определенный период - за несколько минут, часов или даже дней (если речь идет об ответственном соревновании) до начала мышечной работы. Иногда выделяют отдельно стартовое состояние, характерное для последних минут перед стартом (началом работы), во время которого функциональные изменения особенно значительны. Они переходят непосредственно в фазу быстрого изменения функции в начале работы (период вработывания).

В предстартовом состоянии происходят самые разные перестройки в различных функциональных системах организма. Большинство этих перестроек сходно с теми, которые происходят во время самой работы: учащается и углубляется дыхание, т. е. растет \dot{V}_E , усиливается газообмен

(потребление O_2), учащаются и усиливаются сокращения сердца (растет сердечный выброс), повышается артериальное давление (АД), увеличивается концентрация молочной кислоты в мышцах и крови, повышается; температура тела и т. д. Таким образом, организм как бы переходит на некоторый "рабочий уровень" еще до начал деятельности, и это обычно способствует успешному выполнению работы (К.М. Смирнов).

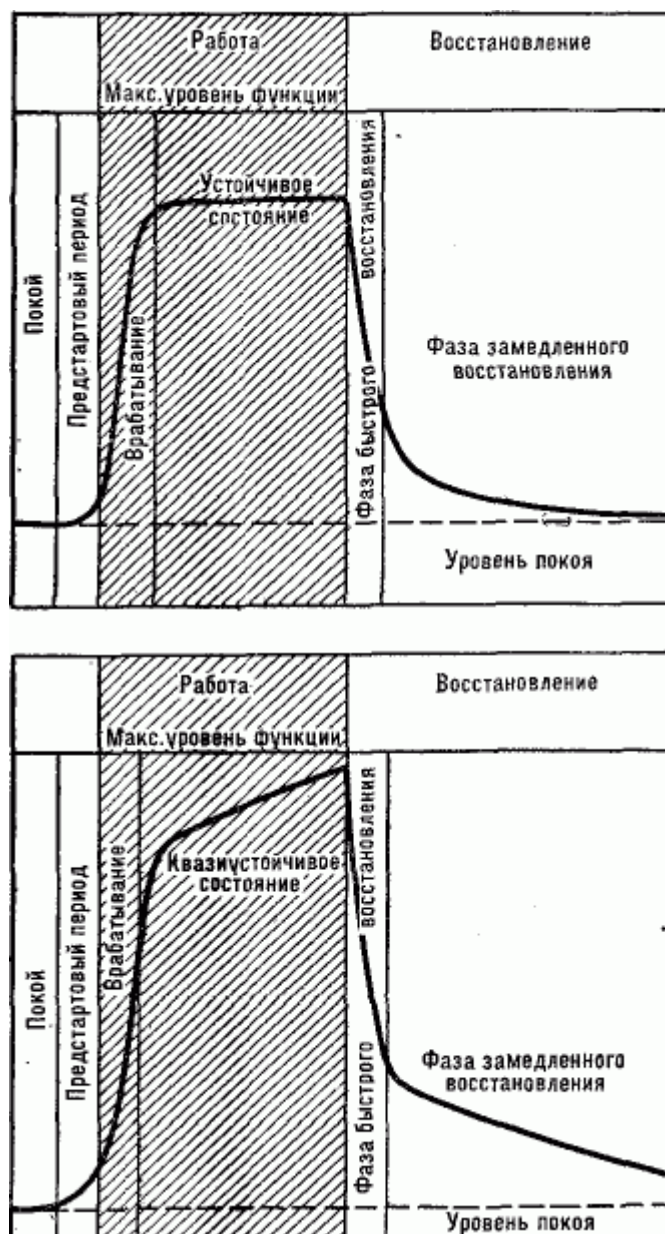


Рис. 9. Динамика изменения физиологических функций перед началом, во время и после работы средней (вверху) и максимальной (внизу) аэробной мощности

По своей природе предстартовые изменения функций являются условнорефлекторными нервными и гормональными реакциями. Условнорефлекторными раздражителями в данном случае служат место, время предстоящей деятельности, а также второсигнальные, речевые раздражители. Важнейшую роль при этом играют эмоциональные реакции.

Поэтому наиболее резкие изменения в функциональном состоянии организма наблюдаются перед спортивными соревнованиями. Причем степень и характер предстартовых изменений часто находятся в прямой связи со значимостью данного соревнования для спортсменам

Потребление O₂, основной обмен, ЛВ перед стартом могут в 2- 2,5 раза превышать обычный уровень покоя. У спринтеров (см. рис. 7), горнолыжников ЧСС на старте может достигать 160 уд/мин. Это связано с усилением деятельности симпатoadреналовой системы, активируемой лимбической системой головного мозга (гипоталамусом, лимбической долей коры). Активность этих систем увеличивается еще до начала работы, о чем свидетельствует, в частности, повышение концентрации норадреналина и адреналина. Под влиянием катехоламинов и других гормонов ускоряются процессы расщепления гликогена в печени, жиров в жировом депо, так что еще до начала работы в крови повышается содержание энергетических субстратов - глюкозы, свободных жирных кислот. Усиление симпатической активности через холинэргические волокна, интенсифицируя гликолиз в скелетных мышцах, вызывает расширение их кровеносных сосудов (холинэргическая вазодилатация).

Уровень и характер предстартовых сдвигов часто соответствует особенностям тех функциональных изменений, которые происходят во время выполнения самого упражнения. Например, ЧСС перед стартом в среднем тем выше, чем "короче дистанция предстоящего бега, т. е. чем выше ЧСС во время выполнения упражнения. В ожидании бега на средние дистанции систолический объем увеличивается относительно больше, чем перед спринтерским бегом (К. М. Смирнов). Таким образом, предстартовые изменения физиологических функций довольно специфичны, хотя количественно выражены, конечно, значительно слабее происходящих во время работы.

Особенности предстартового состояния во многом могут определять спортивную работоспособность. Не во всех случаях предстартовые изменения оказывают положительное влияние на спортивный результат. В этой связи выделяют три формы предстартового состояния: состояние готовности - проявление умеренного эмоционального возбуждения, которое способствует повышению спортивного результата; состояние так называемой стартовой лихорадки - резко выраженное возбуждение, под влиянием которого возможно как повышение, так и понижение спортивной работоспособности; слишком сильное и длительное предстартовое возбуждение, которое в ряде случаев сменяется угнетением и депрессией - стартовой апатией, ведущей к снижению спортивного результата (А. Ц. Пуни).

Разминка

Под разминкой понимается выполнение упражнений, которое предшествует выступлению на соревновании или основной части тренировочного занятия. Разминка способствует оптимизации предстартового состояния, обеспечивает ускорение процессов вработывания, повышает работоспособность. Механизмы положительного влияния разминки на последующую соревновательную или тренировочную деятельность многообразны.

1. Разминка **повышает возбудимость сенсорных и моторных нервных центров** коры больших полушарий, вегетативных нервных центров, усиливает деятельность желез внутренней секреции, благодаря чему создаются условия для ускорения процессов оптимальной регуляции функций во время выполнения последующих упражнений.

2. Разминка **усиливает деятельность всех звеньев кислородтранспортной системы** (дыхания и кровообращения): повышаются ЛВ, скорость диффузии O₂ из альвеол в кровь, ЧСС и сердечный выброс, АД, венозный возврат, расширяются капиллярные сети в легких, сердце, скелетных мышцах. Все это приводит к усилению снабжения тканей кислородом и соответственно к уменьшению кислородного дефицита в период вработывания, предотвращает наступление состояния "мертвой точки" или ускоряет наступление "второго дыхания".

3. Разминка усиливает кожный кровоток и снижает порог начала потоотделения, поэтому она **оказывает положительное влияние на терморегуляцию**, облегчая теплоотдачу и предотвращая чрезмерное перегревание тела во время выполнения последующих упражнений.

4. Многие из положительных эффектов разминки связаны с **повышением температуры тела, и особенно рабочих мышц**. Поэтому разминку часто называют разогреванием. Оно способствует снижению вязкости мышц, повышению скорости их сокращения и расслабления.

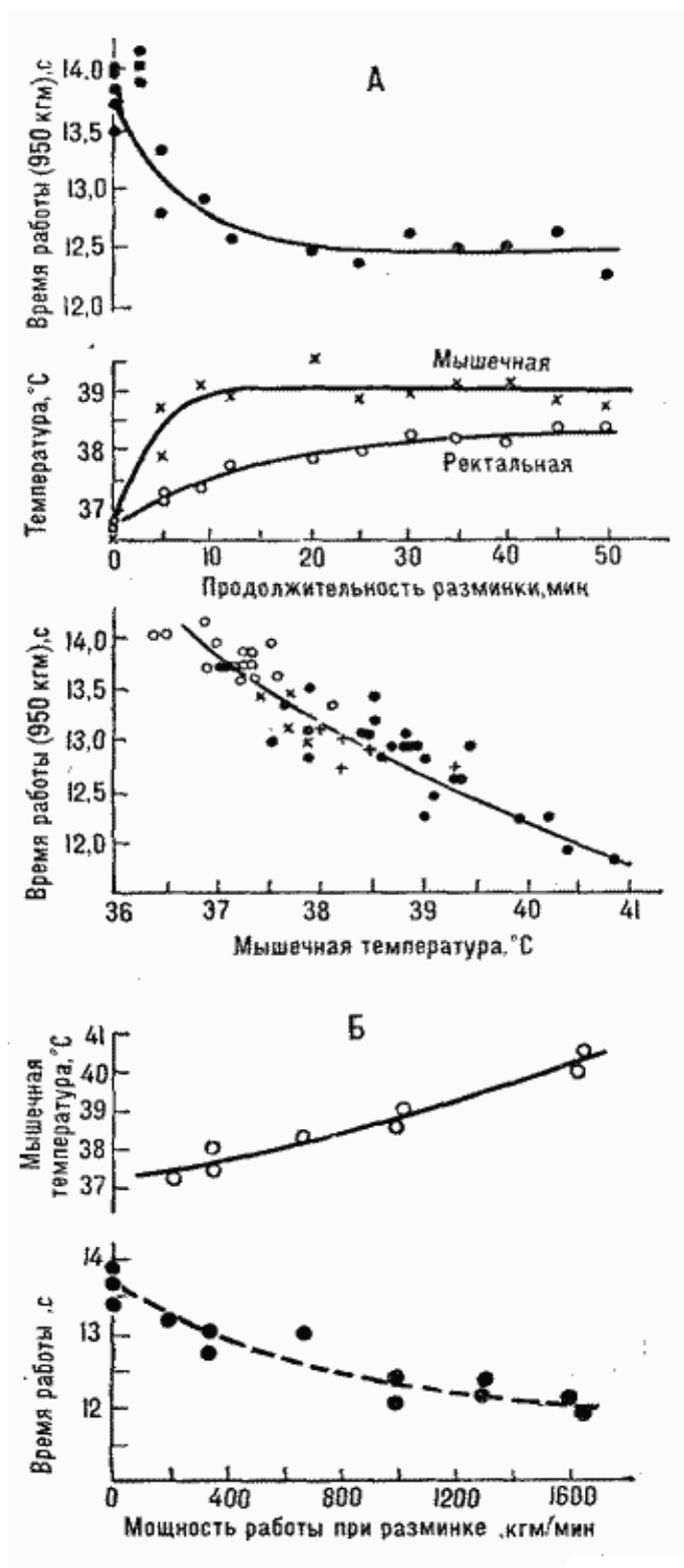


Рис. 10. Влияние разминки разной продолжительности (А) и интенсивности (Б) на мышечную температуру и работоспособность (по Э. Асмуссену). Работоспособность оценивалась по наименьшему времени, затраченному на выполнение велоэргометрической нагрузки в 950 кгм

Согласно А. Хиллу, в результате разминки скорость сокращения мышц млекопитающих увеличивается примерно на 20% при повышении температуры тела на 2°. При этом увеличивается скорость проведения импульсов по нервным волокнам, снижается вязкость крови. Кроме того, увеличивается скорость метаболических процессов (прежде всего в мышцах) благодаря повышению активности ферментов, определяющих скорость протекания биохимических реакций (с увеличением температуры на 1° скорость метаболизма клеток увеличивается примерно на 13%). Повышение температуры крови вызывает сдвиг кривой диссоциации оксигемоглобина вправо (эффект Бора), что облегчает снабжение мышц кислородом.

Вместе с тем эффекты разминки не могут быть объяснены только повышением температуры тела, так как пассивное разогревание (с помощью массажа, облучения инфракрасными лучами, ультразвука, диатермии, сауны, горячих компрессов) не дает такого же повышения работоспособности, как активная разминка.

Важнейший результат активной разминки - регуляция и согласование функций дыхания, кровообращения и двигательного аппарата в условиях максимальной мышечной деятельности. В этой связи следует различать общую и специальную разминку.

Общая разминка может состоять из самых разных упражнений, цель которых - способствовать повышению температуры тела, возбудимости ЦНС, усилению функций кислородтранспортной системы, обмена веществ в мышцах и других органах и тканях тела.

Специальная разминка по своему характеру должна быть как можно ближе к предстоящей деятельности. В работе должны участвовать те же системы и органы тела, что и при выполнении основного (соревновательного) упражнения. В эту часть разминки следует включать сложные в координационном отношении упражнения, обеспечивающие необходимую "настройку" ЦНС.

Продолжительность и интенсивность разминки и интервал между разминкой и основной деятельностью определяются рядом обстоятельств: характером предстоящего упражнения, внешними условиями (температурой и влажностью воздуха и др.), индивидуальными особенностями и эмоциональным состоянием спортсмена. Оптимальный перерыв должен составлять не более 15 мин, на протяжении которых еще сохраняются следовые процессы от разминки. Показано, например, что после 45 -мин перерыва продолжительный эффект разминки утрачивается, температура мышц возвращается к исходному, предразминочному, уровню. Роль разминки в разных видах спорта, и при разных внешних условиях неодинакова. Особенно заметно положительное влияние разминки перед скоростно-силовыми упражнениями относительно небольшой продолжительности (рис. 10). Разминка не оказывает сколько-нибудь достоверного положительного влияния на мышечную силу, но улучшает результаты в таких скоростно-силовых сложно-координационных упражнениях, как легкоатлетические метания. Положительное влияние разминки перед бегом на длинные дистанции выражено значительно меньше, чем перед бегом на средние и короткие дистанции. Более того, при высокой температуре воздуха обнаружено отрицательное влияние разминки на терморегуляцию во время бега на длинные дистанции.

Врабатывание, "мертвая точка", "второе дыхание"

Врабатывание - это первая фаза функциональных изменений, происходящих во время работы. Тесно связаны с процессом врабатывания явления "мертвой точки" и "второго дыхания".

Врабатывание происходит в начальный период работы, на протяжении которого быстро усиливается деятельность функциональных систем, обеспечивающих выполнение данной работы. В процессе врабатывания происходят:

1. настройка нервных и нейрогормональных механизмов управления движениями и вегетативных процессов;
2. постепенное формирование необходимого стереотипа движений (по характеру, форме, амплитуде, скорости, силе и ритму), т. е. улучшение координации движений;
3. достижение требуемого уровня вегетативных функций, обеспечивающих данную мышечную деятельность.

Первая особенность врабатывания - относительная замедленность в усилении вегетативных процессов, инертность в разворачивании вегетативных функций, что в значительной мере связано с характером нервной и гуморальной регуляции этих процессов в данный период.

Вторая особенность врабатывания - гетерохронизм, т. е. неодновременность, в усилении отдельных функций организма. Врабатывание двигательного аппарата протекает быстрее, чем вегетативных систем. С неодинаковой скоростью изменяются разные показатели, деятельности вегетативных систем, концентрация метаболитических веществ в мышцах и в крови (рис. 11). Например, ЧСС растет быстрее, чем сердечный выброс и АД, ЛВ усиливается быстрее, чем потребление O₂ (М. Я. Горкин).

Третьей особенностью врабатывания является наличие прямой зависимости между интенсивностью (мощностью) выполняемой работы и скоростью изменения физиологических функций: чем интенсивнее выполняемая работа, тем быстрее происходит начальное усиление функций организма, непосредственно связанных с ее выполнением. Поэтому длительность периода врабатывания находится в обратной зависимости от интенсивности (мощности) упражнения. Например, в упражнениях малой аэробной мощности период врабатывания для достижения требуемого уровня потребления кислорода длится примерно 7-10 мин, средней аэробной мощности - 5-7 мин, субмаксимальной аэробной мощности - 3-5 мин, околосредней аэробной мощности - до 2-3 мин, максимальной аэробной мощности - 1,5-2 мин.

Четвертая особенность врабатывания состоит в том, что оно протекает при выполнении одного и того же упражнения тем быстрее, чем выше уровень тренированности спортсмена.

Поскольку деятельность дыхательной и сердечно-сосудистой систем, обеспечивающих доставку O₂ к работающим мышцам, усиливается постепенно, в начале почти любой работы сокращение мышц осуществляется

главным образом за счет энергии анаэробных механизмов, т. е. за счет расщепления АТФ, КрФ, анаэробного гликолиза с образованием молочной кислоты (только при выполнении очень легких упражнений (менее 50% МПК) их энергообеспечение с самого начала может происходить аэробным путем за счет кислорода, запасенного в мышцах в соединении с миоглоббином, и кислорода, содержащегося в крови, перфузирующей работающие мышцы). Имеющееся в начале работы несоответствие между потребностями организма (работающих мышц) в кислороде и их реальным удовлетворением в период вратывания приводит к образованию кислородного дефицита, или O_2 -дефицита (рис. 12).

При выполнении нетяжелых аэробных упражнений (вплоть до работы субмаксимальной аэробной мощности) кислородный дефицит покрывается ("оплачивается") еще во время самого упражнения за счет некоторого излишка в потреблении O_2 в начальный период "устойчивого" состояния. При выполнении упражнений околосредней аэробной мощности кислородный дефицит лишь частично может быть покрыт во время самой работы; в большей степени он покрывается после прекращения работы, составляя значительную часть кислородного долга в период восстановления. При выполнении упражнений максимальной аэробной мощности кислородный дефицит целиком покрывается в период восстановления, составляя очень существенную часть кислородного долга.

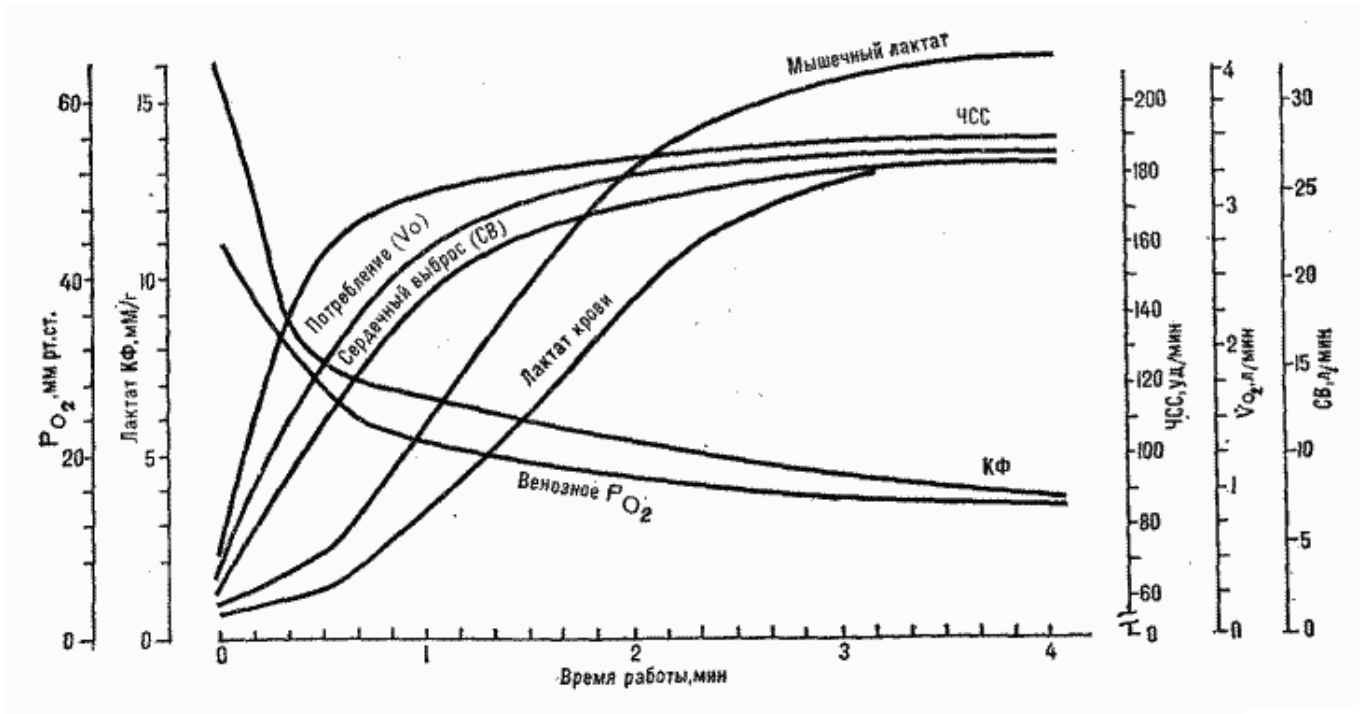


Рис. 11. Динамика изменения различных физиологических и биохимических показателей в начале напряженной работы

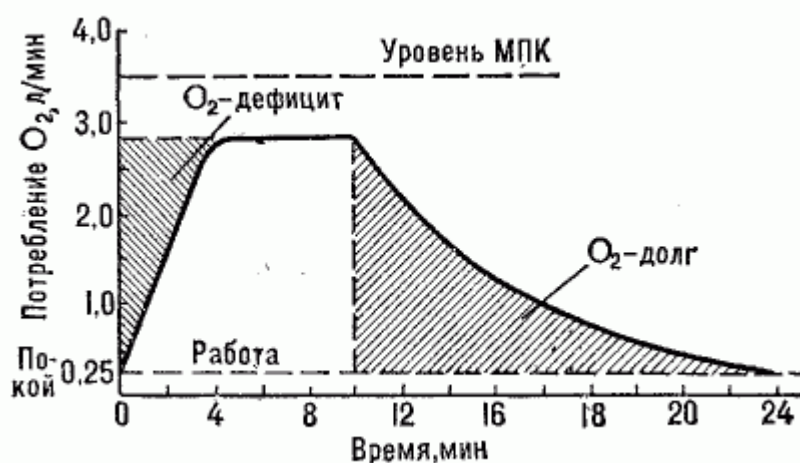


Рис. 12. Кислородный дефицит и кислородный долг при кратковременной работе субмаксимальной аэробной мощности

Замедленное увеличение потребления O_2 в начале работы, приводящее к образованию O_2 -дефицита, прежде всего объясняется инертным усилением деятельности систем дыхания и кровообращения, т. е. медленным приспособлением кислородтранспортной системы к мышечной деятельности. Однако имеются и другие причины возникновения кислородного дефицита, связанные с особенностями кинетики самого энергетического метаболизма в работающих мышцах.

Чем быстрее (короче) протекает процесс вработывания, тем меньше O_2 -дефицит. Поэтому при выполнении одинаковых аэробных упражнений O_2 -дефицит у тренированных спортсменов меньше, чем у нетренированных людей.

"Мертвая точка" и "второе дыхание"

Через несколько минут после начала напряженной и продолжительной работы у нетренированного человека часто возникает особое состояние, называемое "мертвой точкой" (иногда оно отмечается и у тренированных спортсменов). Чрезмерно интенсивное начало работы повышает вероятность появления этого состояния. Оно характеризуется тяжелыми субъективными ощущениями, среди которых главное — ощущение одышки. Кроме того, человек испытывает чувство стеснения в груди, головокружение, ощущение пульсации сосудов головного мозга, иногда боли в мышцах, желание прекратить работу. Объективными признаками состояния "мертвой точки" служат частое и относительно поверхностное дыхание, повышенное потребление O_2 и увеличенное выделение CO_2 с выдыхаемым воздухом, большой вентиляционный эквивалент кислорода, высокая ЧСС, повышенное содержание CO_2 в крови и альвеолярном воздухе, сниженное рН крови, значительное потоотделение.

Общая причина наступления "мертвой точки" состоит, вероятно, в возникающем в процессе вработывания несоответствии между высокими

потребностями рабочих мышц в кислороде и недостаточным уровнем функционирования кислород-транспортной системы, призванной обеспечивать организм кислородом. В результате в мышцах и крови накапливаются продукты анаэробного метаболизма и прежде всего молочная кислота. Это касается и дыхательных мышц, которые могут испытывать состояние относительной гипоксии из-за медленного перераспределения сердечного выброса в начале работы между активными и неактивными органами и тканями тела.

Преодоление временного состояния "мертвой точки" требует" больших волевых усилий. Если работа продолжается, то сменяется чувством внезапного облегчения, которое прежде и чаще всего проявляется в появлении нормального ("комфортного") дыхания. Поэтому состояние, сменяющее "мертвую точку", называют "вторым дыханием". С наступлением этого состояния ЛВ обычно уменьшается, частота дыхания замедляется, а глубина увеличивается, ЧСС также может несколько снижаться. Потребление O₂ и выделение CO₂ с выдыхаемым воздухом уменьшаются, рН крови растет. Потоотделение становится очень заметным. Состояние "второго дыхания" показывает, что организм достаточно мобилизован для удовлетворения рабочих запросов. Чем интенсивнее работа, тем раньше наступает "второе дыхание".

Устойчивое состояние

При выполнении упражнений **постоянной аэробной мощности** вслед за периодом быстрых изменений функций организма (вработыванием) следует период, который был назван А. Хиллом периодом устойчивого состояния (англ. steady - state). Определяя скорость потребления O₂ при выполнении упражнений малой аэробной мощности, он обнаружил, что скорость потребления O₂ вслед за быстрым нарастанием в начале упражнения далее устанавливается на определенном уровне и практически сохраняется неизменной на протяжении многих десятков минут (см. рис. 9, верхняя схема). При выполнении упражнений небольшой мощности на протяжении периода устойчивого состояния имеется количественное соответствие между потребностью организма в кислороде (кислородным запросом) и ее удовлетворением. Поэтому такие упражнения А. Хилл отнес к упражнениям с истинно устойчивым состоянием. Кислородный долг после непродолжительного их выполнения практически равен лишь кислородному дефициту, возникающему в начале работы.

При более интенсивных нагрузках - средней, субмаксимальной и околوماксимальной аэробной мощности - вслед за периодом быстрого увеличения скорости потребления O₂ (вработывания) следует период, на протяжении которого она хотя и очень мало, но постепенно повышается. Поэтому второй рабочий период в этих упражнениях можно обозначить только как условно устойчивое состояние. В аэробных упражнениях большой

мощности уже нет полного равновесия между кислородным запросом и его удовлетворением во время самой работы. Поэтому после них регистрируется кислородный долг, который тем больше, чем больше мощность работы и ее продолжительность.

В упражнениях максимальной аэробной мощности после короткого периода вработывания потребление O_2 достигает уровня МП К (кислородного потолка) и потому больше увеличиваться не может. Далее оно поддерживается на этом уровне, иногда снижаясь лишь ближе к концу упражнения. Поэтому второй рабочий период в упражнениях максимальной аэробной мощности называют периодом ложного устойчивого состояния.

В упражнениях анаэробной мощности вообще нельзя выделить второй рабочий период, так как на протяжении всего времени их выполнения быстро повышается скорость потребления O_2 (и происходят изменения других физиологических функций). В этом смысле можно сказать, что в упражнениях анаэробной мощности есть только период вработывания.

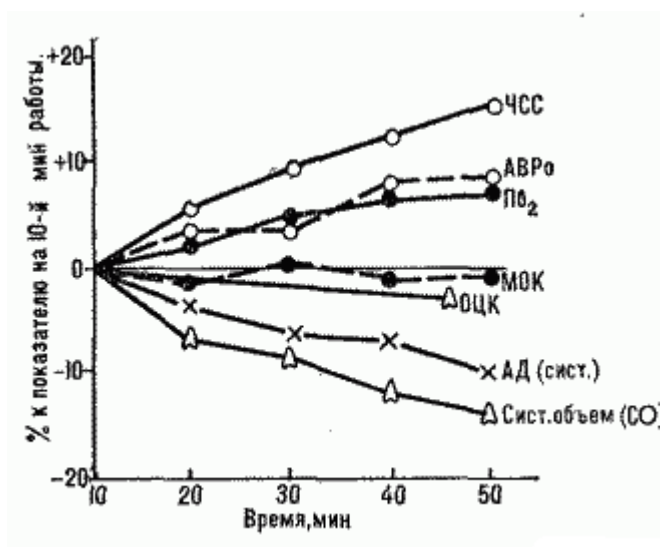


Рис. 13. Изменение ("дрейф") показателей деятельности сердечно-сосудистой системы на протяжении субмаксимальной аэробной работы. За 0 приняты показатели на 10-й мин работы

При выполнении упражнений любой аэробной мощности на протяжении второго периода (с истинно, условно или ложно устойчивым состоянием, определяемым по скорости потребления O_2) многие ведущие физиологические показатели медленно изменяются (рис. 13). Эти относительно медленные функциональные изменения получили название "дрейфа". Чем больше мощность упражнения, тем выше скорость "дрейфа" функциональных показателей (рис. 14), и наоборот, чем ниже мощность упражнения (чем оно продолжительнее), тем ниже скорость "дрейфа".

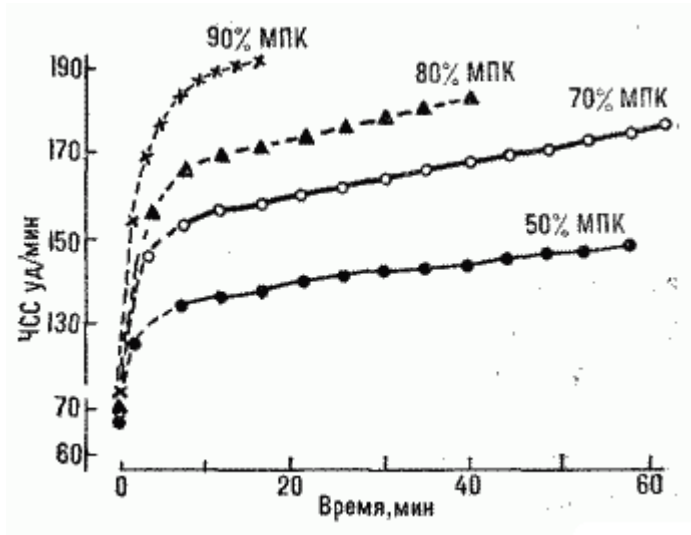


Рис. 14. Связь скорости и величины (амплитуды) "дрейфа" ЧСС с мощностью выполняемой нагрузки (В. М. Алексеев и Я. М. Коц, 1983)

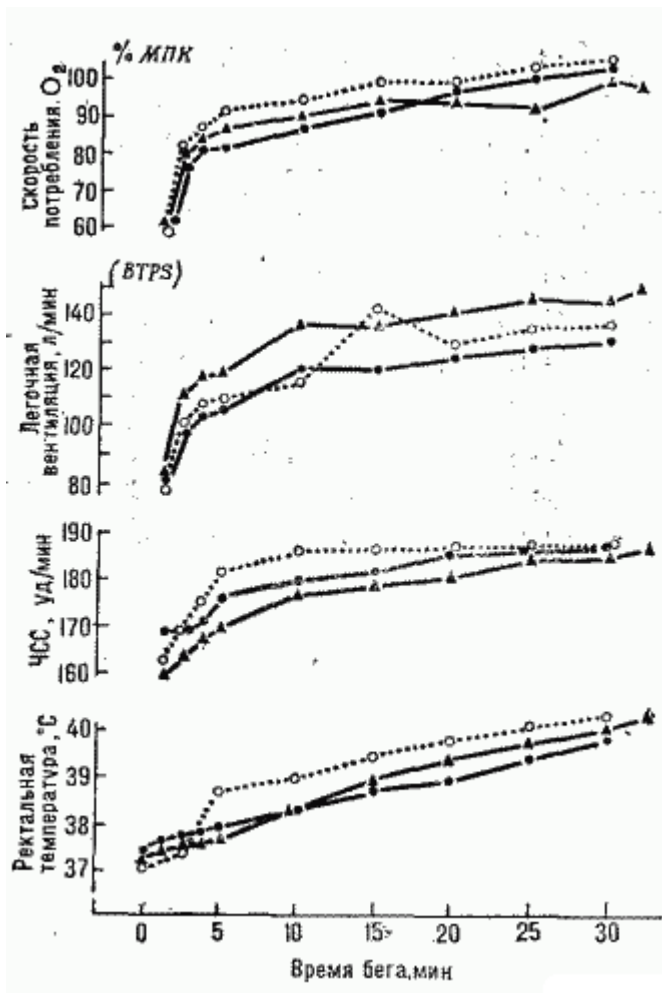


Рис. 15. Скорость потребления O₂, легочная вентиляция, ЧСС и ректальная температура на протяжении бега на 10 000 м (на тредбане) у трех спортсменов

Таким образом, во всех упражнениях аэробной мощности с уровнем потребления O_2 более 50% от МПК, как и во всех упражнениях анаэробной мощности, нельзя выделить рабочий период с истинно устойчивым, неизменным состоянием функций ни по скорости потребления O_2 , ни тем более по другим показателям. Для упражнений такой большой аэробной мощности основной рабочий период можно обозначить как псевдо (квази) устойчивое состояние или как период с медленными функциональными изменениями ("дрейфом"). Большинство этих изменений отражает сложную динамику адаптации организма к выполнению данной нагрузки в условиях развивающегося на протяжении работы процесса утомления.

В период квазиустойчивого состояния организма происходит постепенная перестройка в деятельности сердечно-сосудистой, дыхательной, нервно-мышечной, эндокринной и других систем. На протяжении этого периода медленно снижается систолический объем, но компенсаторно увеличивается ЧСС, так что сердечный выброс (минутный объем кровотока) остается практически неизменным (см. рис. 13). Уменьшается и затем постепенно, но не полностью восстанавливается объем циркулирующей крови. Происходит перераспределение кровотока с увеличением кожного кровотока, что способствует усилению теплоотдачи. Несмотря на эти и другие терморегуляторные перестройки, температура тела непрерывно повышается (рис. 15). В период квазиустойчивого состояния постоянно изменяется также АД, особенно систолическое.

В процессе выполнения упражнения все время повышается ЛВ (см. рис. 15), как за счет частоты, так и за счет глубины дыхания. Растет альвеолярно-артериальная разность по кислороду. Парциальное напряжение CO_2 и рН артериальной крови имеют тенденцию к снижению. Постепенно увеличивается АВР- O_2 , что при относительно неизменном сердечном выбросе обеспечивает некоторое повышение скорости потребления O_2 , а при тенденции к снижению сердечного выброса - поддержание относительно постоянной скорости потребления O_2 .

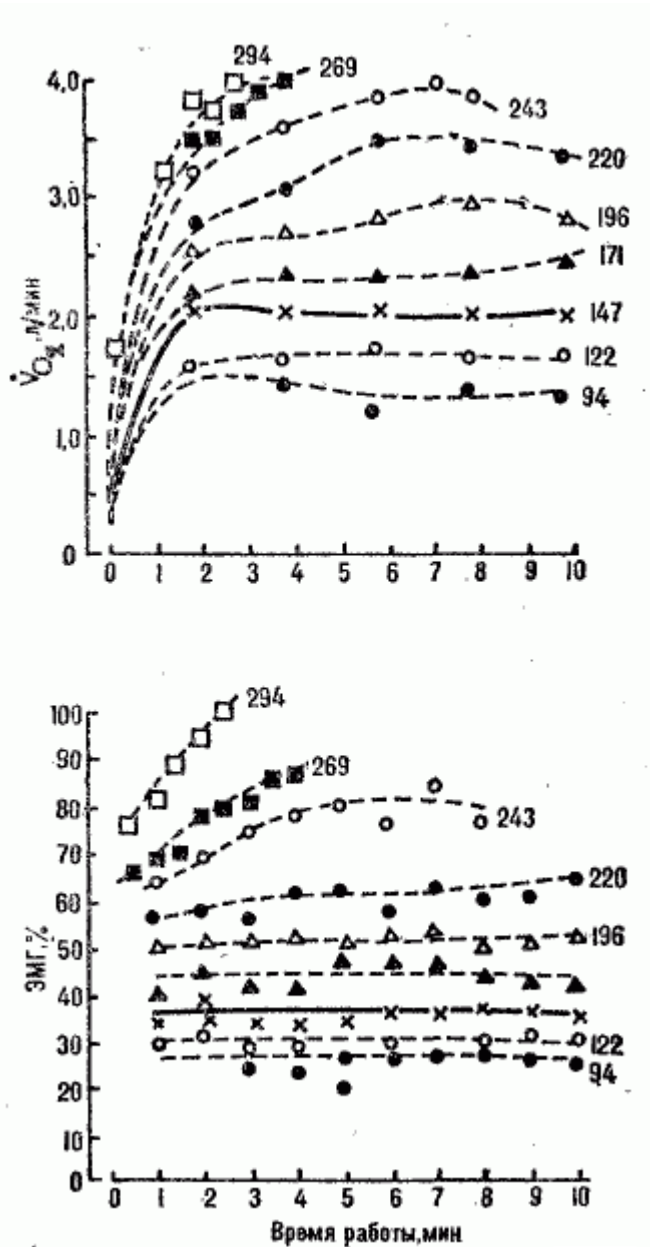


Рис. 16. Динамика скорости потребления O_2 (наверху) и интегрированной электромиограммы (ЭМГ) четырехглавой мышцы бедра (внизу) во время выполнения на велоэргометре упражнений разной мощности (И. Мияшита и др., 1981). Мощность в ваттах указана числами около кривых

Дыхательный коэффициент на протяжении периода квазистойчивого состояния постепенно снижается, что указывает на увеличение доли участия окисляемых жиров и соответственно уменьшение доли участия окисляемых углеводов в аэробном обеспечении работы.

В процессе выполнения упражнения непрерывно растет электрическая активность мышц (рис. 16), что говорит об усилении импульсации их спинальных мотонейронов. Это усиление отражает процесс рекрутирования новых двигательных единиц (ДЕ) для компенсации мышечного утомления.

Такое утомление заключается в постепенном снижении сократительной способности мышечных волокон активных ДЕ.

На протяжении упражнения усиливается деятельность одних желез внутренней секреции и ослабляется деятельность других. В частности, растет активность симпатoadреналовой системы, что выражается в повышении содержания в крови адреналина и норадреналина (рис. 17, А).

Отражением постепенного усиления активности систем, осуществляющих регуляцию двигательных и вегетативных функций, и изменений в состоянии этих функций является субъективное ощущение непрерывного повышения тяжести нагрузки по мере продолжения упражнения (рис. 17, Б).

Для упражнений с квазиустойчивым состоянием характерно наличие кислородного долга, величина которого растет с повышением мощности выполняемых упражнений. Для физиологической характеристики этих упражнений обычно используются показатели, которые регистрируются в начале периода квазиустойчивого состояния (обычно на 5-10-й мин).

Утомление

Процесс утомления - это совокупность изменений, происходящих в различных органах, системах и организме в целом, в период выполнения физической работы и приводящих в конце концов к невозможности ее продолжения. Состояние утомления характеризуется вызванным работой временным снижением работоспособности, которое проявляется в субъективном ощущении усталости. В состоянии утомления человек не способен поддерживать требуемый уровень интенсивности и (или) качества (техники выполнения) работы или вынужден отказаться от ее продолжения.

Локализация и механизмы утомление

Степень участия тех или иных физиологических систем в выполнении упражнений разного характера и мощности неодинакова. В выполнении любого упражнения можно выделить основные, ведущие, наиболее загружаемые системы, функциональные возможности которых определяют способность человека выполнить данное упражнение на требуемом уровне интенсивности и (или) качества. Степень загруженности этих систем по отношению к их максимальным возможностям определяет предельную продолжительность выполнения данного упражнения, т. е. период наступления состояния утомления. Таким образом, функциональные возможности ведущих систем не только.

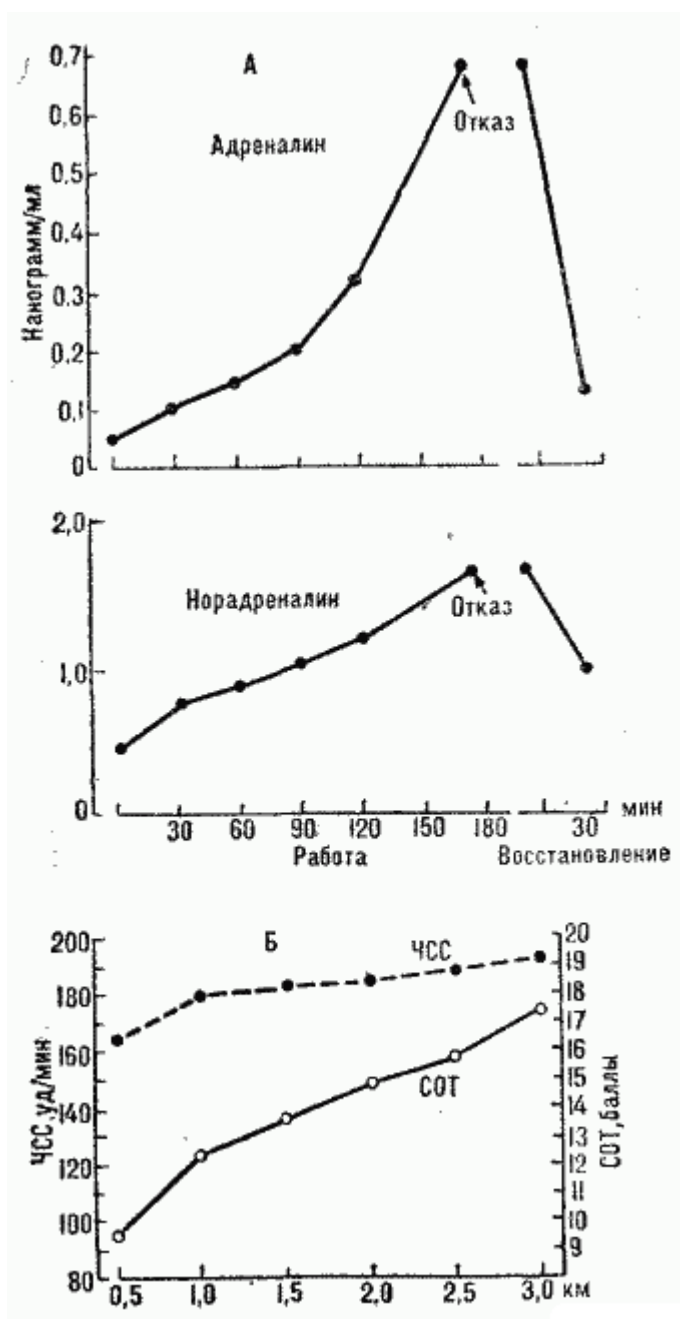


Рис. 17. "Дрейф" концентрации адреналина и норадреналина в крови на протяжении упражнения на уровне около 60% МПК, выполняемого до отказа (Л); ЧСС и субъективной оценки тяжести (СОТ) нагрузки в процессе бега на 3 км (б) определяют, но и лимитируют интенсивность и предельную продолжительность и (или) качество выполнения данного упражнения.

При выполнении разных упражнений причины утомления неодинаковы. Рассмотрение основных причин утомления связано с двумя основными понятиями. Первое понятие - локализация утомления, т. е. выделение той ведущей системы (или систем), функциональные изменения в которой и определяют наступление состояния утомления. Второе понятие - механизмы утомления, т. е. те конкретные изменения в деятельности

ведущих функциональных систем, которые обуславливают развитие утомления.

По локализации утомления можно, по существу, рассматривать три основные группы систем, обеспечивающих выполнение любого упражнения:

1. регулирующие системы - центральная нервная система, вегетативная нервная система и гормонально-гуморальная система;

2. система вегетативного обеспечения мышечной Деятельности - системы дыхания, крови и кровообращения;

3. исполнительная система - двигательный (периферический нервно-мышечный) аппарат.

При выполнении любого упражнения происходят функциональные изменения в состоянии нервных центров, управляющих мышечной деятельностью и регулирующих ее вегетативное обеспечение. При этом наиболее "чувствительными" к утомлению являются корковые нервные центры. Проявлениями центрально-нервного утомления являются нарушения в координации функций (в частности, движений), возникновение чувства усталости. Как писал И. М. Сеченов (1903), "источник ощущения усталости помещается обыкновенно в работающие мышцы; я же помещаю его... исключительно в центральную нервную систему".

Механизмы центрально-нервного утомления остаются еще во многом невыясненными. Согласно теории И. П. Павлова, утомление нервных клеток есть проявление запредельного, охранительного торможения, возникающего вследствие их интенсивной (продолжительной) активности. Предполагается, в частности, что такое торможение возникает во время работы в результате интенсивной проприоцептивной импульсации от рецепторов работающих мышц, суставов связок и капсул движущихся частей тела, достигающей всех уровней центральной нервной системы, вплоть до коры головного, мозга.

Утомление может быть связано с изменениями в деятельности вегетативной нервной системы и желез внутренней секреции. Роль последних особенно велика при длительных упражнениях (А. А. Виру). Изменения в деятельности этих систем могут вести к нарушениям в регуляции вегетативных функций, энергетического обеспечения мышечной деятельности и т. д.

Причиной развития утомления могут служить многие изменения, в деятельности систем вегетативного обеспечения, прежде всего дыхательной и сердечно-сосудистой систем. Главное следствие таких изменений - снижение кислородтранспортных возможностей организма работающего человека.

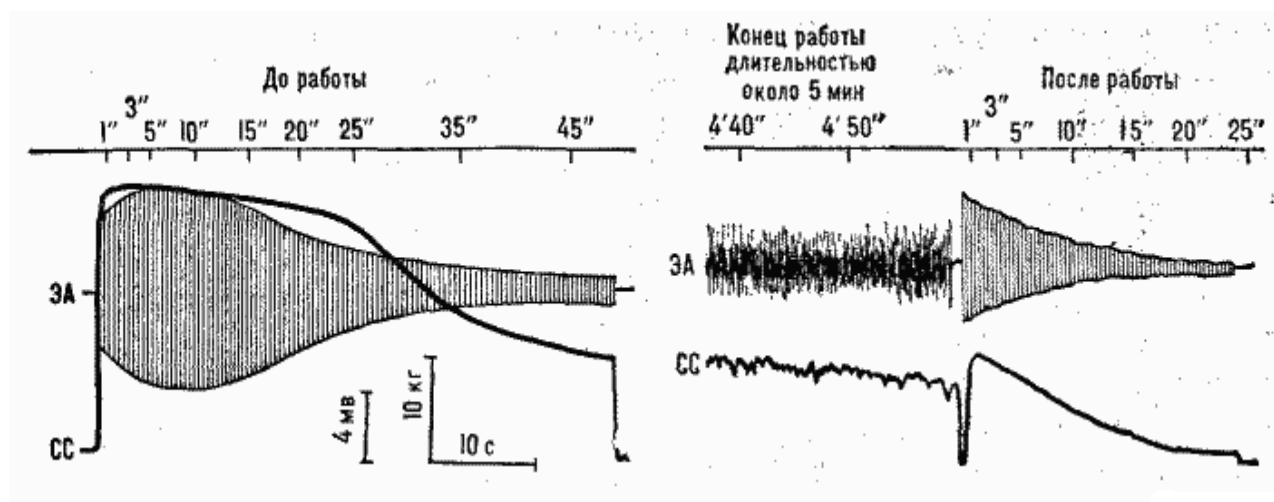


Рис. 18. Мышечное утомление, проявляющееся в снижении электрической активности (ЭА) и сократительной способности (СС) рабочих мышц в ответ на стандартное электрическое раздражение их нерва до и после статической работы до отказа (Я. М. Код и С. П. Кузнецов, 1975)

Утомление может быть связано с изменениями в самом исполнительном аппарате - в работающих мышцах. При этом мышечное ! (периферическое) утомление является результатом изменений, возникающих либо в самом сократительном аппарате мышечных волокон, либо в нервно-мышечных синапсах, либо в системе электромеханической связи мышечных волокон. При любой из этих локализаций мышечное утомление проявляется в снижении сократительной способности мышц (рис. 18).

Еще в прошлом веке были сформулированы три основных механизма мышечного утомления: 1) истощение энергетических ресурсов, 2) засорение или отравление накапливающимися продуктами распада энергетических веществ, 3) задушение в результате недостаточного поступления кислорода. В настоящее время выяснено, что роль этих механизмов в развитии утомления неодинакова при выполнении разных упражнений.

При выполнении анаэробных упражнений очень важную роль в развитии мышечного утомления играет истощение внутримышечных запасов фосфагенов (рис. 19, Л), особенно в упражнениях максимальной и околоразмаховой мощности. К концу их выполнения содержание АТФ снижается на 30-50%, а КФ-на 80-90% от исходного уровня. Поскольку для этих упражнений фосфагены служат ведущим энергетическим субстратом, их истощение ведет к невозможности поддерживать требуемую мощность мышечных сокращений. Чем ниже мощность нагрузки, тем меньше снижается содержание фосфагенов в рабочих мышцах к концу работы (рис. 19, В) и тем меньшую роль играет это снижение в развитии мышечного утомления. При выполнении аэробных упражнений снижения запасов

внутримышечных фосфагенов не происходит или оно незначительно, поэтому данный механизм не играет какой-либо роли в развитии утомления.

При выполнении упражнений околосредней и особенно субмаксимальной анаэробной мощности, а также максимальной аэробной мощности ведущую или существенную роль в энергообеспечении рабочих мышц играет анаэробный гликолиз (гликогенолиз). В результате этой реакции образуется большое количество молочной кислоты (рис. 19, Б), что ведет к повышению концентрации водородных ионов (снижению рН) в мышечных клетках. В результате тормозится скорость гликолиза и соответственно скорость энергопродукции, необходимая для поддержания требуемой мощности мышечных сокращений. Таким образом, накопление молочной кислоты (снижение рН) в рабочих мышцах является ведущим механизмом мышечного утомления при выполнении упражнений субмаксимальной анаэробной мощности и очень существенным - при выполнении упражнений околосредней анаэробной и максимальной аэробной мощности.

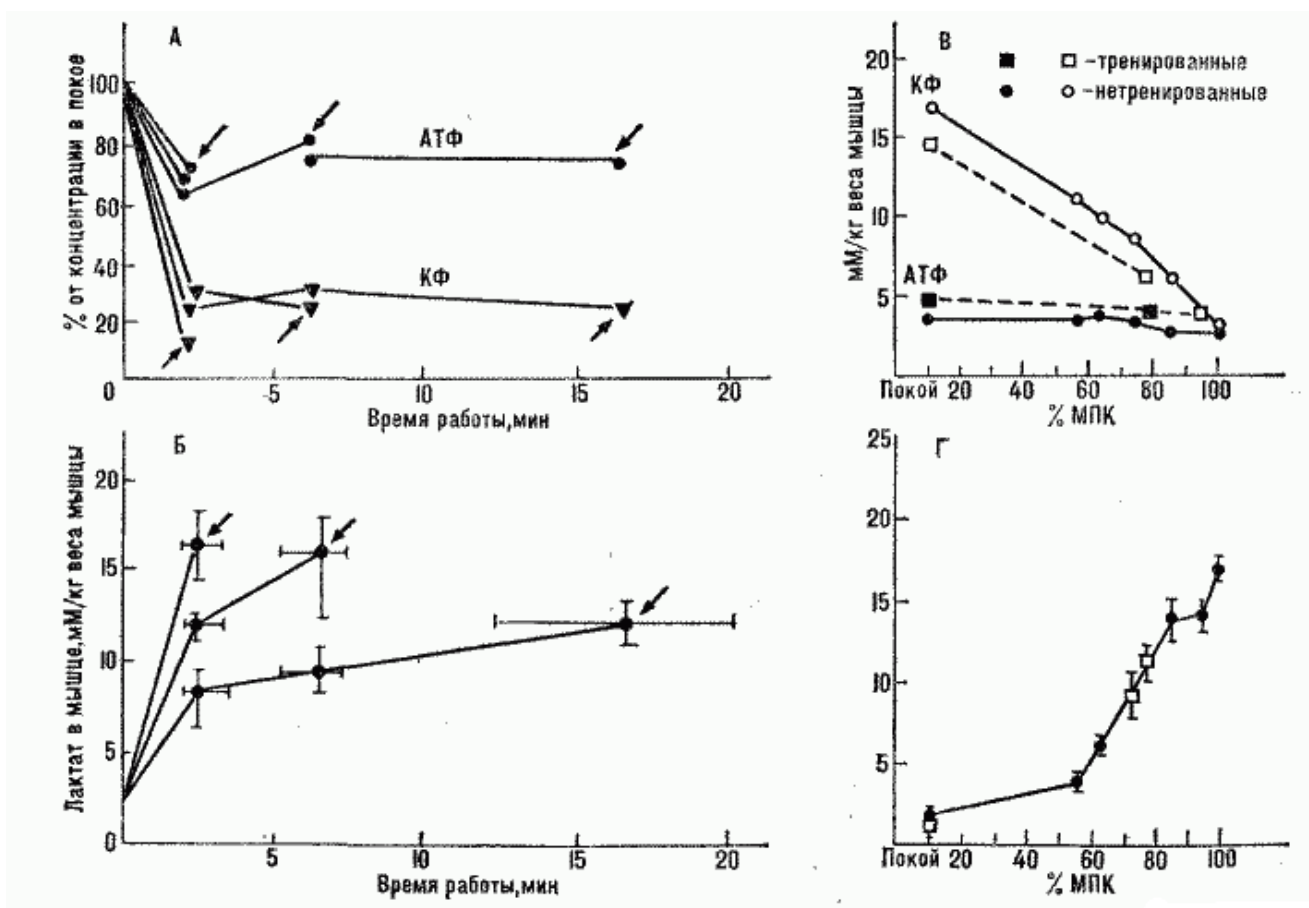


Рис. 19. Концентрация фосфагенов (А) и лактата (Б) в рабочих мышцах на протяжении анаэробных и аэробных упражнений разной предельной продолжительности (стрелки соответствуют моменту отказа от работы); концентрация фосфагенов (В) у лактата (Г) в рабочих мышцах после

упражнений разной относительной аэробной мощности (по Д. Карлссону и др., 1971).

За время выполнения упражнений максимальной анаэробной мощности мышечный гликогенолиз не успевает развернуться (см. рис. 5), поэтому накопление лактата в мышечных клетках невелико. Чем ниже мощность нагрузки в упражнениях аэробной мощности, тем меньше роль анаэробного гликолиза в мышечной энергопродукции и соответственно тем ниже содержание лактата в мышцах в конце работы (рис. 19, Г). Следовательно, как и при выполнении упражнений максимальной анаэробной мощности, так и при выполнении упражнений не максимальной аэробной мощности не происходит значительного накопления лактата в мышцах, и потому этот механизм не играет сколько-нибудь значительной роли в развитии мышечного утомления.

Важную, а для некоторых упражнений решающую роль в развитии утомления играет истощение углеводных ресурсов, в первую очередь гликогена в рабочих мышцах и печени. Мышечный гликоген служит основным субстратом (не считая фосфагенов) для энергетического обеспечения анаэробных и максимальных аэробных упражнений. При выполнении их он расщепляется почти исключительно анаэробным путем с образованием лактата, из-за тормозящего действия которого (снижения рН) высокая скорость расходования мышечного гликогена быстро уменьшается, что в конце концов предопределяет кратковременность таких упражнений. Поэтому расход мышечного гликогена при их выполнении невелик - до 30% от исходного содержания (рис. 20) - и не может рассматриваться как важный фактор мышечного утомления.

В околомаксимальных и в субмаксимальных аэробных упражнениях углеводы (мышечный гликоген и глюкоза крови) служат основными энергетическими субстратами рабочих мышц, используемыми в окислительных реакциях. В процессе выполнения субмаксимальных аэробных упражнений мышечный гликоген расходуется особенно значительно, так что момент отказа от продолжения их часто совпадает с почти полным или даже полным расходом гликогена в основных рабочих мышцах (см. рис. 20). Это дает основание считать, что истощение мышечного гликогена служит ведущим механизмом утомления при выполнении данных упражнений.



Рис. 20. Содержание мышечного гликогена после упражнений разной относительной мощности и (соответственно) разной предельной продолжительности. Числа около кривых указывают, относительную мощность работы в процентах от МПК -120% МПК соответствует, околоремонтальной анаэробной мощности

Значение углеводных ресурсов организма для субмаксимальной аэробной работоспособности доказано в специальных исследованиях. Испытуемые выполняли в них упражнение субмаксимальной аэробной мощности (на уровне около 75% от МПК) один раз до отказа при нормальном исходном содержании гликогена в мышцах и печени на фоне обычного, смешанного пищевого рациона, (контрольное упражнение). В среднем предельная продолжительность упражнения составляла около 90 мин. В конце работы содержание гликогена в мышцах падало почти до нуля - "истощающая" гликоген нагрузка (рис. 21). Это же упражнение испытуемые, выполняли повторно через 3 дня. В одних случаях на протяжении этих 3 дней пищевой рацион не содержал углеводов (белково-жировой рацион). За эти дни восстановления израсходованного гликогена в мышцах (и печени) почти не происходило (см. рис. 21, кривые 3 и 4). Поэтому упражнение повторно выполнялось при низком содержании гликогена. Предельная продолжительность его снизилась в среднем до 60 мин (рис. 22, светлые кружки).

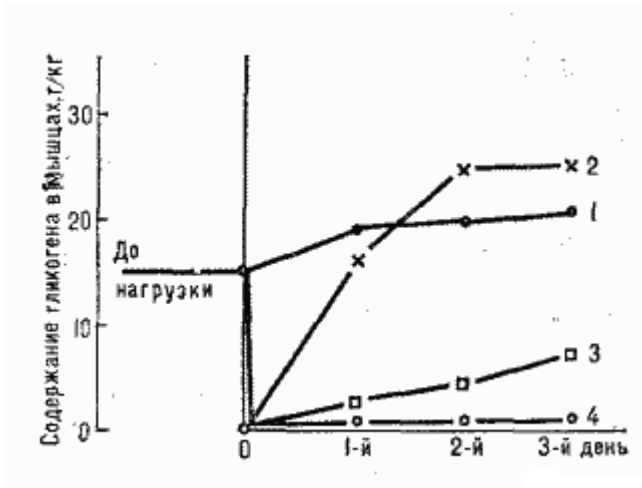


Рис. 21. Содержание мышечного гликогена на протяжении трех дней углеводного рациона без нагрузки (1); после истощающей нагрузки с углеводным рационом (2); с безуглеводным рационом без тренировок (3) и интенсивными тренировками (4) (по Д. Бергстрёму и Д. Хултману)

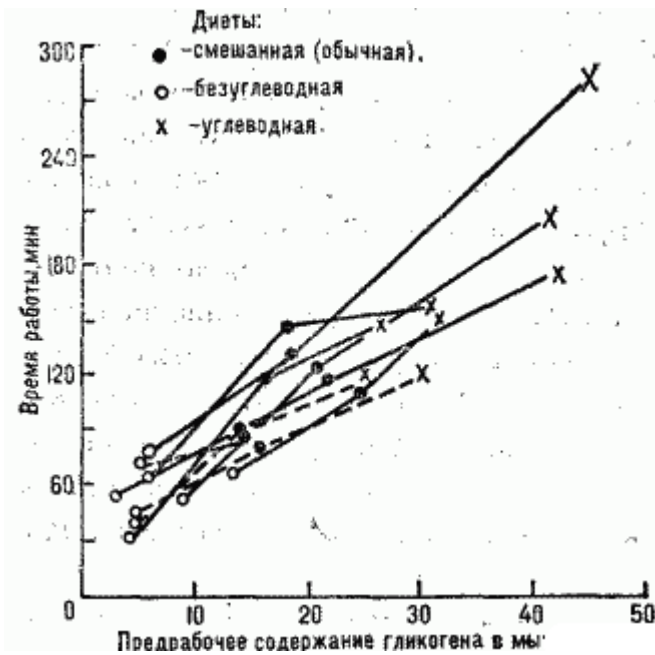


Рис. 22. Связь предельной продолжительности субмаксимального аэробного упражнения (педалирование на велоэргометре, около 75% МПК) с предварочным содержанием гликогена в мышцах

В других случаях на протяжении 3 дней после "истощающей" гликоген нагрузки пищевой рацион был с повышенным содержанием углеводов - 80-90% суточного калоража -обеспечивалось углеводами (против 40% в смешанном рационе). В результате содержание гликогена в мышцах (и печени) в 1,5-3 раза превышало обычное для данного человека (см. рис. 21, кривая 2). Такая комбинация предварительной "истощающей" гликоген нагрузки и последующего трехдневного усиленного углеводного рациона, вызывающая значительное повышение содержания гликогена в рабочих

мышцах и печени, получила название метода углеводного, насыщения - МУН (Я. М. Коц). Интересно, что само по себе усиленное углеводное питание без предварительного истощения гликогена приводит лишь к небольшому повышению его содержания в мышцах (см. рис. 21, кривая 1). Применение МУН дает значительное увеличение предельной продолжительности работы - в среднем до 120 мин (см. рис. 22, крестики). Таким образом, субмаксимальная аэробная работоспособность находится в прямой зависимости, от исходных запасов гликогена в мышцах и печени.

В энергообеспечении аэробных упражнений более низкой мощности (средней и ниже) значительную роль наряду с углеводами играют жиры (их относительная роль тем больше, чем ниже мощность упражнения). В конце выполнения таких упражнений содержание гликогена в рабочих мышцах снижено существенно, но не до такой степени, как при субмаксимальных аэробных упражнениях (см. рис. 20). Поэтому истощение его не может рассматриваться как ведущий фактор утомления. И все же это весьма важный фактор, так как по мере уменьшения содержания гликогена в рабочих мышцах они все в большей степени используют глюкозу крови, которая, как известно, служит единственным энергетическим источником для нервной системы. Из-за увеличения использования глюкозы работающими мышцами уменьшаются запасы гликогена в печени, расщепление которого обеспечивает поступление глюкозы в кровь. Поэтому по мере выполнения упражнений средней аэробной мощности снижается содержание глюкозы в крови (развивается гипогликемия), что может привести к нарушению деятельности ЦНС и утомлению. Чем выше исходное содержание гликогена в мышцах и печени, тем позднее развивается гипогликемия и наступает утомление при выполнении таких упражнений. Прием углеводов (глюкозы) на дистанции предотвращает или отодвигает эти явления. Вместе с тем если углеводы принимаются до старта, то повышается выброс инсулина в кровь и снижается концентрация глюкозы во время работы, т. е. более быстро развивается гипогликемия и наступает утомление.

Утомление при выполнении различных спортивных упражнений

Для различных упражнений характерна специфическая комбинация ведущих систем (локализации) и механизмов утомления.

При выполнении упражнений максимальной анаэробной мощности наиболее важную роль в развитии утомления играют процессы, происходящие в ЦНС и исполнительном нервно-мышечном аппарате.

Во время этих упражнений высшие моторные центры должны активировать максимально возможное число спинальных мотонейронов работающих мышц и обеспечить высокочастотную импульсацию. Такая интенсивная "моторная команда" может поддерживаться лишь в течение нескольких секунд. Особенно рано снижается частота импульсации, и

происходит выключение быстрых мотонейронов. Исключительно быстро расходуются фосфагены в работающих мышцах, особенно креатинофосфат, так что одним из ведущих механизмов утомления при выполнении этих упражнений служит истощение фосфагенов как основных субстратов, способных обеспечивать такую работу. Анаэробный гликолиз развивается медленнее, поэтому за несколько секунд работы концентрация лактата в сокращающихся мышцах увеличивается незначительно (см. рис. 11). Системы вегетативного обеспечения ввиду их инертности не играют решающей роли в выполнении этих упражнений и соответственно в развитии утомления.

При выполнении **упражнений околосредней анаэробной мощности** определяющими развитие утомления также служат изменения" происходящие в ЦНС и в исполнительном мышечном аппарате. Как и при максимальной анаэробной работе, ЦНС должна обеспечивать рекрутирование и высокочастотную импульсацию большинства спинальных мотонейронов, иннервирующих основные рабочие мышцы. В самих мышечных клетках происходит интенсивное расходование субстратов анаэробного метаболизма - фосфагенов и мышечного гликогена, накапливается и диффундирует в кровь значительное количество молочной кислоты. Так что наряду с истощением фосфагенов важной причиной утомления при околосредней анаэробной работе является накопление в мышцах и крови молочной кислоты, что, с одной стороны, снижает скорость гликогенолиза в мышцах, а с другой - оказывает неблагоприятное влияние на деятельность ЦНС.

Во время выполнения **упражнений субмаксимальной анаэробной мощности** ресинтез фосфагенов происходит с достаточной скоростью, поэтому в конце работы не обнаруживается заметного их расходования (см. рис. 19, А). Главным механизмом утомления в этих упражнениях служат связанное с интенсивным гликогенолизом (как основным, путем энергопродукции) накопление лактата в мышцах (см. рис. 19, Б) и крови и обусловленное им снижение рН в мышечных клетках и крови. Оба эти фактора приводят к уменьшению скорости гликогенолиза в мышцах и оказывают отрицательное влияние на деятельность ЦНС. При работе субмаксимальной анаэробной мощности дополнительным (хотя не очень существенным) фактором, лимитирующим работоспособность, служат функциональные возможности, кислородтранспортной системы. Поэтому одним из механизмов утомления при выполнении такой работы является недостаточное снабжение мышц кислородом ...

При выполнении **упражнений максимальной аэробной мощности** утомление связано прежде всего с кислородтранспортной системой, предельные возможности которой являются фактором, лимитирующим работоспособность. Один из главных механизмов утомления в данном случае - недостаточное обеспечение работающих: мышц

кислородом. В процессе такой работы значительную долю энергии-мышцы получают в результате анаэробного гликогенолиза с образованием молочной кислоты, накопление которой (снижение рН) в мышцах и крови также играет важную роль в развитии утомления.

Выполнение **упражнений околомаксимальной аэробной мощности** также лимитируется в основном возможностями кислородтранспортной системы. В процессе их выполнения концентрация фосфагенов снижается незначительно, концентрация лактата в мышцах и крови относительно невелика (см. рис. 19). Утомление связано со снижением производительности сердечно-сосудистой системы, особенно сердца. Сердечная производительность выступает как главный фактор, лимитирующий снабжение мышц кислородом. Работа обеспечивается преимущественно гликогенолизом. Однако отказ от продолжения ее прямо не связан с истощением углеводных ресурсов организма (см. рис. 20). Высокая концентрация молочной кислоты в мышцах и крови позволяет рассматривать ее как один из важных механизмов утомления при выполнении упражнений околомаксимальной аэробной мощности,

Упражнения субмаксимальной аэробной мощности связаны с большой нагрузкой на сердечно-сосудистую систему. Их выполнение обеспечивается окислительными процессами в работающих мышцах, использующих в качестве основного субстрата мышечный гликоген и глюкозу крови. Главным механизмом утомления при таких упражнениях служит истощение запасов гликогена в работающих мышцах и печени (см. рис. 20). Большинство изменений, наблюдаемых в деятельности сердечно-сосудистой системы, на протяжении периода квазиустойчивого состояния (см. рис. 13), отражает течение процессов, которые в конце концов приводят к утомлению. Большая и длительная нагрузка на сердце ведет к снижению производительности миокарда. Определенную роль в развитии утомления играют повышающиеся по мере продолжения работы! требования к поддержанию необходимой температуры тела (рабочей гипертермии).

Упражнения средней аэробной мощности также оказывают наибольшую нагрузку на кислородтранспортную систему. При работе такой мощности происходит значительный расход гликогена мышц и усиленный расход (истощение) гликогена печени, что ведет к развитию гипогликемии. Таким образом, вторично страдает ЦНС, для которой глюкоза крови играет роль единственного энергетического источника. Кроме того, большое значение имеет нарушение процессов терморегуляции, что может вызвать критическое повышение температуры тела. В результате дополнительного перераспределения кровотока (усиления кожного кровотока и снижения кровотока работающих мышц) происходит повышение теплоотдачи. Доставка кислорода к рабочим мышцам снижается, что ведет к мышечному утомлению.

Упражнение малой аэробной мощности в значительной мере характеризуются теми же локализацией и механизмами утомления, что и

упражнения средней аэробной мощности. Отличие состоит в более медленном наступлении описанных процессов и в большем расходе жиров, недоокисленные продукты расщепления которых могут поступать в кровь и быть важным фактором утомления.

Восстановление

После прекращения упражнения происходят обратные изменения в деятельности тех функциональных систем, которые обеспечивали выполнение данного упражнения. Вся совокупность изменений в этот период объединяется понятием восстановления. На протяжении восстановительного периода удаляются продукты рабочего метаболизма и восполняются энергетические запасы, пластические (структурные) вещества (белки и др.) и ферменты, израсходованные за время мышечной деятельности. По существу, происходит восстановление нарушенного работой гомеостаза. Однако восстановление - это не только процесс возвращения организма к предрабочему состоянию". В этот период происходят также изменения, которые обеспечивают повышение функциональных возможностей организма, т. е. положительный тренировочный эффект.

Восстановление функций после прекращения работы

Сразу после прекращения работы происходят многообразные изменения в деятельности различных функциональных систем. В периоде восстановления можно выделить 4 фазы: 1) быстрого восстановления, 2) замедленного восстановления, 3) суперкомпенсации (или "перевосстановления"), 4) длительного (позднего) восстановления. Наличие этих фаз, их длительность и характер сильно варьируют для разных функций. Первым двум фазам соответствует период восстановления работоспособности, сниженной в результате утомительной работы, третьей фазе - повышенная работоспособность, четвертой - возвращение к нормальному (предрабочему) уровню работоспособности (рис. 23).

Общие закономерности восстановления функций после работы состоят в следующем. Во-первых, скорость и длительность восстановления большинства функциональных показателей находятся в прямой зависимости от мощности работы: чем выше мощность работы, тем большие изменения происходят за время работы и (соответственно) тем выше скорость восстановления. Это означает, что чем короче предельная продолжительность упражнения, тем короче период восстановления. Так, продолжительность восстановления большинства функций после максимальной анаэробной работы - несколько минут, а после продолжительной работы, например после марафонского бега, - несколько дней. Ход начального восстановления многих функциональных показателей

по своему характеру является зеркальным отражением их изменений в период вработывания.

Во-вторых, восстановление различных функций протекает с разной скоростью, а в некоторые фазы восстановительного процесса и с разной направленностью, так что достижение ими уровня покоя происходит неодновременно (гетерохронно). Поэтому о завершении процесса восстановления в целом следует судить не по какому-нибудь одному и даже не по нескольким ограниченным показателям, а лишь по возвращению к исходному (предрабочему) уровню наиболее медленно восстанавливающегося показателя (М. Я. Горкин).

В-третьих, работоспособность и многие определяющие ее функции организма на протяжении периода восстановления после интенсивной работы не только достигают предрабочего уровня, но могут и превышать его, проходя через фазу "перевосстановления" (см. рис. 23). Когда речь идет об энергетических субстратах, то такое временное превышение предрабочего уровня носит название суперкомпенсации (Н. Н. Яковлев).



Рис. 23. Схематическое представление изменения работоспособности на протяжении работы до отказа и в период восстановления (по Г. В. Фольборту)

Кислородный долг и восстановление энергетических запасов организма

В процессе мышечной работы расходуются кислородный запас организма, фосфагены (АТФ и КрФ), углеводы, (гликоген мышц и печени, глюкоза крови) и жиры. После работы происходит их восстановление. Исключение составляют жиры, восстановления которых может и не быть.

Восстановительные процессы, происходящие в организме после работы, находят свое энергетическое отражение в повышенном (п" сравнению с предрабочим состоянием) потреблении кислорода - кислородном долге (см. рис. 12). Согласно оригинальной теории А. Хйлла (1922), кислородный долг - это избыточное потребление O₂ сверх предрабочего уровня покоя, которое обеспечивает энергией организм для восстановления до предрабочего состояния, включая восстановление

израсходованных во время работы запасов энергии и устранение молочной кислоты. Скорость потребления O_2 после работы снижается экспоненциально: на протяжении первых 2-3 мин очень быстро (быстрый, или алактатный, компонент кислородного долга), а затем более медленно (медленный, или лактатный, компонент кислородного долга), пока не достигает (через 30-60 мин) постоянной величины, близкой к предрабочей.

После работы мощностью до 60% от МПК кислородный долг не намного превышает кислородный дефицит. После более интенсивных упражнений кислородный долг значительно превышает кислородный дефицит, причем тем больше, чем выше мощность работы (рис. 24).

Быстрый (алактатный) компонент O_2 -долга связан главным образом с использованием O_2 на быстрое восстановление израсходованных за время работы высокоэнергетических фосфагенов в рабочих мышцах, а также с восстановлением нормального содержания O_2 в венозной крови и с насыщением миоглобина кислородом.

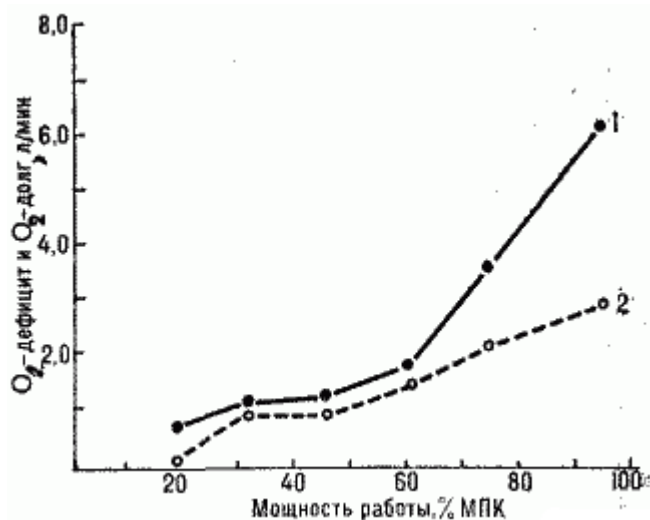


Рис. 24. O_2 -долг (1) и O_2 -дефицит (2) при упражнениях разной относительной аэробной мощности (Х. Кнуттген. и Б. Салтин, 1972)

Медленный (лактатный) компонент O_2 -долга связан со многими факторами. В большой мере он связан с послерабочим устранением лактата из крови и тканевых жидкостей. Кислород в этом случае используется в окислительных реакциях, обеспечивающих ресинтез гликогена из лактата крови (главным образом, в печени и отчасти в почках) и окисление лактата в сердечной и скелетных мышцах. Кроме того, длительное повышение потребления O_2 связано с необходимостью поддерживать усиленную деятельность дыхательной и сердечно-сосудистой систем в период восстановления, усиленный обмен веществ и другие процессы, которые обусловлены длительно сохраняющейся повышенной активностью симпатической нервной и гормональной систем, повышенной температурой

тела, также медленно снижающимися на протяжении периода восстановления.

Восстановление запасов кислорода. Кислород находится в мышцах в форме химической связи с миоглобином. Эти запасы очень невелики: каждый килограмм мышечной массы содержит около 11 мл O₂. Следовательно, общие запасы "мышечного" кислорода (из расчета на 40 кг мышечной массы у спортсменов) не превышают 0,5 л. В процессе мышечной работы он может быстро расходоваться, а после работы быстро восстанавливаться. Скорость восстановления запасов кислорода зависит лишь от доставки его к мышцам.

Сразу после прекращения работы артериальная кровь, проходящая через мышцы, имеет высокое парциальное напряжение (содержание) O₂, так что восстановление O₂-миоглобина происходит, вероятно, за несколько секунд. Расходуемый при этом кислород составляет некоторую часть быстрой фракции кислородного долга, в которую входит также небольшой объем O₂ (до 0,2 л), идущий, на восполнение нормального содержания его в венозной крови.

Таким образом, уже через несколько секунд после прекращения работы кислородные "запасы" в мышцах и крови восстанавливаются. Парциальное напряжение O₂ в альвеолярном воздухе и в артериальной крови не только достигает предрабочего уровня, но и превышает его. Быстро восстанавливается также содержание O₂ в венозной крови, оттекающей от работавших мышц и других активных органов и тканей тела, что указывает на достаточное их обеспечение кислородом в послерабочий период. Поэтому нет никаких физиологических оснований использовать дыхание чистым кислородом или смесью с повышенным содержанием кислорода после работы для ускорения процессов

Восстановление фосфагенов (АТФ и КрФ). Фосфагены, особенно АТФ, восстанавливаются очень быстро (рис. 25). Уже на протяжении 30 с после прекращения работы восстанавливается до 70% израсходованных фосфагенов, а их полное восполнение заканчивается за несколько минут, причем почти исключительно за счет энергии аэробного метаболизма, т. е. благодаря кислороду, потребляемому в быструю фазу O₂-долга. Действительно, если сразу после работы жгутировать работающую конечность и таким образом лишить мышцы кислорода, доставляемого с кровью, то восстановление КрФ не произойдет.

Чем больше расход фосфагенов за время работы, тем больше требуется O₂ для их восстановления (для восстановления 1 моля АТФ необходимо 3,45 л O₂). Величина быстрой (алактатной) фракции O₂-долга прямо связана со степенью- снижения фосфагенов в мышцах к концу работы. Поэтому данная величина указывает на количество израсходованных в процессе работы фосфагенов.

У нетренированных мужчин максимальная величина быстрой фракции O₂-долга достигает 2-3 л. Особенно большие величины этого показателя зарегистрированы у представителей скоростно-силовых видов спорта (до 7 л у высококвалифицированных спортсменов). В этих видах спорта содержание фосфагенов и скорость их расходования в мышцах прямо определяют максимальную и поддерживаемую (дистанционную) мощность упражнения.

Восстановление гликогена. По первоначальным представлениям Р. Маргария и др. (1933), израсходованный за время работы гликоген ресинтезируется из молочной кислоты на протяжении 1-2 ч после работы. Расходуемый в этот период восстановления кислород определяет вторую, медленную, или лактатную, фракцию O₂-Долга. Однако в настоящее время установлено, что восстановление гликогена в мышцах может длиться до 2-3 дней

Скорость восстановления гликогена и количество его восстанавливаемых запасов в мышцах и печени зависит от двух основных факторов: степени расходования гликогена в процессе работы и характера пищевого рациона в период восстановления. После очень значительного (более 3/4 исходного содержания), вплоть до полного, истощения гликогена в рабочих мышцах его восстановление в первые часы при обычном питании идет очень медленно, и для достижения предрабочего уровня требуется до 2 суток. При пищевом рационе с высоким содержанием углеводов (более 70% суточного калоража) этот процесс ускоряется - уже за первые 10 ч в рабочих мышцах восстанавливается более половины гликогена, к концу суток происходит его полное восстановление, а в печени содержание гликогена значительно превышает обычное. В дальнейшем количество гликогена в рабочих мышцах и в печени продолжает увеличиваться и через 2-3 суток после "истощающей" нагрузки может превышать предрабочее в 1,5-3 раза - феномен суперкомпенсации (см. рис. 21, кривая 2).

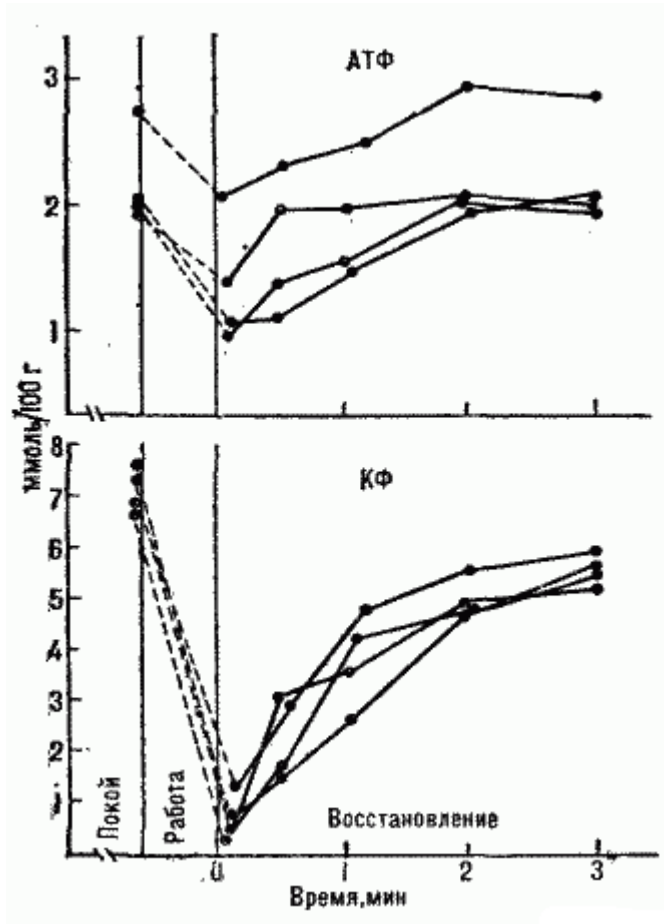


Рис. 25. Снижение за время и восстановление концентрации фосфагенов после субмаксимальной анаэробной работы до отказа (Л. Хермансен и Д. Хултман, 1972). (данные четырех опытов)

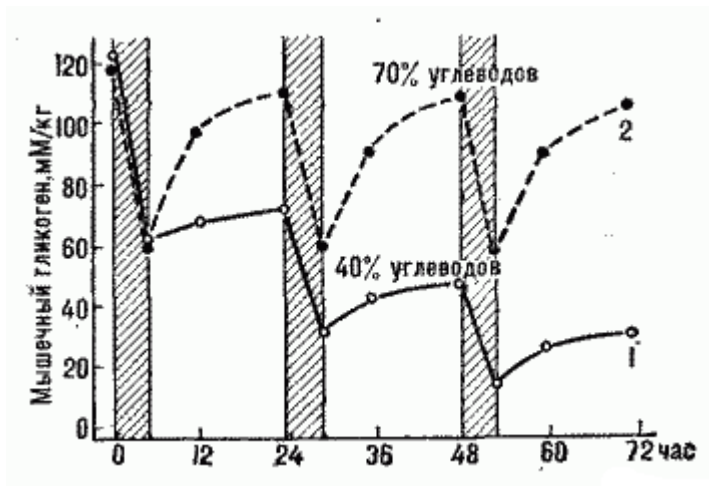


Рис. 26. Динамика изменения содержания гликогена в рабочих мышцах при ежедневных тренировках (пробегание 16,2 км за час обозначено штриховкой): 1 - с обычным питанием (40% суточного калоража за счет углеводов) и 2 - с повышенной углеводной литанией (70% калоража за счет углеводов) (Д. Костилл, 1976).

При ежедневных интенсивных и длительных тренировочных занятиях содержание гликогена в рабочих мышцах и печени существенно снижается от дня ко дню, так как при обычном пищевом рационе даже суточного перерыва между тренировками недостаточно для полного восстановления гликогена. Увеличение содержания углеводов в пищевом рационе спортсмена может обеспечить полное восстановление углеводных ресурсов организма к следующему тренировочному занятию (рис. 26).

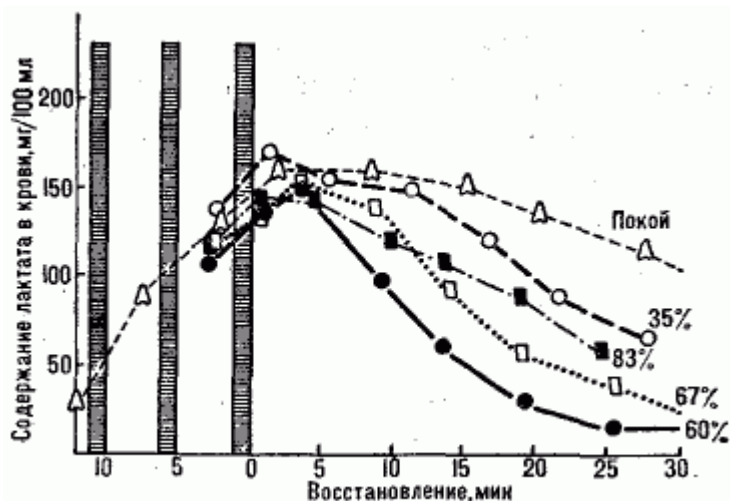


Рис. 27. Уменьшение концентрации лактата в крови в период восстановления после трех повторных односторонних максимальных нагрузок на велоэргометре (Л. Хермансени И. Стенвольд, 1972): столбики со штриховкой работа, без штриховки отдых

Устранение молочной кислоты. В период восстановления происходит устранение молочной кислоты из рабочих мышц, крови и тканевой жидкости, причем тем быстрее, чем меньше образовалось молочной кислоты во время работы. Важную роль играет также послерабочий режим. Так, после максимальной нагрузки для полного устранения накопившейся молочной кислоты требуется 60-90 мин в условиях полного покоя - сидя или лежа (пассивное восстановление). Однако, если после такой нагрузки выполняется легкая работа (активное восстановление), то устранение молочной кислоты происходит значительно быстрее. У нетренированных людей оптимальная интенсивность "восстанавливающей" нагрузки - примерно 30-45% от МПК (например, бег трусцой), а у хорошо тренированных спортсменов - 50-60% от МПК, общей продолжительностью примерно 20 мин (рис. 27).

Существует четыре основных пути устранения молочной кислоты: 1) окисление до CO_2 и H_2O (так устраняется примерно 70% всей накопленной молочной кислоты); 2) превращение в гликоген (в мышцах и печени) и в глюкозу (в печени) - около 20%; 3) превращение в белки (менее 10%); 4) удаление с мочой и потом (1-2%). При активном восстановлении доля молочной кислоты, устраняемой аэробным путем, увеличивается. Хотя окисление молочной кислоты может происходить в самых разных органах и

тканях (скелетных мышцах, мышце сердца, печени, почках и др.), наибольшая ее часть окисляется в скелетных мышцах (особенно их медленных волокнах). Это делает понятным, почему легкая работа (в ней участвуют в основном медленные мышечные волокна) способствует более быстрому устранению лактата после тяжелых нагрузок.

Значительная часть медленной (лактатной) фракции O₂-долга связана с устранением молочной кислоты. Чем интенсивнее нагрузка, тем больше эта фракция. У нетренированных людей она достигает максимально 5-10 л, у спортсменов, особенно у представителей скоростно-силовых видов спорта, - 15-20 л. Длительность ее - около часа. Величина и продолжительность лактатной фракции O₂-долга уменьшаются при активном восстановлении.

Активный отдых

Характер и длительность восстановительных процессов могут изменяться в зависимости от режима деятельности спортсменов в послерабочий, восстановительный, период. В опытах И. М. Сеченова было показано, что в определенных условиях более быстрое и более значительное восстановление работоспособности обеспечивается не пассивным отдыхом, а переключением на другой вид деятельности, т. е. активным отдыхом. В частности, он обнаружил, что работоспособность руки, утомленной работой на ручном эргографе, восстанавливалась быстрее и полнее, когда период отдыха ее был заполнен работой другой руки. Анализируя этот феномен, И. М. Сеченов предположил, что афферентные импульсы, поступающие во время отдыха от других работающих мышц, способствуют лучшему восстановлению работоспособности нервных центров, как бы заряжая их энергией. Кроме того, работа одной рукой вызывает увеличение кровотока в сосудах другой руки, что также может способствовать более быстрому восстановлению работоспособности утомленных мышц.

Положительный эффект активного отдыха проявляется не только при переключении на работу других мышечных групп, но и при выполнении той же работы, но с меньшей интенсивностью. Например, переход от бега с большой скоростью к бегу трусцой также оказывается эффективным для более быстрого восстановления. Молочная кислота устраняется из крови быстрее при активном отдыхе, т. е. в условиях работы сниженной мощности, чем при пассивном отдыхе (см. рис. 27). С физиологической точки зрения, положительный эффект заключительной работы невысокой мощности в конце тренировки или после соревнования является проявлением феномена активного отдыха.

Физиологические основы мышечной силы и скоростно-силовых качеств (мощности)

Как уже отмечалось, проявляемая мышечная сила находится в обратной зависимости от скорости движения (см. рис. 1): чем выше скорость движения, тем меньше проявляемая сила, и наоборот. Разные спортивные упражнения относятся к разным точкам кривой "сила - скорость". Упражнения с внешней нагрузкой, близкой или равной максимальной изометрической мышечной силе, относятся к собственно-лиловым упражнениям. Таковы, например, гимнастические упражнения "стойка на кистях", "крест", "переднее равновесие" на кольцах, тяжелоатлетические упражнения со штангой околорекордного или рекордного веса.

При уменьшении внешнего сопротивления скорость движения возрастает, а проявляемая мышечная сила падает. Упражнения с внешней нагрузкой, равной 40-70% от максимальной изометрической силы, при выполнении которых проявляются относительно большие сила и скорость мышечных сокращений, т. е. большая мощность, относятся к скоростно-силовым упражнениям. Таковы, например, бег на короткие дистанции, прыжки.

В движениях с перемещением малой массы (менее 40% от максимальной изометрической силы) достигается высокая скорость, а проявляемая мышечная сила относительно мала. Такие упражнения относятся к скоростным (например, метание малого мяча с места), движения ненагруженных конечностей).

Границы, разделяющие названные виды" упражнений, очень условны.

Раздел 3 Физиологические основы развития физических качеств и формирования двигательного навыка

Физиологические основы мышечной силы

В условиях изометрического сокращения мышцы проявляют максимальную статическую силу.

Максимальная статическая сила и максимальная произвольная статическая сила мышц

Изометрически сокращающаяся мышца развивает максимально возможное для нее напряжение при одновременном выполнении следующих трех условий:

1. активации всех двигательных единиц (мышечных волокон) данной мышцы;
2. режиме полного тетануса у всех ее двигательных единиц;

3. сокращения мышцы при длине покоя.

В этом случае изометрическое напряжение мышцы соответствует ее максимальной статической силе.

Максимальная сила (МС), развиваемая мышцей, зависит от числа мышечных волокон, составляющих данную мышцу, и от их толщины. Число и толщина волокон определяют толщину мышцы в целом, или, иначе, площадь поперечного сечения мышцы (анатомический поперечник). Отношение МС мышцы к ее анатомическому поперечнику называется относительной силой мышцы. Она измеряется в ньютонах или килограммах силы на 1 см² (Н/см² или кг/см²).

Анатомический поперечник определяется как площадь поперечного разреза мышцы, проведенного перпендикулярно к ее длине. Поперечный разрез мышцы, проведенный перпендикулярно к ходу ее волокон, позволяет получить физиологический поперечник мышцы. Для мышц с параллельным ходом волокон физиологический поперечник совпадает с анатомическим. Отношение МС мышцы к ее физиологическому поперечнику называется абсолютной силой мышцы. Она колеблется в пределах 0,5-1 Н/см².

Измерение мышечной силы у человека осуществляется при его произвольном усилии, стремлении максимально сократить необходимые мышцы. Поэтому когда говорят о мышечной силе у человека, речь идет о максимальной произвольной силе (МПС, в спортивной педагогике этому понятию эквивалентно понятие "абсолютная сила мышц"). Она зависит от двух групп факторов: мышечных (периферических) и координационных (центрально-нервных).

К мышечным (периферическим) факторам, определяющим МПС, относятся:

1. механические условия действия мышечной тяги - плечо рычага действия мышечной силы и угол приложения этой силы к костным рычагам;
2. длина мышц, так как напряжение мышцы зависит от ее длины;
3. поперечник (толщина) активируемых мышц, так как при прочих равных условиях проявляемая мышечная сила тем больше, чем больше суммарный поперечник произвольно сокращающихся мышц;
4. композиция мышц, т. е. соотношение быстрых и медленных мышечных волокон в сокращающихся мышцах.

К координационным (центрально-нервным) факторам относится совокупность центрально-нервных координационных механизмов управления мышечным аппаратом - механизмы внутримышечной координации и механизмы межмышечной координации.

Механизмы внутримышечной координации определяют число и частоту импульсации мотонейронов данной мышцы и связь их импульсации во времени. С помощью этих механизмов центральная нервная система регулирует МПС данной мышцы, т. е. определяет, насколько сила произвольного сокращения данной мышцы близка к ее МС. Показатель МПС любой мышечной группы даже одного сустава зависит от силы сокращения многих мышц. Совершенство межмышечной координации проявляется в адекватном выборе " нужных" мышц-синергистов, в ограничении " ненужной" активности мышц-антагонистов данного и других суставов и в усилении активности мышц-антагонистов, обеспечивающих фиксацию смежных суставов и т. п.

Таким образом, управление мышцами, когда требуется проявить их МПС, является сложной задачей для центральной нервной системы. Отсюда понятно, почему в обычных условиях МПС мышц меньше, чем их МС. Разница между МС мышц и их МПС называется силовым дефицитом.

Силовой дефицит у человека определяется следующим образом. На специальной динамометрической установке измеряют МПС выбранной группы мышц, затем - ее МС. Чтобы измерить МС, раздражают нерв, иннервирующий данную мышечную группу, электрическими импульсами. Силу электрического раздражения подбирают такой, чтобы возбудить все моторные нервные волокна (аксоны мотонейронов). При этом применяют частоту раздражения, достаточную для возникновения полного тетануса мышечных волокон (обычно 50-100 имп/с). Таким образом, сокращаются все мышечные волокна данной мышечной группы, развивая максимально возможное для них напряжение (МС).

Силовой дефицит данной мышечной группы тем меньше, чем совершеннее центральное управление мышечным аппаратом. Величина силового дефицита зависит от трех факторов:

1. психологического, эмоционального, состояния (установки) испытуемого;
2. необходимого числа одновременно активируемых мышечных групп
3. степени совершенства произвольного управления ими.

Первый фактор. Известно, что при некоторых эмоциональных состояниях человек может проявлять такую силу, которая намного превышает его максимальные возможности в обычных условиях. К таким эмоциональным (стрессовым) состояниям относится, в частности, состояние спортсмена во время соревнования. В экспериментальных условиях значительное повышение показателей МПС (т. е. уменьшение силового дефицита) обнаруживается при сильной мотивации (заинтересованности)

испытуемого, в ситуациях, вызывающих его сильную эмоциональную реакцию, например после неожиданного резкого звука (выстрела). То же отмечается при гипнозе, приеме некоторых лекарственных препаратов. При этом положительный эффект (увеличение МПС, уменьшение силового дефицита) сильнее выражен у нетренированных испытуемых и слабее (или совсем отсутствует) у хорошо тренированных спортсменов. Это указывает на высокую степень совершенства центрального управления мышечным аппаратом у спортсменов.

Второй фактор. При одинаковых условиях измерения величина силового дефицита тем больше, чем больше число одновременно сокращающихся мышечных групп. Например, когда измеряется МПС мышц, только приводящих большой палец кисти, силовой дефицит составляет у разных испытуемых 5-15% от МС этих мышц. При определении МПС мышц, приводящих большой палец и сгибающих его концевую фалангу, силовой дефицит возрастает до 20%. При максимальном произвольном сокращении больших групп мышц голени силовой дефицит равен 30% (Я. М. Коц).

Третий фактор. Роль его доказывается различными экспериментами. Показано, например, что изометрическая тренировка, проводимая при определенном положении конечности, приводит к значительному повышению МПС, измеряемой в том же положении. Если измерения проводятся в других положениях конечности, то прирост МПС оказывается незначительным или отсутствует совсем. Если бы прирост МПС зависел только от увеличения поперечника тренируемых мышц (периферического фактора), то он обнаруживался бы при измерениях в любом положении конечности. Следовательно, в данном случае прирост МПС зависит от более совершенного, чем до тренировки, центрального управления мышечным аппаратом именно в тренируемом положении.

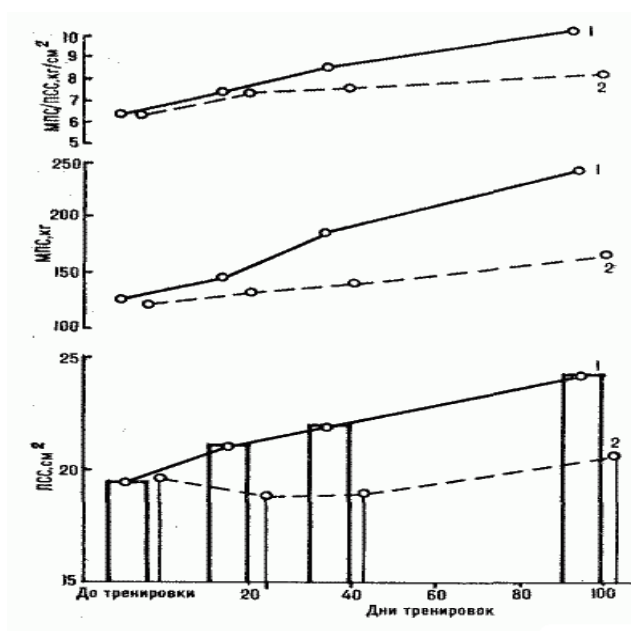


Рис. 28. Влияние 100-дневной силовой тренировки мышц правой руки на максимальную произвольную силу (МПС), площадь поперечного сечения (ППС) и отношение МПС/ППС мышц правой и левой рук (М. Икай и Т. Фукунага, 1970): 1-тренированные мышцы, 2 -нетренированные

Роль координационного фактора выявляется также при изучении показателя относительной произвольной силы, которая определяется делением показателя МПС на величину мышечного поперечника (Так как у человека можно измерить только анатомический поперечник мышцы, для большинства мышц определяется не абсолютная произвольная сила (отношение МПС к физиологическому поперечнику), а относительная (отношение МПС к анатомическому поперечнику). В спортивной педагогике понятием "относительная сила" обозначают отношение МПС к весу спортсмена.). Так, после 100-дневной тренировки с применением изометрических упражнений МПС мышц тренируемой руки выросла на 92%, а площадь их поперечного сечения - на 23% (рис. 28). Соответственно относительная произвольная сила увеличилась в среднем с 6,3 до 10 кг/см². Следовательно, систематическая тренировка может способствовать совершенствованию произвольного управления мышцами. МПС мышц нетренируемой руки также несколько увеличилась за счет последнего фактора, так как площадь поперечного сечения мышц этой руки не изменилась. Это показывает, что более совершенное центральное управление мышцами может проявляться в отношении симметричных мышечных групп (явление "переноса" тренировочного эффекта).

Как известно, наиболее высокопороговыми ("менее возбудимыми") являются быстрые двигательные единицы мышцы. Их вклад в общее напряжение мышцы особенно велик, так как каждая из них содержит много мышечных волокон. Быстрые мышечные волокна толще, имеют больше миофибрилл, и поэтому сила их сокращения выше, чем у медленных двигательных единиц. Отсюда понятно, почему МПС зависит от композиции мышц: чем больше быстрых мышечных волокон они содержат, тем выше их МПС (рис. 29).

Когда перед спортсменом стоит задача развить значительную мышечную силу во время выполнения соревновательного упражнения, он должен систематически применять на тренировках упражнения, которые требуют проявления большой мышечной силы (не менее 70% от его МПС). В этом случае совершенствуется произвольное управление мышцами, и в частности механизмы внутримышечной координации, обеспечивающие включение как можно большего числа двигательных единиц основных мышц, в том числе наиболее высокопороговых, быстрых двигательных единиц.

Связь произвольной силы и выносливости

Между показателями произвольной силы и выносливости мышц ("локальной" выносливости) существует сложная связь. МПС и статическая выносливость одной и той же мышечной группы связаны прямой зависимостью: чем больше МПС данной мышечной группы, тем длительнее можно удержать выбранное усилие (больше "абсолютная локальная выносливость"). Иная связь между произвольной силой и выносливостью обнаруживается в экспериментах, в которых разные испытуемые развивают одинаковые относительные мышечные усилия, например 60% от их МПС (при этом чем сильнее испытуемый, тем большее по абсолютной величине мышечное усилие он должен поддерживать). В этих случаях среднее предельное время работы ("относительная локальная выносливость") чаще всего одинаково у людей с разной МПС.

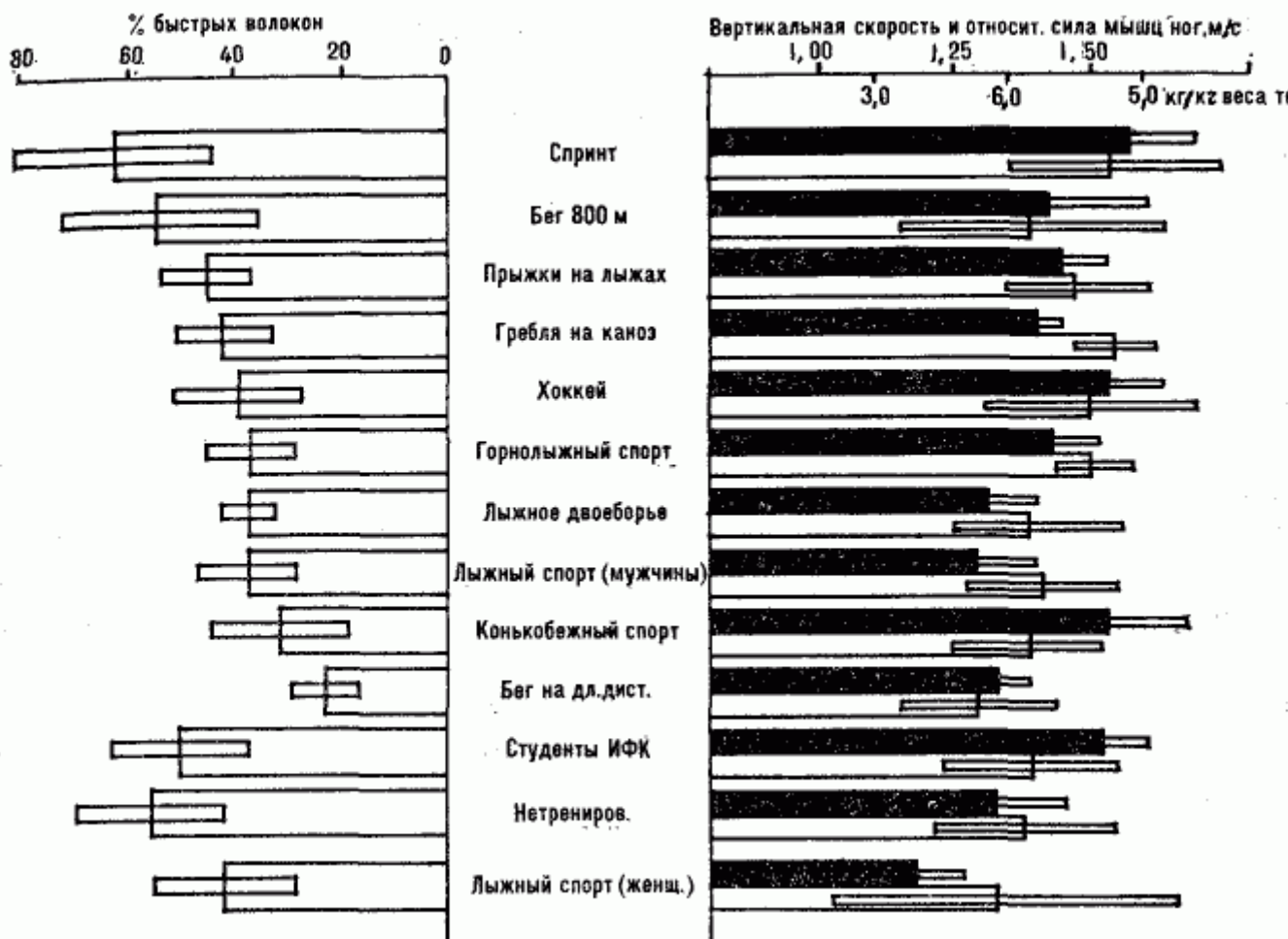


Рис. 29. Процентное распределение быстрых волокон в наружной головке четырехглавой м. бедра (слева); изометрическая сила мышц ног, отнесенная к весу тела (светлые прямоугольники), и вертикальная скорость при прыжке вверх (темные прямоугольники) у спортсменов разных специализаций и неспортсменов (П. Коми и др., 1978)

Показатели МПС и динамической выносливости не обнаруживают прямой связи у неспортсменов и спортсменов различных, специализаций. Например, как среди мужчин, так и среди женщин наиболее сильными мышцами ног обладают дискоболы, но у них самые низкие показатели динамической выносливости. Бегуны на средние и длинные дистанции по силе мышц ног не отличаются от неспортсменов, но у первых чрезвычайно большая динамическая локальная выносливость. В то же время у них не выявлено повышенной динамической выносливости мышц рук. Все это свидетельствует о высокой специфичности тренировочных эффектов: больше всего повышаются те функциональные свойства и у тех мышц, которые являются основными в тренировке спортсмена. Тренировка, направленная преимущественно на развитие мышечной силы, совершенствует механизмы, способствующие улучшению этого качества, значительно меньше влияя на мышечную выносливость, и наоборот.

Рабочая гипертрофия мышц

Поскольку сила мышцы зависит от ее поперечника, увеличение его сопровождается ростом силы данной мышцы. Увеличение мышечного поперечника в результате физической тренировки называется рабочей гипертрофией мышцы (от греч. "тро-фос" -питание). Мышечные волокна, являющиеся высокоспециализированными дифференцированными клетками, по-видимому, не способны к клеточному делению с образованием новых волокон. Во всяком случае, если деление мышечных клеток и имеет место, то только в особых случаях и в очень небольшом количестве. Рабочая гипертрофия мышцы происходит почти или исключительно за счет утолщения (увеличения объема) существующих мышечных волокон. При значительном утолщении мышечных волокон возможно их продольное механическое расщепление с образованием "дочерних" волокон с общим сухожилием. В процессе силовой тренировки число продольно расщепленных волокон увеличивается.

Можно выделить два крайних типа рабочей гипертрофии мышечных волокон -саркоплазматический и миофибрилярный. Саркоплазматическая рабочая гипертрофия -это утолщение мышечных волокон за счет преимущественного увеличения объема саркоплазмы, т. е. несократительной их части. Гипертрофия этого типа происходит за счет повышения содержания несократительных (в частности, митохондриальных) белков и метаболических резервов мышечных волокон: гликогена, безазотистых веществ, креатинфосфата, миоглобина и др. Значительное увеличение числа капилляров в результате тренировки также может вызывать некоторое утолщение мышцы.

Наиболее предрасположены к саркоплазматической гипертрофии, по-видимому, медленные (I) и быстрые окислительные (II-A) волокна. Рабочая гипертрофия этого типа мало влияет на рост силы мышц, но зато значительно

повышает способность к продолжительной работе, т. е. увеличивает их выносливость.

Миофибриллярная рабочая гипертрофия связана с увеличением числа и объема миофибрилл, т. е. собственно-сократительного аппарата мышечных волокон. При этом возрастает плотность укладки миофибрилл в мышечном волокне. Такая рабочая гипертрофия мышечных волокон ведет к значительному росту МС мышцы. Существенно увеличивается и абсолютная сила мышцы, а при рабочей гипертрофии первого типа она или совсем не изменяется, или даже несколько уменьшается. По-видимому, наиболее предрасположены к миофибриллярной гипертрофии быстрые (II-B) мышечные волокна.

В реальных ситуациях гипертрофия мышечных волокон представляет собой комбинацию двух названных типов с преобладанием одного из них. Преимущественное развитие того или иного типа рабочей гипертрофии определяется характером мышечной тренировки. Длительные динамические упражнения, развивающие выносливость, с относительно небольшой силовой нагрузкой на мышцы вызывают главным образом рабочую гипертрофию первого типа.. Упражнения с большими мышечными напряжениями (более 70%-от МПС тренируемых групп мышц), наоборот, способствуют развитию рабочей гипертрофии преимущественно второго типа.

В основе рабочей гипертрофии лежит интенсивный синтез и уменьшенный распад мышечных белков. Соответственно концентрация ДНК и РНК в гипертрофированной мышце больше, чем в нормальной. Креатин, содержание которого увеличивается в сокращающейся мышце, может стимулировать усиленный синтез актина и миозина и таким образом способствовать развитию рабочей гипертрофии мышечных волокон.

Очень важную роль в регуляции объема мышечной массы, в частности в развитии гипертрофии мышц, играют андрогены (мужские половые гормоны). У мужчин они вырабатываются половыми железами (семенниками) и в коре надпочечников, а у женщин - только в коре надпочечников. Соответственно у мужчин количество андрогенов в организме больше, чем у женщин. Роль андрогенов в увеличении мышечной массы проявляется в следующем.

Возрастное развитие мышечной массы идет параллельно с увеличением продукции андрогенных гормонов. Первое заметное утолщение мышечных волокон наблюдается в 67-летнем возрасте, когда усиливается образование андрогенов. С наступлением полового созревания (в 11 -15 лет). начинается интенсивный прирост мышечной массы у мальчиков, который продолжается и после периода полового созревания. У девочек развитие мышечной массы в основном заканчивается с периодом полового созревания. Соответствующий характер имеет и рост мышечной силы в школьном возрасте.

Даже после коррекции показателей силы с размерами тела силовые показатели у взрослых женщин ниже, чем у мужчин (подробнее см. 1X.2). Вместе с тем если у женщин в результате некоторых заболеваний, усиливается секреция андрогенов надпочечниками, то интенсивно увеличивается мышечная масса, появляется хорошо развитый мышечный рельеф, возрастает мышечная сила.

В опытах на животных установлено, что введение препаратов андрогенных гормонов (анаболиков) вызывает значительную интенсификацию синтеза мышечных белков, в результате чего увеличивается масса тренируемых мышц и как результат - их сила. Вместе с тем развитие рабочей гипертрофии скелетных мышц может происходить и без участия андрогенных и других гормонов (гормона роста, инсулина и тиреоидных гормонов).

Силовая тренировка, как и другие виды тренировки, по-видимому, не изменяет соотношения в мышцах двух основных типов мышечных волокон быстрых и медленных. Вместе с тем она способна изменять соотношение двух видов быстрых волокон, увеличивая процент быстрых гликолитических (Б.Г) и соответственно уменьшая процент быстрых окислительно-гликолитических (БОГ) волокон (табл. 7). При этом в результате силовой тренировки степень гипертрофии быстрых мышечных волокон значительно больше, чем медленных окислительных (МО) волокон, тогда как тренировка выносливости ведет к гипертрофии в первую очередь медленных волокон. Эти различия показывают, что степень рабочей гипертрофии мышечного волокна зависит, как от меры его использования в процессе тренировок, так и от его способности к гипертрофии.

Силовая тренировка связана с относительно небольшим числом повторных максимальных или близких к ним мышечных сокращений, в которых участвуют как быстрые, так и медленные мышечные волокна. Однако и небольшого числа повторений достаточно для развития рабочей гипертрофии быстрых волокон, что указывает на их большую предрасположенность к развитию рабочей гипертрофии (по сравнению с медленными волокнами). Высокий процент быстрых волокон в мышцах служит важной предпосылкой для значительного роста мышечной силы при направленной силовой тренировке. Поэтому люди с высоким процентом быстрых волокон в мышцах имеют более высокие потенциальные возможности для развития силы и мощности.

Тренировка выносливости связана с большим числом повторных мышечных сокращений относительно небольшой силы, которые в основном обеспечиваются активностью медленных мышечных волокон. Поэтому понятна более выраженная рабочая гипертрофия медленных мышечных волокон при этом виде тренировки по сравнению с гипертрофией быстрых волокон, особенно быстрых гликолитических (см. табл. 7).

Таблица 7. Композиция четырехглавой мышцы бедра (наружной головки) и площадь поперечного сечения разных видов мышечных волокон у спортсменов разных специализаций и неспортсменов (Ф. Принс, и др., 1976)

Показатели композиции мышц	Неспортсмены (n=4)	Тяжелоатлеты (n=3)	Бегуны-стайеры (n=3)
Процент волокон:			
БГ	26,2	33,3	4,5
БОГ	38,1	10,5	39,7
МО	35,5	45,0	44,3
Процент окислительных волокон (БОГ + МО)	73,6	55,5	84,0
Площадь поперечного сечения волокон (мкм ²):			
БГ	3418	6577	2938
БОГ	4105	7299	5224
МО	3303	4430	4609

Физиологические основы скоростно-силовых качеств (мощности)

Максимальная мощность (иногда называемая "взрывной" мощностью) является результатом оптимального сочетания силы и скорости. Мощность проявляется во многих спортивных упражнениях: в метаниях, прыжках, спринтерском беге, борьбе. Чем выше мощность развивает спортсмен, тем большую скорость он может сообщить снаряду или собственному телу, так как финальная скорость снаряда (тела) определяется силой и скоростью приложенного воздействия.

Мощность может быть увеличена за счет увеличения силы или скорости сокращения мышц или обоих компонентов. Обычно наибольший прирост мощности достигается за счет увеличения мышечной силы.

Мышечная сила, измеряемая в условиях динамического режима работы мышц (концентрического или эксцентрического сокращения), обозначается как динамическая сила (Р). Она определяется по ускорению (а), сообщаемому массе (/л) при концентрическом сокращении мышц, или по замедлению (ускорению с обратным знаком) движения массы при эксцентрическом сокращении мышц. Такое определение основано на физическом законе,

согласно которому Р - т а. При этом проявляемая мышечная сила зависит от величины перемещаемой массы: в некоторых пределах с увеличением, массы перемещаемого тела показатели силы растут; дальнейшее увеличение массы не сопровождается приростом динамической силы.

При измерении динамической силы испытуемый выполняет движение, которое требует сложной внешнемышечной и внутримышечной координации. Поэтому показатели динамической силы значительно различаются у разных людей и при повторных измерениях у одного и того же человека, причем больше, чем показатели изометрической (статической) силы.

Динамическая сила, измеряемая при концентрическом сокращении мышц, меньше, чем статическая сила. Конечно, такое сравнение проводится при максимальных усилиях испытуемого в обоих случаях и при одинаковом суставном угле. В режиме эксцентрических сокращений (уступающий режим) мышцы способны проявлять динамическую силу, значительно превышающую максимальную изометрическую. Чем больше скорость движения, тем больше проявляемая динамическая сила при уступающем режиме сокращения мышц.

У одних и тех же испытуемых обнаруживается умеренная корреляция между показателями статической и динамической силы (коэффициенты корреляции в пределах 0,6-0,8).

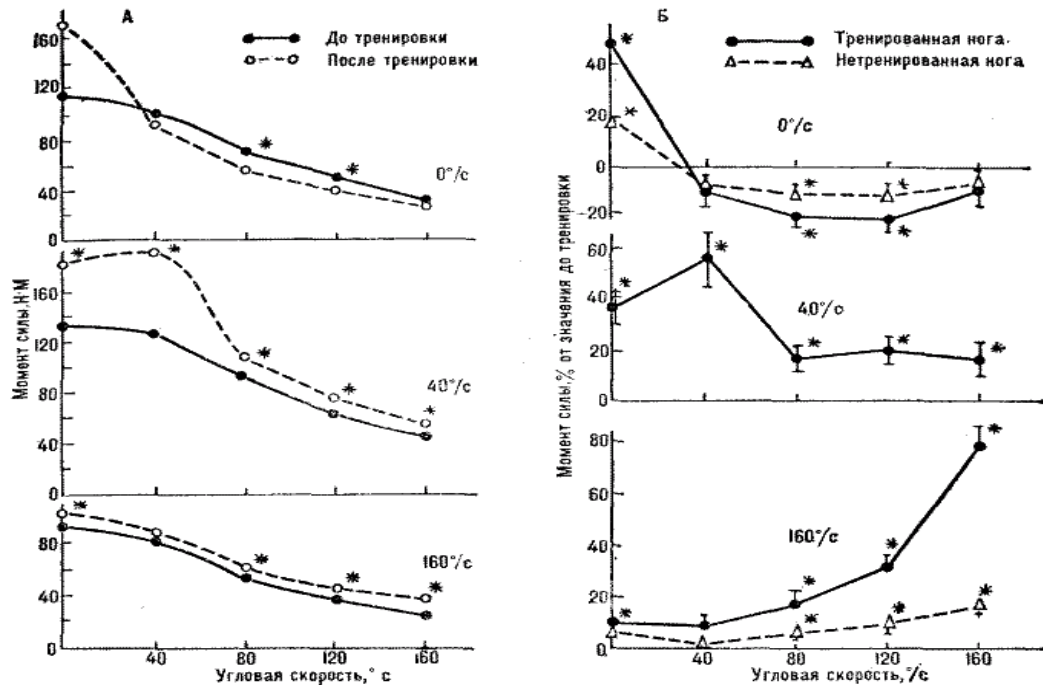


Рис. 30. Изменение зависимости "сила - скорость" (А) и относительные изменения момента силы (Б) при разных способах тренировки (Д. Ю. Бравая и Я. М. Код): в/с -изометрическая тренировка, 40°/с и 160°/с - изокINETическая тренировка с указанной скоростью движения

Увеличение динамической силы в результате динамической тренировки может не вызывать повышения статической силы. Изометрические упражнения или не увеличивают динамической силы, или увеличивают значительно меньше, чем статическую (рис. 30). Все это указывает на чрезвычайную специфичность тренировочных эффектов: использование определенного вида упражнений (статического или динамического) вызывает наиболее значительное повышение результата именно в этом виде упражнений. Более того, наибольший прирост мышечной силы обнаруживается при той же скорости движения, при которой происходит тренировка (см. рис. 30).

К одной из разновидностей мышечной силы относится так называемая взрывная сила, которая характеризует способность к быстрому проявлению мышечной силы. Она в значительной мере определяет, например, высоту прыжка вверх с прямыми ногами или прыжка в длину с места, переместительную скорость на коротких отрезках бега с максимально возможной скоростью. В качестве показателей взрывной силы используются градиенты силы, т. е. скорость ее нарастания, которая определяется как отношение Максимальной проявляемой силы к времени ее достижения или как время достижения какого-нибудь выбранного уровня мышечной силы (абсолютный градиент) либо половины максимальной силы, либо какой-нибудь другой ее части (относительный градиент силы). Градиент силы выше у представителей скоростно-силовых видов спорта (спринтеров), чем у неспортсменов или спортсменов, тренирующихся на выносливость (рис. 31). Особенно значительны различия в абсолютных градиентах силы.

Показатели взрывной силы мало зависят от максимальной произвольной изометрической силы. Так, изометрические упражнения", увеличивая статическую силу, незначительно изменяют взрывную силу, определяемую по показателям градиента силы или по показателям прыгучести (прыжками вверх с прямыми ногами или прыжка с места в длину). Следовательно, физиологические механизмы, ответственные за взрывную силу, отличаются от механизмов, определяющих статическую силу. Среди координационных факторов важную роль в проявлении взрывной силы играет характер импульсации мотонейронов активных мышц - частота их импульсации. в начале разряда и синхронизация импульсации разных мотонейронов. Чем выше начальная частота импульсации мотонейронов, тем быстрее нарастает мышечная сила.

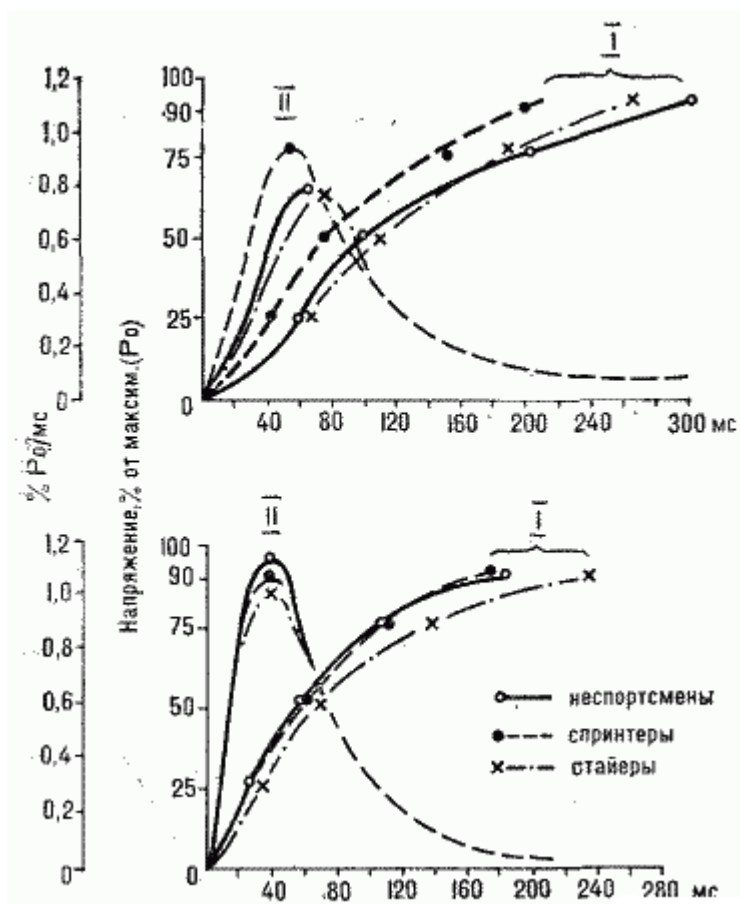


Рис. 31. Изменение изометрической силы (I) и максимальной скорости этого изменения (II) в начале произвольного (вверху) и вызванного электрическим раздражением (внизу) сокращения трехглавой м. голени у спортсменов и неспортсменов (Я. М. Код и Ю. А. Коряк, 1981).

Сила изометрического сокращения выражена в процентах от максимальной силы (P_0), а скорость - в процентах от максимальной силы и мс

В проявлении взрывной силы очень большую роль играют скоростные сократительные свойства мышц, которые в значительной мере зависят от их композиции, т. е. соотношения быстрых и медленных волокон. Быстрые волокна составляют основную массу мышечных волокон у высококвалифицированных представителей скоростно-силовых видов спорта (см. рис. 29). В процессе тренировки эти волокна подвергаются более значительной гипертрофии, чем медленные. Поэтому у спортсменов скоростно-силовых видов спорта быстрые волокна составляют основную массу мышц (или иначе занимают на поперечном срезе значительно большую площадь) по сравнению с нетренированными людьми или представителями других видов спорта, особенно тех, которые требуют проявления преимущественно выносливости (рис. 32).

Скоростной компонент мощности

Согласно второму закону Ньютона, чем больше усилие (сила), приложенное к массе, тем больше скорость, с которой движется данная масса. Таким образом, сила сокращения мышц влияет на скорость движения: чем больше сила, тем быстрее движение.

Скорость спринтерского бега зависит от двух факторов: величины ускорения (скорости разбега) и максимальной скорости. Первый фактор определяет, как быстро спортсмен может увеличить скорость бега. Этот фактор наиболее важен для коротких отрезков дистанции (10-15 м) в беге, для игровых видов спорта, где требуется максимально быстрое перемещение тела из одного положения в другое. Для более длинных дистанций важнее максимальная скорость бега, чем величина ускорения. Если спортсмен имеет высокий уровень обеих форм проявления скорости, это дает ему большое преимущество на спринтерских дистанциях.

Эти два фактора скорости бега не имеют тесной связи друг с другом. У одних спортсменов медленное ускорение, но они обладают большой максимальной скоростью, у других, наоборот, быстрое ускорение и относительно небольшая максимальная - скорость.

Одним из важных механизмов повышения скоростного компонента мощности служит увеличение скоростных сократительных свойств мышц, другим - улучшение координации работы мышц.

Скоростные сократительные свойства мышц в значительной мере зависят от соотношения быстрых и медленных мышечных волокон. У выдающихся представителей скоростно-силовых видов спорта (особенно у спринтеров) процент быстрых мышечных волокон значительно выше, чем у неспортсменов, а тем более чем у выдающихся спортсменов, тренирующих выносливость (табл. 8, см. также рис. 29).

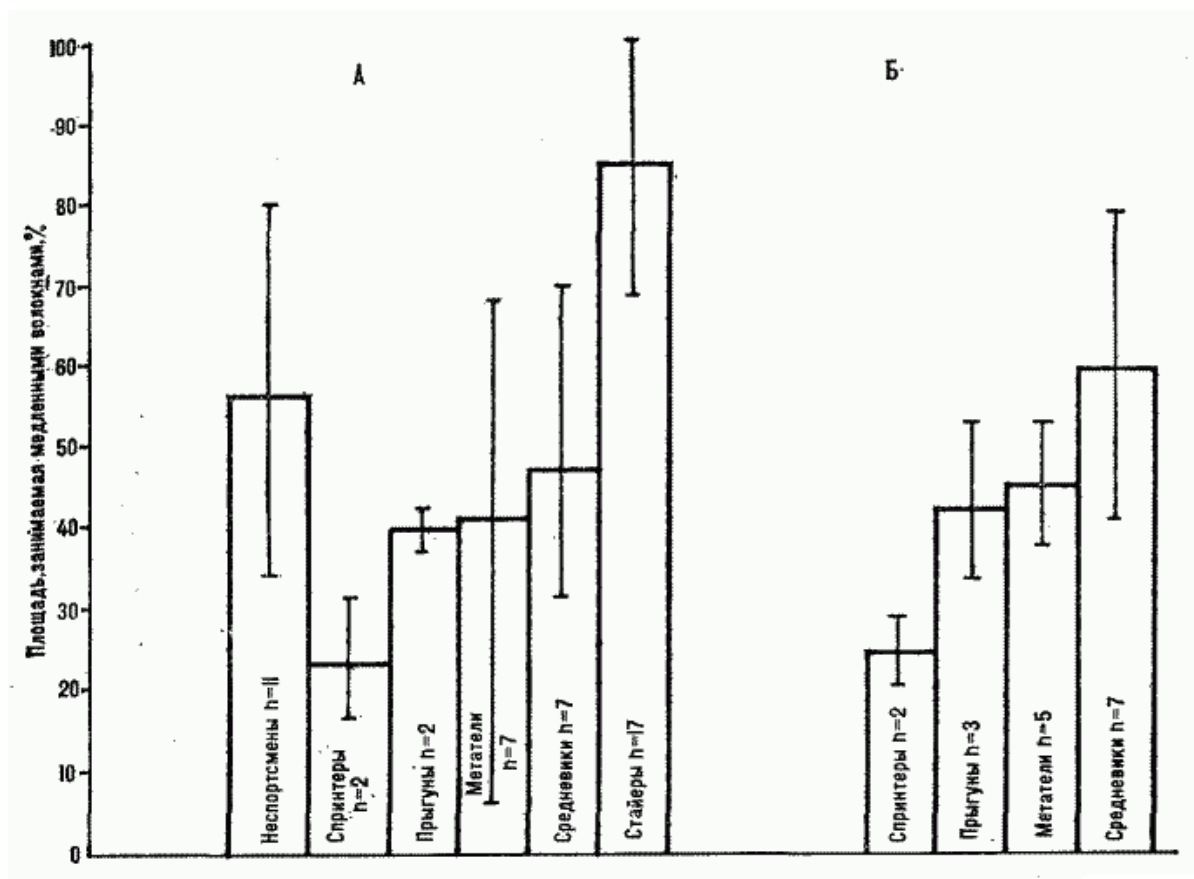


Рис. 32. Процент площади, занимаемой на поперечном срезе наружной головки четырехглавой м. бедра медленными волокнами у легкоатлетов разной специализации и спортсменов-мужчин (А) и женщин (Б) (Д. Костилл, 1976)

Таблица 8. Соотношение и площадь поперечного сечения быстрых и медленных мышечных волокон икроножной мышцы у американских легкоатлетов и у нетренированных мужчин (Д. Костилл и др., 1976)

Спортивная специализация и квалификация (спортивный результат)	% быстрых волокон	Площадь поперечного сечения, мкм ²		% площади, занимаемой быстрыми волокнами
		быстрых волокон	медленных волокон	
Спринт (n=2): 100 м-10,5 с	76,0 (79,0 и 73,0)	6034	5878	76,5
Прыжки в длину (n= 2): 7,52 и 8,41 м	53,3 (56,0 и 50,7)	6523	4718	62,2
Метание диска (n= 2): 60,9 и 61,3 м и толкание ядра (n= 2): 18,9 и 19,7 м	62,3 (87,048,0)	9483	7702	66,0
Бег на средние дистанции (n= 7): 800 м	48,1	7117	6099	53,5

- 1.51,5 (1:48,9-1.54,1)	(59,530,6)			
Нетренированные мужчины (n=11)	47,4 (62,026,8)	4965	5699	44,0

Внутри- и межмышечная координация также способствует увеличению скорости движения (мощности), так как при координированной работе мышц их усилия кооперируются, преодолевая внешнее сопротивление с большей скоростью. В частности, при хорошей межмышечной координации сократительное усилие одной мышцы (или группы мышц) лучше соответствует пику скорости, создаваемой предыдущим усилием другой мышцы (или группы мышц). Соответственно следующее усилие становится более эффективным. Скорость и степень расслабления мышц-антагонистов может быть важным фактором, влияющим на скорость движения. Если требуется увеличить скорость движения, необходимо выполнять в тренировочных занятиях специфические движения (такие же, как в соревновательном упражнении) со скоростью, равной или превышающей ту, которая используется в тренируемом упражнении.

Энергетическая характеристика скоростно-силовых упражнений

С энергетической точки зрения, все скоростно-силовые упражнения относятся к анаэробным. Предельная продолжительность их - менее 1-2 мин. Для энергетической характеристики этих упражнений используется два основных показателя: максимальная анаэробная мощность и максимальная анаэробная емкость (способность). Максимальная анаэробная мощность. Максимальная для данного человека мощность работы может поддерживаться лишь несколько секунд. Работа такой мощности выполняется почти исключительно за счет энергии анаэробного расщепления мышечных фосфагенов - АТФ и КрФ. Поэтому запасы этих веществ и особенно скорость их энергетической утилизации определяют максимальную анаэробную мощность. Короткий спринт и прыжки являются упражнениями, результаты которых зависят от максимальной анаэробной мощности,

Для оценки максимальной анаэробной мощности часто используется тест Маргарин. Он выполняется следующим образом. Испытуемый стоит на расстоянии 6 м перед лестницей и вбегает по ней как только можно быстрее. На 3-й ступеньке он наступает на включатель секундомера, а на 9-й - на выключатель. Таким образом регистрируется время прохождения расстояния между этими ступеньками. Для определения мощности необходимо знать выполненную работу - произведение массы (веса) тела испытуемого (кг) на высоту (дистанцию) между 3-й и 9-й ступеньками (м)-и время преодоления этого расстояния (с). Например, если высота одной ступеньки равна 0,15 м, то общая высота (дистанция) будет равна $6 * 0,15 \text{ м} = 0,9 \text{ м}$. При весе испытуемого 70 кг и времени преодоления дистанции 0,5 с. мощность составит $(70 \text{ кг} * 0,9 \text{ м}) / 0,5 \text{ с} = 126 \text{ кгм/а}$.

В табл. 9 приводятся "нормативные" показатели максимальной анаэробной мощности для женщин, и мужчин.

Таблица 9 Классификация показателей максимальной анаэробной мощности (кгм/с, 1 кгм/с = 9,8 Вт.)

Классификация	Возраст, лет	
	15-20	20-30
Мужчины:		
плохая	Менее 113	Менее 106
посредственная	113-149	106-139
средняя	150-187	140-175
хорошая	188-224	176-210
отличная	Более 2-24	Более 210
Женщины:		
плохая	Менее 92	Менее 85
посредственная	92-120	85-111
средняя	121-151	112-140
хорошая	152-182	141-168
отличная	Более 182	Более 168

Максимальная анаэробная емкость. Наиболее широко для оценки максимальной анаэробной, емкости используется величина максимального кислородного долга -наибольшего кислородного долга, который выявляется после работы предельной продолжительности (от 1 до 3 мин). Это объясняется тем, что наибольшая часть избыточного количества кислорода, потребляемого после работы, используется для восстановления запасов АХФ, КрФ и гликогена, которые расходовались в анаэробных процессах за время работы. Такие факторы, как высокий уровень катехоламинов в крови, повышенная температура тела и увеличенное потребление O₂ часто сокращающимся сердцем и дыхательными мышцами, также могут быть причиной повышенной скорости потребления O₂ во время восстановления после тяжелой работы. Поэтому имеется лишь весьма умеренная связь между величиной максимального долга и максимальной анаэробной емкостью.

В среднем величины максимального кислородного долга у спортсменов выше, чем у неспортсменов, и составляют у мужчин 10,5 л (140 мл/кг веса

тела), а у женщин-5,9 л (95 мл/кг веса тела). У спортсменов они равны (соответственно) 5 л (68 мл/кг веса тела) и 3,1 л (50 мл/кг веса тела). У выдающихся представителей скоростно-силовых видов спорта (бегунов на 400 и 800 м) максимальный кислородный долг может достигать 20 л (Н. И. Волков). Величина кислородного долга очень вариативна и не может быть использована для точного предсказания результата.

По величине алактацидной (быстрой) фракции кислородного долга можно судить о той части анаэробной (фосфагенной) емкости, которая обеспечивает очень кратковременные упражнения скоростно-силового характера (спринт).

Простое определение емкости алактацидного кислородного долга состоит в вычислении величины кислородного долга за первые 2 мин восстановительного периода. Из этой величины можно выделить "фосфагенную фракцию" алактацидного долга, вычитая из алактацидного-кислородного долга количество кислорода, используемого для восстановления запасов кислорода, связанного с миоглобином и находящегося в тканевых жидкостях: емкость "фосфагенного"

(АТФ + КФ) кислородного долга (кал/кг веса.тела) = [(O₂-долг 2 мин - 550) * 0,6 * 5] / вес тела (кг)

Первый член этого уравнения - кислородный долг (мл), измеренный в течение первых 2 мин восстановления после работы предельной продолжительности 2- 3 мин; 550 - это приблизительная величина кислородного долга за 2 мин, который идет на восстановление кислородных запасов миоглобина и тканевых жидкостей; 0,6 - эффективность оплаты алактацидного кислородного долга; 5 - калорический эквивалент 1 мл O₂.

Типичная максимальная величина "фосфагенной фракции" кислородного долга - около 100 кал/кг веса тела, или 1,5-2 л O₂-В результате тренировки скоростно-силового характера она может увеличиваться в 1,5-2 раза.

Наибольшая (медленная) фракция кислородного долга после работы предельной продолжительности в несколько десятков секунд связана с анаэробным гликолизом, т. е. с образованием в процессе выполнения скоростно-силового упражнения молочной кислоты, и потому обозначается как лактацидный кислородный долг Эта часть кислородного долга используется для устранения молочной кислоты из организма путем ее окисления до CO₂ и H₂O и ресинтеза до гликогена.

Для определения максимальной емкости анаэробного гликолиза можно использовать расчеты образования молочной кислоты в процессе мышечной работы. Простое уравнение для оценки энергии, образующейся за счет анаэробного гликолиза, имеет вид: энергия анаэробного гликолиза (кал/кг веса тела) = содержанию молочной кислоты в крови (г/л) * 0,76 * 222, где

содержание молочной кислоты определяется как разница между наибольшей концентрацией ее на 4-5-й мин после работы (пик содержания молочной кислоты в крови) и концентрацией в условиях покоя; величина 0,76 - это константа, используемая для коррекции уровня молочной кислоты в крови до уровня ее содержания во всех жидкостях; 222 - калорический эквивалент 1 г продукции молочной кислоты.

Максимальная емкость лактацидного компонента анаэробной энергии у молодых нетренированных мужчин составляет около 200 кал/кг веса тела, что соответствует максимальной концентрации молочной кислоты в крови около 120 мг% (13 ммоль/л). У выдающихся представителей скоростно-силовых видов спорта максимальная концентрация молочной кислоты в крови может достигать 250-300 мг%, что соответствует максимальной лактацидной (гликолитической) емкости 400-500 кал/кг веса тела.

Такая высокая лактацидная емкость обусловлена рядом причин. Прежде всего, спортсмены способны развивать более высокую мощность работы и поддерживать ее более продолжительно, чем нетренированные люди. Это, в частности, обеспечивается включением в работу большой мышечной массы (рекрутированием), в том числе быстрых мышечных волокон, для которых характерна высокая гликолитическая способность. Повышенное содержание таких волокон в мышцах высококвалифицированных спортсменов - представителей скоростно-силовых видов спорта - является одним из факторов, обеспечивающих высокую гликолитическую мощность и емкость. Кроме того, в процессе тренировочных занятий, особенно с применением повторно-интервальных упражнений анаэробной мощности, по-видимому, развиваются механизмы, которые позволяют спортсменам "переносить" ("терпеть") более высокую концентрацию молочной кислоты (и соответственно более низкие значения рН) в крови и других жидкостях тела, поддерживая высокую спортивную работоспособность. Особенно это характерно для бегунов на средние дистанции.

Силовые и скоростно-силовые тренировки вызывают определенные биохимические изменения в тренируемых мышцах. Хотя содержание АТФ и КрФ в них несколько выше, чем в нетренируемых (на 20-30%), оно не имеет большого энергетического значения. Более существенно повышение активности ферментов, определяющих скорость оборота (расщепления и ресинтеза) фосфагенов (АТФ, АДФ, АМФ, КрФ), в частности миокиназы и креатин" фосфокиназы (Яковлев Н. Н.).

Физиологические основы выносливости

Понятие "выносливость" употребляется в обыденной речи в очень широком смысле для того, чтобы охарактеризовать способность человека к продолжительному выполнению того или иного вида умственной или физической (мышечной) деятельности. Характеристика выносливости как двигательного физического качества (способности) человека относительна: она относится только к определенному виду деятельности. Иначе говоря, выносливость специфична - она проявляется у каждого человека при выполнении определенного, специфического вида деятельности.

В зависимости от типа и характера выполняемой физической (мышечной) работы различают:

1. статическую и динамическую выносливость, т. е. способность длительно выполнять соответственно статическую или динамическую работу;

2. локальную и глобальную выносливость, т. е. способность длительно осуществлять соответственно локальную работу (с участием небольшого числа мышц) или глобальную работу (при участии больших мышечных групп - более половины мышечной массы);

3. силовую выносливость, т. е. способность многократно повторять упражнения, требующие проявления большой мышечной силы;

4. анаэробную и аэробную выносливость, т. е. способность длительно выполнять глобальную работу с преимущественно анаэробным или аэробным типом энергообеспечения.

В спортивной физиологии выносливость обычно связывают с выполнением таких спортивных упражнений, которые требуют участия большой мышечной массы (около половины и более всей мышечной массы тела) и продолжаются непрерывно в течение 2-3 мин и более благодаря постоянному потреблению организмом кислорода, обеспечивающего энергопродукцию в работающих мышцах преимущественно или полностью аэробным путем. Иначе говоря, в спортивной физиологии выносливость определяют как способность длительно выполнять глобальную мышечную работу преимущественно или исключительно аэробного характера.

К спортивным упражнениям, требующим проявления выносливости, относятся все аэробные упражнения циклического характера, в частности легкоатлетический бег на дистанциях от 1500 м, спортивная ходьба, шоссейные велогонки, лыжные гонки на всех дистанциях, бег на коньках на дистанциях от 3000 м, плавание на дистанциях от 400 м и др.

Аэробные возможности организма и выносливость

При выполнении упражнений преимущественно аэробного характера скорость потребления кислорода (л O₂/мин) тем выше, чем больше мощность выполняемой нагрузки (скорость перемещения). Поэтому в видах спорта, требующих проявления большой выносливости, спортсмены должны обладать большими аэробными возможностями: 1) высокой максимальной скоростью потребления кислорода, т. е. большой аэробной "мощностью", и 2) способностью длительно поддерживать высокую скорость потребления кислорода (большой аэробной "емкостью").

Максимальное потребление кислорода. Аэробные возможности человека определяются прежде всего максимальной для него скоростью потребления кислорода. Чем выше МПК, тем больше абсолютная мощность максимальной аэробной нагрузки. Кроме того, чем выше МПК, тем относительно легче и потому длительнее выполнение аэробной работы.

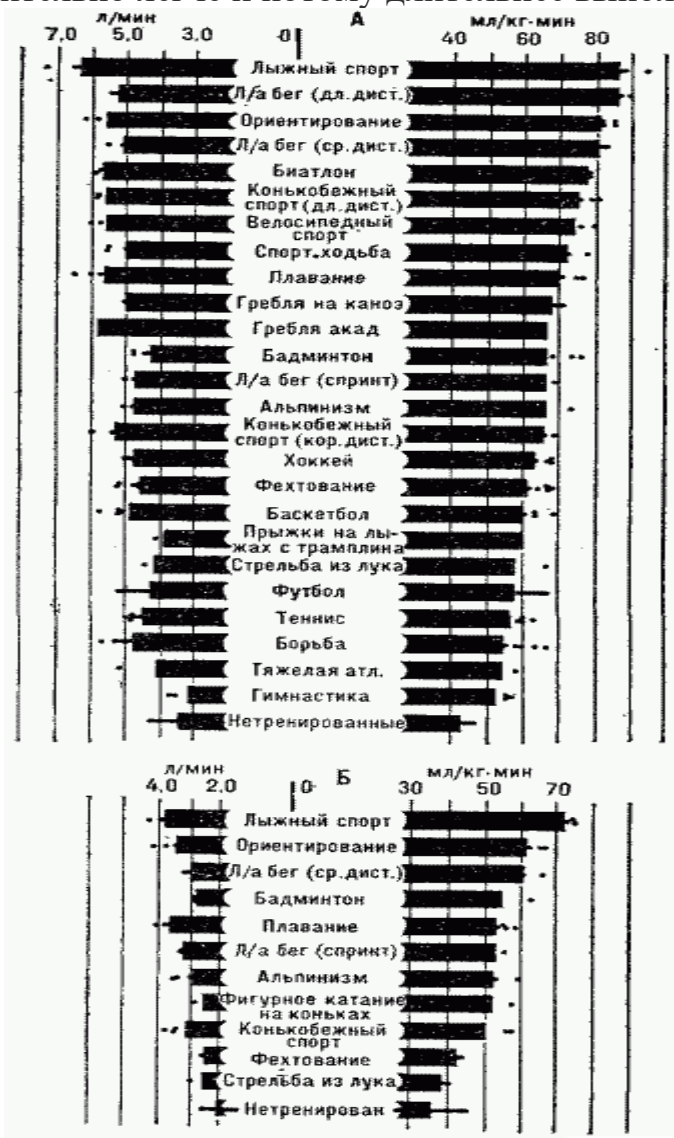


Рис. 33. Абсолютное (л/мин) и относительное (мл/кг*мин) МПК У мужчин (А) и женщин (Б) - представителей разных видов спорта (П.-О. Астранд и К. Роудал, 1977)

Например, спортсмены А и Б должны бежать с одинаковой скоростью, которая требует у обоих одинакового потребления кислорода - 4 л/мин. У спортсмена А МПК равно 5 л/мин и потому дистанционное потребление O_2 составляет 80% от его МПК. У спортсмена Б МПК равно 4,4 л/мин и, следовательно, дистанционное потребление O_2 достигает 90% от его МПК. Соответственно для спортсмена А относительная физиологическая нагрузка при таком беге ниже (работа "легче"), и потому он может поддерживать заданную скорость бега в течение более продолжительного времени, чем спортсмен Б.

Таким образом, чем выше МПК у спортсмена, тем более высокую скорость он может поддерживать на дистанции, тем, следовательно, выше (при прочих равных условиях) его спортивный результат в упражнениях, требующих проявления выносливости. Чем выше МПК, тем больше аэробная работоспособность (выносливость), т. е. тем больший объем работы аэробного характера способен выполнить человек. Причем эта зависимость выносливости от МПК проявляется (в некоторых пределах) тем больше, чем меньше относительная мощность аэробной нагрузки.

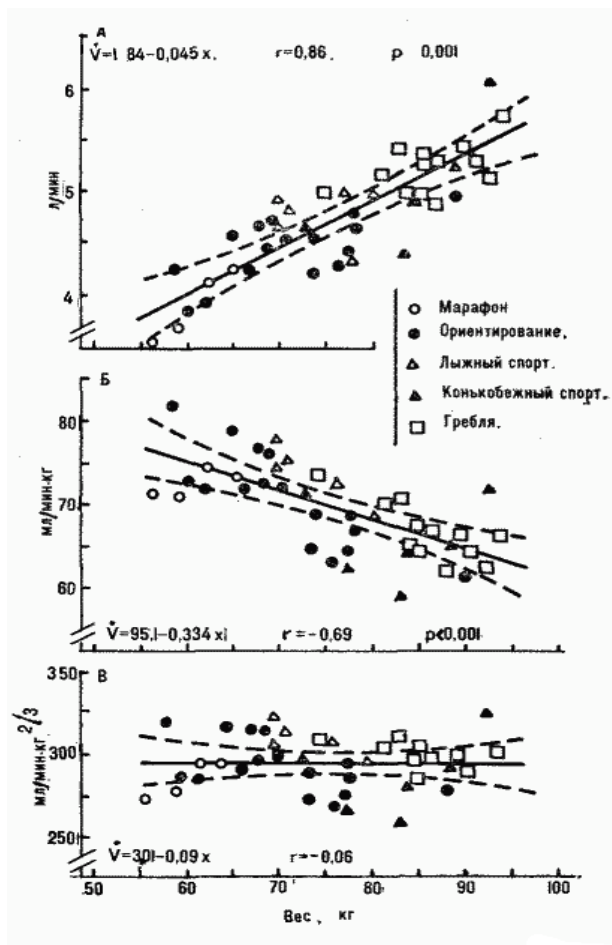


Рис. 34. Связь веса тела с абсолютным (Л) и относительным (Б, В) МПК у группы спортсменов высокой квалификации - представителей разных видов спорта

Отсюда понятно, почему в видах спорта, требующих проявления выносливости, МПК у спортсменов выше, чем у представителей других видов спорта, а тем более чем у нетренированных людей того же возраста (рис. 33). Если у нетренированных мужчин 20-30 лет МПК в среднем равно 3-3,5 л/мин (или 45- 50 мл/кг * мин), то у высококвалифицированных бегунов-стайеров и лыжников оно достигает 5-6 л/мин (или более 80 мл/кг * мин). У нетренированных женщин МПК равно в среднем 2-2,5 л/мин (или 35-40 мл/кг * мин), а у лыжниц - около 4 л/мин (или более 70 мл/кг * мин).

Абсолютные показатели МПК (л О₂/мин) находятся в прямой связи с размерами (весом) тела (рис. 34,Л). Поэтому наиболее высокие абсолютные показатели МПК имеют гребцы, пловцы, велосипедисты, конькобежцы. В этих видах спорта наибольшее значение для физиологической оценки данного качества имеют абсолютные показатели мпк.

Относительные показатели МПК (мл О₂/кг * мин) у высококвалифицированных спортсменов находятся в обратной зависимости от веса тела (рис. 34,Б,В). При беге и ходьбе выполняется значительная работа по вертикальному перемещению массы тела и, следовательно, при прочих равных условиях (одинаковой скорости передвижения) чем больше вес спортсмена, тем больше совершаемая им работа (потребление О₂). Поэтому бегуны на длинные дистанции, как правило, имеют относительно небольшой вес тела (прежде всего за счет минимального количества жировой ткани и относительно небольшого веса костного скелета). Если у нетренированных мужчин 18-25 лет жировая ткань составляет 15- 17% веса тела, то у выдающихся стайеров - лишь 6- 7%. Наибольшие относительные показатели МПК обнаруживаются у бегунов на длинные дистанции и лыжников, наименьшие - у гребцов. В таких видах спорта, как легкоатлетический бег, спортивная ходьба, лыжные гонки, максимальные аэробные возможности спортсмена правильнее оценивать по относительному МПК.

Уровень МПК зависит от максимальных возможностей двух функциональных систем: 1) кислородтранспортной системы, абсорбирующей кислород из окружающего воздуха и транспортирующей его к работающим мышцам и другим активным органам и тканям тела; 2) системы утилизации кислорода, т. е. мышечной системы, экстрагирующей и утилизирующей доставляемый кровью кислород. У спортсменов, имеющих высокие показатели МПК, обе эти системы обладают большими функциональными возможностями.

Кислородтранспортная система и выносливость

Кислородтранспортная система включает систему внешнего дыхания, систему крови и сердечнососудистую систему. Функциональные свойства каждой из этих систем в конечном счете определяют кислородтранспортные возможности организма спортсмена.

Система внешнего дыхания

Внешнее дыхание служит первым звеном кислородтранспортной системы. Оно обеспечивает организм кислородом из окружающего воздуха за счет легочной вентиляции и диффузии O₂ через легочную (альвеолярно-капиллярную) мембрану в кровь.

Легочные объемы и емкости. У тренирующихся выносливость спортсменов легочные объемы и емкости (за исключением дыхательного объема) в покое в среднем на 10-20% больше, чем у нетренированных. Эти различия, однако, уменьшаются при учете размеров тела (роста, веса, поверхности тела), поскольку общий и остаточный объемы и особенно жизненная емкость легких (ЖЕЛ) пропорциональны размерам тела (примерно длине тела в кубе).

С учетом размеров тела легочные объемы и емкости слабо коррелируют или вообще не коррелируют с МПК и спортивными результатами. Спортсмены с относительно небольшой ЖЕЛ могут иметь большие величины МПК и наоборот; у высококвалифицированных спортсменов между ЖЕЛ и МПК невысокая корреляция.

Однако у спортсменов, как и у нетренированных людей, при максимальной аэробной работе дыхательный объем (глубина дыхания) достигает 50-55% ЖЕЛ. Поэтому большая легочная вентиляция невозможна у спортсменов с маленькой ЖЕЛ. Для скорости потребления O₂ 4 л/мин и более ЖЕЛ должна быть не менее 4,5 л. Наиболее высокая ЖЕЛ зарегистрирована у гребцов - 9 л.

Легочная вентиляция. В связи с высокой скоростью потребления кислорода легочная вентиляция в течение всего времени выполнения упражнений на выносливость исключительно велика. Так, при беге на тредбане со скоростью и продолжительностью, соответствующими бегу на 10 000 м (около 30 мин), легочная вентиляция у бегунов-стайеров колеблется в пределах 120-145 л/мин (см. рис. 15). У нетренированных людей такая легочная вентиляция является предельной и может поддерживаться лишь очень короткое время.

Как известно, даже при максимальной аэробной нагрузке рабочая легочная вентиляция ниже предельных возможностей дыхательного аппарата, которые измеряют величиной максимальной произвольной вентиляции (МПВ). Однако последняя определяется за короткое время

(обычно 12 с), тогда как при выполнении упражнений на выносливость спортсмен должен поддерживать очень высокую рабочую легочную вентиляцию на протяжении многих минут или даже часов. У нетренированных молодых мужчин МПВ составляет в среднем 120 л/мин, а у хорошо тренированных спортсменов эти показатели выше.

Особенно заметна разница в показателях выносливости дыхательного аппарата. Так, легочную вентиляцию на уровне 80% от МПВ бегуны-стайеры поддерживают в среднем 11 мин, а нетренированные могут 3 мин. Хорошее развитие дыхательной мускулатуры (силы и выносливости дыхательных мышц), а также сниженное сопротивление движению воздуха в дыхательных путях дают возможность поддерживать большую легочную вентиляцию во время мышечной работы.

При одной и той же рабочей легочной вентиляции частота дыхания у спортсменов меньше, чем у нетренированных людей. Следовательно, рост легочной вентиляции у спортсменов обеспечивается за счет увеличения дыхательного объема (глубины дыхания) в большей мере, чем за счет частоты дыхания. Этому способствуют: 1) увеличенные легочные объемы, 2) большая сила и выносливость дыхательных мышц, 3) повышенная растяжимость грудной клетки и легких и 4) снижение сопротивления току воздуха в воздухоносных путях. Как известно, при увеличении дыхательного объема относительно уменьшается объем "мертвого" пространства, благодаря чему легочная вентиляция становится эффективнее, так как более значительную ее часть составляет в этом случае альвеолярная вентиляция.

Повышение эффективности легочной вентиляции - главный результат тренировки выносливости в отношении функций внешнего дыхания. Об этом, в частности, можно судить по вентиляционному эквиваленту O_2 , т. е. по объему легочной вентиляции на литр потребленного O_2 (VE/VO_2). Вентиляционный эквивалент кислорода в условиях покоя почти не изменяется в результате тренировки выносливости. Однако количество воздуха, вентилируемого при одинаковом потреблении кислорода во время мышечной работы, у спортсменов меньше, чем у нетренированных людей. Причем эта разница тем больше, чем больше мощность выполняемой работы, т. е. чем выше скорость потребления O_2 .

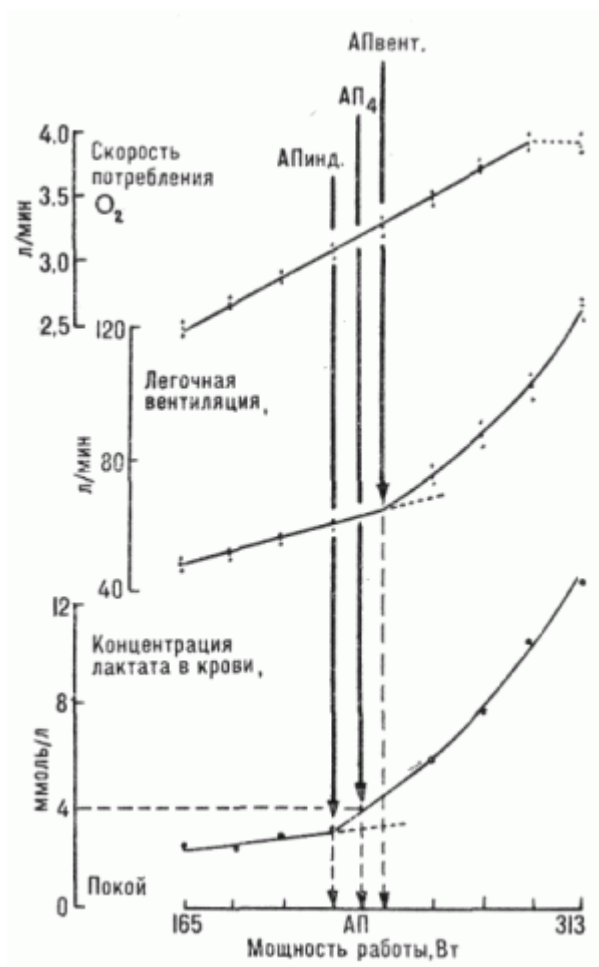


Рис. 35. Скорость потребления O₂, легочная вентиляция и концентрация лактата в крови при ступенчато нарастающей мощности нагрузки: АПвент. - вентиляционный анаэробный порог, АП₄ - "стандартный" лактацидемический анаэробный порог, соответствующий мощности нагрузки, при которой концентрация лактата в крови достигает 4 ммоль/л, АПинд. - "индивидуальный" лактацидемический анаэробный порог, соответствующий мощности нагрузки, начиная с которой концентрация лактата в крови быстро нарастает

Особенно важно, что в результате тренировки повышается вентиляционный анаэробный порог (рис. 35), т. е. критическая мощность работы, начиная с которой легочная вентиляция растет быстрее, чем мощность работы (нелинейный, гиперболический, участок кривой, графически выражающей связь между легочной вентиляцией и потреблением O₂). У нетренированных людей вентиляционный анаэробный порог соответствует мощности нагрузки, равной 50- 60% МПК, а у хорошо тренированных на выносливость спортсменов - 80-85% МПК.

Следовательно, при выполнении упражнений большой аэробной мощности необходимый объем легочной вентиляции у спортсмена значительно меньше, чем у неспортсмена. Даже очень высокого уровня МПК (5 л/мин и более) выдающиеся спортсмены часто достигают при такой же

легочной вентиляции, которая у менее подготовленных людей необходима для достижения значительно более низкого уровня МПК-

Кислородная стоимость дыхания, как известно, сильно растет с увеличением легочной вентиляции (особенно при мощности выше критической, т. е. выше анаэробного порога). Благодаря увеличенной эффективности вентиляции, особенно при продолжительной работе (например, при марафонском беге), дыхательные мышцы у спортсменов затрачивают кислорода меньше, а к работающим скелетным мышцам его направляется больше, чем у нетренированного человека. Следует, однако, отметить, что при одинаковом уровне легочной вентиляции механическая работа дыхания (а следовательно, и его кислородная стоимость) сходна у тренированных и нетренированных.

В результате тренировки выносливости концентрация лактата в крови при выполнении не максимальной аэробной работы снижается. Следовательно, ослабевает один из химических стимулов рабочей гипервентиляции. Кроме того, у тренированных выносливых спортсменов чувствительность дыхательного центра к действию CO_2 снижена.

Таким образом, тренировка выносливости, с одной стороны" снижает легочную вентиляцию при стандартной не максимальной аэробной работе, а с другой - повышает максимальную рабочую гипервентиляцию (при выполнении максимальной, аэробной работы). У спортсменов она обычно равна около 180, у нетренированных людей - около 120 л/мин. "Химическими" механизмами повышенной максимальной рабочей гипервентиляции у спортсменов служат усиленное образование CO_2 (равное или почти равное очень большой скорости потребления O_2), а также высокая концентрация лактата и водородных ионов в артериальной крови при выполнении нагрузки максимальной аэробной мощности.

Диффузионная способность легких. В покое и при мышечной работе диффузионная способность легких у спортсменов выше" чем у неспортсменов (рис. 36). Так, у бегунов-марафонцев она в покое почти такая же, как у нетренированного мужчины при максимальной работе. Хотя в показателях максимальной диффузионной способности легких у разных людей имеются большие различия, в целом они находятся в прямой связи с максимальными аэробными возможностями.

Повышение диффузионной способности легких у спортсменов связано отчасти с увеличением легочных объемов, что обеспечивает большую альвеолярно-капиллярную поверхность, но главным образом - с увеличением объема крови в легочных капиллярах за счет расширения альвеолярной капиллярной сети и повышения центрального объема крови.

Высокая диффузионная способность легких обеспечивает ускоренный переход кислорода из альвеол в кровь легочных капилляров и быстрое насыщение ее кислородом при нагрузках очень большой мощности.

Парциальное напряжение O_2 в артериальной крови (P_aO_2). P_aO_2 позволяет судить об эффективности обмена кислорода в легких. В покое оно практически одинаково у спортсменов и неспортсменов и колеблется у здоровых людей примерно до 40 лет в пределах 85-105. мм рт. ст. (чаще всего 95-98 мм рт. ст.).

При субмаксимальной и более легкой аэробной работе P_aO_2 практически не отличается от условий покоя. Лишь при околوماксимальной и максимальной аэробной работе оно несколько снижается: у нетренированных людей обычно не более чем на 5-10 мм рт. ст., а у очень хорошо тренированных спортсменов с высоким. МПК- на 10-15 мм рт. ст. (при максимальной работе).

Такое значительное снижение P_aO_2 у спортсменов не является следствием недостаточной диффузионной способности легких или уменьшения парциального давления O_2 в альвеолярном воздухе (последнее при работе обычно превышает 100 мм рт. ст.). Скорее всего, это происходит из-за несоответствия между вентиляцией и перфузией крови в легких, а также из-за высокой скорости движения крови через альвеолярные капилляры. Кроме того, возможно, что P_aO_2 заметнее снижается у спортсменов в связи с более значительным, чем у неспортсменов, "венозным шунтом" - объемом венозной крови, который поступает прямо в артериальные сосуды и полости сердца, минуя альвеолярные капилляры. Особенно большую роль в этом отношении может играть сброс венозной крови из коронарных вен сердца, поскольку у спортсменов объем коронарного кровотока выше, а содержание O_2 в коронарной венозной крови снижено больше, чем у неспортсменов.

В целом система внешнего дыхания спортсмена поддерживает напряжение кислорода в артериальной крови, необходимое для эффективного снабжения кислородом работающих мышц и других активных органов и тканей.

Таким образом, главные эффекты тренировки выносливости в отношении системы внешнего дыхания состоят в следующем:

- увеличение легочных объемов и емкостей;
- повышение мощности и эффективности (экономичности) внешнего дыхания;
- повышение диффузионной способности легких.

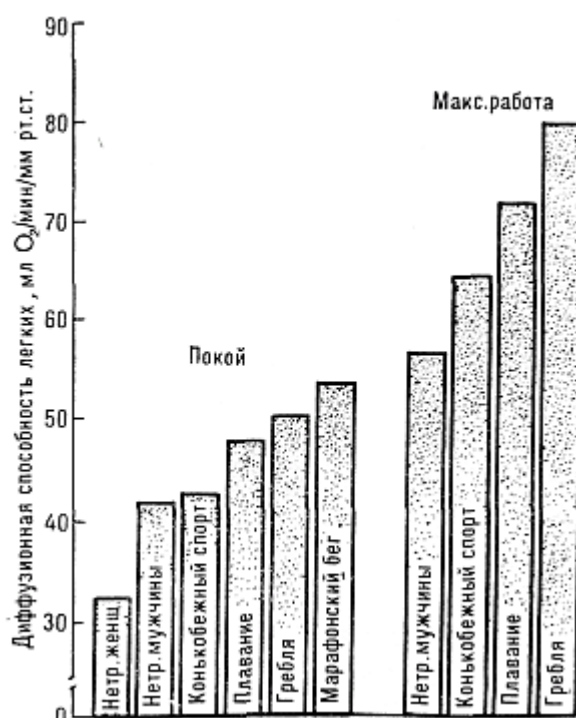


Рис. 36. Диффузионная способность легких для O₂ у неспортсменов и спортсменов разных специализаций в покое и при максимальной аэробной работе

Система крови

Многие показатели крови могут существенно влиять на аэробную выносливость. Прежде всего, от объема крови и содержания в ней гемоглобина зависят кислородтранспортные возможности организма.

Объем и состав крови. Тренировка выносливости ведет к значительному увеличению объема циркулирующей крови (ОЦК). У спортсменов он значительно больше, чем у нетренированных людей (табл. 10). Причем увеличение ОЦК является специфическим эффектом тренировки выносливости его не наблюдается у представителей скоростно-силовых видов спорта. С учетом размеров (веса) тела разница между ОЦК у выносливых спортсменов, с одной стороны, и нетренированных людей и спортсменов, тренирующих другие физические качества, с другой, в среднем составляет более 20%.

Таблица 10. Объем циркулирующей крови и ее составных частей у спортсменов, тренирующих выносливость, и нетренированных мужчин (Л. Рёккер, 1977)

Показатели	Спортсмены	Неспортсмены
ОЦК (л)	6,4	5,5
ОЦК (мл/кг веса тела)	95,4	76,3

Объем циркулирующей плазмы (ОЦКл), л	3,6	3,1
ОЦКл (мл/кг веса тела)	55,2	43,0
Объем циркулирующих эритроцитов (ОЦЭр), л	2,8	2,4
ОЦЭр (мл/кг веса тела)	40,4	33,6
Гематокрит	42,8	44,6

Как следует из данных, приведенных в таблице, прирост ОЦК у спортсменов в большей степени обусловлен увеличением объема плазмы, чем объемом эритроцитов. Соответственно показатель гематокрита (вязкости крови) у них имеет тенденцию быть ниже, чем у неспортсменов.

Увеличение объема плазмы у спортсменов, тренирующих выносливость, связано с повышением общего содержания белков в циркулирующей крови. Это повышение отражает стимулируемый тренировкой выносливости усиленный синтез белков в печени (главным образом, альбуминов и глобулинов). Увеличение концентрации белков в плазме крови повышает ее коллоидно-осмотическое давление, что автоматически ведет к абсорбции дополнительного количества жидкости из внесосудистых (межклеточных, тканевых) пространств в кровь. В результате объем циркулирующей плазмы увеличивается, а концентрация белка в плазме крови поддерживается на нормальном уровне - около 7 г%. Более того, у спортсменов концентрация белков в плазме крови может быть даже несколько меньше и соответственно коллоидно осмотическое давление плазмы крови ниже, чем у нетренированных людей (табл. 11).

Таблица 11. Содержание белка, объем и коллоидно-осмотическое давление плазмы крови у спортсменов (велосипедистов, бегунов на средние и длинные дистанции) и у нетренированных мужчин (данные Л. Рёккера и др., 1976)

Показатели	Спортсмены (n = 40)	Неспортсмены (n = 49)
Внутрисосудистое (общее) содержание белка (г/кг веса тела)	3,75	3,09
ОЦКл (мл/кг веса тела)	54,6	42,7
Концентрация белка в плазме крови (г %)	6,8	7,1
Коллоидно-осмотическое давление (мм рт. ст)	30,0	38,0

Увеличение ОЦК имеет очень большое значение для повышения кислородтранспортных возможностей спортсменов, тренирующих выносливость. Прежде всего, благодаря увеличению ОЦК растет

центральный объем крови и венозный возврат к сердцу, что обеспечивает большой систолический объем крови. Увеличенный ОЦК позволяет направлять большое количество крови в кожную сеть и таким образом увеличивает возможности организма для теплоотдачи во время длительной работы. "Излишек" плазмы дает также резерв для ее дополнительной потери во время работы (гемоконцентрации) без значительного повышения гематокрита крови. Это облегчает работу сердца при "прокачивании" больших количеств крови с высокой скоростью во время нагрузки большой аэробной мощности. Кроме того, увеличенный объем плазмы обеспечивает большее разведение продуктов тканевого обмена, поступающих в кровь во время работы (например, молочной кислоты), и тем самым снижает их концентрацию в крови.

Красная кровь (эритроциты и гемоглобин). Содержание гемоглобина в крови определяет ее кислородную емкость и, следовательно, ее кислородтранспортные возможности. Поэтому на первый взгляд неожиданно, что концентрация эритроцитов и гемоглобина в крови у представителей видов спорта, требующих проявления выносливости, в среднем такая же (или даже несколько ниже), как у спортсменов или у спортсменов других видов спорта (табл. 12).

Таблица 12 Показатели красной крови у спортсменов и неспортсменов (данные разных авторов)

Исследуемая группа и авторы исследований	Концентрация эритроцитов, млн/мм ³	Концентрация гемоглобина, г%	Общее содержание гемоглобина		Среднее содержание гемоглобина в эритроците, г%
			г	г/кг веса тела	
Бегуны на средние и длинные дистанции (n=40)	4,77	14,6	840	13,6	
Неспортсмены (n=12) (данные Б. Бразерхуда и др., 1975)	4,97	15,1	747	11,3	
Лыжники и бегуны на средние и длинные дистанции (n=7)		16,0	1061	15,6	34,2
Борцы (n=14) (данные Я. М. Коца и В. Д. Городецкого, 1978)		15,6	984	13,2	34,3

Вместе с тем поскольку у выносливых спортсменов ОЦК увеличен, у них пропорционально выше и общее количество эритроцитов и гемоглобина в крови. Так, у нетренированных мужчин и у представителей скоростно-силовых видов спорта общее содержание в крови гемоглобина равно в среднем 700 - 900 г, или 10-12 г/кг (у женщин -около 500 г, или 8-9 г/кг), а у выносливых спортсменов соответственно 1000-1200 г, или 13- 16 г/кг (у женщин 800 г, или 12 г/кг).

Таким образом, общая продукция эритроцитов и гемоглобина у спортсменов, тренирующих выносливость, превышает таковую у неспортсменов. Однако усиленный эритропоэз и гемоглобинообразование лишь обеспечивают поддержание "нормальной" концентрации эритроцитов и гемоглобина в увеличенном ОЦК. У таких спортсменов сохраняется и нормальное соотношение между эритропбэзом и гемоглобинообразованием, так что средняя концентрация гемоглобина в эритроцитах заметно не отличается от обычных величин (см. табл. 12).

Одним из механизмов, стимулирующих усиленный эритропоэз (и гемоглобинообразование), служит рабочий гемолиз, происходящий во время напряженных тренировок и соревнований (особенно в беге). Об этом можно судить по сниженной концентрации гаптоглобина у тренирующихся бегунов (в среднем около 100 мг%) по сравнению с неспортсменами (200 мг%). Причем в отдельных случаях после очень тяжелых нагрузок гаптоглобин в крови может вообще не обнаруживаться.

В условиях покоя несколько сниженная концентрация эритроцитов (уменьшенный гематокрит) у спортсменов имеет определенные преимущества, так как уменьшает нагрузку на сердце. Во время мышечной работы гемоконцентрация обеспечивает повышение, содержания гемоглобина и потому увеличивает кислородную емкость крови пропорционально мощности нагрузки. В этом отношении хорошо тренированный спортсмен с более низкими в условиях покоя показателями красной крови (пониженной концентрацией эритроцитов и гемоглобина) и значительным ОЦК имеет определенные функциональные преимущества: диапазон рабочих изменений у него в крови увеличен, а следовательно, и функциональный резерв для повышения кислородтранспортных возможностей больше, чем у малотренированного человека (рис. 37).

Содержание O₂ в артериальной крови. У спортсменов, как и у неспортсменов, при аэробной нагрузке любой мощности содержание O₂ в артериальной крови не только не снижается, но становится даже выше, чем в условиях покоя. Например, при аэробной работе максимальной мощности небольшое уменьшение кислорода в артериальной крови (около 0,2 мл O₂/100 мл крови), связанное главным образом со снижением процентного насыщения гемоглобина кислородом, с избытком компенсируется за счет

повышения концентрации гемоглобина (на 2,5 мл O₂ /100 мл крови) в результате рабочей гемоконцентрации (см. рис. 37).

Концентрация 2,3-ДФГ в эритроцитах у спортсменов, тренирующих выносливость, на 1520% выше, чем у неспортсменов. Благодаря этому у выносливых спортсменов облегчена отдача гемоглобином кислорода в тканевых капиллярах, что повышает эффективность кислородтранспортной функции крови.

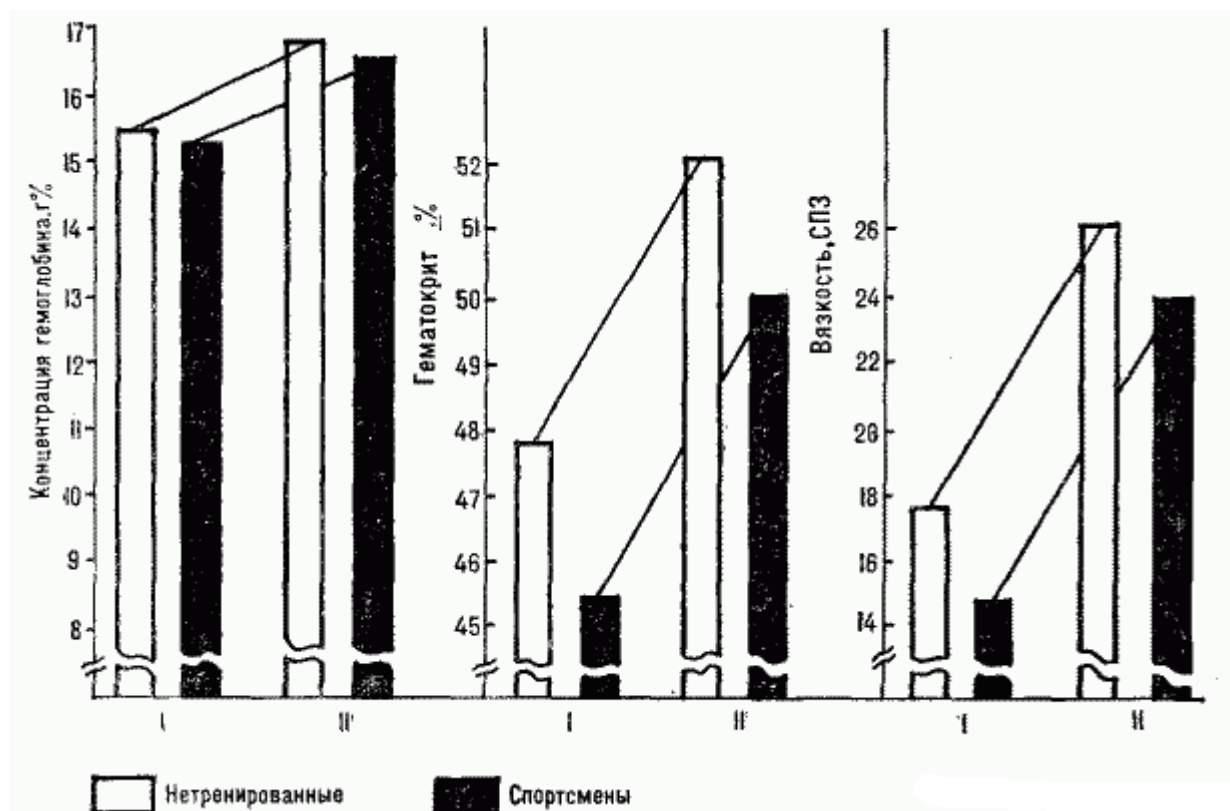


Рис. 37 Концентрация гемоглобина, показатель гематокрита и вязкость крови в покое (I) и при максимальной аэробной работе (II) у нетренированных мужчин и спортсменов (Я. М. Код и др., 1981)

Молочная кислота в крови. В упражнениях на выносливость между длиной соревновательной дистанции и концентрацией лактата в крови имеется обратная нелинейная зависимость: чем длиннее дистанция (больше время ее прохождения), тем меньше концентрация лактата в крови (рис. 38).

Содержание молочной кислоты в крови во время выполнения мышечной работы зависит от трех основных факторов: 1) способности кислородтранспортной системы удовлетворять потребности работающих мышц в кислороде; 2) возможностей работающих мышц для аэробной и анаэробной (гликолитической) энергопродукции и 3) способности организма утилизировать молочную кислоту, поступающую из работающих мышц в кровь.

В процессе систематической тренировки выносливости содержание лактата в мышцах и крови при выполнении одной и той же не максимальной

аэробной нагрузки прогрессивно снижается (рис. 39). Концентрация лактата в артериальной крови у спортсменов ниже, чем у неспортсменов, при любой, одинаковой абсолютной аэробной нагрузке (см. рис. 8). Несколько факторов определяют это снижение.

Во-первых, у выносливых спортсменов повышен аэробный потенциал скелетных мышц, благодаря чему мышцы у них продуцируют меньше молочной кислоты, чем у нетренированных людей, так как в большей степени используется аэробный путь энергообразования. Об этом свидетельствует тот факт, что при одинаковой работе концентрация лактата в мышцах после тренировок, снижается (см. рис. 39).

Во-вторых, у спортсменов происходит более быстрое вращивание кислородтранспортной системы. Как известно, при длительных аэробных упражнениях наибольшая концентрация лактата в крови обнаруживается в первые минуты работы, что связано с кислородным дефицитом. По сравнению с нетренированными у выносливых спортсменов повышение концентрации лактата в крови в начале работы значительно-меньше.

В-третьих, у спортсменов, тренирующих выносливость, обнаруживается усиленная утилизация образующейся в мышцах молочной кислоты. Этому способствует повышенный аэробный потенциал всех мышечных волокон и особенно высокий, процент медленных мышечных волокон, а также увеличенная масса сердца. Медленные мышечные волокна, как и миокард, способны активно использовать молочную кислоту, в качестве энергетического субстрата. Кроме того, при одинаковых аэробных нагрузках (равном потреблении O_2) кровотоков через печень у спортсменов выше, чем у нетренированных, что также может способствовать более интенсивной экстракции печенью молочной кислоты из крови и ее дальнейшему превращению в глюкозу и гликоген (цикл Кори).

В-четвертых, увеличенный объем циркулирующей крови у спортсменов снижает концентрацию лактата, поступающего из мышц в кровь, за счет большего разведения, чем у неспортсменов.

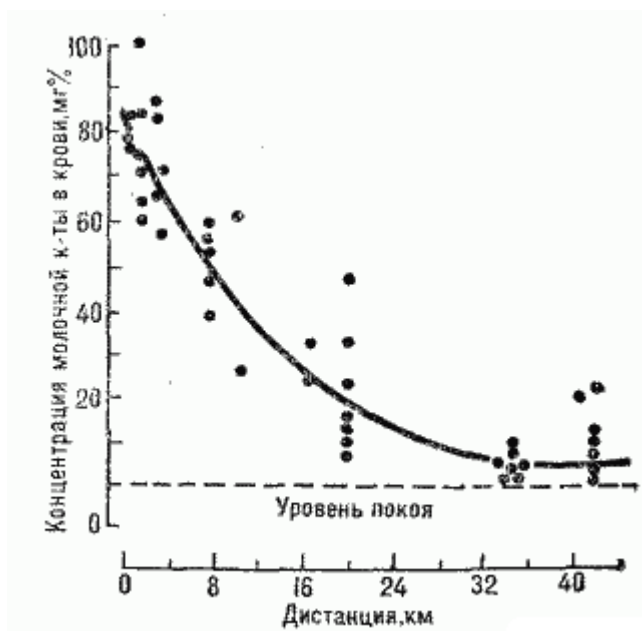


Рис. 38. Концентрация молочной кислоты в конце бега на разные дистанции

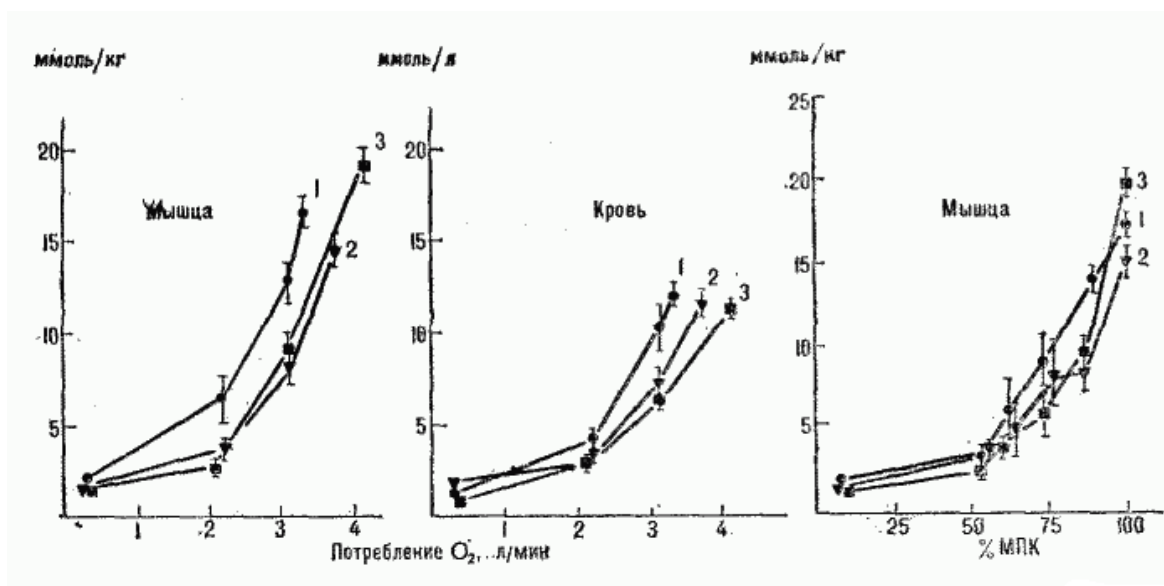


Рис. 39. Концентрация лактата в мышце и крови при различных аэробных нагрузках на велоэргометре до (1), после трех (2) и семи (3) месяцев тренировки выносливости (Б. Салтин и Д. Каржсон, 1971)

Таким образом, тренировка выносливости не только повышает аэробные возможности (МПК), но и развивает способность выполнять большие длительные аэробные нагрузки без значительного увеличения содержания молочной кислоты в крови. Это один из важнейших механизмов, повышения выносливости у спортсменов, специализирующихся в упражнениях относительно большой продолжительности.

В качестве общего показателя описанных изменений в последние годы широко используется измерение лактацидемического анаэробного порога,

(ЛАП), т. е. определение той наименьшей нагрузки, при которой или впервые достигается концентрация лактата в артериальной крови 4 ммоль/л (ЛАП4), или начиная с которой при дальнейшем повышении нагрузки концентрация лактата в артериальной крови быстро нарастает - ЛАПИ (см. рис. 35). Лактацидемический анаэробный порог близок к вентиляционному анаэробному порогу - ВАП. Иначе анаэробный порог называют порогом анаэробного обмена (ПАНО).

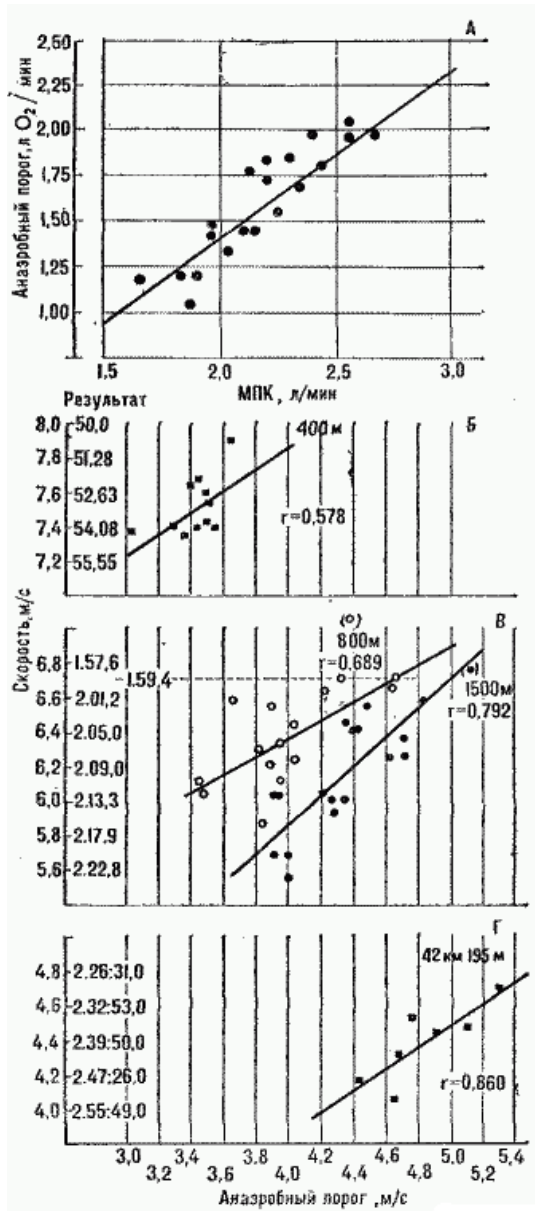


Рис. 40. Корреляционная связь МПК с анаэробным порогом (А), который определен по мощности нагрузки, выраженной как скорость потребления O₂. Корреляционная связь средней дистанционной скорости в беге на 400 (Б), 800 и 1500 м (В) и в марафонском беге (Г) с лактацидемическим анаэробным порогом, который определен в беге на тредбане и выражен как скорость, при которой достигалась концентрация лактата в крови 4 ммоль/л. Видно, что чем длиннее дистанция, тем теснее

связь спортивного результата (скорости бега) с лактацидемическим порогом (выше коэффициент корреляции - r).

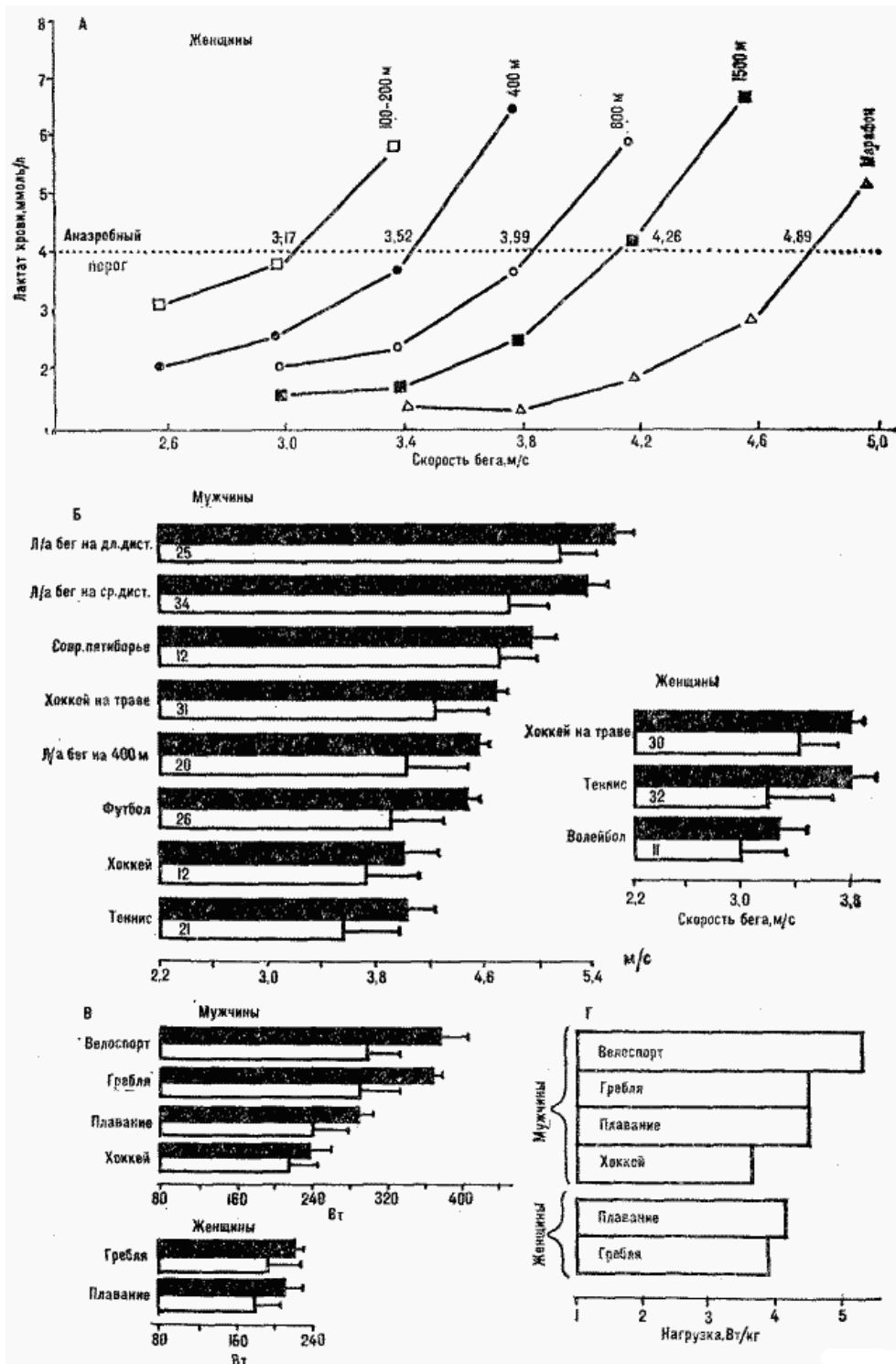


Рис. 41. Анаэробный порог у спортсменов разных специализаций, определяемый при беге на тредбане (А и Б) и при работе на велоэргометре (В и Г). В первом случае он выражен как пороговая скорость (м/с), во втором - как абсолютная мощность пороговой нагрузки или мощность пороговой нагрузки в ваттах, отнесенная к весу Тела (Г). Черные прямоугольники -

средние данные для всей группы, светлые - для 5 лучших из группы. Числа в прямоугольниках указывают количество спортсменов данной специализации.

Анаэробный порог служит показателем аэробных возможностей организма: чем больше последние, тем выше этот порог. Между МПК и спортивным результатом на длинных дистанциях, с одной стороны, и анаэробным порогом, с другой, имеется прямая зависимость (рис. 40). Анаэробный порог неодинаков у представителей разных специализаций: наиболее высокий он у спортсменов, тренирующих выносливость (рис. 41). У высококвалифицированных выносливых спортсменов он достигается лишь при нагрузках с потреблением O_2 более 70- 80% от МПК, а у нетренированных людей - уже при нагрузках с потреблением O_2 , равном 45-60% от МПК. Выдающиеся марафонцы пробегают дистанцию со скоростью потребления кислорода, соответствующей 80-85% от их индивидуального МПК, на уровне ниже анаэробного порога (концентрация лактата в крови менее 4 ммоль/л).

Иначе обстоит дело при выполнении относительно кратковременных максимальных аэробных нагрузок с потреблением кислорода на уровне МПК и предельной продолжительностью до нескольких минут (бег на 1500 м, академическая гребля и т. п.). При выполнении таких упражнений существенную долю в энергопродукцию мышц вносит анаэробный гликогенолиз, что ведет к образованию большого количества молочной кислоты в работающих мышцах. У спортсменов мощность максимальной аэробной работы (критическая аэробная мощность) значительно больше, чем у неспортсменов. Отсюда и концентрация лактата в крови при работе на уровне МПК у спортсменов выше, чем у неспортсменов, - соответственно около 140 и 90 мг%, или 15 и 10 ммоль/л. Чем выше результат в таких упражнениях, т. е. чем выше максимальная аэробная мощность, которую спортсмен может поддерживать на дистанции, тем выше концентрация лактата в крови на финише дистанции.

Кислотно-щелочное равновесие крови. Концентрация водородных ионов в крови (рН) в наибольшей степени зависит от содержания в ней молочной кислоты, а также от парциального напряжения CO_2 и буферных возможностей крови. В состоянии покоя рН артериальной крови у спортсменов практически такой же, как и у неспортсменов. Поскольку во время мышечной работы он почти исключительно определяется концентрацией молочной кислоты, все, что было сказано об эффектах тренировки в отношении лактата крови, справедливо и для рН. У спортсменов, тренирующих выносливость, снижение рН происходит при более значительных нагрузках, и оно меньше, чем у нетренированных. Вместе с тем при максимальных аэробных нагрузках снижение рН у спортсменов больше, чем у неспортсменов. В предельных случаях рН

артериальной крови у высококвалифицированных спортсменов может падать до 7,0 и даже несколько ниже (особенно часто у гребцов).

Буферные соединения крови являются важнейшим механизмом в регуляции ее кислотно-щелочного равновесия. В условиях покоя содержание стандартного бикарбоната в крови У спортсменов в среднем такое же, как и нетренированных - соответственно 24,3 и 24,4 мэкв/л. Однако снижение его у спортсменов происходит при более значительных нагрузках, чем у неспортсменов. Это объясняется прежде всего описанными различиями в изменении концентрации лактата в крови: у спортсменов степень лактацидемии ниже, чем у неспортсменов.

Парциальное напряжение CO_2 в артериальной крови при очень больших нагрузках несколько снижается, причем у спортсменов чуть меньше, чем у неспортсменов, что связано с более совершенной регуляцией дыхания у спортсменов.

Глюкоза крови. Концентрация дозы крови в условиях покоя одинакова у спортсменов и неспортсменов. При относительно кратковременных упражнениях на выносливость она имеет тенденцию к увеличению по отношению к уровню покоя, а при длительных упражнениях к постепенному снижению (до 50-60 мг% против 80-100 мг% в условиях покоя). В результате тренировки выносливости такое снижение концентрации глюкозы в крови становится все меньше, наступает позднее и все более удлиняется период работы при сниженном содержании глюкозы в крови (гипогликемии). У высококвалифицированных спортсменов даже после марафонского бега не обнаруживается снижения концентрации глюкозы в крови.

В заключение можно сказать, что основные изменения в крови, происходящие в процессе тренировки и приводящие к повышению, выносливости, сводятся к следующему:

1. увеличению объема циркулирующей крови (в большей мере за счет повышения общего объема плазмы, чем эритроцитов, т. е. со снижением гематокрита);
2. снижению рабочей лактацидемии (и соответственно ацидемии) при немаксимальных аэробных нагрузках (в общем виде это можно определить как повышение анаэробного порога);
3. повышению рабочей лактацидемии (и соответственно ацидемии) при максимальных аэробных нагрузках.

Сердечно сосудистая система (кровообращение)

Поскольку у спортсменов, как и у всех здоровых людей, внешнее дыхание не лимитирует скорость потребления кислорода, кислородтранспортные возможности определяются в основном циркуляторными возможностями, и прежде всего способностью сердца

прокачивать большое количество крови по сосудам и тем самым обеспечивать высокую объемную скорость кровотока через легкие, где кислород захватывается из альвеолярного воздуха, и через работающие мышцы, получающие кислород из крови.

Показатели работы сердца. В соответствии с уравнением Фика потребление кислорода (ПО₂) находится в прямой зависимости от сердечного выброса (СВ) и от артерио-венозной разности по кислороду (АВР-О₂): $ПО_2 = СВ * АВР-О_2$. В свою очередь, сердечный выброс определяется как произведение систолического объема (СО) на частоту сердечных сокращений (ЧСС): $СВ = СО * ЧСС$. В табл. 13 приведены примерные средние данные этих основных функциональных показателей кислородтранспортной системы у нетренированных мужчин и у спортсменов, тренирующих выносливость.

Таблица 13. Примерные средние данные основных функциональных показателей кислородтранспортной системы в покое и при максимальной аэробной нагрузке у нетренированных мужчин и спортсменов средней и высокой квалификации, тренирующих выносливость

Нагрузка	ЧСС, уд/мин	СО, мл/уд	СВ * АВР - О ₂ = ПО ₂ (л/мнн) (млО ₂ /л) (млО ₂ /мин)
Покой:			
нетренированные	70	70	5 * 50 = 250
тренированные	55	90	5 * 50 = 250
выдающиеся спортсмены	50	100	5 * 50 = 250
Максимальная работа:			
нетренированные	200	120	24 * 140 = 3400
тренированные	195	150	30 * 150 = 4500
выдающиеся спортсмены	190	190	36 * 155 = 5600

Как следует из этих данных, у высококвалифицированных спортсменов большие аэробные возможности (МПК) в основном определяются исключительно высокой производительностью сердца, способного обеспечивать большой сердечный выброс, который достигается за счет увеличенного систолического объема, т. е. количества крови, выбрасываемого

желудочками сердца при каждом сокращении. Частота сердечных сокращений у спортсменов снижена по сравнению с нетренированными.

В условиях покоя скорость потребления кислорода, сердечный выброс и $AVP-O_2$ у тренированных спортсменов, по существу, не отличаются от этих показателей у нетренированных (см. табл. 13). При одинаковом сердечном выбросе у спортсменов, тренирующих выносливость, ЧСС на 10-20 уд/мин ниже, чем у неспортсменов или спортсменов скоростно-силовых видов спорта (рис. 42, А).

Снижение ЧСС (брадикардия) является специфическим эффектом тренировки выносливости (ЧСС в покое может быть ниже 30 уд/мин "рекордная" ЧСС покоя - 21 уд/мин). Степень брадикардии покоя положительно коррелирует с МПК и со спортивным результатом в стайерском беге: при более низкой ЧСС покоя в среднем выше МПК и спортивный результат.

Снижение ЧСС повышает экономичность работы сердца, так как его энергетические запросы, кровоснабжение и потребление O_2 увеличиваются тем больше, чем выше ЧСС. Поэтому при одном и том же сердечном выбросе (как в покое, так и при мышечной работе) эффективность работы сердца у тренированных спортсменов выше, чем у нетренированных людей.

Механизмы спортивной брадикардии покоя разнообразны. Основную роль играет усиление парасимпатических (вагусных) тормозных влияний на сердце (повышение парасимпатического тонуса).

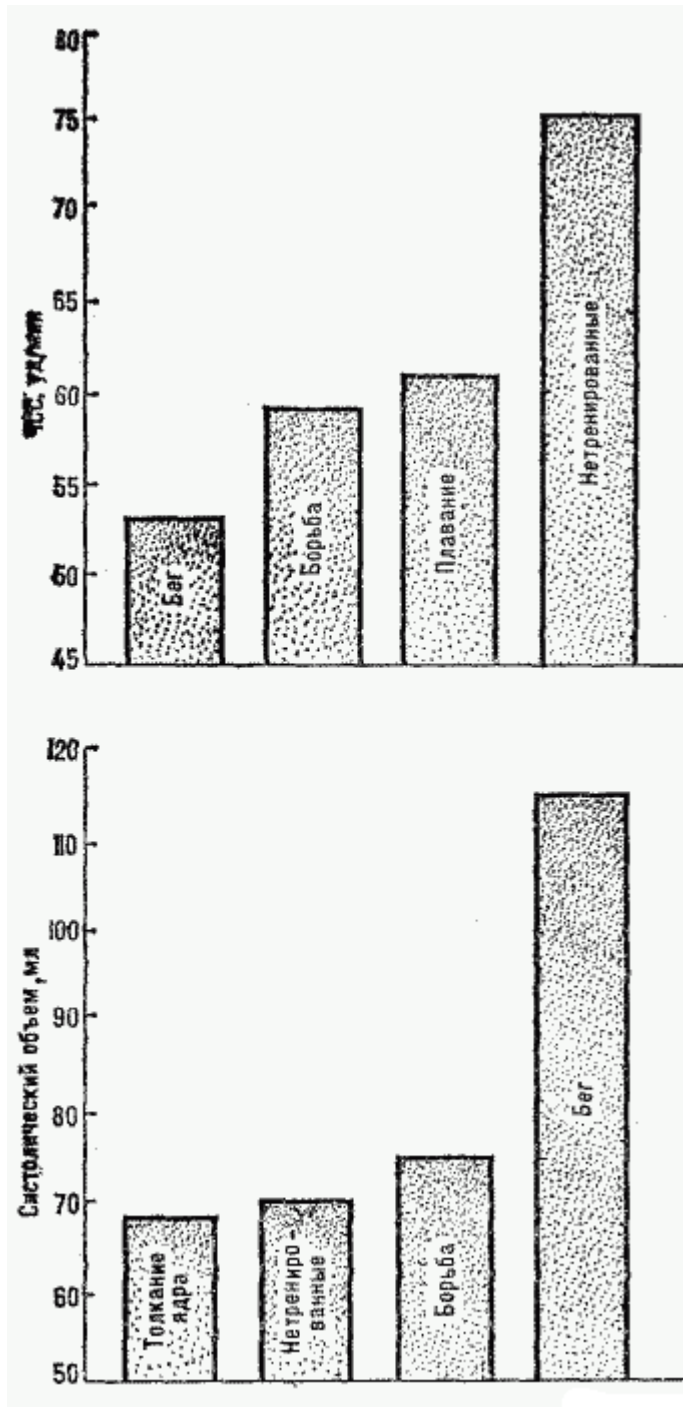


Рис. 42. Частота сердечных сокращений и систолический объем крови в покое у нетренированных людей и спортсменов разных специализаций

Определенное значение имеет ослабление возбуждающих симпатических влияний, уменьшение выделения катехоламинов (адреналина и норадреналина) из коры надпочечников и снижение чувствительности сердца к этим симпатическим медиаторам.

Снижение ЧСС у выносливых спортсменов компенсируется за счет увеличения систолического объема. Чем ниже ЧСС в покое; тем больше систолический объем (см. рис. 42, Б). Если у нетренированного человека в

покое он составляет в среднем около 70 мл, то у высококвалифицированных спортсменов (с ЧСС в покое 40-45 уд/мин) - 100- 120 мл.

Систолический объем увеличивается постепенно в результате продолжительной интенсивной тренировки выносливости и является следствием двух основных изменений в сердце: 1) увеличения объема (дилатации) полостей сердца и 2) повышения сократительной способности миокарда.

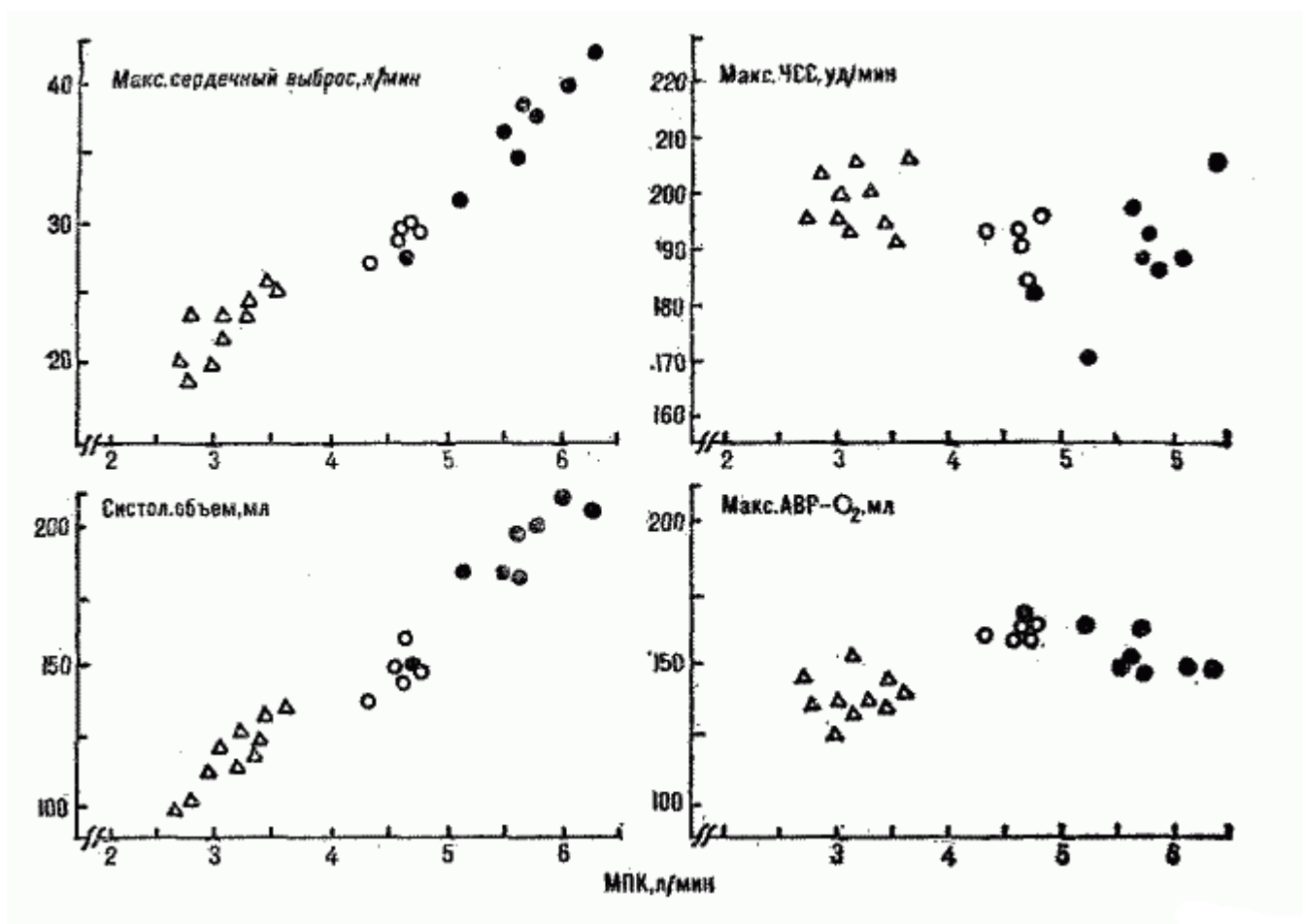
Благодаря увеличению объема желудочка растет его конечно-диастолический объем, т. е. максимальное количество крови, которое может вмещать желудочек; повышается функциональная остаточная емкость, т. е. количество крови, остающееся в желудочке после окончания систолы; увеличивается и резервный объем крови в желудочке, т. е. разность между функциональной остаточной емкостью и остаточным объемом крови.

Резервный объем крови служит мерой функционального резерва сердца: чем этот резерв больше, тем больше крови может быть выброшено из сердца при каждом его сокращении во время мышечной работы. Несмотря на то что в условиях покоя систолический объем у спортсменов больше, тем у неспортсменов, он составляет у первых менее 50%, а у вторых около 80% полного (конечно-диастолического) объема левого желудочка (В, Л. Карпман).

Максимальные показатели работы сердца (рис. 43) регистрируются при выполнении максимальной аэробной нагрузки (на уровне МПК). Большое МПК может быть только у спортсменов с большим максимальным сердечным выбросом, который может быть вдвое больше, чем у неспортсменов (см. табл. 13). Так, у выдающихся шведских лыжников при беге на тредбане на уровне МПК сердечный выброс в среднем составил 38 л/мин, а у одного из них, с наибольшим МПК в 6,24 л/мин (81,1 мл/кг-мин), - 42,3 л/мин.

Максимальная ЧСС несколько снижается даже в результате непродолжительной тренировки выносливости, но не очень значительно - на 3-5 уд/мин. У высококвалифицированных спортсменов максимальная ЧСС обычно равняется 185-195 уд/мин, что на 10-15 уд/мин ниже, чем у неспортсменов (см. табл. 13). Это может быть следствием как продолжительной многолетней тренировки, так и конституциональных (врожденных) особенностей. Не исключено, что к снижению максимальной ЧСС может вести само увеличение объема сердца.

Максимальный сердечный выброс у спортсменов повышается исключительно за счет увеличения систолического объема. В какой степени увеличен систолический объем, в такой же повышается и максимальный



сердечный выброс, а следовательно, и МПК. Увеличение систолического объема - это главный функциональный результат тренировки выносливости для сердечно-сосудистой системы и для всей кислородтранспортной системы в целом.

Рис. 43. Максимальные показатели работы сердца и АВР-О₂ у 8 высококвалифицированных спортсменов (черные кружки), 5 спортсменов-разрядников (белые кружки), тренирующих выносливость, у 10 неспортсменов (белые треугольники) (Б. Экблом и Л. Хермансен, 1968)

У нетренированных молодых мужчин максимальный систолический объем не превышает обычно 120-130 мл, тогда как у лучших представителей видов спорта, требующих проявления выносливости, он достигает 190-210 мл. Большой систолический объем при относительно сниженной ЧСС главным образом определяет и увеличенный кислородный пульс, т. е. количество потребляемого кислорода, приходящееся на каждое сокращение сердца.

Увеличенный максимальный систолический объем возможен благодаря прежде всего:

1. большим размерам полостей сердца (желудочков), т. е. увеличенной конечно-диастолической и функциональной остаточной емкости желудочков;

2. увеличенному венозному возврату крови к сердцу, что обеспечивается, в частности, за счет относительно больших общего объема циркулирующей крови и центрального объема крови;

3. повышенной сократимости миокарда, что обеспечивает более полное опорожнение желудочков, т. е. более полное использование резервного объема крови тренированным сердцем.

Следует также отметить, что у нетренированных людей систолический объем нарастает с увеличением рабочей нагрузки чаще всего примерно до 40% МПК. При дальнейшем повышении нагрузки он заметно не меняется и сердечный выброс растет почти исключительно за счет увеличения ЧСС. У тренированных спортсменов систолический объем часто увеличивается вплоть до максимальной аэробной нагрузки. Это означает, что у них рост систолического объема (наряду с повышением ЧСС) является резервом увеличения сердечного выброса при работе большой мощности, вплоть до максимальных аэробных нагрузок. Кроме того, отсюда следует, что при каждом сокращении сердце спортсмена способно выбрасывать большой объем крови даже при ЧСС 185-190 уд/мин. Это возможно только благодаря повышенной сократимости миокарда. Вероятно, при еще более высокой ЧСС систолический объем должен уменьшаться из-за критического укорочения диастолы (времени наполнения) и (или) систолы (времени сокращения). Это может объяснить, почему максимальная ЧСС у хорошо тренированных спортсменов редко превышает 190 уд/мин.

При не максимальных аэробных нагрузках с одинаковым потреблением O_2 сердечный выброс у хорошо тренированных спортсменов в среднем такой же, как и у нетренированных людей. Очень небольшое снижение его обнаружили лишь немногие исследователи у спортсменов в состоянии высокой тренированности ("спортивной формы").

Частота сердечных сокращений у спортсменов, как и у нетренированных людей, повышается линейно с увеличением нагрузки или скорости потребления O_2 (рис. 44). При одинаковой абсолютной нагрузке (одинаковой скорости потребления O_2) ЧСС у спортсменов ниже, а, следовательно, систолический объем выше, чем у неспортсменов. Чем выше тренированность спортсмена и чем выше его аэробные возможности (МПК), тем ниже ЧСС при выполнении любой не максимальной аэробной нагрузки.

Снижение ЧСС при выполнении любой не максимальной аэробной работы является наиболее постоянным и наиболее выраженным функциональным изменением в деятельности сердца, связанным с тренировкой выносливости. Сравнительно низкая ЧСС при относительно большом систолическом объеме указывает на эффективную работу сердца. В отличие от брадикардии покоя, которая у тренированного человека является в основном результатом усиления парасимпатического (вагусного) торможения, относительная рабочая брадикардия связана, по-видимому, с уменьшением симпатических возбуждающих влияний на сердце.

Большие различия между нетренированными людьми и спортсменами с разным уровнем аэробных возможностей выявляются лишь тогда, когда сравниваются абсолютные показатели ЧСС (уд/мин) при одинаковых абсолютных нагрузках, т. е. при одинаковой скорости потребления O_2 , выраженной в л/мин (см. рис. 44, А). Эти различия сильно уменьшаются, когда сравнивается ЧСС при равных относительных аэробных нагрузках (см. рис. 44, Б), т. е. при одинаковой относительной скорости потребления O_2 , выраженной в процентах от индивидуального "кислородного потолка" (%МПК). Этот факт можно понять, если учесть, что интенсивность нейроэндокринных, в частности симпато-адреналовых, влияний во время мышечной работы пропорциональна не абсолютной, а относительной рабочей нагрузке на кислородтранспортную систему, определяемой по %МПК (см. рис. 8).

Разница пульсовой реакции на нагрузку у людей с разным уровнем тренированности практически полностью исчезает, если не только нагрузка, но и ЧСС выражаются в относительных величинах (рис. 44, В). Иначе говоря, при равных относительных аэробных нагрузках (одинаковом % МПК) относительная рабочая пульсовая реакция (% максимальной ЧСС) в среднем одинакова у людей с разной степенью тренированности (с разным МПК).

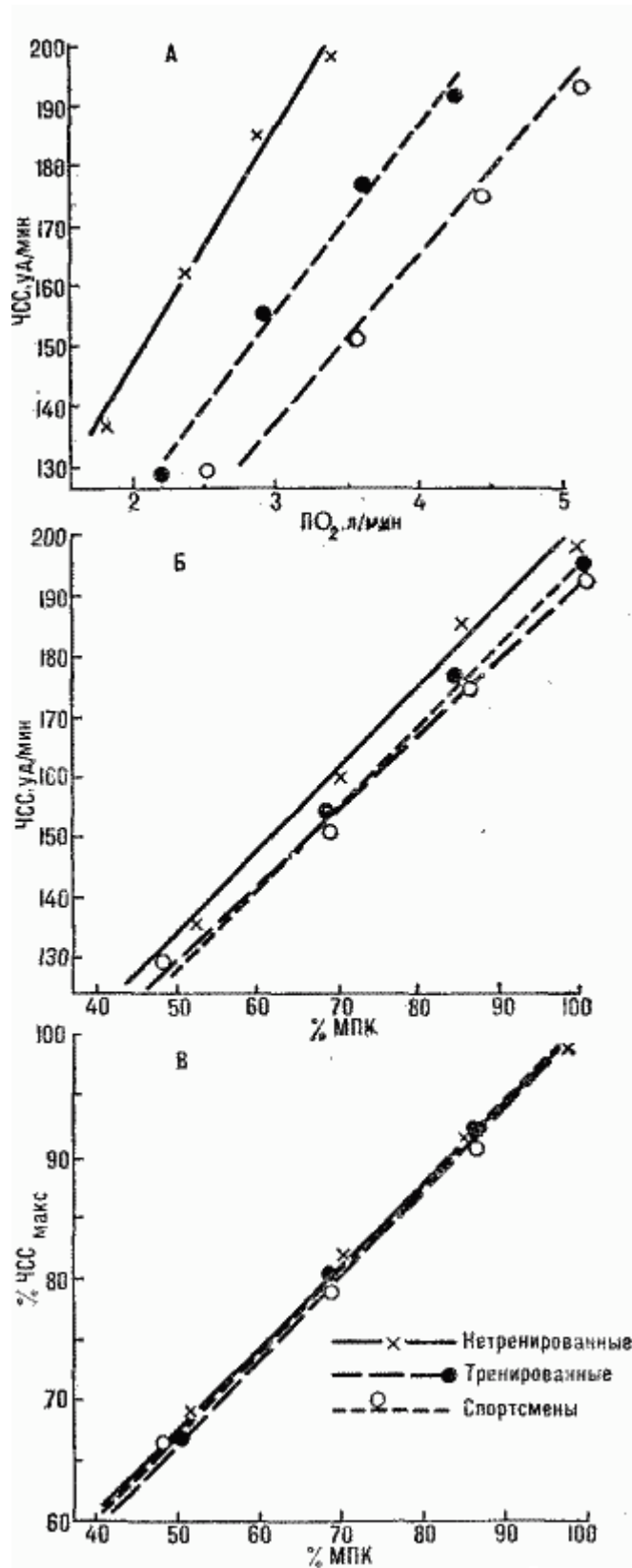


Рис. 44. Связь ЧСС со скоростью потребления O₂ (В. М. Алексеев и Я. М. Коц, 198.1): А-ЧСС и потребление O₂ (ПО₂) выражены в абсолютных величинах, Б - ЧСС в абсолютных величинах, ПО₂ - в процентах от МПК, В - ЧСС и ПО₂ в относительных величинах (в процентах от максимальных величин)

Размеры, эффективность работы и метаболизм спортивного сердца

Как уже говорилось, важнейшими механизмами, обеспечивающими увеличение производительности сердца (сердечного выброса), служат увеличение - размеров сердца (дилатация), повышение сократимости миокарда, а также рост эффективности работы сердца. Все эти механизмы взаимосвязаны.

"Большое (спортивное) сердце". У представителей видов- спорта, требующих проявления выносливости, общий объем сердца, определяемый по рентгенограммам, в среднем значительно больше, чем у представителей других видов спорта и у спортсменов (табл. 14).

Таблица 14. Общий и относительный объемы сердца, рассчитанные по рентгенограммам, у спортсменов разных специализаций и у спортсменов (средние данные) (В. Л. Карпман, С. В. Хрущёв и Ю. А. Борисова, 1978)

Контингент исследуемых	Общий объем сердца, см ³	Относительный объем сердца, см ³ /кг
Мужчины-спортсмены	760	11,2
Лыжники	1073	15,5
Велосипедисты (шоссейники)	1030	14,2
Бегуны на длинные дистанции	1020	15,5
Бегуны на средние дистанции	1020	14,9
Пловцы	1065	13,9
Борцы	953	12,2
Конькобежцы	935	12,5
Бегуны на короткие дистанции	870	12,5
Гимнасты	790	12,2
Тяжелоатлеты	825	10,8

Общий объем сердца у выносливых спортсменов превышает 1000 см³ (максимально до 1700 см³), а у других спортсменов ненамного больше, чем у нетренированных людей, -около 800 см³. Еще большие различия выявляются в относительных объемах сердца, т. е. в отношении общего объема сердца к весу тела. У спортсменов, тренирующих выносливость, относительный объем сердца равен в среднем 15 см³/кг (максимально - до 20 см³/кг), а у нетренированных - около 11 см³/кг. У спортсменов, тренирующих выносливость, между общим и относительным объемами сердца, с одной стороны, и МПК, с другой, выявляется положительная корреляционная связь.

В среднем чем выше спортивная квалификация (спортивный результат), тем больше объем сердца у спортсменов одной специализации.

Общий размер сердца зависит от объемов его полостей и от толщины их стенок и поэтому может изменяться как за счет дилатации (увеличения размеров полостей), так и за счет гипертрофии миокарда (утолщения стенок полостей).

Для сердца спортсменов, тренирующих выносливость, характерны большая дилатация желудочков и нормальная или слегка увеличенная толщина их стенок (рис. 45). Дилатированные желудочки способны вмещать большое количество крови в период диастолы, что создает предпосылки для увеличенного систолического объема.

Наоборот, у представителей скоростно-силовых видов спорта сердце обычно имеет нормальные или лишь слегка увеличенные размеры полостей желудочков, но заметную гипертрофию стенок. Общий объем сердца у этих спортсменов может превышать таковой у неспортсменов, но способность увеличивать систолический объем у тех и других почти одинаковая.

Таким образом, гипертрофия сердца специфична - тип ее определяется особенностями тренировочной деятельности. Упражнения на выносливость характеризуются многократными, но относительно небольшими по силе сокращениями большого числа скелетных мышц и требуют поддержания большого объема сердечного выброса. В ответ на действие таких тренировочных стимулов, которые можно назвать "объемным стрессором", возникает дилатация полостей сердца большим количеством крови, заполняющим их и вызывающим повышение конечно-диастолического давления. Поэтому данный тип гипертрофии называют тоногенной дилатацией (тонос - давление). При выполнении скоростно-силовых упражнений необходимо сильное кратковременное повышение АД ("стрессор напряжения"). В ответ на этот стимул развивается гипертрофия сердца с утолщением стенок желудочков.

В основе гипертрофии миокарда лежит усиление синтеза белка в миокардиальных волокнах. Причем при тренировке выносливости в сердце усиливается синтез не только kontraktilных белков (актина, миозина и др.), но и белков, связанных с его окислительным метаболизмом, в частности митохондриальных белков и ферментов. Параллельно увеличивается и число капилляров, что улучшает условия кровоснабжения и аэробного метаболизма сердечной мышцы.

Эффективность работы дилатированного сердца. Дилатация сердца дает ему ряд энергетических преимуществ. Дилатированное сердце спортсмена позволяет в большей степени: повышать сердечный выброс за счет увеличения систолического объема при относительно низкой ЧСС. Это снижает энергозатраты сердца и повышает его механическую эффективность

но сравнению с нетренированным сердцем, обеспечивающим такой же сердечный выброс за счет более высокой ЧСС. Кроме того, удлиненные миокардиальные волокна дилатированного сердца развивают большее напряжение при меньшем укорочении, чем волокна сердца обычных размеров (механизм Франка-Старлинга). В результате спортсмены с большим объемом полостей сердца способны поддерживать большой систолический объем даже при высокой ЧСС.

Метаболизм сердца протекает, как известно, почти исключительно по аэробному пути. Поэтому работа сердца целиком зависит от постоянного и достаточного снабжения кислородом и энергетическими веществами (глюкозой, жирными кислотами и лактатом). Наиболее важные особенности метаболизма тренированного сердца у выносливых спортсменов состоят в следующем.

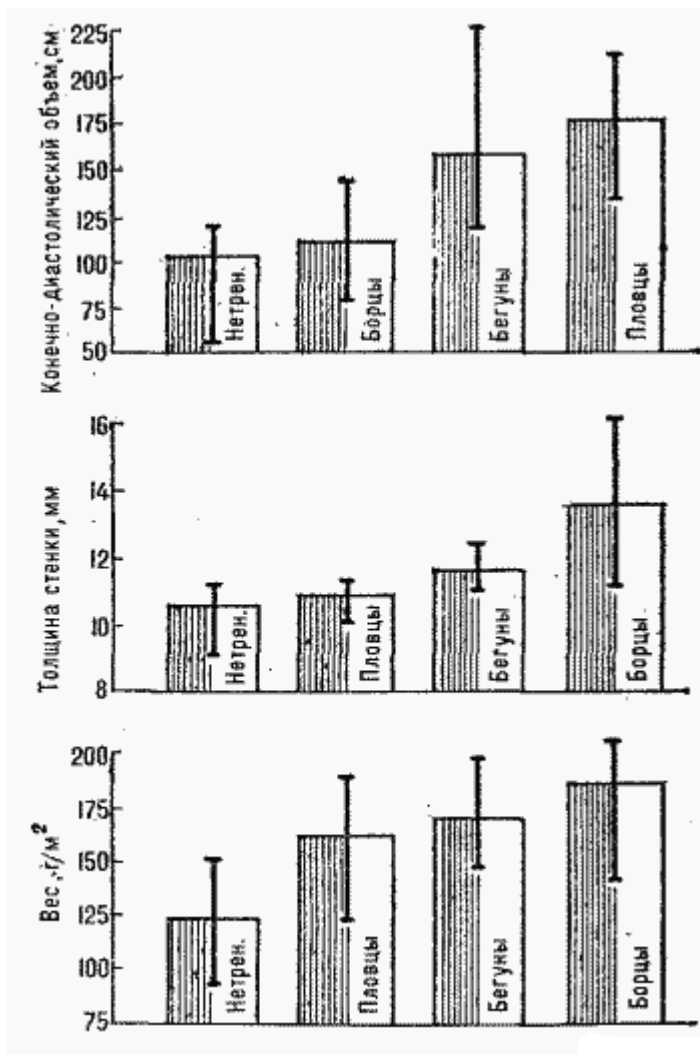


Рис. 45. Конечно-диастолический объем, толщина стенки и вес левого желудочка у неспортсменов и спортсменов разных, специализаций (по Д. Морганроту и др., 1975)

1. Благодаря увеличенной капилляризации и повышенному содержанию митохондрий и митохондриальных окислительных ферментов максимальная скорость доставки и утилизации O₂ тренированным сердцем больше, чем нетренированным.

2. При одинаковой субмаксимальной аэробной работе кровоснабжение и потребление O₂ тренированным сердцем меньше, чем нетренированным. Более высокое парциальное напряжение O₂ в венозной крови, оттекающей от тренированного сердца, указывает на благоприятные условия для снабжения кислородом всех миокардиальных клеток.

3. Тренированное сердце обладает повышенной способностью к экстракции из крови и утилизации лактата. При одинаковой концентрации лактата в артериальной крови сердце выносливого спортсмена экстрагирует больше лактата, чем нетренированное сердце. Если при максимальной аэробной работе доля лактата среди всех окисляемых энергетических веществ у нетренированного человека может достигать примерно 60%, то у очень выносливого спортсмена - более 80%. Иначе говоря, подавляющая часть окислительного метаболизма тренированного сердца покрывается за счет использования лактата.

Распределение сердечного выброса, мышечный кровоток и АВР-O₂

Высокий уровень аэробных возможностей у тренированных спортсменов зависит не только от большого сердечного выброса, но и от способности более эффективно использовать его. Эта способность может быть оценена величиной системной АВР-O₂, т. е. разностью между содержанием O₂ в артериальной крови и в смешанной венозной крови, протекающей через правое сердце. Чем больше системная АВР-O₂, тем более эффективно организм использует сердечный выброс, тем экономнее работает его кислородтранспортная система. Содержание O₂ в артериальной крови у тренированных спортсменов ни в условиях покоя, ни при аэробных нагрузках любой мощности не отличается от содержания его у неспортсменов (рис. 46). Поэтому увеличение системной АВР-O₂ в результате тренировки выносливости может происходить исключительно за счет снижения содержания O₂ в смешанной венозной крови, т. е. за счет более полного использования O₂, транспортируемого кровью.

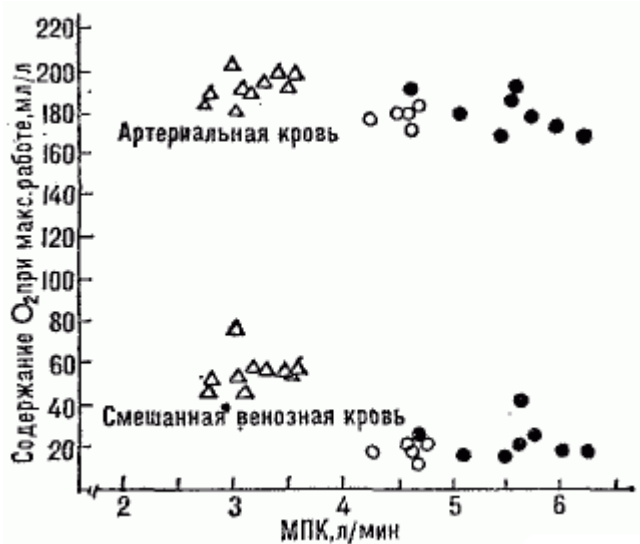


Рис. 46. Содержание O_2 в артериальной и смешанной венозной крови в связи с потреблением O_2 при максимальной аэробной работе у высококвалифицированных спортсменов (черные кружки), спортсменов-разрядников (светлые кружки) и нетренированных мужчин (треугольники)

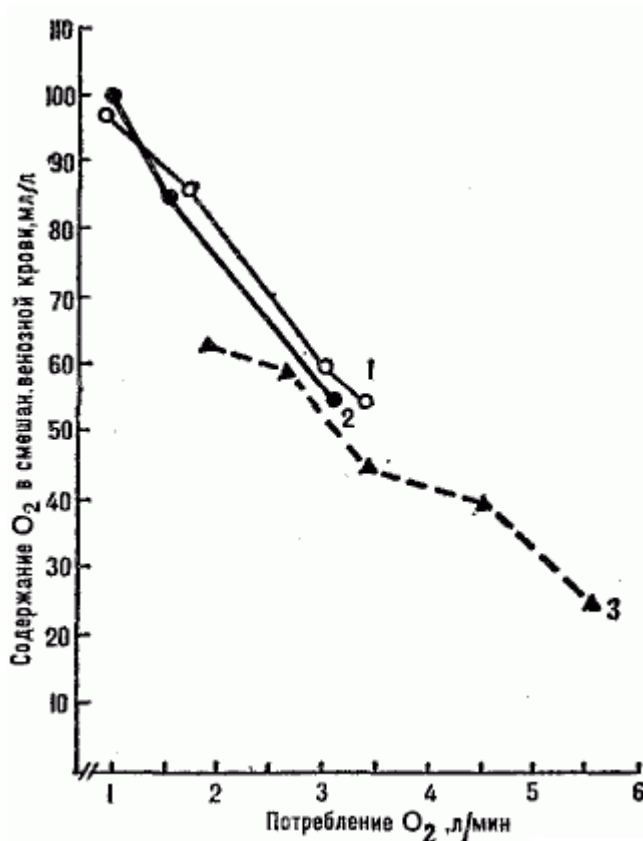


Рис. 47. Содержание O_2 в смешанной венозной крови при разной скорости потребления O_2 во время выполнения аэробных нагрузок: 1 - умеренно тренированные, 2 - нетренированные, 3 - хорошо тренированные

У умеренно тренированных и нетренированных мужчин содержание O_2 в смешанной венозной крови уменьшается примерно одинаково по мере

увеличения мощности выполняемой нагрузки (рис. 47). При максимальной аэробной работе оно в среднем равно около 55 мл O₂ на каждый литр смешанной венозной крови. Системная АВР-O₂ в этих условиях составляет примерно 140 мл O₂/л. У очень выносливых спортсменов при одинаковой с нетренированными людьми работе (равном потреблении O₂) содержание кислорода в смешанной венозной крови ниже. Минимальное содержание O₂ в смешанной венозной крови у таких спортсменов составляет в среднем около 25 мл O₂/л. Поэтому максимальная система АВР-O₂ у них выше, чем у нетренированных, - в среднем 150 - 155 мл O₂/л (см. табл. 13).

Следовательно, спортсмены, тренирующие выносливость, более эффективно реализуют свои кислородтранспортные возможности, так как "извлекают" из каждой единицы объема крови, прокачиваемого сердцем, больше O₂, чем нетренированные люди.

В процессе тренировки совершенствуется перераспределение кровотока между активными и неактивными органами, так что максимальная доля сердечного выброса, которая может быть направлена к работающим мышцам, у спортсменов больше, чем у нетренированных людей.

В результате тренировки выносливости увеличивается число капилляров в тренируемых мышцах. Обильная капилляризация тренируемых мышц - один из важнейших механизмов повышения их работоспособности (см. ниже). Благодаря увеличению объема капиллярной сети максимально возможный мышечный кровоток у спортсменов выше, чем у неспортсменов (рис. 48). У спортсменов, тренирующих выносливость, повышена и общая скорость диффузии различных веществ, в том числе и O₂, через капиллярные стенки, соответственно и максимальное количество O₂, которое могут получать тренированные мышцы, больше того, которое могут получать нетренированные мышцы.

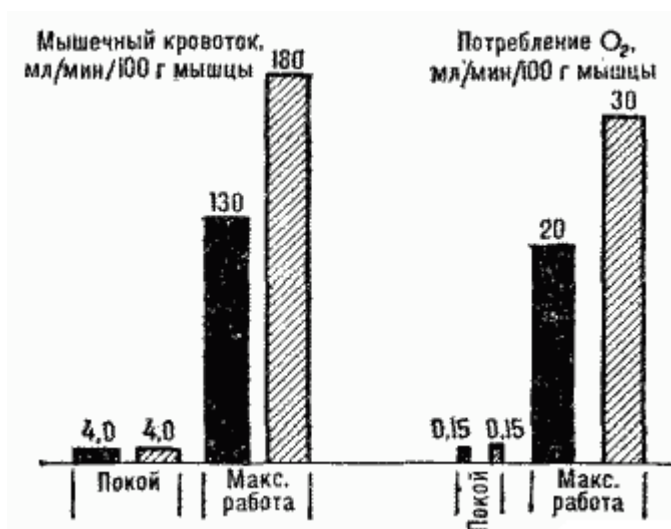


Рис. 48. Мышечный кровоток и потребление O_2 мышцами (мл/мин/100 г мышцы) в покое и при максимальной аэробной работе: без штриховки - у неспортсменов, со штриховкой - у спортсменов

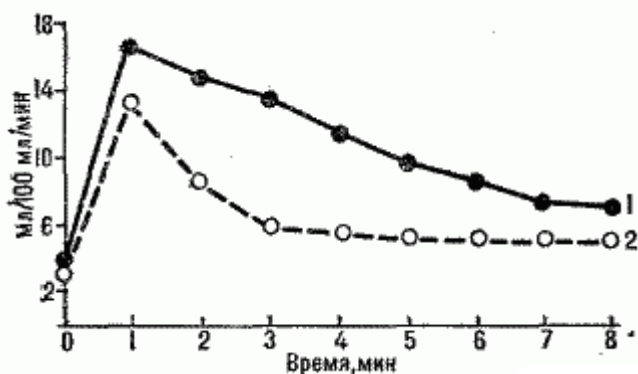


Рис. 49. Мышечный кровоток во время стандартной работы: 1 - до тренировки, 2 - после 5 недель тренировки выносливости

Тренированные мышцы обладают повышенной способностью экстрагировать (и утилизировать) кислород из крови. Максимальная скорость потребления O_2 на единицу объема у тренированных мышц примерно в 1,5 раза выше, чем у нетренированных. Это означает, что тренированным мышцам требуется меньше крови, чем нетренированным, чтобы получить такое же количество O_2 . Поэтому при выполнении одинаковой работы кровоток через работающие мышцы после тренировки ниже, чем до тренировки (рис. 49). При одинаковой субмаксимальной работе кровоток на 1 кг работающей мышечной массы у спортсменов ниже, чем у нетренированных людей.

При выполнении одинаковой субмаксимальной аэробной работы (с равным потреблением O_2) сердечный выброс у спортсменов и неспортсменов примерно одинаков. Следовательно, доля сердечного выброса (абсолютная в л/мин и относительная в %), направляемая к работающим мышцам, у спортсменов ниже. Таким образом, у них больше крови может быть направлено во время работы к другим органам и тканям тела, в частности в брюшную область и в должную сеть. Поэтому во время выполнения спортивных упражнений важнейшие внутренние органы у спортсменов находятся в более благоприятных условиях кровоснабжения, чем у нетренированных людей.

Возможность направить более значительную часть сердечного, выброса в систему кожной циркуляции означает, что у спортсменов лучше условия для усиления теплоотдачи и тем самым для предотвращения нежелательного повышения температуры тела. Это одна из главных причин, почему температура тела у тренированного человека ниже, чем у нетренированного, при выполнении одинаковой работы (рис. 50).

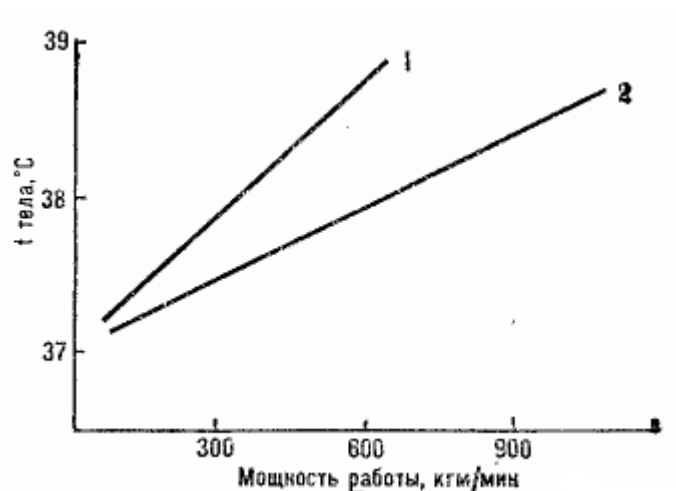


Рис. 50. Температура ядра тела во время выполнения работ разной аэробной мощности: 1 - у нетренированных, 2- у тренированных мужчин

Иначе обстоит дело при максимальной аэробной работе. Прежде всего, такие нагрузки по мощности и предельной продолжительности значительно выше у спортсменов, чем у неспортсменов, и недоступны последним. Возможность их выполнения спортсменами определяется, в частности, высокой способностью кислородтранспортной системы доставлять к работающим мышцам большое количество O_2 в единицу времени, что обеспечивается большим сердечным выбросом и увеличенной долей его (%), направляемой к работающим мышцам. При максимальной аэробной нагрузке работающие мышцы спортсменов получают значительно большее количество крови в единицу времени и, кроме того, экстрагируют из него больше O_2 , чем нетренированные мышцы у неспортсменов. Хотя в этих условиях очень большая доля сердечного выброса направляется к работающим мышцам (до 85-90%), условия кровоснабжения жизненно важных ("неактивных") органов и тканей тела у спортсменов лучше, чем у нетренированных людей.

Следует отметить также, что при выполнении максимальной аэробной работы у спортсменов значительно снижается рН и повышается температура венозной крови, протекающей через работающие мышцы. В результате происходит сдвиг кривой диссоциации оксигемоглобина вправо (эффект Бора), что облегчает освобождение гемоглобина от O_2 в крови тканевых капилляров и его диффузию в мышечные клетки. Кроме того, сдвиг кривой диссоциации выполняет и важную "защитную" функцию: несмотря на усиленную экстракцию O_2 тренированными мышцами и сильное снижение процента насыщения гемоглобина кислородом, парциальное напряжение O_2 в мышечной венозной крови у спортсменов в среднем не отличается от такового у нетренированных людей и не падает ниже 10-20 мм рт. ст. Это обеспечивает поддержание достаточного градиента напряжения O_2 , так что даже мышечные клетки, расположенные вблизи венозного конца капилляра, продолжают получать достаточное количество O_2 из крови.

Таким образом, главные эффекты- тренировки выносливости в отношении сердечнососудистой системы состоят в:

повышении производительности сердца, т. е. увеличении максимального сердечного выброса (за счет систолического объема);

- увеличении систолического объема;
- снижении ЧСС (брадикардии) как в условиях покоя, так и при стандартной работе; повышении эффективности (экономичности) работы сердца;
- более совершенном перераспределении кровотока между активными и неактивными органами и тканями тела;
- усилении, капилляризации тренируемых мышц и других активных органов и тканей тела (в частности, сердца).

Мышечный аппарат и выносливость

Выносливость спортсмена в значительной мере зависит! от физиологических особенностей его мышечного аппарата, которые, в свою очередь, определяются специфическими структурными и биохимическими свойствами мышечных волокон.



Рис. 51. Мышечная композиция (процент медленных и быстрых волокон) у мужчин (А) и женщин (Б) -представителей разных спортивных специализаций (У. Берг. и др., 1978)

Композиция мышц. Как известно, мышечные волокна человека относятся к двум основным типам: медленным (I) и быстрым (II). Внутри быстрых волокон выделяют два вида: быстрые окислительно-гликолитические (II-A) и быстрые гликолитические (II-B). Медленные волокна лучше, чем быстрые, приспособлены к длительным, относительно несильным повторным сокращениям с преимущественно аэробным типом энергопродукции, характерным для выполнения упражнений на выносливость.

Отличительной особенностью композиции мышц у выдающихся представителей видов спорта, требующих проявления выносливости, является относительно высокий процент медленных волокон, составляющих их мышцы (рис. 51). При этом между процентом медленных волокон и МПК существует прямая связь. Вместе с тем при одинаковом проценте медленных волокон МПК у спортсменов выше, чем у неспортсменов.

В табл. 15 приведены данные о процентном соотношении и размерах медленных и быстрых волокон, а также об активности- некоторых основных ферментов четырехглавой мышцы бедра (наружной головки) у бегунов на длинные и средние дистанции по сравнению с нетренированными мужчинами того же возраста и сходной конституции тела. Как следует из этих данных, у стайеров медленные волокна составляют около 80% всех волокон исследованной мышцы, что в среднем примерно в 1,5 раза больше, чем у нетренированных людей.

Таблица 15. Композиция мышц, площадь поперечного сечения мышечных волокон и активность ряда ферментов четырехглавой мышцы бедра у спортсменов разной квалификации и у неспортсменов (У. Финк и др., 1977)

Показатели	Выдающиеся марафонцы (n=6)	Выдающиеся бегуны на средние к длинные дистанции (n=8)	Хорошие бегуны на средние дистанции (n=8)	Нетренированные мужчины (n=10)
МПК (мл/кг-мин)	74,3	79,8	69,2	54,2
Процент медленных волокон	80,5 (50-96)	77,9 (60-98)	71,8	57,7
Площадь поперечного сечения волокон (1000 мкм ²):				

медленных	6,5	6,5	6,3	4,9
быстрых	8,5	8,2	6,4	5,5
Процент площади, занимаемой медленными волокнами	83,5	81,4	62,1	60,0
Активность ферментов (мкм/г/мин):				
сукцинатдегидрогеназы	22,3	21,0	17,7	6,4
лактатдегидрогеназы	737	746	788	843
фосфорилазы	7,6	8,3	8,9	8,6

Теоретически возможны две причины этого. Первая причина: преобладание медленных волокон в мышцах может быть врожденным, генетически предопределенным. Человек с такими особенностями мышечного аппарата имеет предпосылки к достижению высокого результата именно в видах спорта, требующих наиболее активного участия медленных: ("выносливых") волокон. Вторая причина: увеличение процента медленных волокон является следствием тренировки выносливости и происходит за счет соответствующего уменьшения числа быстрых волокон. Имеющиеся в настоящее время данные говорят; в пользу первого предположения.

Во-первых, очень высокий процент медленных волокон наблюдается и у людей, никогда не занимавшихся спортом. Кстати, в этом случае можно предположить, что они не воспользовались возможностью, предоставленной им природой, стать хорошими стайерами.

Во-вторых, даже многомесячная тренировка выносливости практически не изменяет соотношения быстрых и медленных волокон в мышцах, хотя вызывает явные эффекты в отношении выносливости - повышает спортивный результат, МПК, толщину медленных волокон и активность мышечных ферментов окислительного метаболизма.

В-третьих, процент медленных и быстрых волокон, в интенсивно и мало тренируемых мышцах примерно одинаков у спортсменов одной специализации, хотя окислительный потенциал и другие биохимические характеристики интенсивно тренируемых мышц выше. Так, у тренирующихся в ориентировании с большой нагрузкой для мышц ног процент медленных волокон в этих мышцах примерно такой же, что и в мышцах рук (табл. 16).

В-четвертых, результаты исследований моно- (генетически идентичных) и дизиготных (генетически неидентичных) близнецов

показывают, что у первых поразительно близко соотношение двух типов волокон в мышцах (даже если один из пары активно занимается спортом, а другой нет), тогда как у вторых возможны большие вариации в композиции мышцы.

Таблица 16. Процентное распределение волокон в мышцах рук и ног у спортсменов разных специализаций и у неспортсменов (по данным разных авторов)

Группа спортсменов и исследуемые мышцы	Виды мышечных волокон		
	I	II-A	II-B
Выдающиеся спортсмены-ориентировщики (n=8):			
наружная мышца бедра	68	24	3
икроножная мышца	67	29	2
дельтовидная мышца	68	14	17
Бегуны-стайеры (га = 10):			
икроножная мышца	61	37	0
Пловчихи (n=11):			
наружная мышца бедра	58	34	8
дельтовидная мышца	68	32	0
широчайшая мышца спины	66	34	0
Нетренированные юноши 16-18 лет (n=69):			
наружная мышца бедра	53,9	32,9	13
Нетренированные мужчины (n=40):			
наружная мышца бедра	51	33	16
дельтовидная мышца	52	32	18

Вместе с тем в процессе тренировки выносливости в композиции тренируемых мышц все же происходят определенные специфические перестройки. Как следует из данных, приведенных в табл. 16, в нагружаемых мышцах у спортсменов почти отсутствуют быстрые гликолитические волокна (II-B) и основную массу быстрых волокон составляют быстрые окислительные волокна (II-A). Таким образом, при неизменном соотношении медленных и быстрых мышечных волокон тренировка выносливости способствует превращению быстрых волокон преимущественно (или

исключительно) в подтип быстрых окислительных волокон (II-A). Это увеличивает общий процент волокон, способных в основном к аэробному метаболизму и наиболее приспособленных к выполнению длительных упражнений на выносливость.

Структурные особенности мышечных волокон. Одним из эффектов тренировки выносливости является увеличение толщины мышечных волокон - рабочая гипертрофия. Об этом свидетельствуют различия в площади поперечного сечения мышечных волокон разного типа у спортсменов и нетренированных мужчин (см. табл. 15). Тренировка выносливости ведет к рабочей гипертрофии преимущественно саркоплазматического типа, которая связана в большей мере с увеличением саркоплазматического пространства мышечных волокон.

Существенные изменения при этом происходят также в отдельных межфибриллярных структурных компонентах мышечных волокон, особенно в митохондриях. В процессе тренировки выносливости усиливается синтез белков, составляющих митохондриальные мембраны мышечных волокон. В результате возрастают число и размеры митохондрий внутри мышечных волокон. У высококвалифицированных спортсменов, например, объемная плотность центральных и периферических митохондрий - соответственно на 50 и 300% больше, чем у нетренированных мужчин. Объемная плотность и размеры митохондрий у женщин (спортсменок и неспортсменок) меньше, чем у мужчин. Чем больше число и объем митохондрий (и соответственно выше активность митохондриальных ферментов окислительного метаболизма), тем выше способность мышц к утилизации ею кислорода, доставляемого с кровью.

Капилляризация мышечных волокон. Тренировка выносливости вызывает увеличение числа капилляров, окружающих мышечные волокна, так что возрастает прежде всего число капилляров, приходящихся на одно мышечное волокно. Поэтому, несмотря на утолщение (гипертрофию) волокон, дистанция от капилляра до наиболее удаленных (центральных) митохондрий внутри них, по крайней мере, не уменьшается по сравнению с предтренировочным расстоянием (табл. 17). Среднее число капилляров на 1 мм² поперечника мышечных волокон у нетренированных людей составляет 325, а у тренированных - 400.

У хорошо тренированных спортсменов мышечное волокно может быть окружено 5-6 капиллярами (у мужчин это число несколько больше, чем у женщин), см. табл. 17. Быстрые и медленные волокна могут иметь общие капилляры, но в среднем плотность капилляров вокруг медленных волокон больше, чем вокруг быстрых (как у спортсменов, так и у нетренированных людей), а вокруг быстрых окислительных (II-A) больше, чем вокруг быстрых гликолитических (II-A).

Таблица 17. Капилляризация трех видов мышечных волокон в латеральной головке четырехглавой мышцы бедра у мужчин и женщин - бегунов на средние и длинные дистанции, а также у неспортсменов

Виды мышечных волокон	Мужчины		Женщины	
	неспортсмены	спортсмены	неспортсменки	спортсменки
Среднее число капилляров вокруг одного волокна				
I	4,2	5,9	4,6	5,1
II-A	4,0	5,2	3,7	4,8
II-B	3,2	4,3	2,9	3,6
Средняя площадь поперечного сечения волокна (мкм ²), приходящаяся на один капилляр				
I	1014	997	1034	901
II-A	1335	1213	1062	871
II-B	1338	1235	878	840

Следует подчеркнуть, что усиленная капилляризация наблюдается только в мышцах, которые очень активны при тренировке выносливости, и отсутствует в мышцах, не принимающих активного участия в выполнении упражнений.

Повышенная плотность капилляров мышц увеличивает поверхность диффузии и укорачивает путь, который должны пройти молекулы из кровеносных сосудов в мышечные клетки. Это способствует повышению аэробной мышечной работоспособности, так как обеспечивает большую емкость кровотока в рабочих мышцах и облегчает передачу энергетических веществ (прежде всего кислорода) через капиллярно-клеточные мембраны. Отсюда понятно, почему у спортсменов-стайеров максимальный мышечный кровоток и капиллярная диффузионная способность значительно выше, чем у неспортсменов и спринтеров.

Биохимическая адаптация мышц к тренировке выносливости

Повышение выносливости в результате тренировки связано не только с увеличением возможностей кислородтранспортной системы по доставке O₂ к работающим мышцам. В скелетных мышцах происходят также большие изменения, которые приводят к увеличению возможностей всего организма в целом в использовании O₂, т. е. к повышению аэробных возможностей (выносливости) тренирующегося спортсмена. Главные механизмы

тренировочного эффекта повышения выносливости мышц связаны с их биохимической адаптацией и подробно рассматриваются в курсе биохимии. Здесь перечислены лишь основные физиологические следствия действия этих биохимических механизмов.

Наиболее характерными эффектами тренировки выносливости являются повышенные емкость и мощность аэробного метаболизма рабочих мышц. Главные биохимические механизмы этих эффектов следующие:

1. увеличение содержания и активности специфических ферментов аэробного (окислительного) метаболизма;
2. увеличение содержания миоглобина (максимально в 1,5 - 2 раза);
3. повышение содержания энергетических субстратов - мышечного гликогена и липидов (максимально на 50%);
4. усиление способности мышц окислять и углеводы, и особенно жиры.

Тренированный человек во время аэробной работы получает относительно больше энергии за счет окисления жиров и соответственно меньше за счет окисления углеводов по сравнению с нетренированными. Это находит отражение в более низком дыхательном коэффициенте при работе одинаковой абсолютной или относительной мощности у тренированных по сравнению с нетренированными (рис. 52). Такой субстратный энергетический сдвиг в сторону преимущественного использования жиров может быть обозначен как "жировой сдвиг". Значение его состоит в сохранении более ограниченных запасов углеводов. Как уже говорилось (11.4.2.), при субмаксимальных аэробных нагрузках одним из главных механизмов утомления является расхождение мышечного гликогена. "Жировой сдвиг" у тренированных на выносливость спортсменов позволяет медленнее (экономичнее) расходовать мышечный гликоген и тем отодвигать момент его истощения, а следовательно, повышать продолжительность выполнения упражнения. Чем выше окислительная способность мышц, тем больше "жировой сдвиг" и тем соответственно меньше расходуется (больше сохраняется) дефицитный мышечный гликоген (см. рис. 52).

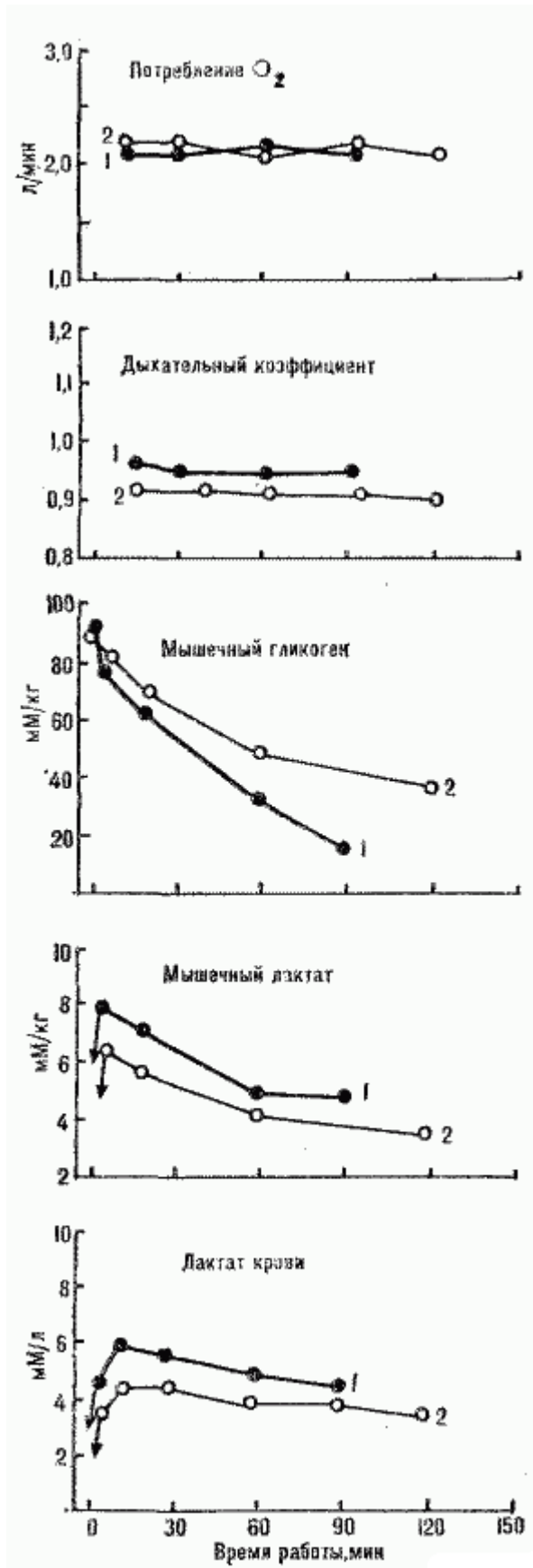


Рис. 52. Средние физиологические и биохимические показатели 5 испытуемых, работавших на велоэргометре с нагрузкой 150 Вт: 1 - до тренировки, 2 - после тренировки выносливости

Усиленное использование жирных кислот уменьшает потребление глюкозы рабочими мышцами и благодаря этому защищает спортсмена от развития гипогликемии, лимитирующей работоспособность.

Кроме того, уменьшение использования углеводов приводит к снижению лактата в мышцах. Действительно, у хорошо тренированных спортсменов содержание лактата в мышцах ниже, чем у нетренированных. То же самое наблюдается у одного и того же человека после периода тренировки выносливости (см. рис. 52 и 39).

Итак, тренировка выносливости вызывает два основных эффекта: 1) усиливает максимальные аэробные возможности организма и 2) повышает эффективность (экономичность) деятельности организма при выполнении аэробной работы.

О первом эффекте можно судить по увеличению МПК (и других функциональных показателей) при максимальной аэробной нагрузке, о втором - по снижению функциональных показателей (ЧСС, легочной вентиляции температуры тела, концентрации лактата в крови и др.) при стандартной не максимальной аэробной нагрузке.

В основе положительных эффектов тренировки выносливости лежат структурно-функциональные изменения в кислородтранспортной, кислородутилизирующей и других физиологических системах, а также совершенствование центрально-нервной и нейрогуморальной (эндокринной) регуляций деятельности этих систем в процессе выполнения аэробной работы.

Определение максимального потребления кислорода (МПК) как интегрального показателя аэробных возможностей организма

ЧТО ТАКОЕ МПК И ЧЕМ ОН ВАЖЕН ДЛЯ СПОРТСМЕНА

МПК или максимальное потребление кислорода – это то, сколько кислорода из вдыхаемого воздуха ваш организм может потребить и переработать на критической, предельной скорости или мощности. То есть из вдыхаемого воздуха ваш организм может взять определённое количество миллилитров кислорода для того, чтобы впоследствии донести его с током крови до работающих мышц и там каскадом биохимических процессов превратить его в энергию, которую вы реализуете в виде той же самой предельной скорости.

Способность организма поглощать кислород определяется нашими физическими и физиологическими параметрами. Сюда входят объём лёгких (или жизненная ёмкость лёгких), размер сердца и его способность проталкивать большое количество крови за одно сокращение, эластичность сосудов, качество крови (уровень эритроцитов, гемоглобина, железа, несущие этот кислород к мышцам), митохондрии (энергетические станции клеток), а также сильная ЦНС, которая способна выдерживать критические скорости. Пол, возраст и наличие лишнего веса также определяют уровень МПК.

Парадоксальность этого показателя в том, что измеряется он в условиях предельной работы организма, а отражает наши аэробные способности или выносливость, в том числе общую, то есть совсем не предельные возможности. В свою очередь количество тренировок на уровне МПК обратно пропорционально продолжительности дистанции. То есть в марафонском и сверхмарафонском беге тренировки на МПК не имеют такого значения, как в беге на средние дистанции (800 м, 1500 м).

Вообще, теоретическая логика этого показателя такова, что чем он выше у конкретного человека, тем более высокую скорость он может показать на дистанции. Кроме того, чем выше максимальное потребление кислорода, тем лучше выносливость, тем легче даются длительные аэробные работы.

МОЖНО ЛИ РАЗВИТЬ СВОЙ УРОВЕНЬ МПК

МПК среднестатистического здорового тренированного человека может достигать 60-65 мл/кг/мин. Но считается, что показатель МПК – величина, данная конкретному человеку от природы, хотя до определённого уровня её всё-таки можно развить. А можно довольно долго и успешно развивать сам организм на определённом уровне МПК и расти в результатах.

В наших работающих мышцах далеко не все мышечные волокна задействованы в работе. Организм же не враг себе, чтобы на низкоинтенсивный, по его меркам, образ жизни тратить 100-процентный пул мышечных волокон да ещё и «кормить» их энергией.

Так вот если периодически «дёргать» организм предельными нагрузками (а также силовыми тренировками), то количество работающих мышечных волокон будет увеличиваться, а, следовательно, будет увеличиваться и их питание. То есть организм будет вынужден адаптироваться и расширять свои границы скорости и выносливости при неизменном МПК, тем более, если вы достигли его природного предела.

МПК важен не сам по себе, а то, как вы используете его в тренировках, то есть какая скорость у вас на уровне этого показателя, и как её увеличивать. В беге этот показатель весьма важен и отражает работоспособность спортсмена и его потенциал на средних дистанциях 1500-5000 метров.

Чем выше уровень спортсмена, тем выше его МПК. Однако при равных значениях МПК совсем не обязательно, что бежать спортсмены будут одинаково. И при неравных значениях МПК совсем не значит, что спортсмен с более высоким показателем будет быстрее другого. Зависеть это может как от мышечной системы, так и от нервной, от сосудистой и других факторов.

КАКИМ ДОЛЖНО БЫТЬ МАКСИМАЛЬНОЕ ПОТРЕБЛЕНИЕ КИСЛОРОДА

Не стоит заикливаться на этой пресловутой цифре МПК. Гораздо важнее тренировать определённые качества, которые нужны на той или иной дистанции, а растущий (или не растущий) МПК как определённая точка контроля ваших тренируемых (или не тренируемых) функциональных возможностей будет вам одним из маячков качества.

Качества, предъявляемые организму той или иной дистанцией, – это такие показатели, как экономичность бега, специальная выносливость, силовая выносливость, скоростная выносливость, сама скорость и т.д. Именно из набора тренировок на эти качества (а они все измеримы) складывается ваш результат. Это потрясающе объёмная работа!

Как развить выносливость в беге

То есть в улучшении результата на определённой дистанции многие параметры идут в связке, и настолько одно зависит от другого, что было бы странно слышать от тренера или спортсмена – а это тоже бывает – такую фразу: «Мы сегодня тренируем МПК». Или: «А как вы работаете над улучшением МПК?»

Гораздо логичнее была бы постановка: «Мы сегодня делаем отрезки (интервальную тренировку) на уровне МПК для улучшения скоростной выносливости в полумарафоне. А МПК, в свою очередь, мы измерили в лаборатории, и теперь можем опираться на эти данные для того, чтобы развивать свой организм».

А уж если говорить о начинающих бегунах, то показатель МПК для них совсем не объективен и приближается к уровню ПАНО – порогу анаэробного обмена. Развивая организм базовыми тренировками (кроссы на низком пульсе, укрепление целевых мышц, суставов и связок), мы

параллельно развиваем все показатели, в том числе и МПК, так что совсем не обязательно проводить специальные интервальные тренировки.

САМЫЕ ВЫСОКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ МПК

- Лошадь – 180 мл/кг/мин
- Оскар Свендсен (велогонки) – 97,5 мл/кг/мин
- Бьорн Дели (лыжи) – 96 мл/кг/мин
- Мэтт Карпентер (бегун) – 92,0 мл/кг/мин
- Джоан Бенуа (Олимпийская чемпионка 1984 г. в марафоне) – 78,6 мл/кг/мин
- Бенте Скари (лыжные гонки) – 76,6 мл/кг/мин
- Флавия Оливейра (велогонки) – 76,0 мл/кг/мин

В ЧЁМ ИЗМЕРЯЕТСЯ МПК

Есть так называемые абсолютные и относительные величины измерения максимального потребления кислорода. Абсолютный показатель выражается в миллилитрах в минуту, то есть это наибольшее количество кислорода в миллилитрах, которое человек способен потребить за 1 минуту. Среднестатистический здоровый человек, не занимающийся спортом, потребляет 3200-3500 мл/мин, у занимающихся спортом МПК достигает 6000 мл/мин.

Абсолютные показатели МПК находятся в прямой зависимости с размерами тела (весом) человека. Поэтому наиболее высокие показатели МПК имеют гребцы, пловцы, велосипедисты, конькобежцы. И именно в этих видах спорта наибольшее значение для физиологической оценки имеют абсолютные показатели МПК.

Относительные же показатели МПК у высококвалифицированных спортсменов находятся в обратной зависимости от веса тела и выражаются в миллилитрах на килограмм веса тела в минуту (мл/кг/мин). Дело в том, что при беге и ходьбе выполняется вертикальное перемещение массы тела, и, следовательно, при прочих равных условиях, чем больше вес спортсмена, тем больше совершаемая им работа. Поэтому у бегунов на длинные дистанции относительно небольшой вес тела. Так что иногда для повышения МПК и, как следствие, для повышения работоспособности достаточно похудеть, тем более, если вес явно лишний.

ВЕЛИЧИНА МПК У МУЖЧИН И ЖЕНЩИН

Значения МПК у женщин в среднем ниже, чем у мужчин, из-за более высоких жировых запасов и более низкого уровня гемоглобина. Так как МПК выражается относительно массы тела, то наличие жировых запасов у женщин, связанных с физиологией, ставит их в этом смысле в невыгодное положение. Гемоглобин переносит кислород к тканям. Меньше гемоглобина – меньше кислорода на единицу крови. Уровень МПК у хорошо тренированных женщин в среднем на 10% ниже, чем у хорошо тренированных мужчин.

- Мужчина 35 лет, ведущий малоподвижный образ жизни – 45 мл/кг/мин
- Женщина 35 лет, ведущая малоподвижный образ жизни – 38 мл/кг/мин
- Бегун на 5 км мирового уровня – 79 мл/кг/мин
- Бегунья на 5 км мирового уровня – 70 мл/кг/мин
- Марафонец мирового уровня – 73 мл/кг/мин
- Марафонка мирового уровня – 65 мл/кг/мин

ВЛИЯНИЕ ВОЗРАСТА НА МПК

По некоторым данным, лет до 25 МПК растёт, его стабилизация приходится на 25-35 лет, после чего начинается спад. Другие исследования утверждают, что период стабилизации приходится на возраст 30-40 лет, после чего начинается спад. Однако поддерживать определённый уровень всегда можно и нужно.

КАК ОПРЕДЕЛИТЬ СВОЙ МПК

Существует несколько способов определения своего МПК. Например, вы можете пробежать на стадионе 1500 м в полную силу. Результат в цифрах и будет показателем ваших функциональных возможностей на уровне МПК. В процессе можно также отследить свой пульс при беге. И дальше отталкиваться от этих данных в тренировках.

Однако этот способ подойдёт далеко не всем. Например, если вы только начинаете бегать, то, скорее всего, показатели будут не совсем адекватные: не так-то просто заставить себя бежать почти 4 круга по стадиону на максимуме. Это не только работа мышц, сердца, лёгких. Главным образом, это работа нервной системы, а если она не приучена по-

хорошему терпеть, то через какое-то совсем короткое расстояние вы просто не сможете поддерживать высокий темп, то есть соответствующие усилия.

Другой способ определения МПК относительно прост. Сегодня все «умные» спортивные часы способны выдавать это значение, исходя из расчётов вашего пола, возраста, пульса и выполняемых тренировок. Но вряд ли стоит полностью доверять этим данным без предварительного лабораторного исследования и сопоставления полученного анализа с часами и исследования.

Поэтому лучшим вариантом будет нагрузочное исследование в лаборатории, так называемый функциональный тест с газоанализом «до отказа».

Как это происходит? Вам надевают маску на рот и нос, подключают к датчикам компьютера, и вы бежите по беговой дорожке или крутите велотренажёр. Нагрузка увеличивается ступенями по скорости/мощности и наклону или только по скорости с неизменным наклоном. Там, где вы сказали «стоп», и будет ваш показатель МПК, который, в свою очередь, соответствует определённому пульсу и уровню лактата в крови.

Дело в том, что существует определённая корреляция между данными МПК, ПАНО и пульсовыми зонами, а также вашим темпом бега на уровне этих показателей. Например, на уровне МПК ваш темп бега равен 5 мин/км, а сердце ваше на этой скорости бьётся с частотой 180 ударов в минуту. Это значит, что на этой скорости и на этом пульсе вы теоретически можете пробежать те же 1500 м по стадиону. Однако здесь есть масса оговорок: например, готовы ли ваши мышцы и та же нервная система к такой нагрузке, пусть и разовой?

КАК ПОВЫСИТЬ МПК

Повысить МПК можно при помощи интервальных тренировок. Интервальные тренировки на уровне МПК, пожалуй, самые сложные, в первую очередь, для нервной системы. Они требуют достаточно хорошей физической формы и времени восстановления после. И несмотря на то, что в марафонской подготовке такие тренировки не очень часты, они всё же присутствуют. Ими мы повышаем способность организма в усвоении кислорода, а также поднимаем показатели на уровне ПАНО.

Определённо, тренировки должны быть персонифицированы и встроены в общий план тренировок, исходя из целей и дистанции, на которой вы планируете выступать.

Например, варьировать тренировку можно от 2 до 8 минут 4-8 повторений на уровне МПК или чуть ниже (90-95 %), в зависимости от длины отрезка, но по скорости это будет отражать ваш бег на 3000-5000 м. Интервал отдыха – 2-4 минуты трусцой.

А вообще, самая лучшая тренировка на повышение МПК, если уж мы так хотим повысить именно его, – это соревнования на средних дистанциях (всё те же 3000-5000 м).

Физиологические механизмы развития гибкости и ловкости

Ловкость и гибкость относят к числу основных физических качеств. Ловкость достаточно хорошо развивается в процессе индивидуальной жизни человека, в том числе при спортивной тренировке. В противоположность этому гибкость находится под значительным генетическим контролем и требуется тщательный отбор и раннее ее развитие в онтогенезе.

Понятие о ловкости, ее развитие

Качество ловкости представляет собой сложный комплекс способностей.

Ловкостью считают:

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

Таким образом, под ловкостью, с одной стороны, понимают определенные творческие способности человека незамедлительно формировать двигательное поведение в новых, необычных условиях, а с другой стороны, координационные его возможности. Критериями ловкости являются координационная сложность, точность движений и быстрое их выполнение. В основе этих способностей лежат явления экстраполяции, хорошая ориентация в вероятностной среде, предвидение возможной будущей ситуации, быстрая реакция на движущийся объект, высокий уровень лабильности и подвижности нервных процессов, умение легко управлять различными мышцами. В процессе тренировки для развития ловкости требуется варьирование различных условий выполнения одно и

того же двигательного действия, использование дополнительной срочной информации о результате движений, формирование навыка быстрого принятия решений в условиях дефицита времени.

Гибкость определяется как способность совершать движения в суставах с большой амплитудой, т. е. суставная подвижность.

Она зависит от способности к управлению двигательным аппаратом и его морфофункциональных особенностей (вязкости мышц, эластичности связочного аппарата, состояния межпозвоночных дисков). Гибкость улучшается при разогревании мышц и ухудшается на холоде. Она снижается в сонном состоянии и при утомлении. Величина гибкости минимальна утром и достигает максимума к середине дня (12 -17 час). Улучшение гибкости происходит, когда во время предстартового возбуждения повышается частота сердечных сокращений, нарастает кровоток через мышцы и в результате разминки происходит их разогревание.

Различают активную гибкость при произвольных движениях в суставах и пассивную гибкость - при растяжении мышц внешней силой. Пассивная гибкость обычно превышает активную. У женщин связочно-мышечный аппарат обладает большей гибкостью по сравнению с мужчинами, им легче осваивать многие сложные упражнения на гибкость (например, поперечный шпагат). У лиц зрелого и пожилого возраста раньше всего снижается гибкость позвоночника, но гибкость пальцев и кисти сохраняется дольше всего.

4. Физиологические механизмы развития основных двигательных качеств: быстрота у взрослых.

Значительная часть спортивных упражнений не только требует максимально возможного развития скорости движений, но и происходит в условиях дефицита времени. Достижение успеха в подобных упражнениях возможно лишь при хорошем развитии 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.

К элементарным формам проявления быстроты относятся следующие.

- Общая скорость однократных движений (или время одиночных действий) - например, прыжков, метаний.

- Время двигательной реакции - латентный (скрытый) период простой (без выбора) и сложной (с выбором) сенсомоторной реакции, реакции на движущийся объект (имеющее особенное значение в ситуационных упражнениях и спринте).

- Максимальный темп движений, характерный, например, для спринтерского бега.

Оценка времени двигательной реакции (ВДР) производится от момента подачи сигнала до ответного действия. Она является одним из наиболее распространенных показателей при тестировании быстроты. Это время чрезвычайно мало для передачи возбуждения от рецепторов в нервные центры и от них к мышцам. В основном оно затрачивается на проведение и обработку информации в высших отделах мозга и поэтому служит показателем функционального состояния центральной нервной системы.

У нетренированных лиц величина ВДР при движении пальцем в ответ на световой сигнал укорачивается с возрастом от 500 - 800 мс у детей 2 -3-х лет до 190 мс у взрослых людей. Для спортсменов характерны более короткие величины этой реакции: в среднем, 120 мс у спортсменов и 140 мс - у спортсменок. У высококвалифицированных представителей ситуационных видов спорта и бегунов на короткие дистанции эти величины еще меньше - порядка 110 мс, в отличие от бегунов-стайеров, показывающих 200 - 300 мс и более.

При выполнении специализированных упражнений ВДР у высококвалифицированных спортсменов также очень невелико. Так, стартовое время (от выстрела стартового пистолета до ухода со старта) у бегунов-спринтеров, участников Олимпийских игр и чемпионатов мира, 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.

Факторами, влияющими на ВДР, являются врожденные особенности человека, его текущее функциональное состояние, мотивации и эмоции, спортивная специализация, уровень спортивного мастерства, количество воспринимаемой спортсменом информации.

Другим простым показателем быстроты является максимальный темп постукиваний пальцем за короткий интервал времени – 10 с, так называемый теппинг-тест. Взрослые лица производят 50 - 60 движений за 10 с, спортсмены ситуационных видов спорта и спринтеры - порядка 60 - 80 движений и более.

Особым проявлением быстроты является скорость специализированных умственных операций: при решении тактических задач высококвалифицированные спортсмены затрачивают всего 0,5 - 1,0 с, а время принятия решения составляет у них половину этого периода.

В основе проявления качества быстроты лежат индивидуальные особенности протекания физиологических процессов в нервной и мышечной системах. Быстрота зависит от следующих факторов.

- Лабильность - скорость протекания возбуждения в нервных и мышечных клетках.

- Подвижность нервных процессов - скорость смены в коре больших полушарий возбуждения торможением и наоборот.

- Соотношение быстрых и медленных мышечных волокон в скелетных мышцах.

Уровень лабильности и подвижности нервных процессов определяет скорость восприятия и переработки поступающей информации, а лабильность мышц и преобладание быстрых двигательных единиц (ДЕ) - скорость мышечного компонента быстроты (сокращения и расслабления мышцы, максимальный темп движений).

В сложных ситуациях, требующих реакции с выбором, и при увеличении поступающей информации большое значение имеет пропускная способность мозга спортсмена - количество перерабатываемой информации за единицу времени. Величина ВДР прямо пропорционально нарастает с увеличением числа возможных альтернативных решений - до 8 альтернатив, а при большем их числе оно резко и непропорционально повышается.

При осуществлении реакции на движущийся объект (РДО) большое значение приобретают явления экстраполяции, позволяющие предвидеть возможные траектории перемещения соперников или спортивных снарядов, что ускоряет подготовку ответных действий спортсмена. Это особенно необходимо, например, в хоккее, теннисе, стрельбе по летящим тарелкам и т. п. Способствуют этому и поисковые движения глаз: быстрота действий спортсмена здесь связана со скоростными возможностями мышц глазо-

двигательного аппарата, без которых невозможно эффективно осуществлять следующие движения.

Физиологические резервы развития быстроты

В особых ситуациях (электрическое раздражение, гипноз, сильное эмоциональное потрясение) у человека может неимоверно возрасти быстрота его реакций. Так, например, максимальный темп постукиваний достигает 15 в 1 с, хотя при произвольных движениях он не превышает 6 - 12 в 1 с. Это доказывает наличие физиологических резервов быстроты даже у нетренированного человека.

В процессе спортивной тренировки рост быстроты обусловлен следующими механизмами.

- Увеличение лабильности нервных и мышечных клеток, ускоряющих проведение возбуждения по нервам и мышцам.
- Рост лабильности и подвижности нервных процессов увеличивающих скорость переработки информации в мозгу.
- Сокращение времени проведения возбуждения через межнейронные и нервно-мышечные синапсы.
- Синхронизация активности ДЕ в отдельных мышцах и разных мышечных групп.
- Своевременное торможение мышц-антагонистов.
- Повышение скорости расслабления мышц.

Для каждого человека имеются свои пределы роста быстроты, контролируемые генетически. Скорость ее нарастания также является врожденным свойством. Кроме того, в спорте существует явление стабилизации скорости движений на некотором достигнутом уровне. Повысить этот предел произвольно обычно не удается, и в тренировке применяются специальные средства: бег под горку, бег на тредбане с повышенной скоростью с использованием вися на ремнях, бег за мотоциклом, за лошастью, плавание с тянущей резиной и т. п. Этим путем достигается дополнительное повышение лабильности нервных центров и работающих мышц.

Физиологические механизмы формирования двигательных навыков

Все движения человека по физиологической природе являются рефлексамии. Незначительная часть из них - безусловные рефлексии, большая часть - приобретенные после рождения.

Произвольные движения человека в отличие от условных рефлексии животных связаны с высшими психическими функциями - мышлением и сознанием.

Двигательный навык - новая форма движения или действия, приобретенная в процессе тренировки по механизму временных связей.

Двигательный навык - автоматизированный способ управления движениями в целостном двигательном действии, при кот-м двигат-ая часть осуществляется под управл-ем низших отделов ЦНС а содержательная – высших.

Фазы формирования двигательного навыка

С позиции теории управления Крестовников А.Н. выделил 3 фазы в формировании двигательного навыка: 1) объединение отдельных частей в двигательное действие; 2) устранение "лишних" деталей движения и 3) совершенствование движений.

Физиологическими механизмами (эквивалентами) этих фаз навыка являются фазы иррадиация, концентрация, автоматизма и стабилизация двигательных актов.

Первая фаза – иррадиации, характеризуется распространением процессов возбуждения в КБП, отсутствием дифференцировочного торможения в двигательных центрах, что вызывает генерализованные ответные реакции при первых попытках выполнить новое движение.

Вторая фаза – концентрации: формирование двигательного навыка связана с процессом концентрации нервных процессов, с постепенным ограничением возбуждения.

В третьей фазе – автоматизации, сначала простые, а затем и сложные компоненты движения начинают выполняться на более низких фоновых уровнях построения движения. Ведущий уровень разгружается от лишней работы.

Устранение вспомогательных движений из зоны внимания называется ***автоматизацией движений***.

У высококвалифицированных спортсменов фаза иррадиации может быть не выражена.

В процессе обучения двигательному навыку формируется функциональная система, включающая сенсорные, двигательные, вегетативные и центральные компоненты.

К узловым механизмам любой ФС, обеспечивающим поведенческий акт относятся: 1) афферентный синтез; 2) стадия принятия решения; 3) формирование акцептора результата действия; 4) формирования самого действия; 5) многокомпонентное действие; 6) достижение результата; 7) обратная афферентация о параметрах достигнутого результата и сопоставление его с ранее сформировавшейся моделью результата в акцепторе результата действия.

Афферентный синтез

Перед началом выполнения любого движения из внешней и внутренней среды в ЦНС поступает по афферентным системам информация. Она обрабатывается и синтезируется, а системы передающие информацию в ЦНС и составляют сенсорные компоненты двигательного навыка. Анализ сенсорной информации П.К. Анохин назвал афферентным синтезом. В результате афферентного синтеза осуществляется *сбор нужной обстановочной информации, ее осмысление, на основании чего в двигательную память вносятся коррекции, создается модель предстоящего движения и принимаются решения ее выполнения.*

При осуществлении афферентного синтеза учитывается мотивация необходимости действия и пусковая информация - выстрел, звук, свисток, голосовая команда.

Раздел 4 Физиологические основы спортивной тренировки

Физиологические механизмы адаптации к физическим нагрузкам и физиологические резервы организма

Спортивная тренировка – основная часть многогранного процесса спортивной подготовки. С.Т. – процесс использования спортивных упражнений, направленный на решение определенных задач (развитие физических и психических возможностей организма и достижение максимальных спортивных результатов).

В процессе С.Т. осуществляется постоянная коррекция совершаемых движений и обеспечивается их координация – идет постоянный процесс совершенствования техники движений.

Основную роль в процессе спортивной тренировки играет нагрузка (ее качество, направленность, интенсивность и длительность).

Правильность выбора нагрузки определяет **функциональные эффекты тренировки:**

1. Возрастание функциональных возможностей и резервов организма;
2. Экономичность функций.

Закономерности повышения функциональных возможностей:

Выполнение нагрузки – трата энергии – активация процессов восстановления (суперкомпенсация) – восстановление несколько выше исходного уровня, соответственно постепенное повышение функциональных потолков (кумулятивный эффект).

Закономерности повышения экономичности (процесс адаптации играет решающую роль).

Основа этих эффектов – структурно-функциональные изменения в деятельности ведущих систем, совершенствование центрально-нервной, нейрогуморальной регуляции, автономной клеточной регуляции функций.

Физиологические основы построения тренировочных занятий и тренировочных циклов.

Тренировочное занятие это структурная единица тренировочного процесса.

Структура тренировочного занятия определяется поставленными задачами и состоит из трех взаимосвязанных частей:

- вводно-подготовительной (разминки)
- основной
- заключительной (снижение интенсивности выполнения упражнения)

Тренировочное занятие включает различные физические упражнения, выполняемые в определенной последовательности, с определенными паузами отдыха. Однако общая схема тренировки остается постоянной.

С позиций физиологии тренировочное занятие представляет собой серии последовательных нагрузок чередующихся с определенными паузами отдыха.

При определении влияния тренировки на организм надо учитывать такие факторы:

- характер и интенсивность нагрузок
- особенности ближайших восстановительных процессов
- влияние предыдущих тренировочных нагрузок.

Всякие нагрузки связаны с рабочим возбуждением ЦНС, повышением обмена веществ и изменениями в различных функциональных системах. Тренировочное занятие оказывает последствие, длительность которого определяется объемом и интенсивностью выполняемых нагрузок.

Физиологический механизм эффекта последствия

Во-первых, рабочее возбуждение нервной системы достигает уровня доминанты, которая характеризуется выраженной инертностью. Это рабочее возбуждение не прекращается мгновенно. Оно затухает постепенно и волнообразно.

Во-вторых, постепенное возвращение к исходному уровню объясняется восстановлением энергоресурсов, что объясняет несколько повышенный уровень обмена веществ, усиленное потребление кислорода и после прекращения выполнения упражнения.

Два основных метода спортивной тренировки (основаны на чередовании и длительности выполнения нагрузки с интервалами отдыха).

Непрерывный (дистанционный) – применяется в условиях равномерной работы и способствует развитию аэробных возможностей (ЧСС 145-180 уд/мин с постоянной скоростью выполнения упражнения). Применение этого метода в переменном режиме способствует развитию специальной выносливости и аэробных возможностей.

Интервальный (равномерный) – предполагает равномерное выполнение работы одинаковой продолжительности с постоянной интенсивностью и строго регламентированными паузами отдыха.

Успешность тренировочных занятий обеспечивается соблюдением определенных требований:

Чем интенсивнее нагрузка, тем уже задачи занятия (чем интенсивнее нагрузка, тем выше доминантный характер нервных процессов обеспечивающий этот вид работы, и перестроится на результативное выполнение другого вида работы очень тяжело в силу физиологических особенностей координации и регуляции нервных процессов в ЦНС).

При постановке нескольких задач, снижают интенсивность

Чередование упражнений для различных мышечных групп, что обеспечивает активный отдых и частичное восстановление в мышцах, которые выполняли предыдущую нагрузку.

Тренировочное занятие регламентируется величиной нагрузки.

Адаптация как общее универсальное свойство живого *обеспечивает жизнеспособность организма в изменяющихся условиях и представляет процесс адекватного приспособления его функциональных и структурных элементов к окружающей среде*. В целом исследование процесса адаптации и ее механизмов, по-видимому, следует отнести *междисциплинарной проблеме*, которая может стать ключевой в понимании многих аспектов развития тренированности, здоровья и заболеваемости спортсменов.

Система закаливания и формирования сильного, красивого и выносливого человека всегда связывалась с адаптацией его к физическим нагрузкам. Физические нагрузки – самый естественный и древний фактор, воздействовавший на человека. Будучи обусловленным самой природой земной гравитации, этот фактор во все времена сопровождал человека, и двигательная активность всегда была важным звеном его приспособления к окружающему миру. Одним из неперенных условий развития адаптации к физическим нагрузкам является мобилизация и использование физиологических резервов организма.

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

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

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

соответствует стадии адаптированности организма к физическим нагрузкам. В понятиях «*адаптация, адаптированность*», с одной стороны, и «*тренировка, тренированность*», с другой стороны, много общих черт, главной из которых является достижение нового уровня работоспособности на основе образования в организме специальной адаптивной функциональной системы с определенным уровнем физиологических констант. Тренировка и тренированность – понятия педагогические, хотя и базируются они на знаниях физиологических закономерностей организма спортсменов. Исследование и характеристика этих процессов и состояний, связанных прежде всего с обоснованием рационально построенных тренировочных нагрузок, является прерогативой педагогов. Адаптация и адаптированность спортсменов к физическим нагрузкам и все функциональные и структурные перестройки, совершающиеся при этом в организме, относятся к биологическим категориям и составляют основные научные и учебные проблемы медиков и физиологов.

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

Комплекс функциональных систем, обеспечивающих конечный спортивный результат, формируется организмом спортсмена ради достижения этого результата. Отсутствие результата или систематически недостаточный его уровень могут не только стимулировать формирование данного комплекса, но и разрушать его, прекращать функционирование в зависимости от величины и характера физиологических резервов, воли, мотивации и других факторов. Таким образом, *адаптация к мышечной деятельности представляет собой системный ответ организма, направленный на достижение состояния высокой тренированности и минимизацию физиологической цены за это.*

Срочная и долговременная адаптация к физическим нагрузкам

При всем многообразии индивидуальной фенотипической адаптации развитие ее у человека характеризуется некоторыми общими чертами. Среди таких черт в приспособлении организма к любым факторам среды следует выделять *два вида адаптации – срочную, но несовершенную, и долговременную, совершенную* (МеерсонФЗ.,1986).

Срочная адаптация *возникает непосредственно после начала действия раздражителя и может реализоваться на основе готовых, ранее сформировавшихся физиологических механизмов и программ.* Очевидными проявлениями срочной адаптации являются увеличение теплопродукции в ответ на холод, увеличение теплоотдачи в ответ на жару, рост легочной вентиляции, ударного и минутного объемов крови в ответ на физическую нагрузку и недостаток кислорода, приспособление органа зрения к темноте, бег человека, обусловленный социально значимой необходимостью, и др. Отличительной чертой срочной адаптации является то, что деятельность организма протекает не пределе его возможностей при почти полной мобилизации физиологических резервов, но далеко не всегда обеспечивает необходимый адаптационный эффект. Так, бег неадаптированного человека происходит при близких к предельным величинам ударного объема крови и легочной вентиляции, при максимальной мобилизации гликогена в печени. Быстрое накопление молочной кислоты в крови лимитирует интенсивность физической нагрузки – двигательная реакция не может быть ни достаточно быстрой, ни достаточно длительной.

Таким образом, функциональная адаптивная система, ответственная за двигательную реакцию при срочной адаптации, характеризуется предельным напряжением отдельных ее звеньев и вместе с тем определенным несовершенством самой двигательной реакции.

На уровне *нервной и нейрогуморальной регуляции* реализуется интенсивное, избыточное по своему пространственному распространению возбуждение корковых, подкорковых и нижележащих двигательных центров, которому соответствует значительная, но недостаточно координированная двигательная деятельность. Этот процесс характеризует начальный этап формирования двигательного навыка.

Со стороны *двигательного аппарата* срочная адаптация проявляется включением в реакцию дополнительной части двигательных единиц, а также генерализованным вовлечением лишних мышечных групп. В результате сила и скорость сокращения мобилизованных мышц оказываются ограниченными, но максимально достижимыми для данного вида адаптации; координация мышц недостаточно совершенна.

На уровне *вегетативных систем* обеспечения срочной адаптации к физическим нагрузкам наблюдается максимальная мобилизация функциональных резервов органов дыхания и кровообращения, но реализующихся при это неэкономным путем. Так, увеличение минутного объема крови достигается ростом частоты сердечных сокращений при ограниченном возрастании ударного объема. Увеличение легочной вентиляции осуществляется за счет возрастания частоты дыхания, но не глубины дыхания, при этом наблюдается несоответствие между частотой дыхания и движений. В итоге легочная вентиляция все же не избавляет от развития гипоксии и гиперкапнии.

В целом срочная адаптация к физическим нагрузкам характеризуется максимальной по уровню и неэкономной гиперфункцией, ответственной за адаптацию функциональной системы, резким снижением физиологических резервов данной системы, явлениями чрезмерной стресс-реакции организма и возможным повреждением органов и систем. В результате двигательные, т.е. по существу, поведенческие реакции организма оказываются в значительной мере ли -митированными.

Долговременная адаптация *возникает постепенно, в результате длительного или многократного действия на организм факторов среды*. Принципиальной особенностью такой адаптации является то, что она возникает не на основе готовых физиологических механизмов, а *на базе вновь сформированных программ регулирования*. Долговременная адаптация, по существу, развивается на основе многократной реализации срочной адаптации и характеризуется тем, что в итоге постепенного количественного накопления каких-то изменений организм приобретает новое качество в определенном виде деятельности – из неадаптированного превращается в адаптированный. В результате обеспечивается осуществление организмом ранее недостижимых силы, скорости и выносливости при физических нагрузках, развитие устойчивости организма к значительной гипоксии, которая ранее была несовместима с активной жизнедеятельностью, способность организма к работе при существенно измененных показателях гомеостаза, развитие устойчивости к холоду, теплу, большим дозам ядов, введение которых ранее было смертельным.

Долговременная адаптация характеризуется *возникновением в ЦНС новых временных связей*, а также *перестройкой аппарата гуморальной регуляции* функциональной системы – экономичностью функционирования гуморального звена и повышением его мощности. В ответ на ту же самую нагрузку не возникает резких изменений в организме и мышечная работа сопровождается меньшим увеличением легочной вентиляции, минутного объема крови, ферментов, гормонов, лактата, аммиака, отсутствием выраженных повреждений. В результате становится возможным длительное

и стабильное выполнение физических нагрузок. Переход от срочной к долговременной адаптации знаменует собой узловое момент адаптационных процессов, так как именно этот переход делает возможной жизнь организма в новых условиях, расширяет сферу его обитания и свободу поведения в меняющейся среде. Этот момент определяется прежде всего тем, что возникает **активация синтеза нуклеиновых кислот и белков**, что приводит к избирательному развитию определенных структур, лимитирующих двигательную деятельность. Формируются устойчивые двигательные динамические стереотипы, развивается экстраполяция, повышающая возможность быстрой перестройки ответных реакций при изменениях среды, происходит умеренная гипертрофия в скелетных мышцах, сердце, дыхательных мышцах и других рабочих органах, увеличение массы митохондрий. Существенно увеличивается аэробная и анаэробная мощность организма. Нормализуется гомеостаз организма, уменьшается стресс-реакция. Интенсивность и длительность мышечной работы возрастают.

В процессе адаптации организма **обмен перестраивается в направлении более экономного расходования энергии в состоянии покоя и повышенной мощности метаболизма в условиях физического напряжения**. Такая перестройка биологически более целесообразна и может явиться общим механизмом физиологической адаптации.

Адаптивные сдвиги энергетического обмена заключаются в **переключении с углеводного типа на жировой**. Ведущую роль в этом играют гормоны: глюкокортикоиды ускоряют распад белка, активируя превращение аминокислот в глюкозу, а катехоламины вызывают мобилизацию резерва гликогена в печени и активацию липолиза жировой ткани, увеличивая приток кислорода, глюкозы, аминокислот и жирных кислот к работающим тканям.

Определенные черты фенотипа, сформировавшиеся в результате долговременной адаптации организма к физическим нагрузкам, **становятся фактором профилактики конкретных болезней или патологических синдромов**. Повышение расхода жиров приводит к атрофии жировой ткани, снижению избыточного веса и, при прочих равных условиях, уменьшает развитие атеросклероза. Увеличение емкости и пропускной способности коронарных сосудов, развитие системы экстракардиальных анастомозов способствуют уменьшению вероятности закупорки коронарных артерий и возникновения инфаркта миокарда. Увеличение потенциальных резервов и мощности сердечной мышцы может в течение даже длительного времени воздействия неблагоприятных факторов на организм не приводить к возникновению сердечно-сосудистых расстройств у тренированных людей.

Функциональная система адаптации

Проведенные в последние годы исследования механизмов и закономерностей адаптации людей к различным условиям деятельности привели нас к убеждению в том, **что долговременная адаптация обязательно сопровождается следующими физиологическими процессами:** а) *перестройкой регуляторных механизмов*, б) *мобилизацией и использованием резервных возможностей* организма, в) *формированием специальной функциональной системы адаптации* к конкретной трудовой (спортивной) деятельности человека (Солодков А.С., 1981, 1988). По сути дела, эти три физиологические реакции являются главными и основными составляющими процесса адаптации, а общебиологическая закономерность таких приспособительных перестроек относится к любой деятельности человека.

В достижении устойчивой и совершенной адаптации большую роль играют перестройка регуляторных приспособительных механизмов и мобилизация физиологических резервов, а также последовательность их включения на разных функциональных уровнях. Очевидно, вначале включаются обычные физиологические реакции и лишь затем – реакции напряжения механизмов адаптации, требующие значительных энергетических затрат с использованием резервных возможностей организма, что приводит в конечном итоге к формированию специальной функциональной системы адаптации, обеспечивающей конкретную деятельность человека (Солодков А.С., 1998).

Такая функциональная система у спортсменов представляет собой ***вновь сформированное взаимоотношение нервных центров, гормональных, вегетативных и исполнительных органов, необходимое для решения задач приспособления организма к физическим нагрузкам.*** Морфофункциональной основой такой системы является образование в организме ***системного структурного следа*** (Меерсон Ф. З., 1981) в ответ на мышечную работу, что проявляется созданием новых межцентральных взаимосвязей, повышением активности дыхательных ферментов, гипертрофией сердца, скелетных мышц и надпочечников, увеличением количества митохондрий, усилением функций вегетативных систем. В целом, ***функциональная система, ответственная за адаптацию к физическим нагрузкам, включает в себя три звена: афферентное, центральное регуляторное и эффекторное.***

Афферентное звено функциональной системы адаптации состоит из рецепторов, а также чувствительных нейронов и совокупностей афферентных нервных клеток в центральной нервной системе. Все эти элементы нервной системы воспринимают раздражения из внешней среды и

от самого организма и участвуют в осуществлении так называемого афферентного синтеза, необходимого для адаптации. Афферентный синтез возникает, по П.К. Анохину, при взаимодействии мотивации, памяти, обстановочной и пусковой информации. В спорте, в одних случаях (например, у бегунов, лыжников, гимнастов), афферентный синтез для принятия решения о начале своих движений относительно прост и это облегчает формирование адаптивной системы, в других же (единоборства, спортивные игры), весьма сложен и это затрудняет образование такой системы.

Центральное регуляторное звено функциональной системы представлено нейрогенными и гуморальными процессами управления адаптивными реакциями. В ответ на афферентные сигналы нейрогенная часть звена включает двигательную реакцию и мобилизует вегетативные системы на основе рефлекторного принципа регуляции функций. Афферентная импульсация от рецепторов к коре головного мозга вызывает возникновение положительных (возбудительных) и отрицательных (тормозных) процессов, которые и формируют функциональную адаптивную систему. В адаптированном организме нейрогенная часть звена быстро и четко реагирует на афферентную импульсацию соответствующей мышечной активностью и мобилизацией вегетативных функций. В неадаптированном организме такого совершенства нет, мышечное движение будет выполнено приблизительно, а вегетативное обеспечение окажется недостаточным.

При поступлении сигнала о физической нагрузке одновременно с описанными выше изменениями происходит нейрогенная активация гуморальной части центрального регуляторного звена, ответственного за управление адаптационным процессом. Функциональное значение гуморальных реакций (повышенное высвобождение гормонов, ферментов и медиаторов) определяется тем, что они путем воздействия на метаболизм органов и тканей обеспечивают более полноценную мобилизацию функциональной адаптивной системы и ее способность к длительной работе на повышенном уровне.

Эффекторное звено функциональной системы адаптации включает себя скелетные мышцы, органы дыхания, кровообращения, кровь и другие вегетативные системы. Интенсивность и длительность физических нагрузок на уровне скелетных мышц определяется тремя основными факторами: числом и типом активируемых моторных единиц; уровнем и характером биохимических процессов в мышечных клетках; особенностями кровоснабжения мышц, от чего зависит приток кислорода, питательных веществ и удаление метаболитов. Увеличение силы, скорости и точности движений в процессе долговременной адаптации достигается двумя основными процессами: формированием в центральной нервной системе

функциональной системы управления движениями и морфофункциональными изменениями в мышцах (гипертрофия мышц, увеличение мощности систем аэробного и анаэробного энергообразования, возрастание количества миоглобина и митохондрий, уменьшение образования и накопления аммиака, перераспределение кровотока и др.). Таким образом, формирование функциональной адаптивной системы с вовлечением в этот процесс различных морфофункциональных структур организма составляет принципиальную основу долговременной адаптации к физическим нагрузкам и реализуется повышением эффективности деятельности различных органов и систем и организма в целом. Зная закономерности формирования функциональной системы, можно различными средствами эффективно влиять на отдельные ее звенья, ускоряя приспособление к физическим нагрузкам и повышая тренированность, т.е. управлять адаптационным процессом.

Понятие о физиологических резервах организма, их характеристика и классификация

Учение о физиологических резервах представляет одну из важнейших основ физиологии спорта, так как позволяет правильно оценивать и решать задачи по сохранению здоровья и повышению тренированности спортсменов. Представление о резервных возможностях организма связаны с физиологическим учением К. Бернара, П. Бэра, У. Кеннона о сохранении гомеостаза при действии на организм различных неблагоприятных факторов за счет усиления функций жизненно важных органов и систем с использованием их резервов.

Принципиальные положения учения о физиологических резервах в нашей стране были разработаны в 30-х годах академиком Л. А. Орбели, который неоднократно подчеркивал положение о значительных возможностях организма человека приспособляться к необычным условиям внешней среды за счет его резервных возможностей. В дальнейшем идеи Л.А. Орбели нашли плодотворное теоретическое и прикладное развитие прежде всего в физиологии военного труда (Бресткин М.П., 1968; Сапов И.А. и Солодков А.С., 1970; Загрядский В.П., 1976; Солодков А.С., 1978, и др.). В физиологии спорта эта проблема начала изучаться в Москве В.В. Кузнецовым (1970) и в Ленинграде А.С. Мозжухиным (1979).

В настоящее время под физиологическими резервами организма понимается *выработанная в процессе эволюции адаптационная и компенсаторная способность органа, системы и организма в целом усиливать во много раз интенсивность своей деятельности по сравнению с состоянием относительного покоя (Бресткин М. П., 1968)*. Физиологические резервы, по мнению автора, обеспечиваются

определенными анатомо-физиологическими и функциональными особенностями строения и деятельности организма, а именно наличием парных органов, обеспечивающих замещение нарушенных функций (анализаторы, железы внутренней секреции, почки и др.); значительным усилением деятельности сердца, увеличением общей интенсивности кровотока, легочной вентиляции и усилением деятельности других органов и систем; высокой резистентностью клеток и тканей организма к различным внешним воздействиям и внутренним изменениям условий их функционирования.

В качестве примера проявления физиологических резервов можно указать на то, что во время тяжелой физической нагрузки минутный объем крови у хорошо тренированного человека может достигать 40л, т.е. увеличиваться в 8 раз, легочная вентиляция при этом возрастает в 10 раз, обуславливая увеличение потребления кислорода и выделение углекислого газа в 15 раз и более. В этих условиях работа сердца человека, как показывают расчеты, возрастает в 10 раз.

Все резервные возможности организма А.С. Мозжухин (1979) предлагает разделить на две группы: социальные резервы (*психологические и спортивно-технические*) и биологические резервы (*структурные, биохимические и физиологические*). Морфофункциональной основой физиологических резервов являются органы, системы организма и механизмы их регуляции, обеспечивающие переработку информации, поддержание гомеостаза и координацию двигательных и вегетативных актов.

Физиологические резервы, по мнению автора, включаются не все сразу, а поочередно. *Первая очередь резервов* реализуется при работе до 30% от абсолютных возможностей организма и включает переход от состояния покоя к повседневной деятельности. Механизм этого процесса – условные и безусловные рефлексы. *Вторая очередь* включения осуществляется при напряженной деятельности, нередко в экстремальных условиях при работе от 30% до 65% от максимальных возможностей (тренировки, соревнования). При этом включение резервов происходит благодаря нейрогуморальным влияниям, а также волевым усилиям и эмоциям. *Резервы третьей очереди* включаются обычно в борьбе за жизнь, часто после потери сознания, в агонии. Включение резервов этой очереди обеспечивается, по-видимому, безусловнорефлекторным путем и обратной гуморальной связью.

Во время соревнований или работы в экстремальных условиях диапазон физиологических резервов снижается, поэтому основная задача состоит в его повышении. Оно может достигаться закаливанием организма, общей и специально направленной физической тренировкой, использованием

фармакологических средств и адаптогенов. При этом *тренировки восстанавливают и закрепляют физиологические резервы организма, ведут к их расширению*. Еще в 1890 г. М.П. Павлов указывал, что израсходованные ресурсы организма восстанавливаются не только до исходного уровня, но и с некоторым избытком (феномен избыточной компенсации). Биологический смысл этого феномена огромен. Повторные нагрузки, приводящие к суперкомпенсации, обеспечивают повышение рабочих возможностей организма. В этом и состоит главный эффект систематических тренировок. Под влиянием тренирующих воздействий спортсмен в процессе восстановления становится сильнее, быстрее и выносливее, т.е. в конечном итоге расширяются его физиологические резервы.

Физиологические механизмы 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.

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 определенный 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 явления 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.

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.

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. От

мечены 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 сердечнососудистой, 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. Рекомендуются применение различных реабилитационных средств - витаминов, биологически активных веществ, массажа, физиотерапии и др.

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 удовле

творения. В развитии этого состояния велика роль гормональной недостаточности - в особенности истощение при работе резервов адренокортико- тропного 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 повышении 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.

Физиологические особенности спортивной тренировки женщин

Физиологические реакции на физическую нагрузку, а также и механизмы, определяющие функциональные возможности организма и их изменение под влиянием спортивной тренировки, у женщин и мужчин принципиально не различаются. Некоторые количественные различия между ними хорошо иллюстрируются соотношением мировых спортивных рекордов. Рекордные результаты у женщин на беговых дистанциях на 8-13%

ниже, чем у мужчин. В плавании женские рекорды несколько ближе к мужским, чем в беге (разница 6-10%).

Зависимость функциональных возможностей организма от размеров тела

При сравнении функциональных показателей у женщин и мужчин следует прежде всего учитывать различия в размерах тела. В среднем женщины ниже ростом, чем мужчины. Даже только из-за этих различий при всех других одинаковых условиях многие функциональные показатели у женщин, в частности их работоспособность, должны отличаться от соответствующих показателей у мужчин. (То же самое справедливо и при сравнении детей и взрослых, имеющих разные размеры тела.)

Проведем сравнение функциональных возможностей женщины ростом 160 см и мужчины ростом 176 см, предполагая, что все их линейные размеры пропорциональны длине тела (L). Мужчина выше женщины в 1,1 раза (176:160). В этом случае все линейные размеры, т. е. длина всех частей тела и конечностей, длина рычагов (расстояний от оси вращения сустава до места прикрепления мышц), амплитуда движений и т. д., у мужчины в 1,1 раза больше, чем у женщины.

Поверхностные размеры пропорциональны квадрату линейных размеров (L²). Поэтому площадь поперечного сечения мышц, аорты, поверхность тела, альвеолярная поверхность легких в данном примере у мужчины должны быть в 1,21 раза больше (1,1²), чем у женщины.

Объемные размеры пропорциональны кубу линейных размеров (L³). Следовательно, объем легких, объем Циркулирующей крови или объем сердца у мужчины должны быть в 1,33 раза больше (1,1³), чем у женщины.

Масса (вес) тела (M) также пропорциональна L³, поэтому при прочих равных условиях вес мужчины должен быть в 1,33 раза больше, чем вес женщины.

Максимальная сила (F), которую способны развить мышцы, пропорциональна площади их поперечного сечения, т. е. L². В данном примере максимальная сила сокращения мышц у мужчин должна быть в 1,21. раза больше, чем у женщин.

Механическая работа (W) определяется силой сокращения мышц (F) и дистанцией (S), на которой приложена эта сила: $W=F*S$. Сила мышц (F) пропорциональна L², а дистанция (S) пропорциональна L. Соответственно работа пропорциональна кубу линейных размеров тела (L³) или массе (весу) тела. Более высокий, чем женщина, мужчина способен выполнить и большую работу - в данном примере в 1,33 раза.

Мощность внешне выполняемой нагрузки (N) есть количество работы (W) в единицу времени (t); $N = W/t$. Максимально возможная мощность

нагрузки пропорциональна квадрату линейных размеров тела (L^2) или весу тела в степени $2/3$ ($M^{2/3}$).

Таким образом, разница в размерах тела должна сама по себе предопределять половые различия в работоспособности, которые не связаны с какими-то особыми функциональными различиями организма женщин и мужчин.

Выполняемая работа определенной мощности должна обеспечиваться эквивалентным снабжением работающих мышц химической энергией (кислородом). Следовательно, энергозатраты (скорость потребления O_2) должны быть связаны с массой работающих мышц и весом тела. Из теоретических предпосылок следует ожидать, что максимальное потребление O_2 должно быть пропорционально L^2 или $M^{2/3}$. Именно различия в размерах тела (весе тела и мышечной массе) в первую очередь объясняют более высокие величины МПК у мужчин по сравнению с женщинами. Обычно для сравнения МПК у разных людей используют относительный показатель - МПК, отнесенное к весу тела ($мл/кг \cdot мин$). Однако правильнее (более точно) сравнивать МПК у людей с разным весом тела, выражая МПК в $мл/кг/з \cdot ин$.

Сердечный выброс (Q) определяется объемом крови, прокачиваемым сердцем в единицу времени. Соответственно максимальный сердечный выброс должен быть пропорционален L^2 или $M^{2/3}$

Легочная вентиляция (U_e), как произведение дыхательного объема на частоту дыхания, пропорциональна квадрату линейных размеров тела (L^2).

Легочные объемы у женщин и мужчин разного возраста соответствуют размерам тела (пропорциональны L^3). Различия в легочных размерах определяются в основном (если не исключительно) половыми различиями в линейных размерах тела.

Очень значительны различия в составе тела между женщинами и мужчинами. У взрослых мужчин мышечная масса составляет около 40% веса тела (в среднем около 30 кг), а у женщин - около 30% (в среднем 18 кг). Таким образом, и по абсолютным, и по относительным показателям мышечная масса у женщин значительно меньше, чем у мужчин.

Общее количество жировой ткани у женщин составляет в среднем около 25%, а у мужчин - около 15% веса тела. Абсолютное количество жира у женщин также больше, чем у мужчин, примерно на 4-8 кг. Вес тощей массы тела (масса тела минус масса жировой ткани), которую составляют главным образом мышцы, а также кости и внутренние органы, у женщин на 15-20 кг меньше, чем у мужчин. У спортсменок содержание жира меньше, чем у нетренированных женщин, но даже у очень хороших спортсменок - мастеров бега на длинные дистанции - оно может достигать лишь уровня, характерного для нетренированных мужчин. В большинстве видов спорта

основная часть физической нагрузки связана с перемещением массы собственного тела. Поэтому избыточное содержание жировой ткани в теле составляет дополнительную нагрузку, например, в беге или прыжках, но не в плавании

Поскольку жировая ткань почти не содержит воды, общее содержание воды в теле у женщин существенно меньше, чем у мужчин (соответственно около 55 и 70% веса тела).

Силовые, скоростно-силовые и анаэробные возможности женщин

Мышечная сила

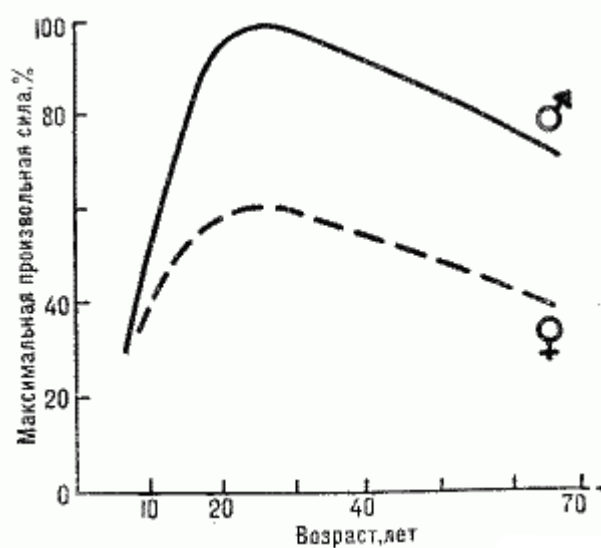


Рис. 85. Максимальная произвольная мышечная сила у женщин к мужчин в разном возрасте, выраженная в процентах от силовых показателей мужчин 20-30 лет

Максимальная произвольная сила (МПС) мышц до периода полового созревания у девочек и мальчиков в среднем одинакова, а после 12-14 лет у девочек в среднем меньше (рис. 85). Это относится как к силе отдельных мышечных групп, так и к общей мышечной силе, которая определяется как сумма максимальных силовых показателей основных мышечных групп.

Общая мышечная сила у женщин составляет примерно 2/3 этого показателя у мужчин. Однако в силе разных мышечных групп имеются существенные отличия. По сравнению с мужчинами у женщин относительно более слабые мышцы верхних конечностей, пояса верхних конечностей и туловища. Их МПС составляет 40-70% от МПС этих мышц у мужчин. В то же время МПС мышц нижней половины тела, включая мышцы нижних конечностей, у женщин примерно лишь на 30% меньше, чем у мужчин. Вероятно, это обусловлено эффектом бытовой тренировки мышц нижних конечностей при ходьбе, беге и т. п.

Различия в силовых возможностях женщин и мужчин главным образом зависят от разницы в размерах тела, а точнее, в объеме мышечной ткани.

Действительно, разница в относительной мышечной силе между женщинами и мужчинами значительно меньше, чем в абсолютной. Относительная сила мышц нижней половины тела у женщин в среднем лишь на 8% меньше, чем у мужчин. Еще меньше разница в силовых показателях, когда абсолютные показатели МПС относят к весу тощей массы тела, поскольку он в наибольшей степени" зависит от веса мышц. В этом случае средняя сила мышц нижней половины тела у женщин лишь на 6% меньше, чем у мужчин, а сила сгибателей и разгибателей бедра в среднем не отличается от таковой у мужчин. МПС мышц-сгибателей плеча, приходящаяся на 1 см² площади поперечного сечения, примерно одинакова у женщин и мужчин (рис. 86). Это еще раз показывает, что силовые возможности мышц одинаковых размеров (толщины) у женщин почти такие же, как и у мужчин.



Рис. 86. Связь максимальной произвольной силы мышц-сгибателей плеча с площадью их поперечного сечения (А); отношение этой силы к

площади поперечного сечения мышц у женщин и мужчин в разные возрастные периоды (Б)

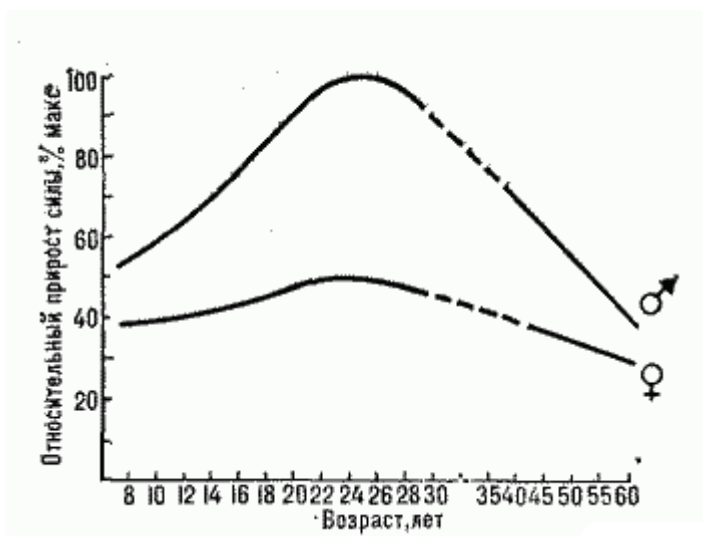


Рис. 87. Процентное распределение медленных волокон в наружной головке четырехглавой м. бедра у девушек и юношей 16 лет (Г. Хёдберг и Э. Янс-с.он, 1976)

Процентное соотношение быстрых и медленных волокон в мышцах у нетренированных женщин и мужчин сходно (рис. 87), как, впрочем, и у спортсменов (женщин и мужчин) - представителей одних и тех же видов спорта (см. рис. 51). Толщина всех видов мышечных волокон у женщин в среднем меньше, чем у мужчин.

Результаты в прыжках и в спринтерском беге в определенной степени зависят от мышечной силы, особенно проявляемой при быстрых движениях. Женщины заметно проигрывают мужчинам в этих упражнениях. При большой скорости движения проявляемая динамическая сила у женщин достоверно меньше, чем у мужчин, хотя отнесенная к весу тощей массы тела изометрическая и динамическая (изокинетическая) сила при малой скорости движения почти одинакова у женщин и мужчин. Если отнести результат в прыжках к весу тела, то женщины в этом показателе практически не уступают мужчинам: при рекордном прыжке в высоту - 3,2 см/кг у мужчин и у женщин, а при рекордном прыжке в длину соответственно 12,5 и 12,3 см/кг. В беге на 100 м средняя скорость у мужчины-рекордсмена, отнесенная к весу его тела, равна 8,4 м/мин/кг, а у женщины-рекордсменки - 9,5 м/мин/кг. Таким образом, женщины даже несколько "быстрее" мужчин, когда скорость их бега соотносят с весом тела.

Тренируемость мышечной силы, т. е. способность к росту мышечной силы под влиянием направленной силовой тренировки, у женщин относительно меньше, чем у мужчин (рис. 88). Это различие наиболее заметно в период от 16 до 30 лет и меньше до периода полового созревания (до 12-14 лет) и в период половой инволюции (после 40 лет), что косвенно

указывает на важную роль мужских половых гормонов (андрогенов) в развитии мышечной силы.

Силовая тренировка у женщин относительно больше влияет на уменьшение жировой ткани и меньше на вес тела и увеличение мышечной массы по сравнению с мужчинами. Даже в тех случаях, когда в результате силовой тренировки прирост мышечной силы у женщин больше, увеличение мышечной массы у них относительно меньше, чем у мужчин. Это, вероятно, объясняется тем, что степень мышечной гипертрофии в значительной мере регулируется мужскими половыми гормонами, концентрация которых в крови в норме у мужчин в 10 раз выше, чем у женщин,

Анаэробные энергетические системы у женщин

К анаэробным энергетическим системам, как известно, относятся фосфагенная (АТФ + КФ) и лактацидная (гликолитическая) системы. Емкость их у женщин ниже, чем у мужчин, что связано прежде всего с меньшей мышечной массой у женщин. Сниженная емкость систем анаэробной энергопродукции определяет и более низкую анаэробную работоспособность.

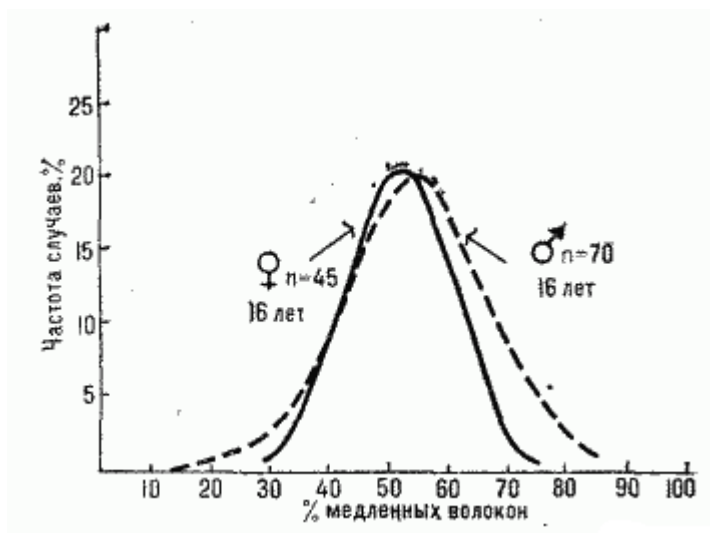


Рис. 88. Влияние силовой тренировки у женщин и мужчин в разном возрасте на прирост максимальной произвольной мышечной силы

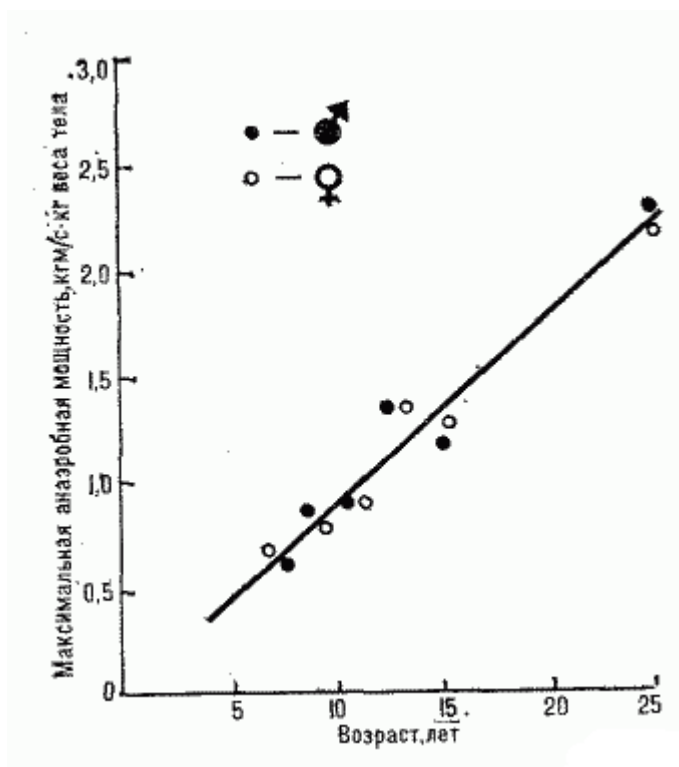


Рис. 89. Максимальная анаэробная мощность у женщин, и у мужчин в разном возрасте

Концентрация АТФ и КФ в мышцах у женщин примерно такая же, как и у мужчин (около 4 мм/кг веса мышцы для АТФ и около 16 мм/кг веса мышцы для КФ)- Из-за меньшего, объема мышечной ткани общее количество мышечных фосфагенов у женщин снижено по сравнению с мужчинами. Об уменьшенной емкости фосфагенной системы у женщин можно, судить по величине быстрой (адактатной) фазы кислородного долга. Даже у спортсменок высокого класса, специализирующихся в гребле, максимальная емкость фосфагенной системы (около 100 кал/кг веса тела) в среднем лишь равна таковой у нетренированных молодых мужчин. У нетренированных молодых женщин она значительно меньше (около 60 кал/кг веса тела). Разница между спортсменами и спортсменками еще больше. Если ёмкость фосфагенной системы относить к весу тощей массы тела (весу мышечной массы), разница между женщинами и мужчинами будет меньше.

Мощность фосфагенной системы, определяемая при кратковременной тестовой работе (вбегание на лестницу с максимально возможной скоростью), равна у нетренированных женщин в среднем около 130 кгм/с, что на 20% меньше, чем у нетренированных мужчин (160 кгм/с). Приведенная к весу тела, она одинакова у женщин и мужчин в разном возрасте (рис, 89). Это хорошо согласуется с данными об отсутствии преимущества мужчин перед женщинами в скорости спринтерского бега, когда ее тоже соотносят с весом тела.

Концентрация молочной кислоты в крови после максимально аэробной работы у женщин меньше, чем у мужчин (и у нетренированных и у высокотренированных). На основании этих данных можно предполагать, что емкость анаэробной лактаcidной системы у женщин меньше, чем у мужчин. Различия выявляются и при определении ее по отношению к весу тела: в среднем у нетренированных женщин - около 100 кал/кг, у нетренированных мужчин - около 200 кал/кг, у женщин-гребцов - около 170 кал/кг, у мужчин-гребцов - более 250 кал/кг. Следовательно, половые различия в емкости лактаcidной энергетической системы зависят не только от разницы в размерах тела (объеме мышечной массы). Именно поэтому женщины имеют более низкие результаты по сравнению с мужчинами в соревнованиях на таких дистанциях, на которых энергетическое обеспечение в очень большой степени опирается на лактаcidную (гликолитическую) энергетическую систему. Может быть, поэтому результаты женщин в беге на 400 и 800 м и в плавании на 100 м относительно больше отстают от результатов мужчин, чем в других упражнениях.

Аэробная работоспособность (выносливость) женщин

Максимальное потребление кислорода

До периода полового созревания, когда различия в размерах и составе тела между мальчиками и девочками минимальны, МПК тоже почти одинаково. У молодых мужчин оно в среднем на 20-30% больше, чем у женщин того же возраста. По мере старения различия в МПК между мужчинами и женщинами становятся меньше (рис.90).

Разница между МПК у женщин и мужчин снижается примерно до 1520%, когда оно приведено к весу тела. В 20-30 лет МПК на 1 кг веса тела у женщин составляет в среднем 35-40 мл/кг*мин, а у мужчин - 4550 мл/кг*мин. Еще меньше разница" когда МПК относят к весу тощей массы тела, поскольку жировая ткань является метаболически неактивной и почти не потребляет кислорода. Различия в МПК между женщинами и мужчинами практически исчезают, если МПК соотносят с активной мышечной массой.

Среди мужчин и женщин одного возраста возможны значительные индивидуальные вариации в величинах МПК. У физически более подготовленных женщин МПК такое же, как у физически менее подготовленных мужчин. В группе не занимающихся спортом величины МПК примерно у 75% женщин совпадают с величинами МПК у 50% мужчин..

У спортсменок - представительниц видов спорта на выносливость МПК существенно больше, чем у других спортсменок, а тем более у незанимающихся спортом (см. рис. 33), как и МПК на 1 кг веса тела (у рядовых спортсменок в среднем 55-60 мл/кг*мин, а у наиболее выдающихся, особенно у лыжниц, - 70-75 мл/кг*мин). Однако в среднем разница в МПК между спортсменками и спортсменами больше, чем между

нетренированными женщинами и мужчинами (см. рис. 90). МПК, отнесенное к весу тела, у женщин-спортсменок на 20-25% ниже, чем у мужчин-спортсменов (у нетренированных эта разница составляет около 15-20%). Даже при отнесении к весу тощей массы тела МПК у ведущих женщин-марафонцев на 8,6% меньше, чем у мужчин (соответственно 76,5 и 96,6 мл/кг*мин). У финских лыжниц и лыжников - членов национальной команды разница составляет в среднем лишь 3,7% (у женщин - 86,4, у мужчин - 89,8% мл/кг тощей массы тела мин).

Приведенные данные показывают, что у женщин по сравнению с мужчинами максимальная аэробная производительность (мощность) ниже, что предопределяет и более низкие результаты женщин в видах спорта, требующих проявления выносливости. Это, в частности, объясняет относительное снижение рекордных женских результатов по сравнению с мужскими по мере увеличения дистанции.

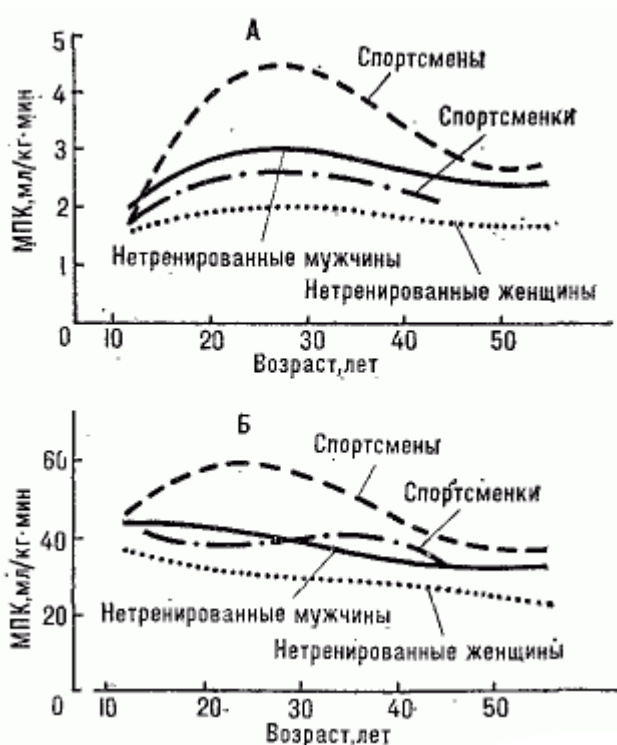


Рис. 90. Изменения в абсолютном л/мин (А) и относительном мл/кг мин (Б) МПК с возрастом, у женщин и мужчин (В. Зелигер и др., 1975)

Максимальные возможности кислородтранспортной системы

Более низкое МПК у женщин обусловлено сниженными кислородтранспортными возможностями женского организма. Максимальное количество кислорода, которое может транспортироваться артериальной кровью, у женщин меньше, чем у мужчин. Это различие связано с тем, что у женщин меньше объем циркулирующей крови, концентрация гемоглобина в крови, АВР-О₂, объем сердца, максимальный сердечный выброс (табл. 24)

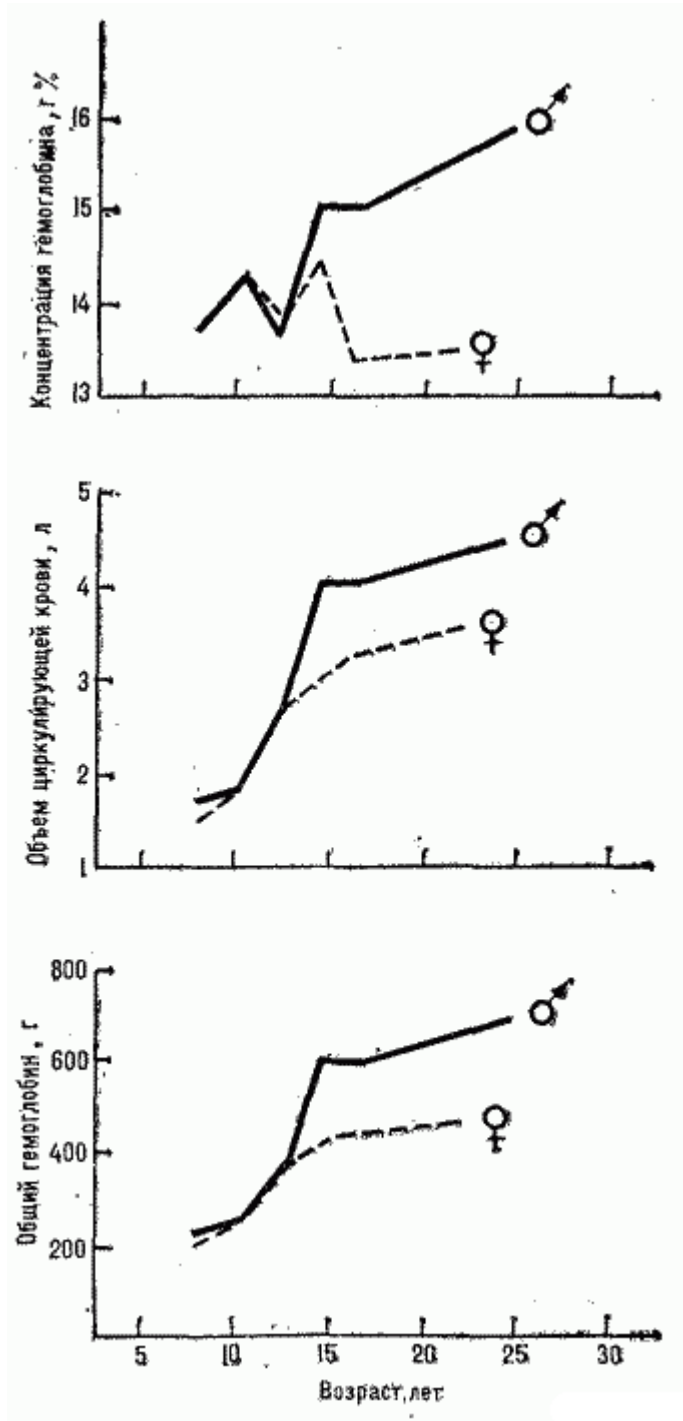


Рис. 91. Гематологические показатели мужчин и женщин в разном возрасте

Таблица 24. Средние показатели крови в покое и при максимальной работе у молодых мужчин и женщин

Показатели	Женщины	Мужчины
Объем циркулирующей крови (ОЦК) (л):		
покой	4,3	5,7

максимальная работа	4,0	5,2
Концентрация эритроцитов (млн/мм ³):		
покой	4,6	5,4
максимальная работа	5,0	5,9
Концентрация лейкоцитов (тыс/мм ³):		
покой	7,0	7,0
максимальная работа	15,0	15,0
Концентрация гемоглобина (г%):		
покой	14,0	16,0
максимальная работа	15,4	17,6
Гематокрит (%):		
покой	42,0	47,0
максимальная работа	45,0	50,0
Содержание O ₂ в артериальной крови (мл/100 мл):		
покой	16,8	19,0
максимальная работа	17,7	20,0
Содержание O ₂ в крови бедренной вены (мл/100 мл):		
покой	9,0	9,0
максимальная работа	3,0	3,0
Содержание O ₂ в смешанной венозной крови в правом предсердии (мл/100 мл):		
покой	12,0	14,0
максимальная работа	6,2	6,0
Системная АВР-O ₂ (мл/100 мл):		
покой	4,8	5,0
максимальная работа	11,5	14,0

Согласно уравнению Фика, МПК определяется как произведение максимального сердечного выброса на максимальную системную АВР-О₂: $МПК = C_{M\max} * (АВР-О_2)_{\max}$. Оба эти множителя у женщин меньше, чем у мужчин. Объясняется это следующим.

Концентрация гемоглобина в крови у девочек и мальчиков почти одинаковая до периода полового созревания. У женщин она в среднем на 10-15% ниже, чем у мужчин (рис. 91). Поэтому у женщин меньше кислородная емкость крови и соответственно содержание О₂ в артериальной крови. При максимальной аэробной работе содержание О₂ в венозной крови, оттекающей от работающих мышц, как и в смешанной венозной крови, у женщин и мужчин примерно одинаково. Таким образом, максимальная системная АВР-О₂ у женщин меньше, чем у мужчин, что в конце концов связано с более низкой концентрацией гемоглобина в крови.

По сравнению с мужчинами у женщин уменьшен объем, циркулирующей крови, а также общий объем сердца: в среднем соответственно около 600 и 800 мл, или 9 и 12 мл/кг веса тела. Это означает, что и размеры полостей сердца (желудочков) у женщин в среднем меньше, чем у мужчин. Все это ведет к тому, что у женщин по сравнению с мужчинами меньше и максимальный систолический объем. У нетренированных женщин он составляет в среднем около 90 мл, а у нетренированных мужчин 120 мл.

Максимальная ЧСС у нетренированных женщин в среднем несколько больше, чем у нетренированных мужчин: соответственно около 205 и 200 уд/мин. Однако она не компенсирует уменьшенного систолического объема, так что максимальный сердечный выброс у нетренированных женщин значительно ниже, чем у нетренированных мужчин: в среднем соответственно 18 и 24 л/мин. Таким образом, уменьшенный максимальный сердечный выброс у женщин лимитирован сниженным по сравнению с мужчинами систолическим объемом.

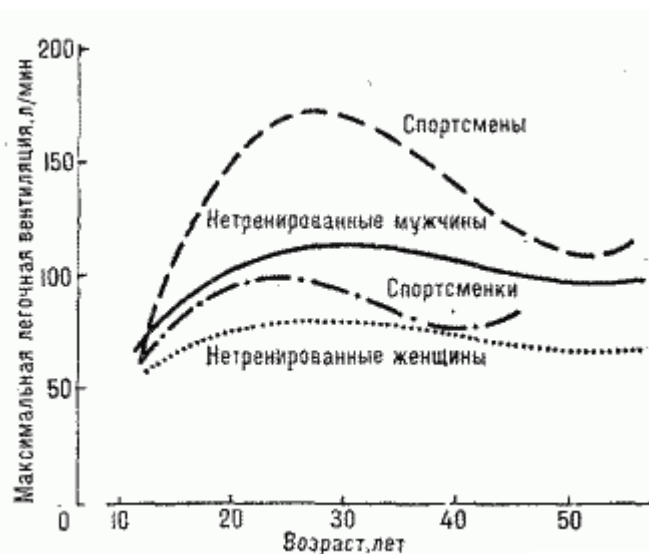


Рис. 92. Максимальная легочная вентиляция в разном возрасте у женщин и мужчин (неспортсменов и спортсменов) представителей видов спорта, требующих проявления выносливости (В. Зелигер, 1975)

Кислородтранспортные возможности организма находятся в связи с ЖЕЛ и максимальной легочной вентиляцией. ЖЕЛ у женщин в среднем на: 1 л меньше, чем у мужчин, а максимальная легочная вентиляция примерно на 30% (рис. 92). Коррекция на размеры тела уменьшает половые различия, но полностью их не устраняет. Кроме того, у женщин имеются определенные физиологические особенности в регуляции дыхания при мышечной работе. Так, женщины достигают одинаковых с мужчинами величин легочной вентиляции менее выгодным соотношением частоты и глубины дыхания. В определенной мере это обусловлено уменьшенным легочным объемом и более слабой дыхательной мускулатурой у женщин. Помимо этого, у женщин заметно меньше диффузионная способность легких для O_2 (см. рис. 36).

Тренировка выносливости повышает кислородтранспортные возможности организма. Однако в разных звеньях ее эти изменения неодинаковы. Так, из гематологических показателей, приведенных в табл. 24, в результате тренировки выносливости изменяется (увеличивается) лишь общий объем циркулирующей крови. Пропорционально повышается общее количество циркулирующего гемоглобина, так что концентрация его в крови не изменяется.

У спортсменок содержание O_2 в артериальной крови в условиях покоя и при максимальной аэробной работе такое же, как и у нетренированных женщин. Вместе с тем при максимальной аэробной работе содержание O_2 в венозной крови, оттекающей от работающих мышц, у выносливых спортсменок снижается до 1,8 мл $O_2/100$ мл. крови (у спортсменов в среднем 1,4 мл $O_2/100$ мл), а в смешанной венозной крови - до 4 мл $O_2/100$ мл крови (у спортсменов в среднем столько же). Эти цифры показывают, что способность рабочих мышц утилизировать кислород из крови и адекватно распределять сердечный выброс у спортсменок выше, чем у нетренированных женщин, и такая же, как у спортсменов. Поскольку содержание O_2 в артериальной крови у спортсменок ~ ниже, АВР-Ог у них также меньше, чем у спортсменов, но больше, чем у нетренированных женщин. Максимальная системная АВР-Сб у квалифицированных спортсменок, тренирующих выносливость, составляет в среднем 13 мл Ог/100 мл крови (у спортсменов 15,5 мл $O_2/100$ мл). Как уже говорилось, эта разница предопределяется более низкой концентрацией гемоглобина в крови у женщин, что ведет к снижению содержанию O_2 в артериальной крови.

Объем сердца у спортсменок в среднем заметно больше, чем у нетренированных женщин, и достигает размеров сердца у нетренированных мужчин. Максимальный объем сердца обнаружен у лыжницы - 1150 мл и у

ватерполиста - 1700 мл. Объем сердца, отнесенный к весу тела, у спортсменок приближается к мужским показателям (до 16 мл/кг).

Максимальный систолический объем у спортсменок значительно выше, чем у нетренированных женщин: у выдающихся стайеров он достигает 140-150.мл.

Максимальная ЧСС у спортсменок ниже, чем у нетренированных женщин (соответственно около 195 и 205 уд/мин). Однако благодаря увеличенному систолическому объему максимальный сердечный выброс у спортсменок больше, чем у неспортсменок. У выдающихся лыжниц он достигает 28- 30 л/мин. Таким образом, как и у мужчин, так и у женщин, тренирующих выносливость, увеличение систолического объема служит главным механизмом повышения кислородтранспортных возможностей организма.

Как и в отношении мужчин, пока трудно, сказать, в какой мере высокие аэробные возможности у выдающихся спортсменок являются результатом тренировки кислородтранспортной и кислородутилизирующей систем, и в какой предопределены наследственно (генетически) обусловленными большими возможностями этих систем.

Систематическая тренировка выносливости на протяжении нескольких недель и месяцев может вызывать очень значительный прирост МПК (до 25-30% у ранее не тренированных женщин). Причем между относительным приростом МПК и его исходным уровнем выявляется Обратная зависимость: чем ниже исходное МПК, тем больше оно увеличивается в результате тренировки. Судя по этим данным, тренируемость максимальных аэробных возможностей у женщин и мужчин в принципе одинаковая, хотя абсолютные приросты у женщин меньше, а индивидуальная вариативность тренировочных эффектов больше, чем у мужчин.

Субмаксимальная аэробная работоспособность

При выполнении мужчинами и женщинами одинаковой немаксимальной аэробной нагрузки (с одинаковой скоростью потребления O_2) физиологические сдвиги у женщин больше, так как выше относительная физиологическая нагрузка на женский организм (выше % МПК). Однако приспособление сердечно-сосудистой системы даже к выполнению одинаковой относительной нагрузки (при равном проценте МПК) У женщин и мужчин также неодинаково.

Поскольку содержание гемоглобина в крови у женщин ниже, чем у мужчин, у них меньше и АВР- O_2 при выполнении одинаковых абсолютных и относительных аэробных нагрузок (рис. 93). Следовательно, сердце у женщин должно прокачивать большее количество крови, чтобы транспортировать такое же количество кислорода, что и у мужчин. Поэтому

сердечный выброс на каждый литр потребляемого O₂ во время аэробной работы у женщин в среднем на 10-15% больше, чем у мужчин.

Из-за уменьшенного систолического объема увеличение сердечного выброса у женщин в большей мере, чем у мужчин, происходит за счет роста ЧСС. Даже при одинаковой относительной аэробной нагрузке ЧСС у женщин в среднем на 10 уд/мин больше, чем у мужчин. При выполнении одинаковой абсолютной аэробной нагрузки разница в ЧСС составляет 20-40 уд/мин. Как и у мужчин, ЧСС у тренированных женщин ниже, чем у нетренированных, при выполнении ими одинаковой субмаксимальной аэробной работы. Концентрация лактата в крови у женщин выше, чем у мужчин, при выполнении одинаковой абсолютной мощности не максимальной аэробной работы. В этом случае женщины работают на более высоком относительном уровне "потребления O₂ (%МПК), т. е. ближе к своему "кислородному потолку", чем мужчины. Поэтому при одинаковой физической мощности работы физиологическая нагрузка у женщин может быть выше анаэробного порога, а у мужчин ниже. Спортивная тренировка повышает аэробные возможности и, следовательно, анаэробный порог: при выполнении одинаковой аэробной работы концентрация лактата в крови у спортсменок ниже, чем у нетренированных женщин.

Рис. 93. Зависимость АВР-O₂ у женщин и мужчин от абсолютной (А) и относительной (Б) скорости потребления O₂ при мышечной работе

Вместе с тем анаэробный порог у женщин ниже, чем у мужчин той же специализации (см. рис. 41).

При аэробных нагрузках на уровне ниже 80-85% от МПК использование (окисление) жиров рабочими мышцами у женщин больше (ДК ниже), чем у мужчин.

При сопоставлении энергетической стоимости одинаковой аэробной работы у женщин и мужчин следует учитывать ряд факторов, и прежде всего механическую эффективность работы, которая может быть неодинаковой, особенно из-за различий в технике выполнения одних и тех же упражнений.

Так, при определении энергетической стоимости езды на велосипеде у женщин и мужчин установлены значительные, различия" которые, однако, исчезают при отнесении калорической стоимости работы к весу тела. Таким образом, ни возраст, ни композиция или строение тела существенно не влияют на энергетические расходы.

В то же время при ходьбе на разные дистанции калорические расходы, отнесенные к весу тела, у женщин на 6-7% выше, чем у мужчин, а при беге - на 10%. С другой стороны, при беге на тредбане с одинаковой скоростью потребление O₂, отнесенное к весу тела, у женщин и мужчин заметно не

различается, хотя вариативность индивидуальных показателей у женщин больше.

Физиологические изменения в результате тренировки выносливости

Как следует из изложенного, физиологические изменения, вызванные тренировкой выносливости, у женщин в целом сходны с таковыми у мужчин. Сравнение физиологических показателей в период "устойчивого состояния" при выполнении одинаковой (стандартной) немaksimalьной аэробной работы до и после определенного периода тренировки выносливости выявляет следующее.

1. Скорость потребления O₂ остается такой же (иногда лишь с тенденцией к небольшому снижению).
2. Легочная вентиляция уменьшается.
3. Сердечный выброс не меняется.
4. ЧСС снижается.
5. Систолический объем увеличивается.
6. АВР-O₂ не меняется или лишь слегка снижается.
7. Концентрация лактата в крови уменьшается.

Максимальные показатели (регистрируемые при максимальной аэробной работе) после тренировок отличаются от предтренировочных:

1. МПК увеличивается.
2. Максимальная легочная вентиляция возрастает.
3. Максимальный сердечный выброс повышается.
4. Максимальная ЧСС несколько снижается.
5. Максимальный систолический объем увеличивается.
6. Максимальная АВР-O₂ увеличивается.
7. Максимальная концентрация лактата в крови повышается.

Все эти показатели свидетельствуют о повышении аэробных возможностей, в основе которого лежит усиление кислородтранспортных возможностей женского организма и аэробных возможностей скелетных мышц, утилизирующих кислород в окислительных процессах энергопродукции. Как и у мужчин, хотя и в меньшей степени, в результате тренировки выносливости у женщин увеличивается число и объем мышечных митохондрий, содержание и активность специфических ферментов аэробного (окислительного) метаболизма, содержание основных

энергетических субстратов в мышцах (гликогена" и триглицеридов), улучшается способность мышц, окислять углеводы и особенно жиры.

Менструальный цикл и физическая работоспособность

Физиологическое состояние разных систем и физическая работоспособность в целом у женщин находятся в определенной зависимости от фаз менструального цикла. Вместе с тем и физические нагрузки могут оказывать влияние на его протекание. При очень значительных индивидуальных вариациях в характере и интенсивности физиологических изменений на протяжении менструального цикла можно выделить наиболее типичные, чаще всего повторяющиеся.

Уже в середине менструального цикла начинает уменьшаться концентрация эритроцитов, гемоглобина, лейкоцитов и тромбоцитов, а также белков в крови, что связано с некоторой гемодилюцией (увеличением объема плазмы крови), вызванной задержкой солей и воды в теле. Непосредственно перед началом менструации содержание эритроцитов и гемоглобина в крови нарастает, особенно у спортсменок. В дни менструации происходит потеря эритроцитов и гемоглобина, что приводит к снижению кислородной емкости крови, степень которого зависит от объема кровопотери. В эту фазу свертываемость крови понижается как результат уменьшения числа тромбоцитов и активности фибринолитической системы. Кровопотери служат мощным физиологическим раздражителем для последующего усиления эритропоэза. Примерно к середине менструального цикла кислородная емкость крови достигает максимума.

В предменструальную фазу и фазу менструации снижены основной обмен и температура тела. В фазу менструации потоотделение при мышечной работе начинается раньше, чем в остальные фазы цикла. Этот эффект, вероятно, связан со снижением содержания эстрогенов (женских половых гормонов), которые оказывают тормозящее действие на потоотделение. Поэтому во время менструации мышечная работоспособность может быть особенно чувствительна к повышенной температуре окружающей среды.

Никаких значительных изменений в МПК или O₂-долге как показателе емкости анаэробных энергетических систем, на протяжении менструального цикла не происходит. Пульсовая реакция на одну и ту же аэробную нагрузку может несколько изменяться. Даже в отсутствие изменений пульсовой реакции или скорости потребления O₂ выполняемая в период менструации физическая нагрузка может субъективно восприниматься как более тяжелая. Поэтому влияние менструального цикла на физическую работоспособность часто зависит от психического состояния женщины.

Максимальная произвольная мышечная сила часто снижается за несколько дней до начала менструации и остается такой на протяжении всех дней менструации.

Обычно менструальный цикл существенно не влияет на спортивную работоспособность. Однако имеются большие индивидуальные вариации. Определенное значение имеет вид спорта. Менструация меньше всего влияет на работоспособность спринтеров и больше всего на работоспособность спортсменок, тренирующих выносливость. В период менструации работоспособность волейболисток, баскетболисток, гимнасток обычно ниже нормальной, но сравнительно выше, чем у специализирующихся в упражнениях на выносливость.

Интенсивные спортивные тренировки и участие в соревнованиях могут оказывать некоторое влияние на сроки начала и характер протекания менструального цикла.

41% спортсменок, участвующих в Олимпийских играх в Токио, отметили, что тренировки и соревнования в какой-то мере влияют на обычный ход их менструального цикла или даже нарушают его (Е. Захарьева, 1965). У спортсменок менструация появляется в среднем позже и чаще наблюдаются аменорея (отсутствие) или олигоменорея (уменьшение менструальных кровотечений). Отчасти это может быть следствием специфического отбора в спорте женщин с некоторыми особенностями соматического (пониженным содержанием жира в теле) и гормонального профиля. Однако несомненно влияние интенсивности и объема тренировочных нагрузок. Например, у бегуний на средние дистанции аменорея наблюдалась в 20% случаев при общем объеме недельной нагрузки 16 км, в 30% случаев при недельной нагрузке 80 км, более чем в 40% случаев при недельной нагрузке около 120 км.

Отмечена связь наступления аменореи с потерей жира в результате систематических физических нагрузок. Аменорею можно рассматривать как защитный механизм, предотвращающий потери железа с менструальной кровью. Дефицит железа вообще довольно часто обнаруживается у представителей видов спорта, требующих проявления выносливости, но особенно часто - у женщин-стайеров.

Определение состава тела спортсмена

Биоимпедансный анализ состава тела спортсменов на протяжении тренировочного и соревновательного циклов

Результативность спортивной деятельности во многом зависит от состава тела спортсменов. Изменения мышечной и жировой масс (лабильных компонентов массы тела) под воздействием тренировочных нагрузок

отражают направленность процессов адаптации организма и преимущественный характер энергообеспечения спортсмена, и используется тренерами для оптимизации тренировочного режима в процессе подготовки к соревнованиям. Биоимпедансный анализ (БИА) состава тела основывается на различиях электропроводности составляющих его тканей ввиду различного содержания в них жидкости и электролитов. БИА позволяет оценить не только исходные биоэлектрические показатели, но и жировой состав тела (ЖМ) спортсмена в количественном эквиваленте (кг) и в процентном отношении (к массе тела), тощую (не жировой) массу, с определением в ней внеклеточной массы (воды) и активную клеточную массу (мышцы, внутренние органы, нервные волокна), которая является показателем метаболической активности организма. Цель настоящей работы заключалась в проведении сравнительного анализа показателей состава тела спортсменов, разных видов спорта, в периоды тренировок и соревнований. Нами проведено исследование состава тела 60 спортсменов- представителей разных видов спорта (академическая гребля, гребля на байдарках и каноэ, плавание и вольная борьба) мужского и женского пола, в возрасте от 18 до 22 лет. Большую часть выборки (80%) составили мастера спорта, призеры чемпионата РБ, остальные 20% имели квалификацию кандидата в мастера спорта. Основные параметры состава тела измерялись методом биоимпедансного анализа АВС-01 «Медасс» по стандартной методике. Результаты исследования обработаны статистически с помощью программы «Statistica 6.0» Исследование проводилось на базе «Научно-практического центра спортивной медицины» города Гомеля. В настоящей работе методом биоимпедансного анализа получены оценки нормальных значений ЖМ, скелетно-мышечной массы (СММ) и тощей массы в зависимости от вида спорта, изменение их в динамике тренировочного процесса. Проведение корреляционного анализа позволило определить структуру взаимосвязей биоэлектрических показателей с физическим развитием и физической работоспособностью у спортсменов. Нами высказывается предположение на использование показателя фазового угла в качестве индикатора физической работоспособности спортсменов. Биоимпедансный метод даёт возможность обследовать спортсменов в динамике тренировочного и соревновательного циклов, что позволяет грамотно корректировать стратегию тренировок, режим нагрузок, эффективно и своевременно подводить спортсмена к пику спортивной формы, к началу соревнований.

Влияние температуры и влажности воздуха на спортивную работоспособность

Во время напряженной и продолжительной спортивной нагрузки (например, марафонского бега) теплопродукция в работающих мышцах в 15-20 раз превышает теплопродукцию основного обмена. Практически все образующееся в мышцах тепло передается в кровь и переносится с нею в ядро тела, повышая его температуру до 39-40° и даже более (рабочая гипертермия). Терморегуляция организма направлена в таких случаях на усиление теплоотдачи - передачу избытка тепла поверхности тела путем усиления кровообращения в сети кожных сосудов, откуда тепло отдается в окружающую среду (главным образом за счет испарения пота).

Повышенная температура и влажность окружающего воздуха серьезно затрудняют теплоотдачу, создавая риск перегревания тела. Чем выше внешняя температура, тем больше подъем температуры тела (рис. 58). В жаркий и влажный день температура тела у марафонца может достигать 41°. Усиленное испарение пота вызывает нарушение водного баланса тела - дегидратацию. Большую нагрузку испытывает сердечнососудистая система. Поэтому в таких условиях снижается спортивная работоспособность и возникает угроза перегрева организма - теплового удара.

Снижение спортивной работоспособности при повышенных температуре и влажности воздуха определяют три основных фактора: 1) перегревание тела, 2) быстрая дегидратация и 3) снижение кислородтранспортных возможностей сердечно-сосудистой системы.

Физические механизмы теплоотдачи в условиях повышения температуры и влажности воздуха

Значение разных путей отдачи телом тепла в окружающую среду неодинаково в условиях покоя и при мышечной деятельности и меняется в зависимости от физических факторов внешней среды.

В условиях покоя с повышением внешней температуры сверх комфортной (около 18°C) усиливается теплопроводение с конвекцией. Только когда температура воздуха превышает 30°, т. е. приближается к температуре кожи, начинает усиливаться теплоотдача путем испарения пота. В жаркий день потери тепла проведением с конвекцией минимальны, так как мала разность температур между окружающим воздухом и кожей. Когда внешняя температура превышает температуру поверхности тела (около 33°), направление теплообмена меняется на противоположное, и поверхностные ткани тела получают тепло из окружающей среды. Солнечная радиация создает дополнительные термические нагрузки на организм.

В условиях работы основным путем отдачи тепла является испарение пота с поверхности кожи. По мере повышения внешней температуры роль этого механизма нарастает. Скорость испарения пота определяется скоростью потообразования и некоторыми физическими характеристиками окружающей среды, среди которых наиболее существенна относительная влажность воздуха. Скорость испарения пота зависит от разности между влажностью кожи (P_k) и влажностью атмосферного воздуха (P_a) - Увеличение скорости потообразования вызывает повышение P_k и таким образом ускоряет испарение пота при данных внешних условиях. При высокой влажности воздуха градиент влажности между кожей и воздухом ($P_k - P_a$) уменьшается и испарение пота замедляется. Когда давление водяных паров в окружающем воздухе превышает 40 мм рт. ст., испарение пота с поверхности кожи равно нулю. Поэтому даже при очень высокой температуре воздуха, но при относительно небольшой его влажности спортсмен не испытывает таких трудностей, как при низкой температуре воздуха и высокой влажности. Около 5% теплоотдачи при субмаксимальных аэробных нагрузках происходит за счет испарения воды с воздухоносных путей. При повышении влажности окружающего воздуха этот механизм теплоотдачи также ослабевает.

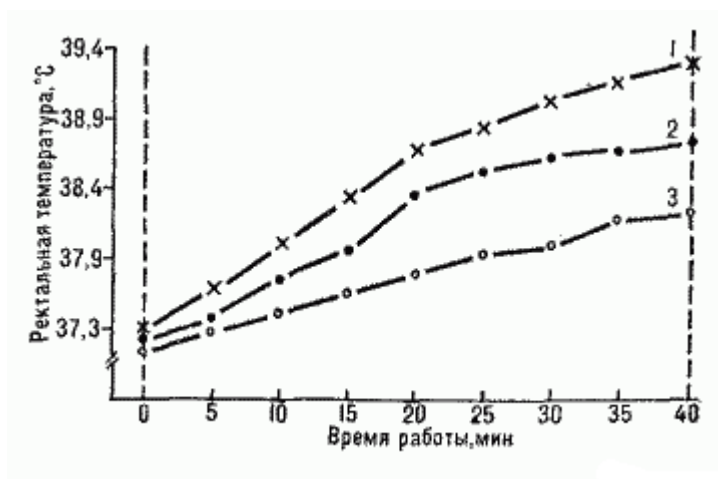


Рис. 58. Изменение ректальной температуры у стайеров во время бега на уровне около 70%, МГЦ при различных условиях внешней среды: 1 - 30,5° (отн. влажность 34%), 2 - 28° (отн. влажность 38%), 3 - 15,6° (отн. влажность 32%)

Таким образом, повышенная температура окружающей среды уменьшает температурный градиент между воздухом и кожей, а также между кожей и ядром тела, создавая затруднения для теплоотдачи. Эти затруднения тем больше, чем ближе внешняя температура к температуре кожи. Аналогичным образом повышенная влажность окружающего воздуха создает барьер для потери тепла путем испарения. Одновременное повышение температуры и влажности воздуха может приводить к чрезмерному

повышению температуры тела при напряженной и продолжительной спортивной деятельности.

Физиологические механизмы усиления теплоотдачи в условиях повышенных температуры и влажности воздуха

В условиях повышения температуры и влажности воздуха усиление теплоотдачи осуществляется двумя основными физиологическими механизмами: 1) усилением кожного кровотока, что увеличивает перенос тепла от ядра к поверхности тела и обеспечивает снабжение потовых желез водой, и 2) усилением потообразования.

Кожный кровоток и температура кожи

Кожный кровоток у взрослого человека при комфортных условиях внешней среды составляет в покое около 0,16 л/м²/мин, во время работы - до 1 л/м²/мин, а при очень высокой внешней температуре может достигать 2,6 л/м²/мин. Это означает, что в очень жарких условиях до 20% сердечного выброса может направляться в кожную сосудистую сеть для предотвращения перегревания тела. В комфортных условиях при такой же работе эта доля сердечного выброса достигает лишь 5%. Мощность нагрузки практически не влияет на температуру кожи. Средняя температура кожи при работе на велоэргометре (в помещении) есть линейная функция внешней температуры (в пределах от 5 до 35°).

Температура кожи линейно связана с величиной кожного кровотока. Усиленный кровоток в коже повышает ее температуру, и если температура окружающей среды ниже, чем температура кожи, то повышаются потери тепла проведением с конвекцией и радиацией. Повышение, кожной температуры уменьшает также влияние внешней радиации на тело.

Движение воздуха усиливает отдачу тепла конвекцией и испарением. В результате средняя кожная температура снижается и, таким образом, увеличиваются температурные градиенты "ядро- кожа" и "кожа - окружающая среда", что еще более облегчает условия для теплопотерь конвекцией и радиацией. При высокой температуре воздуха его дополнительное движение делает рабочую гипертермию умеренной. Благодаря усиленной конвекции воздуха при езде на велосипеде средняя температура кожи значительно ниже, а теплоотдача выше, чем при беге.

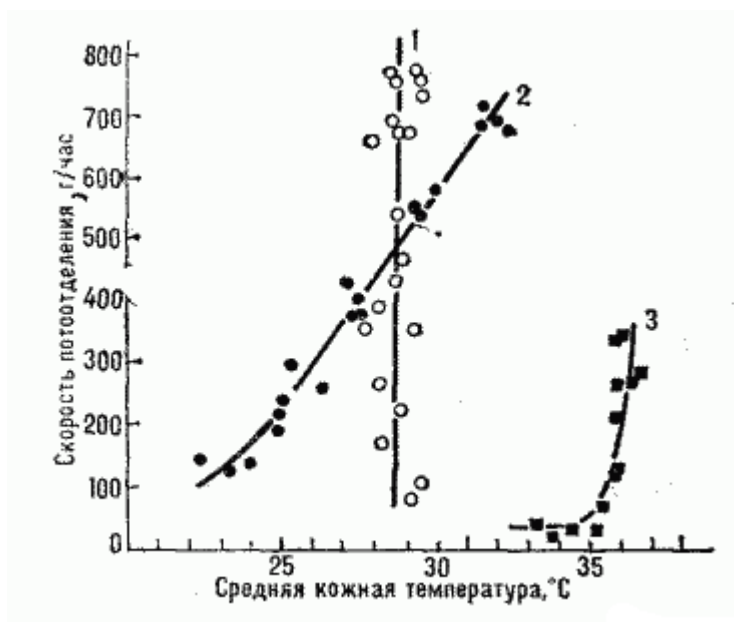


Рис. 59. Связь скорости потоотделения (г/ч) со средней кожной температурой: 1 - разная мощность рабочей нагрузки (от 90 до 235 Вт) при постоянной внешней температуре (20°); 2 - постоянная мощность рабочей нагрузка (150 Вт) при разной внешней температуре (от 5 до 30°); 3 - условия покоя при разной внешней температуре (от 25 до 4°);

Скорость потообразования и потоотделения зависит от целого ряда факторов. Главными из них являются скорость, энергопродукции и физические условия окружающей среды (температура и влажность воздуха). Если одна и та же физическая нагрузка выполняется при разных внешних температурах (не считая очень высоких и очень низких), внутренняя температура тела остается одинаковой, а скорость потоотделения возрастает как линейная функция средней температуры кожи (рис. 59). Наоборот, при постоянной внешней температуре средняя температура кожи постоянна, а скорость потоотделения линейно связана с внутренней температурой тела, которая, в свою очередь, есть функция мощности нагрузки. Следовательно, чем больше мощность выполняемой работы, тем выше скорость потоотделения при той же средней температуре кожи. Таким образом, скорость потоотделения зависит как от температуры ядра тела, так и от температуры его оболочки. Высокая влажность воздуха даже при относительно невысокой его температуре затрудняет испарение пота: усиливается потообразование без эффективного потоиспарения. В условиях покоя при температуре воздуха 43° секреция пота увеличивается более чем в 3 раза, если относительная влажность воздуха повышается с 30 до 84%. Во время нетяжелой работы повышение влажности воздуха с 30 до 57% почти удваивают скорость потообразования.

При интенсивной спортивной деятельности скорость потоотделения очень большая. Например, во время марафонского бега при небольшой относительной влажности воздуха скорость потоотделения у тренированного

спортсмена достигает 20-25 мл/мин (1200-1500 мл/ч). При прочих равных условиях увеличение скорости движения воздуха ускоряет процесс потоиспарения (рис. 60). При повышенной влажности воздуха в безветренную погоду испарение пота замедляется, скорость потообразования падает, что приводит к дополнительному повышению температуры тела.

По мере пребывания в жарких условиях происходит постепенное снижение скорости ("утомление") потообразования. Это наблюдается даже в тех случаях, когда потери воды с потом полностью возмещаются выпитой водой. Снижение скорости потообразования более выражено в условиях повышенной влажности воздуха, чем при жарком сухом воздухе. Природа такого, "утомления" процесса потообразования пока не выяснена. Если у человека после повторного пребывания в сауне (сухой жаркий воздух) происходит "утомление" потообразования, то мышечная работа еще способна вызвать у него достаточно интенсивное потоотделение. Высушивание кожи периодическим ее вытиранием или за счет увеличения скорости движения воздуха ускоряет в этих условиях процесс потоотделения.

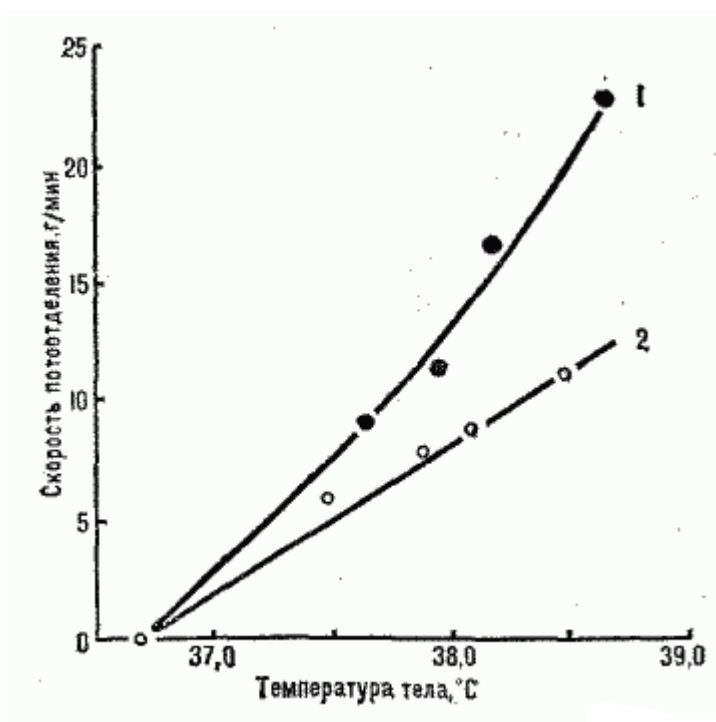


Рис. 60. Связь между скоростью потоотделения и температурой тела (эзофагальной) при двух разных скоростях воздушного потока: 1 - 2,2 м/с; 2 - 0,1 м/с. Средняя кожная температура - около 34°

Следует отметить, что при одинаковых физических нагрузках и внешней температуре потоотделение у женщин меньше, чем у мужчин.

Водно-солевой баланс

Одним из самых тяжелых последствий усиленного потоотделения во время мышечной работы, выполняемой в условиях повышенных температуры и влажности воздуха, является нарушение водно-солевого

баланса организма. Оно заключается в быстрой потере воды телом, т. е. в развитии острой дегидратации (обезвоживания), а также в изменении содержания в водных пространствах тела ряда электролитов (солей).

Дегидратация может быть вызвана разными причинами: пребыванием в условиях повышенной температуры внешней среды (термическая дегидратация), продолжительной и интенсивной мышечной работой (рабочая дегидратация) и комбинацией этих двух условий, т. е. интенсивной мышечной работой при повышенной температуре (терморбочая дегидратация). Разные формы дегидратации вызывают неодинаковые изменения в функциях разных тканей и систем организма.

При рабочей дегидратации особенно заметно снижение физической работоспособности. Значительная рабочая дегидратация развивается лишь при длительных (более 30 мин) и достаточно интенсивных упражнениях (субмаксимальной аэробной мощности), особенно если они выполняются в условиях повышенной температуры и влажности воздуха. При тяжелой, но кратковременной работе даже в условиях повышенной температуры и влажности воздуха . сколько-нибудь значительная дегидратация не успевает развиться.

Поддержание температуры тела в допустимых пределах для организма важнее, чем сохранение воды. При продолжительной тяжелой работе, сопровождающейся сильным потоотделением, может возникать большой дефицит воды в теле. Например, марафонцы могут терять во время соревнований в жарких условиях до 6 л воды с потом. Даже при некотором восполнении потерь воды приемом жидкостей на дистанции вес тела у марафонцев снижается в среднем на 5%, а в предельных случаях - на 8% с потерей 13-14% общего количества воды. Общие потери воды в результате мышечной работы можно легко оценить, сравнив вес тела до и после работы (с учетом выпитой в этот промежуток воды).

Человек, потерявший большое количество воды, неустойчив к жаре, его работоспособность снижается. Даже уменьшение веса тела на 1-2% из-за потери воды снижает физическую работоспособность, особенно у нетренированного человека. В условиях дегидратации организм хуже регулирует температуру тела, так что при одинаковой нагрузке температура тела у обезвоженных людей (потеря 3-4% веса тела) выше, чем у нормально гидратированных (рис. 61). Чем выше степень дегидратации, тем больше температура тела во время работы. При дегидратации с потерей 3% веса тела уменьшается активность потовых желез.

Одним из наиболее важных отрицательных последствий дегидратации является уменьшение объема плазмы крови. При рабочей дегидратации с потерей 4% веса тела объем плазмы уменьшается на 16-18%. Соответственно уменьшается объем циркулирующей крови, что приводит к снижению

венозного возврата и как следствие - к падению систолического объема. Для компенсации последнего повышается ЧСС (см. рис. 61). Другим следствием уменьшения объема плазмы крови является гемоконцентрация с повышением показателя гематокрита и вязкости крови, что увеличивает нагрузку на сердце и может снижать его производительность.

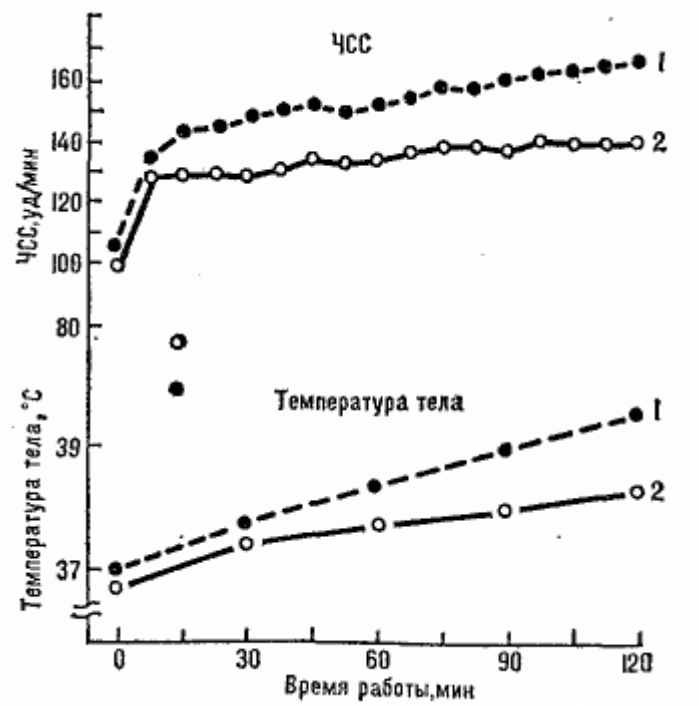


Рис. 61. Влияние дегидратации на ЧСС и ректальную температуру во время 2-часовой работы на велоэргометре: 1 - при дегидратации; 2 - при нормальных условиях

Одним из тяжелых последствий большой потери воды телом является уменьшение объема межклеточной (тканевой) и внутриклеточной жидкостей. В клетках с пониженным содержанием воды и измененным равновесием электролитов нарушается нормальная жизнедеятельность. Это, в частности, относится к скелетным и сердечной мышцам, сократительная способность которых в условиях дегидратации может значительно снижаться.

Физиологические механизмы, контролирующие поддержание нормального водно-солевого баланса во всем теле и его водных пространствах, многообразны. Уменьшение содержания воды в плазме повышает в ней концентрацию электролитов и других веществ, что ведет к повышению осмотического давления плазмы. В процессе работы осмолярность плазмы крови непрерывно повышается также вследствие выхода в кровь низкомолекулярных метаболитических продуктов и ионов калия из активных мышечных клеток. В результате часть жидкости перемещается из межклеточных (тканевых) пространств в сосуды, восполняя плазмотери. Благодаря этому удается восстанавливать объем плазмы и

поддерживать его на относительно постоянном уровне после периода снижения в начале работы. По мере развития термической дегидратации (в отличие от рабочей) объем плазмы непрерывно уменьшается.

При высокой внешней температуре в результате усиления кожного кровотока происходит интенсивная фильтрация жидкости из кожных капилляров во внесосудистые (тканевые) пространства кожи. Это ведет к интенсивному вымыванию белка, которого в этих пространствах относительно много, в лимфоток и оттуда в кровеносную систему. Переход белка в кровь увеличивает ее онкотическое давление, что вызывает усиление адсорбции воды в кровеносные капилляры из межклеточных (внесосудистых) водных пространств, помогая таким образом поддерживать объем циркулирующей плазмы (крови). Вымывание белка из кожных тканевых пространств в кровь автоматически компенсирует усиленную потерю воды плазмой крови, вызванную интенсивным потоиспарением.

Во время выполнения мышечной работы уменьшается почечный кровоток, причем тем больше, чем выше интенсивность работы (рис. 62) и в некоторых пределах чем выше температура и влажность воздуха. Параллельно, хотя и в меньшей степени, падает скорость фильтрации воды в почечных клубочках, т. е. снижается скорость образования мочи. Уменьшение почечного кровотока и скорости мочеобразования при работе в жарких условиях усиливает задержку воды почками (антидиурез). Одним из механизмов такой задержки является повышенное выделение из гипофиза антидиуретического гормона (АДГ) в ответ на снижение объема плазмы (дегидратацию) и увеличение ее осмолярности.

Важным дополнительным источником потоотделения во время мышечной работы служит вода, связанная с гликогеном - "эндогенная" вода, которая освобождается при расщеплении гликогена. С каждым граммом гликогена связано 2,7 г воды. Таким образом, гликогенолиз является не только источником энергии для сокращающихся мышц, но и дополнительным источником воды для работающего организма.

Главную роль в восполнении потерь воды в результате усиленного потоотделения при продолжительной напряженной мышечной работе (особенно в жарких условиях) играет прием жидкостей - питье воды

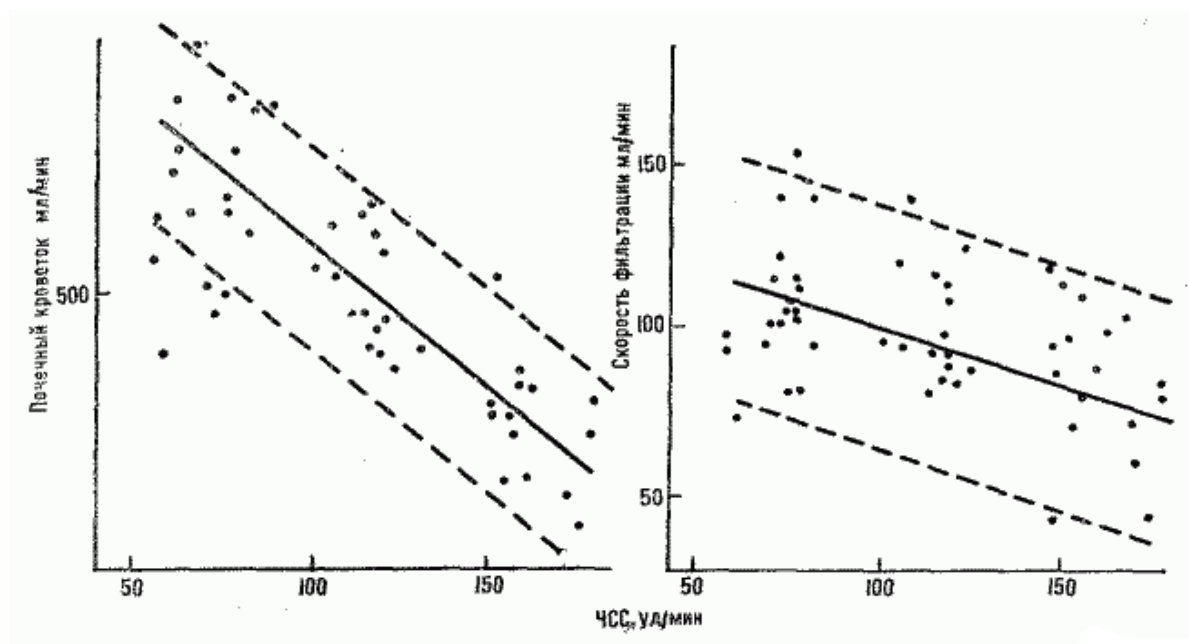


Рис. 62. Уменьшение скорости почечного кровотока и скорости клубочковой фильтрации в почках с увеличением мощности кратковременной работы, выполняемой в положении лежа (мощность работы выражена через ЧСС) или водных растворов во время и после работы.

При потере воды с потом организм теряет и некоторые минеральные вещества (соли). По сравнению с другими жидкостями пот является сильно разбавленным водным раствором. Концентрация в нем ионов натрия и хлора составляет примерно $1/3$ их концентрации в плазме и $1/5$ в мышцах. Таким образом, пот - это гипотонический раствор по сравнению с плазмой крови. Ионная концентрация пота сильно варьирует у разных людей и очень зависит от скорости потоотделения и состояния тепловой акклиматизации.

С увеличением скорости потообразования концентрация ионов натрия и хлора в поте увеличивается, концентрация ионов кальция уменьшается, а ионов калия и магния не изменяется. Следовательно, при длительной напряженной работе (например, во время марафонского бега) спортсмен теряет с потом главным образом ионы натрия и хлора, т. е. те ионы, которые находятся в основном в жидкости внеклеточных пространств - плазме и тканевой жидкости. Это главные электролиты, которые больше других определяют осмотическое давление плазмы и тканевых жидкостей, а значит, объем внеклеточной жидкости в теле. Потери ионов калия и магния, связанных с внутриклеточным водным пространством, значительно меньше.

Следует, однако, иметь в виду, что с потом уходит относительно больше воды, чем электролитов (солей). Поэтому при общем снижении содержания электролитов их концентрация в жидкостях тела повышается. Следовательно, во время продолжительного сильного потоотделения потребность организма в замещении воды больше, чем в немедленном восстановлении электролитов.

Потери электролитов с мочой во время мышечной работы обычно очень незначительны, так как образование мочи в этот период уменьшено, а реабсорбция натрия в почечных канальцах усилена, что обеспечивает задержку экскреции ионов натрия с мочой. Важную роль в этом "процессе" играет повышение активности ренина и концентрации альдостерона в плазме крови (рис. 63). Недостаточное кровоснабжение почек при работе в жарких условиях может усиливать эти механизмы задержки натрия в организме. Такая задержка способствует сохранению водного баланса организма, так как объем плазмы и остальной внеклеточной жидкости пропорционален содержанию в них ионов натрия.

Почечная вазоконстрикция и повышенная температура тела при работе в жарких условиях вызывают усиление проницаемости почечных клубочков, в результате чего в моче может появиться белок (рабочая протеинурия).

Система кровообращения

У человека, находящегося в состоянии покоя в условиях прямого нагревания тела при высокой температуре воздуха (например, в жаркий день на солнце), усиливается кожный кровоток, увеличивается сердечный выброс за счет повышения ЧСС. Систолический объем при этом практически не изменяется. Общее периферическое сосудистое сопротивление и артериальное (систолическое) давление снижаются. Так, пребывание в финской бане (сауне), где сухой жаркий воздух, вызывает увеличение сердечного выброса примерно на 70% и ЧСС более чем на 60%.

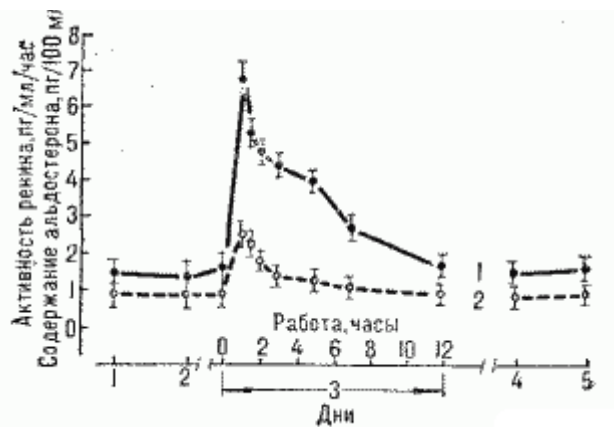


Рис. 63. Изменение концентрации альдостерона (1) и активности ренина (2) в плазме крови на протяжении 12 ч работы и последующих двух суток (по Д. Костиллу, 1977)

Избыточный сердечный выброс направляется в кожные сосуды для усиления теплоотдачи. Кроме того, кожный кровоток увеличивается за счет дополнительного перераспределения сердечного выброса - уменьшения кровотока через органы брюшной полости и (в меньшей степени) через мышцы. Чревной и почечный кровотоки уменьшаются прямо пропорционально повышению температуры кожи.

Во время работы аэробной мощности повышенная температура воздуха обычно не оказывает заметного влияния на общую скорость потребления O_2 (рис. 64). Лишь при выполнении легкой работы в жарких условиях потребление O_2 может быть несколько выше, чем в нейтральных условиях.

Повышенная температура воздуха существенно не влияет на показатели деятельности сердечно-сосудистой системы при выполнении кратковременной работы (продолжительностью до 4-6 мин). Во время максимальной аэробной работы (на уровне МПК) максимальный сердечный выброс, ЧСС и системная АВР- O_2 одинаковы в жарких и нейтральных условиях. МПК, в жарких условиях также не уменьшается, но сильно укорачивается предельная продолжительность работы на уровне МПК.

Во время продолжительной работы в жарких условиях сердечнососудистая система должна обеспечить одновременно адекватное кровоснабжение работающих мышц для доставки им достаточного количества O_2 (метаболический запрос) и усиленный кожный кровоток для повышенной теплоотдачи (терморегуляторный запрос). Эта задача еще более осложняется из-за уменьшения объема циркулирующей крови и повышения ее вязкости.

В жарких условиях ЧСС и сердечный выброс выше, чем при выполнении такой же работы в нейтральных условиях среды (см. рис. 64). Помимо температуры на ЧСС влияет также повышенная влажность воздуха. Увеличение ЧСС обнаруживается с самого начала работы в жарких условиях. Сердечный выброс увеличивается постепенно в процессе выполнения работы, а систолический объем прогрессивно уменьшается. Увеличение сердечного выброса обеспечивает дополнительный кровоток через кожные сосуды для усиления теплоотдачи.

С увеличением мощности выполняемой работы "тепловой" прирост сердечного выброса уменьшается. При субмаксимальных и околوماксимальных аэробных нагрузках сердечный выброс в жарких условиях среды примерно такой же, что и в нейтральных температурных условиях. Однако, при высокой температуре воздуха происходит заметное снижение систолического объема, которое компенсируется дополнительным повышением ЧСС. Поскольку сердечный выброс не может быть более увеличен, дальнейшее усиление кожного кровотока обеспечивается только за счет перераспределения сердечного выброса. В результате уменьшается кровоток через работающие мышцы, возникает дефицит в их снабжении O_2 , возрастает анаэробная доля в энергопродукции мышц. Поэтому при одних и тех же субмаксимальных и околوماксимальных аэробных нагрузках концентрация лактата в крови в жарких условиях выше, чем в нейтральных (см. рис. 64).

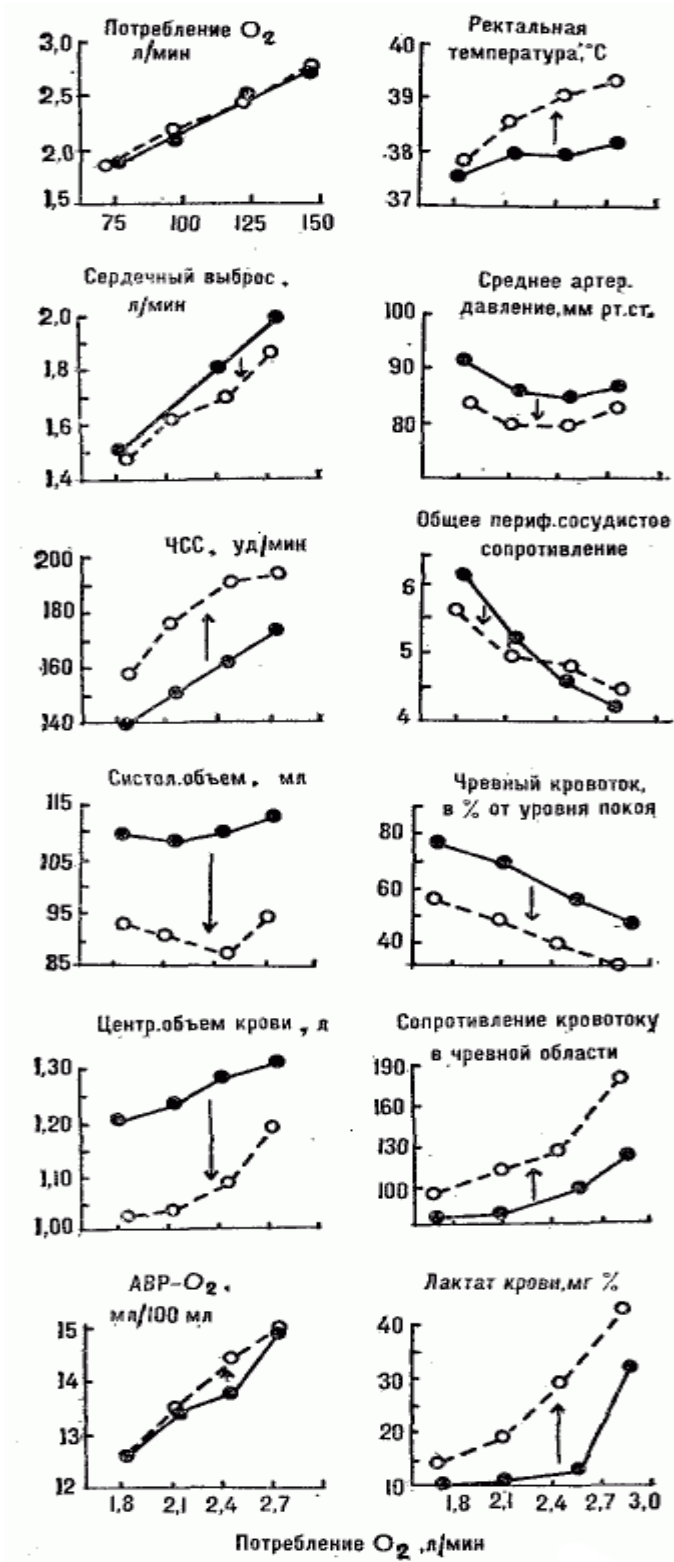


Рис. 64. Сравнение реакции сердечнососудистой системы на работу разной мощности в жарких и нейтральных температурных условиях (Л. Роуэлл, 1974). Штриховая линия - жаркие условия ($43,3^\circ$), сплошная - нейтральные условия ($25,6^\circ$), Стрелки показывают направление изменения данного показателя под влиянием повышения температуры воздуха

Ухудшение кровоснабжения работающих мышц является одной из главных причин снижения работоспособности в жарких условиях. Из сказанного следует, что ухудшение мышечного кровотока является следствием двух основных причин: во-первых, увеличивается доля сердечного выброса, направляемая в кожные сосуды для усиленной теплоотдачи; во-вторых, по мере развития дегидратации уменьшается сердечный выброс в результате уменьшения систолического объема, вызванного падением венозного возврата из-за снижения общего и центрального объемов циркулирующей крови (см. рис. 64).

Максимально возможная объемная скорость кожного кровотока - 7-8 л/мин. Тем не менее во время работы даже при очень высокой температуре воздуха кожный кровоток вероятно не превышает 3-4 л/мин. Следовательно, даже в этих условиях кожные сосуды несколько сужены (состояние активного сосудистого тонуса). Постепенно по мере продолжения работы кожные сосуды расширяются из-за снижения сосудистого тонуса. В результате еще большее количество крови направляется в кожную сосудистую сеть, а кровоснабжение работающих мышц еще больше ухудшается.

С расширением кожных сосудов уменьшается общее периферическое сосудистое сопротивление. При неизменном сердечном выбросе это ведет к падению артериального давления, которое постепенно снижается, вплоть до уровня, вызывающего сосудистый коллапс (обморок). Особенно резко АД падает из-за снижения сердечного выброса. Это происходит, когда ЧСС достигает максимально возможного для данного человека уровня, а систолический объем продолжает уменьшаться.

Поскольку при работе в жарких условиях резко уменьшается чревной кровоток (см. рис. 64), создаются дополнительные затруднения для организма, связанные с недостаточным кровоснабжением органов брюшной полости, и прежде всего печени. Работа при высокой температуре воздуха вызывает и усиленное снижение почечного кровотока (см. рис. 62).

Тепловая адаптация (акклиматизация)

Непрерывное или повторное пребывание в условиях повышенных температуры и влажности воздуха вызывает постепенное приспособление к этим специфическим условиям внешней среды, в результате чего развивается устойчивость организма против теплового стресса. Человек переносит жару значительно легче; выполнение работы становится менее трудным - как объективно (уменьшаются физиологические сдвиги на тепловые воздействия), так и субъективно. Наступает состояние тепловой адаптации - акклиматизации.

Физиологические изменения и их механизмы при тепловой адаптации

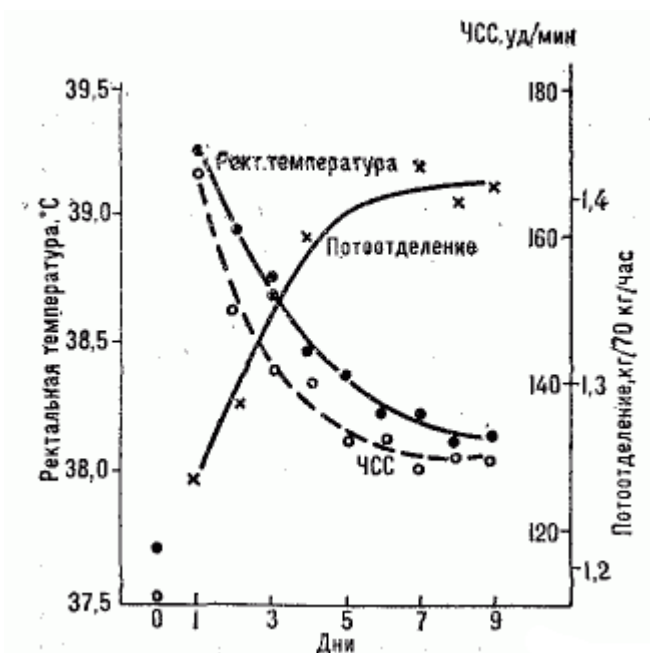


Рис. 65. Средние данные скорости потоотделения, ректальной температуры, ЧСС во время стандартной работы у группы мужчин на протяжении 9 дней акклиматизации к жарким условиям. Отметка О соответствует данным, полученным до начала тепловой акклиматизации при работе на протяжении 100 мин в нейтральных условиях среды. Все последующие дни испытуемые выполняли ту же нагрузку (300 ккал/ч) в жарких; условиях (показания сухого термометра $-48,9^{\circ}$, влажного $-26,7^{\circ}$)

Тепловая адаптация обусловлена совокупностью специфических физиологических изменений (табл. 18). Главными из них являются усиление потоотделения, снижение температуры ядра и оболочки тела и уменьшение ЧСС при нагрузке по мере пребывания в условиях повышенной температуры (рис. 65).

Таблица 18. Адаптационные физиологические изменения в условиях повышенной температуры окружающей среды

Механизмы	Адаптационные изменения
Потоотделение	Более быстрое начало потоотделения (при работе), т. е. снижение температурного порога потоотделения
	Повышение скорости потоотделения
Кровь и кровообращение	Более равномерное распределение пота по поверхности тела Снижение содержания солей в поте Снижение ЧСС
	Увеличение систолического объема
	Усиление кожного кровотока
	Увеличение объема циркулирующей крови

	Снижение степени рабочей гемоконцентраций
	Более быстрое перераспределение крови (в систему кожных сосудов)
	Приближение кровотока к поверхности тела и более эффективное его распределение по поверхности тела
	Уменьшение падения чревного и почечного кровотоков (во время работы)
Метаболизм	Снижение основного объема
	Снижение кислородной стоимости стандартной (легкой) работы
Терморегуляция	Снижение температуры ядра и оболочки тела в покое и при мышечной работе
	Рост устойчивости организма к повышенной температуре тела
Дыхание	Уменьшение одышки (частого И поверхностного дыхания)

Основные механизмы тепловой адаптации направлены на усиление отдачи тепла телом во внешнюю среду. По мере тепловой адаптации происходит усиление потообразования: увеличивается число функционирующих потовых желез, а также количество секретируемого пота при выполнении одной и той же физической нагрузки. Снижается температурный порог потоотделения - оно начинается при более низкой температуре кожи и ядра тела и усиливается быстрее с повышением температуры тела.

У адаптированного к жаре человека меньше пота стекает в виде капелек, не испаряясь, так как пот более равномерно распределяется по поверхности тела, чем у неадаптированного человека. В результате возрастает площадь поверхности тела для усиленной теплоотдачи потоиспарением.

Усиление потоиспарения ведет к снижению температуры кожи. Благодаря этому кровь, протекающая в кожных сосудах, охлаждается сильнее, и потому растет температурный градиент "ядро тела - кожа". Поэтому усиливается физический транспорт тепла (проведением) от глубоких частей тела к его поверхности. Запрос в дополнительном усилении кожного кровотока (циркуляторной конвекции) соответственно снижается.

Главным эффектом усиления адаптивных механизмов теплоотдачи является снижение температуры тела (см. рис. 65). При этом снижается как температура тела в условиях покоя, так и ее прирост в процессе мышечной работы.

В результате тепловой акклиматизации происходит снижение содержания солей в поте, т. е. пот становится более "разбавленным". С потом

теряется относительно больше воды, чем солей, и потому концентрация электролитов в крови повышается. Следовательно, увеличивается осмолярность крови. Повышенная осмолярность вызывает сильное ощущение жажды, которое является механизмом, направленным на компенсацию потерь жидкостей организмом. У неадаптированного человека чувство жажды не во всех случаях достаточно, чтобы обеспечить потребность организма в воде. Адаптированный к жаре человек способен лучше поддерживать водный баланс.

В процессе тепловой адаптации проницаемость кожных капилляров снижается, что уменьшает выход молекул белка из этих сосудов. Содержание белка в тканевой жидкости кожи увеличивается. При тепловых воздействиях он интенсивно перемещается через лимфатическую сеть кожи в циркулирующую кровь. Все это вместе позволяет сохранять ее высокое онкотическое давление и достаточный объем. В целом в результате тепловой адаптации объем циркулирующей крови (в покое) увеличивается, а показатель гематокрита и вязкость крови имеют тенденцию к некоторому снижению.

Тепловая адаптация сопровождается снижением нагрузки на сердечно-сосудистую систему. На протяжении адаптации к жаре постепенно уменьшается кожный кровоток при нагрузке, хотя даже у полностью адаптированного человека при работе в жарких условиях кожный кровоток больше, чем в нейтральных условиях. Вместе с тем растут возможности эффективного усиления кожного кровотока за счет более быстрого перемещения крови в систему кожных сосудов, приближения кровотока к поверхности (за счет раскрытия сети поверхностных сосудов) и более эффективного его распределения.

На протяжении тепловой адаптации уменьшается степень рабочей вазоконстрикции (сужения сосудов) в чревной и почечной областях, что улучшает кровоснабжение органов брюшной полости во время работы в жарких условиях.

Одним из наиболее заметных физиологических признаков тепловой адаптации служит снижение ЧСС в покое и при мышечной деятельности (см. рис. 65). Постепенно увеличивается систолический объем, так что на протяжении всего периода пребывания в жарких условиях сердечный выброс не изменяется. Рост систолического объема в процессе тепловой адаптации обусловлен увеличением венозного возврата (центрального объема крови), которое происходит благодаря повышению объема циркулирующей крови и ее более эффективного перераспределения, особенно за счет постепенного уменьшения кожного кровотока.

На протяжении периода тепловой адаптации повышается механическая эффективность выполнения физической работы в жарких условиях, на что

указывает прогрессивное снижение потребления O_2 при выполнении стандартной (легкой) работы.

В процессе тепловой адаптации снижается тоническая активность симпатической нервной системы, о чем говорит, в частности, прогрессивное уменьшение количества выделяющегося с мочой норадреналина. Важную роль в процессе тепловой акклиматизации играют эндокринные железы. Известно, например, что введение Д-альдостерона вызывает снижение температуры тела и увеличивает продолжительность работы в жарких условиях даже у адаптированных к этим условиям людей. Этот эффект не связан с величиной потоотделения.

Большинство изменений, связанных с тепловой акклиматизацией, происходит особенно быстро на протяжении первых 4-7 дней пребывания в жарких условиях (см. рис. 65).

Процесс тепловой акклиматизации практически полностью заканчивается к 12-14-му дню. Однако максимальное приспособление к повышенной температуре и влажности воздуха наблюдается лишь у постоянных жителей районов с этими условиями.

Тепловая адаптация развивается не только при непрерывном многодневном проживании в жарких условиях, но и при повторных кратковременных (в течение нескольких часов в день) пребываниях в них: в термокамере, в специальной одежде с подогревом или с повышенными теплоизолирующими свойствами. Степень тепловой адаптации невелика, если, находясь в жарких условиях, человек не выполняет физической нагрузки.

Эффекты тепловой адаптации весьма специфичны. Приспособление организма к условиям сухой жары необязательно гарантирует достаточную адаптацию к жарким и влажным условиям. Более того, адаптация к легкой работе (около 25% МПК) в жарких условиях не означает адаптации к выполнению умеренной (50% МПК) или тяжелой (75% МПК и более) работы в этих же условиях.

Эффект тепловой адаптации сохраняется на протяжении нескольких недель после пребывания в условиях повышенной температуры воздуха.

С возрастом переносимость повышенной температуры среды ухудшается. У пожилых и старых людей потоотделение начинается позднее - при более высокой температуре тела, чем у молодых. В ответ на тепловую нагрузку кожный кровоток увеличивается у пожилых людей; значительно, но максимальные возможности такого усиления меньше, чем у молодых. После пребывания в условиях жары у пожилых и старых людей температура тела более медленно возвращается к норме.

Тепловая адаптация у спортсменов

Тренировочные и соревновательные нагрузки в видах спорта, требующих проявления выносливости, вызывают существенное повышение температуры ядра тела - до 40°, даже в нейтральных условиях среды. Это служит стимулом для развития приспособительных (адаптационных) реакций к большой "внутренней" тепловой нагрузке. Такие реакции со стороны сердечно-сосудистой системы, потовых желез и других органов и систем во многом сходны с реакциями у людей, прошедших акклиматизацию к большим "внешним" тепловым нагрузкам (высоким температуре и влажности воздуха).

В результате систематических занятий у спортсменов, тренирующих выносливость, совершенствуется терморегуляция: снижается теплопродукция, улучшается способность к теплопотерям за счет повышенного потообразования. Так, для тренированных спортсменов характерна высокая чувствительность реакции потоотделения на тепловые раздражители, равномерное распределение потоотделения по поверхности тела. Соответственно у спортсменов во время работы при обычной или высокой температуре воздуха внутренняя и кожная температура ниже, чем у нетренированных людей, выполняющих такую же абсолютную нагрузку. Содержание солей в поте у спортсменов также ниже.

В процессе тренировки выносливости в нейтральных условиях увеличивается объем циркулирующей крови, совершенствуются реакции перераспределения кровотока с уменьшением его через кожную сеть, что снижает кожную температуру и повышает проведение тепла от ядра к поверхности тела.

Таким образом, у спортсменов в результате регулярных интенсивных тренировок выносливости даже в нейтральных температурных условиях совершенствуются определенные физиологические механизмы, характерные и для тепловой адаптации. Поэтому хорошо тренированные на выносливость спортсмены обычно лучше приспособляются к работе в жарких условиях, чем нетренированные, более быстро акклиматизируются, по крайней мере, для выполнения в жарких условиях работ небольшой мощности. Вместе с тем сама по себе даже высокая спортивная тренированность и тренировки любого характера в нейтральных условиях внешней среды не могут полностью заменить специфическую тепловую адаптацию, которая необходима спортсмену, если он должен выступать на соревновании в условиях повышенных температуры и влажности.

Тепловых адаптационных приспособлений, вызванных тренировкой в нейтральных (или холодных) условиях, недостаточно для эффективного выполнения интенсивной работы в жарких условиях. При подготовке к соревнованиям, которые будут проводиться в условиях повышенных температуры и влажности воздуха, спортсмен должен начать тренировки в

таких же условиях за 7-12 дней до соревнований. Если нет возможности тренироваться в этих условиях, следует использовать костюмы ("потники"), которые препятствуют отдаче тепла и ограничивают испарение пота. Тренировка в "потнике" вызывает эффекты повышенной тепловой устойчивости, хотя и меньшие, чем тренировка в жарких условиях среды.

Питьевой режим

Как уже говорилось, высокая скорость потоотделения при напряженной работе в жарких условиях ведет к значительным потерям организмом воды (дегидратации), а также солей. В результате работоспособность и тепловая устойчивость (способность переносить жару) снижаются.

Потеря воды и восполнение во время соревнования

Еще бытует среди тренеров и спортсменов мнение о якобы расслабляющем действии воды, о "дополнительной" нагрузке на сердце "лишней" жидкости, считается, что надо пить меньше воды, чтобы уменьшить ее потери с потом. Вместе с тем физиологические исследования доказывают, что потери воды в результате напряженной длительной работы (особенно в жарких условиях) должны быть восполнены как можно быстрее и желательно в таких же размерах.

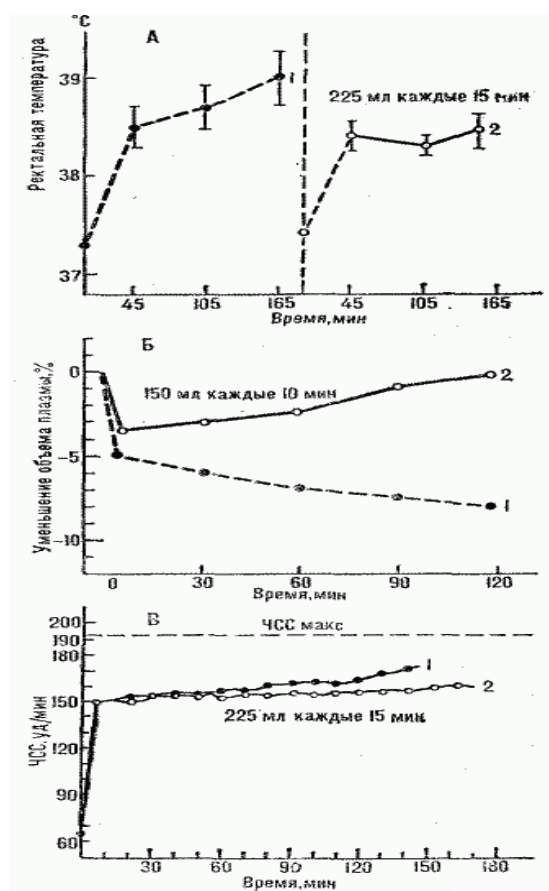


Рис. 66. Изменения ректальной температуры (А) и средней ЧСС (Б) во время бега на тредбане до отказа на уровне 70% МПК, а также объема

плазмы крови (Б) на протяжении 2-часовой работы на велоэргометре в жарких условиях: 1 - без потребления воды во время работы; 2 - с потреблением воды

Если спортсмены на дистанции не пьют достаточного количества жидкости, чтобы восполнить потери воды, у них развивается (в той или иной степени) дегидратация. Когда потребление воды равно потерям ее с потом (водный баланс), температура тела ниже, чем во время такой же работы с меньшим потреблением воды, а тем более без приема воды. Таким образом, прием жидкости во время соревнований в жарких условиях уменьшает угрозу перегревания тела (рис. 66, А).

Дробное питье воды (рис. 66, Б) в процессе работы на велоэргометре в жарких условиях задерживает потери плазмы крови и тем самым поддерживает нормальный объем циркулирующей крови. В результате предотвращаются уменьшение систолического объема и повышение ЧСС до такого уровня, как при работе без восполнения потерь воды (рис. 66, В). Прием жидкости во время работы ведет к увеличению ее предельной продолжительности (работоспособности). Жидкость в виде растворов углеводов позволяет не только восполнить потери воды, но и поддерживать нормальное содержание глюкозы в крови, что также очень важно для сохранения высокой работоспособности при нагрузках большой продолжительности.

Состав "замещающих" жидкостей, используемых для восполнения потерь воды во время мышечной работы, определяется рядом требований. Выпитая жидкость почти не всасывается в кровь из желудка. Абсорбция воды происходит почти исключительно в кишечнике. Следовательно, главное, что определяет скорость восполнения потерь воды, - это быстрота эвакуации жидкости из желудка в кишечник. На быстроту опорожнения желудка влияют объем, температура и осмолярность находящейся в нем жидкости (рис. 67). Сама по себе мышечная работа мало влияет на скорость опорожнения желудка.

Значительные объемы жидкости (500-600 мл) уходят из желудка быстрее, чем малые. Однако разовый прием большого количества жидкости на дистанции вызывает неприятные ощущения переполненного желудка и тяжёлого дыхания. Поэтому целесообразнее часто принимать жидкость в относительно небольших объемах, например по 150-250 мл, с интервалами между приемами 10-15 мин.

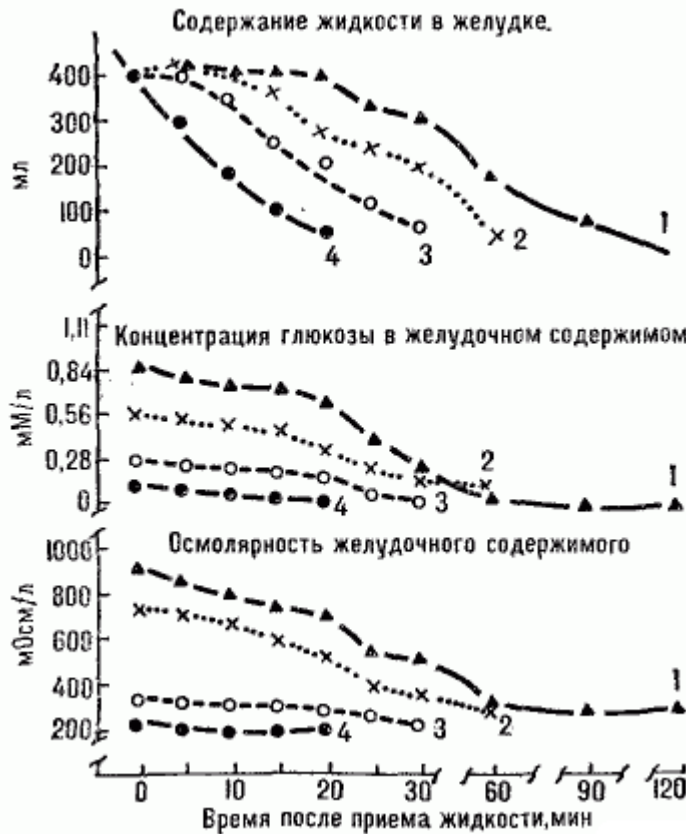


Рис. 67. Влияние концентрации глюкозы и осмолярности на скорость эвакуации 400 мл раствора жидкости из желудка: 1) 15%=902 мосм/л; 2) 10%=732 мосм/л; 3) 5%=337 мосм/л; 4) 2,5%=209 мосм/л

Холодная жидкость эвакуируется из желудка быстрее, чем теплая. Холодная вода (8-13°), снижая температуру в желудке на 7-18°, усиливает активность гладких мышц в стенке желудка, ускоряя переход жидкости в кишечник. Кроме того, нагревание холодной воды в желудке пусть в небольшой степени, но усиливает теплопотери тела (на нагревание этой воды). Поэтому питье охлажденной воды во время соревнования в жарких условиях более целесообразно, чем теплой.

Скорость моторики желудка и его опорожнения отчасти определяется осмолярностью содержимого (см. рис. 67). Вода легко покидает желудок. Еще быстрее уходит из желудка изотонический раствор поваренной соли (0,85%-ный раствор хлористого натрия).

Содержание в растворе даже малых количеств глюкозы (до 5%) вызывает заметное замедление опорожнения желудка. Добавление в питьевую жидкость солей (электролитов) повышает ее осмолярность. Оптимальной является гипотоническая жидкость с осмолярностью около 200 мосм/л. Такие растворы содержат мало сахара (до 2,5%), быстро покидают желудок и потому способны легко всасываться в кровь из кишечника и обеспечивать восполнение потерь воды с большой скоростью. При определении общего количества принимаемой жидкости следует иметь, в

виду, что в любом случае максимальная скорость всасывания воды не превышает 0,8 л/ч.

Таким образом, во время тяжелой продолжительной работы в жарких условиях, которая сопровождается обильным потоотделением, надо употреблять прохладные гипотонические растворы с содержанием сахара (углеводов) до 2,5%. 500 мл воды (без содержания в ней углеводов) следует выпить примерно за полчаса до старта для создания небольшого водного резерва. На дистанции каждые 10-15 мин необходимо выпивать 150-200 мл гипотонического раствора.

Если соревнования проходят в нейтральных или холодных условиях (лыжные гонки), когда нет опасности перегрева и дегидратации, питьевой режим должен быть иным. Объем и частота приема жидкости могут быть существенно уменьшены, а содержание в ней углеводов увеличено (до 25%), В этом случае даже медленное перемещение раствора из желудка в кишечник будет обеспечивать кровь углеводами.

Немедленное восполнение потерь электролитов во время работы с обильным потоотделением не играет такой роли, как восполнение потерь воды, так как с потом организм теряет относительно больше воды, чем солей. Кроме того, у тренированных (и акклиматизированных к жаре) спортсменов содержание солей в поте снижено по сравнению с нетренированными. Поэтому потери солей на соревновании у спортсменов даже в жарких условиях относительно невелики. Более того, потоотделение вызывает повышение концентрации солей (прежде всего хлористого натрия) в крови и других жидкостях тела. В связи с этим прием дополнительного большого количества соли во время мышечной работы может быть даже вредным для организма. Обильное питье даже с очень небольшим содержанием солей во время соревнования достаточно восполняет их потери. Только при повторных нагрузках с обильным потоотделением (несколько дней подряд) показан прием дополнительного количества солей, но не во время мышечной работы.

Потери воды и солей в процессе тренировки в жарких условиях

Во время каждодневных тренировок, особенно в жарких условиях, спортсмен теряет с потом большое количество воды, с которой Уходят из тела и соли. Так, за день интенсивной тренировки в жаркую погоду марафонцы теряют до 9 л воды. Без восполнения этих потерь возможны серьезные нарушения водного и особенно солевого баланса и снижение работоспособности. Следовательно, в дни тренировок в жарких условиях спортсмен должен потреблять большое количество жидкости - как во время занятий, так и особенно до и после них, восполняя прежде всего потери воды (табл. 19). В жарких условиях, особенно у неакклиматизированного человека, субъективное ощущение жажды слабее, чем диктуется степенью дегидратации тела. Поэтому объем выпитой жидкости в первые дни

тренировок должен быть больше определяемого чувством жажды. В качестве контроля за потребностями организма в воде может служить определение потерь воды путем взвешивания спортсмена до и после тренировок.

Таблица 19 Объемы суточных потерь воды и солей в результате потоотделения и их замещение у акклиматизированных и неакклиматизированных спортсменов

Вода		Соли		
Потери, л	Возмещение, л	Потери, г	Возмещение, г/л выпитой воды	
1	1	1,5	Обычный пищевой рацион	
2	2	3,0		
3	3	4,5		
			Неакклимат.:	Ак климат.:
4	4	6,0	0,9	0,5
5	5	7,5	1,8	1,4
6	6	9,0	2,7	2,3

Даже некоторое избыточное потребление жидкости не влияет отрицательно на работоспособность спортсменов, так как лишняя вода легко выводится почками. Вместе с тем необходимо иметь в виду, что избыточное потребление воды может вести к снижению осмолярности крови и других жидкостей тела, а оно, в свою очередь, к некоторым нежелательным явлениям, вплоть до развития судорог. Поэтому пить воду в промежутках между тренировками надо в небольших объемах, но достаточно часто.

Хотя в процессе работы включаются механизмы, направленные на задержку электролитов (натрия, хлора и калия) в теле, все же в результате ежедневных и длительных тренировок в жарких условиях возможны значительные потери солей. Если потери пота за сутки составляют в среднем 3 л, то восполнение потерь солей полностью обеспечивается обычным пищевым рационом (см. табл. 19). При этом некоторое дополнительное количество солей спортсмен получает с "компенсирующей" жидкостью (например, минеральной водой), которая может содержать лишь очень немного основных минеральных веществ (около 200 мг натрия и 200 мг калия на 1 л раствора) или вообще не содержать их. Только при более значительных суточных потерях пота возникает потребность в специальном приеме солей из расчета; 4 л пота - 3-4 г солей в сутки, 5 л пота - около 10 г солей, 6 л пота - около 15 г солей. При этом солевые таблетки должны применяться обязательно (!) с адекватным количеством "замещающей" жидкости (см. табл. 19).

После многодневной интенсивной тренировки в жарких условиях может наблюдаться дефицит ионов калия в теле. Возможные последствия такого дефицита - снижение работоспособности скелетных мышц и сердца, уменьшение продукции пота, увеличение потерь воды и натрия с мочой, а также нарушение ресинтеза гликогена в мышцах после физической нагрузки. Поэтому пищевой рацион во время интенсивных тренировок в жарких условиях должен содержать достаточное количество калия (до 80 мэкв в сутки). Вместе с тем прием содержащих калий препаратов, которые легко растворимы и быстро абсорбируются в желудке, опасен, так как может усиливать гиперкалемию, которая особенно токсична для сердца.

Спортивная деятельность в условиях пониженной температуры воздуха (холода)

При снижении температуры внешней среды увеличивается разность между нею и температурой поверхности тела. Это приводит к усилению потери тепла телом (за счет теплоотдачи проведением с конвекцией и радиацией). Основные механизмы защиты тела от теплопотерь в холодных условиях - сужение периферических (кожных) сосудов и усиление теплопродукции в теле.

Физиологические механизмы приспособления к холоду

В результате сужения кожных сосудов (кожной вазоконстрикции) уменьшается конвекционный (с кровью) перенос тепла от ядра тела к его поверхности. Так как сами по себе кожа и особенно подкожножировой слой плохо проводят тепло, вазоконстрикция может усиливать теплоизолирующую способность "оболочки" тела в 6 раз. Иначе говоря, в холодных условиях возрастает толщина теплоизолирующей температурной "оболочки" тела и соответственно уменьшается размер температурного ядра тела.

Уменьшение переноса тепла от ядра тела к поверхности предотвращает падение температуры ядра тела, но приводит к постепенному снижению кожной температуры. Последнее, в свою очередь, ведет к уменьшению разницы температур между поверхностью тела и окружающей средой, что уменьшает отдачу тепла телом.

Наиболее значительная кожная вазоконстрикция происходит в конечностях, особенно в пальцах рук и ног. Так, кровоток через пальцы рук может уменьшаться в 100 и более раз (со 120 до 0,2 мл/мин/100 г ткани). Поэтому температура тканей дистальных отделов конечностей может снижаться до температуры окружающей среды. Этим объясняется тот факт, что прежде всего пальцы рук и ног, а также ушные раковины являются частями тела, наиболее уязвимыми для отморожения. Кровеносные сосуды головы значительно меньше подвержены сужению на холоде. Поэтому большое количество тепла (до 25% общей теплопродукции покоя) радирует в окружающую среду от непокрытой головы.

Помимо кожной вазоконстрикции важную роль в уменьшении внутренней проводимости тепла в теле, а следовательно, в сохранении тепла играет то обстоятельство, что в холодных условиях кровь течет в основном по глубоким, а не поверхностным венам. Поскольку глубокие вены лежат рядом с артериями, между ними происходит теплообмен: возвращающаяся к ядру тела венозная кровь нагревается за счет артериальной крови. Таким образом предотвращается охлаждение ядра тела. Наоборот, текущая от сердца артериальная кровь, попадая в артерии конечностей, постепенно охлаждается и, достигая дистальных кожных участков, уже имеет более низкую температуру. Например, при внешней температуре 9° кровь в сосудах кистей рук может снижаться до 21° , что уменьшает теплопотери в окружающую среду.

Другим важным механизмом адаптации к условиям холода является усиление теплопродукции за счет возникновения холодовой дрожи, т. е. произвольных мышечных сокращений. В условиях покоя у обнаженного человека при снижении внешней температуры с комфортного уровня (29°) до 22° не происходит роста метаболизма, а тепло тела консервируется за счет усиления кожной вазоконстрикции. Когда внешняя температура становится ниже 22° , усиливается метаболизм за счет холодовой дрожи.

При возникновении холодовой дрожи в нее постепенно вовлекаются все новые и новые мышечные группы - начиная с мышц шеи, живота, грудных мышц и кончая мышцами конечностей. Характер и степень холодовой дрожи неодинаковы у разных людей. Холодовая дрожь носит перемежающийся характер - она то появляется, то исчезает вне связи с изменениями температуры ядра и поверхности тела. Только при крайне низкой температуре у обнаженного человека дрожь длится непрерывно. Чем интенсивнее холодовая дрожь, тем выше мышечная теплопродукция. С понижением внешней температуры, а также пропорционально скорости движения воздуха (ветра) вклад холодовой дрожи в защиту тела от теплопотерь повышается.

У пожилых и старых людей холодовая дрожь выражена слабее, чем у молодых, теплопродукция в холодных условиях повышается мало и температура тела снижается больше. Вообще пожилые люди мало или вовсе нечувствительны к локальным Холодовым воздействиям.

Теплопродукция может повышаться и за счет усиления метаболических процессов, не связанных с холодовой дрожью (неметаболический термогенез).

В холодных условиях потребление O_2 в покое повышается. Величина этого повышения зависит от окружающей температуры, относительного содержания жира (толщины подкожножирового слоя), характера одежды, а также от длительности пребывания на холоде. Скорость потребления O_2

повышается параллельно с увеличением сердечного выброса (без заметного изменения системной АВР-О₂). Так, при температуре воздуха 5° скорость потребления О₂ и сердечный выброс у обнаженного человека увеличиваются вдвое. Однако при холодовой экспозиции ЧСС остается неизменной, следовательно, сердечный выброс возрастает только за счет увеличения систолического объема.

В этом отношении реакция сердца на холод отличается от таковой в условиях мышечной деятельности. В последнем случае увеличение сердечного выброса обеспечивается главным образом за счет повышения ЧСС, вплоть до скорости потребления О₂ 1 л/мин. В холодных условиях усиливается выброс катехоламинов в кровь, что и вызывает, вероятно, повышение систолического объема. Однако в этих условиях заметно уменьшается объем циркулирующей плазмы, что может вести к некоторому снижению систолического объема. Сужение кожных кровеносных сосудов (повышение сосудистого периферического сопротивления) и увеличение сердечного выброса вызывают повышение АД. В результате усиливается активность сосудистых барорецепторов, а это ведет к таким рефлекторным влияниям на сердце, что ЧСС остается неизменной, несмотря на усиление потребления О₂.

Физическая работоспособность в холодных условиях

Во время мышечной работы в холодных условиях теплоизоляция тела существенно снижается и усиливаются потери тепла (проведением с конвекцией). Это означает, что для поддержания теплового баланса необходимо большее теплообразование, чем в условиях покоя. По мере снижения внешней температуры, т. е. увеличения температурного градиента между телом и окружающей средой, теплопродукция во время мышечной работы должна возрастать. Если мышечная деятельность недостаточно интенсивна, чтобы обеспечить дополнительное теплообразование, температура тела падает ниже нормальной (гипотермия).

При нагрузках небольшой мощности (с потреблением О₂ до 1,2-1,4 л/мин) скорость потребления О₂ в условиях пониженной температуры воздуха выше, чем в комфортных температурных условиях. При более высоких нагрузках (потребление О₂ выше 1,4 л/мин) скорость потребления О₂ не зависит от внешней температуры. При одинаковой скорости потребления О₂ работа в холодных условиях вызывает некоторое понижение ЧСС и повышение систолического объема по сравнению с такой же работой в термонейтральных условиях.

Повышенные энергетические расходы (более высокая скорость потребления О₂) при работе относительно небольшой мощности в холодных условиях связаны с холодовой дрожью, которая исчезает с увеличением нагрузок до значительных. При легких нагрузках ректальная температура снижается, а при тяжелых остается практически на таком же уровне, что и в

комфортных условиях. Таким образом, начиная с некоторой мощности физической нагрузки (скорость потребления O_2 около 2 л/мин), когда достигается критический уровень теплопродукции, который соответствует теплотермам, исчезает холодовая дрожь и стабилизируется регуляция рабочей температуры тела.

При нормальной или повышенной (в результате мышечной деятельности) температуре тела МПК и максимальная ЧСС остаются практически неизменными в холодных условиях, однако легочная вентиляция несколько усиливается, а предельное время бега на уровне МПК снижается. Гипотермия, ведет к снижению МПК: при температуре ядра тела ниже $37,5^\circ$ оно уменьшается на 5-6% с каждым градусом падения температуры тела. В основе такого снижения МПК лежит уменьшение сердечного выброса из-за падения максимальной ЧСС. В условиях гипотермии выносливость человека снижается: уменьшается предельное время выполнения работы постоянной аэробной мощности, хотя субъективная оценка тяжести нагрузки не зависит от температуры тела.

Максимальная динамическая сила в известных пределах прямо связана с мышечной температурой. Поэтому в упражнениях, требующих проявления большой динамической силы (спринт, прыжки), результаты снижаются в холодных условиях среды, вызывающих падение мышечной температуры.

Тренировочные занятия и соревнования в ряде видов спорта (конькобежном, лыжном и др.) часто проходят в холодную погоду. Однако за исключением сильных морозов и ветра холодные условия не представляют обычно серьезной проблемы для регуляции температуры тела и работоспособности спортсмена, прежде всего благодаря интенсивной мышечной деятельности, при которой в теле спортсмена образуется очень большое количество метаболического тепла. За счет этого тепла возможно значительное нагревание тела и поддержание его повышенной рабочей температуры даже в холодных условиях. Так, если непроизвольная холодовая дрожь может увеличить основной обмен максимально в 2-5 раз, то напряженная мышечная деятельность - в 20-30 раз. Отдача тепла в атмосферу в холодных условиях легко происходит за счет проведения с конвекцией и радиации, а при потоотделении - за счет испарения пота. Более того, в условиях пониженной (но не морозной) температуры окружающей среды облегченные условия для теплоотдачи создают предпосылки для большей работоспособности в упражнениях на выносливость, чем при работе в жарких условиях. Например, у спортсмена после марафонского бега, проходившего при температуре воздуха около 12° , ректальная температура была даже ниже, чем до бега (соответственно 37 и $37,3^\circ$).

Определенные проблемы возникают лишь в начале пребывания на холоде или когда в этих условиях выполняется повторная работа с чередованием периодов высокой мышечной активности и отдыха. В этих

случаях важное значение имеет спортивная одежда, предотвращающая охлаждение тела из-за быстрых теплопотерь. Лишь в исключительно холодных условиях количество теряемого тепла может превышать продуцируемое при мышечной деятельности с развитием состояния гипотермии.

Акклиматизация к холоду

Длительное проживание в холодных условиях в некоторой степени повышает способность человека противостоять холоду, т. е. поддерживать необходимую температуру ядра тела при пониженной температуре среды (холодовая акклиматизация). В основе холодовой акклиматизации лежат два основных механизма: 1) снижение потерь тепла и 2) усиление основного объема.

У акклиматизированных к холоду людей уменьшается кожная вазоконстрикция, так что у них температура конечностей более высокая, чем у неакклиматизированных. Этот механизм играет защитную роль: предотвращает холодовые повреждения (отморожения) периферических частей тела и позволяет осуществлять координированные движения конечностями в условиях низких температур. У людей, систематически погружающих конечности в холодную воду (локальная холодовая акклиматизация), во время такой экспозиции не столь значительно уменьшается локальное кровообращение. Это явление также следует рассматривать как защитное приспособление. У акклиматизированных таким образом людей конечности охлаждаются меньше.

В процессе холодовой акклиматизации растет теплопродукция тела: увеличивается основной обмен, повышается мышечный тонус, усиливается холодовая дрожь; происходят эндокринные и внутриклеточные метаболические перестройки. Вместе с тем многие исследователи не обнаружили акклиматизации человека к холоду, в особенности в отношении мышечной деятельности в холодных условиях.

Однако физически подготовленные (тренированные) люди лучше переносят холодные условия, чем нетренированные. Физическая тренировка вызывает эффекты, сходные в некоторых отношениях с холодовой акклиматизацией: тренированные люди отвечают на холодовую экспозицию большим усилением теплопродукции и меньшим снижением кожной температуры, чем нетренированные люди.

Спортивная работоспособность в условиях пониженного атмосферного давления

Атмосферный воздух имеет значительный вес, который определяет барометрическое давление. Он сжимается под собственным весом, поэтому

его давление и плотность наибольшие на поверхности земли (на уровне моря) и уменьшаются с высотой (табл. 20). Снижение барометрического давления с высотой создает гипобарические условия. По мере подъема на высоту пропорционально падению барометрического давления снижается парциальное давление газов, составляющих атмосферный воздух. Главное значение для человека имеет снижение парциального давления кислорода и связанное с этим уменьшение числа его молекул во вдыхаемом объеме воздуха, т. е. гипоксические условия. На высоте человек попадает в условия нарастающей гипобарической гипоксии. Такие же условия могут быть созданы в герметической барокамере путем понижения давления в ней. Иногда их моделируют путем дыхания газовой смесью с пониженным содержанием O₂ при нормальном общем барометрическом давлении смеси.

Таблица 20. Барометрическое давление, парциальное давление O₂ в атмосферном и альвеолярном воздухе на разных высотах

	Барометрическое давление		Парциальное давление O ₂ в атм. воздухе	Парциальное давление O ₂ в альвеолярном воздухе
	мм рт. ст.	АТМ	мм рт. ст.	условиях покоя, мм- рт. ст.
0	760	1,0	149	105
1000	680	0,9	142	94
2000	600	0,8	125	78
3100	530	0,7	111	62
4300	450	0,6	94	51
5600	380	0,5	75	42
7000	305	0,4	64	31-
9000	230	0,3	48	19

С увеличением высоты дефицит кислорода в атмосферном воздухе вызывает снижение парциального давления кислорода в альвеолярном воздухе, уменьшение содержания его в артериальной крови и как следствие ухудшение снабжения тканей кислородом. Поэтому пребывание в горах требует специальных физиологических приспособлений для поддержания адекватного снабжения организма кислородом.

Другой эффект сниженной плотности атмосферы на высоте - уменьшение внешнего сопротивления воздуха движущемуся телу. Поэтому при перемещении с одинаковой скоростью внешняя работа на высоте меньше, чем на равнине. Особенно это проявляется в спортивных упражнениях с высокой скоростью перемещения. В спринтерском беге, в

скоростном беге на коньках, на спринтерских дистанциях в велосипедном спорте на высоте могут быть достигнуты более высокие результаты, чем на равнине.

Температура воздуха тем ниже, чем больше высота. Если средняя температура на уровне моря равна 15° , то по мере подъема она может уменьшаться на $6,5^{\circ}$ через каждые 1.000 м, вплоть до высоты около 11 000 м.

На высоте снижается также **относительная влажность воздуха**. Поскольку в горах воздух более сухой, потери воды с выдыхаемым воздухом в этих условиях больше, чем на уровне моря. Если на большой высоте выполняется длительная работа, то большие потери воды могут привести к дегидратации, и ощущению сухости во рту.

Солнечная и ультрафиолетовая радиация в горах более интенсивна, чем на равнине, что может обусловить дополнительные трудности (вызвать ожоги, ослепление снегом).

Сила гравитации уменьшается по мере увеличения высоты. Поэтому условия среднегорья могут благоприятствовать высоким достижениям в таких спортивных упражнениях, как прыжки и метания.

Во всех видах спорта, за исключением альпинизма, тренировки и соревнования проводятся на высоте до 2500-3000 м. Поэтому для спортивной практики наиболее важно знать, каково физиологическое влияние на организм высоты среднегорья - от 1500 до 3000 м.

Острые физиологические эффекты пониженного атмосферного давления

Сразу по прибытии на высоту или в ответ на "подъем" в барокамере возникает ряд физиологических изменений в организме, вызванных условиями гипобарической гипоксии.

Функция дыхания

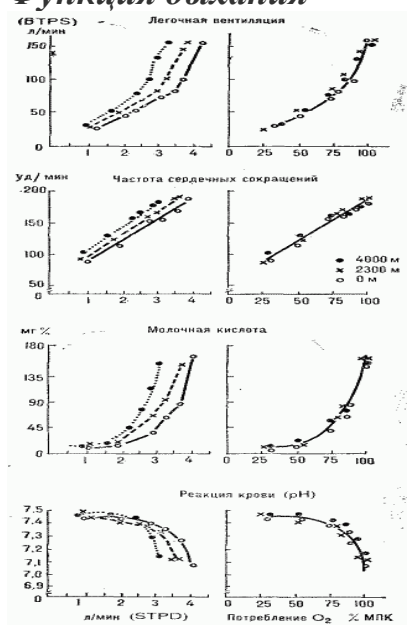


Рис. 68. Легочная вентиляция, ЧСС, содержание молочной кислоты и рН крови при работе на велоэргометре с разной мощностью нагрузки: в барокамере с давлением 462 мм рт. ст., соответствующим высоте 4000 м над уровнем моря (черные кружки), в барокамере с давлением 580 мм рт. ст., соответствующим высоте 2300 м (крестики), на уровне моря (светлые кружки) (по Л. Хермаисену и Б. Салтлну, 1971)

В условиях покоя или при выполнении субмаксимальных нагрузок потребность организма в кислороде остается на высоте такой же, что и на равнине. Поэтому, чтобы адекватно обеспечить организм кислородом, уменьшение количества молекул O₂ в единице объема разреженного воздуха на высоте должно быть компенсировано соответствующим увеличением легочной вентиляции. Это основной функциональный механизм быстрого приспособления организма к гипоксическим условиям высоты.

На высоте до 3000-3500 м легочная вентиляция в покое усиливается вначале крайне незначительно. Поэтому сразу часто наблюдается особенно большое снижение парциального давления O₂ в альвеолярном воздухе. При выполнении мышечной работы на высоте легочная вентиляция с самого начала существенно больше, чем на равнине. У одного и того же человека при одинаковой абсолютной нагрузке (равном потреблении O₂) легочная вентиляция тем сильнее, чем больше высота (рис. 68).

С одной стороны, сниженная плотность воздуха на большой высоте облегчает внешнее дыхание, с другой - при низком барометрическом давлении способность дыхательных мышц повышать внутригрудное давление уменьшается. В целом, однако, максимальные возможности дыхательного аппарата на высоте больше, чем на уровне моря. Во время максимальной работы на большой высоте легочная вентиляция может достигать 200 л/мин (табл. 21).

Снижение барометрического давления ведет к уменьшению парциального напряжения O₂ во всех звеньях кислородтранспортной системы организма (рис. 69), хотя усиленная легочная вентиляция и другие физиологические механизмы препятствуют снижению содержания O₂ в крови и других тканях тела.

В результате вблизи митохондрий давление O₂ может быть равно 10 мм рт. ст. на уровне моря и около 5 мм рт. ст. даже на высоте 5600 м. Такое давление все еще достаточно, чтобы обеспечить оптимальные условия для протекания окислительных ферментативных реакций в клетках тела.

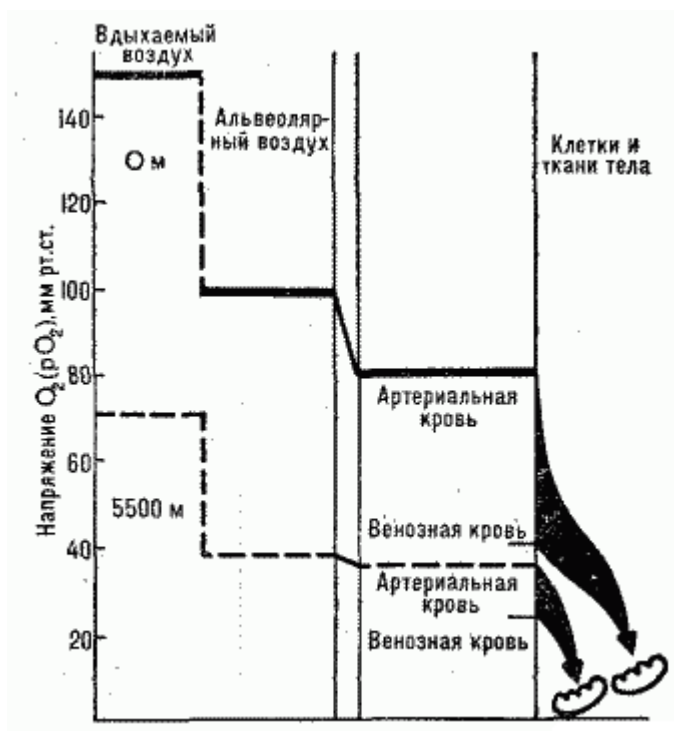


Рис. 69. Парциальное давление кислорода в разных звеньях "кислородного каскада" на уровне моря (0 м) и на высоте 5500 м

Парциальное давление O_2 в альвеолярном воздухе определяется давлением этого газа во вдыхаемом воздухе и величиной легочной вентиляции. Чем выше последняя, т. е. чем больше обменивается воздух в легких, тем ближе состав альвеолярного воздуха к атмосферному. Однако в любом случае парциальное давление O_2 в альвеолярном воздухе может лишь приближаться к таковому в атмосферном (вдыхаемом) воздухе, но не быть равным ему, а тем более не превышать его. Поэтому по мере увеличения высоты (снижения барометрического давления) падает парциальное давление O_2 в атмосферном и соответственно в альвеолярном воздухе (см. табл. 20).

Пропорционально падению парциального давления O_2 в атмосферном и альвеолярном воздухе снижается парциальное напряжение O_2 в артериальной крови (гипоксемия). Это один из важнейших стимулов усиления легочной вентиляции в условиях покоя. Гипоксемия стимулирует хеморецепторы каротидных и аортальных телец, что рефлекторно усиливает активность дыхательного центра.

Высотная гипервентиляция вызывает усиленное выведение CO_2 из крови с выдыхаемым воздухом. В результате по мере подъема на высоту напряжение CO_2 в артериальной крови уменьшается, т.е. развивается гипокапния, которая может вызвать развитие мышечных спазмов и обширную вазоконстрикцию. Особенно неблагоприятны для организма последствия сужения сосудов головного мозга.

При усиленном удалении с выдыхаемым воздухом CO_2 из крови содержание в ней растворенного CO_2 снижается больше, чем бикарбоната. Поэтому вторичным эффектом высотной гипервентиляции является сдвиг реакции крови в щелочную сторону -повышение рН (дыхательный алкалоз). Снижение парциального напряжения CO_2 и повышение рН в артериальной крови оказывает тормозящее влияние на дыхательный центр.

Уровень легочной вентиляции на высоте следует рассматривать как физиологический компромисс между требованием адекватного снабжения организма кислородом в гипоксических условиях и необходимостью поддерживать кислотно-щелочное равновесие в норме.

Падение парциального напряжения O_2 в артериальной крови в условиях высотной гипоксии ведет к снижению процентного насыщения гемоглобина кислородом и, следовательно, к уменьшению содержания O_2 в крови. На высоте 2000-3000 м парциальное давление O_2 в альвеолярном воздухе равно примерно 80-60 мм рт. ст., т. е. находится еще в пределах "плоской", верхней, части кривой диссоциации оксигемоглобина (рис. 70). Это гарантирует относительно высокое насыщение кислородом крови в легочных капиллярах - более 90% гемоглобина в форме оксигемоглобина. На большей высоте альвеолярное давление O_2 попадает уже на "крутую", среднюю, часть кривой диссоциации оксигемоглобина. Поэтому способность связывать и транспортировать с кровью O_2 на большой высоте резко снижается.

Падение насыщения артериальной крови кислородом до 80% от нормальной величины вызывает комплекс симптомов тяжелой гипоксии, известный под названием "горная болезнь": головную боль, состояние усталости, нарушение сна, пищеварения и др.

Во время мышечной работы в условиях высотной гипоксии парциальное напряжение и содержание O_2 в артериальной крови снижены, а в венозной крови примерно такие же, что и в обычных условиях. Поэтому системная артерио-венозная разность по кислороду при выполнении одинаковой работы в горных условиях меньше, чем в равнинных (см. табл. 21).

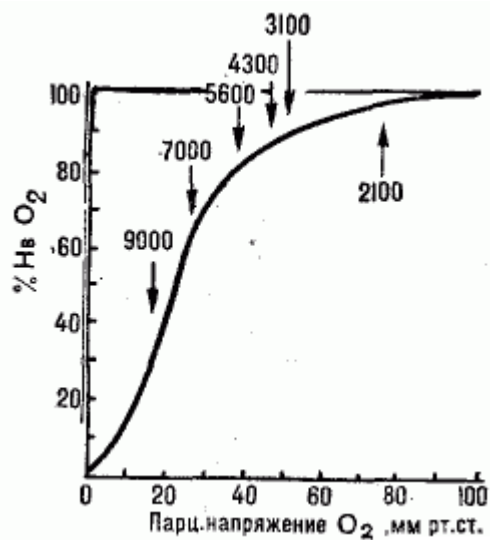


Рис. 70. Кривая диссоциации оксигемоглобина у жителя равнины. Стрелки показывают процент насыщения гемоглобина кислородом на разных высотах

Таблица 21. Показатели кислородтранспортной системы при максимальной аэробной работе у тренированных мужчин на уровне моря и через 2 недели пребывания на высоте

Показатели	Уровень моря (до 500 м)	Высота	
		2300	4000
		м	м
Барометрическое давление (мм. рт. ст.)	735	580	460
Парциальное давление O ₂ (мм. рт. ст.):			
во вдыхаемом воздухе	144	112	87
в альвеолярном воздухе	120	95	72
в артериальной крови	107	80	55
разность между альвеолярным воздухом и артериальной кровью	13	15	17
Внешнее дыхание:			
легочная вентиляция (л/мин, ВТР5)	165	175	200
вентиляционный эквивалент	33	39	57
диффузионная способность легких для O ₂ (л/мин/мм рт. ст., 5ТР0)	100	100	100

индекс дыхательного обмена (UCO_2/UO_2)	1,20	1,22	1,30
Кровь: объем циркулирующей крови (л)	6,42	6,19	5,77
объем циркулирующей плазмы (л)	3,16	2,95	2,55
объем циркулирующих эритроцитов (л)	3,26	3,24	3,22
содержание O_2 в артериальной крови (об.%)	18,5	16,8	13,5
содержание O_2 в смешанной венозной крови (об.%)	1,8	1,8	1,8
артериовенозная разность O_2 (об.%)	96	88	71
pH артериальной крови	7,30	7,25	7,20
напряжение CO_2 в артериальной крови (мм рт. ст.)	30	26	20
бикарбонат плазмы (мм/л)	9,7	7,2	5,8
лактат (мм/л)	11,0	11,0	11,0
Кровообращение:			
макс, сердечный выброс (л/мин)	30,0	30,0	30,0
макс. ЧСС (уд/мин)	185	185	185
макс, систолический объем (мл)	162	162	162
макс, кислородный пульс (мл O_2 /уд)	27	24	19
МПК (л/мин)	4,81	3,60	1,51

Чем больше высота (сильнее степень гипоксии) и чем интенсивнее нагрузка, тем значительнее падение напряжения и насыщения O_2 в артериальной крови.

При выполнении мышечной работы на высоте увеличение концентрации молочной кислоты в мышцах и крови происходит при более низких нагрузках, чем на уровне моря (снижение анаэробного порога). При одной и той же нагрузке концентрация молочной кислоты в мышцах и крови при работе на высоте больше, а pH крови ниже, чем на уровне моря (см. рис. 68). Повышенная на высоте лактацидемия при выполнении субмаксимальных аэробных нагрузок служит дополнительным стимулом для усиления легочной вентиляции.

Максимальная концентрация лактата в крови при работе в первые дни на высоте такая же, что и на уровне моря. Следовательно, максимальная анаэробная мощность, по крайней мере та ее часть, которая определяется

лактацидной (гликолитической) системой, на высоте не снижается. Об этом также свидетельствует тот факт, что максимальный кислородный долг в первые дни на высоте такой же, что и на уровне моря.

Функция кровообращения

Пониженное насыщение крови кислородом на высоте компенсируется при выполнении субмаксимальной аэробной работы увеличением сердечного выброса, которое обеспечивается исключительно за счет повышения ЧСС (см. рис. 68). Систолический объем при этом такой же или даже несколько меньше, чем в нормальных условиях.

Показатели артериального кровяного давления заметно не отличаются от равнинных, хотя довольно часто на высоте наблюдается небольшое снижение диастолического давления. Это связано, в частности, с уменьшением периферического сосудистого сопротивления.

Максимальные величины сердечного выброса, ЧСС и систолического объема при предельных аэробных нагрузках одинаковы на уровне моря и на высоте (см. табл. 21). Максимальная ЧСС и максимальный сердечный выброс достигаются в гипоксических условиях при более низкой интенсивности работы, чем на уровне моря.

По мере подъема на высоту коронарный кровоток, снабжение кислородом и потребление его миокардом в условиях покоя уменьшаются. Чтобы покрыть расходы кислорода сердечной мышцей во время напряженной работы, коронарный кровоток на высоте должен быть больше, чем на уровне моря (примерно на 10% на высоте 2500 м и на 30% на высоте 4000 м).

Важным механизмом увеличения сердечного выброса при работе на высоте служит усиленная веноконстрикция, благодаря которой увеличивается центральный объем крови, а следовательно, и венозный возврат. Она возникает в ответ на снижение напряжения CO_2 в артериальной крови (гипокапнию).

Помимо увеличения сердечного выброса кислородтранспортные возможности организма при выполнении мышечной работы в условиях гипобарической гипоксии повышаются за счет усиления рабочей гемоконцентрации, что приводит к увеличению содержания, O_2 в артериальной крови.

Таким образом, сниженное давление (содержание) кислорода во вдыхаемом воздухе вовремя работы на высоте вызывает дополнительное усиление легочной вентиляции, увеличение сердечного выброса и степени рабочей гемоконцентрации по сравнению с условиями на уровне моря. Эти дополнительные механизмы усиливают транспорт O_2 к работающим мышцам и другим тканям тела. Однако даже в условиях среднегорья эти

адаптационные реакции не могут полностью компенсировать снижение парциального давления и содержания O_2 в альвеолярном воздухе и артериальной крови. Поэтому в условиях гипобарической гипоксии снижается максимальная аэробная мощность (МПК) и возрастает значение анаэробного энергообразования для обеспечения напряженной мышечной работы.

Скорость потребления O_2 в начале работы нарастает медленнее, чем в нормальных условиях. В значительной мере это обусловлено замедленным вращиванием системы кровообращения. Поэтому для работы в горных условиях характерен повышенный кислородный дефицит.

Усиленная работа дыхательного аппарата и сердца, а также нарушения в координации движений приводят к тому, что в этих условиях энергетическая стоимость работы выше, чем на уровне моря. Так, на высоте 3500 м-потребление O_2 на 5% больше, чем при выполнении той же работы на равнине.

Усиленная деятельность систем дыхания и кровообращения по обеспечению мышечной работы на высоте создает предпосылки для более быстрого, чем на уровне моря, развития утомления.

Во время пребывания на большой высоте происходят изменения в функциональном состоянии нервной системы, в результате которых нарушается нормальная регуляция функций организма.

Снижение МПК

Сразу по прибытии на высоту (или при подъеме в гипобарической камере) обнаруживается снижение МПК в прямой зависимости от барометрического давления или от парциального давления O_2 во вдыхаемом воздухе (рис. 71). Заметное снижение МПК происходит лишь начиная с высоты 1500 м (барометрическое давление ниже 650 мм. рт. ст.). После этого уровня МПК уменьшается примерно на 1% через каждые 100 м высоты, или на каждые 5 мм рт. ст. падения парциального давления O_2 во вдыхаемом воздухе. На высоте 2000 -2300 м (уровень Цахкадзора, Мехико-сити) МПК снижается в среднем на 10 - 17%, на высоте 3000 м - на 20%, на высоте 4000 м - на 30% по отношению к "равнинному" МПК (см. рис. 71). На высоте 6000 м, где барометрическое давление составляет около половины нормального атмосферного давления на уровне моря, МПК в среднем вдвое ниже, чем на уровне моря.

Снижение МПК на высоте определяется уменьшением содержания O_2 в артериальной крови.

Очень большие индивидуальные различия в МПК, которые обнаруживаются и на уровне моря, нарастают с увеличением высоты. У

более тренированных людей сразу по прибытии на высоту может происходить даже большее снижение МПК, чем у менее тренированных.

Горная акклиматизация (адаптация к высоте)

Термином "горная акклиматизация" обозначается совокупность специфических физиологических приспособлений (адаптации), которые возникают в процессе более или менее длительного непрерывного пребывания на высоте. Эти адаптации уменьшают влияние сниженного давления O_2 во вдыхаемом воздухе (гипоксии) на организм человека и повышают его работоспособность в этих специфических условиях.

Основные механизмы естественной адаптации к горным - условиям можно разделить на две категории. Первая обеспечивает усиление транспорта O_2 к тканям тела, вторая действует на тканевом уровне и направлена на усиление эффективности использования O_2 клетками для аэробного образования энергии.

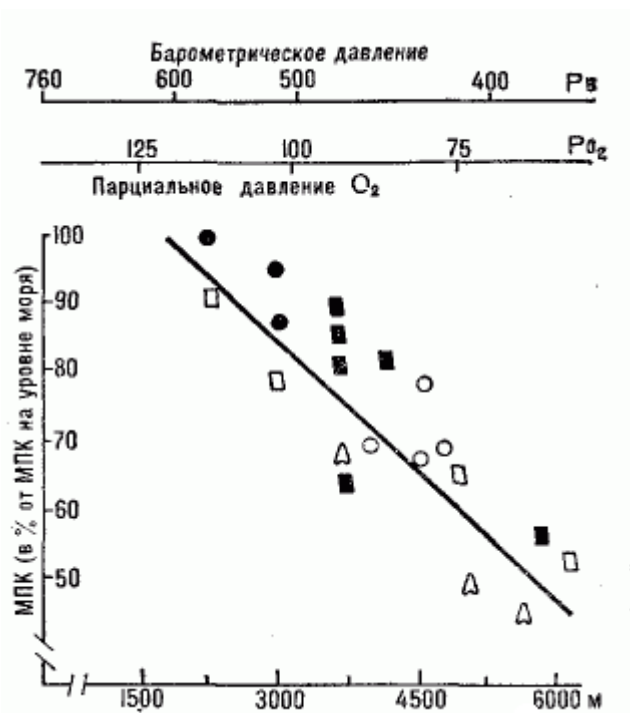


Рис. 71. Влияние высоты на МПК (данные разных авторов)

Чем длительнее (в некоторых пределах) период пребывания на высоте, тем совершеннее адаптация к ней, тем выше работоспособность на данной высоте. Минимальный период времени, необходимый для высотной акклиматизации, зависит прежде всего от высоты: на высоте 2000-2500 м примерно 7-10 дней, на высоте 3600 м - 15-21, на высоте 4500 м - 21-25. Это лишь примерные сроки, так как многое зависит от индивидуальных особенностей человека. Вместе с тем при любой длительности пребывания в

горах уровень работоспособности, характерный для данного человека на уровне моря, не достигается. У жителя равнины, находящегося на высоте, не может быть такого же уровня экономичности в транспорте и утилизации кислорода, который свойствен постоянным жителям гор. Некоторые люди вообще никогда не акклиматизируются к высоте и страдают от горной болезни. Иногда это наблюдается даже у людей, родившихся в горах.

По длительности пребывания на высоте различают 4 степени акклиматизации: 1) острая - до 30 мин, 2) кратковременная - несколько недель, 3) длительная - несколько месяцев, 4) постоянная - постоянное проживание на высоте.

Основные механизмы адаптации к условиям гипобарической гипоксии включают:

- увеличение легочной вентиляции и сопровождающие ее изменения в кислотно-щелочном равновесии в крови и других тканях;
- усиление диффузионной способности легких;
- повышение содержания эритроцитов и гемоглобина в крови; изменения на тканевом уровне.

Физиологические показатели во время максимальной аэробной работы у высокотренированного человека после кратковременной акклиматизации на разных высотах приведены в табл. 21.

Адаптационная гипервентиляция отмечается уже в первые несколько часов пребывания на высоте. На протяжении нескольких дней происходит дальнейшее увеличение легочной вентиляции при выполнении той же нагрузки. После недельного пребывания на данной высоте повышенный уровень легочной вентиляции стабилизируется (рис. 72). Длительная акклиматизация к условиям гипобарической гипоксии уменьшает чувствительность хеморецепторного механизма регуляции дыхания: ослабляются рефлекторные влияния на дыхательный центр и его реакция на гипоксический и гипокапнический стимулы.

По возвращении в равнинные условия требуется несколько недель, чтобы легочная вентиляция достигла обычного уровня.

Диффузионная способность легких изменяется в процессе горной акклиматизации крайне медленно. Так, даже после 6 месяцев пребывания на высоте 5800 м не обнаруживается заметных изменений в диффузионной способности легких. Вместе с тем у постоянных жителей и долгожителей больших высот она заметно выше, чем у жителей равнины.

У людей, длительно живущих на высоте, общая поверхность легких для диффузии газов может несколько увеличиваться, прежде всего за счет увеличения площади альвеол и объема (поверхности) легочных капилляров

благодаря постоянному их растяжению - дилатации. Это ведет к утончению альвеолярно-капиллярной мембраны, что благоприятствует диффузии через нее молекул O_2 . Замедление кровотока через расширенные легочные капилляры также улучшает условия для диффузии O_2 .

У постоянных жителей высокогорных районов все легочные емкости (общая, жизненная, функциональная остаточная) и остаточный объем легких увеличены по сравнению с жителями равнины.

Основные адаптационные изменения в системе крови направлены на повышение ее кислородтранспортных возможностей.

Акклиматизация к высоте является, по существу, адаптацией к низкому парциальному напряжению O_2 и CO_2 в крови и других тканях. Высотная гипервентиляция препятствует падению парциального давления O_2 в альвеолярном воздухе и соответственно в артериальной крови. Однако степень уменьшения парциального напряжения O_2 в артериальной крови, наблюдаемая сразу по прибытии на высоту, остается постоянной на протяжении нескольких недель акклиматизации. При кратковременном пребывании на высоте вместе с ростом легочной вентиляции продолжает падать парциальное напряжение CO_2 в артериальной крови. Однако в результате длительной высотной акклиматизации оно повышается, что выявляется как в условиях покоя, так и особенно во время мышечной работы.

Кислотно-щелочное равновесие в крови и других жидкостях тела за несколько дней пребывания на высоте постепенно восстанавливается благодаря усиленной экскреции щелочей (бикарбонатов) из крови через почки и их удалению с мочой. Усиленная экскреция бикарбонатов из крови заканчивается, когда ее рН восстанавливается до нормальных величин (около 7,40). Снижение алкалоза ведет к дальнейшему усилению легочной вентиляции.

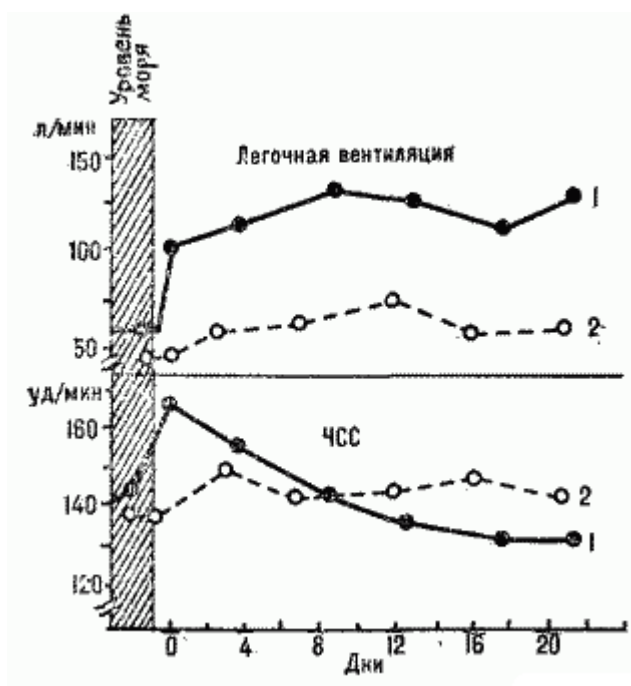


Рис. 72. Легочная вентиляция и ЧСС при работе на велоэргометре с нагрузкой 200 Вт на уровне моря (заштриховано) и на протяжении 22 дней пребывания на высоте 4300 м (по П.О. Астранду). Потребление O₂ при работе составляло 2,62,7 л/мин. Через день чередовались опыты с дыханием атмосферным воздухом (1) и чистым кислородом (2)

Уменьшение содержания буферных оснований (щелочного резерва) в крови у людей, акклиматизированных к большой высоте, имеет отрицательный эффект: снижается способность противостоять ацидозу, который возникает при мышечной работе в связи с образованием и выделением в кровь метаболитических кислот (прежде всего молочной кислоты); это может быть одной из причин снижения работоспособности.

Концентрация лактата в артериальной крови при выполнении стандартной субмаксимальной аэробной нагрузки снижается по мере акклиматизации к высоте. Максимальная для данного человека концентрация лактата в крови также несколько уменьшается в процессе длительной высотной акклиматизации. Объем плазмы крови в течение первых нескольких дней пребывания на высоте уменьшен по сравнению с объемом на равнине. Поэтому увеличен показатель гематокрита и повышена концентрация эритроцитов и гемоглобина в крови. При этом чем больше высота, тем сильнее потери плазмы (выше степень гемоконцентрации).

Так, после недели пребывания на высоте 2300 м объем плазмы уменьшен в среднем на 8%, на высоте 4300 м - на 16%. В первом случае гематокрит увеличен на 4%, концентрация гемоглобина - на 10%, а во втором соответственно на 6 и 20%. У альпинистов во время экспедиции на Гималаи объем плазмы на протяжении нескольких недель был на 29% ниже уровня в равнинных условиях.

Начальное уменьшение объема плазмы является следствием общей дегидратации в результате гипервентиляции и усиленного потоотделения. Недостаточное потребление воды в первые дни пребывания в горах может усиливать дегидратацию. Поскольку в этот период нет чувства повышенной жажды, принимать жидкость следует даже в отсутствие субъективной потребности в ней. В процессе дальнейшего пребывания на высоте объем циркулирующей плазмы восстанавливается до исходного ("равнинного") уровня. В условиях среднегорья для этого требуется несколько месяцев.

Содержание эритроцитов и гемоглобина в крови в первые дни пребывания на высоте повышается в связи с гемоконцентрацией, вызванной потерей части циркулирующей в сосудистом русле плазмы. Гемоконцентрация обеспечивает поддержание нормального содержания O_2 в артериальной крови и поэтому играет важную роль в быстрой адаптации организма к гипоксическим условиям.

В первые же дни пребывания в горах усиливается эритропоэз, ведущий к истинному увеличению числа эритроцитов в крови (Н. Н. Сиротинин). Оно становится заметным уже на 3- 4-й день пребывания на высоте свыше 3000 м. Увеличивается число циркулирующих в крови ретикулоцитов и эритроцитов больших размеров. Степень увеличения общего количества и соответственно концентрации эритроцитов на высоте до 4800 м находится в линейной зависимости от высоты и длительности пребывания в горах. При увеличении высоты до 6000 м эритропоэз падает. У альпинистов после нескольких дней пребывания на высоте более 7000 м содержание эритроцитов достигает 8,5 млн/мм³. У постоянных жителей гор оно тем больше, чем больше высота проживания:

Высота (м)	0	1000	1500	2500	3500	4500	5500	6500
Содержание эритроцитов (млн/мм ³)	5,3	5,4	5,5	5,8	6,2	6,6	7,3	8,2

За счет увеличения общего количества (массы) эритроцитов у акклиматизированного к высоте человека повышен объем циркулирующей крови.

Гемоконцентрация, происходящая в начале высотной акклиматизации, и более поздно наступающее истинное увеличение числа эритроцитов в циркулирующей крови приводят к повышению гематокрита и вязкости крови, что, в свою очередь, ведет к повышению периферического сосудистого сопротивления и тем самым влияет на гемодинамику. Небольшие изменения содержания эритроцитов (гематокрита) не оказывают заметного влияния на вязкость крови. Только значительное увеличение их концентрации, которое наблюдается, например, у жителей высокогорных районов, может оказывать определенное отрицательное влияние на циркуляцию крови.

Образование дополнительного количества гемоглобина вначале несколько задерживается по сравнению с ростом числа эритроцитов, но в процессе акклиматизации постепенно усиливается, растет концентрация гемоглобина в крови и, таким образом, повышается кислородная емкость крови (табл. 22). Средняя концентрация гемоглобина в эритроцитах при этом не изменяется. Повышение концентрации гемоглобина позволяет поддерживать нормальное или даже несколько повышенное содержание O_2 в артериальной крови, несмотря на сниженный процент насыщения ее кислородом.

Таблица 22. Показатели крови в покое у акклиматизированных людей на разных высотах

Высота, м	ОЦК, мл/кг веса тела	Концентрация гемоглобина, г%.	Кислородная емкость крови, об%	% насыщения крови O_2 , %	Содержание O_2 в артер. крови, об%
0 (уровень моря)	79,6	15,3	20,0	97	20,0
3100	83,0	16,8	22,5	91	20,5
3600	96,0	18,8	25,2	87	21,9
4600	104,0	20,7	27,8	81	22,4
6500	-	24,8	33,3	65	21,7

Увеличение числа эритроцитов и концентрации гемоглобина происходит в условиях среднегорья очень медленно. Оно тем больше, чем больше высота и длительнее пребывание на ней. На очень большой высоте концентрация гемоглобина в крови нарастает быстро и значительно. У постоянных жителей гор она составляет более 20 %. На каждые 300 м прироста высоты концентрация гемоглобина в крови увеличивается в среднем на 2,1% у мужчин и на 1,8% у женщин.

Кривая диссоциации оксигемоглобина в процессе горной акклиматизации смещается вправо, что облегчает снабжение тканей кислородом. Особенно это важно для работающих мышц. Одним из механизмов такого сдвига может быть повышение концентрации 2,3-ДФГ в эритроцитах, что наблюдается у людей, постоянно проживающих в горах. Однако даже после полной акклиматизации на высоте снабжение тканей кислородом затруднено, особенно при напряженной мышечной работе, из-за сниженного парциального напряжения O_2 в артериальной крови (табл. 23).

Таблица. 23. Показатели крови в покое и при максимальной аэробной работе на различных высотах (по Д. Фолкнеру, 1971)

Высота (м) и Условия	Концентрация	Парциальное	% насыщения	Содержание O_2
----------------------	--------------	-------------	-------------	------------------

барометрич. давление, мм рт. ст.		гемоглобина, г%	давление O ₂ в артериальной крови, мм рт. ст	артериальной крови O _г , %	в артериальной крови, об%
0 (760)	Покой	15,1	105	97	19,6
	Макс. работа		98	96	19,4
2300 (580)	Покой	16,6	75	93	20,6
	Макс. работа		70	87	19,3
3100 (520)	Покой	17,2	67	80	20,7
	Макс. работа		57	75	19,6
4300 (420)	Покой	18,2	52	84	20,5
	Макс. работа		46	70	17,1

Изменения в системе кровообращения

Первые дни пребывания в горах сердечный выброс при выполнении субмаксимальной аэробной работы больше, чем на уровне моря. Затем он постепенно снижается и в течение нескольких недель достигает величины, характерной для равнинных условий. Градуальное снижение его происходит по мере повышения кислородной емкости крови (концентрации гемоглобина).

ЧСС при относительно небольших нагрузках в первый период пребывания в горах повышена, но на поздних этапах акклиматизации становится такой же, что и на уровне моря (см. рис. 72). При выполнении работы очень большой мощности у акклиматизированных людей она даже ниже, чем на равнине.

Максимальный сердечный выброс в условиях среднегорья вначале не изменяется, но по мере пребывания в горах несколько снижается, что является результатом уменьшения систолического объема, так как максимальная ЧСС остается обычно неизменной. В то же время на большой высоте максимальный сердечный выброс заметно снижается - как за счет уменьшения систолического объема, так и за счет снижения ЧСС. Уменьшение максимальной ЧСС в условиях горной гипоксии связано с усилением парасимпатической активности, как одного из механизмов, горной адаптации.

У акклиматизированных к высоте жителей равнины во время пребывания в горах периферическое сосудистое сопротивление снижено. Стимулом для расширения коронарных сосудов, сосудов головного мозга и всех других сосудов служит гипоксия. Без такого компенсаторного расширения их увеличенный объем крови, ее повышенная вязкость и низкое насыщение кислородом создавали очень большую нагрузку для работы сердца. У постоянных жителей высокогорья артериальное давление несколько ниже, чем у жителей равнины. У живущих на высоте более 3000 м происходит повышение давления в легочном (малом) круге кровообращения с высоким сопротивлением в легочных сосудах и гипертрофией правого желудочка сердца. Это обеспечивает более равномерное соотношение вентиляции и перфузии в легких, что уменьшает различия в давлении O_2 между альвеолярным воздухом и артериальной кровью. Указанные изменения лица¹ очень постепенно исчезают при возвращении на равнину.

Основные изменения в тканях, происходящие в условиях пониженного парциального напряжения O_2 , направлены на повышение эффективности получения и утилизации кислорода для аэробного образования энергии.

Эти адаптационные изменения заключаются в следующем:

- усиление капилляризации тканей (увеличение числа и плотности капилляров);
- повышение концентрации миоглобина в скелетных мышцах;
- увеличение содержания митохондрий;
- увеличение содержания и активности окислительных ферментов.

В отличие от описанных физиологических механизмов адаптации эти изменения требуют длительного времени и потому обнаруживаются лишь у людей, долго проживающих на больших высотах.

Чем меньше возраст, с которого человек проживает в горах, тем больше адаптационные изменения. Оптимальное время акклиматизации к длительному проживанию в горах - период роста и развития ребенка.

Изменение МПК

По мере акклиматизации МПК обычно постепенно увеличивается, так что через несколько недель пребывания на высоте оно выше, чем в первые дни (рис. 73). Более заметно это увеличение МПК на средних, чем на больших, высотах. После 3-5 недель пребывания в среднегорье снижение МПК составляет лишь 6-16% по отношению к равнинному МПК. При одинаковой степени гипоксии снижение МПК у жителей гор меньше, чем у временно проживающих в горах жителей равнины. Тренировка на высоте благоприятствует процессу высотной акклиматизации: у тренирующихся в горах людей прирост МПК выше, чем у нетренирующихся. Однако даже

после продолжительной активной акклиматизации МПК на высоте остается сниженным по сравнению с равнинным, исходным МПК на уровне моря.



Рис. 73. Изменения МПК у конькобежцев на протяжении 20-дневного пребывания в среднегорье (по В. В. Михайлову и Г. М. Панову, 1975)

Так, у спортсменов высокого класса по прибытии в Мехико-сити (2300 м) МПК снизился на 14%. Через 19 дней уменьшение еще составляло 6% по отношению к исходному МПК: У 8 спортсменов международного класса начальное снижение МПК составляло в среднем 16% (индивидуальные колебания от 9 до 22%), а через 19 дней - 11% (от 6 до 16%).

Даже постоянно проживающие в горах тренированные спортсмены имеют более низкий показатель МПК на своей высоте, чем на уровне моря. Например, у спортсменов, проживающих постоянно на высоте 3100 м, МПК было на 27% ниже, чем на уровне моря.

Увеличению (восстановлению) МПК на высоте способствуют многообразные механизмы компенсаторной адаптации к гипоксическим условиям: усиление легочной вентиляции, повышение диффузионной способности легких, увеличение кислородной емкости крови, общего объема циркулирующей крови, сердечного выброса, усиление капилляризации скелетных мышц и миокарда, повышение содержания миоглобина в скелетных мышцах, митохондрий в мышечных клетках, рост активности окислительных ферментов и т. д.

Когда человек возвращается на равнину, он на протяжении нескольких недель постепенно утрачивает ту адаптацию к условиям гипобарической гипоксии, которая произошла у него в горах.

Спортивная работоспособность в среднегорье и после возвращения на уровень моря

Физическая работоспособность человека снижается по мере подъема на высоту. Прежде всего и главным образом это касается аэробной

работоспособности (выносливости) снижение которой отмечается уже на высоте 1200 м. В этом отношении нет никаких различий между тренированными и нетренированными людьми. Как у тех, так и у других в начале пребывания в горах работоспособность снижается примерно одинаково по отношению к равнинному уровню. На значительной высоте симптомы горной болезни столь же часто и даже в более выраженной степени наблюдаются у спортсменов.

Спортивная работоспособность при выполнении скоростно-силовых (анаэробных) упражнений

Мышечная сила и мощность, а также координация движений при кратковременных максимальных усилиях практически не изменяются при подъеме в горы или при дыхании газовой смесью с низким содержанием кислорода. Поэтому в непродолжительных (до 1 мин) спортивных упражнениях скоростно-силового характера и упражнениях на координацию, выполняемых в горных условиях, не наблюдается явного снижения результатов по сравнению с равнинными. Более того, на высоте из-за сниженной плотности воздуха (сопротивления перемещению) результаты на спринтерских дистанциях (особенно в велогонках) могут быть даже выше, чем на уровне моря.

Следует, однако, иметь в виду, что восстановительные процессы в организме протекают на высоте замедленно. Поэтому повторное выполнение даже кратковременных упражнений в этих условиях вызывает более быстрое наступление утомления (снижение работоспособности), чем на уровне моря.

Для участия в соревнованиях, проводимых на высоте в скоростно-силовых и координационных упражнениях, не требуется специальной предварительной акклиматизации спортсмена к этой высоте. Если спортсмен не страдает горной болезнью, срок его прибытия на соревнования может быть выбран произвольно.

Спортивная работоспособность при выполнении упражнений на выносливость

Результаты в спортивных упражнениях с предельной продолжительностью более 1-й мин на высоте ниже, чем на уровне моря. Исключение составляют относительно непродолжительные упражнения, на результат которых большое влияние оказывает величина сопротивления (плотность) воздуха, например велогонки на треке. Снижение физиологических возможностей спортсмена в этих упражнениях компенсируется улучшением механических условий их выполнения.

В некоторых пределах чем больше дистанция (предельная продолжительность упражнения), тем значительнее снижение результата. Чем больше высота, тем сильнее падение физической аэробной работоспособности, идущее параллельно с уменьшением МПК. Снижение аэробной производительности является главной причиной уменьшения

выносливости на высоте. В связи со снижением работоспособности переносимая интенсивность тренировочных нагрузок с высотой уменьшается.

По мере развития механизмов, адаптирующих организм человека к высотной гипоксии, улучшается, хотя и не очень значительно и не во всех случаях, его физическая работоспособность на данной высоте. При этом для адаптации к выполнению более продолжительных упражнений на высоте требуется и более длительный период акклиматизации. Чтобы достигнуть хорошего результата на высоте 2000 м и больше в упражнениях околорексимальной и максимальной аэробной мощности, необходим минимальный период акклиматизации (2-3 недели). Дальнейшее пребывание в условиях среднегорья слишком мало улучшает аэробную работоспособность и поэтому неоправданно.

Хорошо тренированные люди не акклиматизируются к большим высотам быстрее или более эффективно, чем нетренированные. Высота влияет на работоспособность постоянных жителей гор, как и на работоспособность жителей равнины. Как и у жителей равнины, спортивные результаты у постоянных жителей горной местности снижаются на высоте по мере увеличения дистанции (времени работы) по сравнению с их равнинными результатами.

Как следует из изложенного, акклиматизация к высотной гипоксии вызывает физиологические изменения, во многих отношениях сходные с теми, которые происходят в процессе тренировки выносливости на уровне моря. И в том, и в другом случае повышаются аэробные возможности организма, связанные с его кислородтранспортными возможностями и способностью тканей (работающих мышц) утилизировать O_2 для аэробной энергопродукции. Возникает вопрос, может ли тренировка на высоте вызывать дополнительные физиологические изменения, усиливающие аэробную производительность и физическую аэробную работоспособность (выносливость) у спортсменов на равнине? Другими словами, повышается ли работоспособность на уровне моря после пребывания на высоте, более ли эффективна тренировка на высоте, чем такая же тренировка на уровне моря? Научные данные относительно эффекта проживания и тренировки на высоте с целью повышения выносливости в равнинных условиях довольно противоречивы.

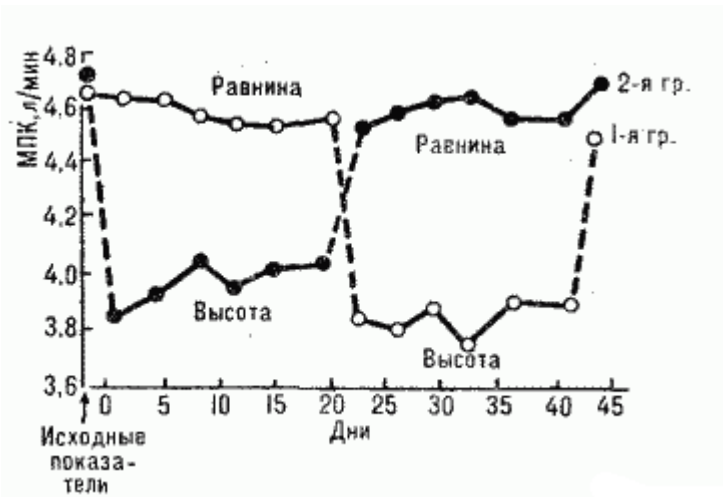


Рис. 74. МПК, определяемое у двух групп спортсменов в разные дни тренировок на высоте 2300 м и на уровне моря (по У. Адамо и др., 1975)

Несомненно, что люди, постоянно проживающие в горных условиях, имеют преимущества в соревновании на выносливость, если оно проводится в тех же условиях, перед спортсменами, постоянно живущими на уровне моря. Во время максимальной аэробной работы на средней высоте постоянные жители гор имеют более высокие кислородную емкость крови, сердечный выброс, системную АВР-О₂ и соответственно МПК, чем жители равнины того же уровня тренированности.

С другой стороны, постоянное или длительное проживание на большой высоте не дает преимуществ в отношении аэробной выносливости, проявляемой на равнине. У хорошо тренированных спортсменов проживание и интенсивная тренировка в среднегорье в течение нескольких недель не всегда дают дополнительный эффект по сравнению с эквивалентной тренировкой на уровне моря (рис. 74). Даже длительное пребывание на очень большой высоте не оказывает достоверного влияния на равнинные показатели аэробной работоспособности.

При анализе влияния, подготовки в среднегорье на результаты выступления в равнинных условиях необходимо иметь в виду значительные индивидуальные вариации: у одних спортсменов такая подготовка приводит к повышению равнинных результатов, у других - к снижению, на третьих вообще не оказывает заметного влияния. Кроме, того, важно учитывать, что функциональное состояние и спортивная работоспособность в период реакклиматизации носят выраженный фазный характер (рис. 75): повышение спортивной работоспособности чередуется с временным ее снижением. Вероятно, важную роль для повышения равнинной работоспособности играет специальная организация тренировочного процесса в горных условиях, а также период реакклиматизации.

В процессе длительного пребывания в горных условиях в организме возникают адаптационные изменения, которые способствуют повышению

работоспособности в этих специфических условиях. Вместе с тем эти изменения не дают заметного преимущества при выполнении работы в иных специфических условиях, в частности на уровне моря. Все это означает, что спортивная тренировка должна проводиться преимущественно (если не исключительно) в тех же условиях, в которых проводятся соревнования.

Смена поясно-климатических условий

Выработанная в процессе эволюции взаимосвязь организма с внешней средой -необходимое условие его существования, материалистически обоснованное еще в работах И. М. Сеченова. Природные факторы подвержены периодическим изменениям. Все проявления жизнедеятельности организма человека также не остаются постоянными и имеют ритмический характер. Ведущее положение при этом занимает суточный ритм, эволюционно обусловивший суточную периодичку физиологических функций у живых организмов.

Суточная цикличность большинства функций у человека обнаруживает себя в первые же дни после рождения. Это выражается в неодинаковом функциональном состоянии прежде всего нервной системы, крайние формы проявления которого человек переживает а виде сна и бодрствования. Неодинаковое состояние ЦНС в течение суток во многом определяет различную активность других физиологических систем организма. У взрослого человека показатели кровообращения, дыхания, температуры тела и других функций минимальны ночью, с 2 до 4 ч. Оптимально активными физиологические процессы сохраняются до 1314 ч. После некоторого-снижения в дневные часы их уровень повышается вновь к вечеру, затем прогрессивно снижается до минимальных значений.

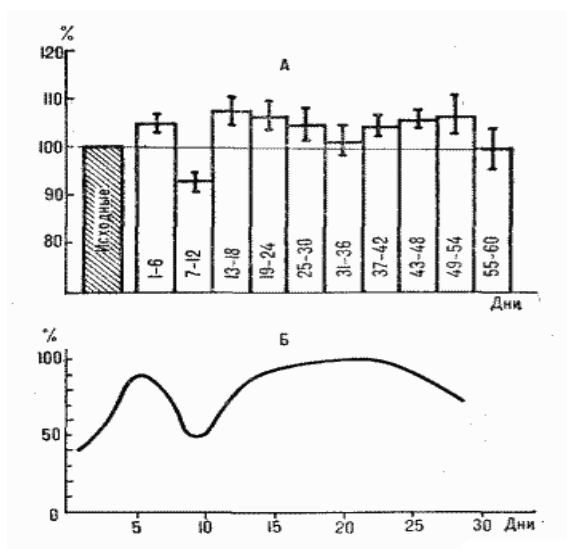


Рис. 75. Динамика МПК на протяжении 2 месяцев (А) и спортивных результатов на протяжении 1 месяца (Б) после возвращения из среднегорья

(Ф. П. Суслов, 1983). За 100% приняты показатели на равнине до пребывания в горах

Суточный ритм физиологических отправления - температуры тела, обменных реакций, сна и бодрствования-достаточно стойкий. Ритм физической работоспособности в разные периоды суток менее четкий и может существенно изменяться под влиянием соревновательных или чрезвычайно напряженных тренировочных нагрузок. Ритм этих изменений обычно соответствует стереотипности образа жизни. Как правило, работоспособность оказывается выше в дневные часы и ниже в утренние и ночные. При этом наибольшими колебаниями (до 7-10%) подвержены показатели в упражнениях скоростно-силового характера: легкоатлетических прыжках, метаниях и т. д. Менее значительные изменения наблюдаются в результатах упражнений на выносливость. В официальных соревнованиях лучшие результаты в большинстве случаев спортсмены показывают в ранние вечерние часы.

При быстром перемещении (перелете) с востока на запад или наоборот, после пересечения нескольких часовых поясов, происходит рассогласование суточных ритмов психофизиологических функций с новым поясным временем. При этом в первые дни после перелета они не согласуются со сменой дня и ночи нового места жительства (внешний десинхроноз), а позднее в результате неодинаковой скорости перестройки происходит их взаимное рассогласование - внутренний десинхроноз.

Выраженность десинхроноза, характер и скорость адаптационной перестройки функций в новых поясно-климатических условиях зависят от величины поясно-временного сдвига, направления перелета, контрастности погодно-климатического режима в пунктах постоянного и временного проживания, специфических особенностей двигательной деятельности спортсменов.

Заметное изменение функционального состояния организма человека наблюдается уже при пересечении 2-3 часовых поясов. Существенное нарушение суточного ритма функций происходит при быстром перемещении в местность с 4-5- и особенно с 7-8-часовой поясной разницей.

Так, при перелете из Хабаровска в Москву утренние (в 7 ч) показатели функций, отражая привычный дневной ритм (14-15 часов хабаровского времени), значительно отличаются от аналогичных параметров, зарегистрированных перед перелетом: ЧСС превышает исходные (утренние) величины на 10-15 уд/мин, артериальное систолическое давление - на 8-12 мм рт. ст., минутный объем дыхания - на 1,5-3 л/мин, температура тела - на 0,40,9°. Вечером эти показатели либо снижаются (отражая ночной ритм функций, свойственный хабаровскому времени), либо не изменяются, поддерживаемые двигательной деятельностью.

Поясно-климатическая адаптация заключается не только в выработке нового суточного ритма основных жизненных функций, но и в более глубоких процессах на клеточном и тканевом уровне, биологическое значение которых состоит в достижении адекватной меж- и внутрисистемной интеграции деятельности физиологических систем в новых условиях жизни.

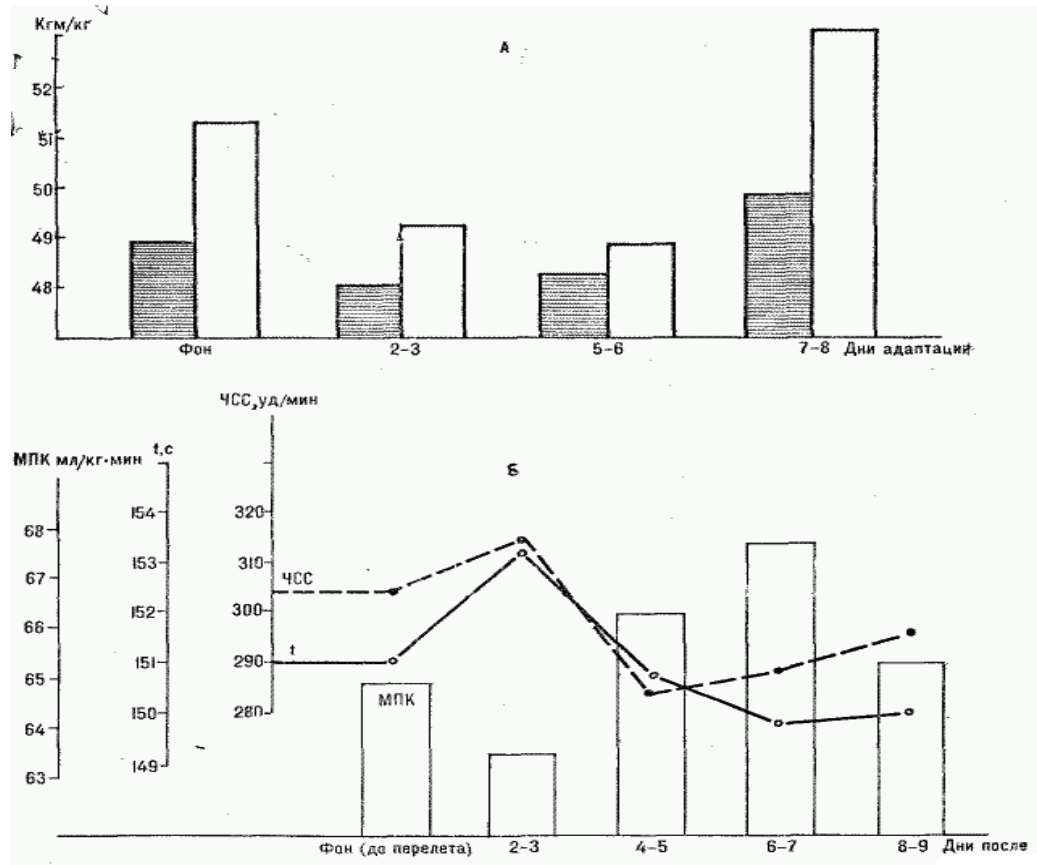


Рис. 76. Динамика функциональных показателей при перелете спортсменов на 7 часовых поясов западнее постоянного местожительства (по О. П. Панфилову). А - анаэробная работоспособность (15 прыжков вверх за 30 с): горизонтальная штриховка-до перелета, без штриховки - после перелета; Б - работоспособность (среднее время проплывания 200м разными способами, МПК (столбики) и сумма ЧСС за 3 мин

Особенность перестройки в значительной мере определяется соотношением эндогенного и экзогенного ритмов. При перелете на 78 часовых поясов в западном направлении экзогенный ритм, совмещаясь с эндогенным в течение определенного периода суток (включая фазы минимума и максимума активности функции), способствует "размыванию" суточной ритмики, что обуславливает относительно быстрое формирование нового суточного стереотипа функционального состояния. При перелете на 7-8 часовых поясов в восточном направлении экзогенный ритм в основном находится в противофазе по отношению к эндогенному. Данное обстоятельство является фактором, усложняющим, тормозящим адаптационную перестройку организма на новые условия жизни.

При возвращении в место постоянного жительства реадаптация протекает в более короткий период, чем адаптация.

Существенное влияние на адаптационные процессы оказывает специфика двигательной деятельности. У представителей скоростно-силовых видов спорта и спортивных игр адаптационные реакции выражены больше, но протекают быстрее, чем у представителей видов спорта, требующих проявления выносливости.

Так, у первых сразу после перелета в западном направлении значительное повышение температуры тела (с 36 до 36,8-37,2°), скорости оседания эритроцитов (до 200%), ЧСС (на 12-20 уд/мин), максимального АД (на 10-15 мм рт. ст.) сменяется быстрым (в течение 6-9 суток) восстановлением исходной реактивности и суточного биоритма. У вторых меньшее повышение скорости оседания эритроцитов (до 150-160%). ЧСС (на 10-15 уд/мин), максимального АД (на 6-10 мм рт. ст.) и температуры тела (с 35,7 до 36,3-36,5°) сопровождается более продолжительной (до 13-15 суток) их перестройкой.

Динамика специальной работоспособности спортсменов в новых поясно-климатических условиях представляет собой последовательную смену фаз: снижения на 0,7-5,5% (на 2-5-е сутки после перелета), неполного восстановления (на 6-10-е сутки) и превышения в последующем ее исходного уровня на 1-3,5% (рис. 76, А). Расчетное определение МПК показывает, что на 2-3-й сутки временного проживания в отдаленной местности этот показатель снижается на 1,5 мл/кг, мин, затем возрастает (относительно исходного уровня) в период с 7-го по 13-й день адаптации на 2,9 мл/кг "мин и практически восстанавливается на 18-20-е сутки адаптации. Соответственно этому изменяется работоспособность и пульсовая сумма за 3 мин восстановительного периода (рис. 76, Б). Данный феномен представляет собой результат мобилизации функционального резерва организма в усложненных условиях деятельности. Одним из механизмов этой мобилизации является усиление адаптационно-трофической функции симпатической нервной системы.

Раздел 6 Физиологические основы спортивной тренировки детей и подростков

Динамика функциональных возможностей и развитие физических качеств детей и подростков в онтогенезе и под влиянием спортивной тренировки. Физиологические критерии спортивного отбора

Развитие человека от момента рождения и до смерти (онтогенез) представляет непрерывный единый процесс (индивидуальное развитие). На

протяжении жизни организм претерпевает ряд закономерных (физиологических) изменений.

Индивидуальное развитие и возрастная периодизация

Индивидуальное развитие. Онтогенез обусловлен влиянием наследственных факторов и определяется генетической программой, которая складывается в результате взаимодействия родительских генов. Генетическая программа индивидуального развития реализуется в определенных условиях окружающей среды. На различных этапах онтогенеза влияние генетической информации и окружающей среды неодинаково. Так, в первые годы жизни влияние среды оказывается неизмеримо сильнее, чем в более поздние годы.

Формирование органов и систем развивающегося организма происходит гетерохронно (неодновременно): одни из них развиваются раньше, другие - позднее. Так, морфологически головной мозг и спинной мозг наиболее интенсивно растут в раннем детстве и к 10-12 годам достигают окончательных размеров. Формирование же половых органов до 11-12 лет происходит относительно медленно, а в 12-14 лет - быстро.

В ходе индивидуального развития человека непрерывно совершаются два взаимосвязанных процесса: ассимиляция- (усвоение, создание) и диссимиляция (разрушение, распад). На различных этапах развития соотношение между этими процессами изменяется. В период роста и формирования организма преобладает ассимиляция. Отмечается усиленный синтез белков, который сопровождается относительно большими, чем у взрослых, энергетическими тратами.

На различных этапах индивидуального развития человека изменяется характер нейрогуморальной регуляции функций. Например, на ранних этапах преобладают механизмы симпатической регуляции сердечно-сосудистой системы, что проявляется в значительной ЧСС в условиях относительного покоя; с возрастом усиливается влияние блуждающего нерва, что выражается, в частности, в замедлении ритма сердечных сокращений.

Огромное влияние на развитие человека оказывают движения, физические упражнения. Недостаток движения, ограничение двигательной активности (так называемая гипокинезия) отрицательно сказывается на формировании организма. Деятельность различных систем организма находится в прямой зависимости от активности скелетных мышц, особенно в детском возрасте. Двигательная активность стимулирует обмен веществ и энергии, совершенствование всех функций и систем организма и повышает его работоспособность.

Велика роль двигательной активности в подготовке к труду. Осваивая новые движения, человек обучается управлять работой мышц, сложными движениями, необходимыми в трудовой и спортивной деятельности.

Двигательная активность способствует усвоению информации, которая поступает из внешней среды, через сенсорные системы. Эта информация имеет значение не только для повышения физической и умственной работоспособности, но и для становления человека как личности.

Возрастная периодизация. Дошкольный и школьный возраст разделяют на следующие возрастные периоды: 1) младенческий - до 1 года; 2) раннее детство - от 1 до 3 лет; 3) дошкольный, или первое детство, - от 4- до 6-7 лет, 4) младший школьный, или второе детство, - от 6-7 до 12 лет (мальчики до 12 лет, девочки до 11 лет); 5) средний школьный, или подростковый, - от 12 до 15 лет (мальчики 12-15, девушки 11 -15 лет); 6) старший школьный - от 16 до 18 лет.

Для более точной оценки индивидуального развития рекомендуют наряду с календарным (паспортным) возрастом учитывать так называемый биологический возраст. Это связано с тем, что для каждого организма характерны только ему присущие темпы развития. Именно поэтому сроки отдельных возрастных этапов биологического развития не всегда совпадают с календарным возрастом. Биологический возраст оценивается по комплексу показателей: физическому развитию (рост, вес и т. д.), срокам окостенения скелета ("костный возраст"), степени половой зрелости и др.

Фактором, который еще более осложняет точную характеристику истинного возраста, является процесс, получивший наименование акселерация. Этот процесс характеризуется следующими основными особенностями: ускоренным физическим развитием, более ранними сроками полового созревания, увеличением размеров тела. Так, подростки и юноши Москвы выросли по сравнению с 1923- 1925 гг. на 10-13 см, у них увеличилась масса тела на 9-11 кг. Первая менструация (один из показателей полового развития) у ленинградских школьниц в 1927-1930 гг. отмечалось в среднем в 14 лет 2 месяца, а в настоящее время - в 12 лет 11 месяцев.

Наряду с детьми-акселератами, т. е. ускоренно развивающимися, есть дети-ретарданты, развивающиеся медленно, которые отстают в физическом и половом развитии. Поэтому нередко один и тот же календарный возраст объединяет разный в биологическом отношении контингент детей.

В процессе физического воспитания и спортивного совершенствования необходимо учитывать не только календарный, но и биологический возраст занимающихся, индивидуальные особенности их развития.

Возрастные особенности физиологических функций и систем

Рост и формирование организма, эффективность его взаимодействия с внешней средой во многом зависят от развития нервной системы, и главным образом ее ведущего отдела коры больших полушарий головного мозга.

Высшая нервная деятельность

На отдельных этапах возрастного развития дети характеризуются специфическими особенностями высшей нервной деятельности.

Младший школьный возраст примечателен совершенствованием высшей нервной деятельности. В этот период .возрастает сила и подвижность нервных процессов, усиливается внутреннее торможение, в результате чего взаимодействие процессов, возбуждения и торможения характеризуется большей уравновешенностью, чем у дошкольников. Установлено, что такие виды внутреннего торможения, как условное и угасание, вырабатываются значительно быстрее, чем у детей 5-7 лет. Например, условный тормоз образуется у детей 5 лет после 30 неподкреплений, а у детей 12 лет - после 4 неподкреплений.

В младшем школьном возрасте повышается способность образовывать условнорефлекторные связи. Так, у детей 10-12 лет положительные условные рефлексы как на простые, так и на сложные раздражители появляются остро и характеризуются значительной устойчивостью. Наряду с этим рефлекторные реакции у детей часто носят разлитой характер. Это результат выраженной иррадиации возбудительного процесса. Вследствие того что сила внутреннего торможения еще недостаточна, дифференцировки вырабатываются труднее, чем у взрослых. При сильных воздействиях у детей относительно быстро развивается запредельное торможение.

В 10-12 лет устанавливается частота альфа-ритма биоэлектрической активности мозга, характерная для взрослых, т. е. 10- 12 колебаний в секунду. Вместе с тем электроэнцефалограмма детей характеризуется значительной вариабельностью, в разных областях мозга отмечаются заметные различия в распределении частот электрической активности.

В младшем школьном возрасте активно развивается речевая функция, усиленно формируются мышление, способность пользоваться понятиями, абстрагированными от действия, совершенствуются взаимосвязь первой и второй сигнальных систем, внутренняя речь, способность обдумывать "про себя" поступки. Словесная информация становится более конкретной и полной. Усиливаются временные связи между словами как раздражителями и двигательной функцией. Благодаря этому повышается способность к более разнообразному и глубокому словесному выражению своих движений.

Физическое воспитание и спортивное совершенствование способствуют более тонкому взаимодействию сигнальных систем и расширяют влияние речи и мышления на двигательную функцию.

Подростковый возраст совпадает с пубертатным скачком роста и физического развития. Начало этого процесса приходится у девочек на 11 -12 лет, а у мальчиков - на 13-14 лет. Различают три фазы, связанные с процессом полового созревания: 1-я фаза-препубертатная, частично представленная теми изменениями, которые характерны для предшествующего периода; 2-я фаза - собственно-пубертатная, которая выражается в усиленном половом развитии и внешнем проявлении его признаков; 3-я фаза -постпубертатная, связанная с завершением полового созревания и продолжающаяся в старшем школьном возрасте.

Подростковый возраст характеризуется рядом отличительных особенностей. У подростков преобладают процессы возбуждения, заметно ухудшается дифференцировочное торможение, условнорефлекторные реакции становятся менее адекватными раздражению и носят более выраженный, "бурный" характер. Отчасти этим объясняется тот факт, что двигательные действия подростка нередко отличаются большим числом дополнительных движений, сокращением ненужных мышц, излишней закрепощенностью. У детей этого возраста могут наблюдаться временные трудности в образовании условных рефлексов и дифференцировок.

Подростка отличает резко повышенная эмоциональность поведения, сопровождающаяся подчас психической неустойчивостью - быстрым переходом от угнетения к радости и наоборот. Подобные изменения носят временный характер и являются следствием нейро-гормональных сдвигов, присущих данному возрастному периоду.

Как период полового созревания подростковый возраст примечателен активизацией гормональной функции половых желез. На фоне включения половых желез во взаимодействие с гипофизом и щитовидной железой изменяются нейроэндокринные и нейро-гуморальные соотношения в организме, характерные для предшествующего периода детства.

Переход к юношескому возрасту связан с дальнейшим совершенствованием высшей нервной деятельности. Повышается уровень аналитико-синтетической деятельности коры большого мозга, усиливается функция обобщения, возрастает роль словесных сигналов, уменьшается латентный период на словесный раздражитель. Усиливается внутреннее торможение, нервные процессы становятся более уравновешенными. Заканчивается формирование электрической активности коры большого мозга, в возрасте 17-18 лет деятельность ее является достаточно зрелой.

Обмен веществ и энергии

Особенность обмена веществ у детей школьного возраста состоит в том, что значительная доля образующейся энергии (больше, чем у взрослых) идет на процессы роста, развития организма, т. е. на пластические процессы. Следовательно, во время спортивной деятельности расход энергии связан не только с необходимостью восполнить ее источники, но и с процессами роста, развития.

Обмен белков. У детей потребность в белках выше, чем у взрослых. Чем младше ребенок и чем интенсивнее у него процессы роста, тем потребность в белках больше. Детям 4-7 лет на 1 кг массы тела требуется 3,5-4 г белка, в 8-12 лет - 3 г, в 12-15 лет - 2-2,5 г, а взрослым - 1-1,5 г. Так как у детей синтез белков преобладает над распадом, для растущего организма характерен положительный азотистый баланс, когда количество азота, вводимого с белковой пищей, превышает количество азота, выводимого с мочой.

Важно не только количество, но и качество потребляемых белков. Полноценность белков определяется наличием в них аминокислот, необходимых для синтеза. Большое значение имеет поступление в достаточном количестве незаменимых аминокислот. Недостаток белка замедляет развитие ребенка. У детей, занимающихся спортом, особенно при значительном увеличении мышечной массы, потребность в белках повышена в 1,5-2 раза.

Обмен жиров. Жиры и жироподобные вещества играют существенную роль в процессах роста. Они важны для морфологического и функционального созревания нервной системы. Жиры необходимы для образования клеточных мембран. Потребность в жирах с возрастом изменяется. Суточная норма жиров на 1 кг веса тела составляет: в 5-6 лет - 2,5 г/ в 10-11 лет - 1,5 г, в 16-18. лет - 1 г.

При избыточном потреблении жиры могут откладываться в запас. Особенно много их депонируется в организме при недостаточной двигательной активности. Избыток жиров нарушает обмен веществ, расстраивает пищеварение, отрицательно влияет на физическое развитие. У детей обмен жиров носит неустойчивый характер.

Обмен углеводов. Для детей характерна высокая интенсивность углеводного обмена. Это связано в том, что углеводы у них выполняют не только роль основных источников энергии, но и важную пластическую функцию, обеспечивая формирование оболочек клеток, а также соединительной ткани. За сутки дети должны получать с пищей: в возрасте 4-7 лет - 280-300 г, в 8-13 лет - 350- 370 г, в 14-17 лет -450-470 г.

Регуляция углеводного обмена у детей менее совершенна, чем у взрослых. Это проявляется в более медленной мобилизации углеводных

ресурсов, а также в меньшей способности сохранять необходимую интенсивность углеводного обмена при работе. Так, при напряженной спортивной деятельности (бег на 500 м, кросс на 5 км) у подростков и юношей уровень сахара в крови снижается чаще, чем у взрослых. Особенно это характерно для длительных, монотонных упражнений. Эмоционально насыщенные занятия, использование разнообразных (преимущественно игровых) упражнений способствуют сохранению нормального уровня сахара в крови.

Обмен воды и солей. Вода составляет около 80% массы тела ребенка. По мере развития организма количество воды уменьшается до нормы взрослых (68-72% массы тела). Чем младше ребенок, чем быстрее он развивается, тем выше у него потребность в воде. Так, в возрасте 6 лет суточная потребность в воде составляет 100-150 г на 1 кг массы тела, в 14 лет - 70-85 г, в 18 лет - 40-50 г. Несмотря на то что относительное количество потребляемой воды с возрастом уменьшается, абсолютное количество увеличивается. Это связано с тем, что с возрастом растет масса тела ребенка. Поэтому общее количество потребляемой воды в сутки, например, у детей 6-10 лет составляет 1600-2000 мл, что меньше, чем у взрослых (2200-2500 мл). Для детей характерна повышенная гидролабильность, т. е. способность быстро терять и быстро депонировать воду. Это обусловлено недостаточно совершенной нервной и эндокринной регуляцией водного обмена.

Минеральные вещества имеют большое значение для формирования костной ткани, главным образом кальция и фосфора. Потребность в них увеличивается в период усиленного роста, особенно в период полового созревания подростков. У детей 6-7 лет суточная потребность в кальции составляет 0,3-0,5 г, а у старших школьников примерно 1,0 г.

Для нормального развития организма важно не только абсолютное количество минеральных веществ, но и их соотношение. Например, если в суточном рационе дошкольников должно содержаться примерно равное количество кальция и фосфора, то в более старшем возрасте фосфора должно быть вдвое больше.

Растущий организм нуждается также в натрии, калии, хлоре, железе. Однако суточная потребность детей в этих минеральных веществах в 1,5-2 раза меньше, чем у взрослых. Кроме этого, в обмене веществ у детей имеют значение такие микроэлементы, как медь, цинк, кобальт, марганец.

Обмен энергии. У детей энергетический обмен выше, чем у взрослых. Например, расход энергии на 1 кг массы и на единицу поверхности тела в условиях относительного покоя (основной обмен) в возрасте 8-10 лет в 2-2,5 раза выше, чем у взрослых. Более высокая интенсивность биоэнергетики детского организма является следствием процессов роста и развития. Причем она тем выше, чем младше ребенок.

Большой расход энергии связан не только с усиленными пластическими процессами, но и с более интенсивной, чем у взрослых, работой дыхательной и сердечно-сосудистой систем, а также с большей теплоотдачей. Поверхность тела ребенка относительно велика по сравнению с массой тела, поэтому он отдает в окружающую среду больше тепла. Так, расход, энергии в состоянии основного обмена на 1 м² поверхности тела у 10-летних равен 49,5 ккал, у 16-18-летних - 43 ккал.

Расход энергии во время выполнения физических упражнений также зависит от возраста. У подростков при выполнении одинаковой со взрослыми работы энергетический обмен выше. С возрастом энергозатраты при той же мышечной нагрузке понижаются. Исследование расхода энергии при ходьбе показало, что чем старше дети, тем меньше энергетические затраты на 1 м пути. При нагрузке на велоэргометре ребенок 8-9 лет затрачивает на 1 кгм работы в 1 мин 7,6 мл кислорода, а взрослый - 5,4 мл, т. е. в 1,4 раза меньше.

Таким образом, с возрастом повышается экономичность мышечной работы. На это указывает также рост механической эффективности по мере развития организма. При работе на велоэргометре в возрасте 6-9 лет она равна 12,3%, в то время как у взрослых - 15-20%. Под влиянием спортивной тренировки энергетическая стоимость упражнений понижается. Установлено, что у юных спортсменов потребление кислорода увеличивается в меньшей мере, чем у их сверстников, не занимающихся спортом.

У детей также меньше максимальный уровень увеличения обмена при напряженной мышечной деятельности. Так, в 10-11 лет потребление кислорода по сравнению с основным обменом может увеличиваться максимально в 9-10 раз, в то время как у взрослых - в 15-20 раз. Установлена зависимость МПК от индивидуальных темпов развития организма. У подростков, опережающих своих сверстников в темпах физического развития, МПК выше, чем у отстающих.

У юных спортсменов максимальный уровень энергетического обмена выше, чем у детей, не занимающихся спортом. Так, у спортсменов 16-17 лет МПК на 50-60% выше, чем у неспортсменов.

Система кроем

Объем циркулирующей крови (по отношению к весу тела) зависит от возраста: у детей до 1 года - 11%, у взрослых - 7%, на 1 кг веса тела у детей 7-12 лет - 70 мл, у взрослых - 50-65 мл.

Возрастные изменения характерны и для форменных элементов крови. У ребенка первого года жизни количество эритроцитов составляет 6-6,5 млн/мм³. С возрастом оно снижается до 4-5 млн/мм³.

По мере развития организма увеличивается концентрация гемоглобина в крови (табл. 25).

Таблица 25 Содержание гемоглобина в крови (г%) мальчиков и мужчин

Возраст, лет					
8-9	10-11	12-13	14-15	16-17	20-25
13,8	14,4	13,7	15,1	15,1	15,5

Сниженное по сравнению со взрослыми содержание гемоглобина у детей определяет несколько меньшую кислородную емкость крови (табл. 26).

Таблица 26. Кислородная емкость крови (КЕК) и содержание кислорода в артериальной крови, у мальчиков и мужчин

Возраст, лет								
Показатели	3-7	8-9	10-11	12-13	14	15	16-17	20-30
Кислородная емкость крови (об.%)	16,8	17,4	17,9	18,0	18,8	19,2	19,0	19,7
Оа артериальной крови (об.%)	16,5	17,0	17,4	17,5	18,3	18,8	18,3	19,0

В крови детей первых дней жизни содержится большое количество лейкоцитов (10 000-15 000 в 1 мм³). В последующие годы содержание лейкоцитов понижается и к 8-10 годам доходит до уровня взрослых. Заметные возрастные изменения происходят и в лейкоцитарной формуле. С возрастом увеличивается процент нейтрофилов и понижается количество моноцитов и лимфоцитов. В результате относительно невысокого содержания нейтрофилов у детей дошкольного возраста понижена фагоцитарная функция крови.

Мышечная деятельность сопровождается существенными изменениями в системе крови. Для подростков и юношей характерны более значительные, чем для взрослых, изменения ряда показателей крови после мышечной работы (повышение содержания лейкоцитов, эритроцитов, тромбоцитов, свертывания крови) и более длительный период их восстановления. Кроме того, у подростков 12-14.лет отмечена разнонаправленность сдвигов отдельных показателей крови, что связано с перестройкой в этот период нейроэндокринной регуляции функций.

Кровообращение

В различные возрастные периоды сердечно-сосудистая система характеризуется отличительными особенностями, обусловленными главным образом специфическими изменениями обмена веществ и энергии на разных этапах онтогенеза.

Сердце. Для мышцы сердца детей характерен высокий уровень расхода энергии, что определяет значительное напряжение окислительных процессов в миокарде. Это находит отражение в большом потреблении кислорода мышцей.

В процессе роста и развития ребенка увеличивается масса сердца. У мальчиков 9-10 лет она составляет 111,1 г, что в 2 раза меньше, чем у взрослых (244,4 г). Наряду с этим изменяется соотношение массы отделов сердца, перестраивается его гистологическая структура. Так, в наибольшей мере увеличение массы сердца происходит за счет левого желудочка. Систематическая тренировка вызывает увеличение массы сердечной мышцы. У юных пловцов, лыжников, велосипедистов, бегунов на средние дистанции размеры сердца увеличиваются больше, чем у других спортсменов.

Частота сердечных сокращений. С возрастом ЧСС понижается: у новорожденных она составляет в покое 135-140 уд/мин, в 7 лет - 85-90 уд/мин, в 14-15 лет приближается к данным взрослых и составляет 70-80 уд/мин.

Для детей характерен неустойчивый ритм сердечной деятельности. Он подвержен значительным колебаниям под влиянием внутренних и внешних раздражителей, например под влиянием температуры окружающей среды (повышение температуры способствует увеличению ЧСС, понижение - уменьшению).

Спортивная тренировка оказывает существенное влияние на ЧСС. У юных спортсменов, особенно тренирующихся в упражнениях на выносливость, в условиях относительного покоя, как и у взрослых, проявляется брадикардия. Однако выражена она меньше.

Существенные возрастные различия ЧСС наблюдаются при мышечной деятельности. При одинаковой аэробной нагрузке ЧСС с возрастом уменьшается. Одна и та же работа осуществляется более экономно благодаря меньшей интенсификации сердечной деятельности (рис. 94). Например, мальчики 12-14 лет при ЧСС 130 уд/мин могут выполнить работу, не превышающую 70 ватт, а 18-летние - 122 ватт.

Организму ;детей и подростков повышение величины нагрузки (увеличение мощности, продолжительности и числа повторений упражнений, уменьшение интервала отдыха) стоит дороже, чем взрослому организму. Например, в возрасте 9-11 лет при увеличении нагрузки на 1 кгм в 1 с учащение сердцебиений составляет 8,2-9,4 уд/мин, в 12-13 лет - 6,4-9,5 уд/мин, а у взрослых - 3,6-5,3 уд/мин.

У детей при напряженных физических упражнениях максимальная ЧСС находится в обратной зависимости от возраста: чем "младше ребенок, тем она выше. В качестве простого правила определения максимальной ЧСС в школьном возрасте может служить следующая формула: $220 - \text{возраст}$ /год/. Например, у 10-летних, ребят максимальная ЧСС составляет в среднем около 210 уд/мин /220-10/. Таким образом, как ЧСС покоя, так и любая рабочая ЧСС при одинаковых неаэробных нагрузках и максимальная ЧСС у детей выше, чем у взрослых.

Восстановление ЧСС после физических упражнений у лиц разного возраста также зависит от величины нагрузки. После непродолжительных упражнений максимальной мощности у детей 11 - 14 лет восстановление ЧСС происходит быстрее, чем у взрослых. После напряженных и продолжительных упражнений период восстановления ЧСС с возрастом укорачивается. Это связано с повышением работоспособности.

Систолический объем крови и сердечный выброс с возрастом повышаются. В 7 лет систолический объем крови составляет 23 мл, в 13-16 лет - 50-60 мл. Прирост его определяет увеличение сердечного выброса. В покое в возрасте 6-9 лет сердечный выброс равен 2,6 л/мин, в 10-12 лет - 3,2 л/мин, в 13-16 лет - 3,8 л/мин. Однако при расчете на 1 кг массы тела наблюдается иная картина: чем старше возраст, тем меньше величина сердечного выброса. Таким образом, для детей характерна более напряженная деятельность сердца.

При мышечной работе систолический объем и сердечный выброс у детей увеличиваются меньше, чем у взрослых. По мере роста и развития детей максимально возможный систолический объем становится больше. Так, в 8-9 лет он достигает 70 мл, в 14-15 лет - 100-120 мл, у взрослых - 110-130 мл. У детей 8-9 лет при напряженной мышечной деятельности сердечный выброс может достигать максимально 13-16 л/мин, у подростков 14-15 лет - 20-24 л/мин. Следовательно, в возрасте 8-9 лет по сравнению с покоем сердечный выброс увеличивается в 4 раза, в 14-15 лет - в 5-6 раз, у взрослых - в 6-7 раз.

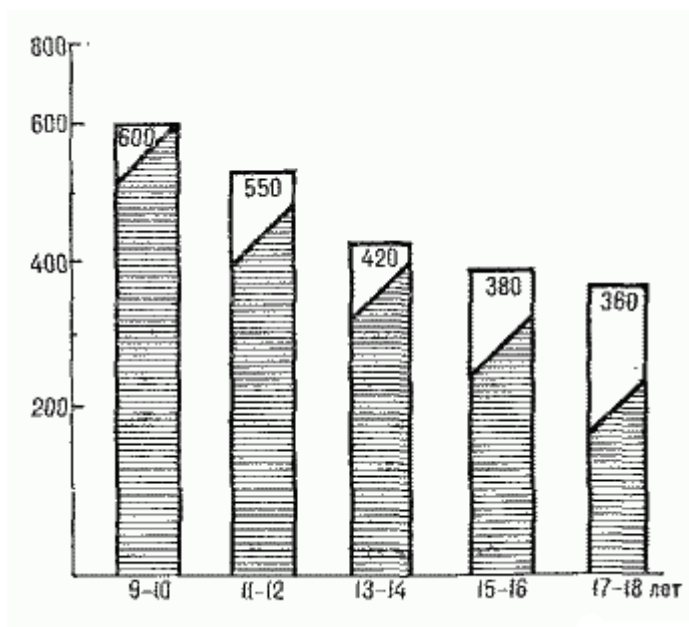


Рис. 94. Сумма сердечных сокращений сверх покоя (ордината) при одинаковой нагрузке у школьников разного возраста (В. М. Волков)

Таким образом, с возрастом потенциальные возможности сердца повышаются. Существенная особенность адаптации детского сердца состоит

в том, что прирост сердечного выброса происходит преимущественно за счет увеличения ЧСС при относительно невысоком повышении систолического объема крови.

Особенности кровообращения у детей как в покое, так и при мышечной работе тесно связаны с обменом веществ. Более высокая интенсивность энергетического обмена, относительно большее потребление O₂ (на 1 кг массы тела) предъявляют к сердцу детей значительные требования. Поэтому сердце у ребенка или подростка как в условиях покоя, так и при мышечной деятельности работает несколько напряженнее, чем у взрослых.

Сосудистая система и артериальное давление. По мере развития детей увеличивается просвет кровеносных сосудов. В результате повышается объем циркулирующей крови и создаются условия для лучшего кровоснабжения тканей, работающих органов кислородом и удаления продуктов распада.

Наряду с расширением просвета сосудов образуются новые кровеносные сосуды. Это особенно характерно для детей, активно занимающихся физической культурой и спортом. Формирование новых сосудов и их коллатералей в результате регулярной мышечной деятельности приводит к усилению периферического кровообращения.

С возрастом повышается АД. Так, в 11 лет систолическое давление в покое равно 95, а в 15 лет - 109 мм рт. ст.; минимальное АД в 11 -13 лет равно 83, а в 15-16 лет - 88 мм.рт. ст.

У подростков и юношей 13-16 лет иногда отмечается временное повышение систолического давления до 130-140 мм рт. ст. (юношеская гипертония). Это связывают с тем, что развитие сердца и кровеносных сосудов происходит нередко несинхронно. Так, в период полового созревания рост сердца может опережать рост кровеносных сосудов. В результате сердцу приходится преодолевать большое сопротивление со стороны относительно узких кровеносных сосудов. Это следует учитывать при занятиях спортом: тщательно дозировать и индивидуализировать физические нагрузки.

У детей систолическое давление во время физических упражнений увеличивается значительно меньше, чем у взрослых. Так, у 11-12-летних школьников при выполнении упражнений максимальной мощности систолическое давление увеличивается в среднем на 32 мм рт. ст., а у подростков и юношей 15-16 и 18-20 лет соответственно на 45 и 50 мм рт. ст.

Возрастные изменения сердечно-сосудистой системы отражают особенности регуляции кровообращения растущего организма. В первые годы жизни заметно преобладают симпатические влияния. По мере развития

организма это преобладание становится менее выраженным на фоне усиления влияния блуждающего нерва. В результате организуется такое взаимодействие симпатических и парасимпатических влияний, которое обеспечивает эффективную деятельность сердечно-сосудистой системы как в покое, так и (особенно) при напряженных физических упражнениях.

У юных спортсменов различные эмоции быстрее и сильнее отражаются на сердечнососудистой системе, чем у взрослых. Продолжительные отрицательные эмоции могут нарушить регуляцию сердечно-сосудистой системы и, естественно, неблагоприятно отразиться на спортивных достижениях.

С ростом и развитием организма увеличивается объем легких. Особенно интенсивный рост легких отмечается между 12 и 16 годами. Вес обоих легких в 9-10 лет равен 395 г, а у взрослых почти 1000 г. Рост легких происходит в основном не за счет увеличения числа, а за счет объема альвеол.

Возрастные изменения легочных объемов и емкостей. С возрастом изменяется общая емкость легких, которую составляют остаточный объем и ЖЕЛ, причем остаточный объем увеличивается меньше, чем ЖЕЛ. Общая емкость легких в 10 лет составляет 2,2-3,1 л, т. е. половину величины взрослых. У юных спортсменов отмечено более значительное увеличение с возрастом общей емкости легких - как в абсолютных, так и в относительных величинах. Особенно выражены эти изменения между 14 и 16 годами. У спортсменов 15-16 лет общая емкость легких такая же, как у взрослых нетренированных людей.

С ростом и развитием увеличиваются ЖЕЛ (табл. 27) и ее составляющие (дыхательный объем, резервные объемы вдоха и выдоха), а также изменяются соотношения между ними.

Таблица 27. Средняя величина ЖЕЛ (мл)

Возраст, лет						
6	7	8	10	12	15	17
Мальчики						
1200	1400	1440	1630	1975	2600	3520
Девочки						
1100	1200	1360	1460	1905	2530	2760

У юных спортсменов (легкоатлетов, велосипедистов, гребцов) ЖЕЛ выше, чем у не занимающихся спортом. Наибольшей ЖЕЛ, нередко превышающей 5 л, обладают юные пловцы, велосипедисты. Повышение

ЖЕЛ и резервного объема вдоха обуславливает более значительную вентиляцию легких и удовлетворение кислородного запроса. Юные спортсмены отличаются от своих нетренированных сверстников лучшим соотношением легочных объемов. У тренированных подростков и юношей снижается доля остаточного объема в функциональной остаточной емкости, увеличивается запас кислорода в альвеолах легких.

По мере развития организма изменяется режим дыхания: длительность дыхательного цикла, временное соотношение между вдохом и выдохом, глубина и частота дыхания. Для детей младшего возраста характерны частый, недостаточно устойчивый ритм дыхания, небольшая глубина, примерно одинаковое соотношение по времени вдоха и выдоха, короткая дыхательная пауза. Частота дыхания у детей 7-8 лет составляет 20-25 дыхательных движений в минуту. С возрастом она снижается до 12-16 дыханий в минуту, ритм дыхания становится более стабильным. Фаза вдоха укорачивается, а выдох и дыхательная пауза удлиняются. Одновременно увеличиваются дыхательный объем и скорость воздушного потока на вдохе. У детей 7-8 лет дыхательный объем колеблется в пределах от 163 до 285 мл, у взрослых он увеличивается в 2-3 раза. Юные спортсмены отличаются от своих сверстников-неспортсменов меньшей глубиной дыхания в условиях относительного покоя.

Несмотря на абсолютно меньший минутный объем дыхания, относительная его величина у детей выше, чем у взрослых. С возрастом относительная величина легочной вентиляции уменьшается. Так, минутный объем дыхания у 14-летних подростков на 1 кг массы тела и на 1 м² поверхности тела составляет соответственно 125 и 3700 мл, а у взрослых лишь 80 и 2500 мл.

Аналогичная возрастная зависимость проявляется и в отношении потребления O₂. Абсолютная величина этого показателя у детей ниже, а относительная выше, чем у взрослых. Например, относительное потребление O₂ в покое составляет в возрасте 10 лет 6,24 мл/кг*мин, а в 20 лет - 4,45 мл/кг*мин. Под влиянием спортивной тренировки (например, в гребле) в течение одного-двух лет потребление O₂ в покое у юных спортсменов заметно снижается, и уже в 14 лет может достигать уровня, характерного для нетренированных людей 20-30 лет.

Дыхательную функцию характеризует также максимальная вентиляция легких. С возрастом она увеличивается. При этом возрастает резерв дыхания, т. е. разница между минутным объемом дыхания в покое и максимальной вентиляцией легких. У юных спортсменов максимальная вентиляция легких и резерв дыхания больше, чем у неспортсменов. Причем разница находится в прямой зависимости от стажа занятий спортом.

Режим дыхания у детей менее эффективный, чем у взрослых. Например, у ребенка 1 л кислорода извлекается из 29-30 л воздуха, вентилирующего легкие, у подростков - из 32-34 л, у взрослых - из 24-25 л. За один дыхательный цикл подросток потребляет 14 мл кислорода, в то время как взрослый 21 мл. Таким образом, дети потребляют относительно больше кислорода за счет более напряженной деятельности дыхательного аппарата.

По мере развития организма изменяется способность адаптироваться к недостатку кислорода. Дети и подростки менее, чем взрослые, способны задерживать дыхание и работать в условиях недостатка кислорода. У них быстрее, чем у взрослых, снижается насыщение крови кислородом, а дыхание после задержки возобновляется при еще высоком содержании кислорода в крови. Следовательно, дети и подростки уступают взрослым в способности преодолевать недостаток кислорода. Это связывают с тем, что они обладают меньшей, чем взрослые, способностью затормаживать дыхательные движения, а также преодолевать гипоксические и гиперкапнические сдвиги в крови.

Юные спортсмены характеризуются более совершенной адаптацией к этим сдвигам, чем их сверстники-неспортсмены. Так, у спортсменов 12 и 15-16 лет при задержке дыхания насыщение крови кислородом снижается в среднем соответственно на 4,8 и 8,9%, а у неспортсменов лишь на 3,3 и 6,8%, т. е. юные спортсмены могут преодолевать более значительные гипоксические сдвиги.

Дыхание при работе. У детей одинаковая со взрослыми мышечная нагрузка сопровождается большим усилением внешнего дыхания, потребления O_2 . Влияние спортивной тренировки проявляется в снижении легочной вентиляции и потребления O_2 при стандартной нагрузке. Тренированные дети выполняют физическую нагрузку при меньшем усилении дыхания по сравнению с нетренированными.

Дети характеризуются меньшими возможностями усиления внешнего дыхания и потребления O_2 при работе. Например, у детей 8-9 лет минутный объем дыхания при напряженной работе может увеличиваться по сравнению с данными покоя в 10-12 раз (до 50-70 л/мин), а у взрослых - в 15-18 раз (до 100-150 л/мин), у спортсменов еще больше - в 20-25 раз (до 180-220 л/мин).

Легочная вентиляция у детей увеличивается преимущественно за счет учащения дыхания, а не увеличения его глубины. Это объясняет тот факт, что за один дыхательный цикл дети 8-9 лет потребляют в 3,5 раза меньше кислорода, чем нетренированные взрослые, и в 6 раз меньше, чем спортсмены высокого класса.

Меньшая - способность детей снабжать организм кислородом при работе определяется также меньшей кислородной емкостью крови. Общее содержание гемоглобина в крови в расчете на 1 кг массы тела составляет, у

детей 7-11 лет 7,5 г, а у взрослых- 10,4 г. Другая, причина меньшего усиления потребления кислорода у детей при выполнении физических упражнений заключается в возрастных особенностях сердечно-сосудистой системы: обеспечение организма кислородом осуществляется за счет более напряженной и менее эффективной деятельности сердца. Например, даже в условиях относительного покоя потреблению 1 л кислорода у подростков соответствует сердечный выброс 21-22 л, а у взрослых-15- 16 л.

Для детей характерна меньшая АВР-О₂ при мышечной работе. Нагрузка, сопровождающаяся МПК, вызывает увеличение АВР-О₂ у детей до 8 об.%, у нетренированных взрослых - до 14-15 об.%. Это указывает на то, что с возрастом повышается использование кислорода из артериальной крови. Например, у детей 8-11 лет в условиях МПК из артериальной крови используется лишь около 50% кислорода, в то время как у взрослых 70%, а у спортсменов высокого класса 90%.

Развитие движений и формирование двигательных (физических) качеств

Роль движений в развитии организма огромна. Они способствуют формированию многих функций человека. Сложившаяся в процессе эволюции взаимосвязь моторных и вегетативных функций обеспечивает по механизму моторно-висцеральных рефлексов совершенствование в ходе онтогенеза обмена веществ и энергии.

Двигательный аппарат

В процессе развития детей происходит окостенение скелета, т. е. замена хрящевой ткани на костную, причем в различных его частях в разные сроки. Развитие характеризуется ростом костей в длину и в ширину, изменением их химического состава (увеличивается содержание солей кальция, фосфора, магния), повышением прочности. В костях находится орган кроветворения - красный костный мозг. С возрастом происходит совершенствование кроветворной функции.

Развитие костной ткани в значительной мере зависит от роста мышечной ткани. Мышцы детей существенно отличаются от мышц взрослых. С возрастом увеличивается масса мышц. Однако это происходит неравномерно: в течение первых 15 лет на 9%, а в последующие 2-3 года на 12%. Каждая мышца или группа мышц развиваются также неравномерно. Наиболее высокими темпами роста обладают мышцы ног, наименее высокими - мышцы рук. Темпы роста мышц-разгибателей опережают развитие мышц-сгибателей. Особенно быстро нарастает вес тех мышц, которые раньше начинают функционировать и являются более нагруженными.

Характеристика основных движений

С первых дней жизни ребенка по механизму временных связей происходит формирование новых движений. Огромное значение при этом имеет взаимодействие двигательной системы с другими сенсорными системами: зрительной, слуховой, вестибулярной и т. д.

Ходьба. Овладение ходьбой - сложным двигательным навыком - происходит в течение всего 2-го года жизни. С возрастом ходьба стабилизируется: увеличивается длина шага, уменьшаются темп движений и колебания тела при ходьбе.

Бег. Элементы бега появляются у детей с 2 лет. Совершенствуется двигательный навык бега благодаря удлинению фазы полета и уменьшению длительности опоры. От 3 до 10 лет фаза полета увеличивается более чем в 2 раза. Изменение длины шага и темпа бега определяет повышение с возрастом скорости бега - возрастает максимальная скорость. Одновременно уменьшается величина снижения скорости в конце бега на короткие дистанции (рис. 95). Максимальная скорость бега у детей 10-11 лет составляет 5,37 м/с, у 14-15-летних - 6,07 м/с, у 17-18-летних - 8,08 м/с.

У детей 7-8 лет способность сохранять высокую скорость бега развита меньше, чем у подростков и юношей. Спортивная тренировка способствует увеличению максимальной скорости бега и способности удерживать высокую скорость на дистанции.

Прыжки. Прыжок, как сложный двигательный навык, требующий значительной силы и быстроты движений, формируется лишь на 3-м году жизни. С возрастом результат в прыжках увеличивается благодаря повышению мышечной координации, развитию силы мышц и быстроты. Увеличение это происходит неравномерно. Наибольший рост результатов в прыжках отмечается у мальчиков до 13 лет, а у девочек до 12-13 лет. В последующие годы (до 17-18 лет) он замедляется.

Возрастной анализ высоты подпрыгивания (толчком двух ног) показал, что с 8 до 10 лет годовой прирост результатов в среднем составляет 2 см. Наибольший прирост зафиксирован с 10 до 13 лет - 4,3 см. В последующие годы отмечено снижение темпов прироста. Спортивная тренировка способствует повышению результативности в прыжках. У юных спортсменов наиболее интенсивный прирост отмечен от 13-14 до 15-16 лет. В последующий возрастной период (17-18 лет) темпы прироста замедляются.

Развитие двигательных качеств

Между развитием двигательных качеств (силы, быстроты, выносливости, ловкости, гибкости) и формированием двигательных навыков существует тесная взаимосвязь. Освоение новых движений сопровождается совершенствованием двигательных качеств. Различные движения избирательно воздействуют на двигательный аппарат человека и поэтому в неравной мере развивают отдельные мышцы и мышечные группы.

Формирование двигательных качеств в онтогенезе происходит неравномерно и гетерохронно и зависит от развития ряда систем организма. Например, совершенствование выносливости определяется в значительной мере слаженной деятельностью кровеносной, дыхательной и сердечно-сосудистой систем, а развитие силы мышц тесно связано с ростом костной и мышечной тканей, с формированием способности управлять работой мышц. Каждому возрасту свойствен определенный уровень развития двигательных качеств. Наивысшие достижения в силе, быстроте и выносливости достигаются в разные сроки.

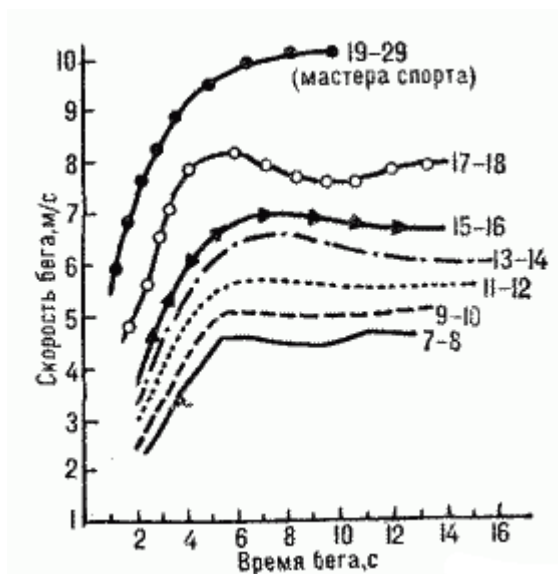


Рис. 95. Изменение скорости бега у людей разного возраста (А. И. Васютина и др.)

Систематическая тренировка ускоряет развитие двигательных качеств, но прирост их в различные возрастные периоды неодинаков.

Сила. Впервые максимальную произвольную силу мышц (МПС) при изометрическом напряжении удается измерить в возрасте 4-5 лет. МПС сгибателей и разгибателей кисти составляет в среднем соответственно 5,22 и 4,61 кг, бедра 6,0 и 7,9 кг, туловища 8,17 и 14,65 кг.

С возрастом происходит неравномерное развитие силы отдельных мышц. Как видно из табл. 28, в 12-16 лет прирост МПС у мышц-разгибателей бедра больше, чем у мышц-разгибателей голени и стопы.

Таблица 28. Максимальная произвольная сила мышц (кг) в зависимости от возраста

Возраст, лет	Разгибатели бедра	Разгибатели ходяцы	Разгибатели стопы
12	62	24	39
13	74	31	49

14	85	37	55
15	96	41	59
16	106	44	68

В каждом возрастном периоде изменяется соотношение (топография) МПС различных мышц, формируется своеобразный мышечный профиль. С 8 до 10 лет повышение МПС мышц происходит относительно равномерно. К 11 годам темпы роста ее увеличиваются. Наиболее интенсивный прирост МПС установлен в период от 13-14 до 16-17 лет. В последующие годы (до 18-20 лет) темпы ее роста замедляются. У более крупных мышц МПС увеличивается несколько дольше. К 16-17 годам завершается формирование топографии силы мышц, характерной для взрослых.

В настоящее время в связи с акселерацией отмечается тенденция более раннего развития силы отдельных групп мышц.

Наряду с ростом абсолютной МПС увеличивается относительная МПС (на 1 кг массы тела). Наиболее высокий темп развития относительной силы происходит от 6-7 до 9-11 лет, а для некоторых мышц (разгибатели туловища, подошвенные сгибатели стопы) до 13-14 лет.

Быстрота. При выполнении спортивных упражнений, как правило, отмечается комплексное проявление быстроты. Например, результат в спринтерском беге зависит от времени двигательной реакции на старт, быстроты одиночных движений и частоты (темпа) шагов.

Впервые в отдельных движениях время реакции удается определить в возрасте 2-3 лет - 0,50-0,90 с. Но уже в 5-7 лет оно снижается до 0,30-0,40 с, а к 13-14 годам приближается к данным взрослых (0,11-0,25 с). Изменение с возрастом двигательной реакции происходит неравномерно. До 9-11 лет время ее уменьшается быстро, а в последующие годы, особенно после 12-14 лет, - медленно.

Тренировка способствует улучшению скорости двигательной реакции. Наибольшее уменьшение времени реакции под влиянием систематической тренировки отмечено у детей 9-12 лет. В этом возрасте преимущество тренирующихся детей перед не занимающимися спортом особенно велико. Если в это время не развивать быстроту, то в последующие годы, возникшее отставание трудно ликвидировать.

В процессе развития организма повышается скорость одиночных движений. К 13-14 годам она приближается к данным взрослых, в 16-17 лет отмечается снижение ее, а к 20-30 годам - некоторое повышение. У юных спортсменов скорость одиночных движений развита лучше. Уже в возрасте 13-14 лет отмечается явное превосходство их над нетренирующимися, которое сохраняется в последующие возрастные периоды. Наибольшая

эффективность развития скорости одиночных движений установлена в 9-13 лет.

Важным компонентом быстроты является частота (темп) движений. Максимальная частота движений (за 10 с) в локтевом суставе увеличивается с 4 до 1.7 лет в 3,3-3,7 раза. У детей 11 -12 лет максимальная частота вращения педалей на велоэргометре составляет в среднем 20 (за 10 с), затем повышается и в 18-20 лет равна 33.

Взаимосвязь в развитии силы и быстроты достаточно полно проявляется в скоростно-силовых упражнениях, например в прыжках в длину и в высоту. Наибольший прирост результатов в прыжках наблюдается от 12 до 13 лет (табл. 29).

Таблица 29. Результаты (см) в скоростно-силовых упражнениях у мальчиков в зависимости от возраста

Возраст, лет	Прыжок вверх (толчком двух ног)	Прыжок в длину	Тройной прыжок (с места)
12	35	171	517
13	38	185	560
14	40	194	591
15	42	201	615
16	44	211	636

Таким образом, и по данным скоростно-силовых упражнений отмечается неравномерный прирост результатов в различные возрастные периоды.

Выносливость. Наиболее полно возрастные изменения выносливости изучены при статических усилиях различных групп мышц, например сгибателей кисти, предплечья, бедра. Установлено, например, что с возрастом увеличивается время удержания сгибателями кисти усилия на динамометре, равного 50% от максимального (в 10-12 лет время данного усилия составляет 96 с, а в 18-20 лет- 113.с).

Продолжительность усилия различных групп мышц неодинакова и увеличивается не одновременно. В возрасте от 8 до 11 лет наибольшей выносливостью характеризуются мышцы-разгибатели туловища; в 11 -14 лет значительно повышается выносливость икроножных мышц, в 13-14 лет несколько снижается статическая выносливость сгибателей и разгибателей предплечья и разгибателей туловища.

По мере развития организма увеличивается время удержания основных гимнастических поз - вися и упора. С 13 до 17 лет предельная

продолжительность виса повышается у мальчиков в 4,3 раза, а у девочек - в 4 раза.

С возрастом заметно повышается работоспособность при выполнении напряженных динамических упражнений на выносливость. В упражнении на велоэргометре мощность работы, увеличивается с 509 кгм/мин в 8-9 лет до 2710 кгм/мин у взрослых людей (табл. 30).

Таблица 30. Возрастные изменения мощности работы на велоэргометре (А.З. Колчинская, 1973)

Возраст, лет	Мощность, кгм/мин
8-9	509
10-11	745
13	916
14	1045
15-16	1219
22	2710

Выносливость в разные возрастные периоды повышается неравномерно. Так, установлено, что в упражнениях аэробной мощности наибольший прирост выносливости наблюдается у юношей от 15-16 до 17-18 лет. В упражнениях анаэробной мощности значительное увеличение продолжительности работы отмечается от 10-12 до 13-14 лет.

Юные спортсмены характеризуются не только большей выносливостью, но и более значительным ее возрастным приростом. Так, у девочек, занимающихся плаванием, от 8 до 15 лет работоспособность в упражнениях на велоэргометре увеличивается в 3 раза, а у мальчиков - в 3,4 раза. При этом, чем старше юные спортсмены и чем больше у них стаж занятий спортом, тем больше они отличаются от неспортсменов.

Ловкость. Это двигательное качество характеризуется умением управлять силовыми, временными; пространственными параметрами движений.

Одним из проявлений ловкости является точность ориентации в пространстве. Способность к пространственной дифференцировке движений заметно усиливается в возрасте 5-6 лет. Наибольший рост этой способности отмечается от 7 до 10 лет. В 10-12 лет она стабилизируется, в 14-15 лет несколько ухудшается, а в 16-17 лет показатели двигательной ориентации достигают данных взрослых. Систематическая тренировка развивает умение более качественно анализировать пространственные параметры движений.

С возрастом изменяется способность дифференцировать темп движения. В 7-8 лет отмечается значительная вариативность частоты вращения педалей велосипеда. К 13-14 годам способность воспроизводить заданный темп движений улучшается и приближается к данным взрослых.

О совершенствовании с возрастом ловкости свидетельствует способность дифференцировать усилие мышц. У детей 5-10 лет точность воспроизведения заданного усилия меньше, чем в последующие периоды развития. Наиболее совершенная дифференцировка уровня мышечного напряжения характерна для юношей 15-17 лет.

Под влиянием тренировки способность управлять движениям улучшается. Высокая степень развития координации движений обуславливает более успешное совершенствование других двигательных качеств.

Гибкость. По мере развития организма гибкость изменяется неравномерно. Так, подвижность позвоночного столба при разгибании заметно повышается у мальчиков с 7 до 14 лет, а у девочек с 7 до 12 лет. В более старшем возрасте прирост ее снижается. Подвижность позвоночного столба при сгибании у мальчиков 7-10 лет значительно возрастает, а в 11-13 лет уменьшается. Высокие показатели гибкости отмечаются у мальчиков в 15 лет, а у девочек - в 14 лет. При активных движениях гибкость несколько меньше, чем при пассивных.

Физиологическая характеристика юных спортсменов

Характерной особенностью спортивного совершенствования детей и подростков является то, что у них развитие двигательных и вегетативных функций, повышение работоспособности происходит на фоне еще не закончившихся процессов роста и формирования организма. Поэтому особую опасность представляет форсированная подготовка юного спортсмена, использование узкого круга физических упражнений, чрезмерное и несвоевременное увеличение тренировочных нагрузок.

Возрастные особенности спортивной работоспособности

По мере развития организма его физическая работоспособность повышается. В спорте это выражается в повышении скорости-движений" увеличении продолжительности и интенсивности бега, плавания, гребли и т. д., даже в относительно небольшом возрастном диапазоне (табл. 31); при работе на велоэргометре с возрастом увеличивается, мощность работы (См. табл. 30).

Таблица 31. Работоспособность и кислородный запрос во время гребли в максимальном темпе на байдарке на дистанции 200 м у подростков (по В. С. Мищенко, 1969)

Показатели	возраст, лет		
	13	14	15-18
Время гребли (с)	70,7 ± 0,5	66,0 ± 0,6	61,5 ± 0,6
Число гребков в минуту	81,3 ± 0,4	82,0 ± 0,6	93,0 ± 0,7
Кислородный запрос, мл/мин мл/кг-мин	3360±40 62,4 ± 0,3	3562±48 64,0 ± 0,4	4070 ± 60 68,0 ± 0,45

Спортивная тренировка способствует росту физической работоспособности. Юные спортсмены по сравнению с не занимающимися спортом показывают большую работоспособность. При этом чем старше юные спортсмены, чем продолжительнее стаж занятий спортом, тем больше различия между ними и неспортсменами. Установлено, что спортсмены 8-9 лет в упражнениях - на велоэргометре выполняли работу, равную 3874 кгм, а неспортсмены того же возраста- 3684 кгм. Работа 14-15-летних пловцов равняется 12 973 кгм, а их сверстников-неспортсменов лишь 8486 кгм. Девочки (и занимающиеся, и не занимающиеся спортом) показывают меньшую работоспособность, чем мальчики. Причем различия в работоспособности между юными спортсменками и не занимающимися спортом выражены в большей степени, чем у мальчиков (табл. 32).

Таблица 32. Работоспособность мальчиков (М) и девочек (Д) 8-15 лет, занимающихся (I) и не занимающихся (II) спортом (С. Б. Тихвинский, 1972)

Показатели	Группа	Возраст, лет			
		8-9	10-11	12-13	14-15
Достигнутая мощность работы (Вт)	М I	142,1	171,6	195,7	248,4
	М II	140,6	161,7	162,0	210,7
	Д I	145,0	148,6	184,1	227,7
	Д II	116,0	137,0	152,9	168,6
Суммарная работа (кгм)	М I	3874	5105	8402	32973
	М II	3684	4721	4938	8486
	Д I	3645	4632	6712	10749
	Д II	2610	3408	4592	5175
МПК (мл/мин)	М I	1492	1714	2221	2703

	М II	1535	1657	1698	2299
	Д I	1337	1533	1974	2221
	Д II	1022	1277	1509	1722

Увеличение работоспособности и улучшение с возрастом адаптации к упражнениям на выносливость в значительной степени связано с ростом аэробной производительности, и в частности МПК. Причем увеличение МПК в наибольшей степени проявляется у юных спортсменов по мере увеличения стажа занятий спортом.

Детский и юношеский организмы характеризуются не только меньшей аэробной, но и меньшей анаэробной производительностью. Это в известной мере ограничивает работоспособность, особенно в упражнениях анаэробной мощности, при которых анаэробные процессы энергопродукции играют существенную роль. Одним из показателей анаэробной производительности служит величина максимального кислородного долга, которая с возрастом возрастает. Установлено, что дети 9-10 лет прекращают работу при нагрузке 8-9,3 кгм/с, когда кислородный долг составляет 800-1200 мл. Подростки 12-14 лет могут выполнять работу, равную 12-17 кгм/с, при кислородном долге 2000-2500 мл. Предельная нагрузка для взрослых - 20-45 кгм/с, а кислородный долг - 6000 мл. Вместе с тем у детей кислородный долг составляет больший процент от кислородного запаса. Величина как быстрой (алактатной), так и медленной (лактатной) фракций кислородного долга у них меньше. Максимальные значения этих компонентов кислородной задолженности отмечаются в возрасте 20-30 лет.

О повышении с возрастом анаэробных возможностей организма свидетельствуют изменения концентрации молочной кислоты в крови. У детей 7-8 лет при упражнениях максимальной интенсивности содержание молочной кислоты в крови повышается до 80 мг%, у 14-15-летних - до 100 мг%, а у взрослых - до 112 мг%. Эти данные указывают на то, что дети и подростки менее, чем взрослые, способны работать в анаэробных условиях.

Формирование аэробного и анаэробного механизмов энергетического обеспечения мышечной деятельности происходит в разные сроки. Анаэробные возможности развиваются позднее. Так, если по величине относительного МГЩ 13-летние почти не отличаются от взрослых, то относительный максимальный кислородный долг у них составляет лишь 60-70% от данных взрослых. В результате этого у детей (особенно у младших школьников) отмечается незначительное использование анаэробных процессов в энергообеспечении мышечной деятельности.

Возрастные особенности адаптации к мышечной деятельности проявляются при нагрузках повышающейся мощности. Взрослые спортсмены могут выполнять на велоэргометре нагрузку, равную 1700 кгм/мин, при ЧСС 175 уд/мин. У юношей меньшая работа (1500 кгм/мин) сопровождается большим ростом ЧСС (186 уд/мин). Таким образом,

взрослые спортсмены производят больший объем работы за счет менее напряженной сердечной деятельности. Для того чтобы потребить равное со взрослыми количество кислорода, детям необходимо сделать большее число дыхательных движений. Так, у детей 11-12 лет на один дыхательный цикл приходится 17,8 мл O₂, в то время как у взрослых 35,8 мл.

Х.4.2. Возрастные особенности динамики состояния организма при спортивной деятельности

В процессе спортивной деятельности в физиологическом состоянии организма отмечается несколько периодов, сменяющих друг друга: стартовое состояние, вработывание, устойчивое состояние, утомление и восстановление (см. гл. 2).

У юных спортсменов предстартовые условнорефлекторные изменения различных функций могут быть более выражены, чем у взрослых. Словесная информация о предстоящей мышечной деятельности вызывает у детей более заметные изменения ЧСС и АД, причем у спортсменов предработное увеличение функций более значительно по сравнению с не занимающимися спортом.

Период вработывания у детей несколько короче, чем у взрослых. Например, у детей 7-14 лет в беге на короткие дистанции максимальная скорость достигается на 5-й секунде, а у юношей 17-18 лет - на 6-й. Правда, юноши за это время достигают большей скорости и преодолевают большее расстояние. В упражнениях на выносливость (плавание, "езда" на велоэргометре) у детей также несколько раньше стабилизируются некоторые показатели работоспособности, сердечно-сосудистой и дыхательной систем.

После периода вработывания наступает устойчивое состояние. Способность удерживать устойчивое состояние зависит от возраста. Дети меньше, чем взрослые, способны сохранять его. Они быстрее достигают максимального уровня потребления O₂, но в способности удерживать этот уровень уступают взрослым (рис. 96). Более короткий период устойчивого состояния сочетается у подростков с более стремительным, чем у взрослых, развитием гипоксемии, что является результатом большего рассогласования функций у подростков при напряженной мышечной деятельности.

От возраста зависит также характер процессов утомления. У детей в период утомления работоспособность, скорость движений снижаются в большей мере, чем у взрослых. Дети вынуждены прекращать работу при меньших изменениях внутренней среды организма, в условиях значительно меньшей кислородной задолженности.

При умеренной аэробной работе в период развивающегося утомления у подростков больше выражена дискоординация вегетативных функций (дыхания и кровообращения), в большей мере повышается энергетическая стоимость упражнений (В. М. Волков, А. В. Ромашов).

У юных спортсменов утомление нередко проявляется в более значительных нарушениях координации движений и взаимодействия

двигательных и вегетативных функций (например, в нарушении согласования между дыханием и движением).

Возраст влияет и на характер восстановительных процессов после физической нагрузки. После непродолжительных, преимущественно анаэробных, упражнений восстановление работоспособности, вегетативных функций, ликвидации кислородной задолженности у детей происходит в более короткие, чем у взрослых, сроки. Правда, как в абсолютных, так и в относительных единицах величина кислородной задолженности у детей меньше. При работе максимальной мощности у детей 11 -14 лет восстановление потребления O₂ происходит на 12- 14-й мин, а у взрослых - на 16- 18-й мин.

Восстановительные процессы после интенсивных упражнений носят; неравномерный характер. Сначала они протекают быстро, а затем медленно. В быструю фазу восстановления ликвидируется большая, чем у взрослых, часть кислородного долга. У детей 8- 9 лет она составляет 60-70% общего долга, а у взрослых - лишь около 40%. С возрастом (от 11 до 20 лет) наряду с повышением выносливости и возможности производить большую работу увеличивается время восстановления.

Более быстрое восстановление у детей после непродолжительных упражнений не дает им заметных, преимуществ перед взрослыми. Дело в том, что при продолжительных и утомительных нагрузках, при многократных повторениях упражнений восстановительные процессы у детей протекают медленнее, чем у взрослых. Например, у спортсменов 16-18 лет после велогонки на 50 км АД восстанавливается за 6-24 ч, а у взрослых спортсменов -за 3-4 ч. Продолжительность восстановительных процессов у юных велосипедистов после гонки на 25 км примерно такая же, как у взрослых спортсменов после гонки на 50 км.

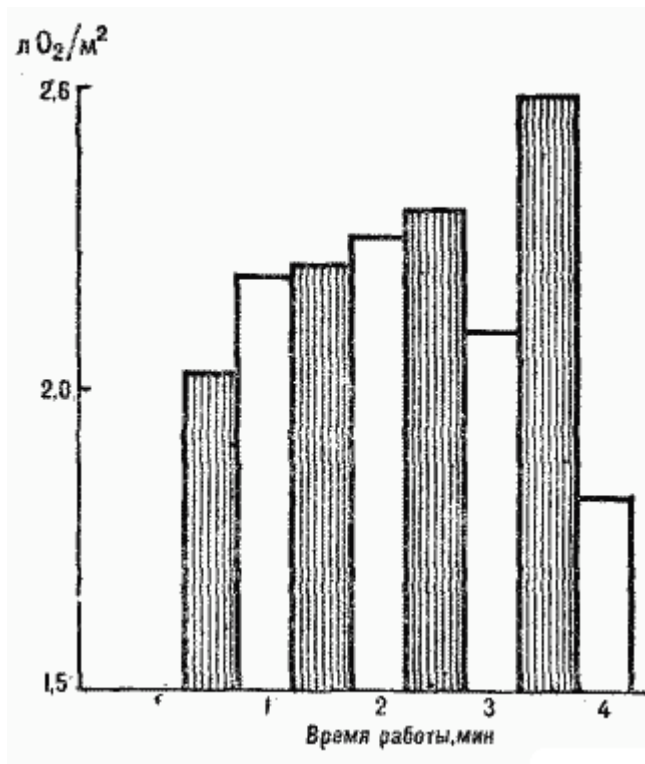


Рис. 96. Скорость потребления O₂ на 1 м² поверхности тела (ордината) во время максимально напряженной работы - бега на тредбане (В. М. Волков): штриховка - взрослые спортсмены, без штриховки - юные спортсмены

Спортивная ориентация и ее физиологические критерии

Характерной особенностью современного спорта является поиск талантливой молодежи, организация научно обоснованной спортивной ориентации.

Различные виды спорта предъявляют специфические требования к строению тела, уровню развития отдельных двигательных качеств, функциональным возможностям организма. Так, границы спортивных достижений во многом определяются морфологическими особенностями спортсмена. Их необходимо учитывать при спортивной ориентации, так как некоторые характеристики телосложения слабо изменяются под влиянием тренировки.

В ряде видов спорта, где преобладающим качеством является выносливость, предъявляются высокие требования к аэробной производительности. Согласно данным В. Б. Шварца, величина МПК на 80% зависит от генетических факторов и лишь на 20% от влияния внешней среды, в частности тренировки. Поэтому определение МПК у юных спортсменов может быть использовано для прогноза их будущих результатов в упражнениях на выносливость.

Многие выдающиеся бегуны на средние дистанции отличаются высоко развитой способностью преодолевать кислородный дефицит. Они могут "терпеть" гипоксемические и гиперкапнические сдвиги, в 2-3 раза превышающие подобные изменения у спортсменов менее высокой квалификации (А. Б. Пандельсман). Поэтому в анаэробных видах спортивной деятельности надежным критерием отбора может быть оценка способности преодолевать кислородную недостаточность. Наиболее простой способ оценки - метод гипоксемических проб (задержка дыхания, дыхание в замкнутое пространство, дыхание газовыми смесями и т. д.), более сложный - определение максимального кислородного долга.

В некоторых видах спорта (тяжелой атлетике, борьбе, гимнастике, легкоатлетических метаниях) спортивный результат в значительной степени определяется уровнем развития силы определенных- групп мышц.

Показателем скоростно-силовой подготовленности бегунов на короткие дистанции является импульс силы за ОД с. Он характеризует способность спортсмена проявлять большие усилия в кратчайшее время и может служить тестом для контроля за уровнем специальной подготовленности спринтера. С возрастом, по мере спортивного совершенствования, величина импульса силы повышается.

Быстроту и скоростно-силовые качества относят к числу консервативных проявлений двигательных способностей человека, т. е. слабо изменяющихся под влиянием спортивной тренировки. Так, установлено, что в легкоатлетических прыжках время отталкивания мало зависит от возраста занимающихся и их квалификации. Юные спортсмены, отличающиеся значительными "взрывными усилиями", сохраняют это качество в процессе дальнейшей подготовки. Поэтому способность к концентрации усилий в толчковой фазе прыжка рассматривают как критерий для положительного прогноза потенциальных возможностей к занятиям данным видом спорта.

Признавая значимость генетического фактора, не следует умалять роли внешней среды. Генетическая информация может быть реализована только в том случае, если она в каждом возрастном периоде будет оптимально взаимодействовать с определенными условиями среды. Установлено, что эффективность спортивного совершенствования значительно выше, если акценты педагогических влияний совпадают с индивидуальными анатомо-физиологическими особенностями спортсмена в данный возрастной период.

Влияние определенного фактора среды неодинаково на различных этапах развития организма. Для каждого этапа характерен "свой комплекс" наиболее действенных факторов, которые дают наибольший эффект. Неадекватным возможностям организма внешние факторы не позволяют использовать резервы организма, которыми он располагает на отдельных этапах онтогенеза.

Развитие двигательных качеств у спортсменов 12-16 лет находится в зависимости не столько от паспортного, сколько от биологического возраста. Неодинаковые темпы развития детей одного и того же паспортного возраста

могут ввести тренера в заблуждение в отношении их истинных способностей. Высокий спортивный результат в детские и юношеские годы может быть обусловлен не спортивной одаренностью, а генетически более ранними сроками биологического созревания. Таким образом, акцент при спортивном отборе на детей-акселератов не всегда целесообразен. Нередко подростки с замедленными темпами индивидуального развития являются потенциально более способными, но их одаренность может проявиться позднее.

Спортивные достижения определяются, с одной стороны, уровнем исходных результатов (ювенильные показатели), а с другой - темпами прироста их в ходе спортивного совершенствования. В связи с неодинаковыми темпами прироста между ювенильными показателями и конечными достижениями (дефинитивные показатели) не всегда есть полное соответствие. Поэтому необходимо учитывать не только исходный уровень достижений, но и темпы, прироста функциональных возможностей, развития двигательных качеств. Установлено, что результаты юных пловцов, легкоатлетов, достигнутые к концу 2-3-го года занятий, не зависят от первоначальных исходных результатов. Следовательно, в данном случае не исходный спортивный результат, а индивидуальные темпы развития функциональных возможностей в большей степени взаимосвязаны с дефинитивными показателями.

Более высокие темпы прироста спортивных достижений имеют место при так называемом дифференцированном спортивном совершенствовании, т. е. при условии избирательного подхода к занимающимся с учетом их индивидуальных морфологических и функциональных данных, особенностей развития высшей нервной деятельности. Принцип индивидуализации имеет широкий спектр действия. Воспитание будущего спортсмена - это не только индивидуальное развитие специальных физических качеств, но и формирование личности и характера будущего спортсмена.

Раздел 7 Контроль и самоконтроль в процессе занятий физической культурой и спортом

Самоконтроль текущего функционального состояния организма человека в процессе занятий физической культурой и спортом. Врачебный контроль в профессиональном спорте

Врачебный контроль - научно-практический раздел медицины, изучающий состояние здоровья, физического развития, функционального состояния организма занимающихся физическими упражнениями и спортом.

Педагогический контроль - процесс получения информации о влиянии занятия физическими упражнениями и спортом на организм занимающихся с целью повышения эффективности учебно-тренировочного процесса.

Самоконтроль - это метод самонаблюдения за состоянием своего организма в процессе занятий физическими упражнениями и спортом. Он необходим для того, чтобы занятия оказывали тренирующий эффект и не вызывали нарушений в состоянии здоровья.

Диагностика состояния здоровья - краткое заключение о состоянии здоровья занимающегося по результатам врачебного контроля.

Функциональная проба - дозированная нагрузка, позволяющая оценить функциональное состояние организма.

Критерии физического развития - состояние основных форм и размеров тела, функциональных способностей организма. К ним относятся: осанка, состояние костного скелета и мускулатуры, степень жировоголожения, форма грудной клетки, спины, живота, ног, а также результаты функциональных проб.

Антропометрические показатели - это комплекс морфологических и функциональных данных, характеризующих возрастные и половые особенности физического развития. К ним относятся: длина и масса тела, окружность (грудной клетки и др.), жизненная емкость легких, ручная и становая динамометрия и др.

Врачебный контроль

Врачебный контроль - научно-практический раздел медицины, изучающий состояние здоровья, физического развития, функционального состояния организма занимающихся физическими упражнениями и спортом

Главная задача врачебного контроля - обеспечение правильности и высокой эффективности учебно-тренировочных занятий и спортивных мероприятий.

Врачебный контроль призван исключить все условия, при которых могут появляться отрицательные воздействия от занятий физическими упражнениями и спортом на организм занимающихся. Врачебный контроль является обязательным условием предупреждения травматизма в процессе физического воспитания студентов и осуществляется в соответствии с "Положением о врачебном контроле за физическим воспитанием в вузе".

Врачебный контроль в вузе проводится в следующих формах:

- регулярные медицинские обследования и контроль занимающихся физическими упражнениями и спортом;

- врачебно-педагогическое наблюдения за занимающимися во время занятий и соревнований

- санитарно-гигиенический контроль за местами и условиями занятий и соревнований;

- санитарно-просветительская работа и пропаганда физической культуры и спорта, здорового образа жизни;

- профилактика спортивного травматизма и заболеваний;

-проведение комплексных и восстановительных мероприятий

Для студентов медицинское обследование³проводят перед началом учебного года один раз в год. Для лиц имеющих отклонение в здоровье - 2раза в год. Для лиц активно занимающихся спортом -3-4раза в год.

Ежегодные врачебные осмотры студентов позволяют изучить состояние здоровья, физическое развитие и функциональные способности важнейших систем организма, а также установить медицинскую группу занимающихся студентов.

Установленное многолетней практикой врачебного контроля распределение занимающихся происходит на группы:

- основную (без отклонений в состоянии здоровья);
- подготовительную (без отклонений, но с недостаточным физическим развитием и подготовленностью);
- специальную (имеют отклонения в состоянии здоровья и требующие ограничение физических нагрузок).

Это позволяет правильно дозировать физические нагрузки в процессе занятий по физическому воспитанию в соответствии с состоянием здоровья занимающихся.

Педагогический контроль

Педагогический контроль -процесс получения информации о влиянии занятий физическими упражнениями и спортом на организм занимающихся с целью повышения эффективности учебно-тренировочного процесса.

Практическая реализация педагогического контроля осуществляется в системе специально реализуемых проверок, включаемых в содержание занятий по физическому воспитанию. Такие проверки позволяют вести систематический учет по двум наиболее важным направлениям:

- степень усвоения техники двигательных действий;
- уровень развития физических качеств. В системе контроля за усвоением техники двигательных

действий осуществляемого преподавателем физического воспитания, принято различать три вида проверок:

- предварительную (контрольные нормативы);
- текущую (отмечается в журнале);
- итоговую (прием государственных тестов).

К методам педагогического контроля относятся:

- анкетирование занимающихся;
- анализ рабочей документации учебно-тренировочного процесса;
- педагогические наблюдения во время занятий;
- регистрацию функциональных и других показателей;
- тестирование различных сторон подготовки.

Самоконтроль

Самоконтроль -это метод самонаблюдения за состоянием своего организма в процессе занятий Физическими упражнениями и спортом.

Самоконтроль необходим для того, чтобы занятия оказывали тренирующий эффект и не вызывали нарушения в состоянии здоровья. Самоконтроль состоит из простых общедоступных приемов наблюдения и складывается из учета субъективных показателей (самочувствия, сон, аппетит, желание тренироваться, переносимость нагрузок и т.д.) и объективных показателей (вес, пульс, спирометрия, частота дыхания, артериальное давление, динамометрия). Самоконтроль необходимо вести во все периоды тренировки и даже во время отдыха. Самоконтроль имеет не только воспитательное значение, но и приучает более сознательно относиться к занятиям, соблюдать правила личной и общественной гигиены, режима учебы, труда, быта и отдыха. Результаты самоконтроля должны регулярно регистрироваться в специальном дневнике самоконтроля.

Субъективные показатели самоконтроля

Настроение. Очень существенный показатель, отражающий психическое состояние занимающихся. Занятия всегда должны доставлять удовольствие. Настроение можно считать -хорошим, когда уверен в себе, спокоен, жизнерадостен; удовлетворительным -при неустойчивом эмоциональном состоянии и неудовлетворительным, когда человек расстроен, растерян, подавлен.

Самочувствие. Является одним из важных показателей оценки физического состояния, влияния физических упражнений на организм. У занимающихся плохое самочувствие, как правило, бывает при заболеваниях или при несоответствии функциональных возможностей организма уровню выполняемой физической нагрузки. Самочувствие может быть хорошее (ощущение силы и бодрости, желание заниматься), удовлетворительным (вялость, упадок сил, неудовлетворительное (заметная слабость, утомление, головные боли, повышение ЧСС и артериального давления в покое и др.).

Сон. Наиболее эффективным средством восстановления работоспособности организма после занятий физическими упражнениями является сон. Сон имеет решающее значение для восстановления нервной системы. Сон глубокий, крепкий, наступающий сразу - вызывает чувство бодрости, прилив сил. При характеристике сна отмечается продолжительность и глубина сна, его нарушения (трудное засыпание, беспокойный сон, бессонница, недосыпание и т.д.).

Аппетит. Чем больше человек двигается, занимается физическими упражнениями, тем лучше он должен питаться, так как потребность организма в энергетических веществах увеличивается. Аппетит, как известно, неустойчив, он легко нарушается при недомоганиях и болезнях, при переутомлении. При большой интенсивной нагрузке аппетит может резко снизиться. Следовательно, на основании аппетита, студент может судить о соответствии физических нагрузок индивидуальным возможностям организма. Аппетит может быть оценен как хороший, удовлетворительный, пониженный и плохой.

Работоспособность. Оценивается как повышенная, нормальная и пониженная. При правильной организации учебно-тренировочного процесса в динамике работоспособность должна увеличиваться.

Утомление. Утомление - это физиологическое состояние организма, проявляющееся в снижении работоспособности в результате проведенной работы. Оно является средством тренировки и повышения работоспособности. В норме утомление должно проходить через 2-3 часа после занятий. Если оно держится дольше, это говорит о неадекватности подобранной физической нагрузки. С утомлением следует бороться тогда, когда оно начинает переходить в переутомление, т.е. когда утомление не исчезает на следующее утро после тренировки. Примерная схема внешних признаков утомления приведена в табл. 7.1.

Таблица 7.1. - Внешние признаки утомления при занятиях физическими упражнениями (по Н.Б. Танбиану)

Признак усталости	Степень утомляемости		
	небольшая	значительная	резкая (большая)
Окраска кожи	Небольшое покраснение	Значительное покраснение	Резкое покраснение или побледнение, синюшность
Потливость	Небольшая	Большая (плечевой пояс)	Очень большая (все туловище), появление соли на висках, на рубашке, майке
Движение	Быстрая походка	Неуверенный шаг, покачивание	Резкие покачивания, отставание при ходьбе, беге, в альпинистских походах, на марше
Внимание	Хорошее, безошибочное выполнение указаний	Неточность в выполнении команды, ошибки при перемене направлений	Замедленное выполнение команд, воспринимаются только громкие команды
Самочувствие	Никаких жалоб	Жалобы на усталость, боли в ногах, одышку, сердцебиение	Жалобы на усталость, боли в ногах, одышку, головную боль, "жжение" в груди, тошноту, и даже рвоту. Такое состояние держится долго

Объективные показатели самоконтроля

Пульс. В настоящее время ЧСС рассматривается одним из главных и самых доступных показателей характеризующая состояние сердечно-сосудистой системы и ее реакции на физическую нагрузку. Частота пульса здорового нетренированного человека в состоянии покоя обычно колеблется у женщин в пределах 75-80уд/мин, у мужчин - 65-70уд/мин. У спортсменов частота пульса уменьшается до 50-60уд/мин, причем это уменьшение наблюдается с ростом тренированности. ЧСС определяется пальпаторным методом на сонной или лучевой артериях после 3минут отдыха, за 10, 15или30секунд, после чего производят пересчет полученных величин в минуту. Измерение ЧСС проводится сразу же в первые 10сек. после работы. Для контроля важно, как реагирует пульс на нагрузку и быстро ли снижается после нагрузки. Вот за этим показателем занимающийся должен следить, сравнивая ЧСС в покое и после нагрузки. При малых и средних нагрузках нормальным считается восстановление ЧСС через 10-15минут.

Если ЧСС в покое утром или перед каждым занятием у студента постоянна, то можно говорить о хорошем восстановлении организма после предыдущего занятия. Если показатели ЧСС выше, то организм не восстановился.

Значительное учащение или замедление пульса на фоне ухудшения самочувствия - один из симптомов утомления, переутомления или нарушения состояния здоровья.

Вес. Для определения нормального веса используются различные весо-ростовые индексы. В практике широко используют индекс Брока.

Нормальный вес тела для людей ростом

от 155 до 165 см = длина тела -100

165. - 175 см = длина тела -105

175 и выше см = длина тела -110

Более точную информацию о соотношении физического веса и конституции тела дает метод, который кроме роста учитывает и окружность грудной клетки

$\text{рост, (см)} \times \text{объем грудной клетки (см)}$

Вес в кг = 240

И, наконец, для определения веса можно предложить

таблицу примерного веса для мужчин и женщин (табл.7.2).

Т а б л и ц а 7.2. - Примерный вес мужчин и женщин (в кг) в зависимости от роста и возраста

	Женщины		Мужчины	
Рост в	18-25 лет	25 - 40 лет	18-25 лет	25-40 лет
см	вес в кг	вес в кг	вес в кг	вес в кг

152	50, 7	49, 9	53.6	59.8
154	52, 2	51, 6	56, 1	62, 2
156	53, 8	53.4	58, 5	64, 6
158	55, 3	55, 1	61.0	67.0
160	56.9	56, 8	63.4	69.4
162	58, 5	58, 5	65, 9	71, 8
164	60, 00	60.2	68.4	74.2
166	61, 6	62, 0	70, 8	76, 6
168	63, 1	63, 7	73, 3	79.0
170	64, 7	65, 4	75.8	81.4
172	66.3	67.1	78.3	83, 9
174	67.8	68.8	80, 8	86.4
176			83, 3	88.8
178			85.9	91.2

Частота дыхания (ЧД) и ЖЕЛ. Дыхание в покое должно быть ритмичным и глубоким. В норме частота дыхания у взрослого человека 14-18 раз в минуту. При нагрузке увеличивается в 2-2, 5 раза. Важным показателем функции дыхания является жизненная емкость легких (ЖЕЛ) - объем воздуха, полученный при максимальном выдохе, сделанном после максимального вдоха. В норме у женщин 2, 5 - 4 л, у мужчин равна 3, 5-5 л.

Артериальное давление (АД). Систолическое давление (макс) - это давление в период систолы (сокращения) сердца, когда оно достигает наибольшей величины на протяжении сердечного цикла. Диастолическое давление (мин) - определяется к концу диастолы (расслабления) сердца, когда оно на протяжении сердечного цикла достигает минимальной величины.

Формула идеального давления для каждого возраста:

$$\text{макс. АД} = 102 + (0, 6 \times \text{кол-во лет}) \quad \text{мин. АД} = 63 + (0, 5 \times \text{кол-во лет})$$

Всемирная организация здравоохранения предлагает считать нормальными цифрами артериальное давление для систолического (макс.) - 100 - 140 мм рт.ст.; для диастолического 80-90 мм рт.ст.

ЛАБОРАТОРНЫЕ ЗАНЯТИЯ

Лабораторная работа №1

Исследование предстартового состояния спортсменов в зависимости от интенсивности предстоящей физической нагрузки

Изменение функций организма до начала физической или умственной работы называют предстартовым (или предрабочим) состоянием. В основе его формирования лежит механизм условных рефлексов, изучавшийся И.П. Павловым. В связи с этим его проявление регистрируется только после неоднократного повторения ситуации, за которой следует выполнение работы, требующей существенного изменения функций организма. Происходит закрепление условного рефлекса, с помощью которого организм заблаговременно начинает подготовку к переходу в новое функциональное состояние.

Управляет всем процессом подготовки центральная нервная система (ЦНС), ее возбудимость в этих условиях повышается, а от состояния ЦНС зависит выраженность физиологических реакций и, следовательно, качество этой подготовки. Активизация определенных нервных центров инициирует повышение активности симпатического отдела вегетативной нервной системы, выброс в кровь гормонов надпочечников (катехоламинов) и последующее усиление функций кровеносной и дыхательной систем, усиление процессов энергообеспечения в мышцах, сердце, мозге. По сравнению с уровнем покоя существенно повышается ЧСС и сила сердечных сокращений, растет сердечный выброс (СВ), повышается артериальное давление, легочная вентиляция и другие физиологические показатели. В результате в 2-2,5 раза растет потребление O_2 , активизируется расщепление гликогена и жиров, повышается содержание энергетических субстратов в крови (глюкозы, свободных жирных кислот), происходит расширение кровеносных сосудов в скелетных мышцах, сердце, повышается температура тела.

Так как наблюдающиеся изменения сходны с теми, которые происходят во время самой работы, то благодаря им происходит предварительная подготовка организма к более качественному выполнению предстоящей работы, облегчается последующее вработывание.

По времени развития различают ранние предстартовые реакции, которые могут наблюдаться задолго до старта, и собственно стартовые, наблюдающиеся непосредственно перед стартом.

В зависимости от выраженности изменений физиологических функций и эмоциональных реакций выделяют три основных формы предстартовых состояний:

- недостаточное возбуждение (предстартовая апатия);
- оптимальное возбуждение (боевая готовность);

- чрезмерное возбуждение (стартовая лихорадка).

Заметим, что первый тип реакции может быть вторичным проявлением первоначального чрезмерного возбуждения (иногда применяют термин «перегорел»).

Выраженность предстартовой реакции носит индивидуальный характер и зависит как от объективных факторов (исходное состояние организма, характер работы, возраст), так и субъективных (психическое состояние, настрой на работу, важность ее результата).

Используя знания, полученные при изучении физиологии человека, на практическом занятии проводится анализ физиологических механизмов предстартового (предрабочего) состояния. Чтобы установить зависимость проявлений предстартовых реакций от характера предстоящей нагрузки и других факторов, всем участникам важно строго соблюсти условия проведения занятия. Для оценки физиологических проявлений предстартовой реакции используется регистрация ЧСС.

Цель: ознакомиться с проявлениями предстартового состояния и факторами, от которых они зависят.

Задачи:

1. Подчеркнуть условно-рефлекторную природу предстартовых реакций.
2. Объяснить механизмы их формирования и физиологическое значение.
3. В эксперименте установить зависимость физиологических изменений в организме от мотивации, вида предстоящей нагрузки и других факторов.
4. Обсудить возможность влияния на предстартовые реакции спортсмена с целью их оптимизации.

Фамилия	ЧСС ₁	ЧСС ₂	ЧСС ₃	ЧСС ₄	ЧСС ₅	ДЧСС	ЧШ
1-я группа							
1.							
2.							
3.							
2-я группа							
4.							
5.							
6.							
Не участвующие в эксперименте							
7.							
8.							

9.							
----	--	--	--	--	--	--	--

Оснащение: секундомеры.

Выполнение работы

После обсуждения теоретических положений о природе и механизмах формирования предстартовых реакций, формах и условиях их проявления приступают к выполнению эксперимента. Вначале все студенты группы по команде ведущего самостоятельно регистрируют у себя ЧСС за 10 с в положении стоя на рабочих местах (ЧСС₁). Затем производят формирование группы «спортсменов» и «контролеров» из 6-8 человек и повторно регистрируют ЧСС у всех студентов группы (ЧСС₂).

Только после этого «спортсменам» объясняют их задание. Их делят на 2 равноценные группы - «спринтеров» и «стайеров». Первая группа получает Динамика ЧСС и результаты выполнения двигательного теста при исследовании предстартового состояния

Примечание.

ЧСС, - пульс за 1 мин стоя на рабочих местах;

ЧСС₂ - пульс после формирования групп «спортсменов» и «контролеров»;

ЧСС₃ - пульс после распределения «спортсменов» по подгруппам и инструктажа; ЧСС₄ - пульс по команде «На старт»;

ЧСС₅ - пульс по команде «Внимание»;

ДЧСС- разница между ЧСС₅ и ЧСС₄;

чттт - частота шагов при выполнении нагрузки.

ет задание выполнить бег на месте с высоким подниманием бедра (до горизонтального уровня) в максимальном темпе с фиксацией результата (частоты шагов) и определением победителя. Для повышения мотивации победителю в этой группе выставляется отличная оценка в журнале. Вторая группа выполняет 10-минутный бег трусцой вне аудитории без учета результата.

После инструктажа в обеих группах контролерами еще раз регистрируется ЧСС за 10 с (ЧСС₃).

Затем первая группа готовится к старту и по командам «На старт» и «Внимание» производят 4-е и 5-е измерение ЧСС. Сразу после этого по команде «Марш» контролеры прекращают измерение пульса, а во время выполнения нагрузки (бег на месте в течение 15-30 с) производят подсчет частоты шагов у своих исследуемых (по движениям одной ноги). Для повышения объективности частоту шагов также регистрируют «болельщики», не участвующие в тесте. Определяют победителя. Протоколируют все полученные результаты (таблица 3). При этом ЧСС регистрируется за 10 с, а в таблицу заносят результат пересчета за 1 мин.

Далее производится измерение по описанной выше схеме ЧСС₄ и ЧСС₅ у «стайеров». Сравнивают динамику предстартовых изменений ЧСС в обеих группах, оценивают влияние на нее характера предстоящей нагрузки и мотивации. Для сравнения в таблицу рекомендуется также внести результаты первых двух измерений ЧСС у студентов, которые не участвовали в

эксперименте.

Полученные результаты анализируют. Формулируют и записывают выводы.

Контрольные вопросы:

1. Объясните механизм формирования предстартового состояния.
2. В чем заключается биологический смысл предстартовой реакции?
3. Назовите формы предстартовых реакций.
4. Какие основные факторы определяют выраженность предстартовых изменений в организме?
5. Назовите средства, с помощью которых можно влиять на форму проявления предстартовой реакции.

Выводы:

Лабораторная работа №2

Исследование вработывания, устойчивого состояния и восстановления кардиореспираторной системы под влиянием велоэргометрической нагрузки умеренной интенсивности

Цель: Исследование вработывания, устойчивого состояния и восстановления показателей кардиореспираторной системы под влиянием велоэргометрической нагрузки умеренной интенсивности.

Регистрация показателей кардиореспираторной системы (частота сердечных сокращений, артериального давления, систолического и минутного объема крови, частоты и глубины дыхания, минутного объема дыхания) и анализ их динамики в период вработывания, в устойчивом состоянии, в период восстановления после 10-минутной велоэргометрической нагрузки умеренной мощности.

Основные умения и навыки. Уметь дифференцировать различные функциональные состояния при спортивной деятельности. Уметь средствами разминки и другими приемами оптимизировать стартовое состояние, ускорять вработывание организма, продлевать период устойчивой работоспособности, преодолевать утомление. Уметь оценивать стадии утомления при разных видах спортивной деятельности. Уметь практически определять характер и продолжительность восстановительных процессов.

Лабораторная работа №3

Исследование влияния утомления и длительности интервалов отдыха на восстановление физической работоспособности

Утомление - это физиологическое состояние, которое возникает в организме при выполнении длительной или высокоинтенсивной работы и вызывает снижение работоспособности. Причинами утомления могут быть как

снижение эрготропной функции, так и невозможность поддерживать необходимый уровень активности нервной системы и регуляторных процессов. Утомление может вызвать как физическая, так и умственная работа. Некоторые проявления утомления могут быть схожими, хотя в организме при этом происходят неодинаковые процессы, нарушающие различные функции.

Различают острое и хроническое утомление. Первый вид утомления возникает при однократной нагрузке, а второй является результатом аккумуляции проявлений острого утомления и переходом «количества» изменений в их «качество». В связи с этим некоторое время могут отсутствовать явные проявления утомления, т. е. оно проявляется в скрытой форме. Такое утомление некоторые авторы называют компенсиремым.

Утомление характеризуется объективными и субъективными проявлениями. Объективные признаки утомления проявляются в изменении различных показателей гомеостаза, которые могут быть зарегистрированы. Важным субъективным проявлением является ощущение усталости, желание прекратить работу. При этом активность симпатической регуляции постепенно снижается, а парасимпатической - повышается. По существу, утомление является формой защиты организма от истощения и стимулирует восстановительные процессы.

Острое утомление играет важную роль в повышении тренированности, так как следующее за ним восстановление происходит с некоторым «запасом», наблюдается явление «суперкомпенсации» энергетических запасов и регуляторного резерва. Эти процессы обеспечиваются повышенной активностью эндокринной системы и клеточных ферментных систем в наиболее активных тканях. Сразу после прекращения работы восстановление происходит наиболее активно, затем его скорость постепенно замедляется.

В динамике восстановления различают 4 фазы:

- быстрое восстановление;
- замедленное восстановление;
- сверхвосстановление;
- возвращение к исходному уровню.

Именно наличие периода сверхвосстановления обеспечивает постепенное повышение работоспособности при систематической тренировке.

Реакции восстановления в разных функциональных системах протекают гетерохронно (неодновременно). Быстрее восстанавливаются энергетические запасы, особенно те, которые обеспечиваются анаэробными процессами. Медленнее восстанавливаются минеральный и электролитный состав внутренней среды, запасы гликогена и разрушенные белки.

Сроки восстановления зависят от характера и продолжительности физических нагрузок, исходного состояния организма, его функциональных резервов. После объемных тренировочных нагрузок необходимо восстановление в течение 2-3 дней, а после силовых, особенно выполняющихся в уступающем режиме и сопровождающихся разрушением мышечных белков, - 3-4 дня.

Выполнение последующих нагрузок в фазе сверхвосстановления существенно повышает работоспособность. Именно с этим связан и физиологический эффект «разминки». Одним из наиболее перспективных направлений оптимизации тренировки является определение этого периода, однако, учитывая, что спектр изменений в организме весьма широк, и в силу гетерохронности восстановительного процесса в различных системах организма, это не такая уж простая задача.

Практическая работа «Исследование физиологических закономерностей восстановления после утомления»

Цель: в ходе эксперимента ознакомиться с закономерностями протекания восстановительных процессов в организме после утомления.

Задачи:

1. Ознакомиться с основными понятиями и показателями, характеризующими динамику восстановительных процессов в организме.
2. Продемонстрировать в эксперименте динамику восстановления физической работоспособности после кратковременной работы «до отказа».
3. Обсудить ведущие факторы, определяющие продолжительность отдельных фаз восстановительного процесса.

Оснащение: секундомер.

Выполнение работы

Из состава группы формируется команда «спортсменов», не менее 7 человек, выполняющих физическую нагрузку, и «контролеров», ведущих учет выполненного объема работы и продолжительности интервалов отдыха. Каждый «спортсмен» выполняет две нагрузки до отказа: сгибание и разгибание рук в упоре лежа. Темп, положение тела и техника упражнения могут быть произвольными: можно выполнять отжимания на пальцах, кулаках и др., а также от стула, подоконника, и т. д. Главным условием является выполнение нагрузки до выраженного утомления и сохранение первоначальных условий при втором заходе, который выполняется через определенный интервал отдыха.

Контролеры фиксируют выполненный объем работы по количеству отжиманий до отказа и интервал отдыха (после завершения первой нагрузки). Повторная нагрузка выполняется каждым спортсменом через определенный интервал: 1, 3, 5, 10, 15, 20 или 25 минут. При достаточной численности группы предпочтительно, чтобы на каждый интервал отдыха было по 2 исследуемых, в первую очередь - на интервалы 3, 10 и 15 минут. Это позволит получить более достоверные усредненные результаты.

После повторного выполнения нагрузки вычисляют % восстановления работоспособности у каждого исследуемого за исследуемый период отдыха, принимая за 100 % объем первой нагрузки. Результаты заносят в таблицу (таблица 4), строят график, характеризующий динамику работоспособности на протяжении 25-минутного интервала отдыха (рисунок 1).

A^1 - объем первой нагрузки (число отжиманий);

A_2 - объем второй нагрузки, выполненной через назначенный интервал

отдыха;

A_2 в % вычисляют по формуле:

$$A_2(\%) = \frac{A_2}{A_1} \cdot 100.$$

A_1

Проанализируйте полученные результаты и практическое значение закономерностей восстановления для тренировочного процесса.

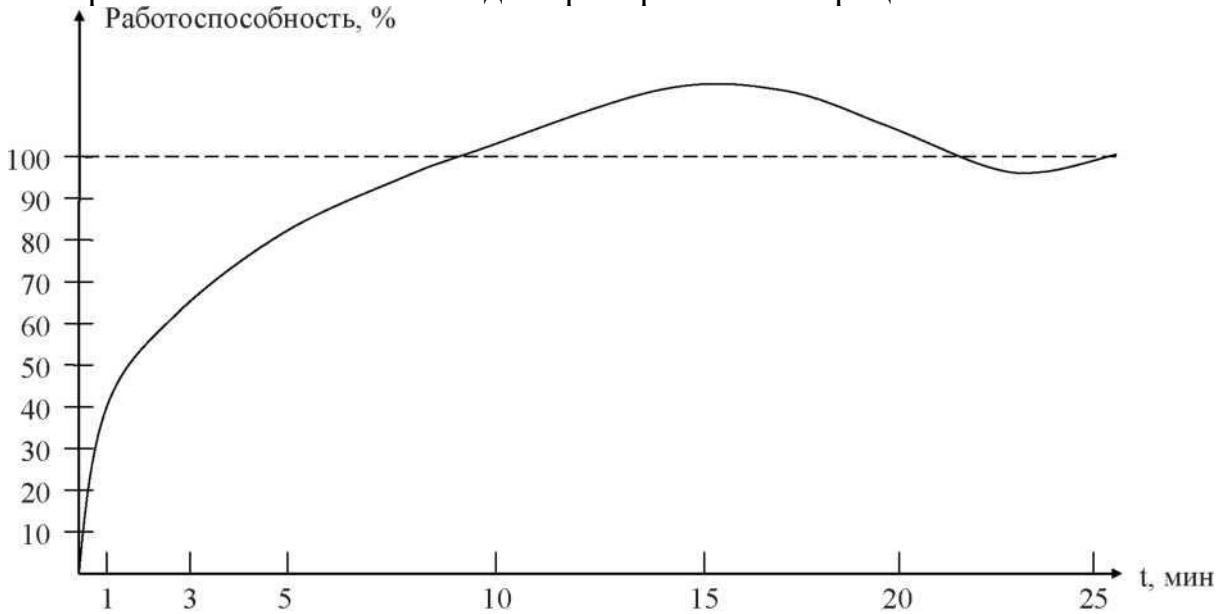


Рис. 1. График динамики восстановления работоспособности в период отдыха

Результаты двукратного выполнения нагрузки до утомления

Исследуемый	Вид спорта	Квалификация	A_1	Интервал отдыха (мин)	A_2	A_2 В % К A_1
1.				1		
2.				3		
3.				3		
4.				5		
5.				5		
6.				10		
7.				10		
8.				15		
9.				15		
10.				20		
11.				20		

12.				25		
-----	--	--	--	----	--	--

Выводы:

Контрольные вопросы

1. Что является причиной утомления? Каково его биологическое значение?
2. Каковы объективные и субъективные проявления утомления?
3. Каковы отличия острого и хронического утомления?
4. В чем особенность динамики восстановления работоспособности после утомления?
5. Назовите фазы восстановительного периода. От чего зависит их продолжительность?
6. Каково значение фазы сверхвосстановления для процесса физической тренировки?

Лабораторная работа №4

Исследование влияния статических и динамических силовых нагрузок на деятельность сердечно-сосудистой системы

По форме мышечного сокращения физические упражнения делятся на статические, динамические и смешанные.

Динамические физические упражнения выполняются в изотоническом режиме сокращения, при котором изменяется длина мышц. При динамической форме, как правило, происходит чередование периодов сокращения и расслабления мышц.

В динамической форме также различают концентрический и эксцентрический тип сокращений. Если внешняя нагрузка меньше напряжения, развиваемого мышцей, то она укорачивается (преодолеывает эту нагрузку) и, соответственно, такой тип сокращений называют преодолевающим или концентрическим. При этом скорость ее сокращения постепенно снижается. В том случае, когда внешняя нагрузка больше, чем напряжение мышцы, она, несмотря на напряжение, удлиняется (уступает) с нарастающей скоростью. Такой тип ее сокращения именуют уступающим (эксцентрическим). К динамическим относятся многие гимнастические, трудовые и другие упражнения. Большинство естественных движений также имеют динамический характер. Механическая работа при динамических сокращениях оценивается произведением массы перемещаемого груза на расстояние.

Даже не совершая никаких движений, человек затрачивает энергию, существенно превышающую уровень основного обмена, так как меньшая или большая часть его мышц должна находиться в напряженном состоянии, т. е. совершает работу. При этом может потребоваться очень большое усилие, например, когда борец противодействует попытке соперника выполнить какой-либо прием, или штангист фиксирует штангу над головой и др. Находясь в

условиях определенной позы, человек выполняет статическую работу. При этом его мышцы работают в изометрическом режиме (не изменяют длины), а их механическая работа равна нулю. Но с физиологической точки зрения, человек выполняет определенную нагрузку, затрачивает на это энергию. Такая работа оценивается по развиваемому усилию и длительности ее выполнения.

Мышцы, участвующие в осуществлении статического усилия (физического упражнения), постоянно находятся в состоянии повышенного тонуса без наличия чередования периодов сокращения с периодами расслабления. К таким упражнениям или физическим усилиям относятся поза и положение тела человека, некоторые упражнения на снарядах и упражнения, требующие значительного сопротивления. За исключением последних, для этого вида физических упражнений характерны сравнительно небольшая затрата энергии и потребление кислорода. В последнем случае сильный и непрерывный поток афферентных нервных импульсов путем обратной индукции вызывает выраженные процессы торможения и быстрое развитие утомления. В ЦНС при этом создается рабочая доминанта, вызывающая торможение других, не задействованных нервных центров.

При выполнении статической работы мышцы сокращаются непрерывно, в результате она является более утомительной по сравнению с динамической работой, при которой изменяется длина мышц и напряжение чередуется с расслаблением.

Во время статической работы отмечается значительное ухудшение кровоснабжения мышц при одновременном повышении системного артериального давления крови и снижении венозного оттока. При работе с предельными и околопредельными напряжениями кровообращение в мышцах почти полностью прекращается, а ресинтез АТФ осуществляется анаэробным путем. Поэтому сразу после снятия напряжения в рабочих мышцах кровотоки в них усиливаются, в кровь поступают продукты анаэробного обмена, активизирующие работу сердца.

Поэтому при статических физических упражнениях проявляется феномен Линдхарда (Lindhard). Он заключается в том, что кровообращение и дыхание максимально усиливаются не во время самого статического физического упражнения, а после его прекращения.

Большая часть статических физических упражнений сопровождается напряжением, повышением абдоминального и торакального давления и задержкой дыхания, а при больших усилиях наблюдается явление натуживания, которое совершается на вдохе при закрытой голосовой щели и сопровождается вначале повышением АД, ударного объема крови, а затем резким снижением этих показателей. В некоторых случаях это может привести к нарушению мозгового кровообращения и потере сознания. Для предотвращения подобного состояния штангистам перед выходом на помост дают понюхать нашатырный спирт.

Практическая работа «Исследование влияния статических и динамических

нагрузок на деятельность сердечно-сосудистой системы»

Цель: проанализировать физиологические особенности реакции организма на статические и динамические нагрузки.

Задачи:

1. Ознакомиться с основными терминами, используемыми для кинематической характеристики выполняемых физических упражнений и возникающих при этом состояний организма.

2. Установить, как изменяются показатели, характеризующие деятельность сердечно-сосудистой системы, при работе динамического и статического характера.

3. Проанализировать физиологические механизмы явлений, наблюдающихся в эксперименте.

Оснащение: кистевой динамометр, тонометр, фонендоскоп, секундомер.

Выполнение работы

Из числа студентов выбирают двоих исследуемых № 1 и 2. Желательно, чтобы один из них регулярно выполнял силовые упражнения.

В покое, в положении сидя у них определяют ЧСС, систолическое и диастолическое артериальное давление (СД и ДД), рассчитывают пульсовое давление (ПД). После этого с помощью динамометра измеряют максимальную произвольную силу (МПС) мышц кисти ведущей руки. Данные фиксируются в протоколе занятия.

Далее исследуемые поочередно выполняют сначала статическое упражнение в положении сидя, сжимая пружину динамографа (или кистевого динамометра) с усилием 75 % от МПС и удерживая данное усилие до утомления (отказа от работы). Во время упражнения измеряют ЧСС и АД на неработающей руке. Сразу после его прекращения повторно измеряют эти показатели, а также МПС и регистрируют время удержания статического усилия.

Через 10-15 мин отдыха эти же исследуемые поочередно выполняют динамическое силовое упражнение. Для этого они ритмично сжимают и отпускают пружину динамометра в темпе одного движения в секунду с таким же усилием (75 % от МПС) до утомления. Во время работы (ближе к ее окончанию) снова измеряют ЧСС и АД. Повторяют измерения сразу после работы, регистрируют ее продолжительность и снова определяют МПС. Результаты заносят в протокол (таблица 5) и анализируют с учетом специализации, уровня тренированности, систематичности занятий исследуемых.

Выводы:

Характеристика изменений в сердечно-сосудистой системе при выполнении статических и динамических силовых нагрузок

Физиологические показатели	Статическая нагрузка								Динамическая нагрузка								
	До нагрузки		Во время нагрузки		После нагрузки		Время		До нагрузки		Во время нагрузки		После нагрузки		Время		
	№1	№2	№1	№2	№1	№2	№1	№2	№1	№2	№1	№2	№1	№2	№1	№2	

ЧСС, мин ⁻¹															
СД, мм рт. ст.															
ДД, мм рт. ст.															
ПД, мм рт. ст.															
МПС, кг															

Примечание. У исследуемых студентов показатели ЧСС, АД и ПД в состоянии покоя должны быть в пределах нормы.

Контрольные вопросы

1. Дайте характеристику мышечной силы и определение ее разновидностей (статической, динамической, максимальной, МПС, относительной, абсолютной, взрывной).
2. Какие факторы определяют мышечную силу и какие из них относят к центральным и периферическим?
3. В чем заключаются физиологические особенности работы статического и динамического характера?
4. В чем заключается феномен Линдхарда? Каковы его механизмы и физиологическая роль?

Лабораторная работа №5

Определение максимального потребления кислорода (МПК) как интегрального показателя аэробных возможностей организма

Максимальное потребление кислорода (МПК) - наибольшее количество кислорода, которое человек способен поглощать из вдыхаемого воздуха при выполнении динамической нагрузки с участием мышечного аппарата.

При сопоставлении величины максимального поглощения кислорода (МПК) у разных по возрасту и полу людей обнаруживается ее зависимость от массы тела и роста, степени тренированности, индивидуальных особенностей организма. У людей старше 30 -- 35 лет МПК снижается в среднем на 10 % за каждое десятилетие. У женщин МПК составляет 65 --85 % от показателей МПК у мужчин.

Учитывая трудности прямой оценки МПК, при котором испытуемый должен определить нагрузку, равную или большую индивидуальной "критической мощности", В.Л.Карпман и соавт. (1969) предложили непрямой

метод определения МПК, основанный на корреляции величины МПК с результатами оценки физической работоспособности.

Цель: освоить методы определения максимального потребления кислорода.

Задачи:

1. Повторить основные понятия и показатели, характеризующие аэробные возможности организма.
2. Ознакомиться с одной из наиболее доступных и информативных методов косвенного определения МПК.
3. Определить уровень МПК у представителей разных спортивных специализаций и с разным уровнем спортивной подготовленности.
4. Оценить уровень физической работоспособности и соматического здоровья человека по величине МПК.

Оборудование: данные о физической работоспособности, полученные методом PWC_{170}

Выполнение работы

Сопоставьте данные физической работоспособности исследуемого по тесту с соответствующей графой табл. 12 и определите МПК. Результат внесите в соответствующую графу табл. 15.

Таблица 12

Соотношение между величиной работоспособности по тесту PWC_{170} и величиной МПК

Тест PWC_{170} кгм/мин	МПК, л/мин	Тест PWC_{170} кгм/мин	МПК, л/мин
500	2,62	1300	3,88
600	2,66	1400	4,13
700	2,72	1500	4,37
800	2,82	1600	4,62
900	2,97	1700	4,83
1000	3,15	1800	5,06
1100	3,38	1900	5,19
1200	3,60	2000	5,32

Затем определяют МПК по формулам Карпмана:

Для лиц с невысокой степенью тренированности:

$$\text{МПК (л/мин)} = 1,7PWC_{170} + 1240$$

Для Спортсменов:

$$\text{МПК (л/мин)} = 2,2PWC_{170} + 1070$$

На следующем этапе рассчитывают должные величины МПК (ДМПК), которые отражают средние значения нормы для людей данного возраста и пола:

для мужчин:

$$\text{ДМПК} = 52 - (0,25 \times \text{возраст});$$

для женщин:

$$\text{ДМПК} = 44 - (0,2 \times \text{возраст}).$$

Оценочным показателем является отклонение ДМПК от МПК, выраженное в процентах, которое рассчитывают по формуле:

$$\text{ДМПК \%} = \text{МПК/ДМПК } 100\%,$$

Где:

МПК -- показатель, найденный по таблице или рассчитанный по формуле Карпмана. Оценивают найденный результат в соответствии с данными таблицы 13.

Таблица 13

Зависимость физического состояния от величины ДМПК

Уровень физического состояния	ДМПК, %
Низкий	50-60
Ниже среднего	61-74

Средний	75-90
Выше среднего	91-100
Высокий	101 и выше

Затем определяют относительный МПК:

$$\text{МПК/кг} = \text{МПК} / P$$

Где:

МПК - максимальное потребление кислорода.

P - вес испытуемого (кг).

Исследования установили, что уровень МПК, обеспечивающий хорошее здоровье, составляет для мужчин 50 мл/(мин кг) и для женщин -- 42 мл/(мин кг). Эти показатели зависят от возраста человека. Предложена таблица оценки МПК в соответствии с возрастом исследуемых разного пола (таблица 14).

Таблица 14

Оценка МПК у нетренированных здоровых людей

Пол	Возраст, годы	МПК, мл/(мин <input type="checkbox"/> кг)				
		очень высокое	высокое	среднее	низкое	очень низкое
Мужчины	25 лет и моложе	55 и выше	49-54	39-48	33-38	32 и ниже
	25-34	53 и выше	45-52	38-44	32-37	31 и ниже
	35-44	51 и выше	43-50	36-42	30-35	29 и ниже
	45-54	48 и выше	40-47	32-39	27-31	26 и ниже
	55-64	46 и выше	37-45	29-36	23-28	22 и ниже
	65 и старше	44 и выше	33-43	27-32	20-26	19 и ниже
Женщины	20 и моложе	45 и выше	38-44	31-37	24-30	23 и ниже
	20-29	42 и выше	36-41	30-35	23-29	22 и ниже
	30-39	40 и выше	35-39	28-34	22-27	21 и ниже
	40-49	37 и выше	31-35	25-30	20-24	19 и ниже
	50-59	35 и выше	29-34	23-28	18-22	17 и ниже
	60 и старше	33 и выше	27-32	21-26	16 --2С	15 и ниже

Таблица 15

Результаты определения величины МПК разными методами

Метод определения	МПК,	МПК/кг	ДМПК,	ДМПК,	Физическое
				%	состояние

МПК	л/мин		л/ мин			
		мл/мин × кг	оценка			
По табл. 12						
По формуле Карпмана						

Сравнивают полученные результаты у нескольких испытуемых с таблицей 14 и оформляют их в виде таблицы 15. Делают выводы.

Лабораторная работа №6

Исследование физиологических механизмов формирования двигательных навыков

Основные методы исследования двигательных навыков можно разделить на 2 группы: 1) описывающие внешнюю структуру движений и 2) внутреннюю их структуру.

К первым относятся методы кино-, фото-, видео-, телесъемки движений, тензометрия, динамометрия, гониометрия, циклография и пр. Ко вторым — электрофизиологические методы: электроэнцефалография, электромиография, запись Н — рефлексов и активности двигательных единиц. Комплексная оценка целостной структуры навыков осуществляется при одновременной регистрации биомеханических и физиологических показателей

Лабораторная работа №7

Расчет адаптационного потенциала системы кровообращения

Цель работы: углубить знания студентов об адаптации человека, адаптивности, о необходимости изучения и учета индивидуальных адаптивных возможностей человека; ознакомить студентов с методом исследования адаптационного потенциала организма человека, определить адаптационный потенциал системы кровообращения.

Оборудование: тонометр, ростометр, напольные весы, калькулятор, пишущие принадлежности.

Выполнение работы

Одной из центральных парадигм биологии является представление об «адаптациях», о способности организма видоизменяться в направлении, увеличивающем его шансы на выживание и размножение в данных условиях

среды. На протяжении своей многотысячелетней истории человечество еще не испытывало в столь крупных масштабах воздействий таких факторов как загрязнение среды отходами производства, урбанизация и миграции, которыми особенно изобилует XX век. В связи с необходимостью сохранения здоровья людей в условиях научно-технической революции особую актуальность приобретает изучение проблем адаптации, то есть приспособления человека к различным условиям природной среды обитания, особенно экстремаль. Адаптация человека – одно из ключевых понятий в экологии человека. **Адаптация человека** к новой для него среде – сложный социально-биологический процесс, в основе которого лежит изменение систем и функций организма, а также привычного поведения.

Под **адаптационным потенциалом** понимают степень возможности индивида включаться в новые меняющиеся условия среды в самом широком смысле этого слова. Метод определения адаптационного потенциала (АП) организма человека достаточно прост и может быть рекомендован для массовых обследований. При этом исследуют адаптационный потенциал системы кровообращения.

Порядок проведения работы. Для определения адаптационного потенциала регистрирует следующие показатели: возраст, масса тела, рост, частота пульса, артериальное давление. Антропометрические измерения лучше проводить в первой половине дня, без верхней одежды и обуви.

Измерение длины тела – роста (Р). Измеряется рост с помощью ростомера. При измерении длины тела обследуемый должен стоять на платформе ростомера, выпрямившись, слегка выпятив грудь и втянув живот, руки по швам, пятки вместе, носки врозь, касаясь вертикальной стойки ростомера пятками, ягодицами, межлопаточной областью, а голову держать так, чтобы верхний край уха и нижний край глазницы находились на одном уровне.

Определение массы тела (МТ). Определение массы тела производится путем взвешивания испытуемого на медицинских весах, которые перед началом взвешивания обязательно должны быть отрегулированы. При взвешивании испытуемый должен встать на середину площадки весов.

Определение частоты пульса за 1 минуту (ЧП). Измеряется пульс всегда в одном и том же положении. Необходимо положить на запястье руки испытуемого указательный и средний пальцы напротив большого пальца на внутренней стороне запястья. Частоту пульса подсчитывают в течение одной минуты. В нормальных условиях частота пульса соответствует частоте сердечных сокращений (ЧСС) и равна 60–80 ударам в минуту.

Определение артериального давления (АД). В помещении, где измеряется артериальное (кровяное) давление, должно быть тихо и тепло. Желательно прилечь на пять минут, перед тем, как измерить артериальное давление. Измеряется давление автоматическим тонометром. Необходимо

надеть манжету на руку испытуемого, и нажать кнопку на приборе. Все остальное автоматический тонометр сделает самостоятельно. После измерения артериального давления результаты изменения будут показаны на дисплее.

Обработка результатов и выводы. Расчет адаптационного потенциала производится по формуле:

$$AP = 0,011ЧП + 0,014АД_с + 0,008АД_д + 0,014В + 0,009МТ - (0,009Р + 0,27),$$

где В – возраст, лет; МТ – масса тела, кг; Р – рост, см; АД_с – артериальное давление систолическое, мм рт. ст.; АД_д – артериальное давление диастолическое, мм рт. ст.; ЧП – частота пульса за 1 мин.

Общая оценка адаптационного потенциала организма производится по шкале, приведенной в таблице.

Состояние адаптационного потенциала и функциональных возможностей организма

Баллы	Адаптационный потенциал	Характеристика уровня функционального состояния
Менее 2,10	Удовлетворительная адаптация	Высокие или достаточные функциональные возможности организма
2,11–3,20	Напряжение механизмов адаптации	Достаточные функциональные возможности обеспечиваются за счет функциональных резервов
3,2–4,30	Неудовлетворительная адаптация	Снижение функциональных возможностей организма
Более 4,31	Срыв механизмов адаптации	Резкое снижение функциональных возможностей организма

Произведите расчет адаптационного потенциала (АП) по формуле, представленной выше. На основании соотнесения баллов определить состояние адаптационного потенциала и функциональные возможности организма. Проанализируйте данные, полученные в группе.

Контрольные вопросы:

1. Дайте определение адаптации человека, адаптивности.
2. Охарактеризуйте основные типы адаптации человека.
3. Дайте определение адаптационного потенциала.
4. Что такое пульс?
5. Что такое артериальное давление систолическое, диастолическое?

Лабораторная работа №8

Определение физической работоспособности человека с использованием теста PWC_{150}

Цель: освоение методики проведения теста и умение анализировать полученные данные.

Для работы необходимы: велоэргометр (или ступенька, или беговая дорожка), секундомер, метроном.

Тест PWC_{170} основан на закономерности, заключающейся в том, что между частотой сердечных сокращений (ЧСС) и мощностью физической нагрузки существует линейная зависимость. Это позволяет определить величину механической работы, при которой ЧСС достигает 170, путем построения графика и линейной экстраполяции данных, либо путем расчета по формуле, предложенной В. Л. Карпманом и соотр. ЧСС, равная 170 ударам в минуту, соответствует началу зоны оптимального функционирования кардиореспираторной системы. Кроме того с этой ЧСС нарушается линейный характер взаимосвязи ЧСС и мощности физической работы.

Нагрузка может быть выполнена на велоэргометре, на ступеньке (степ-тест), а также в виде специфической для конкретного вида спорта.

ВАРИАНТ №1 (С ВЕЛОЭРГОМЕТРОМ).

Испытуемый последовательно выполняет две нагрузки в течение 5 мин. с 3-минутным интервалом отдыха между ними. В последние 30 сек. пятой минуты каждой нагрузки подсчитывается пульс (пальпаторно или электрокардиографическим методом).

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

Мощность второй (N_2) нагрузки определяется по табл. 7 в зависимости от величины N_1 . Если величина N_2 правильно подобрана, то в конце пятой минуты пульс (f_2) должен составить 135...150 уд./мин.

Таблица 6

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

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

Таблица 7

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

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

Для точности определения N2 можно воспользоваться формулой:

$$N2 = N1 \cdot [1 + (170 - f1) / (f1 - 60)],$$

где N1 - мощность первой нагрузки,
 N2 - мощность второй нагрузки,
 f1 - ЧСС в конце первой нагрузки,
 f2 - ЧСС в конце второй нагрузки.
 Затем по формуле вычисляют PWC_{170} :

$$PWC_{170} = N1 + (N2 - N1) \cdot [(170 - f1) / (f2 - f1)]$$

Величину PWC_{170} можно определить графически (рис. 3). Для увеличения объективности в оценке мощности выполненной работы при ЧСС, равной 170 уд/мин, следует исключить влияние весового показателя, что возможно путем определения относительного значения PWC_{170} . Значение PWC_{170} делят на вес испытуемого, сравнивают с аналогичным значением по виду спорта (табл. 8), дают рекомендации.

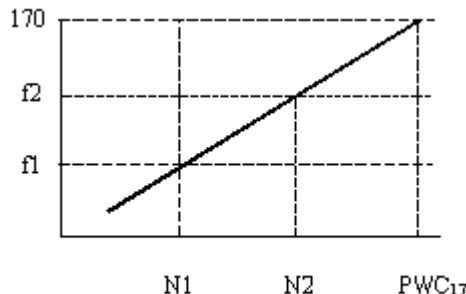


Рис. 3. Определение физической работоспособности по тесту PWC_{170} методом графической экстраполяции

Таблица 8

Средние величины PWC_{170} у спортсменов (по Карпману)

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

ВАРИАНТ № 2. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВЕЛИЧИНЫ PWC_{170} С ПОМОЩЬЮ СТЕП-ТЕСТА.

Ход работы. Принцип работы такой же как в работе № 1. Скорость восхождения на ступеньку при выполнении первой нагрузки составляет 3...12 подъемов в минуту, при второй - 20...25 подъемов в минуту. Каждое восхождение производится на 4 счета на ступеньку высотой 40-45 см: на 2 счета подъем и на следующие 2 счета - спуск. 1-я нагрузка - 40 шагов в минуту, 2-я нагрузка - 90 (на эти цифры устанавливают метроном). Пульс подсчитывается за 10 сек, в конце каждой 5-минутной нагрузки. Мощность выполняемых нагрузок определяется по формуле:

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

где h - высота ступеньки в м, n - количество подъемов в мин, P - вес тела обследуемого в кг, 1,3 - коэффициент. Затем по формуле вычисляют величину PWC_{170} (см. вариант № 1).

ВАРИАНТ № 3. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВЕЛИЧИНЫ PWC_{170} С ПОМОЩЬЮ СПЕЦИФИЧЕСКИХ НАГРУЗОК (НАПРИМЕР, БЕГА).

Ход работы
Для определения физической работоспособности по тесту PWC_{170} (V) со

специфическими нагрузками необходима регистрация двух показателей: скорости движения (V) и частоты сердечных сокращений (f). Для определения скорости движения требуется по секундомеру точно зафиксировать длину дистанции (S в м) и длительность каждой физической нагрузки (t в сек.)

$$V = S / t,$$

где V - скорость движения в м/с. Частота сердечных сокращений определяется в течение первых 5 сек. восстановительного периода после бега пальпаторным или аускультативным методом.

Первый забег выполняется в темпе "бега трусцой" со скоростью, равной 1/4 от максимально возможной для данного спортсмена (примерно каждые 100 м за 30-40 сек).

После 5-минутного отдыха выполняется вторая нагрузка со скоростью равной 3/4 от максимальной, т. е. за 20-30 сек. каждые 100 м. Длина дистанции 800-1500 м.

Расчет PWC_{170} производится по формуле:

$$PWC_{170}(V) = V_1 + (V_2 - V_1) \cdot [(170 - f_1) / (f_2 - f_1)]$$

где V_1 и V_2 - скорость движения в м/с, f_1 и f_2 - частота пульса после какого забега.

Задание: сделать заключение, дать рекомендации.

После выполнения задания по одному из вариантов следует сравнить полученный результат с таковым в соответствии со спортивной специализацией (табл. 8), сделать заключение об уровне физической работоспособности и дать рекомендации по ее увеличению.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ УРОВНЯ ФИЗИЧЕСКОЙ РАБОТОСПОСОБНОСТИ ПО ГАРВАРДСКОМУ СТЕП-ТЕСТУ (ГСТ)

Оценка физической работоспособности производится по величине индекса ГСТ (ИГСТ) и основана на скорости восстановления ЧСС после восхождения на ступеньку.

Цель работы: ознакомить студентов с методикой определения физической работоспособности по ГСТ.

Для работы необходимы: ступеньки различной высоты, метроном, секундомер.

Ход работы. Выполняется студентами попарно. Сопоставляется с нормативами, делаются рекомендации по оптимизации работоспособности средствами физического совершенствования. Предварительно, в зависимости от пола, возраста, выбирается высота ступеньки и время восхождения (табл. 11).

Далее обследуемый выполняет 10-12 приседаний (разминка), после чего начинает восхождение на ступеньку со скоростью 30 циклов в 1 мин. Метроном устанавливается на частоту 120 уд/мин, подъем и спуск состоит из 4-х движений, каждому из которых будет соответствовать удар метронома: на 2 удара - 2 шага подъем, на 2 удара - 2 шага спуск. Восхождение и спуск всегда начинаются с одной и той же ноги. Если обследуемый из-за усталости отстает от ритма в течение 20 сек., тестирование прекращается и фиксируется время работы в заданном темпе.

Высота ступеньки и время восхождения
в зависимости от пола и возраста (по И. В. Аулику) Таблица 11

Пол и возраст	Высота ступеньки, см	Длительность восхождения, мин
Мужчины	50	5
Женщины	45	5
Мальчики-юноши (12-18 лет), S больше 1,75 м ²	50	4
Мальчики-юноши (12-18 лет), S меньше 1,75 м ²	45	4
Девочки-девушки (12-18 лет)	40	4
Мальчики-девочки (8-12 лет)	35	3
Младше 8 лет	35	2

Примечание. S обозначает поверхность тела обследуемого (м²) и определяется по формуле:

$$S = 1 + (P \pm DH) / 100,$$

где S - поверхность тела; P - вес тела; DH - отклонение роста обследуемого от 160 см. с соответствующим знаком. После окончания работы в течение 1 мин. восстановительного периода испытуемый, сидя, отдыхает. Начиная со 2-й минуты восстановительного периода, за первые 30 сек. на 2, 3 и 4-й минутах измеряется пульс. ИГСТ вычисляется по формуле:

$$\text{ИГСТ} = (t \cdot 100) / [(f1 + f2 + f3) \cdot 2],$$

где t - длительность восхождения, в сек.
f1, f2, f3 - частота пульса, за 30 сек. на 2, 3 и 4-й минуте восстановительного периода соответственно.
В случае, когда обследуемый из-за утомления раньше времени прекращает восхождение, расчет ИГСТ производится по сокращенной формуле:

$$\text{ИГСТ} = (t \cdot 100) / (f1 \cdot 5,5),$$

где t - время выполнения теста, в сек.,

f_1 - частота пульса за 30 сек. на 2-й минуте восстановительного периода. При большом числе обследуемых для определения ИГСТ можно использовать табл. 12, 13, для чего в вертикальном столбце (десятки) находят сумму трех подсчетов пульса ($f_1 + f_2 + f_3$) в десятках, в верхней горизонтальной строке - последнюю цифру суммы и в месте пересечения - значение ИГСТ. Затем по нормативам (оценочным таблицам) оценивается физическая работоспособность (табл. 14). Рекомендации к работе. Вычислить ИГСТ по формуле и таблице. Сравнить ее с рекомендуемыми величинами.

Таблица 12

Определение ИГСТ по полной формуле для взрослых мужчин (по И. В. Аулику)

Десятки	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
80	188	185	183	181	179	176	174	172	170	
90	167	165	163	161	160	159	156	155	153	
100	150	148	147	140	144	143	142	140	139	
110	136	135	134	133	132	130	129	128	127	
120	125	124	123	122	121	120	119	118	117	
130	115	114	114	113	112	111	111	110	109	
140	107	106	105	104	104	103	103	102	101	
150	100	99	99	98	97	97	96	96	95	
160	94	93	93	92	92	91	90	90	89	
170	88	88	87	87	86	86	85	85	84	
180	83	82	82	82	82	81	81	80	80	
190	79	78	78	78	77	77	76	76	76	
200	75	75	74	74	74	73	73	72	72	
210	71	71	71	70	70	70	69	69	69	
220	68	67	67	67	67	67	66	66	66	
230	65	65	65	64	64	61	61	62	63	
240	62	62	62	62	61	61	59	58	60	
250	60	60	60	59	59	59	56	56	58	
260	58	57	57	57	57	57	54	54	56	
270	56	55	55	55	55	55	52	52	54	
280	54	53	53	53	53	53	52	52	52	
290	52	52	51	51	51	51	51	50	50	

Таблица 13

Определение ИГСТ по сокращенной формуле у взрослых мужчин

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

Таблица 14

Средние величины ИГСТ в зависимости от вида спорта (по И. В. Аулику)

Спортивная специализация	ИГСТ	Спортивная специализация	ИГСТ
Бегуны-кроссисты	111	Пловцы	90
Велогонщики	106	Волейболисты	90
Лыжники	100	Барьерный бег	90
Марафонцы	98	Спринтеры	86
Боксеры	94	Тяжелоплатцы	81
Не занимающиеся спортом			62

МОДИФИЦИРОВАННАЯ ОРТОСТАТИЧЕСКАЯ ПРОБА

Цель: оценить состояние ортостатической устойчивости организма. Теоретическое обоснование. Ортостатическая проба используется для выявления состояния скрытой ортостатической неустойчивости и в целях контроля за динамикой состояния тренированности в сложнокоординационных видах спорта. Проба основана на том, что при переходе из горизонтального положения в вертикальное в связи с изменением гидростатических условий уменьшается первичный венозный возврат крови к правому отделу сердца, вследствие чего возникает недогрузка сердца объемом и уменьшение систолического объема крови. Чтобы поддержать минутный объем крови на должном уровне рефлекторно учащается ЧСС (на 5-15 уд. в мин.). При патологических состояниях, перетренированности, перенапряжении, после инфекционных заболеваний, либо при врожденной ортостатической неустойчивости депонирующая роль венозной системы оказывается столь значительной, что изменение положения тела приводит к головокружению, потемнению в глазах, вплоть до обморока. В этих условиях компенсаторного учащения ЧСС оказывается недостаточным, хотя оно значительно. Для работы необходимы: кушетка, сфигмоманометр, фонендоскоп, секундомер.

Ход работы. Выполняется студентами попарно. Результаты сопоставить с рекомендуемыми, разработать способы оптимизации ортостатической устойчивости средствами физического воспитания. После предварительного отдыха в течение 5 мин. в положении лежа определяется ЧСС 2-3 раза и измеряется АД. Затем испытуемый медленно встает и находится в вертикальном положении в течение 10 мин. в ненапряженной позе. Для обеспечения наилучшего расслабления мышц ног необходимо, отступив от стены на расстояние одной ступни, прислониться к ней спиной, под крестец подкладывают валик. Сразу после перехода в вертикальное положение в течение всех 10 мин. на каждой минуте регистрируют ЧСС и АД (за первые 10 с - ЧСС, за оставшиеся 50 с - АД). Оценка состояния ортостатической устойчивости производится по следующим показателям:

1. Разница пульса, на 1-й мин. и на 10-й мин. по отношению к исходной величине в положении лежа. АД увеличивается на 10-15 %.
2. Время стабилизации ЧСС.
3. Характер изменения АД в положении стоя.
4. Самочувствие и выраженность соматических расстройств (побледнение лица, потемнение в глазах и др.).

Удовлетворительная ортостатическая устойчивость:

1. Учащение пульса невелико и на 1-й мин. ортоположения колеблется в пределах от 5 до 15 уд./мин., на 10-й мин. не превышает 15-30 уд./мин.
2. Стабилизация пульса наступает на 4-5 мин.
3. Систолическое АД остается неизменным либо незначительно снижается, диастолическое АД увеличивается на 10-15 % по отношению к его величине в горизонтальном положении.
4. Самочувствие хорошее и нет каких-либо признаков соматического расстройства.

Признаками ортостатической неустойчивости являются увеличение ЧСС более, чем на 15-30 уд./мин., выраженное падение АД и различной степени выраженности вегетосоматические расстройства.

Задание: провести исследование ортостатической устойчивости, используя методику модифицированной ортостатической пробы. Полученные результаты занести в протокол, дать заключение и рекомендации.

Протокол

(Ф.И.О., возраст, спортивная специализация и квалификация. Краткий анамнез: самочувствие, жалобы, нагрузка в предыдущие сутки)

Время исследования	ЧСС, уд/мин	АД, мм. рт. ст.	Самочувствие
Лежа			
1 мин.			
2 мин.			
Стоя			
1 мин.			
2 мин.			
3 мин.			
9 мин.			
10 мин.			

Лабораторная работа №9

Определение биологического возраста спортсмена

Биологический возраст (возраст развития) - это модельное понятие, определяемое как соответствие индивидуального морфофункционального уровня некоторой среднестатистической норме данной популяции. Оно отражает неравномерность развития, зрелости и старения различных физиологических систем и темп возрастных изменений адаптационных возможностей организма.

Основанием для введения этого понятия послужило существование индивидуальных колебаний процессов роста и развития организма. При описании основных морфологических характеристик человека в различные периоды используют, как правило, их сравнение со средними показателями, характерными для данной популяции (группы людей). Однако индивидуальные различия в процессах роста и развития могут варьировать в достаточно широких пределах. Особенно сильны эти различия в период полового созревания, когда за сравнительно короткий промежуток времени происходят весьма существенные морфологические и физиологические перестройки организма. Вместе с тем календарный (паспортный, хронологический) возраст нередко не является точным критерием состояния здоровья и трудоспособности также и стареющего человека.

Для растущего организма значительное опережение и отставание биологического возраста относительно календарного может интерпретироваться как признак снижения уровня здоровья человека. По мере старения организма наблюдается также снижение его функциональных резервов. Однако два человека одного календарного возраста существенно отличаются по интенсивности возрастного износа физиологических функций.

Биологический возраст - это уровень развития морфологических структур

и связанных с ними функций организма у отдельного индивида, соответствующий среднему хронологическому возрасту той группы, которой он соответствует.

Биологический возраст может опережать хронологический возраст либо отставать от него.

Формулирование понятия «биологический возраст» имеет большое практическое значение. Например, группировку детей для занятий физическими упражнениями правильно проводить не по календарному (паспортному) возрасту, а по степени их развития, физическим и функциональным возможностям. У значительной части детей биологический и хронологический (календарный) возраст совпадают. Однако встречаются дети и подростки, у которых биологический возраст опережает хронологический или отстает от него.

В 80-е годы сотрудниками Института геронтологии АМН СССР под руководством В.П. Войтенко были разработаны методы определения биологического возраста. Эти методы, а также их модификации, наиболее часто используются для практического определения биологического возраста в разных возрастных группах.

В диагностике уровня индивидуального здоровья человека важно наличие интегральных критериев его оценки. Одним из таких критериев является показатель темпа биологического старения. По мнению В.П. Войтенко (1972) он может служить достаточно точным и ранним индикатором возникновения состояния предболезни (преморбидного), количественно характеризовать состояние здоровья и эффективность адаптации к необычным экологическим и профессиональным условиям.

Показано, что 86,1 % практически здоровых молодых военнослужащих имеют ускоренный темп биологического старения организма (Б.П. Широков, 2000). Таких лиц следует относить к группе риска, как имеющих более низкие физиологические резервы, и более подверженных нарушениям здоровья у них в процессе адаптивных перестроек.

Установлена также тесная взаимосвязь вегетативного статуса и БВ организма. Преобладание тонуса парасимпатического отдела ВНС у лиц с минимальными значениями БВ свидетельствует о том, что адаптация их организма осуществляется за счет трофотропных влияний, направленных на поддержание гомеостатического равновесия организма. У лиц же с максимальными значениями БВ в процессе адаптационных перестроек преобладают эрготропные влияния, обеспечивающие их приспособление к меняющимся условиям внешней среды за счет повышенных энергозатрат. При этом удовлетворительная степень адаптационных механизмов организма или их умеренное напряжение наблюдалось у 75,9 % лиц с минимальным темпом биологического старения и только 21 % - с максимальным БВ (Б.П. Широков, 2000). Для лиц с ускоренным темпом биологического старения характерна и наиболее высокая заболеваемость.

Определение своего биологического возраста может способствовать

переориентации на здоровый образ жизни, являющийся залогом и более успешного обучения профессиональным навыкам.

Практическая работа «Определение биологического возраста человека»

Цель: определить биологический возраст студентов группы с разным уровнем тренированности.

Задачи:

1. Ознакомиться с методиками определения биологического возраста в разных возрастных диапазонах.
2. Получить практические навыки регистрации наиболее информативных физиологических показателей для определения биологического возраста студентов.
3. Обсудить полученные результаты с позиций влияния физической активности и образа жизни на биологический возраст человека.

Оснащение: секундомер, прибор для измерения АД, весы, становой динамометр.

Выполнение работы

При определении биологического возраста разных возрастных групп используются модификации тестов, в которых исходные показатели могут отличаться. В пособии рассматриваются варианты, опирающиеся на общедоступные показатели.

Для определения биологического возраста и темпов старения взрослого населения используется методика В.П. Войтенко (1982, 1984). Для этого необходимо выполнить следующие измерения:

1. Измерение массы тела (МТ) в кг.
2. Измерение артериального давления (АД) методом Н. Короткова: систолического (СД) и диастолического (ДД) и определение пульсового (ПД) давления.
3. Проба Штанге (задержка дыхания на вдохе $ЗД_{вд}$, с). Сделать глубокий вдох и задержать дыхание. Желательно повторить процедуру 3 раза с интервалом 5 мин. Учитывается наибольшая величина.
4. Проба Генчи (задержка дыхания на выдохе $ЗД_{выд}$, с). Сделать глубокий выдох и задержать дыхание. Повторить процедуру 3 раза с интервалом 5 мин. Учитывается наибольшая величина. Полученный результат проб Штанге и Генчи отражает функциональные возможности организма.
5. Определение жизненной емкости легких (ЖЕЛ). Измерение ЖЕЛ с помощью спирометра производится через 2 часа после приема пищи.
6. Исследование статической балансировки (СБ) в секундах. СБ определяется при стоянии на левой ноге, без обуви. Глаза закрыты, руки опущены вдоль туловища. СБ проводить без предварительной подготовки. Учитывается лучший результат из 3 попыток, проводимых с интервалом 1-2 мин.
7. Определение индекса самооценки здоровья (СОЗ, в баллах) по анкете. Ответить на 29 вопросов анкеты. Для первых 28 вопросов возможны ответы «да» или «нет».

Неблагоприятными считаются ответы:

«да» на вопросы: № 1-8, 10-12, 14-18, 20-28 и

«нет» на вопросы: № 9, 13, 19.

Для 29-го вопроса возможны ответы: хорошее, удовлетворительное, плохое, очень плохое. Неблагоприятным считается один из двух последних ответов.

Подсчитывается общее число неблагоприятных ответов. Эта величина СОЗ вводится в формулу для определения БВ. При идеальном здоровье число неблагоприятных ответов равно 0, при плохом - 29.

8. Расчет фактического БВ, (ФБВ) и должного БВ, (ДБВ) по формулам В.П. Войтенко.

Для мужчин:

$$\begin{aligned} \text{ФБВ} &= 44,3 + 0,68 \text{ СОЗ} + 0,40 \text{ СД} - 0,22 \text{ ДД} - 0,004 \text{ ЖЕЛ} - \\ &- 0,11 \text{ ЗДвд} + 0,08 \text{ ЗДвыд} - 0,13 \text{ СБ}; \\ \text{ДБВ} &= 0,661 \text{ КВ} + 16,9. \end{aligned}$$

Для женщин:

$$\begin{aligned} \text{ФБВ} &= 17,4 + 0,82 \text{ СОЗ} + 0,005 \text{ СД} + 0,16 \text{ ДД} + 0,35 \text{ ПД} - \\ &- 0,004 \text{ ЖЕЛ} + 0,04 \text{ ЗДвд} - 0,06 \text{ ЗДвыд} - 0,11 \text{ СБ}; \\ \text{ДБВ} &= 0,629 \text{ КВ} + 15,3. \end{aligned}$$

Анкета «Субъективная оценка здоровья» (СОЗ)

1. Беспокоят ли Вас головные боли?
2. Можно ли сказать, что Вы легко просыпаетесь от любого шума?
3. Беспокоят ли Вас боли в области сердца?
4. Считаете ли Вы, что в последние годы у Вас ухудшилось зрение?
5. Считаете ли Вы, что в последнее время у Вас ухудшился слух?
6. Стараетесь ли Вы пить только кипяченую воду?
7. Уступают ли Вам место в автобусе, троллейбусе, трамвае младшие по возрасту?
8. Беспокоят ли Вас боли в суставах?
9. Бываете ли Вы на пляже?
10. Влияет ли на Ваше самочувствие перемена погоды?
11. Бывают ли у Вас такие периоды, когда из-за волнений Вы теряете сон?
12. Беспокоят ли Вас запоры?
13. Считаете ли Вы, что сейчас Вы так же работоспособны, как прежде?
14. Беспокоят ли Вас боли в области печени?
15. Бывают ли у Вас головокружения?
16. Считает ли Вы, что сосредоточиться сейчас Вам стало труднее, чем в прошлые годы?
17. Беспокоят ли Вас ослабление памяти, забывчивость?
18. Ощущаете ли Вы в различных частях тела жжение, покалывание, «ползание мурашек»?
19. Бывают ли у Вас такие периоды, когда Вы чувствуете себя радостным, возбужденным, счастливым?
20. Беспокоят ли Вас шум и звон в ушах?

21. Держите ли Вы для себя в домашней аптечке один из следующих медикаментов: валидол, нитроглицерин, сердечные капли?
22. Бывают ли у Вас отеки на ногах?
23. Приходится ли Вам отказываться от некоторых блюд?
24. Бывает ли у Вас одышка при быстрой ходьбе?
25. Беспокоят ли Вас боли в области поясницы?
26. Приходится ли Вам употреблять в лечебных целях какую-либо минеральную воду?
27. Беспокоит ли Вас неприятный вкус во рту?
28. Можно ли сказать, что Вы стали легко плакать?
29. Как Вы оцениваете состояние своего здоровья?

После выполнения всех измерений и расчета биологического возраста анализируют полученные результаты, заостряя внимание на фактах несоответствия паспортного и биологического возраста студентов, устанавливают возможные причины и последствия таких отклонений.

Оценка функционального возраста и темпов старения взрослых по методике А.Л. Решетюка и др. (1999)

По отношению к лицам старшего и пожилого возраста под термином «биологический» («функциональный») возраст понимают меру возрастной инволюции физиологических систем организма в процессе старения.

Паспортный возраст является критерием постарения человека, однако этот процесс происходит неравномерно на уровне клеток, тканей, органов и систем организма человека. Возрастные изменения каждой из физиологической системы организма человека детерминированы генетическими, средовыми и профессиональными факторами. В.П. Войтенко, Г.В. Коробейников, А.Л. Решетюк и другими исследователями предложено использовать функциональный возраст как интегральный критерий функционального состояния организма в качестве ненозологической характеристики здоровья человека. Подход к оценке функционального возраста и темпа старения организма человека, используемый авторами, заключается в трех положениях:

1. Выбор наиболее информативных физиологических показателей для определения функционального возраста и темпа старения организма человека.
2. Темп старения должен определяться по отклонению значений физиологических показателей от среднепопуляционных (должных), по возрастным группам.
3. Функциональный возраст должен отражать реальное физиологическое состояние организма человека с учетом его возраста.

Первое положение их концепции основывается на многочисленных исследованиях возрастной динамики физиологических систем организма человека. На основании проведенного анализа геронтологической литературы, были выбраны восемь наиболее информативных показателей, зависящих от возраста: артериальное давление систолическое (СД) и диастолическое (ДД), жизненная емкость легких (ЖЕЛ), продолжительность задержки дыхания

после глубокого вдоха ($ЗД_{вд}$) и глубокого выдоха ($ЗД_{выд}$), статическая балансировка (СБ), частота сердечных сокращений ($ЧСС_{исх}$) в покое и после 20 приседаний ($ЧСС_{нагр}$).

В качестве исходных показателей используют параметры кардиореспираторной системы как в покое, так и при функциональных пробах. Объективно отражает состояние вестибулярного аппарата и активность проприоцепторов мышц нижних конечностей информативный возраст-зависимый показатель статической балансировки (СБ).

Второе положение концепции основано на среднепопуляционных значениях изучаемых показателей. В таблице 23 представлены должные значения Должные значения показателей для определения темпа старения и функционального возраста человека

Показатели	Пол	Возраст, лет					
		20-29	30-39	40-49	50-59	60-69	70 и старше
АД систолическое, мм рт. ст.	Мужчины	120	120	130	130	130	130
	Женщины	120	120	130	130	130	130
АД диастолическое, мм рт. ст.	Мужчины	70	70	70	80	80	80
	Женщины	70	70	70	80	80	80
ЧСС в покое, мин 1	Мужчины	60	70	70	70	70	75
	Женщины	60	70	70	70	70	75
ЧСС после нагрузки, мин 1	Мужчины	120	130	140	150	150	150
	Женщины	120	130	140	150	150	150
Задержка дыхания на вдохе, с	Мужчины	90	90	80	60	40	30
	Женщины	60	60	40	30	20	20
Задержка дыхания на выдохе, с	Мужчины	60	60	40	30	20	20
	Женщины	40	40	20	20	18	18
Жизненная емкость легких, л	Мужчины	3,5	3,4	3,0	2,9	2,6	2,0
	Женщины	3,0	2,8	2,8	2,0	1,8	1,8

Статическая балансировка, с	Мужчин	60	60	40	30	20	10
	Женщин	30	30	20	18	18	10

показателей, входящих в формулу для определения темпа старения организма человека.

Последовательно определяют все необходимые показатели, сначала в исходном состоянии, а затем после функциональной нагрузки, затем вычисляют темп старения (ТС) человека по формуле:

$$(ФСД/ТСД + ФДД/ТДД + ФЧСС_{исх}/ТЧСС_{исх} + ФЧСС_{нагр}/ТЧСС_{нагр} + ТЖЕЛ/ФЖЕЛ + ТЗД_{вд}/ФЗД_{вд} + ТЗД_{выд}/ФЗД_{выд} + ТСБ/ФСБ)/N,$$

где СД - артериальное давление систолическое (мм рт. ст.);

ДД - артериальное давление диастолическое (мм рт. ст.);

ЖЕЛ - жизненная емкость легких (л);

ЗД_{вд} - задержка дыхания на вдохе (с);

ЗД_{выд} - задержка дыхания на выдохе (с);

СБ - статическая балансировка;

ЧСС_{исх} - частота сердечных сокращений в покое (мин⁻¹);

ЧСС_{нагр} - частота сердечных сокращений после 20 приседаний (мин⁻¹);

Т - табличное (должное) значение показателя;

Ф - фактическое значение показателя;

N - количество показателей.

При анализе полученных данных используется классификация темпов старения и функционального возраста организма человека, разработанная А.Л. Решетюком с соавт. (1996).

Согласно разработанной классификации, значения ТС более 1,1 отражают ускоренный темп старения организма человека, значения ТС менее 1 - замедленный темп старения организма, значения от 1 до 1,1 - соответствуют нормальному темпу старения.

Затем определяют функциональный возраст (ФВ) по формуле:

$$ФВ = ТС \times КВ,$$

где КВ - календарный возраст (лет).

По отклонению значений ФВ от значений КВ определяется тип старения организма человека.

Отклонения ФВ менее чем на 5 лет от календарного отражают функциональную сохранность организма, более чем на 5 лет - умеренно повышенный темп старения, более чем на 10 лет - ускоренное старение организма человека.

После выполнения всех необходимых измерений и вычислений анализируют результаты и формулируют выводы.

Для определения биологического возраста детей разного возраста и подростков можно использовать аналогичные методики вышеуказанных авторов.

Выводы:

Контрольные вопросы:

1. Дайте определение понятий «паспортный» и «биологический» возраст человека.
2. Что такое темпы биологического развития и старения?
3. Какая связь наблюдается между ускоренным темпом биологического старения и заболеваемостью?
4. Есть ли взаимосвязь вегетативного статуса и биологического возраста организма? Какой вегетативный статус отражает оптимальный резерв адаптации?
5. Как вычисляется функциональный возраст человека и темп его старения?
6. Какому типу старения соответствует превышение биологического возраста над паспортным до 5 лет? Более чем на 5 лет?

Лабораторная работа №10

Самоконтроль текущего функционального состояния организма человека в процессе занятий физической культурой и спортом. Врачебный контроль в профессиональном спорте.

Цель работы: пользуясь визуальными наблюдениями, оценить физическую подготовленность, влияние занятий на группу, а также построение и организацию занятия.

Для работы необходимы: секундомер, протокол исследования.

Выполнение работы

Приготовить карту наблюдения, в которую нужно внести следующие данные.

I. Общие данные о группе:

- а) характеристика группы (спортивная специализация, квалификация, спортивный стаж, период тренировки);
- б) количество занимающихся (из них мужчины и женщины);
- в) число освобожденных от занятий в группе (с указанием причин).

II. Характеристика занятия (тренировки):

- а) наименование занятия;
- б) основные задачи, цель;
- в) время начала занятий, окончания, длительность;
- г) моторная плотность занятия в процентах;
- д) относительная интенсивность нагрузки в процентах;
- е) гигиенические и материально-технические условия занятия.

Примечание. Моторная плотность занятия оценивается в процентах. Плотность 80...90 % следует считать очень высокой, 60...70 % - хорошей, 40...50 % - низкой.

Относительная интенсивность J вычисляется по формуле:

$$J = [(ЧСС нагрузки - ЧСС покоя) / (ЧСС макс - ЧСС покоя)] \cdot 100 \%,$$

где ЧСС покоя - до начала занятий;

ЧСС макс - определяется в ступенчато возрастающем велоэргометрическом тесте или на тредбане или на ступеньке с работой до отказа (можно со слов спортсмена).

III. Визуальные наблюдения за влиянием занятий на занимающихся.

1. Состояние в начале урока (бодрое, вялое, работоспособное и т. д.).
2. В процессе занятия (поведение, настроение, отношение к работе, координация движений, дыхание, одышка, окраска кожных покровов, походка, выражение лица).
3. Технические показатели, организация и методика проведения занятия (техника выполнения упражнений - хорошая, удовлетворительная, плохая; технические показатели - высокие, средние, низкие; недостатки в построении и организации занятия).
4. Степень утомления к концу урока (по внешним признакам).
5. Оценка выполнения поставленных задач.

На основании визуальных наблюдений по плотности занятия и интенсивности нагрузки дать общее заключение, практические предложения и рекомендации по методике и организации занятия.

ЗАДАНИЕ № 2. ВЛИЯНИЕ ЗАНЯТИЙ ФК НА ОРГАНИЗМ ЗАНИМАЮЩЕГОСЯ ПО ИЗМЕНЕНИЯМ ЧАСТОТЫ ПУЛЬСА.

Цель работы: определить по реакции пульса интенсивность применяемых нагрузок и их соответствие функциональным возможностям занимающегося. Для работы необходимы: секундомер, протокол исследования. Ход работы. Перед тренировкой из группы выбирается один испытуемый для проведения исследования, у которого собирается анамнез и регистрируется частота пульса пальпаторным методом на лучевой или сонной артерии. Далее частота пульса определяется непрерывно в течение всего занятия, после отдельных его частей, непосредственно после отдельных упражнений и в период отдыха между ними, а также в течение 5 минут после окончания занятия. Всего нужно сделать не менее 10-12 измерений. Результат каждого исследования пульса сразу же обозначается точкой на графике. Кроме того следует отметить, на какой минуте, после какого упражнения и в какой части занятия

делано измерение.

Оформление работы

1. Вычертить физиологическую кривую занятия.
2. Определить по данным пульсометрии интенсивность применяемых нагрузок, правильность их распределения во времени и достаточность отдыха.
3. Дать краткие рекомендации.

ЗАДАНИЕ № 3. ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ЗАНЯТИЯ НА ЗАНИМАЮЩЕГОСЯ ПО ИЗМЕНЕНИЯМ АД.

Цель работы: определить по изменению АД интенсивность выполняемых нагрузок и соответствие их функциональным возможностям организма. Для работы необходимы: сфигмоманометр, фонендоскоп, секундомер, карта исследования.

Ход работы. Выбирается один испытуемый, у которого собирается анамнез. Желательно исследование пульса и АД проводить у одного и того же испытуемого.

Частота изменения АД такая же, как и пульса. При каждом измерении АД в графике отмечаются две точки: одна для максимального, другая для минимального давления. Одновременно необходимо отметить, на какой минуте, после какого упражнения и в какой части занятия сделано измерение;

Оформление работы

1. Вычертить кривую изменений максимального и минимального АД.
2. Определить по ней интенсивность нагрузок, правильность распределения интервалов отдыха, состав, характер и степень изменений пульса и АД. Сделать заключение о функциональном состоянии организма и дать практические предложения по коррекции нагрузки.

ЗАДАНИЕ № 4. ОПРЕДЕЛЕНИЕ РЕАКЦИИ ЗАНИМАЮЩЕГОСЯ НА ФИЗИЧЕСКИЕ НАГРУЗКИ ПО ИЗМЕНЕНИЯМ ЖЕЛ И БРОНХИАЛЬНОЙ ПРОХОДИМОСТИ.

Цель работы: определить степень воздействия нагрузки на организм человека на основании данных наблюдений за изменением ЖЕЛ и бронхиальной проходимости.

Для работы необходимы: сухой спирометр, секундомер, спирт, ватные тампоны, пневмотахометр, протокол исследований. Ход работы. Перед занятием у испытуемого собрать анамнез. Затем до начала занятий измерить ЖЕЛ по обычной методике, провести пробу Лебедева (4-кратное измерение ЖЕЛ с интервалом отдыха в 15 сек.) и определить бронхиальную проходимость. В течение занятия провести 10-12 измерений. Повторная проба Лебедева проводится после окончания занятия. Данные измерений наносятся точкой на графике. Оформление работы

Вычертить график. Дать оценку влияния нагрузок на функциональное состояние системы внешнего дыхания. При оценке учитывать, что важное значение имеют сдвиги в величинах ЖЕЛ, состоянии бронхиальной проходимости. После обычных тренировочных занятий при пробе Лебедева снижение ЖЕЛ составляет 100-200 мл, а после очень больших тренировочных и соревновательных нагрузок может быть снижение ЖЕЛ на 300-500 мл. Поэтому значительное снижение этих показателей и замедленное восстановление свидетельствует о неадекватности применяемой нагрузки.

ЗАДАНИЕ № 5. ОПРЕДЕЛЕНИЕ РЕАКЦИИ ЗАНИМАЮЩЕГОСЯ НА ФИЗИЧЕСКИЕ НАГРУЗКИ ПО ИЗМЕНЕНИЮ СИЛЫ РУК.

Цель работы: Определить по изменениям силы рук соответствие выполняемых нагрузок возможностям обследуемого.

Оборудование: ручной динамометр, секундомер, протокол исследования. Ход работы. Выбрав испытуемого из группы, собрать у него анамнез. Затем измеряется сила левой и правой кисти. Порядок определения тот же, что и на занятии № 4. Данные наносятся на график. Внизу указывается, после какого упреждения сделано измерение и в какой части занятия. Рекомендации к выполнению работы

1. При каждом измерении на графике откладывается две точки: одна - сила правой, другая - сила левой кисти.
2. По кривой изменений силы кистей и ее восстановлению в периоды отдыха оценить тяжесть нагрузки, степень утомления, величину интервалов отдыха и др.

При оценке учитывать, что значительное уменьшение силы кистей наблюдается у недостаточно подготовленных спортсменов. Одним из характерных признаков утомления является уменьшение разницы в показателях силы правой и левой кисти за счет снижения силы правой и некоторого увеличения силы левой.

ЗАДАНИЕ № 6. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВЛИЯНИЯ ЗАНЯТИЯ НА ОРГАНИЗМ ПО ИЗМЕНЕНИЯМ КООРДИНАЦИОННОЙ ПРОБЫ РОМБЕРГА.

Цель работы: определить по изменению координационной пробы соответствие нагрузок физическим возможностям занимающегося, выявить степень утомления.

Для работы необходимы: протокол исследования, секундомер.

Ход работы. Для проведения работы выбирается испытуемый, у которого собирается анамнез. Затем проводится усложненная поза пробы Ромберга (II - III позы). Порядок, определения тот же, что и в занятии № 2.

Характер изменения длительности сохранения равновесия во II и III позах следует оформить в виде графика: одна линия характеризует динамику II позы; вторая - III. Внизу указывается, после какого упражнения проведено исследование и в какой части занятия.

Рекомендации к выполнению работы

1. Вычертить кривую длительности сохранения равновесия во II и III позах Ромберга в течение занятия.
5. Оценить по пробе Ромберга степень утомления и адекватность тренировочной нагрузки уровню подготовленности организма. Недостаточная устойчивость в позах Ромберга является одним из признаков утомления, переутомления и перетренированности, а также заболеваний ЦНС.

***ПРОТОКОЛ ИССЛЕДОВАНИЯ КООРДИНАЦИОННОЙ ФУНКЦИИ НЕРВНОЙ СИСТЕМЫ
В ТЕЧЕНИЕ ЗАНЯТИЯ***

(1. Ф.И.О. 2. Возраст. 3. Спортивная специализация. 4. Спортивный стаж. 5. Разряд, 6. Период тренировки и основные ее особенности (систематичность, круглогодичность, объем, интенсивность тренировок). 7. Были ли тренировки в прошлом. 8. Особенности предстартового состояния. 9. Дата последней тренировки. 10. Самочувствие, жалобы. Травмы ЦНС - когда, какие, исход)

ЗАДАНИЕ № 7. ОПРЕДЕЛЕНИЕ РЕАКЦИИ ЗАНИМАЮЩЕГОСЯ НА ФИЗИЧЕСКИЕ НАГРУЗКИ ПО ИЗМЕНЕНИЮ ТОНУСА МЫШЦ.

Цель работы: определить по изменению тонуса мышц сократительную функцию и степень утомления нервно-мышечного аппарата под влиянием нагрузки.

Для работы необходимы: миотонометр, протокол исследования.

Ход работы. Перед началом тренировки из группы выбирается один испытуемый, у которого собирается анамнез. Затем в зависимости от характера занятий определяется, на какие группы мышц приходится нагрузка. Измерение тонуса мышц производится в симметричных точках конечностей. Определяется тонус расслабления и тонус напряжений. Измерение тонуса мышц проводятся до занятия, в течение всего занятия,

после отдельных упражнений, интервалов отдыха и по окончании занятий. Всего во время занятий нужно сделать 10-15 измерений тонуса мышц.

Рекомендации к выполнению работы

1. Вычертить график: одна точка, соответствует тонусу расслабления, другая - тонусу напряжения.

2. По кривой изменений амплитуды тонуса напряжения и расслабления и по ее восстановлению в периоды отдыха, оценить тяжесть нагрузки и степень утомления.

При оценке полученных данных учитывается изменение амплитуды твердости мышц (разница между тонузом напряжения и расслабления), выраженной в миотонах. Уменьшение ее связано с ухудшением функционального состояния нервно-мышечного аппарата и наблюдается у недостаточно тренированных спортсменов или при выполнении чрезмерных физических нагрузок.

ПРОТОКОЛ ИССЛЕДОВАНИЯ ТОНУСА МЫШЦ В ТЕЧЕНИЕ ЗАНЯТИЯ

(1. Ф.И.О. 2. Возраст. 3. Спортивная специализация. 4. Спортивный стаж. 5. Разряд. 6. Периоды тренировки и основные ее особенности (систематичность, круглогодичность, объем, интенсивность тренировок). 7. Перерывы в тренировке (когда и почему?). 8. Физические нагрузки, выполненные накануне. 9. Самочувствие, жалобы)

ЗАДАНИЕ № 8. ОПРЕДЕЛЕНИЕ СОСТОЯНИЯ ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ ПОДГОТОВЛЕННОСТИ ОРГАНИЗМА. С ПОМОЩЬЮ ДОПОЛНИТЕЛЬНОЙ СТАНДАРТНОЙ НАГРУЗКИ.

Цель работы: определить степень воздействия физической нагрузки на организм занимающегося и оценить уровень его тренированности. Для работы необходимы: секундомер, фонендоскоп, сфигмоманометр, протокол исследования

Ход работы. Перед тренировочным занятием за 10-15 минут выбирают одного обследуемого, у которого собирают анамнез, измеряют пульс и АД. Затем ему предлагают выполнить первую дополнительную стандартную нагрузку. В виде дополнительной стандартной нагрузки может быть использована любая функциональная проба в зависимости от спортивной специализации и квалификации обследуемого (15-секундный бег в максимальном темпе, степ-тест, 2 и 3-минутный бег на месте в темпе 180 шагов в минуту). После выполнения дополнительной нагрузки пульс и АД определяются в течение 5 минут по общепринятой методике. Эта же дополнительная нагрузка выполняется вторично, спустя 10-15 минут после окончания тренировки, предварительно измерив частоту пульса и АД. После выполнения дополнительной нагрузки ЧСС и АД измеряются в течение 5 минут. Данные наблюдения заносятся в нижеследующую таблицу.

- Рекомендации к оформлению работы
1. Построить график по изменений пульса и АД.
 2. Сопоставляя типы ответных реакций на дополнительную стандартную нагрузку до и после тренировки, определить степень воздействия тренировочной нагрузки и оценить уровень тренированности.

ПРОТОКОЛ К РАБОТЕ ПО ЗАДАНИЮ № 8

(1. Ф.И.О. 2. Возраст. 3. Вид спорта, разряд, стаж. 4. Лучшие результаты (когда показаны). 5. Выступления в соревнованиях в последние 1,5-2 месяца, длительность различных периодов тренировки и количество тренировок по периодам, применяемые средства. 6. Перерывы в тренировке (когда и почему). 7. Содержание занятия, на котором проведено наблюдение, время проведения занятия, дата. 8. Самочувствие, настроение, жалобы до занятия, после его окончания)

Разница в показателях ЧСС и АД до и после пробы заносится в нижеследующий график для определения типа ответной реакции на нагрузку. Обозначения на графике: по горизонтали (оси абсцисс) - время; по вертикали (оси ординат) - разница ЧСС, максимального и минимального АД на каждой минуте восстановительного периода по отношению к исходным величинам.

Для оценки воздействия физических нагрузок, выполненных в течение занятия, необходимо сравнить приспособительные реакции к дополнительной нагрузке до и после занятия. При этом возможны три варианта ответных реакций на дополнительную нагрузку.

1. Характеризуются незначительными отличиями в приспособительных реакциях на дополнительную нагрузку, выполненную до и после тренировки. Могут быть только небольшие количественные различия в сдвигах пульса, АД и длительности восстановления. Такая реакция наблюдается у спортсменов в состоянии хорошей тренированности, но может быть у недостаточно тренированных спортсменов при небольшой тренировочной нагрузке.
2. Характеризуются тем, что на дополнительную нагрузку, выполняемую после тренировки, отмечаются более выраженные сдвиги в реакции пульса, тогда, как максимальное артериальное давление повышается незначительно (феномен "ножницы"). Длительность восстановления пульса и АД увеличивается. Такая реакция свидетельствует о недостаточной тренированности, а в отдельных случаях наблюдается и у хорошо тренированных после чрезмерно большой нагрузки.
3. Характеризуется более выраженными изменениями реакции на дополнительную нагрузку после тренировки: резко возрастает пульсовая реакция, появляются атипические виды (гипотонический, диатонический, гипертонический, реакции со ступенчатым подъемом максимального АД), период восстановления удлиняется. Этот вариант свидетельствует о значительном ухудшении функционального состояния спортсмена, причиной

чего может быть недостаточная его подготовленность, переутомление или чрезмерная нагрузка на занятии. ВПН также проводятся с повторными специфическими нагрузками (в соответствии с видом спорта) для оценки уровня специальной тренированности в естественных условиях подготовки.

Учреждение образования "Полесский государственный университет"

(название учреждения высшего образования)

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебной работе
УО "Полесский государственный
университет"

_____ О.А.Золотарева

(дата утверждения)
Регистрационный № УД- _____ /уч.

ФИЗИОЛОГИЯ СПОРТА

(название учебной дисциплины)

Учебная программа по учебной дисциплине для специальностей:

1-88 01 01	Физическая культура (по направлениям)
1-88 01 02	Оздоровительная и адаптивная физическая культура (по направлениям)
1-88 01 03	Физическая реабилитация и эрготерапия (по направлениям)
1-88 02 01	Спортивно-педагогическая деятельность (по направлениям).

(код специальности)

(наименование специальности)

2021 г.

Учебная программа составлена на основе образовательных стандартов ОСВО

(название образовательного стандарта,

1-88 01 01 -2013, 1-88 01 02 -2013, 1-88 01 03 -2013, 1-88 02 01-2013 и

типовой учебной программы №ТД-Н.105/тип. От 18.11.2015

(образовательных стандартов), типовой учебной программы, дата утверждения, регистрационный номер

СОСТАВИТЕЛИ:

Маринич В.В., доцент кафедры общей и клинической медицины, кандидат
медицинских наук, доцент учреждения образования "Полесский
государственный университет",

Чарыкова И.А., руководитель лаборатории психологии спорта
Республиканского научно-практического центра спорта, кандидат
медицинских наук.

РЕКОМЕНДОВАНА К УТВЕРЖДЕНИЮ:

Кафедрой общей и клинической медицины

(название кафедры - разработчика учебной программы)

(протокол № ___ от _____);

Научно-методическим советом Учреждения образования "Полесский

(название учреждения высшего образования)

государственный университет" (протокол № ___ от _____);

СОГЛАСОВАНО:

Заведующий библиотекой _____

Методист УМО _____

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

1 Место дисциплины в системе подготовки специалиста

Физическая культура и спорт расширяют адаптивные возможности человека. Запросы теории и практики физического воспитания и обучения требуют от физиологической науки раскрытия особенностей функционирования организма с учетом возраста людей и закономерностей их адаптации к мышечной деятельности. Научные принципы физического воспитания базируются на физиологических закономерностях роста и развития человека на разных этапах онтогенеза. В процессе физического воспитания следует не только повышать двигательную подготовленность, но и формировать необходимые психофизиологические свойства и качества личности, обеспечивающие ее готовность к активной деятельности в условиях спорта и физической культуры.

Формирование различных органов и систем, двигательных качеств и навыков, их совершенствование в процессе физического воспитания может быть успешным при условии научно обоснованного применения различных средств и методов физической культуры. При этом необходимо учитывать возрастно-половые и индивидуальные особенности детей, подростков, зрелых и пожилых людей, а также резервные возможности организма на разных этапах индивидуального развития. Знание таких закономерностей специалистами позволит в практике физического воспитания и спорта добиться оптимальных и высоких результатов.

2 Цели и задачи учебной дисциплины

Целью курса является формирование у студентов научного представления о механизмах функционирования и регуляции деятельности клеток, органов, систем, организма в целом при выполнении различных физических нагрузок и в спортивной деятельности.

Основная задача курса – получение студентами теоретических знаний и практических навыков, способствующих их дальнейшей практической деятельности в сфере физической культуры и спорта.

3 Требования к уровню освоения учебной дисциплины

В результате изучения дисциплины студент должен закрепить и развить академические (АК), овладеть следующими профессиональными (ПК) компетенциями, предусмотренные в образовательном стандарте:

а) академические:

АК-1: уметь применять базовые научно-теоретические знания для решения теоретических и практических задач;

АК-2: владеть системным и сравнительным анализом;

АК-3: владеть исследовательскими навыками;

АК-4: уметь работать самостоятельно;

АК-5: быть способным порождать новые идеи (обладать креативностью);

АК-6: владеть междисциплинарным подходом при решении проблем;
 АК-7: иметь навыки, связанные с использованием технических устройств, управлением информацией и работой на компьютере;
 АК-8: обладать навыками устной и письменной коммуникации;
 АК-9: уметь учиться, повышать свою квалификацию в течение всей жизни;

б) профессиональные:

студент должен:

научно-исследовательская деятельность

ПК-1: формировать физическую культуру личности;

ПК-2: воспитывать ответственность за результаты учебной деятельности;

ПК-3: формировать у занимающихся систему научных знаний, умений, навыков и готовность к их использованию в процессе физического воспитания;

ПК-4: организовывать и проводить разнообразные формы занятий физическими упражнениями;

ПК-5: использовать приемы формирования мотивации к занятиям физическими упражнениями;

научно-производственная деятельность

ПК-6: осваивать и использовать современные научно обоснованные методики физического воспитания;

ПК-7: дифференцировать и индивидуализировать физические нагрузки;

ПК-8: выбирать и использовать средства и методы физической культуры;

ПК-9: вести переговоры с другими заинтересованными участниками;

ПК-10: готовить доклады и материалы к презентациям;

ПК-11: пользоваться глобальными информационными ресурсами, владеть современными средствами телекоммуникаций;

ПК-12: квалифицированно проводить научные исследования в области физической культуры и спорта;

ПК-13: использовать в процессе научных исследований в области физической культуры и спорта знания смежных дисциплин;

ПК-14: готовить научные статьи, рефераты, информационные сообщения и др.;

ПК-15: использовать в научных исследованиях современные информационные технологии;

производственная деятельность

ПК-16: разрабатывать методики коррекции и восстановления с учетом результатов научно-исследовательских работ;

ПК-17: выбирать эффективный критерий оптимального дозирования физической нагрузки;

ПК-18: формировать у занимающихся гражданские черты личности, гуманистическое мировоззрение, нравственное сознание и нравственное

поведение, устойчивый интерес к спортивным и физкультурным занятиям, навыки физического самосовершенствования;

ПК-19: осуществлять пропаганду физической культуры, спорта и туризма, здорового образа жизни;

ПК-20: работать с научно-методической литературой;

ПК-21: контролировать и анализировать эффективность занятий физическими упражнениями;

ПК-22: организовывать и проводить соревнования, спортивно-массовые и физкультурно-оздоровительные мероприятия;

ПК-23: разрабатывать авторские лечебно-профилактические программы занятий, уроков физической культуры (физкультурных занятий) с учетом контингента занимающихся, условий образовательной среды;

ПК-24: составлять методическую, планирующую и отчетную документацию по установленным формам;

ПК-25: анализировать и оценивать собранные данные;

производственная деятельность

Для приобретения профессиональных компетенций ПК-1 – ПК-25 в результате изучения дисциплины студент должен:

В результате изучения дисциплины студент должен, обладать следующими универсальными компетенциями (далее - УК), предусмотренными в образовательных стандартах ОСВО 1-88 01 01-2013, 1-88 01 02 -2013, 1-88 01 03 -2013, 1-88 02 01-2013:

- УК-1. Владеть основами исследовательской деятельности, осуществлять поиск, анализ и синтез информации;
- УК-2. Решать стандартные задачи профессиональной деятельности на основе применения информационно-коммуникативных технологий, применять нормы национального и международного законодательства в области информационных технологий; УК-3. Осуществлять коммуникации на иностранном языке для решения задач межличностного, межкультурного и профессионального взаимодействия;
- УК-4. Работать в команде, толерантно воспринимать социальные, эстетические, конфессиональные, культурные и иные различия;
- УК-5. Быть способным к саморазвитию и совершенствованию в профессиональной деятельности;
- УК-6. Проявлять инициативу и адаптироваться к изменениям в профессиональной деятельности;
- УК-7. Обладать гуманистическим мировоззрением, качествами гражданственности и патриотизма;
- УК-8. Обладать современной культурой мышления, уметь использовать основы философских знаний в профессиональной деятельности;
- УК-9. Выявлять факторы и механизмы исторического развития,

- определять общественное значение исторических событий;
- УК-10. Анализировать и оценивать экономические и социальные процессы, проявлять предпринимательскую деятельность;
 - УК-11. Осуществлять коммуникации на белорусском языке для решения задач межличностного, межкультурного и профессионального взаимодействия;
 - УК-12. Понимать значение физической культуры и спорта в общей системе социокультурных ценностей и определять социально-политические факторы влияния на развитие физической культуры и спорта в контексте исторического процесса;
 - УК-13. Формировать представление о многогранности социокультурных процессов, анализировать их и определять тенденции развития массовой и элитарной культуры;
 - УК-14. Находить решение проблемы национальной самоидентификации человека в условиях глобализации общества;
 - УК-15. Использовать теоретические знания и методы религиоведческого исследования на практике;
 - УК-16. Использовать теоретические знания и практические умения для анализа исторических и современных социальных явлений на практике;
 - УК-17. Выделять основные особенности психических явлений, понимать их сущность, взаимосвязь и учитывать в профессиональной деятельности.

Специалист, освоивший содержание образовательной программы, должен обладать следующими базовыми профессиональными компетенциями (далее - БПК):

В результате изучения дисциплины студент *должен знать*:

- особенности протекания физиологических процессов при различных видах спортивной деятельности;
- механизмы адаптации организма к физическим нагрузкам применительно к требованиям вида спорта;
- механизмы влияния двигательной активности на повышение неспецифической устойчивости организма к неблагоприятным факторам внешней среды;
- методы оценки функционального состояния организма занимающихся физической культурой и спортом;

уметь:

- оценивать функциональное состояние организма в покое, под влиянием физической нагрузки различной направленности, величины и в периоде восстановления;
- разрабатывать программы по физическому воспитанию и спортивной подготовке для различных возрастных групп, корректировать физическую нагрузку и осуществлять контроль и самоконтроль физиологических

показателей организма;

– определять физиологические критерии спортивного отбора, осуществлять обследование спортсменов в циклах подготовки, оценку перспективности и планирование нагрузки после активных занятий спортом;
владеть:

– методами тестирования функционального состояния (оперативного, текущего, этапного) организма занимающихся физической культурой и спортом.

4 Объем дисциплины и виды учебной работы

Дисциплина "Физиология спорта" изучается студентами дневной и заочной формы получения высшего образования специальности 1-88 01 01 Физическая культура (по направлениям), 1-88 01 02 Оздоровительная и адаптивная физическая культура (по направлениям); 1-88 01 03 Физическая реабилитация и эрготерапия (по направлениям); 1-88 02 01 Спортивно-педагогическая деятельность (по направлениям).

В дневной форме получения высшего образования для изучения дисциплины предусмотрено всего 120 часов академических, из них 54 часа аудиторных: 30 часов лекций, 24 часа лабораторных занятий; 14 часов УСР. Форма текущей аттестации – экзамен (5 семестр).

В заочной форме получения высшего образования для изучения дисциплины предусмотрено всего 120 часов академических, из них 12 часов аудиторных: 6 часов лекций, 6 часов практических занятий. Форма текущей аттестации – экзамен (10 семестр).

В заочной форме получения высшего образования на базе среднего специального образования для изучения дисциплины предусмотрено всего 120 часов академических, из них 14 часов аудиторных: 8 часов лекций, 6 часов практических занятий. Форма текущей аттестации – экзамен (4, 5 семестр).

Программа курса составлена с учетом межпредметных связей по смежным дисциплинами ("Анатомия", "Биохимия", "Физиология" и др.)

СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОГО МАТЕРИАЛА

Раздел 1 Введение в учебную дисциплину «Физиология спорта»

Тема 1.1 Содержание физиологии спорта. Физиологическая классификация физических и спортивных упражнений

Физиология спорта как наука. Задачи физиологии спорта и ее взаимосвязь с другими науками. Значение физиологии спорта для теории и практики физической культуры и спорта.

Критерии физиологической классификации физических и спортивных упражнений. Физиологическая классификация физических упражнений по объему активной мышечной массы, типу мышечного сокращения, ведущему физическому качеству. Физиологическая классификация спортивных упражнений по кинематической характеристике, вкладу энергетических систем в обеспечение мышечной деятельности, в зависимости от физиологической мощности (интенсивности) спортивных упражнений (В.С. Фарфель).

Тема 1.2 Организация самостоятельного контроля текущего функционального состояния организма человека в процессе занятий физической культурой и спортом

Организация самостоятельного контроля текущего функционального состояния организма человека в процессе занятий физической культурой и спортом.

Организация еженедельного самостоятельного контроля текущего функционального состояния студентов с применением пульсометрии и ортостатической пробы, измерением артериального давления, расчетом пульсового давления, систолического и минутного объема крови, общего гемодинамического показателя.

Раздел 2 Физиологическая характеристика состояний организма, возникающих в процессе мышечной деятельности

Тема 2.3 Физиологическая характеристика предстартового состояния, вработывания и устойчивого состояния

Физиологические механизмы возникновения предстартового состояния. Изменения в деятельности функциональных систем организма в предстартовом состоянии. Специфичность предстартового состояния. Формы предстартового состояния. Способы управления предстартовым состоянием. Разминка. Виды разминки. Функциональные эффекты общей и специальной разминки. Интервалы отдыха между окончанием разминки и началом основной работы. Физиологические механизмы и закономерности вработывания.

Физиологическая характеристика и механизмы возникновения состояний "мертвая точка" и "второе дыхание". Пути выхода из состояния "мертвая точка". Физиологическая характеристика устойчивого состояния. Виды устойчивого состояния.

Тема 2.4 Исследование предстартового состояния спортсменов в

зависимости от интенсивности предстоящей физической нагрузки

Исследование предстартового состояния спортсменов в зависимости от интенсивности предстоящей физической нагрузки.

Исследование предстартовых реакций системы кровообращения (по изменению частоты сердечных сокращений) на физические нагрузки различной интенсивности (15-секундный бег на месте в максимальном темпе, 10- минутный бег трусцой). Роль словесных сигналов при создаваемой предстартовой ситуации в лабораторных условиях.

Тема 2.5 Исследование вработывания, устойчивого состояния и восстановления кардиореспираторной системы под влиянием велоэргометрической нагрузки умеренной интенсивности

Исследование вработывания, устойчивого состояния и восстановления показателей кардиореспираторной системы под влиянием велоэргометрической нагрузки умеренной интенсивности.

Регистрация показателей кардиореспираторной системы (частота сердечных сокращений, артериального давления, систолического и минутного объема крови, частоты и глубины дыхания, минутного объема дыхания) и анализ их динамики в период вработывания, в устойчивом состоянии, в период восстановления после 10-минутной велоэргометрической нагрузки умеренной мощности.

Тема 2.6 Физиологическая характеристика процессов утомления и восстановления

Понятие об утомлении. Биологическое значение утомления. Механизмы и локализация утомления. Физиологические изменения в функциональных системах организма при развитии утомления. Теории утомления (центрально-нервная и гуморально-локалистические). Стадии утомления (компенсированное и декомпенсированное). Физиологические особенности возникновения утомления при различных видах физических нагрузок.

Механизмы восстановительных процессов. Основные процессы восстановительного периода (ликвидация кислородного долга, восстановление энергетических и пластических ресурсов, изменение вегетативного тонуса, нормализация гомеостатических показателей и т.д.). Закономерности восстановительных процессов (фазность, гетерохронность, неравномерность, избирательность восстановления функций после физических нагрузок).

Факторы, влияющие на скорость восстановления. Методы и средства ускорения процессов восстановления.

Тема 2.7 Исследование влияния утомления и длительности интервалов отдыха на восстановление физической работоспособности

Исследование влияния утомления и длительности интервалов отдыха на восстановление физической работоспособности.

Исследование динамики восстановления физической работоспособности в зависимости от длительности интервалов отдыха (1, 3,

5, 10, 15, 20 и 25 минут) после скоростно-силовой нагрузки (сгибание и разгибание рук, в упоре лежа), выполняемой ”до отказа“.

Тема 2.8 Определение уровня физической работоспособности

Определение физической работоспособности проводится с помощью функциональных проб (Гарвардский степ-тест).

Раздел 3 Физиологические основы развития физических качеств и формирования двигательного навыка

Тема 3.9 Физиологические механизмы развития мышечной силы и быстроты движений

Понятие о мышечной силе и ее разновидностях. Статическая и динамическая сила. Максимальная и максимальная произвольная сила мышц. Силовой дефицит. Абсолютная и относительная сила мышц. Факторы, определяющие развитие мышечной силы (центрально-нервные и периферические). Гипертрофия мышц и ее разновидности. Гиперплазия.

Формы проявления быстроты движений и физиологические механизмы ее развития. Структура скоростно-силовых качеств (скоростной и силовой компоненты мощности движений). Факторы, определяющие мощность движений.

Тема 3.10 Исследование влияния статических и динамических силовых нагрузок на деятельность сердечно-сосудистой системы

Исследование влияния статических и динамических силовых нагрузок на деятельность сердечно-сосудистой системы.

Регистрация и анализ динамики частоты сердечных сокращений и артериального давления при выполнении статических и динамических силовых нагрузок локального характера, сразу после их окончания и через 10 минут восстановления.

Тема 3.11 Физиологические механизмы развития выносливости

Виды выносливости (аэробная, анаэробная). Максимальная аэробная мощность и максимальная аэробная емкость. Роль различных физиологических систем организма в проявлении аэробной выносливости (кислородтранспортная система, нервно-мышечный аппарат, центральная нервная система, вегетативная нервная система, эндокринная система). Максимальная анаэробная мощность, максимальная анаэробная емкость. Функциональные перестройки в деятельности органов и систем организма, повышающие анаэробную выносливость. Феномен Лингарда.

Тема 3.12 Определение максимального потребления кислорода (МПК) как интегрального показателя аэробных возможностей организма

Определение максимального потребления кислорода (МПК) как интегрального показателя аэробных возможностей организма.

Определение абсолютного МПК (л/мин) методом степ-тестовой нагрузки. Расчет относительного МПК (мл/мин/кг). Сравнение полученных значений МПК с типичными величинами этого показателя у лиц разного возраста и представителей различных видов спорта.

Тема 3.13 Физиологические механизмы развития гибкости и ловкости

Понятие, о гибкости. Значение и разновидности гибкости: общая, специальная, активная, пассивная, статическая, динамическая. Факторы, влияющие на проявление гибкости (внешние и внутренние, периферические и центральные).

Структура ловкости (управление параметрами движения, перестройка двигательной деятельности при изменении окружающей обстановки, овладение новыми формами движения). Факторы, влияющие по проявление компонентов ловкости (функциональное состояние центральной нервной системы, сенсорных систем, нервно-мышечного аппарата, тип высшей нервной деятельности (ВНД)).

Тема 3.14 Физиологические механизмы формирования двигательных навыков

Двигательный навык и его компоненты (моторный, вегетативный). Роль функциональной системы нервных центров (П.К. Анохин) в формировании двигательных навыков. Программирование двигательных действий. Афферентный синтез и экстраполяция. Сенсорные коррекции. Внутренние и внешние обратные связи. Стадии формирования двигательных навыков (генерализация, специализация, автоматизация). Факторы, влияющие на скорость формирования двигательных навыков. Устойчивость двигательных навыков. Двигательный динамический стереотип.

Тема 3.15 Исследование физиологических механизмов формирования двигательных навыков

Исследование физиологических механизмов формирования двигательных навыков.

Исследование закономерностей формирования двигательных навыков на примере разучивания комплекса гимнастических упражнений, состоящего из десяти движений руками.

Раздел 4 Физиологические основы спортивной тренировки

Тема 4.16 Физиологические механизмы адаптации к физическим нагрузкам и физиологические резервы организма

Адаптация и ее виды (генотипическая, фенотипическая). Механизмы адаптации к мышечной деятельности (общие, специфические). Этапы адаптации (срочная, долговременная). Долговременная адаптация к мышечной деятельности как основа роста тренированности спортсмена. Дизадаптация. Реадаптация. Цена адаптации. Физиологические резервы организма (энергетические, пластические, функциональные, иммунные, психические). Повышение и использование физиологических резервов организма в процессе спортивной тренировки.

Тема 4.17 Расчет адаптационного потенциала системы кровообращения

Производится определение роста, массы тела, пульса, артериального давления. Расчет адаптационного потенциала производится по

соответствующей формуле.

Тема 4.18 Физиологические механизмы развития тренированности

Состояние тренированности. Тренировочный эффект (положительный, отрицательный). Основные функциональные эффекты спортивной тренировки (экономизация деятельности систем организма в покое и при выполнении дозированных физических нагрузок, увеличение диапазона функциональных сдвигов при выполнении предельных физических нагрузок). Специфичность тренировочных эффектов (в отношении двигательных навыков, ведущего физического качества, состава активных мышечных групп, условий окружающей среды). Обратимость тренировочных эффектов. Пороговые и надпороговые тренировочные нагрузки. Основные параметры тренировочных нагрузок. Тренируемость и ее варианты (высокая быстрая, высокая медленная, низкая быстрая, низкая медленная). Физиологическое обоснование основных принципов спортивной тренировки (углубленная спортивная специализация, индивидуализация, единство общей и специальной подготовки, непрерывность тренировочного процесса и др.).

Тема 4.19 Физиологические особенности спортивной тренировки женщин

Морфофункциональные особенности женского организма. Силовые, скоростно-силовые, аэробные и анаэробные возможности, координация движений и гибкость женщин. Особенности развития физических качеств в процессе спортивной тренировки. Особенности формирования двигательных навыков у женщин. Адаптация женщин к особым условиям окружающей среды (высокая и низкая температура окружающей среды, среднегорье). Влияние спортивной тренировки на овариально-менструальный цикл (ОМЦ). ОМЦ и физическая работоспособность женщин.

Тема 4.20 Оценка уровня тренированности спортсменов по состоянию вегетативной регуляции сердечной деятельности

Регистрация кардиоинтервалограммы (КИГ) в покое и в ортостазе. Оценка исходного вегетативного тонуса и вегетативной реактивности у студентов с различным уровнем тренированности.

Тема 4.21 Показатели тренированности организма в покое и при выполнении стандартной (дозированной) нагрузки

Регистрация и сравнительный анализ показателей кардиореспираторной системы (частота сердечных сокращений, артериальное давление, систолический объем крови, минутный объем крови, минутный объем дыхания, частота дыхания, глубина дыхания) при выполнении 10-минутной велоэргометрической нагрузки умеренной мощности у студентов с различным уровнем тренированности организма.

Тема 4.22 Определение состава тела спортсмена

Определение состава тела производится у спортсменов различной спортивной специализации и уровня тренированности с использованием биоимпедансного анализатора.

Раздел 5 Физическая работоспособность в особых условиях окружающей среды

Тема 5.23 Физическая работоспособность в различных климатогеографических условиях

Климатогеографические особенности среднегорья, их влияние на работоспособность спортсмена. Физиологические механизмы и стадии адаптации к условиям гипоксии. Физическая работоспособность, аэробные и анаэробные возможности спортсмена в условиях среднегорья и при возвращении на равнину.

Биологические ритмы человека. Циркадные ритмы. Ритмогенез. Факторы и механизмы (генетический и метаболический) ритмогенеза. Биоритмы и работоспособность спортсмена. Десинхроноз и его виды (внешний и внутренний). Формирование новой суточной периодики при смене часовых поясов.

Особенности терморегуляции в различных температурных зонах окружающей среды. Физиологические реакции организма на физическую нагрузку, выполняемую в условиях повышенной температуры окружающей среды (усиление кожного кровотока и потообразования). Физическая работоспособность в условиях повышенной температуры окружающей среды. Тепловая акклиматизация. Питьевой режим.

Физиологические реакции организма на физическую нагрузку, выполняемую в условиях пониженной температуры окружающей среды (снижение кожного кровотока, проявление сократительного и несократительного термогенеза). Физическая работоспособность в условиях пониженной температуры окружающей среды. Холодовая акклиматизация.

Тема 5.24 Определение физической работоспособности человека с использованием теста PWC₁₅₀

Определение показателей физической работоспособности студентов при выполнении двух возрастающих по мощности велоэргометрических нагрузок разделенных интервалом отдыха (В.Л. Карпман).

Раздел 6 Физиологические основы спортивной тренировки детей и подростков

Тема 6.25 Динамика функциональных возможностей и развитие физических качеств детей и подростков в онтогенезе и под влиянием спортивной тренировки. физиологические критерии спортивного отбора

Основные понятия, характеризующие возрастные изменения, происходящие в детском организме (рост, развитие, созревание). Генетические и средовые факторы роста и развития организма. Паспортный (хронологический) и биологический возраст. Учет индивидуальных темпов биологического развития организма при организации тренировочного процесса юных спортсменов (медианты, акселераты, ретарданты). Гетерохронность возрастного развития физических качеств. Сенситивные периоды. Особенности формирования двигательных навыков у детей и подростков. Физиологические критерии спортивного отбора.

Особенности возрастного развития опорно-двигательного аппарата, нервной и сенсорных систем, кислородно-транспортной системы. Влияние возрастных морфофункциональных особенностей на проявление гибкости, мышечной силы, быстроты движений, ловкости, аэробной и анаэробной выносливости у детей и подростков. Физическая работоспособность и адаптация юных спортсменов к тренировочным нагрузкам. Особенности протекания предстартовых реакций, вработывания, устойчивого состояния, процессов утомления и восстановления у детей и подростков.

Тема 6.26 Определение биологического возраста спортсмена

Определение биологического возраста студентов расчетным методом по показателям систолического и диастолического артериального давления, времени задержки дыхания на вдохе и выдохе, времени статической балансировки, пробы Руфье, кистевой динамометрии.

Раздел 7 Контроль и самоконтроль в процессе занятий физической культурой и спортом

Тема 7.27 Самоконтроль текущего функционального состояния организма человека в процессе занятий физической культурой и спортом. Врачебный контроль в профессиональном спорте.

Оценка функционального состояния студентов и его динамики в процессе занятий физической культурой и спортом по данным 11-недельного самоконтроля показателей системы кровообращения. Разработка практических рекомендаций функционального состояния студентов.

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ КАРТА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ
дневная форма получения высшего образования

Номер раздела, темы	Название раздела, темы	Количество аудиторных часов				Количество часов УСР	Используемое оборудование	Форма контроля знаний
		Лекции	Практические занятия	Семинарские занятия	Лабораторные занятия			
1	2	3	4	5	6	7	8	
1	Введение в учебную дисциплину «Физиология спорта»						-	
1.1	Содержание физиологии спорта. Физиологическая классификация физических и спортивных упражнений	2					7, 22, 23	Фронтальный опрос
1.2	Организация самостоятельного контроля текущего функционального состояния организма человека в процессе занятий физической культурой и спортом					2 лк	2, 3,4,5,6,7,14	Фронтальный опрос
2	Физиологическая характеристика состояний организма, возникающих в процессе мышечной деятельности						-	
2.3	Физиологическая характеристика предстартового состояния, вработывания и устойчивого состояния	2					1,7,8,9,11,12,13,14,15,16,17,18,22	Фронтальный опрос, реферат, презентация, задание в moodle
2.4	Исследование предстартового состояния спортсменов в зависимости от интенсивности предстоящей физической				2		1,7,8,9,11,12,13,14,15,16,17,18,22	Фронтальный опрос

	нагрузки							
2.5	Исследование вработывания, устойчивого состояния и восстановления кардиореспираторной системы под влиянием велоэргометрической нагрузки умеренной интенсивности				2 лаб	1, 7-9, 11-18, 21-23	Реферат, презентация, задание в moodle	
2.6	Физиологическая характеристика процессов утомления и восстановления	2				6,8,9,12,13,15,17,22,23	Письменный опрос Контрольная точка №1	
2.7	Исследование влияния утомления и длительности интервалов отдыха на восстановление физической работоспособности			2		13,14,15	Фронтальный опрос	
2.8	Определение уровня физической работоспособности					6,8,9,12,13,15,17,22,23	Реферат	
3	Физиологические основы развития физических качеств и формирования двигательного навыка							
3.9	Физиологические механизмы развития мышечной силы и быстроты движений	2				3,4,19,20,21	Фронтальный опрос	
3.10	Исследование влияния статических и динамических силовых нагрузок на деятельность сердечно-сосудистой системы				2 лаб	5,6,10,13,14,18	Реферат, презентация, задание в moodle	
3.11	Физиологические механизмы развития выносливости	2				1,7,8,9,11,12,13,14,15,16, 17,18,22	Фронтальный опрос	
3.12	Определение максимального потребления кислорода (МПК) как интегрального показателя аэробных возможностей организма			2		8,11,15,18	Фронтальный опрос	
3.13	Физиологические механизмы развития гибкости и ловкости	2				3,4,19-22,23	Фронтальный опрос	
3.14	Физиологические механизмы формирования двигательных навыков	2				1,7,8,9,11,12,13,14,15,16, 17,18,22	Фронтальный опрос	

3.15	Исследование физиологических механизмов формирования двигательных навыков				2		1,7,8,9,11,12,13,14,15,16,17,18,22	Фронтальный опрос
4	Физиологические основы спортивной тренировки							
4.16	Физиологические механизмы адаптации к физическим нагрузкам и физиологические резервы организма	2					6,8,9,12,13,15,17,22,23	Письменный опрос Контрольная точка №2
4.17	Расчет адаптационного потенциала системы кровообращения				2		1,7,8,9,11,12,13,14,15,16,17,18,22	Фронтальный опрос
4.18	Физиологические механизмы развития тренированности	2					13,14,15,16,17,18,22	Фронтальный опрос
4.19	Физиологические особенности спортивной тренировки женщин					2 лк	6,8,9,12,13,15,17,22,23	Реферат, презентация, задание в moodle
5	Физическая работоспособность в особых условиях окружающей среды							
5.23	Физическая работоспособность в различных климатогеографических условиях	2					1,7,8,9,11,12,13,14,15,16,17,18,22	Фронтальный опрос
5.24	Определение физической работоспособности человека с использованием теста PWC ₁₅₀				2	2 лаб	1,7,8,9,11,12,13,14,15,16,17,18,22	Реферат, презентация, задание в moodle
6	Физиологические основы спортивной тренировки детей и подростков							
6.25	Динамика функциональных возможностей и развитие физических качеств детей и подростков в онтогенезе и под влиянием спортивной тренировки. Физиологические критерии спортивного отбора	2					6,8,9,12,13,15,17,22,23	Фронтальный опрос
6.26	Определение биологического возраста спортсмена					2 лаб	3,4,19-22,23	Реферат, презентация, задание в moodle
7	Контроль и самоконтроль в процессе занятий физической культурой и спортом							
7.27	Самоконтроль текущего функционального	2			2	2 лк	2, 3,4,5,6,7,14	Реферат, презентация, задание

состояния организма человека в процессе занятий физической культурой и спортом. Врачебный контроль в профессиональном спорте.							в moodle
Итого:	30			24	6 лк 8 лаб		Экзамен

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ КАРТА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

заочная форма получения высшего образования

Номер раздела, темы	Название раздела, темы	Количество аудиторных часов				Количество часов УСР	Используемое оборудование	Форма контроля знаний
		Лекции	Практические занятия	Семинарские занятия	Лабораторные занятия			
1	2	3	4	5	6	7	8	
1	Введение в учебную дисциплину «Физиология спорта»						-	
1.1	Содержание физиологии спорта. Физиологическая классификация физических и спортивных упражнений						7, 22, 23	Фронтальный опрос
1.2	Организация самостоятельного контроля текущего функционального состояния организма человека в процессе занятий физической культурой и спортом						2, 3,4,5,6,7,14	Фронтальный опрос
2	Физиологическая характеристика состояний						-	

	организма, возникающих в процессе мышечной деятельности							
2.3	Физиологическая характеристика предстартового состояния, вработывания и устойчивого состояния	2					1,7,8,9,11,12,13,14,15,16,17,18,22	Фронтальный опрос, реферат, презентация, задание в moodle
2.4	Исследование предстартового состояния спортсменов в зависимости от интенсивности предстоящей физической нагрузки		2				1,7,8,9,11,12,13,14,15,16,17,18,22	Фронтальный опрос
2.5	Исследование вработывания, устойчивого состояния и восстановления кардиореспираторной системы под влиянием велоэргометрической нагрузки умеренной интенсивности						1, 7-9, 11-18, 21-23	Реферат, презентация, задание в moodle
2.6	Физиологическая характеристика процессов утомления и восстановления						6,8,9,12,13,15,17,22,23	Письменный опрос Контрольная точка №1
2.7	Исследование влияния утомления и длительности интервалов отдыха на восстановление физической работоспособности						13,14,15	Фронтальный опрос
2.8	Определение уровня физической работоспособности						6,8,9,12,13,15,17,22,23	Реферат
3	Физиологические основы развития физических качеств и формирования двигательного навыка							
3.9	Физиологические механизмы развития мышечной силы и быстроты движений	2					3,4,19,20,21	Фронтальный опрос
3.10	Исследование влияния статических и динамических силовых нагрузок на деятельность сердечно-сосудистой системы						5,6,10,13,14,18	Реферат, презентация, задание в moodle
3.11	Физиологические механизмы развития выносливости						1,7,8,9,11,12,13,14,15,16,17,18,22	Фронтальный опрос

3.12	Определение максимального потребления кислорода (МПК) как интегрального показателя аэробных возможностей организма		2				8,11,15,18	Фронтальный опрос
3.13	Физиологические механизмы развития гибкости и ловкости						3,4,19-22,23	Фронтальный опрос
3.14	Физиологические механизмы формирования двигательных навыков						1,7,8,9,11,12,13,14,15,16,17,18,22	Фронтальный опрос
3.15	Исследование физиологических механизмов формирования двигательных навыков						1,7,8,9,11,12,13,14,15,16,17,18,22	Фронтальный опрос
4	Физиологические основы спортивной тренировки							
4.16	Физиологические механизмы адаптации к физическим нагрузкам и физиологические резервы организма	2					6,8,9,12,13,15,17,22,23	Письменный опрос Контрольная точка №2
4.17	Расчет адаптационного потенциала системы кровообращения						1,7,8,9,11,12,13,14,15,16,17,18,22	Фронтальный опрос
4.18	Физиологические механизмы развития тренированности						13,14,15,16,17,18,22	Фронтальный опрос
4.19	Физиологические особенности спортивной тренировки женщин						6,8,9,12,13,15,17,22,23	Реферат, презентация, задание в moodle
5	Физическая работоспособность в особых условиях окружающей среды							
5.23	Физическая работоспособность в различных климатогеографических условиях						1,7,8,9,11,12,13,14,15,16,17,18,22	Фронтальный опрос
5.24	Определение физической работоспособности человека с использованием теста PWC ₁₅₀		2				1,7,8,9,11,12,13,14,15,16,17,18,22	Реферат, презентация, задание в moodle
6	Физиологические основы спортивной тренировки детей и подростков							
6.25	Динамика функциональных возможностей и развитие физических качеств детей и						6,8,9,12,13,15,17,22,23	Фронтальный опрос

	подростков в онтогенезе и под влиянием спортивной тренировки. Физиологические критерии спортивного отбора							
6.26	Определение биологического возраста спортсмена						3,4,19-22,23	Реферат, презентация, задание в moodle
7	Контроль и самоконтроль в процессе занятий физической культурой и спортом							
7.27	Самоконтроль текущего функционального состояния организма человека в процессе занятий физической культурой и спортом. Врачебный контроль в профессиональном спорте.						2, 3,4,5,6,7,14	Реферат, презентация, задание в moodle
Итого:		6	6					Экзамен

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ КАРТА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

заочная форма получения высшего образования на базе среднего специального образования

Номер раздела, темы	Название раздела, темы	Количество аудиторных часов				Количество часов УСР	Используемое оборудование	Форма контроля знаний
		Лекции	Практические занятия	Семинарские занятия	Лабораторные занятия			
1	2	3	4	5	6	7	8	
1	Введение в учебную дисциплину						-	

	«Физиология спорта»							
1.1	Содержание физиологии спорта. Физиологическая классификация физических и спортивных упражнений						7, 22, 23	Фронтальный опрос
1.2	Организация самостоятельного контроля текущего функционального состояния организма человека в процессе занятий физической культурой и спортом	2					2, 3,4,5,6,7,14	Фронтальный опрос
2	Физиологическая характеристика состояний организма, возникающих в процессе мышечной деятельности						-	
2.3	Физиологическая характеристика предстартового состояния, вработывания и устойчивого состояния	2					1,7,8,9,11,12,13,14,15,16,17,18,22	Фронтальный опрос, реферат, презентация, задание в moodle
2.4	Исследование предстартового состояния спортсменов в зависимости от интенсивности предстоящей физической нагрузки						1,7,8,9,11,12,13,14,15,16,17,18,22	Фронтальный опрос
2.5	Исследование вработывания, устойчивого состояния и восстановления кардиореспираторной системы под влиянием велоэргометрической нагрузки умеренной интенсивности						1, 7-9, 11-18, 21-23	Реферат, презентация, задание в moodle
2.6	Физиологическая характеристика процессов утомления и восстановления						6,8,9,12,13,15,17,22,23	Письменный опрос Контрольная точка №1
2.7	Исследование влияния утомления и длительности интервалов отдыха на восстановление физической работоспособности		2				13,14,15	Фронтальный опрос
2.8	Определение уровня физической работоспособности						6,8,9,12,13,15,17,22,23	Реферат
3	Физиологические основы развития физических качеств и формирования							

	двигательного навыка						
3.9	Физиологические механизмы развития мышечной силы и быстроты движений	2				3,4,19,20,21	Фронтальный опрос
3.10	Исследование влияния статических и динамических силовых нагрузок на деятельность сердечно-сосудистой системы					5,6,10,13,14,18	Реферат, презентация, задание в moodle
3.11	Физиологические механизмы развития выносливости					1,7,8,9,11,12,13,14,15,16,17,18,22	Фронтальный опрос
3.12	Определение максимального потребления кислорода (МПК) как интегрального показателя аэробных возможностей организма	2				8,11,15,18	Фронтальный опрос
3.13	Физиологические механизмы развития гибкости и ловкости					3,4,19-22,23	Фронтальный опрос
3.14	Физиологические механизмы формирования двигательных навыков					1,7,8,9,11,12,13,14,15,16,17,18,22	Фронтальный опрос
3.15	Исследование физиологических механизмов формирования двигательных навыков					1,7,8,9,11,12,13,14,15,16,17,18,22	Фронтальный опрос
4	Физиологические основы спортивной тренировки						
4.16	Физиологические механизмы адаптации к физическим нагрузкам и физиологические резервы организма					6,8,9,12,13,15,17,22,23	Письменный опрос Контрольная точка №2
4.17	Расчет адаптационного потенциала системы кровообращения					1,7,8,9,11,12,13,14,15,16,17,18,22	Фронтальный опрос
4.18	Физиологические механизмы развития тренированности					13,14,15,16,17,18,22	Фронтальный опрос
4.19	Физиологические особенности спортивной тренировки женщин					6,8,9,12,13,15,17,22,23	Реферат, презентация, задание в moodle
5	Физическая работоспособность в особых условиях окружающей среды						
5.23	Физическая работоспособность в различных					1,7,8,9,11,12,13,14,15,16	Фронтальный опрос

	климатогеографических условиях						,17,18,22	
5.24	Определение физической работоспособности человека с использованием теста PWC ₁₅₀		2				1,7,8,9,11,12,13,14,15,16,17,18,22	Реферат, презентация, задание в moodle
6	Физиологические основы спортивной тренировки детей и подростков							
6.25	Динамика функциональных возможностей и развитие физических качеств детей и подростков в онтогенезе и под влиянием спортивной тренировки. Физиологические критерии спортивного отбора						6,8,9,12,13,15,17,22,23	Фронтальный опрос
6.26	Определение биологического возраста спортсмена						3,4,19-22,23	Реферат, презентация, задание в moodle
7	Контроль и самоконтроль в процессе занятий физической культурой и спортом							
7.27	Самоконтроль текущего функционального состояния организма человека в процессе занятий физической культурой и спортом. Врачебный контроль в профессиональном спорте.						2, 3,4,5,6,7,14	Реферат, презентация, задание в moodle
Итого:		6	6					Экзамен

ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

1 Перечень основной и дополнительной литературы:

Основная литература

1. Чинкин А.С., Назаренко А.С. Физиология спорта: учебное пособие / А.С. Чинкин, А.С. Назаренко. - Москва : Издательство Спорт, 2016. — 120 с.
2. Пономарева, И.А. Физиология физической культуры и спорта: учебное пособие / И.А. Пономарева : Южный федеральный университет. – Ростов-на-Дону ; Таганрог : Издательство Южного федерального университета, 2019.- 212 с.

Дополнительная литература

1. Капилевич, Л. В. Физиология человека. Спорт: учебное пособие для среднего профессионального образования / Л. В. Капилевич. — Москва : Издательство Юрайт, 2019. — 141 с.
2. Лойко, Т. В. Физиология спорта в схемах и таблицах: пособие / Т. В. Лойко; Белорус. гос. ун-т физ. культуры. – Минск: БГУФК, 2015. – 108 с.
3. Солодков А.С., Сологуб Е.Б. Физиология человека. Общая. Спортивная. Возрастная: Учебник. Изд. 2-е, испр. и доп. – М.: Олимпия Пресс, 2005. – 528 с., ил.
4. Коц Я.М. Спортивная физиология. Л.: Медицина,. 1986.
5. Физиология в рисунках и таблицах: вопросы и ответы / Под ред. В.М. Смирнова. – 4-е изд. – М.: «Медицинское информационное агентство», 2007. – 456 с.
6. Руководство к практическим занятиям по физиологии человека [Текст]: учеб. Пособие для вузов физической культуры /под общ. Ред. А.С.Солодкова; СПбГУФК им. П.Ф.Лесгафта. – М.: Советский спорт, 2006.- 192 с.:ил.
7. Уилмор Джек Х., Костилл Девид Л. Физиология спорта.- К.: Олимпийская литература, 2005.- 662с;
8. Физиология человека: В 3-х томах. Пер. с англ./Под ред. Р.Шмидта и Г.Тевса. – 3-е изд. – М.:Мир, 2005. – 314 с., ил.
9. Фениш Х. Карманный атлас анатомии человека. / Х. Фениш. Мн.; Высш. шк., 1997.

2 Технологии и методы обучения

Среди эффективных педагогических методик и технологий, которые способствуют вовлечению студентов в обучение и самостоятельному

выполнению разнообразных задач, следует выделить:

- технологии проблемно-модульного обучения;
- технологии частично-поисковой деятельности;
- коммуникативные технологии (дискуссии и др.);
- информационно-коммуникационные технологии (презентации, мультимедиа и др.);
- игровые технологии.

Для управления учебным процессом и организации контрольно-оценочной деятельности предусматривается использование модульно-рейтинговой системы оценки деятельности студентов, управляемой самостоятельной работы, учебно-методического комплекса.

В целях формирования профессиональных компетенций выпускника вуза в практику проведения лекционных и практических занятий предусматривается внедрение методик активного обучения (дискуссия, диспут и др.) и нетрадиционных форм организации учебных занятий (круглые столы и др.).

Перечень оборудования, используемый в образовательном процессе при изучении дисциплины

1. Стабиллоплатформа «СТАБИЛАН-01»
2. Тренировочная система Redcord
3. Динамометр кистевой
4. Динамометр становой
5. Палки для скандинавской ходьбы
6. Тонометр
7. Комплект для интеллектуальной тренировки
8. Spiroграф «SpiroScout»
9. Аппарат для биоимпедансометрии
10. Тренинговая платформа для обучения и отработки навыков сердечно-легочной реанимации (манекен МАКСИМ-01, компьютерная программа)
11. Эргоспирометр Oxigon-Mobile (EGER, GERMANY)
12. Электрохимический портативный монитор по определению окиси азота в выдыхаемом воздухе NOBreath.
13. Электрокардиограф Полиспектр-8EX-Радио (4).
14. Мониторы ритма сердца Palar V800 (2).
15. Комплекс психофизиологического тестирования НЕЙРОСОФТ-ПСИХОТЕСТ (перечень методик и дополнительных юнитов по психофизиологической диагностике)
16. Система SMARTSPEED (Fusion sport)
17. Пикфлоуметр
18. Электрокардиограф 6-ти канальный "Альтоник-06" с комплектующими
19. Модель "Мышечная ткань"

- 20. Модель "Центральная нервная система человека"
- 21. Электробиограф
- 22. Прибор для биоимпедансометрии «МЕДАСС-01»
- 23. Легкоатлетический тредбан HP-Cosmos (гребная база).

3 Перечень средств диагностики результатов учебной деятельности

В целях стимулирования познавательной активности и организации работы студентов в течение семестра предполагается использование модульно-рейтинговой системы оценки.

Оценка и диагностика достижений студентов выполняется поэтапно, включая текущий контроль в письменной форме, промежуточный контроль в форме опроса на практических занятиях, а также другие формы контроля по конкретным темам учебной дисциплины.

Промежуточный контроль проводится после изложения теоретического материала по соответствующему модулю на практических занятиях. Итоговая оценка учебных достижений студента осуществляется на зачете или на экзамене (в соответствии с учебным планом и учебно-методической картой).

Для текущего контроля качества усвоения знаний студентами используется следующий диагностический инструментарий:

1. Устная форма.
2. Письменная форма.
3. Техническая форма.

К устной форме диагностики компетенций относятся:

1. Фронтальные опросы.

К письменной форме диагностики компетенций относятся:

1. Тесты.
2. Контрольные работы.
3. Оценивание на основе модульно-рейтинговой системы.

К технической форме диагностики компетенций относятся электронные тесты.

В соответствии с Положением "О рейтинговой системе оценки знаний в Учреждении образования "Полесский государственный университет" от 30.01.2020 г. успеваемость обучающихся по дисциплине "Физиология физической спорта" оценивается в ходе текущего (модульного) контроля и текущей аттестации. Текущий (модульный) контроль знаний предназначен для регулярной и систематической проверки знаний студентов во время занятий и по итогам самостоятельной работы студентов. Он осуществляется в течение семестра после изучения соответствующих тем. Текущий (модульный) контроль осуществляется в виде письменных контрольных работ. Текущая аттестация представляет собой экзамен или зачет (в

соответствии с учебным планом и учебно-методической картой) в сессионный период по дисциплине.

Основными критериями, характеризующими уровень компетентности студентов при оценке результатов текущего (модульного) контроля по дисциплине ” Физиология спорта “, являются:

- полнота и своевременность выполнения контрольных точек;
- глубина и характер знаний учебного материала по содержанию учебной дисциплины;
- умение анализировать явления, изучаемые в их взаимосвязи и развития;
- характер ответов на поставленные вопросы (четкость, лаконичность, логичность, последовательность и т.д.);
- умение применять теоретические положения при решении практических задач;
- умение анализировать достоверность полученных результатов.

Оценка результатов текущего (модульного) контроля проводится в процентах от количества баллов, выделенных на задание, с округлением до целого числа, по следующим критериям:

- 0% – задание не выполнено;
- 40% – задание выполнено частично и содержит существенные ошибки методического или расчетного характера;
- 60% – задание выполнено полностью, но содержит существенные ошибки в расчетах или в методике;
- 80% – задание выполнено полностью и в срок, однако содержит отдельные несущественные недостатки (размерности, выводы, оформление и т.д.);
- 100% – задание выполнено правильно, вовремя и без замечаний.

В случае получения неудовлетворительной (ниже 4 баллов) оценки по текущему (модульному) контролю обучающийся не допускается к текущей аттестации.

Оценка результатов текущего (модульного) контроля проводится в баллах, выделенных на задание, с округлением до целого числа, по следующим критериям:

- 1-3 балла – задание не выполнено;
- 4-5 баллов – задание выполнено частично и содержит существенные ошибки методического характера;
- 6-7баллов – задание выполнено полностью, но содержит существенные ошибки методического характера;
- 8 баллов – задание выполнено полностью и в срок, однако содержит отдельные несущественные недостатки (выводы, оформление и т.д.);

- 9-10 баллов – задание выполнено правильно, вовремя и без замечаний.

Итоговая оценка текущего контроля знаний осуществляется по трем контрольным точкам оценки текущих знаний.

Формула расчета оценки текущего контроля:

- $TK = (KT_1 + KT_2 + KT_3) / 3$, где
- ТК –текущий контроль,
- КТ – контрольная точка оценки текущих знаний.

В случае получения неудовлетворительной (ниже 4 баллов) оценки по текущему (модульному) контролю обучающийся не допускается к текущей аттестации.

4 Примерный перечень заданий управляемой самостоятельной работы

Управляемая самостоятельная работа студента по дисциплине ”Физиология физической культуры и спорта“ направлена на углубленное самостоятельное теоретическое изучение приведенных ниже тем.

Управляемая самостоятельная работа студентов предусматривает использование материалов, размещенных в модульной объектно-ориентированной среде e-learning ПолесГУ.

Примерный перечень заданий управляемой самостоятельной работы

Тема	Задания	Форма контроля
1.2. Организация самостоятельного контроля текущего функционального состояния организма человека в процессе занятий физической культурой и спортом	1. Виды пульсометров. 2. Ортостатическая проба. 3. Контроль артериального давления 4. Расчет гемодинамических показателей. 5. Организация еженедельного самостоятельного контроля текущего функционального состояния	Задание в Moodle
2.5. Исследование вработывания, устойчивого состояния и восстановления кардиореспираторной системы под влиянием велоэргометрической нагрузки умеренной интенсивности	1. Регистрация показателей кардиореспираторной системы (частота сердечных сокращений, артериального давления, систолического и минутного объема крови, частоты и глубины дыхания, минутного объема дыхания) при вработывании, диапазон изменений, заключение. 2. Регистрация показателей кардиореспираторной системы в	Задание в Moodle

<p>3.10. Исследование влияния статических и динамических силовых нагрузок на деятельность сердечно-сосудистой системы</p>	<p>период устойчивого состоянию</p> <ol style="list-style-type: none"> 3. Регистрация показателей кардиореспираторной системы в период восстановления. 4. Анализ динамики в период вработывания, в устойчивом состоянии, в период восстановления после 10-минутной велоэргометрической нагрузки умеренной мощности. 	<p>Задание в Moddle</p>
	<ol style="list-style-type: none"> 1. Регистрация и анализ динамики частоты сердечных сокращений и артериального давления при выполнении статических силовых нагрузок локального характера, сразу после их окончания и через 10 минут восстановления 2. Регистрация и анализ динамики частоты сердечных сокращений и артериального давления при выполнении статических динамических нагрузок локального характера, сразу после их окончания и через 10 минут восстановления 3. Тренируемость как физиологическое качество. 4. Два основных эффекта тренировки. 5. Пороговые тренирующие нагрузки. 6. Специфичность и обратимость тренировочных эффектов. 7. Методы оценки физической работоспособности (Индекс Гарвардского степ-теста, PWC170). 8. Гиподинамия и гипокинезия, влияние на органы и системы. 9. Влияние наследственности на физические качества человека. 	
<p>4.19. Физиологические особенности спортивной тренировки женщин</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Утомление: фазы, признаки, причины утомления при работе различной мощности (средней мощности, максимальная) 2. Восстановление: фазы, способы оптимизации в зависимости от этапа подготовки спортсмена (базовый, предсоревновательный) 	<p>Задание в Moddle</p>

	3. Активный отдых	
	4. Физиологическое обоснование активного отдыха, использование в спорте	
5.24. Определение физической работоспособности человека с использованием теста PWC ₁₅₀	1. Показания 2. Противопоказания 3. Методика проведения 4. Разрешающая способность 5. Формирование заключения 6. Рекомендации	Задание в Moodle
6.26. Определение биологического возраста спортсмена	1. Возрастные нормы систолического и диастолического артериального давления 2. Возрастные нормы времени задержки дыхания на вдохе и выдохе 3. Возрастные нормы времени статической балансировки, Возрастные нормы пробы Руфье 4. Возрастные нормы кистевой динамометрии 5. Физиологические особенности детей дошкольного и младшего школьного возраста. 6. Физиологические особенности тренировки детей среднего и старшего школьного возраста. 7. Сенситивные периоды для основных физических качеств. 8. Индивидуальное развитие и возрастная периодизация.	Задание в Moodle
7.27. Самоконтроль текущего функционального состояния организма человека в процессе занятий физической культурой и спортом. Врачебный контроль в профессиональном спорте.	1. Методики самоконтроля 2. Современные системы пульсометрии 3. Методы и средства врачебного контроля в различных видах спорта 4. Дневник самоконтроля: организация, мотивация к сохранению, анализ, возможности коррекции	Задание в Moodle

5 Примерный перечень лабораторных работ

С целью закрепления теоритических знаний выполнить лабораторную работу по теме "Расчет адаптационного потенциала системы кровообращения":

Лабораторная работа: Расчет адаптационного потенциала (АП)

системы кровообращения с учетом возраста, массы тела, роста, частоты пульса, артериального давления.

Распознавание степени адаптации позволяет определить уровень физической подготовленности, корректировать физические нагрузки в соответствии с возможностями организма. Последнее особенно важно, поскольку чрезмерные физические нагрузки приводят сначала к перенапряжению адаптации органов и систем, а затем и к патологическому состоянию (срыву). Охарактеризовать стадию адаптации можно тремя параметрами: уровнем функционирования системы, степенью напряжения регуляторных механизмов и функциональным резервом. Для массовых обследований с этой целью используются более простые методы, на основе которых рассчитывается адаптационный потенциал (АП) системы кровообращения (Апанасенко, Попова, 2000). Для его получения учитываются возраст, масса тела, рост, ЧСС, артериальное давление.

Расчет производят по формуле:

$$AP = 0,011ЧСС + 0,014АДс + 0,008АДд + 0,014В + 0,009МТ - (0,009Р + 0,27),$$

где ЧСС – частота пульса в 1 мин.; АДс – систолическое артериальное давление, мм.рт.ст.; АДд – диастолическое артериальное давление, мм.рт.ст.; В – возраст, лет; МТ – масса тела, кг; Р – рост, см.

Цель работы: ознакомиться с принципами и приемами исследования адаптационных реакций организма.

Оборудование: секундомер, ростомер (сантиметр), весы, тонометр.

Основные умения и навыки: уметь измерять кровяное давление, определять артериальный пульс и оценивать полученные результаты, овладеть методикой расчета адаптационного потенциала системы кровообращения.

Методика проведения работы: произвести определение роста, массы тела, пульса, артериального давления. Произвести расчет адаптационного потенциала по соответствующей формуле. Используя бальную шкалу: 2,1 балла и ниже – удовлетворительная адаптация; 2,11-3,20 балла – напряжение механизмов адаптации; 3,21-4,30 – неудовлетворительная адаптация; 4,31 балла и выше – срыв механизмов адаптации, дать оценку АП системы кровообращения.

Полученные результаты исследования записать в тетрадь и сделать необходимые выводы.

Контрольные вопросы:

1. Что отражает адаптационный потенциал?
2. Какие достоинства и недостатки имеет рассмотренный диагностический подход?

С целью закрепления теоритических знаний выполнить лабораторную работу по теме "Определение биологического возраста спортсмена":

Оснащение: Секундомер, сантиметровая лента, прибор для измерения давления, динамометр, линейка.

Ход работы:

Лучшее время для тестирования – по утрам, до завтрака. Собрав о себе все необходимые сведения, проставьте против каждого из тестов тот возраст, который соответствует Вашему результату. Затем все цифры набранных Вами возрастов сложите и разделите на количество тестов.

Это и будет Ваш биологический возраст.

Таблица определения биологического возраста

Тесты*	Возрастные показатели								
	0	0	5	0	5	0	5	0	5 лет
1. Пульс после подъема на 4-й этаж (темп – 80 шагов/мин)	06	08	12	16	20	22	24	26	28
2. Пульс через 2 мин	4	6	8	00	04	06	08	08	10
3. Систолическое давление крови	05	10	15	20	25	30	35	40	45
4. Диастолическое давление крови	5	0	3	5	8	0	3	5	8
5. Проба Штанге: задержка дыхания на вдохе (с)	0	5	2	0	7	5	3	0	5
6. Проба Генчи: задержка дыхания на выдохе (с)	0	8	5	0	8	5	3	1	9
7. Подтягивание на высокой перекладине (раз)	0								
8. Приседания (раз)	10	00	5	0	5	0	0	0	0
9. Поднимание туловища из положения лежа в положение сидя (раз)	0	5	0	8	5	3	0	5	2
10. Проба Бондаревского: стойка на одной ноге с закрытыми глазами (с)	0	0	5	0	7	5	2	0	
11. Отношение силы кисти к весу (%)	5	3	1	9	7	5	3	2	0
12. Проба Руфье	-1	,1-2,0	,1-2,9	,0-4,0	,1-5,0	,1-6,5	,6-8,0	,1-10,0	10
13. Индекс грации (%)	2	0	9	8	7	6	5	4	3

* Показатели приведены для мужчин. Показатели женщин – на 10% ниже зафиксированных в таблице.

Пояснения к таблице:

1. Проба Штанге. Сидя, расслабьтесь, сделайте максимально глубокий вдох, затем такой же выдох, затем сразу же спокойный вдох и задержите дыхание.

2. Проба Генчи. Сделайте глубокий вдох, выдох, еще вдох, затем спокойно выдохните не до конца и задержите дыхание, плотно зажав нос.

3. Подтягивание на перекладине (каждый раз до уровня подбородка) – только для мужчин.

4. Присесть нужно до конца с выбрасыванием рук вперед.

5. Проба Бондаревского. Стоя, поднимите одну ногу, согнув ее в колене, и приставьте ее пяткой к колену другой ноги. Результат засчитывается до отрыва пятки от пола или потери равновесия.

6. Отношение силы правой кисти по данным кистевого динамометра к массе тела (норма – 60%).

7. Проба Руфье: определение скорости восстановительных процессов сердечно-сосудистой системы. У испытуемого, находящегося в спокойном состоянии (положение – сидя на стуле) в течение 5 мин, определяют частоту сердечных сокращений (пульса) за 15 с. (P1), затем в течение 45 с испытуемый выполняет 30 приседаний. После окончания нагрузки испытуемый садится, и у него вновь определяют частоту пульса за первые 15 с (P2), а потом за последние 15 с первой минуты восстановления (P3). Оценку работоспособности сердца производят по формуле:

$$\text{Индекс Руфье} = (4 (P1 + P2 + P3) - 200) / 10$$

8. Индекс грации. Для его определения разделите окружность голени (в самой широкой ее части) на окружность талии и умножьте на 100%.

6 Примерный перечень практических занятий

<p>Исследование предстартового состояния спортсменов в зависимости от интенсивности предстоящей физической нагрузки</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Исследование предстартового состояния спортсменов в зависимости от интенсивности предстоящей физической нагрузки. • Исследование предстартовых реакций системы кровообращения (по изменению частоты сердечных сокращений) на физические нагрузки различной интенсивности (15-секундный бег на месте в максимальном темпе, 10- минутный бег трусцой).
<p>Исследование вработывания, устойчивого состояния и восстановления кардиореспираторной системы под влиянием велоэргометрической нагрузки умеренной интенсивности</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Исследование вработывания, устойчивого состояния и восстановления показателей кардиореспираторной системы под влиянием велоэргометрической нагрузки умеренной интенсивности. • Регистрация показателей кардиореспираторной системы (частота сердечных сокращений, артериального давления, систолического и минутного объема крови, частоты и глубины дыхания, минутного объема дыхания) и анализ их динамики в период вработывания, в устойчивом состоянии, в период восстановления после 10-минутной велоэргометрической нагрузки умеренной мощности.
<p>Исследование влияния утомления и длительности интервалов отдыха на восстановление физической работоспособности</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Исследование влияния утомления и длительности интервалов отдыха на восстановление физической работоспособности. • Исследование динамики восстановления физической работоспособности в зависимости от длительности интервалов отдыха (1, 3, 5, 10, 15, 20 и 25 минут) после скоростно-силовой нагрузки (сгибание и разгибание

рук, в упоре лежа), выполняемой ”до отказа“.

- | | |
|--|---|
| <p>Исследование влияния статических и динамических нагрузок на деятельность сердечно-сосудистой системы</p> | <ul style="list-style-type: none"> • Исследование влияния статических и динамических силовых нагрузок на деятельность сердечно-сосудистой системы. • Регистрация и анализ динамики частоты сердечных сокращений и артериального давления при выполнении статических и динамических силовых нагрузок локального характера, сразу после их окончания и через 10 минут восстановления. |
| <p>Определение максимального потребления кислорода (МПК) как интегрального показателя аэробных возможностей организма</p> | <ul style="list-style-type: none"> • Определение максимального потребления кислорода (МПК) как интегрального показателя аэробных возможностей организма. • Определение абсолютного МПК (л/мин) методом степ-тестовой нагрузки. Расчет относительного МПК (мл/мин/кг). Сравнение полученных значений МПК с типичными величинами этого показателя у лиц разного возраста и представителей различных видов спорта. |
| <p>Исследование физиологических механизмов формирования двигательных навыков</p> | <ul style="list-style-type: none"> • Исследование физиологических механизмов формирования двигательных навыков. • Исследование закономерностей формирования двигательных навыков на примере разучивания комплекса гимнастических упражнений, состоящего из десяти движений руками. |
| <p>Расчет адаптационного потенциала системы кровообращения</p> | <ul style="list-style-type: none"> • Производится определение роста, массы тела, пульса, артериального давления. • Расчет адаптационного потенциала производится по соответствующей формуле. |
| <p>Оценка уровня тренированности спортсменов по состоянию вегетативной регуляции сердечной деятельности</p> | <ul style="list-style-type: none"> • Регистрация кардиоинтервалограммы (КИГ) в покое и в ортостазе. • Оценка исходного вегетативного тонуса и вегетативной реактивности у студентов с различным уровнем тренированности. |
| <p>Определение состава тела спортсмена</p> | <p>Определение состава тела производится у спортсменов различной спортивной специализации и уровня тренированности с использованием биоимпедансного анализатора.</p> |
| <p>Определение физической работоспособности человека с использованием теста PWC₁₅₀</p> | <p>Определение показателей физической работоспособности студентов при выполнении двух возрастающих по мощности велоэргометрических нагрузок разделенных интервалом отдыха (В.Л. Карпман).</p> |
| <p>Определение биологического возраста спортсмена</p> | <p>Определение биологического возраста студентов расчетным методом по показателям систолического и диастолического артериального давления, времени задержки дыхания на вдохе и выдохе, времени статической балансировки, пробы Руфье, кистевой динамометрии.</p> |

7 Примерный перечень семинарских занятий (по данной дисциплине)

не предусмотрено)

8 Примерный перечень вопросов к зачету (по данной дисциплине не предусмотрено)

9 Примерный перечень вопросов к экзамену

1. Содержание науки физиология физической культуры и спорта, предмет изучения, задачи, связь с другими науками.
2. История возникновения науки физиология спорта. Вклад отдельных ученых в развитие науки.
3. Самоконтроль при занятиях физической культурой и спортом.
4. Методы исследования в физиологии спорта.
5. Общий адаптационный синдром.
6. Адаптация: срочная и долговременная.
7. Адаптация: генотипическая и фенотипическая.
8. Цена адаптации.
9. Физиологические резервы организма.
10. Разминка: цель, виды, физиологические изменения в организме.
11. Предстартовое состояние: их виды и характеристика, связь с темпераментом, методы оптимизации.
12. Вработывание: физиологические изменения в организме.
13. Устойчивое состояние: истинное и ложное, их характеристика.
14. «Мертвая точка» и «второе дыхание», их характеристика.
15. Утомление: фазы, признаки, причины утомления при работе различной мощности.
16. Восстановление: фазы, способы оптимизации в зависимости от этапа подготовки спортсмена.
17. Активный отдых. Физиологическое обоснование и использование в спорте.
18. Характеристика белых мышечных волокон.
19. Характеристика красных мышечных волокон.
20. Фосфатная энергетическая система: характеристика, время включения, продолжительность энергообеспечения, количество образовавшихся молекул АТФ, тип мышечных волокон.
21. Анаэробная энергетическая система: характеристика, время включения, продолжительность энергообеспечения, количество образовавшихся молекул АТФ, тип мышечных волокон.
22. Аэробная энергетическая система: характеристика, время включения, продолжительность энергообеспечения, количество образовавшихся молекул АТФ, тип мышечных волокон.
23. Физиологическая классификация спортивных упражнений (по Фарфелю).

24. Характеристика упражнения в зоне максимальной мощности.
25. Характеристика упражнения в зоне субмаксимальной мощности.
26. Характеристика упражнения в зоне большой мощности.
27. Характеристика упражнения в зоне умеренной мощности.
28. Физиологические основы мышечной силы. Виды статической силы: максимальная сила и максимальная произвольная сила мышц.
29. Силовой дефицит. Методы определения.
30. Понятие о рабочей гипертрофии мышц.
31. Факторы, определяющие силовые возможности: внутримышечные, нервная регуляция, психофизиологические.
32. Физиологические резервы силы.
33. Быстрота как физическое качество. Факторы, определяющие быстроту.
34. Физиологические резервы быстроты.
35. Физиологические основы выносливости. Факторы, определяющие выносливость.
36. Дайте представление о максимальном потреблении кислорода, методики определения, значение.
37. Порог анаэробного обмена (ПАНО). Определение, значение. Аэробная емкость.
38. Дайте пояснение главным эффектам тренировки выносливости в отношении сердечно-сосудистой, дыхательной систем и системы крови.
39. Гибкость как физическое качество. Виды гибкости. Факторы, влияющие на развитие гибкости.
40. Ловкость как физическое качество. Структура ловкости.
41. Физиологическая характеристика стадий формирования двигательного навыка.
42. Дайте характеристику деятельности мышц при формировании двигательного навыка.
43. Роль афферентации (обратных связей) в формировании и сохранении двигательного навыка. Схема функциональной системы Анохина.
44. Двигательные и вегетативные компоненты формирования двигательного навыка.
45. Тип высшей нервной деятельности и формирование двигательного навыка.
46. Двигательная память. Физиологическая характеристика, биологическое значение.
47. Спортивная техника и энергетическая экономичность выполнения физических упражнений.
48. Влияние повышенной температуры и влажности на спортивную работоспособность. Тепловая адаптация.

49. Механизмы теплоотдачи в условиях повышенной температуры и влажности.
50. Питьевой режим спортсмена.
51. Влияние пониженной температуры на спортивную работоспособность.
52. Спортивная работоспособность в условиях пониженного атмосферного давления.
53. Адаптация к условиям повышенного атмосферного давления.
54. Горная болезнь. Горная акклиматизация.
55. Спортивная работоспособность в среднегорье и после возвращения на уровень моря.
56. Влияние смены часовых поясов на спортивную работоспособность.
57. Физиология плавания.
58. Физиологические особенности спортивной тренировки женщин.
59. Менструальный цикл и физическая работоспособность.
60. Физиологические особенности детей дошкольного и младшего школьного возраста.
61. Физиологические особенности тренировки детей среднего и старшего школьного возраста.
62. Сенситивные периоды для основных физических качеств.
63. Индивидуальное развитие и возрастная периодизация.
64. Общие физиологические принципы занятий физической культурой.
65. Тренируемость как физиологическое качество. Два основных эффекта тренировки. Пороговые тренирующие нагрузки.
66. Специфичность и обратимость тренировочных эффектов.
67. Методы оценки физической работоспособности (Индекс Гарвардского степ-теста, PWC170).
68. Гиподинамия и гипокинезия, влияние на органы и системы.
69. Физиологические и генетические аспекты отбора в спорте.
70. Методы генетики, используемые в спортивном отборе.
71. Влияние наследственности на физические качества человека.