



ФИНАНСОВЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
ПРИ ПРАВИТЕЛЬСТВЕ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

**И. А. Письменский, Ю. Н. Аллянов**

# **ФИЗИЧЕСКАЯ КУЛЬТУРА**

УЧЕБНИК ДЛЯ АКАДЕМИЧЕСКОГО БАКАЛАВРИАТА

*Рекомендовано Учебно–методическим отделом  
высшего образования в качестве учебника для студентов  
высших учебных заведений всех направлений  
и специальностей*

**Книга доступна в электронной библиотечной системе  
[biblio-online.ru](http://biblio-online.ru)**

**Москва ■ Юрайт ■ 2018**

УДК 796(075.8)  
ББК 75я73  
П35

**Авторы:**

**Письменский Иван Андреевич** — доцент, кандидат педагогических наук, профессор кафедры физвоспитания Московского государственного технического университета гражданской авиации;

**Аллянов Юрий Николаевич** — доцент, кандидат педагогических наук, заведующий кафедрой «Физическое воспитание — 2» Финансового университета при Правительстве Российской Федерации.

**Рецензенты:**

*Гонимец С. А.* — профессор, академик Международной академии информатизации при ООН, заслуженный работник физической культуры Российской Федерации;

*Бурякин Ф. Г.* — профессор, кандидат педагогических наук, профессор Московской государственной академии физической культуры.

**Письменский, И. А.**

П35 Физическая культура : учебник для академического бакалавриата / И. А. Письменский, Ю. Н. Аллянов. — М. : Издательство Юрайт, 2018. — 493 с. — Серия : Бакалавр. Академический курс.

ISBN 978-5-534-00329-1

В учебнике представлены биологические основы физического воспитания, раскрыты вопросы сохранения и укрепления здоровья студентов как главной социальной ценности. Рассмотрены биохимические процессы мышечного сокращения и механизмов энергообразования в мышцах; биологическая роль и функция микроэлементов, белков, крови, капилляров, лимфы. Систематизированы и обобщены данные по восстановительным мероприятиям и реабилитации студентов. Содержатся материалы о вреде курения, наркомании и алкоголя.

В работе изложены общие теоретические и методические основы физического воспитания, которые включают методику развития физических качеств. Содержится методика контроля и оценки физического состояния и подготовленности студентов. Представлены программно-методические требования по ППФП и современные взгляды на построение многолетней подготовки спортсменов. В учебнике также рассматриваются вопросы по организации и планированию спортивных соревнований в вузах.

Соответствует актуальным требованиям Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования.

*Для студентов, изучающих дисциплину «Физическая культура», а также для широкого круга читателей, тренеров, спортсменов, преподавателей и научных работников.*

УДК 796(075.8)  
ББК 75я73



Все права защищены. Никакая часть данной книги не может быть воспроизведена в какой бы то ни было форме без письменного разрешения владельцев авторских прав. Правовую поддержку издательства обеспечивает юридическая компания «Дельфи».

ISBN 978-5-534-00329-1

© Письменский И. А., Аллянов Ю. Н., 2014  
© ООО «Издательство Юрайт», 2018

## Оглавление

<b>Введение</b> .....	<b>7</b>
<b>Принятые сокращения</b> .....	<b>10</b>
<b>Глава 1. Социально-биологические основы физического воспитания и спорта</b> .....	<b>11</b>
1.1. Организм человека как единая сложная биологическая система .....	11
1.2. Закономерности развития функциональных систем организма в процессе тренировки .....	15
1.3. Опорно-двигательный аппарат .....	16
1.4. Сердечно-сосудистая система .....	23
1.5. Дыхательная система .....	29
1.6. Пищеварительная система .....	30
1.7. Нервная система .....	31
1.8. Выделительная система .....	37
1.9. Химическое строение организма человека .....	37
1.10. Обмен веществ и энергии в организме .....	41
<i>Вопросы и задания для самоконтроля</i> .....	58
<b>Глава 2. Здоровый образ жизни</b> .....	<b>60</b>
2.1. Социокультурные факторы здорового образа жизни .....	60
2.2. Биосоциальные факторы здорового образа жизни .....	64
<i>Вопросы и задания для самоконтроля</i> .....	81
<b>Глава 3. Физическая культура и спорт как общественное явление ...</b>	<b>82</b>
3.1. Сущность и функция спорта как сложного явления общественной жизни .....	82
3.2. Основные понятия в теории физического воспитания .....	88
3.3. Спорт и его функции .....	91
3.4. Краткая история спорта высших достижений .....	95
3.5. Закономерности и тенденции развития спортивных результатов .....	101
3.6. Теория спорта как система научных знаний .....	106
3.7. Системный подход и его методологическое значение для теории и практики спорта .....	113
<i>Вопросы и задания для самоконтроля</i> .....	121
<b>Глава 4. Основы спортивной подготовки</b> .....	<b>122</b>
4.1. Современные взгляды на построение многолетней подготовки спортсменов (четырёхлетний олимпийский цикл) .....	122

4.2. Планирование подготовки .....	123
4.3. Требования к планированию многолетней подготовки .....	128
4.4. Проблема многолетней подготовки .....	129
4.5. Этап непосредственной подготовки к соревнованиям (краткий обзор) .....	130
4.6. Макроцикл расширения функциональных и двигательных возможностей и увеличения технико-тактического арсенала спортсменов (первый год олимпийского цикла) .....	131
4.7. Макроцикл углубленной специальной подготовки, направленной на повышение разносторонности и вариативности технико-тактической подготовленности, приобретение соревновательного опыта и изучение соперников (второй год олимпийского цикла) .....	133
4.8. Макроцикл расширения функциональных возможностей, повышения надежности технико-тактических действий, отработки тактических вариантов ведения поединков, апробации модели подготовки к конкретному турниру (третий год олимпийского цикла) .....	135
4.9. Макроцикл целенаправленной подготовки к основному турниру, обеспечивающей функциональную избыточность и высокий уровень технико-тактического мастерства (четвертый год олимпийского цикла) .....	136
4.10. Краткая история развития спортивной тренировки .....	137
4.11. Тренировка как процесс управления .....	147
4.12. Управление двигательной деятельностью .....	152
4.13. Нагрузка как система управляющих воздействий .....	159
4.14. Нагрузка как фактор функциональной работоспособности... ..	162
4.15. Контроль и оценка нагрузки .....	179
4.16. Основные закономерности спортивной тренировки .....	186
4.17. Цикличность тренировочного процесса .....	193
4.18. Средства и методы тренировки .....	195
4.19. Тренированность как функция нагрузки .....	201
4.20. Спортивная форма как функция тренированности .....	207
<i>Вопросы и задания для самоконтроля</i> .....	216

## **Глава 5. Развитие основных физических качеств .....** 217

5.1. Основы совершенствования силовой подготовки .....	221
5.2. Развитие силы .....	223
5.3. Зависимость силы от условий ее проявления .....	223
5.4. Виды силы как физического качества человека .....	224
5.5. Мышечная сила и вес спортсмена .....	225
5.6. Физиологические механизмы регуляции мышечной силы ... ..	226
5.7. Основы методики развития силы .....	227
5.8. Характеристика основных методических направлений развития силы .....	231
5.9. Метод повторных усилий .....	233
5.10. Метод максимальных усилий .....	235
5.11. Метод динамических усилий .....	236
5.12. Метод изометрических (статических) усилий .....	237
5.13. Некоторые требования к выполнению силовых упражнений... ..	240

5.14. Место и порядок использования силовых упражнений в отдельном занятии и в системе занятий .....	241
5.15. Теория и методика совершенствования быстроты .....	245
5.16. Развитие быстроты .....	245
5.17. Методика развития быстроты движения .....	251
5.18. Развитие быстроты простой реакции .....	256
5.19. Развитие быстроты сложной реакции .....	258
5.20. Теория и методика тренировки выносливости .....	260
5.21. Методические аспекты проблемы выносливости .....	260
5.22. Аэробная и анаэробная производительность спортсменов ...	263
5.23. Методика развития выносливости .....	272
5.24. Методы развития аэробных возможностей .....	275
5.25. Тренировочные нагрузки в зависимости от частоты сердечных сокращений (ЧСС) .....	277
5.26. Методы развития анаэробных возможностей .....	280
5.27. Особенности нагрузки в тренировочном процессе при совершенствовании выносливости .....	282
5.28. Теория и методика тренировки ловкости .....	285
5.29. Совершенствование ловкости .....	290
5.30. Теория и методика тренировки гибкости .....	292
5.31. Совершенствование гибкости .....	295
<i>Вопросы и задания для самоконтроля</i> .....	298
<b>Глава 6. Виды спортивной подготовки</b> .....	<b>300</b>
6.1. Техническая подготовка .....	300
6.2. Методика обучения одному двигательному действию .....	304
6.3. Этап ознакомления .....	309
6.4. Этап формирования двигательного умения .....	310
6.5. Этап формирования двигательного навыка .....	311
6.6. Характеристика техники в различных видах спорта .....	316
6.7. Задачи и содержание технической подготовки .....	324
6.8. Средства и методы технической подготовки .....	326
6.9. Этапы технической подготовки .....	328
6.10. Тактическая подготовка .....	330
6.11. Элементы и этапы спортивной тактики .....	332
6.12. Задачи технико-тактической подготовки .....	335
6.13. Средства и методы тактической подготовки .....	340
6.14. Психологическая подготовка .....	342
6.15. Особенности психической готовности в индивидуальных и коллективных видах спорта .....	345
<i>Вопросы и задания для самоконтроля</i> .....	354
<b>Глава 7. Педагогический контроль</b> .....	<b>355</b>
<i>Вопросы и задания для самоконтроля</i> .....	370
<b>Глава 8. Восстановительные мероприятия и реабилитация спортсменов</b> .....	<b>371</b>
8.1. Педагогические и медико-биологические средства восстановления .....	371
8.2. Питание спортсменов .....	374

8.3. Спортивный массаж .....	381
8.4. Точечный массаж .....	392
8.5. Медеотерапия .....	399
8.6. Баночный массаж .....	400
8.7. Лечебный массаж и корригирующие упражнения при забо- леваниях позвоночника .....	401
8.8. Мануальная терапия при заболеваниях позвоночника .....	408
8.9. Тепловые воздействия и стонка веса .....	418
8.10. Водные процедуры .....	422
8.11. Физиотерапевтические процедуры .....	424
8.12. Фармакологические средства .....	425
8.13. Психофизиологические средства восстановления .....	428
<i>Вопросы и задания для самоконтроля</i> .....	431
<b>Глава 9. Физическая культура в вузе</b> .....	<b>432</b>
9.1. Физическая культура как учебная дисциплина .....	433
9.2. Особенности организации и планирования спортивных со- ревнований в условиях вуза .....	447
9.3. Профессионально-прикладная физическая подготовка сту- дентов (ППФП) .....	454
9.4. Комплексы упражнений по общей физической подготовке (ОФП) студентов .....	461
9.5. Комплексы упражнений по специальной физической подго- товке (СФП) студентов .....	467
9.6. Содержание специально-кондиционных и сопряженных игр, применяемых в тренировке спортсменов .....	479
<i>Вопросы и задания для самоконтроля</i> .....	489
<b>Заключение</b> .....	<b>490</b>
<b>Литература</b> .....	<b>492</b>

## Введение

Теория и методика физического воспитания исследуют общие законы структурного и функционального совершенствования человека в условиях учебно-тренировочной и соревновательной деятельности и устанавливают принципиальные средства и методы их использования в спортивной практике.

Высокая эффективность этого процесса неразрывно связана с научно-методической подготовкой студентов. Решение этой проблемы предполагает сложную трансформацию научных знаний в знания научно-методические, являющиеся основой обучения и воспитания студентов. При этом необходимо иметь в виду, что объем научного содержания всегда шире содержания учебного предмета. Отсюда вытекает важность подбора и систематики учебного материала с учетом новых требований к студенту и спортивному педагогу.

Главное предназначение учебника состоит в том, чтобы раскрыть в системной форме те важнейшие проблемы современных учебно-спортивных занятий, которые обеспечивают их высокую эффективность. В этом направлении проявлено стремление к отражению современной передовой теории и практики. Сделана попытка выйти из традиционных схем «классического» учебника, так как ряд вопросов рассматриваются проблемно, сообразно новым требованиям, предъявляемым к физическому воспитанию, в том числе и вопросы по организации и планированию спортивных соревнований в вузах.

При объемном распределении учебного материала авторы опирались не только на важность данной проблемы, но также учитывали и возможность студентов пользоваться соответствующей литературой<sup>1</sup>.

Одной из главных задач физического воспитания студентов является улучшение общего физического состояния организма, сохранение и укрепление здоровья студентов, воспитание подрастающего поколения. Не менее важно также совершенствование тех сторон физического развития и фи-

---

<sup>1</sup> В учебнике по тексту в скобках указываются фамилии авторов, из работ которых даются определения, выводы и другие материалы.

зической подготовленности, которые необходимы для повышения их профессиональной квалификации. Между тем действующая программа физического воспитания для высших учебных заведений не может, да и не ставит перед собой задачу — учитывать многие специфические особенности деятельности студентов разных университетов (институтов) и их факультетов.

Необходимость написания учебника «Физическая культура» (научно-педагогические основы физвоспитания) для студентов вызвана появлением новых современных научных данных в области физического воспитания, изменением учебных программ, стандартов изучения этой дисциплины.

Авторы стремились к тому, чтобы учебник читался с интересом, а не заучивался как учебник справочного содержания.

В результате изучения дисциплины «Физическая культура» студент должен:

***знать***

- теоретические и методические основы физического воспитания;
- влияние оздоровительных систем физического воспитания на укрепление здоровья, профилактику профессиональных заболеваний и вредных привычек;
- закономерности развития функциональных систем организма в процессе учебно-тренировочных занятий;
- способы контроля и оценки физической нагрузки, подготовленности и физического развития;
- основные требования к планированию индивидуальных занятий различной целевой направленности;
- содержание учебно-тренировочных заданий, методы и средства ППФП;
- методику развития физических качеств человека (сила, выносливость, быстрота, гибкость, ловкость);
- комплексы упражнений по ОФП, СФП и содержание игр, применяемых на занятиях;

***уметь***

- применять теоретические знания при организации самостоятельных и учебно-тренировочных занятий;
- пользоваться методами и средствами ППФП;
- пользоваться комплексом упражнений по ОФП, СФП, оздоровительной и адаптивной (лечебной) физической культуры;
- планировать учебно-тренировочные занятия;
- определять величину нагрузки;

- подбирать средства и методы тренировки;
- использовать в занятиях методику тренировки основных физических качеств человека;
- применять методику совершенствования выносливости по ЧСС;
- использовать в занятиях данные медицинского обследования и педагогического контроля;
- пользоваться педагогическими и медико-биологическими, и психофизиологическими методами восстановления и релаксации;
- применять на занятиях существующие средства и методы восстановления, с помощью которых улучшается переносимость учебных, тренировочных и соревновательных нагрузок;
- применять на практике упражнения по ППФП, ОФП, СФП и специальные игры в учебных занятиях и в тренировке;

***владеть***

- способностью использовать приобретенные знания и умения в учебных занятиях и в группах спортивного совершенствования;
- методикой построения учебно-тренировочных занятий, анализом контроля и оценкой физической нагрузки с целью повышения своих функциональных возможностей и спортивного мастерства;
- навыками применения современных методических приемов при совершенствовании технической, тактической и психологической подготовки;
- навыками организации спортивно-массовых соревнований;
- средствами и методами для подготовки к будущей профессиональной деятельности и службе в Вооруженных силах РФ.

## Принятые сокращения

**АДФ** – аденозиндифосфорная кислота  
**АТФ** – аденозинтрифосфорная кислота  
**вуз** – высшее учебное заведение  
**ДЕ** – двигательная единица  
**и.п.** – исходное положение  
**КрФ** – креатинфосфат  
**МКД** – максимальный кислородный долг  
**МПК** – максимальное потребление кислорода  
**ОФП** – общая физическая подготовка  
**ПАНО** – порог анаэробного обмена  
**ППФП** – профессионально-прикладная физическая подготовка  
**ПМ** – предельный максимум  
**СССР** – Союз Советских Социалистических Республик  
**СТТД** – сложные технико-тактические действия  
**СФП** – специальная физическая подготовка  
**США** – Соединенные Штаты Америки  
**уд/мин** – ударов в минуту  
**ФРГ** – Федеративная Республика Германии  
**ЦНС** – центральная нервная система  
**ЧСС** – частота сердечных сокращений  
**ЭКГ** – электрокардиограмма

# Глава 1

## СОЦИАЛЬНО-БИОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ФИЗИЧЕСКОГО ВОСПИТАНИЯ И СПОРТА<sup>1</sup>

---

В результате изучения главы студент должен:

**знать** теоретические сведения о строении тела; о взаимосвязи морфологических систем с физическими качествами человека;

**уметь** использовать теоретические знания, особенно на начальных этапах совершенствования технико-тактического мастерства;

**владеть** способностью использовать приобретенные знания и умения на практических занятиях и в группах спортивного совершенствования.

---

### 1.1. Организм человека как единая сложная биологическая система

Теорию и методику физического воспитания изучает целый ряд естественно-научных дисциплин — это специализированная отрасль морфологии, биосопромата, молекулярной генетики, биохимии, гистохимии, физиологии, психологии, биофизики, медицины, гигиены, врачебный контроль и т.д. Теория и методика физического воспитания, обобщая данные вышеперечисленных наук и анализируя передовой опыт развития физической культуры и спорта, прокладывают пути развития, приобретают особую значимость новые направления в подготовке спортсменов. Такая необходимость усугубляется тем, что сейчас в любой области знаний, примерно через 10 лет, осуществляется пересмотр накопленной научной информации.

Естественно-научную основу индивидуализации составляют сведения о строении тела, о взаимосвязи морфологических особенностей с силовыми, скоростными, скоростно-силовыми возможностями, работоспособностью, ловкостью, гибкостью; особенностями технико-тактического арсенала

---

<sup>1</sup> Глава 1 написана при участии доктора педагогических наук, профессора Л. Б. Андрущенко и доцента Е. В. Филатовой.

спортсменов. При этом следует учитывать межиндивидуальную и внутрииндивидуальную изменчивость вышеперечисленных качеств и связей. Межиндивидуальные показатели являются более стабильными и могут использоваться при отборе, особенно первоначальном. Признаки, характеризующиеся по преимуществу внутрииндивидуальной изменчивостью, в силу их динамичности могут служить критериями эффективности учебно-тренировочного процесса.

Латинское слово «*Individuum*» в буквальном значении выражает то, что не подлежит более делению. Таково же значение греческого слова «атом» — это вещь, которую нельзя разъединить «анатомически». Таким образом, оба эти слова означают нераздельное, единое. Следовательно, индивидуальность проявляется в морфофункциональной организации, присущей каждой особи конкретного вида. Сравнительная биология накопила множество фактов, подтверждающих вариабельность признаков у представителей одного вида организмов (Р. Уильямс).

Если же рассматривать подобие формы и размеров на молекулярном уровне, то эти различия проявляются еще значительно. Дело в том, что одна из сущностей исторического развития жизни Вселенной заключается в постепенном переходе от неопределенности к все более увеличивающемуся определенному порядку в материальной организации существ, и точные координаты размеров и формы проходят лишь на молекулярном уровне, так как элементарные частицы не имеют специфической локализации, находясь в постоянном движении (Дж. Уолд). Поэтому никогда не было и не может быть двух идентичных живых клеток, даже среди вирусов, наблюдаемых в электронном микроскопе. Еще Рудольф Вирхов в одной из лекций, прочитанных в 1859 г., высказал предположение о том, что «тайна» индивидуальности заключается, несомненно, в тонких различиях и развитии отдельных клеточек и клеточных групп.

Что же касается биохимической индивидуальности организма, то она обусловлена большим разнообразием сочетаний, последовательности и количества использованных аминокислот. Организмы полностью используют это обстоятельство, поэтому нет двух видов живых организмов, обладающих одинаковыми белками.

Также различны и величины энерготрат, даже у животных одних и тех же линейных размеров тела и одного вида. Более того, у особей одного вида может быть большой раз-

брос показателей энерготрат даже на единицу поверхности тела (И. А. Аршавский).

Достаточно заметна и индивидуальная изменчивость массы внутренних органов. Так, Р. И. Браун и соавторы у 645 взрослых самцов кроликов обнаружили 5—10-кратные различия в весе 17 внутренних органов. Источник этих колебаний у человека (даже при одинаковой поверхности тела) заключается в вариации строения внутренних органов, в относительном количестве эпителиальных элементов, с одной стороны, и соединительно-тканых — с другой: первые непосредственно связаны с жизнедеятельностью организма и общей его величиной, вторые в меньшей зависимости от поверхности тела (В. В. Бунак). Таким образом, только всестороннее знание человека может стать основой для индивидуализации процессов его воспитания.

Значительна межиндивидуальная изменчивость сжимаемости кожных складок при измерении толщины. Имеется настолько выраженное разнообразие в деталях узоров на пальцах руки (и в их сочетаниях), что нельзя найти двух человек (включая однойцевых близнецов) с одинаковым дерматоглифическим узором (Н. Барникот). На широкое индивидуальное варьирование вариации узоров, симметрии и связи узоров на коже кисти и стопы указывает огромный исследовательский материал Т. Д. Гладковой. По свидетельству автора, эта изменчивость проявляется в главных ладонных линиях, осевых трирадиусах, пальцевых узорах, функциональной разнорукости, ножных узорах, подошвенных узорах, узорах на пальцах ног и др.

Например, индивидуальные вариации сердечной деятельности в значительно большем числе случаев объясняются различиями в количестве тощей массы тела нежели различиями массы тела, тогда как поверхность тела занимает в этом отношении промежуточное положение (И. Брок).

Индивидуальна также и приспособляемость к различным пищевым продуктам. Экспериментально показано, например, что некоторые индивиды легко адаптируются к богатой жирами пище. Поэтому режим питания какого-нибудь одного спортсмена, даже выдающегося, не может служить руководством для других, и наука должна указывать необходимый объем и ассортимент питательных продуктов для различных видов спорта, не ограничивая при этом тех индивидуальных вкусов и привычек, которые не приносят вреда (В. С. Фарфель, А. И. Лифшиц).

Резко колеблются и возрастные границы трудоспособности у мужчин (от 50 до 80 с лишним лет) в зависимости от индивидуальности качеств и переносимости нагрузок.

Г. Гримм отмечает, что индивидуальность функциональных возможностей позволяет легко маскировать влияние различных физиологических стимулирующих средств на производительность труда и физические способности. Это может быть объяснено сопротивляемостью индивидов к заболеваниям. В книге Г. Гримма есть несколько слов по этому поводу, которые заслуживают того, чтобы быть приведенными полностью: «Индивидуализация, все усиливающаяся дифференциация личности оказывает с возрастом все более значительное влияние на течение болезни, как в физическом, так и психическом отношениях. Даже «распад» личности в старости может иметь индивидуальные черты»<sup>1</sup>. В связи с этим при установлении диагноза появляется неотложная необходимость составить суждение о заболевшем или подвергающемся угрозе заболевания индивиде. Важность этого подтверждается тем, что развитие заболевания определяется не только инфекционным агентом, но также индивидуальными свойствами заболевшего.

В своей книге «Жизнь и болезнь» Рудольф Вирхов призывает к изучению индивидуальных особенностей — последней задачи истинного естествознания.

Тоже, но в еще большей мере можно сказать об индивидуальности психики человека. Применение к жизни общих психологических закономерностей всегда должно опосредоваться знанием индивидуальных различий (Б. М. Теплов). Без этого общие психологические закономерности становятся столь абстрактными, что их практическая ценность представляется сомнительной. Такое положение дел, безусловно, способствовало большому накоплению тестов для определения «психологического профиля» индивида; многочисленных тестов для определения уровня интеллекта или темперамента. Одни из них предназначены для оценки памяти, общего уровня знаний и знакомства с общественной жизнью, владения речью и способности к решению задач, другие служат для оценки эмоциональной сферы личности. Вариабельность показателей по этим тестам также значительна как в морфологических, так и в других функциональных характеристиках.

---

<sup>1</sup> Гримм Г. Основы конституциональной биологии и антропометрии. М.: Медицина, 1967.

Также индивидуальна и динамика увеличения размеров тела, где различия в скорости роста проливают свет не только на тонкие механизмы генетической регуляции процесса роста, но и на соотношение между физическим и умственным развитием личности. Это имеет большое значение для теории и практики воспитания, в том числе для спортивной педагогики, особенно для юношеского спорта.

## **1.2. Закономерности развития функциональных систем организма в процессе тренировки**

Индивидуальность спортсмена может быть выражена, как нам представляется, особенностями физической, технической, тактической, теоретической, моральной, интеллектуальной, эстетической, эмоциональной и волевой подготовленности.

Так, уровень физической подготовленности спортсмена выявляется по состоянию здоровья (сопротивляемости организма неблагоприятным факторам), по особенностям телосложения (тотальным размерам, пропорциям и конституции тела) и по уровню развития физических качеств (силы, быстроты, выносливости, ловкости и гибкости).

Особенности технической подготовленности спортсмена определяются объемом усвоенных движений (умений, навыков), их разносторонностью и эффективностью, а также объемом, многогранностью и глубиной теоретических знаний по спортивной технике.

Особенности тактической подготовленности спортсменов могут быть выявлены по таким показателям, как объем, многогранность и глубина усвоенных знаний по теории, тактике, а также объемом, разносторонностью и эффективностью применяемых тактических действий (умений и навыков).

Особенности теоретической подготовленности спортсмена легко установить по уровню образованности, т.е. по объему, глубине и многообразности знаний, в частности, специальных знаний в области теории и практики спортивной тренировки.

Особенности моральной подготовленности спортсмена могут быть выражены его нравственностью, т.е. социальностью сознания и самосознания или, другими словами, мировоззрением, которое отражается в стремлениях, решениях и действиях. Нравственность проявляется также и в отношениях с людьми (общительность, оптимизм, гуманизм, справедливость и т.п.); в отношении к самому себе (скромность, застенчивость, чувство чести собственного достоинства, высокомерие, зазнайство, надменность, угодничество,

лесть, подхалимство и т.п.); в отношении к труду (степень трудолюбия).

Особенности интеллектуальной подготовленности спортсмена сказываются в умственных способностях (любопытности, критичности, рассудительности, наблюдательности, внимательности и т.п.).

Особенности эстетического воспитания спортсмена могут быть определены по эстетически оправданному поведению, уровню творческих, эстетических способностей, чувству красоты телосложения, позы, движения и по особенностям восприятия красоты окружающего мира.

Особенности эмоциональной подготовленности спортсмена выражаются в предрасположенности к положительным и отрицательным эмоциям социальной, умственной, эстетической направленности, в уровне предрасположенности к эмоциям самосохранения, самооценки и другим, касающимся переживаний о себе, а также в быстроте возникновения, силе проявления и устойчивости эмоций.

Особенности волевой подготовленности спортсмена проявляются в направленности волевых действий (ради чего, какими средствами и т.п.), в силе устойчивости проявления волевых свойств (смелостью, решительностью, настойчивостью, выдержанностью, самообладанием и т.п.) и степенью самостоятельности в волевых актах (инициативностью, критичностью, ответственностью, дисциплинированностью и т.д.).

### **1.3. Опорно-двигательный аппарат**

Организм человека равно, как и любой другой живой организм, рассматривается как сложнейшая автоматическая биологическая система, способная к самовоспроизведению, саморемонту, самонастройке на предстоящую деятельность и практически к бесконечному самоусовершенствованию.

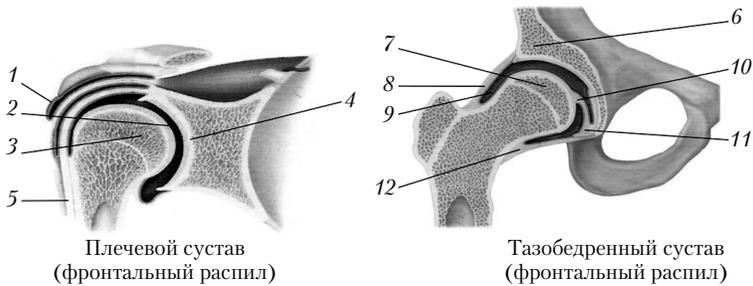
Каркасом, на котором «смонтированы» все органы и системы человеческого организма, является костный скелет — комплект костей, различных по форме и величине и их соединений. Скелет выполняет функции опоры и защиты некоторых органов от внешних воздействий (рис. 1.1) и состоит примерно из 206 костей.

Отдельные кости скелета соединяются в *суставы* — подвижные соединения, область соприкосновения костей, которая покрыта суставной сумкой из плотной соединительной ткани, срастающейся с надкостницей, сочленяющихся костей (рис. 1.2).



**Рис. 1.1. Скелет человека**

Следует обратить внимание на то, что число костей в каждом из отделов увеличивается в дистальном направлении. Например, плечо имеет одну кость (плечевую), предплечье — две (локтевую, лучевую), кисть — семь костей.



**Рис. 1.2. Строение сустава:**

1, 8 — суставная капсула (*capsula articularis*); 2, 9 — суставная полость (*cavitas articularis*); 3 — головка плечевой кости (*caput humeri*); 4 — суставная впадина лопатки (*cavitas glenoidalis*); 5 — сухожилие длинной головки двуглавой мышцы плеча (*tendo m. biceps brachii*); 6 — тазовая кость (*os coxae*); 7 — головка бедренной кости (*caput femoris*); 10 — связка головки бедренной кости (*lig. capitis femoris*); 11 — вертлужная губа (*labrum acetabulare*); 12 — круговая зона (*zona orbicularis*)

Прочность отдельных частей скелета очень велика. Например, бедренная кость может выдержать нагрузку до 1500 кг, а большая берцовая — до 1800 кг. В продольном направлении бедренная кость у мужчин выдерживает более 4570 кг, у женщин — 3940 кг.

Кости скелета составляют 18% веса тела у мужчин и 16% — у женщин.

Существует ошибочное мнение, будто кости по своей структуре и конфигурации представляют собой нечто неизменное и постоянное. На самом деле это не так. Достоверно выяснено, что под влиянием того или иного образа жизни кости не только изменяют свой химический состав, отчего становятся более прочными или, наоборот, хрупкими, но даже могут в определенных пределах изменять свою форму.

Вполне естественно, что чаще переломы костей бывают в пожилом возрасте. Объясняется это тем, что у детей кости содержат больше оссеина, благодаря чему их кости имеют меньшую твердость и большую гибкость.

Костная ткань представляет собой сложный орган, пронизанный кровеносными и лимфатическими сосудами, а также нервными волокнами.

Для нормальной кости соотношение фосфорнокислотной извести (дающей твердость) и оссеина (придающего упругость) должно быть оптимальным.

Кость содержит до 50% воды, а остальное содержимое органические и неорганические вещества. Обратимся к опыту. Если кость сжечь, она лишится органических веществ и, хотя сохранит свою форму, утратит эластичность, станет хрупкой и ее можно будет стереть в порошок. Если кость положить в соляную кислоту, то соли (неорганические вещества) растворятся в ней, кость потеряет твердость, плотность и будет очень гибкой (ребро и малоберцовую кость можно завязать в узел, хотя форма ее также сохранится).

Физические упражнения и регулярные занятия спортом оказывают большое влияние на формирование скелета, т.е. укрепляют позвоночник, ликвидируются нежелательные искривления в нем, расширяется грудная клетка, формируется хорошая осанка. Сутулость и впалая грудь лишают внутренние органы нормальных условий жизнедеятельности. Искривление позвоночника приводит к передавливанию кровеносных сосудов, ущемлению нервов и т.д.

Кости развиваются тем сильнее, чем активнее деятельность окружающих мышц. В структуре человеческого орга-

низма мускулатура составляет 42% у мужчин и 36% у женщин. Человек в среднем состоит из 650 мускулов (рис. 1.3).

У человека существует три типа мышц: *скелетные*, *сердечные* (*миокард*) и *гладкие*. При микроскопическом исследовании в скелетных и сердечной мышцах обнаруживаются «исчерченность», поэтому их называют поперечно-полосатыми мышцами. В гладких мышцах подобная исчерченность отсутствует.

Сердечная мышца сокращается ритмично с последовательно изменяющимися циклами сокращения (систола) и расслабления (диастола) независимо от воли человека, т.е. произвольно. Сокращение регулируется гормонами (катехоламинами).

Сокращение гладких мышц осуществляется нервными импульсами, гормонами и не зависит от воли человека, так как их тонус не контролируется нашим сознанием. Гладкие мышцы включают мышцы внутренних органов, системы пищеварения, стенок кровеносных сосудов, а также кожи и матки, обеспечивая их сокращения и расслабление.

Скелетные мышцы прикреплены в основном к костям, что и обусловило их название. Сокращение скелетных мышц сопровождается нервными импульсами и подчиняется сознательному контролю.

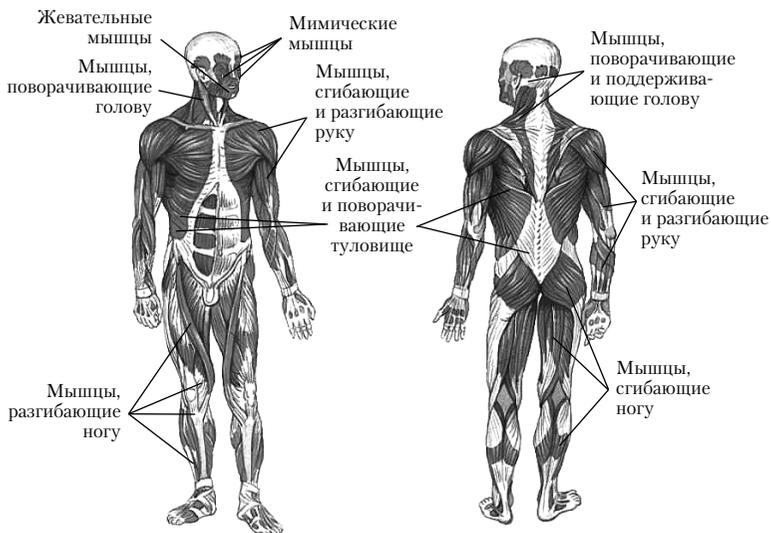
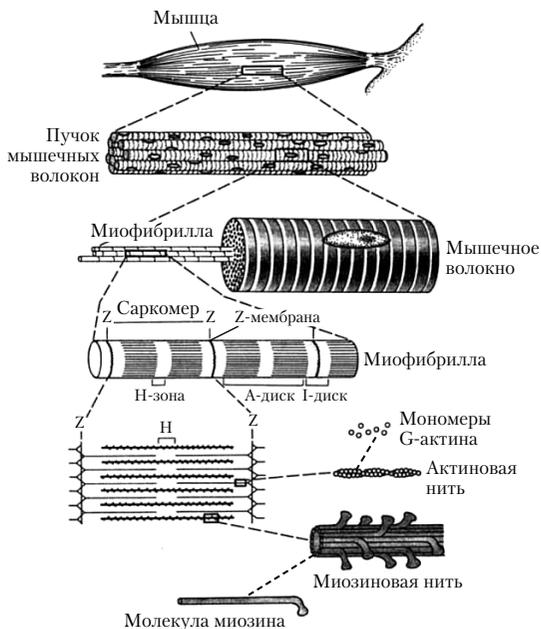


Рис. 1.3. Мышечная система человека



**Рис. 1.4. Структурная организация скелетных мышц человека**

Каждая мышца состоит из пучка мышечных волокон, которые содержат многочисленные сократительные нити — миофибриллы (от греч. *myos* — мышца, лат. *fibrilla* — волокно) (рис. 1.4).

Диаметр их составляет около 1 микрона (тысячная доля миллиметра). Миофибриллы состоят из нитей миозина и актина (их примерно около 2500 нитей). Диаметр нитей миозина и актина около 100 ангстрем<sup>1</sup>, причем нити актина в два раза меньше нитей миозина.

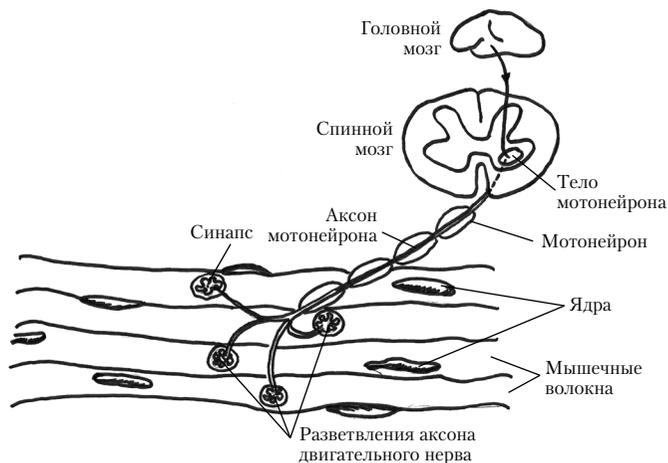
Во время сокращения мышечного волокна нити актина начинают сближаться, скользя относительно миозиновых нитей. Нити актина расположены в промежутках между миозиновыми нитями. Нити при сокращении сближаются и отдаляются при растяжении.

У разных людей в одних и тех же мышцах может быть различное количество волокон, что влияет на их силовые способности. Чем больше в мышцах волокон, тем большая возможность проявления максимальной силы мышц.

<sup>1</sup> *Ангстрем* — одна стомиллионная доля сантиметра.

Необходимо вкратце подчеркнуть, что мышечная сила регулируется мотонейроном. Мотонейрон — это эфферентный (передающий импульсы от нервных центров к рабочим органам) нейрон, иннервирующий мышечное скелетное волокно и рецепторы растяжения. Мотонейроны отличаются размерами и числом входящих в ДЕ мышечных волокон. Малые мотонейроны еще называют «медленные», а большие ДЕ — быстрые. Малые ДЕ обычно иннервируют мелкие мышцы: лицевой мускулатуры, мышцы кисти, пальцев рук и ног. Малые ДЕ также входят в состав больших мышц (рис. 1.5).

Сила и скорость сокращения мышцы зависят от числа ДЕ, участвующих в сокращении и изменении частоты поступающих импульсов в 1 с (от 5 до 50 при максимальном напряжении). Необходимо отметить, что мышечные клетки неспособны к делению, поэтому разрушенные мышечные волокна не могут восстанавливаться простым удвоением. В случае повреждения самовозобновление мышечного волокна происходит из маленькой клетки — сателлита, которая находится в тесном контакте со зрелыми мышечными волокнами не в активном состоянии. При нарушении структуры мышечного волокна она активируется и начинает пролиферировать<sup>1</sup>, что приводит к образованию нового мышечного волокна. В мышце количество мышечных волокон может достигать несколько тысяч (табл. 1.1).



**Рис. 1.5. Схематическое изображение двигательной единицы мышцы**

<sup>1</sup> *Проллиферация* — биологическое разрастание ткани организма человека путем новообразования и размножения клеток и неклеточных элементов.

Таблица 1.1

**Основные типы волокон и их характеристики  
при мышечной работе (по Н. И. Волкову и др.)**

Характеристика	Тип волокон		
	МС (медленно-сокращающиеся волокна) Совершенствование аэробного механизма энергообразования	БС <sub>1</sub> (быстрсокращающиеся волокна) Совершенствование гликолитического механизма энергообразования (лактатные)	БС <sub>2</sub> (быстрсокращающиеся волокна) Совершенствование креатин-фосфатного механизма энергообеспечения (алактатные)
Включение в работу	Малой интенсивности на выносливость	Большой интенсивности (кратковременную)	
Количество волокон на мотонейроне	10—180	300—800	300—800
Порог возбуждения мотонейронов	Низкий	Высокий	Высокий
Размеры двигательного нейрона	Малые	Большие	Большие
Размеры и количество миофибрилл	Малые	Большие	Большие
Сеть капилляров	Большая	Средняя	Низкая
Запасы белка миоглобина	Большие	Средние	Малые
Активность ферментов АТФазы: миозина гликолиза	Низкая Низкая	Высокая Высокая	Высокая Высокая
Скорость сокращения	Малая	Большая	Большая
Развитие силы	Низкое	Высокое	Умеренное
Утомляемость	Слабая	Сильная	Сильная
Выносливость	Высокая	Низкая	Низкая
Способность накапливать кислородный долг	Практически отсутствует	Высокая	Высокая
Содержание отдельных типов волокон в мышцах нижних конечностей человека в %:			
нетренированного бегуна-марафонца	55	35	10
бегуна-марафонца	80	15	5
бегуна-спринтера	23	48	29

## 1.4. Сердечно-сосудистая система

Сердечно-сосудистая система состоит из сердца и кровеносных сосудов (головы, шеи, верхних и нижних конечностей), которые образуют малый и большой круги кровообращения (рис. 1.6).

**Сердце** — это центральный орган кровообращения, осуществляющий движение крови по кровеносным сосудам. Представляет собой полый четырехкамерный мышечный орган неправильной конической формы. В сердце различают два предсердия (правое и левое).

Примерно через каждые 0,8 с происходит полное сокращение сердца — «сжатие — расслабление».

Сжатие (систола) длится всего 0,3 с, а расслабление (диастола) и отдых длится 0,5 с. Это дает сердечной мышце восстановить энергию, затраченную во время работы.

Круги кровообращения начинаются в желудочках сердца, а заканчиваются в предсердиях. Кровь, продвигаясь по капиллярам большого круга кровообращения, отдает тканям кислород и питательные вещества и превращается из артериальной в венозную.

В малом круге кровообращения сосудистая сеть проходит через легкие и кровь, из венозной превращается в артериаль-

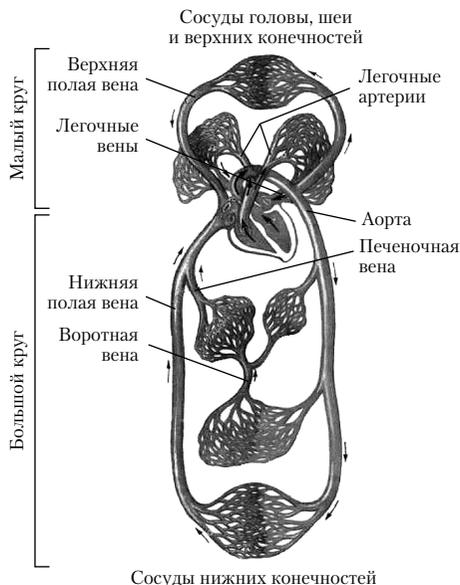


Рис. 1.6. Система кровообращения у человека

ную, т.е. отдает в полость углекислый газ и насыщается кислородом.

Сердечное кровоснабжение превышает кровоснабжение скелетных мышц, потому что сердце работает непрерывно (без отдыха), причем используется в основном энергия аэробных реакций. Поэтому кровоток в сердце примерно в 10–15 раз превышает среднюю величину кровотока других органов.

**Кровь** — жидкая ткань, разновидность соединительной ткани организма, состоящая из форменных элементов (эритроцитов, лейкоцитов, тромбоцитов).

«Тайна переливания крови» в 1900 г. была открыта австрийским ученым Карлом Ландштейнером. Он не переливал кровь одного человека другому, а смешивал небольшое количество крови двух людей в пробирке. В некоторых пробирках кровь оставалась прежней, а в других случаях сразу после смешивания эритроциты (красные кровяные тельца) начинали слипаться друг с другом. Это обстоятельство позволило ученому уберечь миллионы людей от несчастных случаев при переливании крови.

*Эритроциты* — безъядерные клетки крови, содержащие гемоглобин. Образуются в красном костном мозге. Они имеют оболочку, представляющую собой полупроницаемую перепонку (белково-липидная мембрана), благодаря которой эритроциты принимают активное участие в различных физиологических процессах. В норме в  $1 \text{ мм}^3$  крови содержится 4–5 млн эритроцитов, функция которых заключается в транспортировке кислорода от легких к тканям и углекислого газа от тканей к легким. Общее число эритроцитов в крови человека — 25 трлн. При расположении их в одну цепочку можно несколько раз обогнуть земной шар по экватору. Интересно отметить, что общая поверхность эритроцитов в 1500 раз больше поверхность тела человека.

*Лейкоциты* — подвижные бесцветные клетки крови животных и человека, способные захватывать и уничтожать бактерии и другие инородные тела, вырабатывая антитела. В  $1 \text{ мм}^3$  содержится 6–8 тыс. лейкоцитов. Образуются в красном костном мозге, селезенке, лимфатических узлах.

*Тромбоциты* — относятся к защитным функциям. При разрыве сосудов образуется плотный сгусток, который закупоривает рану. Тромб — это результат выпадения в осадок одного из белков плазмы в виде нитей фибрина. Спортивная (мышечная) тренировка вызывает увеличение количества тромбоцитов в крови — миогенный тромбоцитоз. В  $1 \text{ мм}^3$  крови содержится 10–300 тыс. клеток.

*Капилляры* — мельчайшие кровеносные сосуды, пронизывающие органы и ткани организма и замыкающие круг кровообращения. Через их стенки совершается обмен веществ и респираторных газов между кровью и клетками тканей. Самым «крупным» кровеносным сосудом является аорта, ее поперечник (диаметр) 30—35 мм, а толщина стенки 1,6 мм. А самые тонкие и нежные сосуды — это капилляры, их размеры исчисляются микронами, длина — около 0,3 мм, диаметр может колебаться от 3 до 8 микрон (тысячная доля миллиметра; ангстрем — это одна стомиллионная доля сантиметра). В состав стенок капилляров входят особые клетки, называемые клетками Руже, которые имеют отростки, окружающие капилляры. При сокращении отростков просвет капилляров уменьшается и может даже полностью закрыться. Расслабление отростков обеспечивает открытие и расширение капилляров химическим путем (молочная кислота, углекислый газ и т.п.), т.е. происходит раздражение отростков Руже. При интенсивной работе, вызывающей максимальное увеличение кровоснабжения мышц, емкость кровеносного русла капилляров может возрасти в 750 раз.

Число капилляров в различных органах неодинаково. Их особенно много в органах, которые при работе потребляют большое количество кислорода, и нуждаются в усиленном кровоснабжении.

Особенностью кровеносных сосудов сердца является то, что артериальное русло в нем очень короткое, а капиллярное — длинное. На 1 м<sup>3</sup> сердечной мышцы приходится свыше 4000 капилляров.

Количество капилляров достигает астрономической цифры — 160 млрд. Длина этих же сосудов, если их соединить вместе равнялась бы 100 000 км.

В покое функционирует лишь 10% количества капилляров, остальные находятся в спящем состоянии.

Вот один плохой пример действия капилляров при перераспределении крови. Во время приема степ-теста, бега на короткие или средние дистанции происходит сильное расширение капилляров мышц ног. Кровь, однако, в них не застаивается, потому что мышцы ног, сокращаясь, гонят ее к сердцу. После прекращения ходьбы (бега) начинается застой крови в расширившихся сосудах ног. Приток венозной крови к сердцу уменьшается и соответственно уменьшается количество крови, выбрасываемой сердцем. Происходит резкое понижение кровеносного давления, вследствие чего происходит так называемый «гравитационный шок» или обмо-

рочное состояние, которое возникает вследствие гравитации, т.е. под влиянием силы тяжести, вызвавшей застой крови в нижних конечностях. Происходит недостаточная рефлекторная регуляция сосудов. Например, у спортсменов, как только кровеносное давление начинает падать, происходит рефлекторное сужение сосудов внутренних органов и нижних конечностей. Это вызывает повышение кровяного давления и предохраняет от обеднения мозга кровью. Дело заключается в совершенстве регуляции кровяного давления при перераспределении крови. Поэтому «гравитационный шок» чаще наблюдается у лиц с недостаточной рефлекторной регуляцией сосудов ног и уменьшением кровоснабжения органов пищеварительного аппарата (внутренних органов). Среди факторов, способствующих развитию «гравитационного шока», — это недостаточная тренированность, выраженное утомление, перегревание, переохлаждение, простудные заболевания. Неотложная помощь пострадавшему. Положить человека с несколько опущенной головой, приподнять ноги по отношению к туловищу. Бледность при этом быстро исчезает. Иногда используется нашатырный спирт. При отсутствии эффекта применяется искусственное дыхание. В день появления «гравитационного шока» возобновление физических нагрузок недопустимо.

Известно, что во время систолы (сокращения) сердце выбрасывает кровь из желудочков в главные артерии и тем самым повышает давление в артериальной системе, которое достигается в процессе систолы желудочков, и называется систолическим или максимальным давлением.

Во время диастолы (расслабления) желудочков кровь постепенно уходит из артерии, после чего давление в них снижается. Минимальное давление крови, до которого оно падает в фазу диастолы желудочков, называется диастолическим или минимальным давлением. У практически здоровых людей в покое систолическое артериальное давление составляет 120 мм рт. ст., а диастолическое — около 60–80 мм рт. ст., что обычно записывается как 120/80.

За сутки сердце делает в среднем 100 000 ударов. Число ударов (сокращений) сердца зависит от возраста человека и его состояния. У детей сокращается сердце 120–140 уд/мин, к 5 годам сокращается до 100 уд/мин, к 10 годам — до 90 уд/мин. У женщин в среднем на 2–3 удара больше, чем у мужчин.

За каждое сокращение сердце выбрасывает в аорту (самый крупный кровеносный сосуд, диаметр его поперечника составляет 30–35 мм, а толщина стенки 1,6 мм) от 60 до 80 мл

крови, а при усиленной работе сердце может выбрасывать до 200 мл и более.

У тренированных людей приток крови к мышцам увеличивается за счет увеличения ударного объема крови.

Подсчитано, что в год в состоянии покоя в среднем перегоняется 3 500 000 л крови. Для перевозки такого объема жидкости потребовалось бы 1400 автоцистерн.

Например, если возьмем лыжные пробеги на 1000 км, то сердце перекачивает в сосуды 30 т крови. Воин, которому было поручено сообщить о победе греков над персами, пробежав от Марафона до Афин 42 км 195 м, тут же умер вследствие того, что детренированное сердце не выдержало такой нагрузки. В настоящее время это расстояние пробегают тысячи людей и выдерживают эту нагрузку.

Спортивное сердце обычно характеризуется гипертрофией левого желудочка. Долгое время, например, было неясно, почему сердце при гиперфункции начинает увеличиваться, какие биохимические изменения происходят при этом?

Профессор Ф. З. Меерсон и его соавторы выяснили, что, например, порок сердца или гипертония вызывают гиперфункцию, т.е. сердце еще не успевает вырасти, а в связи с резко увеличенной нагрузкой каждый его грамм работает гораздо больше, чем в нормальных условиях. В результате усиливается распад белков, из которых построены клетки мышцы сердца. И вот в ответ на увеличенный расход энергии и белка в клетках мышцы сердца возрастает синтез белков и нуклеиновых кислот. Синтез этот столь велик, что не только восполняет разрушения, вызванные гиперфункцией, но и приводит к быстрому росту клеток сердечной мышцы.

Но в дальнейшем на смену устойчивой гиперфункции может прийти стадия «постепенное изнашивание сердечной мышцы», в этот период в клетках сердечной мышцы начинает снижаться синтез нуклеиновых кислот и белков, и они своевременно не ремонтируются. Сила сокращения сердца уменьшается, и может наступить хроническая недостаточность, т.е. состояние, при котором нагрузка на сердце превышает его способность совершать работу.

Сравнение уровней работы того или иного органа в покое и при максимально допустимой нагрузке — это и есть способ определения резервов. Сердце в покое выдает 4–5 л крови в минуту. У тренированного спортсмена в момент большого напряжения оно может дать 20 и даже 44 л в минуту. Это восьмикратный резерв.

Физиологическая функция крови включает:

1) дыхательную — перенос кислорода от легочных альвеол к тканям и двуокиси углерода от тканей к легким;

2) питательную — транспортировка питательных веществ (глюкоза, аминокислоты и др.) от пищеварительного тракта к тканям;

3) экскреторную — удаление продуктов обмена (мочевина, мочевая кислота креатин и др.) из тканей и доставка к местам их выделения;

4) поддержания водного баланса тканей, осуществляемого благодаря непрерывному обмену жидкостью через стенки кровеносных сосудов;

5) регуляторную — воздействие на органы и ткани содержанием в крови белков, аминокислот, минеральных веществ, витаминов, ферментов, гормонов, вырабатываемых железами внутренней секреции;

6) защитную — с помощью сложных белковых тел (антитоксинов, лизоцинов и др.) ограждает организм от вредных агентов.

В гармонии с кровеносной системой осуществляет свою функцию лимфатическая система (рис. 1.7).

*Лимфа* — прозрачная желтоватая жидкость, по своему составу близка к крови, но не содержит эритроцитов. Передвижению лимфы способствуют такие факторы, как сокращение мышц, массаж, пульсация артерий.

Самыми крупными лимфатическими сосудами являются грудной проток и правый лимфатический проток. Лимфати-

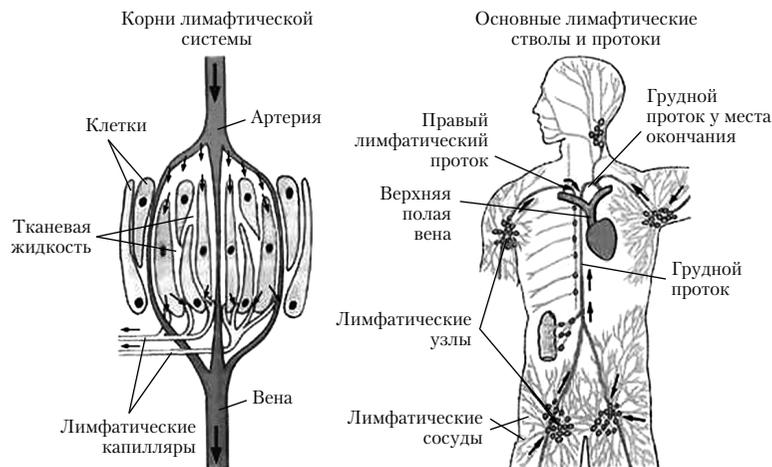


Рис. 1.7. Строение лимфатической системы человека

ческие узлы функционируют как биологические фильтры, задерживающие и разрушающие микроорганизмы, и другие вредные инородные частицы.

Двигается лимфа к крупным венам основания или туда, где лимфа вливается в кровь. Главные подразделения — лимфоузлы (подмышечные, подключичные, паховые) и селезенка. Лимфатические узлы представляют собой нечто вроде фильтров, где лимфа очищается от продуктов распада и токсичных веществ.

В эмбриональном периоде первые лимфоциты обнаруживаются в тимусе. К моменту рождения тимус — самый большой лимфоидный орган.

*Тимус* — штаб лимфоидной армии. Тимус имеет два названия: вилочковая железа и зобная железа. Е. В. Грунтенко отмечает, что вес вилочковой железы у новорожденного ребенка 10–15 г, почти полпроцента веса его тела. Заметим для сравнения, что селезенка новорожденного весит около 11 г, сердце — 24 г, а щитовидная железа — 4,6 г. Как видите, тимус у ребенка — весьма заметный орган.

После рождения ребенка тимус продолжает расти, но медленнее, чем другие части тела. В 9–12 лет вес вилочковой железы достигает минимума — 30–40 г, после чего рост прекращается, и в 25–27 лет она начинает медленно атрофироваться.

В теле человека в любой момент содержится приблизительно  $10^{10}$ – $10^{12}$  лимфоидных клеток — это «армия иммунитета».

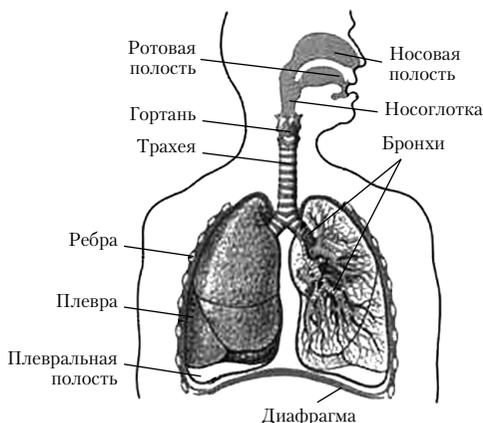
Основными функциями лимфатической системы являются:

- 1) возвращение белков в кровь;
- 2) перераспределение жидкости в организме;
- 3) доставка жиров к клеткам тканей;
- 4) поддержание обмена веществ в тканях;
- 5) уничтожение и удаление болезнетворных микроорганизмов.

## 1.5. Дыхательная система

Дыхательная система состоит из носовой и ротовой полости, носоглотки, гортани, трахеи, бронхов, легких и диафрагмы (рис. 1.8).

Легкие — это парный орган, который имеет три доли (верхние, средние и нижние), которые участвуют в дыхании. В зависимости от того, сколько долей легкого участвуют в дыхании (вдох-выдох), различают типы дыхания.



**Рис. 1.8. Строение дыхательной системы человека**

#### **Типы дыхания:**

- грудное — поверхностное, при котором задействованы только средние доли легких;
- брюшное дыхание — глубокое, при котором в работу включаются и нижние доли легкого;
- полное дыхание, когда наряду со средними и нижними долями легкого воздухом заполняются и верхушки легкого.

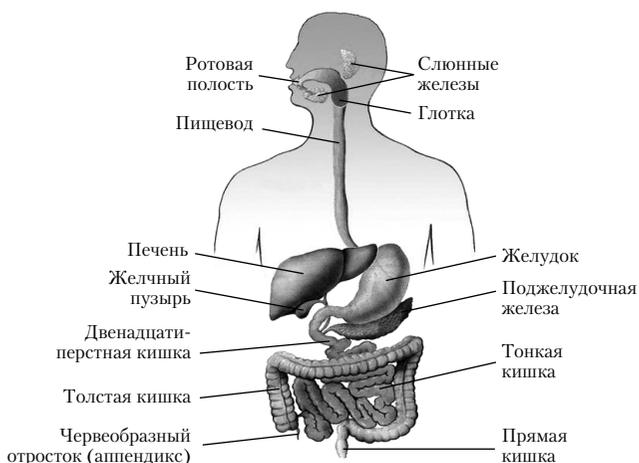
#### **Правильное дыхание:**

- *выдох*: начинается с сокращения мышц живота и диафрагмы, продолжается за счет уменьшения объема грудной клетки вследствие перемещения ребер, что обеспечивает наиболее полное и рациональное завершение процесса «выдавливания» воздуха из легких;
- *вдох*: начинается с работы диафрагмы (это способствует лучшему заполнению нижних частей легких), завершается расширением грудной клетки.

Кислород поставляется в кровь через легкие. При физической нагрузке работа легких обязательно возрастает, т.е. увеличивается частота и глубина дыхания. Иначе говоря, мышечная работа стимулирует функции всех систем организма: рабочих — сердечно-сосудистой и дыхательной; регулирующих — нервной и эндокринной.

## **1.6. Пищеварительная система**

Функции отделов желудочно-кишечного тракта следующие (рис. 1.9).



**Рис. 1.9. Строение пищеварительной системы человека**

1. *Ротовая полость* — начинается расщепление углеводов, бактерицидная обработка пищи.

2. *Желудок* — расщепление сложных белков до простых, частичное расщепление жиров, уничтожение бактерий.

3. *Тонкая кишка* — около 90% питательных веществ всасывается кровью через ее стенки.

4. *Толстая кишка* — всасывание воды, расщепление сложных углеводов клетчатки растительной пищи, образование ядовитых веществ, часть которых попадает в кровь и нейтрализуется печению.

## 1.7. Нервная система

В состав нервной системы входят центральный (головной и спинной мозг) и периферический (сеть более мелких нервов, распространенных по всему телу) отделы.

Важнейшими функциями нервной системы в организме человека являются управление деятельностью целостного организма и координирование процессов, протекающих в организме, в зависимости от состояния внешней и внутренней среды. Нервная система обеспечивает связь всех частей организма в единое целое.

Центральная нервная система — лежит глубоко в организме, окруженная и защищенная костями (рис. 1.10).

Головной мозг — является частью центральной нервной системы и находится внутри черепной коробки. Он состоит



**Рис. 1.10. Строение нервной системы человека**

из нескольких компонентов: большого мозга, мозжечка, ствола мозга и продолговатого мозга.

Спинальный мозг — это распределительная сеть центральной нервной системы. Спинальный мозг находится внутри позвоночного столба и взаимосвязан со всеми нервами периферической нервной системы.

Периферическая нервная система — представлена нервами, отходящими от головного и спинного мозга.

Вегетативная (автономная) — регулирует активность внутренних органов.

Соматическая — обеспечивает иннервацию тела — сомы, включает нервные окончания, иннервирующие кожу и мышцы.

Морфофункциональной единицей нервной системы является нервная клетка — нейрон. Нейроны могут быть различной формы и размера, но все они имеют сходную структуру и состоят из тела (сомы) и отростков. Отростки разделяются на аксоны (длинные) и дендриты (короткие — многочисленные ветвящиеся). В зависимости от выполняемой функции нейроны делятся на три основные группы: *воспринимающие* (чувствительные), *исполнительные* (эффektorные), *вставочные* (контактные). Нейроны классифицируют по числу их

цитоплазматических отростков: с двумя отростками — биполярные нейроны, больше двух — мультиполярные. Униполярные встречаются очень редко.

Нейроны имеют только один аксон, другие отростки называют дендритами. Обычно аксоны передают импульсы от тела нейрона, а дендриты — к нему. Нейроны связаны друг с другом с помощью своих отростков. Межклеточные контакты, дающие возможность импульсам переходить от одного нейрона к другому, называются синапсами (от греч. соединение, связь). Находятся они там, где аксон одного нейрона заканчивается особой структурой на другом нейроне.

Одни нейроны переносят импульсы в глубь организма и называются афферентными (от лат. приносящие), другие проводят импульсы от более глубоко расположенных участков к мышечным клеткам и называются эфферентными (от лат. выносящие).

Каждый сегмент (структурная единица организма) содержит свои афферентные и эфферентные нейроны. Связь между сегментами осуществляется соединительными нейронами, находящимися в спинном мозге. В области головы спинной мозг расширяется, образуя головной мозг, вмещающий бесчисленные нейроны. То есть все соединительные нейроны находятся в ЦНС.

Часть афферентных и эфферентных нейронов, принадлежащих определенному сегменту, также расположена в ЦНС. Другая часть, лежащая вне ЦНС, составляет периферическую нервную систему.

Обеспечение взаимосвязи между отдельными органами и системами организма, согласование и объединение их функций, осуществление связи организма с внешней средой, приспособление к внешней среде, поведение человека и животных определяет ЦНС. Она включает *головной и спинной мозг*.

Головной мозг выполняет множество комплексных процессов, и за каждый из них отвечают определенные зоны (рис. 1.11).

Между нервными центрами и периферическими органами существует двусторонняя круговая связь. Любая деятельность сопровождается возникновением в рецепторах работающих органов афферентных импульсов, сигнализирующих ЦНС о результатах этой деятельности. Ответная реакция организма на раздражение с участием ЦНС называется *рефлексом*, а путь, по которому проходят импульсы при осуществлении рефлекса, — *рефлекторной дугой*.

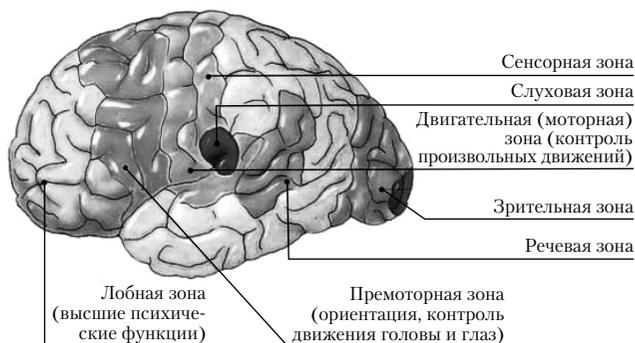


Рис. 1.11. Функциональные зоны головного мозга

Рефлекс — ответная реакция организма на различные воздействия, осуществляемая с помощью нервной системы.

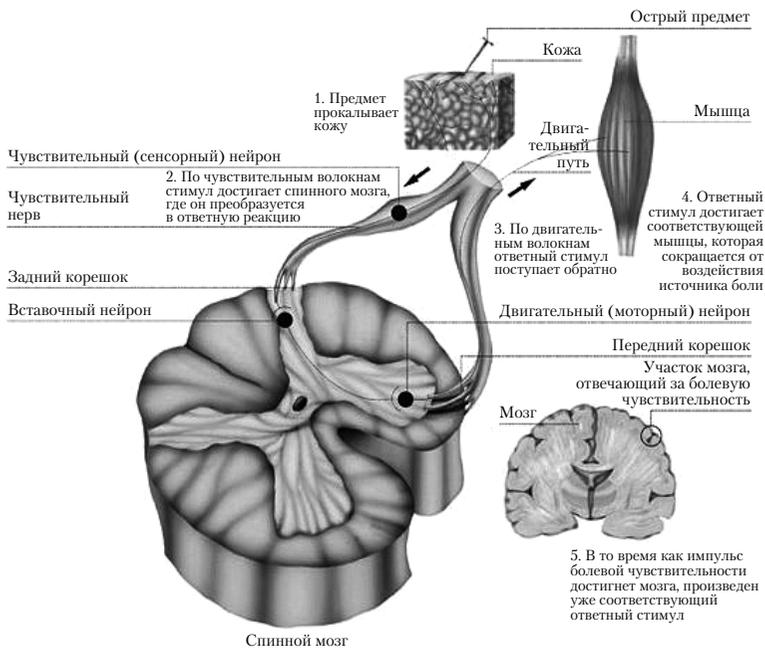
Фактором, инициирующим любой рефлекторный ответ, является *стимул*, который может действовать на организм как из внешней, так и из внутренней среды.

Рефлексы целостного организма делятся на безусловные и условные. *Безусловные* — это врожденные, наследственно передающиеся реакции организма. *Условные* — реакции, приобретенные организмом в процессе индивидуального развития на основе безусловных рефлексов. Различают *экстеро-* (с внешней поверхности тела), *интеро-* (от внутренних органов и сосудов) и *проприо-* (от скелетных мышц, суставов, сухожилий) *рефлексы*. По характеру ответной реакции рефлексы разделяют на *моторные* (двигательные), где исполнителем является мышца; *секреторные*, которые заканчиваются секрецией желез; *сосудодвигательные*, регулирующие просвет сосудов.

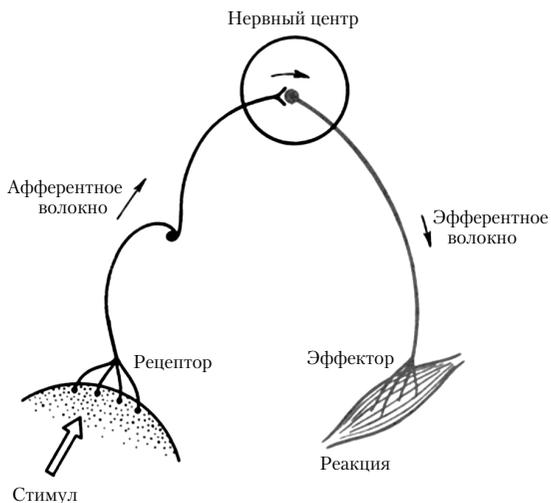
Структурно-функциональную основу рефлекса любой сложности составляет *рефлекторная дуга*, включающая следующие компоненты: рецептор, афферентный путь, нервный центр, эфферентный путь и эффектор (рис. 1.12, 1.13).

*Сенсорная система (анализатор)* — совокупность специализированных нервных структур, осуществляющих восприятие определенных раздражений, проведение возникающих при этом возбуждений, высший их анализ. В соответствии со специфичностью действия раздражителей различают следующие анализаторы: зрительные, слуховые, вестибулярные, вкусовые, обонятельные, проприоцептивные, температурные и др.

Каждый анализатор включает три основных отдела: периферический (1), состоящий из рецепторов и специальных об-



**Рис. 1.12. Образование рефлекторной дуги при действии болевого стимула**



**Рис. 1.13. Схема рефлекторной дуги**

разований (глаз, ухо и т.д.); проводниковый (2), включающий проводящие пути и подкорковые центры; корковый (3), в который адресуется информация.

Воспринимающим информацию элементом анализатора является *рецептор*.

*Рецепторы* — это конечные структуры, специально устроенные для преобразования энергии раздражителей в импульсы возбуждения нервных клеток. Для каждого вида рецепторов существуют адекватные раздражители, к действию которых они чрезвычайно чувствительны. По отношению к окружающей среде рецепторы разделяются на *внутренние (интерорецепторы)* и *внешние (экстерорецепторы)*; по природе раздражителя — механо-, фото-, хемо-, термо-, электро-, болевые рецепторы; способу восприятия раздражения — контактные, дистантные, первично и вторично чувствующие.

Функция сенсорных систем (СС), т.е. анализаторов, состоит в получении информации из внешней и внутренней среды, необходимой для организации целенаправленной деятельности по удовлетворению потребностей организма.

Значение сенсорных систем при занятиях физическими упражнениями и спортом определяется следующим.

В сложнокоординационных видах спорта, где требуется точность и высочайшая надежность оценки положения тела и его звеньев в пространстве, временных пространственных и силовых параметров движений, уровень мастерства обуславливается в первую очередь возбудимостью, чувствительностью таких СС, как двигательная, кожная, вестибулярная и некоторых других.

В циклических видах спорта, где решающее значение наряду с мощностью и емкостью систем энергообеспечения имеет уменьшение удельных энерготрат на единицу дистанции, благодаря совершенствованию техники физических упражнений достигается многократная экономизация энерготрат. И это становится возможным благодаря обостренной чувствительности ряда СС, комплексное функционирование которых создает специфические ощущения взаимодействия тела со средой.

В спортивных играх следует выделить роль зрительной СС. В некоторых видах спорта положительное значение может иметь снижение чувствительности.

Во всех видах спорта наиболее велика роль двигательной СС, поскольку она дает информацию о важнейших параметрах движений и на стадии автоматизации двигательного на-

выка остается единственным каналом обратной афферентации, которая используется для контроля за поэтапными результатами спортивных упражнений.

## 1.8. Выделительная система

Выделительные функции осуществляются желудочно-кишечным трактом; органами внешнего дыхания; потовыми, сальными, слезными, молочными и другими железами, а также почками (рис. 1.14), с помощью которых из организма удаляются продукты распада.

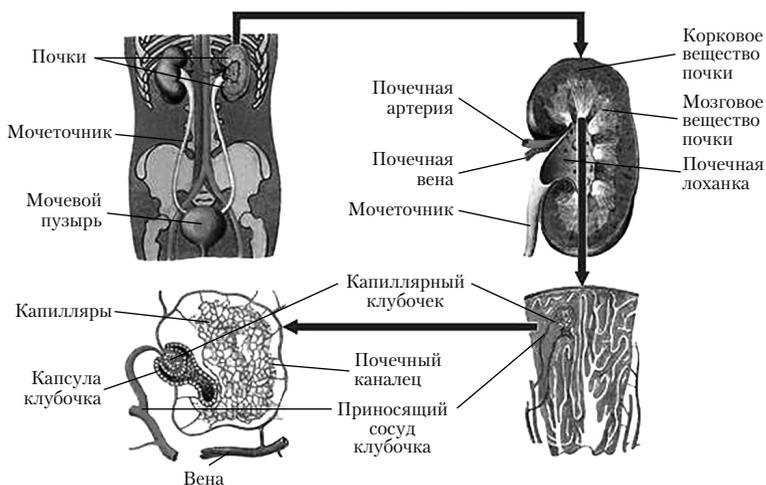


Рис. 1.14. Почка. Строение выделительной системы

Важным органом выделительной системы являются почки, которые непосредственно участвуют в регуляции водного и минерального обменов, обеспечивают кислотно-щелочное равновесие (баланс) в организме, образуют биологически активные вещества, например ренин, влияющий на уровень артериального давления.

## 1.9. Химическое строение организма человека

В состав организма человека входят органические и неорганические вещества. Вода составляет 60% массы тела, а минеральные вещества — в среднем 4%. Органические вещества представлены в основном белками (18%), жирами (15%), углеводами (2–3%). Все вещества организма, как и неживой

природы, построены из атомов различных химических элементов.

В состав организма человека из 110 известных химических элементов входит в основном 24 (табл. 1.2). В зависимости от их количества в организме химические элементы делятся на основные, макро-, микро- и ультрамикроэлементы.

Отметим, что отдельные химические элементы неравномерно накапливаются в различных органах и тканях организма человека. Так, например, костная ткань накапливает кальций и фосфор, кровь — железо, щитовидная железа — йод, печень — медь, кожа — стронций и т.д.

Количественный и качественный состав химических элементов организма зависит как от внешних факторов среды (питание, экология и др.), так и функций отдельных органов.

*Макроэлементы* и их значимость в организме определяются тем, что они необходимы для осуществления многих био-

Таблица 1.2

**Химические элементы, входящие в состав организма человека  
(по Н. И. Волкову)**

Группа	Химический элемент	Содержание, % массы тела	
Основные элементы	Кислород (O)	65,0	Всего 99,9%
	Углерод (C)	18,5	
	Водород (H)	9,5	
	Азот (N)	3,2	
Макроэлементы	Кальций (Ca)	1,5	
	Фосфор (P)	1,0	
	Калий (K)	0,4	
	Сера (S)	0,3	
	Хлор (Cl)	0,2	
	Натрий (Na)	0,2	
	Магний (Mg)	0,1	
Микро- и ультрамикроэлементы	Бор (B)	В сумме < 0,1%	
	Фтор (F)		
	Кремний (Si)		
	Ванадий (V)		
	Хром (Cr)		
	Марганец (Mn)		
	Железо (Fe)		
	Кобальт (Co)		
	Медь (Cu)		
	Цинк (Zn)		
	Селен (Se)		
	Молибден (Mo)		
	Йод (I)		

химических процессов. Они являются незаменимыми факторами питания, так как в организме не образуются. Содержание минеральных веществ относительно невелико (4–10% сухой массы тела) и зависит от функционального состояния организма, его возраста, характера питания и условий внешней среды.

*Кальций* в организме человека составляет 40% общего количества всех минеральных веществ. Он входит в состав зубов и костей, придавая им прочность. Снижение поступления кальция в ткани организма приводит к выходу его из костей, что вызывает снижение их прочности (остеопороз), а также нарушение функций нервной системы, кровообращения, в том числе мышечной деятельности.

*Фосфор* составляет 22% от количества всех минеральных веществ. Около 80% его количества находится в тканях в виде фосфата кальция. Фосфор играет важную роль в процессах энергообразования, так как в виде остатков фосфорной кислоты входит в состав источников энергии — АТФ, АДФ, КрФ, различных нуклеотидов, а также в состав переносчиков водорода и некоторых продуктов обмена.

*Натрий и калий* содержатся во всех тканях и жидкостях организма. Калий преимущественно внутри клеток, натрий — во внеклеточном пространстве. Оба участвуют в проведении нервного импульса, возбуждении тканей, создании осмотического давления крови (осмотические активные ионы), поддержании кислотно-основного равновесия, а также влияют на активность ферментов  $\text{Na}^{\pm}$ ,  $\text{K}^{\pm}$ , АТФазы. Эти элементы регулируют обмен воды в организме: ионы натрия удерживают воду в тканях и вызывают набухание белков (образование коллоидов), что приводит к появлению отеков; ионы калия, наоборот, усиливают выведение натрия и воды из организма. Недостаточность натрия и калия в организме вызывает нарушение деятельности ЦНС, сократительного аппарата мышц, сердечно-сосудистой и пищеварительной систем, что приводит к снижению физической работоспособности.

*Магний* в тканях организма находится в определенном соотношении с кальцием. Он влияет на энергетический обмен, синтез белка, поскольку является активатором многих ферментов, которые называются *киназами* и выполняют функцию переноса фосфатной группы от молекулы АТФ на различные субстраты. Магний влияет также на возбудимость мышц, способствует выведению холестерина из организма.

Недостаточность его приводит к повышению нервно-мышечной возбудимости, появлению судорог и мышечной слабости.

*Хлор* относится к осмотическим активным веществам и участвует в регуляции осмотического давления и водного обмена клеток организма, используется для образования соляной кислоты (HCl) — обязательного компонента желудочного сока. Недостаточность хлора в организме может привести к снижению артериального давления, способствует заболеванию инфарктом миокарда, вызывает утомляемость, раздражительность, сонливость.

*Микро- и ультрамикроэлементы. Железо* играет очень важную роль в процессах аэробного энергообразования в организме. Оно входит в состав белков гемоглобина, миоглобина, которые осуществляют транспорт  $O_2$  и  $CO_2$  в организме, а также в состав цитохромов — компонентов дыхательной цепи, в которой протекают процессы биологического окисления и образования АТФ. Недостаточность железа в организме приводит к нарушению образования гемоглобина и снижению его концентрации в крови. Это может привести к развитию железодефицитной анемии, снижению кислородной емкости крови и резкому снижению физической работоспособности.

*Цинк* входит в состав многих ферментов энергетического обмена, а также ферментов карбоангидразы, которые катализируют обмен  $H_2CO_3$  и лактатдегидрогеназы, регулирующих окислительный распад молочной кислоты. Он участвует в создании активной структуры белка инсулина — гормона поджелудочной железы, усиливает действие гормонов гипофиза (гонадотропного) и половых желез (тестостерона, эстрогена) на процессы синтеза белка. Недостаточность цинка может привести к ослаблению иммунитета, потере аппетита, замедлению процессов роста.

*Медь* способствует росту организма, усиливает процессы кроветворения, влияет на скорость окисления глюкозы и распад гликогена. Она входит в состав ферментов дыхательной цепи, повышает активность липазы, пепсина и других ферментов.

*Марганец, кобальт, хром* используются организмом как активаторы многих ферментов, принимающих участие в обмене углеводов, белков, липидов, синтезе холестерина, влияют на процессы кроветворения, повышают защитные силы организма. Хром также усиливает синтез белков, проявляя анаболическое действие. Марганец участвует в синтезе витамина С, что весьма существенно для спортсменов.

*Йод* необходим для построения гормонов щитовидной железы — тироксина и его производных. Недостаточность его в организме приводит к заболеваниям щитовидной железы (эндемический зоб): 150 мкг удовлетворяют суточную потребность организма в йоде.

*Фтор* входит в состав зубной эмали и дентина. Избыток его подавляет процессы тканевого дыхания и окисления жирных кислот. Недостаточность фтора вызывает заболевание зубов (кариес), а избыток — пятнистость эмали (флюороз).

*Селен* оказывает антиоксидантное действие, т.е. защищает клетки от чрезмерного перекисного окисления липидов, которое приводит к накоплению в тканях вредных перекисей водорода. Последнее исследование свидетельствует о том, что селен укрепляет иммунную систему и препятствует возникновению раковых клеток, участвует в передаче генетической информации.

## **1.10. Обмен веществ и энергии в организме**

Изменения скорости биохимических реакций или обменных процессов в мышцах, стенках кровеносных сосудов очень невелики — от состояния расслабления до наивысшего напряжения возможно ускорение биохимических реакций лишь в 2—2,5 раза. В сердечной мышце скорость биохимической реакции может возрастать в 4—5 раз. Но зато в скелетных мышцах конечностей интенсивность биохимических реакций способна увеличиваться в 15—20 раз!

Именно этот огромный функциональный диапазон скелетных мышц позволяет нам поднимать груз, втрое превышающий собственный вес, пробегать стометровку со скоростью электрички и т.д.

В каждой живой клетке имеется АТФ. Это сложное органическое вещество представляет собой главный энергетический ресурс во всех биологических системах. По аналогии с электричеством АТФ нередко называют «аккумулятором» энергии в клетке. Но такая аналогия неточна, потому что аккумулятор, как правило, работает в два цикла: зарядка-разрядка и т.д. Та энергия, которая накоплена в виде АТФ в живой клетке, «заряжается» и «разряжается» одновременно.

Для наглядности объяснения сравним АТФ с деньгами. Итак, у человека возможны три источника необходимых денежных средств: зарплата — постоянные поступления, почти равные расходам; накопления — определенный резерв, собранный заранее «на черный день»; долг.

Почти такие же три источника энергетических ресурсов имеются у каждой клетки:

1) окислительный процесс — поступление энергии за счет «сжигания» в огне биохимических реакций углеводов, жиров и ненужных «отработанных» белков. Эти поступления примерно равны расходам;

2) запас энергии в виде гликогена<sup>1</sup> — того накопления, которое определяет энергетическое «благополучие» клетки. Использование гликогена для энергетических целей происходит в цикле биохимических реакций, которые называются гликолизом<sup>2</sup>;

3) запас энергии (расходуемый только при крайней необходимости) в виде КрФ<sup>3</sup> — специального вещества, приспособленного для «хранения» энергии. Как только прекратится работа клеток, потребовавшая расхода КрФ, этот «долг» должен быть незамедлительно возвращен. В организме человека несколько сотен крупных и мелких мышц, каждая из которых состоит из нескольких тысяч отдельных мышечных волокон. Эти волокна — мышечные клетки, которые порой невооруженным глазом и рассмотреть невозможно, различаются по многим свойствам, в том числе по организации энергетического обеспечения (табл. 1.3).

В начале работы активируются быстрые волокна (тип II). Когда разбег взят и совершается равномерная работа, сокращаются уже в основном медленные волокна (тип I), но если надо увеличить усилия или ускорить движения, вновь подключаются быстрые (тип IIБ).

Природой предусмотрено и несколько способов охлаждения организма. Первый из них, наиболее простой и эффективный при легкой работе — *усиление дыхания*.

Второй способ охлаждения напоминает конструкцию автомобильного радиатора. *Кровеносные сосуды, расположенные близко к поверхности кожи, при работе сильно расширяются*, скорость кровотока через них возрастает в несколько раз, и горячая кровь из глубины тела, подходя к поверхности, которая составляет (у взрослого человека) около 2 м<sup>2</sup>, отдает

---

<sup>1</sup> Гликоген (животный крахмал) — основной полисахарид организма, который откладывается в печени и скелетных мышцах, является основным энергетическим резервом углеводов.

<sup>2</sup> Гликолиз — цикл биохимических реакций, в которых расщепляются углеводы без участия кислорода.

<sup>3</sup> Креатинфосфат (КрФ), или фосфат — вещество, способное запасать энергию и при необходимости передавать ее на АТФ.

## Свойства разных типов мышечных волокон (по Я. М. Коцу)

Показатели классификации	Тип волокна		
	I	IIА	IIБ
Цвет	Красный	Красный	Белый
Скорость сокращения	Медленно	Быстро	Быстро
Диаметр	Тонкие	Толстые	Толстые
Энергообеспечение	Окислительное	Промежуточное	Гликолитическое
Содержание резервов:			
КрФ	Умеренное	Большое	Умеренное
миоглобин	Высокое	Высокое	Низкое
гликоген	Умеренное	Высокое	Низкое
жиры	Высокое	Умеренное	Низкое
капилляризация	Сильная	Средняя	Малая
Иннервация:			
порог включения	Средний	Низкий	Высокий
частота импульсов	Низкая	Средняя	Высокая
утомляемость	Неутомляемая	Медленная	Быстрая

избыточное тепло. Раскрытие кожных сосудов вызывает покраснение лица, шеи, груди, спины, реже — рук или ног.

Такой способ охлаждения наиболее эффективен при быстром перемещении или при низкой температуре воздуха.

Но самый эффективный способ охлаждения у человека — это *испарение пота*. Скорость теплоотдачи за счет потения при напряженной работе достигает 20 ккал в минуту, т.е. примерно 60% от суммарной теплопродукции организма.

Итак, мы рассмотрели некоторые процессы, которые совершенствуются в организме, когда он выполняет ту или иную мышечную работу, познакомились с некоторыми закономерностями, определяющими реакции организма на нагрузку разной мощности.

У человека обмен веществ складывается из двух противоположных процессов — *ассимиляции*<sup>1</sup> и *диссимиляции*<sup>2</sup>. Сово-

<sup>1</sup> *Ассимиляция (анаболизм)* — совокупность химических процессов в организме, направленных на образование и обновление клеток и тканей. Протекает с поглощением энергии.

<sup>2</sup> *Диссимиляция (катаболизм)* — совокупность биохимических реакций, обеспечивающих распад сложных органических веществ, сопровождающихся освобождением энергии, которая используется в процессах жизнедеятельности, и выделением продуктов распада во внешнюю среду.

купность всех процессов синтеза сложных органических веществ (белков, жиров, углеводов, нуклеиновых кислот), идущих на построение органов и тканей, получила название ассимиляции. Процессы ассимиляции в клетках всегда сопровождаются поглощением энергии.

Диссимиляция находится в тесном взаимодействии с ассимиляцией и заключается в распаде веществ организма с выделением энергии. Взамен распадающихся веществ образуются органические соединения, и таким образом осуществляется постоянный круговорот обмена веществ и энергии, идет процесс постоянного самообновления клеточного состава тела человека.

Обмен веществ и обмен энергии в теле человека — это два проявления единого процесса. За счет поступления в организм пищи как раз и поддерживается постоянство интенсивности обмена веществ. Поступающие питательные вещества (углеводы, белки, жиры) восполняют потери в органических веществах.

Большинство питательных веществ используются организмом человека не непосредственно, поскольку они являются малорастворимыми соединениями и не могут из пищеварительного тракта сразу поступить в кровь. Усвоение их организмом становится возможным только после того, как они расщепляются на более простые и легко растворимые вещества: белки — на различные аминокислоты, жиры — на глицерин и жирные кислоты, крахмал превращается в глюкозу.

Большую роль в этом процессе играют пищеварительные ферменты, а также минеральные соли, вода.

Помимо белков, жиров, углеводов, минеральных солей и воды, организму необходимо наличие минимального количества витаминов.

Посредством обмена веществ непрерывно вырабатывается или высвобождается энергия, идущая на обеспечение основного обмена (т.е. работы всех внутренних органов), на синтез различных клеточных структур, наконец, на обеспечение физической и умственной работы. Не менее важно и то, что посредством обмена веществ идет постоянное обновление всех составных элементов клеток органов и тканей. Так, например, некоторые ферменты печени обновляются каждые 4 ч. А вот эритроциты живут довольно долго — 80—100 суток.

Подсчитано, что в течение жизни человека его белки обновляются более 200 раз.

Свою независимость от внешней среды организм создает с помощью разнообразных сложных реакций. К ним можно отнести изменения функционирования нервной, эндокринной, кровеносной систем. А иммунная система обеспечивает невосприимчивость к действиям микроорганизмов, вредных физико-химических агентов. Система терморегуляции создает человеку независимость от изменения температуры.

Получается, что постоянно, каждый момент организм приспосабливается к любым внешним воздействиям и тем самым создает свою относительную независимость и автономность.

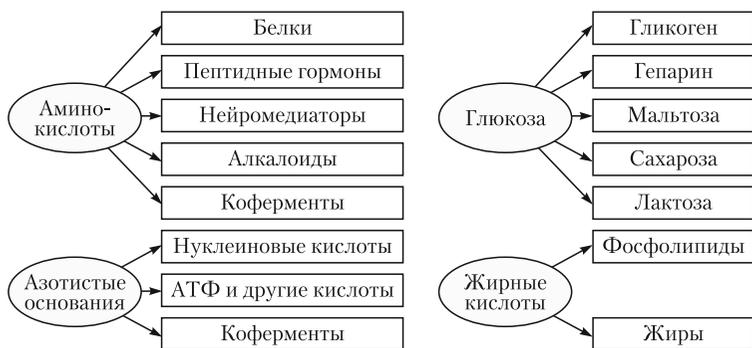
Если обмен веществ нарушается, то такое нарушение выражается в виде изменения химического постоянства на уровне клеток какой-либо ткани, органа, а то и организма в целом. Соответственно проявление многих заболеваний можно характеризовать по их влиянию на изменение химических соединений на всех этих уровнях. Это объясняет постоянную потребность в притоке пищевых продуктов.

За 70 лет жизни человек съедает белков более 2,5 т, жиров около 2 т, углеводов около 10 т, выпивает более 50 тыс. л воды.

Для всего живого характерны органические молекулы, причем в их состав в основном входит углерод, а также различное количество водорода, кислорода, азота и небольшой процент фосфора, серы, железа и других элементов. Углерод во всех живых системах — самый важный элемент.

Важным химическим компонентом жизнедеятельности всех клеток является АТФ — универсальный источник энергии для различных обменных процессов. АТФ — это аккумулятор и носитель свободной энергии. Практически все реакции энергетического обмена в клетках протекают посредством образования и распада молекул АТФ. Следовательно, в клетках живого организма АТФ является не только источником химической энергии во многих метаболических реакциях, но и аккумулятором, донором и специальным носителем энергии.

Вместе с тем следует иметь в виду, что основными высокомолекулярными соединениями организма человека являются молекулы белков и нуклеиновых кислот, а также углеводов и липидов. Они обладают определенным химическим строением, от которого зависят их свойства и биологическая роль в организме. Для образования высокомолекулярных соединений используются следующие простые молекулы (рис. 1.15).



**Рис. 1.15. Простые молекулы**  
 (по Н. И. Волкову, Э. Н. Несену, А. А. Осипенко, С. Н. Корсуну)

Химическая энергия АТФ постоянно используется в клетках организма для поддержания всех энергопотребляемых биологических процессов (рис. 1.16, по Н. И. Волкову и др.).

При физических нагрузках изменяется обмен веществ и энергии, а также механизмы их регуляции, что составляет основу метаболической адаптации организма к воздействию физическим нагрузкам (тренировкам). Изучение приспособительных изменений обмена веществ позволяет познать особенности адаптации организма к физическим нагрузкам, выбрать эффективные средства, методы восстановления и повышения физической работоспособности.

Однако следует заметить, что количество АТФ в тканях организма человека относительно невелико, поскольку она не запасается в тканях. Всего в организме содержится около 50 г АТФ. Заметим, что даже при напряженной мышечной деятельности, вызывающей утомление, запасы АТФ в мышцах могут снижаться только в течение нескольких секунд на 20–25%, так как постоянно работают механизмы ее восстановления. При этом в клетках поддерживается относительное постоянство концентрации АТФ. Так обеспечивается сбалансированность процессов образования (ресинтеза) и использования (утилизации) АТФ. При увеличении скорости использования АТФ автоматически активируется механизм ее образования (рис. 1.16).

*Вода* ( $H_2O$ ) — одно из самых важных соединений в организме человека. Без воды не могут осуществляться процессы жизнедеятельности, без воды невозможна и сама жизнь. Потери 10–20% воды организма приводит к его гибели. От со-



**Рис. 1.16. Использование энергии АТФ в организме**

держания воды в организме зависит физическая работоспособность спортсмена, скорость протекания восстановления, способность противостоять различным стрессам и само состояние здоровья.

Содержание воды в организме зависит от возраста, пола и текущего функционального состояния. В организме взрослого человека вода составляет: у мужчин — около 60%, у женщин — 50% общей массы тела. Вода неравномерно распределяется среди отдельных тканей (табл. 1.4).

Выделение воды из организма в сутки (около 2,5 л) в состоянии относительного покоя распределяется по следующей схеме: с мочой выделяется 1500 мл (60%), через кожу — 450 мл (6%), через легкие — 250 мл (10%), с потом — 150 мл (6%), через толстую кишку — около 6%.

Н. И. Волков и др. определили, что при физических нагрузках на выносливость, например при марафонском беге, в условиях повышенной температуры спортсмен теряет около 2–3 л воды в час. Если обезвоживание достигает 4–5% массы тела, то работоспособность такого спортсмена падает

## Свойства разных типов мышечных волокон (по Я. М. Коцу)

Ткань или орган	Содержание воды, % от массы тела	Ткань или орган	Содержание воды, % от массы тела
Мышцы	50,8	Печень	2,8
Скелет	12,5	Мозг	2,7
Кожа	6,6	Легкие	2,4
Кровь	4,7	Жировая ткань	2,3
Желудок и кишечник	3,2	Почки	0,6
		Остальные органы	11,4

на 30% (рис. 1.17). Здесь же отметим, что потеря 0,5 кг массы тела соответствует потере 378 мл воды.

Эндокринная и нервная системы контролируют обмен воды в организме. Основным регулятором является гормон гипофиза — вазопрессин, или антидиуретический гормон, который уменьшает (или увеличивает) выведение жидкости (диурез) за счет сокращения сосудов почек. Секрция этого гормона повышается при снижении объема плазмы крови, что способствует задержанию воды в организме и нормализует объем плазмы в крови. При снижении содержания воды в плазме крови происходит рефлекторное возбуждение участков коры головного мозга, вызывающее чувство жажды. Таким способом ЦНС регулирует водный баланс в организме.

Клетки человеческого организма строятся, казалось бы, из простых химических компонентов — белков, углеводов, жиров, нуклеиновых кислот. Однако эти компоненты, соединяясь между собой, могут образовывать и образуют сложные комплексы.

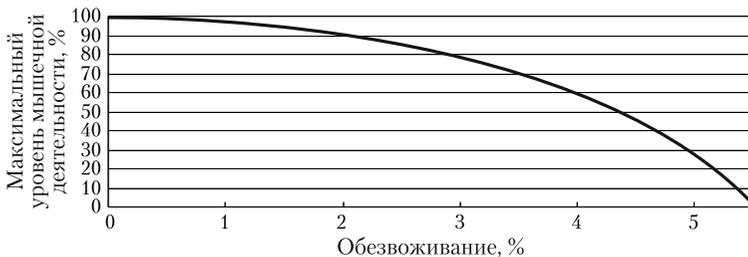


Рис. 1.17. Влияние обезвоживания организма на физическую работоспособность

*Белки* — высокомолекулярные, азотосодержащие вещества, при гидролизе<sup>1</sup> которых образуются аминокислоты. Белки еще называют протеинами (от греч. *proteus* — первый, главный). Белок в организме человека составляет в среднем 45% сухой массы тела (12–14 кг). Содержание его в отдельных тканях различное (табл. 1.5).

Органические вещества, из которых состоят организмы, — это белки, жиры, углеводы (крахмал, сахар) и нуклеиновые кислоты. Разнообразие жиров и углеводов в организме сравнительно невелико, молекулы жиров или углеводов разных людей сходны или одинаковы.

Совсем не так обстоит дело с белками. Во-первых, разнообразие их почти бесконечно. Существуют, по крайней мере, десятки тысяч различно построенных молекул. Дело в том, что белковая молекула представляет собой нить, состоящую из соединенных друг с другом сравнительно небольших мо-

Таблица 1.5

**Содержание белка в органах и тканях человека  
(по Н. И. Волкову)**

Органы и ткани	Содержание белка, %	
	от сухой ткани	от общего белка
Скелетные мышцы	80	34,7
Кожа	60	11,5
Кости (твердые ткани)	20	18,7
Пищеварительный тракт	63	1,8
Мозг и нервная ткань	45	2,0
Печень	57	3,6
Сердце	60	0,7
Легкие	82	3,7
Селезенка	84	0,2
Почки	72	0,5
Поджелудочная железа	47	0,1
Жировая ткань	14	6,4
Остальные ткани:		
жидкие	85	1,4
плотные	54	14,6
Все тело	45	100

<sup>1</sup> *Гидролиз* — реакция распада сложных веществ до более простых при участии воды.