



МОСКОВСКИЙ ГОРОДСКОЙ  
ПСИХОЛОГО-ПЕДАГОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

**А. О. Дробинская**

# **АНАТОМИЯ И ВОЗРАСТНАЯ ФИЗИОЛОГИЯ**

**УЧЕБНИК ДЛЯ БАКАЛАВРОВ**

*Рекомендовано Учебно–методическим объединением вузов  
Российской Федерации по психолого–педагогическому  
образованию для обучающихся по направлению подготовки  
050400 Психолого–педагогическое образование*

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

**Москва ■ Юрайт ■ 2014**

УДК 611/612  
ББК 28.706я73  
Д75

**Автор:**

**Дробинская Анна Олеговна** — педиатр, кандидат психологических наук, доцент кафедры «Дошкольная педагогика и психология» Московского городского психолого-педагогического университета.

**Рецензенты:**

*Басилова Т. А.* — кандидат психологических наук, профессор Московского городского психолого-педагогического университета;

*Савин И. М.* — кандидат биологических наук, куратор Методического центра СУО.

**Дробинская, А. О.**

Д75 **Анатомия и возрастная физиология : учебник для бакалавров / А. О. Дробинская.** — М. : Издательство Юрайт, 2014. — 527 с. — Серия : Бакалавр. Базовый курс.

ISBN 978-5-9916-3281-2

В учебнике подробно рассмотрены все разделы дисциплины «Анатомия и возрастная физиология», основное внимание уделено строению и функционированию нервной системы, психофизиологическим особенностям организма в различные периоды онтогенеза. Изложены анатомо-физиологические особенности роста и развития детей и подростков, обоснованы гигиенические требования к факторам внешней среды при воспитании и обучении, отражены вопросы укрепления здоровья подрастающего поколения.

Учебный материал направлен на формирование у студентов естественно-научного мышления, изложен доступным для студентов, в том числе небологических специальностей, языком, иллюстрирован рисунками, таблицами, что облегчает усвоение учебного материала.

Соответствует Федеральному государственному образовательному стандарту высшего профессионального образования третьего поколения.

*Учебник предназначен для бакалавров психолого-педагогического образования, может быть полезен также студентам средних медицинских учебных заведений, практическим психологам, врачам-педиатрам, педагогам и всем интересующимся вопросами строения и функционирования организма человека на разных возрастных этапах.*

УДК 611/612  
ББК 28.706я73

ISBN 978-5-9916-3281-2

© Дробинская А. О., 2012

© ООО «Издательство Юрайт», 2014

# Оглавление

<b>Введение.....</b>	<b>7</b>
<b>Глава 1. Организм человека как целостная система.....</b>	<b>14</b>
1.1. Уровни организации жизни.....	14
1.2. Клеточный уровень организации жизни.....	16
1.3. Органно-тканевый уровень организации жизни.....	30
1.4. Органы, системы и аппараты органов.....	48
1.5. Организм как саморегулирующаяся система. Гомеостаз.....	52
1.6. Терморегуляция.....	60
1.7. Адаптация.....	66
<i>Контрольные вопросы и задания.....</i>	<i>69</i>
<i>Литература.....</i>	<i>71</i>
<b>Глава 2. Закономерности роста и развития детского организма.....</b>	<b>72</b>
2.1. Закономерности онтогенетического развития.....	72
2.1.1. Общие законы индивидуального развития.....	72
2.1.2. Специфические черты детского возраста.....	75
2.1.3. Сенситивные и критические периоды развития.....	77
2.2. Возрастная периодизация развития.....	81
2.2.1. Периоды онтогенеза.....	81
2.2.2. Характеристика отдельных периодов развития.....	85
2.2.3. Особенности роста в различные возрастные периоды.....	94
2.3. Влияние наследственности и среды на развитие.....	97
2.4. Акселерация и ретардация.....	101
2.5. Индивидуально-типологические особенности развития.....	104
2.5.1. Оценка индивидуального развития.....	105
2.5.2. Биологический возраст.....	113
2.5.3. Типы телосложения.....	118
<i>Контрольные вопросы и задания.....</i>	<i>121</i>
<i>Литература.....</i>	<i>122</i>
<b>Глава 3. Опорно-двигательная система.....</b>	<b>124</b>
3.1. Костно-суставная система.....	124
3.1.1. Строение и функции костно-суставной системы человека.....	124

3.1.2. Развитие костно-суставной системы в онтогенезе.....	133
3.1.3. Краткая характеристика и возрастные особенности отделов костно-суставной системы .....	135
3.1.4. Осанка и профилактика ее нарушений .....	145
3.2. Мышечная система.....	148
3.2.1. Строение и функции мышечной системы.....	148
3.2.2. Развитие мышечной системы и двигательной деятельности в онтогенезе .....	154
<i>Контрольные вопросы и задания</i> .....	161
<i>Литература</i> .....	162
<b>Глава 4. Кровь и кровеносная система .....</b>	<b>163</b>
4.1. Кровь .....	163
4.1.1. Состав и функции крови .....	163
4.1.2. Особенности состава крови в детском возрасте.....	169
4.2. Транспортная система крови.....	174
4.2.1. Строение и функции сердечно-сосудистой системы.....	174
4.2.2. Онтогенез кровообращения .....	180
4.2.3. Строение и функции лимфатической системы.....	187
<i>Контрольные вопросы и задания</i> .....	190
<i>Литература</i> .....	191
<b>Глава 5. Дыхательная система .....</b>	<b>192</b>
5.1. Дыхание, его значение для организма .....	192
5.2. Органы дыхания, их структура и функции .....	194
5.2.1. Строение органов дыхания.....	194
5.2.2. Нервно-гуморальная регуляция дыхания.....	202
5.3. Развитие органов дыхания и их функции в онтогенезе .....	205
<i>Контрольные вопросы и задания</i> .....	211
<i>Литература</i> .....	212
<b>Глава 6. Пищеварительная система .....</b>	<b>213</b>
6.1. Пищеварение.....	213
6.2. Строение и функции отделов пищеварительного тракта.....	219
6.3. Пищеварительная система и пищеварение человека в онтогенезе .....	232
<i>Контрольные вопросы и задания</i> .....	244
<i>Литература</i> .....	245
<b>Глава 7. Выделительная система.....</b>	<b>246</b>
7.1. Органы выделения .....	246
7.2. Мочевыделительная система.....	248
7.2.1. Строение и функция мочевыделительной системы.....	248
7.2.2. Мочевыделение в онтогенезе.....	257

<i>Контрольные вопросы и задания</i> .....	260
<i>Литература</i> .....	260
<b>Глава 8. Обмен веществ и питание</b> .....	<b>261</b>
8.1. Характеристика и виды обменных процессов в организме .....	261
8.2. Питание .....	264
8.2.1. Потребность в пищевых веществах в различные возрастные периоды.....	264
8.2.2. Особенности питания в различные возрастные периоды .....	290
<i>Контрольные вопросы и задания</i> .....	296
<i>Литература</i> .....	297
<b>Глава 9. Эндокринная и репродуктивная системы</b> .....	<b>299</b>
9.1. Гормональная регуляция функций организма.....	299
9.2. Строение, функции и возрастные особенности желез внутренней секреции .....	304
9.3. Репродуктивная система.....	316
9.3.1. Строение и возрастные особенности мужской репродуктивной системы .....	317
9.3.2. Строение и возрастные особенности женской репродуктивной системы .....	322
9.3.3. Половое созревание .....	330
<i>Контрольные вопросы и задания</i> .....	333
<i>Литература</i> .....	334
<b>Глава 10. Иммунная система</b> .....	<b>335</b>
10.1. Механизмы иммунной защиты организма.....	335
10.2. Органы иммунной защиты организма .....	339
10.3. Развитие иммунной системы в онтогенезе.....	344
<i>Контрольные вопросы и задания</i> .....	346
<i>Литература</i> .....	347
<b>Глава 11. Нервная система</b> .....	<b>348</b>
11.1. Общие представления о структурно- функциональной организации нервной системы .....	348
11.1.1. Функциональные механизмы нервной системы .....	350
11.1.2. Структурная организация нервной системы .....	367
11.1.3. Регулирующая функция нервной системы .....	415
11.2. Развитие нервной системы в онтогенезе.....	421
<i>Контрольные вопросы и задания</i> .....	428
<i>Литература</i> .....	431
<b>Глава 12. Сенсорные системы</b> .....	<b>432</b>
12.1. Значение анализаторов. Общий план их строения .....	432
12.2. Структура, функции и возрастные особенности анализаторов .....	434

---

12.2.1. Зрительный анализатор .....	434
12.2.2. Слуховой анализатор .....	450
12.2.3. Вестибулярный анализатор .....	459
12.2.4. Обонятельный анализатор .....	464
12.2.5. Вкусовой анализатор.....	466
12.2.6. Тактильный анализатор .....	469
12.2.7. Двигательный анализатор .....	478
12.2.8. Висцеральный анализатор .....	480
12.3. Взаимодействие сенсорных систем.....	482
<i>Контрольные вопросы и задания</i> .....	484
<i>Литература</i> .....	485
<b>Глава 13. Высшая нервная деятельность.....</b>	<b>486</b>
13.1. Условно-рефлекторный характер высшей нервной деятельности .....	486
13.2. Формирование условно-рефлекторной деятельности в онтогенезе.....	490
13.3. Память и аналитико-синтетическая деятельность.....	497
13.4. Две сигнальные системы высшей нервной деятельности .....	503
13.5. Эмоции .....	506
13.6. Типы высшей нервной деятельности .....	510
13.6. Сон .....	514
13.7. Формирование высших психических функций и готовность к школьному обучению .....	518
<i>Контрольные вопросы и задания</i> .....	525
<i>Литература</i> .....	526

## Введение

**Анатомия и возрастная физиология в системе подготовки бакалавров психолого-педагогического образования.** Федеральный государственный образовательный стандарт высшего профессионального образования по подготовке бакалавров психолого-педагогического образования среди других важных задач профессиональной деятельности будущих специалистов выделяет создание условий для полноценного обучения и воспитания детей и подростков, комфортной и безопасной среды в образовательном учреждении, использование здоровьесберегающих технологий. Для выполнения этих задач необходимы знания о законах функционирования высшей нервной деятельности человека, особенностях строения и жизнедеятельности организма в разные периоды развития, о нормах здорового образа жизни, умение учитывать в процессе образования возрастные и индивидуальные особенности ребенка и подростка. На формирование этих знаний и умений ориентировано содержание дисциплины естественно-научного цикла базовой части ФГОС ВПО «Анатомия и возрастная физиология».

Анатомия и возрастная физиология — науки, изучающие организм человека в процессе онтогенеза<sup>1</sup>, при этом морфологические (структурные) аспекты изучения являются предметом изучения анатомии, а аспекты жизнедеятельности развивающегося организма составляют предмет изучения возрастной физиологии. Совокупность данных этих наук позволяет получить знания о строении организма, его органах и системах, особенностях их функционирования и регуляции на каждом возрастном этапе, механизмах адаптации к внешней среде, влиянии внешних воздействий на формирование и развитие, т.е. о тех физиологических условиях, которые лежат в основе физического и психи-

---

<sup>1</sup> Онтогенез (от греч. *on*, род. падеж *ontos* — сущее и *genesis* — происхождение, возникновение) — индивидуальное развитие человека от момента зачатия до старения и смерти.

ческого развития и обучения. Очевидно, что без знания закономерностей развития детского организма, возрастных особенностей строения и регуляции его систем, их функционирования и адаптационных возможностей невозможно сохранить и реализовать заложенные в каждом ребенке возможности, обеспечить ему «счастливый билет в будущее».

Изучение дисциплины «Анатомия и возрастная физиология» ориентировано на формирование следующих общекультурных и общепрофессиональных компетенций бакалавра:

– владение научными знаниями о строении и функциях организма в процессе его развития;

– готовность использовать эти знания при решении профессиональных задач в области организации воспитания детей и подростков, в том числе для формирования навыков здорового образа жизни и безопасности образовательной среды;

– способность учитывать общие закономерности и индивидуальные особенности физического и психофизиологического развития, особенности регуляции поведения и деятельности человека на различных возрастных ступенях;

– готовность использовать знания об анатомо-физиологических особенностях развития на различных возрастных этапах в междисциплинарном взаимодействии и в культурно-просветительской работе.

Кроме того, знания, полученные при изучении дисциплины, необходимы для овладения компетенциями по психолого-педагогическому сопровождению образования: по взаимодействию с семьей и специалистами образования по вопросам воспитания и развития, созданию условий, облегчающих адаптацию детей к школьному обучению, реализации профессиональных задач образовательных и оздоровительных программ.

**Взаимосвязь анатомии и возрастной физиологии с другими естественно-научными дисциплинами, педагогикой и психологией.** Организм человека является сложной целостной системой, имеющей разные уровни организации, и изучение его структуры и жизнедеятельности требует привлечения данных различных естественно-научных дисциплин.

Анатомия — наука о строении человеческого организма — включает в себя систематическую анатомию, изучающую отдельные системы организма человека; топографическую анатомию, рассматривающую пространственное соотношение органов; динамическую анатомию, изучающую

динамику движений; пластическую анатомию, изучающую внешние формы и пропорции тела; возрастную анатомию, рассматривающую строение организма в онтогенезе. Возрастная анатомия тесно связана с эмбриологией — наукой о внутриутробном развитии и геронтологией — наукой о старении организмов и путях продления активной и полноценной жизни человека.

При изучении систем органов человека анатомия использует данные наук о строении тканей организма и образующих их клеточных структурах во всем их многообразии — гистологии и цитологии. Без развития этих наук было бы невозможным понимание тканевого, клеточного и субклеточного уровней строения живого организма.

Для исследования формирования человеческого организма в процессе исторического развития используются данные эволюционной морфологии и сравнительной анатомии, которые демонстрируют структурные изменения живых организмов в процессе эволюции (филогенез) и процесс становления и развития человека в связи с развитием общества (антропогенез).

Физиология изучает функции живого организма как целостной системы, протекающие в нем процессы, механизмы его жизнедеятельности. Она включает в себя общую физиологию, изучающую общие закономерности функционирования живого организма; сравнительную и эволюционную физиологию, направленную на изучение развития живых организмов в филогенезе; физиологию человека, патофизиологию, описывающую закономерности патологических (болезненных) процессов в организме; возрастную физиологию, рассматривающую закономерности индивидуального развития, функции организма и их взаимосвязь с внешними факторами в различные возрастные периоды.

Возрастная физиология тесно связана с общей физиологией и другими биологическими науками: эмбриологией, генетикой, анатомией, цитологией, гистологией, биофизикой, биохимией и др. В свою очередь, данные возрастной физиологии имеют важное значение для развития педиатрии и детской хирургии, геронтологии, гигиены детей и подростков, антропологии, возрастной психологии и педагогики. В совокупности эти науки входят в антропологию — обширную область научного знания о человеке, биологических аспектах его жизни, психическом и духовном мире, создают предпосылки для формирования философских и мировоззренческих позиций.

Можно выделить несколько важных областей возрастной физиологии, без исследования которых невозможно развитие «науки о детстве», в том числе возрастной психологии и педагогики. Прежде всего это определение возрастной периодизации с присущими каждому периоду особенностями строения и функционирования детского организма, установление параметров возрастной нормы и индивидуально-типологических особенностей развития, изучение сенситивных и критических периодов развития, а также факторов, влияющих на развитие в разные возрастные периоды.

Для практических специалистов — психологов, педагогов, воспитателей — знание возрастных особенностей и потребностей организма ребенка чрезвычайно важно: эффективность обучающих и развивающих воздействий в большой степени зависит от того, насколько они соответствуют этапу развития ребенка со специфичными для него возможностями организма и особенностями организации деятельности. Неадекватная физиологическим возможностям ребенка нагрузка в процессе воспитания и обучения может привести к искажению гармоничного хода развития и возникновению предболезненных и болезненных состояний. В период роста и становления детского организма при неправильной организации условий жизни и обучения могут возникнуть нарушения функций нервной системы, опорно-двигательного аппарата, сердечно-сосудистой системы и др. Особого внимания в практике воспитания и обучения заслуживают сенситивные и критические периоды развития ребенка, во время которых он особенно чувствителен к внешним воздействиям, а устойчивость и адаптивные возможности его организма снижены.

Организация дошкольного воспитания и учебных занятий, занятий физической культурой, труда и отдыха детей и подростков требует знания функциональных возможностей детского организма на каждом этапе его развития. В связи с этим анатомия и возрастная физиология необходимы для успешного развития педагогики, психологии, физиологии питания, труда и спорта, гигиены и других дисциплин и являются обязательным компонентом подготовки специалистов, работающих с детьми и подростками.

**Методы исследования в анатомии и возрастной физиологии.** Анатомия и возрастная физиология относятся к естественно-научным дисциплинам и используют в своем арсенале методы, применяемые в биологических и медицинских исследованиях.

Значительная часть анатомических данных накоплена в процессе исторического развития этой науки при работе с неживым материалом: *препарировании*, *изучении срезов* органов и тканей, их *топографии* (пространственного соотношения), *микроскопии* окрашенных участков отдельных тканей и органов. Более поздние данные получены с использованием *сканирующей электронной микроскопии* — высокотехнологичного метода, дающего объемное изображение тканей при малых и больших увеличениях. При работе с живым организмом используются *рентгенография* и *электрорентгенография*, позволяющие получить очертания костей и органов; *компьютерная* и *магнитно-резонансная томография*, дающие послойное изображение структур живого организма; *рентгеноденситометрия*, позволяющая прижизненно определять количество минеральных солей в костях.

Появление информационных технологий сделало возможным развитие *виртуальной анатомии*, которая получила широкое распространение в анатомических и медицинских исследованиях, а также в их преподавании. Объемное компьютерное изображение дает возможность «проникать» сквозь ткани, изучать строение виртуальных органов и наблюдать за их работой, моделировать изменения при различных воздействиях.

*Физиологические методы* позволяют судить о функциональных возможностях организма и динамике протекания тех или иных процессов в нем. В физиологических исследованиях широко используются различные приборы, дающие возможность количественно регистрировать физиологические процессы или их проявления, недоступные непосредственному наблюдению (например, показатели газоанализатора при измерении потребления кислорода при дыхании, показатели манометра при измерении давления в кровяном русле и пр.). Данные о функционировании головного мозга получают с помощью *электроэнцефалограммы* — регистрации электрических потенциалов, вырабатываемых клетками мозга в процессе их жизнедеятельности.

Традиционным и широко распространенным в физиологических исследованиях является метод *дозированных функциональных нагрузок* или проб. Он основан на изменении интенсивности или продолжительности воздействия на организм какого-либо фактора: физической или умственной нагрузки, изменения положения тела в пространстве

(ортостатическая проба), температурного воздействия, задержки дыхания и др. Этот метод позволяет выявить функциональные характеристики организма и устойчивость к воздействию внешних факторов на разных этапах развития, особенности работы внутренних органов в разных условиях, адаптационные возможности организма.

В исследовательских целях применяют рентгеновские, ультразвуковые, магниторезонансные методы. Современные физиологические приборы обычно оборудованы специализированными компьютерами и программным обеспечением, которые значительно облегчают работу исследователя и повышают точность и надежность получаемых результатов. Так, получить информацию о жизнедеятельности организма в естественных условиях позволяет *метод телеметрии* — регистрации функций организма на расстоянии с помощью радиодатчиков. *Методы радиографии и радиоизотопного сканирования* по изменению концентрации введенного в кровяное русло радиоизотопного вещества в сосудах и тканях позволяют зарегистрировать особенности протекания физиологических процессов в живых тканях. С помощью *биохимических методов* изучают состав крови, слюны, мочи и других жидких сред и продуктов жизнедеятельности организма, получают данные о функциях эндокринной системы, пищеварения, кроветворения, деятельности почек, иммунной системы и других систем и функций организма.

Физиологические методы исследования включают наблюдение, естественный и лабораторный эксперимент. *Метод наблюдения* позволяет зафиксировать и описать изменения, происходящие в спонтанных естественных условиях. Экспериментальные методы дают возможность изучить какой-либо физиологический процесс в специальных условиях, описать его качественные и количественные характеристики. При этом *естественный эксперимент* проходит в естественных условиях жизнедеятельности человека<sup>1</sup>, а метод *лабораторного эксперимента* используется

---

<sup>1</sup> Этика научных исследований не позволяет производить эксперименты, которые могут нанести вред состоянию или развитию детей. Исследователь не всегда может повлиять на условия, в которых оказываются дети, но может использовать их как условия естественного эксперимента для изучения воздействия тех или иных факторов. Так, исследование детского здоровья в слаборазвитых странах Африки, Азии и Латинской Америки послужило источником многих данных современной науки.

для изучения функции организма в искусственно созданных условиях. Изменяя эти условия, можно целенаправленно изменять направление и характеристики физиологического процесса.

Для изучения временных характеристик развития возрастная физиология широко использует два метода организации исследования: методы поперечного (кроссекционального) и продольного (лонгитудинального) исследований.

Метод *поперечного исследования* представляет собой одновременное изучение тех или иных характеристик у представителей различных возрастных групп. Такое исследование позволяет вывести общие закономерности онтогенетического процесса. Например, при одновременном исследовании уровня физического развития у учащихся разных классов можно установить, как и насколько изменяются определенные показатели физиологических функций в разном возрасте. Такой метод требует стандартных методик и аппаратуры для исследования, позволяет провести статистическую обработку данных и получить надежные и доказательные результаты (в том случае, если обследуемые возрастно-половые группы достаточно велики и отвечают требованиям статистической обработки).

*Метод продольного исследования* заключается в длительном наблюдении за одними и теми же детьми, которых регулярно обследуют с помощью стандартного набора методик, дает возможность подробно рассмотреть динамику происходящих в организме возрастных изменений и не требует большой выборки (группы обследуемых детей). Хотя метод достаточно сложен в организации и требует длительного времени, он предоставляет исследователям ценную научную информацию.

Методы изучения анатомии и возрастной физиологии постоянно совершенствуются и позволяют создать достаточно полную и объективную картину строения и механизмов функционирования структур живого организма, закономерностей развития детского организма, его физиологических и адаптационных возможностей.

## Глава 1

# ОРГАНИЗМ ЧЕЛОВЕКА КАК ЦЕЛОСТНАЯ СИСТЕМА

### 1.1. Уровни организации жизни

К 60-м гг. XX в. в биологической науке сложилось представление о структурности всего живого, которое позволяет осознать диалектическое единство схожести и многообразия живых организмов и составляющих их структур. Структурный подход к анатомии и физиологии человека позволяет исследовать общие закономерности строения, развития и функционирования организма и конкретизировать их в каждом отдельном вопросе.

Человеческий организм, как и все живые организмы на Земле, обладает молекулярной, клеточной, тканевой, органной структурностью и объединяется в сообщества. Все эти структуры организованы в пространстве и во времени. Подход к их изучению возможен через основные уровни организации живой материи:

- на *молекулярном* уровне изучению подлежат химические и биохимические процессы, лежащие в основе жизнедеятельности организма;

- на *субклеточном* уровне изучаются «органы» живой клетки, или органоиды, позволяющие живой клетке быть относительно самостоятельной структурой;

- на *клеточном* уровне изучению подлежат многообразие и законы жизнедеятельности живых клеток, из которых состоят как простейшие, так и высокоорганизованные организмы;

- на *органо-тканевом* уровне объектом изучения становятся объединения клеток в ткани и органы, приспособ-

субординированные к выполнению определенных функций и соответственно подчиняющиеся другим законам — законам функционирования многоклеточных структур, объединенных общей задачей;

— на *организменном* уровне внимание обращено к целостному организму, состоящему из систем органов, объединенных общей задачей — обеспечением собственного существования в постоянно изменяющихся внешних условиях;

— на *популяционно-видовом* уровне, который является надорганизменным, т.е. охватывает не одну особь, а целую группу, изучаются закономерности существования и продолжения во времени биологического вида, в том числе и вида *Homo sapiens*<sup>1</sup>;

— на *биоценотическом, биогеоценотическом и биосферном* уровнях современная биология решает глобальные проблемы существования живых организмов, в том числе человеческой цивилизации, в совокупности всех отношений с окружающей средой и другими популяциями организмов.

Предметом изучения возрастной анатомии и физиологии является организменный, органно-тканевый и клеточный уровни организации человеческого организма в процессе его роста и развития (онтогенеза).

**На организменном уровне** изучается человеческий организм и свойственные ему черты строения, физиологические процессы, механизмы регуляции, адаптации и поведения, особенности их становления в индивидуальном развитии.

**На органно-тканевом уровне** изучаются возрастные особенности строения и функций отдельных органов и составляющих их тканей.

Особый уровень — **клеточный**. Он необходим для понимания взаимосвязи между жизнедеятельностью тканей и организма в целом, в том числе при возрастных изменениях в организме.

Разделение живой материи по уровням организации хотя и отражает объективную реальность, но в определенной степени является условным, так как почти все конкретные процессы касаются одновременно нескольких уровней, а нередко и всех сразу. Например, изучение возрастных особенностей строения нервной системы затрагивает вопросы не только строения нервной ткани на разных этапах разви-

---

<sup>1</sup> *Homo sapiens* (лат.) — «человек разумный», научное название человека как биологического вида.

тия, но и взаимодействие нервных клеток с клетками других тканей, организацию их в органы нервной системы, вопросы регуляции нервной системой деятельности организма в целом, вопросы адаптации к окружающей среде, регуляции поведения в определенные возрастные периоды и т.д.

В то же время общие представления о структурной организации человеческого организма делают знания по возрастной анатомии и физиологии более цельными, полными и логически связанными.

## 1.2. Клеточный уровень организации жизни

Клетка является структурной единицей всех живых организмов<sup>1</sup>. Она обладает всеми признаками целостного организма: растет, размножается, обменивается с окружающей средой веществами и энергией, реагирует на внешние раздражители. Известны одноклеточные организмы, состоящие из единственной клетки, которая существует автономно, и многоклеточные, в которых функции отдельных клеток специализированы. Мелкие организмы могут состоять всего лишь из сотен клеток. Организм человека включает в себя  $10^{14}$  клеток. Типичные размеры растительных и животных клеток составляют от 5 до 20 мкм, при этом между размерами организмов и размерами их клеток прямой зависимости обычно нет.

Практически все ткани многоклеточных организмов состоят из клеток. Есть и исключения: некоторые простые организмы (например, слизевики) состоят из неразделенной перегородками клеточной массы со множеством ядер. Сходным образом устроена сердечная мышца животных и человека. Ряд структур организма (раковины, жемчужины, минеральная основа костей) образованы не клетками, а продуктами их секреции.

Независимо от того, представляет ли собой клетка отдельный организм или составляет лишь его часть, она наделена набором признаков и свойств, общим для всех клеток. Изучением клеток занимается наука *цитология*.

---

<sup>1</sup> Исключением являются вирусы, представляющие собой промежуточную форму между живой и неживой природой и не имеющие клеточной структуры. Каждая вирусная частица состоит из информационного материала, зафиксированного в РНК или ДНК, заключенного в белковую оболочку, живет и размножается путем проникновения в живую клетку и использования ее резервов для собственного размножения.

Появление термина «клетка» связано с именем английского биолога Роберта Гука (1665 г.). К концу XIX в. в биологии сложилась клеточная теория строения живых организмов. Ее основные положения сохраняют свое естественно-научное значение до настоящего времени:

- клетка — основная единица строения и развития живых организмов;
- клетки всех организмов сходны по своему строению, химическому составу, основным проявлениям жизнедеятельности;
- каждая новая клетка образуется в результате деления исходной (материнской) клетки;
- в многоклеточных организмах клетки специализированы по выполняемой ими функции и образуют ткани. Из тканей состоят органы, которые тесно связаны между собой и подчинены системам регуляции.

**Биохимия клетки.** В живых организмах наиболее распространены элементы, входящие в так называемые органические соединения: углерод, водород, кислород и азот, которые составляют около 98% массы клеток. Кроме четырех основных элементов в клетке содержатся железо, калий, натрий, кальций, магний, хлор, фосфор и сера. Их количество измеряется десятками и сотыми долями процентов. Эти элементы названы *макроэлементами* в отличие от *микроэлементов* (цинк, медь, йод, фтор, кобальт, марганец и др.), которые находятся в клетке в значительно меньших количествах, но также необходимы для ее жизнедеятельности.

Химические элементы входят в состав неорганических и органических соединений. К **неорганическим соединениям** относятся вода, минеральные соли, диоксид углерода, кислоты и основания. **Органические соединения** — это белки, нуклеиновые кислоты, углеводы и липиды. Вода — самое распространенное соединение в живых организмах. В среднем она составляет около 80% массы тела человека. Исключительно важная роль воды в обеспечении процессов жизнедеятельности обусловлена ее физико-химическими свойствами. Полярность молекул и способность образовывать водородные связи делают воду хорошим растворителем для огромного количества веществ. Большинство химических реакций, протекающих в клетке, может происходить только в водном растворе, кроме того, молекулы воды сами являются участниками многих жизненно важных реакций.

**Белки.** Среди органических веществ живой клетки белки стоят на первом месте как по количеству (10–12% общей массы клетки), так и по важности в процессах жизнеобеспечения. Белки представляют собой высокомолекулярные соединения — цепочки аминокислот, содержащие десятки и сотни аминокислот. Молекулы различных белков отличаются друг от друга молекулярной массой, числом и составом аминокислот, последовательностью расположения их в белковой молекуле. Это обуславливает огромное разнообразие белковых молекул, которое определяет специфичность белковых молекул для разных биологических видов и для отдельных индивидуумов.

Специфичность белковых молекул является важным фактором иммунных процессов организма, которые обеспечивают сопротивляемость различным микроорганизмам, аллергические реакции, несовместимость тканей разных особей, приводящую к отторжению тканей при пересадке или тяжелым реакциям при переливании «несовместимой» крови. Так организм поддерживает постоянство своей внутренней среды — важное условие его существования. Количество разнообразных белковых молекул у всех видов живых организмов оценивается числом  $10^{10}$ – $10^{12}$ .

Цепь аминокислотных звеньев, соединенных в определенной последовательности, — полипептидная цепь — называется *первичной структурой белка*. Вначале полипептидная цепь сворачивается в спираль. Между атомами соседних витков возникает притяжение и образуются водородные связи, в частности между NH- и CO-группами, расположенными на соседних витках. Цепочка аминокислот, закрученная в виде спирали, образует *вторичную структуру белка*. В результате дальнейшей укладки спирали возникает специфичная для каждого белка конфигурация, называемая *третичной структурой*. Количество аминокислот и порядок их расположения в полипептидной цепочке специфичны для каждого белка. Следовательно, особенности третичной структуры белка определяются его первичной структурой. Биологическую активность белок проявляет только в виде третичной структуры. Поэтому замена даже одной аминокислоты в полипептидной цепочке может привести к изменению конфигурации белка и к снижению или утрате его биологической активности. В некоторых случаях белковые молекулы объединяются друг с другом и могут выполнять свою функцию только в виде комплек-

сов. Так, гемоглобин — это комплекс из четырех молекул и только в такой форме способен присоединять и транспортировать кислород. Подобные комплексы представляют собой *четвертичную структуру белка*.

Функции белков в клетке важны и многообразны:

— строительная функция — белки участвуют в образовании всех клеточных мембран и органоидов клетки, а также межклеточных структур;

— ферментативная (каталитическая) функция — белки-ферменты служат катализаторами химических реакций, протекающих в клетке, и ускоряют их в сотни и тысячи миллионов раз;

— двигательная функция — специальные сократительные белки участвуют в различных видах движений, к которым способны клетки и организмы (мерцание ресничек и биение жгутиков у простейших, сокращение мышц у животных, движение листьев у растений и др);

— транспортная функция — присоединение химических элементов (например, гемоглобин присоединяет кислород) или биологически активных веществ (гормонов) и перенос их к тканям и органам тела;

— иммунная или защитная функция — выработка особых белков (антител) в ответ на проникновение в организм чужеродных белков или клеток; антитела связывают и обезвреживают чужеродные вещества;

— энергетическая функция — белки наряду с другими питательными веществами служат важным источником энергии для организма: при расщеплении 1 г белков выделяется 17,6 кДж (~ 4,2 ккал).

**Нуклеиновые кислоты** являются «носителями информации» живой клетки. Особенности их химического строения обеспечивают возможность хранения, переноса и передачи по наследству дочерним клеткам информации о структуре белковых молекул, которые синтезируются в каждой ткани на определенном этапе индивидуального развития. Существуют два типа нуклеиновых кислот: ДНК (дезоксирибонуклеиновые кислоты) хранят в себе информацию о составе белков клетки, а РНК (рибонуклеиновые кислоты) переносят ее от ДНК к месту синтеза клеткой собственных белковых молекул из аминокислот, поступивших с пищей.

**Углеводы**, или сахараиды, — органические вещества, состоящие преимущественно из углерода и воды, под-

разделяются на простые (моносахариды) и сложные (олигосахариды и полисахариды). Моносахариды служат источником энергии в обменных процессах организма (при окислении 1 г углеводов выделяется 17,2 кДж (4,1 ккал) энергии) и участвуют в поддержании постоянства осмотического давления жидкостей организма. Сложные углеводы участвуют в построении клеточных структур, в том числе клеточных стенок, воспринимающей части клеточных рецепторов, ДНК и РНК. Запасы питательных веществ в живом организме представлены полисахаридами, которые при необходимости расщепляются до моносахаридов и могут служить непосредственным источником энергии.

**Липиды** — жиры и жироподобные вещества — входят в состав всех живых клеток и играют важную роль в жизненных процессах. Большинство липидов — производные высших жирных кислот, спиртов или альдегидов, они могут быть простыми (состоящими из жирных высокомолекулярных кислот или альдегидов и спиртов) и сложными (включающими производные ортофосфорной кислоты — фосфолипиды или остатки сахаров — гликолипиды). Химические и физические свойства липидов определяются наличием в их молекулах как полярных молекулярных группировок ( $-\text{COOH}$ ,  $-\text{OH}$ ,  $-\text{NH}_2$  и др.), так и неполярных углеводородных цепей. Благодаря такому строению большинство липидов являются поверхностно-активными веществами и формируют биологические мембраны (см. *клеточная мембрана*). Будучи одним из основных компонентов клеточных мембран, липиды влияют на их проницаемость, на активность многих ферментов, участвуют в передаче нервного импульса, в межклеточном взаимодействии, в мышечном сокращении, в иммунохимических процессах. Кроме того, липиды играют важнейшую роль в энергетическом обмене организма. В ходе расщепления 1 г жиров освобождается большое количество энергии — 38,9 кДж (~ 9,3 ккал). Накапливаясь в клетках жировой ткани, жировые вещества служат запасным источником энергии. Низкая теплопроводность и водоотталкивающие свойства липидных субстанций обеспечивают защитную функцию липидов: покровные ткани растений и животных содержат жировые вещества, создающие термо- и гидроизоляцию внутренних органов. Кроме того, прослойка жировой ткани защищает внутренние органы от механических воздействий.

### Строение клетки

**Клеточная мембрана.** Клетка (рис. 1.1.) как живая система нуждается в поддержании определенных внутренних условий: концентрации различных веществ, температуры внутри клетки и др. Одни из этих параметров поддерживаются на неизменном уровне, так как их изменение приведет к гибели клетки, другие играют меньшее значение для сохранения ее жизнедеятельности.

Для того чтобы поддерживать необходимую концентрацию веществ, клетка должна быть физически отделена от своего окружения. Вместе с тем жизнедеятельность организма требует интенсивного обмена веществ между внутренней и внешней средой каждой клетки. Роль барьера между клетками играет *клеточная мембрана* (рис. 1.2). Мембраны также ограничивают внутренние структуры клетки — *органойды* (органеллы) — от цитоплазмы. Однако это не просто разделительные барьеры. Клеточные мембраны сами по себе являются важнейшим органом клетки, обеспечивающим не только ее структуру, но и многие

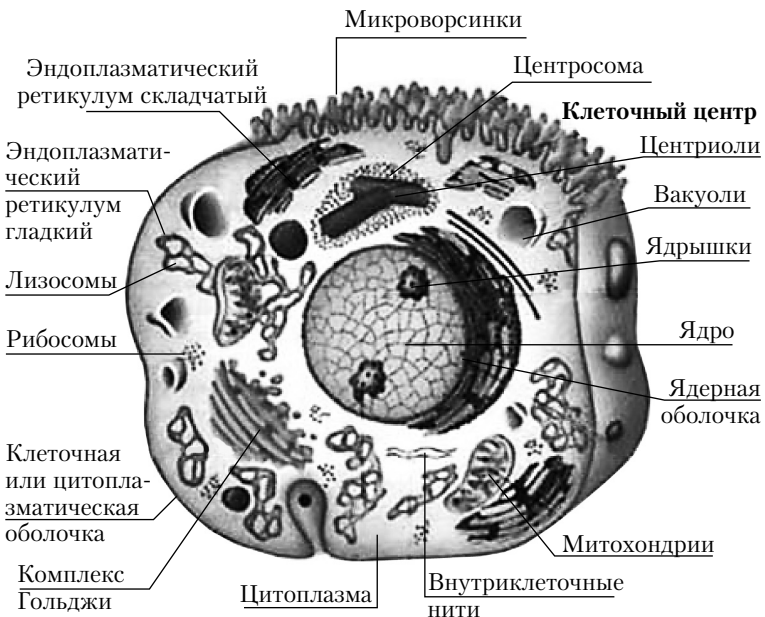


Рис. 1.1. Структура животной клетки

функции. Помимо разделения клеток между собой и отграничения от внешней среды мембраны объединяют клетки в ткани, регулируют обмен между клеткой и внешней средой, сами являются местом протекания многих биохимических реакций, служат передатчиками информации между клетками.

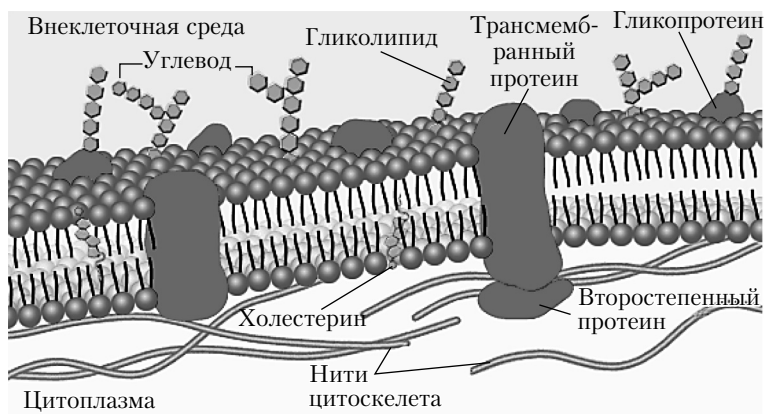


Рис. 1.2. Строение мембраны

По современным данным, плазматические мембраны — это липопротеиновые структуры (липопротеины — соединения белковых и жировых молекул). Липиды (жиры) спонтанно образуют двойной слой, а мембранные белки «плавают» в нем, словно острова в океане. В мембранах присутствуют несколько тысяч различных белков: структурные, переносчики, ферменты и др. Кроме того, между белковыми молекулами имеются поры, сквозь которые могут проходить некоторые вещества. К поверхности мембраны подсоединены специальные гликозильные группы, которые участвуют в процессе распознавания клеток при образовании тканей.

Разные типы мембран отличаются по своей толщине (обычно она составляет от 5 до 10 нм). По консистенции мембраны напоминают оливковое масло. Важнейшее свойство клеточной мембраны — *полупроницаемость*, т.е. способность пропускать только определенные вещества. Прохождение различных веществ через плазматическую

мембрану необходимо для доставки питательных веществ и кислорода в клетку, вывода токсичных отходов, создания разницы концентрации отдельных микроэлементов для поддержания нервной и мышечной активности. Существуют следующие механизмы транспорта веществ через мембрану:

- диффузия (газы, жирорастворимые молекулы проникают прямо через плазматическую мембрану); при облегченной диффузии растворимое в воде вещество проходит через мембрану по особому каналу, создаваемому какой-либо специфической молекулой;

- осмос (диффузия воды через полупроницаемые мембраны в сторону более низкой концентрации ионов);

- активный транспорт (перенос молекул из области с меньшей концентрацией в область с большей, например, посредством специальных транспортных белков, требует затраты энергии АТФ);

- при эндоцитозе мембрана образует втягивания, которые затем трансформируются в пузырьки или вакуоли. Различают фагоцитоз — поглощение твердых частиц (например, лейкоцитами крови) и пиноцитоз — поглощение жидкостей (рис. 1.3);

- экзоцитоз — процесс, обратный эндоцитозу; посредством него из клеток выводятся непереважившиеся остатки твердых частиц и жидкий секрет (рис. 1.4).

Диффузия и осмос не требуют дополнительной энергии; активный транспорт, эндоцитоз и экзоцитоз нуждаются в обеспечении энергией, которую клетка получает при расщеплении усвоенных ею питательных веществ.

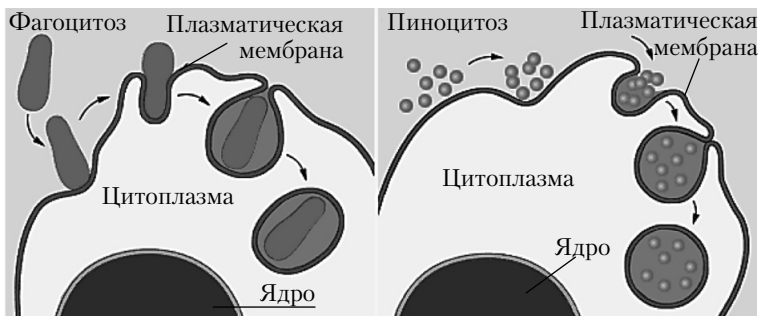


Рис. 1.3. Эндоцитоз