

ЛУЧШИЙ ЗАРУБЕЖНЫЙ УЧЕБНИК



А. ФАЛЛЕР, М. ШЮНКЕ

АНАТОМИЯ И ФИЗИОЛОГИЯ ЧЕЛОВЕКА



ИЗДАТЕЛЬСТВО
Бином

АНАТОМИЯ
И ФИЗИОЛОГИЯ
ЧЕЛОВЕКА

THE HUMAN BODY

Adolf Faller, M.D.

Former Professor

University of Fribourg

Fribourg, Switzerland

Michael Schünke, M.D., Ph.D.

Professor

Institute of Anatomy CAU Kiel

Kiel, Germany

Gabriele Schünke, M.Sc.

Dipl.-Biol.

Kronshagen, Germany

Translated by Oliver French, M.D.;
edited by Ethan Taub, M.D.

316 colored illustrations



Thieme

Stuttgart • New York



ЛУЧШИЙ ЗАРУБЕЖНЫЙ УЧЕБНИК

А. Фаллер, М. Шюнке

АНАТОМИЯ И ФИЗИОЛОГИЯ ЧЕЛОВЕКА

2-е издание, стереотипное

Перевод с английского
канд. биол. наук В. Н. Егоровой,
д-ра биол. наук М. А. Каменской,
д-ра биол. наук И. В. Филипповича,
канд. биол. наук Б. В. Чернышева



Москва
БИНОМ. Лаборатория знаний

УДК 611.1/.9+612.1/.8

ББК 28.706

Ф19

Серия основана в 2006 г.

Переводчики:

канд. биол. наук Егорова В. Н. (гл. 6–8, 12)

д-р. биол. наук Каменская М. А. (гл. 9–11)

д-р. биол. наук Филиппович И. В. (гл. 1–5, 17)

канд. биол. наук Чернышев Б. В. (гл. 13–16)

Фаллер А.

Ф19 Анатомия и физиология человека / А. Фаллер, М. Шюнке ;
пер. с англ. — 2-е изд.—М. : БИНОМ. Лаборатория знаний,
2014.—537 с. : ил.—(Лучший зарубежный учебник).

ISBN 978-5-9963-1670-0

В книге в удобной, легкой для чтения форме дан общий обзор строения и функционирования человеческого организма. Каждая отдельная глава посвящена рассмотрению анатомии и физиологии одной из систем организма.

Для абитуриентов и студентов вузов медико-биологического профиля.

УДК 611.1/.9+612.1/.8

ББК 28.706

Учебное издание

Серия: «Лучший зарубежный учебник»

Фаллер Адольф
Шюнке Михаэль

АНАТОМИЯ И ФИЗИОЛОГИЯ ЧЕЛОВЕКА

Ведущий редактор канд. биол. наук *В. В. Гейдебрехт*

Специальный редактор *Г. В. Петрова*

Художник *С. Инфантэ*

Технический редактор *Е. В. Деникова*. Корректор *Е. Н. Клинина*

Компьютерная верстка: *Т. Э. Внукова*

Подписано в печать 08.10.13. Формат 70×100/16.

Усл. печ. л. 44,20. Тираж 1500 экз. Заказ

Издательство «БИНОМ. Лаборатория знаний»

125167, Москва, проезд Аэропорта, д. 3

Телефон: (499) 157-5272, e-mail: binom@Lbz.ru, <http://www.Lbz.ru>

Copyright © 2004 of the original English language edition by Georg Thieme Verlag KG, Stuttgart, Germany.
Original title: «The Human Body», by A. Faller and M. Schünke.

© БИНОМ. Лаборатория знаний, 2014

ISBN 978-5-9963-1670-0

Содержание

Подробное оглавление находится в начале каждой главы.

| | | |
|--|---|-----|
|  | 1 Биология клетки | 11 |
| | Введение | 12 |
| | Количество, размеры, формы и свойства клеток | 12 |
| | Строение клетки и клеточных органелл | 12 |
| | Деление клетки (митоз) | 25 |
| | Редукционное деление или деление созревания (мейоз) | 26 |
| | Обмен веществ между клеткой и ее окружением | 28 |
| | Мембранный потенциал клетки (потенциал покоя) | 30 |
| | Транспортные системы клеток | 32 |
|  | 2 Генетика и эволюция | 39 |
| | Генетика (учение о наследственности) | 40 |
| | Эволюция (учение о развитии; филогенез) | 51 |
|  | 3 Ткани | 59 |
| | Эпителиальная ткань | 60 |
| | Соединительная и опорная ткани | 63 |
| | Мышечная ткань | 73 |
| | Нервная ткань | 83 |
|  | 4 Локомоторная (скелетно-мышечная) система | 95 |
| | Оси, плоскости и ориентация | 96 |
| | Общая анатомия локомоторной системы | 97 |
| | Частная анатомия локомоторной системы | 108 |
|  | 5 Сердечно-сосудистая система | 163 |
| | Сердце (cor) | 164 |
| | Строение и функции сосудистой системы | 180 |
| | Основы физиологии сосудистой системы | 190 |
|  | 6 Кровь, иммунная система и лимфоидные органы | 205 |
| | Кровь | 206 |
| | Иммунная система | 222 |
| | Лимфоидные органы (органы иммунной системы) | 226 |



7 Эндокринная система 241

| | |
|---|-----|
| Гормоны | 242 |
| Гипоталамо-гипофизарная система | 246 |
| Гипофиз (питуитарная железа) | 246 |
| Шишковидная железа (пинеальная железа, эпифиз) | 249 |
| Щитовидная железа | 249 |
| Надпочечники | 252 |
| Панкреатические островки | 255 |
| Половые железы | 257 |
| Другие ткани и одиночные клетки, вырабатывающие гормоны | 257 |



8 Дыхательная система 261

| | |
|---|-----|
| Путь кислорода к клетке: внешнее и внутреннее дыхание | 262 |
| Органы, составляющие воздухоносные пути | 262 |
| Полости тела и серозные оболочки груди и живота | 273 |
| Легкие (pulmones) | 273 |
| Насыщение легких кислородом | 276 |
| Газообмен и аэрогематический барьер | 280 |
| Регуляция дыхания | 284 |
| Механизмы дыхания | 286 |



9 Пищеварительная система 295

| | |
|--|-----|
| Обмен веществ, энергетические потребности и питательные вещества | 296 |
| Органы пищеварительной системы | 305 |
| Процессы пищеварения — краткий обзор | 335 |



10 Почки и мочевыводящие пути 345

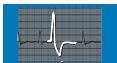
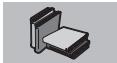
| | |
|---|-----|
| Роль почек | 346 |
| Структура и функции почек — краткий обзор | 346 |
| Почка (ren) | 347 |
| Мочевыводящие пути | 358 |



11 Репродуктивные органы 369

| | |
|--|-----|
| Структура и функции репродуктивных органов | 370 |
| Мужские половые органы | 370 |
| Женские половые органы | 379 |

| | | |
|--|---|-----|
|  | 12 Размножение, развитие и рождение | 395 |
| | Половые клетки | 396 |
| | Оплодотворение | 396 |
| | Прохождение через маточную трубу и дробление | 400 |
| | Имплантация и развитие плаценты (последа) | 401 |
| | Эмбриональное развитие | 404 |
| | Развитие плода | 406 |
| | Роды | 409 |
| | Постнатальное развитие (развитие после рождения) | 411 |
|  | 13 Центральная и периферическая нервная система | 417 |
| | Классификация отделов нервной системы | 418 |
| | Функции нервной системы | 418 |
| | Развитие нервной системы | 419 |
| | Центральная нервная система | 420 |
| | Периферическая нервная система | 457 |
|  | 14 Вегетативная нервная система | 473 |
| | Функции и отделы | 474 |
| | Общее строение системы | 474 |
| | Симпатическая нервная система | 475 |
| | Парасимпатическая нервная система | 480 |
| | Интрамуральная нервная система | 482 |
|  | 15 Органы чувств | 487 |
| | Рецепторы и сенсорные клетки | 488 |
| | Глаз | 489 |
| | Ухо | 503 |
| | Вкус | 510 |
| | Обоняние | 511 |
|  | 16 Кожа и ее производные | 517 |
| | Кожа (cutis) и подкожная клетчатка (tela subcutanea) | 518 |
| | Производные кожи | 522 |

| | | |
|---|---|-----|
|  | 17 Системы единиц измерений | 525 |
| | Единицы СИ | 526 |
| | Кратные и дольные величины (степень по основанию 10) | 527 |
| | Единицы концентрации и перевод некоторых физических величин в СИ | 528 |
|  | Эпонимы в анатомии и физиологии | 529 |
|  | Предметный указатель | 531 |

Предисловие к первому английскому изданию

Первое немецкое издание этой книги, впоследствии ставшее известным просто под названием «Фаллер», вышло в свет в 1966 г. В то время никто даже не мог предположить, что книга «Анатомия и физиология человека», написанная швейцарским анатомом Адольфом Фаллером, на протяжении почти 40 лет будет пользоваться невероятным успехом. Тринадцать немецких изданий и несколько изданий на других языках говорят сами за себя. Через пятнадцать лет после кончины Фаллера вышло в свет полностью переработанное 13-е немецкое издание, которое и легло в основу настоящего английского перевода.

Новое издание по объему почти на 200 страниц превышает оригинал. Для облегчения восприятия подчас сложной информации в книгу было добавлено 50 новых иллюстраций. По некоторым разделам возникла необходимость отразить последние достижения в области медицины и изучения биологии человека, и поэтому отдельные главы в них были написаны заново. Все изменения внесены, в первую очередь, в расчете на читателя. По существу, многие из них представляют собой предложения читателей, которые мы с удовольствием приняли. К их числу относятся краткие обобщающие выводы, помещенные в конце каждой главы, вкладыш в конце книги, иллюстрирующий строение скелета человека, и предшествующее каждой главе содержание. Мы благодарны всем за множество полезных предложений и надеемся получить таковые от англоязычных читателей.

Выражаем глубокую благодарность переводчику Оливеру Френчу, который не только квалифицированно перевел текст, но и привел его в соответствие с медицинской практикой, принятой в Соединенных Штатах. Благодаря его усилиям настоящая книга вышла за рамки простого перевода немецкого учебника и по праву стала международным учебником. В книгу также были включены полезные предложения Этана Тауба, нейрохирурга, прошедшего стажировку в Нью-Йорке.

При подготовке настоящего издания мы приобрели бесценный опыт и надеемся, что читатель разделит наш энтузиазм, изучая чарующее устройство человеческого тела. Работа над книгой была особенно приятной в сотрудничестве с опытным штатом издательства Тиме. Отдельно хотелось бы поблагодарить г-жу Г. Кун, г-на К. Цепфа, д-ра С. Бергмана, а также г-на М. Воля, который на высоком профессиональном уровне выполнил все новые иллюстрации. Всем им выражаем большую благодарность!

В заключение небольшое замечание, касающееся раздела «Эволюция». Мы знаем, что во многих образовательных учреждениях Америки теория эволюции не изучается, и многие американцы признают креационизм. Однако в Европе теория эволюции очень популярна, и ее приложения лежат в основе многих наблюдений, на которых базируется практическая медицина. Поэтому включение положений теории эволюции в настоящее издание следует не рассматривать с точки зрения «*Weltanschauung*¹», а воспринимать как иллюстрацию состояния развития современной биологической науки.

Киль, весна 2004

Габриэль и Михаэль Шюнке

¹ Мировоззрение (нем.).



Глава 1

Биология клетки

Содержание

Введение 12

Количество, размеры, формы и свойства клеток 12

Количество, размеры и форма 12

Свойства 12

– Обмен веществ и превращение энергии 12

– Деление и продолжительность жизни клеток 13

– Чувствительность к внешним сигналам и ответ клеток на внешние раздражители 13

Строение клетки

и клеточных органелл 13

Основное строение 13

Клеточная мембрана 14

Цитоплазма и клеточные органеллы 15

– Эндоплазматический ретикулум (ЭР) 15

– Рибосомы 16

– Аппарат Гольджи 16

– Лизосомы 16

– Центриоли 16

– Митохондрии 17

Клеточное ядро 18

– Хромосомы и гены 18

– Генетический код 22

– Синтез белка 22

– Удвоение генетического материала (репликация) 24

Деление клетки (митоз) 25

Редукционное деление или деление созревания (мейоз) 26

Обмен веществ между клеткой и ее окружением 28

Состав внеклеточной среды 30

Состав внутриклеточной среды 30

Мембранный потенциал клетки (потенциал покоя) 30

Транспортные системы клеток 32

Диффузия 32

Оsmос и осмотическое давление 32

Фильтрация 34

Транспорт воды и веществ 35

– Активный транспорт 35

Эндоцитоз и экзоцитоз 35

Краткое содержание главы 36



■ Введение

Клетка является структурной единицей организма человека, а также всех животных и растений. Это наименьшая единица живого, способная к независимому существованию в виде *одноклеточных организмов*, таких, например, как жгутиковые и амебы. У *многоклеточных организмов* (Metazoa) клетки организованы в большие сообщества и становятся функциональными системами, обладающими иерархической структурой. У одноклеточных организмов, таких как бактерии и грибы, основное строение всех клеток одинаково. Строение клеток многоклеточных организмов растений, животных и человека в общих чертах также одинаково. В данном случае, однако, между клетками существуют большие различия, в зависимости от характера выполняемых ими задач, и каждый тип клеток в организме приспособлен для выполнения той или иной специфической задачи. Например, красные кровяные тельца (эритроциты) переносят кислород, в то время как другие клетки выполняют функцию проводников внешних раздражителей (нервные клетки) или обеспечивают размножение (половые клетки).

Функционирование каждой отдельной клетки в организме зависит от *специфической генетической информации*. В клетке эта информация хранится в генах, представляющих собой участки молекул вещества под названием *дезоксирибонуклеиновая кислота (ДНК)*. Генетическая информация включает в себя программы, обеспечивающие размножение клеток и синтез ими белков. Оба процесса необходимы для развития оплодотворенной яйцеклетки в многоклеточный организм и для последующей дифференцировки клеток из общих предшественников, приводящей к образованию специализированных клеток в таких органах, как головной мозг, легкие, мышцы или печень.

■ Количество, размеры, формы и свойства клеток

Количество, размеры и форма

Организм человека состоит примерно из 75×10^{12} (= 75 000 млрд) **клеток**. Целых 25×10^{12} (25 000 млрд) клеток от этого количества представлено эритроцитами крови, которые относятся к самому обычному типу клеток. Еще 100×10^9 (= 100 млрд) клеток составляют нервную систему. Поскольку количество клеток столь велико, каждая отдельная клетка крайне мала. В организме человека размеры клеток варьируют от 5 мкм (клетка соединительной ткани) до 150 мкм (женская яйцеклетка). Однако специализированные клетки по размеру могут быть существенно больше; например, нервные клетки, идущие от головного мозга к спинному, могут достигать величины до 1 м. Клетки также сильно отличаются по форме. Яйцеклетки имеют круглую форму, для клеток соединительной ткани характерны отростки, другие обладают веретенообразной (мышечные клетки), плоской, кубической или выраженной призматической формой (эпителиальные клетки). Часто размеры и форма клеток тесно связаны с их специфическими функциями.

Свойства

Все клетки обладают рядом общих *основных свойств*, даже если они являются дифференцированными и выполняют специфические функции.

■ **Обмен веществ и превращение энергии.** Обмен веществ и превращение энергии. В каждой клетке происходят обменные процессы, в результате которых погло-



щенные вещества превращаются в соединения, необходимые для ее жизнедеятельности, а конечные продукты выводятся. Поэтому для поддержания необходимых жизненных функций клетке необходимы питательные вещества, которые служат для нее источником энергии. Химические процессы, обеспечивающие поступление в клетку энергии при превращении питательных веществ (жиров, белков и углеводов) и высвобождение конечных продуктов в окружающую среду, в своей основе во всех клетках одинаковы.

■ **Деление и продолжительность жизни клеток.** Почти все клетки, за немногими исключениями, способны воспроизводить себе подобных за счет деления. Часто эта способность сохраняется на протяжении всей их жизни и является обязательным условием замещения погибших клеток, а также регенерации (восстановления) тканей и органов после повреждений. Например, в костном мозге человека каждую минуту образуется около 160 млн красных кровяных клеток, а в мужских семенниках ежедневно генерируется около 85 млн сперматозоидов. Еще один пример высокой скорости клеточного деления представляют собой клетки слизистой тонкого кишечника, обладающие средней продолжительностью жизни всего лишь несколько дней (30–100 ч). Однако другие клетки делятся только на определенных стадиях развития, а затем функционируют без дальнейшего деления (например, клетки нервной и мышечной ткани).

■ **Чувствительность к внешним сигналам и ответ клеток на внешние раздражители.** Почти все клетки связаны со своим непосредственным окружением посредством специальных структур, находящихся на поверхности (например, рецепторов). Таким образом, клетки могут принимать и узнавать различные сигналы, а также реагировать на них.

Наряду с перечисленными общими основными свойствами некоторые клетки обладают специфическими особенностями. К их числу относится *подвижность* (например, у гистиоцитов соединительной ткани; у сперматозоидов, попавших в женские половые пути), способность к *ассимиляции и элиминации веществ* (например, захват остатков погибших клеток фагоцитами; выделение определенных продуктов клетками желез внутренней секреции), или развитие *специфической дифференцировки поверхности* (например, образование ресничек у клеток слизистой оболочки дыхательного тракта; или ворсинок на клетках слизистой тонкого кишечника).

■ Строение клетки и клеточных органелл

Основное строение

При изучении клетки под световым микроскопом видна жидкая **внутриклеточная среда (цитоплазма)**, **клеточное ядро** и **окружающая клетку мембрана (плазмалемма)** (рис. 1.1). В цитоплазме находятся небольшие по размерам образования, обладающие выраженной внутренней структурой, называемые **клеточными органеллами**. В большинстве случаев их можно видеть только в электронном микроскопе. В цитоплазме также находятся некоторые каркасные структуры (являющиеся частью цитоскелета) и многочисленные включения (например, метаболические субстраты и конечные продукты обмена).

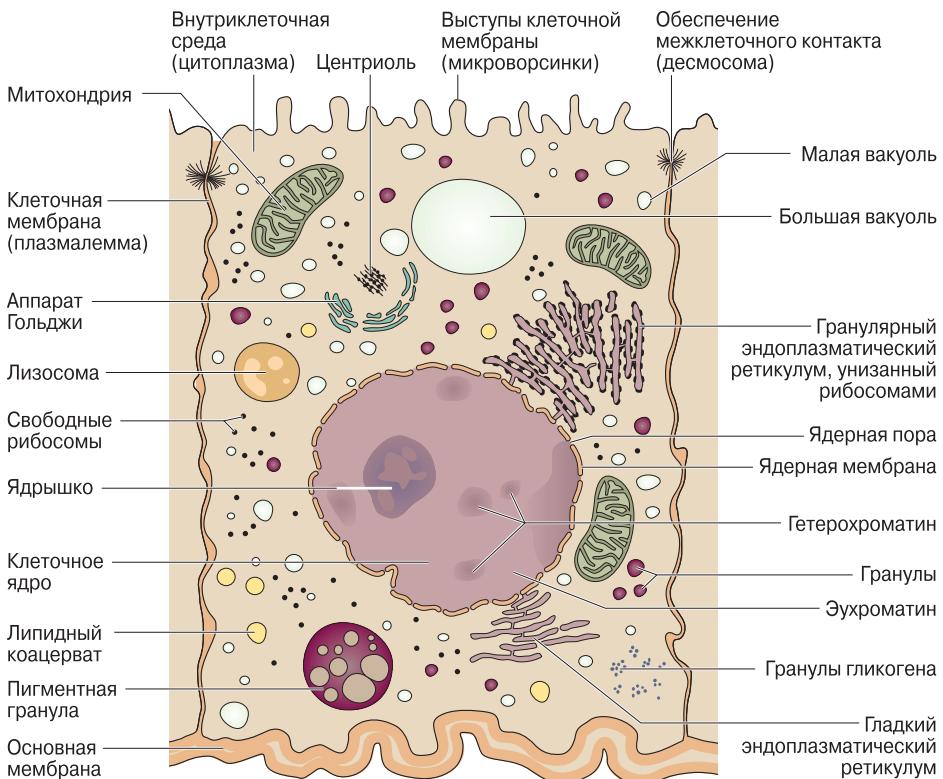


Рис. 1.1. Схематическое изображение клетки по результатам электронно-микроскопических исследований (см. также **рис. 1.7**).

Клеточная мембрана

Наружная мембрана клетки (плазмалемма) окружает жидкую внутриклеточную среду (протоплазму). Исследование клеточных срезов в электронном микроскопе показывает, что мембрана состоит из трех слоев (рис. 1.2), которые включают двойной липидный слой, состоящий из слоев липидных молекул (фосфолипидов и холестерина). Молекулы ориентированы таким образом, что их липофильные участки (жирные кислоты) расположены напротив друг друга (светлая средняя линия). Водорастворимые участки липидных слоев образуют наружную и внутреннюю границы мембранны (темные линии). Двойной липидный слой пронизан мозаичными вкраплениями белковых молекул. Эти молекулы обладают многообразными функциями. Они способны образовывать поры, которые пропускают воду и электролиты, а также могут участвовать в выполнении регуляторных функций в качестве белков-рецепторов. Белки, выступающие с внешней стороны мембранны и частично находящиеся в гидрофильном слое фосфолипидов, покрыты тонким слоем молекул сахаров (углеводов). Этот слой носит название *гликокаликс*. Химический состав гликокаликса генетически детерминирован и специфичен для каждой клетки. Посредством гликокаликса клетки «распознают» своих и чужих (см. гл. 6: Иммунная система, специфический иммунитет).

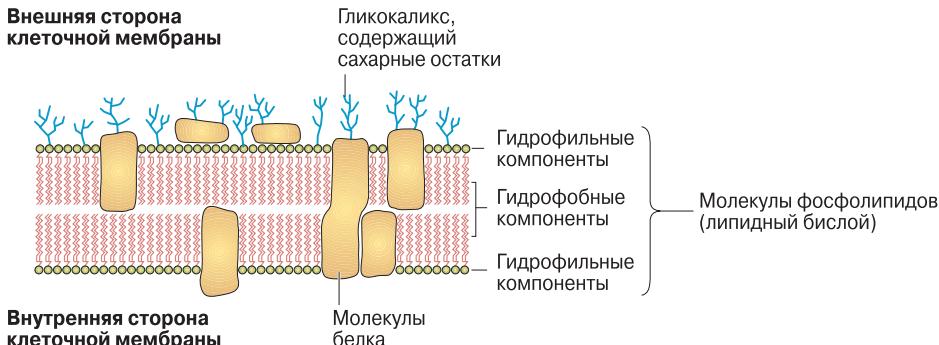


Рис. 1.2. Схематическое представление среза клеточной мембраны. Видимая в электронном микроскопе трехслойная структура образована двумя гидрофильными компонентами (наружным и внутренним) двойного липидного слоя. Между этими слоями находятся гидрофобные участки (по Леонарду).

Описанная так называемая *элементарная мембрана* имеет толщину 7,5 нм (1 мкм = 1000 нм) и служит барьером между внутриклеточным содержимым и межклеточным пространством. Клеточные органеллы также окружены элементарными мембранами.

Цитоплазма и клеточные органеллы

Цитоплазма окружает ядро клетки. Она состоит из *гигиоплазмы* или *цитозоля* (*внутриклеточной жидкости*), *клеточных органелл*, выполняющих определенные функции, и различных внутриклеточных включений — *метаплазмы* (продуктов клеточного метаболизма). Внутриклеточная жидкость состоит из водного раствора солей и белков (микротрубочек, микрофиламентов и промежуточных филаментов). Последние определяют форму и механическую прочность клеток (так называемый цитоскелет). Количество органелл в различных клетках определяется типом и функцией последних. Различают следующие основные клеточные органеллы:

- эндоплазматический ретикулум;
- рибосомы;
- аппарат Гольджи;
- лизосомы;
- центриоли;
- митохондрии.

ЭНДОПЛАЗМАТИЧЕСКИЙ РЕТИКУЛУМ (ЭР)

Эндоплазматический ретикулум пронизывает цитоплазму в виде трубчатых и везикулярных структур, окруженных элементарными мембранами (**рис. 1.1**). Он делит внутреннюю часть клетки на части и обеспечивает *внутриклеточный транспорт веществ* по своим каналам. За счет большой поверхности эндоплазматический ретикулум обеспечивает быстрое протекание специфических обменных процессов (например,



синтез белков и липидов), а также служит мембранным резервом, т. е. является источником новых мембран. Многие участки эндоплазматического ретикулума усеяны мелкими гранулярными структурами — рибосомами (гранулярный ЭР), исключительной функцией которых является синтез белков (см. далее). Наличие гранулярного эндоплазматического ретикулума особенно характерно для клеток поджелудочной железы. При отсутствии рибосом эндоплазматический ретикулум называется гладким ЭР. Такой тип характерен для секреторных клеток эндокринных органов. За исключением эритроцитов, все клетки содержат эндоплазматический ретикулум.

РИБОСОМЫ

Рибосомы (**рис. 1.1**) осуществляют синтез белка (см. также: Клеточное ядро; синтез белка) и встречаются в клетке или отдельно, т. е. в форме свободных рибосом, либо связанные с цитоплазматическим ретикулумом (в форме гранулярного ЭР). Элементарная мембрана у рибосом отсутствует. Рибосомы, входящие в состав гранулярного ЭР, осуществляют синтез белков на экспорт (например, как это имеет место в клетках секреторных органов). Свободные рибосомы продуцируют внутриклеточные белки (ферменты и структурные белки). Рибосомы содержат комплексы, состоящие из ряда ферментов, белков и молекул РНК (рибосомальная РНК, рРНК). Посредством этих комплексов создаются цепочки аминокислот, необходимые для синтеза белка. Рибосомальная РНК является также структурным компонентом рибосом.

АППАРАТ ГОЛЬДЖИ

Аппарат Гольджи (**рис. 1.1**) состоит из нескольких телец Гольджи и представляет собой систему внутренних канальцев, необходимых для переваривания и экскреции веществ в форме *мембрально-связанных секреторных вакуолей*. По этому механизму также образуются лизосомы. Один участок тельца Гольджи предназначен для *захвата* веществ, а другой для их *экскреции*. Предшественники экскретируемых белков мигрируют из гранулярного эндоплазматического ретикулума на соответствующий участок тельца Гольджи. Там они загружаются в транспортные вакуоли и выходят из клетки через его экскреторный участок. В ходе этого процесса происходит слияние мембран вакуолей с клеточной мембраной. Поэтому обновление клеточной мембраны является важной функцией аппарата Гольджи.

ЛИЗОСОМЫ

Лизосомы обладают более или менее сферической формой (**рис. 1.1**) и являются органами внутриклеточного переваривания. Они содержат большое количество ферментов, особенно кислых гидролаз и фосфатаз. При участии этих ферментов происходит расщепление попавших в клетки чужеродных веществ или поврежденных органелл собственных клеток. Продукты расщепления в виде метаболитов используются клеткой для дальнейших синтезов (реутилизация). Мембранны лизосом защищают здоровую клетку от неконтролируемой активности лизосомальных ферментов. В поврежденной клетке высвобождение лизосомальных ферментов способствует процессам тканевого автолиза (например, при гнойных абсцессах).

ЦЕНТРИОЛИ

Центриоли выглядят как полые открытые цилиндры. Их стенки состоят из *микротрубочек*, представляющих собой жесткие волокнистые белки. Центриоли играют



основную роль в клеточном делении. В ходе этого процесса центриоли формируют митотическое веретено, необходимое для последующего движения хромосом. Образование митотического веретена направляет клетку на путь деления.

МИТОХОНДРИИ

Митохондрии представляют собой мелкие нитевидные структуры (рис. 1.1), размером 2–6 мкм. В разных количествах они обнаружены во всех клетках, за исключением красных кровяных телец. В клетках одних типов может содержаться несколько органелл, в других их может быть более тысячи. Стенки митохондрий состоят из внутренней и наружной элементарных мембран. Внутренняя мембрана имеет многочисленные складки и поэтому обладает большой площадью поверхности. Митохондрии являются «энергетическими станциями» клетки, так как обеспечивают ее энергией, необходимой для осуществления всех метаболических процессов. Эта энергия производится в форме универсального биологического топлива — *аденозинтрифосфата (АТФ)*. Образование АТФ из трех основных материалов — белков, жиров и углеводов происходит исключительно в митохондриях (рис. 1.3). В этих органеллах энергия высвобождается в процессе окисления (*дыхательная цепь митохондрий*), причем не рассеивается в виде тепла, а запасается в форме макроэргических соединений (АТФ).

АТФ содержит остатки трех молекул, связанных между собой: азотистое основание — *аденин*, сахар — *рибозу* и три фосфатных остатка (аденозинтрифосфат). При отщеплении одного фосфатного остатка происходит высвобождение энергии, и АТФ переходит в АДФ (аденозиндифосфат), который при потреблении энергии снова может перейти в митохондриях в аденоизнтрифосфат.

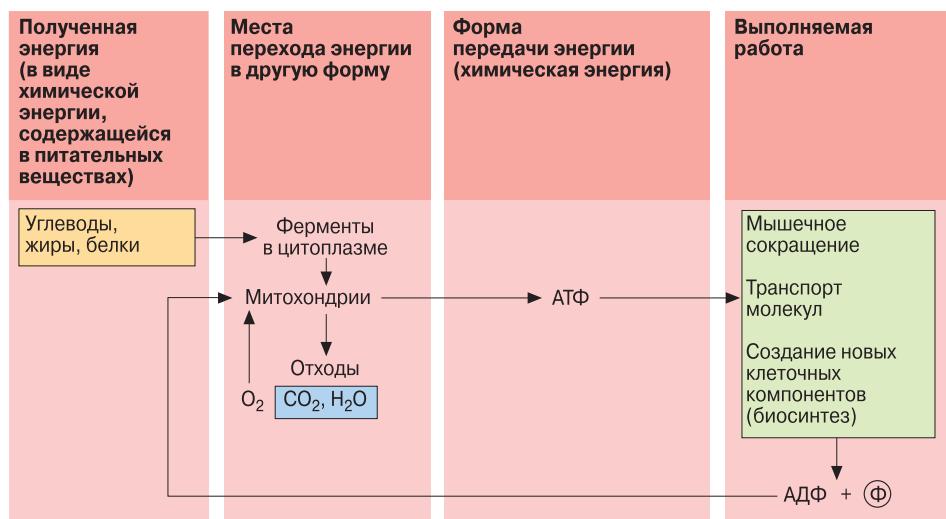


Рис. 1.3. Схема энергетических процессов в клетке (по Беске).

| | | | |
|-----|-------------------|------------------|-------------------|
| АТФ | аденозинтрифосфат | СО ₂ | двуокись углерода |
| АДФ | аденозиндифосфат | О ₂ | кислород |
| Φ | фосфат | H ₂ O | вода |

$$\begin{bmatrix} & & \\ \bullet & \bullet & \bullet & \bullet \end{bmatrix}$$