

БИОЛОГИЯ КЛЕТКИ

Учебное пособие

Под редакцией А. Ф. Никитина

2-е издание

*Рекомендовано ГБОУ ВПО «Первый Московский государственный
медицинский университет имени И. М. Сеченова»
в качестве учебного пособия для студентов учреждений
высшего профессионального образования,
обучающихся по специальности 060101 «Лечебное дело»,
060103 «Педиатрия», 060105 «Стоматология»,
060201 «Стоматология» по дисциплине «Биология»,
060104 «Медико-профилактическое дело»
по дисциплине «Биология, экология»*

Санкт-Петербург
СпецЛит
2015

Авторы:

А. Ф. Никитин — доктор медицинских наук, профессор;
Е. Я. Адоева — кандидат медицинских наук, доцент;
Ю. Ф. Захаркив — кандидат медицинских наук, доцент;
Е. А. Казакова — кандидат биологических наук, доцент;
А. А. Перминов — кандидат биологических наук;
А. И. Соловьев — доктор медицинских наук, доцент;
К. Г. Стрельцова — ассистент

Рецензенты:

Н. С. Абдукаева — заведующая кафедрой биологии СПбГПУ,
кандидат биологических наук, профессор;
М. А. Корженевская — заведующая кафедрой биологии ПСПбГМУ
им. акад. И. П. Павлова, кандидат биологических наук, доцент;
С. В. Костюкевич — заведующий кафедрой медицинской биологии СЗГМУ
им. И. И. Мечникова, доктор медицинских наук, профессор

Биология клетки : учебное пособие / А. Ф. Никитин, Е. Я. Адоева, Ю. Ф. Захаркив [и др.] ; под ред. А. Ф. Никитина. — 2-е изд. — Санкт-Петербург : СпецЛит, 2015. — 166 с.

ISBN 978-5-299-00648-3

В учебном пособии изложены современные сведения о клеточной теории, типах клеточной организации и структурно-функциональных системах эукариотной клетки. Раскрывается роль, которую играют различные клеточные структуры в фундаментальных процессах жизнедеятельности клетки: обмене веществ и превращении энергии, потоке информации, клеточной сигнализации, пролиферации, дифференциации и апоптозе. Особое внимание уделяется рассмотрению молекулярных механизмов, составляющих основу указанных процессов.

Пособие предназначено для студентов медицинских и биологических вузов, также может быть полезно всем, кто занимается изучением специальных вопросов биологии клетки.

УДК 574/578

ОГЛАВЛЕНИЕ

Условные сокращения	5
Предисловие	6
Глава 1. Клеточная теория. Типы клеточной организации	8
1.1. Клеточная теория	8
1.2. Типы клеточной организации	10
<i>Контрольно-обугающие вопросы</i>	14
Глава 2. Структурно-функциональная организация клетки	15
2.1. Общая характеристика структурно-функциональной организации клетки. Строение и свойства биологических мембран	15
2.2. Поверхностный аппарат клетки	18
2.2.1. Транспорт веществ через плазматическую мембрану	20
2.3. Цитоплазма. Органоиды и включения	26
2.3.1. Общая характеристика цитоплазмы, органоидов и включений	26
2.3.2. Система синтеза, сегрегации и внутриклеточного транспорта био- полимеров	28
2.3.3. Лизосомальная система и пероксисомы	33
2.3.4. Система энергообеспечения	38
2.3.5. Каркасно-двигательная система и ее биологическое значение	40
2.3.6. Клеточный центр, или центросома	43
2.3.7. Органоиды специального назначения	43
2.4. Система сохранения, воспроизведения и реализации генетической ин- формации	44
<i>Контрольно-обугающие вопросы</i>	52
Глава 3. Обмен веществ и превращение энергии в клетке	55
3.1. Общая характеристика обмена веществ и превращения энергии в клетке .	55
3.2. Многообразие способов обмена веществ в клетках	56
3.3. Значение АТФ в обмене веществ	57
3.4. Энергетический обмен	59
3.5. Особенности энергетического обмена у хемотрофных клеток	67
3.6. Пластический обмен и взаимосвязь катаболических и анаболических путей в метаболизме клетки	68
3.7. Биологические принципы регуляции метаболических процессов в клетке ...	70
<i>Контрольно-обугающие вопросы</i>	73
Глава 4. Поток информации в клетке	75
4.1. Общая характеристика потока информации в клетке	75
4.2. Репликация ДНК	75
4.2.1. Недорепликация концов молекулы ДНК в процессе репликации у эукариот	82
4.3. Экспрессия генов	85
4.3.1. Общая характеристика экспрессии генов. Молекулярная организа- ция генов про- и эукариот	85
4.3.2. Роль молекул РНК в реализации наследственной информации	87
4.3.3. Транскрипция	90
4.3.4. Трансляция	97
4.3.5. Посттрансляционные преобразования белков	104
4.4. Основы регуляции экспрессии генов	104
4.4.1. Общая характеристика регуляции экспрессии генов	104

4.4.2. Регуляция экспрессии генов у прокариот	105
4.4.3. Регуляция экспрессии генов у эукариот	110
<i>Контрольно-обучающие вопросы</i>	117
Глава 5. Клеточная сигнализация	120
5.1. Общая характеристика клеточной сигнализации	120
5.2. Виды клеточной сигнализации у многоклеточных животных	121
5.3. Сигнальные молекулы, участвующие в процессах клеточной сигнализации у высших животных и человека	122
5.4. Механизмы клеточной сигнализации	123
5.4.1. Клеточная рецепция и инициация проведения сигнала	124
5.4.2. Передача сигнала от рецепторов клеточной поверхности к эффекторным молекулам	129
5.4.3. Ответные реакции клеток на действие сигнальных молекул и их характеристика	137
5.4.4. Обратимый характер изменений, возникающих в ответ на действие сигнальных молекул, как необходимое условие функционирования сигнальных систем	137
<i>Контрольно-обучающие вопросы</i>	137
Глава 6. Жизненный цикл эукариотной клетки	138
6.1. Понятие жизненного цикла эукариотной клетки	138
6.2. Структурно-функциональные изменения клетки в митотическом цикле	141
6.3. Механизмы увеличения количества ДНК в клетке и их биологическое значение	145
6.4. Регуляция клеточного цикла	145
6.4.1. Характеристика молекул, участвующих в регуляции митотического цикла	145
6.4.2. Молекулярные механизмы регуляции митотического цикла	147
6.4.3. Контроль состояния наследственного материала при прохождении клеткой митотического цикла	150
6.5. Гибель клетки	150
6.5.1. Общая характеристика гибели клетки	150
6.5.2. Молекулярные механизмы апоптоза	153
<i>Контрольно-обучающие вопросы</i>	157
Ответы на контрольно-обучающие вопросы	160
Литература	161
Предметный указатель	162

УСЛОВНЫЕ СОКРАЩЕНИЯ

А	— аденин
АДФ	— аденозиндифосфорная кислота
АМФ	— аденозинмонофосфат(ы)
АСФ	— анафазстимулирующий фактор
АТФ	— аденозинтрифосфорная кислота
АТФаза	— аденозинтрифосфатаза
Г	— гуанин
ГДФ	— гуанозиндифосфат
ГМФ	— гуанозинмонофосфат
грЭПС	— гранулярная эндоплазматическая сеть
ГТФ	— гуанозинтрифосфат
ДНК	— дезоксирибонуклеиновая кислота
дцДНК	— двухцепочечная дезоксирибонуклеиновая кислота
иРНК	— информационная РНК
КГ	— комплекс Гольджи
КоА	— кофермент (коэнзим) А
МАПК	— митогенактивируемая протеинкиназа
МАПКК	— киназа митогенактивируемой протеинкиназы
МАПККК	— киназа киназы митогенактивируемой протеинкиназы
миРНК	— микроРНК
мРНК	— матричная РНК
МСФ	— митозстимулирующий фактор
мтДНК	— митохондриальная ДНК
мяРНК	— малые ядерные РНК
НАД	— никотинамидадениндинуклеотид
НАДФ	— никотинамидадениндинуклеотидфосфат
оцДНК	— одноцепочечная ДНК
пре-мРНК	— незрелая мРНК
РНК	— рибонуклеиновая кислота
рРНК	— рибосомная РНК
сиРНК	— маленькие интерферирующие РНК
Т	— тимин
тРНК	— транспортная РНК
У	— урацил
Ф _н	— фосфаты неорганические
ФАД	— флавинадениндинуклеотид
Ц	— цитозин
цАМФ	— циклический аденозин-3,5-монофосфат
ЭПС	— эндоплазматическая сеть
Ca ²⁺	— катион(ы) кальция
Cdk	— циклинзависимые протеинкиназы
Cl ⁻	— анион(ы) хлора
DISC	— сигнальный комплекс индукции клеточной гибели
K ⁺	— катион(ы) калия
lac-оперон	— лактозный оперон
Na ⁺	— катион(ы) натрия
NLS	— сигнал ядерной локализации
Ran-белок	— белок, связывающий гуанозинтрифосфат и гуанозиндифосфат
Ras-белки	— продукты онкогена <i>ras</i> , впервые идентифицированные в саркоме крысы
SRP	— сигналраспознающая частица
SRP-рецептор	— рецептор, находящийся на цитоплазматической стороне мембраны ЭПС
SSB-белки	— дестабилизирующие белки
trp-оперон	— триптофановый оперон

ПРЕДИСЛОВИЕ

Настоящее учебное пособие включает 6 глав и 114 рисунков. В начале каждой главы излагаются основные положения по рассматриваемому вопросу, что позволяет читателю более глубоко понять сущность и значение описываемого в дальнейшем.

Задача пособия — формирование у обучающихся на основе достижений современной биологической науки целостного представления о клетке как биологической системе и подготовка их к продуктивному восприятию и изучению медико-биологических и клинических дисциплин. В основу изложения учебных материалов положен системный подход, позволяющий рассмотреть структурную и функциональную организацию клетки в их тесном единстве и взаимосвязи. Достиганию указанной цели служит последовательность изложения учебных материалов пособия.

В первых двух главах дается представление о типах клеточной организации и рассматриваются важнейшие структурно-функциональные системы эукариотной клетки: система синтеза, сегрегации и внутриклеточного транспорта биополимеров, лизосомальная система, пероксисомы, система энергообеспечения, каркасно-двигательная система и система сохранения, воспроизведения и реализации генетической информации. Раскрывается роль, которую играют различные клеточные структуры в фундаментальных процессах жизнедеятельности клетки: обмене веществ и превращении энергии, потоке информации, клеточной сигнализации, пролиферации, дифференциации и апоптозе. В третьей главе приводятся общие сведения об энергетическом и пластическом обмене и их взаимообусловленности и взаимосвязанности, а также о фундаментальных механизмах регуляции клеточного метаболизма. В четвертой главе дается характеристика универсальных молекулярных механизмов, лежащих в основе потока информации в клетке: репликации, транскрипции и трансляции. Рассматриваются важнейшие биологические принципы и механизмы регуляции экспрессии генов у про- и эукариот. В пятой главе дается общее представление о сигнальных системах клетки, типах клеточных рецепторов, универсальных молекулярных механизмах трансдукции сигналов и ответных реакциях клеток на их действие. Шестая глава содержит сведения о закономерностях существования клеток во времени, их структурно-функциональных перестройках в разные периоды жизненного цикла и молекулярных механизмах его регуляции. В этой же главе рассматриваются биологическое значение апоптоза, а также структурно-функциональные изменения клетки при апоптозе и молекулярные механизмы его развития. Для облегчения усвоения материалов в конце пособия приводится предметный указатель.

При написании учебного пособия авторы стремились учитывать его дидактическую направленность, используя такую методологию и стиль изложения учебных материалов, которые делали бы их доступными для усвоения обучающимися. Поэтому в пособии приведены лишь самые необходимые химические формулы, символы и понятия для раскрытия значения и роли тех или иных молекулярных механизмов, лежащих в основе фундаментальных процессов жизнедеятельности клетки как биологической системы.

Пособие написано коллективом авторов: гл. 1, 3, 6 — А. Ф. Никитиным и А. И. Соловьевым; гл. 2 — А. Ф. Никитиным, Е. Я. Адоевой, Ю. Ф. Захаркивом и К. Г. Стрельцовой; гл. 4, 5 — А. Ф. Никитиным, Е. А. Казаковой и А. А. Перминовым. Предметный указатель составлен Е. А. Казаковой.

Материалы, содержащиеся в настоящем пособии, аккумулируют опыт преподавания курса биологии на одноименной кафедре Военно-медицинской академии им. С. М. Кирова. Авторы выражают глубокую благодарность и признательность своим коллегам, работающим на других кафедрах академии, за ценные советы и замечания, во многом содействовавшие написанию этой книги: профессорам В. Н. Цыгану, В. В. Алексееву, В. Г. Гололобову, П. Д. Шабанову, И. А. Одинцовой, доцентам Н. Г. Новиковой и А. М. Чайке.

КЛЕТОЧНАЯ ТЕОРИЯ. ТИПЫ КЛЕТОЧНОЙ ОРГАНИЗАЦИИ

1.1. Клеточная теория

Открытия и успехи в изучении клетки тесно связаны с изобретением микроскопа и дальнейшим усовершенствованием микроскопической техники. В 1665 году английский физик и ботаник Роберт Гук, рассматривая при помощи «увеличительных стекол» срез пробки, впервые обнаружил, что он состоит из ячеек. Эти ячейки Гук назвал *клетками*. Однако потребовалось еще более полутора столетий, пока немецкий зоолог Т. Шванн и его соотечественник ботаник М. Шлейден доказали, что все растительные и животные организмы построены из клеток. Впервые это обобщение было сформулировано в 1939 году создателем клеточной теории Т. Шванном, согласно которой все организмы животных и растений состоят из клеток, каждая клетка организма функционирует независимо от других, но вместе со всеми, и все клетки возникают из бесструктурного вещества неживой материи.

Большое влияние на развитие клеточной теории оказали работы немецкого врача Рудольфа Вирхова. В 1855 году он убедительно доказал, что клетки являются постоянными структурами и возникают только путем размножения себе подобных. По мнению Вирхова, «всякая клетка происходит от другой клетки. Там, где возникает клетка, ей должна предшествовать клетка, подобно тому, как животное происходит только от животного, растение — только от растения». Р. Вирхов опроверг ошибочные представления Т. Шванна об образовании клеток из бесструктурного вещества и обосновал одно из клю-

чевых положений клеточной теории, сформулированное им в кратком выразительном изречении: «каждая клетка из клетки» (*omnis cellula e cellula*).

Крупным вкладом в развитие клеточной теории было открытие К. Бэрром яйцеклетки млекопитающих и сделанный им вывод о том, что все многоклеточные организмы начинают свое развитие из одной клетки — зиготы. Тем самым К. Бэр впервые обосновал положение, согласно которому клетка является не только единицей строения, но и единицей развития всех живых организмов.

Создание клеточной теории ознаменовало новый этап в развитии биологии. В современной трактовке клеточная теория включает следующие основные положения:

1. Клетка — элементарная структурная и функциональная единица жизни; она обладает всей совокупностью свойств, характеризующих живое.

2. Клетки всех организмов сходны по своему строению, выполняемым функциям, химическому составу и обмену веществ, то есть гомологичны, что объясняется единством их происхождения.

3. Размножение клеток происходит путем их деления, и каждая новая клетка образуется в результате деления исходной (материнской) клетки. Клетка — элементарная единица размножения живого.

4. В многоклеточных организмах клетки специализированы по выполняемым функциям, объединены в целостные системы тканей и органов, связанные меж-

ду собой различными формами регуляции. Благодаря деятельности клеток в многоклеточных организмах осуществляется рост, развитие, обмен веществ и энергии.

5. Клетки многоклеточных организмов тотипотентны, то есть обладают генетическими потенциями всех клеток данного организма, но отличаются друг от друга разной экспрессией (работой) их генов, что приводит к морфологическому и функциональному разнообразию клеток.

Кратко поясним основные положения клеточной теории.

Клетка — элементарная единица живого. Рассматривая различные уровни организации живого в иерархическом порядке, от простого к сложному, легко убедиться в том, что нет меньшей единицы живого, чем клетка. Действительно, можно выделить из клетки отдельные ее структуры или даже молекулы, которые обладают частью признаков и свойств, отвечающих определению «живое». Например, рибосомы в присутствии необходимых факторов могут синтезировать белок, актомиозиновые фибриллы способны сокращаться в ответ на добавление аденозинтрифосфорной кислоты (АТФ). Но вся совокупность свойств, отличающих живое от неживого, впервые проявляется на клеточном уровне организации жизни.

Это фундаментальное положение клеточной теории неоднократно подвергалось критике. Например, указывалось, что в многоклеточных организмах, кроме клеток, существуют и межклеточные промежуточные вещества, которые, казалось бы, как и клетки, обладают свойствами живого. Ошибочность этого вывода, однако, заключается в том, что промежуточные вещества, например волокна соединительной ткани, представляют собой не самостоятельные образования, а продукты жизнедеятельности отдельных клеток.

Гомологичность клеток. Хорошо известно, сколь значительно отличаются

клетки по форме и выполняемым функциям даже в пределах одного многоклеточного организма. Например, у человека насчитывается более 200 различных типов клеток. Некоторые из них имеют древовидно-ветвящуюся форму, другие цилиндрическую, третьи — шаровидную и т. д. Вместе с тем клетки всех организмов сходны по своему строению, выполняемым функциям, химическому составу и обмену веществ, то есть гомологичны. Такое сходство клеток по коренным их свойствам определяется единством происхождения жизни и общностью метаболических процессов и функций, необходимых для поддержания жизнедеятельности любой клетки. Например, все клетки имеют ядро, обеспечивающее хранение и реализацию генетической информации; рибосомы, осуществляющие синтез полипептидных цепей; эндоплазматический ретикулум, участвующий во внутриклеточном транспорте, и другие жизненно необходимые структуры. В основе разнообразия типов клеток многоклеточного организма лежит специализация их функций и связанное с этим развитие особых функциональных аппаратов. Например, нервные клетки, кроме структур, присущих всем клеткам, имеют такие специфические для них черты, как длинные и разветвленные клеточные отростки, оканчивающиеся специальными образованиями — синапсами, обеспечивающими передачу нервного импульса. Разнообразие в строении одноклеточных организмов является результатом эволюционной приспособленности их к определенным условиям среды.

Клетка — элементарная единица размножения живого. Размножение клеток происходит только путем деления клеток, которому предшествует воспроизведение ее генетического материала. Прокариотические клетки обычно размножаются посредством простого деления надвое, то есть про-

стой перегородкой без участия каких-либо специальных аппаратов деления. У эукариотических клеток единственно полноценным способом деления являются митоз или мейоз. При этом такие клетки образуют специальный аппарат клеточного деления. Иных путей образования клеток и увеличения их количества нет.

Многоклеточные организмы — это сложные ансамбли клеток. Т. Шванн и Р. Вирхов представляли себе деятельность организмов как сумму жизнедеятельности отдельных клеток. Действительно, любая реакция или функция организма осуществляется специализированными клетками. Однако клетки в многоклеточном организме объединены в ткани и органы, составляющие функциональные системы, которые находятся во взаимосвязи друг с другом. Поэтому организм представляет собой сложный ансамбль клеток, объединенных и связанных гуморальными и нервными факторами регуляции. Разделение функций между клетками в многоклеточном организме обеспечивает широкие возможности для приспособления организмов к среде обитания

и служит предпосылкой усложнения их организации.

Клетки многоклеточных организмов тотипотентны, то есть обладают генетическими потенциями всех клеток данного организма. Все клетки многоклеточного организма (у млекопитающих исключение составляют лимфоциты) имеют одинаковый генотип, что служит основой их тотипотентности. Индивидуальное развитие многоклеточных организмов от одной клетки до зрелой особи — результат избирательной экспрессии разного набора генов в разных клетках, что приводит к появлению клеток со специфическими для них структурами и особыми функциями, то есть к процессу, называемому дифференцировкой.

Таким образом, открытие клетки и создание клеточной теории позволило обосновать единство клеточной организации всех живых организмов, обитающих на Земле, и сформулировать вывод, согласно которому свободноживущих неклеточных форм жизни не существует. Клеточная теория сыграла большую роль в развитии всех разделов биологической науки.

1.2. Типы клеточной организации

Среди всего разнообразия существующих клеток выделяют два типа клеточной организации: прокариотический и эукариотический.

Из прокариотических клеток построены организмы, которые входят в надцарство прокариот, объединяющее царство бактерий и царство архей. Большинство современных живых организмов состоят из эукариотических клеток и относятся к надцарству эукариот, включающему царство растений, царство грибов и царство животных.

Прокариотические клетки, в отличие от клеток эукариот, не имеют окруженного мембраной ядра, что отражено

в названии подцарства — прокариоты. Аналогом ядра у них служит *нуклеоид* — структура, располагающаяся непосредственно в цитоплазме, состоящая из ДНК, белков и РНК. Генетическая система прокариот представлена *генофором* — кольцевой молекулой ДНК, которая закреплена на клеточной мембране. Прокариотические клетки значительно мельче эукариотических. Так, размер большинства бактерий варьирует от 0,5 до 10 мкм, а у эукариот он составляет в среднем 40 мкм. Поскольку при увеличении размера какого-либо тела его объем возрастает как куб линейного размера, а площадь поверхно-

сти лишь как квадрат, для сохранения необходимого соотношения площади поверхности и объема эукариотические клетки в процессе эволюции приобрели хорошо развитую систему внутренних мембран, которая отсутствует у прокариотических клеток. В прокариотических клетках отсутствуют мембранные органоиды: хлоропласты, митохондрии, эндоплазматическая сеть, аппарат Гольджи и лизосомы. Единственной внутримембранной структурой у некоторых прокариот служит *мезосома*, представляющая собой впячивание мембранной оболочки, которое участвует в процессах дыхания. У прокариот отсутствуют также компоненты

цитоскелета, поэтому их цитоплазма, в отличие от эукариотических клеток, неподвижна.

Клетки прокариот, так же как и клетки растений и грибов, имеют клеточную стенку, однако основным ее компонентом служит не целлюлоза, а гликопротеин *муреин*. Прокариоты способны осуществлять ряд специфических физиологических процессов. Некоторые из них могут фиксировать молекулярный азот. Эти и другие особенности структурной и функциональной организации прокариотических и эукариотических клеток представлены в табл. 1.1 и приведены на рис. 1.1; 1.2.

Таблица 1.1

Сравнительная характеристика прокариотических и эукариотических клеток

Критерии	Прокариоты (доядерные)	Эукариоты (ядерные)
Размер клеток	Диаметр в среднем составляет 0,5–5 мкм	Диаметр обычно до 40 мкм, объем клетки, как правило, в 1000–10000 раз больше, чем у прокариот
Жизненные формы	Одноклеточные или нитчатые	Одноклеточные, нитчатые или истинно многоклеточные
Плазмалемма	Липидный бислой представлен преимущественно гликолипидами. Отсутствует холестерол. Имеется кардиолипин. Присутствуют фосфатидилинозитол, лецитин	Липидный бислой представлен преимущественно фосфолипидами. Имеются холестерол, фосфатидилхолин, фосфатидилинозитол. Кардиолипин отсутствует
Клеточные стенки	Жесткие; содержат полисахаридные цепи, соединенные олигопептидными шивками. Основной упрочняющий компонент – муреин (пептидогликан)	У растений и грибов клеточные стенки жесткие и содержат полисахариды. Основной упрочняющий компонент клеточной стенки у растений – целлюлоза, у грибов – хитин. У животных клеточные стенки отсутствуют
Капсулы	У некоторых представителей слизистые капсулы	Отсутствуют
Ядерная оболочка	Отсутствует	Имеется

Продолжение табл. 1.1

Критерии	Прокариоты (доядерные)	Эукариоты (ядерные)
Наследственный аппарат	Отсутствует истинное ядро. Нет ядрышка. Функцию ядра выполняет нуклеоид, в состав которого входит кольцевая двунитчатая спираль ДНК. Наследственный аппарат включает также плазмиды — молекулы ДНК, расположенные в цитоплазме и не связанные с нуклеоидом. F-плазмиды отвечают за процесс конъюгации у бактерий; R-плазмиды часто содержат гены, обеспечивающие устойчивость бактерий к антибиотикам	Имеется морфологически оформленное ядро, которое включает: поверхностный аппарат ядра, карิโอплазму, ядрышко и хроматин
Генетический материал	Кольцевая молекула ДНК нуклеоида лишена белков-гистонов, гены не имеют мозаичного (интрон-экзонного) строения	Линейные молекулы ДНК связаны с гистоновыми и негистоновыми белками и образуют хромосомы внутри ядра. Внутри ядра есть ядрышко. Гены содержат как информативные последовательности нуклеотидов — экзоны, так и неинформативные последовательности — интроны
Одномембранные органоиды	Отсутствуют: комплекс Гольджи, эндоплазматическая сеть, лизосомы. Внутренние мембраны встречаются редко, если они есть, то на них обычно протекают процессы дыхания и фотосинтеза	Многочисленны и разнообразны. Имеются одномембранные органоиды: лизосомы, комплекс Гольджи, эндоплазматическая сеть, вакуоли, пероксисомы
Двумембранные органоиды	Двумембранные органоиды отсутствуют. Имеются мезосомы — впячивания плазмалеммы, на которых протекают процессы клеточного дыхания и фотосинтеза	Имеются митохондрии и пластиды (в растительной клетке), содержащие свой наследственный и белоксинтезирующий аппарат: кольцевую молекулу ДНК и 70S-рибосомы
Белок синтезирующий аппарат	Представлен только 70S-рибосомами. Рибосомы содержат малую (30S) и большую (50S) субъединицы и располагаются в цитоплазме	Включает 80S-рибосомы, которые располагаются или свободно в гиалоплазме, или фиксированы на мембранах шероховатой ЭПС, и 70S-рибосомы, находящиеся в матрике митохондрий и в строме пластид. 80S-рибосомы состоят из малой (40S) и большой (60S) субъединиц

Окончание табл. 1.1

Критерии	Прокариоты (доядерные)	Эукариоты (ядерные)
Цитоскелет	Отсутствует движение гиалоплазмы (циклоз), экзо- и эндоцитоз	Цитоскелет представлен микро-трубочками, микрофиламентами и промежуточными филаментами. Имеется циклоз, экзо- и эндоцитоз
Жгутики	Представляют собой нитевидные структуры, не покрытые плазмалеммой и состоящие в основном из белка флагеллина. Диаметр жгутиков составляет в среднем 20 нм, а длина их обычно превышает размеры бактериальной клетки. Жгутики не содержат микротрубочек, и в их основании отсутствуют базальные тельца	Волосковидные, покрытые плазмалеммой выросты цитоплазмы клетки, толщиной 0,25 мкм и длиной 5–10 мкм. Внутри находится аксонема — цилиндр, стенка которого построена из 9 пар микротрубочек, образованных белком тубулином и связанных между собой «ручками» из крупномолекулярного белка динеина. В центре аксонемы располагаются две микротрубочки. В основании жгутика находится базальное тельце
Клеточный центр	Отсутствует	Имеется у животных, низших растений и некоторых грибов. Образован двумя центриолями, расположенными перпендикулярно друг другу. Каждая центриоль представлена цилиндром, образованным 9 триплетами микротрубочек
Синтез белка	Транскрипция и трансляция не разделены во времени и пространстве	Синтез и процессинг РНК происходят в ядре, синтез белков — в цитоплазме
Дыхание	У бактерий осуществляется на мезосомах — впячиваниях плазмалеммы, у сине-зеленых водорослей — на цитоплазматической мембране	Дыхание происходит в митохондриях
Фотосинтез	Происходит на мембранах, не имеющих специфической упаковки	Осуществляется в хлоропластах
Деление клеток	Бинарное деление. Митоз и мейоз отсутствуют	Деление клеток происходит путем амитоза, митоза или мейоза.
Фиксация азота	Некоторые прокариоты обладают этой способностью	Ни один эукариотический организм не способен к фиксации азота

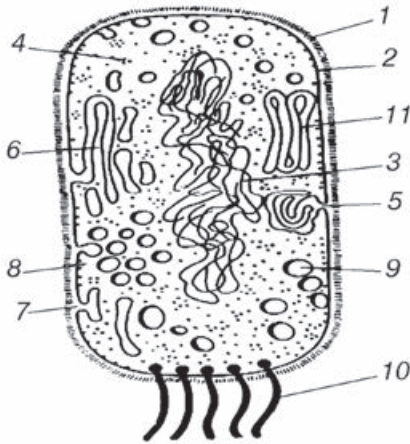


Рис. 1.1. Схема строения прокариотической клетки:

- 1 – клеточная стенка; 2 – плазмалемма;
3 – ДНК нуклеоида; 4 – полирибосомы;
5 – мезосома; 6 – ламеллярная структура;
7 – впячивания плазмалеммы; 8 – хроматофоры;
9 – вакуоли с включениями; 10 – бактериальные жгутики; 11 – пластинчатые тилакоиды

В заключение, рассматривая типы клеточной организации, следует отметить, что клетки архей обладают рядом общих свойств с бактериями и клетками эукариот. Например, по характеру репликации ДНК транскрип-

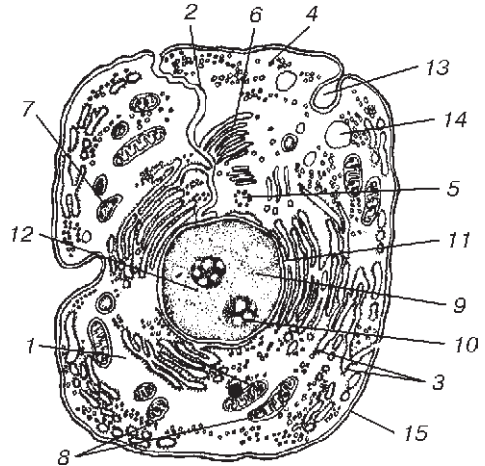


Рис. 1.2. Схема строения животной клетки:

- 1 – цитоплазма; 2 – гладкая эндоплазматическая сеть; 3 – гранулярная эндоплазматическая сеть; 4 – свободные рибосомы; 5 – клеточный центр; 6 – аппарат Гольджи; 7 – лизосома; 8 – митохондрии; 9 – хроматин; 10 – ядрышко; 11 – ядерная оболочка; 12 – ядерный сок; 13 – пиноцитозный пузырек; 14 – сократительная вакуоль; 15 – наружная клеточная мембрана

ции и трансляции архей напоминают клетки эукариот. В то же время основные процессы метаболизма, строение жгутиков и других клеточных структур архей имеет много общего с бактериями.

Контрольно-обучающие вопросы

1. Положение клеточной теории «Каждая клетка из клетки» впервые было сформулировано:

- а) К. Бэрром; б) Р. Вирховым; в) Т. Шванном; г) Р. Гуком; д) Р. Броуном.

2. Вывод о том, что клетка является не только единицей строения, но и единицей развития всех живых организмов, впервые был сформулирован:

- а) Т. Шванном; б) Р. Вирховым; в) Р. Броуном; г) К. Бэрром; д) Р. Гуком.

3. Аналогом ядра у прокариот служит:

- а) нуклеоид; б) генофор; в) кольцевая молекула ДНК.

4. Мембранное строение у клеток прокариот имеют:

- а) нуклеоид; б) генофор; в) мезосома; г) все указанные структуры.

5. Прокариотические клетки, в отличие от клеток эукариот, не имеют:

- а) ДНК; б) оформленного ядра; в) рибосом; г) цитоплазмы; д) клеточной стенки.

6. Аксонема имеется в структуре жгутиков:
а) только у прокариот; б) только у эукариот; в) как у про-, так и у эукариот.
7. Гены бактерий не имеют:
а) экзон-интронного строения; б) оперонной организации; в) промотора;
г) регуляторных последовательностей, примыкающих к промотору; д) терминатора.
8. Хитин служит основным упрочняющим компонентом клеточной стенки:
а) бактерий; б) архей; в) растений; г) животных; д) грибов.
9. Характер репликации ДНК, транскрипции и трансляции у клеток архей:
а) напоминает таковой у клеток прокариот; б) абсолютно уникален; в) напоминает таковой у клеток эукариот.
10. Строение жгутиков у клеток архей:
а) такое же, как у клеток эукариот; б) такое же, как у клеток прокариот; в) абсолютно уникально.

Глава 2

СТРУКТУРНО-ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ КЛЕТКИ

2.1. Общая характеристика структурно-функциональной организации клетки. Строение и свойства биологических мембран

По своей структуре и функциям клетки эукариот весьма разнообразны. Но даже у тысяч различных типов клеток можно выделить общие черты строения, характеризующие их как гомологичные образования. Обобщенная схематическая эукариотическая клетка животных состоит из следующих структурно-функциональных частей: поверхностного аппарата, цитоплазмы и ядра. В каждой из них имеются мембранные элементы: наружная клеточная мембрана в поверхностном аппарате, мембранные органоиды в цитоплазме и ядерная оболочка в ядре. Поскольку все клеточные мембраны играют исключительно важную роль в жизнедеятельности клетки, изучение мембран заслуживает специального внимания.

Все *биологические* мембраны построены по единому принципу — это тонкие липопротеиновые пленки, структурную основу которых составляет двойной слой молекул липидов, в который включены молекулы белка. В мембранах животных клеток весовое соотношение липидов и белков примерно одинаковое, хотя для различных клеточных структур оно может варьировать. В состав многих мембран наряду с липидами и белками входят углеводы, доля которых может составлять 2–10 %.

Характерными представителями липидов клеточных мембран являются фосфолипиды, сфинголипиды и гликолипиды.

Фосфолипиды относятся к наиболее часто встречающимся мембранным

Учебное издание

БИОЛОГИЯ КЛЕТКИ

Учебное пособие

Под редакцией А. Ф. Никитина

2-е издание

Редактор *Тимагева П. А.*
Корректор *Мешкомаева Л. А.*
Компьютерная верстка *Габерган Е. С.*

Подписано в печать 11.02.2015. Формат 70 × 100 ¹/₁₆.
Печ. л. 10,5. Усл. печ. 13,65.
Тираж 1000 экз. Заказ №

ООО «Издательство „СпецЛит“».
190103, Санкт-Петербург, 10-я Красноармейская ул., 15.
Тел./факс: (812) 495-36-09, 495-36-12
<http://www.speclit.spb.ru>

Отпечатано в типографии «L-PRINT».
192007, Санкт-Петербург, Лиговский пр., 201, лит. А, пом. 3Н.

ISBN 978-5-299-00648-3



9 785299 006483