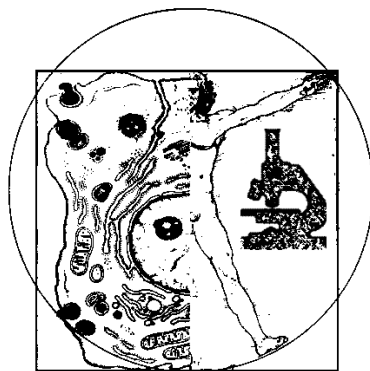


**С.Ю.Виноградов,
С.В.Диндяев,
В.В.Криштоп**

ОСНОВЫ ЦИТОЛОГИИ



Иваново – 2011

С.Ю.Виноградов, С.В.Диндяев, В.В.Криштоп

ОСНОВЫ ЦИТОЛОГИИ

Учебно – методическое пособие для студентов
стоматологического факультета

Иваново – 2011

ОСНОВЫ ЦИТОЛОГИИ: учебно – методическое пособие для студентов стоматологического факультета/ С.Ю.Виноградов, С.В.Диндяев, В.В.Криштоп. – Иваново, 2011. - 95 с.

Под общей редакцией профессора С.Ю.Виноградова

Учебно-методическое пособие содержит программный материал по цитологии и общей эмбриологии, усвоение которых часто вызывает затруднение у студентов. Темы изложены в краткой доступной форме, что делает данное пособие полезным на предварительных этапах изучения указанных дисциплин. Каждая из рассматриваемых тем иллюстрирована оригинальными схемами и рисунками. В качестве приложений в конце каждой лекции даются контрольные вопросы для самопроверки знаний, а также и приводятся примеры тестовых заданий и ситуационных задач.

Пособие является ценным дополнением к рекомендуемым УМО учебникам. Оно предназначено для студентов стоматологического факультета, но может быть полезно при изучении гистологии студентами других медицинских факультетов, интернов и ординаторов

Рецензент: Гансбургский Алексей Николаевич - д.м.н., профессор кафедры

гистологии с эмбриологией и цитологией Ярославской государственной медицинской академии

АВТОРЫ

Виноградов Сергей Юрьевич – д.м.н., профессор, заведующий кафедрой гистологии и эмбриологии Ивановской государственной медицинской академии

Диндяев Сергей Валерьевич – д.м.н., профессор кафедры гистологии и эмбриологии Ивановской государственной медицинской академии

Криштоп Владимир Владимирович – к.м.н. старший преподаватель кафедры гистологии и эмбриологии Ивановской государственной медицинской академии

Авторская редакция и компьютерная верстка

© Коллектив авторов, 2011

ОГЛАВЛЕНИЕ

	стр.
Глава I	
А. Введение в дисциплину.....	4
Б. Приборы и методы гистологического исследования.....	6
Глава II. Основы цитологии.....	22
А. Структурно-функциональная организация эукариотической клетки.....	22
А1. Цитолемма.....	25
А.2.Цитоплазма.....	33
А.3. Ядро.....	48
А.4. Структурно функциональные аппараты клетки.....	55
А.5. Специальные комплексные структуры дифференцированных клеток.....	59
Б. Цитофизиология.....	68
Б.1. Воспроизведение клеток.....	68
Б.2. Реактивность клетки.....	74
Б.3. Клеточная секреция.....	77
Б.4. Возрастные изменения клетки.....	81

Глава I

А. ВВЕДЕНИЕ В ДИСЦИПЛИНУ

А.1. Организм человека – целостная биологическая система, включающая ряд сформированных в фило- и онтогенезе *уровней* структурно-функциональной организации живой материи. К таким уровням относятся – **клеточный, тканевой, суборганный, органный, системный и организменный.**

. А.1.1. Интеграции систем клеток, тканей и органов составляют целостный организм, обладающий своей внутренней средой. Она характеризуется массой констант и параметров, которые находятся между собой в определенных количественных и качественных отношениях. Относительное постоянство и сбалансированность этих отношений в своей совокупности составляет **гомеостаз организма**, обладающий многими степенями надежности и резервности.

А.1.2. Жизнедеятельность организма происходит во внешней среде, оказывающей на него разнообразные по силе и характеру влияния. Приспособление живого организма к постоянно изменяющимся условиям существования во внешней среде называется **адаптацией**. Таким образом, биологическая жизнь представляет собой цепь *адаптационно-компенсаторных реакций*, протекающих на всех уровнях организации живой материи и направленных на поддержание гомеостаза организма.

А.2. Гистология - одна из фундаментальных биологических наук, которая в микроскопическом диапазоне изучает все структурные уровни организации живой материи. Она имеет большое значение для теоретической и практической медицины.

А.2.1. Как учебная дисциплина для медицинских вузов гистология включает **цитологию** (науку о клетке), **эмбриологию** (науку о развитии зародыша), **общую гистологию** (науку о тканях), **частную гистологию** (науку о микроскопическом строении органов). Знание источников происхождения, закономерностей развития, а также нормальной структуры и функции клеток, тканей и органов совершенно необходимы для понимания механизмов возникновения заболеваний, формирования алгоритмов клинической диагностики и лечения во всех областях практической медицины, в т.ч. и стоматологии

Б. ПРИБОРЫ И МЕТОДЫ ГИСТОЛОГИЧЕСКОГО ИССЛЕДОВАНИЯ

Б.1. Микроскопы служат основными приборами гистологического исследования. Современные микроскопы обладают высокой *разрешающей способностью* и большим *увеличением*.

Б.1.1. Разрешающая способность – это свойство оптической системы микроскопа давать четкое изображение мельчайших объектов или их деталей. Разрешающая способность является ведущей характеристикой микроскопа.

- Числовой параметр, оценивающий разрешающую способность, называется *разрешающим расстоянием* – это расстояние между двумя раздельно видимыми точками в структуре изучаемого объекта. Чем меньше величина разрешающего расстояния, тем выше разрешающая способность микроскопа, тем более мелкие объекты можно исследовать, т.е. получать их четкое изображение.

- Разрешающее расстояние вычисляется по специальной многокомпонентной математической формуле. Однако приблизительно оно равно 0,5 от длины волны потока излучения (видимый свет, пучок электронов, рентгеновские и лазерные лучи).

Б.1.2. Увеличение микроскопа является величиной, зависимой от разрешающего расстояния. Оно выражает отношение размеров изображения, даваемое микроскопом, к истинным размерам микроскопируемого объекта.

Б.2. Световые микроскопы получили наибольшее распространение в гистологии. В них в качестве оптической системы используются прозрачные (чаще стеклянные) линзы и видимый свет как источник изображения.

Б.2.1. Минимальная длина световой волны в видимой части спектра приблизительно равна 0,4 мкм – следовательно, разрешающий размер объекта микроскопического изучения составляет 0,2 мкм (0,5х0,4). Максимальное увеличение светового микроскопа в оптимальных границах его разрешения не превышает 2000-2500 раз.

Б.2.2. Для работы в режиме больших увеличений применяются специальные короткофокусные *иммерсионные объективы*. Между наружной линзой этих объективов и покровным стеклом гистологического препарата наносится прозрачная иммерсионная жидкость, в которую опускается наружная линза объектива. Замена воздуха иммерсионной средой, позволяет повысить его разрешающую способность и увеличение.

Б.2.3. В специальных исследованиях применяются многие разновидности светового микроскопа (*люминесцентный, поляризационный, фазово-контрастный, интерференционный и др.*). Их разрешающая способность несколько выше – в пределах 0,1 мкм.

Б.3. Электронный микроскоп позволил сделать принципиально новый шаг вперед в развитии микроскопической техники и, следовательно, микроскопических исследований в биологии и медицине.

- В электронном микроскопе видимый свет, как источник изображения объекта микроскопирования,

полностью заменен на *поток электронов*, который с высокой скоростью распространяется в глубоком вакууме, создаваемом в тубусе микроскопа.

- Длина волны электромагнитных колебаний при движении электронов в электрическом поле с разницей потенциалов 50000 вольт равна 0,006 нм. Эта величина позволяет изучать объекты с предельно минимальными размерами приблизительно 0,003 нм (0,000003 мкм), т.е. разрешающая способность электронного микроскопа в 100 000 раз выше, чем у светового микроскопа.
- Электроны обладают высокой проникающей способностью, поэтому для получения интерференции (взаимоналожение волн с результирующим эффектом их усиления или ослабления), необходимой для восприятия изображения объект изучения (срез) контрастируют (см.ниже).
- Электронная «интерференционная картина» глазом человека не воспринимается, поэтому она первоначально отбрасывается на флюоресцирующий экран или на фотопленку, что позволяет получить зрительный «образ» объекта изучения.
- Современные мегавольтные электронные микроскопы интегрируются с компьютерными системами, позволяющими переводить электронно-микроскопическое изображение в цифровую форму со сверхвысоким разрешением.

Б.3.1. Существует два типа электронных микроскопов: *трансмиссионные (ТЭМ) и сканирующие (СЭМ)*.

- **ТЭМ** использует возможность проникновения электронов в биологический объект, что позволяет получить плоскостное изображение структуры;

- **СЭМ** используют эффект отражения электронов от поверхности объекта исследования, чем обеспечивается объемность изображения объекта изучения.

Б.4. Гистологические препараты являются основными объектами микроскопического исследования клеток, тканей и органов.

Б.4.1. Для изготовления гистологических препаратов используют *мазки, соскобы, отпечатки, биоптаты, пленочные биообъекты, ультрацентрифугаты, тонкие и ультратонкие срезы кусочков органов.*

Б.4.2. Объектами гистологического исследования могут быть:

- трупный материал (патологоанатомические и судебно-медицинские экспертизы);
- материал прижизненной медицинской диагностики (кровь, ликвор, амниотическая жидкость, послеродовая плацента, слюна, иссеченные фрагменты объектов хирургических и стоматологических операций);
- органы и ткани экспериментальных животных ;
- живые клетки и ткани в культуре (in vivo) и т.д.

Б.4.3. Среди гистологических препаратов в учебных и медицинских целях чаще других используются ***микроскопические срезы органов*** толщиной (5 – 10 мкм). Их изготовление представляет собой сложную и кропотливую работу, которая включает в себя шесть основных **этапов**.

► *Взятие материала;*

► *Фиксация материала* (консервация с помощью химических фиксаторов или замораживания);

- ▶ *Уплотнение материала* (пропитывание уплотняющими средами или замораживание) – необходимо для последующего изготовления срезов;
- ▶ *Изготовление срезов* (производится на приборах - микротомах) – для световой микроскопии толщина среза 5-10 мкм, для электронной – 50-60 нм;
- ▶ *Окрашивание, импрегнирование или контрастирование срезов* (производится для усиления четкость изображения объекта исследования)
- ▶ *Монтирование* окрашенных срезов на предметном стекле.

Б.4.4. Для приготовления *долгосрочных* гистологических препаратов окрашенный срез помещают в *заливочную среду* между предметным и покровным стеклом. Заливочная среда должна обладать коэффициентом преломления световых лучей, близким к стеклу. В качестве заливочных сред чаще используют смолы пихтовых деревьев («канадский бальзам»), желатину, ряд синтетических композиций.

Б.4.5. При изготовлении *временного* гистологического препарата срез помещают в воду или глицерин.

Б.4.6. В стоматологии в диагностических целях (в т.ч. при экспресс-диагностике) берут *мазки, соскобы и отпечатки* с поверхностей органов ротовой полости (не требуют химической фиксации и уплотнения), а также *биоптаты* (прижизненное взятие кусочков органов).

Б.4.7. Для изготовления гистологических препаратов **зубов** применяют особые методы первичной обработки материала

- ▶ *Декальцинирование* – обработка предварительно фиксированного зуба или его распила растворами кислот (уксусной, азотной или соляной) для удаления известковых солей из минерализованных тканей. В дальнейшем производят уплотнение и резание на

микротоме Полученные срезы окрашивают или исследуют с помощью поляризационного микроскопа.

► *Шлифование* – делают максимально тонкие распилы зуба и их фиксируют в формалине. Затем распилы шлифуют и полируют на специальных стеклянных пластинках или микрошлифовальных станках до достижения прозрачности шлифа. При наличии соответствующих навыков можно получить тотальный шлиф зуба толщиной до 50 мкм. Шлифы окрашивают для световой микроскопии или исследуют неокрашенными с помощью поляризационного или фазово-контрастного микроскопа.

► Трехмерную пространственную организацию поверхностей зуба или его сколов на ультрамикроскопическом уровне после специальной обработки солями тяжелых металлов возможно изучать с помощью сканирующего электронного микроскопа

Б.4.8. Для усиления визуализации изучаемых структур гистологические препараты **окрашивают** специальными *гистологическими красителями*, *импрегнируют* или *контрастируют*. Для исследования химического состава структур препарат обрабатывают *гистохимическими красящими реагентами*(*гистохимический анализ*).

Б.4.8.1. Гистологические красители подразделяются на щелочные и кислые. Они позволяют исследовать общий план строения клетки т.е. оценить наличие и основные свойства ядра и цитоплазмы.

- Структуры клеток или тканей, окрашивающиеся основными красителями, называются *базофильными*, кислыми красителями – *оксифильными*. Одним из наиболее распространенных основных красителей

является *гематоксилин*. Он окрашивает базофильные структуры в фиолетовый цвет (например, ядро клетки). У молодых интенсивно делящихся клеток базофилией обладает и цитоплазма. Примером кислых красителей является *эозин*, окрашивающий оксифильные структуры в розовый цвет (например, цитоплазму дифференцированных клеток).

- В практике гистологических исследований с помощью светового микроскопа для окрашивания препаратов часто используются комбинации основных и кислых красителей (например: *гематоксилин-эозин*, *азур – эозин* и др.).

- При экспресс-диагностике (в т.ч. в стоматологической практике) применяют прижизненные (суправитальные) методы окрашивания мазков, отпечатков, соскобов без предварительной химической фиксации с помощью целого ряда красителей – метиленовый синий, толуидиновый синий, метилоранж и др.

- **Импregnации** – группа визуализирующих методов обработки объектов для светооптического гистологического исследования. Они основаны на процессах селективного осаждения и восстановления солей тяжелых и драгоценных металлов (азотнокислое серебро, хлорное золото и др.) на некоторых структурах. Часто применяются при изучении элементов нервной ткани (нервные волокна, нервные окончания и др.).

- **Контрастирование** ультратонких срезов толщиной 50-60 нм для электронной микроскопии производится мелкодисперсными соединениями, которые осаждаются на структурах и не пропускают или задерживают электроны (например, четырехокись осмия).

2.3. В арсенале методов гистологического исследования имеется множество специальных технологий, которые позволяют изучать различные уровни организации структуры клеток и тканей.

- **Гистохимические и иммуноцитохимические методы** позволяют выявить, а также качественно и количественно оценить распределение химических веществ и соединений в структурах.

- **Цитоспектрофлуорометрия** позволяет изучить и количественно оценить химический состав флуоресцирующего объекта по спектрам поглощения или отражения света.

- **Авторадиография** определяет распределение радиоизотопов в клетках и тканях.

- **Цитофотометрия** – метод количественного изучения оптической плотности структуры по анализу абсорбционных спектров.

- **Дифференциальное ультрацентрифугирование** позволяет отделять и осаждать различные клеточные компоненты.

- **Культивирование и клонирование** клеток и тканей вне организма позволяет изучить морфогенетические свойства стволовых клеток. В последнее время в медицине (в т.ч. и в стоматологии) стали применяться технологии лечения с применением клеточного материала, полученного в результате культивирования и клонирования.

- **Морфометрия** – комплекс количественных методов исследования, позволяющих проводить измерения размеров или подсчет количества гистологических структур.

- Следует отметить, что в данной главе приведены лишь некоторые методы гистологического исследования. Их

существует гораздо больше и с ними можно ознакомиться в специальной литературе.

Повторите пройденный материал по графам!

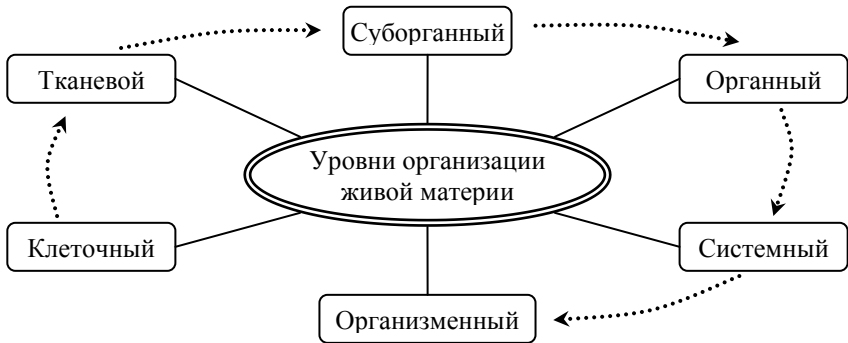


Рис. 1. Введение в дисциплину



Рис. 2. Приборы и методы гистологического исследования

Приложения

Контрольные вопросы

1. Назовите уровни организации живой материи.
2. Какие науки включаются в учебную дисциплину «гистология»?
3. Что является источником получения изображения в световом (а) и электронном (б) микроскопах?
4. Что называется разрешающей способностью (а) и увеличением (б) микроскопа?
5. Какова разрешающая способность светового (а) и электронного (б) микроскопов?
6. Почему разрешающая способность электронного микроскопа выше, чем светового?
7. Назовите основные типы электронного микроскопа.
8. Перечислите объекты гистологического исследования (в т.ч. в стоматологии)
9. Назовите этапы изготовления гистологического препарата.
10. Что называется базофилией (а) и оксифилией (б)?
11. Какие способы взятия материала для гистологического исследования наиболее часто применяются в практической стоматологии?
12. Специальные методы гистологического исследования зуба (декальцинация, шлифование).

Примеры тестов первого уровня

1. Что называется разрешающей способностью микроскопа: *а) это его увеличение; б) способность микроскопа давать мнимое изображение; в) способность микроскопа давать четкое изображение мельчайших объектов; г) отсутствие дифракции?*

2. Каково разрешающее расстояние оптической системы светового микроскопа: а) 0,4 мкм; б) 0,2 мкм; в) 0,006 мкм; г) 0,006 нм ?

3. Какой микроскоп для получения изображения исследуемого объекта использует эффект отражения электронов от поверхности структуры: а) фазово-контрастный; б) поляризационный; в) электронный трансмиссионный; г) электронный сканирующий ?

4. Что называется базофилией: а) контрастирование структур клетки; б) способность окрашиваться кислыми красителями; в) способность окрашиваться щелочными красителями; г) щелочная реакция структуры ?

5. Разновидностями светового микроскопа являются все, кроме: а) поляризационный; б) трансмиссионный; в) фазово-контрастный; г) люминисцентный.

6. Что называется оксифилией: а) способность окрашиваться кислыми красителями; б) кислая реакция структуры; в) способность окрашиваться щелочными красителями; г) контрастирование структур клетки?

7. Что является объектами микроскопического гистологического исследования? Верно все, кроме: а) микроскопические срезы органов; б) биоптаты; в) фиксированные макропрепараты внутренних органов; г) окрашенные мазки с поверхности слизистой оболочки органов полости рта.

8. При микроскопировании мазка, взятого с поверхности слизистой оболочки десны и окрашенного смесью основного и кислого красителя выявлено несколько разновидностей клеток. По их способности к окрашиванию определите, какие из них обладают наиболее выраженной

митотической активностью, т.е. являются наименее дифференцированными:

а) крупные полигональные клетки с оксифильной цитоплазмой и резко сморщенным (пикнотизированным) ядром; б) мелкие округлые клетки с зернистой оксифильной цитоплазмой и сегментированным ядром; в) клетки средних (для данного мазка) размеров с резко базофильной цитоплазмой и округлым базофильным (гиперхромным) ядром; д) клетки средних (для данного мазка) размеров с оксифильной цитоплазмой и округлым базофильным (гиперхромным) ядром;

9. Что чаще всего является материалом гистологического экспресс-исследования в стоматологии? Верно все, кроме: а) отпечатки со слизистой оболочки; б) биоптаты; в) фиксированные макропрепараты органов ротовой полости; г) окрашенные мазки со слизистой оболочки.

10. Какой предварительный способ обработки зуба позволяет сделать его микротомный срез: а) замораживание; б) декальцинация; в) импрегнация; г) шлифование?

11. Какой из методов микроскопии позволяет оценить трехмерную пространственную организацию поверхности эмали зуба: а) трансмиссионная электронная микроскопия; б) сканирующая электронная микроскопия; в) поляризационная микроскопия; г) интерференционная микроскопия?

12. Какой из методов гистологического исследования позволяет провести анализ пространственно-молекулярной организации дентиновых волокон в составе дентина зуба: а) импрегнация солями серебра; б) фазово-контрастная микроскопия; в) трансмиссионная электронная микроскопия; г) поляризационная микроскопия?

13. Какие из перечисленных методов гистологического исследования шлифа зуба можно применить для получения количественной информации об объемном соотношении эмали, дентина и пульпы: *а) импрегнация с последующей докраской гематоксилином-эозином; б) поляризационная микроскопия и морфометрия с помощью окулярного микрометра; в) трансмиссионная электронная микроскопия; г) такого метода нет?*

Примеры тестов второго уровня

1. Назовите известные Вам микроскопы, которые для получения изображения используют видимый свет (а, б, в, г). Назовите предел разрешающей способности этих микроскопов (д) и их максимальное увеличение (е). Ответ: *а) световой; б) фазово-контрастный; в) поляризационный; г) люминесцентный; д) 0,2-0,1 (мкм); е) 2000-2500 раз.*

2. Какова, приблизительно, длина волны потока электронов в тубусе электронного микроскопа (а)? Какие основные физические условия необходимо создать в канале тубуса для «разгона» электронов (б, в)? Что необходимо сделать с ультратонким срезом органа, чтобы получить четкое изображение структур с помощью электронного микроскопа (г)? Ответ: *а) 0,006 нм; б) высокое напряжение; в) глубокий вакуум; г) электронноплотное контрастирование.*

3. Какие этапы изготовления гистологического препарата для световой микроскопии может заменить собой замораживание кусочка органа, предназначенного для микроскопического исследования (а,б)? К какому этапу можно приступить после замораживания (в)? Для какой цели производится окрашивание препарата (г)? Ответ: *а) фиксация; б) уплотнение; в) резание на микротоме; г) увеличение разницы показателей преломления между структурными и неструктурными компонентами клетки*

позволяет усилить четкость картины ее микроскопического изображения.

4. Назовите основные способы взятия материала для гистологической экспресс-диагностики состояния слизистой оболочки органов ротовой полости в стоматологии (а – г)?

Ответ: а) отпечатки со слизистой оболочки; б) биоптаты; в) соскобы со слизистой оболочки; г) окрашенные мазки со слизистой оболочки.

5. Назовите способ обработки фиксированного формалином зуба для получения с него гистологически тонкого среза (а). Предшествует ли в этом случае этапу резания уплотнение материала (б)? Как называется прибор, на котором производят резание объектов гистологического исследования (в)? Ответ: а) декальцинация; б) да; в) микротом.

Примеры ситуационных задач

1. Перед исследователем два гистологических препарата отпечатков с поверхности слизистой оболочки нижней десны, взятый у разных стоматологических больных. Отпечатки фиксированы над пламенем спиртовки и окрашены стандартной смесью щелочного и кислого красителя. С помощью светового микроскопа на первом препарате выявлена группа клеток с базофильным ядром и оксифильной цитоплазмой, на втором преобладают клетки с базофильным ядром и базофильной цитоплазмой.

• В каких клетках преобладают процессы белковых синтезов (а)? Какие клетки обладают высокой пролиферативной (митотической) активностью (б)? Обоснуйте Ваш ответ.

Ответ: а) в клетках с базофильной цитоплазмой и базофильным ядром. Обоснование: цитоплазма окрашивается щелочными красителями в следствие ее собственной кислой реакции, которая обусловлена большим

количеством РНК – следовательно в цитоплазме много рибосом, которые обеспечивают процессы белковых синтезов для внутренних нужд клетки – восстановления и новообразования структур после деления.

2. Перед исследователем поставлены задачи – в ходе гистологического анализа материала, полученного от экспериментального лабораторного животного выявить: а) изменения объемных ядерно-цитоплазмных отношений в гепатоцитах (клетки печени); б) изменения структуры кариолеммы в гепатоцитах.

• С помощью каких микроскопов будут решаться задачи «а» и «б»? Обоснуйте Ваш ответ.

Ответ: а) для выполнения задания нужно использовать световые микроскопы, т.к. их сравнительно небольшие разрешающая способность и увеличение позволят получить изображение клетки и её основных структурных компонентов (ядра и цитоплазмы) в целом; б) для выполнения задания необходимо применить электронный микроскоп, т.к. его разрешающая способность и увеличение обеспечивают изучение ультраструктур клетки, к которым, в частности, относится кариолемма.

3. Для экспресс-диагностики состояния слизистой оболочки внутренней поверхности щеки стоматологом сделан гистологический препарат в виде мазка. В нем необходимо произвести подсчет различных форм клеточных элементов эпителия

• Следует ли мазок фиксировать с помощью химического фиксатора (а)? Красителями какой группы его нужно окрасить (б)? Можно ли в окрашенном мазке с помощью светового микроскопа дифференцировать клеточные и постклеточные (безъядерные) элементы эпителия (в)? Обоснуйте последний пункт Вашего ответа.

Ответ: а) нет; б) красители суправитальной группы; в) да. Обоснование: разрешающая способность светового микроскопа (0,2 мкм) достаточна для изучения общего плана строения клетки, т.е. для выявления ядра и цитоплазмы.

4. В научных целях в эксперименте необходимо изучить особенности иннервации пульпы зуба после применения нового стоматологического метода лечения. Исследователю предстоит выявить в пульпе и оценить состояние нервных волокон и нервных окончаний.

- Какую группу гистологических методов нужно применить для выполнения поставленной задачи (а)? Какие механизмы выявления структур лежат в основе этих методов (б)? С помощью светового или электронного микроскопа будут проводиться исследования (в)? Укажите разрешающую способность этого микроскопа (г) и границу его максимального увеличения (д.).

Ответ: а) импрегнации; б) осаждение и восстановление солей тяжелых и драгоценных металлов на структурах; в) световой микроскоп; г) 0,2 мкм; д) 2000 – 2500 раз.

Глава II

ОСНОВЫ ЦИТОЛОГИИ

<p>Клетка является наименьшей структурно-функциональной единицей организации живой материи.</p>
--

- В организме человека приблизительно 200 видов клеток, а общее их количество в организме человека приблизительно 10^{13} .

- Основные проявления жизнедеятельности клетки (раздражимость, реактивность, подвижность, способность к размножению, к функционированию, к адаптации, к защите, к восстановлению, к старению и естественной смерти) базируются на **генетически управляемом метаболизме** (обмене веществ).

- Структурное выражение метаболизма клетки складывается из двух полярных процессов – *анаболизма* (созидание структур) и *катаболизма* (разрушение структур). В здоровом организме эти процессы уравновешены и имеют возрастные особенности.

А. СТРУКТУРНО-ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ ЭУКАРИОТИЧЕСКОЙ (ЯДЕРНОЙ) КЛЕТКИ

Эукариотическая клетка (рис.1) состоит из трех основных структурных компонентов:

- цитолеммы
- цитоплазмы
- клеточного ядра

● По **форме** клетки могут быть округлыми, эллипсоидными, кубическими, цилиндрическими, веретеновидными, отростчатыми, плоскими, амебовидными и т.д.

● **Размеры** клеток человека лежат в пределах от 4 до 120 мкм. Они могут иметь одно или несколько ядер.

● Кроме типичных клеток имеются **постклеточные формы**, которые лишились ядер в процессе дифференцировки (например: эмалевые призмы зубной эмали, роговые чешуйки кожи, эритроциты, тромбоциты).

Рис. 3. Обобщенная схема строения эукариотической клетки: 1 – ядро, 2 – кариолемма, 3 – гетерохроматин, 4 – эухроматин, 5 – ядрышко, 6 – микроворсинки, 7 – микрореснички, 8 – аксонема, 9 – базальное тельце, 10 – экзоцитозные пузырьки, 11 – клеточный центр, 12 – микротрубочки, 13 – микрофибриллы и микрофиламенты, 14 – цитолемма, 15 – комплекс Гольджи, 16 – пероксисомы, 17 – пищеварительные вакуоли,

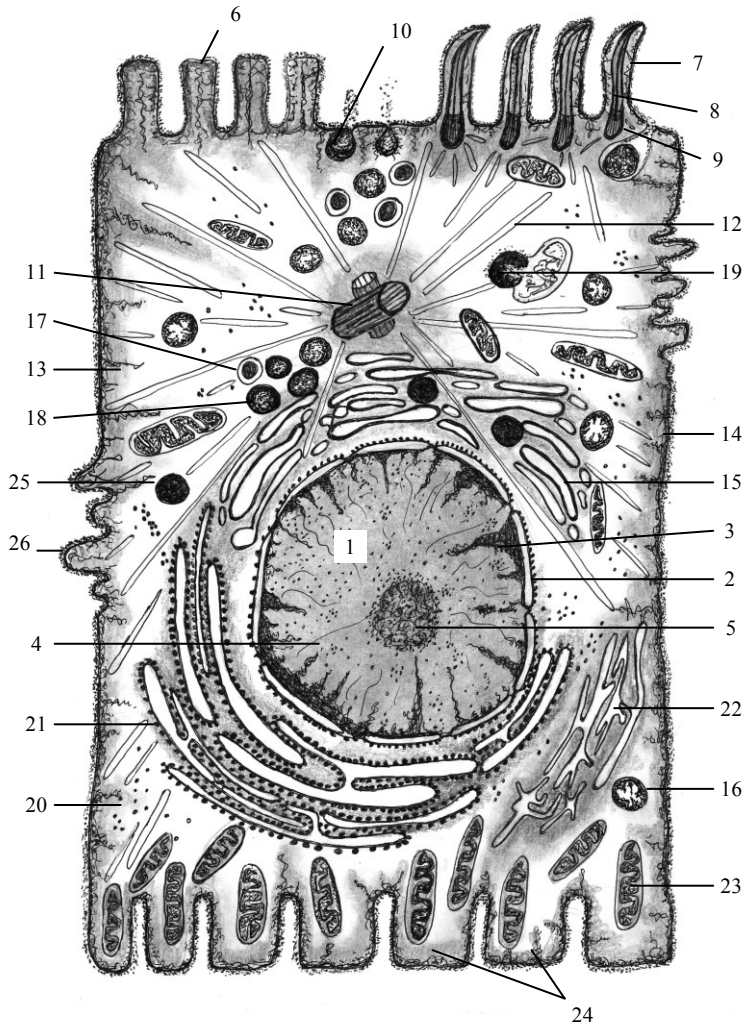


Рис. 3. Продолжение: 18 – секреторные гранулы, 19 – аутолизосомы, 20 – рибосомы, 21 – гранулярная эндоплазматическая сеть, 22 – гладкая эндоплазматическая сеть, 23 – митохондрии, 24 – базальная складчатость, 25 – лизосомы, 26 – элементы межклеточного контакта.

А.1. Цитолемма отделяет клетку от внешнего микроокружения, обеспечивает постоянство ее внутренней среды и определяет двустороннюю взаимосвязь с внешней средой.

Цитолемма (рис.2) состоит из трех основных частей:

- плазмолеммы;
- гликокаликса;
- кортекса.

А.1.1. Плазмолемма - срединная часть цитолеммы представлена биологической мембраной. Толщина плазмолеммы составляет 7- 10 нм

► Плазмолемма образована бимолекулярным (двойным) слоем *липидов* (преимущественно фосфолипидами и холестерином) и встроенными в него молекулами *глобулярных белков*.

► По **функции** белки подразделяются на *ферменты, переносчики, рецепторы, структурно-опорные*.

► По **топографии** в плазмолемме белки классифицируются:

— *периферические* – встроены в периферические отделы плазмолеммы

- наружные (external) – граничат с гликокаликсом (Е- периф. белки)

- внутренние (protoplasmic)– граничат с кортексом (Р- периф. белки)

— *полуинтегральные* – частично «прошивают» плазмолемму.

- наружные - в наружной половине плазмолеммы (Е – полуинтегральные. белки)

- внутренние - во внутренней половине (Р – полуинтегральные белки)

— *интегральные* – трансмембранные, полностью «прошивают» мембрану

— *подошвенные* – соединение интегрального с Р-периферическим

▶ Наличие в составе плазмолеммы комплексных структурных белков *гистосовместимости* (*Е-периферические*) обеспечивает генетическую индивидуальность клеток данной особи.

▶ Плазмолемма обладает избирательной проницаемостью для веществ, диссоциированных в межклеточной жидкости

А.1.2. Гликокаликс - надмембранный структурный комплекс цитолеммы .

▶ В состав гликокаликса входят углеводные цепи гликопротеинов и гликолипидов.

▶ Толщина гликокаликса в среднем составляет 4-5 нм.

▶ Гликокаликс участвует в формировании клеточных рецепторов, межклеточных контактов и других поверхностных структур клетки,

▶ Гликокаликс является основным фактором иммунной защиты клетки.

А.1.3. Кортекс - подмембранный структурный комплекс цитолеммы Он представляет собой тонкий (2 – 4 нм) слой, содержащий микротрубочки и микрофиламенты.

▶ Кортекс входит в состав опорно-сократительного аппарата клетки – *цитоскелекта* (см.ниже).

▶ Определяет и регулирует форму клетки

▶ Участвует в передвижении клетки

▶ Обеспечивает процессы эндо- и экзоцитоза

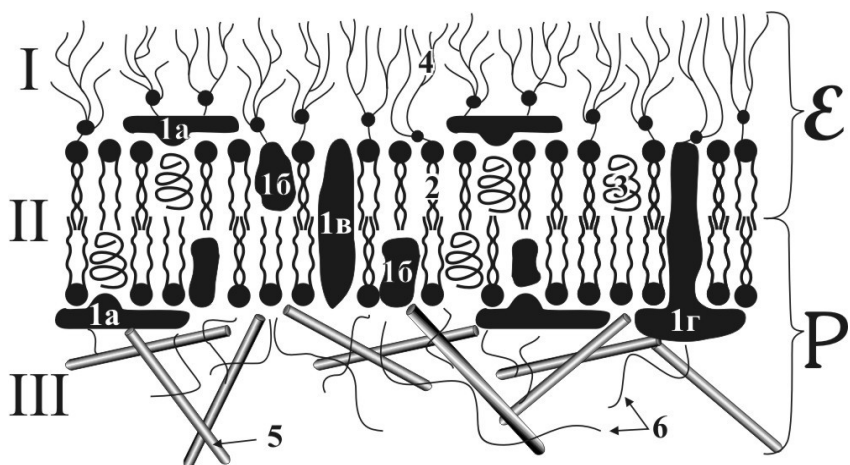


Рис. 2. Схема строения цитолеммы: I – Гликокаликс, II – плазмолемма, III – кортекс, 1 белки: 1а – периферические белки, 1б – полуинтегральные белки, 1в – интегральные белки, 1г – подошвенные белки, 2 – фосфолипиды, 3 – холестерин, 4 – цепи гликолипидов и гликопротеинов, 5 – микротрубочки, 6 – микрофиламенты, E – наружная часть скола цитолеммы, P – внутренняя часть скола цитолеммы.

А.1.4. Поверхностные структуры клетки (*псевдоподии, микроворсинки, микрореснички, жгутики, базальные инвагинации, межклеточные контакты*) образуются цитолеммой.

А.1.4.1. Псевдоподии (рис.3) – непостоянные выросты цитоплазмы, покрытые цитолеммой. Обеспечивают активное передвижение свободно существующих клеток

А.1.4.2. Микроворсинки (рис. 4) – множественные постоянные выросты цитоплазмы, покрытые цитолеммой. Увеличивают всасывающую поверхность клетки.

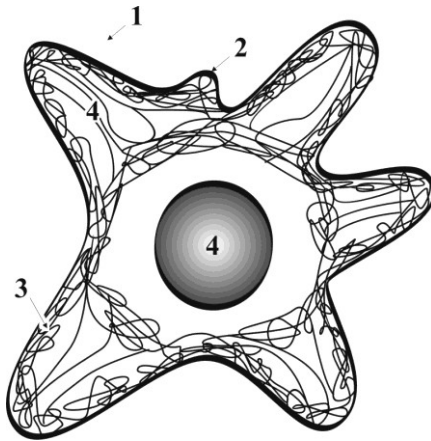


Рис. 3. Схема строения псевдоподий:

1 – псевдоподия, 2 - цитолемма, 3 – кортекс, 4 – ядро.

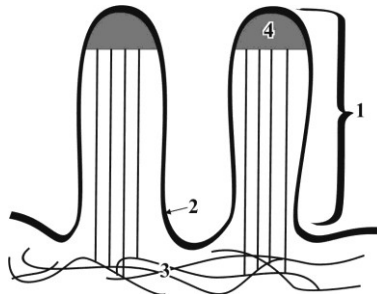


Рис. 4. Схема строения микроворсинки:

1 – микроворсинка, 2 - цитолемма, 3 – кортекс, 4 – электронноплотный, аморфный матрикс.

А.1.4.3. Микрореснички (рис. 5) – постоянные выросты цитоплазмы, покрытые цитолеммой. Оборудованы структурами из микротрубочек (базальное тельце и аксонема). Осуществляют перемещение каких либо субстратов по поверхности клетки.

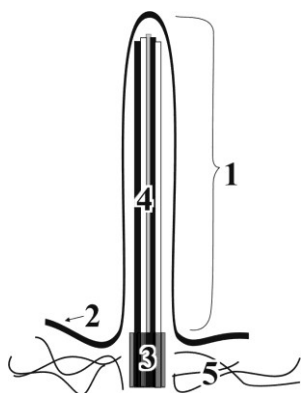


Рис. 5. Схема строения микровеснички:

1 – микровесничка, 2 - цитолемма, 3 – базальное тельце, 4 – аксонема, 5 – кортекс.

А.1.4.4. Жгутик – длинная микровесничка, являющаяся аппаратом активного движения сперматозоида.

А.1.4.5. Базальные инвагинации – множественные впячивания цитолеммы в цитоплазму базального полюса, определяющие процессы активного транспорта веществ из крови капилляров в клетку.

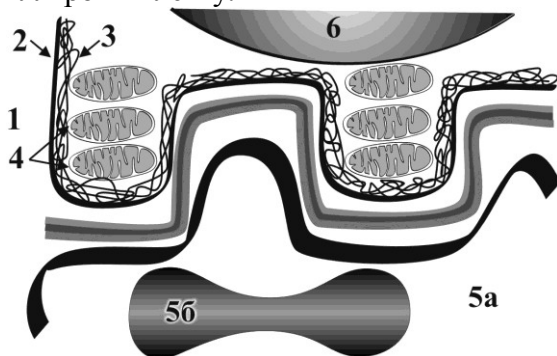


Рис. 6. Базальные инвагинации:

1 – базальная складчатость, 2 - цитолемма, 3 – кортекс, 4 – митохондрии, 5а – кровеносный капилляр, 5б – эритроцит, 6 - ядро.

А.1.4.6. Межклеточные контакты – структуры, принимающие участие в соединении клеток друг с другом и регуляции транспорта межклеточной жидкости. Межклеточные контакты по долговременности

существования и степени сложности могут быть нескольких типов:

— **временные контакты** для клеток, находящихся в свободном состоянии. *Например:* клетки соединительной ткани (в т.ч. в составе пульпы зуба), клетки (форменные элементы) крови, лимфы. Временные контакты обеспечиваются взаимодействием гликокаликсов.

— **постоянные контакты** для клеток, находящихся в составе пластов и слоев. *Например:* эпителии (в т.ч. в составе органов ротовой полости, зубных эмалевых органов). Этот тип контактов характерен и для отростчатых клеток (нервные клетки – нейроны, костные клетки – остеоциты, клетки зубного дентина – одонтобласты). В образовании постоянных контактов могут участвовать все части цитолеммы.

Некоторые клетки в процессе своей дифференцировки утрачивают постоянные контакты с соседними клетками, что является одним из факторов их дальнейшего развития по пути превращения в постклеточные формы. *Например:* **энамелобласты** (клетки – продуценты зубной эмали) превращаются в **эмалевые призмы** (постклеточные структурные формы зрелой эмали); **кератоциты** (ороговевающие клетки эпидермиса) превращаются в **роговые чешуйки** (полностью ороговевшие постклеточные структурные формы, располагающиеся на поверхности эпидермиса)

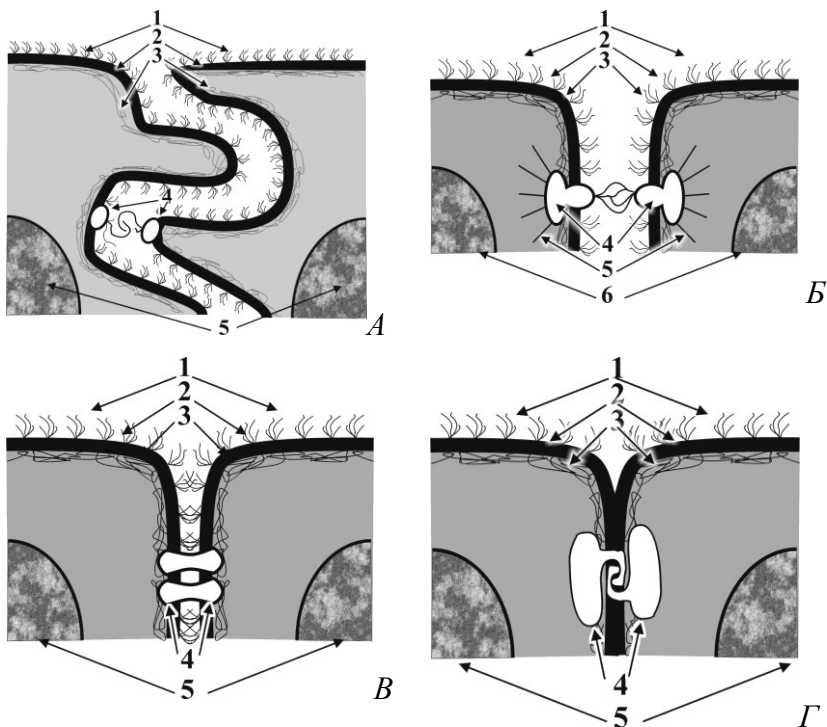


Рис. 7. Схемы постоянных контактов:

А - схема простого межклеточного контакта типа «замок»:

1 – гликокаликсы, 2 - плазмолеммы, 3 – кортексы, 4 – сцепление E-полуинтегральных белков, 5 – фрагменты ядер.

Б - схема постоянного сложного межклеточного сцепляющего контакта типа «десмосома»:

1 – гликокаликсы (частично сливаются в зоне контакта), 2 - плазмолеммы, 3 – кортексы, 4 – подошвенные белки и их сцепление, 5 – микрофиламенты (тонофибриллы), 6 – фрагменты ядер.

В - схема постоянного сложного межклеточного коммуникационного контакта типа «некус»:

1 – гликокаликсы (полностью сливаются в зоне контакта), 2 - плазмолеммы, 3 – кортексы, 4 – слияние интегральных белков (образование коммуникационных каналов – коннексонов), 5 – фрагменты ядер.

Г - Схема постоянного сложного межклеточного запирающего контакта окклюзионного типа:

1 – гликокаликсы (исчезают в зоне контакта), 2 - плазмолеммы, 3 – кортексы, 4 – сцепление P-полуинтегральных белков, 5 – фрагменты ядер.

А.1.5. Общие функции цитолеммы

В силу своей структурной организации и местоположению цитолемма выполняет целый ряд жизненно важных функций. Основные из них следующие:

- отграничительная;
- формообразующая;
- защитная (механическая, бактерицидная, иммунологическая);
- барьерная (избирательная проницаемость);
- рецепторная (узнавание молекул раздражителей по принципу комплементарности)
- опорно-двигательная,
- адгезионная (межклеточные контакты),
- транспортная (*пассивный* перенос веществ по градиентам концентрации без затраты энергии и *активный перенос* - с помощью белков-переносчиков и затратой энергии транспорт веществ в клетку и из нее).
- цитолемма участвует в комплексных процессах **экзоцитоза** (выведение секретов из клетки), **эндоцитоза** (поглощение клеткой субстратов из внеклеточной среды), **клеточного деления** и **апоптоза** (запрограммированная естественная смерть клетки).

А.2. Цитоплазма – внутреннее содержимое клетки, расположенное между клеточной и ядерной оболочками.

Цитоплазма состоит из *структурных (органеллы, включения)* и *неструктурного (гиалоплазма)* компонентов.

А.2.1. Органеллы – постоянные структурные компоненты цитоплазмы, выполняющие в клетке определенные функции.

• Морфологическая классификация органелл

• По особенностям строения органеллы делятся на **мембранные и немембранные**.

▶ К мембранным органеллам относятся: *митохондрии, эндоплазматическая сеть (шероховатая и гладкая), комплекс Гольджи (сетчатый комплекс), лизосомы, пероксисомы*. В их составе присутствует биомембрана.

▶ К немембранным органеллам относятся: *рибосомы* (свободные, связанные с ЭПС, полисомы), *цитоскелет* (трехмерная сеть микротрубочек и микрофиламентов), *центросома* (комплекс центриолей и центросферы), *базальные тельца*. Среди их структурных компонентов отсутствуют биомембраны

• Функциональная классификация органелл

• По своему функциональному назначению органеллы делятся на органеллы **общего** и **специального** значения.

▶ Перечисленные выше мембранные и немембранные органеллы находятся во всех клетках, поэтому называются **органеллами общего значения**.

▶ В высоко дифференцированных клетках дополнительно имеются органеллы, которые определяют

выполнение клеткой специализированных функций. К таким органеллам относятся: *миофибриллы* (в мышечных клетках), *нейрофибриллы* и *синаптические пузырьки* (в нервных клетках), *тонофибриллы* (в эпителиальных клетках) и *акросомы* (в сперматозоидах). Такие органеллы называются органеллами **специального значения**

А.2.1.1. Митохондрии (рис. 8) – уникальные мембранные органеллы, имеющие в клетке статус относительной автономии.

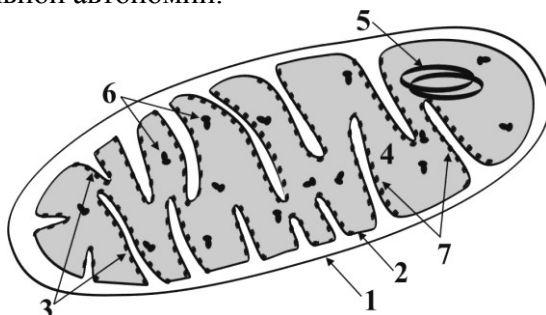


Рис. 8. Схема строения митохондрии: 1 – наружная мембрана, 2 – внутренняя мембрана, 3 – кристы, 4 – матрикс, 5 – митохондриальные нуклеиновые кислоты, 6 – митохондриальные рибосомы, 7 – элементарные частицы (белки-ферменты).

► Форма митохондрий самая разнообразная (шаровидная, палочковидная, спиральная и т.д.). Размеры митохондрий (от 0,5 до 10 мкм и более) позволяют наблюдать их в световом микроскопе.

► От гиалоплазмы митохондрии отграничиваются *двумя мембранами*. Внутренняя мембрана образует *впячивания (кристы)*, которые разделяют внутреннее содержимое митохондрии (*матрикс*) на щелевидные отсеки.

▶ В матриксе определяются нитчатые образования (митохондриальные *нуклеиновые кислоты*) и мелкие гранулы (митохондриальные *рибосомы*).

▶ Митохондрии обладают собственным генетическим аппаратом и рибосомами, поэтому осуществляют белковые и небелковые синтезы, способны к делению.

▶ На кристах митохондрий адсорбируются ферменты, которые катализируют процессы синтеза аденозинтрифосфорной кислоты (АТФ) –соединения, аккумулирующего внутриклеточные запасы энергии.

▶ Основные *функции* митохондрий связаны с внутриклеточным *энергетическим метаболизмом* (аккумуляция энергии в молекулах АТФ и ее высвобождение при расщеплении АТФ). По образному выражению митохондрии являются «энергетическими станциями» клетки т.е. осуществляют энергообеспечение всех активных процессов клеточной жизнедеятельности (клеточное «дыхание»).

▶ Располагаются митохондрии в цитоплазме повсеместно (рис.1), занимая в среднем до 20% её объёма. Если клетка увеличивает свои энергозатраты (активизация функции, деление, усиление процессов внутриклеточной регенерации, внутриклеточного транспорта, передвижения в пространстве и др.), то количество митохондрий в ней увеличивается.

▶ Митохондрии выделяют в цитоплазму факторы апоптоза – низко молекулярные вещества, регулирующие генетически запрограммированную (естественную) смерть клетки (см.ниже).

▶ При распаде митохондрий образуется бурый пигмент *липофусцин*, который с ходом времени накапливается в клетке – поэтому называется «пигмент старения».

А.2.1.2. Эндоплазматическая сеть (ЭПС) (рис. 9)

► ЭПС представляет собой систему мембранных канальцев и цистерн, которые анастомозируя между собой образуют внутриклеточную сетевую структуру (рис.1).

► По структурным особенностям различают два вида ЭПС:

— **гранулярная** (шероховатая) ЭПС с рибосомами на мембранах со стороны гиалоплазмы ;

— **агранулярная** (гладкая) ЭПС без рибосом называется.

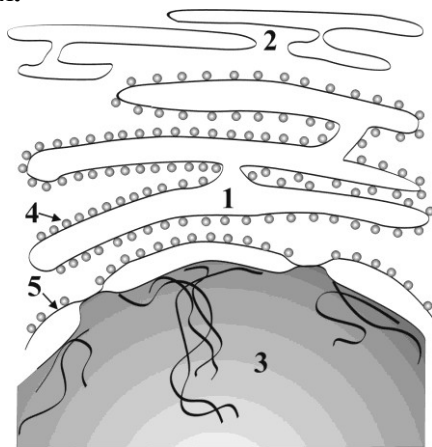


Рис. 9. Схема строения ЭПС: 1 – гранулярная ЭПС, 2 – агранулярная ЭПС, 3 – ядро клетки, 4 – фиксированные к мембране рибосомы, 5 – наружная ядерная мембрана.

► Основные **функции** гранулярной ЭПС связаны с синтезами *белков* «на экспорт», структурных белков клеточных мембран и ферментов лизосом.

► Основные **функции** гладкой ЭПС сопряжены с *небелковыми* синтезами (липиды, холестерин, гликоген и др.), накоплением и транспортом кальция, обезвреживанием ядовитых продуктов эндо- и экзогенного происхождения.

- ▶ По каналам ЭПС осуществляется поступление синтезированных веществ в комплекс Гольджи для их накопления и модификации в транспортные формы.
- ▶ Усиление внутриклеточной синтетической активности клетки сопряжено с расширением цистерн и канальцев ЭПС и увеличением их количества

А.2.1.3. Комплекс Гольджи (рис. 10.) представляет собой интеграцию полиморфных мембранных структур в околоядерной зоне клетки (рис.1).

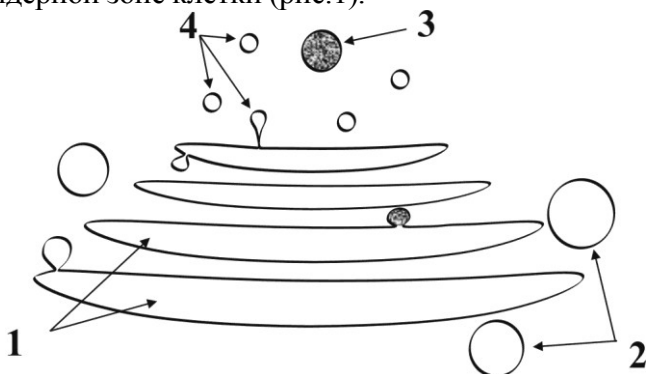


Рис. 10. Схема строения комплекса Гольджи: 1 – мембранные цистерны, 2 – мембранные вакуоли, 3 – секреторные гранулы, 4 – первичные лизосомы.

▶ В состав комплекса Гольджи входят следующие структуры:

- пакеты уплощенных мембранных цистерн
- большие и малые мембранные вакуоли
- секреторные гранулы (мембранные пузырьки с секретируемым содержимым)
- первичные лизосомы

▶ Комплекс Гольджи выполняет в клетке ряд важных функций:

- накопление и упаковка в гранулы (*гранулообразование*) синтезируемых на ЭПС веществ;
- выведение из клетки продуктов секреции;
- сборка новых биологических мембран для внутриклеточной регенерации (*мембраногенез*);
- образование лизосом.

► При функциональной активизации клетки в комплексе Гольджи происходит расширение цистерн, увеличение количества вакуолей и секреторных гранул.

► Комплекс Гольджи особенно хорошо развит в секреторных клетках.

А.2.1.4. Лизосомы (рис.11) - мембранные пузырьки диаметром 0,2-0,4 мкм заполненные ферментами - катализаторами литического расщепления белков, жиров и углеводов. Эти ферменты синтезируются на шероховатой ЭПС.

► Лизосомы компонуется в комплексе Гольджи и активизируются в гиалоплазме. Их мембранная стенка устойчива к действию собственных ферментов.

► Основные **функции** лизосом связаны с процессами *внутриклеточного и внеклеточного пищеварения*:

- активизированные (вторичные) лизосомы участвуют в расщеплении и лизисе продуктов эндоцитоза;
- отдельная популяция лизосом, *аутолизосомы*, выделяя свои ферменты в гиалоплазму или сливаясь с измененными органеллами инициируют процессы *аутолиза*

(ферментативное растворение собственных структур клетки) и *аутофагии*.

— некоторые клетки (например, *макрофаги*) выделяют лизосомальные ферменты в межклеточное пространство для разрушения остатков погибших клеток и тканей собственного организма, а также внедрившихся микроорганизмов.

► Количество лизосом в клетке крайне изменчиво. Число аутолизосом возрастает при усилении процессов, сопряженных с разрушениями клеточных структур (усиление процессов функционирования и внутриклеточной регенерации, повреждения клетки и др.).

► При старении клетки имеет место увеличение количества аутолизосом с пониженной ферментативной активностью. Это приводит к накоплению в клетке «недопереваренных» продуктов эндоцитоза и аутофагии, которые называются *остаточными тельцами*, т.е. происходит «замусоривание» клетки.

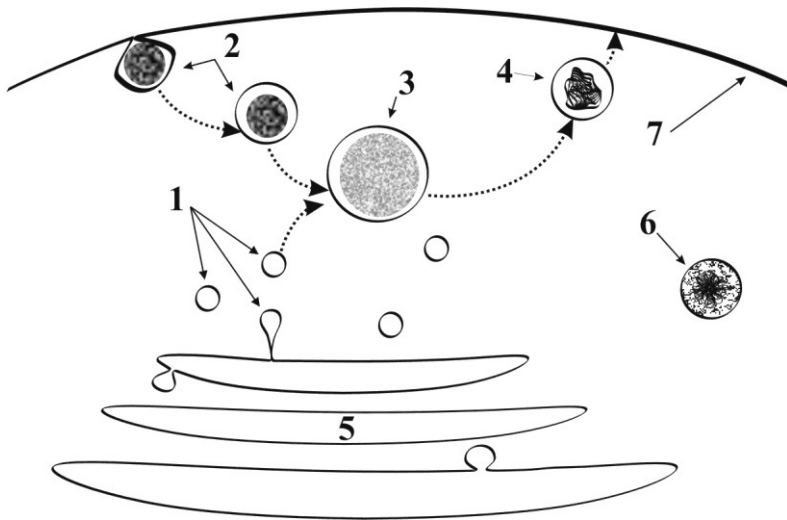


Рис. 11. Схема строения лизосом и пероксисом: 1 – первичная лизосома, 2 – эндосома, 3 – пищеварительная вакуоль, 4 – остаточное тельце, 5 – Комплекс Гольджи, 6 – пероксисома, 7 – цитолемма.

А.2.1.5. Пероксисомы (рис.8)– мембранные пузырьки диаметром 0,3-1,5 мкм, заполненные ферментами метаболизма перекиси водорода в клетке.

► Пероксисомы отшнуровываются от расширенных участков канальцев гладкой ЭПС.

► **Функции** пероксисом обеспечивают:

- образование *перекиси водорода* – сильнейшего окислителя, который используется в целях *дезинтоксикации* (обезвреживания) конечных продуктов клеточного метаболизма.
- разрушение «избытков» перекиси водорода, которая обладает токсическим действием на клетку.

► Особенно многочисленны пероксисомы в клетках печени и почек, где активно протекают процессы дезинтоксикации.

А.2.1.6. Рибосомы (рис. 12)– немембранные органеллы. ► Функционирующие рибосомы состоят из двух связанных *субъединиц* (большой и малой), образованных рибонуклеопротеидами. Размер рибосом не превышает 25 нм.

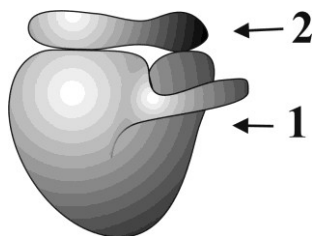


Рис. 12. Схема рибосомы: 1 – большая субъединица, 2 – малая субъединица.

► Образуются субъединицы рибосом в ядрышке, а их сборка происходит в цитоплазме.

► Часть рибосом располагается в гиалоплазме - *свободные рибосомы*, другие рибосомы связываются с мембранами шероховатой ЭПС - *связанные рибосомы*.

► Некоторые рибосомы объединяются в комплексы – *полисомы*.

► Кроме *цитоплазматических рибосом* имеются *митохондриальные рибосомы*, которые кодируются митохондриальной ДНК. Часть рибосом находятся на наружной мембране кариолеммы (ядерная оболочка *см.ниже*).

► **Функции** рибосом связаны с генетически запрограммированным внутриклеточным *синтезом белка*.

А.2.1.7. Центросома (клеточный центр) (рис. 13) – комплексный немембранный органоид, обладающий значительной динамичностью структуры.

▶ Центросома является частью цитоскелета (см. ниже).

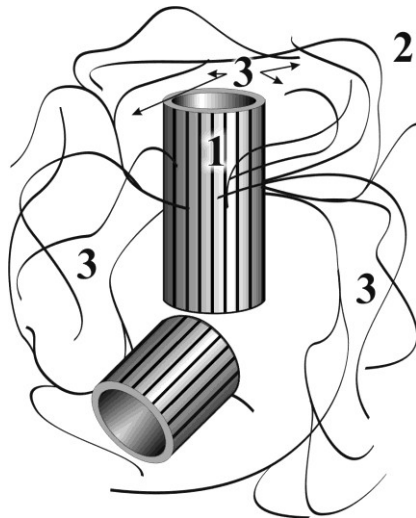


Рис. 13. Схема клеточного центра: 1 – материнская центриоль, 2 – дочерняя центриоль, 3 – центросфера.

▶ Центросома состоит из двух **центриолей** (рис. 14.) (материнской и дочерней) и **центросферы**.

▶ Характеристики центросомы *интерфазной* (неделяющейся) клетки:

— расположена около ядра вблизи комплекса Гольджи и (рис.1);

— центриоли (материнская и дочерняя) составляют *диплосому* и представляют собой цилиндры (длина 0,3 мкм и диаметр 0,1 мкм), расположенные перпендикулярно друг к другу;

- стенку каждого цилиндра составляют девять триплетов микротрубочек, построенных из тубулиновых белков;
- к каждому триплету с наружной стороны присоединено сферическое белковое тельце – сателлит;
- от сателлитов материнской центриоли в гиалоплазму отходят микротрубочки, которые формируют *центросферу*.

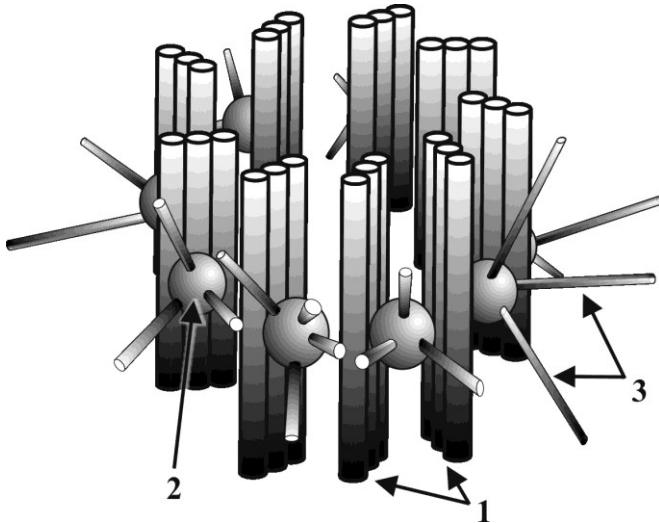


Рис. 14. Схема строения материнской центриоли: 1 – триплеты тубулиновых белков, 2 - сателлит, 3 – микротрубочки.

- Характеристики centrosomes dividing cell:
 - при подготовке клетки к митотическому делению происходит *матричное удвоение* (дубликация) и *расхождение центриол* по полюсам клетки;

- на каждом полюсе клетки формируются своя диплосомная центриоль, которая участвуют в образовании центросферы и микротрубочек *веретена деления*;
- микротрубочки прикрепляются к хромосомам и обеспечивают перемещение хромосом по полюсам, а также их распределение между дочерними клетками;
- после завершения митоза центриоль каждой дочерней клетки приобретает характеристики интерфазной (см. выше).

► **Функции** центросом связаны с целым рядом внутриклеточных процессов:

- индуцирование полимеризации тубулиновых белков и сборку микротрубочек;
- комплексообразование (создание) компонентов цитоскелета ;
- внутриклеточное перемещением хромосом при митозе .

А.2.1.8. Цитоскелет – внутриклеточный трехмерный пространственный немембранный структурный комплекс (рис 15.).

► Цитоскелет включает в себя собственно цитоскелет, а также тубулярно – фибриллярные элементы кортекса, центросомы, микроресничек и микроворсинок.

► Основными структурными элементами цитоскелета являются

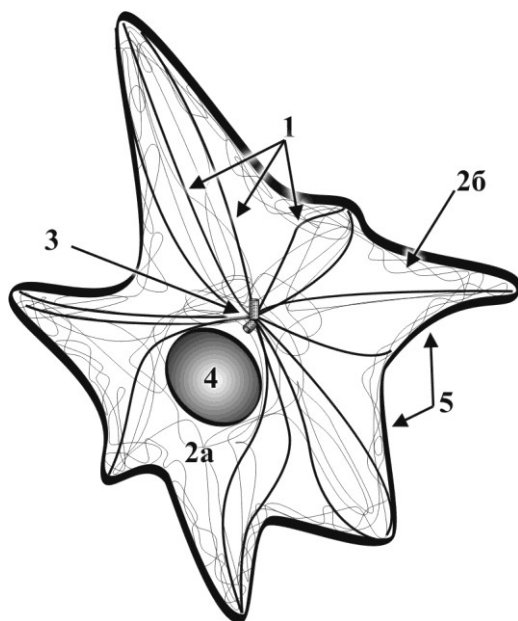


Рис. 15. Схема строения цитоскелета: 1 – микротубулы цитоскелета, 2 – микрофиламенты цитоскелета, 2б – микрофиламенты кортекса цитоскелета, 3 – клеточный центр, 4 – ядро, 5 – цитолемма.

Микротрубочки (микротубулы) и микрофиламенты (рис. 16).

► Характеристики микротрубочек:

- представляют собой полые неветвящиеся цилиндры диаметром около 20 нм;
- стенки цилиндров построены из молекул *тубулиновых белков*;
- первичный синтез тубулиновых белков осуществляется на свободных рибосомах, а пространственная сборка на centrosомах и базальных тельцах;
- структура микротрубочек обладает выраженной пространственной динамичностью за счет постоянно

текущих процессов полимеризации и деполимеризации тубулинов в составе их стенки.

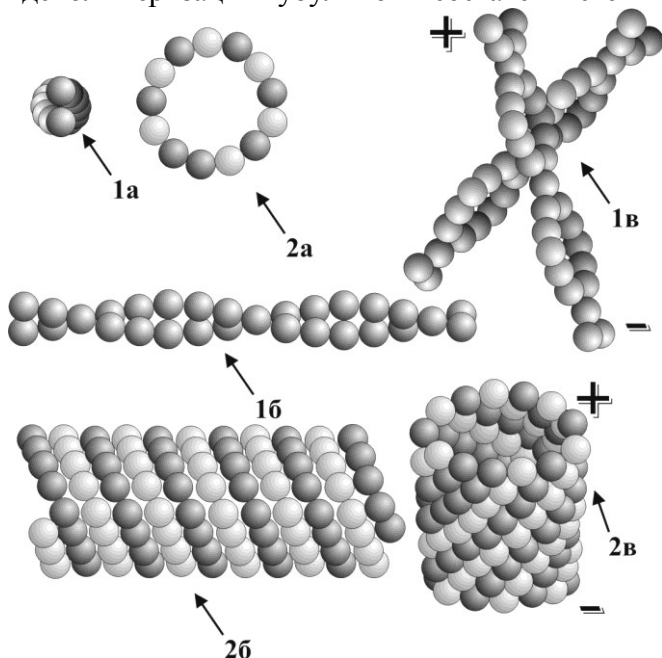


Рис. 16. Схема строения элементов микротрубочек и микрофиламентов: 1а – микрофиламенты, поперечный срез, 1б – микрофиламенты, вид сбоку, 1в – объемный вид микрофиламентов, 2а – микротрубочки, поперечный срез, 2б – микротрубочки, вид сбоку, 2в – объемный вид микротрубочек.

► **Характеристики микрофиламентов:**

— представляют собой нитчатые структуры диаметром 5 – 7 нм, которые собираются в микропучки и образуют в цитоплазме сетевые структуры различной степени сложности;

— построены из молекул сократительных белков (преимущественной из актина),

первичный синтез которых осуществляется на свободных рибосомах;

— способны к активному АТФ - и кальций-зависимому сокращению;

— подвержены диссоциации (разборке под действием лизосомальных ферментов) и полимеризации при участии цитоплазматических актин-связывающих белков.

► Цитоскелет (рис. 16) осуществляет в клетке **локомоторную функцию**. Она заключается:

— в создании опорного клеточного *каркаса*;

— в организации *межклеточных контактов*;

— в поддержании и изменении *формы клетки*;

— в обеспечении *внутриклеточных*

транспортов и структурных перемещений.

А.2.2. Включения – непостоянные структурные компоненты цитоплазмы, образующиеся в процессе клеточного метаболизма. Их количество зависит от функционального состояния клетки. Среди включений различают несколько структурно-функциональных типов.

• **Трофические** (капли липидов, белковые гранулы, глыбки гликогена);

• **Пигментные** (гемоглобин, билирубин, меланин, липофусцин);

• **Секреторные** (гранулы с синтезированными клеткой биологически активными веществами, подлежащими экзоцитозу с целью регуляции жизнедеятельности других клеток и тканей);

- **Экскреторные** (продукты клеточного метаболизма, подлежащие выведению с целью нейтрализации или уничтожения).

А.2.3. Гиалоплазма – коллоидный аморфный матрикс цитоплазмы, создающий специфическое микроокружение для клеточных структур и обеспечивающий их взаимодействие.

▶ Гиалоплазма состоит из связанной воды и биополимеров белковой, липидной и углеводной природы.

▶ Она способна менять своё агрегатное состояние, т.е. становится более жидкой или более вязкой в зависимости от состояния жизнедеятельности клетки, а также проникновения в клетку чужеродных агентов.

▶ **Функции** гиалоплазмы:

- создание постоянства внутриклеточной среды;
- обеспечение условий для внутриклеточных транспортов и перемещений;
- интеграция органелл в функциональные комплексы;
- отложение запасных продуктов в виде включений
- обменные процессы с внутриядерным и межклеточным веществом.

А.3. Ядро – является одной из основных структурных частей эукариотической клетки (рис. 13).

● Ядро содержит основной объем ДНК, которая является ключевым субстратом генетического аппарата.

● Как целостная структура ядро существует в клетке в период интерфазы митотического цикла.

● Основные функции ядра связаны с процессами **хранения, воспроизведения, передачи и реализации** наследственной информации.

Ядро состоит из *структурных* (**кариолема, кариоскелет, хроматин, ядрышко,**) и *неструктурного* (**кариоплазма**) компонентов.

А.3.1. Кариолема – ядерная оболочка, отделяющая кариоплазму от цитоплазмы и обеспечивающая обмен между ними

▶ Кариолема образована двумя **биомембранами** (*наружной и внутренней*), разделенными **перинуклеарным пространством**.

▶ В областях локальных слияний этих мембран имеются **ядерные поры**, соединяющие цитоплазму с содержимым ядра. Ядерные поры обеспечивают поступление молекул РНК и субъединиц рибосом из ядра в цитоплазму. В обратном направлении через них происходит активный транспорт синтезированных белков.

▶ На наружной мембране кариолеммы имеются **рибосомы**.

▶ К внутренней мембране со стороны кариоплазмы плотно прикрепляется **ядерная пластинка** (*ламина*). Она построена из опорных белковых филаментов, соединенных с *кариоскелетом* (см. ниже). Имеет важное значение в поддержании формы ядра, в создании пространственной организации ядерных пор и хроматина

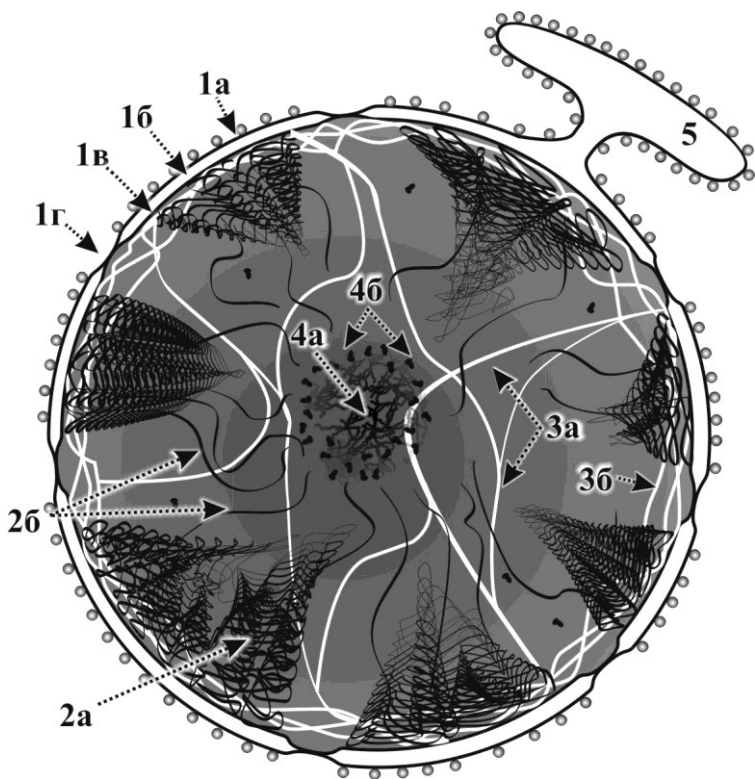


Рис. 17. Схема строения ядра: 1а – наружная мембрана кариолеммы, 1б – перинуклеарное пространство, 1в – внутренняя мембрана кариолеммы, 1г – ядерная пора, 2а – гетерохроматин, 2б – эухроматин, 3а – кариоскелет, 3б – лямбина, 4а – фибриллярный компонент ядрышка, 4б – гранулярный компонент ядрышка, 5 – гранулярная ЭПС.

1.3.2. Хроматин – это структурный эквивалент (материальный субстрат) хромосом в интерфазном ядре.

► Хроматин состоит из комплекса ДНК и хромосомных белков, которые регулируют степень спирализации, компактности и функциональной активности хроматина.

► Хроматин может присутствовать в двух структурных формах:

— **гетерохроматин** (*спирализованный* или *конденсированный*)

— **эухроматин** (*деспирализованный* или *деконденсированный*)

Эти формы могут переходить одна в другую. Их объемное соотношение в интерфазном ядре постоянно изменяется..

● **Гетерохроматин** является плотно упакованным транскрипционно неактивным хроматином. Он выявляется в световом микроскопе в виде базофильных глыбок преимущественно на периферии ядра или вокруг ядрышек. Этот хроматин специализирован на *хранении генетической информации*. Его количество максимально увеличивается к началу митоза.

● **Эухроматин** практически невидим в световом микроскопе. С него происходит *считывание (транскрипция) генетической информации* для последующей реализации в цитоплазме в виде активизации синтетических процессов. Поэтому эухроматин называется «функциональным». Его максимальное количество приходится на пресинтетический период интерфазы.

Во время клеточного деления (митозе или мейозе) хроматин полностью спирализуется и образует плотно упакованные петлеобразные структуры – **хромосомы**.

● Во всех соматических клетках генетически женского организма одна из половых X-хромосом характеризуется стойкой конденсацией (спирализацией) в интерфазе - это *X-половой хроматин*. Он обнаруживается в ядре с помощью светового микроскопа при окрашивании

клеток щелочными красителями и называется *тельцем Барра*. Микроскопическое выявление телец Барра имеет значение в судебно-медицинской практике для определения генетического пола.

А.3.3. Ядрышко – базофильное образование интерфазного ядра, которое располагается в его центре или несколько эксцентрично.

▶ Количество и размеры ядрышек зависят от уровня метаболизма и функциональной активности клетки.

▶ Ядрышко не является самостоятельной структурой и не имеет собственной оболочки.

▶ Оно образовано специализированными участками некоторых хромосом, которые называются *ядрышковыми организаторами*.

▶ **Функции** ядрышка заключаются в синтезе *рибосомальной РНК* и в формировании *субъединиц рибосом*. Последние выходят через ядерные поры в цитоплазму и попарно соединяясь образуют *рибосомы*.

А.3.4. Кариоскелет– трехмерная сетевидная структура, заполняющая весь внутренний объем ядра.

▶ Состоит из опорных фибриллярных белков.

▶ Крепится к ядерной пластинке (ламине)

▶ **Функции** кариоскелета:

- поддержание и изменение формы ядра;
- пространственное распределение хроматина и его спирализация;
- передвижение субъединиц рибосом;

- регуляция ширины перинуклеарного пространства, величины и количества ядерных пор.

А.3.5. Кариоплазма (ядерный сок) – коллоидная аморфная субстанция, создающая микроокружение структурных компонентов ядра.

► **Функции** кариоплазмы:

- поддержание постоянства внутриядерной среды;
- обеспечение условий для внутриядерных транспортов и перемещений;
- обменные процессы с цитоплазмой

Приложение

Проверьте себя по граф-схемам.

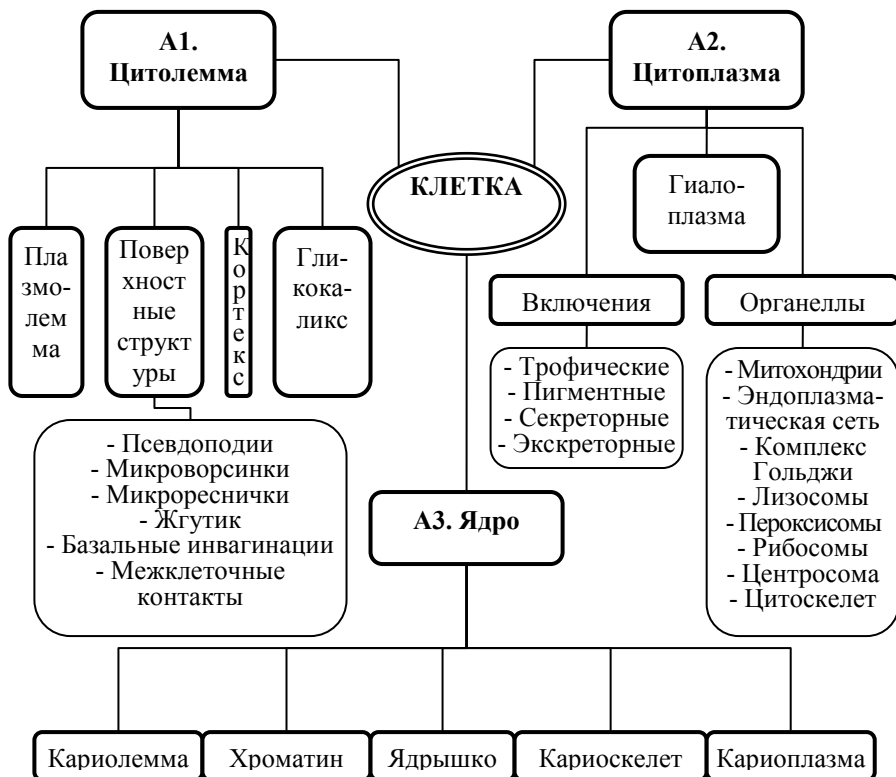


Рис. 18. Общий план строения клетки

А.4. Структурно функциональные аппараты клетки (СФАК)

СФАК - это комплексы клеточных структур, кооперированных для выполнения клеткой своих основных функций. В эти комплексы входят структуры цитолеммы, ядра и цитоплазмы

А.4.1. Генетический аппарат

Основные структуры	Основные функции
<ul style="list-style-type: none">● Ядро● Митохондрии	<p>► Хранение, воспроизведение, передача, реализация, модификация наследственной информации на клеточном и митохондриальном уровнях</p>

А.4.2. Аппарат внутриклеточных синтезов и структуризации

Основные структуры	Основные функции
<ul style="list-style-type: none"> ● Рибосомы ● ЭПС ● Комплекс Гольджи ● Базальные тельца ● Центросомы ● Митохондрии 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Белковые и небелковые синтезы ▶ Накопление и внутриклеточный транспорт секретов ▶ Структурное комплексование (мембраногенез, образование гранул, матричная сборка тубулинов, филаментов и фибриллогенез)

А.4.3. Аппарат внутриклеточного пищеварения и дезинтоксикации

Основные структуры	Основные функции
<ul style="list-style-type: none"> ● Лизосомы ● Свободные рибосомы ● Комплекс Гольджи ● Эндосомы ● Пищеварительные вакуоли ● Пероксисомы ● Гладкая ЭПС ● Митохондрии ● Цитолемма 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Эндоцитоз ▶ Аутолиз и аутофагия ▶ Нейтрализация ядовитых продуктов клеточного метаболизма

А.4.4. Энергетический аппарат

Основные структуры	Основные функции
● Митохондрии	▶ Энергообеспечение всех энергоемких внутриклеточных процессов

А.4.5. Опорно – двигательный аппарат

Основные структуры	Основные функции
● Цитоскелет	▶ Формообразующая
● Кариоскелет	▶ Локомоторная
● Цитолемма и ее производные (микрореснички, микроворсинки, псевдоподии, межклеточные контакты)	▶ Внутриклеточные перемещения и жгутики, структур (циклез)
● Кариолемма	▶ Перемещения субстратов по клеточной поверхности
● Центриоли	▶ Свободное перемещение клетки
● Базальные тельца	▶ Эндо – и экзоцитоз
● Митохондрии	▶ Межклеточные соединения и контакты

● Все клеточные структуры находятся в состоянии постоянной пространственной мобильности, что отражает и обеспечивает функциональную и регенераторную активность клетки.

● В некоторых случаях при генетически запрограммированных изменениях морфофункционального

состояния клетки ее органеллы и ядро могут стабильно изменять свое местоположение, перемещаясь от одного полюса к другому. Такое явление называется **инверсией полярности**. Оно, к примеру, характерно для клеток – продуцентов зубной эмали (*энамелобластов*), у которых инверсия полярности служит необходимым условием секреции эмали и превращением их в *эмалевые призмы*.

- Функциональная и регенераторная активность клетки определяется генетически управляемой интеграцией всех СФАК.

А.5. Специальные комплексные структуры (СКС) дифференцированных клеток

• Некоторые дифференцированные клетки имеют ряд комплексных структур, которые необходимы для выполнения клетками своих специфических функций в составе тканей. В компоновку этих структур входят элементы цитолеммы и цитоплазмы.

А.5.1. Отростки нервных клеток (нейронов) называются *аксонами* и *дендритами*. Их длина составляет от нескольких микронов до десятков сантиметров. Они

представляют собой покрытые цитолеммой выросты цитоплазмы нейрона, внутри которых параллельными пучками расположены микротрубочки и микрофиламенты (см. выше). Концевые отделы отростков входят в состав специализированных структур – рецепторов, эффекторов и синапсов (см. нервную ткань). Аксоны и дендриты участвуют в транспорте биологически активных веществ (медиаторы, гормоны), а также в генерации, проведении и передаче нервных импульсов.

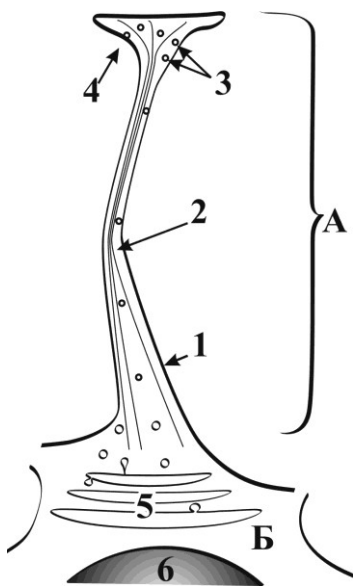


Рис. 18. Схема отростка нейрона: А — отросток нейрона: 1 — цитолемма, 2 — микротрубочки и микрофиламенты, 3 — секреторные включения с биологически активными веществами, 4 — концевой отдел отростка, Б — перикарион: 5 — комплекс Гольджи, 6 - Ядро.

А.5.2. Матриксные пузырьки – мембранные микроструктуры, отшнуровавшиеся от микроворсинок *остеобластов* - клеток костеобразователей и *одонтобластов* – клеток дентинообразователей. Матриксные пузырьки ограничены фрагментами цитолеммы указанных клеток. Внутренность пузырьков заполнена цитоплазмой, в которой имеются митохондрии и лизосомы, а в гиалоплазме – высокие концентрации ионов кальция, фосфора, ферментов минерализации. Образование матриксных пузырьков является разновидностью апокриновой секреции (см. выше) Матриксные пузырьки служат центрами минерализации костной ткани и дентина – вокруг них происходит интенсивное отложение нерастворимых солей кальция в аморфный матрикс ткани.

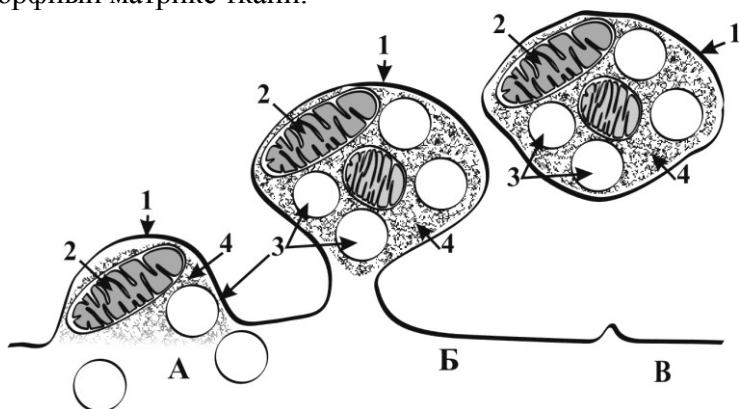


Рис. 19. Схема матриксного пузырька: А – формирование матриксного пузырька, Б – отшнуровка матриксного пузырька от цитолеммы, В – свободный матриксный пузырек, 1 – цитолемма, 2 – митохондрия, 3 – лизосомы, 4 – гиалоплазма с высоким содержанием ионов.

А.5.3. Гофрированная каемка – многочисленные цитоплазматические выросты на поверхности специализированных макрофагов – остеокластов (клеток – разрушителей костной ткани), дентинокластов (клеток –

разрушителей дентина), цементокластов (клеток – разрушителей зубного цемента). Эти выросты покрыты цитолеммой и имеют в составе гиалоплазмы высокие концентрации литических лизосомальных ферментов. Эти структуры активно участвуют в резорбции минерализованного межклеточного вещества костной ткани, дентина и зубного цемента.

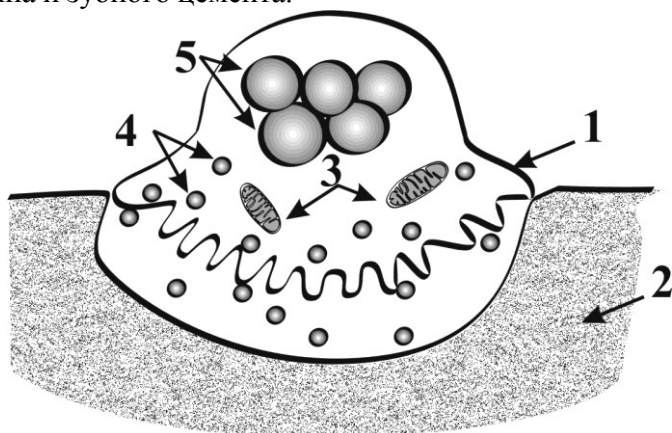


Рис. 20. Схема гофрированной каемки: 1 – цитолемма, 2 – межклеточное вещество, 3 – митохондрии, 4 – лизосомы, 5 – ядра клетки.

А.5.4. Отростки остеоцитов (клетки костной ткани) и одонтобластов (клетки пульпы зуба) представляют собой боковые и верхушечные выросты цитоплазмы длиной несколько десятков микрометров. Покрыты цитолеммой, находятся в составе канальцев минерализованного матрикса. Соединяются с аналогичными отростками соседних клеток с помощью постоянных межклеточных контактов. Имеют в своем составе микротрубочки и микрофиламенты. Входят в состав внутритканевых систем систем транспорта электролитов и, в первую очередь, ионов кальция и фосфора.

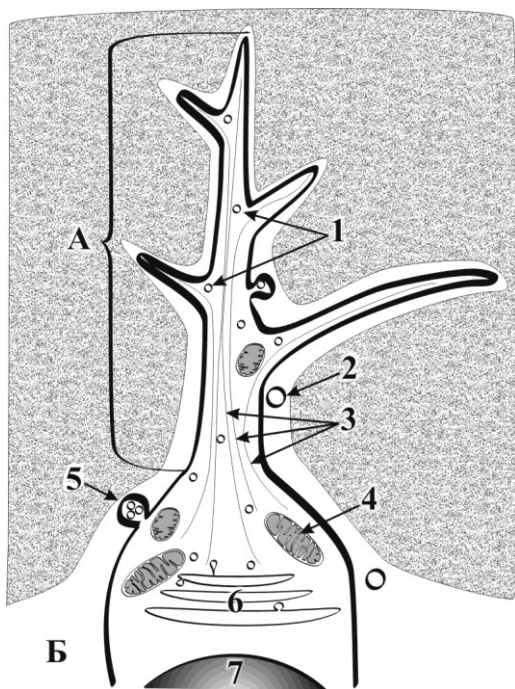


Рис. 21. Схема отростка, секретирующего компоненты минерализованного межклеточного вещества: А – отросток: 1 – лизосомы, 2 – свободные матричные пузырьки, 3 – элементы цитоскелета, 4 – митохондрии, 5 – матричные пузырьки в стадии формирования, Б – тело клетки: 6 – комплекс Гольджи, 7 – ядро.

Приложение

Проверьте себя по граф-схемам.



Рис. 22. Структурно функциональные аппараты клетки

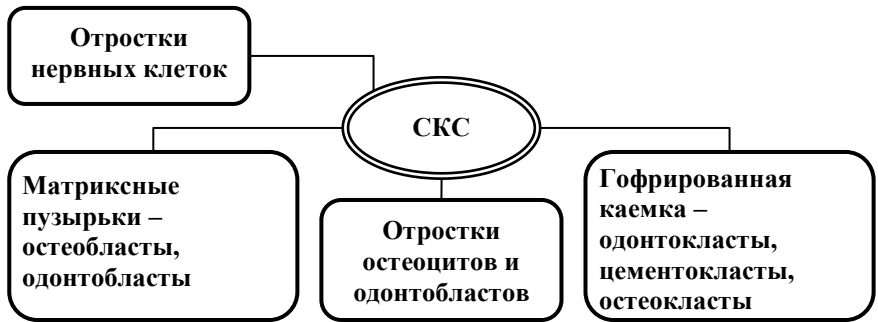


Рис. 23. Специальные комплексные структуры (СКС) дифференцированных клеток

Примеры тестов первого уровня

21. В каком периоде митотического цикла находится дифференцированный активно функционирующий одонтобласт – дентинообразующая клетка: а) синтетический; б) постсинтетический; **в) G0**; г) G1 ?

21. Какие из перечисленных специальных комплексных структур (СКС) являются центрами минерализации дентина: а) дендриты нейронов, б) гофрированная каемка дентинокласта; в) матриксные пузырьки остеобластов; **г) матриксные пузырьки одонтобластов?**

22. Какой процесс обеспечивается гофрированной каемкой дентинокласта: **а) резорбция минерализованного дентина**; б) минерализация аморфного матрикса дентина; в) фибриллогенез дентиновых волокон; г) межклеточный транспорт электролитов?

23. Какая специальная комплексная структура (СКС) энамелобласта участвует в его превращении в эмалевую призму: а) матриксные пузырьки, б) дендрит; **в) отросток Томса**; г) аксон?

Примеры тестов второго уровня

11. Какие типы межклеточных контактов (временные или постоянные) характерны для энамелобластов (а) развивающегося зуба? Фактором стимуляции каких процессов является физиологическое нарушение этих контактов (б)? Идут ли эти процессы в согласовании с генетической программой (в)? Как называется постклеточная форма энамелобласта (г)? Способна ли она к делению (д)? **Ответ:** а) постоянные; б) превращение клетки в ее постклеточную форму.

12. Фрагментами каких структур являются матриксные пузырьки остеобласта (а) и одонтобласта (б) ? Чем окружены матриксные пузырьки (в) и какие органеллы в

них присутствуют (г,д.)? Какие из названных Вами матричных пузырьков обеспечивают минерализацию дентина (е)? Ответ: а) микроворсинки; б) микроворсинки; в) цитолемма; г) митохондрии; д) лизосомы; е) матричные пузырьки одонтобластов.

13. Какие специальные комплексные структуры одонтобластов - клеток дентина, входят в состав его транспортной системы (а)? Чем покрыты эти структуры (б) и какие элементы цитоскелета в них находятся (в,г.)? Ответ: а) отростки; б) цитолемма; в) микротрубочки; г) микрофиламенты.

Примеры ситуационных задачи

7. При стоматологических вмешательствах на пульпе зуба нередко повреждаются одонтобласты (клетки - дентинообразователи, которые участвуют в физиологической регенерации дентина). Эти повреждения могут вызвать некроз указанных клеток и развитие в зубе (прежде всего в дентине) серьезных нарушений, которые станут причиной для его экстракции (удаления).

• Что называется некрозом клетки(1)? Могут ли некротические изменения в клетке стать обратимыми (б)? Как изменится трофическое обеспечение дентина в описываемой ситуации (в)? Обоснуйте это заключение.

Ответ: а) насильственная гибель клетки; б) нет; в) резко снизится или прекратится.

Обоснование: трофическое обеспечение дентина осуществляется по отросткам одонтобластов, целостность которых нарушается одновременно с гибелью клеток.

8. В составе минерализованного матрикса зрелого дентина имеются шаровидные образования (глобулы). Они

представляют из себя пространственно организованные кристаллы гидроксиапатита кальция вокруг центров минерализации. Глобулы дентина обеспечивают сочетание его прочности и амортизационности. При нарушении процесса глобулообразования дентин теряет эти свойства.

• Какие из специальных комплексных структур (СКС) одонтобластов (клеток дентинообразователей) являются центрами минерализации аморфного матрикса дентина (а)? Из чего формируются эти структуры(б), чем они отграничены (в), какие органеллы содержат (г, д)? Можно ли рассматривать процесс их образования как апокриновую секрецию (е)? Обоснуйте это заключение.

Ответ: а) матриксные пузырьки; б) фрагменты микроворсинок одонтобластов; в) цитолемма; г) митохондрии; д) лизосомы; е) да.

Обоснование: апокриновая секреция характеризуется частичным разрушением и отделением фрагментов цитоплазмы.

9. В детстве у человека происходит смена молочных зубов на постоянные замещающие. Зачаток постоянного зуба лежит под молочным зубом в общей костной альвеоле. Они отделены друг от друга тонкой костной перегородкой. При прорезывании постоянного зуба эта пластинка разрушается специализированными макрофагами костной ткани – остеокластами.

• Какие органеллы (а), какого структурно-функционального аппарата клетки- СФАК (б) наиболее развиты в остеокласте для обеспечения его резорбтивной функции? Характерны ли для остеокластов постоянные межклеточные контакты друг с другом (в)? Какая из специальных комплексных структур (СКС) остеокласта непосредственно участвует в резорбции костной ткани (г)? В каком периоде митотического цикла находится активный

остеокласт (д)? Сделайте заключение о его способности к воспроизведению.

Ответ: а) лизосомы; б) СФАК внутриклеточного пищеварения и дезинтоксикации; в) нет; г) гофрированная каемка; д.) Го.

Заключение: остеокласт, как высоко дифференцированная клетка находящаяся в Го периоде, не делится; он не способен к дедифференцировке; воспроизведение осуществляется путем внутриклеточной регенерации (эндорепродукции)

Б. ЦИТОФИЗИОЛОГИЯ

Б.1. Воспроизведение клеток

- Воспроизведение клеток может происходить в ходе их деления (*синонимы: размножение, репродукция, пролиферация*) и без деления. В последнем случае говорят о *внутриклеточной регенерации или эндорепродукции*.

- Для высших позвоночных и человека характерны следующие способы деления: **митоз, мейоз, амитоз, дробление** (вариант митоза эмбриональных клеток бластомеров).

- Период жизни клетки от одного деления до следующего деления или от деления до ее естественной смерти называется **клеточным циклом**.

- **Митоз** является универсальным способом размножения соматических клеток.

Б.1.1. Митотический цикл – это период жизни клетки от одного **митоза** до другого. В среднем 10% цикла занимает *собственно митоз*, а 90% – *интерфаза*.

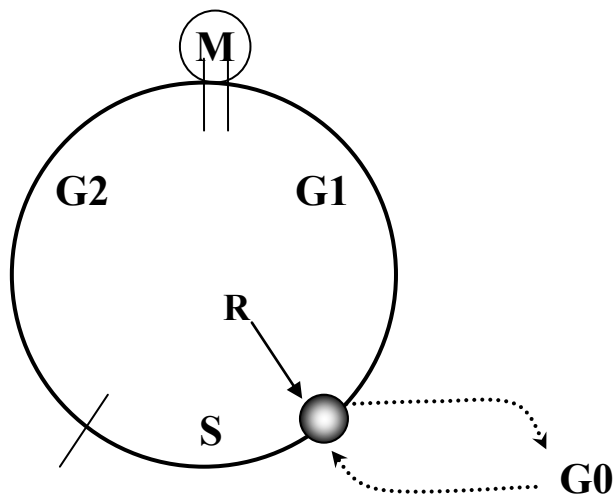


Рис. 24. Схема митотического цикла: обозначения в тексте.

- Чем короче интерфаза, тем выше митотическая активность. Высокой митотической активностью обладают молодые малодифференцированные клетки. В их названиях нередко фигурирует приставка *пре-* и окончание - *бласт* (например: *премиобласты*, *преодонтобласты*, *преэнамелобласты* и др.).

Б.1.1.1. Интерфаза состоит из **пресинтетического (G1)**, **синтетического (S)** и **премитотического (G2)** периодов и знаменуется подготовкой клетки к функционированию или очередному митотическому делению (**M**).

- **G1 - пресинтетический период** (основное содержание)
 - ▶ Клетка восстанавливает количество органелл и ядерно-цитоплазматическое отношение.

▶ Клетка синтезирует РНК и ферменты, необходимые для удвоения ДНК в S - периоде интерфазы.

▶ Клетка растет за счет интенсивных синтезов структурных белков, а также накопления включений и достигает размеров материнской клетки до ее деления.

▶ В ядре преобладает эухроматин.

▶ Клетка может стареть и подвергнуться *апоптозу* (естественной запрограммированной смерти).

▶ В конце пресинтетического периода выделяют *точку рестрикции (R)*, пройдя которую клетка обязательно войдет в синтетический период.

▶ Продолжительность периода (G1) для различных клеток неодинаков – он может длиться от нескольких часов до нескольких суток.

◆ В некоторых случаях клетка не преодолевает точку рестрикции. В этой ситуации может быть два основных варианта дальнейшей судьбы клетки:

— если это *стареющая клетка*, то она подвергнется *апоптозу* - генетически запрограммированной смерти

. — если это молодая дифференцирующаяся клетка, то она перейдет в **G0 период (период репродукционного покоя)**

● **G0 - период репродукционного покоя** (основное содержание)

▶ Дифференцировка клеток, которые на этот период утрачивают способность к делению;

▶ Клетки приобретают статус высокодифференцированных неделящихся

клеток (*например*: нейроны, сократительные кардиомиоциты, одонтобласты – клетки зубного дентина). Могут полиплоидизироваться (кратное увеличение количества ДНК и хромосом без нарушения кариолеммы)

▶ Клетки активно функционируют и восстанавливают свою структуру
внутриклеточно без пролиферации, т.е. путем *внутриклеточной регенерации*.

▶ Высокодифференцированные клетки стареют и подвергается *апоптозу* (генетически запрограммированная физиологическая смерть).

▶ Некоторые клетки возвращаются в митотический цикл (*например*: клетки печени) в синтетический период.

- **S - синтетический** и **G2 - премитотический** периоды (основное содержание)

▶ Эти периоды характеризуются последовательной подготовкой клетки к митотическому делению. ***Она снижает свою функциональную активность.***

▶ В **S – периоде** (8 – 12 часов) в ядре происходит редубликация ДНК, удвоение числа хромосом, в цитоплазме – удвоение центриолей.

▶ В **G2 периоде** (2 – 4 часа) имеет место увеличение количества свободных рибосом, активизируется синтез тубулиновых белков и РНК, запасается АТФ на митохондриях.

Б.1.1.2. Митоз – универсальный способ деления всех эукариотических соматических клеток.

▶ Длится 30 – 60 мин.

▶ Протекает преимущественно ночью в четыре последовательные фазы: **профаза, метафаза, анафаза и телофаза.**

▶ В профазу происходит формирование и спирализация хромосом, исчезновение ядрышек, распад кариолеммы на отдельные фрагменты и превращение их в мелкие мембранные пузырьки.

▶ В ходе метафазы и анафазы происходит разделение, а также равномерное распределение хромосом и, следовательно, всего генетического материала между полюсами делящейся клетки.

▶ Телофаза завершается формированием двух дочерних ядер по полюсам веретена деления и *цитотомией* - разделением цитоплазмы бывшей материнской клетки. В результате образуются две дочерние генетически и структурно **идентичные диплоидные клетки**, каждая из которых вступает в свою интерфазу.

▶ Обе клетки вступают в пресинтетический период интерфазы.

▶ Если цитотомии не произошло, то образуется двуядерная, а в некоторых случаях и многоядерная клетка.

Б.1.1.3. Мейоз – способ деления клеток репродуктивных дифферонов, в результате которого образуются гаплоидные зрелые половые клетки (гаметы).

▶ Мейоз представляет собой два последовательных модифицированных митотических деления исходной диплоидной клетки.

▶ Между первым и вторым делениями имеет место редуцированная интерфаза без S – синтетического периода.

▶ Дочерние клетки - гаметы (сперматозоиды или яйцеклетки) получают 22 аутосомы и одну половую хромосому.

▶ Гаметы больше не делятся, они предназначены для *оплодотворения*.

Б.1.3. Внутриклеточная регенерация (эндорепродукция)

- Является универсальным способом *восстановления* структуры делящихся и неделящихся клеток.

- Внутриклеточная регенерация базируется на двух полярных процессах – разрушения отживших структур аутолизосомами (*катаболизм*) и образования новых структур (*анаболизм*) согласно генетической программе.

- Внутриклеточная регенерация в клетках идет постоянно. На некоторых этапах их жизнедеятельности (например после интенсивного функционирования) процессы внутриклеточной регенерации могут активизироваться, а затем нормализоваться.

- Нередко интенсификации процессов внутриклеточной регенерации предшествует **эндомитоз** – кратное увеличение количества ДНК и хромосом в интерфазном ядре без деления

- Стойкое усиление процессов анаболизма приводит увеличению количества внутриклеточных структур - **гиперплазии** органелл и, как следствие, увеличению размеров клетки – **гипертрофии**.

- Если увеличение размеров клетки произошло за счет роста количества органелл - это **рабочая гипертрофия**. Увеличение объема преимущественно гиалоплазмы приводит к развитию **нерабочей гипертрофии** клетки.

Б.2 Реактивность клетки - это способность клетки реагировать на действие раздражителя ответными реакциями, т.е. усилением или ослаблением процессов собственной жизнедеятельности

Б.2.1. Морфофункциональная классификация раздражителей

▶ **Экзогенные (внешние):**

- адекватные
- неадекватные

▶ **Эндогенные (внутренние):**

- адекватные
- неадекватные

— **Адекватные (физиологические) раздражители** – привычные (запрограммированные). К ним имеются комплементарные **циторецепторы**. *Пример раздражителей:* гормоны, медиаторы, факторы биоиндукций.

— **Неадекватные (нефизиологические) раздражители** – непривычные (внепрограммы) – *нет циторецепторов*. *Пример раздражителей:* механические, ионизирующие и УФО-излучения и др.

Адекватные могут стать *неадекватными* в случаях:

- превышения физиологического порога интенсивности раздражителя;
- блокирования рецепторов или изменение их структуры.

Б.2.2. Типы клеточных реакций

Б.2.2.1. Обратимые реакции – являются *физиологическим* генетически запрограммированным ответом на действие **адекватного раздражителя**.

▶ Представляют собой незначительные (неразрушающие) изменения клеточных структур *приспособительного* характера. Обеспечен возврат к исходному **гомеостатическому** состоянию

Б.2.2.2. Необратимые реакции – патоморфологические генетически незапрограммированные *экстраординарные состояния* клетки в ответ на действие **неадекватного раздражителя**

▶ Представляют собой грубые *деструктивные изменения* клеточных элементов. Возврат к исходному состоянию **невозможен**. Часто заканчиваются гибелью клетки, т.е. **некрозом**

Б.2.2.3. Паранекроз – пограничное структурно-функциональное состояние клетки между жизнью и гибелью

▶. Представляют собой комплекс *временно обратимых* изменений на действие *неадекватного* раздражителя. Если **во время убрать** раздражитель, то создаются условия для **возврата клетки к исходному состоянию**.

Б.2.2.4. Индукционные (наведенные) реакции. В целом ряде случаев клетки одной морфологической группы могут оказывать генетически запрограммированное индуцирующее влияние на клетки другой группы, стимулируя в них начало стабильных (необратимых) структурных перестроек недеформирующего характера. Они

направлены на формирование нового структурно-функционального статуса клетки.

► Примером таких межклеточных отношений может служить индуцирующее влияние **одонтобласта** (клетка дентина) на превращение **энамелобласта** (клетка зубной эмали) в **эмалевую призму**.

Б.3. Клеточная секреция

- Все клетки организма в той или иной степени обладают секреторной активностью. Она заключается в синтезировании и выделении разнообразных биохимических соединений в межклеточные пространства, на поверхности клеточных пластов, в полости органов, в кровеносные и лимфатические сосуды.

- Для некоторых клеток секреция становится их основной функцией. К таким клеткам относятся *экзокриноциты* (секретируют ферменты, слизь), *эндокриноциты* (секретируют гормоны), *фибробласты* и *остеобласты* (секретируют соответственно компоненты межклеточного вещества соединительной и костной тканей), *одонтобласты* (секретируют компоненты межклеточного вещества дентина), *энамелобласты* (секретируют компоненты эмали зуба) и др.

Б.3.1. Структурное обеспечение секреции

- ▶ Секреция – это генетически запрограммированный и управляемый энергоемкий процесс, являющейся одним из проявлений жизнедеятельности клетки.

- ▶ В секреции задействованы все структурно-функциональные аппараты клетки, но основное значение в получении конечного результата имеет СФАК внутриклеточных синтезов и структуризации.

Б.3.2. Секреторный цикл клетки

представляет собой череду последовательных структурно-функциональных обратимых изменений клетки, направленных на выполнение

ею секреторной функции. В цикле выделяют закономерно повторяющиеся фазы (см. рис. 25).

1 фаза – поступление исходных продуктов биосинтеза в клетку.

2 фаза – синтез, созревание и накопление продуктов секреции.

3 фаза – выделение секрета из клетки.

4 фаза – восстановление исходного состояния клетки (в некоторых случаях имеет место апоптоз).

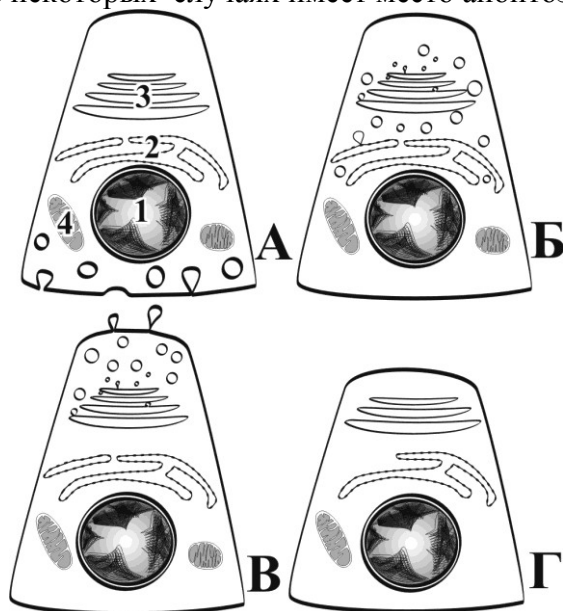


Рис. 25. Схема клетки на разных фазах секреторного цикла: 1 – ядро, 2 – гранулярная ЭПС, 3 – комплекс Гольджи, 4 – митохондрии. А – первая фаза, Б – вторая фаза, В – третья фаза, Г – четвертая фаза.

► Указанные фазы характерны для секретирующих клеток в составе желез или других железистых образований (нейросекреторные ядра гипоталамуса).

► В ряде случаев секретлируемое вещество полностью или частично остается в клетке, качественно изменяя ее морфофункциональный статус. Такое явление характерно для некоторых специализированных клеток:

— *кератиноциты* (клетки эпидермиса и эпителия слизистой оболочки полости рта) - запрограммированы для кератинизации. Они синтезируют белковые биополимеры – кератины, которые откладываются в их цитоплазме и определяют ороговение эпидермиса (орто- или паракератоз).

— *энамелобласты* (клетки зубных зачатков) – запрограммированы для энамелогенеза (образование зубной эмали). Они синтезируют белковые биополимеры - эмалины, которые откладываются в их цитоплазме.

Б.3.3. Виды клеточной секреции (рис. 26.)

1. **Мерокриновый** — клетка выводит секрет через цитолемму диффузно, не разрушаясь (*например: экзокриноциты слюнных желез*).

2. **Апокриновый** —клетка при выделении секрета частично разрушается; у нее отделяется часть цитоплазмы, которая входит в состав секрета. (*например: экзокриноциты молочных желез*).

3. **Голокриновый** — клетка при выделении секрета полностью разрушается, фрагменты ее цитоплазмы и ядра входят в состав секрета (*например: экзокриноциты сальных желез*).

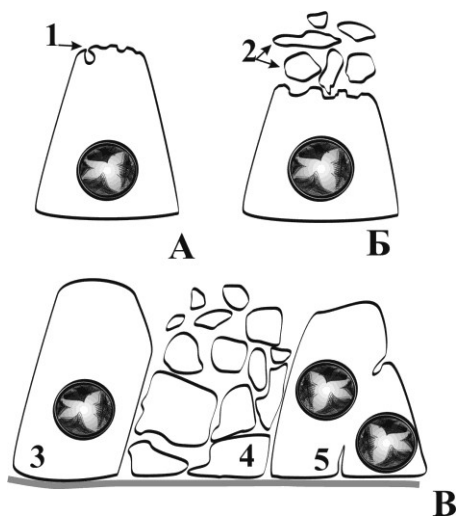


Рис. 26. Виды клеточной секреции: А – мерокриновый, 1 – диффузия или экструзия, Б – апокриновый, 2 – разрушающийся апикальный полюс, В – голокриновый: 3 – клетка перед секрецией, 5 – делящаяся камбиальная клетка, 4 – разрушенная в ходе секреции клетка.

Б.4. Возрастные изменения клетки

- Клетки имеют генетически закрепленную программу длительности жизни, реализация которой знаменуется постепенным развитием необратимых возрастных изменений, приводящих к старению и смерти.

- Старение и смерть клеток являются естественными проявлениями жизнедеятельности, которые наступают после определенного периода их активного функционирования и репродукции.

- Старение и смерть клеток служат регуляторами роста, уменьшения или стабилизации размеров отдельных органов и организма в целом.

Б.4.1. Старение клетки

- ▶ Естественное (физиологическое) старение - это особый, генетически запрограммированный, период жизни клетки, который происходит в G1 либо в G0 периодах интерфазы.

- ▶ При старении с клеткой происходят закономерные необратимые структурно-функциональные изменения, которые приводят к постепенному торможению процессов жизнедеятельности.

Б.4.1.1. Структурно-функциональные изменения

- ▶ Клетка уменьшается в объеме за счет постепенной редукции большинства органелл и коагуляции гиалоплазмы.

- ▶ В цитолемме отмечаются очаговые уплотнения, уменьшается количество поверхностных структур (микроворсинок, микроресничек, постоянных межклеточных контактов).

- ▶ Усиливается распад митохондрий и, в следствии этого, происходит образование «пигмента старения» -

липофусцина, который откладывается в цитоплазме. Замедляются процессы внутриклеточного энергетического метаболизма.

▶ Аутолизосомы постепенно снижают свою литическую активность - поэтому в цитоплазме накапливаются жировые и пигментные включения (клетка «замусоривается»).

▶ В комплексе Гольджи затормаживаются процессы мембраногенеза и гранулообразования.

▶ Цито- и кариоскелет постепенно утрачивают локомоторные функции.

▶ Цитоплазма и ядро вакуолизируется.

▶ Клетка утрачивает способность к репликации

ДНК.

▶ Клетка значительно и необратимо снижает свои функциональные и регенераторные способности.

Б.4.2. Физиологическая (естественная) смерть клетки ▶ Физиологическая смерть клетки *генетически запрограммирована*, она

называется **апоптозом**, который происходит в G1 либо в G0 периодах интерфазы.

▶ В физиологических условиях число клеток в организме регулируется программными гомеостатическими механизмами, определяющими балансные отношения между процессами *размножения* клеток и их *уничтожением*.

▶ Апоптоз является одним из ключевых факторов обеспечения нормальной жизнедеятельности организма в его различные возрастные периоды.

▶ Апоптоз является важнейшим фактором эмбрионального морфогенеза всех тканей и органов, в т.ч. развивающихся структур лица и зубов.

▶ Апоптозу нередко (не всегда) предшествует *старение* клетки.

Б.4.2.2. Структурно-функциональные изменения

▶ Они носят необратимый характер.

▶ Цитолемма утрачивает поверхностные специализированные структуры (микроворсинки, микрореснички, компоненты межклеточных контактов) и циторецепторы.

▶ В ядре появляются массы уплотненного гиперспирализованного хроматина. Ядро резко сморщивается и фрагментируется, однако его остатки («микроядра») остаются в цитоплазме.

▶ Гиалоплазма становится более вязкой → внутриклеточные структуры склеиваются в конгломераты, которые не разрушаются аутолизосомами.

▶ Клетка изменяет свою форму. На ее поверхности появляются выпячивания и вздутия («вскипание клетки»).

▶ Эти выпячивания (*апоптозные тельца*) отшнуровываются в межклеточное пространство. Они окружены фрагментами цитолеммы и содержат жизнеспособные органеллы и отдельные структуры ядер.

▶ Апоптозные тельца могут фагоцитироваться соседними клетками данной ткани без макрофагов. При этом признаки воспаления отсутствуют.

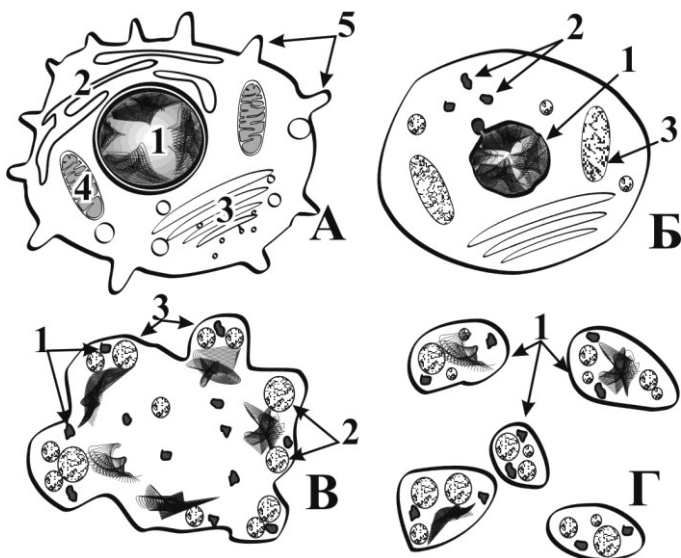


Рис. 27. Схема морфологических преобразований во время апоптоза клетки: А – клетка в состоянии нормальной жизнедеятельности: 1 – ядро, 2 – эндоплазматическая сеть, 3 – комплекс Гольджи, 4 – митохондрии, Б – начало апоптоза: 1 – пикнотизированное ядро, 2 – микроядра, 3 – разрушающиеся митохондрии, В – Развитие апоптоза: 1 – микроядра, 2 – конгломераты органелл, 3 – вскипания клетки, Г – окончание апоптоза, 1 – апоптозные тельца.

Б.5. Гибель клетки (некроз) - это «насильственная» смерть. Она является результатом чрезмерного повреждающего действия факторов внешней или внутренней среды. Некроз заканчивается полным распадом клетки и уничтожением ее остатков макрофагами.

Приложения

Проверьте себя по граф-схемам.

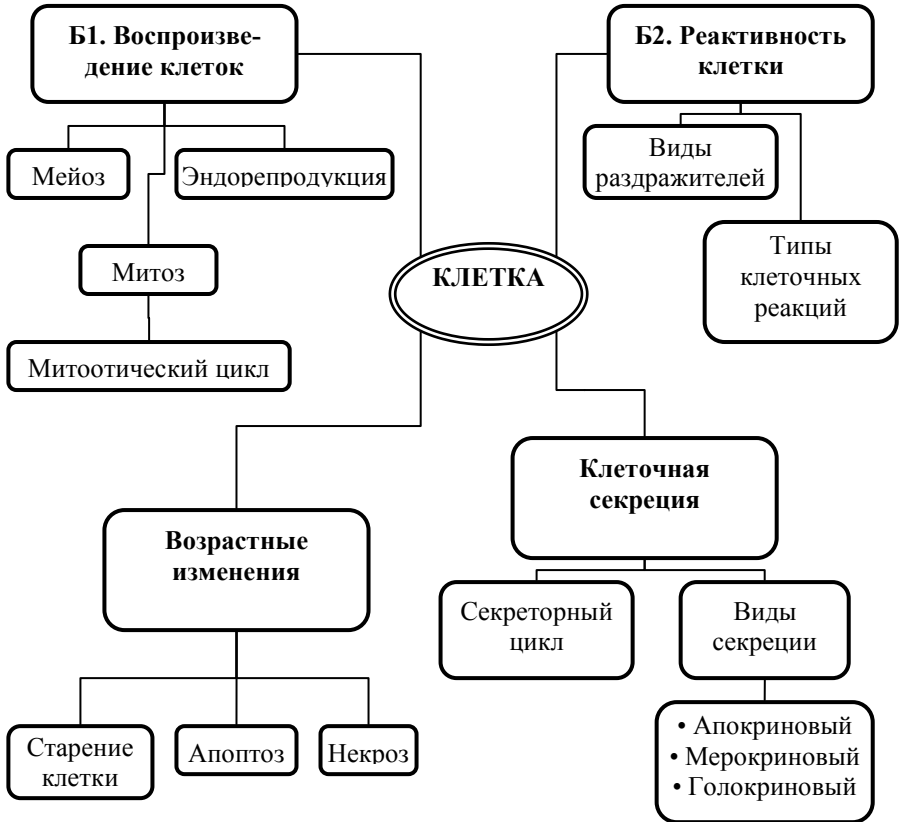


Рис. 28. Цитофизиология

Контрольные вопросы

1. Что является основным проявлением жизнедеятельности клетки?
2. Основные составляющие компоненты клетки, ее формы и размеры.
3. Цитолемма и её функции.
4. Структурные и неструктурные компоненты цитоплазмы.
5. Что называется органеллами? Их классификация.
6. Структура и функции мембранных органелл.
7. Структура и функции немембранных органелл.
8. Что называется включениями? Их классификация.
9. Что называется гиалоплазмой? Её функциональное назначение.
10. Ядро, его основные компоненты и функции.
11. Способы воспроизведения клетки.
12. Митотический цикл и его периоды.
13. Эндомитоз и полиплоидия.
14. Секреторный цикл клетки. Виды клеточной секреции.
15. Старение клетки как одно из ее физиологических состояний. Структурные проявления в цитоплазме и ядре при старении.
16. Что называется апоптозом? Его физиологическое значение и структурные проявления.
17. Что называется некрозом? Структурные изменения клетки при некрозе.
18. Сравнительная морфо-функциональная характеристика апоптоза и некроза.
19. Постклеточные структуры зубной эмали и эпидермиса органов ротовой полости..
20. Имеет ли место апоптоз в течение эмбрионального морфогенеза зуба?
21. В чем заключаются индукционные межклеточные взаимоотношения? Приведите пример таких взаимоотношений при развитии тканей зуба.

Примеры тестов первого уровня

1. В состав клеточной оболочки входят: а) гликокаликс и кариолемма; б) кариолемма, рибосомы, плазмокортекс; **в) гликокаликс, плазмолемма, подмембранная часть (кортекс);** г) перинуклеарное пространство, цитоскелет, рибосомы.

2. Структурными компонентами цитоплазмы являются: а) гиалоплазма; б) ядро; в) органеллы, включения и ядро; **г) органеллы и включения.**

3. Определите мембранную органеллу: а) ядро; б) цитоскелет; в) рибосома; **г) комплекс Гольджи.**

4. Назовите немембранную органеллу: а) лизосома; **б) центросома;** в) ЭПС; г) гликокаликс.

5. К мембранным органеллам относятся все перечисленные, кроме: а) митохондрии; **б) рибосомы;** в) комплекс Гольджи; г) лизосомы.

6. Функции комплекса Гольджи: **а) гранулообразование;** б) аутолиз; в) участие в метаболизме перекиси водорода; г) синтез АТФ.

7. Назовите органеллу, которая способна к делению: а) рибосома; б) лизосома; в) пероксисома; **г) митохондрия.**

8. Назовите органеллу, которая осуществляет основной объем «небелковых» синтезов и дезинтоксикацию клетки : а) свободные рибосомы; б) шероховатая ЭПС; **в) гладкая ЭПС;** г) центриоль.

9. Неструктурным компонентом ядра является: а) ядерная пора; **б) кариоплазма;** в) кариолемма; г) ядрышко.

10. В состав кариолеммы входят все перечисленные компоненты кроме: а) две биомембраны; б) поры; в) рибосомы; **г) митохондрии;** д) перинуклеарное пространство.

11. Хроматин это: а) хорошо окрашиваемая субстанция цитоплазмы; б) мембранная органелла; в) немембранная органелла; **г) материальный субстрат хромосом в интерфазном ядре.**

12. Преобладание в ядре эухроматина свидетельствует о том, что: а) клетка готовится к митозу; б) клетка функционально неактивна; в) клетка функционально активна; д) в ядре происходят деструктивные изменения?

13. Назовите функции ядрышка: а) формирование субъединиц рибосом; б) компоновка полирибосом; в) синтез ДНК; г) синтез АТФ.

14. Какой из перечисленных структурно-функциональных аппаратов клетки обеспечивает реализацию наследственной программы ее жизнедеятельности: а) опорно – двигательный; б) генетический; в) внутриклеточного пищеварения; г) внутриклеточных синтезов?

15. Назовите период митотического цикла, когда клетка имеет высокую степень дифференцированности и интенсивно функционирует: а) синтетический; б) премитотический; в) G₀; г) митоз.

16. Назовите структуры клетки, в составе которых имеются рибосомы. Правильно все, кроме: а) кариолемма; б) эндоплазматическая сеть; в) митохондрии; г) плазмолемма.

17. Какой вид секреции характерен для экзокринных клеток слюнных желез: а) голокриновый; б) микроапкриновый; в) макроапкриновый; г) мерокриновый?

18. Что характерно для апокринового типа секреции: а) полное разрушение секретирующей клетки; б) разрушение базального полюса секретирующей клетки и включение его в состав секрета; в) разрушение апикального полюса секретирующей клетки и включение его в состав секрета; г) диффузное выведение секрета без разрушения секретирующей клетки?

19. Для апоптоза характерно все перечисленное, кроме: а) утрата поверхностных структур плазмолеммы; б) уплотнение хроматина; в) образование апоптозных телец; г)

их фагоцитирование соседними клетками; д) ответная воспалительная реакция.

20. При старении в клетке имеют место все перечисленные морфо-функциональные изменения, кроме: а) утрата способности к репликации ДНК; б) уменьшение количества митохондрий; в) накопление пигментных включений; г) увеличение количества секреторных гранул; д) накопление жировых включений.

21. В каком периоде митотического цикла находится дифференцированный, активно функционирующий одонтобласт – дентинообразующая клетка а) синтетический; б) постсинтетический; в) G₀; г) G₁ ?

Примеры тестов второго уровня

1. Назовите основные структурные компоненты клеточной оболочки (а, б, в). В какой из них находятся микрофиламенты (г)? Имеются ли в плазмолемме поры (д)? Ответ: а) гликокаликс; б) плазмолемма; в) кортекс; г) кортекс; д) нет.

2. Назовите поверхностные структуры клетки, имеющие в своем составе аксонемы и базальные тельца (а, б). Какова их основная функция (в), необходима ли для неё энергия АТФ (г)? Ответ: а) микрореснички; б) жгутики; в) активное движение (перемещение); г) да.

3. Какие структуры клетки содержат рибосомы (а, б, в)? Где образуются субъединицы рибосом (г) и где происходит их сборка в целую рибосому (д)? Ответ: а) ЭПС; б) кариолемма; в) митохондрии; г) ядрышко; д) цитоплазма.

4. Назовите мембранную органеллу, репродукция которой может осуществляться делением (а). Сколько биомембран входит в состав ее оболочки (б)? Находятся ли в её составе рибосомы (в), пероксисомы (г), кристы (д)? Ответ: а) митохондрия; б) две; в) да; г) нет; д) да.

5. Какие органеллы участвуют в аутофагии (а)? Что это такое (б)? К какому типу органелл по морфологической классификации относятся определенные Вами органеллы (в)? Где в клетке происходит их образование (г)? Ответ: а) аутолизосомы; б) разрушение собственных структур клетки; в) мембранные; г) в комплексе Гольджи.

6. Где в цитоплазме клетки располагаются микротрубочки (а, б, в, г)? Какие белки (д) составляют основу их строения? Ответ: а) цитоскелет; б) центриоли; в) центросфера; г) базальные тельца; д) тубулины.

7. Разновидности включений по морфологической классификации (а, б, в, г). К какой из них относится липофусцин (д)? При распаде каких органелл он образуется (е)? Ответ: а) трофические; б) пигментные; в) секреторные; г) экскреторные; д) пигментные; е) митохондрии.

8. Структурные компоненты ядра клетки (а, б, в, г). Какой из них имеет мембранное строение (д)? Ответ: а) кариолема; б) хроматин; в) ядрышко; г) ядерный белковый матрикс; д) кариолема.

9. Структурные формы хроматина (а, б). Какая из них преобладает в пресинтетический период митотического цикла (в)? Возможны ли в этот период апоптоз (г) и репликация (удвоение) центриолей (д)? Ответ: а) эухроматин; б) гетерохроматин; в) эухроматин; г) да; д) нет.

10. Назовите фазы митоза (а, б, в, г) преодолительных. Подчеркните фазу, в которую заканчивается цитотомия. Оцените функциональную активность клетки в состоянии митоза (д). Ответ: а) профазы; б) метафазы; в) анафазы; г) телофазы; д) не функционирует.

11. Какие типы межклеточных контактов (временные или постоянные) характерны для эмалиобластов (а) развивающегося зуба? Фактором стимуляции каких

процессов является физиологическое нарушение этих контактов (б)? Идут ли эти процессы в согласовании с генетической программой (в)? Как называется постклеточная форма энамелобласта (г)? Способна ли она к делению (д)?

Ответ: а) постоянные; б) превращение клетки в ее постклеточную форму

Примеры ситуационных задачи

1. На электронной микрофотографии апикального полюса эпителиоцита (клетка эпителиальной ткани) выявляются два типа микровыростов цитоплазмы, ограниченных плазмолеммой. Условно назовем эти микровыросты «А» и «В». В сердцевине каждого из микровыростов «А» обнаруживается построенная из микротрубочек осевая нить, в основании которой лежит электронноплотное тельце, также состоящее из микротрубочек. В микровыростах типа «В» таких структур нет, однако в них обнаруживаются пиноцитозные пузырьки.

• Как называются микровыросты «А» (а), осевая нить в их сердцевине (б) и электронноплотное тельце у основания (в)? Какую функцию выполняют названные Вами микровыросты (г)? Как называются микровыросты «В» (д)? Механизм образования (е) и структура (ж) пиноцитозных пузырьков? Каково функциональное назначение этих микровыростов (з)?

Ответ: а) микрореснички; б) аксонема; в) базальное тельце; г) активное перемещение субстратов по поверхности клетки; д) микроворсинки; е) эндоцитоз жидкостных субстратов, ж) мембранные пузырьки с жидкостным содержимым, з) увеличение площади всасывающей поверхности клетки.

2. Печень – жизненно важный орган, в составе которого интегрированы клетки различных функциональных

назначений. При электронном микроскопировании её ультратонкого среза выявлено несколько структурных разновидностей клеток (А, В, С, D). В ядрах клеток «А» содержится преимущественно эухроматин, в цитоплазме хорошо развиты комплекс Гольджи, шероховатая и гладкая эндоплазматическая сеть, много митохондрий. Ядра клеток «В» содержат преимущественно гетерохроматин, в цитоплазме относительно мало органелл, но среди них преобладают свободные рибосомы и митохондрии. Клетки «С» имеют псевдоподии, в цитоплазме много лизосом, митохондрий и эндоцитозных пузырьков. В клетках «D» развита гладкая ЭПС, относительно много пероксисом и митохондрий.

• Исходя из структурных особенностей выявленных клеток (А, В, С, D) сделайте предположение об их функциональном назначении в жизнедеятельности печени. Почему во всех выявленных клетках относительно много митохондрий (а)? В чем заключается уникальность этих органелл (б, в, г, д, е)?

Ответ: Клетки «А» осуществляют синтез и секрецию белковых и небелковых веществ; клетки «В» молодые и малодифференцированные, обладают высокой митотической активностью, они являются источниками регенерации печени; клетки «С» выполняют макрофагические функции; клетки «D» принимают участие в процессах дезинтоксикации. а) в клетках осуществляются энергоёмкие процессы; б) относительная автономия; в) собственный генетический аппарат; г) собственные рибосомы; д) осуществляют собственные белковые и небелковые синтезы; е) способны к делению.

3. Целый ряд токсических веществ вызывает разрушение мембран лизосом. Генерализация этого эффекта может привести к гибели организма.

• Где образуются лизосомы (а)? Какое они имеют строение (б)? Что представляет собой их содержимое (в)? Что произойдет с клеткой при выходе содержимого лизосом в гиалоплазму (г)? Каким термином (апоптоз или некроз) можно назвать гибель клетки в заданной ситуации (д)? Обоснуйте это заключение.

Ответ: а) в комплексе Гольджи; б) это мембранные пузырьки; в) гидролитические и протеолитические ферменты; г) аутолиз – ферментативное разрушение собственных структур клетки; д) некроз. Обоснование: апоптоз – это естественная генетически запрограммированная смерть клетки, которая сопровождается образованием апоптозных телец, фагоцитируемых окружающими клетками данной ткани; некроз – насильственная гибель клетки, возникает при действии сильного повреждающего фактора (в данном случае токсическое вещество).

4. С диагностической целью у пациента взят мазок с поверхности эпителиальной пластинки слизистой оболочки внутренней поверхности щеки. После окрашивания мазка смесью основного и кислого красителя в нем выявлено несколько разновидностей клеток. Среди них имеются: некрупные овальные клетки с резко базофильной цитоплазмой и гиперхромным ядром (клетки «А»), более крупные клетки овальной формы с гипохромным ядром и оксифильной цитоплазмой (клетки «Б»), а также постклеточные образования полигональной формы с пикнотичным ядром («В»)

• Какие из обнаруженных клеток или клеточных форм обладают наибольшей митотической активностью (а), а какие утратили эту способность (б)? Какая форма хроматина преобладает в гиперхромных ядрах (в), а какая в гипохромных (г)? Что называется пикнотичным ядром (д)?

Его наличие отражает обратимость или необратимость структурных изменений клетки (е)? Появление в мазке клеточных форм типа «В» является нормальным или патологическим явлением (ж)?

Ответ: а) «А»; б) «В»; в) гетерохроматин; г) эухроматин; д) резко сморщенное ядро; е) необратимость; ж) нормальное.

5. В ядре высокодифференцированной клетки обнаружено отсутствие ядрышек и резкое преобладание спирализованного хроматина. Размеры ядра уменьшены («сморщивание» ядра – кариопикноз). В цитоплазме этой клетки отмечено большое количество липофусцина и наличие микроядер. Количество митохондрий снижено, имеется тенденция к группировке органелл в конгломераты.

• Способен ли резко спирализованный хроматин считывать информацию в цитоплазму (а)? Обоснуйте, образуются ли в данной клетке субъединицы рибосом (б)? В каком состоянии находятся ядерные поры (в) и перинуклеарное пространство (г)? О чем свидетельствует накопление в цитоплазме липофусцина (д,е)? Что из себя представляют в структурном отношении микроядра (ж)? Каково агрегатное состояние гиалоплазмы ? – объясните ваше заключение (з). В каком периоде митотического цикла (и) и на каком этапе жизнедеятельности (к) находится клетка?

Ответ: а) нет; б) субъединицы рибосом не образуются т.к. нет ядрышка; в) количество ядерных пор уменьшено; г) перинуклеарное пространство сужено или может отсутствовать; д) распад митохондрий; е) малая активность и недостаточность количества аутолизосом; ж) отщипнувшиеся фрагменты основного ядра ; з) повышение вязкости о чем свидетельствует тенденция органелл образовывать конгломераты; и) период

репродукционного покоя – G₀; к) старение и подготовка к апоптозу.

6. Одонтобласты (дентинобласты) являются клетками, продуцирующими межклеточное вещество дентина (одна из минерализованных тканей зуба). При этом они секретируют белковые и небелковые компоненты аморфной (бесструктурной) части дентина, а также фибриллярный белок (коллаген), из которого комплексируется его волокнистый компонент (дентиновые волокна). Кроме того одонтобласты синтезируют фермент – щелочную фосфатазу, который обеспечивает процессы минерализации межклеточного вещества. Высокой митотической активностью обладают предшественники одонтобластов - преодонтобласты, в то время как сами одонтобласты не делятся.

• Исходя из полученной информации решите:

- какой из структурно-функциональных аппаратов превалирует в его цитоплазме (а);
- на каких органеллах осуществляются синтез структурных белков (б) и небелковых соединений (в) для межклеточного вещества;
- на каких органеллах осуществляются синтез щелочной фосфатазы (г);
- какие из клеток (преодонтобласты или одонтобласты) способны переходить через точку рестрикции митотического цикла (д);
- в каком периоде митотического цикла находятся активно функционирующие одонтобласты (е), могут ли они подвергаться апоптозу (ж) или некрозу (з)?

Ответ: а) внутриклеточного синтеза и структуризации; б) гр.ЭПС; в) гл.ЭПС; г) гр.ЭПС ; д) преодонтобласты; е) G₀; ж) да; з) да.