

**Министерство образования и науки Российской Федерации
Негосударственное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Самарский медицинский институт «РеаВиЗ»**

Т.В. Шубина, О.Н. Киселева

ОСНОВЫ ЦИТОЛОГИИ

Учебное пособие

САМАРА 2009

Рецензенты:

Консультант УМО, доктор медицинских наук, профессор кафедры внутренних болезней А.А. Девяткин.

Кандидат медицинских наук, доцент кафедры радиотехники и медицинских диагностических систем СГАУ А.А. Тимирбулатов.

Шубина Т.В., Киселева О.Н. Цитогенетические основы онтогенеза человека: Учебное пособие. – Самара, НОУ ВПО СМИ «РЕАВИЗ», 2009. – 136 с.

В учебном пособии освещены цитологические основы наследственности и изменчивости в онтогенезе человека. В нем также рассмотрена морфология основных структурных компонентов клетки, вскрыта их взаимосвязь в процессе жизнедеятельности в норме и описаны типичные нарушения структуры и функций клетки, приводящие к патологии. Представлены кариотип человека, основные типы репродукции клеток, медицинские аспекты клеточной пролиферации, прогенез, эмбриональный и постэмбриональный онтогенез человека.

Данное пособие предназначено для студентов медицинских вузов, врачей, преподавателей биологии.

Все права автора защищены. Ни одна часть этого издания не может быть занесена в память компьютера либо воспроизведена любым способом без предварительного письменного разрешения издателя.

© НОУ ВПО СМИ «РеаВиЗ», 2009
© Шубина Т.В., Киселева О.Н. 2009

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение	4
Глава I. Структурно-функциональная организация клетки в норме и при патологии.	5
1.1. Основные этапы развития цитологии	
1.2. Современное состояние клеточной теории	
1.3. Основные структурные компоненты клеток	
1.4. Химические компоненты живых систем. Значение их в жизнедеятельности клеток и организма	
1.5. Структура и функции биологических мембран в норме и при патологии	
1.6. Молекулярные и клеточные аспекты возникновения патологических процессов	
1.7. Вопросы для самоконтроля	
1.8. Тестовый контроль	
1.10. Структурно-функциональная организация наследственного материала	
1.11. Роль ядра в передаче наследственной информации	
1.12. Патологические изменения ядра	
1.13. Вопросы для самоконтроля	
1.14. Тестовый контроль	
Глава II. Репродукция клеток. Проблемы клеточной пролиферации в медицине.	63
2.1. Жизненный цикл клетки.	
2.2. Механизмы регуляции клеточной активности	
2.3. Нерегулярные типы репродукции клеток	
2.4. Проблемы клеточной пролиферации в медицине	
2.5. Патология репродукции клеток	
2.6. Вопросы для самоконтроля	
2.7. Тестовый контроль	
2.8. Мейоз - основа полового размножения и комбинативной изменчивости	
2.9. Вопросы для самоконтроля	
2.10. Тестовый контроль	
Глава III. Индивидуальное развитие организмов	91
3.1. Доэмбриональный онтогенез человека	
3.2. Эмбриональный период	
3.3. Постэмбриональный онтогенез человека	
3.4. Критические периоды онтогенеза	
3.5. Биологические и социальные аспекты онтогенеза человека	
3.5.1. Рост и конституция	
3.5.2. Регенерация – свойство живого к самообновлению и восстановлению	
3.5.3. Стресс – адаптивный механизм гомеостаза	
3.5.4. Биологические ритмы	
3.5.5. Старение и смерть как биологические явления	
3.6. Вопросы для самоконтроля	
3.7. Тестовый контроль	
Глава IV. Ситуационные задачи к итоговому занятию.	115
Глава V. Итоговый тестовый контроль.	119
Литература	133

Введение

Клетка – это сложная термодинамическая, самовосстанавливающаяся система, в которой имеет место единство материального субстрата жизни, представленного как минеральными, так и органическими компонентами.

Профессиональный интерес у студентов вызывают медицинские аспекты нарушений минерального обмена и примеры заболеваний, связанных с недостатком или избытком микроэлементов, с недостаточной активностью ферментов, гормонов. В данном пособии подробно раскрывается роль воды в межклеточных взаимодействиях, осмо- и терморегуляции, транспорте веществ во внутренней среде организма, оплодотворении. Студенты получают информацию об отрицательном влиянии таких тяжелых металлов как ртуть, уран на субклеточную структуру – плазмалемму, которая становится проницаемой для натрия, калия, хлора, кальция, магния, в результате чего, клетки набухают и их цитоскелет распадается.

Морфофункциональная организация клетки излагается студентам с позиций ультраструктурной патологии. Так нарушение избирательной проницаемости цитоплазматической мембраны приводит к развитию почечной глюкозурии, цистинурии, наследственному рахиту и многих других заболеваний.

Врач, вооруженный современными научными представлениями об ультраструктурной патологии клеточных компонентов, способен определить самые ранние, начальные стадии болезни, когда патологические процессы могут быть обратимы или компенсированы при своевременном, рациональном и эффективном лечении.

Глава I

Структурно-функциональная организация клетки в норме и при патологии.

1.1. Основные этапы развития цитологии.

Клетка – это элементарная частица, как бы атом живой материи, наименьшее образование, которое может быть живым организмом. Существуют организмы одноклеточные (протисты и бактерии) и многоклеточные. Человеческое тело состоит примерно из 10^{15} клеток. Клетка способна питаться, расти и размножаться, и потому ее можно считать организмом, целостным живым существом.

Клетки могут вести в значительной мере самостоятельный образ жизни, так клетки, выделенные из различных тканей животных и растений и помещенные в специальную питательную среду, растут и размножаются в ней.

Слово «клетка» – это перевод с латинского слова – «CELLULA» – ячейка. Этот термин впервые использовал в 1665 г. Роберт Гук для описания многочисленных ячеек, которые он наблюдал под микроскопом в срезе пробки. Такое же строение Гук отметил в сердцевине бузины и других растениях. Микроскописты итальянец М. Мальпиги, англичанин Н. Грю во второй половине XVII века также обнаружили ячеистое строение многих растительных объектов. В воде впервые обнаружил микроскопические организмы голландец А. Левенгук.

Только во втором десятилетии XIX века исследователи обратили внимание на полужидкое студенистое содержимое, заполняющее клетку. Это содержимое было названо чешским ученым Я. Пуркинье протоплазмой. Но еще долго существовало убеждение, что оболочка, а не протоплазма является главной частью клетки. Английский ботаник Р. Браун открыл в 1831 г. ядро. Это открытие явилось предпосылкой установления сходства между клетками растений и животных. Общее правило, известное как клеточная теория, было сформулировано в 1838 г. ботаником М. Шлейденом и распространено на животные клетки в 1839 г. зоологом Т. Шванном. В 1839 г. был опубликован труд «микроскопические исследования о соответствии в структуре и росте животных и растений». Шванн установил: несмотря на то, что клетки животных крайне разнообразны, ядра во всех клетках обладают большим сходством. Если под микроскопом в каком либо образовании присутствует ядро, то, по мнению Шванна, это образование можно назвать клеткой. На основании только этого критерия, Шванн выдвинул основные положения клеточной теории:

1. Главной структурной единицей всех организмов (растительных и животных) является клетка.

2. Рост, развитие и дифференцировка растительных и животных тканей обусловлена только процессом образования клеток.

Как писал в 1855 г. великий патолог Р. Вирхов "Omnis cellula ex cellula" (Только клетка может породить клетку). Основным трудом Р. Вирхова "Целлюлярная патология" стал классикой. До Вирхова причину всех патологий видели в изменении состава жидкости и борьбе нематериальных сил организма. Вирхов показал патологический процесс материалистически, указав на связь патологии с морфологическими структурами, с определенными изменениями в строении

клеток. Это послужило возникновению новой науки – патологии, которая является основой теоретической и клинической медицины. Вне клетки, утверждал Вирхов, нет жизни. Это положение не потеряло своего значения. В многоклеточных организмах имеются неклеточные, структуры, но они производные клеток. Вирхов развил неверную тенденцию Шванна рассматривать организмы как своеобразную сумму составляющих их клеток. Последователи Вирхова не видели качественного развития между частью и целым, рассматривая организм вне его исторического развития. Но несмотря на это «Целлюлярная патология» Вирхова является великой вехой в истории биологии и медицины.

Многоклеточный организм развивается из одной клетки – яйца, которое делится, и тело растет в результате размножения составляющих его клеток. В приведенном афоризме Вирхов отразил свои выводы относительно возникновения злокачественных опухолей путем некой трансформации нормальных клеток, существовавших ранее. Это был первый огромный шаг к пониманию природы рака. Оплодотворение, зародышевое развитие и многие другие процессы стали гораздо понятнее в свете предложенной клеточной теории.

1.2. Современное состояние клеточной теории

Таким образом, к концу прошлого века накопился обширный научный материал о строении и жизнедеятельности клетки. Были разработаны новые специальные методы исследования, которые способствовали образованию новой самостоятельной ветви биологии – цитологии. Современные представления клеточной теории формулируются следующим образом:

1. Клетка является структурно-функциональной единицей, а также единицей развития всех живых организмов.
2. Клеткам присуще мембранное строение.
3. Ядро – главная составная часть клетки.
4. Клетки размножаются только делением.
5. Клеточное строение организма – свидетельство того, что растения и животные имеют единое происхождение.

С точки зрения биоэнергетики и термодинамики все системы можно поделить на изолированные, закрытые и открытые. Изолированные системы не обмениваются с окружающей средой ни веществом, ни энергией, закрытые обмениваются с окружающей средой только энергией. Открытые обмениваются с окружающей средой и веществом, и энергией. Живые организмы и составляющие их клетки – открытые системы. Это не тепловая машина, а преобразователь энергии, который превращает химическую энергию пищи (энергию первоначально уловленную зелеными растениями из солнечного света) в электрическую, механическую, осмотическую. С точки зрения химии живая система находится в динамическом стационарном состоянии: в нее поступают и из нее выходят вещества, но система в целом сохраняется. Для поддержания такого состояния, которое по существу и есть жизнь, в системе все время происходит обмен веществ. Обмен веществ представляет собой процессы ассимиляции и диссимиляции. Ассимиляция – процесс уподобления веществ, поступающих в клетку веществами, которые по своей специфике характерны для данной клетки. Ассимиляция происходит с поглощением энергии. Источником энергии являются ранее синтезированные вещества, находящиеся в клетке. Они подвер-

гаются распаду в процессе диссимиляции. Диссимиляция – раздробление – процесс освобождения энергии за счет распада вещества клетки. Вещества, образующиеся при диссимиляции, также подвергаются дальнейшим преобразованиям. Ассимиляция и диссимиляция – единство метаболизма. Метаболизм осуществляется при помощи ферментов – специфических органических катализаторов, синтезируемых живыми клетками. Биохимические превращения неразрывно связаны с теми структурами живой клетки, которые отвечают за выполнение той или иной функции. Такие структуры получили название органоид, так как подобно органам целого организма выполняют специфические функции.

Современные средства исследования позволили биологам установить, что по строению все живые существа следует делить на организмы безъядерные – прокариоты и ядерные – эукариоты. В группу прокариот попали все бактерии и сине-зеленые водоросли (цианеи), а в группу эукариот – грибы, растения и животные. В настоящее время выделяют два уровня клеточной организации: прокариотический и эукариотический. Прокариотические организмы очень просто устроены. Они не имеют типичного ядра, заключенного в ядерную мембрану. Генетический материал представлен единственной нитью ДНК. Она не приобрела сложного строения и называется генофором. Деление только амитотическое. В клетке отсутствуют митохондрии, центриоли, пластиды. Эукариоты – ядерные организмы, имеющие ядро, окруженное ядерной мембраной. Генетический материал сосредоточен преимущественно в хромосомах, имеющих сложное строение и состоящих из нитей ДНК и белковых молекул. Эукариотические клетки делятся митотически. В них имеются центриоли, митохондрии, пластиды. Среди эукариотов существуют как одноклеточные, так и многоклеточные организмы.

Эукариоты – это и животные, и растения. Для растений характерен аутоτροφный тип питания, для животных гетеротрофный. Однако провести четкую грань между растениями и всеми животными не удастся. В настоящее время все большая часть биологов считают необходимым делить эукариот на три царства: животных, грибов и растений.

Таким образом, согласно клеточной теории, все клетки гомологичны по своему строению, и их основными структурными компонентами являются мембрана, цитоплазма и ядро.

1.3. Основные структурные компоненты клеток.

Плазматическая мембрана или плазмолемма представляет собой комплекс липидных и белковых молекул. Липиды образуют непрерывный двойной слой (6-10 нм), в который погружены молекулы структурных, транспортных, ферментативных, рецепторных белков. Липидный бислой определяет структурные особенности мембран, а белки – большинство ее функций. На внешней поверхности клетки выступают цепи углеводов, соединенные с белками – гликопротеидами или с липидами – гликолипидами (3-4 нм). Эта структура получила название – гликокаликса.

Специализированные участки плазматических мембран соприкасающихся клеток образуют межклеточные контакты различного строения. На свободной поверхности ряда клеток имеются органеллы специального значения – микроворсинки, реснички, жгутики и т.д.

Плазматическая мембрана – динамичная структура, регулирующая взаимодействие между клеткой и ее окружением, включая и другие клетки. При эндо- или экзоцитозе от плазмалеммы непрерывно отрываются одни участки и в нее встраиваются другие (круговорот мембранных компонентов клетки – самосборка). Процесс эндоцитоза разделяют на фагоцитоз – захват корпускулярных частиц и пиноцитоз – захват коллоидов. Участок мембраны, открывающийся в цитоплазму, вместе с захваченным материалом образует фагосому, а переваривание ее содержимого осуществляют ферменты лизосом.

С плазматической мембраной сходны по строению внутренние мембраны клетки, разделяющие клетки эукариотов на отсеки – компартменты, которые организуют процессы обмена и обеспечивают возможность течения в одной клетке противоположных химических реакций синтеза и катализа, обеспечивающих, в свою очередь, весь метаболизм клетки. Компартментализация способствует пространственному разделению процессов в клетке. Отдельный компартмент – органелла = органоид или его часть.

Биологические мембраны выполняют ряд функций: барьерную, обеспечения избирательной проницаемости веществ, регуляции их проницаемости, образование гидрофильной и гидрофобной поверхностей с размещением на них специфических ферментных комплексов. Благодаря указанным свойствам плазмалемма регулирует состав внутренней среды клетки. Наличие в ней молекулярных рецепторов, специфически распознающих биологически активные вещества – гормоны, обеспечивает адекватную реакцию клетки на изменение ее окружения или состояния организма.

Большинство органоидов имеют в своей структуре одну или две мембраны (мембранные органоиды).

Одномембранные образуют вакуолярную систему клетки – ЭПС, комплекс Гольджи, лизосомы. Они самым непосредственным образом связаны с обменом веществ (синтезом, катализом, транспортом), и потому лучше представлены в животных клетках.

Две мембраны имеют митохондрии и пластиды. В тех и других происходят ферментативные реакции синтеза из фосфата и АДФ высокоэнергетического вещества – АТФ, служащего основным источником энергии для всех внутриклеточных процессов. В растительных клетках образующаяся в хлоропластах АТФ используется для синтеза углеводов из углекислого газа и воды,

К немембранным органоидам относятся: рибосомы, клеточный центр, микрофиламенты, микротрубочки. Рибосомы – универсальный аппарат синтеза белковых молекул. В функционирующем состоянии они состоят из большой и малой субъединиц, состоящих из белков и р-РНК.

Центросома (диплосома) – это центр организации микротрубочек цитоплазмы, из которых образуется веретено деления. Кроме того, клеточный центр связан с развитием ресничек, жгутиков.

В некоторых клетках (мышечных, нервных) помимо названных общеклеточных органоидов есть и специальные: миофибриллы, синаптические пузырьки, связанные с выполнением специфических функций – сократительной и проводящей.

Все внутриклеточные структуры погружены в гиалоплазму, которая представляет собой полужидкую среду, не имеющую какой либо внутренней организации. Химический состав ее значительно варьирует, но в среднем его можно

представить так: 75-85% воды, 10-12% белков и аминокислот, 4-6% углеводов, 2-3% жиров и липидов, 1% неорганических веществ. Гиалоплазма динамична, что способствует оптимальному размещению органоидов и высокой эффективности биохимических реакций, выделению продуктов диссимиляции. В основном веществе цитоплазмы сконцентрированы промежуточные продукты многих биохимических циклов и происходит бескислородный этап энергетического обмена – гликолиз, которому принадлежит важная роль в образовании потока энергии.

В отличие от органоидов, являющихся постоянными структурами клетки, в цитоплазме находятся и относительно непостоянные компоненты – включения. Количество и качество их бесконечно изменяется, что зависит от типа клетки, выполняемой ею функции и состояния клеточного метаболизма. Различают трофические (гранулы белков и углеводов, капли жиров, секреторные, пигментные, экскреторные и специального назначения (гемоглобин в эритроцитах)).

Все клеточные компоненты, столь различные, только вместе составляют неразрывное целое. Каждый отдельный компонент может просуществовать лишь ограниченное время и не в состоянии обеспечить ни одну жизненную функцию. Это подчеркивает, одновременно, и дискретность и целостность любой живой системы.

Прежде чем говорить более подробно о структуре и функции отдельных клеточных компонентов, следует сделать небольшой экскурс в хронологию цитологических исследований.

Изучение морфологии клеток находилось в прямой зависимости от микроскопической техники. С момента изобретения микроскопа (Янсен, 1590 г.), затем его усовершенствования многими учеными, уже в XVII веке были открыты бактерии.

XVIII век, в основном характеризуется описанием одноклеточных организмов и тканей многоклеточных.

В XIX веке световая микроскопия использовалась очень направленно, и были открыты ядро, цитоплазма, описаны хромосомы, выявлены митохондрии, аппарат Гольджи, пластиды, то есть наука цитология приобрела экспериментальный характер. К 1900 году световой микроскоп достиг теоретического предела разрешения, и развитие цитологии затормозилось, пока не был изобретен электронный микроскоп (30 годы XX века).

Высокое разрешение ЭМ позволило открыть ЭПС (1945 г.) и, почти одновременно, лизосомы (1955 г.) и рибосомы (1955 г.). Глубокое и «тонкое» строение того или иного клеточного компонента стали называть ультраструктурой. Использование ЭМ в цитологических целях позволило Давсону и Даниели в 1935 году высказать гипотезу о трехслойности строения клеточной мембраны (теория сэндвича): липидный бислой, заключенный между двумя слоями белка.

В 1959 году Робертсон выдвинул гипотезу о строении «элементарной мембраны», в которой он постулировал структуру, общую для всех биологических мембран:

- а) все мембраны имеют толщину 7,5 нм.
- б) в ЭМ все мембраны трехслойные.
- в) трехслойность обусловлена расположением белков и полярных липидов, согласно модели Давсона и Даниели.

В связи с получением новых данных на основе изучения расщепленных мембран, подвергшихся мгновенному замораживанию и скалыванию (метод за-

моразивания-скалывания) стало ясно, что белки располагаются не жестким слоем; а частицами, погруженными в липидный слой. В 1972 г. Сингер и Николсон предложили жидкостно-мозаичную модель мембраны, согласно которой белковые молекулы, плавающие в жидком липидном бислое, образуют в нем как бы своеобразную мозаику. В этой модели липидный бислой по-прежнему рассматривается как элементарная мембрана, но здесь она представлена как динамическая структура. Белки плавают в липидном слое иногда свободно, а иногда их удерживают микрофиламенты, проникающие в цитоплазму. Липиды так же могут перемещаться, меняя свое положение. Доказано, что чем больше в мембране белков, тем активнее в метаболическом плане мембрана. Например, в мембране хлоропласта до 75% белка, а в инертной миелиновой оболочке аксона белка только 18%. Неодинаково и расположение белковых частиц на внутренней и наружной поверхности мембраны.

Некоторые мембранные белки лишь частично погружены в мембрану, тогда как другие пронизывают ее. Гидрофобные участки белков взаимодействуют с липидами, а гидрофильные участки, находящиеся на поверхности мембраны, в контакте с водным содержимым клетки. В клеточных мембранах встречаются тысячи различных белков. Среди них есть чисто структурные, есть белки – переносчики, входящие как составная часть в активные насосные механизмы. В белковых молекулах имеются гидрофильные каналы, по которым могут проходить полярные молекулы (липидный слой не пропускает их в клетку).

В мембранах содержатся ферментные белки, специфические рецепторы, переносчики электронов – преобразователи энергии, участвующие в фотосинтезе – клеточном дыхании. Кроме того, в мембранах имеются гликопротеиды, на их свободных поверхностях находятся разветвленные олигосахаридные цепи, напоминающие антенны. Конформация этих цепей очень разнообразная, но строго определенная. Функция углеводного слоя (гликокаликса) связана с распознаванием внешних сигналов. Соседние клетки благодаря распознающим участкам взаимодействуют по типу адгезии (слипания), что обеспечивает правильную ориентацию и образование тканей в процессе дифференцировки. С функцией распознавания сигналов связана деятельность различных регуляторных систем и иммунный ответ, в котором гликопротеиды играют роль антигенов. Таким образом, углеводы, входящие в поверхностный аппарат клетки, могут функционировать как информационные молекулы.

Состав мембранных липидов варьирует, и это влияет на такие свойства, как жидкое состояние и проницаемость. От жидкого состояния зависит активность мембран, в частности способность отдельных мембран сливаться друг с другом, активность ферментов и транспорт белков. Гликолипиды, также как и гликопротеиды, участвуют в формировании распознающих (рецепторных) участков. Суммируя известные данные, клеточным мембранам можно дать общую характеристику:

- толщина разных типов мембран от 5 до 10 нм (плазматическая – 7,5);
- мембраны – это липопротеиновые структуры;
- к некоторым липидным и белковым компонентам присоединены углеводы (от 2 до 10%);
- липиды образуют бимолекулярный слой, что объясняется полярными головками липидов и не полярными хвостами;

- две стороны мембраны могут отличаться одна от другой и по составу и по свойствам;
- мембранные липиды и белки способны диффундировать в плоскости мембраны.

Общими свойствами мембран являются: подвижность, вязкость, прочность, избирательная проницаемость, самосборка.

Общими функциям являются: формообразующая, защитная, барьерная, рецепторная, обмен веществ, транспорт веществ.

Из всех функций мембраны особенное медицинское значение имеет рецепторная функция распознавания чужеродных клеток. Способностью распознавать обладают интегральные гликопротеиды мембраны, углеводные концы которых выступают над поверхностью, образуя гликокаликс. Особенности его приводят в действие иммунные механизмы при пересадке органов, и если антигены реципиента и донора различаются в большей степени, происходит отторжение тканей.

Благодаря гликокаликсу клетки способны удерживаться вместе, образуя агрегаты, что важно для нормального хода эмбриогенеза и онтогенеза. При появлении в организме мутагенных клеток, явление узнавания значительно снижается, в результате измененные клетки, ставшие чужеродными, отрываются от основной клеточной массы (опухоли), мигрируют по крови, лимфе, в различные органы, давая новые очаги - метастазы.

В процессе пролиферации клеток постоянно существует потребность в синтезе новой клеточной мембраны, так как дочерние клетки быстро увеличиваются в размерах.

Поставщиком материала для построения мембраны и гликокаликса является аппарат Гольджи. В полостях пластинчатого комплекса происходит синтез сложных веществ – гликопротеидов и гликолипидов. Кроме того, аппарат Гольджи видоизменяет мембрану гранулярной ЭПС так, что она становится сходной с клеточной и ее фрагменты органично встраиваются в клеточную (самосборка).

За последнее время выявлено, что клеточная мембрана асимметрична: все углеводсодержащие части гликопротеидных и гликолипидных молекул выступают за наружную поверхность плазмалеммы, а холестерин локализуется во внутренней части мембраны, ближе к цитоплазме. В наружной и внутренней поверхности содержатся разные белки и фосфолипиды. Отсюда и различное функциональное значение поверхностей клеточной мембраны: наружная, благодаря молекулам-рецепторам, стимулирует или подавляет активность клеток.

Холестерин, содержащийся во внутренней части мембраны, является предшественником для образования стероидных гормонов, которые, будучи жирорастворимыми соединениями, диффундируют через клеточные мембраны и связываются с белками-рецепторами цитоплазмы. Образующиеся комплексы транспортируются в ядро, где они присоединяются к определенным участкам хромосом и активируют (дерепрессируют) гены, вызывая синтез и-РНК (т.е. «запускают» гены в работу).

1.4. Химические компоненты живых систем. Значение их в жизнедеятельности клеток и организмов.

Для того, чтобы получить полное представление о химическом составе клетки и свойствах живого вещества, следует рассматривать не только легко

наблюдаемые макроскопические проявления жизни, не только структуры, видимые в обычный световой или даже электронный микроскоп, но и молекулярную организацию цитоплазмы, лежащую далеко за пределами разрешающей способности микроскопа.

Значительную часть вещества каждой клетки составляет вода. У человека содержание воды в различных тканях варьирует от 20 % (в кости), до 85 % (в тканях головного мозга). Около $\frac{2}{3}$ общей массы организма человека составляет вода. Вода в клетке находится в двух состояниях: связанной и свободной.

В связанном состоянии находятся около 4-5 % ее массы. Связанная вода водородными связями связана с молекулами белка и обеспечивает поддержание структуры. Молекулы воды, являясь диполем, могут образовывать связи с отрицательно и положительно заряженными участками белковой молекулы. В каждой белковой молекуле аминная группа способна связать 2, 6 молекул H_2O . Сольватная связанная вода прочно удерживается коллоидными частицами, не растворяет солей, замерзает только при температуре близкой к 40 °С.

Вода у всех организмов служит и средой для диффузии. Диффузию можно определить как распространение молекул из области высокой концентрации в область низкой концентрации. Молекулы продолжают двигаться и после того, как они равномерно распределились по всему пространству. Перемещение молекул в каком-нибудь одном направлении происходит очень медленно. Этот факт имеет большое биологическое значение: так, например, число молекул O_2 или питательных веществ, которые могут достигнуть организма только за счет одной диффузии, весьма ограничено.

Лишь очень небольшой организм, которому ежесекундно необходимо относительно небольшое число молекул питательных веществ, может выжить сидя на одном месте и дожидаясь, когда они дойдут до него путем диффузии.

Могут ли молекулы данного вещества проходить через ту или иную мембрану зависит от их структуры и величины имеющихся в мембране пор. Мембрана называется проницаемой, если через нее проходит любое вещество. Непроницаемой – если она не пропускает ни одно вещество. Избирательно проницаемой, если через нее могут диффундировать некоторые вещества. Все клеточные мембраны обладают дифференциальной проводимостью.

Диффузия растворенного вещества через полупроницаемую мембрану называется диализом. Диффузия растворителя через полупроницаемую мембрану называется осмосом.

Давление, которое нужно приложить к полупроницаемой мембране, чтобы осмос прекратился, называется осмотическим давлением.

Осмотическое давление во всякой живой клетке создают растворенные соли, сахара и др. вещества. Растворы, в которых осмотическое давление равно осмотическому давлению плазмы крови называется изотоническим ($P=7,6$ атм.). Если раствор имеет осмотическое давление выше осмотического давления плазмы крови, то он называется гипертоническим. Эритроциты, помещенные в такой раствор, сморщиваются и разрушаются. Раствор, осмотическое давление которого ниже осмотического давления плазмы крови называется гипотоническим. Эритроцит в таком растворе набухает и лопаются. Но клетка может приспособливаться к среде, изменяя содержание воды в своей цитоплазме.

Многие клетки способны активно насасывать воду или некоторые растворенные вещества через плазматическую мембрану или откачивать ее и поддер-

живать осмотическое давление, отличное от осмотического давления окружающей среды.

У простейших, живущих в сильно гипотонической пресной воде, выработались сократительные вакуоли, которые вбирают в себя воду из протоплазмы и выводят ее наружу.

Многие организмы, обитающие в море, обладают феноменальной избирательной способностью накапливать йод в таком количестве, что его концентрация становится в 2 млн. раз выше, чем в окружающей среде. Примитивные хордовые оболочники способны накапливать ванадий, и концентрация этого элемента в их клетках может превышать его концентрацию в морской воде примерно в 20 млн. раз.

Перенос воды против градиента концентрации представляет собой физическую работу и требует затраты энергии. Клетка способна совершать эту работу пока в ней происходят метаболические процессы, доставляющие энергию. Если на клетку подействовать метаболическим ядом, например HCN она утрачивает способность создавать и поддерживать разность концентраций по обе стороны от плазматической мембраны.

Вода – превосходный растворитель для полярных веществ. К ним относятся ионные соединения (соли). Минеральные соли играют важную роль в развитии живых организмов. Они могут находиться либо в диссоциированном состоянии, либо в соединении с белками, углеводами и липидами.

Существуют различные классификации химических элементов, содержащихся в организме. В.И. Вернадский делит их на три группы. Макроэлементы – элементы, содержание которых в организме выше $10^{-2}\%$. К ним относятся кислород, углерод, водород, азот, фосфор, сера, кальций, магний и хлор.

Микроэлементы – элементы, содержание которых в организме находится в пределах от 10^{-3} до $10^{-5}\%$. К ним относятся: йод, медь, фтор, бром, мышьяк, стронций, барий, кобальт.

Ультрамикроэлементы – элементы, содержание которых в организме ниже $10^{-5}\%$. К ним относятся: ртуть, золото, уран, радий и др.

Нормальное протекание процессов в цитоплазме возможно лишь при пропорциональном соотношении элементов.

Органы человека по-разному концентрируют различные химические элементы, т.е. микро- и макроэлементы по-разному накапливаются в печени, костной и мышечной ткани. Эти ткани являются основным депо (запасником для многих микроэлементов).

Элементы проявляют специфическое сродство по отношению к некоторым органам и содержатся в них в высоких концентрациях. Цинк концентрируется в поджелудочной и предстательной железе, йод – в щитовидной, фтор – в эмали зубов, алюминий, мышьяк, ванадий накапливаются в волосах и ногтях. Кадмий, ртуть, молибден – в почках, олово – в тканях кишечника, стронций – в костной ткани, барий – в пигментной сетчатке глаза, бром, марганец, хром – в гипофизе и т.д.

В организмах микроэлементы могут находиться как в связанном состоянии, так и в виде свободных ионных форм. Установлено, что кремний, алюминий, медь и титан в тканях головного мозга находятся, в виде комплексов с белками, тогда как марганец – в ионном виде.

Макроэлементы – углерод, водород, кислород, азот, сера, фосфор – входят в состав белков, нуклеиновых кислот и других биологически активных соединений организма. Содержание углерода в белках, составляет от 5 до 55%. кислорода от 22 до 24%, азота от – 15 до 18%, водорода от 6,5 до 7%, сера от 0,3 до 2,5%, фосфора около 0,5%.

Углерод, водород и кислород входят в состав углеводов, содержание которых в тканях животных невелико, примерно 2%. Эти элементы входят в состав липидов.

Фосфор концентрируется в твердых тканях зубов, 600 грамм его содержится в костной ткани. Это составляет 85% от массы всего фосфора, находящегося в организме человека.

Кальций преимущественно концентрируется в костной ткани, а также зубной ткани. Натрий и хлор в основном содержатся во внеклеточных жидкостях, а калий и магний во внутриклеточных. В виде фторидов натрий и калий входят в состав костной и зубной ткани.

Десять металлов жизненно необходимых для живого организма получили название «металлов жизни». В организме человека массой 70 кг содержание «металлов жизни» составляет в гр. кальций 1700, калий 250, натрий 70, магний 42, железо 5, цинк 3, медь 0,2, марганец, молибден и кобальт, вместе взятые – 0,1. В теле взрослого человека содержится около 3 кг минеральных солей, причем 5/6 этого количества (2,5 кг) приходится на долю костной ткани. Некоторые макроэлементы (Mg и Ca) и большинство микроэлементов содержатся в организме в виде комплексов с биолигандами – аминокислотами, белками, нуклеиновыми кислотами, гормонами, витаминами. Так ион Fe²⁺ в качестве комплексобразователя входит в состав гемоглобина. Co²⁺ – в витамин B₁₂, Mg²⁺ – в хлорофилл. На изменение содержания химических элементов в организме влияют различные заболевания. При рахите происходит нарушение фосфорно-кальциевого обмена, что приводит к снижению содержания кальция. При нефрите из-за нарушения электролитного обмена уменьшается содержание Ca, Na, Cl и повышается содержание Mg, K в организме.

В поддержании определенного содержания макро и микроэлементов в организме участвуют гормоны. Биологическая роль химических элементов в организме человека чрезвычайно разнообразна.

Главная функция макроэлементов состоит в построении тканей, поддержании постоянства осмотического давления, ионного и кислотно-основного состава. Микроэлементы, входя в состав ферментов, гормонов, витаминов, биологически активных веществ в качестве комплексобразователей и активаторов, участвуют в обмене веществ, процессах размножения, тканевом дыхании, обезвреживании токсических веществ. Микроэлементы активно влияют на процесс кроветворения, окисления-восстановления, проницаемости сосудов и тканей.

Макро- и микроэлементы: Ca, P, F, J, Al – определяют формирование костной и зубной ткани. Содержание некоторых элементов в организме человека меняется с возрастом. Так содержание кадмия в почках и молибдена в печени при старении повышается. Максимальное содержание цинка наблюдается в период полового созревания, затем оно снижается и в старости доходит до минимума. С возрастом уменьшается содержание ванадия и хрома. Выявлено немало заболеваний, связанных с недостатком или избытком накопления различных микроэлементов. Дефицит фтора вызывает кариес зубов, дефицит йода – эн-

демический зоб. Избыток молибдена – эндемическую подагру. В организме человека поддерживается баланс оптимальных концентраций биогенных элементов – химический гомеостаз. Нарушение этого баланса вследствие недостатка или избытка элемента может привести к различным заболеваниям.

Кроме шести основных макроэлементов-органогенов: углерода, водорода, азота, кислорода, серы и фосфора, из которых состоят углеводы, жиры, белки и нуклеиновые кислоты, для нормального питания человека и животных необходимы неорганические макроэлементы: кальций, хлор, магний, калий, натрий - и микроэлементы: медь, фтор, йод, железо, молибден, цинк, а также селен, мышьяк, хром, никель, кремний, олово, ванадий.

Анализ содержания и соотношения микроэлементов в организме человека находит применение и в судебно-медицинской экспертизе. В случае алкогольного отравления под влиянием этилового спирта в печени повышается содержание кальция, а натрия и калия становится меньше. При этом в сердце и почках содержание кальция снижается.

Недостаток в пищевом рационе таких элементов, как железо, медь, фтор, цинк, йод, кальций, фосфор, магний, приводит к серьезным последствиям для здоровья человека. Однако надо помнить, что для организма вреден не только недостаток, но и избыток биогенных элементов, т.к. при этом нарушается химический гомеостаз. При поступлении избытка марганца с пищей в плазме повышается уровень меди. Повышение содержания молибдена в продуктах питания приводит к увеличению количества меди в печени. Избыток цинка в пище вызывает угнетение активности железосодержащих ферментов.

Все процессы, связанные с усвоением вышеназванных элементов и их соединений в организме могут происходить в растворах. На клеточном уровне большая часть химических реакций протекает в водных растворах.

Присущее воде свойство растворителя означает также, что вода служит средой для транспорта различных веществ. Эту роль она выполняет в крови, лимфогенной и экскреторной системах, в пищеварительном тракте. Биологическое значение воды определяется и тем, что она представляет собой один из необходимых метаболитов.

Во всех организмах вода обеспечивает поддержание структуры, служит растворителем и средой для диффузии. Участвует в реакциях гидролиза, служит средой, в которой происходит оплодотворение. У животных обеспечивает транспорт веществ, обуславливает осморегуляцию, способствует охлаждению тела (потоотделение, тепловая одышка). Служит основным из компонентов смазки, например, в суставах, выполняет опорные функции (гидростатический скелет). Выполняет защитную функцию, например, в слезной жидкости и в слизи.

Белки являются одним из наиболее распространенных веществ клетки и в организме в целом, что обусловлено многогранностью их функций: пластическая, каталитическая, транспортная, гормональная, защитная, двигательная, опорная и формообразующая, энергетическая, запасающая, рецепторная, антибиотическая, токсическая.

Углеводы выполняют ряд важных функций: строительную, энергетическую, запасающую, защитную.

Жиры в живом организме выполняют следующие функции: структурную, энергетическую, запасающую, терморегуляторную.

1.5. Структура и функции биологических мембран в норме и при патологии.

Согласно клеточной теории, все клетки гомологичны по своему строению, и основными структурными компонентами клетки являются ядро, цитоплазма и мембрана. Любой патологический процесс начинает развиваться на молекулярно-генетическом, субклеточном и клеточном уровне. Понять механизмы патологических процессов можно только в том случае, если мы знаем ультраструктуры и функции клеточных компонентов, прежде всего в норме, а затем уже при нарушении.

В строении клетки огромную роль играют биологические мембраны, и в настоящее время проблема клеточных мембран является доминирующей. Биологические мембраны тонкие (6-10 нм) и замкнутые сами на себя. Основные химические компоненты – это липиды - 40%, белки - 60%, и 2-10% углеводов. Некоторые мембранные белки лишь частично погружены в мембрану, тогда как другие пронизывают ее. Структурной основой мембран служит бимолекулярный липидный слой. Холестерин занимает особое место среди мембранных липидов. Он способен встраиваться в фосфолипидный бислой клеточной мембраны и уплотнять ее. Мембрана становится более вязкой и менее проницаемой для многих веществ (глюкозы, ионов, воды и др.). Содержание холестерина в клеточных мембранах зависит от общего обмена холестерина в организме и подвержено сильному влиянию пищевого рациона.

По месту локализации мембранные белки делятся на: периферические – расположенные на поверхности липидного слоя; интегральные – расположенные в толще липидов; тоннельные – пронизывающие липидный слой.

В зависимости от функциональной активности они классифицируются на рецепторные белки, белки-ферменты, структурные белки.

Структурные белки усиливают прочность липидного каркаса. Белки-ферменты катализируют химические реакции. Белки-рецепторы присутствуют как в мембранах клеток органов чувств, так и в мембранах любых клеток, обеспечивая их взаимодействие с окружающей средой, а также обмен информацией между органоидами внутри отдельной клетки. К рецепторам относятся антитела, способные связывать специфический антиген и вызывать иммунный ответ клетки, в плазмолемме которой сосредоточены. Рецепторную функцию выполняют гликопротеиды.

К основным функциям биологических мембран относятся: механическая – заключается в поддержании целостности и автономности клетки и внутриклеточных органоидов; барьерная – заключается в свойстве полупроницаемости мембран. К барьерной функции также относится разделение цитоплазмы на компартменты, где могут происходить взаимоисключающие химические реакции (принцип компартментализации). Поэтому в клетке пространственно разобщены и изолированы друг от друга биохимические процессы, совместное течение которых невозможно. Например, синтез жирных кислот идет в цитоплазме, а окисление – в митохондриях, синтез белка – на рибосомах, а расщепление — в лизосомах.

Транспортная функция – это перенос различных веществ по обе стороны мембраны. Это обеспечивает поддержание в клетке соответствующего рН. Су-

существует 4 основных механизма транспорта веществ через биологические мембраны: диффузия, осмос, активный транспорт и экзо- или эндоцитоз. Различают пассивный и активный транспорт веществ.

Пассивный транспорт идет в направлении действия концентрационного, электрического, осмотического и фильтрационного (гидростатического) градиентов без затраты энергии. Транспорт по градиенту концентрации осуществляется, когда низкомолекулярные вещества диффундируют в клетку в направлении большей концентрации. К нему относятся диффузия и осмос. Диффундируют через мембраны газы (например, кислород, CO_2), а также ионы и малые полярные молекулы.

Модификацией этого механизма является облегченная диффузия – транспорт вещества с помощью специфических молекул-переносчиков через особые каналы. Примером такого перемещения служит поступление глюкозы в эритроциты.

Активный транспорт связан с потреблением энергии – это перенос вещества через мембрану против градиента концентрации. Он направлен в сторону более низкого электрохимического потенциала и необходим для накопления в клетках веществ и выведения их из клеток. «Ионные насосы» – системы активного транспорта Na^+ , K^+ , Ca^{2+} , H^+ (натрий-калиевая, кальциевая, протонная помпы).

Для большинства клеток концентрация ионов Na^+ внутри клетки значительно ниже (в 8 раз), чем в окружающей среде, а ионов K^+ наоборот выше (в 20 раз). Это необходимо для жизнедеятельности клетки. Распад одной фосфорной связи АТФ обеспечивает энергией перенос двух ионов калия внутрь и трех ионов натрия наружу. Работает натрий-калиевый насос по типу перистальтики, как передвижение пищевого комка по кишечнику.

Поступление веществ в клетку и из нее возможно еще с помощью экзо- и эндоцитоза. Примером экзоцитоза может служить транспорт веществ из клеток желез внешней и внутренней секреции. Эндоцитоз особенно развит у простейших, но существует и в клетках высших животных. Посредством эндоцитоза в клетки поступают пептидные гормоны, в том числе инсулин, липопротеиды крови, некоторые иммуноглобулины и др.

Плазматическая мембрана или плазмолемма – это поверхностная периферическая структура, называемая наружной клеточной мембраной. Она, в первую очередь, ограничивает клетку снаружи, обуславливает ее непосредственную связь с внеклеточной средой. Она имеет толщину 10 нм и представляет собой самую толстую из клеточных мембран.

В световом микроскопе она неразличима. Большая толщина обусловлена тем, что на ее внутренней стороне локализован довольно плотный слой периферических белков, а на наружной – слой углеводных компонентов. Эти углеводы входят в состав гликокаликса – полисахаридного слоя на наружной поверхности плазматической мембраны. Гликокаликс представляет собой совокупность молекул, связанных с белками мембраны.

Плазматическая мембрана практически всех клеток постоянно обновляется. Функции плазмалеммы: ограничение внутренней среды клетки; сохранение формы клетки; защита от повреждений и разнообразных воздействий извне; транспорт различных веществ как внутрь клетки, так и из нее; участие в процессах внеклеточного расщепления биополимеров; участие в передаче сигналов

внутри клетки; принимает участие в межклеточных взаимодействиях у многоклеточных организмов; играет важную роль при делении клетки.

Нормальное функционирование клетки зависит от многих причин: состояния окружающей клетки среды (гомеостаза), своевременности и достаточности поступления в клетку питательных веществ, кислорода, глюкозы, аминокислот, уровня содержания продуктов метаболизма, особенно, CO_2 .

Главное условие в гомеостазе клетки – нормальная проницаемость цитомембраны. Мембрана поддерживает внутренний химический состав клетки посредством избирательной проницаемости и транспортировки. Воздействие тех или иных внутренних и внешних факторов приводит на начальном этапе к повреждению элементарных структур клетки и нарушению их функций, в дальнейшем возможно развитие как патологии отдельной клетки, так и клеточных коопераций. Причиной повреждения цитоплазматической мембраны является образование свободных радикалов в результате воздействия на клетки ионизирующего излучения, химических ядов, оксигенотерапии, острого воспаления и т. д. Основное действие свободных радикалов заключается в перекисном окислении липидов клеточной и митохондриальной мембран, инактивации ферментов, разрыве нитей ДНК.

- другой причиной является лизис мембраны ферментами и вирусами. Например, панкреатические липазы могут способствовать развитию обширного некроза цитомембран клеток поджелудочной железы.

Результатами повреждения цитоплазматической мембраны являются потеря структурной целостности, нарушение барьерной функции, что может привести к избыточному поступлению воды в клетку – вакуольной дистрофии, нарушение мембранного транспорта, нарушение синтеза и обмена мембран.

Наиболее изученной моделью изменения мембранной проницаемости является повреждение тяжелыми металлами (ртуть, уран). Они резко увеличивают проницаемость мембран для натрия, калия, хлора, кальция, магния, что приводит к быстрому набуханию клеток, распаду их цитоскелета. С уменьшением количества ионов кальция во внеклеточной жидкости возможно утолщение клеточной мембраны. При этом изменяется проницаемость для ионов натрия и калия.

Клеточная мембрана, являясь динамичной структурой, образует систему цитоплазматических мембран – ЭПС, связующих все структуры в единый комплекс. Эндоплазматическая сеть (ЭПС), или, эндоплазматический ретикулум (ЭР), представляет собой единый непрерывный компартмент, ограниченный мембраной, образующей множество инвагинаций и складок. На мембранах ЭПС совершаются многообразные первичные синтезы веществ, необходимых для жизнедеятельности клетки. Первичными их можно условно назвать потому, что молекулы этих веществ будут подвергаться дальнейшим химическим превращениям в других компартментах клетки.

Большинство веществ синтезируется на наружной поверхности мембран ЭПС. Затем эти вещества переносятся через мембрану внутрь компартмента и там транспортируются к местам дальнейших биохимических превращений, в частности, к комплексу Гольджи. Для этого на концах трубочек ЭПС образуются и затем отделяются от них транспортные пузырьки. Каждый пузырек окружен, таким образом, мембраной и перемещается в гиалоплазме к месту назначения. Как всегда, в транспорте принимают участие микротрубочки. Эндоплазматиче-

ский ретикулум в цитоплазме образует многочисленные сплетения из каналов. Он участвует в формировании ядерной мембраны и аппарата Гольджи.

Различают два типа ЭПС: гранулярную (зернистую, шероховатую) и агранулярную (гладкую). Обе они представляют собой единою структуру. Наружная, обращенная к гиалоплазме, сторона мембраны гранулярной ЭПС покрыта рибосомами. Здесь осуществляется синтез белков. Поверхность гладкой ЭПС лишена рибосом, и на ее мембранах синтезируются углеводы и липиды, среди них – гликоген, холестерин и стероидные гормоны. Гладкая ЭПС принимает участие также в выведении ионов хлора в клетках эпителия желез желудка. Будучи депо ионов кальция, гладкая эндоплазматическая сеть участвует в сокращении кардиомиоцитов и волокон скелетной мышечной ткани. Выявлена роль гладкой ЭПС в детоксикации гепатоцитами веществ, которые поступают из полости кишки по воротной вене в печеночные капилляры.

Она так же имеет отношение к метаболизму гликогена. В условиях патологии можно наблюдать два вида морфологических изменений – гиперплазию и атрофию эндоплазматического ретикула. Гиперплазия ЭР связана с воздействием экзотоксинов – ДДТ, диметилнитрозамина, фосфора, а так же с вирусной инфекцией. Атрофия ЭР, то есть уменьшение его размеров, сопровождается снижением белково-синтетических функций клетки (при голодании, болезнях печени, старении). Описанное под названием «дегрануляция шероховатого ЭР» уменьшение числа рибосом, связанных с ЭР, и общего числа рибосом часто наблюдается в гепатоцитах при интоксикации этионином, четыреххлористым углеродом и пиромицином. Эти изменения обратимы и свидетельствуют о снижении белкового синтеза. Наконец, необходимо помнить, что ЭР также является пристанищем для некоторых вирусов, в частности ретровирусов.

Таким образом нарушение структуры и функции биологических мембран и ЭПС как ее производной приводит к возникновению и развитию патологических состояний обратимого и необратимого характера. Важно отметить, что самые ранние, начальные стадии патологического процесса, проявляющиеся только на уровне ультраструктур клеток, могут быть компенсированы.

1.6. Молекулярные и клеточные аспекты возникновения патологических процессов.

Многочисленными исследованиями доказано, что любой патологический процесс, какой бы степенью функциональных нарушений он не проявлялся, начинается на уровне ультраструктур, то есть субклеточном уровне. Не существует ни одного повреждающего фактора, который не приводил бы к структурным изменениям компонентов клеток и, звенья вакуолярной системы исключением не являются.

Клеточная мембрана и мембранные органоиды имеют общие компоненты поэтому являются взаимозависимыми в отношении их образования в клетке и выполняемых функций. Так ЭПС образуется из клеточной мембраны и мембран аппарата Гольджи, а он формируется из мембран ЭПС. В свою очередь мембраны аппарата Гольджи формируют первичные лизосомы. Это говорит о том, что все эти органоиды принимают активное участие в метаболизме клетки и нарушение в каком-то одном из них автоматически приводит к изменению в структуре и функциях всей вакуолярной системы клетки.

Комплекс Гольджи в норме представляет собой совокупность цистерн, пузырьков, пластинок, трубочек, мешочков. В световом микроскопе он виден в виде сеточки, реально же представляет собой систему цистерн, канальцев и вакуолей.

Чаще всего в КГ выявляются три мембранных элемента: уплощенные мешочки (цистерны), пузырьки и вакуоли. В цистернах образуются комплексы белков, углеводов и липидов, иначе говоря, приносимые макромолекулы модифицируются.

По мере модификации вещества переходят из одних цистерн в другие. На боковых поверхностях цистерн возникают выросты, куда перемещаются вещества, формируются пузырьки, которые удаляются от КГ в различных направлениях по гиалоплазме.

Мембраны комплекса Гольджи образуются и поддерживаются гранулярной эндоплазматической сетью — именно на ней синтезируются мембранные компоненты. Таким образом происходит обновление плазматической мембраны и гликокаликса.

Мембраны никогда не образуются *de novo*. Они всегда возникают из предсуществующих мембран путем добавления дополнительных составных частей. Каждое поколение передает последующему, в основном через яйцеклетку, запас заранее сформированных (предсуществующих) мембран, из которых путем прироста, прямо или опосредованно, образуются все мембраны организма.

В КГ не только завершаются многообразные синтезы, но и происходит разделение синтезированных продуктов, сортировка в зависимости от их дальнейшего предназначения, Такая функция КГ называется сегрегационной. Вблизи комплекса Гольджи концентрируются митохондрии. Это связано с происходящими в нем энергозависимыми реакциями.

Морфологические проявления нарушений секреторной функции аппарата Гольджи выражаются или в виде гиперплазии, то есть увеличения площади его мембран и количества секреторных гранул, либо в виде атрофии, что сопровождается редукцией вакуолей и потерей секреторных гранул. Гиперплазия аппарата Гольджи обычно сочетается с гиперплазией эндоплазматического ретикулума. Если синтез тех или иных веществ опережает их секрецию и выведение, то эти вещества накапливаются в аппарате Гольджи и могут его повреждать. Например, накопление желчи в гепатоцитах при холестазах. Атрофия аппарата Гольджи свидетельствует о снижении его функциональной активности. Одной из причин такого снижения может быть белковое голодание, а также нарушение взаимодействия пластинчатого комплекса с эндоплазматической сетью.

Каждая лизосома в норме представляет собой мембранный пузырек диаметром 0,4-0,5 мкм. В нем содержится более 60 видов различных гидролитических ферментов в дезактивированном состоянии (протеазы, липазы, фосфолипазы, нуклеазы, гликолидазы, фосфатазы, в том числе кислая фосфатаза (последняя является маркером лизосом)). Молекулы этих ферментов, как всегда, синтезируются на рибосомах гранулярной ЭПС, откуда переносятся транспортными пузырьками в КГ, где модифицируются. От зрелой поверхности цистерн КГ отпочковываются первичные лизосомы,

Основная функция лизосом — внутриклеточный лизис (переваривание) высокомолекулярных соединений и частиц. Последними могут быть собственные органеллы и включения или частицы, поступившие в клетку извне в ходе

эндоцитоза. Захваченные частицы обычно окружены мембраной. Такой комплекс называют фагосомой.

Процесс внутриклеточного лизиса осуществляется в несколько этапов. Сначала первичная лизосома сливается с фагосомой. Их комплекс называют вторичной лизосомой (фаголизосомой). Во вторичной лизосоме ферменты активируются и расщепляют поступившие в клетку полимеры до мономеров. Продукты расщепления транспортируются через лизосомную мембрану в цитозоль. Непереваренные вещества остаются в лизосоме и могут сохраняться в клетке, окруженные мембраной, очень долго в виде остаточного тельца. Остаточные тельца относят уже не к органеллам, а к включениям. Возможен и другой путь превращений: вещества в фагосоме расщепляются полностью, после чего мембрана фагосомы распадается. Фрагменты мембран направляются к КГ и используются в нем для сборки новых. Вторичные лизосомы могут сливаться между собой, а также с другими первичными лизосомами. В лизосомах необновляющихся клеток в результате многократного аутофагирования накапливается липофусцин — пигмент старения.

Таким образом, аутофагия представляет собой один из механизмов обновления внутриклеточных структур – внутриклеточной физиологической регенерации. Путем аутофагии устраняются органеллы, утратившие свою активность в процессе естественного их старения. Устраняются также органеллы, ставшие избыточными, если в процессе нормальной жизнедеятельности снижается интенсивность физиологических процессов в клетке. Аутофагия— один из способов регуляции функциональной активности и один из механизмов реализации биологических ритмов на клеточном уровне. Лизосомы обеспечивают сохранность биологического равновесия при многочисленных процессах: воспалении, иммунной защите, нарушении коагуляции крови и др. Таким образом, лизосомы относятся к внутриклеточной литической, или «переваривающей» системе.

В некоторых случаях переваренные остатки накапливаются в лизосомах, что приводит к их перегрузке. Выделение переваренных остатков путем экзоцитоза и их накопление во внеклеточной среде, может вызвать повреждение внеклеточных структур, поэтому данный механизм реализуется редко. Наиболее часто встречаются три типа пищеварительных расстройств клетки: внутриклеточный выброс, внеклеточный выброс и перегрузка.

К патологии лизосом относится повреждение лизосомальных мембран. Дестабилизация лизосомальных мембран в виде трещин и разрывов может наблюдаться при воздействии различных агрессивных факторов: ионизирующей радиации, шоке, отравлении тетрахлористым углеродом, воздействии кремнием, недостатке витаминов и гипервитаминозе А, воздействии бактериальных эндотоксинов и т.д. В этих случаях гидролазы диффундируют в клетку, что ведет её к прогрессивному разрушению.

Другой аномалией является недостаток лизосомальных энзимов. В лизосомах могут отсутствовать некоторые энзимы, необходимые для нормального метаболизма клеток. Энзимопатия или дисметаболическая болезнь имеет врожденный характер и передается по наследству по аутосомно-рецессивному типу. Дефицит энзимов наблюдается наиболее часто при гликогенозах. Например: болезнь Помпе, в основе развития которой лежит дефицит фермента альфа-глюкозидазы, что приводит к нарушениям со стороны сердечно-сосудистой сис-

темы, мышечной гипотонии, расстройствам дыхания, цианозу. Такие дети гибнут на первом году жизни. Гистологически в лизосомах выявляется большое количество гликогена. Тип наследования – аутосомно-рецессивный. Другим примером является болезнь Гирке. В основе лежит дефицит фермента глюкозо-6-фосфатаза. У больных развиваются судороги, наблюдается отставание в росте, диспропорции частей тела (большая голова, короткие шея и ноги, задержка пубертатного периода).

Для нормальной жизнедеятельности клетки необходима энергия, и ее производителями являются митохондрии. Они участвуют в процессах клеточного дыхания и преобразуют энергию, которая при этом освобождается, в форму, доступную для использования другими структурами клетки. Поэтому за ними закрепилось ставшее тривиальным образное название «энергетических станций клетки».

Митохондрии, в отличие от других органелл, обладают собственной генетической системой, необходимой для их самовоспроизведения и синтеза белков. Они имеют свои ДНК, РНК и рибосомы.

Митохондрии (и хлоропласты) способны размножаться в клетке путем бинарного деления. Таким образом, они являются самовоспроизводящимися органеллами. Вместе с тем, генетическая информация, содержащаяся в их ДНК, не обеспечивает их всеми необходимыми для полного самовоспроизведения белками; часть этих белков кодируется ядерными генами и поступает в митохондрии из гиалоплазмы. Поэтому митохондрии в отношении их самовоспроизведения называют полуавтономными структурами. У человека и других млекопитающих митохондриальный геном наследуется от матери: при оплодотворении митохондрии сперматозоида в яйцеклетку не проникают. Исследование последовательности нуклеотидов ДНК в митохондриях оказывается существенным при идентификации личности.

Количество, размеры и расположение митохондрий зависят от функции клетки, в частности от ее потребности в энергии и от места, где энергия расходуется. Так, в одной печеночной клетке их количество достигает 2500, множество крупных митохондрий содержится в кардиомиоцитах и миосимпластах мышечных волокон. В сперматозоидах богатые кристами митохондрии окружают аксонему промежуточной части жгутика. Есть клетки, в которых митохондрии имеют чрезвычайно большие размеры. Такая митохондрия может ветвиться и образовывать трехмерную сеть.

Митохондрии – это индикаторы функционального состояния клеток, и они являются наиболее чувствительными к воздействию средовых факторов. Известно, что одним из первых признаков аутолиза (гибели) клетки является вакуолизация митохондрий. Хотя митохондрии и относятся к стабильным структурам, в клетках происходит их постоянное обновление. Деструкция (разрушение) избыточного числа митохондрий осуществляется при помощи процессов аутофагии вторичными лизосомами.

Митохондрии – это «энергетические станции», которые непосредственно участвуют в обмене через цикл Кребса и системы транспорта электронов дыхательной цепи. Производимая ими энергия конвертируема и накапливается внутри молекул АТФ в виде богатых энергией фосфатных соединений (макроэнергетических связей). АТФ производится фосфорилированием АДФ. Эта реакция

связана с окислением восстановленных веществ в дыхательной цепи ферментов при участии кислорода.

Альтерация митохондрий связана с нарушением производства АТФ вследствие разных причин. Например, развитие в организме гипогликемии. Глюкоза – главный субстрат для производства энергии в большинстве тканей и единственный источник энергии в клетках головного мозга – нейронах. Поэтому низкий уровень глюкозы в крови (гипогликемия) приводит к недостаточному производству АТФ, которое является наиболее ощутимым в мозге. Другой причиной является развитие в организме гипоксии, которая может развиваться вследствие: наличия механической преграды для дыхания или болезней лёгких, которые сопровождаются нарушением оксигенации крови; ишемии (нарушение притока артериальной крови к тканям); анемии (снижение количества эритроцитов); нарушения структуры гемоглобина (например, при отравлении угарным газом CO). Кроме того, причиной нарушения функции митохондрий является ингибирование ферментов.

Например, цианистый калий ингибирует цитохромоксидазу (конечный фермент в дыхательной цепи) что приводит к острому дефициту АТФ во всех клетках органов и быстрой смерти.

К повреждениям митохондрий относится набухание митохондрий, связанное с проникновением в них воды. Набухание митохондрий наблюдается при самых различных состояниях: голодании, гипоксии, интоксикациях, лихорадке, мышечных заболеваниях, назначении тироксина и т.д.

Изменения могут касаться и структуры митохондрий. В них при патологии возможно изменение числа, формы и размеров крист. Деформация крист и уменьшение их числа встречается при пониженной активности митохондрий. Увеличение числа крист митохондрий – свидетельство возрастающих функциональных потребностей клетки. Митохондрии могут расти и делиться, достигать гигантских размеров, иногда больше, чем ядро. Мегамитохондрии встречаются, например, в гепатоцитах при алкоголизме и при циррозах печени, в эпителиальных клетках канальцев почек при нефротическом синдроме, при интоксикации бромидом, при некоторых мышечных заболеваниях. Однако, известно и то, что после устранения интоксикации уже через несколько часов происходит возврат гигантских митохондрий к норме.

Как известно, субстратом жизни является белок (разумеется, в комплексе с нуклеиновыми кислотами). Синтез клеточных, специфических белков осуществляется в рибосомах. В норме, они представляют собой тельца размерами 20-30 нм, состоят из двух субъединиц – большой и малой. Каждая субъединица представляет собой комплекс рибосомной РНК (рРНК) с белком. Большая субъединица, содержит три различные молекулы рРНК, связанных с 40 молекулами белков: малая содержит одну молекулу рРНК и 33 молекулы белков. Синтез рРНК осуществляется на петлях хромосом – ядрышковых организаторах, а сборка рибосом осуществляется в области пор кариотеки (ядерной оболочки).

Основная функция рибосом – осуществление трансляции. Между субъединицами рибосомы имеется щель, в которой проходит молекула информационной РНК. На большой субъединице – бороздка, в которой располагается и по которой сползает формирующаяся белковая нить. Сборка аминокислот производится в соответствии с чередованием нуклеотидов в цепи мРНК. Таким способом осуществляется трансляция генетической информации. Рибосомы могут на-

ходиться в гиалоплазме поодиночке либо группами в виде розеток, спиралей, завитков. Такие группы называют полирибосомами (полисомами). Таким образом молекула мРНК может протягиваться по поверхности не только одной, но и нескольких рядом лежащих рибосом. Значительная часть рибосом прикреплена мембранами к поверхности эндоплазматической сети и к наружной мембране кариотеки. Свободные рибосомы синтезируют белок, необходимый для жизнедеятельности самой клетки, прикрепленные – белок, подлежащий выведению из клетки. Количество рибосом в клетке может достигать десятков миллионов.

Рибосомы, как свободные, так и связанные с мембранами эндоплазматического ретикулума, являются необходимыми органоидами для распознавания генетического кода клетки.

В условиях патологии рибосомы могут строить хорошо очерченные геометрические фигуры. Например, при воздействии афлотоксина и в опухолевых клетках лимфомы Беркита они имеют вид спирали. Аналогичные изменения наблюдаются в клетках при гипотермии, при кислородном голодании и дефиците белка в организме.

При вступлении клетки в митотический цикл происходит распределение генетической информации между дочерними клетками. Обеспечивает точное разделение наследственного вещества клеточный центр, так как он является центром организации микротрубочек (ЦОМТ). В норме, клеточный центр состоит из 2-х центриолей, каждая из которых представляет собой полую трубочку, стенка которой состоит из 9-ти триплетов микротрубочек. Центриоли клетки являются центрами организации микротрубочек (микротрубочки формирует материнская центриоль).

Клеточный центр возникает в клетке путем самовоспроизведения, так как он имеет собственную ДНК. Структура центриолей довольно стабильная. Ионизирующая радиация, ультрафиолетовое излучение, соли тяжелых металлов могут разрушить структуру центриолей и формирование микротрубочек будет нарушено.

Микротрубочки (макрофиламенты) занимают особое место в межклеточных сообщениях и выполняют опорную, транспортную, сократительную и двигательную функции. Для некоторых органелл характерно соединение микротрубочек в группы, обычно числом девять, например триплеты в центриолях, дуплеты в ресничках. Микротрубочки являются очень сложными структурами и содержат много протеинов, а также АТФ-азу, которая участвует в построении мерцательного эпителия.

Существуют генетические аномалии числа или расположения дуплетов. Например, врожденный синдром неподвижных ресничек (синдром Картагенера) характеризуется тем, что реснички покровного эпителия дыхательных путей и слизистой оболочки среднего уха неподвижны или малоподвижны. Поэтому мукоцилиарный транспорт резко ослаблен или отсутствует, что ведет к хроническому воспалению дыхательных путей и среднего уха. У таких больных неподвижны также сперматозоиды, так как их хвост эквивалентен ресничкам.

Отсутствие связи между периферическими и центральными дуплетами в ресничках сопровождается их неподвижностью. Это может наблюдаться при самой разнообразной патологии: при инфекционных бронхитах, сопровождающихся и отсутствием их движений в слизистой бронхах. У курильщиков очень

часто отмечается неподвижность патологически изменённых ресничек, в которых содержится множество дуплетов.

Размножение центриолей с образованием «кист ресничек» часто наблюдается в генитальном тракте женщин при хронических воспалительных заболеваниях (гонорея, хламидиоз, уреаплазмоз и др.).

Различные вещества, например, алкалоиды – колхицин, винбластин, винкристин, могут разрушать микротрубочки, и деление клеток прекратится, что в свою очередь вызовет нарушение процессов пролиферации и дифференцировки клеток. На этом же основании указанные алкалоиды применяют при лечении некоторых видов злокачественных новообразований.

Патология микрофиламентов разнообразна по этиологии. Резкое увеличение микрофиламентов находят в эпителии желчных протоков при первичном билиарном циррозе печени. Увеличение количества микрофиламентов описано в клетках при заживлении ран, а также в опухолях, особенно в зонах инвазии.

С патологией промежуточных филаментов связана болезнь Альцгеймера, при которой в нейронах головного мозга людей накапливаются фибриллярные массы, что клинически проявляется в развитии галлюцинаций, нарушении памяти, утраты навыков, речи и нарастающего слабоумия. Массивные отложения промежуточных филаментов выявляются в кардиомиоцитах, что приводит к недостаточности миокарда (ослаблению сердечной деятельности). Таким образом, нарушение ультраструктурных компонентов приводит к изменению их функций, что проявляется в форме патологических процессов вначале на клеточном уровне, а затем и организменном. Знание клеточной патологии помогает понимать морфологическую сущность того или иного патологического процесса в тканях и органах, особенности его течения, а также позволяет определить и наметить рациональные и эффективные пути лечения.

1.7. Вопросы для самоконтроля

I. Биологические мембраны:

- 1) понятие о биологической мембране. Плазмолемма и система эндомембран;
- 2) модели строения биологических мембран – трехслойная; жидкостно-мозаичная;
- 3) механизмы транспорта веществ через биологические мембраны:
 - а) система пассивного транспорта:
 - диффузия;
 - осмос;
 - б) система активного транспорта:
 - ионные насосы (K^+ - Na^+ и др.);
 - эндоцитоз и экзоцитоз.

II. Плазматическая мембрана.

- 1) основные структуры мембран:
 - мембранные белки;
 - липиды мембран;
 - строение и функции гликокаликса;
- 2) функции плазматической мембраны.

III. Цитоплазма.

- а) гиалоплазма как матрикс цитоплазмы, ее химический состав;
- б) органоиды как постоянные элементы цитоплазмы;
- в) включения.

IV. Мембранные органоиды:

- 1) понятие о вакуолярной системе:
 - ЭПС – строение и функции;
 - комплекс Гольджи – строение и функции;
 - лизосомы – строение и функции;
- 2) двумембранные органоиды:
 - митохондрии – строение и функции;
 - пластиды – строение и функции.

V. Немембранные органоиды.

- а) понятие «немембранные органоиды»;
- б) особенности их структуры и функций.

VI. История открытия органоида, место расположения в клетке, строение и химический состав, основные функции, судьба при делении клетки, патология органоида:

- а) рибосомы;
- б) микротрубочек;
- в) клеточного центра;
- г) микрофибрилл и микрофиламентов.

VII. Основные типы включений и их функции в клетке.

VIII. Раздражимость:

- а) понятие «раздражимость»;
- б) группы раздражителей: химические, биологические и физические;
- в) возбудимость, ее свойства;
- г) различные формы движения.

IX. Раздражимость у растений и одноклеточных организмов:

- тропизмы;
- настии;
- таксисы.

X. Раздражимость у многоклеточных живых организмов:

- а) рефлекторная дуга;
- б) рефлексы и их классификация.

**1.8. Тестовый контроль по теме:
«Биологические мембраны. Мембранные органоиды».**

Вариант № 1

I. Органелла клетки, являющаяся «фабрикой» клеточных мембран:

1. митохондрии
2. лизосомы
3. комплекс Гольджи
4. центриоли
5. эндоплазматическая сеть

II. Сгруппировать по соответствию цифры и буквы:

- | | |
|----------------------------|-----------------------------------|
| В клетке много органелл | это свидетельствует о ее... |
| 1. свободных рибосом | а - повреждении |
| 2. связанных с ЭПС рибосом | б - росте и дифференцировке |
| 3. аутофагосом | в - способности к детоксикации |
| 4. цистерн гладкой ЭПС | г - способности к фагоцитозу |
| 5. лизосом | д - синтезе экспортируемых белков |

III. Сгруппировать цифры и буквы:

- | | |
|---|---------------|
| 1 – фагоцитоз | 2 – пиноцитоз |
| а. поглощение каплей жидкости | |
| б. перенос в клетку корпускулярных частиц | |
| в. характерен для клеток животных, растений | |
| г. характерен для лейкоцитов и макрофагов | |
| д. процесс сопровождается затратой энергии | |

IV. Классификация клеточных структур:

- | | |
|-------------------|----------------------------------|
| 1. мембранные | а - тилакоиды |
| 2. немембранные | б - микротрубочки |
| 3. одномембранные | в - эндоплазматический ретикулум |
| 4. двумембранные | г - лизосомы |
| | д - митохондрии |
| | е - рибосомы |
| | ж - мезосомы |
| | з – центриоли |
| | и – реснички |

Вариант № 2

I. Подберите соответствующие ответы (пары):

- | | |
|--|-------------------------------------|
| Процессы... | осуществляются с участием... |
| 1. синтез липидов и полисахаридов | а - гладкой ЭПС |
| 2. синтез АТФ | б - гранулярной ЭПС |
| 3. образование белково-полисахаридных комплексов | в - полисом в цитоплазме |
| 4. синтез экспортируемых белков | г - комплекса Гольджи |
| 5. синтез белков цитоплазмы | д - митохондрии |

II. Виды транспорта веществ через биологические мембраны:

- | | |
|-----------------------|----------------------------|
| 1. с затратой энергии | а - односторонняя диффузия |
| 2. без затрат энергии | б - калий-натриевый насос |
| | в - осмос |
| | г - фагоцитоз |
| | д - пиноцитоз |

III. Время открытия клеточных структур:

- | | |
|--------------|---------------------|
| 1. XVIII век | а - лизосомы |
| 2. XIX век | б - митохондрии |
| 3. XX век | в - плазмолемма |
| | г - микрофиламенты |
| | д - рибосомы |
| | е - аппарат Гольджи |
| | ж - ядро |
| | з - кариосома |
| | и - пластиды |

IV. Укажите место образования первичных лизосом:

1. ядро
2. митохондрии
3. плазмолемма
4. эндоплазматический ретикулум
5. аппарат Гольджи

Вариант № 3

I. Обновление мембран комплекса Гольджи осуществляется за счет:

1. лизосом
2. митохондрий
3. плазматической мембраны
4. ЭПС
5. кариолеммы

II. Сгруппируйте процессы и структуры по соответствию:

- | | |
|---------------------------------------|------------------------|
| 1. синтез белков гиалоплазмы | а - гранулярная ЭПС |
| 2. обезвреживание бактерий -фагоцитоз | б - свободные рибосомы |
| 3. детоксикация ядов | в - лизосомы |
| 4. синтез белков мембраны | г - гладкая ЭПС |
| 5. синтез липидов мембраны | д - комплекс Гольджи |

III. Укажите, при каких процессах число аутофагосом возрастает:

1. пластическом обмене
2. росте молодых клеток
3. различных повреждениях клетки
4. энергетическом обмене

IV. К функциям плазмолеммы относятся:

1. транспорт веществ
2. информационная
3. барьерная
4. межклеточные взаимодействия
5. передача импульсов в клетку

Вариант № 4

I. Комплекс Гольджи участвует в ряде процессов, кроме:

1. образование лизосом
2. образование белково-полисахаридных комплексов
3. обезвреживание перекисей
4. накопление секретов
5. выделение секретов

II. Какие функции несет:

- | | |
|---------------------|---------------------------------------|
| 1. гранулярная ЭПС | а - энергетический обмен |
| 2. агранулярная ЭПС | б - синтез ферментов для цикла Кребса |
| | в - синтез стероидов |
| | г - транспорт веществ |
| | д - регуляция мышечных сокращений |
| | е - компартментализация |

III. Какие из перечисленных компонентов (структур) принадлежат митохондриям:

1. полиферментные комплексы
2. рибосомы
3. нуклеиновые кислоты
4. гликокаликс
5. межмембранная полость
6. кристы

IV. Укажите, какие из перечисленных белков входят в состав плазмолеммы:

1. ферментативные
2. защитные
3. транспортные
4. энергетические
5. рецепторные
6. структурные

Вариант № 5

I. Химический состав плазматических мембран:

- | | |
|--------------|----------|
| 1. липидов | а - 20% |
| 2. белков | б - 40% |
| 3. углеводов | в - 50% |
| | г - 0,5% |
| | д - 10% |
| | е - 60% |

II. Вакуолярная система клетки представлена:

1. вакуолями
2. эндоплазматическим ретикулумом
3. митохондриями
4. лизосомами
5. аппаратом Гольджи
6. информосомами

III. Компоненты различных лизосом:

- | | |
|-----------------------------|-----------------------|
| 1. содержат только субстрат | а - первичные |
| 2. содержит только ферменты | б - остаточные тельца |
| 3. субстрат и ферменты | в - вторичные |
| 4. непереваренные вещества | г - аутофагосомы |
| 5. гликопротеиды | д - фагосома |

IV. К функциям аппарата Гольджи относятся:

1. синтез белков
2. образование лизосом
3. химическая модификация веществ
4. образование акросомы
5. секреторная

Вариант № 6

I. Модели клеточных мембран и предложившие их авторы:

- | | |
|---------------------------|-----------------|
| 1. жидкостно-мозаичная | а - Н. Давсон |
| 2. сэндвича (трехслойная) | б - С. Синджер |
| | в - Р. Даниелли |
| | г - Г. Николсон |
| | д - М.Уэйнсток |

II. Ферменты лизосом:

1. нуклеазы
2. кислая фосфатаза
3. гликозидазы
4. фосфолипазы
5. протеазы
6. ДНК- полимеразы

III. В метаболизме клетки выполняют роль:

- | | |
|--------------------------|----------------------|
| 1. структур диссимиляции | а - хлоропласты |
| 2. структур ассимиляции | б - центриоли |
| | в – полисомы |
| | г – митохондрии |
| | д - лизосомы |
| | е - агранулярная ЭПС |
| | ж - аппарат Гольджи |

IV. Функции агранулярного ретикулума:

1. синтез белков
2. синтез холестерина
3. синтез гликогена
4. синтез стероидных гормонов
5. детоксикация лекарственных препаратов

Вариант № 7

I. Выбрать правильные утверждения:

1. Биологическая мембрана - это бимолекулярный слой фосфолипидов с плавающими в них молекулами белка
2. На наружной поверхности плазматической мембраны имеется полисахаридный слой гликокаликса
3. Плазматическая мембрана - основной структурный компонент клетки

- а - все перечисленное верно,
б - верно все, кроме 2,
в - верно все, кроме 3.

II. Укажите, какие из названных характеристик соответствуют ЭПС:

1. относится к мембранным органоидам
2. относится к немембранным органоидам
3. ЭПС образует единое целое с наружной мембраной ядерной оболочки
4. на поверхности мембран протекает ряд химических реакций
5. каналы, цистерны ЭПС отграничены от цитоплазмы цитоплазматической мембраной

III. Какие функции присущи комплексу Гольджи?

1. в комплекс Гольджи транспортируются вещества из ЭПС;
2. вещества из ЭПС накапливаются в полостях комплекса Гольджи и подвергаются химической модификации;
3. модифицированные в комплексе Гольджи вещества упаковываются в мембранные пузырьки;
4. в цистернах комплекса Гольджи происходит синтез полисахаридов.

- а - все перечисленное верно,
б - верно все, кроме 2,
в - верно все, кроме 3.

IV. Установите связь между процессами и органоидами, реализующими их:

- | | |
|---|--|
| 1. синтез гликопротеидов для гликокаликса | а - лизосомы |
| 2. депонирование ионов Ca^{++} и Mg^{++} | б - гранулярный эндоплазматический ретикулум |
| 3. развитие воспаления | в - митохондрии |
| 4. формирование транспортных мембранных пузырьков | г - гладкий эндоплазматический ретикулум |
| 5. продукция антител плазматическими клетками | д - аппарат Гольджи |
| 6. детоксикация лекарственных препаратов | |

Вариант № 8

I. Сгруппируйте по соответствию цифры и буквы (составить пары). Какие из названных функций или характеристик соответствуют перечисленным ниже структурам:

- | | |
|--|------------------------|
| 1. подготовительный этап энергетического обмена | а - клеточная мембрана |
| 2. аппарат для экскреции | б - хлоропласты |
| 3. фотосинтез | в - ЭПС |
| 4. система мембран, делящая клетку на компартменты | г - комплекс Гольджи |
| 5. регулирует поступление веществ в клетку и из клетки | д - митохондрии |
| 6. участвует в клеточном дыхании | е - лизосомы |

II. Укажите, какие из названных функций присущи плазматической мембране:

1. место синтеза белка
2. место синтеза липидов
3. место синтеза углеводов
4. защитный покров некоторых клеток
5. регулирует поступление веществ в клетку
6. участвует в ферментативных процессах

III. Подобрать по соответствию цифры и буквы:

- | | |
|--|-------------------------------------|
| 1. мембрана образует складки, кристы | а - наружная мембрана митохондрий |
| 2. мембрана гладкая, без складок, с порами | б - внутренняя мембрана митохондрий |
| 3. содержит много ферментов | |
| 4. мембрана полупроницаема | |
| 5. строение мембраны – бислой липидов со встроенными белками | |

IV. Какие из перечисленных процессов соответствуют действительности:

1. АТФ используется во всех процессах, требующих энергию
 2. АТФ из митохондрий выходит в цитоплазму
 3. наибольшее количество митохондрий обнаруживается в биологически активных клетках
 4. митохондрии способны перемещаться с током цитоплазмы в компартменты с высоким уровнем метаболизма
- а - все перечисленное верно
б - верно все, кроме 4
в - верно все, кроме 3

Вариант № 9

I. Какие структуры и компоненты характерны для биологических мембран:

1. непрерывный бимолекулярный слой гликолипидов
2. периферические белки
3. интегральные белки
4. тоннельные белки
5. комплекс гликолипидов и гликопротеидов
6. бимолекулярный слой липидов
7. мономолекулярный слой белков

II. Сгруппировать по соответствию: процессы: органоиды:

- | | |
|--|------------------------|
| 1. синтез белков гиалоплазмы | а - лизосомы |
| 2. детоксикация | б - свободные полисомы |
| 3. синтез стероидов | в - гранулярная ЭПС |
| 4. химическая модификация веществ | г - комплекс Гольджи |
| 5. синтез структурных белков плазмолеммы | д - агранулярная ЭПС |
| 6. накопление и выведение секретов | е - митохондрии |

III. Выбрать признаки, характерные для эндоплазматического ретикулума:

1. в цистернах содержатся флавопротеиды и цитохромы
2. осуществляет синтез гликогена в гепатоцитах
3. имеет формирующую и зрелую поверхности
4. депонирование ионов Ca^{++} и Cl^{-}
5. структурная единица - мембранные трубочки с анастомозирующими переплетениями
6. участвует в развитии воспалительных процессов
7. расщепляет экзогенные и эндогенные биологические макромолекулы

IV. Образование клеточных структур происходит следующим образом: органоид... образуется...

- | | |
|---------------------------------|------------------------------------|
| 1. лизосомы | а - делением |
| 2. митохондрии | б - из цитоплазматической мембраны |
| 3. аппарат Гольджи | в - в аппарате Гольджи |
| 4. эндоплазматический ретикулум | г - из мембран ЭПС |
| 5. хлоропласты | |

Вариант № 10

I. Какими из перечисленных свойств обладает биологическая мембрана:

1. непроницаема для макромолекул
2. обеспечивает концентрацию ионов Na выше в межклеточной жидкости
3. обуславливает непрерывное поступление воды в цитоплазму
4. создает разность потенциалов на внешней и внутренней сторонах мембраны
5. обеспечивает осмотическое давление в цитоплазме

а - все перечисленное верно,

б - верно все, кроме 3 и 4,

в - верно все, кроме 5,

г - верно все, кроме 3.

II. Выбрать признаки, характерные для митохондрий:

1. имеет формирующую и зрелую поверхности
2. толщина элементарной мембраны ~ 7 нм
3. содержит кислую фосфатазу
4. обновляется постоянно
5. на мембранах ДНК, РНК, рибосомы
6. воспроизводится делением
7. структурная единица - мембранные пузырьки с рибосомами

III. Какие из перечисленных функций принадлежат надмембранному слою (гликокаликсу)?

1. определяет специфическую форму клеток
2. осуществляет адгезивность (склеивание и удержание клетки)
3. обеспечивает избирательную проницаемость биологической мембраны
4. рецепторная (подавление или стимуляция клеточной активности)
5. обуславливает «узнавание» и образование клеточных комплексов (агрегатов)
6. обеспечивает распознавание чужеродных антигенов (клеток) и обеспечение реакции отторжения
7. синтезирует на своей поверхности белки-переносчики

IV. Установите связь между процессами и органоидами, реализующими их:

- | | |
|---|--|
| 1. модификация компонентов клеточных мембран | а - митохондрии |
| 2. синтез ферментов для цикла Кребса | б - гранулярный эндоплазматический ретикулум |
| 3. соединение электронов Н и протонов с образованием воды | в - гладкий эндоплазматический ретикулум |
| 4. синтез гормонов белковой природы | г - лизосомы |
| 5. утилизация клеточных структур | д - аппарат Гольджи |
| 6. гликолиз (анаэробный этап энергетического обмена) | |

Вариант № 11

I. Какими из перечисленных свойств обладает биологическая мембрана:

1. диэлектрическими
2. обеспечивает работу системы активного переноса (K- Na насос) по выкачиванию ионов наружу
3. обуславливает перенос мономеров с помощью белков- переносчиков (ферментов)
4. проницаема для макромолекул
5. обеспечивает осмотическое давление в цитоплазме

- а - верно все,
б - верно все, кроме 1,
в - верно все, кроме 1 и 4,
г - верно все, кроме 4.

II. Гликокаликс выполняет следующие функции (выбрать):

1. придает клеткам определенную форму
2. «склеивает» клетки
3. обеспечивает избирательную проницаемость
4. с помощью рецепторов регулирует клеточную активность
5. обеспечивает «узнавание» клеток
6. обуславливает реакции отторжения трансплантата
7. синтезирует на своей поверхности белки- переносчики

III. Установить связь между процессами и органоидами их реализующими:

- | | |
|---|---------------------|
| 1. развитие воспалительного процесса | а - гранулярный ЭР |
| 2. синтез гликопротеидов и стероидных гормонов | б - лизосомы |
| 3. расщепление веществ внеклеточного и внутриклеточного происхождения | в - аппарат Гольджи |
| 4. нейтрализация бактериальных токсинов | г - гладкий ЭР |
| 5. синтез гликопротеидов для гликокаликса | |
| 6. накопление продуктов секреции | |

IV. Выбрать признаки, характерные для лизосом:

1. обновляются самовоспроизведением
2. диаметр от 0,4 до 1 мкм
3. содержат протеазы, нуклеазы, гликозидазы, фосфолипазы
4. образуются из мембранных пузырьков аппарата Гольджи
5. продуцируют АТФ
6. участвуют в посмертной дегенерации клеток, тканей
7. располагаются в клетке локально

Вариант № 12

I. Какими из перечисленных свойств обладает биологическая мембрана:

1. непроницаема для биологических макромолекул
2. обеспечивает необходимую концентрацию ионов К в цитоплазме
3. создает разность потенциалов
4. для переноса глюкозы, аминокислот, жирных кислот использует особые белки- ферменты
5. калий - натриевый насос выкачивает ионы К наружу
 - а - верно все,
 - б - верно все, кроме 2 и 4,
 - в - верно все, кроме 3 и 5,
 - г - верно все, кроме 5.

II. Какие из перечисленных признаков характеризуют аппарат Гольджи:

1. содержит кислую фосфатазу
2. в матриксе скопления Ca^{++} и Mg^{++}
3. структурная единица - цистерна без рибосом
4. диаметр 0,5 мкм
5. расщепляет вещества внеклеточного и внутриклеточного происхождения
6. образуется из мембран гранулярного эндоплазматического ретикулума
7. синтезирует гликопротеиды

III. Установить связь между процессами и органоидами, реализующими их:

- | | |
|--|--|
| 1. депонирование ионов Са в сердечной мышце | а - лизосомы
б - гранулярный ЭР |
| 3. акцептирование ионов водорода коферментом НАД | в - аппарат Гольджи
г - митохондрии |
| 4. продукция антител плазматическими клетками | д - гладкий ЭР |
| 5. детоксикация в гепатоцитах | |
| 6. синтез нуклеаз для репликации ДНК | |
| 7. формирование секреторных пузырьков | |

IV. Дайте характеристику следующим процессам:

- | | |
|--------------|--|
| 1. аутофагия | а - выделение из клетки ферментов, содержащихся в первичных лизосомах |
| 2. экзоцитоз | б - утилизация патологических и устаревших структур |
| 3. аутолиз | в - саморазрушение клетки, наступающее в результате высвобождения содержимого ее лизосом |

**Тестовый контроль по теме:
«Немембранные органоиды. Включения»**

1 вариант.

I. Укажите, какие из перечисленных функций органоида названы правильно.

Центриоли в клетке участвуют:

- а) в транспорте веществ
- б) в образовании митотического аппарата
- в) в поддержании РН среды
- г) в синтезе микротрубочек

II. Выберите, при каком условии верно данное утверждение.

При интенсивной мышечной работе уменьшается содержание включений:

- а) секреторных
- б) пигментных
- в) экскреторных
- г) трофических
- д) специальных

III. Выберите правильный ответ.

Микротрубочки состоят из белков:

- а) тубулинов
- б) гистонов
- в) актинов
- г) миозинов.

IV. Назовите пигменты, образующиеся при разрушении гемоглобина:

- а) билирубин
- б) гемоседерин
- в) меланин
- г) липофусцин

2 вариант.

I. Укажите, какие из перечисленных функций органоида названы правильно.

Микрофиламенты в клетке участвуют:

- а) в транспорте веществ
- б) в движении цитоплазмы
- в) в поддержании определенной консистенции клетки
- г) в создании каркаса

II. Выберите, при каком условии верно данное утверждение. Если включения образуются в специализированных и высокоорганизованных клетках, то этот тип включений можно отнести к :

- а) трофическим
- б) секреторным
- в) экскреторным
- г) специальным
- д) пигментным

III. Выберите правильный ответ.

Местом инициации микротрубочек являются:

- а) рибосомы
- б) кинетохор
- в) ядрышки
- г) ЭПС

IV. Передвижение зародыша человека по маточной трубе на стадии бластоцисты осуществляется за счет деятельности:

- а) микрофиламентов
- б) микрофибрилл
- в) ресничек
- г) жгутиков

3 вариант.

I. Укажите, какие из перечисленных функций органоида названы правильно.

Рибосомы, расположенные на гранулярной ЭПС в клетке участвуют :

- а) в синтезе липопротеидов биологических мембран
- б) в синтезе белков, выводимых из клетки
- в) в синтезе белков цитозоля
- г) в синтезе гликолипидов

II. Расшифруйте понятие.

«Таксисы» – это форма раздражимости, представляющая:

- а) сложные ненаправленные движения простейших и прокариотов
- б) направленные перемещения простейших и прокариотов
- в) направленные перемещения частей организмов
- г) ненаправленные перемещения частей организмов

III. Выберите правильный ответ.

Цитоскелет клетки составляют:

- а) ЭПС
- б) плазмолемма
- в) микротрубочки
- г) диктиосомы

IV. Желтушный цвет кожи у человека может вызвать:

- а) свинец
- б) каротин
- в) билирубин
- г) меланин

4 Вариант.

I. Укажите, какие из перечисленных функций органоида названы правильно.

Микротрубочки в клетке участвуют:

- а) в образовании «сократимого кольца»
- б) в движении цитоплазмы
- в) в формировании митотического аппарата
- г) в образовании клеточного центра

II. Выберите, при каком условии верно данное утверждение.

Рибосомы в клетке образуются:

- а) в гладкой ЭПС
- б) в гранулярной ЭПС
- в) в ядрышках
- г) в аппарате Гольджи.
- д) в результате почкования материнских рибосом.

III. Подберите правильный ответ.

Вещество, разрушающее микротрубочки:

- а) инсулин
- б) колхицин
- в) холестерин
- г) дегидрогеназа

IV. Желточные включения в ооцитах представляют собой в химическом отношении:

- а) липиды
- б) углеводы
- в) витамины
- г) белки
- д) комплекс белков, гликогена и липидов.

5 вариант.

I. Укажите, какие из перечисленных функций органоида названы правильно.

Микрофибриллы участвуют:

- а) в образовании аппарата веретена деления
- б) в создании каркаса клетки
- в) в поддержании формы жировых капель
- г) в создании терминальной сети в клетках эпителия тонкого кишечника

II. Выберите правильный ответ.

Пигменты, которые относятся к липохромам:

- а) каротин
- б) билирубин
- в) липофусцин
- г) меланин

III. Расшифруйте понятие.

«Цикло» – это:

- а) деление ядра
- б) деление цитоплазмы
- в) движение цитоплазмы
- г) растворение ядра

IV. Цвет радужной оболочки глаза человека зависит от наличия в ней пигмента:

- а) меланина
- б) йодопсина
- в) родопсина
- г) интермедина.

6 вариант.

I. Выберите правильный ответ.

Новые центриоли перед делением образуются:

- а) на рибосомах
- б) путем образования процентиоли с материнских
- в) в аппарате Гольджи
- г) в гранулярной ЭПС
- д) в ядрышках.

II. Подберите соответствующие ответы (пары).

Структуры клетки

- А) микротрубочки
- Б) актиновые и миозиновые филаменты
- В) микрофибриллы, микротрубочки, микрофиламенты
- Г) центриоли
- Д) мембраны

формируют:

- 1) клеточный центр
- 2) нити митотического веретена
- 3) цитоскелет
- 4) микрофиламенты
- 5) ЭПС

III. Выберите правильные ответы:

- А) экзогенные пигменты
 - Б) эндогенные пигменты
- 1) билирубин
 - 2) свинец
 - 3) каротин
 - 4) гемоглобин
 - 5) серебро
 - 6) липофусцин

IV. Заболевание человека «куриная слепота» развивается при недостатке в пище витамина А и патологии рецепторов глаза – палочек, в которых находится пигмент:

- а) родопсин
- б) йодопсин
- в) кератин
- г) меланин.

7 вариант.

I. Выберите правильный ответ.

Сероватый цвет кожи человека может быть обусловлен высоким содержанием:

- а) гемоседерина
- б) билирубина
- в) серебра
- г) липофусцина

II. Подберите соответствующие ответы (пары).

Белки

- А) актин
- Б) миозин
- В) кератин
- Г) виментин
- Д) тубулины

входят в состав:

- 1) микрофибриллы
- 2) микрофиламенты
- 3) ЭПС
- 4) рибосомы
- 5) микротрубочки

III. Выберите верное утверждение.

Цитоскелет клетки представлен:

- а) микрофиламентами
- б) микротрубочками
- в) микрофибриллами
- г) мембранами аппарата Гольджи и лизосом
- д) плазмолеммой

IV. Гликоген в клетках депонируется:

- а) в аппарате Гольджи
- б) на мембранах гранулярной ЭПС
- в) в лизосомах
- г) на мембранах гладкой ЭПС

8 вариант.

I. Выберите правильный ответ.

Микрофиламенты расположены:

- а) около ядра.
- б) в кортикальном слое цитоплазмы
- в) вдоль ЭПС

- г) около аппарата Гольджи.
- д) внутри митохондрий

II. Подберите соответствующие ответы (пары).

Патологические процессы в клетке связаны с нарушением функции органоидов:

- | | |
|--|--------------------|
| А) лизис клетки | 1) рибосомы |
| Б) образование клетки с тетраплоидным набором хромосом | 2) аппарат Гольджи |
| В) нарушение роста и дифференцировки клетки | 3) лизосомы |
| Г) гибель клетки вследствие отравления внеклеточными ядами | 4) микротрубочки |
| Д) нарушение образования митотического аппарата | 5) центриоли |

III. Выберите верное утверждение.

Стенки реснички эпителия трахеи состоят из :

- а) 9 одиночных микротрубочек
- б) 9 дуплетов микротрубочек
- в) множества микротрубочек
- г) 9 триплетов микротрубочек
- д) микрофиламентов

IV. Гипертрофия щитовидной железы при « эндемическом зобе» развивается вследствие повышенной секреции:

- а) инсулина
- б) тироксина
- в) глюкокортикоидов
- г) соматотропина

9 вариант.

I. Выберите правильный ответ.

Необходимым условием образования микротрубочек является наличие:

- а) ионов кальция
- б) белков гистонов
- в) белков тубулинов
- г) ионов калия
- д) полисахаридов

II. Подберите соответствующие ответы (пары).

Такие включения

- А) трофические
- Б) секреторные
- В) экскреторные
- Г) пигментные
- Д) специальные

образуются в клетках:

- 1) кожи
- 2) печени
- 3) периферической крови
- 4) почек
- 5) поджелудочной железы

III. Выберите верное утверждение.

Основными белками, входящими в состав ресничек являются:

- а) тубулины
- б) денеин
- в) актин
- г) кератин
- д) миозин.

IV. Дальтонизм - наследственное заболевание, связанное с патологией рецепторного аппарата глаза – колбочек, в которых находится:

- а) меланин
- б) йодопсин
- в) родопсин
- г) билирубин

10 вариант.

I. Выберите правильный ответ.

Переход цитоплазмы из состояния геля в золь осуществляется благодаря:

- а) микротрубочкам
- б) микрофиламентам
- в) микрофибриллам
- г) вакуолярной системе

II. Подберите соответствующие ответы (пары).

Структурный компонент клетки:

- А) рибосомы
- Б) микротрубочки
- В) микрофиламенты
- Г) клеточный центр
- Д) микрофибриллы

выполняемая функция:

- 1) каркас клетки
- 2) центр организации микротрубочек
- 3) цитотомия
- 4) цитоскелет клетки
- 5) синтез белков

III. Выберите верное утверждение.

Клеточный яд колхицин нарушает функцию микротрубочек:

- а) клеточного центра
- б) цитоплазмы
- в) центриолярных
- г) кинетохорных

IV. Выберите правильные ответы.

Пигменты, которые в норме накапливаются в клетках печени:

- а) гемоседерин
- б) липофусцин
- в) билирубин
- г) меланин

11 вариант.

I. Выберите правильный ответ.

Большая субъединица рибосомы состоит из:

- а) 1 молекулы ДНК и белков
- б) 1 молекулы и-РНК и белков
- в) 1 молекулы т-РНК и белков
- г) 1 длинной молекулы р-РНК и белков
- д) 1 длинной молекулы р-РНК, 2-3 коротких молекул р-РНК и белков

II. Подберите соответствующие ответы (пары).

Если органоид выполняет в клетке функцию

- | | |
|---------------------------------------|--------------------|
| А) синтез белков | то это: |
| Б) образование митотического аппарата | 1) ЭПС |
| В) депо ионов кальция | 2) рибосомы |
| Г) синтез желтка в яйцеклетках | 3) микротрубочки |
| Д) движение клетки | 4) микрофиламенты |
| | 5) аппарат Гольджи |

III. Выберите верное утверждение.

Наличие в клетке большого количества свободных рибосом свидетельствует о синтезе:

- а) клеткой белков цитозоля
- б) небелковых веществ
- в) белков для роста и специализации
- г) гормонов
- д) сложных липопротеидов

IV. Гиперпигментация кожи «бронзового» или коричневого оттенка наблюдается при недостатке:

- а) тироксина
- б) АКТГ (адренокортикотропного гормона)
- в) инсулина
- г) интермедина

1.10. Структурно-функциональная организация наследственного материала

Ядро наряду с мембраной и цитоплазмой является основным структурным компонентом клетки. Оно было открыто Р.Брауном в растительных клетках (1831г).

Большинство клеток человека имеет одно ядро, однако имеются двухъядерные (например, некоторые нейроны, клетки печени, кардиомиоциты). Двух- и многоядерность являются результатом эндомитоза. Иногда многоядерными клетками называют структуры, которые образовались не вследствие эндорепродукции исходной клетки, а в результате слияния нескольких одноядерных клеток. Такие структуры имеют специальное название – симпласты; они встречаются, в частности, в составе скелетных поперечнополосатых мышечных волокон.

У эукариот хромосомы сосредоточены внутри ядра и отделены от цитоплазмы ядерной оболочкой, или кариотекой. Кариотека образуется за счет расширения и слияния друг с другом цистерн эндоплазматической сети. Поэтому кариотека образована двумя мембранами – внутренней и наружной. Пространство между ними называют перинуклеарным пространством. Оно имеет ширину 20 – 50 нм и сохраняет сообщение с полостями эндоплазматической сети. Со стороны цитоплазмы наружная мембрана нередко покрыта рибосомами.

Местами внутренняя и наружная мембраны кариотеки сливаются, а в месте слияния образуется пора. Пора не зияет: между ее краями упорядоченно располагаются белковые молекулы, так что в целом формируется поровый комплекс.

Комплекс поры представляет собой сложную структуру, которая состоит из двух рядов связанных между собой белковых гранул, каждая из которых содержит по 8 гранул, располагающихся на равном расстоянии друг от друга по обе стороны ядерной оболочки.

Через поровые комплексы осуществляется избирательный транспорт молекул и частиц из ядра в цитоплазму и обратно. Поры могут занимать до 25% поверхности ядра. Количество пор у одного ядра достигает 3000 – 4000, а их плотность составляет около 11 на 1 мкм² ядерной оболочки. Из ядра в цитоплазму транспортируются, в основном, разные виды РНК. Из цитоплазмы в ядро поступают все ферменты, необходимые для синтеза РНК, для регуляции интенсивности этих синтезов и, в ряде клеток, молекулы гормонов, которые тоже регулируют активность синтезов РНК.

Внутренняя поверхность кариотеки связана с многочисленными промежуточными филаментами. В совокупности они образуют здесь тонкую пластинку, называемую ядерной ламиной. К ней прикреплены хромосомы. Ядерная пластинка связана с поровыми комплексами и играет главную роль в поддержании формы ядра. Она построена из промежуточных филаментов особой структуры. Нуклеоплазма содержит ионы, белки-ферменты, свободные нуклеотиды, АТФ, т.е. все необходимые вещества для ауто- и гетеросинтеза. Следовательно, кариоплазма, в целом, обеспечивает нормальное функционирование наследственного материала.

После фиксации и обработки тканей для световой или электронной микроскопии в кариоплазме становятся видными два типа хроматина (от греч. chroma – "краска"): хорошо окрашивающийся электронно-плотный гетерохрома-

тин, образованный осмиофильными гранулами размером 10-15 нм и фибриллярными структурами толщиной около 5 нм, и светлый эухроматин.

Гетерохроматин расположен в основном вблизи внутренней ядерной мембраны, контактируя с ядерной пластинкой и оставляя свободные поры, и вокруг ядрышка. Эухроматин находится между скоплениями гетерохроматина. По сути дела, хроматин – это комплексы веществ, которыми образованы хромосомы – ДНК, белок и РНК в соотношении 1 : 1,3 : 2. Основа каждой хромосомы образована ДНК, молекула которой имеет вид спирали. Она упакована различными белками, среди которых различают гистоновые и негистоновые. В результате ассоциации ДНК с белками образуются дезоксинуклеопротеиды (ДНП). В хромосоме молекула ДНК упакована компактно. Длина одной хромосомы человека в растянутом виде около 5 см, длина всех хромосом около 170 см.

ДНК ассоциирована с белками-гистонами, в результате чего образуются нуклеосомы, являющиеся структурными единицами хроматина. Нуклеосомы, напоминающие бусины диаметром 10 нм, состоят из 8 молекул гистонов (по две молекулы гистонов H2A, H2B, H3 и H4), вокруг которых закручен участок ДНК, включающий 146 пар нуклеотидов. Между нуклеосомами располагаются линкерные участки ДНК, состоящие из 60 пар нуклеотидов, а гистон – H1 обеспечивает взаимный контакт соседних нуклеосом. Нуклеосомы – это лишь первый уровень укладки ДНК. В результате суперспирализации ДНП в делящемся ядре хромосомы становятся видимыми при увеличении светового микроскопа. Каждая хромосома образована одной длинной молекулой ДНП. Они представляют собой удлинённые палочковидные структуры, имеющие два плеча, разделённые центромерой. В зависимости от её расположения и взаимного расположения плеч выделяют три типа хромосом: метацентрические, имеющие примерно одинаковые плечи; акроцентрические, имеющие одно очень короткое и одно длинное плечо; субметацентрические, у которых одно длинное и одно более короткое плечо. Некоторые акроцентрические хромосомы имеют спутников (сателлитов) – мелкие участки короткого плеча, соединённые с ним тонким неокрашиваемым фрагментом (вторичная перетяжка). В хромосоме имеются эу- и гетерохроматиновые участки. Последние в неделящемся ядре (вне митоза) остаются компактными. Чередование эу- и гетерохроматиновых участков используют для идентификации хромосом.

Метафазная хромосома состоит из двух соединённых центромерой сестринских хроматид, каждая из которых содержит одну молекулу ДНП, уложенную в виде суперспирали. При спирализации участки эу- и гетерохроматина укладываются закономерным образом, так что по протяжению хроматид образуются чередующиеся поперечные полосы. Их выявляют при помощи специальных окрасок. Поверхность хромосом покрыта различными молекулами, главным образом рибонуклеопротеинами (РНП). В соматических клетках имеются по две копии каждой хромосомы, их называют гомологичными. Они одинаковы по длине, форме, строению, расположению полос, несут одни и те же гены, которые локализованы одинаково. Гомологичные хромосомы могут различаться аллелями генов, содержащихся в них. Ген – это участок молекулы ДНК, на котором синтезируется активная молекула РНК. Гены, входящие в состав хромосом человека, могут содержать до двух миллионов пар нуклеотидов.

Итак, хромосомы представляют собой двойные цепи ДНК, окружённые сложной системой белков. С одними участками ДНК связаны гистоны. Они могут

прикрывать их или освобождать. В первом случае данная область хромосомы не способна синтезировать РНК, во втором же синтез происходит. Это – один из способов регуляции функциональной активности клетки путем дерепрессии и репрессии генов. Существуют и иные способы такого управления.

Некоторые участки хромосом остаются окруженными белками постоянно и в данной клетке никогда не участвуют в синтезе РНК. Их можно назвать блокированными. Механизмы блокирования разнообразны. Обычно такие участки очень сильно спирализуются и покрываются не только гистонами, но и другими белками с более крупными молекулами.

Деспирализованные активные участки хромосом не видны под микроскопом. Лишь слабая гомогенная базофилия нуклеоплазмы указывает на присутствие ДНК; их можно выявить также гистохимическими методами. Такие участки относят к эухроматину. Неактивные сильно спирализованные комплексы ДНК и высокомолекулярных белков выделяются при окрасках в виде глыбок гетерохроматина. Хромосомы фиксированы на внутренней поверхности кариотеки к ядерной ламине.

Следует отметить, что между интерфазными ядрами клеток, взятых от особей мужского и женского пола, существует различие, позволяющее определить пол индивидуума, которому принадлежали клетки. В ядрах женских клеток обнаруживается глыбка хроматина около 1 мкм в диаметре, лежащая почти всегда на внутренней поверхности ядерной оболочки. Природа этой хроматиновой глыбки (тельце Барра) установлена – это одна из 2-х X-хромосом, остающаяся в интерфазе в конденсированном состоянии. В ядрах клеток мужского пола (в N) таких глыбок полового хроматина не обнаруживается. Но если мужская клетка содержит две X-хромосомы, как при синдроме Клайнфельтера, то обнаружится тельце Барра. Соответственно, если в женских клетках X-хромосом не две, а три, как при трисомии, то телец Барра будет два. Метод определения полового хроматина используется при диагностике половых генетических аномалий.

Морфологию митотических хромосом лучше всего изучать в стадии метафазной пластинки, т.е. в момент наибольшей конденсации. У каждой хромосомы имеется первичная перетяжка, которая делит хромосому на 2 плеча. В зависимости от положения центromеры, хромосомы бывают равноплечими (метацентрическими) и неравноплечими (субметацентрическими и акроцентрическими). Некоторые хромосомы кроме первичной перетяжки имеют вторичную, которая является местом формирования ядрышек.

Совокупность числа, величины и морфологии хромосом соматических клеток называется кариотипом вида. Кариотип – это генетический критерий вида («лицо вида»). Для каждого вида характерно (в N) строго определенное количество хромосом (правило постоянства). В практику хромосомного анализа широко входят методы дифференциального окрашивания хромосом. При обработке хромосом специальными красителями во флуоресцентном микроскопе видна исчерченность по длине хромосом (провел впервые Касперссон в 1968г, обрабатывал акрихин-ипритом, ныне есть и другие методы). Каждая пара хромосом характеризуется индивидуальной исчерченностью (равно как отпечаток пальцев). Идентификация хромосом позволяет составить идиограмму кариотипа.

На основании ряда критериев 22 пары хромосом человека классифицированы, половые хромосомы 23-й пары выделяются отдельно (Международная

Денверская классификация, 1960г). Для идентификации применяют морфометрический метод и центромерный индекс.

Классификация и номенклатура равномерно окрашенных хромосом человека была выработана на международных совещаниях, созывавшихся в Денвере (1960г), Лондоне(1963г) и Чикаго (1966г). Согласно рекомендациям этих конференций, хромосомы располагаются в порядке уменьшения их длины. Все хромосомы разделены на семь групп, которые были обозначены буквами английского алфавита от А до G. Все пары хромосом было предложено нумеровать арабскими цифрами.

Группа А (1-3) – самые крупные хромосомы. Хромосомы 1 и 3 – метацентрические, 2 – субметацентрическая.

Группа В (4-5) – две пары крупных субметацентрических хромосом.

Группа С (6-12) – хромосомы субметацентрические, средних размеров. X-хромосома по размеру и морфологии сходна с хромосомами 6 и 7.

Группа D (13-15) – акроцентрические хромосомы средних размеров.

Группа Е (16-18) – средние хромосомы (16, 17 – метацентрические, 18 – акроцентрическая).

Группа F (19-20) – мелкие метацентрики, практически между собой не различимы.

Группа G (21-22) – две пары самых мелких акроцентрических хромосом. Y-хромосома выделяется как самостоятельная, но по морфологии и размерам она относится к группе G.

При этом хромосомы различных групп хорошо отличаются друг от друга, в то время как внутри группы их невозможно различить, за исключением группы А. Каждая хромосома человека содержит только ей свойственную последовательность полос, что позволяет точно идентифицировать каждую хромосому и с более высокой точностью определить, в каком сегменте произошла перестройка. Поперечная исчерченность хромосом есть результат неравномерной конденсации гетеро- (высокоспирализованная ДНК) и эухроматина (релаксированная ДНК) на протяжении всей длины хромосомы, отражающий порядок расположения генов в молекуле ДНК.

Кариотип человека в норме и при отклонениях обозначается таким образом:

46, XY – нормальный кариотип мужчины

46, XX – нормальный кариотип женщины

47, XX+G – кариотип женщины с лишней хромосомой из группы G

В настоящее время существует ДНК-маркеры (или зонды) для многих еще более мелких сегментов практически всех пар хромосом. С помощью таких ДНК-зондов можно точно оценить наличие или отсутствие определенного, даже очень маленького, сегмента в хромосоме.

Возможность идентификации хромосом позволяет выявлять хромосомные аномалии, как на уровне соматических клеток, так и первичных половых клеток. Эти аномалии возникают в трех случаях на 100 беременностей. Аномалии по крупным хромосомам не совместимы с жизнью и вызывают самопроизвольные выкидыши на разных сроках. Широко известна болезнь Дауна, когда в кариотипе присутствует лишняя 21-ая хромосома: $2n+1(+21)$. Частота рождаемости детей с трисомией по 21-ой хромосоме высокая 1:500 и продолжает расти в связи с неблагоприятным экологическим окружением, приводящем к нерасхождению 21 пары хромосом.

Как было упомянуто выше, во вторичных перетяжках некоторых хромосом осуществляется образование ядрышек, но независимо от количества, их общая масса ядрышкового материала оказывается при этом постоянной. В клетках быстро пролиферирующих злокачественных новообразований ядрышки обычно крупнее, что сопряжено с активным синтезом белка. Ядрышко служит местом синтеза рибосомной РНК вдоль молекул ДНК деконденсированного хроматина в пределах ядрышкового материала. В связи с этим, области хромосом, выполняющие эту функцию, называют организаторами ядрышка. У человека это 13, 14, 15, 21, 22 хромосомы, имеющие сателлиты (спутники). Образующиеся в результате транскрипции ядрышки в разных ядрышковых организаторах, затем сливаются в общую единую структуру, поэтому, чаще всего в ядре одно ядрышко. По данным ЭМ, ядрышко представляет собой структуру, состоящую из участков темного и светлого материала, не окруженных мембраной. Зернистость темной части обусловлена скоплением рибонуклеопротеидных частиц (гранулярная часть ядрышка). Другой компонент темной части – фибриллярный, представлен плотными тонкими нитями р-РНК, а их скопления называют фибриллярными центрами. Светлые участки – это компоненты ядерного сока. Ядрышко в конце профазы исчезает, хроматин его конденсируется, фибриллярный и гранулярный материал деконденсируется, с середины телофазы процессы идут в обратном порядке. Таким образом, единственный компонент ядрышка, сохраняющий какую-то непрерывность от одного поколения клеток до следующего, это хроматин, содержащий ДНК, которая кодирует р-РНК – организаторов ядрышек. Схема участия ядрышек в синтезе цитоплазматических белков представлена следующим образом: на ДНК вторичных перетяжек хромосом образуется р-РНК, которая в зоне ядрышка образует комплексы с белком – субъединицы рибосом, которые через ядерную оболочку выходят в цитоплазму и участвуют в процессах синтеза белка. Соответственно, ядерная оболочка для этого должна быть структурно, а значит и функционально состоятельной.

Кариотека (оболочка ядра) характерна для всех эукариотических клеток, состоит из 2-х мембран – внешней и внутренней с перинуклеарным пространством между ними шириной 20-60 нм. Мембраны ядерной оболочки в морфологическом отношении не отличаются от остальных внутриклеточных мембран. Ее особенность заключается в том, что в зонах многочисленных слияний 2-х мембран образуются округлые перфорации – поровые комплексы. Каждое округлое отверстие заполнено сложноорганизованными глобулярными и фибриллярными структурами октагональной симметрии: три ряда гранул по 8 штук в каждом, размером 25 нм. Один ряд располагается со стороны цитоплазмы, другой со стороны ядра и третий между ними. В центре всей структуры располагается центральная гранула. Все гранулы соединены фибриллами, которые поперек поры образуют перегородку-диафрагму. Размеры пор стабильны, число же подвержено значительным вариациям, что связано с функциональной активностью клеток и размерами ядра: чем выше синтетические процессы в клетках, тем больше пор на 1 мкм. (в зрелых сперматозоидах их нет). По поверхности ядра поры располагаются, как правило, равномерно, но число их резко падает в тех местах ядерной оболочки, где фиксируется гетерохроматин. Поровые комплексы обнаружены в мембранах гранулярного эндоплазматического ретикулума. Внешняя мембрана ядерной оболочки, непосредственно контактирующая с цито-

плазмой клетки, имеет неровную поверхность, переходит в систему каналов эндоплазматической мембраны и также содержит на своей поверхности рибосомы.

При делении клеток ядерная оболочка фрагментируется и ее отдельные элементы микротрубочками веретена деления оттесняются к периферическим зонам. При реконструкции новых ядер идет сборка мембран ядра из мембран ЭПС, а сигналом, по-видимому, служит деконденсация хромосом. Ядерная оболочка проницаема для веществ малого молекулярного веса – моносахаридов, аминокислот, нуклеотидов, ферментов для ауто- и гетеросинтеза. Через нее в ядро проходят гистоновые и негистоновые белки для образования хромосом.

Из ядра в цитоплазму транспортируются рибосомы, РНК. Еще один путь транспорта связан с образованием выростов ядерной оболочки, которые могут отделяться от ядра в виде вакуолей, содержимое которых затем изливается в цитоплазму.

1.11. Роль ядра в передаче наследственной информации.

Ядро осуществляет две группы общих функций: одну, связанную собственно с хранением генетической информации, другую – с ее реализацией.

В первую группу входят процессы, связанные с поддержанием информации в виде неизменной структуры ДНК. Важно, чтобы молекулы ДНК передавались из поколения в поколение стабильными, а поскольку это невозможно в силу мутагенеза, существуют репарационные механизмы на молекулярном уровне, т.е. самовосстановление первичной структуры. Существует световая репарация: при облучении видимым светом (УФ) активируется фермент, восстанавливающий первичную структуру ДНК за счет расщепления образовавшихся в мутированной молекуле димеров пиримидиновых оснований.

При темновой репарации происходит вырезание димеров пиримидинов с помощью эндонуклеазы, далее к интактной цепи ДНК присоединяются комплементарные нуклеотиды, и цепь сливается лигазами с получением исходной структуры.

Чтобы дочерние клетки при делении (митозе) получили совершенно одинаковые в количественном и качественном отношении объемы генетической информации, в ядре должна пройти редупликация молекул ДНК, что и наблюдается в S-периоде интерфазы.

Во время образования половых клеток происходят рекомбинации генетической информации, что обеспечивает их генетическую разнородность при одинаковом количественном объеме (кроссинговер при редукционном делении).

Также в функции ядра входит распределение генетической информации между дочерними клетками, для чего в ядре происходит предварительная компактизация хромосом (описана выше).

Для реализации генетической информации требуется создание собственно аппарата белкового синтеза. Это включает синтез на молекулах ДНК разных информационных РНК, транспортных и рибосомных РНК. Кроме того в ядре эукариотических клеток происходит образование субъединиц рибосом путем образования комплексов рибосомных белков и рибосомных РНК, которые затем переходят в цитоплазму и на мембраны ЭПС, где и функционируют. Коллинеарно генетическому коду, через транскрипцию и трансляцию, конечным результатом реализации генетической информации является синтез полипептидных це-

пей в рибосоме. Такая однонаправленность и универсальность может быть представлена в виде схемы, известной как «центральная догма молекулярной биологии» ДНК:

ДНК → репликация → ДНК → транскрипция → РНК → трансляция → полипептид → эпигенез → белок → признак.

Таким образом, ядро представляет собой не толькоместилище генетической информации (хорошо защищенной ядерной мембраной), но и место, где этот материал воспроизводится и функционирует. Поэтому выпадение или нарушение любой из перечисленных функций губительно для клетки в целом. Так, нарушение репарационных процессов будет приводить к изменению первичной структуры белков до несвойственных данной клетке, что проявится в виде патологии или гибели.

Нарушение процессов распределения генетического материала приведет к грубым нарушениям в кариотипе, летальным исходам или наследственным заболеваниями типа синдромов Тернера, Патау, Эдвардса и других с неблагоприятным прогнозом.

На организменном уровне, ведущая роль ядра проявляется и в поддержании гомеостаза. Живой организм, будучи открытой системой, на любом этапе индивидуального развития существует в единстве со средой обитания, при этом, адекватно реагируя на изменяющиеся условия, сохраняет себя как отдельную биологическую систему, Свойство живых форм поддерживать генетическую конструкцию, структурные показатели, постоянство внутренней среды закреплено генетически и сложилось в процессе эволюции. Эффективность механизмов гомеостаза определяется генотипами особей, т.е. опять же, характером генов, молекул ДНК, нормой реакции на изменение окружающей среды. Появление в клетках чужеродной информации как результат мутаций под влиянием биологических (вирусы, бактерии), химических (пестициды, гербициды и т.д.), физических (радиация УФ и т.д.) воздействий оказывает отрицательное воздействие и изменяет показатели гомеостаза. Регуляция гомеостаза на клеточном уровне идет при участии ядра, цитоплазматической мембраны, рибосом, АТФ. Клетка содержит цитоплазму, состав которой модулируется избирательной проницаемостью клеточной мембраны и активностью ферментов, они в свою очередь образуются в результате считывания информации с ДНК (с участков ДНК-генов). «Включение» и «выключение» генов контролируется системами индукции и репрессии. В основе регуляции работы генов лежит репрессивно-депрессивный механизм (Жакоб, Моно, 1961г.). У многоклеточных эукариотических организмов роль регуляторов могут выполнять гормоны, которые диффундируют через клеточные мембраны (из межклеточной жидкости) и связываются с белками-рецепторами в цитоплазме. Образующиеся комплексы транспортируются в ядро к начальному звену оперона – оператору, после чего со структурных генов транскрибируется про-и-РНК и запускается механизм синтеза белка, включающегося в обмен веществ и, в конечном итоге, происходит коррекция в метаболизме и развитие адаптации к изменившимся условиям.

1.12. Патологические изменения ядра

В условиях патологии в ядрах могут появляться вакуоли. Вакуоли обнаруживаются в гепатоцитах при различных метаболических нарушениях и опухолевых клетках. Различают три типа необратимых морфологических изменений ядра: пикноз, кариорексис и кариолизис.

1. **Пикноз.** Неблагоприятным исходом конденсации и маргинации хроматина под ядерной оболочкой может быть необратимая тотальная его конденсация по всей площади ядра. Тогда ядро становится гомогенным и сморщенным. Очевидно, что когда ядро пикнотично, оно мертвое. Нити хроматина конденсируются в результате действия ДНК-азы, и их деструкция наступает более или менее быстро.

2. **Кариорексис** (rhexis-разрыв). Это раскалывание конденсированного хроматина обычно на небольшие по объему неправильной формы фрагменты, которые могут находиться внутри ядерной мембраны, если она сохранена, или располагаться в цитоплазме при ее деструкции.

3. **Кариолизис** (lysis –растворение, расплавление). Это вид смерти ядра, при котором хроматин более или менее тотально дезинтегрирован и не окрашивается. Создается впечатление, что ядро лишено хроматина, исчезающего вследствие абсорбции окружающей цитоплазмой.

Считают, что кариопикноз, кариорексис и кариолизис существуют как последовательные стадии смерти ядра. Клетки, содержащие множество ядер, встречаются и в нормальном состоянии, например остеокласты, мегакарициты. Но они встречаются часто и в условиях патологии, например клетки Ланганса при туберкулезе, множество опухолевых клеток. Число ядер может колебаться от нескольких единиц до нескольких сотен, а объем гигантских многоядерных клеток различен. В одних случаях их образование обусловлено слиянием мононуклеарных клеток, в других оно осуществляется благодаря делению ядер без деления цитоплазмы. Считают также, что их образование может быть следствием некоторых аномалий митоза после облучения или введения цитостатиков, а также при злокачественном росте. К аномалиям относят также трех-, четырех- и мультиполярные митозы.

1.13. Вопросы для самоконтроля

I. Структурные компоненты интерфазного ядра:

- оболочка ядра и ее строение;
- хроматин и его химический состав, пространственная структура;
- ядрышко, химия ядрышка;
- кариоплазма, ее химический состав.

II. Структура и функции ядерной оболочки:

- а) структура и отличительные особенности наружной и внутренней мембран ядра;
- б) строение и биологическое значение перинуклеарного пространства;
- в) строение и значение пор.

III. Ультраструктура хроматина:

- а) химический состав хроматина;
- б) отличие гетеро- и эухроматина, особенности их строения. Виды пространственного строения хроматина.

IV. Молекулярная и надмолекулярная организация хромосом:

- а) перечислить хромосомы по месту первичной перетяжки;
- б) какие хромосомы входят в гр. А, В, С, D, E, F, G;
- в) правила хромосом.

V. Ультрамикроскопическая структура и организация ядрышка:

- а) структурные компоненты ядрышка;
- б) судьба ядрышек при делении.

VI. Основные функции ядра:

- а) аутосинтез;
- б) гетеросинтез.

1.14. Тестовый контроль

Вариант 1

I. Указать функции ядра, названные правильно:

- а) синтез белков, углеводов, липидов
- б) синтез белков
- в) руководство всеми жизненными отправлениями клетки
- г) руководство процессами регенерации
- д) обеспечение реализации наследственной информации в процессе биосинтеза белка
- е) обеспечивает процесс передачи наследственной информации в процессе деления клетки
- ж) обеспечивает клетку энергией АТФ и ГТФ

II. Перечисленные утверждения неверны, кроме:

- 1) Ядро является 2 х мембранной органеллой клетки
- 2) Ядро является немембранной органеллой клетки
- 3) Ядро – один из важнейших компонентов клетки

III. В каких ядрах пор больше:

- а) в метаболически неактивных
- б) в метаболически активных
- в) содержащихся в растительных клетках
- г) содержащихся в животных клетках

IV. Перечислить вещества, входящие в состав хроматина:

- а) рибосомы, информосомы
- б) только ДНК и РНК
- в) различные ионы, субстраты
- г) ДНК, белки, гистоны

V. Термин "крупноглыбчатый" характеризует:

- а) хроматин
- б) хромосому
- в) кариолимфу
- г) ядерные поры

Вариант 2

I. В правильном порядке назвать уровни компактизации хроматина:

- а) хромосомный
- б) нуклеосомный
- в) хромомерный
- г) хромонемный
- д) нуклеомерный

II. Какие из видов хромосом не перечислены:

- а) метацентрические
- б) спутничные
- в) акроцентрические

III. Для какого компонента ядра характерно заполнение сложноорганизованными глобулярными и фибриллярными структурами:

- а) поре
- б) ядрышку
- в) хромосоме
- г) нуклеосоме
- д) оболочке ядра

IV. Что представляет собой кариотип человека:

- а) диплоидный набор хромосом клетки, характеризующийся их числом, величиной и формой
- б) гаплоидный набор хромосом клетки, характеризующийся их числом, величиной, формой

V. Выбрать один правильный ответ.

Ядрышко – это участок хромосомы, где образуется:

- а) и-РНК
- б) р-РНК
- в) т-РНК
- г) ДНК
- д) АТФ

Вариант 3

I. Из предложенных нескольких вариантов выберите тот, который считаете правильным:

- а) ядрышко – компонент ядра
- б) ядрышко – это участок хромосомы
- в) ядрышко – это органелла клетки
- г) ядрышко – это участок вторичной перетяжки хромосомы, содержащий ядрышковый организатор
- д) ядрышко – это сконденсированный хроматин

II. Выбрать компоненты ядра:

- а) полисомы
- б) включения
- в) кариолимфа
- г) нуклеолы
- д) рибосомы
- е) хроматин
- ж) мембраны
- з) сферосомы
- и) пероксисомы

III. Подберите пару в следующих утверждениях – внутримолекулярная структура:

- А) ядрышковый организатор 1) свидетельством женского генотипа клетки является
- Б) половой хроматин является 2) местом синтеза р-РНК

IV. Число пор ядерной оболочки резко возрастает:

- а) в метаболически активных клетках
- б) в метаболически неактивных клетках
- в) в растущих и реконструирующихся ядрах
- г) в клетках, где ядро мелкое
- д) в клетках, где ядро крупное

V. Хроматин, видимый в ядре при световой микроскопии, является:

- а) активно работающей частью ядра
- б) неактивной частью ядра
- в) скоплением рибонуклеотидов
- г) ядрышковым организатором

Вариант 4

I. Признак преобладания конденсированного хроматина в ядерном веществе клетки свидетельствует о:

- а) активной транскрипции
- б) повреждении клетки

- в) активной трансляции
- г) метаболической инертности
- д) подготовке к процессу деления клетки

II. Закончить фразу: "ядро – это..."

- а) органелла клетки
- б) компонент клетки
- в) вторичная перетяжка хромосом
- г) субчастица рибосом
- д) белково-липидное образование

III. Дайте точную характеристику структур, ограничивающих ядро:

- а) наружной ядерной мембраной
- б) внутренней ядерной мембраной
- в) перинуклеарным пространством
- г) мембранами, не переходящими одна в другую
- д) мембранами, переходящими одна в другую в области порового комплекса белков

IV. Термины

Обозначают:

- | | |
|----------------|---|
| А) Рибосомы | 1) р-РНК, связанную с белком |
| Б) Нуклеосомы | 2) участки хромосомной ДНК, связанной с гистонами |
| В) Диплосомы | 3) и-РНК, связанные с белками |
| Г) Информосомы | 4) пару центриолей |

V. В ядре увеличена доля эухроматина, в крупных ядрышках преобладает гранулярный компонент. Это:

- а) усиление синтетической активности ядра
- б) ослабление синтетической активности ядра
- в) профаза
- г) гибель клетки
- д) кариопикноз

Вариант 5

I. Выделите, чем отличается структурный гетерохроматин клеточного ядра:

- а) деспирализованным состоянием, сохраняющимся на протяжении всего клеточного цикла
- б) высокоспирализованным состоянием, которое сохраняется на протяжении всего митотического цикла
- в) вариацией степени спирализации отдельных фрагментов хроматина

II. Выделить из приведенных ниже перечислений типичный пример факультативного гетерохроматина:

- а) постоянные участки, сходные в гомологичных хромосомах
- б) фрагменты, прилегающие к области центромер

в) генетически неактивная X-хромосома соматических клеток женских особей млекопитающих и человека (тельца полового хроматина)

III. Термины: Обозначают:

- | | |
|-------------|---|
| А) линкер | 1) р-РНК, связанные с белками |
| Б) рибосомы | 2) участок молекулы ДНК, располагающийся между нуклеосомами |
| В) кариотип | 3) совокупность числа, размеров и формы хромосом |

IV. Определить группы «А» по денверовской классификации:

- а) с 4-5
- б) с 6-12
- в) с 1-3
- г) 1-8
- д) 6-12

V. Ядрышковый организатор – это место:

- а) представляет собой неактивный участок хромосомы
- б) спутник или сателлит
- в) область вторичной перетяжки хромосомы, содержащая гены, кодирующие р-РНК
- г) теломера
- д) кинетохор
- е) кариосома

Вариант 6

I. В области эухроматина располагаются:

- а) молчащие последовательности ДНК
- б) ядрышковые организаторы
- в) структурные гены
- г) вторичные перетяжки хромосом

II. Ядрышковый организатор располагается на хромосоме:

- 1) в области первичной перетяжки
- 2) в области теломерных участков хромосом
- 3) в области вторичных перетяжек некоторых хромосом

III. Выбрать правильные ответы.

Составные компоненты ядра:

- а) хроматин
- б) хромосомы
- в) оболочка, состоящая из двух мембран
- г) диплосома
- д) диктиосома
- е) ядрышко
- ж) микротрубочки
- з) кариолимфа

V. В зонах первичных перетяжек митотических хромосом находятся:

- а) теломеры
- б) ядрышковые организаторы
- в) кинетохоры
- г) нуклеосомы
- д) поры

Вариант 8

I. Признак:

- 1. преобладание конденсированного хроматина
- 2. отечность перинуклеарного пространства
- 3. большое количество ядерных пор

Свидетельствует о:

- а) повреждении клеток
- б) активной транскрипции
- в) слабовыраженной транскрипции
- г) активном образовании рибосом
- д) метаболической активности клеток

II. Термины: Обозначают:

- | | |
|----------------|---|
| А) рибосомы | 1) пару центриолей |
| Б) информосомы | 2) и-РНК, связанные с белками |
| В) нуклеосомы | 3) участки хромосомной ДНК, связанной с гистонами |
| Г) диплосомы | 4) р-РНК, связанные с белками |

III. Белковый ядерный матрикс представлен в основном:

- 1. гистонами
- 2. ДНК
- 3. РНК
- 4. негистоновыми белками

VI. В зонах вторичных перетяжек митотических хромосом находятся:

- 1. нуклеосомы
- 2. поры
- 3. теломеры
- 4. кинетохоры
- 5. ядрышковые организаторы

V. Ядерные поры представляют собой:

- а) места образования ядрышек
- б) места образования гетерохроматина
- в) участки повреждения клетки
- г) участки хромосомной ДНК, связанной с гистонами
- д) отверстия, заполненные белковыми глобулами

Вариант 9

I. Последний уровень компактизации хроматина называется:

- а) хромомерный
- б) хромонемный
- в) нуклеосомный
- г) нуклеонемный
- д) хромосомный

II. Ниже справа перечислены различные клеточные структуры. Укажите, какие из написанных слева функций или характеристик соответствуют каждой из этих структур:

- | | |
|--|-----------------------|
| 1. место синтеза белка | а) ядро |
| 2. регулирует поступление веществ в клетку | б) рибосома |
| 3. содержит генетический материал эукариотической клетки | в) клеточная мембрана |
| 4. участвует в клеточном дыхании | г) митохондрия |
| 5. идет фотосинтез | д) хлоропласт |

III. Правильно ли утверждение, что в интерфазном ядре:

- а) проходят активно процессы детоксикации
- б) активно идут процессы синтеза, снятия копий с ДНК
- в) очень замедленно идут синтетические процессы
- г) осуществляется облегченная диффузия

IV. Ядро является:

- а) аппаратом для экскреции клеточных продуктов
- б) отправителем всех важных функций клетки
- в) местом синтеза белков
- г) хранителем наследственной информации в форме ДНК

V. Кариотип изучался следующими учеными:

- а) Р. Вирховым
- б) К. Бером
- в) М. Навашиным
- г) С. Четвериковым
- д) Г. Левитским

Вариант 10

I. К основным структурным компонентам клетки относятся:

- а) хромосомы
- б) микротрубочки
- в) ядро
- г) цитостом
- д) клеточный центр
- е) цитоплазма
- ж) мембраны

II. Ядерный белковый матрикс представлен в основном:

- а) ДНК
- б) гистонами
- в) РНК
- г) негистоновыми белками
- д) ферментами
- е) витаминами

III. Теломерные участки хромосом представляют собой:

- а) ядрышковые организаторы
- б) первичные перетяжки хромосом
- в) поры
- г) нуклеосомы
- д) концевые участки плеч хромосом

IV. Хромосомы по Денверской классификации распределены:

- а) в три группы
- б) согласно расположению в них первичной перетяжки
- в) пять основных групп
- д) распределены в семь основных групп

V. Выберите правильные ответы.

Ядро – это один из основных компонентов клетки, где осуществляются очень важные процессы:

- а) биосинтез белка
- б) фотосинтез
- в) синтез АТФ
- г) образование рибосом
- д) аутоцитоз
- е) гетеросинтез

Вариант 11

I. В зонах первичных перетяжек митотических хромосом находятся:

- а) теломеры
- б) кинетохоры
- в) ядрышковые организаторы
- г) нуклеосомы
- д) поры

II. Укажите вид хроматина, характеризующегося высокими синтетическими процессами:

- А) диффузный;
- Б) конденсированный

III. Перенуклеарное пространство – это:

- а) пространство, заполненное кариолимфой
- б) пространство между двумя плечами хромосомы
- в) безвоздушное пространство, находящееся между мембранами ядра
- г) пространство, заполненное коллоидным веществом, находящимся между двумя ядерными мембранами

IV. Выберите наиболее правильный и точный ответ.

Клеточное ядро содержат:

- а) все прокариотические клетки
- б) прокариотические клетки не содержат
- в) содержат все эукариотические клетки
- г) содержат все эукариотические клетки, но некоторые из них вторично его утрачивают
- д) содержат все эукариотические клетки, которые могут быть одноядерными, двухъядерными и многоядерными, но некоторые клетки ядро в процессе жизнедеятельности вторично утрачивают

V. Определите верные характеристики половых хромосом:

- а) X - крупная, метацентрическая хромосома, относящаяся к группе А
- б) X - средняя, субметацентрическая хромосома, относящаяся к группе С
- в) Y - мелкая, акроцентрическая хромосома, относящаяся к группе G
- г) Y - крупная, акроцентрическая хромосома, относящаяся к группе G

Вариант 12

I. Подберите соответствующие ответы (пары).

Участки хромосом

- А) кинетохоры
- Б) ядрышковые организаторы
- В) теломеры
- Г) спутники хромосом
- Д) центромеры

– это:

1. места образования ядрышек в интерфазе
2. места прикрепления трубочек веретена деления
3. область вторичной перетяжки
4. конечные участки плеч хромосом
5. участки на первичной перетяжке хромосом
6. маленькие участки хромосом, отделенные вторичной перетяжкой.

II. Наличие сформированных хромосом свидетельствует о:

- а) метаболической активности клетки
- б) активном образовании хромосом
- в) процессе деления клетки
- г) слабовыраженной генетической активности хромосомы

III. Выберите правильный ответ.

Нуклеосомы – это:

- а) рибосома в составе полисомы
- б) комплекс и-РНК с белком

- в) ДНК -гистоновые комплексы
- г) малая субъединица рибосомы

IV. Термины: обозначают:

- | | |
|----------------|---|
| А) информосомы | 1. пару центриолей |
| Б) нуклеосомы | 2. и-РНК, связанные с белками |
| В) диплосомы | 3. участки хромосомной ДНК, связанной с гистонами |
| Г) рибосомы | 4. р-РНК, связанную с белками |

Глава II

Репродукция клеток. Проблемы клеточной пролиферации в медицине.

2.1. Жизненный цикл клетки.

Клеточная теория гласит, что клетки появляются от клеток путем деления исходной. Это положение исключает образование клеток из неклеточного вещества. Делению клеток предшествует редупликация их хромосомного аппарата, синтез ДНК как в эукариотических, так и в прокариотических организмах.

Время существования клетки от деления до деления называется клеточным или жизненным циклом. Величина его значительно варьирует: для бактерий это 20-30 минут, для туберкулеза 12-24 часа, для амебы около 1,5 суток. Клетки многоклеточных обладают также разной способностью к делению. В раннем эмбриогенезе они делятся часто, а во взрослом организме большей частью утрачивают эту способность, так как становятся специализированными. Но даже в организме, достигшем полного развития, многие клетки должны делиться, чтобы замещать изношенные клетки, которые постоянно слущиваются, и, наконец, нужны новые клетки для заживления ран.

Следовательно, у некоторых популяций клеток деления должны происходить в течение всей жизни. Учитывая это, все клетки можно разделить на три категории:

1. К моменту рождения ребенка нервные клетки достигают высокоспециализированного состояния, утрачивая способность к размножению. В процессе онтогенеза количество их непрерывно уменьшается. Это обстоятельство имеет и одну положительную сторону: если бы нервные клетки делились, то высшие нервные функции (память, мышление) нарушились бы.

2. Другая категория клеток, тоже высокоспециализированная, в силу их постоянного слущивания замещается новыми, и функцию замещения выполняют клетки этой же линии, но еще не специализированные и не утратившие способность делиться. Эти клетки называют обновляющимися. Примером являются постоянно обновляющиеся клетки кишечного эпителия, кроветворные клетки.

Даже клетки костной ткани способны образовываться из неспециализированных (это можно наблюдать при репаративной регенерации костных переломов). Популяции неспециализированных клеток, сохраняющие способность к делению, называются, как правило, стволовыми.

3. Третья категория клеток – исключение, когда высокоспециализированные клетки при определенных условиях могут вступить в митотический цикл. Речь идет о клетках, отличающихся большой продолжительностью жизни, в которых после полного завершения роста деление клеток происходит редко. Примером являются гепатоциты. Но если у экспериментального животного удалить 2/3 печени, то менее чем за две недели она восстанавливается до прежних размеров. Такими же являются и клетки желез, вырабатывающих гормоны: в нормальных условиях лишь немногие из них способны воспроизводиться, а при измененных условиях большинство из них может начать делиться.

Клеточный цикл означает многократное повторение последовательных событий, занимающих определённый отрезок времени. Обычно циклические процессы графически изображают в виде окружностей.

Клеточный цикл делится на две части: митоз и промежуток между окончанием одного митоза и началом следующего (интерфаза). Метод автордиографии позволил установить, что и интерфазе клетка не только выполняет свои специализированные функции, но и синтезирует ДНК. Этот период интерфазы назвали синтетическим (S). Он начинается спустя примерно 8 часов после митоза и завершается через 7-8 часов. Промежуток между S-периодом и митозом назвали пресинтетическим (G1 – 4 часа) после синтетического, перед собственно митозом – постсинтетическим (G2 – около часа).

Таким образом, в клеточном цикле различают четыре стадии: митоз, G1-период, S-период, G2-период.

Установление факта удвоения в интерфазе ДНК, означает, что во время ее клетка не может выполнять специализированные функции, она занята построением клеточных структур, синтезом строительных материалов, обеспечивающих рост дочерних клеток, накоплением энергии, затраченной во время собственно митоза, синтезированием специфических ферментов для репликации ДНК. Поэтому интерфазные клетки для выполнения своих предначертанных генетической программой функций (стать высокоспециализированными) должны на время или навсегда выйти из цикла в период G0, или остаться в продленном G1 (существенных различий в состоянии клеток периодов G0 и G1 не отмечено, так как из G0 можно вернуть клетки в цикл). Следует отметить особо, что у многоклеточных зрелых организмов заведомо большая часть клеток находится в G0-периоде.

Как уже говорилось, увеличение числа клеток идет только за счет деления исходной клетки, чему предшествует фаза точного воспроизведения генетического материала, молекул ДНК, хромосом.

Митотическое деление включает в себя новые состояния клеток: интерфазные, деконденсированные и уже редуцированные хромосомы переходят в компактную форму митотических хромосом, образуется ахроматиновый митотический аппарат, участвующий в переносе хромосом, хромосомы расходятся к противоположным полюсам, и происходит цитокинез. Процесс непрямого деления принято подразделять на следующие основные фазы: профаза, метафаза, анафаза и телофаза. Деление условное, так как митоз представляет непрерыв-

ный процесс и смена фаз происходит постепенно. Единственная фаза, имеющая реальное начало – анафаза, в которой начинается расхождение хромосом. Длительность отдельных фаз различна (в среднем профаза и телофаза – 30-40', анафаза и метафаза – 7-15'). К началу митоза клетка человека содержит 46 хромосом, каждая из которых состоит из 2-х идентичных половинок – хроматид (хроматиду еще называют S-хромосомой, а хромосому, состоящую из 2-х хроматид, – d-хромосомой).

Одно из самых замечательных явлений, наблюдаемых в митозе, это образование веретена деления. Оно обеспечивает выстраивание d-хромосом в одной плоскости, в середине клетки и передвижение S-хромосом к полюсам. Веретено деления образуется центриолями клеточного центра. Микротрубочки образуются в цитоплазме из белка тубулина.

В G1-периоде каждая клетка содержит по две центриоли, ко времени перехода в G2-период возле каждой центриоли образуется дочерняя центриоль и всего их формируется две пары.

В профазе одна пара центриолей начинает перемещаться к одному полюсу, другая к другому.

Между парами центриолей навстречу друг другу начинает формироваться набор межполюсных и хромосомных микротрубочек.

Ядерная оболочка в конце профазы распадается, ядрышко прекращает свое существование, хромосомы (d) спирализуются, веретено деления перемещается в середину клетки, и d-хромосомы оказываются в промежутках между микротрубочками веретена.

D-хромосомы в течение профазы проходят путь конденсации от нитевидных структур до палочковидных. Укорочение и утолщение d-хромосом продолжается и некоторое время в метафазе, в результате чего метафазные d-хромосомы обладают достаточной плотностью. В хромосомах четко видна центромера, разделяющая их на равные или неравные плечи, состоящие из 2-х примыкающих друг к другу S-хромосом (хроматид). В начале анафазы S-хромосомы (хроматиды) начинают перемещаться от экваториальной плоскости к полюсам. Начинается анафаза с расщепления центромерной области каждой из хромосом, в результате чего две S-хромосомы каждой d-хромосомы полностью отделяются одна от другой. Благодаря этому, каждая дочерняя клетка получает по идентичному набору из 46-ти S-хромосом. После разделения центромер одна половина из 92-х S-хромосом начинает двигаться к одному полюсу, другая половина к другому.

До сегодняшнего дня точно не установлено, под действием каких сил осуществляется передвижение хромосом к полюсам. Есть несколько версий:

1. В веретене деления есть актиносодержащие нити (а также другие мышечные белки), возможно, что сила эта генерируется так же, как в мышечных клетках.

2. Движение хромосом обусловлено скольжением хромосомных микротрубочек по непрерывным (межполюсным) микротрубочкам с противоположной полярностью (Мак-Итош, 1969, Марголис, 1978).

3. Скорость передвижения хромосом регулируют кинетохорные микротрубочки, чтобы обеспечить упорядоченное расхождение хроматид.

Скорее всего, все перечисленные механизмы осуществления математически точного распределения наследственного вещества по дочерним клеткам кооперируются.

К концу анафазы и к началу телофазы в середине вытянувшейся клетки начинается образование перетяжки, она образует так называемую борозду дробления, которая, углубляясь, делит клетку на две дочерние. В образовании борозды принимают участие актиновые нити. По мере углубления борозды клетки связаны между собой пучком микротрубочек, называемым срединным тельцем, остаток его некоторое время присутствует и в интерфазе. Параллельно цитокинезу, у каждого полюса происходит деспирализация хромосом в обратном порядке от хромосомного до нуклеосомного уровня. Наконец, наследственное вещество принимает вид глыбок хроматина, либо плотно упакованных, либо деконденсированных. Вновь формируется ядрышко, ядерная оболочка, окружающая хроматин, и кариоплазма. Таким образом, в результате митотического деления клеток, вновь образованные дочерние идентичны между собой и являются копией материнской клетки, что важно для последующего роста, развития и дифференцировки клеток и тканей.

2.2. Механизм регуляции митотической активности

Поддержание числа клеток на определенном, постоянном уровне обеспечивает в целом гомеостаз. Например, число эритроцитов и лейкоцитов в здоровом организме относительно стабильно, несмотря на то, что эти клетки отмирают, происходит их постоянное пополнение. Следовательно, скорость образования новых клеток должна регулироваться, с тем чтобы она соответствовала скорости их гибели.

Для поддержания гомеостаза необходимо, чтобы число различных специализированных клеток в организме и те функции, которые они должны выполнять, находились под контролем различных регуляторных механизмов, поддерживающих всю систему в стабильном состоянии.

Во многих случаях клеткам подается сигнал о том, что они должны повысить свою функциональную активность, а для этого может понадобиться увеличение числа клеток. Например, если содержание Са в крови падает, то клетки паращитовидной железы усиливают секрецию гормона, уровень кальция достигает нормы. Но если в рационе животного недостает кальция, то дополнительное продуцирование гормона не повысит содержание этого элемента в крови, в этом случае клетки щитовидной железы начинают усиленно делиться, с тем чтобы увеличение их числа привело к дальнейшему повышению синтеза гормона. Таким образом, понижение той или иной функции может привести к увеличению численности популяции клеток, обеспечивающих эти функции.

У людей, попадающих в высокогорную местность, резко увеличивается количество эритроцитов для того, чтобы обеспечить организм необходимым количеством кислорода (на высоте меньше O_2). На снижение кислорода реагируют клетки почек и усиливают секрецию эритропоэтина, стимулирующего кроветворение. После образования достаточного количества дополнительных эритроцитов гипоксия исчезает, и клетки, вырабатывающие указанный гормон, снижают его секрецию до обычного уровня.

Полностью дифференцированные клетки не могут делиться, но тем не менее количество их может увеличиваться за счет стволовых клеток, от которых они произошли. Нервные клетки ни при каких обстоятельствах не могут делиться, но могут повысить свою функцию за счёт увеличения своих отростков и умножения соединений между ними.

Следует отметить, что у взрослых особей соотношение общих размеров различных органов остаётся более или менее постоянным. При искусственном нарушении существующего соотношения размеров органа оно стремится к норме (удаление одной почки приводит к увеличению другой).

Одна из концепций, объясняющая это явление, состоит в том, что пролиферация клеток регулируется особыми веществами – кейлонами. Предполагается, что они обладают специфичностью в отношении клеток разных типов, тканей органов. Считается, что понижение количества кейлонов стимулирует пролиферацию клеток, например, при регенерации. В настоящее время эта проблема тщательно изучается разными специалистами. Получены данные, что кейлоны – это гликопротеиды с молекулярной массой 30000 – 50000.

2.3. Нерегулярные типы репродукции клеток

Амитоз. Прямое деление или амитоз описано раньше митотического деления, но встречается гораздо реже. Амитоз – это деление клетки, у которой ядро находится в интерфазном состоянии. При этом не происходит конденсации хромосом и образования веретена деления. Формально амитоз должен приводить к появлению двух клеток, однако чаще всего он приводит к разделению ядра и появлению двух- или многоядерных клеток.

Начинается амитотическое деление с фрагментации ядрышек, вслед за этим делится ядро – перетяжкой или инвагинацией. Может быть множественное деление ядра, как правило, на части неравной величины (при патологических процессах). Многочисленные наблюдения показали, что амитоз встречается почти всегда в клетках отживающих, дегенерирующих и не способных дать в дальнейшем полноценные элементы. Так в норме амитотическое деление встречается в зародышевых оболочках животных, в фолликулярных клетках яичника, в гигантских клетках трофобластов. Положительное значение амитоз имеет в процессе регенерации тканей или органов (регенеративный амитоз). Амитоз в стареющих клетках сопровождается нарушениями биосинтетических процессов, включая репликацию, репарацию ДНК, а также транскрипцию и трансляцию. Изменяются физико-химические свойства белков хроматина ядер клеток, состав цитоплазмы, структура и функции органоидов, что влечет за собой функциональные нарушения на всех последующих уровнях – клеточном, тканевом, органном и организменном. По мере нарастания деструкции и угасания восстановления наступает естественная смерть клетки. Нередко амитоз встречается при воспалительных процессах и злокачественных новообразованиях (индуцированный амитоз).

Эндомитоз. При воздействии на клетки веществами, разрушающими микротрубочки веретена, деление прекращается, а хромосомы продолжают цикл своих превращений: реплицируются, что приводит к поэтапному образованию полиплоидных клеток – 4 п. 8 п. и т.д. Такой процесс преобразований иначе называется эндорепродукцией. Способность клеток к эндомитозу исполь-

зуют в селекции растений для получения клеток с кратным набором хромосом. Для этого применяют колхицин, винбластин, разрушающие нити ахроматинового веретена. Полиплоидные клетки (а затем и взрослые растения) отличаются большими размерами, вегетативные органы из таких клеток крупные, с большим запасом питательных веществ. У человека эндорепродукция имеет место в некоторых гепатоцитах и кардиомиоцитах.

Другим, более редким результатом эндомитоза, являются политенные клетки. При политении в S-периоде в результате репликации и нерасхождения хромосомных нитей образуется многонитчатая, политенная структура. От митотических хромосом она отличается большими размерами (длиннее в 200 раз). Встречаются такие клетки в слюнных железах двукрылых насекомых, в макронуклеусах инфузорий. На политенных хромосомах видны вздутия, пuffs (места транскрипции) – выражение генной активности. Эти хромосомы – важнейший объект генетических исследований.

2.4. Проблемы клеточной пролиферации в медицине.

Как известно, ткани с высокой скоростью обновления клеток более чувствительны к воздействию различных мутагенов, чем ткани, в которых клетки обновляются медленно. Однако, например, лучевое повреждение может проявляться не сразу и не обязательно ослабевает с глубиной, иногда даже гораздо сильнее повреждаются глубоколежащие ткани, чем поверхностные. При облучении клеток рентгеновскими или гамма-лучами в их жизненном цикле происходят грубые нарушения: митотические хромосомы изменяют форму, возникают их разрывы с последующим неправильным соединением фрагментов, иногда отдельные части хромосом исчезают вовсе. Могут возникнуть аномалии веретена (образоваться не два полюса в клетке, а три), что приведет к неравномерному расхождению хроматид. Иногда повреждение клетки (большие дозы облучения) бывает столь значительным, что все попытки клетки приступить к митозу оказываются безуспешными и деление прекращается.

Подобным действием облучения и объясняется отчасти его применение в терапии опухолей. Цель облучения не в том, чтобы убить опухолевые клетки в интерфазе, а в том, чтобы они утратили способность к митозу, что приведет к замедлению или прекращению роста опухоли. Излучение в дозах не летальных для клетки может вызвать мутации, приводящие к усиленной пролиферации измененных клеток и дать начало злокачественному росту, как это часто случилось с теми, кто работал с рентгеновскими лучами, не зная об их опасности.

На пролиферацию клеток влияют многие химические вещества, в том числе лекарственные препараты. Например, алкалоид, колхицин (его содержат клубнелуковицы безвременника) был первым лекарственным препаратом, который снимал боль в суставах при подагре. Выяснилось, что он обладает и другим действием – останавливать деление путём связывания с белками тубулинами из которых формируются микротрубочки. Таким образом, колхицин, как и многие другие препараты, блокирует образование веретена деления.

На этом основании такие алкалоиды как винбластин и винкристин применяются для лечения некоторых видов злокачественных новообразований, входя в арсенал современных химиотерапевтических противораковых средств. Следует отметить, что способность веществ типа колхицина останавливать митоз, ис-

пользуется как метод для последующей идентификации хромосом в медицинской генетике.

Большое значение для медицины имеет способность дифференцированных (причем половых) клеток сохранять свои потенции к пролиферации, что приводит иногда к развитию в яичниках опухолей, на разрезе которых видны клеточные пласты, ткани, органы, представляющие собой "мешанину". Выявляются клочки кожи, волосяных фолликулов, волос, уродливых зубов, кусочков костей, хряща, нервной ткани, фрагментов глаза и т.д., что требует срочного хирургического вмешательства.

2.5. Патология репродукции клеток

Аномалии митотического цикла. Митотический ритм, обычно адекватный потребности восстановления стареющих, погибших клеток, в условиях патологии может быть изменен. Замедление ритма наблюдается в стареющих или маловаскуляризованных тканях, увеличение ритма – в тканях при разных видах воспаления, гормональных воздействиях, в опухолях и др.

Аномалии развития митозов. Некоторые агрессивные агенты, действуя на фазу S, замедляют синтез и дупликацию ДНК. К ним относятся ионизирующая радиация, различные антиметаболиты (метатрексат, меркапто-6-пурин, флюоро-5-урацил, прокарбозин и др.). Их используют для противоопухолевой химиотерапии. Другие агрессивные агенты действуют на фазы митоза и препятствуют образованию ахроматического веретена. Они изменяют вязкость плазмы, не расщепляя нити хромосом. Такое цитофизиологическое изменение может повлечь за собой блокаду митоза в метафазу, а затем — острую смерть клетки или митонекроз. Митонекрозы часто наблюдаются, в частности, в опухолевой ткани, в очагах некоторых воспалений с некрозом. Их можно вызвать при помощи подофиллина, который применяется при лечении злокачественных новообразований.

Аномалии морфологии митозов. При воспалении, действии ионизирующей радиации, химических агентов и особенно в злокачественных опухолях обнаруживаются морфологические аномалии митозов. Они связаны с тяжелыми метаболическими изменениями клеток и могут быть обозначены как «абортивные митозы». Примером такой аномалии служит митоз с аномальным числом и формой хромосом; трех-, четырех- и мультиполярные митозы.

Многоядерные клетки. Клетки, содержащие множество ядер, встречаются и в нормальном состоянии, например остеокласты, мегакариоциты, синцитиотрофобласты. Но они поручаются часто и в условиях патологии, например клетки Ланганса при туберкулезе, гигантские клетки инородных тел, множество опухолевых клеток. Цитоплазма таких клеток содержит гранулы или вакуоли, число ядер может колебаться от нескольких единиц до нескольких сотен, а объем отражён в названии — гигантские клетки. Происхождение их вариabelно: эпителиальные, мезенхимальные, гистиоцитарные. Механизм формирования гигантских многоядерных клеток различен. В одних случаях их образование обусловлено слиянием моноклеарных клеток, в других оно осуществляется благодаря делению ядер без деления цитоплазмы. Считают также, что их образование может быть следствием некоторых аномалий митоза после облучения или введения цитостатиков, а также при злокачественном росте.

2.6. Вопросы для самоконтроля

I. Клеточный цикл и его периоды. Классификация клеток в зависимости от их митотической активности.

II. Интерфаза и ее периоды:

1. Периоды интерфазы:

- пресинтетический;
- синтетический;
- постсинтетический.

2. Хромосомный комплекс для каждого периода: количество хромосом, масса ДНК, количество хроматид в хромосоме.

III. Митоз. Фазы митоза. Биологическое значение митоза и причины деления клеток.

IV. Профаза:

- сущность и конечный результат профазы;
- хромосомный комплекс: количество хромосом, масса ДНК, количество хроматид.

V. Метафаза:

- сущность и конечный результат профазы;
- хромосомный комплекс.

VI. Анафаза:

- сущность и конечный результат профазы;
- хромосомный комплекс.

VII. Телофаза:

- сущность и конечный результат профазы;
- хромосомный комплекс.

VIII. Отличие митоза животных и растительных клеток.

IX. Амитоз: сущность и механизм. Разновидности, причины и значение амитоза.

X. Эндорепродукция и ее значение:

- политения;
- эндомитоз.

2.7. Тестовый контроль

1 вариант.

I. Выберите правильный ответ.

Число хромосом в конце анафазы у полюсов клетки составляет:

- а) n $2x$ $2c$
- б) $2n$ $2x$ $4c$
- в) $4n$ $1x$ $4c$
- г) $8n$ $2x$ $1c$
- д) $2n$ $1x$ $2c$

II. Подберите соответствующие ответы (пары).

Процессы:

- А) удвоение ДНК
- Б) фрагментация ядрышек
- В) синтез тубулинов
- Г) расхождение центриолей к полюсам
- Д) цитокинез

происходят:

- 1) интерфаза
- 2) профаза.
- 3) метафаза
- 4) анафаза
- 5) телофаза

III. Выберите, при каком условии верно данное высказывание.

В стадии профазы происходит:

- а) фрагментация ядрышек
- б) конденсация хромосом
- в) образование митотического аппарата веретена деления
- г) редукция ЭПС и числа хромосом
- д) расхождение сестринских хроматид

IV. Определите, верно ли данное утверждение.

При нарушении микротрубочек, состоящих из тубулина:

- а) митоз протекает нормально
- б) не происходит редупликации хромосом
- в) образуются полиплоидные клетки
- г) происходят многополюсные митозы

2 вариант.

I. Выберите правильный ответ.

Самая короткая по времени стадия митоза это:

- а) профаза
- б) метафаза
- в) анафаза
- г) телофаза
- д) прометафаза

II. Подберите соответствующие ответы (пары).

Если дифференцированная специализированная клетка имеет клеточный набор:

- А) диплоидный набор хромосом
- Б) тетраплоидный набор хромосом
- В) гаплоидный набор хромосом
- Г) анеуплоидный набор хромосом
- Д) гексаплоидный набор хромосом

то эта клетка:

- 1) соматическая
- 2) зигота
- 3) сперматозоид
- 4) аномалия
- 5) яйцеклетка

III. Выберите, при каком условии верно данное высказывание.

Нарушение цитотомии приводит к:

- а) гибели клетки
- б) появлению гигантских ядер
- в) появлению многополюсных митозов
- г) появлению многоядерных клеток
- д) специализации клеток

IV. Определите, верно ли данное утверждение.

Клетка наиболее чувствительна к действию ионизирующей радиации во время:

- а) специфической деятельности
- б) митоза
- в) фагоцитоза
- г) пиноцитоза

3 вариант.

I. Выберите правильный ответ.

Нейроны головного мозга могут находиться на стадии:

- а) G_1
- б) S
- в) G_2
- г) G_0
- д) D

II. Подберите соответствующие ответы (пары).

Процесс:

происходит в течение:

- | | |
|---|--------------|
| А) начало образования аппарата веретена деления | 1) интерфаза |
| Б) редупликация хромосом | 2) профаза |
| В) цитотомия | 3) метафаза |
| Г) обособление сестринских хроматид | 4) анафаза |
| Д) расхождение центриолей | 5) телофаза |

III. Выберите, при каком условии верно данное высказывание.

Дупликация центриолей может происходить в:

- а) G_1
- б) S
- в) G_2
- г) профаза
- д) анафаза

IV. Укажите правильный ответ.

Клетки переходного эпителия мочевого пузыря могут делиться:

- а) МИТОЗОМ
- б) АМИТОЗОМ
- в) ЭНДОМИТОЗОМ
- г) МЕЙОЗОМ

4 вариант.

I. Выберите правильный ответ.

Число хромосом в конце телофазы составляет:

- а) 4п 8с 4хр
- б) 1п 2хр 2с
- в) 2п 2хр 4с
- г) 2п 1хр 2с
- д) 1п 1хр 1с

II. Подберите соответствующие ответы (пары).

Термин:

означает:

- | | |
|----------------|---|
| А) кариолизис | 1) деление цитоплазмы |
| Б) полиплоидия | 2) растворение ядра |
| В) амитоз | 3) появление клеток с увеличенным содержанием ДНК |
| Г) циклоз | 4) прямое деление ядра |
| Д) цитокинез | 5) движение цитоплазмы. |

III. Выберите, при каком условии верно данное высказывание.

В эпидермисе кожи клетки могут находиться в:

- а) G₁
- б) G₂
- в) G₀
- г) S
- д) D

IV. Определите, верно ли данное утверждение.

Полиплоидизация клетки может быть результатом:

- а) эндомитоза
- б) мейоза
- в) амитоза
- г) «колхицинового» митоза

5 Вариант

I. Выберите правильный ответ.

Во время телофазы происходит:

- а) удвоение хромосом
- б) расхождение сестринских хроматид
- в) цитотомия
- г) образование аппарата веретена деления
- д) растворение ядрышек

II. Подберите соответствующие ответы (пары).

Во время интерфазы: происходят основные процессы:

- | | |
|-----------------------|---|
| А) G ₁ | 1) снижение метаболизма |
| Б) S | 2) синтез специальных белков |
| В) G ₂ | 3) синтез ДНК и ядерных белков |
| Г) G ₀ | 4) синтез белков тубулинов и АТФ |
| Д) D(дифференцировка) | 5) восстановление структуры мембранных органоидов |

III. Выберите, при каком условии верно данное высказывание.

В стадии метафазы происходит:

- а) образование митотического аппарата
- б) расхождение хроматид
- в) синтез белков гистонов
- г) удвоение ДНК
- д) синтез всех видов РНК и АТФ

IV. Определите, верно ли данное утверждение.

Нити веретена деления состоят из белков:

- а) денеина
- б) виментина
- в) тубулина
- г) миозина

6 вариант.

I. Определите, какие из перечисленных событий, происходящих в клетке на этой стадии митоза, указаны правильно.

Во время телофазы происходит:

- а) образование политенных хромосом
- б) деконденсация хромосом
- в) образование ядрышек
- г) деление цитоплазмы

II. Расшифруйте понятие.

«Кариолизис» – это процесс, при котором происходит:

- а) переваривание микроорганизмов
- б) растворение ядра
- в) растворение всех структур клетки
- г) недостаточное образование первичных лизосом

III. Выберите правильный ответ.

Синтез тубулинов происходит во время:

- а) S периода
- б) профазы
- в) метафазы
- г) G₂ периода

IV. Выберите, при каком условии верно данное утверждение. Образование веретена деления в растительной клетки происходит при участии:

- а) клеточного центра
- б) кариолеммы
- в) вакуолярной системы
- г) микротрубочек
- д) микрофиламентов

7 вариант.

I. Определите, какие из перечисленных событий, происходящих в клетке на этой стадии митоза, указаны правильно.

Во время метафазы в клетке происходит:

- а) образование «материнской звезды»
- б) расхождение хроматид к полюсам
- в) движение хроматид к экватору
- г) формирование ахроматинового аппарата

II. Расшифруйте понятие.

«Эндорепродукция» – это процесс, при котором происходит:

- а) деление ядра и цитоплазмы
- б) разрушение ядерной оболочки
- в) появление клеток с увеличенным количеством ДНК
- г) появление клеток с уменьшенным количеством ДНК

III. Выберите правильный ответ.

Во время профазы клетка имеет следующий набор хромосом:

- а) 2п 2хр 4с
- б) 4п 4хр 8с
- в) 2п 1хр 2с
- г) 1п 1хр 1с

IV. Выберите, при каком условии верно данное утверждение.

Если клетка содержит удвоенное количество ДНК, то эта клетка прошла следующий период клеточного цикла:

- а) G₁
- б) S
- в) G₂
- г) D
- д) G₀

8 вариант.

I. Определите, какие из перечисленных событий, происходящих в клетке во время этой стадии митоза, указаны правильно.

Во время анафазы происходит:

- а) образование митотического аппарата
- б) расхождение хроматид
- в) фрагментация микротрубочек
- г) разрушение пузырьков с ионами кальция

II. Расшифруйте понятие.

«Кариотип» – это совокупность различных по величине и форме хромосом в:

- а) гаплоидном наборе
- б) диплоидном наборе
- в) тетраплоидном наборе
- г) гетероплоидном наборе

III. Выберите правильный ответ.

В результате митоза образуются клетки с набором:

- а) 1п 4хр 4с
- б) 2п 2хр 4с
- в) 2п 1хр 2с
- г) 1п 1хр 1с

IV. Выберите, при каком условии верно данное утверждение.

В животных клетках образование аппарата веретена деления происходит при участии:

- а) вакуолярной системы
- б) клеточного центра
- в) микротрубочек
- г) микрофиламентов
- д) плазмолеммы

9 вариант.

I. Определите, какие из перечисленных событий, происходящих в клетке во время этой стадии митоза указаны правильно.

Во время профазы происходит:

- а) удвоение хромосом
- б) фрагментация ядрышек
- в) конденсация хромосом
- г) синтез тубулинов

II. Расшифруйте понятие.

«Полиплоидия» – это явление при котором происходит:

- а) увеличение диплоидного набора хромосом путем добавления отдельных хромосом
- б) увеличение диплоидного набора хромосом путем добавления целого набора хромосом
- в) увеличение гаплоидного набора хромосом путем добавления отдельных хромосом
- г) уменьшение диплоидного набора хромосом путем удаления отдельных хромосом.

III. Выберите правильный ответ.

Удвоение ДНК происходит во время:

- а) профазы
- б) G₁
- в) G₂
- г) S

IV. Выберите, при каком условии верно данное утверждение.

Цитокинез в растительной клетки происходит при участии:

- а) плазмолеммы
- б) аппарата Гольджи
- в) кариолеммы
- г) микротрубочек

10 вариант.

I . Определите, какие из перечисленных событий, происходящих в клетке на этой жизненной стадии, указаны правильно.

Во время S периода интерфазы происходит:

- а) удвоение ДНК
- б) фрагментация ядерной оболочки
- в) конденсация хроматина
- г) синтез белков-гистонов

II. Расшифруйте понятие.

« Пикноз» – это ...

- а) коагуляция хроматина
- б) деление ядра на две части
- в) деление цитоплазмы
- г) появление двуядерных клеток

III. Выберите правильный ответ.

Удвоение ДНК в прокариотической клетке происходит:

- а) полуконсервативным способом
- б) по типу «катящегося обруча»
- в) консервативным способом
- г) дисперсионным способом

IV. Выберите, при каком условии верно данное утверждение.

Политенные хромосомы представляют собой:

- а) хромосомы, не претерпевающие митотической конденсации
- б) хромосомы, находящиеся в синтетическом периоде интерфазы
- в) хромосомы, содержащие нормальное количество ДНК
- г) хромосомы, содержащие увеличенное количество ДНК

2.8. Мейоз как основа полового размножения и комбинативной изменчивости.

Каждая соматическая клетка человека содержит 46 хромосом, образующих 23 пары, в каждой из которых одна хромосома материнского происхождения (из яйцеклетки), а другая отцовского (из сперматозоида). Каждая клетка организма несёт, таким образом, двойной набор из 23 S-хромосом, одинаковых по форме и по типу исчерченности (за исключением половых хромосом X и Y в клетках лиц мужского пола). Следовательно, соматические клетки содержат диплоидное число хромосом («диплос» – «двойной»). Половые же клетки содержат по одной хромосоме из каждой пары – гаплоидный (единичный) набор(n).

В процессе эволюции появился механизм уменьшения числа хромосом, специальное редукционное деление – мейоз. Этот процесс состоит из двух следующих друг за другом делений ядра – мейоза I и мейоза II. При мейозе кроме редукции хромосом происходит ещё ряд процессов, отличающих этот тип деления от митоза. В первую очередь это рекомбинации генетического материала, обмен участками между гомологичными хромосомами (кроссинговер). Кроме того, для мейоза характерна активация транскрипции в профазе первого деления и отсутствия S-периода между первым и вторым делением.

Характерным для мейоза является и то, что в течение профазы происходит специальная перестройка и аранжировка хромосом в ядрах созревающих половых клеток. В связи с этим профазу I мейоза II делят на пять стадий: лептотена, зиготена, пахитена, диплотена и диакинез.

В лептотену хромосомы начинают конденсироваться и становятся различимыми в световой микроскоп. Лептотену называют стадией тонких нитей.

В зиготену гомологичные хромосомы начинают объединяться друг с другом – конъюгировать, в результате чего образуются биваленты (тетрады хроматид). Гомологичные хромосомы находятся в стадии конъюгации длительный период: у дрозофилы – 4 суток, у человека – две недели.

В пахитене (стадия толстых нитей) между несестринскими хроматидами (принадлежащими разным хромосомам) происходит перекрёст с последующим разрывом и соединением участков ДНК разных гомологов. В результате кроссинговера хроматиды одной хромосомы в генетическом смысле не идентичны, содержат разный набор генов, свою группу сцепления.

Хромосомы каждого бивалента остаются соединёнными между собой только в местах кроссинговера (хиазмах). В метафазе I биваленты выстраиваются в экваториальной плоскости, образуя метафазную пластину. Таким образом, если сравнивать митоз и мейоз в стадии метафазы, видно, что в экваториальной плоскости при митозе выстраиваются d-хромосомы (единичные, двуххроматидные униваленты), а при мейозе I – гомологичные хромосомы в виде ансамблей-бивалентов, в которых произошла рекомбинация генетической информации.

В анафазе I происходит разъединение каждого бивалента на d-хромосомы (гомологичные) и разведение их к противоположным полюсам (при митозе расходились S-хромосомы или хроматиды). Если оценивать событие разъединения и расхождения хромосом с точки зрения генетики, то выявляется следующее: по разным полюсам расходятся аллельные гены, располагающиеся в разных гомологах и распределение их совершенно случайное. Таким образом,

мейоз I обеспечивает не только образование гаплоидных клеток, но и разнородных в плане генома, к чему приводит, во-первых, кроссинговер в профазе I, во-вторых, случайное расхождение хромосом в анафазе I. Число возможных комбинаций очень велико. Следовательно, редукционное деление клеток (мейоз I) обеспечивает образование генетически уникальных клеток, так как каждая клетка при этом несёт неповторимый набор генов. Всё сказанное позволяет считать, что мейоз является основой комбинативной изменчивости.

За телофазой I следует короткая интерфаза, в которой не происходит синтез ДНК (отсутствует S-период), поэтому этот промежуток жизни клеток часто называют интеркинезом. Он необходим для накопления АТФ и удвоения центриолей.

Второе мейотическое деление по морфологии и последовательности не отличается от митотического за исключением некоторых деталей: профаза II короче, чем профаза митоза, так как хромосомы в интеркинезе полностью не деспирализировались, и времени на их конденсацию в профазе мейоза II надо меньше.

Следовательно, в результате двух следующих друг за другом мейозов образуется четыре дочерние клетки с гаплоидным набором хромосом и разнородной генетической информацией. В то время как в митозе образуется две дочерние клетки с прежним диплоидным набором генетически однородных хромосом.

Мейотические деления имеют место только в половых железах в процессе образования гамет – сперматогенезе и оогенезе. Клетки зачаткового эпителия в гонадах претерпевают ряд последовательных митотических и мейотических делений. Общими для того и другого гаметогенеза являются фазы размножения, роста и созревания. Для сперматогенеза ещё характерна ярко выраженная фаза формирования гамет.

При многократном митотическом делении клеток зачаткового эпителия семенных канальцев образуется большое количество сперматогоний (500 млрд.), которые переходят в зону роста, являющуюся интерфазой. Сперматогонии в этой зоне незначительно увеличиваются в размере (в 2-3 раза) и в S-периоде реплицируют ДНК, в результате образуется сперматоциты I порядка.

В зоне созревания эти клетки претерпевают два мейотических деления с образованием 4х одинаковых, равноценных сперматид из одного сперматогония. Начиная от наружного слоя канальца до его просвета между созревающими мужскими клетками располагаются трофические клетки (клетки Сертоле), которые обеспечивают механическую опору, защиту и питание. Все питательные вещества и кислород, доставляемые к развивающимся клеткам, и выделяемые в кровь отходы метаболизма проходят через клетки Сертоле. Они же секретуют и жидкость, с которой сперматозоиды проходят по семенным канальцам.

Форма мужских гамет у разных животных различная, однако, строение их однотипно. Каждый сперматозоид можно подразделить на пять отделов: акросома, головка, шейка, промежуточный отдел и жгутик (хвост). В головке сперматозоида располагается ядро, содержащее гаплоидное число хромосом. На головке располагается акросома – особая структура, ограниченная мембраной, это не что иное, как видоизменённый комплекс Гольджи с гидролитическими ферментами, необходимыми для процесса оплодотворения (гиалуронидаза и другие спермализины).

В головке сперматозоида присутствует небольшое количество цитоплазмы, так как значительная её часть была выброшена из сперматид в зоне формирования для уменьшения их массы. В шейке сперматозоида расположены две центриоли – проксимальная и дистальная. Последняя участвует в образовании осевой нити хвостового отдела, а проксимальная формирует веретено деления оплодотворённого яйца. Промежуточная (средняя) часть сперматозоида занята митохондриями, которые представляют собой компактные скопления вокруг осевой нити. Они обеспечивают энергией двигательную активность мужских половых клеток. Хвостовая часть сперматозоида имеет строение, типичное для жгутиков: на поперечном разрезе 9 пар периферических микротрубочек окружают пару центральных микротрубочек.

Важнейшими биологическими свойствами сперматозоидов является их подвижность и способность к оплодотворению. Скорость движения сперматозоида составляет 3 мм/мин. При движении затрачивается большое количество энергии. Субстратом для осуществления биоэнергетических процессов служат содержащиеся в сперматозоидах и сперме фруктоза, глюкоза, молочная кислота, АТФ и ферменты.

Зрелые сперматозоиды несут отрицательный электрический заряд, что препятствует их агглютинации (в инфицированном эякуляте она возможна, что является причиной мужского бесплодия). Обнаружены факты, свидетельствующие о важной роли аутоаллергии в развитии бесплодия. Доказано, что сперматиды, и особенно сперматозоиды, являются антигенами для собственного организма, и при нарушении особого барьера между кровью и содержимым семенных канальцев развивается аутоиммунный процесс, приводящий к неподвижности и склеиванию сперматозоидов.

В организме женщин сперматозоиды сохраняют подвижность (в слизи шейки матки) 38-48 часов. При быстром замораживании в жидком азоте (-192°) сохраняют оплодотворительную способность длительное время (есть банки).

Губительно действуют на сперматозоиды формалин, фенол, соединения ртути, марганцовокислый калий, сульфаниламиды, многие антибиотики. Убивает сперматозоиды прямой солнечный и сильный искусственный свет. К воздействию ионизирующего излучения устойчивы, активности не теряют при дозах до 100000 рад (1000Гр), но ДНК при этом значительно мутирует.

Сперматогенез контролируется гипоталамо-гипофизарной системой. Кроме того, на продукцию сперматозоидов влияют гормоны надпочечников и щитовидных желёз, семенные пузырьки и предстательная железа. Нарушения сперматогенеза могут быть обусловлены генетическими, гормональными факторами, воспалительными заболеваниями, а также лучевыми поражениями. При выявлении причин нарушений сперматогенеза необходимы: общее соматическое исследование эякулята, а часто и биопсия семенников (яичника).

Таким образом, всё строение сперматозоида направлено на то, чтобы достичь яйцеклетки и ориентироваться определённым образом для успешного с ней слияния.

В отличие от образования сперматозоидов, образование яйцеклеток начинается в эмбриональном состоянии во время развития плода, клетки зачаткового эпителия многократно делятся митозом, образуя несколько тысяч крупных оогоний, но лишь 400-500 из них овулируют в течение жизни. Зона роста в оогенезе выражена значительно сильнее, нежели в сперматогенезе, так яйцеклетки

накапливают большой запас питательных веществ, увеличиваясь в размере во много раз. В организме девочек ооциты остаются в профазе первого мейотического деления до рождения (период покоя). С началом полового созревания начинается и выход ооцита – примерно раз в 28 дней. Это означает, что ооцит первого порядка может быть в стадии покоя 40-50 лет, и поэтому вероятность хромосомных аномалий под влиянием мутагенных факторов значительно увеличивается (в этом заключается опасность поздней беременности).

С наступлением половой зрелости, под воздействием лютеинизирующего гормона гипофиза и гормона яичника – эстрогена – процесс мейоза возобновляется. В результате двух мейозов образуется одна полноценная клетка – ооцида – и три полярных тельца. Последние вскоре погибают, смысл их образования в том, что они уносят лишнюю генетическую информацию, не захватывая с собой желток. Зона формирования в оогенезе практически отсутствует, и ооцида есть, в сущности, яйцеклетка (яйцо).

В процессе развития яйцеклетки проявляются некоторые специфические черты организации. Так выделяется кортикальный слой цитоплазмы, который располагается непосредственно под клеточной мембраной. В нём содержатся гранулы полисахаридной природы и некоторое количество пигмента. Функция кортикального слоя заключается в том, чтобы препятствовать проникновению сверхчисленных сперматозоидов в яйцо. Кроме того, кортикальный слой участвует в закономерном распределении веществ в цитоплазме яйцеклетки в ходе ооплазматической сегрегации. И, наконец, кортикальный слой определяет сагиттальную плоскость и полярность яйца, которые являются главными факторами упорядоченности развития. Процесс отложения желтка формирует в яйцеклетке два полюса: вегетативный и анимальный, ядро при этом смещается в область последнего. Специфическая организация проявляется и в том, что в различных участках цитоплазмы концентрируются различные вещества. Это достигается перемещением цитоплазмы – сегрегацией. Так, на анимальном полюсе увеличивается концентрация гликогена и РНК, а на экваторе яйца локализуется аскорбиновая кислота. Такое неслучайное перераспределение цитоплазмы сохраняется и в начальных стадиях эмбриогенеза между бластомерами.

У позвоночных животных, в том числе у человека, яйцеклетка имеет первичную оболочку, контактирующую непосредственно с плазматической мембраной. Она называется *zona pellucida* – «блестящая». В образовании первичной оболочки принимают участие фолликулярные клетки, окружающие ооцит, и сам ооцит. В процессе роста ооцита эта оболочка пронизывается микроворсинками со стороны цитоплазматической мембраны и отростками фолликулярных клеток, что увеличивает транспорт в клетку питательных веществ.

Упомянутые выше фолликулярные клетки, окружающие ооцит, образуют лучистый венец – *corona radiata*.

Ядро яйцеклетки человека имеет 22 аутосомы и одну половую хромосому Х. В цитоплазме её содержатся митохондрии, комплекс Гольджи, рибосомы, а также липидные включения, гранулы гликогена и желточные гранулы. В яйцеклетке имеется запас различных белков: гистонов, тубулинов, актина, РНК-полимераз и ДНК-полимераз.

У женщин во время каждого менструального цикла в корковом слое яичника имеется несколько растущих фолликулов, однако, овулирует, как правило,

одна яйцеклетка. После выхода из фолликула яйцеклетка захватывается бахромками маточной трубы и начинает продвигаться по яйцеводу в сторону матки.

Овуляция происходит каждые 21-30 дней. Биологическая надёжность процесса воспроизведения у человека обеспечивается огромным количеством ооцитов: к 20 неделе развития плода их 7000000, к препубертатному возрасту количество уменьшается до 300000, видимо, в результате биологического отбора. Процесс биологического отбора повторяется в каждом менструальном цикле, так как из 10-15 одновременно растущих фолликулов овулирует лишь один.

Необходимым условием развития нормальной яйцеклетки, способной дать начало новому организму, является сохранение в неизменном виде её генетического материала. Однако в процессе оогенеза возможны нарушения в структуре хромосом (хромосомные абберации) или изменения их числа – анеуплоидии. Многие исследователи связывают возникновение таких мутаций с биологическим возрастом женщины. Есть данные, что рождение больных детей с трисомией по 21ой хромосоме напрямую зависит от матери:

Возраст женщины	Доля больных детей
=25	1:3000
=35	1:290
=45	1:40

Причинами указанных мутаций могут быть неблагоприятные экологические условия, расстройства гормональных регуляций.

Нарушение овуляции может быть обусловлено дисфункцией гипоталамо-гипофизарно-яичниковой системы, а также воспалительными процессами гениталий, дисфункцией коры надпочечников или щитовидной железы. Отсутствие овуляции возможно при различных системных заболеваниях, опухолях гипофиза и гипоталамуса, стрессовых ситуациях. Ановуляция всегда приводит к бесплодию.

К восстановлению овуляции может привести избавление от основного заболевания, коррекция нарушений функции коры надпочечников, щитовидной железы. При нарушениях в системе гипоталамус-гипофиз-яичники производится лечение гормональными препаратами: эстрогенами и гонадотропинами.

Половые клетки по своим структурным показателям являются высоко специфическими клетками, не способными к пролиферации. Судьба клеток определена – либо они дают начало новой жизни, либо элиминируют.

Важнейшими этапами процесса оплодотворения являются:

- проникновение сперматозоида в яйцо;
- активизация в яйце синтетических процессов;
- слияние ядер гамет с восстановлением диплоидного набора хромосом.

У млекопитающих яйцеклетка сохраняет способность к оплодотворению в течение суток, сперматозоиды – несколько часов. Для успешного оплодотворения нужна определённая концентрация сперматозоидов в семенной жидкости (для человека это 200 млн. на 1 мл). Вероятность выделения гаметой особых веществ – гино- и андрогамонов – повышает вероятность их контакта. Непосредственный контакт сперматозоида и яйца вызывает в обеих клетках закономерные изменения, обуславливающие проникновение ядра и центриоли (про-

ксимальной) в цитоплазму яйцеклетки. Со стороны сперматозоида, при этом, протекает акросомная реакция, а со стороны яйцеклетки – кортикальная.

Сущность акросомной реакции заключается в том, что в момент контакта с яйцеклеткой происходит растворение плазматической мембраны сперматозоида и акросомы, мембрана последней образует вырост в виде трубки, вышедшие из акросомы ферменты лизируют участок яйцевой клетки. У млекопитающих, в том числе и у человека, сперматозоид преодолевает несколько рядов фолликулярных клеток, блестящую зону и цитоплазматическую мембрану. В области контакта акросомной и цитоплазматической мембран и образуется бугорок оплодотворения, после чего мембраны обеих гамет сливаются, содержимое клеток объединяется в одно целое.

После акросомной реакции со стороны яйцеклетки начинается кортикальная реакция, которая заключается в том, что микротрубочки и микрофиламенты кортикального слоя принимают упорядоченную пространственную организацию, в результате чего образуется специфическая структура – оболочка оплодотворения. Значение её очень велико, так как она препятствует проникновению уже ненужных более сперматозоидов, которые могут отрицательно повлиять на эмбриогенез. Кроме того, под оболочкой оплодотворения формируется перивителлиновое пространство, в которое изливается содержимое гранул кортикального слоя цитоплазмы, обеспечивающее специфическую среду, в которой протекает ранний эмбриогенез.

Процесс проникновения сперматозоида в яйцеклетку сопровождается усилением метаболической активности последней. Отмечается значительное потребление кислорода, начинается интенсивный синтез белков.

Ядро сперматозоида, продвигаясь к женскому, преобразуется в мужской пронуклеус, в котором хроматин из плотно упакованного становится рыхлым, ядерная оболочка растворяется. К этому моменту ооцит завершает второе деление созревания и происходит слияние пронуклеусов с образованием ядра зиготы – синкарион. Чаще всего, однако, происходит объединение отцовского и материнского хромосомных наборов путём образования метафазной пластинки, минуя фазу общего ядра.

В заключение, следует отметить, что проникновение сперматозоида в яйцо усиливает процесс ооплазматической сегрегации, которая обуславливает основные черты пространственной организации эмбриона – пролиферацию клеток, перемещение клеточных пластов, контактную индукцию, торможение, адгезию и т.д. Достаточно сказать, что включение генома мужской гаметы в геном женской стимулирует формирование между анимальным и вегетативным полюсами зоны серого серпа, определяющей плоскость двухсторонней симметрии. В дальнейшем материал серого серпа используется для построения дорсальной губы бластопора (или первичный узелок), который является первичным организатором закладки комплекса осевых органов зародыша (нервная трубка, хорда, сомиты).

2.9. Вопросы для самоконтроля

I. Формы размножения организмов:

- а) бесполое размножение и его формы;
- б) половое размножение и его формы.

II. Мейоз:

- а) биологическая сущность мейоза;
- б) фазы мейоза. Отличие интеркинеза от интерфазы;
- в) отличие мейоза от митоза.

III. Гаметогенез:

- а) гаметогенез и его виды;
- б) сперматогенез и его характеристика;
- в) овогенез и его особенности;
- г) отличия сперматогенеза от овогенеза.

IV. Строение половых клеток:

- а) строение сперматозоидов. Полиморфизм;
- б) типы яйцеклеток;
- в) строение яйцеклеток млекопитающих;
- г) основные отличия соматических и половых клеток.

V. Оплодотворение:

- а) фазы оплодотворения;
- б) биологическое значение оплодотворения;
- в) единство процессов гаметогенеза и оплодотворения.

2.10. Тестовый контроль

Вариант 1.

I. Перечислите особенности сперматогенеза и овогенеза у человека:

- 1. сперматогенез а) включает 4 периода
- 2. овогенез б) начинается в эмбриогенезе
- в) начинается при половом созревании
- г) включает 3 периода
- д) из одной исходной клетки образуется 4 гаметы
- ж) из одной исходной клетки образуется 1 гамета.

II. Укажите последовательность стадий профазы мейоза I:

- а) зиготена
- б) диакинез
- в) диплотена
- г) лептотена
- д) пахитена
- е) диктиотена

III. Выберите, при каком условии верно утверждение: «половое размножение более прогрессивное, потому что...»:

- а) оно обеспечивает большую численность потомков, чем бесполое
- б) при половом размножении сохраняется генетическая стабильность вида
- в) при половом размножении появляется большее разнообразие генотипических вариантов

IV. Определите, верно ли утверждение, что у человека есть партеногенез:

- а) да
- б) нет

Вариант 2.

I. Укажите особенности строения половых клеток человека – сперматозоидов и яйцеклеток:

- | | |
|------------------|-----------------------------|
| 1. сперматозоиды | а) крупные размеры |
| 2. яйцеклетки | б) большой объем цитоплазмы |
| | в) гаплоидное ядро |
| | г) малый объем цитоплазмы |
| | д) наличие хвоста |
| | е) малые размеры |
| | ж) наличие акросомы |
| | к) запас желтка |

II. Какой хромосомный комплекс будет на полюсах клетки в анафазу мейоза I?

- а) 2п 2хр 4С ДНК
- б) 1п 1хр 1С ДНК
- в) 2п 1хр 2С ДНК
- г) 1п 2хр 2С ДНК
- д) 4п 1хр 4С ДНК

III. Выберите, какие структуры сперматозоида входят в яйцеклетку при оплодотворении:

- а) акросома
- б) ядро
- в) митохондрия
- г) проксимальная центриоль
- д) хвостик
- е) дистальная центриоль
- ж) клеточная мембрана

IV. Определите, верно ли утверждение, что в интеркинезе (период между мейозом I и мейозом II) происходит удвоение ДНК:

- а) да
- б) нет

Вариант 3

I. Какие гонадотропные гормоны образуются в гипофизе и стимулируют овогенез?

- а) прогестерон
- б) лютеотропный гормон
- в) эстроген
- г) лютеинизирующий гормон
- д) трийодтиронин
- е) фолликулостимулирующий гормон

II. Укажите, какие клетки образуются в каждый период сперматогенеза:

Период:	клеточные элементы:
1. роста	а) сперматозоид
2. созревания	б) сперматоцит I порядка
3. формирования	в) сперматогония
4. размножения	г) сперматоцит II порядка
	д) сперматиды

III. В каком из периодов образуется Z-ДНК?

- а) диплотене
- б) анафазе
- в) пахитене
- г) зиготене
- д) лептотене
- е) метафазе
- ж) диакинезе
- з) телофазе

IV. Определите, верно ли утверждение, что при акросомной реакции образуется оболочка оплодотворения:

- а) да
- б) нет

Вариант 4

I. Какой процесс отсутствует в мейозе по сравнению с митозом?

- а) удвоение ДНК
- б) расхождение хромосом к полюсам клетки
- в) конъюгация
- г) образование диплоидной клетки
- д) кроссинговер

II. Подберите соответствующие ответы:

Процессы:	периоды
1. образование бивалентов	а) лептотена
2. образование хромомер на хромосомах	б) пахитена
3. образование "ламповых щеток"	в) диктиотена
	г) диплотена

4. кроссинговер
5. появление хиазм
6. хромосомы приобретают вид колец, крестов, уменьшается число хиазм
- д) зиготена
ж) диакинез

III. Какой уровень обмена веществ характерен для половых клеток?

- а) высокий
б) низкий
в) средний
г) анабиоз

IV. Определите, верно ли утверждение, что для оплодотворения у человека концентрация сперматозоидов должна быть не менее 60 млн. в 1 мл семенной жидкости.

- а) да
б) нет

Вариант 5.

I. Выберите соответствующие ответы (пары):

- | Процессы | периоды: |
|---|-----------------|
| 1. приобретение гаметами морфологических особенностей | а) созревания |
| 2. последовательные митотические деления | б) роста |
| 3. два мейотических деления | в) размножения |
| 4. приостановка размножения митозом | г) формирования |

II. Какой хромосомный комплекс будет на полюсах клетки в анафазу мейоза II?

- а) 2п 2хр 4С ДНК
б) 1п 1хр 1С ДНК
в) 2п 1хр 2С ДНК
г) 1п 2хр 2С ДНК
д) 4п 1хр 4С ДНК

III. Укажите последовательность процессов, происходящих при оплодотворении:

- а) образование синкариона
б) кортикальная реакция
в) направленное движение сперматозоида к яйцеклетке
г) акросомная реакция
д) окончание яйцеклеткой мейоза II

IV. Определите, верно ли утверждение, что монозиготные близнецы - результат бесполого размножения:

- а) да
б) нет

Вариант 6.

I. Из какого органоида образуется акросома сперматозоида?

- а) рибосома
- б) митохондрия
- в) лизосома
- г) ЭПС
- д) комплекс Гольджи
- е) центриоль

II. Укажите основные отличия половых и соматических клеток.

- | | |
|------------------------|--|
| 1. половые клетки | а) гаплоидные |
| 2. соматические клетки | б) деление митозом |
| | в) диплоидные |
| | г) дифференцировка стимулируется митозом |
| | д) деление мейозом |

III. В чем биологический смысл кроссинговера?

- а) уменьшение числа хромосом
- б) образование бивалентов
- в) образование Z-ДНК
- г) увеличение числа хромосом
- д) рекомбинация генетической информации

IV. Определите, верно ли утверждение, что для человека характерно внутреннее оплодотворение по типу полиспермии:

- а) да
- б) нет

Вариант 7

I. Укажите последовательность периодов сперматогенеза:

- а) созревание
- б) рост
- в) формирование
- г) размножение

II. Какой хромосомный комплекс будут содержать зрелые половые клетки?

- а) 2п 2хр 4С ДНК
- б) 1п 1хр 1С ДНК
- в) 2п 1хр 2С ДНК
- г) 1п 2хр 2С ДНК
- д) 4п 1хр 4С ДНК

III. Подберите соответствующие ответы.

К какому типу относятся яйцеклетки:

- | | |
|---------------|-----------------------------|
| 1. человека | а) умеренно телолецитальные |
| 2. птиц | б) центролецитальные |
| 3. амфибий | в) алецитальные |
| 4. насекомых | г) резко телолецитальные |
| 5. ланцетника | д) изолецитальные |

IV. Определите, верно ли утверждение, что при оплодотворении у человека происходит разрушение лучистого венца яйцеклетки:

- а) да
- б) нет

Вариант 8

I. Укажите основные формы полового и бесполого размножения:

- | | |
|-------------------------|----------------------------------|
| 1. половое размножение | а) множественное деление |
| 2. бесполое размножение | б) партеногенез |
| | в) простое деление |
| | г) фрагментация |
| | д) вегетативное деление |
| | е) почкование |
| | ж) спорообразование |
| | з) размножение с оплодотворением |

II. Какой хромосомный комплекс имеют:

- | | |
|-----------------------|-------------------|
| 1. сперматогонии | а) 1п 2хр 2с ДНК |
| 2. овоцит I порядка | б) 2п 2хр 4с ДНК |
| 3. сперматиды | в) 1п 1хр 1с ДНК |
| 4. овоцит II порядка | г) 2п 1хр 2с ДНК |
| 5. яйцеклетка | д) 4п 1 хр 4с ДНК |
| 6. полоцит II порядка | |

III. В какой зоне гаметогенеза происходит мейоз?

- а) зоне созревания
- б) зоне роста
- в) зоне формирования
- г) зоне размножения

IV. Определите, верно ли утверждение, что в акросоме сперматозоида содержится эстроген:

- а) да
- б) нет

Вариант 9.

1. Из чего развиваются структуры сперматозоида?

Структуры:

1. акросомная система
2. кольцевая структура шейки (манжетка)
3. осевая нить хвоста

Источники развития:

- а) передняя часть дистальной центриоли
- б) задняя часть центриоли
- в) пластинчатый комплекс

II. В какой стадии мейоза I проходит кроссинговер?

- а) пахитены
- б) зиготены
- в) диплотены
- г) лептотены
- д) диакинеза

III. Верно ли утверждение, что слои фолликулярных клеток вокруг яйцеклетки человека являются вторичной оболочкой:

- а) да
- б) нет

IV. Какой тип деления характерен для предшественников половых клеток?

- A) митоз
- Б) мейоз
- B) амитоз
- Г) шизогония

Глава III

Индивидуальное развитие организмов.

3.1. Доэмбриональный онтогенез человека.

Индивидуальное развитие организмов – онтогенез – последовательное развитие каждой особи, в основе которого лежит реализация генетической информации на всех стадиях существования в определённых условиях среды. Онтогенез подразделяется на 3 периода: прогенез (доэмбриональный), эмбриональный, постэмбриональный.

Прогенез – процесс образования гамет, которые в отличие от соматических клеток являются гаплоидными и содержат разнородную генетическую информацию. Сперматозоиды человека образуются в течение всего активного полового периода и в больших количествах. Продолжительность развития зрелых сперматозоидов из родоначальных клеток – сперматогоний – составляет около 72 дней. Сформированный сперматозоид имеет длину около 70 мкм. В ядре сперматозоида человека содержится 23 хромосомы, одна из которых является половой (X и Y), остальные – аутосомами. Среди сперматозоидов 50% содержат X-хромосому и 50% – Y-хромосому. Показано, что масса X-хромосомы больше массы Y-хромосомы, поэтому сперматозоиды, содержащие X-хромосому, менее подвижны, чем содержащие Y-хромосому.

У человека объём эякулята в норме составляет около 3 мл; в нём содержится в среднем 350 млн. сперматозоидов. Для обеспечения оплодотворения общее количество сперматозоидов в сперме должно быть не менее 150 млн., а концентрация их в 1 мл – не менее 60 млн. В половых путях женщины после копуляции их число уменьшается по направлению к дистальному концу маточной трубы. Благодаря высокой подвижности сперматозоиды при оптимальных условиях могут через 30 мин – 1 час достигать полости матки, а через 1,5 – 2 часа находиться в дистальной части маточной трубы, где происходит встреча с яйцеклеткой и оплодотворение. Сперматозоиды сохраняют оплодотворяющую способность до 2 суток.

Образование женских половых клеток (овогенез) совершается в яичниках циклически, при этом в течение овариального цикла каждые 24-28 дней образуется, как правило, один овоцит I порядка. Вышедший из яичника при овуляции овоцит I порядка имеет диаметр около 130 мкм и окружён плотной блестящей зоной, или мембраной, и венцом фолликулярных клеток, число которых достигает 3-4 тыс. Он подхватывается бахромками маточной трубы (яйцевода) и продвигается по ней. Здесь и заканчивается созревание половой клетки. При этом в результате второго деления созревания образуется овотида (яйцеклетка), которая утрачивает центриоли и тем самым способность к делению. В ядре яйцеклетки человека содержится 23 хромосомы, одна из них является половой X-хромосомой.

Яйцеклетка женщины (как и вообще млекопитающих животных) вторично изолецитального типа, содержит небольшое количество желточных зёрен, более или менее равномерно расположенных в ооплазме. Свой резерв питательных веществ яйцеклетка человека обычно расходует в течение 12 – 24 ч после

овуляции, а затем погибает, если не будет оплодотворена. Оптимальные условия для взаимодействия сперматозоидов с яйцеклеткой обычно создаются в пределах 12 ч после овуляции. При осеменении многочисленные спермии приближаются к яйцеклетке и вступают в контакт с ее оболочкой. Яйцеклетка начинает совершать вращательные движения вокруг своей оси со скоростью 4 вращения в минуту. Эти движения обусловлены влиянием биения жгутиков сперматозоидов и продолжаются около 12 ч. В процессе взаимодействия мужской и женской половых клеток в них происходит ряд изменений. Для сперматозоидов характерны явления капацитации и акросомальная реакция. Капацитация представляет собой процесс активации спермиев, который происходит в яйцевом под влиянием слизистого секрета его железистых клеток. В механизмах капацитации большое значение принадлежит гормональным факторам, прежде всего прогестерону (гормон желтого тела), активизирующему секрецию железистых клеток яйцеводов. После капацитации следует акросомальная реакция, при которой происходит выделение из сперматозоидов ферментов гиалуронидазы и трипсина, играющих важную роль в процессе оплодотворения. Гиалуронидаза расщепляет гиалуроновую кислоту, содержащуюся в блестящей зоне. Трипсин расщепляет белки цитолеммы яйцеклетки и клеток лучистого венца. В результате происходят диссоциация и удаление клеток лучистого венца, окружающих яйцеклетку, и растворение блестящей зоны. В яйцеклетке цитолемма в области прикрепления сперматозоида образует приподнимающийся бугорок, куда входит один сперматозоид, при этом за счет кортикальной реакции образуется плотная оболочка – оболочка оплодотворения, препятствующая вхождению других спермиев и явлению полиспермии. Ядра женской и мужской половых клеток превращаются в пронуклеусы, сближаются, наступает стадия синкариона и образуется зигота с диплоидным набором хромосом. Масса ДНК в зиготе меньше, чем в соматической клетке, в два раза. Поэтому, для начала эмбриогенеза требуется синтез ДНК (что и происходит), и хромосомы становятся двухроматидными.

3.2. Эмбриональный онтогенез

За процессом оплодотворения следует эмбриональный период. Это период, включающий развитие от зиготы до формирования плода. Начальный этап эмбрионального онтогенеза носит название дробления. Суть этой стадии заключается в повторяющихся митотических делениях клеток зародыша, при которых происходит точное распределение генетической информации, затем следует удвоение ДНК без роста дочерних клеток. В результате такого деления клетки, называемые бластомерами, уменьшаются в размере, и общий объем тела зародыша не изменяется, он становится многоклеточным. Биологический и генетический смысл дробления заключается в том, что в результате повторяющихся циклов редупликации разделения ДНК происходит размножение генотипа.

Дробление зародыша человека начинается к концу 1-х суток и продолжается в течение 3—4 суток после оплодотворения, по мере продвижения зародыша по яйцеводу к матке. Движение зародыша обеспечивается перистальтическими сокращениями мускулатуры яйцевода, мерцанием ресничек его эпителия, а также перемещением секрета желез маточной трубы. Питание зародыша осуществляется за счет небольших запасов желтка в яйцеклетке и, возможно,

содержимого маточной трубы. Дробление зиготы человека полное неравномерное асинхронное. В течение первых суток оно происходит медленно. Первое деление завершается через 30 ч; при этом борозда дробления проходит по меридиану и образуется два бластомера. За стадией двух бластомеров следует стадия трех бластомеров. Через 40 ч образуются 4 клетки.

С первых же делений формируются два вида бластомеров «тёмные» и «светлые». «Светлые» бластомеры дробятся быстрее и располагаются одним слоем вокруг «тёмных», которые оказываются в середине зародыша. Из поверхностных «светлых» бластомеров в дальнейшем возникает трофобласт, связывающий зародыш с материнским организмом и обеспечивающий его питание. Внутренние, «тёмные» бластомеры, формируют эмбриобласт – из него образуются тело зародыша и все остальные внезародышевые органы. Начиная с трех суток дробление идет быстрее, и на 4-е сутки зародыш состоит из 7-12 бластомеров. Уже через 50–60 ч образуется морула, а на 3-4-е сутки начинается формирование бластоцисты — полого пузырька, заполненного жидкостью.

Бластоциста в течение 3 суток находится в яйцевом, через 4–4,5 суток она состоит из 58 клеток, имеет хорошо развитый трофобласт и расположенную внутри клеточную массу эмбриобласта. Через 5–5,5 суток бластоциста попадает в матку. К этому времени она увеличивается в размерах благодаря росту числа бластомеров до 107 клеток и объема жидкости вследствие усиленного всасывания трофобластом секрета маточных желез, а также активной выработке жидкости самим трофобластом.

Бластоциста покрыта оболочкой оплодотворения. В трофобласте увеличивается количество лизосом, в которых накапливаются ферменты, обеспечивающие разрушение (лизис) тканей матки и тем самым способствующие внедрению зародыша в толщу слизистой оболочки матки. Появляющиеся в трофобласте выросты разрушают оболочку оплодотворения и начинается подготовка к первой фазе гастрюляции. Гастрюляция – это фаза, при которой происходит распределение клеточного материала на три зародышевых листка. Параллельно происходит имплантация зародыша. Внедрение зародыша в стенку матки начинается с 7-х суток после оплодотворения и продолжается около 40 ч. При имплантации зародыш полностью погружается в ткани слизистой оболочки матки. Различаются две стадии имплантации: адгезия (прилипание) и инвазия (проникновение). В первой стадии трофобласт прикрепляется к слизистой оболочке матки. Во время второй стадии трофобласт, продуцируя протеолитические ферменты, разрушает слизистую оболочку матки. При этом формируются ворсинки трофобласта, внедряясь в матку, последовательно разрушают ее эпителий, затем подлежащую соединительную ткань и стенки сосудов, и трофобласт вступает в непосредственный контакт с кровью материнских сосудов. Образуется имплантационная ямка, в которой вокруг зародыша появляются участки кровоизлияний. Трофобласт вначале (первые 2 недели) потребляет продукты распада материнских тканей (гистиотрофный тип питания), затем питание зародыша осуществляется непосредственно из материнской крови (гематотрофный тип питания). Из крови матери зародыш получает не только все питательные вещества, но и кислород, необходимый для дыхания.

Период имплантации является первым критическим периодом развития зародыша. Гематотрофный тип питания, сменяющий гистиотрофный, сопровож-

дается переходом к качественно новому этапу эмбриогенеза – ко второй фазе гастрюляции и закладке внезародышевых органов.

Гастрюляция у человека осуществляется в две фазы. Первая фаза предшествует имплантации или идет в процессе нее, т. е. совершается на 7-е сутки, а вторая фаза начинается только на 14— 15-е сутки. В период между этими фазами активно формируются внезародышевые органы, обеспечивающие необходимые условия для развития зародыша.

Первая фаза гастрюляции происходит путем деляминации, при этом клетки эмбриобласта расщепляются на два листка: наружный – эпибласт (включает материал эктодермы, нервной пластинки, мезодермы и хорды), обращенный к трофобласту, и внутренний – гипобласт (включает материал зародышевой и внезародышевой энтодермы), обращенный в полость бластоцисты. На 7-е сутки развития обнаруживаются клетки, которые располагаются в полости бластоцисты и формируют внезародышевую мезодерму (мезенхиму). К 11-м суткам она заполняет полость бластоцисты. Мезенхима подрастает к трофобласту и внедряется в него, при этом формируется хорион – ворсинчатая оболочка зародыша. Таким образом, 1 фаза гастрюляции заканчивается образованием зародышевых листков и внезародышевых оболочек – хориона, амниона.

Зародышевые листки – это динамичные скопления клеток, характеризующиеся определенным пространственным взаиморасположением, что в дальнейшем приводит к развитию органов и систем органов. Выделяют четыре основных способа гастрюляции, но чаще всего встречается комбинация их. Этими способами являются инвагинация, деляминация, эпиболия и иммиграция.

Вторая фаза гастрюляции продолжается до 17 суток развития и заканчивается закладкой зачатков осевых органов – нервной трубки, хорды, пищеварительной трубки.

Закладки будущих органов возникают благодаря закономерному распределению клеточного материала. Исследования показали, что на этом этапе развития синтезируются специфические белки, направляющие клеточную дифференцировку.

В течение 3-6-й недели эмбриогенеза осуществляется процесс **плацентации** – образование плаценты из хориона. Процесс плацентации совпадает с периодом формирования зачатков органов. Этот период является вторым критическим в эмбриогенезе человека, так как различные патогенные воздействия в это время наиболее часто могут вызвать нарушения.

Плацента – внезародышевый, временный орган с многообразными функциями, обеспечивающий связь плода с материнским организмом. Плацента выполняет трофическую, экскреторную (для плода), эндокринную (вырабатывает хориальный гонадотропин, прогестерон, плацентарный лактоген, эстрогены и др.), защитную (включая иммунологическую защиту). Однако через плаценту (через гематоплацентарный барьер) из крови матери в кровь плода легко проникают алкоголь, наркотические и лекарственные вещества, никотин, а также многие гормоны.

Процесс формирования систем органов в эмбриональном развитии называется **органогенезом**. В ходе воссоздания структуры органа принимает участие комплекс клеток, тканей и неклеточных элементов. Стадию органогенеза можно разделить на две фазы:

1. нейруляция – образование нервной трубки и хорды.

2. фаза построения остальных органов, формирование черт внутренней и внешней организации.

Отличительной чертой первой фазы является то, что в формирование ЦНС вовлекается весь зародыш. Материалом для развития нервной системы служит пласт клеток эктодермы над зачатком хорды. Вначале образуется нервная пластинка, края которой образуют валики. В средней части пластинки образуется нервный желобок, края пластинки смыкаются с образованием нервной трубки с полостью – невроцелем. Передний отдел нервной трубки у позвоночных образует стадию трех, затем 5-ти пузырей и, соответственно, пяти отделов головного мозга. Часть нервной трубки развивается в спинной мозг. Часть нейроэктодермы, не вошедшая в состав нервной трубки, образует нервные клетки спинномозговых и симпатических нервных узлов, клетки мозгового вещества надпочечников, пигментные клетки эпидермиса кожи, волос, хрящевые и костные клетки. Формирование хорды идет из стенки первичной кишки – зачатка энто- и мезодермы. По бокам от хорды формируется еще один компонент осевого комплекса – сомиты (из мезодермы).

Развитие отдельных органов включает прогрессивное изменение их формы, состава тканей, структурно-химические преобразования клеток и закономерную смену биохимических и физиологических характеристик.

Обобщая, можно отметить, что из материала наружного зародышевого листка развивается эпидермис кожи и его производные (кожные, молочные железы), компоненты органов зрения, слуха, обоняния, эмаль зубов.

Из энтодермы формируется эпителий желудка и кишечника, клетки пищеварительных желез, (печени, поджелудочной, гипофиза, щитовидной и т.д.).

Клеточный материал сомитов (мезодерма) распределяется между несколькими:

- дерматом, образующий соединительную ткань дермы,
- склеротом, дающий скелетные структуры,
- нефрогонотом – зачаток органов мочевого выделения и половой системы.
- мезенхима (мезодерма + эктодерма), формирующая все виды соединительной ткани, гладкую мускулатуру, кровеносную и лимфатическую системы.

Следует отметить, что данная классификация является условной, ибо в построении любого органа принимают участие производные нескольких зародышевых листков, но с преимуществом какого-то одного.

В эмбриональном развитии позвоночных большую роль играют провизорные органы (амнион, хорион), которые функционируют у зародыша и отсутствуют во взрослом состоянии. Зародыш развивается в водной среде, ближайшая оболочка, примыкающая к нему, – амниотическая, следующая – хорион.

Процесс, в результате которого однородный клеточный материал зародыша в ходе эмбрионального онтогенеза преобразуется в устойчивые структуры, разнородные по морфологии, биохимическим показателям и функциям, называется **дифференцировкой**. Конечный результат дифференцировки предопределен: так из определенных зачатков мезодермы развиваются строго детерминированные структуры.

Процесс внутриутробного развития зародыша человека продолжается в среднем 280 суток (10 лунных месяцев). Эмбриональное развитие человека можно разделить на три периода: начальный (1-я неделя развития), зародышевый (2—8-я неделя развития), плодный (с 9-й недели развития до рождения ре-

бенка). К концу зародышевого периода заканчивается закладка основных эмбриональных зачатков тканей и органов, и зародыш приобретает основные черты, характерные для человека. К 9-й неделе развития (начало 3-го месяца) длина зародыша составляет 40 мм, а масса около 5г.

Краткая хронология эмбрионального развития человека следующая:

- в течение 3-х суток перемещение по яйцеводу и одновременно дробление;
- на 4-е сутки образуется бластоциста;
- на 7-е сутки происходит имплантация в слизистую матки;
- на 14-е сутки формируется плацента;
- на 16-е сутки формируется зародышевая мезодерма;
- на 16-21-е сутки – нервная пластинка, а затем нервная трубка с пузырями, сегментация мезодермы на сомиты (их 10), длина зародыша 2 мм, выявляются зачатки сердца, щитовидной железы, пупочных сосудов;
- между 21-32 сут. длина зародыша 3,5 мм, 25 сомитов, сердце сокращается, устанавливается односторонний ток крови, зачатки рук, ног. К концу этого срока длина зародыша составляет 7,5 мм.;
- 6-недельный зародыш имеет 5 первичных отделов мозга, формируется пищеварительный тракт, дифференцируются гонады;
- до конца 8-ой недели зародыш характеризуется интенсивным ростом и дифференцировкой органов. Масса его 5 г., длина 40 мм, обособляется шея, голова становится круглой, возникают зачатки наружного уха и носа. Глаза с латеральных поверхностей смещаются вперед, появляются веки, хвост редуцируется. К концу 8-ой недели завершается зародышевый период развития. Все основные системы органов дифференцированы, после чего начинается плодный период, завершающийся родами.

3.3. Постэмбриональный онтогенез

Постэмбриональный (постнатальный) период характеризуется интенсивным ростом органов, установлением окончательных пропорций тела и переходом функций систем органов на режим взрослого организма. Особенно важным в этот период является процесс полового созревания. Он сопряжен с включением в работу большого количества генов, детерминирующих выработку половых гормонов.

Совокупность признаков, по которым один пол отличается от другого, называется половым диморфизмом. Прежде всего, сюда относятся первичные половые признаки – наличие гонад мужского или женского типа.

Ко времени полового созревания гипофиз начинает выделять гонадотропный гормон, стимулирующий развитие семенников и яичников, которые вырабатывают половые гормоны, обуславливающие развитие вторичных половых признаков. Половой диморфизм на этом этапе представляет собой совокупность фенотипических проявлений, по которым один пол отличается от другого. Рост, массивность костей скелета, объем мускулатуры, величина черепа у мужчин больше, чем у женщин. При одинаковом корпусе длина ног у женщин меньше, а ширина таза больше. К признакам полового диморфизма относятся наличие молочных желез у женщин, у мужчин вторичное оволосение. В одном и том же объеме крови у мужчин больше эритроцитов и, соответственно, гемоглобина. Следует отметить, что кроме гормонов гипофиза и половых желез, на

формирование вторичных половых признаков влияют гормоны надпочечников – андрогены и эстрогены. Андрогены стимулируют рост и развитие мужских половых признаков (первичных и вторичных), эстрогены усиливают развитие первичных и вторичных признаков по женскому типу.

Гиперпродукция андрогенов во время внутриутробного развития приводит к гермафродитизму у плодов женского пола, а у рожденных девочек – к недоразвитию внутренних половых органов, у женщин вызывает рост волос по мужскому типу (на лице, груди и т.д.). Гиперпродукция андрогенов у мальчиков ведет к раннему половому созреванию. Для коррекции данных отклонений в медицине широко используется гормонотерапия.

Постэмбриональный период включает в себя всю жизнь человека от рождения до смерти и подразделяется следующим образом:

- новорождённый (первый месяц после рождения);
- грудной (до 12 месяцев);
- ясельный (1-3 года);
- дошкольный (3-7 лет);
- школьный: детский, подростковый и юношеский (до 17 лет);
- зрелость (до 60 лет);
- пожилой возраст (до 74 лет);
- старость (до 90 лет);
- долгожители (свыше 90 лет).

3.4. Критические периоды онтогенеза человека

В онтогенезе человека можно выделить несколько критических периодов развития: в прогенезе, эмбриогенезе и постнатальной жизни. К ним относятся: 1) развитие половых клеток – овогенез и сперматогенез; 2) оплодотворение; 3) имплантация (7-8-е сутки эмбриогенеза); 4) развитие осевых зачатков органов и формирование плаценты (3 8-я неделя развития); 5) стадия усиленного роста головного мозга (15-20-я неделя); 6) формирование основных функциональных систем организма к дифференцировка полового аппарата (20-24-я неделя); 7) рождение; 8) половое созревание (11 - 16 лет).

Группу факторов, которая приводит к развитию грубых аномалий в критические периоды эмбриогенеза, называют тератогенами, а науку, изучающую эти аномалии, тератологией. Тератогенными факторами, нарушающими пренатальное развитие, являются физические (радиация, рентген-лучи, гипо- и гипероксия, гипотермия), химические (этиловый спирт, наркотики, моющие средства, ряд лекарственных препаратов) и биологические (инфекционные болезни: краснуха, корь, сифилис и т.д.). Тератогены, действующие в период с момента оплодотворения яйцеклетки до завершения основных процессов органогенеза, приводят к грубым аномалиям развития. Гибель зародышей в этот период развития достигает 70%, из каждых 10 зачатий 7 заканчиваются гибелью. Большинство зародышей гибнет в первые дни своего существования. В качестве основной причины выделяют патологии первых дроблений зиготы. Аномалии развития, возникающие в плодный период (9-я неделя – роды), приводят к нарушению становления систем и органов. Плод, как правило, не погибает, но у него возникают пороки развития, которые приводят к появлению уродств. Например, если женщина заболела краснухой, гриппом, оспой, паротитом между 3-9-й

неделями беременности, то риск поражения плода такими заболеваниями, как порок сердца (6-7-я недели беременности), катаракта (3-5-я недели) и глухота (8-9-я недели) особенно высок. До и после этого срока перечисленные заболевания не вызывают пороков развития плода. Тератогенным действием обладает ионизирующее облучение, его влияние особенно сильно между 2-8 неделями эмбриогенеза. Если в это время зародыш получил дозу больше 25 рад, рекомендуется беременность прервать. Случайное возникновение пороков развития может быть вызвано воздействием химических, в том числе медикаментозных, препаратов на плод. Известно, что один и тот же тератоген при воздействии на разных стадиях развития может вызвать различные аномалии. Одна и та же аномалия может быть следствием действия разных тератогенов.

В последние годы был обнаружен новый тератоген – 13-цис-ретиноевая кислота (аналог витамина А). Этот препарат широко использовался в медицинской практике для лечения угрей. Ранее было показано, что аналоги витамина А могут оказывать вредное действие на беременных самок животных, и поэтому этикетка на препарате предупреждала, что им не должны пользоваться беременные женщины. Однако некоторые женщины пользовались им во время беременности и сохранили беременность. Некоторые из родившихся детей имели множественные пороки развития: аномалии ЦНС, расщеплённое нёбо и др.

Другим известным тератогеном является талидомид (транквилизатор, который широко рекламировали, как успокоительное средство), который индуцирует появление очень редко встречающегося уродства – фокомелии – отсутствие или недоразвитие конечностей. В интересах здоровья ребёнка следует проявлять крайнюю осторожность и, по возможности, вообще воздерживаться от приёма лекарственных препаратов, особенно в первом триместре беременности. Пороки развития не наследуются. Риск повторного рождения больного ребёнка с аналогичным пороком предельно мал.

По данным ВОЗ, пороки развития имеют место у 1-2% людей. Некоторые из них особенно часты. Например, дивертикул подвздошной кишки и удвоение мочеточников обнаруживаются у 4% новорожденных. Пороки развития заключаются в отсутствии органа или его части (аплазия), недоразвитии органа (гипоплазия), уменьшении массы тела (гипотрофия), непропорциональном увеличении массы органа (гипертрофия), увеличении длины тела (гигантизм), нетипичной локализации органа (эктопия), нарушении дифференцировки тканей (гетероплазия), сужении (стеноз) или отсутствии (атрезия) канала или отверстия.

В основе пороков генетической природы лежат мутационные изменения наследственного материала. Экзогенные пороки возникают в связи с действием на зародыш повреждающих внешних факторов. Некоторые из таких пороков являются фенотипами определенных генетических пороков, например, у беременных женщин-носителей токсоплазмоза могут родиться дети с фенотипом синдрома Дауна.

Непосредственной мишенью действия неблагоприятных факторов могут быть половые клетки (гаметопатия), а также зародыш на разных стадиях эмбриогенеза (эмбриопатии).

Характерной особенностью нарушений зародышевого развития служит их однотипность, объясняющаяся общностью молекулярных основ нарушения дифференцировки, гистогенеза и органогенеза.

3.5. Биологические и социальные аспекты онтогенеза человека

3.5.1. Рост и конституция человека

В обобщённом виде рост можно представить как постепенное повышение количества клеток, массы и размеров организма, в результате чего происходят изменения формы, образование новых структур, дифференциация клеток, тканей и органов, биохимические изменения в клетках и тканях. Между ростом и развитием существует диалектическое единство. Рост является результатом количественных изменений в виде увеличения размеров и количества клеток, и качественных в виде дифференциации клеток. Качественные изменения, наступающие в клетках, дают начало тканям и органам. Дифференциация клеток – это процесс, благодаря которому одни клетки становятся морфологически, биохимически и функционально отличными от других. Рост и дифференциация обуславливают развитие организма. Дифференцирующиеся клетки изменяют свою форму, а поскольку в изменения формы вовлекаются группы клеток, то это сопровождается изменениями организма, т.е. морфогенезом. Единство двух процессов – роста и дифференцировки, – в конце концов, приводит к тому, что организм достигает зрелости, и рост прекращается. Рост выражается увеличением длины и массы тела. Процесс роста протекает неравномерно, периоды быстрого роста сменяются периодами его замедления. Самый интенсивный рост на 1 году жизни, когда длина тела ребенка увеличивается в среднем на 23 - 25 см. На 2-м году жизни темп роста замедляется (10-11 см.), на 3-м – 8 см., от 4 и 7 лет – 5-7 см. В младшем школьном возрасте до 4 - 5 см. в год. С 11-12 лет у девочек и с 13-14 лет у мальчиков наблюдается последняя «вспышка» роста (7-8 см. в год). Отмечается соответствующая закономерность в нарастании массы тела. К 5 месяцам она удваивается, к 1 году – увеличивается в 3 раза. После 2-х лет темп нарастания массы тела замедляется.

До 10 лет темп роста и нарастание массы у мальчиков и девочек не отличаются. С 11-12 лет у девочек он ускоряется, после 15 лет мальчики опережают девочек по этим показателям, и это превышение величины роста и массы тела сохраняется и в дальнейшем.

Процесс роста у человека и животных зависит от влияния многих факторов как эндогенного, так и экзогенного характера.

Рост – количественный признак, который имеет полигенный характер наследования. Для нормального роста и развития организм нуждается в полноценном (по качеству и по количеству) питании. Пища должна включать все необходимые аминокислоты. Недостаток каких-либо незаменимых аминокислот вызывает прекращение роста, нарушение развития и гибель организма.

Важная роль принадлежит витаминам, особенно ретинолу (витамин А), кальцеферолам (Д), витаминам группы В.

Для нормального роста необходимы также минеральные соли и микроэлементы. Существенное влияние на рост и развитие организма оказывают такие факторы среды, как кислород, температура и свет.

Роль света для растущих организмов сказывается в том, что с ним связан синтез кальцеферолов (витамин Д), поэтому свет можно считать важным фактором роста и развития.

Гормональная регуляция роста. Из передней доли гипофиза был выделен гормон, стимулирующий рост – гормон роста, или соматический гормон.

У человека может наблюдаться как повышение, так и понижение функции передней доли гипофиза. При пониженной функции в детском возрасте развивается гипофизарная карликовость (нанизм). При нанизме рост замедляется, но части тела сохраняют нормальную пропорцию.

Пониженная гормональная активность передней доли гипофиза приводит к половому недоразвитию вследствие нарушения образования гормона роста и половых гормонов. Отсюда, у таких карликов детские черты лица, недоразвитие вторичных половых признаков.

Повышение функции передней доли гипофиза сопровождается увеличением роста, приводящим к гигантизму (у мужчин более 200 см.). Обычно прекращение секреции соматотропного гормона совпадает с половым созреванием. Если этот гормон выделяется в зрелом возрасте, то происходит патологический рост отдельных органов. При этом заболевании наблюдается разрастание костей кисти, стопы и лица (акромегалия). Для оптимального действия соматотропного гормона в тканях необходимо присутствие гормонов щитовидной железы. Эти гормоны резко усиливают окислительные процессы, идущие в митохондриях, что ведет к повышению энергетического обмена. Под влиянием тироксина происходит интенсивное потребление тканями глюкозы из крови. У человека при недостаточности функции щитовидной железы, если она проявляется в детском возрасте, развивается заболевание кретинизм, характеризующееся психической отсталостью, задержкой роста и полового развития, нарушением пропорций тела (трубчатые кости короткие и толстые).

Акселерация – ускорение роста и развития детей и подростков. За последние 100-150 лет наблюдается ускорение соматического развития и физиологического созревания детей и подростков. Это явление было обнаружено при сопоставлении данных роста, массы и физиологических показателей, полученных в начале XX века, с данными полученными в 30-е годы XIX века, когда начали производиться систематические исследования этих показателей.

Акселерация проявляется уже на стадии внутриутробного развития, об этом свидетельствует увеличение длины тела новорожденных на 0,5-1 см. и увеличение их массы на 50-100 гр. за последние 40 лет. Значительное ускорение развития наблюдается и у грудных детей. Удвоение массы тела, наблюдавшееся раньше к 6 месяцам, теперь происходит между 4-5 месяцами, в более раннем возрасте прорезываются молочные зубы. Годовалые дети имеют массу тела на 1,5-2 кг больше, чем 50 лет назад.

В настоящее время у большинства девушек рост прекращается в 16-17 лет, у юношей – в 18-19 лет. Рост трубчатых костей в длину происходит до тех пор, пока между эпифизом и диафизом сохраняются прослойки хрящевой ткани, так называемые «полоски роста». Они отчетливо видны на рентгенограмме, когда на их месте развивается костная ткань, рост в длину прекращается.

Несмотря на более раннее прекращение роста, он оказывается увеличенным у взрослых людей нынешнего поколения по сравнению с предыдущими поколениями в основном за счет его ускорения в допубертатном периоде. Призывники 80-90 гг. выше своих сверстников 40-х годов.

Существует много гипотез о причинах акселерации, которые интересуют врачей, социологов, педагогов.

Одна гипотеза объясняет ускорение развития улучшением питания, большим поступлением в организм белков, витаминов. Определенное значение имеет уменьшение заболеваемости детей в результате улучшения педиатрической помощи, успехов профилактики и гигиены.

Выдвинуто представление о том, что стимулирующее влияние на рост и развитие оказывает изменение магнитного поля Земли, усиление действия ионизирующей и солнечной радиации.

Высказывается мнение о возможном влиянии электромагнитных волн, возникающих при работе теле- и радиоустановок. Связывают акселерацию и с изменением уровня радиации вследствие как независимых от человека причин (космическая радиация), так и возникающей в результате деятельности человека (атомные испытания, рентгеновские установки).

Теория гетерозиса объясняет акселерацию тем, что в течение XX века и особенно в последние десятилетия резко возросла миграция населения, происходит распад изолятов в человеческих популяциях в результате развития транспорта, массовой миграции во время мировых войн, ломки расовых, кастовых и религиозных границ, в результате брачных связей между ранее изолированными группами людей.

Это явление ускоренного роста и развития в общей генетике получило название гетерозиса. Механизм его до конца не ясен. Массовые исследования показали, что при большой географической удаленности мест рождения родителей рост, масса и другие показатели физического развития их детей превышают аналогичные показатели тех потомков, родители которых происходят из семей, постоянно живущих в одной местности. Гипотеза урбанизации в качестве основной причины акселерации предполагает раздражающее влияние на нервную систему ребенка комплекса условий городской жизни, ускорения темпа жизни. Согласно принятой периодизации, зрелый возраст наступает у мужчин в 22 года, у женщин – в 21 год.

3.5.2. Регенерация как свойство живого к самообновлению и восстановлению

Основным свойством жизни является обмен веществ, который, осуществляясь непосредственно на молекулярном уровне, представляет собой основу постоянного обновления в процессе жизнедеятельности структурных элементов организма. В условиях патологии или воздействия травмирующих факторов разрушительные процессы в клетках, тканях и органах нередко интенсифицируются, однако и в этом случае наблюдается та или иная степень восстановления структур. Совокупность процессов, направленных на восстановление снашиваемых или разрушаемых биологических структур называется регенерацией.

Восстановление структур, снашиваемых в процессе нормальной жизнедеятельности организма, направленное на возобновление и поддержание их морфофункциональных показателей, обозначается как физиологическая регенерация. Так, в крови человека циркулирует $25 \cdot 10^{12}$ эритроцитов. Ежедневно замещается около 1% этого количества, а каждые 4 месяца происходит полная смена эритроцитов. Восстановление структур, разрушенных или утраченных вследствие патологических изменений или травмы, называется репаративной регенерацией.

Проявление регенерации классифицируют также исходя из уровня структурной организации, на котором осуществляется восстановление. Внутриклеточная регенерация охватывает процессы восстановления макромолекул и клеточных органелл. Увеличение числа органелл цитоплазмы достигается, в зависимости от их строения, интенсификацией образования и сборки элементарных структурных единиц (микротрубочки) или же путем деления сохранившихся органелл (митохондрии). После выраженных изменений на восстановление ультраструктурной организации клетки у млекопитающих требуется в среднем примерно 4-7 суток.

Восстановление на надклеточных уровнях (тканевый, органный, организменный) обеспечивается путем новообразования клеток, внутриклеточной регенерации или сочетания обоих названных механизмов.

У человека новообразование (пролиферация) клеток составляет основу физиологической и репаративной регенерации эпидермиса кожи, эпителиального пласта кишки, кроветворной ткани. В нервной системе, в связи с утратой нервными клетками способности к пролиферации, восстановительные процессы осуществляются, по-видимому, исключительно путем интенсификации функций предшествующих клеток на основе увеличения количества внутриклеточных структур. В печени, почках, легких клетки сохраняют способность к пролиферации, которая к тому же усиливается в случае травмы органа. Вместе с тем в восстановительных процессах в названных органах происходит и внутриклеточная регенерация.

Различают несколько способов регенерации. При эпиморфозе процесс регенерации идет от раневой поверхности. Результатом его является восстановление недостающей части органа, например конечности тритона, в ее типичной форме. В известном смысле эпиморфоз заключается как бы в достраивании части до целого. При таком способе старые (культя) и новые (регенерат) ткани разграничены достаточно отчетливо.

При морфоллаксисе оставшаяся после ампутации часть органа перестраивается, превращаясь в целый орган, но меньших размеров. Для этого способ характерно не дополнение до целого (надстройка), а перестройка – образование нового целого из остатков старого. Различить культу и регенерат при этом не удастся. Такой способ наблюдается, например, в случае регенерации конечности таракана.

Своеобразный способ регенерации в виде регенерационной гипертрофии характерен для восстановления внутренних органов. В этом случае вслед за травмой раневая поверхность заживает рубцом, удаленный участок не отрастает, и форма органа не восстанавливается. Вместе с тем, благодаря увеличению числа клеток и их размеров, масса органа и его функциональный потенциал приближаются к исходным величинам. Таким путем у млекопитающих регенерируют печень, легкие, почки, надпочечник, поджелудочная, слюнные, щитовидная железы.

В зависимости от способа регенерации клеточные изменения сводятся к пролиферации, и дифференцировке, увеличению размеров клеток (гипертрофии). Последнее является морфологическим эквивалентом внутриклеточной регенерации.

Регенерация различается не только по масштабам и способам, но и по конечному результату. Различие между исходным и регенерировавшим органом

может быть не только количественным, но и качественным. В одних случаях регенерирует орган, который был удален или разрушен – гомоморфоз, в иных на месте удаленного органа развивается другой – гетероморфоз. Атипичная регенерация встречается, в основном, у беспозвоночных. Так у ракообразных вместо глаза возможна регенерация усика, а у пресмыкающихся – вместо конечности регенерация хвоста.

Объем и темпы регенераторного процесса в определенной степени зависят от условий, в которых этот процесс протекает. Стимулирующее влияние на регенерацию оказывают гормоны некоторых эндокринных желез, например щитовидной, гипофиза. Регенерация патологически измененных органов имеет свои закономерности. Стимуляция регенераторного процесса в таких случаях может приводить к обратимости патологических изменений.

3.5.3. Стресс как адаптивный механизм гомеостаза.

Живой организм – открытая система, имеющая множество связей с окружающей средой и одним из механизмов приспособления к меняющимся условиям среды является саморегуляция. У высших организмов, особенно у млекопитающих и человека, важнейшую роль в процессах адаптации играют нервные механизмы гипоталамо-гипофизарной системы.

При физиологической адаптации наблюдается совокупность реакций, способствующих приспособлению организма к изменению окружающих условий и направленных на сохранение гомеостаза (постоянство внутренней среды организма). В результате повышается устойчивость организма к низкой и высокой температуре, изменениям давления, увеличенной физической нагрузке и другим факторам.

Важную роль в процессах адаптации играет стресс-реакция – это общий адаптационный синдром (комплекс неспецифических реакций), который возникает при действии значительных по силе и продолжительности раздражителей в организме.

Факторы, вызывающие развитие этих реакций, могут быть различными: мышечное и нервное перенапряжение, эмоциональное возбуждение, травма, инфекция, высокая или низкая температура. Каждое из этих воздействий вызывает специфическую ответную реакцию и, кроме того, неспецифический стереотипный ответ в виде стресса.

В развитии стресса имеются 3 стадии:

1-я стадия – стадия «тревоги». Происходит раздражение рецепторов, возбуждается симпатико-адреналиновая система, усиливается выделение адреналина мозговым веществом надпочечников. Это сразу же оказывает мощное воздействие на организм: повышается уровень сахара в крови, усиливаются и учащаются сокращения сердца, возрастает артериальное давление. Все это способствует повышению активных двигательных реакций, дает возможность интенсивной деятельности.

2-я стадия стрессорной реакции – стадия резистентности, относительно устойчивого приспособления. Адреналин, действуя через гипоталамус, стимулирует выработку специальными клетками нейrogормона (либерина). Этот нейrogормон влияет на переднюю долю гипофиза, которая выделяет адренокортикотропный гормон (АКТГ) и усиливает продукцию гормонов коры надпочечников,

повышающих устойчивость организма к действию стрессорных раздражителей: активизируются обменные процессы, мобилизуется жир из жировых депо, в крови нарастает содержание аминокислот и глюкозы.

3-я стадия – истощения – наступает в тех случаях, когда напряжение настолько велико, что, несмотря на гипертрофию, кора надпочечников не в состоянии дать необходимое количество гормона. Это может привести к смерти. Адаптационный синдром является физиологической мерой против возникновения болезни.

Механизм реакции человека на стрессовый импульс очень сложен. Неблагоприятные факторы (стрессоры) вызывают реакцию стресса (стресс), т.е. человек сознательно или подсознательно старается приспособиться к совершенно новой ситуации. Затем наступает выравнивание, или адаптация. Человек либо обретает равновесие в создавшейся ситуации и стресс не дает никаких последствий, либо не адаптируется к ней. Как следствие этого могут возникнуть различные психические или физические отклонения.

Иными словами, стресс либо достаточно долго продолжается, либо возникает довольно часто. Причем, частые стрессы способны привести к истощению адаптационной защитной системы организма, что, в свою очередь, может стать причиной психических заболеваний.

Пассивность. Она проявляется у человека, адаптационный резерв которого недостаточен, и организм которого не способен эффективно противостоять стрессу. Возникает состояние беспомощности, безнадежности, депрессии. Но такая стрессовая реакция может быть преходящей.

Две другие реакции активные и подчинены воле человека. Адаптивная защита от стресса. Человек меняет сферу деятельности и находит что-то более полезное и подходящее для достижения душевного равновесия, способствующее улучшению состояния здоровья (спорт, музыка, работа в саду или огороде, коллекционирование и т.д.), активная релаксация (расслабление), которая повышает природную адаптацию человеческого организма – как психическую, так и физическую. Это реакция наиболее действенная.

В нормальных условиях в ответ на стресс у человека возникает состояние тревоги, смятения, которое является автоматической подготовкой к активному действию: атакующему или защитному. Такая подготовка осуществляется в организме всегда, независимо от того, какой будет реакция на стресс – даже тогда, когда не происходит никакого физического действия. Импульс автоматической реакции может быть потенциально небезопасен и приводит организм в состояние высшей готовности. Сердце начинает биться учащенно, повышается кровяное давление, мышцы напрягаются. Врачи давно уже обратили внимание на то, что люди, часто находящиеся в стрессовом состоянии, в гораздо большей степени подвержены инфекционным заболеваниям, например гриппу. Причина была установлена позже: оказывается, стресс «атакует» иммунную систему организма, повышая ее восприимчивость к инфекции.

Клетки и вещества, способствующие свертыванию крови, образуют иммунную систему, которая защищает человека от инфекций и способствует сохранению в организме психосоматического равновесия, нарушение которого (как уже говорилось) может привести к различным заболеваниям. Правда, при хорошей иммунной защите серьезные болезни имеют небольшой шанс для инициирования – при условии, что человек перенес то или иное заболевание или

же ему своевременно были сделаны прививки. И все же в последнее время доказано, что при стрессе на иммунитет оказывают влияние также гормоны, попадающие в систему кровообращения через гипоталамус. Именно оттуда поступают сигналы в эндокринные железы (железы внутренней секреции), содержащие и синтезирующие гормоны. Исследования показали, что защитное и профилактическое действие иммунной системы может быть подавлено стрессом, и тогда организм теряет способность защищать себя от микроорганизмов (вирусов, бактерий). Образно говоря, широко распахиваются ворота для проникновения различных инфекций.

Одним из средств защиты от стресса является благоприятный микроклимат в семье и на работе. В связи с этим было выявлено, что у студентов, находящихся в предэкзаменационном стрессе, уровень некоторых иммунных веществ был значительно снижен. И вот что интересно: у тех студентов, у которых были хорошие отношения с товарищами, снижение уровня иммунных веществ было гораздо меньшим. Вывод напрашивается сам: подлинно человеческие отношения оказали благоприятное воздействие на психику, и в результате в организме не была подготовлена «плодородная почва для семян стресса». Это, безусловно, важно для любого человека.

Люди пытаются избежать стресса. В настоящее время разработан план контроля за стрессом, существуют 3 основных метода профилактики стресса с помощью ауторегуляции: релаксация, противострессовая «переделка» дня и оказание первой помощи при остром стрессе, также есть различные противострессовые дыхательные упражнения. Нельзя также забывать о правильном питании, физических упражнениях, о правильном распределении времени.

3.5.4. Биологические ритмы

Окружающая нас неживая природа ритмична: смена дня и ночи, времен года связана с основными ритмами Земли – ее вращением вокруг своей оси и вокруг Солнца. Живые организмы зависят от этих ритмов; в течение сотен миллионов лет эволюции шел процесс приспособления к ним, вырабатывались ритмичные процессы жизнедеятельности – биоритмы. Изучением их занимается хронобиология. В изучение биологических ритмов большой вклад внесли отечественные ученые. Над проблемами восприятия времени животным и человеком работали И. П. Павлов, В. М. Бехтерев, С. С. Корсаков. Экологические и физиологические стороны ритмических процессов изучал А.Д.Слоним. Роль биоритмов в регуляции функций организма и их изменения в условиях космического полета изучались В. В. Париным и его сотрудниками.

В Париже в середине прошлого века один модный врач внушил под гипнозом своему пациенту, что через 123 дня ему надо вложить в конверт чистый лист бумаги и отправить по определенному адресу. После сеанса гипноза больной ничего не мог вспомнить об этом "поручении". Прошло 23 дня, и вот на очередном сеансе гипноза врач неожиданно спросил больного: "Через сколько времени вы должны отправить письмо?" – "Через 100 дней", – незамедлительно последовал ответ. "Считаете ли вы дни?" – "Нет, это делается само собой". Вот так, сами собой, считаются дни, недели, месяцы... Как и большинство периодических процессов, эти изменения относятся к ритмам, а т.к. они характеризуют живую систему, их назвали биологическими.

Цветение растений, сезонные миграции животных и птиц, чередование сна и бодрствования и многие другие циклические процессы в природе – все это проявления биологических ритмов, или ход "биологических часов".

Под "биологическими часами" понимают еще и способность организма чувствовать и измерять время. Этой способностью обладают почти все живые существа – от растений до человека. Именно это свойство помогло многим организмам выжить в борьбе за существование.

Биоритмы – результат естественного отбора. Наиболее изучены суточные ритмы (24-часовые) и околосуточные, или циркадные (от 20 до 28 часов).

Время, на которое приходится максимум величины процесса, называют акрофазой суточного ритма. Знание этих периодов имеет большое значение для теории и практики медицины. Еще до систематического изучения биоритмов в клинической практике было установлено, что температура тела человека ритмично изменяется в течение суток: в дневные часы она повышена (максимальное значение – в 18 ч), ночью снижается. Самый низкий уровень – между 1 ч ночи и 5 ч утра, амплитуда колебаний составляет 0.6-1.3 град.

Ритмичные суточные колебания испытывает и артериальное давление: днем оно выше, а ночью снижается. При патологии отмечается нарушение многих ритмов.

Установлено, что свертываемость крови выше в дневные часы. Отмечена периодичность содержания адреналина в крови: его уровень наиболее высок утром и снижается до минимума к 18 ч. Как видно из приведенных примеров, интенсивность большинства физиологических процессов повышается утром и понижается ночью. Данные по суточной периодичности активности различных систем человека необходимо учитывать в клинике (время суток для проведения операций, назначение сильнодействующих лекарственных веществ).

Кроме суточных выделяют и длительные биоритмы: лунно-месячный ритм (28 суток), который наиболее выражен у обитателей моря. У человека этому ритму следует менструальный цикл у женщин.

В организме животных и человека наблюдаются и сезонные колебания, связанные с увеличением светового дня весной и уменьшением его осенью и зимой. Биоэлектрическая активность мозга и мышечной системы выше весной и в летний период и понижается зимой. Изменение длины светового дня является важным фактором, позволяющим организму перестраивать свою деятельность, это осуществляется при участии гипоталамо-гипофизарной системы.

Перерезка зрительных путей у животных нарушает многие биоритмы, связанные с фотопериодизмом.

Ритмические изменения солнечной активности оказывают влияние на живые организмы, изменяют их реактивность и функциональное состояние различных систем. Советский ученый А.Л.Чижевский еще в 20-х годах этого века показал вероятность связи распространения некоторых инфекционных заболеваний, с уровнем солнечной радиации.

Кроме центральных механизмов временной ориентации имеются и клеточные; предполагают, что они связаны с периодическими процессами, происходящими в мембранах клетки.

Достижения хронобиологии начинают использоваться на практике. Учет особенностей биоритмов необходим для составления рационального режима труда и отдыха у представителей ряда профессий: рабочих ночных смен, пило-

тов, космонавтов. Значение биоритмов, связанных с сезонными и гелио-физическими циклами активности, должно быть использовано в профилактической медицине в борьбе за здоровье человека.

3.5.5. Старение и смерть как биологические явления.

Старость представляет собой закономерную стадию индивидуального развития, по достижении которой организм приобретает определенные изменения во внешнем виде и физическом состоянии.

Старость наступает в пострепродуктивном периоде онтогенеза, однако начало угасания репродуктивной функции и её полная потеря не могут служить нижней границей старости. Многие изменения, выраженные в старости, начинаются задолго до снижения репродуктивной активности. Это относится как к физическим признакам (поседение волос), так и к функциям отдельных органов.

Различают хронологический и биологический возраст. По современной классификации людей, хронологический возраст которых достиг 60-74 лет, называют пожилыми, 75-89 лет – старыми, свыше 90 лет – долгожителями. Точное определение биологического возраста затруднено тем, что отдельные признаки старости появляются в разном хронологическом возрасте и характеризуются различными темпами нарастания. Кроме того, изменения даже одного параметра, коррелирующего с возрастом, подвержены значительным половым и индивидуальным колебаниям. Так если исходить из такого показателя, как упругость кожи, то один и тот же биологический возраст достигается женщиной примерно в 30 лет, а мужчиной в 80.

Состояние старости в биологическом понимании достигается благодаря изменениям, составляющим содержание процесса старения. Эти изменения распространяются на все биологические системы. Суммарный их результат заключается в нарастающем с возрастом снижении жизнеспособности особи, уменьшении эффективности адаптационных, гомеостатических механизмов. Таким образом, биологический смысл старения заключается в том, что оно делает неизбежной смерть. Смерть представляет собой универсальный механизм ограничения определённым пределом участия организмов в репродукции себе подобных. Без смерти не было бы смены поколений – одной из главных предпосылок эволюционного процесса.

Скорость нарастания и выраженность изменений в процессе старения зависят под генетическим контролем. В пользу этого говорит то, что продолжительность жизни является видовым признаком.

Учитывая сложный характер влияния генетических и средовых факторов на процесс старения, нелегко ответить на вопрос о том, как долго может жить человек. Разные авторы называют величины от 70 до 200 лет. По-видимому, истинная величина биологической продолжительности жизни укладывается в эти пределы. Если основываться на статистическом анализе показателей смертности, то интересующая нас величина находится в области 90 лет. В настоящее время средняя продолжительность жизни в экономически развитых странах составляет 71,1, а в развивающихся – 52,2 года. При этом женщины живут в среднем на 10-12 лет дольше мужчин. Как правило, после 50 лет у человека возникают стойкие внешние проявления старения кожи. Появляются рубцы, пигментные пятна, бородавки и родинки, а также морщины, которые образуют-

ся из-за потери подкожного жира. Уменьшается число потовых желез, что делает кожу более сухой и шершавой. Кожа становится дряблой (потеря коллагена). Другие характерные признаки – выпадение или поседение волос на голове.

Изменения в пищеварительной системе заключаются в потере зубов и снижении уровня пищеварительных соков.

Примерно с 40 лет начинается прогрессивный подъём артериального давления, снижается эластичность сосудов. Как правило, наблюдается разрастание соединительной ткани.

В старости снижается интенсивность фильтрации в почечных клубочках. Дыхательная система: после 40 лет наблюдается снижение жизненной ёмкости лёгких.

Мышцы: снижается сила сокращений, быстрее наступает утомление. Мышцы становятся более расслабленными и вялыми. С возрастом заметно изменяются иммунные реакции организма. Особенность НС высших позвоночных заключается в том, что предшественники нервных клеток прекращают своё деление в конце эмбрионального периода. Благодаря этому количество нервных клеток в течение жизни организма может только снижаться. К функциональным изменениям, которые развиваются в процессе старения НС, относятся снижение памяти, нарушения двигательной координации (тремор) и т. д.

Органы чувств: уменьшается способность глаза к аккомодации, так как слабеют глазодвигательные мышцы, и изменяется структура вещества хрусталика. Это приводит к старческой дальнозоркости. У старых людей хрусталик часто мутнеет – развивается катаракта. Острота зрения падает. Снижается чувствительность органа слуха, особенно к звуковым волнам высокой частоты. Старый человек хуже различает запах и вкус. У него нарушается чувство равновесия.

Таким образом, в процессе старения изменяются функции всех органов, однако эти изменения развиваются в организме неравномерно. Более того, в одном и том же органе старого человека обнаруживаются клетки с разной степенью выраженности изменений или вовсе без них.

Старение сопровождается выраженными изменениями структуры и функции генетического аппарата клеток. Отмечается снижение содержания ДНК и РНК, однако химический состав их существенно не меняется. При старении повреждаются все основные молекулярно-генетические процессы: транскрипция и трансляция наследственной информации, репликация и репарация ДНК. Накопление в старости дефектов макромолекул сказывается на функции клеток. Особо следует остановиться на изменении в процессе старения способности клеток многоклеточного организма к делению. Продолжительность жизни клеточного клона ограничена. Неограниченной способностью к пролиферации обладают лишь клетки с измененным наследственным аппаратом, например раковые. Согласно стохастическим гипотезам, в основе старения лежит накопление «ошибок» и повреждений, случайно (стохастически) возникающих в процессе жизнедеятельности индивида на разных уровнях его структурной организации. Разного рода повреждения в генетическом аппарате возникают вследствие «ошибок» в ходе естественных внутриклеточных процессов. Первичные изменения на молекулярном уровне преобразуются в функциональные нарушения на более высоких структурных уровнях. Согласно программным гипотезам старение детерминировано генетически, т.е. информация о начале и содержании его представле-

на в геноме клеток. В пользу запрограммированности старения говорит наличие в природе видов, у которых вслед за размножением бурно нарастают изменения, приводящие животных к гибели (тихоокеанские лососи – горбуша, нерпа – погибают после нереста).

Генетические программы старения организмов представляют собой результат эволюционного процесса. Рассмотренная гипотеза отвечает на вопрос о множественном проявлении старческих изменений на всех структурных уровнях организации. Хотя проблема старения интересует науку давно, целенаправленные исследования в этой области начаты сравнительно недавно. Главным стимулом работ служат настоящая демографическая ситуация и прогноз изменения возрастной структуры населения планеты на ближайшее будущее.

Смерть как биологическое понятие является выражением необратимого прекращения жизнедеятельности организма. С наступлением смерти человек превращается в мертвое тело, труп. В зависимости от причины, ведущей к наступлению смерти, различают естественную, насильственную и смерть от болезней. Иногда смерть наступает неожиданно, как бы среди полного здоровья – внезапная или скоропостижная смерть. В зависимости от развития обратимых или необратимых изменений жизнедеятельности организма различают смерть клиническую и биологическую. Клиническая смерть характеризуется остановкой дыхания и кровообращения, однако эти изменения жизнедеятельности организма в течение нескольких минут обратимы. В основе клинической смерти лежит своеобразное гипоксическое состояние в связи с прекращением кровообращения и отсутствием центральной его регуляции.

Наступлению клинической смерти предшествует агония, отражающая нескоординированную деятельность гомеостатических систем в терминальном периоде. Поэтому агонию, которая может длиться от нескольких минут до нескольких часов, относят к так называемым терминальным состояниям, заканчивающимся клинической смертью. При терминальном состоянии и клинической смерти используют комплекс реанимационных мероприятий. Основные закономерности угасания и восстановления жизненных функций человека изучает особый раздел медицины, называемый реаниматологией.

Биологическая смерть – необратимые изменения жизнедеятельности организма, начало аутолитических процессов. Однако гибель клеток и тканей при наступлении биологической смерти происходит не одновременно. Первой погибает ЦНС; уже через 5-6 мин после остановки дыхания и кровообращения происходит разрушение ультраструктурных элементов паренхиматозных клеток головного и спинного мозга. В других органах и тканях этот процесс растягивается на несколько часов и даже суток, общая структура многих органов и тканей, наблюдаемая после смерти под световым микроскопом, довольно долго сохраняется, лишь при электронно-микроскопическом исследовании отмечается деструкция ультраструктур клеток. Поэтому патологоанатом, изучая микроскопический материал, взятый от трупа, может судить о характере патологических изменений органов и тканей. Вскоре после наступления биологической смерти и появляется ряд признаков смерти и посмертных изменений: охлаждение трупа; трупное окоченение; трупное высыхание; перераспределение крови; трупные пятна; трупное разложение.

3.6. Вопросы для самоконтроля

I. Онтогенез:

- а) понятие «онтогенез» и «филогенез»;
- б) типы онтогенеза: непрямой и прямой.

II. Предзиготная стадия:

- а) строение и функции яйцеклеток;
- б) строение и функции сперматозоидов.

III. Оплодотворение:

- а) фазы оплодотворения.

IV. Эмбриональный период:

- а) дробление и его типы;
- б) способы гастрюляции и образования зародышевых листков;
- в) гистогенез и органогенез.

V. Особенности эмбрионального развития человека. Возможные аномалии развития человека:

- а) внутриутробное развитие человека;
- б) нарушения эмбриогенеза у человека;
- в) причины аномалий у человека;
- г) критические периоды в эмбриогенезе и дальнейшем развитии человека.

3.7. Тестовый контроль

Вариант 1.

I. Укажите производные эктодермы:

- | | |
|-------------------|---------------------------|
| а) хорда | е) эпидермис кожи |
| б) эмаль зуба | ж) собственно кожа |
| в) головной мозг | з) эпителий полости рта |
| г) потовые железы | и) пигментные клетки кожи |
| д) мышцы | к) волосы |

II. Подберите соответствующие ответы.

Типы яйцеклеток:

1. резко телолецитальные
2. умеренно телолецитальные
3. центролецитальные
4. изолецитальные
5. алецитальные

Типы дробления:

- а) полное
- б) равномерное
- в) неполное
- г) неравномерное
- д) поверхностное
- е) дискоидальное
- ж) асинхронное

III. При образовании бластулы ее клетки:

- а) делятся и растут
- б) клетки не делятся, но растут
- в) клетки делятся и не растут

IV. Определите, верно ли утверждение, что в процессе дробления у человека всегда образуется четное число бластомеров:

- 1. да
- 2. нет

Вариант 2

I. Какое время соответствует стадиям эмбриогенеза у человека? Подберите соответствующие ответы (пары).

Стадия	Время
1. дробление	а) 7-й день
2. имплантация	б) 16-21-й день
3. образование бластоцисты	в) 4-й день
4. нейруляция	г) 14 -й день
5. образование плаценты	д) 1-3 -й день

II. Как называется отверстие, с помощью которого гастроцельная полость сообщается с окружающей средой?

- а) бластопор
- б) гастроцель
- в) бластоцель
- г) цитостом

III. Процессы дробления завершаются в:

- а) матке
- б) яйцевом
- в) брюшной полости

IV. Определите, верно ли утверждение, что целобластула человека состоит из эмбриобласта и трофобласта:

- а) да
- б) нет

Вариант 3.

I. Укажите производные мезодермы:

- | | |
|-----------------------|-----------------------------------|
| а) головной мозг | е) поперечнополосатая мускулатура |
| б) эпителий кишечника | ж) брюшина |
| в) половые органы | з) эпителий легких |
| г) волосы | к) кости |
| д) дерма кожи | |

II. Перечислите основные способы гастрюляции:

- а) инвагинация
- б) дифференциация
- в) эпиболия
- г) комбинирование нескольких способов
- д) деляминация
- е) бластуляция

III. Определить, верно ли утверждение о том, что личиночный тип онтогенеза характерен для организмов с большим количеством желтка в яйце:

- 1. да
- 2. нет

IV. Подберите соответствующие ответы (пары):

- | | |
|----------------|----------------------------|
| 1. гипоплазия | а) недоразвития органа |
| 2. гипертрофия | б) уменьшение массы тела |
| 3. аплазия | в) увеличение длины тела |
| 4. гипотрофия | г) отсутствие органа |
| 5. гигантизм | д) увеличение массы органа |
| 6. стеноз | к) сужение каналов |

Вариант 4

I. Хронология закладки органов:

Время закладки	Органы
1. 21-32 дня	а) сердце
2. 31-й день	б) головной мозг
3. 6 недель	в) гонады
4. 8 недель.	г) почки
	д) зачатки рук и ног
	е) тимус
	ж) черты лица

II. Из какого зародышевого листка образуются сомиты?

- а) мезодерма
- б) энтодерма
- в) эктодерма
- г) бластодерма

III. Что такое дробление?

- а) образование многослойного зародыша
- б) образование вторичной кишки
- в) образование многоклеточного зародыша
- г) образование хорды
- д) образование нервной трубки

IV. Перечислите компоненты, входящие в комплекс осевых органов зародыша:

- а) хорда
- б) сомиты
- в) нервная трубка
- г) аорта
- д) первичная кишка
- е) вторичная кишка

Вариант 5.

I. Результат 1 фазы гастрюляции:

- а) образование эктодермы и энтодермы
- б) образование эктодермы, энтодермы, мезодермы
- в) образование эктопласта, энтопласта

II. Выберите, при каких условиях верно высказывание: биологический смысл дробления - образование зародыша:

- а) многослойного
- б) многоклеточного

III. Подберите соответствующие ответы.

Зачатки сомитов:

- 1. дерматом
- 2. склеротом
- 3. миотом
- 4. нефротом
- 5. соматоплевра
- 6. спланхноплевра

их производные:

- а) поперечнополосатая мускулатура
- б) скелетные структуры
- в) дерма кожи
- г) органы мочевого выделения
- д) сердечно-сосудистая система
- е) половые органы
- ж) плевра
- з) брюшина
- и) перикард
- к) лимфатическая система

IV. Определите, верно ли утверждение, что результатом дробления у человека является морула.

- а) да
- б) нет

Вариант 6

I. Укажите возраст, соответствующий периодам онтогенеза у человека.

Периоды:

- 1. новорожденный
- 2. грудной возраст
- 3. раннее детство

Возраст:

- а) 75-90 лет
- б) 1-10 дней
- в) 4-7 лет

- | | |
|-------------------------|--------------------|
| 4. первое детство | г) 17-20 год |
| 5. второе детство | д) 22-60 лет |
| 6. подростковый возраст | э) 8-12 лет |
| 7. юношеский возраст | ж) 1-3 года |
| 8. зрелый возраст | з) 90 лет и более |
| 9. пожилой возраст | и) 13-16 лет |
| 10. старческий возраст | к) 61 - 74 года |
| 11. долгожители | л) 11 дней - 1 год |

II. Что такое гастрюляция?

- а) образование многослойного зародыша
- б) образование вторичной кишки
- в) образование многоклеточного зародыша
- г) образование хорды
- д) образование нервной трубки

III. Какой тип онтогенеза характерен для человека?

- а) личиночный
- б) неличиночный

IV. Закончите фразу: Филогенез – это .

Глава IV

Ситуационные задачи к итоговому занятию

1. Транспорт веществ в клетку – эндоцитоз условно разделяют на фагоцитоз (корпускулярных веществ) и пиноцитоз (поглощение коллоидов). Экзоцитоз – выведение из клетки продуктов метаболизма. Из каких этапов состоят эти два процесса? Какова судьба веществ, поступивших в клетку путем эндоцитоза? Каково значение экзоцитоза в жизни клетки?
2. При микроскопическом исследовании клеток поджелудочной железы человека выявляется небольшое количество гранул инсулина. К каким структурным элементам клетки относятся эти гранулы? Какое заболевание возникает при недостаточной секреции инсулина? Какой гормон является антагонистом инсулина и где он образуется? Почему при исследовании выявляется лишь малое количество инсулина?
3. При изучении красного костного мозга человека с использованием электронного микроскопа, были обнаружены мелкие сферические тельца. Их химический анализ показал высокое содержание р-РНК. Что это за структуры? Где они образуются? Где они функционируют в клетке? Как изменяется их количество при злокачественных новообразованиях?
4. Одним из основных критериев жизни является обмен веществ и энергии клетки – элементарной единицы живого. Назовите этапы энергетического обмена в клетке. В каких клеточных структурах проходит каждый этап? Чем обеспечивается ход клеточного метаболизма? Каковы причины, приводящие к нарушению последовательности биохимических реакций? Роль собственной генетической информации в функциях митохондрий.
5. Для изучения кариотипа человека на стадии метафазы в клетку добавили колхицин. На какие органоиды клетки подействует этот яд? В каком месте клетки во время этой стадии митоза располагается клеточный центр? Какими структурами он образован? Каков их химический состав?
6. С патологией каких органоидов связаны «болезни накопления»? Объясните возможную природу данного заболевания?
7. С помощью электронного микроскопа были исследованы эпителиальные клетки тонкого кишечника. В кортикальном слое цитоплазмы были обнаружены тонкие белковые нити, собранные в пучки. К каким структурам клетки относятся эти нити? Какие основные белки входят в их состав? Какими свойствами они обладают? Какова роль этих структур в клетке? С каким компонентом клетки они имеют наиболее тесную связь?
8. Судебная экспертиза мазка крови определила, что кровь принадлежит женщине. При изучении ядер нейтрофильных лейкоцитов после дифференциально-

го окрашивания на препарате были четко видны хромосомы, их плечи, центромеры хромосом.

Сколько хромосом в кариотипе женщины, соответствует ли это норме? По каким признакам было сделано заключение, что кровь принадлежит женщине? Какие типы хромосом выявляются в препарате? На каком уровне компактизации находится хроматин? Какова генетическая активность хроматина в этих клетках?

9. При изучении ядер в клетках культуры почки эмбриона свиньи хорошо различим примембранный хроматин, ядерная оболочка и хроматин, располагающийся диффузно.

Определите, на каком уровне компактизации находится хроматин. Какие компоненты ядра еще различимы, перечислите. Назовите химический состав хроматина. Пространственное расположение хроматина в интерфазном ядре. Какие виды хроматина присутствуют в ядре.

10. При изучении ядер под электронным микроскопом были обнаружены участки, где количество пор резко снижено.

Объясните, с чем это может быть связано, перечислите все причины, оказывающие влияние на процесс снижения количества пор. Приведите пример отсутствия пор в ядрах различных организмов

11. В результате митотического деления клеток красного костного мозга образовались 2 клетки. Количественным методом установили, что в каждой из них содержится уменьшенное вдвое количество ДНК. В каком периоде клеточного цикла находятся клетки? Какой у них хромосомный комплекс? Какая степень конденсации хроматина в этом периоде? Может ли эта клетка войти в новый митотический цикл?

12. При исследовании клеток печени человека были выявлены двуядерные клетки. В результате какого типа деления они образовались? Какое количество хромосом содержится в этих клетках? Могут ли эти клетки вступить в новый митотический цикл?

13. В препарате, приготовленном из культуры крови человека, после предварительной окраски по Романовскому-Гимзе были выявлены клетки на разных стадиях деления. В одних были видны сильно конденсированные двуххроматидные хромосомы на экваторе. Объясните, на какой стадии митоза находятся эти клетки? Что можно изучать на этой стадии? Каков хромосомный комплекс? Покажите схематично расположение хромосом в клетке. Укажите, какие микротрубочки участвуют в образовании аппарата веретена деления?

14. У трупа 22-летней женщины оказалось, что яичники имеют неодинаковые размеры. При исследовании яичников констатировали, что в меньшем яичнике находится 17000 фолликулов, 4 желтых тела, 10 рубцов от желтых тел. В большем яичнике содержится 25000 фолликулов, 5 желтых тел, 48 рубцов от желтых тел.

Большинство фолликулов были мелкие, но 219 имели размеры свыше 100 мкм в диаметре. Пять фолликулов содержали по 2 ооцита и 2 % ооцитов содержали по 2 ядра.

В каком возрасте у этой женщины началась овуляция? Сколько лет могли продолжаться овуляции? Сколько пар близнецов могла бы родить женщина, и какие это были бы близнецы? Чем можно объяснить наличие в некоторых ооцитах двух ядер?

15. В препарате представлен срез семенника.

Какие зоны сперматогенеза видны в семенном канальце? Каковы морфологические особенности клеток в каждой зоне семенного канальца? Какие хромосомные комплексы имеют клетки в каждой зоне семенного канальца? Какие зоны сперматогенеза наиболее выражены в семенном канальце? Каково значение клеток Сертоли?

16. На микрофотографии представлена яйцеклетка, в цитоплазме которой содержится незначительное количество равномерно расположенных желточных включений. Яйцеклетка окружена двумя структурами: блестящей оболочкой и лучистым венцом.

Назовите тип яйцеклетки. Укажите, какому виду животных она может принадлежать. Каковы предположительные размеры яйцеклетки? Чем образован лучистый венец и блестящая оболочка яйцеклетки? Каков химический состав желточных включений? Как отличаются по химическому составу части яйцеклетки? Какое значение имеет ооплазматическая сегрегация для развития эмбриона?

17. Сколько хроматид отойдет к полюсам в анафазе-2 в мейозе у человека?

18. Если в культуре ткани человека произошла элиминация одной хромосомы, то, сколько хромосом будет в дочерних клетках после митоза (рассмотрите возможность элиминации в разных фазах митоза).

19. Сколько бивалентов образуется в клетках человека и сколько хроматид в профазе-1 и профазе-2 мейоза?

20. Могут ли в клетках человека 24 хромосомы быть отцовскими?

21. Сколько хроматид отойдет к полюсам в клетках человека в анафазе-1 и анафазе-2 мейоза?

22. Сколько хроматид отойдет к полюсам в клетках человека в анафазе-1 и анафазе-2 мейоза, если во время митоза у человека не разошлась одна пара хромосом? две пары? Сколько хромосом будет в дочерних клетках?

23. Какие гаметы могут образовываться у человека, если патология нерасхождения по 21 хромосоме наблюдалась в анафазе-1 мейоза? в анафазе-2?

24. Какое число хромосом будет в гаметах человека, если нерасхождение по 2-м негомологичным хромосомам произошло в анафазе-1 мейоза? в анафазе-2 мейоза?

25. Сколько яйцеклеток могут дать 6000 ооцитов 1-го порядка в процессе оогенеза?

26. В препарате виден зародыш на стадии нейруляции.

Какие листки развиваются у зародыша к этому времени? Какие органы будут развиваться из эктодермы? Какие органы будут развиваться из энтодермы? Какие органы будут развиваться из мезодермы? Развитие каких органов будет стимулироваться образованием нервной трубки?

27. В препарате виден зародыш на стадии гисто- и органогенеза.

Каков возраст зародыша? Что будет развиваться из мезенхимы? Что будет развиваться из нервных гребней? Что разовьется из миотома, нефротомы, дерматомы? Что разовьется из спланхоплевры? Какое количество сомитов у зародыша на данной стадии развития?

28. В препарате виден зародыш, состоящий из нечетного числа бластомеров. На одном из полюсов зародыша бластомеры имеют мелкие размеры, на другом - более крупные.

На какой стадии развития находится зародыш? Асинхронный или синхронный тип дробления? Равномерное или неравномерное дробление происходило у зародыша? Полным или неполным дроблением делился зародыш? Как называются клетки, расположенные на полюсах зародыша? Зародыш какого вида животных виден в препарате?

Глава V Итоговый тестовый контроль

Вариант 1

1. Дайте характеристику следующим процессам:

- | | |
|--------------|---|
| 1. аутофагия | а – выделение из клетки ферментов, содержащихся |
| 2. экзоцитоз | в первичных лизосомах; |
| 3. аутолиз | б – утилизация патологических и устаревших структур; |
| | в – саморазрушение клетки, наступающее в результате высвобождения содержимого ее лизосом. |

2. Сгруппировать по соответствию цифры и буквы:

- | | |
|--------------------------------------|------------------------------|
| Процессы... | осуществляются с участием... |
| 1. синтез белков гиалоплазмы | а – гранулярный ЭПС |
| 2. сегрегация и накопление продуктов | б – свободных рибосом |
| 3. обезвреживание бактерий, токсинов | в – лизосом |
| 4. синтез липидов и полисахаридов | г – гладкой ЭПС |
| 5. синтез белков мембран | д – комплекса Гольджи |

3. Функции комплекса Гольджи:

- | | |
|---|----------------------------|
| 1. модификация химических веществ | а – все перечисленное |
| 2. транспорт секретов за пределы клетки | б – верно все, кроме 4 |
| 3. участие в процессах секреции | в – верно все, кроме 5 и 6 |
| 4. участие в образовании лизосом | |
| 5. участие в процессах клеточного дыхания | |
| 6. участие в реализации генетической информации | |

4. Ядерная оболочка состоит из ниже перечисленных структур, за исключением:

1. наружной ядерной мембраны
2. перинуклеарного пространства
3. ядерных пор
4. периферического гетерохроматина
5. внутренней ядерной мембраны

5. Гастрюляция у человека осуществляется путем:

- | | |
|----------------|-----------------------------|
| 1. инвагинации | а – верно все, кроме 3 |
| 2. эпителии | б – все перечисленное верно |
| 3. деламинации | в – верно все, кроме 1 и 4 |
| 4. иммиграции | |

Вариант 2

1. Установите связь между процессами и органоидами, реализующими их:

- | | |
|---|-------------------|
| 1. синтез гликопротеидов для гликокаликса | а-лизосомы |
| 2. депонирование ионов Са и Mg | б-гранулярная ЭПС |
| 3. развитие воспаления | в-митохондрии |
| 4. формирование транспортных мембранных пузырьков | г-гладкий ЭПС |
| 5. продукция антител плазматическими клетками | д-аппарат Гольджи |
| 6. детоксикация лекарственных препаратов | |

2. Микрофиламенты в клетке участвуют в:

1. в транспорте веществ
2. движении цитоплазмы
3. поддержании определенной консистенции клетки
4. создании каркаса

3. Определите, какие процессы происходят в клетке на стадии профазы митоза:

1. удвоение хромосом
2. фрагментация ядрышек
3. конденсация хромосом
4. синтез тубулинов

4. В зонах первичных перетяжек митотических хромосом находятся:

1. теломера
2. ядрышковые организаторы
3. кинетохоры
4. нуклеосомы
5. поры

5. Половое размножение прогрессивнее бесполого, потому что...

1. обеспечивает большую численность потомков
2. сохраняет генетическую стабильность вида
3. обуславливает большое разнообразие генотипических вариантов

Вариант 3

1. Установите связь между процессами и органоидами, реализующими их:

- | | |
|---|-------------------|
| 1. развитие воспаления | а-гранулярный ЭР |
| 2. синтез липопротеидов и стероидных гормонов | б-лизосомы |
| 3. расщепление веществ внеклеточного и внутриклеточного происхождения | в-аппарат Гольджи |
| 4. нейтрализация бактериальных токсинов | г-гладкий ЭР |
| 5. синтез гликопротеидов для гликокаликса | |
| 6. накопление продуктов секреции | |

2. Процессы, происходящие в клетке на стадии анафазы митоза:

1. образование митотического аппарата
2. расхождение хроматид
3. синтез р-РНК и белков
4. синтез ДНК и белков

3. Полиплоидия – это мутация, при которой происходит:

1. увеличение диплоидного набора хромосом путем добавления отдельных хромосом
2. кратное увеличение числа хромосом
3. увеличение гаплоидного набора хромосом путем добавления отдельных хромосом
4. уменьшение диплоидного набора хромосом

4. Подобрать ответы по соответствию:

Участки хромосом...

кинетохоры
ядрышковые организаторы
центромеры
теломеры
спутники и сателлиты

это...

а-места образования ядрышек в интерфазе
б-центры организации микротрубочек
в-участки хромосом, отделенные вторичной перетяжкой
г-концевые участки плечей хромосом
д-участки, располагающиеся на первичной перетяжке

5. Какой хромосомный комплекс содержат зрелые половые клетки:

1. $2n2x4c$ ДНК
2. $1n1x1c$ ДНК
3. $1n2x2c$ ДНК
4. $4n1x4c$ ДНК

Вариант 4

1. Какие из перечисленных ниже признаков характеризуют аппарат Гольджи:

1. содержит кислую фосфатазу
2. в матриксе скопления Ca^{++} и Mg^{++}
3. структурная единица – цистерна без рибосом
4. диаметр 0,5 мкм
5. расщепляет вещества внеклеточного и внутриклеточного происхождения
6. образуется из мембран гранулярного ЭР
7. синтезирует гликопротеиды

2. Подберите по соответствию:

Такие включения образуются...

трофические
секреторные
экскреторные
пигментные
специальные

в клетках...

а-кожи
б-печени
в-периферической крови
г-почек
д-поджелудочной железы

3. Определите какие процессы происходят в клетке на стадии профазы митоза:

1. фрагментация ядрышек
2. конденсация хромосом
3. образование митотического аппарата веретена деления
4. редукция числа хромосом
5. расхождение сестринских хроматид

4. Установите связь между процессами и органоидами, их реализующими:

- | | |
|--|-------------------|
| 1. развитие воспалительного процесса | а-гранулярный ЭР |
| 2. синтез липопротеидов и стероидных гормонов | б-лизосомы |
| 3. расщепление веществ вне- и внутриклеточного происхождения | в-аппарат Гольджи |
| 4. нейтрализация бактериальных токсинов | г-гладкий ЭР |
| 5. синтез гликопротеидов для гликокаликса | |
| 6. накопление продуктов секреции | |

5. Выбрать признаки, характерные для лизосом:

1. обновляются самовоспроизведением
2. диаметр от 0,4 до 1 мкм
3. содержат протеазы, нуклеазы, гликозидазы, фосфолипазы
4. образуются из мембранных пузырьков аппарата Гольджи
5. продуцируют АТФ
6. участвуют в посмертной дегенерации клеток, тканей
7. располагаются в клетке локально

Вариант 5

1. Какими из перечисленных ниже свойств обладает биологическая мембрана:

1. диэлектрическими
2. обеспечивает работу системы активного переноса (K-Na насос)
3. обуславливает перенос мономеров с помощью белков-переносчиков (ферментов)
4. проницаема для макромолекул
5. обеспечивает осмотическое давление в цитоплазме

- а-верно все
б-верно все, кроме 1
в-верно все, кроме 1 и 4
г-верно все, кроме 4

2. Установите связь патологических процессов с нарушением функций клеточных структур:

- | | |
|---|-------------------|
| 1. лизис клетки | а-рибосомы |
| 2. анеуплоидия | б-аппарат Гольджи |
| 3. гибель клетки вследствие интоксикации | в-лизосомы |
| 4. нарушение образования митотического аппарата | г-микротрубочки |
| | д-центриоли |

3. Нуклеосома – это ультраструктура в виде...

1. рибосом в составе полисом
2. комплекса и-РНК с белком
3. октомера гистоновых белков с нитью ДНК вокруг
4. участка ДНК, связанного с РНК-полимеразой
5. малой субъединицы хромосом

4. В каких из перечисленных клетках хромосомный комплекс – $n(2x)r)2c$:

1. сперматогонии
2. овоцит 1 порядка
3. сперматиды
4. сперматоцит 2 порядка
5. яйцеклетка

5. Определите тип дробления зиготы у человека:

1. синхронное
2. асинхронное
3. полное
4. неполное
5. равномерное
6. неравномерное
7. дискоидальное
8. поверхностное

Вариант 6

1. Гликокаликс выполняет следующие функции (выбрать):

1. придает клеткам определенную форму;
2. «склеивает» клетки;
3. обеспечивает избирательную проницаемость;
4. с помощью рецепторов регулирует клеточную активность;
5. обеспечивает «узнавание» клеток;
6. обеспечивает реакции отторжения трансплантата;
7. синтезирует на всей поверхности белки-переносчики.

2. Какие из перечисленных процессов соответствуют действительности:

1. АТФ используется во всех процессах, требующих энергию
2. АТФ из митохондрий выходит в цитоплазму

3. наибольшее количество митохондрий обнаруживается в биологически активных клетках
4. митохондрии способны перемещаться с током цитоплазмы в компартменты с высоким уровнем метаболизма.

- а – верно все
- б – верно все, кроме 4
- в – верно все, кроме 3

3. Определите, какие процессы происходят в клетке на стадии метафазы митоза:

1. образование митотического аппарата веретена деления
2. расхождение сестринских хроматид
3. синтез белков гистонов
4. удвоение ДНК
5. синтез всех видов РНК и АТФ
6. перемещение микротрубочек

4. Ядрышковый организатор – это участок хромосомы, где образуется:

1. и-РНК
2. т-РНК
3. ДНК
4. АТФ
5. р-РНК

5. Подберите ответы по соответствию:

Зачатки сомитов...

1. дерматом
2. склеротом
3. миотом
4. нефрогонотом
5. соматоплевра, спланхоплевра

их производные...

- а-поперечнополосатая мускулатура
- б-скелетные структуры
- в-дерма кожи
- г-органы мочевого выделения
- д-сердечно-сосудистая система
- е-половые органы
- ж-плевра
- з-брюшина
- и-перикард

Вариант 7

1. Сгруппируйте по соответствию цифры и буквы (составить пары). Какие из функций или характеристик соответствуют перечисленным ниже структурам:

1. подготовительный этап энергетического обмена
2. аппарат для экскреции
3. фотосинтез
4. система мембран, делящая клетку на компартменты
5. регулирует поступление веществ в клетку и из клетки
6. участвует в клеточном дыхании

- а-клеточная мембрана
- б-хлоропласты
- в-ЭПС
- г-комплекс Гольджи
- д-митохондрии
- е-лизосомы

2.Какие процессы происходят в клетке на стадии метафазы митоза:

- 1.дубликация центриолей
- 2.образование митотического аппарата веретена деления
- 3.образование «материнской звезды»
- 4.фрагментация ядрышек
- 5.цитотомия
- 6.разъединение хроматид
- 7.локализация хромосом на экваторе

3.Какие функции присущи комплексу Гольджи:

- 1.в комплексе Гольджи транспортируются вещества из ЭПС
 - 2.вещества из ЭПС накапливаются в полостях комплекса Гольджи и подвергаются химической обработке
 - 3.модифицированные в комплексе Гольджи вещества упаковываются в мембранные пузырьки
 - 4.в цистернах комплекса Гольджи происходит синтез полисахаридов
- а-все перечисленное верно
б-верно все, кроме 2
в-верно все, кроме 3

4.Определите о чем свидетельствует наличие в клетке сформированных хромосом:

- 1.метаболической активности клеток
- 2.активном образовании хромосом
- 3.процессе деления клетки
- 4.слабовыраженной активности генов

5.Перечислите структуры, входящие в комплекс осевых органов зародыша:

- 1.хорда
- 2.сомиты
- 3.нервная трубка
- 4.бластопор
- 5.первичная кишка
- 6.вторичная кишка

Вариант 8

1. Какими из перечисленных свойств обладает биологическая мембрана:

- 1.непроницаема для биологических молекул
 - 2.обеспечивает необходимую концентрацию ионов K^+ в цитоплазме
 - 3.создает разность потенциалов
 - 4.для переноса глюкозы, аминокислот, жирных кислот использует особые белки-ферменты
 5. $K^+ - Na^+$ насос выкачивает ионы K^+ наружу
- а-верно все
б-верно все, кроме 2,4
в-верно все, кроме 3,5
г-верно все, кроме 5

2. Выбрать признаки, характерные для лизосом:

1. обновляются самовоспроизведением
2. диаметр от 0,4 до 1 мкм
3. содержат протеазы, нуклеазы, гликозидазы, фосфолипазы
4. образуются из мембранных пузырьков аппарата Гольджи
5. продуцируют АТФ
6. участвуют в посмертной дегенерации клеток, тканей
7. располагаются в клетке локально

3. В какой стадии мейоза происходит кроссинговер:

1. пахитена
2. зиготена
3. диплотена
4. лептотена
5. диакинез

4. «Эндорепродукция» – это процесс, при котором происходит...

1. деление ядра и цитоплазмы
2. разрушение ядерной оболочки
3. появление клеток с увеличенным количеством ДНК
4. появление клеток с уменьшенным количеством ДНК

5. В результате гаструляции происходит:

1. образование эктодермы
2. образование эктодермы и энтодермы
3. образование экто-, энто- и мезодермы
4. образование сомитов
5. закладка нервной трубки

Вариант 9

1. Установить связь между процессами и органоидами, реализующими их:

- | | |
|--|-------------------|
| 1. депонирование ионов Ca^{++} в сердечную мышцу | а-лизосомы |
| 2. акцептирование ионов водорода коферментов НАД | б-гранулярный ЭР |
| 3. продукция антител плазматическими клетками | в-аппарат Гольджи |
| 4. детоксикация в гепатоцитах | г-митохондрии |
| 5. синтез нуклеаз для репликации ДНК | д-гладкий ЭР |
| 6. формирование секреторных пузырьков | |

2. Какими из перечисленных свойств обладает биологическая мембрана:

1. диэлектрическими
2. обеспечивает работу системы активного переноса (K-Na насос)
3. обуславливает перенос мономеров с помощью белков-переносчиков (ферментов)

4. проницаема для макромолекул
5. обеспечивает осмотическое давление в цитоплазме
 - а-верно все
 - б-верно все, кроме 1
 - в-верно все, кроме 1,4
 - г-верно все, кроме 4

3. Укажите хронологическую последовательность стадий профазы мейоза I:

1. зиготена
2. диакинез
3. диплотена
4. лептотена
5. пахитена

4. Выберите правильный ответ: нуклеосома – это:

1. комплекс и-РНК с белком
2. гетерохроматин
3. малая субъединица рибосомы
4. витки ДНК вокруг молекул гистонов

5. Определите из какого клеточного клона образуются сомиты:

1. бластодермы
2. эктодермы
3. энтодермы
4. мезодермы

Вариант 10

1. Какие из перечисленных процессов соответствуют действительности:

1. АТФ используется во всех процессах, требующих энергию
2. АТФ из митохондрий выходит в цитоплазму
3. наибольшее количество митохондрий обнаруживается в биологически активных клетках
4. митохондрии способны перемещаться с током цитоплазмы в компартменты с высоким уровнем метаболизма
 - а-верно все
 - б-верно все, кроме 4
 - в-верно все, кроме 3

2. Установите связь между процессами и органоидами, реализующими их:

- | | |
|---|-------------------|
| 1. синтез гликопротеидов для гликокаликса | а-лизосомы |
| 2. депонирование ионов Са и Mg | б-гранулярный ЭР |
| 3. развитие воспаления | в-митохондрии |
| 4. формирование транспортных мембранных пузырьков | г-гладкий ЭР |
| 5. продукция антител плазматическими клетками | д-аппарат Гольджи |
| 6. детоксикация лекарственных препаратов | |

3. Определите процессы, происходящие в клетке в стадию телофазы митоза:

1. образование политенных хромосом
2. деконденсация хромосом
3. образование ядрышек
4. деление цитоплазмы

4. Укажите особенности: а-сперматогенеза б-овогенеза

1. начинается в эмбриогенезе
2. начинается при половом созревании
3. включает 4 периода
4. включает 3 периода
5. из одной исходной клетки образуется 4 гаметы
6. из одной исходной клетки образуется 1 гамета

5. Выберите правильные утверждения: гастрюляция – это...

1. образование многослойного зародыша
2. образование вторичной кишки
3. образование многоклеточного зародыша
4. образование хорды
5. образование первичной трубки

Вариант 11

1. Какое из утверждений, характеризующих мембрану, неверно:

1. содержит белки-ферменты для активного переноса веществ
2. интегральные белки прикрепляются к фибриллярным структурам цитоплазмы (микрофиламенты и микротрубочки)
3. периферические белки связаны с билипидным слоем непрочно
4. клеточная мембрана имеет ассиметричную структуру (внутренняя и внешняя стороны различимы)
5. углеродосодержащие части гликопротеидов и гликолипидов образуют над-мембранный слой (гликокаликс)
6. во внешней половине мембраны находятся рецепторы, регулирующие активность клетки
7. во внутренней половине мембраны присутствует холестерин
8. цитоплазматическая мембрана стабильна, неподвижна

2. Какие признаки характерны для гладкого ЭР:

1. образует промежуточные (транспортные) мембранные пузырьки
2. синтез гликопротеидов и холестерина
3. обновляется путем самовоспроизведения
4. детоксикация лекарственных препаратов
5. концентрация ионов Cl^- для синтеза HCl в желудочных клетках
6. депонирование ионов Mg^{++} для работы ферментов

3. Половое размножение прогрессивнее бесполого, потому что...

- 1.обеспечивает большую численность потомства
- 2.сохраняет генетическую стабильность вида
- 3.обуславливает разнообразие генетических вариантов

4.Установите соответствие между качественным или количественным состоянием хромосом и указанными клетками:

- | | |
|-------------------------|------------------|
| 1.конъюгация | а-гония |
| 2.униваленты | б-циты I порядка |
| 3.кроссинговер | в-полоциты |
| 4.конденсация хроматина | г-сперматиды |
| 5.биваленты | д-яйцеклетки |

5.Перечислите структуры, входящие в комплекс осевых органов зародыша:

- 1.вторичная кишка
- 2.хорда
- 3.сомиты
- 4.первичная кишка
- 5.бластопор
- 6.нервная трубка

Вариант 12

1.Установите связь между процессами и органоидами, реализующими их:

- | | |
|--|-------------------|
| 1.модификация компонентов клеточных мембран | а-митохондрии |
| 2.синтез ферментов для цикла Кребса | б-аппарат Гольджи |
| 3.соединение электронов Н и протонов с образованием воды | в-гранулярный ЭР |
| 4.синтез гормонов белковой природы | г-лизосомы |
| 5.утилизация клеточных структур | д-гладкий ЭР |
| 6.гликолиз (анаэробный этап энергетического обмена) | |

2.Какие функции несет

- 1.гранулярная ЭПС
- 2.агранулярная ЭПС
- а-энергетический обмен
- б-синтез ферментов для цикла Кребса
- в-синтез стероидов
- г-транспорт веществ
- д-регуляция мышечных сокращений
- е-компарментализация

3. «Эндорепродукция» – это процесс, при котором происходит...

- 1.деление ядра и цитоплазмы
- 2.разрушение ядерной оболочки
- 3.появление клеток с увеличенным количеством ДНК
- 4.появление клеток с уменьшенным количеством ДНК

4. Выберите правильный ответ: ядро – один из основных компонентов клетки, где осуществляется...

1. биосинтез белка
2. фотосинтез
3. синтез АТФ
4. образование рибосом
5. аутосинтез
6. гетеросинтез

5. Определите из какого клеточного пласта образуются сомиты

1. бластодермы
2. эктодермы
3. энтодермы
4. мезодермы

Вариант 13

1. Какими из перечисленных свойств обладает биологическая мембрана:

1. непроницаема для макромолекул
2. обеспечивает концентрацию ионов Na^{++} выше в межклеточной жидкости
3. обуславливает непрерывное поступление воды в цитоплазму
4. создает разность потенциалов
5. обеспечивает осмотическое давление в цитоплазме

2. Выбрать признаки, характерные для митохондрий:

1. имеет формирующую и зрелую поверхности
2. толщина элементарной мембраны ≈ 7 нм
3. содержит кислую фосфатазу
4. обновляется постоянно
5. на мембранах ДНК, РНК, рибосомы
6. воспроизводится делением
7. структурная единица - мембранные пузырьки с рибосомами

3. Для каких клеток характерен хромосомный комплекс пхс:

1. огоний
2. сперматоцит I порядка
3. 1-ое редукционное тельце
4. овоцит II порядка
5. сперматίδα
6. клетки лучистого венца

4. Подобрать ответы по соответствию:

Участки хромосом... это...

- | | |
|----------------------------|---|
| 1. кинетохоры | а-места образования ядрышек в интерфазе |
| 2. ядрышковые организаторы | б-центры организации микротрубочек |
| 3. центромеры | в-участки хромосом, отделенные вторичной перетяжкой |
| 4. теломеры | г-концевые участки плечей хромосом |
| 5. спутники и сателлиты | д-участки, располагающиеся на первичной перетяжке |

5.Перечислить в хронологической последовательности:

- 1.морфогенез
- 2.бластуляция
- 3.оплодотворение
- 4.имплантация
- 5.гаструляция
- 6.плацентация
- 7.формирование осевого комплекса
- 8.дифференциация

Вариант 14

1.Какое из перечисленных функций принадлежит гликокаликсу:

- 1.определяет форму клеток
- 2.осуществляет адгезивность (склеивание и удержание клеток)
- 3.обеспечивает избирательную проницаемость
- 4.рецепторная (подавление клеточной активности)
- 5.обеспечивает «узнавание» и образование клеточных комплексов
- 6.обеспечивает реакции отторжения и распознавания чужих антигенов
- 7.синтезирует на всей поверхности белки-переносчики

2. Определите принадлежность ферментов к определенным органоидам:

- | | |
|--------------------|-------------------|
| 1.цитохромы | а-лизосомы |
| 2.фосфолипазы | б-митохондрии |
| 3.гиалуронидаза | в-аппарат Гольджи |
| 4.флавопротеиды | г-ЭР |
| 5.протеазы | |
| 6.нуклеазы | |
| 7.кислая фосфатаза | |

3.В какой зоне гаметогенеза происходит мейоз:

- 1.зоне созревания
- 2.зоне роста
- 3.зоне формирования
- 4.зоне размножения

4.Выбрать структуры половых клеток (по соответствию):

- | | |
|----------------|-------------------------|
| 1.сперматозоид | а-дистальная центриоль |
| 2.яйцеклетка | б-вегетативный полюс |
| | в-зона серого серпа |
| | г-гаплоидное ядро |
| | д-зона pelucida |
| | е-локальные митохондрии |
| | ж-сегрегация цитоплазмы |

5. Укажите производные энтодермы:

1. эмаль зубов
2. эпителий желудка
3. кожные железы
4. эпителий легких
5. печень
6. глаза
7. гипофиз
8. поджелудочная железа
9. эпителий ротовой полости
10. гладкая мускулатура
11. щитовидная железа

Литература

1. Альбертс Б., Брей Д., Льюис Д., Робертс К., Уотсон Д. Молекулярная биология клетки в трех томах. – М.: Изд. «Мир». 1994. – 539 с.
2. Бочков Н.П., Захаров А.Ф., Иванов В.И. Медицинская генетика. – М.: Изд. «Медицина», 1984. – 366 с.
3. Грин Н., Стаут У., Тейлор Д. Биология. – М.: Изд. «Мир», 1996.
- Кемп П., Армс К. Введение в биологию. Пер. с англ. – М.: Изд. «Мир» 1989. – 671 с.
4. Лекции по генетике.
5. Лобашев М.Е. Генетика. – Л.: Изд. Ленинградского университета. 1967. – 751 с.
6. Орехова В.А., Лашковская Т.А., Шейбак М.П. Медицинская генетика 3-е издание. – Минск, Изд. «Высшая школа», 1999. – 124 с.
7. Пехов А.П. Биология и общая генетика. – М.: Изд. РУДН, 1994. – 439 с.
8. Приходченко П.П., Шкурят Т.П. Основы генетики человека. – Ростов на Дону, «Феникс», 1997. – 368 с.
9. Рувинский А.О., Общая биология. Учебник для 10-11 классов с углубленным изучением биологии. – М.: Изд. «Просвещение», 1993. – 543 с.
10. Самыкина Л.Н., Богданова Р.А., Шубина Т.В., Сказкина О.Я. Типы организации клеток. Многообразие клеток. Микроскопическая техника. Методические разработки для студентов. – Самара, 1999.
11. Слюсарев А.А. Биология с общей генетикой. – Киев. Изд. «Высшая школа». 1987. – 415 с.
12. Фогель Ф., Мотульский А. Генетика человека. Т. 2. – М., Изд. «Мир», 1989. – 376 с.
13. Шубина Т.В. Молекулярно-генетические аспекты наследственных болезней человека: Учебное пособие. – Самара, 2004. – 143 с.
14. Шубина Т.В., Самыкина Л.Н. Генетические, биологические и социальные аспекты пола. Методические разработки для студентов. – Самара, 2000.
15. Эфроимсон В.П. Введение в медицинскую генетику. – М. Изд. «Медицина» 1968. – 394 с.
16. Ярыгин В.Н. Биология. – М.: Изд. «Высшая школа». 2003. – 431 с.

Тираж 300 экз. Заказ №
Бумага ксероксная. Печать оперативная.
Объем – 8,4 усл. п.л. Формат 60 x 84/16

Отпечатано в типографии ООО «Инсома-пресс»
г. Самара, ул. Сов. Армии, 217