

Регуляция онтогенеза

Содержание

Введение

Генетическая регуляция развития организма

Контактное взаимодействие клеток

Эмбриональная индукция

Морфогенетические поля

Старость и старение

Список литературы

Введение

Почему и каким образом генотип реализуется в фенотип в виде тех или иных клеточных и системных процессов, в виде сложных пространственных и упорядоченных во времени онтогенетических преобразований?

При сравнении зиготы и половозрелой особи, которые, по сути, являются двумя разными онтогенетическими стадиями существования одного и того же организма, обнаруживаются очевидные различия, касающиеся по крайней мере размеров и формы. Начиная с XVII в. ученые пытались познать и объяснить процессы, приводящие к этим количественным и качественным изменениям особи.

Первоначально возникла гипотеза, согласно которой онтогенез рассматривали лишь как рост расположенных в определенном пространственном порядке предсуществующих структур и частей будущего организма.

В рамках этой гипотезы, получившей название преформизма, каких-либо новообразований или преобразований структур в индивидуальном развитии не происходит. Логическое завершение идеи преформизма заключается в допущении абсурдной мысли о "заготовленности" в зиготе и даже в половых клетках прародителей структур организмов всех последующих поколений, как бы вложенных последовательно наподобие деревянных матрешек.

Альтернативная концепция эпигенеза была сформулирована в середине XVIII в. Ф.К. Вольфом, впервые обнаружившим новообразование нервной трубки и кишечника в ходе эмбрионального развития. Индивидуальное развитие стали связывать целиком с качественными изменениями, полагая, что структуры и части организма возникают как новообразования из бесструктурной яйцеклетки. Биология: учебник: в 2 т./ Под ред. В.Н. Ярыгина. - М.; ГЭОТАР-Медиа, 2014. - Т.1. - 736 с.: ил.

В XIX в. К. Бэр впервые описал яйцо млекопитающих, в том числе и человека, а также зародышевые листки и обнаружил сходство плана строения зародышей различных классов позвоночных - рыб, амфибий, рептилий, птиц, млекопитающих.

Он же обратил внимание на преемственность в этапах развития - от более простого к более сложному. Бэр рассматривал онтогенез не как предобразование, не как новообразование структур, а как их преобразование, что вполне согласуется с современными представлениями.

Биология развития стремится выяснить степень и конкретные пути контроля со стороны генома и одновременно уровень автономности различных процессов в ходе онтогенеза. Не менее важны исследования конкретных онтогенетических механизмов роста и морфогенеза. К ним относятся следующие клеточные механизмы: пролиферация, или размножение клеток, миграция, или перемещение клеток, сортировка клеток, их запрограммированная гибель, дифференцировка клеток, контактные взаимодействия клеток (индукция и компетенция), дистантные взаимодействия клеток, тканей и органов (паракринные, гуморальные и нервные механизмы интеграции). Все эти процессы носят избирательный характер, т.е. протекают в определенных пространственно-временных рамках с определенной интенсивностью, подчиняясь принципу целостности развивающегося организма. Онтогенезом (от греч. *Ontos* - сущее и *genesis* - развитие) называют индивидуальное развитие каждой отдельной особи. Это сложный процесс формирования живого организма от зарождения до смерти. У одноклеточных онтогенез начинается с деления материнского организма на дочерние и продолжается до следующего деления дочернего организма. При бесполом размножении многоклеточных организмов онтогенез начинается с одной или группы соматических клеток, из которых формируется дочерний организм, и заканчивается смертью.

При половом размножении различают три периода индивидуального развития: генетический межклеточный онтогенез субстрат

1. Предзародышевый (проэмбриональный), или прогенез,- период формирования половых клеток и оплодотворение.
2. Зародышевый (эмбриональный) - период, проходящий с образования зиготы до выхода из яйцевых оболочек или рождения.
3. Послезародышевый (постэмбриональный) - включает развитие до половой зрелости (ювенильный период), взрослое состояние (репродуктивный период), пострепродуктивный

период, старение и смерть организма. В ювенильном периоде развитие может быть прямое (неличиночный тип) или с метаморфозом (личиночный тип).

Изменения на разных этапах онтогенеза происходят в различном темпе, наиболее интенсивны в эмбриогенезе, затем постепенно замедляются. Особенно в период половозрелости.

В конце репродуктивного периода естественным завершением онтогенеза является смерть особи.

Однако в основе онтогенеза каждого многоклеточного организма лежат общие механизмы роста и развития, осуществляющиеся через процессы деления клеток, их дифференцировки, морфогенетического движения. Два главных принципа онтогенеза - дифференциация (специализация его отдельных частей) и интеграция - объединение отдельных частей и подчинение их единому организму, проявляются

на всех этапах онтогенеза и на всех уровнях организма. Биология. Руководство к практическим занятиям: учебное пособие. Маркина В.В., Оборотистов Ю.Д., Лисатова Н.Г. и др. / Под ред. В.В. Маркиной. 2010. -

По современным представлениям в соматической клетке (бесполое размножение) или зиготе (половое размножение), из которых развивается новый организм, заложена определенная генетическая программа развития. В онтогенезе эта программа реализуется, определяя общее направление морфогенетических процессов, однако конкретная реализация осуществляется в зависимости от условий внешней среды, в пределах нормы реакции.

Генетическая регуляция развития организма

Гены регулируют и контролируют развитие организма на всех этапах онтогенеза. По современным представлениям ген можно определить, как единицу наследственной информации. Занимающую определенное положение в геноме или хромосоме и контролирующую выполнение определенной функции в организме.

Благодаря онтогенезу, происходящему в определенных условиях среды, наследственная информация воплощается в структуры и процессы. На основе генотипа формируется фенотип особи данного биологического вида. Так как естественный отбор происходит в живой природе по фенотипам, именно в развитии особи видоспецифического фенотипа заключается главное эволюционно значимое событие организменного или онтогенетического уровня.

Если иметь в виду вещественно-энергетическое и биоинформационное обеспечение онтогенеза особи, то следует сделать оговорку, что оно начинается до момента оплодотворения и образования зиготы и связано главным образом с женской половой клеткой. Последняя в ходе гаметогенеза (овогенеза) приобретает некоторые характеристики, которые будут использованы не ею самой, а начавшей индивидуальное развитие особью нового поколения. Одна из таких характеристик, пожалуй, наиболее известная, - образование в цитоплазме яйцеклетки большего или меньшего в зависимости от вида животного количества желтка, который используется как питательный материал в процессе развития потомка.

Функционально-генетическая активность ряда генов, проявляющаяся в их транскрипции и пост(после)транскрипционных изменениях первичного и(м)РНК транскрипта, во времени отнесена также к периоду до оплодотворения.

Образующиеся вследствие названной активности и(м)РНК организуют синтез важных для ранних стадий эмбриогенеза белков. Совокупность событий, происходящих в ово(оо)генезе, но в интересах процесса индивидуального развития нового организма, составляет содержание периода прогенеза - предзародышевого периода индивидуального развития Биология: учебник: в 2 т./ Под ред. В.Н. Ярыгина. - М.; ГЭОТАР-Медиа, 2014. - Т.1. - 736 с.: ил.

Экспрессия генов - это процесс реализации информации, закодированной в структуре ДНК, на уровне РНК и белков.

Генетическая регуляция контролирует весь ход индивидуального развития организма, начиная с образования гамет и кончая формированием систем,

регулирующих и координирующих рост и жизнедеятельность взрослого организма. В овогенезе в цитоплазме яйцеклетки синтезируются и откладываются материнские РНК, которые несут информацию о белках и контролируют развитие зародыша от зиготы до стадии бластулы. Гены зародыша начинают функционировать у позвоночных на разных стадиях дробления (например, у человека на стадии двух бластомеров), и продукты их деятельности начинают регулировать развитие зародыша. Таким образом, ранние этапы развития регулируются материнскими и зародышевыми генами. Начиная со стадии гаструлы, у позвоночных развитие организма регулируется только продуктами деятельности собственных генов зародыша.

Регуляция экспрессии генов в процессе развития организмов осуществляется на всех этапах синтезе белка, как по типу индукции, так и репрессии, причем контроль на уровне транскрипции определяет время функционирования собственных генов зародыша.

У всех многоклеточных от медузы до человека дифференцировка эмбриона вдоль переднезадней оси регулируется группой генов, называемой НОХ. Белки НОХ представляют собой факторы транскрипции, общим в структуре которых является гомеодомен, которым определяется специфичность их связывания с ДНК. Гомеодомен - содержащие гены - определяются по наличию характерной последовательности ДНК длиной 183 пары нуклеотидов (гомеобокса), кодирующей относительно консервативный участок белка длиной 61 а.о.(гомеодомен).

Поразительная особенность генов НОХ состоит в том, что они экспрессируются в том же порядке, в каком они расположены в геноме. Гены НОХ и кодируемые ими белки хорошо иллюстрируют такие основополагающие факторы об экспрессии генов в процессах развития, как комплексность и взаимодействие.

Ген ХУЗ в разных частях эмбриона может транскрибироваться с различными скоростями, и он может быть предрасположен к образованию альтернативных разновидностей транскриптов, и поэтому получается, что один кодирует целое семейство белков. Другой группой транскрипционных факторов, которые важны для раннего развития, когда они действуют как регуляторы органогенеза, являются белки РАХ. Они необходимы для поддержания плюрипотентности популяций стволовых клеток, т.е. они способны дифференцироваться во множество специализированных типов клеток. Гены РАХ1 РАХ9 экспрессируются при развитии позвоночного столба, зачатков конечностей и вилочковой железы (зобной железы, тимуса), где они демонстрируют перекрывающиеся паттерны экспрессии. Ген РАХ№ экспрессируется в раннем развитии у млекопитающих в спинной нервной трубке - области, в которой вырабатываются мигрирующие клетки нервного гребня. Они участвуют в развитии различных органов, включая сердце, периферические и брюшные нервные узлы, меланоциты и шванновские клетки. Функция РАХ6 оказывается ключевой в развитии глаза и зрения.

Контактное взаимодействие клеток

Механизмы, обеспечивающие соединение клеток и межклеточный обмен

информацией, сформировались в процессе эволюционного перехода от одноклеточного организма к многоклеточному. Межклеточные взаимодействия необходимы для координации активности, дифференцировки, подвижности и роста клеток в составе тканей и органов. Клетки, входящие в состав ткани, контактируют не только друг с другом, но и с внеклеточным матриксом, состоящим из волокон, белка, коллагена и желатиноподобного вещества, представленного гликопротеинами и протеогликанами. Внеклеточный матрикс объединяет клетки, обеспечивает физическую опору и среду, в которой они перемещаются и взаимодействуют. Физиология и основы анатомии: учебник / Под ред. А.В. Котова, Т.Н. Лосевой. 2011. - 1056 с. (Серия "Учебная литература для студентов медицинских вузов")

Наряду с обновлением клеточной популяции, в самих клетках постоянно наблюдается обновление внутриклеточных структур (внутриклеточная физиологическая регенерация).

Рост клеток проявляется в изменении их размеров и формы. Рост клетки не беспределен и определяется оптимальным ядерно - цитоплазматическим отношением.

Перемещения клеток. Миграция клеток наиболее характерна для периода гастрюляции. Миграция осуществляется с помощью нескольких механизмов. Так, различают хемотаксис - движение клеток в направлении градиента концентрации какого-либо химического агента. Гаптотаксис - механизм перемещения клеток по градиенту концентрации адгезионной молекулы. Контактное ориентирование - когда в какой-либо преграде остается один канал для перемещения. Контактное ингибирование - этот способ перемещения наблюдается у клеток ровного гребня. Миграция носит целенаправленный характер, клетки движутся не хаотически, а по определенным путям именно в те участки зародыша, где в последствии из них будут образовываться зрелые производные. Нарушения клеточной миграции, происходящие в период эмбриогенеза, приводят к формированию таких врожденных пороков развития, как гетеротопии и эктопии, т.е. к аномальной локализации органов или структур.

Механизмы межклеточного взаимодействия. Формирование и функционирование всех тканевых структур может происходить только на основе их взаимного узнавания и взаимной адгезии, т.е. способности клеток избирательно прикрепляться друг к другу или к компонентам внеклеточного матрикса. Клеточную адгезию реализуют специальные гликопротеины - молекулы адгезии - кадгерин, ламинин, коннексин и т.п. Физиология и основы анатомии: учебник / Под ред. А.В. Котова, Т.Н. Лосевой. 2011. - 1056 с. (Серия "Учебная литература для студентов медицинских вузов")

Механизмы взаимодействия клеток с субстратом. Они включают формирование рецепторов клетки к молекулам внеклеточного матрикса. К последним относят производные клеток. Среди которых наиболее изученными адгезионными молекулами являются коллаген, фибронектин, ламинин, тенасцин и т.п. Для осуществления связи мигрирующих клеток с межклеточным матриксом клетки

формируют специфические рецепторы. К ним относится, например, синдекан, который обеспечивает контакт эпителиоцита с базальной мембраной за счет сцепления с молекулами фибронектина и коллагена.

Дистантные межклеточные взаимодействия осуществляется путем секреции гормонов и факторов роста. Последние - это вещества, оказывающие стимулирующее влияние на пролиферацию и дифференцировку клеток и тканей.

Влияние положения бластомеров на их дифференцировку. На дифференцировку клетки влияет ее положение в определенном месте зародыша в определенное время. Наружные клетки формируют трофобласт, а внутренние - зародыш. Опыт по пересадке бластомеров показывает, что образование из бластомеров трофобласта или клеток зародыша определяется тем, где оказалась клетка - на поверхности или внутри группы клеток.

Гастрюляция начинается в конце второй недели развития и характеризуется появлением у клеток способности к перемещениям. С началом гастрюляции активируются первые тканеспецифические гены. Эмбриобласт расслаивается на эпибласт (слой цилиндрических клеток) и гипобласт (слой кубических клеток, обращенный к бластоцелю). Эпибласт и гипобласт вместе образуют двухслойный зародышевый диск (бластодиск). В дальнейшем на месте двухслойного зародышевого диска путём миграции и пролиферации клеток развиваются первичные зародышевые листки: эктодерма, мезодерма и энтодерма. Гипобласт. Формирование гипобласта (первичной энтодермы) происходит по каудально-краниальному градиенту. Обращенные к бластоцелю клетки вентральной части внутренней клеточной массы обособляются в тонкий слой - гипобласт. Клетки гипобласта выселяются из внутренней клеточной массы вследствие слабого адгезионного взаимодействия между ними. Интенсивно пролиферирующие клетки гипобласта перемещаются по внутренней поверхности трофобласта и формируют внезародышевую энтодерму прилегающей к трофобласту стенки желточного мешка. Гистология, эмбриология, цитология: учебник для вузов / Под ред. Э.Г. Улумбекова, Ю.А. Челышева - 3-е изд., - М.: ГЭОТАР-Медиа, 2012.

Перемещения клеток при гастрюляции

Гистология, эмбриология, цитология: учебник для вузов / Под ред. Э.Г. Улумбекова, Ю.А. Челышева - 3-е изд., - М.: ГЭОТАР-Медиа, 2012.

Эмбриональная индукция

Эмбриональная индукция - взаимодействие частей развивающегося зародыша, при котором один участок зародыша влияет на судьбу другого участка.

Эмбриональная индукция или механизмы дифференцировки были открыты 1901 г. при изучении образования зачатка хрусталика глаз у зародышей земноводных.

Гипотеза: существуют определенные клетки, которые действуют как организаторы на другие, подходящие для этой клетки. В условиях отсутствия клеток - организаторов такие клетки пойдут по другому пути развития, отличном от того, в котором они развивались бы в условиях присутствия организаторов.

Эксперимент: Г. Шпеман и его сотрудница Х. Мангольд открыли у зародышей амфибий "организатор". Контрольный эксперимент был проведен Хильдой Мангольд в 1921 г. Она вырезала кусочек ткани из дорсальной губы бластопора гастролы гребенчатого тритона со слабопигментированным зародышем. Она пересадила ее в вентральную часть другой гастролы близкого вида тритона обыкновенного, зародыш которого характеризуется обильной пигментацией. После пересадки у гастролы - реципиента из тканей трансплантата развивалась новая хорда и миотомы.

Из этого и подобных опытов следует несколько выводов. Во-первых, участок, взятый из спинной губы бластопора, способен направлять или даже переключать развитие того материала, который находится вокруг него, на определенный путь развития. Он как бы организует развитие зародыша как в обычном, так и нетипичном месте. Во-вторых, боковая и брюшная стороны гастролы обладают более широкими потенциями к развитию, нежели их презумптивное направление, так как вместо обычной поверхности тела в условиях эксперимента там образуется целый зародыш. В-третьих, достаточно точное строение новообразованных органов в месте пересадки указывает на эмбриональную регуляцию. Это означает, что фактор целостности организма приводит к достижению хорошего конечного результата из нетипичных клеток в нетипичном месте, как бы управляя процессом. Регулируя его в целях достижения этого результата.

Морфогенетические поля

Морфогенез - процесс образования структур и органов и преобразования их формы в процессе индивидуального развития организмов. Это, несомненно, самый сложный и упорядоченный природный процесс.

В классической эмбриологии под морфогенезом обычно понимают возникновение многоклеточных структур. У хордовых животных первые видимые морфогенетические события - закладка осевых органов - отмечаются в ходе нейруляции. Однако следует помнить, что индукционные взаимодействия групп клеток (зачатков), определяющие начальные этапы морфогенеза, осуществляются еще на стадии бластулы и ранней гастролы (см. п. 8.2.8). Таким образом, правомерно считать, что морфогенез на надклеточном уровне начинается со стадии бластулы. В период гастрюляции, как и во время нейруляции, перестройки охватывают весь зародыш. Следующие затем органогенезы представляют собой все более локальные процессы. Внутри зачатка каждого из формирующихся органов происходит дальнейшая последовательная дифференциация.

Параллельно с образованием многоклеточных структур формируются субклеточные и клеточные элементы. Происходят сложные цитодифференцировки, которые осуществляются путем координированной активности многих внутриклеточных образований - мембраны, микротрубочек и центров их организации, аппарата Гольджи и ряда других. Так, дифференцировка всасывающих клеток эпителия почек и кишечника связана со сборкой мощных пучков актиновых микрофиламентов, образующих структурную основу микроворсинок, размеры и строение которых

характеризуются высокой точностью (определенностью). Помимо этого, происходит перестройка клеточных мембран, определяющая их будущие функциональные свойства. Эти процессы, в свою очередь, сопровождаются синтезом и пространственной организацией макромолекул, в частности, образованием и встраиванием в плазмалемму белковых комплексов, обеспечивающих различные виды транспорта веществ. Таким образом, морфогенез представляет собой многоуровневый динамический процесс, который в конечном итоге приводит к формированию интегрированной сбалансированной (целостной) особи конкретного биологического вида.

Морфогенез как рост и клеточная дифференцировка относится к ациклическим процессам, т.е. не возвращающимся в прежнее состояние и по большей части необратимым. Главное свойство ациклических процессов - их пространственно-временная организация. Проблема формирования пространственной структуры развивающегося организма относится к одной из наиболее сложных в биологии. Система генов, регулирующих образование какого-либо органа или реализацию конкретного морфогенетического процесса, организована по иерархическому принципу. Так, в ходе онтогенеза происходит последовательная активация определенных групп генов, причем продукты ранее активированных генов влияют на экспрессию следующих групп. В генных каскадах существуют "гены-господа" ("мастер-гены"), активация которых инициирует процесс и включает экспрессию целого комплекса подчиненных "генов-рабов", что в конечном итоге и приводит к формированию определенной структуры.

Биология: учебник: в 2 т./ Под ред. В.Н. Ярыгина. - М.; ГЭОТАР-Медиа, 2014. - Т.1. - 736 с.: ил.

Таким образом, в геноме организмов содержится информация о развитии особи определенного вида и, кроме того, присутствуют гены, экспрессия которых может привести к формированию конкретных зародышевых листков, органов, тканей. В генотипе зиготы содержатся также аллели родителей, обладающие возможностью реализоваться в определенные признаки. Однако известно, что разноуровневая регуляция экспрессии генов (вспомним хотя бы альтернативный сплайсинг) приводит к тому, что результатом активности даже одних и тех же генов могут быть совершенно разные наборы конечных продуктов и, как следствие, множественность возможных путей развития.

Старость и старение

Старость представляет собой стадию индивидуального развития, по достижении которой в организме наблюдаются закономерные изменения в физическом состоянии, внешнем виде, эмоциональной сфере.

Старческие изменения становятся очевидными и нарастают в пострепродуктивном периоде онтогенеза. Различают хронологический и биологический (физиологический) возраст. Согласно современной классификации, основанной на оценке многих средних показателей состояния организма, людей, хронологический (паспортный, календарный) 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 проявляются в разном хронологическом возрасте и характеризуются различной скоростью нарастания. Кроме того, возрастные изменения даже одного признака подвержены значительным половым и индивидуальным колебаниям. Состояние старости достигается благодаря изменениям, составляющим содержание процесса старения. Этот процесс захватывает все уровни структурной организации организма - молекулярный, субклеточный, клеточный, тканевой, органный. Суммарный результат многочисленных частных проявлений старения на уровне целостного организма заключается в нарастающем с возрастом снижении жизнеспособности особи, уменьшении эффективности приспособительных, гомеостатических механизмов.

Признаки старения сердечно-сосудистой системы становятся заметными обычно в возрасте после 40 лет. Закономерные изменения наблюдаются в стенках сосудов: в них откладываются липиды, прежде всего холестерин, что наряду с другими структурными превращениями снижает эластичность и искажает ответы на различные стимулы, регулирующие кровообращение. Типично разрастание в стенках сосудов и сердца соединительной ткани, замещающей рабочую мышечную ткань. В результате снижается эффективность работы сердца, нарушается кровоснабжение тканей и органов. Так, кровоток по сосудам головного мозга 75-летнего человека по сравнению с 30-летним уменьшен на 20%.

В основе функциональных расстройств дыхательной системы лежит разрушение межальвеолярных перегородок, что сокращает дыхательную поверхность, разрастание в легких соединительной ткани, что снижает эффективность аэрогематического обмена кислорода. В итоге с возрастом падает жизненная емкость легких, которая к 75 годам достигает всего 56% от уровня в возрасте 30 лет.

Легко заметным изменением в системе пищеварения является потеря зубов. Падает эффективность функционирования пищеварительных желез, нарушения двигательной (моторной) функции кишечника нередко приводят к привычным запорам.

В процессе старения страдает функция мочевыделительной системы, снижается интенсивность фильтрации в почечных клубочках (на 31% в 75-летнем возрасте по сравнению с 30-летним), так же, как и обратное всасывание веществ из фильтрата в почечных канальцах. Ухудшение функции мочевого выделения объясняется гибелью с возрастом значительного количества нефронов (до 44% от уровня 30-летнего возраста), представляющих собой структурно-функциональные единицы почек.

Специального внимания заслуживают изменения в процессе старения со стороны мышечной системы и скелета. Снижается сила сокращений поперечнополосатой мускулатуры, быстрее развивается утомление, наблюдается атрофия мышц.

Характерная для стареющих людей перестройка костей заключается в разрежении их вещества (старческий остеопороз), что приводит к снижению прочности.

В процессе старения организма существенные изменения происходят в репродуктивной системе. При этом они затрагивают обе основные функции главных органов названной системы - половых желез: выработку гамет и образование

половых гормонов. У женщин овогенез прекращается по достижении ими менопаузы. Образование функционально полноценных сперматозоидов в мужском организме возможно, по-видимому, даже в преклонном возрасте.

Изменение гормонального профиля людей в связи с угасанием репродуктивной функции носит сложный характер. Распространено мнение о прогрессивном снижении с возрастом концентрации у мужчин тестостерона, а у женщин эстрадиола и прогестерона - главных мужского и женских половых гормонов. Напомним, что оба типа гормонов образуются организмами обоих полов, только в разном количестве. Указанные сдвиги сопровождаются повышением секреции эстрадиола и прогестерона у мужчин и тестостерона у женщин. Вместе с тем содержание фолликулостимулирующего гормона у 80-90-летних женщин выше в 14 раз, а лютеинизирующего гормона - в 5 раз, чем у 20-30-летних. Резко нарушено у старых людей соотношение названных гормонов гипофиза, что является важной причиной нарушения репродуктивной функции в целом. Картина усложняется также тем, что в процессе старения изменяется ответ ткани на половые гормоны в связи с сокращением количества клеточных рецепторов к ним.

ПРОЯВЛЕНИЕ СТАРЕНИЯ НА МОЛЕКУЛЯРНОМ, СУБКЛЕТОЧНОМ И КЛЕТОЧНОМ УРОВНЯХ

Молекулярные и клеточные проявления старения многообразны. Они заключаются в изменении показателей потоков информации и энергии, состояния ультраструктур дифференцированных клеток, снижении интенсивности клеточной пролиферации. Немаловажное значение при старении имеют изменения энергетики организма, в частности, давно отмечена обратная связь между продолжительностью жизни животных различных видов и удельной скоростью обмена веществ. Существует особое понятие энергетического жизненного потенциала, отражающего общее количество расходуемой за жизнь энергии. Его величина для млекопитающих (кроме приматов) составляет примерно 924 кДж/г, большинства приматов - 1924 кДж/г, лемура, обезьяны-капуцина и человека - 3280 кДж/г массы тела. Изменения потока энергии в процессе старения состоят в снижении количества митохондрий в клетках, а также падении эффективности их функционирования. Так, у взрослых крыс количество кислорода, потребляемое на 1 мг белка митохондрий, более чем в 1,5 раза выше, чем у старых животных. Важное свойство стареющего организма - смещение в процессах энергообеспечения функций соотношения между тканевым дыханием и гликолизом (бескислородный путь образования АТФ) в пользу последнего. Изменения в процессе старения ультраструктуры клеток затрагивают практически все органеллы, как общего, так и специального значения.

Список литературы

Реферат составлен на основе учебного пособия " Регуляция онтогенеза"

Автор - составитель

кандидат биологических наук, доцент Т.В. Солтыс

1. Биология: учебник: в 2 т./ Под ред. В.Н. Ярыгина. - М.; ГЭОТАР-Медиа, 2014. - Т.1. - 736 с.: ил.

2. Биология. Руководство к практическим занятиям: учебное пособие. Маркина В.В., Оборотистов Ю.Д., Лисатова Н.Г. и др. / Под ред. В.В. Маркиной. 2010. -
3. Биология: учебник: в 2 т./ Под ред. В.Н. Ярыгина. - М.; ГЭОТАР-Медиа, 2014. - Т.1. - 736 с.: ил.
4. Физиология и основы анатомии: учебник / Под ред. А.В. Котова, Т.Н. Лосевой. 2011. - 1056 с. (Серия "Учебная литература для студентов медицинских вузов")
5. Гистология, эмбриология, цитология: учебник для вузов / Под ред. Э.Г. Улумбекова, Ю.А. Челышева - 3-е изд., - М.: ГЭОТАР-Медиа, 2012.