

***Жизненный цикл клетки.  
Деление клетки. Митоз.  
Мейоз. Амитоз. Эндомитоз***

Медицинская академия им. С.  
И. Георгиевского ФГАОУ ВО «КФУ им. В.И. Вернадского»

Подготовила: Боровая Олеся Константиновна 210(1) -Л1  
курс 1

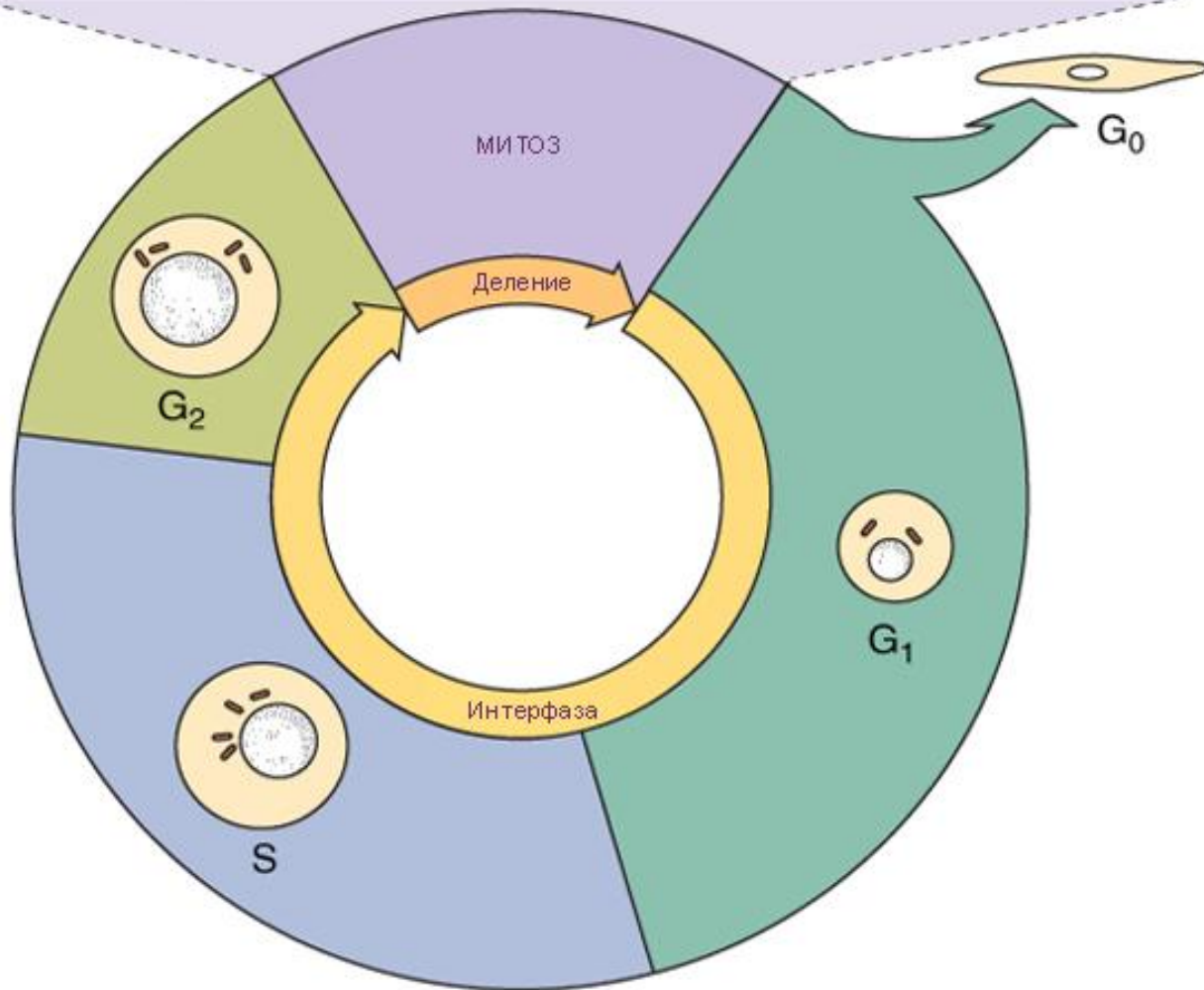
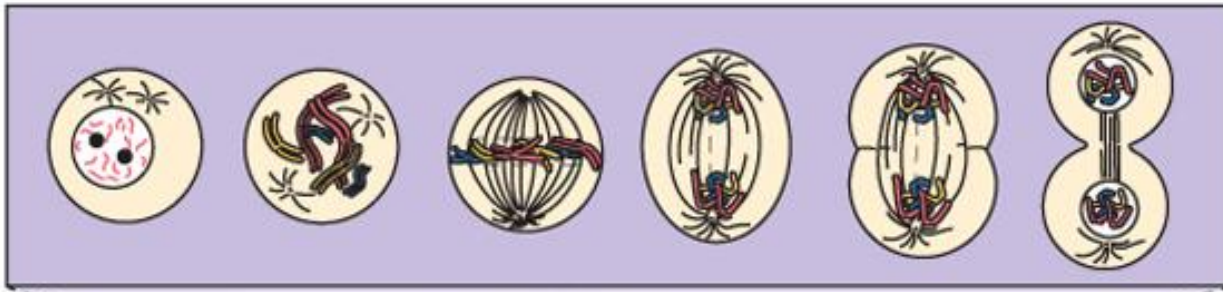
Факультет: Лечебное дело

Преподаватель: Смирнова Светлана Николаевна

# Жизненный цикл клетки

---

- – это время существования клетки от момента ее образования путем деления материнской клетки до собственного деления или естественной гибели. В это время дальнейшая клеточная судьба неопределенна: клетка может начать делиться (вступает в митоз) либо начать готовиться к выполнению специфических функций



- **Митотический цикл** – это совокупность процессов, происходящих в клетке от одного деления до следующего и заканчивающихся образованием двух клеток следующей генерации.
- Длительность его различна для различных организмов: для бактериальных клеток цикл может занимать 20-30 минут. Клетки многоклеточных организмов обладают разной способностью к делению.
- Если на ранних стадиях развития организма они делятся быстро, то во взрослом организме большей частью теряют эту способность. митотический цикл В типичном митотическом цикле эукариотической клетки выделяют интерфазу и митоз.

# Интерфаза

- В интерфазе выделяют 3 периода: 1. пресинтетический G1- ( $2n2c$ ) 2. период синтеза ДНК, синтетический S - ( $2n4c$ ) 3. постсинтетический, премитотический G2 - ( $2n4c$ )
- Пресинтетический период G1 - следует непосредственно за делением (за митозом) и характеризуется ростом клетки, активными процессами метаболизма, накоплением РНК, синтезом белков, необходимых для образования структур клеток. Клетка в этот период содержит диплоидный набор однохроматидных хромосом. Это наиболее длительный период: он может продолжаться от 10 часов до нескольких суток.
- S-период(с1) • В S-периоде, который длится обычно 6-10 часов, происходит главный процесс - репликация (удвоение) ДНК, т.е её синтез. • и продолжается синтез РНК и белков, начавшийся еще в G1-периоде: 1. происходит интенсивный синтез белков гистонов в цитоплазме и их перемещение в ядро, где они связываются с вновь синтезированной ДНК; 2. к концу периода каждая образовавшаяся хромосома состоит из двух сестринских хроматид, соединенных в области центромеры и сближенных между собой; 3. идет синтез р-РНК, которая используется уже в следующем G2 -периоде. 4. Удваиваются центриоли. Важно отметить, что удвоение ДНК митохондрий и пластид может по времени не совпадать с S-периодом. Оно происходит независимо от синтеза ядерной ДНК.

- 
- G<sub>2</sub> -период (пост-синтетический) • После полного удвоения хромосом наступает постсинтетический (иногда его называют премитотическим) G<sub>2</sub> -период. • В нем продолжаются синтезы РНК и белков (в это время синтезируются белки веретена деления). • Начинает формироваться фибриллярный ореол вокруг центролей (в животных клетках). • Запасается энергия. (синтезируется АТФ) • Клетка к концу G<sub>2</sub> -периода содержит диплоидный набор (2n) двуххроматидных хромосом т.е. количество ДНК — 4c Этот период обычно занимает 3-6 часов, после чего клетка переходит к митозу.
  - Митоз и его биологическое значение •

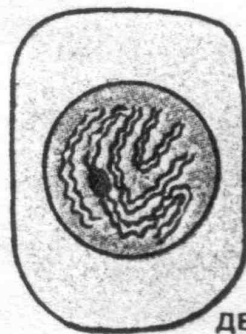
# Митоз и его биологическое значение

---

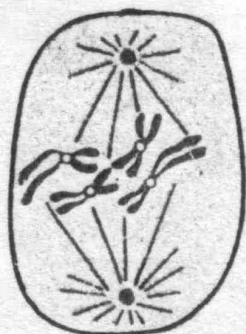
- Митоз – это непрямое деление клетки, при котором происходит точное распределение генетической информации между дочерними клетками. Митоз включает в себя два процесса — сложное деление ядра (кариокинез) и деление цитоплазмы и собственно клетки (цитокинез). Обычно эта фаза занимает около 10% времени всего клеточного цикла
- В карิโอкинезе различают 4 основных фазы: профазу, метафазу, анафазу и телофазу. Они непосредственно следуют друг за другом, и каждая предыдущая обуславливает переход к следующей.



Ядро  
неделяющейся  
клетки. Видно  
круглое  
ядрышко



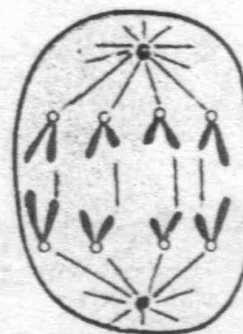
Профаза  
Видны  
центриоли,  
разошедшиеся  
к разным  
полюсам  
клетки, и  
двойные хромосомы



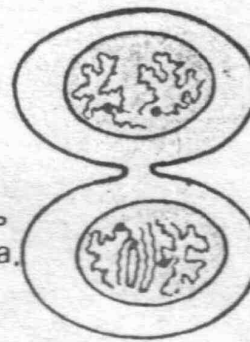
Метафаза  
Ядерная  
оболочка  
растворилась,  
видны нити  
веретена  
деления



Анафаза  
Хромосомы  
разошлись к  
полюсам клетки



Телофаза  
Ядро полностью разделилось  
Образовалась ядерная оболочка.  
Цитоплазма делится  
образованием перетяжки





- 1) Во время профазы митоза происходят следующие процессы: 1. распад ядерной оболочки, на мелкие мембранные пузырьки (за счет фосфорилирования белков ядерной ламины) 2. нарушение стабильности цитоскелета 3. распад ЭПС, Агольджи на фрагменты 4. исчезают ядрышки. Хроматин начинает спирализоваться (упаковываться) вследствие чего формируются хромосомы. При этом каждая из них состоит из двух хроматид, т. е. хромосомный набор диплоидный (2n), а количество ДНК — 4c) • К концу профазы центриоли расходятся к полюсам клетки. Образуется веретено деления из двух типов микротрубочек: • астральных- (отходят от центриолей во всех направлениях) и • полюсных- (отходят к экватору)
- 2) Различают раннюю метафазу или прометафазу: - происходит присоединение хромосом к полюсным микротрубочкам веретена деления с помощью белковых пластинчатых структур в области центромер называемых кинетохорами, на каждой хромосоме по два кинетохора - по одному на каждую сестринскую хроматиду. - хромосомы начинают двигаться к экватору клетки и выстраиваются по экватору веретена деления, образуя метафазную пластинку. • Содержание генетического материала не изменяется. - хромосомы максимально спирализуются; В животных клетках хромосомы располагаются так, что центромерные участки обращены к центру веретена, а плечи — к периферии. Такое расположение хромосом носит название «материнской звезды». • В растительных клетках такого упорядоченного расположения нет. • К концу метафазы завершается процесс обособления сестринских хроматид. Их плечи лежат параллельно друг другу, видна разделяющая их щель. Контакт между ними сохраняется только в области центромеры

- 3) В анафазе выделяют два этапа А и В. • Во время анафазы А движение хроматид осуществляется за счет сокращения кинетохорных микротрубочек. А в анафазе В за счет удлинения полюсных и астральных микротрубочек полюса деления клетки отодвигаются дальше, что и формирует дополнительные тянущие силы и способствует расхождению хроматид к полюсам. С этого момента их называют дочерними хромосомами. • Анафаза — самая короткая стадия митоза (несколько процентов от всего времени). В результате анафазы на разных полюсах клетки оказываются два идентичных диплоидных набора однохроматидных хромосом
- 4) Телофаза. Она начинается с остановки хромосом и кончается реконструкцией нового интерфазного ядра. Хромосомы деконденсируются, увеличиваются в объеме. В местах их контактов с мембранными пузырьками цитоплазмы строится новая ядерная оболочка. После ее замыкания формируется ядрышко. Митотическое веретено (веретено деления) разрушается

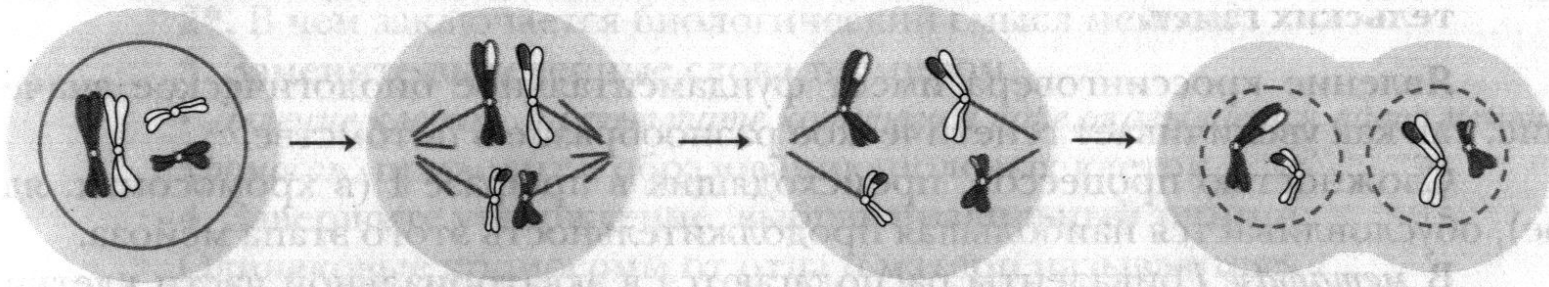
- 
- За телофазой обычно следует цитокинез. Если он не происходит, то образуются многоядерные клетки (эндосперм растений, плазмодий миксомицетов). • При делении клеток животных строго в экваториальной плоскости веретена деления закладывается перетяжка. Она углубляется до тех пор, пока не образуются две клетки. Важную роль при этом играет цитоскелет. Клеточные органоиды распределяются достаточно произвольно
  - Таким образом, в результате митотического деления происходит точное воспроизводство генетического материала и его равномерное распределение между дочерними клетками, что обеспечивает постоянство кариотипов особей вида и генетическую преемственность в многочисленных поколениях клеток. Это имеет огромное положительное значение для закрепления полезных признаков и свойств в ряду поколений • В то же время митоз закрепляет и отрицательные качества. Такая консервативность препятствует эволюционным изменениям. • Митоз обуславливает важнейшие явления жизнедеятельности: рост, развитие и восстановление тканей и органов, а также лежит в основе бесполого размножения организмов.

# Мейоз

---

- Мейоз – это форма ядерного деления, которая сопровождается уменьшением числа хромосом с диплоидного ( $2n$ ) до гаплоидного ( $n$ ). При этом делении в родительской клетке происходит однократное удвоение хромосом (репликация ДНК, как во время митоза), после которого следуют два цикла клеточных и ядерных делений (первое и второе деление мейоза).
- Второе деление мейоза происходит практически сразу же за первым и ДНК в интервале между ними не синтезируется (по сути между первым и вторым делениями нет интерфазы).

## Мейоз I



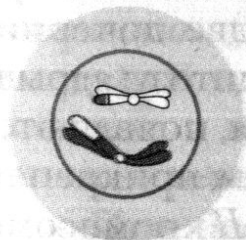
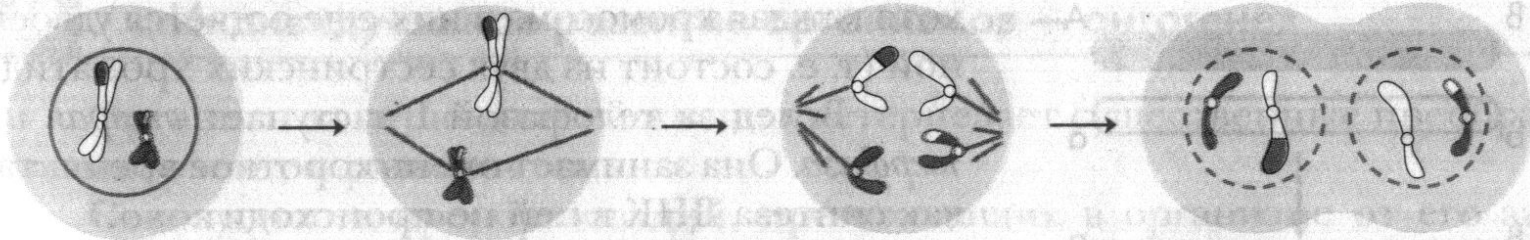
Профаза I

Метафаза I

Анафаза I

Телофаза I

## Мейоз II



Профаза II

Метафаза II

Анафаза II

Телофаза II

# Первое мейотическое деление

- Из диплоидных клеток ( $2n$ ) образуются гаплоидные ( $n$ ). Он начинается из профазы I, в которой, также как и в митозе, происходит упаковка наследственного материала (спирализация хромосом). Одновременно гомологические (парные) хромосомы сближаются одинаковыми участками – происходит конъюгация. В результате конъюгации образуются пары хромосом – биваленты. Каждая хромосома, вошедшая в мейоз, состоит из двух хроматид и имеет удвоенный наследственный материал, потому бивалент состоит из 4 нитей. Когда хромосомы находятся в конъюгированном состоянии, их дальнейшая спирализация продолжается. Отдельные хроматиды гомологических хромосом переплетаются и перекрещиваются (процессы конъюгации и кроссинговера)
- В дальнейшем гомологические хромосомы отталкиваются и немного расходятся, потому в местах переплетения хроматид может произойти их разрыв. Как результат в процессе возобновления разрывов у хроматиды гомологических хромосом происходит обмен соответствующими участками. В итоге перешедшая от родителя к данному организму хромосома, содержит часть материнской хромосомы, и наоборот.

- После кроссинговера уже изменённые хромосомы, то есть с другими объединениями генов, расходятся. Поскольку кроссинговер является процессом закономерным, он каждый раз приводит к обмену разными по размеру участками и, таким образом, обеспечивается эффективная рекомбинация материала хромосом гамет.
- В метафазе I завершается формирование веретена деления. Его нити крепятся к центромерам хромосом, которые соединены в биваленты так, что от каждой центромеры отходит лишь одна нить к одному из полюсов клетки. В результате с помощью связанных с центромерами гомологических хромосом нитей биваленты располагаются по экватору веретена деления.
- В анафазе I гомологические хромосомы рассоединяются и расходятся к полюсам клетки .
- В телофазе I возле полюсов веретена собирается одинарный (гаплоидный) набор хромосом, в котором каждый их вид представлен уже не парой, а одной хромосомой, состоящей из двух хроматид. В короткой по длительности телофазе возобновляется оболочка ядра, а материнская клетка делится на две дочерние.
- Таким образом, благодаря образованию бивалентов при конъюгации гомологических хромосом в профазе I мейоза создаёт условия для дальнейшей редукции количества хромосом. Формируется гаплоидный набор в гаметах, который обеспечивается расхождением в анафазе I не хроматид, как в митозе, а гомологических хромосом, которые ранее были

# Второе мейотическое деление

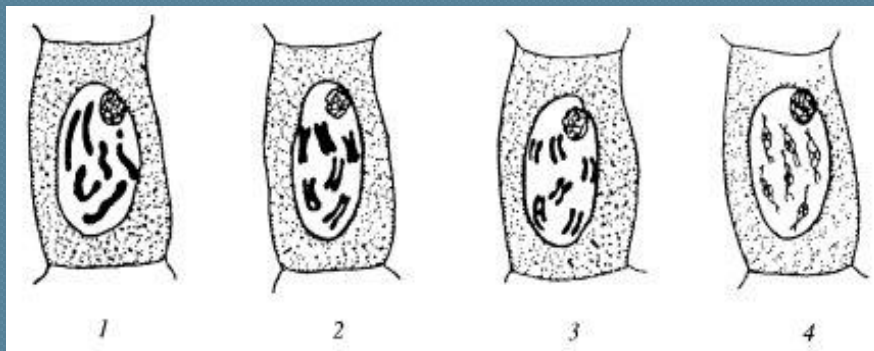
- Второе мейотическое деление происходит сразу же после первого и подобно обычному митозу, но клетки, которые делятся, содержат гаплоидный набор хромосом.
- Профаза II недлительна.
- В метафазе II снова образуется веретено деления, хромосомы располагаются в экваториальной плоскости, а центромеры соединяются с микротрубочками веретена деления.
- В анафазе II их центромеры рассоединяются и каждая хроматида превращается в самостоятельную хромосому. Дочерние хромосомы, которые отделяются друг от друга, направляются к полюсам клетки.
- В телофазе II завершается расхождение хромосом и клетки делятся: из двух гаплоидных клеток образуются четыре гаплоидные дочерние клетки.
- **Значение мейоза.** Благодаря редукционному делению регулируется непрерывное увеличение числа хромосом в процессе слияния гамет. Если бы не было этого механизма, то во время полового размножения число хромосом удваивалось бы из поколения в поколение.
- Обеспечение большого разнообразия генетического состава гамет как в результате кроссинговера, так и в результате различного объединения отцовских и материнских хромосом при их расхождении в анафазе I мейоза. Это обеспечивает разнообразие и разнокачественность потомства во время полового размножения.



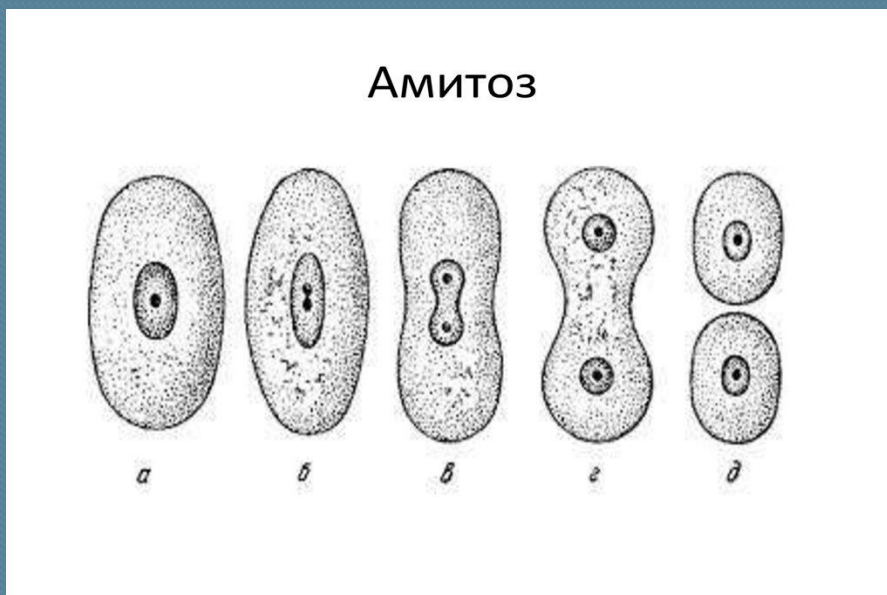
# ЭНДОМИТОЗ

- процесс удвоения числа хромосом в ядрах клеток многих протистов, растений и животных, за которым не следует деления ядра и самой клетки. В процессе эндомитоза (в отличие от многих форм митоза) не происходит разрушения ядерной оболочки и ядрышка, не происходит образование веретена деления и не реорганизуется цитоплазма, но при этом (как и при митозе) хромосомы проходят циклы спирализации и деспирализации. Повторные эндомитозы приводят к возникновению полиплоидных ядер, отчего в клетке увеличивается содержание ДНК. Также эндомитозом называют многократное удвоение молекул ДНК в хромосомах без увеличения числа самих хромосом; как результат образуются политенные хромосомы. При этом происходит значительное увеличение количества ДНК в ядрах.

**Значение:** Генетическое и функциональное значение эндомитоза заключается в увеличении копийности (т.е. числа копий) генов. За счет этого клетка может получить больше продуктов этих генов (белков) и + увеличивается генетическая стабильность, т.к. при мутации одного гена остается еще масса неповрежденных копий этого гена. Это тупиковый путь регуляции экспрессии генов, поэтому он довольно редко встречается в природе. Т.е. увеличение количества белков - продуктов генов достигается не интенсивно, не путем увеличения экспрессии генов, а экстенсивно, путем увеличения количества копий генов. И стабильность генома достигается тоже экстенсивно (путем увеличения количества копий генов), а не путем совершенствования системы репарации.



- Рис.1 –  
ЭНДОМИТОЗ
- Рис.2 –  
АМИТОЗ



# АМИТОЗ

---

- **Прямое деление или 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 перетяжкой ядро (или инвагинацией). Может быть множественное деление ядра, как правило, 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. 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 органа (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).

- **Аномалии митотического цикла.** Митотический ритм, обычно адекватный потребности восстановления стареющих, погибших клеток, в условиях патологии может быть изменен. Замедление ритма наблюдается в стареющих или маловаскуляризированных 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.

