

### Лекция 3. Клетка, как единица биологической жизни. Строение клетки

#### 1. Основные положения клеточной теории.

#### 2. Основные органоиды клетки.

##### 1. Основные положения клеточной теории

Клетка – структурная и функциональная единица живой материи. Это целостная система, способная к самостоятельному существованию и самовоспроизведению. Впервые клетки увидел в XVII в. с помощью светового микроскопа английский биолог Роберт Гук, который и предложил назвать обнаруженную им структуру клеткой. По мере совершенствования оптических приборов, в первую очередь микроскопа, появлялись все более подробные описания клеток, как растительных, так и животных. Немецкие ученые М.Шлейден и Т. Шванн в XIX в. на основе анализа имеющихся данных создали клеточную теорию. Ее основные положения:

- все организмы состоят из одинаковых частей – клеток;
- клетки образуются и растут по одним и тем же законам;
- клетки вполне самостоятельные структуры, но они могут функционировать согласованно, образуя ткани.

Несколько позднее клеточная теория была дополнена положением, сформулированным немецким биологом Р.Вирховом: «всякая клетка образуется лишь из клетки».

Все живые организмы имеют клеточное строение, но число клеток может быть различно. Все клетки имеют единый план строения. По наличию или отсутствию ядра они делятся на два типа: *эукариотические* – наследственный материал сосредоточен в оформленном ядре, отделенном от цитоплазмы мембраной, и *прокариотические* – у которых молекула ДНК свободно расположена в цитоплазме. У небольшого числа видов клетки *мезокариотические* – есть ядро, но упаковка молекул ДНК иная, нежели у эукариот. Различаются прокариотические клетки и по ряду других признаков.

В то же время в пределах каждого типа, как прокариот, так и эукариот, наблюдается не только сходство, но и разнообразие строения клеток. Так, у прокариот существуют структуры, обеспечивающие жизнедеятельность клетки – рибосомы, цитоплазма, мембраны, мезосомы, они имеют одинаковое строение и отвечают за обязательные функции клетки. Разнообразие же строения прокариотических клеток связано с эволюцией приспособления к различным местообитаниям. У эукариот также наблюдается гомологичность клеток, однако различия в строении связаны со специализацией в связи с выполнением определенных функций.

##### 2. Основные органоиды клетки

Цитоплазма клеток состоит из жидкой вязкой гиалоплазмы, в которую погружены многочисленные мембранные и немембранные органоиды, каждый из которых выполняет определенные функции. Характерной особенностью строения клеток является наличие более или менее сложной системы мембран. Периферическая часть цитоплазмы представляет собой периферическую цитоплазматическую мембрану, или плазмалемму. Ее главная функция – регуляция обмена веществ между клеткой и наружной средой или между соседними клетками. Здесь же находятся рецепторы, воспринимающие внешние сигналы. Внутриклеточные мембраны делят объем клетки на многочисленные отделы – компартменты, предназначенные для определенных метаболических циклов. Ряд мембран, например в митохондриях и хлоропластах, обеспечивают протекание реакций, связанных с движением электронов по цепи переносчиков.

Клеточные мембраны обладают избирательной проницаемостью, это свойство определяется их химическим составом и строением. Мембраны состоят из белков (60%), липидов (40%) и небольшого числа углеводов. Белки в мембране выполняют структурную, каталитическую и рецепторную функцию. Некоторые белки наряду со структурными функциями выполняют функции переносчиков, транспортируя в клетку некоторые вещества. Состав ферментов в мембране достаточно специфичен и зависит от выполняемых клеткой функций. Ряд белков связан с разветвленными в виде «антенны» молекулами углеводов, их функция – распознавание внешних сигналов, что важно для адекватной ориентации клетки и ответа на раздражение.

Липиды, входящие в состав мембраны, разнообразны по строению и свойствам. Одной из важнейших особенностей их строения является наличие двух разнокачественных группировок: гидрофобных неполярных остатков молекул жирных кислот и полярных гидрофильных участков, представленных остатками фосфорной, серной кислот или остатками сахароз. Молекулы липидов уложены в мембране достаточно рыхло, что делает ее более «жидкой» и функционально активной. При нарушении целостности мембран они до определенной степени могут восстанавливаться.

Транспорт веществ через мембрану может быть пассивным, т.е. происходить без затраты энергии или активным – с использованием энергии АТФ. Пассивный транспорт представлен движением по градиенту электрохимического потенциала (ЭХП), облегченной диффузией и массовым потоком. Однако большинство веществ проникает через мембраны при помощи особых переносчиков (чаще всего это белки или комплексы белков и липидов), которые благодаря конформационным изменениям перемещают вещества с одной стороны мембраны на другую – облегченная диффузия. Переносчики обеспечивают как «вход» в клетку, так и «выход»

из нее. В пределах ткани клетки плотно прилегают друг к другу и между ними формируются многочисленные поры, образованные при низывающими мембрану белками — коннексонами. Через эти поры проходят низкомолекулярные соединения вместе с током воды (массовый поток). Таким способом, вероятно, осуществляется и координация согласованных действий множества клеток в пределах ткани, в частности более или менее синхронное деление соседних клеток.

Активный транспорт связан с наличием в мембране так называемых «ионных насосов» — особых молекул белка, для работы которых необходима энергия АТФ.

Наиболее изучена работа калий–натриевого насоса, действующего на мембране животных клеток: он закачивает в клетку калий и выкачивает натрий, такой процесс называется антипортом. В том случае, если одновременно два иона движутся в клетку или из клетки — это симпорт. У растений обнаружены ионные насосы, закачивающие в клетку сульфат–ионы.

Крупные молекулы не могут проникать через мембраны, и они попадают в клетку посредством эндоцитоза. Мембрана образует впячивание (углубление), которое отшнуровывается и формирует пузырек с захваченными веществами, он передвигается по клетке, и при необходимости окружающая его мембрана разрушается. Известны два типа эндоцитоза: фагоцитоз и пиноцитоз. Фагоцитоз — захват и поглощение твердых частиц, иногда целых клеток или их фрагментов.

Впервые этот процесс, был описан и изучен великим русским ученым И.И.Мечниковым. Фагоцитоз играет важную роль во внутриклеточном питании простейших и низших беспозвоночных, а также в работе лейкоцитов. Поглощение растворенных веществ — пиноцитоз, если поглощаемые капли очень мелкие, процесс называется микропиноцитозом, он отмечен у растений, амёб в клетках печени и почек. Плазматическая мембрана принимает участие и в выведении веществ из клетки — экзоцитозе, это основной механизм работы, в частности секреторных клеток.

Снаружи на мембране многих клеток находится слой гликокаликса, состоящий из молекул полисахаридов. Он выполняет рецепторную функцию, создает отрицательный заряд на поверхности клеток, например эритроцитов, играет важную роль в формировании межклеточных контактов.

Для нормального функционирования тканей необходимо наличие связей между клетками. Межклеточные контакты представлены несколькими видами:

- целевой контакт — пространство между двумя клетками заполнено водой или рыхло расположенными белками;
- замковый контакт — характерен для клеток с извилистыми оболочками, когда углубления одной соответствует выступам другой;
- контакты с участием цитоплазмы, десмосомы у животных и плазмодесмы у растений, десмосомы представляют гомогенный тяж цитоплазмы, проходящий из одной клетки в другую; в составе плазмодесмы имеется выстилающий канал слой плазмалеммы, а по центру проходит тяж неструктурированной гиалоплазмы.

Цитоплазматические мембраны могут иметь на поверхности микроворсинки, которые увеличивают поверхность контакта с внешней средой, реснички — их функция питание или перемещение, жгутики — обычно немногочисленные, с функцией движения.

Клетки растений, прокариот и грибов поверх мембраны и гликокаликса имеют прочную клеточную стенку, являющуюся производным цитоплазмы. Клеточная стенка растений состоит из полимерных углеводов: целлюлозы, гемицеллюлоз и пектина. Клетки некоторых тканей (механических, покровных, проводящих) имеют оболочки, пропитанные специфическими соединениями — лигнином (одревеснение), суберином (опробковение), кутином (кутинизация) и минеральными веществами (минерализация). Эти процессы приводят к увеличению прочности клеточной стенки и повышают ее защитные свойства. Многие клетки растений выполняют свои функции, не имея живого содержимого: механическая ткань — склеренхима, проводящая — ксилема, покровная — пробка.

У бактерий клеточная стенка состоит из муреина, в котором помимо углеводов находятся липиды и белки. У некоторых животных и грибов в состав клеточной стенки входят гликопротеид муцин или полисахарид хитин. Клеточные стенки выполняют защитную и формообразовательную роль, функцию медиатора между внешней средой и клеткой, в корне растений — роль коллектора, собирающего и частично регулирующего поступление веществ из почвы.

Гиалоплазма представляет бесструктурный коллоидный раствор, содержащий до 90% воды, в котором находятся крупные органические молекулы, ионы и небольшие органические молекулы (аминокислоты, сахара и др.), низкомолекулярные соединения образуют истинный раствор. Гиалоплазма заполняет все промежутки между органоидами клетки, она не только хранилище множества молекул, в ней осуществляются многие важнейшие метаболические процессы — гликолиз, синтез аминокислот, жирных кислот, нуклеотидов. В некоторых клетках цитоплазма способна к движению. Известны несколько типов движения: ротационное по кругу, колебательное, струйчатое и фонтанирующее. Важную роль в подвижности цитоплазмы играют микрофиламенты, микротрубочки, белковые жгутики.

Движение цитоплазмы обеспечивает равномерное перемещение веществ и органоидов в пределах клетки.

### **Органоиды клетки**

Органоиды клетки – специализированные структуры, выполняющие определенные функции. Их можно разделить на две группы: мембранные, отделенные одинарной или двойной мембраной от гиалоплазмы и немембранные. К первой группе относятся эндоплазматическая сеть или эндоплазматический ретикулум, аппарат Гольджи, лизосомы, микротельца, вакуоли, митохондрии и пластиды, ко второй – микротрубочки, микрофиламенты, центриоли, рибосомы.

Рассмотрим подробнее:

#### Мембранные органоиды.

Эндоплазматическая сеть, эндоплазматический ретикулум (ЭПС, ЭПР) — сложная система канальцев и полостей, ограниченных однослойной мембраной.

ЭПС связана с мембраной ядра. В клетке различают два типа ЭПС –гладкая или агранулярная и шероховатая или гранулярная, с закрепленными на ее поверхности рибосомами. ЭПС в клетке выполняет следующие функции:

- транспортирует вещества, в первую очередь белки, синтезирующиеся в рибосомах;
- в гладкой ЭПС синтезируются углеводы и липиды;
- обеспечивает компартментализацию клетки, т.е. ее разделение на отдельные объемы — компартменты, где протекают противоположные процессы.

Аппарат Гольджи (АГ) состоит из двух структур: стопки уплощенных мешочков – диктиосом или цистерн и пузырьков или везикул, отделяющихся от ветвящихся концов диктиосом. Аппарат Гольджи тесно связан с ЭПС, цистерны постоянно восстанавливаются путем слияния пузырьков, отделяющихся, по-видимому, от гладкой ЭПС. Функции АГ:

- транспорт веществ, в первую очередь липидов и углеводов;
- химическая модификация транспортируемых веществ, особенно важная для секреторных клеток;
- обеспечение роста клеток: после митоза АГ поставляет пластические вещества для построения мембраны и клеточной стенки;
- секретирует слизистые вещества клеток эпителия кишечника, корневых волосков растений, листьев насекомоядных растений;
- участвует в образовании лизосом.

Лизосомы — наиболее мелкие мембранные органоиды мешковидной формы, ограниченные однослойной мембраной. Внутри лизосом находится комплекс ферментов, участвующих в разрушении полимерных молекул. Особенно много лизосом в клетках способных к фагоцитозу. Функции лизосом:

- гетерофагия — внутриклеточное (губки, моллюски) или внутритканевое пищеварение;
- аутофагия – разрушение отмерших органоидов, целых клеток или даже органов, например, исчезновение хвоста у головастика лягушки –результат лизиса;
- разложение запасных питательных веществ в семенах растений или клетках жирового тела насекомых;
- образование вместе с эндоцитозными пузырьками пищеварительных вакуолей, называемых вторичными лизосомами;
- при необходимости обеспечение автолиза – саморазрушения клетки.

Микротельца – мелкие пузырьки, окруженные однослойной мембраной, производные ЭПС. Иногда внутри заметно кристаллическое ядро белковой природы. В зависимости от выполняемых функций микротельца представлены пероксисомами и глиоксисомами. В пероксисомах содержится фермент каталаза, разрушающий токсичный для клетки пероксид водорода. В листьях они вместе с митохондриями и хлоропластами участвуют в процессе фотодыхания. Глиоксисомы связаны с обменом липидов. Они содержат фермент, обеспечивающий превращение запасных липидов в углеводы при прорастании семян.

Митохондрии – органоиды клетки, осуществляющие аэробное дыхание. Часто митохондрии называют энергетическими станциями клетки. Число митохондрий колеблется от одной гигантской (амеба), до нескольких сотен; форма их может быть спиральной, округлой, вытянутой, чашевидной и даже разветвленной. От цитоплазмы митохондрии отделены двумя мембранами, внутренняя из которых образует многочисленные выросты – кристы. Пространство между кристами заполнено матриксом, содержащим различные ферменты, нуклеиновые кислоты, рибосомы.

Пластиды присутствуют только в растительных клетках. После ядра это самые крупные структуры клетки. Известны три типа пластид: лейкопласты, хромопласты и хлоропласты. Лейкопласты не содержат пигментов, выполняют запасную функцию. Большое число лейкопластов находится в корнях, семенах, клубнях, листьях. Хромопласты окрашены в желто-оранжевые тона, так как содержат пигменты из группы каротиноидов.. Именно хромопласты определяют желтую, оранжевую, красную окраску плодов, цветков, ли-

стве. В зеленых листьях их окраска маскируется хлорофиллом и только осенью после разрушения зеленого пигмента может проявляться.

Наиболее важную роль в клетке растений играют хлоропласты, содержащие зеленые пигменты – хлорофиллы и маскируемые ими каротиноиды. Хлоропласты имеют форму двояковыпуклой линзы, они окружены двойной мембраной, внутренний слой которой образует выросты различной длины – ламеллы. На ламеллах расположены мелкие уплощенные пузырьки мембранного строения – тилакоиды, сложенные в стопки – граны. В матриксе хлоропластов сосредоточены ферменты, участвующие в синтезе органических соединений, там же находятся молекулы нуклеиновых кислот и рибосомы. Таким образом, **хлоропласты так же как и митохондрии способны к автономному синтезу белка** и относительно генетически независимы.

Вакуоль у растений представляет полость, ограниченную мембраной –тонопластом. В ней содержится раствор минеральных солей и низкомолекулярных органических веществ: аминокислот, органических кислот, пигментов, дубильных веществ, алкалоидов и т.д. Вакуоль определяет осмотические свойства клетки, в ней содержится пигменты группы антоцианов, от которых зависит синяя, розовая, малиновая окраска. Вакуоли содержат продукты метаболизма клетки, в том числе и такие, которые предохраняют растение от поедания животными, например танины, млечный сок.

У животных вакуолярная система развита слабо, она представлена немногочисленными мелкими пищеварительными, сократительными, и др. пузырьками.

#### Немембранные органоиды.

Опорно-двигательная система клетки представлена микрофиламентами и микротрубочками. Цитоскелет, образованный комплексом микрофиламентов, определяет форму клетки, участвует в делении, внутриклеточном транспорте веществ и отдельных органоидов. Микрофиламенты – это тонкие цепи белка актина, способного к сократительным движениям. Микротрубочки имеют более сложное строение: девять наружных дублетов (двойных микротрубочек, состоящих из белка тубулина) образуют футляр внутри которого расположены две одиночные трубочки.

Микротрубочки принимают участие в работе жгутиков и ресничек, у растений – в формировании клеточной стенки в процессе цитокинеза.

Центриоли – небольшие полые цилиндры, встречаются в клетках животных и низших растений. Стенки центриолей построены из микротрубочек. Центриоли обеспечивают расхождение хромосом к полюсам при делении.

Рибосомы – небольшие органоиды, имеющие сферическую или грибовидную форму. Число рибосом в одной клетке может достигать 10 000. Каждая рибосома состоит из двухчастей – малой и большой. Химический состав рибосом стабилен: они содержат 50% белка и 50% рибосомальной РНК (рРНК). Отдельные рибосомы, объединяясь в группы, образуют полисомы. Рибосомы находятся в цитоплазме, на ЭПС, в ядре, митохондриях, хлоропластах. Функция рибосом – обеспечение протекания одного из этапов синтеза белка – трансляции.

#### Ядро, строение, функции

Ядро – наиболее крупная структура, присутствующая почти во всех живых клетках эукариот. Исключение составляют клетки проводящих элементов флоэмы, эритроциты. У некоторых организмов в клетках находятся два и более ядра, но в основном клетки одноядерные. Обычно ядро имеет шаровидную или яйцевидную форму. Его содержимое отделено от цитоплазмы оболочкой, состоящей из двух мембран и пронизанной порами. Поры необходимы для трансмембранного передвижения крупных полимерных молекул. Наружная Мембрана ядра соединена с мембраной ЭПС. Внутри ядра находится гелеобразный матрикс, называемый кариплазмой, хроматин и ядрышко. Хроматин состоит из многих витков ДНК, присоединенных к особым белкам – гистонам. В интерфазе хроматин не образует структурных единиц – хромосом. При подготовке к делению в ядре происходит конденсация хроматина с образованием легко различимых в световой микроскоп хромосом. Их число, размеры, форма строго специфичны для каждого биологического вида и составляют его кариптип. Комплекс хромосом в клетке называют хромосомным набором. В соматических (клетках тела) имеется диплоидный или двойной набор, обозначаемый  $2n$ , в гаметах и тканях гаметофита растений – гаплоидный набор ( $n$ ). Хромосомы имеют различную форму и размеры, но общий план строения их одинаков. Плечи хромосом соединены центромерой – участком не содержащим генов, он необходим для деления ядра в митозе и мейозе.

На концах плечей линейных хромосом эукариот находятся участки называемые теломерами и представляющие короткие повторяющиеся последовательности нуклеотидов, если их удалить, хромосомы сворачиваются в кольцо.

Эти участки не координируют синтез белков, но их функции в клетке достаточно важны. Они предотвращают изменение линейной формы ДНК эукариот в кольцевую, исключая генетические аномалии; играют определенную роль во взаимосвязи хромосом и матрикса.

Особый интерес представляют теломеры в качестве регулятора числа клеточных делений. Предполагается, что старение клетки связано со снижением ее способности к делению. Синтез теломеров катализирует

фермент теломераза, активность которой очень высока в половых и стволовых клетках, в то время как в дифференцированных клетках она чрезвычайно низка. Число делений клетки напрямую связано с длиной теломерной ДНК, при каждом раунде репликации она уменьшается и, при достижении определенного размера этого участка, деление прекращается.

Внутри ядра также находится одно (реже несколько) ядрышко – уплотненная округлая структура, обеспечивающая синтез рибосом. Особая область ядрышка, в которой рядом находятся гены нескольких хромосом, называется ядрышковым организатором. В начале деления клетки ядрышко дезинтегрируется, появляясь вновь лишь в конце телофазы.

Основная функция ядра – сохранение и передача наследственной информации и участие в синтезе белка. Информация в виде неизменной структуры ДНК сохраняется благодаря репарационным ферментам, устраняющим спонтанные повреждения молекулы ДНК. Передача информации осуществляется в процессе деления ядра – митозе или мейозе. В клетках кроме оформленных органоидов часто присутствуют включения.

Это преимущественно комплексы полимерных молекул: крахмальные зерна, гликоген, капли жира, у растений — кристаллы солей. Чаще всего включения выполняют запасующую функцию.

#### **Клеточный цикл. Деление клетки.**

Как известно, одним из положений клеточной теории является постулат, что каждая клетка происходит из клетки. Интервал от одного деления клетки до другого называется клеточным циклом. Он состоит из интерфазы, митоза (деление ядра) и цитокинеза (деления цитоплазмы).

Наиболее длительный период клеточного цикла — интерфаза, которая в свою очередь подразделяется на три периода: G1, или пресинтетический период, S —синтетический и G2 — или постсинтетический.

В пресинтетическом периоде, несмотря на название идет интенсивное образование всех органоидов клетки, ядрышки синтезируют все типы РНК, появляются структурные и функциональные белки. Клетка увеличивается в размерах.

Во втором (синтетическом) периоде происходит репликация – удвоение молекул ДНК, образуются специфические белки-гистоны, каждая хромосома превращается в две хроматиды. Репликация ДНК позволяет обеспечить обе дочерние клетки абсолютно идентичным набором хромосом. Процесс репликации основан на ряде принципов:

1) комплементарности – цепи материнской ДНК расходятся, и каждая из них служит матрицей, на которой достраивается комплементарная цепь;

2) полуконсервативности – в дочерних ДНК сохраняется (консервируется) в неизменном виде лишь половина материнской ДНК;

3) антипараллельности – синтез комплементарных цепей идет в противоположных направлениях;

4) прерывистости – ДНК эукариот содержит слишком много пар нуклеотидов и сразу «раскрыть» и вытянуть в линию всю молекулу невозможно, поэтому удвоение начинается в нескольких пунктах одновременно, путем образования нескольких репликативных вилок.

Репликация ДНК начинается с раскручивания молекулы, образования репликативных вилок и их стабилизации. В этом процессе принимают участие особые белковые молекулы. Затем на одной из цепей начинается синтез дочерней цепи, который идет непрерывно, поэтому она называется опережающей или лидирующей.

На второй цепи в противоположном направлении идет прерывистый синтез, сначала образуются короткие фрагменты дочерней цепи – фрагменты Оказаки, по имени ученого, открывшего их, а затем они сшиваются ферментами ДНК-лигазами. Синтез идет медленнее и цепь называют запаздывающей. Фермент ДНК-полимераза не может самостоятельно начать синтез дочерних цепей ДНК.

Для нее необходима «затравка», или праймер. Эту роль выполняет небольшой полинуклеотид – РНК, комплементарный соответствующему участку ДНК.

Праймер синтезируется особым ферментом праймазой. После окончания синтеза он удаляется.

В постсинтетическом периоде происходит деление хлоропластов и митохондрий. Увеличиваются энергетические запасы клетки, появляются центриоли, начинает формироваться веретено деления, осуществляется контроль за правильностью репликации ДНК. Длительность интерфазы от нескольких часов до нескольких недель, иногда и месяцев, большую часть времени занимает пресинтетический период.

**Митоз** – собственно деление ядра, состоит из четырех фаз: профазы, метафазы, анафазы и телофазы. Профаза – обычно самая продолжительная, хроматиды укорачиваются и утолщаются, центриоли расходятся к полюсам клетки, завершается формирование веретена деления, ядерная оболочка деградирует и хромосомы становятся ясно видны в микроскоп. Метафаза – нити веретена деления от обоих полюсов прикрепляются к центромерами, сокращаясь и растягиваясь, «выстраивают» пары хроматид на экваторе клетки перпендикулярно оси веретена деления. Анафаза – самая короткая, центромеры расщепляются и нити веретена, сокращаясь, оттягивают дочерние центромеры к полюсам. Хроматиды вслед за центромерами расходятся, превращаясь в хромосомы. Телофаза – нити веретена разрушаются, сосредоточившиеся на полюсах клетки хромосомы дес-

пирализуются, удлиняются, в это время их невозможно увидеть в световой микроскоп, вокруг них образуется ядерная мембрана.

**Цитокинез** – деление цитоплазмы и органоидов, т.е. практически деление клетки. Органоиды более или менее равномерно распределяются по двум полюсам, мембрана животных клеток впячивается внутрь, в том месте, где был экватор веретена деления, образуется перетяжка, а затем выросты мембраны смыкаются, отделяя дочерние клетки друг от друга. Образование мембраны у животных клеток идет центростремительно. У растений на месте экватора выстраиваются пузырьки аппарата Гольджи и микротрубочки, образуя фрагмопласт. При слиянии содержимого пузырьков фрагмопласт превращается в срединную пластинку, общую для обеих клеток. Ее формирование идет центробежно.

Биологическое значение митоза:

- строго равномерное распределение генетического материала между двумя дочерними клетками;
- обеспечение роста;
- лежит в основе бесполого размножения и регенерации.

Митоз может нарушаться под влиянием неблагоприятных факторов: радиации, химических соединений, рентгеновского излучения. К митотическому делению способны как диплоидные, так и гаплоидные клетки, но дочерние клетки в любом случае содержат набор хромосом, идентичный материнской. Число дочерних клеток при митозе всегда равно двум.

Половое размножение и образование спор у растений тесно связано с другим типом деления клетки – мейозом, механизм которого будет рассмотрен в дальнейшем.

Кроме митоза и мейоза существуют еще несколько типов деления клетки.

**Амитоз** – прямое деление ядра на две более или менее равные части без образования хроматид в веретена деления. При этом типе деления клетка выигрывает в скорости, но проигрывает в «качестве», поскольку образовавшиеся дочерние клетки содержат наборы хромосом не идентичные материнскому. Таким способом делятся клетки, заканчивающие развитие или не нуждающиеся в полноценной генетической информации: клетки запасочных тканей семян, клетки кожного эпителия, опухолевые клетки.

**Эндомитоз** или внутренний митоз практически происходит внутри ядра, при этом ядерная оболочка не разрушается и веретено не образуется, однако внутреннее содержимое ядра проходит все фазы характерные для митоза. В результате получаются клетки с тетраплоидным (4n) или более высокой ploидности набором хромосом. Эндомитоз отмечен в клетках печени, клетках внутренней стенки пыльника.

Для некоторых простейших, ведущих паразитический образ жизни, характерна шизогония, или множественное деление, когда одна материнская клетка образует до нескольких десятков дочерних. В случае шизогонии цитокинез запаздывает по сравнению с митозом, и сначала образуются ядра, а затем вокруг них формируются клетки. Это позволяет паразиту быстро распространиться в теле организма-хозяина.