**РЕФЕРАТ**

“Структура и функции ядра”

Студента Биологического Факультета

группы БХ-21

Михайличенко Михаила.

г. Харьков

1996

Говоря о клеточном ядре, мы имеем в виду собственно ядра эукариотических клеток. Их ядра построены сложным образом и довольно резко отличаются от “ядерных” образований, нуклеоидов, прокариотических организмов. У последних в состав нуклеоидов (ядроподобных структур) входит одиночная кольцевая молекула ДНК, практически лишенная белков. Иногда такую молекулу ДНК бактериальных клеток называют **бактериальной хромосомой**, или генофором (носителем генов). Бактериальная хромосома не отделена мембранами от основной цитоплазмы, однако собрана в компактную ядерную зону - **нуклеоид**, который можно видеть в световом микроскопе после специальных окрасок.

Сам термин “ядро” впервые был применен Броуном в 1833 г. Для обозначения шаровидных постоянных структур в клетках растений. Позднее такую же структуру описали во всех клетках высших организмов.

Клеточное ядро обычно одно на клетку (есть примеры многоядерных клеток), состоит из ядерной оболочки, отделяющей его от цитоплазмы, хроматина, ядрышка, кариоплазмы (или ядерного сока) (рис). Эти четыре основных компонента встречаются практически во всех неделящихся клетках эукариоти-ческих одно- и многоклеточных организмов.

Ядра имеют обычно шаровидную или яйцевидную форму; диаметр первых равен приблизительно 10 мкм, а длина вторых - 20 мкм.

Ядро необходимо для жизни клетки, поскольку именно оно регулирует всю ее активность. Связано это с тем, что ядро несет в себе генетическую (наследственную) информацию, заключенную в ДНК.

**Ядерная оболочка**

Эта структура характерна для всех эукариотических клеток. Ядерная оболочка состоит из внешней и внутренней мембран, разделенных **перинуклеарным** пространством шириной от 20 до 60 нм. В состав ядерной оболочки входят ядерные поры.

Мембраны ядерной оболочки в морфологическом отношении не отличаются от остальных внутриклеточных мембран: они имеют толщину около 7 нм и состоят из двух осмиофильных слоев.

В общем виде ядерная оболочка может быть представлена, как полый двухслойный мешок, отделяющий содержимое ядра от цитоплазмы. Из всех внутриклеточных мембранных компонентов таким типом расположения мембран обладают только ядро, митохондрии и пластиды. Однако ядерная оболочка имеет характерную особенность, отличающую ее от других мембранных структур клетки. Это наличие особых пор в оболочке ядра, которые образуются за счет многочисленных зон слияний двух ядерных мембран и представляет собой как бы округлые перфорации всей ядерной оболочки.

***Строение ядерной оболочки***

Внешняя мембрана ядерной оболочки, непосредственно контактирующая с цитоплазмой клетки, имеет ряд сруктурных особенностей, позволяющих отнести ее к собственно мембранной системе эндоплазматического ретикулума. Так, на внешней ядерной мембране обычно располагается большое количество рибосом. У большинства животных и растительных клеток внешняя мембрана ядерной оболочки не представляет собой идеально ровную поверхность - она может образовывать различной величины выпячивания или выросты в сторону цитоплазмы.

Внутренняя мембрана контактирует с хромосомным материалом ядра (см. Ниже).

Наиболее характерной и бросающейся в глаза структурой в ядерной оболочке **является ядерная пора**. Поры в оболочке образуются за счет слияния двух ядерных мембран в виде округлых сквозных отверстий или перфораций с диаметром 80-90 нм. Округлое сквозное отверстие в ядерной оболочке заполнено сложноорганизованными глобулярными и фибриллярными структурами. Совокупность мембранных перфораций и этих структур называют **комплексом пор ядра.** Тем самым подчеркивается, что ядерная пора не просто сквозная дыра в ядерной оболочке, через которую непосредственно вещества ядра и цитоплазмы могут сообщаться.

Сложный комплекс пор имеет октагональную симметрию. По границе округлого отверстия в ядерной оболочке располагаются три ряда гранул, по 8 штук в каждом: один ряд лежит со стороны ядра, другой - со стороны цитоплазмы, третий расположен в центральной части пор. Размер гранул около 25 нм. От этих гранул отходят фибриллярные отростки. Такие фибриллы, отходящие от периферических гранул, могут сходиться в центре и создавать как бы перегородку, **диафрагму**, поперек поры. В центре отверстия часто можно видеть так называемую центральную гранулу.

Число ядерных пор зависит от метаболической активности клеток: чем выше синтетические процессы в клетках, тем больше пор на единицу поверхности клеточного ядра.

**Количество ядерных пор в различных объектах**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Объект | Число ядерных пор на мкм2 | Число пор на одно ядро |
| Ксенопус, почки | 10,05 | 3417 |
| Ксенопус, ооцит | 51,0 | 37,6\*106 |
| Крыса, гепатоцит | 16,1 | 3816 |
| Мышь, лимфоцит | 3,3 | 403 |
| Человек, лимфоцит | 4,47 | 713 |

***Химия ядерной оболочки***

В составе ядерных оболочек обнаруживаются небольшие количества ДНК (0-8%), РНК (3-9%), но основными химическими компонентами являются липиды (13-35%) и белки (50-75%), что для всех клеточных мембран.

Состав липидов сходен с таковым в мембранах микросом или мембранах эндоплазматической сети. Ядерные оболочки характеризуются относительно низким содержанием холестерина и высоким - фосфолипидов, обогащенных насыщенными жирными кислотами.

Белковый состав мембранных фракций очень сложен. Среди белков обнаружен ряд ферментов, общих с ЭР (например, глюкозо-6-фосфатаза, Mg-зависимая АТФаза, глютамат-дегидрогеназа и др.) не обнаружена РНК-полимераза. Тут выявлены активности многих окислительных ферментов (цитохромоксидазы, НАДН-цитохром-с-редуктазы) и различных цитохромов.

Среди белковых фракций ядерных мембран встречаются основные белки типа гистонов, что объясняется связью участков хроматина с ядерной оболочкой.

***Ядерная оболочка и ядерно-цитоплазматический обмен***

Ядерная оболочка - система, разграничивающая два основных клеточных отсека: цитоплазму и ядро. Ядерные оболочки полностью проницаемы для ионов, для веществ малого молекулярного веса, таких, как сахара, аминокислоты, нуклеотиды. Считается, что белки молекулярного веса до 70 тыс. И размером не больше 4,5 нм могут свободно диффундировать через оболочку.

Известен и обратный процесс - перенос веществ из ядра в цитоплазму. Это в первую очередь касается транспорта РНК синтезируещегося исключительно в ядре.

Еще один путь транспорта веществ из ядра в цитоплазму связан с образованием выростов ядерной оболочки, которые могут отделяться от ядра в виде вакуолей, содержимое их затем изливается или выбрасывается в цитоплазму.

\* \* \*

Таким образом, из многочисленных свойств и функциональных нагрузок ядерной оболочки следует подчеркнуть ее роль как барьера, отделяющего содержимое ядра от цитоплазмы, ограничивающего свободный доступ в ядро крупных агрегатов биополимеров, барьера, активно регулирующего транспорт макромолекул между ядром и цитоплазмой.

Одной из основных функций ядерной оболочки следует считать также ее участие в создании внутриядерного порядка, в фиксации хромосомного материала в трехмерном пространстве ядра.

**Ядерный матрикс**

Этот комплекс не представляет собой какую-то чистую фракцию, сюда входят компоненты и ядерной оболочки, и ядрышка, и кариоплазмы. С ядерным матриксом оказались связаны как гетерогенная РНК, так и часть ДНК. Эти наблюдения дали основание считать, что матрикс ядра играет важную роль не только в поддержании общей структуры интерфазного ядра, но и может участвовать в регуляции синтеза нуклеиновых кислот.

**Хроматин**

При наблюдении некоторых живых клеток, особенно растительных или же клеток после фиксации и окраски, внутри ядра выявляются зоны плотного вещества. В состав хроматина входит ДНК в комплексе с белком. В интерфазных клетках хроматин может равномерно заполнять объем ядра или же располагаться отдельными сгустками (хромоцентры). Часто он особенно четко выявляется на периферии ядра (пристеночный, примембранный хроматин) или образует внутри ядра переплетения довольно толстых (около 0.3 мкм) и длинных тяжей, образующих подобие внутриядерной цепи.

Хроматин интерфазных ядер представляет собой несущие ДНК тельца (хромосомы), которые теряют в это время свою компактную форму, разрыхляются, деконденсируются. Степень такой деконденсации хромосом может быть различной в ядрах разных клеток. Когда хромосома или ее участок полностью деконденсирован, тогда эти зоны называют **диффузным хроматином**. При неполном разрыхлении хромосом в интерфазном ядре видны участки **конденсированного хроматина** (иногда называемого гетерохроматин). Показано, что степень деконденсации хромосомного материала в интерфазе может отражать функциональную нагрузку этой структуры. Чем более диффузен хроматин интерфазного ядра, тем выше в нем синтетические процессы. Падение синтеза РНК в клетках обычно сопровождается увеличением зон конденсированного хроматина.

Максимально конденсирован хроматин во время митотического деления клеток, когда он обнаруживается в виде плотных телец - хромосом. В этот период хромосомы не несут никаких синтетических нагрузок, в них не происходит включение предшественников ДНК и РНК.

*Исходя из этого можно считать, что хромосомы клеток могут находиться в двух структурно-функциональных состояниях:*

1. *в рабочем, частично или полностью деконденсированном, когда с их участием в интерфазном ядре происходят процессы транскрипции и редупликации;*
2. *в неактивном - в состоянии метаболического покоя при максимальной их конденсированности, когда они выполняют функцию распределения и перенося генетического материала в дочерние клетки.*

В химическом отношении препараты хроматина представляют собой сложные комплексы дезоксирибонуклеопротеидов, в состав которых входит ДНК и специальные хромосомные белки - гистоны. В составе хроматина обнаружено также РНК. В количественном отношении ДНК, белок и РНК находятся как 1:1,3:0,2. О значении РНК в составе хроматина еще нет достаточно однозначных данных. Возможно, что эта РНК представляет собой сопутствующую препарату функцию синтезирующейся РНК и поэтому частично связанной с ДНК или это особый вид РНК, характерный для структуры хроматина.

***ДНК хроматина***

В препарате хроматина на долю ДНК приходится обычно 30-40%. Эта ДНК представляет собой двухцепочечную спиральную молекулу. ДНК хроматина обладает молекулярной массой 7-9\*106. Такую сравнительно малую массу ДНК из препаратов можно объяснить механическими повреждениями ДНК в процессе выделения хроматина.

Общее количество ДНК, входящее в ядерные структуры клеток, в геном организмов, колеблется от вида к виду. Сравнивая количество ДНК на клетку у эукариотических организмов, трудно уловить какие-либо корреляции между степенью сложности организма и количеством ДНК на ядро. Примерно одинаковое количество ДНК имеют различные организмы, как лен, морской еж, окунь (1,4-1,9 пг) или рыба голец и бык (6,4 и 7 пг).

У некоторых амфибий в ядрах количество ДНК больше, чем в ядрах человека, в 10-30 раз, хотя генетическая конституция человека несравненно сложнее, чем у лягушек. Следовательно, можно предполагать, что “избыточное” количество ДНК у более низко организованных организмов либо не связано с выполнением генетической роли, либо число генов повторяется то или иное число раз.

Сателлитная ДНК, или фракция ДНК с часто повторяющимися последовательностями, может участвовать в узнавании гомологичных районов хромосом при мейозе. По другим предположениям, эти участки играют роль разделителей (спейсеров) между различными функциональными единицами хромосомной ДНК.

Как оказалось, фракция умеренно повторяющихся (от 102 до 105 раз) последовательностей принадлежит к пестрому классу участков ДНК, играющих важную роль в обменных процессах. В эту фракцию входят гены рибосомных ДНК, многократно повторенные участки для синтеза всех тРНК. Более того, некоторые структурные гены, ответственные за синтез определенных белков, также могут быть многократно повторены, представлены многими копиями (гены для белков хроматина - гистонов).

*Итак, ДНК эукариотических клеток гетерогенна по составу, содержит несколько классов последовательностей нуклеотидов:*

1. *часто повторяющиеся последовательности (>106 раз), входящие во фракцию сателитной ДНК и не транскрибирующиеся;*
2. *фракция умеренно повторяющихся последовательностей (102-105), представляющих блоки истинных генов, а также короткие последовательности, разбросанные по всему геному;*
3. *фракция уникальных последовательностей, несущая информацию для большинства белков клетки.*

ДНК прокариотического организма представляет собой одну гигантскую циклическую молекулу. ДНК эукариотических хромосом представляет собой линейные молекулы, состоящие из тандемно (друг за другом) расположенных репликонов разного размера. Средний размер репликона около 30 мкм. Тем самым в составе генома человека должно встречаться более 50 000 репликонов, участков ДНК, которые синтезируются как независимые единицы. Эти репликоны имеют начальную и терминальную точки синтеза ДНК.

Представим себе, что у эукариотических клеток каждая из хромосомных ДНК, как и у бактерий, является одним репликоном. В этом случае при скорости синтеза 0,5 мкм в минуту (для человека) редупликация первой хромосомы с длиной ДНК около 7 см должна занять 140 000 минут, или около трех месяцев. На самом же деле благодаря полирепликонному строению молекул ДНК весь процесс занимает 7-12 ч.

***Белки хроматина***

К ним относятся гистоны и негистоновые белки.

**Гистоны** - сильноосновные белки. Их щелочность связана с их обогащенностью основными аминокислотами (главным образом лизином и аргинином). Эти белки не содержат триптофана. Препарат суммарных гистонов можно разделить на 5 фракций:

Н1 (от английского histone) - богатый лизином гистон, мол. Масса 2100;

Н2а - умеренно богатый лизином гистон, масса 13 700;

Н2б - умеренно богатый лизином гистон, масса 14 500;

Н4 - богатый аргинином гистон, масса 11 300;

Н3 - богатый аргинином гистон, масса 15 300.

В препаратах хроматина эти фракции гистонов обнаруживаются в приблизительно равных количествах, кроме Н1, которого примерно в 2 раза меньше любой из других фракций.

Для молекул гистонов характерно неравномерное распределение основных аминокислот в цепи: обогащенные положительно заряженными аминогруппами наблюдается на концах белковых цепей. Эти участки гистонов связываются с фосфатными группировками на ДНК, в то время как сравнительно менее заряженные центральные участки молекул обеспечивают их взаимодействие между собой. Таким образом, взаимодействие между гистонами и ДНК, приводящее к образованию дезоксирибонуклеопротеинового комплекса, носит ионный характер.

Гистоны синтезируются на полисомах в цитоплазме, этот синтез начинается несколько раньше редупликации ДНК. Синтезированные гистоны мигрируют из цитоплазмы в ядро, где и связываются с участками ДНК.

Функциональная роль гистонов не вполне ясна. Одно время считалось, что гистоны являются специфическими регуляторами активности ДНК хроматина, но одинаковость строения основной массы гистонов говорит о малой вероятности этого. Более очевидна структурная роль гистонов, которая обеспечивает не только специфическую укладку хромосомной ДНК, но и играет роль в регуляции транскрипции.

**Негистоновые белки** - наиболее плохо охарактеризованная фракция хроматина. Кроме ферментов, непосредственно связанных с хроматином (ферменты, ответственные за репарацию, редубликацию, транскрипцию и модификации ДНК, ферменты модификации гистонов и других белков), в эту фракцию входит множество других белков. Весьма вероятно, что часть негистоновых белков представляет собой специфические белки - регуляторы, узнающие определенные нуклеотидные последовательности в ДНК.

РНК хроматина составляет от 0,2 до 0,5% от содержания ДНК. Эта РНК представляет собой все известные клеточные типы РНК, находящиеся в процессе синтеза или созревания в связи с ДНК хроматина.

В составе хроматина могут быть обнаружены липиды до 1 % от весового содержания ДНК, их роль в структуре и функционировании хромосом остается неясной.

**Хромосомы**

Первичная степень укладки молекул ДНК - хромосомная фибрилла. Наблюдения за структурой хроматина с помощью электронного микроскопа показали, что в составе ядра на ультратонких срезах всегда видны фибриллярные элементы. Впервые их обнаружил Х. Рис (1957), который и дал им название элементарных хромосомных фибрилл.

***Морфология хромосом***

Морфологию хромосом лучше всего изучать в момент их наибольшей конденсации, в метафазе и в начале анафазы. Хромосомы животных и растений в этом состоянии представляют собой палочковидные структуры разной длины с довольно постоянной толщиной, у большей части хромосом удается легко найти зону **первичной перетяжки**, которая делит хромосому на два **плеча** (рис). Хромосомы с равными или почти равными плечами называют **метацентрическими**, с плечами неодинаковой длины - субметацентрическими. Палочковидные хромосомы с очень коротким, почти незаметным вторым плечом - **акроцентрические**.

В области первичной перетяжки расположена центромера, или кинетохор. Это пластинчатая структура, имеющая форму диска. Она связана тонкими фибриллами с телом хромосомы в области перетяжки. От него отрастают пучки микротрубочки митотического веретена, идущие в направлении к центриолям. Они принимают участие в движении хромосом к полюсам клетки при митозе.

Обычно одна хромосома имеет только одну центромеру (моноцентрические хромосомы), но могут встречаться хромосомы дицентрические и полицентрические.

Некоторые хромосомы имеют **вторичную перетяжку**. Последняя обычно расположена вблизи дистального конца хромосомы и отделяет маленький участок, спутник. Вторичные перетяжки называют, кроме того, ядрышковыми организаторами, так как именно на этих участках хромосом в интерфазе происходит образование ядрышка. Здесь же локализована ДНК, ответственная за синтез рРНК.

Плечи хромосом оканчиваются теломерами, конечными участками. Теломерные концы хромосом не способны соединяться с другими хромосомами или их фрагментами, в отличие от концов хромосом, лишенных теломерных участков, которые могут присоединяться к таким же разорванным концам других хромосом.

Размеры хромосом у разных организмов варьируют в широких пределах. Так, длина хромосом может колебаться от 0,2 до 50 мкм. Самые мелкие хромосомы обнаруживаются у некоторых простейших, грибов. Наиболее длинные - у некоторых прямокрылых насекомых, у амфибий и у лилейных. Длина хромосом человека находится в пределах 1,5-10 мкм.

Число хромосом у различных объектов тоже значительно колеблется, но характерно для каждого вида. У некоторых радиолярий число хромосом достигает 1000-1600. Рекордсменом среди растений по числу хромосом (около 500) является папоротник ужовник, 308 хромосом у тутового дерева, у речного рака 196 хромосом. Наименьшее количество хромосом (2 на диплоидный набор) наблюдается у одной из рас аскариды, у сложноцветного *Haplopappus gracilic* - всего 4 хромосомы (2 пары).

Совокупность числа, величины, величины и морфологии хромосом называется **кариотипом** данного вида. Даже у близких видов хромосомные наборы отличаются друг от друга или по числу хромосом, или по величине хотя бы одной или нескольких хромосом. Следовательно, структура кариотипа может быть таксономическим признаком.

**Ядрышко**

Практически во всех живых клетках эукариотических организмов в ядре видно одно или несколько обычно округлой формы тельц, сильно преломляющих свет, - это ядрышки, или нуклеолы.

Ядрышко - не самостоятельная структура или органоид. Оно - производное хромосомы, один из ее локусов, активно функционирующий в интерфазе.

В процессах синтеза клеточных белков ядрышко клетки является местом образования рибосомных РНК и рибосом, на которых происходит синтез полипептидных цепей.

***Количество ядрышек в клетке***

Начиная с зеленых водорослей, грибов и низших простейших и кончая высшими организмами, все клетки имеют обязательные внутриядерные структуры - ядрышки. Это правило имеет большое число исключений, которые только подчеркивают важность и необходимость ядрышка в жизненном цикле клетки. К таким исключениям относятся клетки дробящихся яиц, где ядрышки отсутствуют на ранних этапах эмбриогенеза, или клетки закончившие развитие и необратимо специализировавшиеся, например, некоторые клетки крови.

Количество ядрышек в клетке может меняться, однако их число на ядро зависит от генного баланса клетки. Было найдено, что в образовании ядрышек участвуют определенные места некоторых хромосом, связь которых с ядрышком можно хорошо проследить в телофазе и профазе. Такие хромосомы, как правило, имеют вторичные перетяжки, зоны которых представляют собой места, где идет развитие ядрышек. Мак Клинток (1934) назвал эти участки хромосом “ядрышковыми организаторами”.

Места вторичных перетяжек особенно характерны для расположения ядрышковых организаторов, но последние иногда могут находиться на концах хромосом или в нескольких местах по длине хромосомы.

Общее число ядрышек на ядро определяется числом ядрышковых организаторов и увеличивается согласно плоидности ядра. Однако часто количество ядрышек на ядро бывает меньше числа ядрышковых организаторов. Было показано, что ядрышки могут сливаться; кроме того, в образовании одного ядрышка иногда участвует несколько организаторов.

Еще в работах М.С.Навашина (1934) было показано, что хромосомный локус, который в нормальных условиях образует крупное ядрышко, становится неактивным, когда после гибридизации в ядре появляется более “сильный” локус на другой хромосоме. Тот факт, что в определенных условиях может подавляться активность одних ядрышковых организаторов или же повышаться активность других, бывших до этого в латентном, скрытом состоянии, указывает на то, что в клетках поддерживается определенный баланс количества ядрышкового материала или, другими словами, регулируется “валовая” продукция, выдаваемая ядрышками.

*Исходя из перечисленных выше фактов, можно сделать следующие заключения:*

1.  *образования ядрышек и их число связаны с активностью определенных участков хромосом - ядрышковых организаторов, которые расположены большей частью в зонах вторичных перетяжек;*
2.  *изменения в числе ядрышек в клетках данного типа могут происходить за счет слияния ядрышек или за счет сдвигов в хромосомном балансе клетки.*

***Физиология и химия ядрышка***

Ядрышко по сравнению с другими компонентами клетки характеризуется как самая плотная структура с наиболее высокой концентрацией РНК, с чрезвычайно высокой активностью в отношении синтеза РНК.

Концентрация РНК в ядрышках всегда выше концентрации РНК в других компонентах клетки, так концентрация РНК в ядрышке может быть в 2-8 раз выше, чем в ядре, и в 1-3 раза выше, чем в цитоплазме. Отношение концентрации РНК в ядре, ядрышке и цитоплазме клеток печени мыши составляет 1:7,3:4,1, в клетках поджелудочной железы - 1:9,6:6,6.

В ядрышке не обнаруживается ДНК, но все же при исследовании фиксированных клеток вокруг ядрышка всегда выделяется зона хроматина. Этот околоядрышковый хроматин, по данным электронной микроскопии, представляется, как интегральная часть сложной структуры ядрышка.

Ядрышко - одно из самых активных мест в клетке по включению предшественников в РНК. Ядрышковая РНК является предшественником цитоплазматической РНК.

Цитоплазматическая РНК синтезируется в ядрышке.

***РНК ядрышек***

Оценивая общее содержание в ядрышковых фракциях белков, РНК и ДНК, можно видеть, что на долю РНК приходится около 10% всей массы ядрышка.

**Содержание РНК, ДНК и белка в изолированных ядрышках (сухой вес в %)**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Объект | РНК | ДНК | Белок | РНК/ДНК |
| Печень крысы | 11,0 | 8,0 | 78,0 | 1,4 |
| Регенерирующая печень (6 ч) | 7,6 | 4,6 | 87,8 | 1,7 |
| Регенерирующая печень (18 ч) | 15,5 | 5,4 | 79,1 | 2,9 |
| Печень морской свинки | 4,1 | 9,5 | 86,4 | 0,43 |
| Стебель гороха (4 дня) | 15,11 | 10,6 | 74,0 | 1,5 |
| Проростки гороха (36 ч) | 16,7 | 6,4 | 76,9 | 2,6 |

Так как основную массу цитоплазматической РНК составляет рибосомная РНК, то можно сказать, что ядрышковая РНК принадлежит к этому классу.

Подтверждением представлений того, что именно ядрышко является местом синтеза рРНК и образования рибосом, послужило то, что из ядрышковых препаратов были выделены РНП-частицы, которые как по составу РНК (по седиментационным свойствам), так и по размеру можно охарактиризовать как рибосомы или их предшественники с различными коэффициентами седиментации.

***ДНК ядрышек***

Биохимическими исследованиями обнаружено в выделенных ядрышках определенное количество ДНК, которую можно отождествить с околоядрышковым хроматином или с ядрышковыми организаторами хромосом. Содержание ДНК в выделенных ядрышках - 5-12% от сухого веса и 6-17% от всей ДНК ядра.

ДНК ядрышкового организатора - это та самая ДНК, на которой происходит синтез ядрышковой, т.е. рибосомной, РНК.

Таким образом из биохимических работ появились представления о том, что в ядрышке на ДНК локализованы многочисленные одинаковые гены для синтеза рРНК. Синтез рРНК идет путем образования огромного предшественника и дальнейшего его превращения (созревания) в более короткие молекулы РНК для большой и малой субъедениц рибосом.

Изучая ядрышки ооцитов тритонов, исследователи столкнулись с интересным явлением - сверхчисленностью ядрышек. У *X. laevis* во время роста ооцита появляется до 1000 мелких ядрышек, не связанных с хромосомами. Именно эти ядрышки выделил О.Миллер. вместе с этим на ядро ооцита увеличивается количество рДНК. Это явление получило название **амплификации**. Оно заключается в том, что происходит сверхрепликация зоны ядрышкового организатора, многочисленные копии отходят от хромосом и становятся дополнительно работающими ядрышками. Такой процесс необходим для накопления огромного (1012) количества рибосом на яйцевую клетку, что обеспечит в будущем развитие эмбриона на ранних стадиях даже при отсутствии синтеза новых рибосом. Сверхчисленные ядрышки после созревания яйцевой клетки исчезают.

***Ультраструктура ядрышек***

При изучении большого числа различных клеток животных и растений отмечена волокнистая или сетчатая структура ядрышек, заключенная в более или менее плотную диффузную массу. Были предложены названия для этих частей: волокнистая часть - нуклеонема и диффузная, гомогенная часть - аморфное вещество, или аморфная часть. Сделанные почти одновременно с этим электронно-микроскопичес-кие исследования также выявили волокнисто-нитчатое строение ядрышек.

Однако такое нитчатое строение ядрышка не всегда четко выражено. У некоторых клеток отдельные нити нуклеонем сливаются, и ядрышки могут быть совершенно однородными.

При более пристальном изучении ядрышка можно заметить, что основные структурные компоненты ядрышка - плотные гранулы диаметром около 15 нм и тонкие фибриллы толщиной 4-8 нм. Во многих случаях (ооциты рыб и амфибий, меристематические клетки растений) фибриллярный компонент собран в плотную центральную зону (сердцевина), лишенную гранул, а гранулы занимают переферическую зону ядрышка. В ряде случаев (например, клетки корешков растений) в этой гранулярной зоне не наблюдается никакой дополнительной структуризации.

Было найдено, что аморфные участки ядрышек неоднородны. В их структуре выявляются малоокрашенные зоны - фибриллярные центры - и окружающие их более темные участки, тоже имеющие фибриллярное строение.

Кроме этих двух компонентов ядрышек в последнее время большое внимание уделялось строению околоядрышкового хроматина. Этот хроматин и внутриядрышковая сеть ДНК являются единой системой и представляют собой интегральный компонент ядрышка.

Гранулы и фибриллярная часть состоят из рибонуклеопротеидов.

Показано, что именно светлые фибриллярные центры содержат рДНК.

***Судьба ядрышка при делении клеток***

Известно, что ядрышко исчезает в профазе и появляется вновь в средней телофазе.

По мере затухания синтеза рРНК в средней профазе происходит разрыхление ядрышка и выход готовых рибосом в кариоплазму, а затем и в цитоплазму. При конденсации профазных хромосом фибриллярный компонент ядрышка и часть гранул тесно ассоциируют с их поверхностью, образуя основу матрикса митотических хромосом. Этот фибриллярно-гранулярный материал, синтезированный до митоза, переносится хромосомами в дочерние клетки.

В ранней телофазе по мере деконденсации хромосом происходит высвобождение компонентов матрикса. Его фибриллярная часть начинает собираться в мелкие многочисленные ассоциаты - **предъядрышки**, которые могут объединяться друг с другом. По мере возобновления синтеза РНК предъядрышки претерпевают перестройку, что выражается в появлении в их структуре гранул РНК, а затем в становлении дефинитивной формы нормально функционирующего ядрышка.

**Роль ядра.**

Ядро осуществляет две группы общих функций: одну, связанную собственно с хранением генетической информации, другую - с ее реализацией, с обеспечением синтеза белка.

В первую группу входят процессы, связанные с поддержанием наследственной информации в виде неизменной структуры ДНК. Эти процессы связаны с наличием так называемых репарационных ферментов, ликвидирующих спонтанные повреждения молекулы ДНК (разрыв одной из цепей ДНК, часть радиационных повреждений), что сохраняет строение молекул ДНК практически неизменным в ряду поколений клеток или организмов. Далее, в ядре происходит воспроизведение или редупликация молекул ДНК, что дает возможность двум клеткам получить совершенно одинаковые и в качественном и в количественном смысле объемы генетической информации. В ядрах происходят процессы изменения и рекомбинации генетического материала, что наблюдается во время мейоза (кроссинговер). Наконец, ядра непосредственно участвуют в процессах распределения молекул ДНК при делении клеток.

Другой группой клеточных процессов, обеспечивающихся активностью ядра, является создание собственно аппарата белкового синтеза. Это не только синтез, транскрипция на молекулах ДНК разных информационных РНК и рибосомных РНК. В ядре эукариотов происходит также образование субъедениц рибосом путем комплексирования синтезированных в ядрышке рибосомных РНК с рибосомными белками, которые синтезируются в цитоплазме и переносятся в ядро.

Таким образом, ядро представляет собой не только вместилище генетического материала, но и место, где этот материал функционирует и воспроизводится. Поэтому выпадение лил нарушение любой из перечисленных выше функций губительно для клетки в целом. Так нарушение репарационных процессов будет приводить к изменению первичной структуры ДНК и автоматически к изменению структуры белков, что непременно скажется на их специфической активности, которая может просто исчезнуть или измениться так, что не будет обеспечивать клеточные функции, в результате чего клетка погибает. Нарушения редупликации ДНК приведут к остановке размножения клеток или к появлению клеток с неполноценным набором генетической информации, что также губительно для клеток. К такому же результату приведет нарушение процессов распределения генетического материала (молекул ДНК) при делении клеток. Выпадение в результате поражения ядра или в случае нарушений каких-либо регуляторных процессов синтеза любой формы РНК автоматически приведет к остановке синтеза белка в клетке или к грубым его нарушениям.

Значение ядра как хранилища генетического материала и его главная роль в определении фенотипических признаков были установлены давно. Немецкий биолог Хаммерлинг одним из первых продемонстрировал важнейшую роль ядра. Он выбрал в качестве объекта своих экспериментов необычайно крупную одноклеточную (или неклеточную) морскую водоросль *Acetabularia*. Существует два близко родственных вида *A. medierranea* и *A. crenulata*, различающихся только по форме “шляпки”.

В ряде экспериментов, в том числе таких, в которых “шляпку” отделяли от нижней части “стебелька” (где находится ядро), Хаммерлинг показал, что для нормального развития шляпки необходимо ядро. В дальнейших экспериментах, в которых соединяли нижнюю часть, содержащую ядро одного вида с лишенным ядра стебельком другого вида, у таких химер всегда развивалась шляпка, типичная для того вида, которому принадлежит ядро.

При оценке этой модели ядерного контроля следует, однако, учитывать примитивность организма, использованного в качестве объекта. Метод пересадок был применен позднее в экспериментах, проведенных в 1952 г. двумя американскими исследователями, Бриггсом и Кингом, с клетками лягушки *Rana pipenis*. Эти авторы удаляли из неоплодотворенных яйцеклеток ядра и заменяли их ядрами из клеток поздней бластулы, уже проявлявших признаки дифференцировки. Во многих случаях из яиц реципиентов развивались нормальные взрослые лягушки.

**Литература:**

1. 1.Свенсон К., Уэбстер П. “Клетка”. М., Мир, 1980.
2. 2.Де Робертис Э. Новинский В., Саэс Ф. “Биология Клетки”. М., Мир, 1971
3. 3.Ченцов Ю.С., Поляков В.Ю. “Ультраструктура клеточного ядра”. М., Наука, 1974
4. 4.Зегнбуш П. “Молекулярная и клеточная биология”. М., Мир, т.1,2, 1982

При подготовке реферата были использованы материалы, полученные из Всемирной Биологической Сети (BIOSCI) посредством сети Internet.