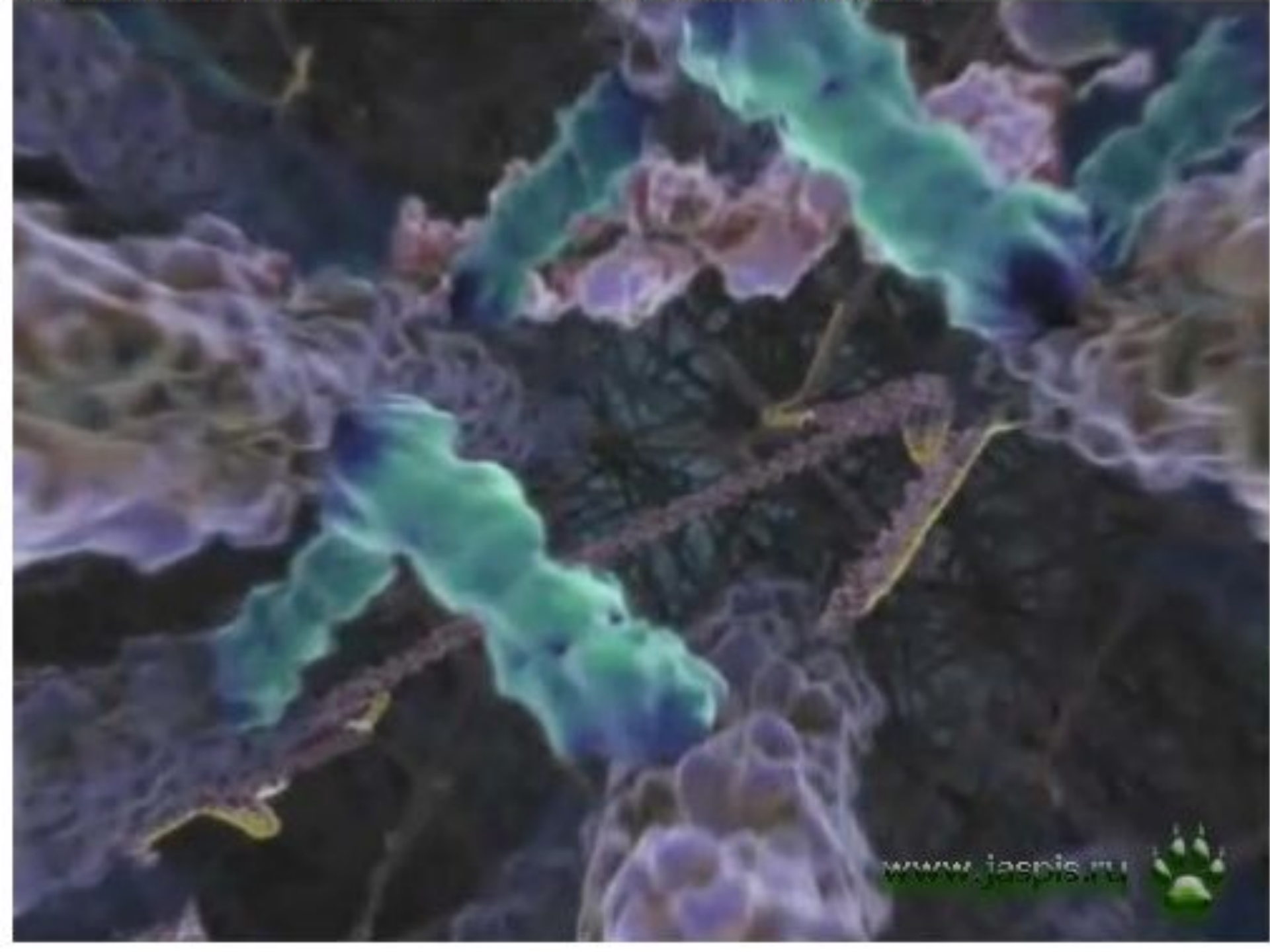


Функциональная
морфология цитоскелета.

Функциональная
морфология ядра клетки.

Цитоскелет

- Это сложная динамичная (лабильная), трехмерная цитоплазматическая сеть немембранных волокнистых и трубчатых структур различного типа.
- Элементы цитоскелета способны к самосборке, обратимой полимеризации и деполимеризации и состоят из глобулярных и фибриллярных белков (тубулин, динеин, динамин, актин, миозин, виментин, кератин, спектрин, десмин и др.).
- Структуры цитоскелета прикрепляются к различным органеллам и плазмолемме, а так же соединяются между собой через систему якорных белков (анкирин, винкулин, белок 4.1 и др.).
- В целом цитоскелет ответственен за поддержание и изменение формы клеток, за все способы внутриклеточного движения и транспорта, за движение клеток в пространстве, образование контактов и прикрепление клеток к межклеточному веществу и передачу сигнала от мембранного рецептора внутрь клетки.

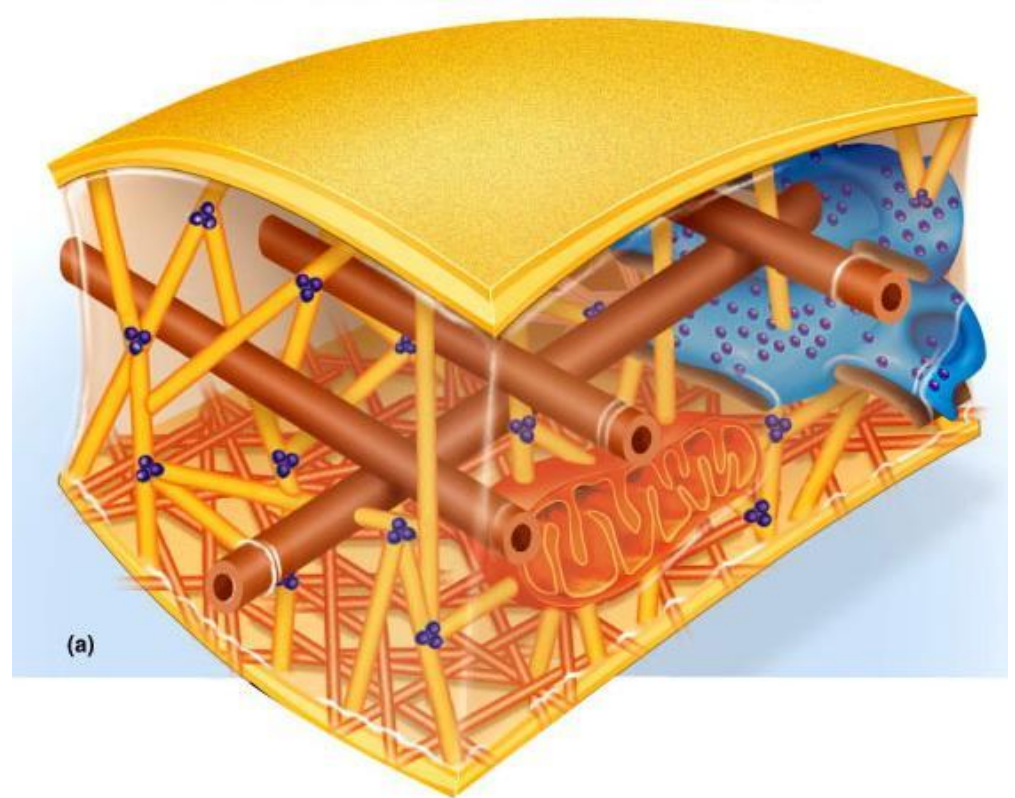


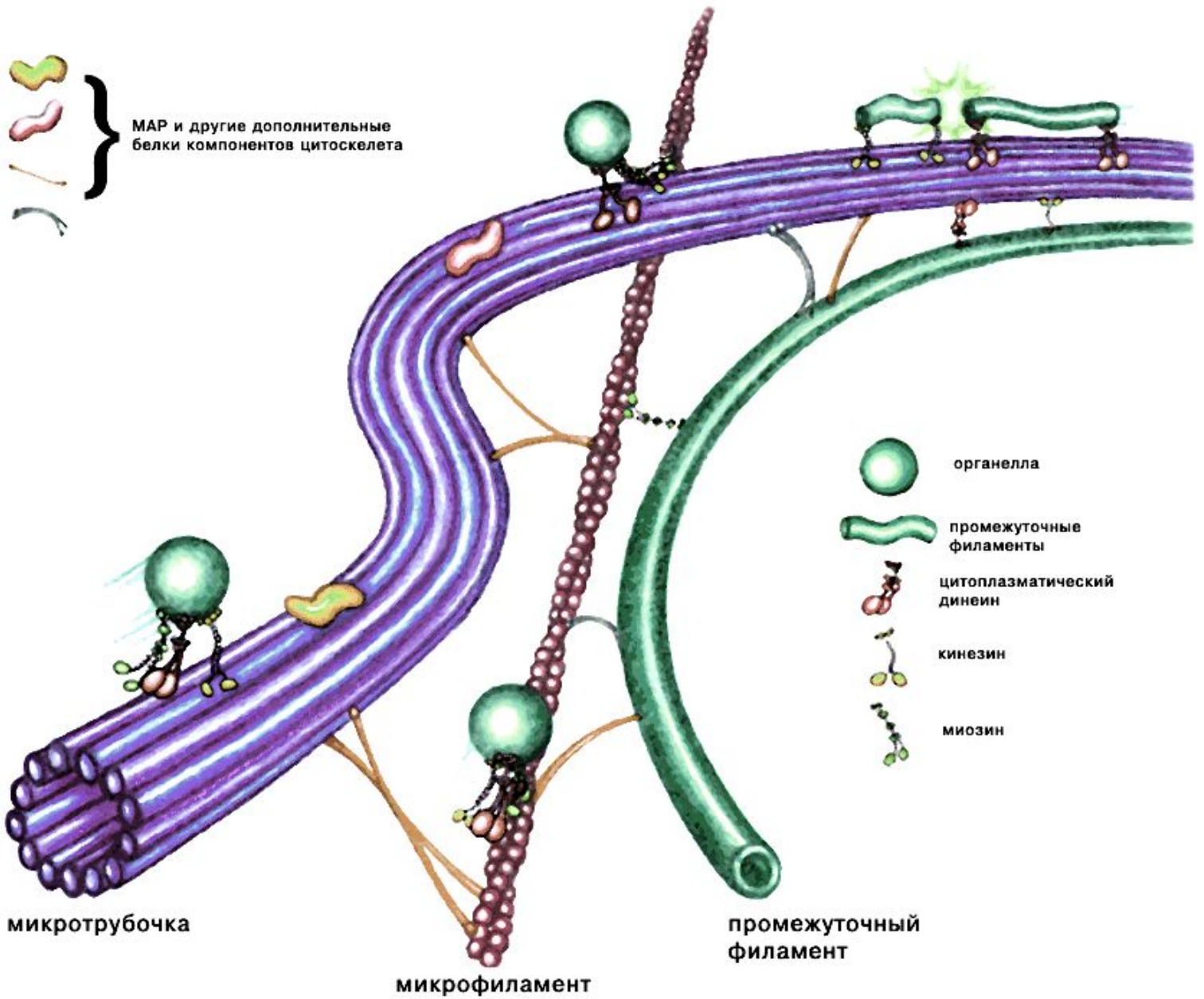
www.iaspis.ru



Компоненты цитоскелета

- Микротрубочки
- Промежуточные филаменты
- Микрофиламенты
- Микротрабекулы

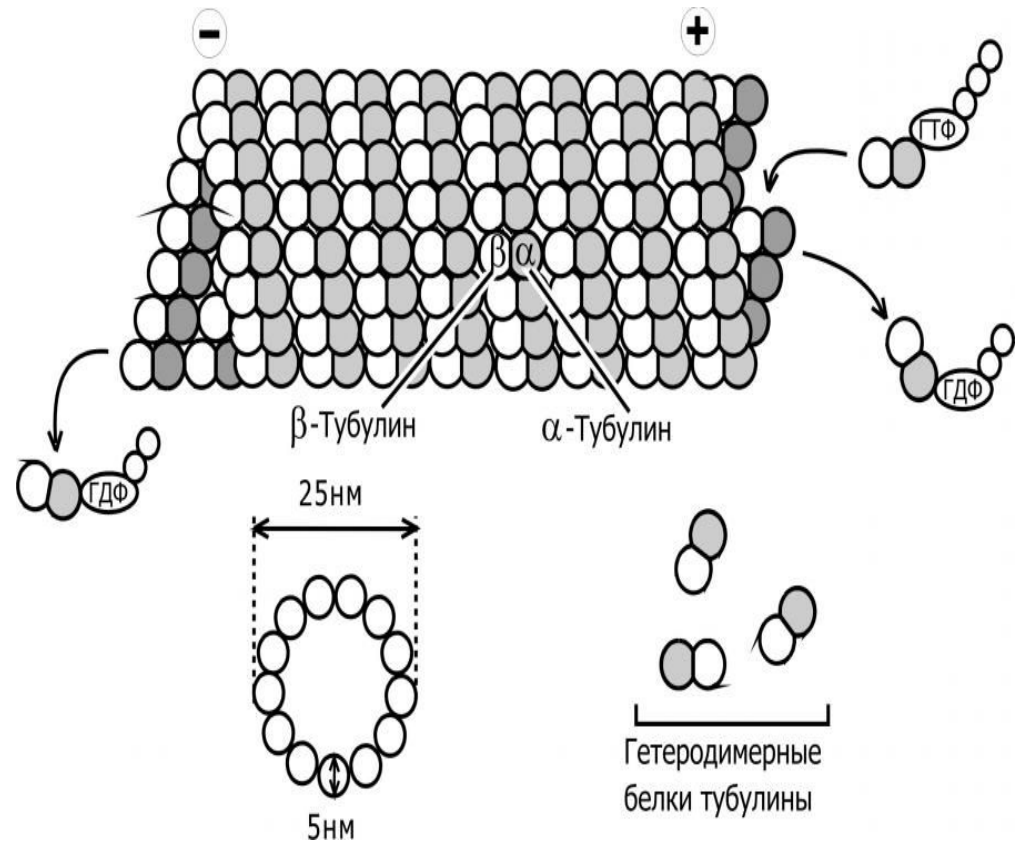




- органелла
- промежуточные филаменты
- цитоплазматический динеин
- кинезин
- миозин

Микротрубочки

- **Микротрубочки** - самые крупные элементы цитоскелета. Построены из димеров глобулярного белка тубулина (13 глобул по периметру, а в длину в зависимости от размеров клетки).
- Являются полярными структурами, имеют "+" конец, на котором идет полимеризация (удлинение) и "-" конец на котором происходит деполимеризация (разрушение) микротрубочки. Наружный диаметр микротрубочек 24 - 25 нм, диаметр просвета 14 - 15 нм.



Лабильность микротрубочек

РАЗБИРАЕТСЯ



СОБИРАЕТСЯ



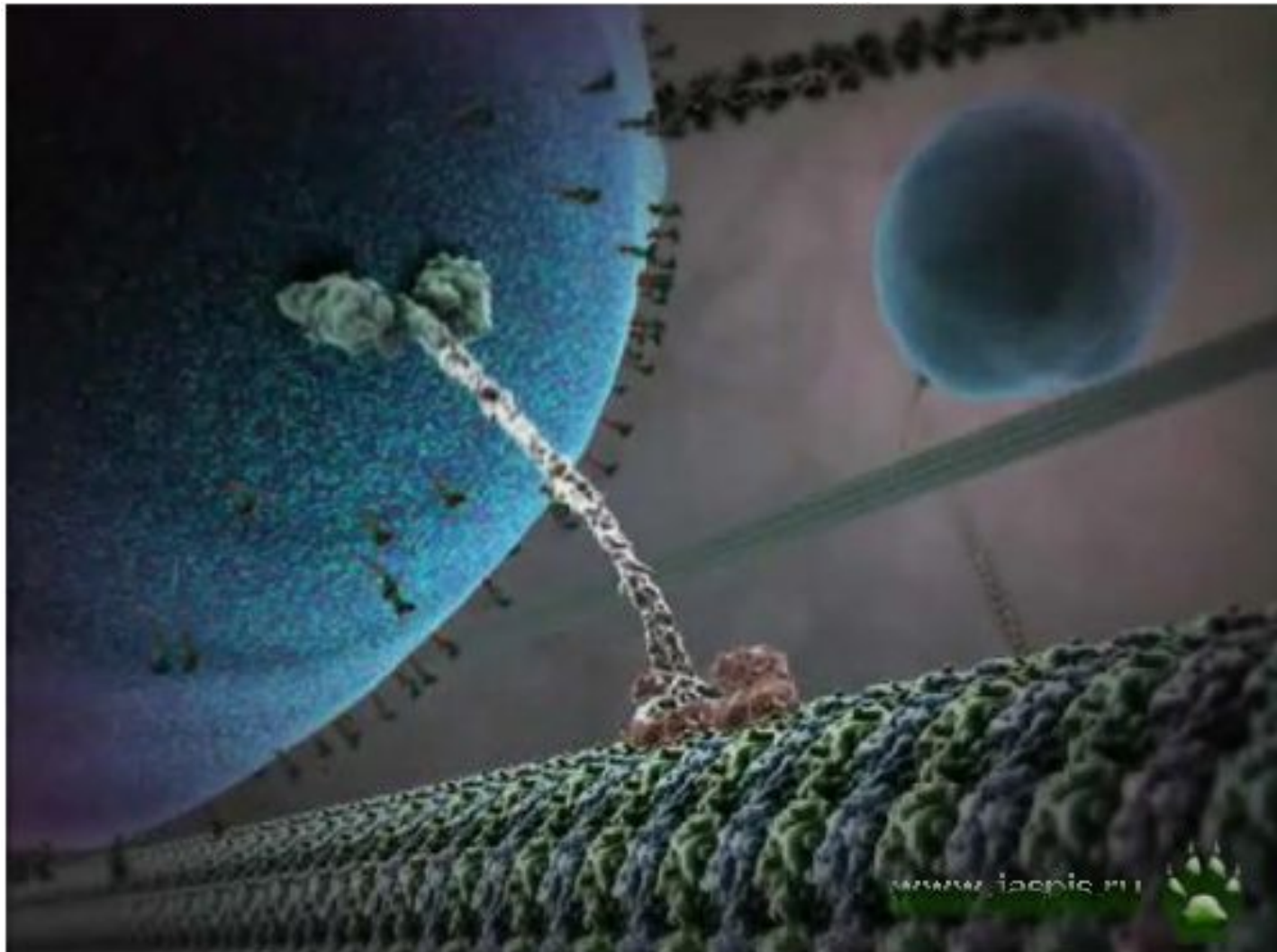
«-» конец связан с белками ЦОМТ.

«+» конец свободный, участвует в процессах полимеризации / деполимеризации.

Микротрубочки

- Работа микротрубочек регулируется специальными белками (динеин, кинезин, MAP-белки, и др.).
- MAP-белки регулируют процессы полимеризации – деполимеризации, направления микротрубочек к определенному месту в клетке, связывание микротрубочек между собой, опосредование взаимодействия микротрубочек с другими белками.

(Microtubule-associated protein, MAP)



- Динеин и **кинезин** обеспечивает скольжение микротрубочек относительно друг друга и перемещение мембранных органелл вдоль по поверхности микротрубочки.

Центр организации микротрубочек

- ЦОМТ, связанный с клеточным центром.
- ЦОМТ без определенной локализации.

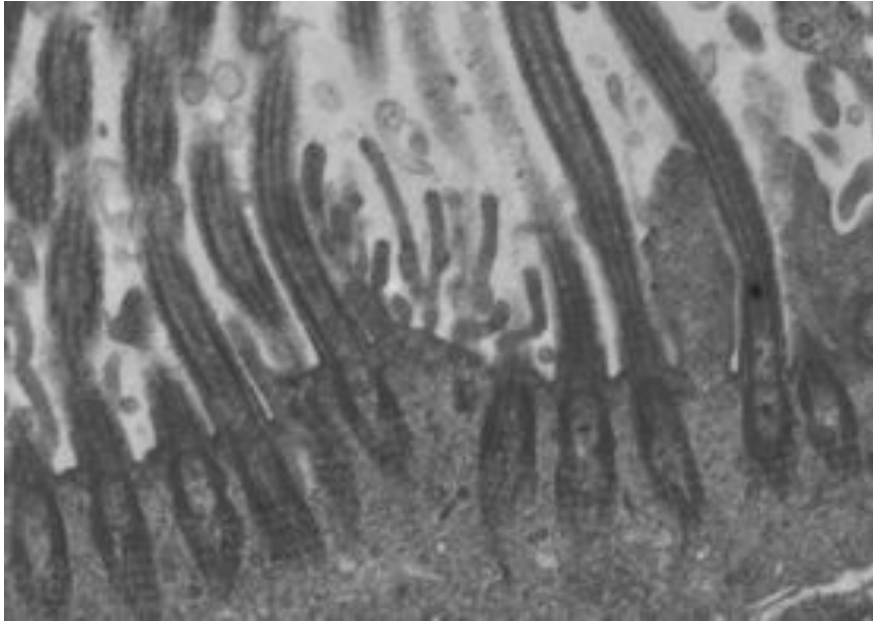


Микротрубочки могут образовываться в цитозоле и вне связи с ЦОМТ, но скорость полимеризации тубулина низкая.

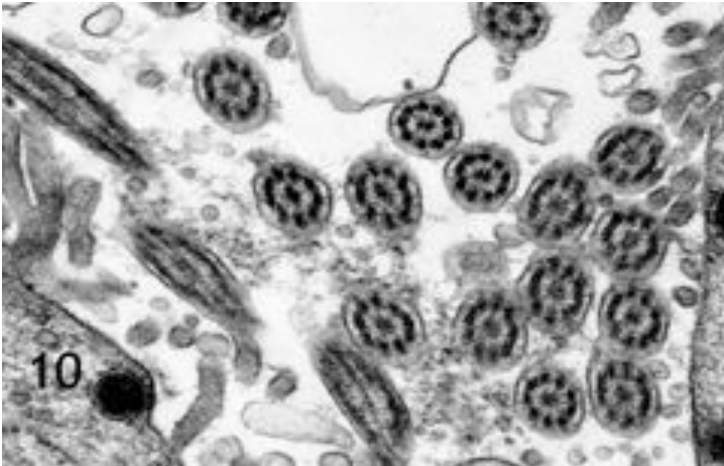
Комплексы микротрубочек

- В клетке микротрубочки могут формировать комплексы, выполняющие специфические функции.
- К комплексам, построенным из микротрубочек относят:
 1. аксонему (каркас реснички, жгутика),
 2. базальное тельце,
 3. центриоли, образующие клеточный центр.
- Комплексы состоят из микротрубочек объединенных в дублеты (в аксонеме), либо в триплеты (базальное тельце, центриоль). В таких комплексах одна из микротрубочек является полной, а другие неполными, т.к. заимствуют у полной часть тубулинов

Ресничка

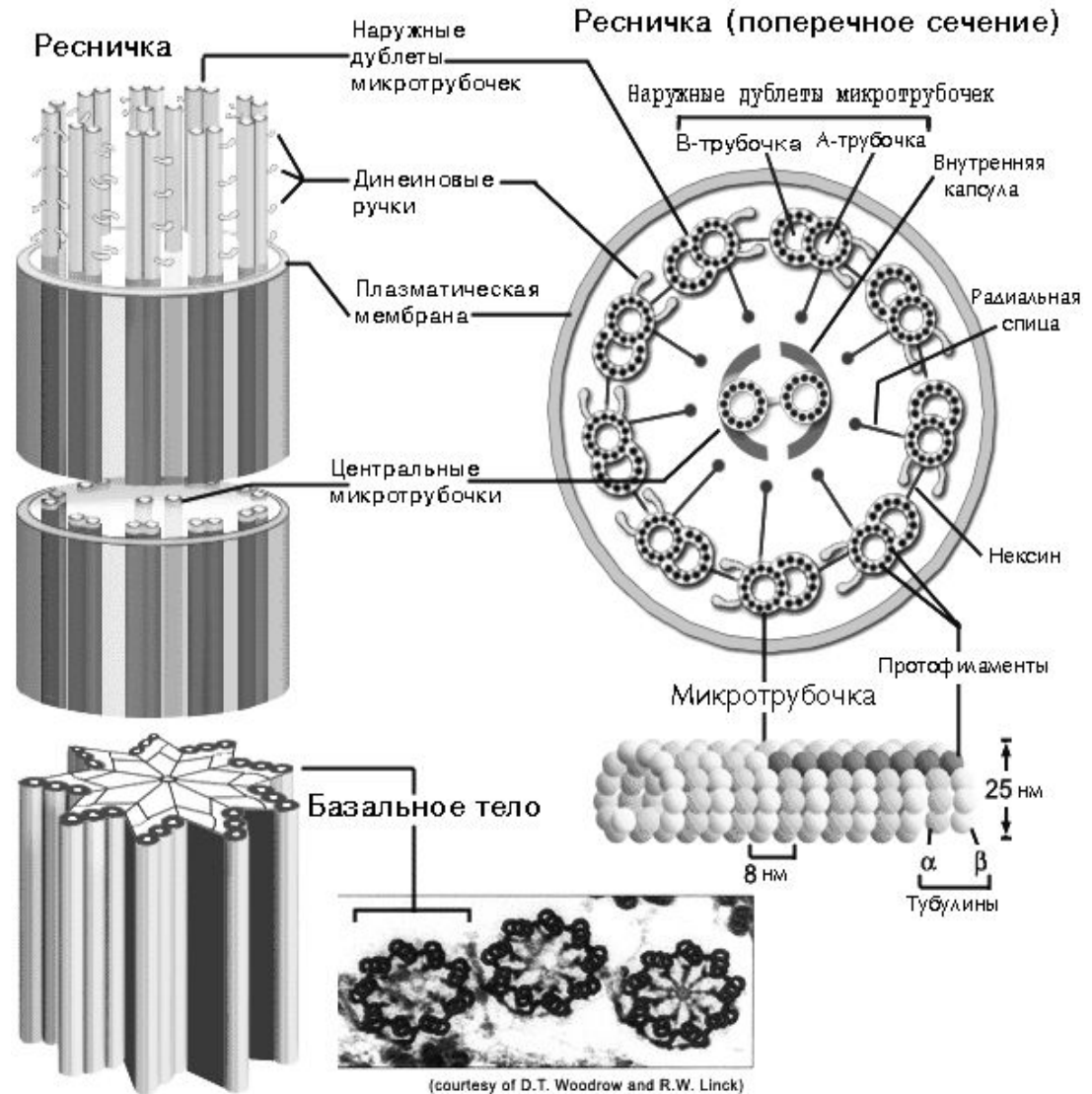


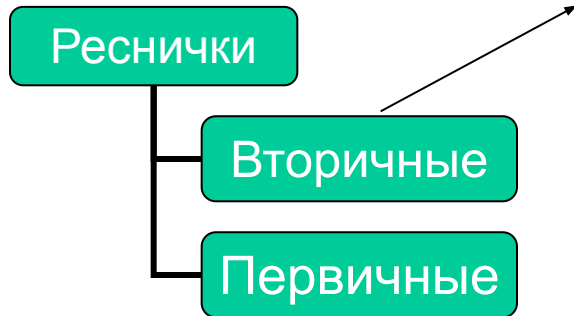
- На вертикальном разрезе ресничка состоит из корешка, базального тельца (в цитоплазме) и собственно реснички (над клеткой окружена биологической мембраной).
- На поперечном срезе видны девять дублетов микротрубочек по периметру и две микротрубочки в центре $(9 \times 2) + 2$. Базальное тельце состоит из девяти триплетов микротрубочек по периметру $(9 \times 3) + 0$ и является матрицей, на которой происходит сборка компонентов аксонемы.



Ресничка

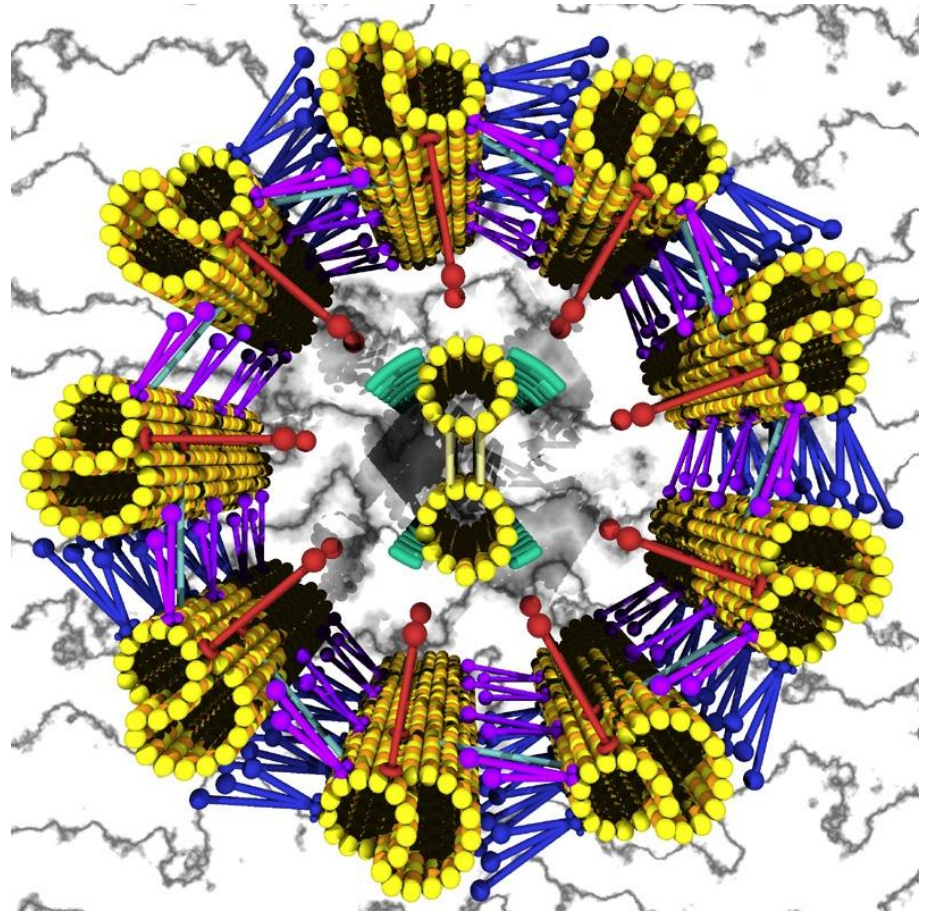
- Строение ресничек и жгутиков одинаково - это цилиндрические выросты цитоплазмы, основу которых составляет каркас из микротрубочек (аксонема).





- Подвижные – кинетоцилии
- Длина реснички=2-10 мкм
- Длина жгутика=50-70 мкм

- Неподвижные
- Все типы клеток (кроме клеток крови, мышечных клеток) в G_0 -периоде формируют первичные реснички.
- Рост аксонемы начинается от материнской центриоли.
- Аксонема не имеет пары центральных микротрубочек.



Клеточный центр (центросома) в 1888 г. Теодор Бовери

- универсальный немембранный органоид всех эукариотических клеток, органелла клеточного деления.

В интерфазе клеточного цикла центросомы ассоциированы с кариолеммой промежуточными филаментами.

Клеточный центр

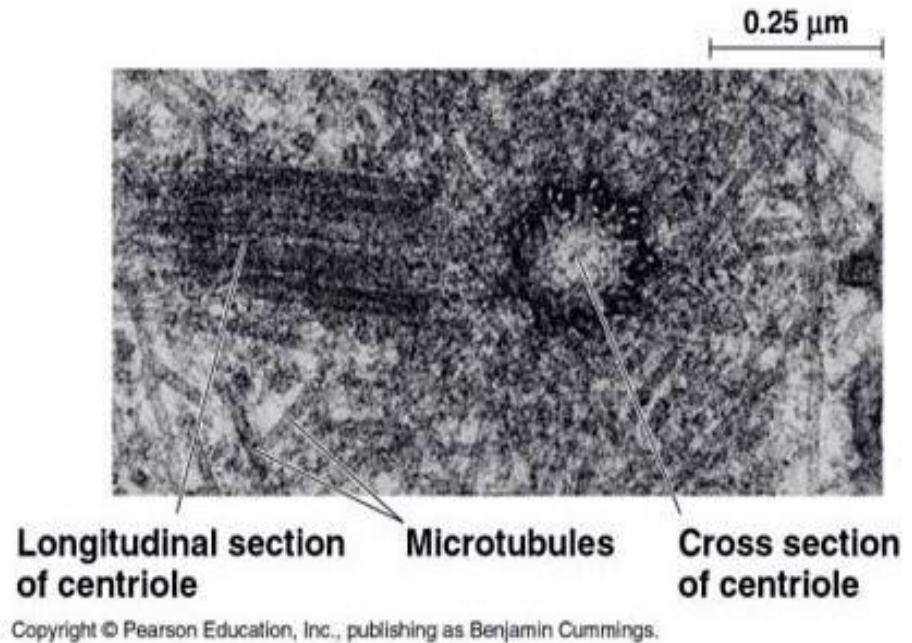
(диплосома)

- Образован двумя центриолями.
- Одна является материнской, другая – дочерней.
- Располагаются перпендикулярно друг другу.
- Каждая состоит из 9 триплетов микротрубочек.
- Материнская центриоль ассоциирована с белками-сателлитами, являющимися центрами организации микротрубочек



Центросфера

- Сателлиты/гало
- Микротрубочки
- Фокусы схождения микротрубочек



Сателлиты – ЦОМТ, состоящие из белковой головки и фибриллярной ножки, которая связывает его с триплетом.

Фокусы схождения микротрубочек- не связанные с центриолями тельца (20-40 нм), являющиеся ЦОМТ.

Центросомный цикл

M-фаза: две диплосомы на полюсах клетки, от них отходят нити ахроматинового веретена деления. Материнская центриоль окружена гало (ЦОМТ). В конце телофазы гало и центросфера исчезают.

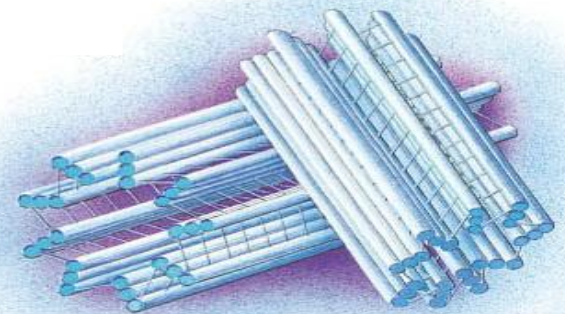
G1: появляются сателлиты, образуется центросфера.

G0: функционируют как ЦОМТ, формируют ресничку.

S: дупликация диплосомы. Перпендикулярно к существующим закладывается процентриоль (9 синглетов).

G2: сателлиты исчезают, диплосомы расходятся к полюсам, на материнских центриолях диплосом формируются гало.

Микротрубочки цитоплазмы деполимеризуются, формируется ахроматиновое веретено деления.



Базальное тельце (кинетосома)

Состоит из 9 триплетов микротрубочек, имеет центральную белковую фибриллу и спицы идущие к триплетам. От триплетов базального тельца снаружи расположены придатки, которые связывают его с мембраной. Две микротрубочки каждого триплета продолжают в аксонему. Имеет ЦОМТ. На дистальном конце базального тельца имеется аморфная пластинка - ЦОМТ, от неё растут две центральные микротрубочки и центральная муфта аксонемы.

При формировании множественных ресничек происходит репликация диплосом.

Базальные тельца формируются в цитоплазме при помощи дейтеросом – белковых электронноплотных гранул.

Клетки с множеством ресничек не способны к делению.

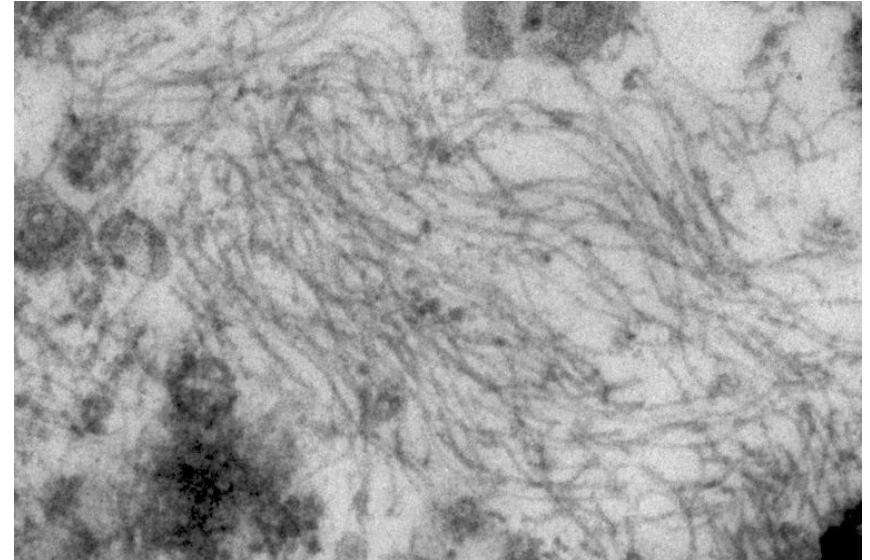
Исчерченные корешки – пучки белковых фибрилл, идут от основания базального тельца к ядру. Исчерченный корешок входит в состав и центросомы, прикрепляя её к ядру.

Функции микротрубочек

- Поддержание формы клетки
- Обеспечение внутриклеточного транспорта
- Формирование органелл
- Обеспечение подвижности клетки
- Формирования веретена деления

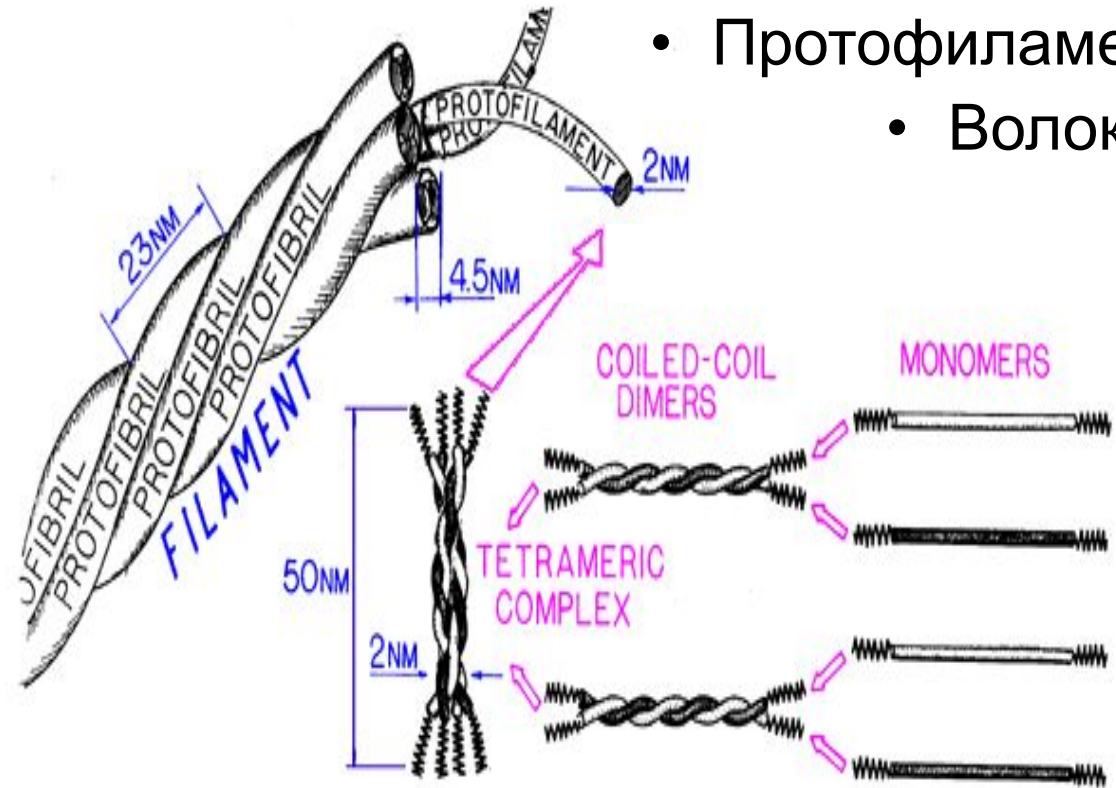
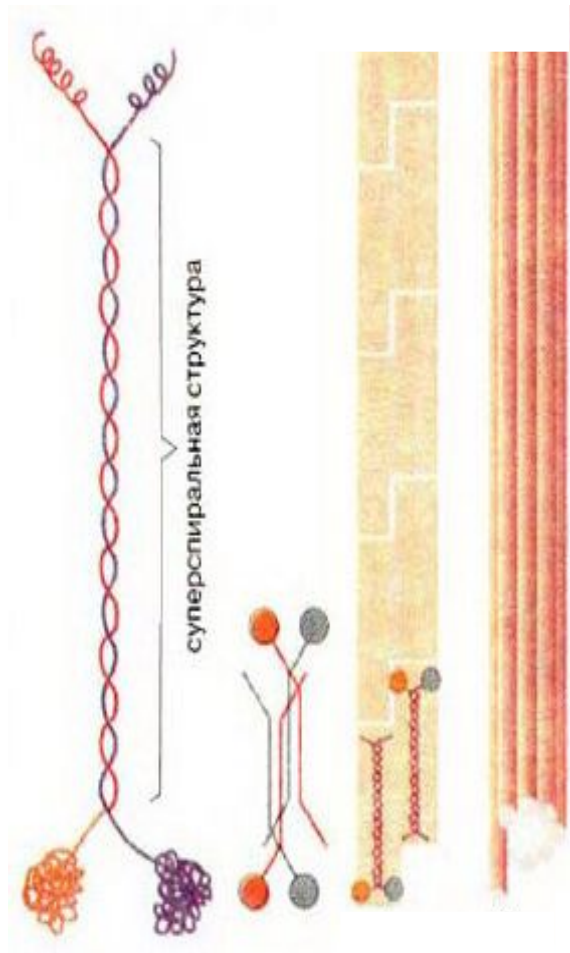
Промежуточные филаменты

- Прочные устойчивые стабильные и самые долгоживущие компоненты цитоскелета.
 - Представляют собой неполярные нити (фибриллы) толщиной 8 - 10 нм, состоящие из белков, специфичных для каждой ткани.
- В соединительных тканях это виментины, в эпителиальных - кератины, в мышечных - десмины, в ядрах всех типов клеток - ламины.



Строение промежуточных филаментов

- Димер
- Тетрамер
- Протофиламент
- Волокно



Классы промежуточных филаментов

- Тонофиламенты (кератины);
- Десминовые филаменты (десмин);
- Виментиновые филаменты (виментин);
- Нейрофиламенты (NF-L, NF-M, NF-H);
- Глиальные филаменты (GFAP);
- Ламины (ламины А, В, С).

Функции промежуточных филаментов

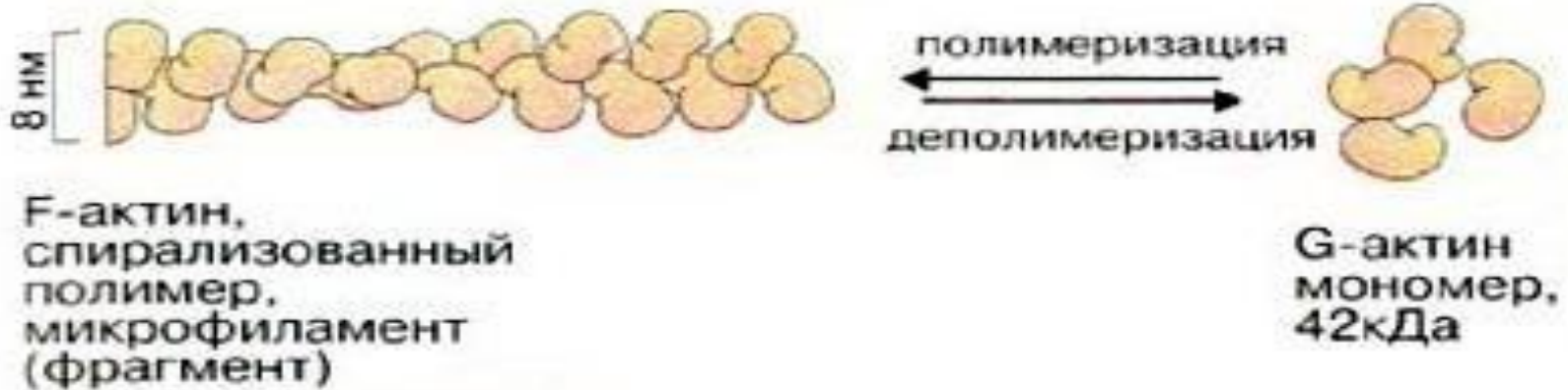
- Поддержание формы клетки;
- Распределение органелл в цитоплазме;
- Формирование рогового вещества;
- Формирование остова отростков нейронов;
- Прикрепление миофибрилл к плазмолемме;
- Вместе с микрофиламентами участвуют в гель-зольных переходах гиалоплазмы;
- Участвуют в подвижности немышечных клеток, процессах эндо- и экзоцитоза;
- Формирование кариоскелета.

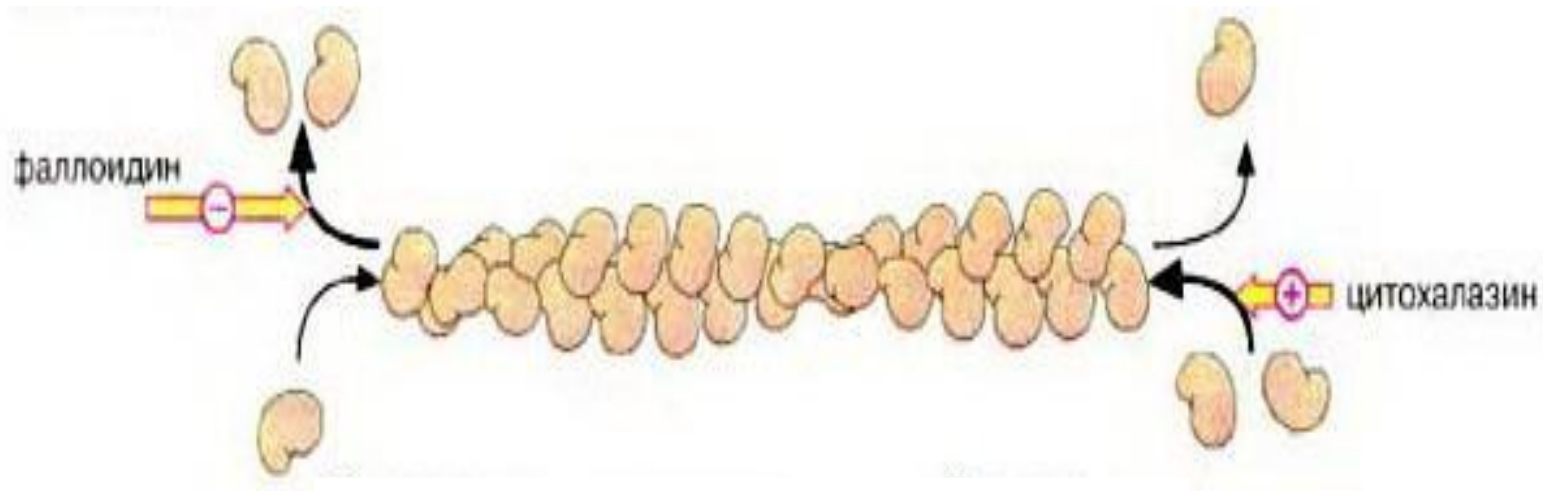
Микрофиламенты

- Тонкие белковые полярные нити диаметром 5-7 нм, расположенные в цитоплазме поодиночке, пучками или в виде сетей.
- Основной белок микрофиламентов - F и G актин,
- Дополнительные, актин-связывающие белки - тропомиозин, тропонины, миозин и его разновидности, филамин, фимбрин, виллин, и т.д. до нескольких десятков видов.

Белки микрофиламентов

- Актин – глобулярный мономерный белок (G-актин), способный к полимеризации (F-актин).
- Молекула актина имеет вид двух спирально закрученных нитей F-актина.





Микро- филаменты



АКТИН-СВЯЗЫВАЮЩИЕ БЕЛКИ

- Белки, ингибирующие полимеризацию актина (профиллин, ДНКазы);
- стабилизирующие белки (тропомиозины);
- кэпактины (гельзолин/вилилин,фрагмин/северин)
- белки, сшивающие актиновые филаменты (фасцин, фимбрин, синапсин I, белок полосы 4.9);
- регуляторные белки (кальдесмон);
- миозины;
- белки, связывающие актин с мембранными липидами (гельзолин, калпакин, миозин I);
- белки, связывающие актин с интегральными белками (α -актинин, талин-винкулин, спектрин, белок полосы 4.1, анкирин, филамин).

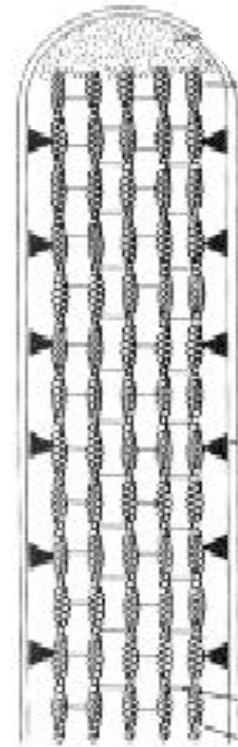
Микроворсинки

- выросты цитоплазмы, окруженные плазмолеммой, каркас которых образован пучком микрофиламентами.

У основания микроворсинки пучок микрофиламентов переходит в терминальную сеть.

Щеточная каемка

совокупность микроворсинок.



Функции микрофиламентов

- Обеспечение сокращения клеток
- Обеспечение движения клеток.
- Обеспечение мембранных функций.
- Перемещение в цитозоле органелл, макромолекул.
- Обеспечение формы клетки.
- Формирование некоторых органелл.
- Участие в цитотомии.

Микротрабекулы

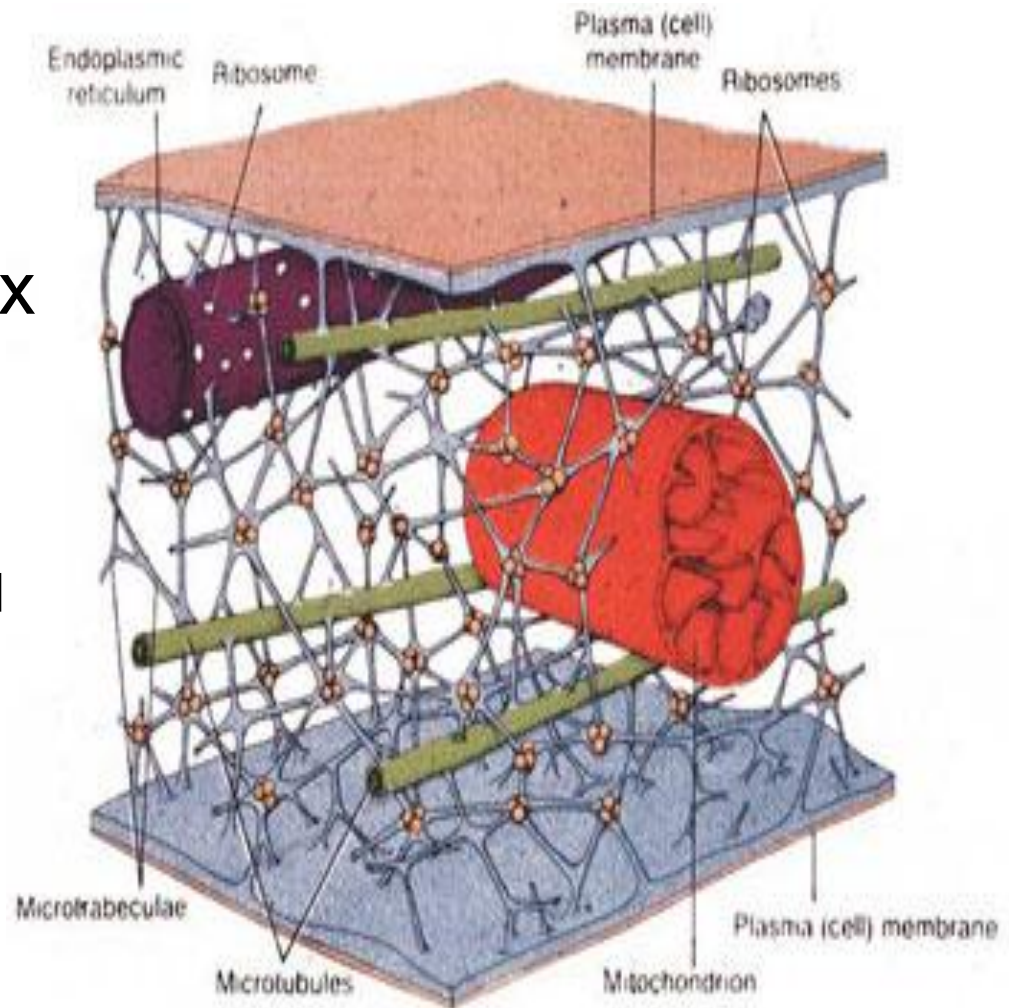
- Наименее изученная часть цитоскелета.
- Выявляются только высоковольтной (мегавольтной) трансмиссионной электронной микроскопией в виде сети нитей неравномерной толщины (2 - 3 нм).
- Белок микротрабекул не идентифицирован, предполагается, что они объединяют три вышеописанные системы цитоскелета и участвуют в гель-зольных переходах цитоплазмы.
- Многие авторы считают, что микротрабекулы это артефакт, возникающий в ходе приготовления препарата.

Микротрабекулы

- система тонких белковых нитей, пересекающих цитоплазму в различных направлениях.

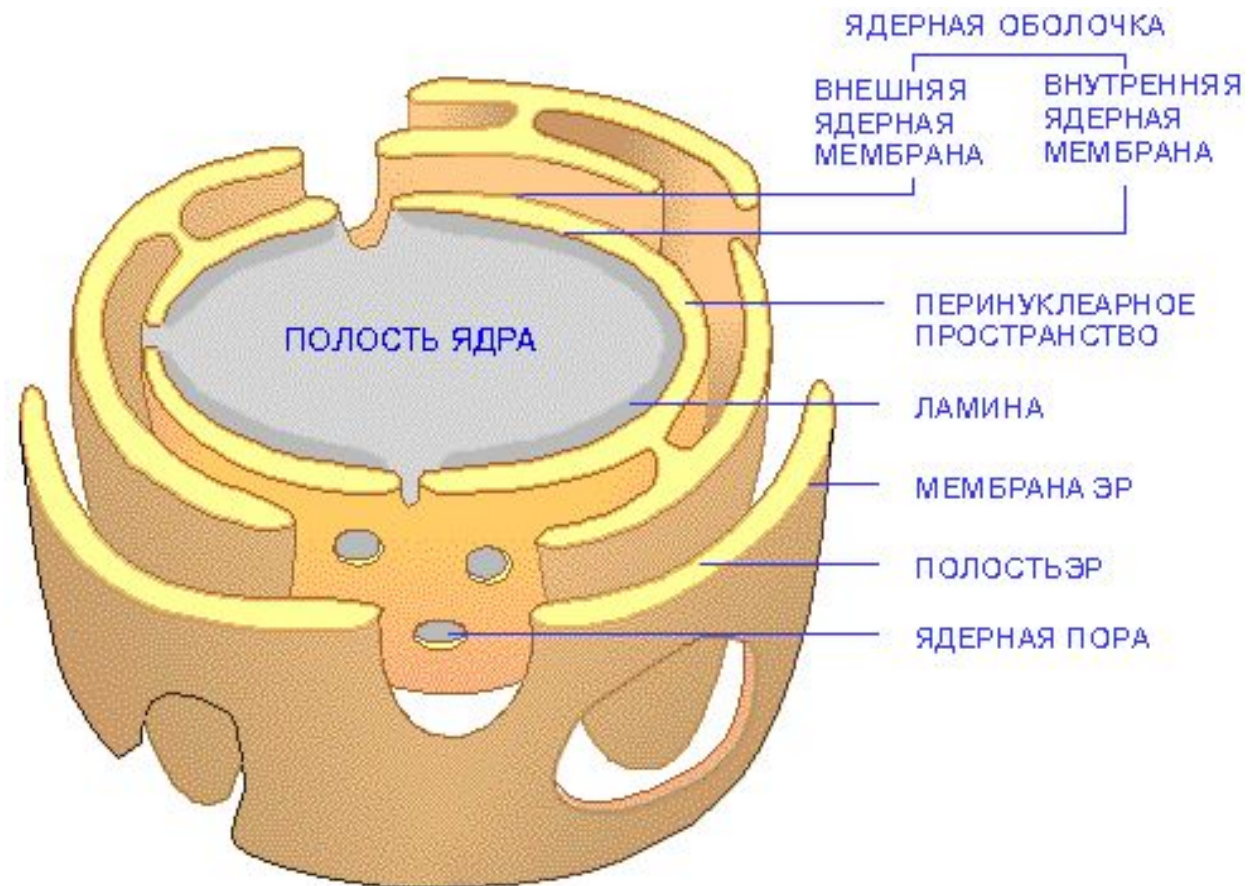
D 2 нм.

С микротрабекулярной системой связаны микротрубочки и микрофиламенты.



Клеточное ядро

- основной компонент эукариотической клетки, содержащий её генетический материал.



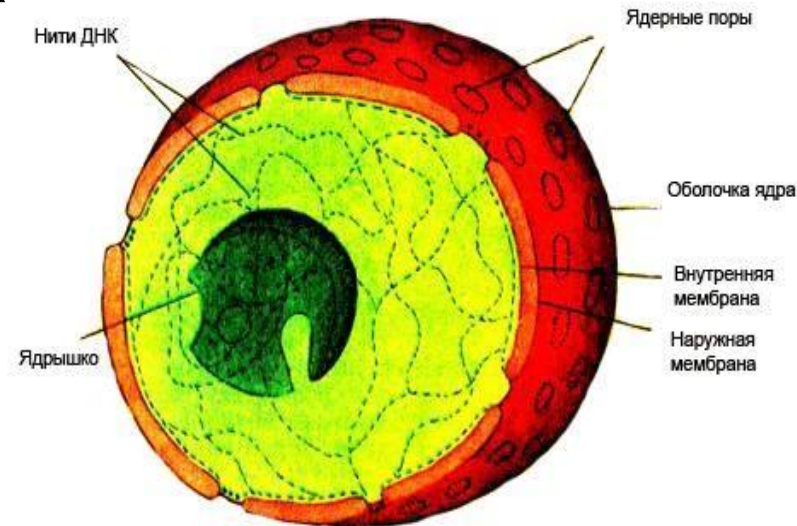
Ядро эукариотической клетки

Функция ядра заключается: в хранении и реализации генетической информации (для синтеза белков) и равнонаследственном распределении ДНК при делении клеток.

Размеры, количество и форма ядер в различных клетках варьируют в широких пределах.

Ядро неделящейся (интерфазной) клетки состоит из:

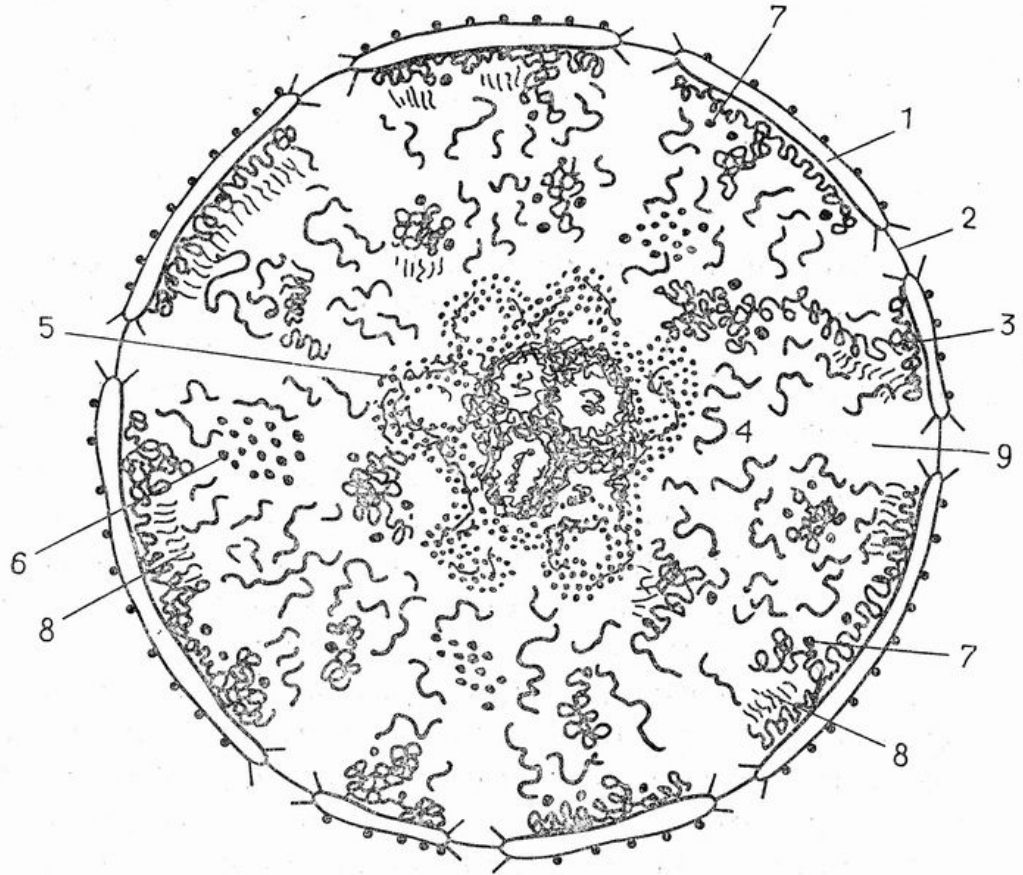
1. Кариолеммы (ядерная оболочка)
2. Хроматина
3. Ядрышек
4. Ядерного сока (кариоплазма)



Ядро эукариотической клетки

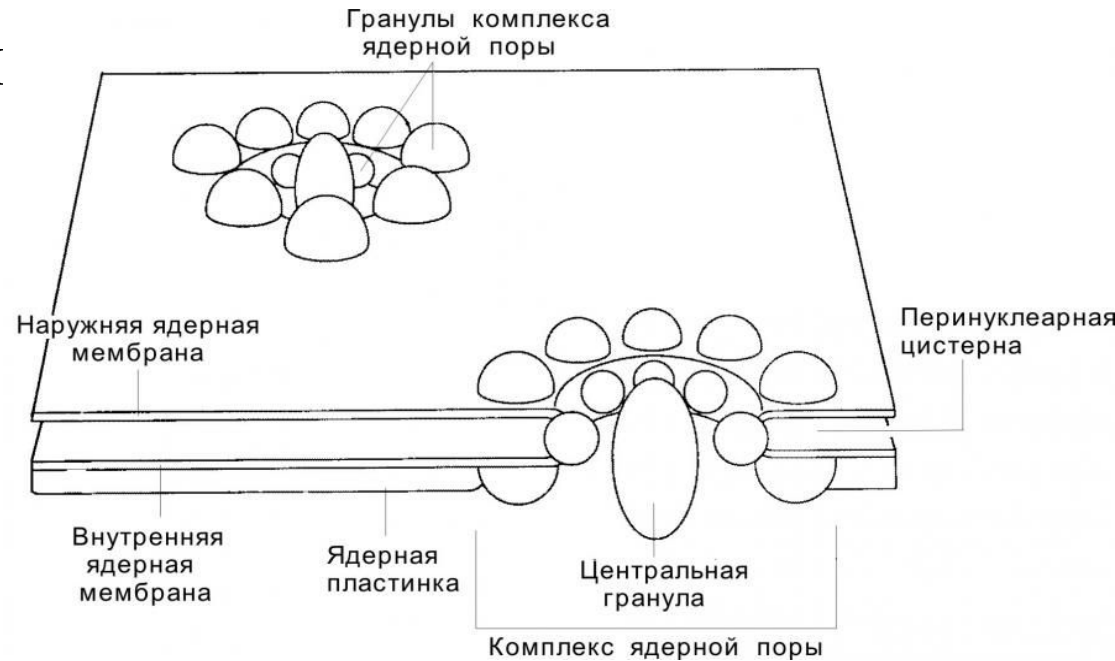
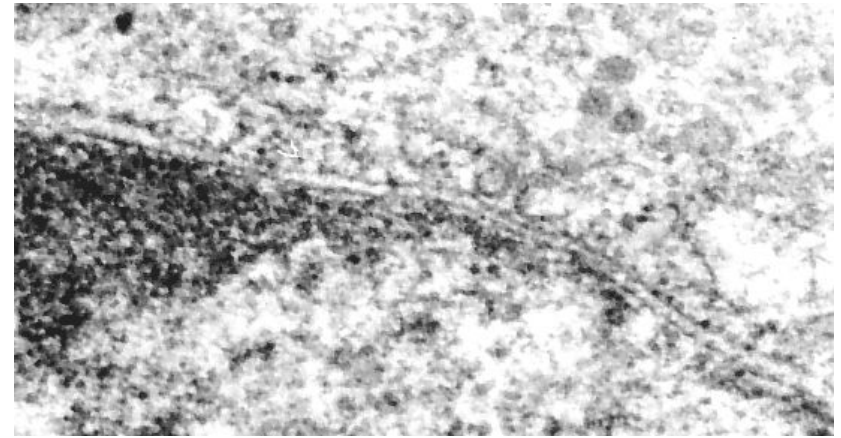
Схема строения клеточного ядра.

- 1 — ядерная оболочка (две мембраны внутренняя и внешняя, и перинуклеарное пространство);
- 2 — ядерная пора;
- 3 — конденсированный хроматин;
- 4 — диффузный хроматин;
- 5 — ядрышко (гранулярный и фибриллярный компоненты, в центральных светлых зонах находится рДНК);
- 6 — интерхроматиновые гранулы (РНП);
- 7 — перихроматиновые гранулы (РНП);
- 8 — перихроматиновые фибриллы (РНП);
- 9 — кариоплазма



Кариолемма

- Кариолемма состоит из двух биологических мембран (наружной и внутренней) толщиной 6 - 7,5 нм которые разделены полостью (перинуклеарное пространство) шириной 12 - 100 нм.

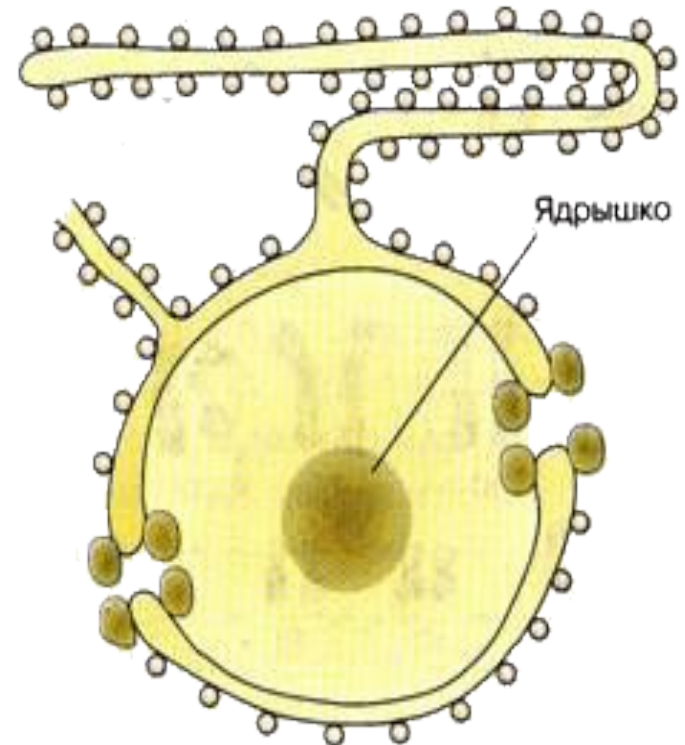


Кариолемма

Наружная ядерная мембрана составляет единое целое с мембранами эндоплазматической сети, часто несет на себе рибосомы, а так же может открываться в межклеточное пространство.

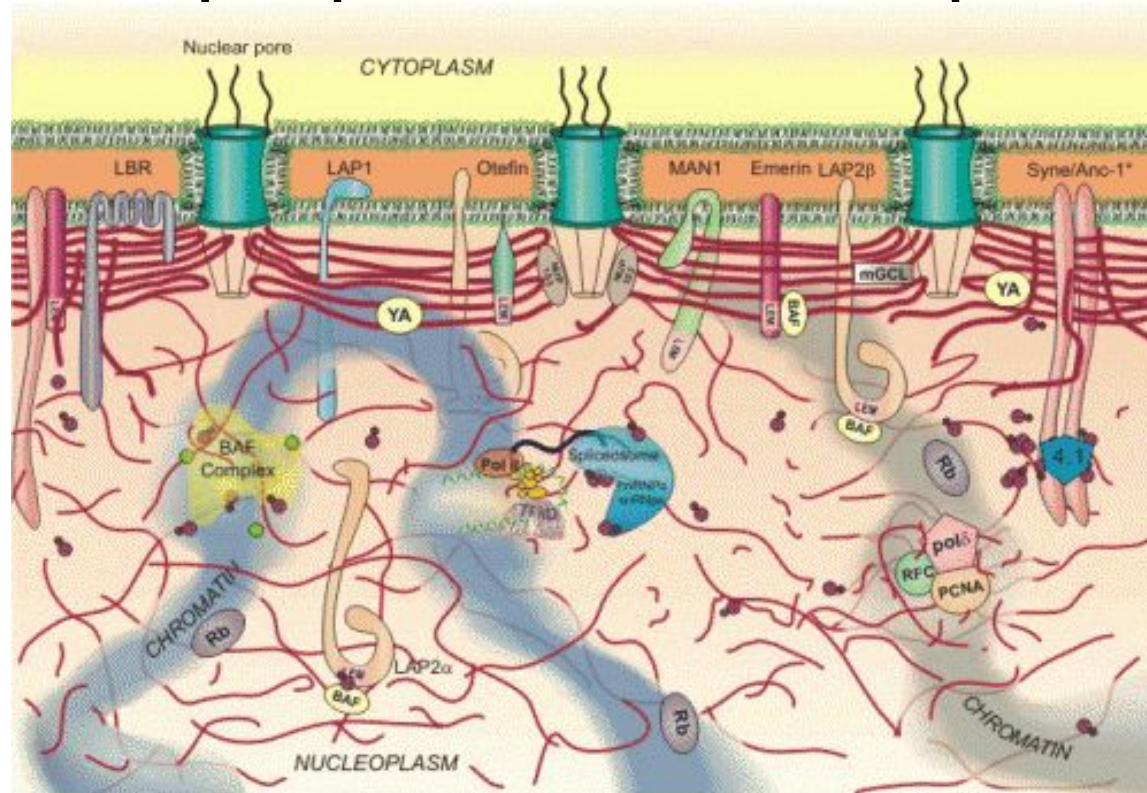
Перинуклеарное пространство (**люмен**) переходит в полости ЭПС. Со стороны цитоплазмы наружная ядерная мембрана окружена сетью промежуточных филаментов.

Внутренняя мембрана гладкая (не содержит рибосом). В большинстве клеток, со стороны ядра, к ней может прилегать ядерная пластина (ламина) толщиной 80 - 300 нм, состоящая из промежуточных филаментов (белки - ламины А,В,С), формирующих кариоскелет, а также участвующих в формировании гетерохроматина и в восстановлении ядерной мембраны в телофазу митоза.



Внутренняя мембрана кариолеммы

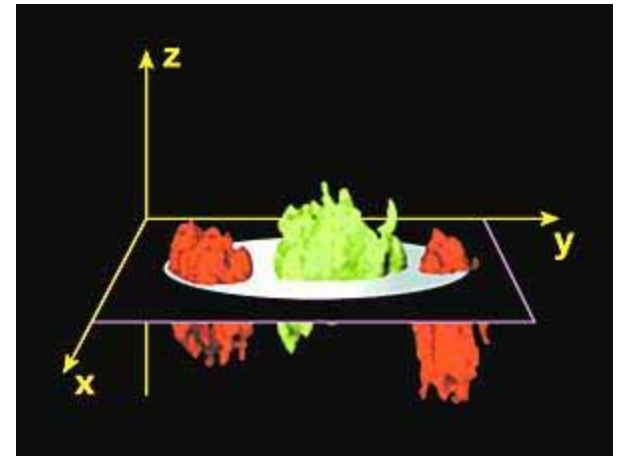
ядерная ламина (80-300 нм) - структура, образованная белками-ламинами, к которой прикреплены нити хроматина.



- Lamina
- Arps
- G-Actin
- Oligomeric Actin
- mRNA
- Profilin
- Transcription factors

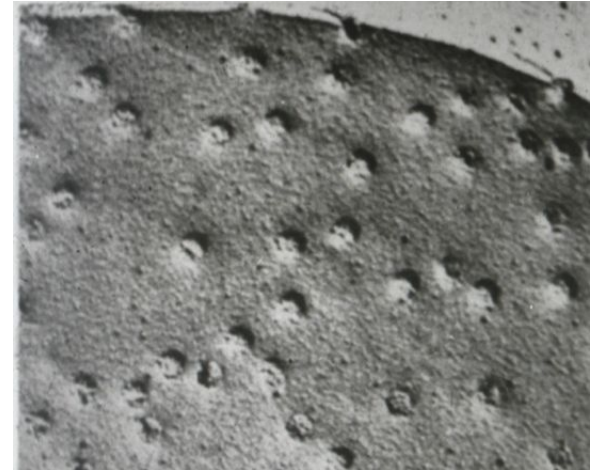
Функции ламины

- Поддерживает форму ядра.
- Участвует в формировании порового комплекса.
- Отвечает за упорядоченное расположение хроматина в интерфазном ядре (хромосомная территория).



Кариолемма

- В отличие от других органелл, кариолемма содержит поровые комплексы, состоящие из пор и белковых компонентов.



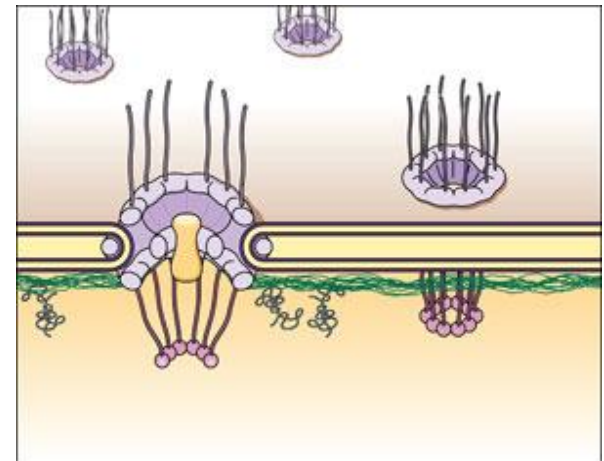
- Количество поровых комплексов может изменяться в широких пределах, в среднем 10 - 20 на 1 мкм площади ядерной мембраны.
- Функция комплекса ядерной поры - это обеспечение избирательного транспорта веществ между ядром и цитоплазмой в обоих направлениях.

Ядерные поры (2000-4000 пор)

- области перехода внутренней мембраны кариолеммы в наружную.

В поре расположен комплекс ядерной поры: Два *параллельных белковых кольца* (8глобул), от которых к центру отходят белковые фибриллы, формирующие *диафрагму поры* и центрально расположенная белковая глобула – *центральная гранула*.

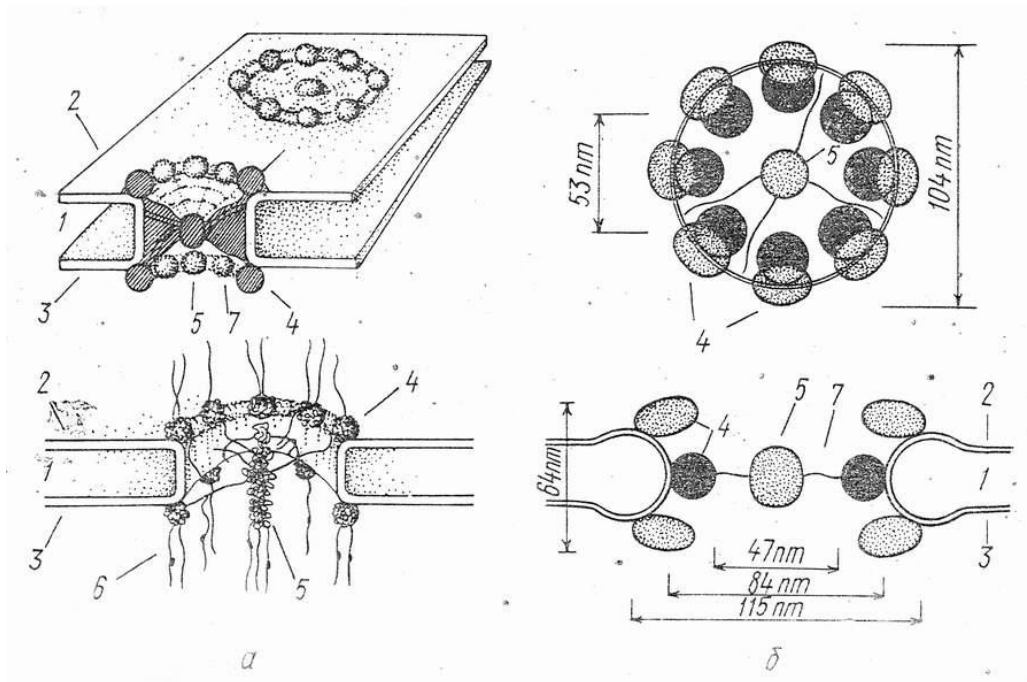
N.V. Отсутствуют в ядрах спермиев.



Комплекс ядерной поры

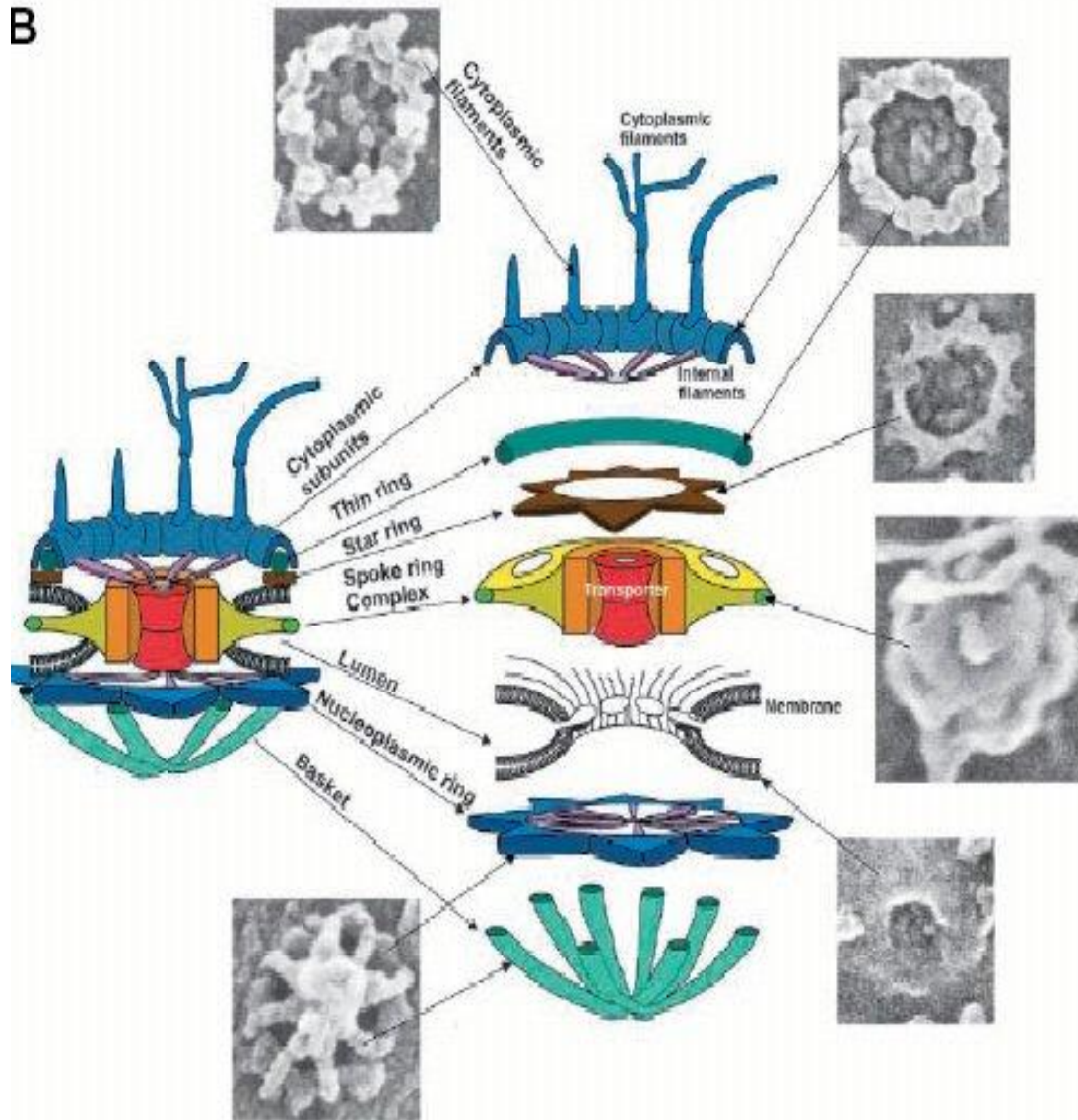
- 1 — перинуклеарное пространство,
- 2 — внутренняя ядерная мембрана,
- 3 — внешняя ядерная мембрана,
- 4 — периферические субъединицы,
- 5 — центральная гранула,
- 6 — фибриллы, отходящие от гранул,
- 7 — диафрагма.

Тонкая организация ядерной поры
(а, б – разные современные модели)

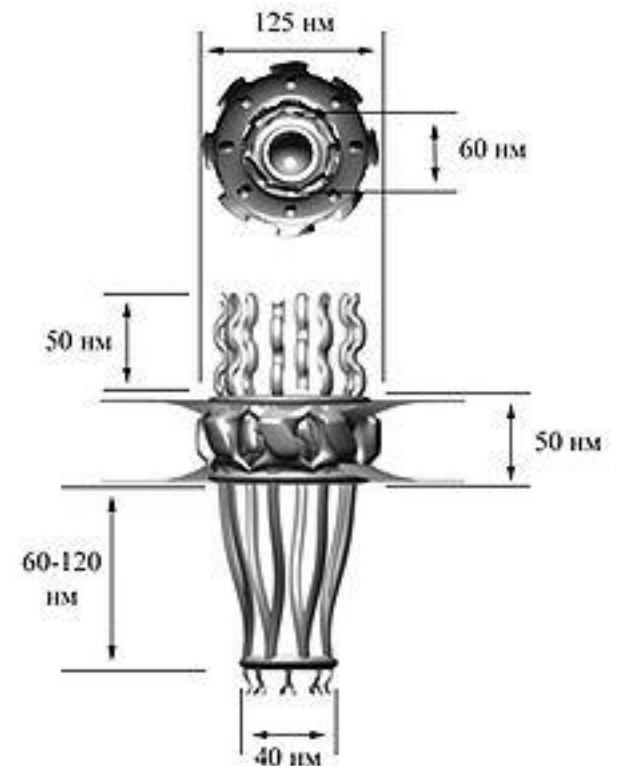


Комплекс ядерной поры

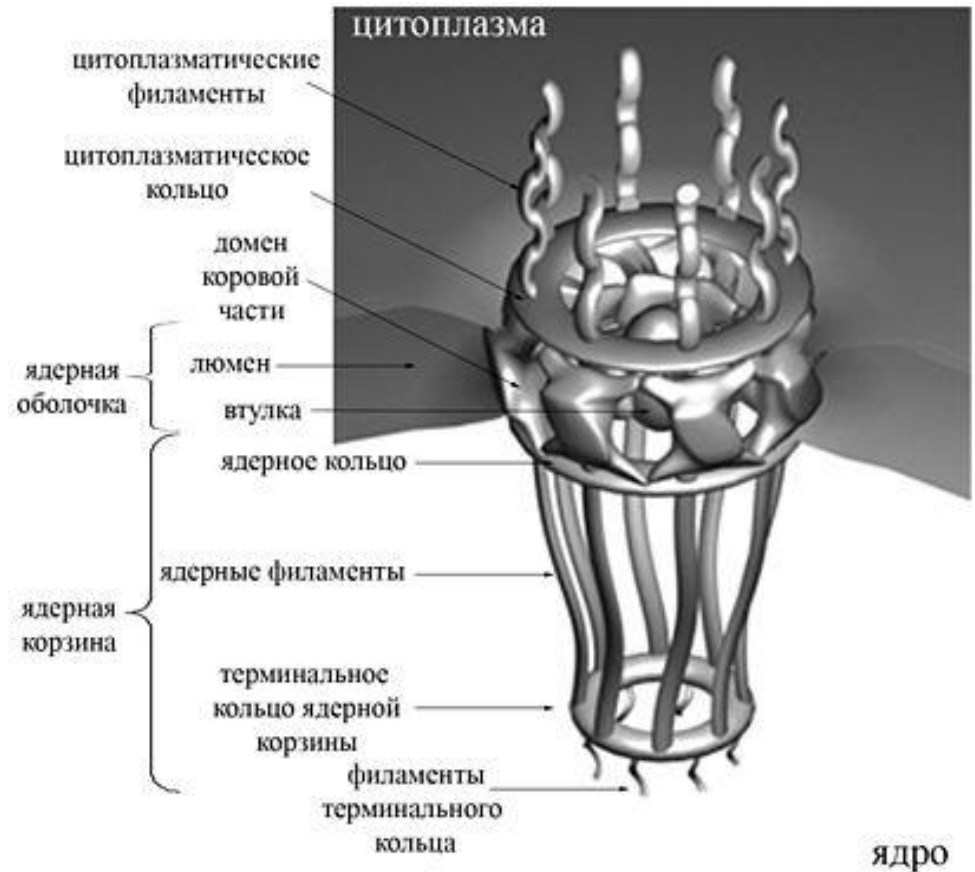
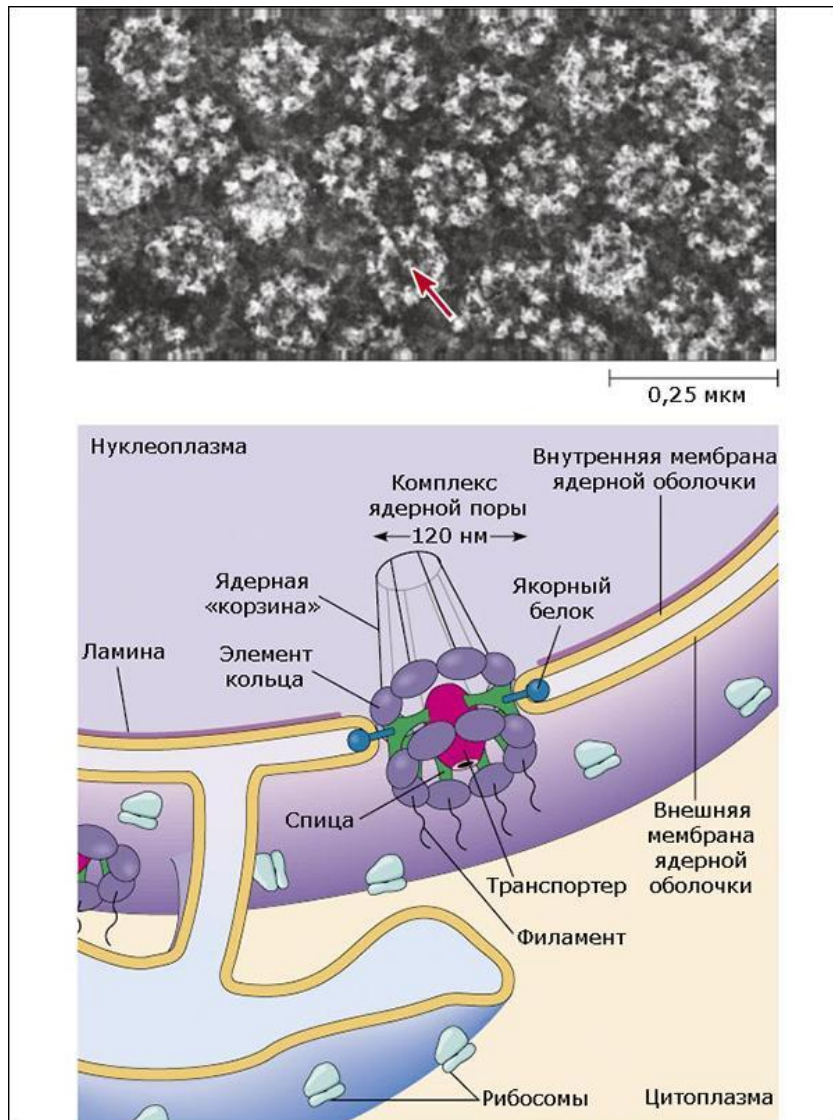
В



Образован -
нуклеопоринами



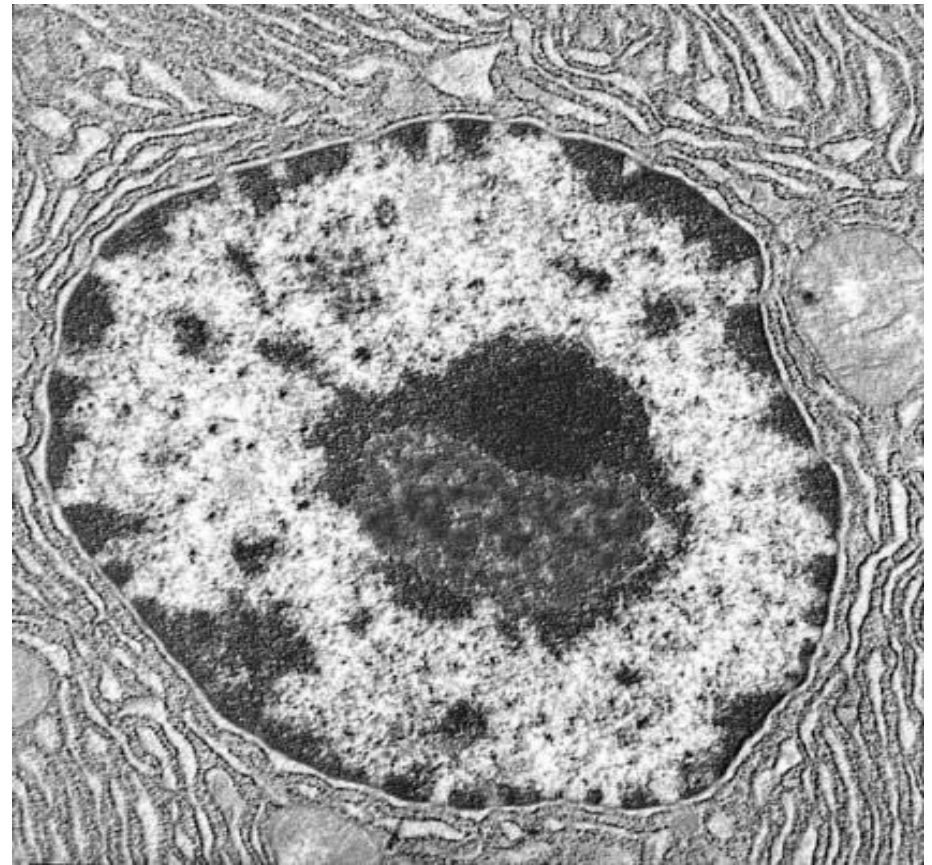
Комплекс ядерной поры



Хроматин

- комплекс ДНК и белков интерфазного ядра, представляющий деспирализованные хромосомы.

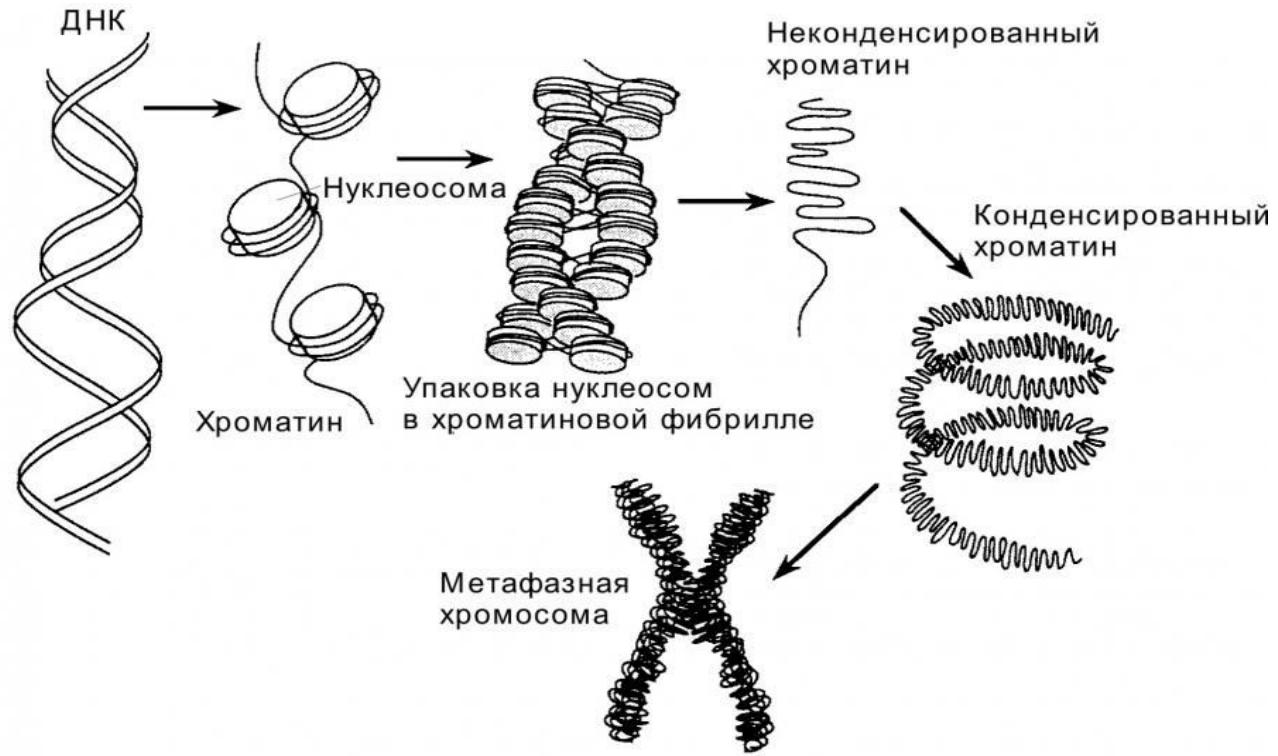
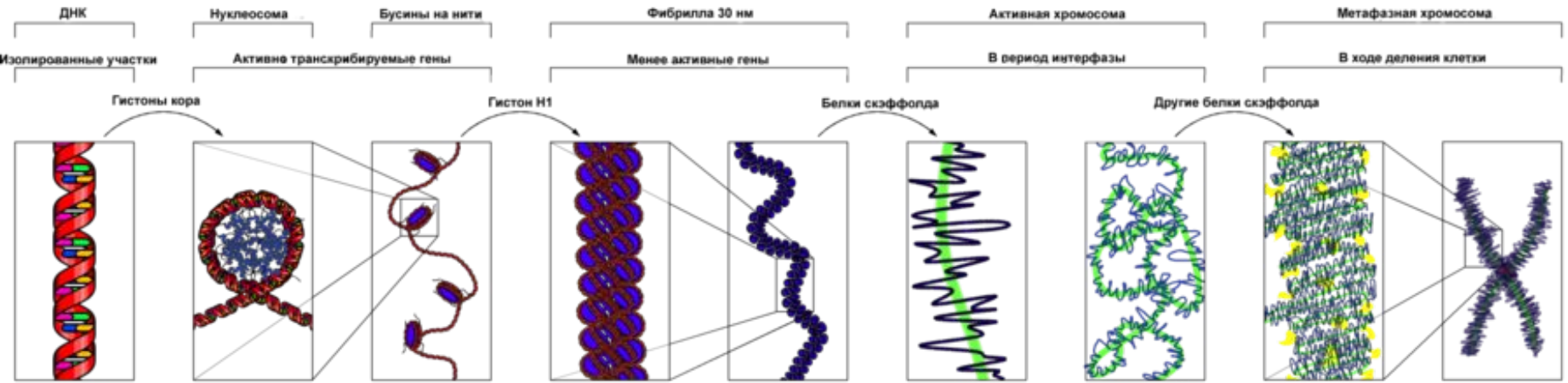
- Гетерохроматин:
 - а. Облигатный;
 - б. Факультативный;
- Эухроматин;



Хроматин

- Хроматин ядра интерфазной клетки - комплекс ДНК и белков.
- Разделяется на *гетерохроматин* (конденсированный, заблокированный) и *эухроматин*, с которого и происходит считывание информации для синтеза белка.

Уровни компактизации хроматина



Негистоновые белки

Большое влияние на структуру хроматина и функционирование эукариотических генов оказывают различные *негистоновые белки*.

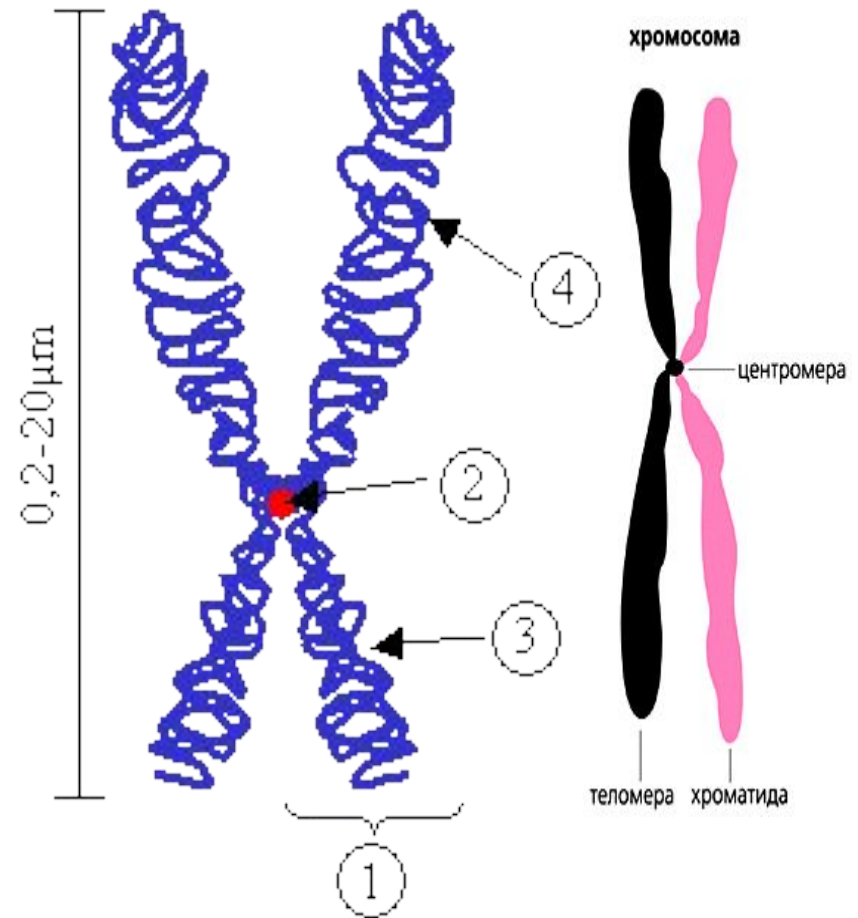
- Белки с высокой подвижностью (high mobility group – HMG).
- Внутриядерные ферменты (транскрипции, репарации и репликации).
- Белковые факторы, необходимые для работы генетического аппарата клетки.
- ДНК-топоизомеразы.

Метафазная хромосома

- Центромера
- Теломера
- Хроматида
- Плечи (p и q)

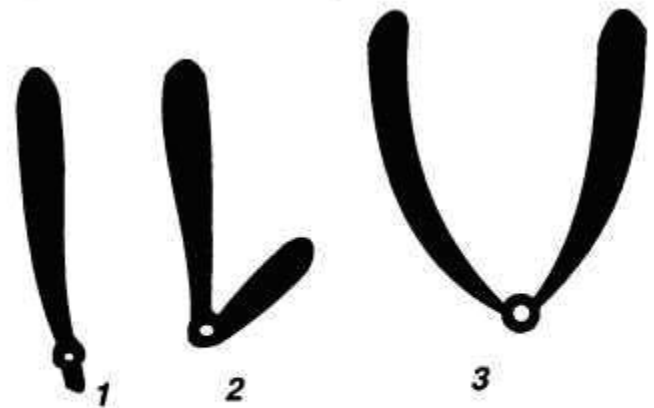
В области центромеры расположен кинетохор - мультибелковый комплекс, обеспечивающий связывание хромосомы с нитями веретена деления.

Образуются кинетохоры парами в поздней профазе митоза по одному на каждой из сестринских хроматид.



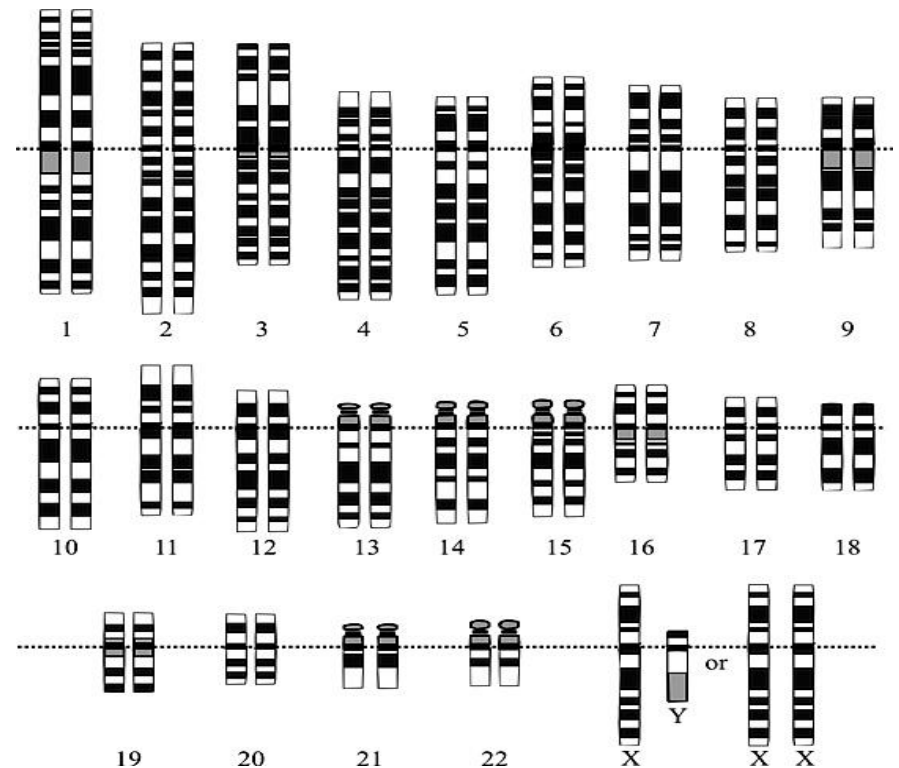
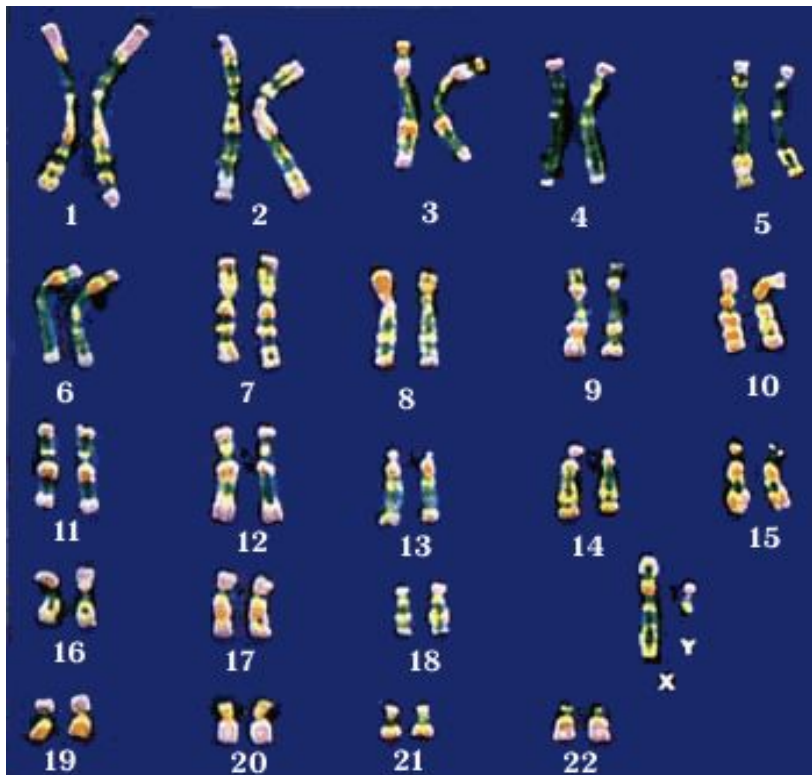
Типы хромосом

1. *ахроцентрические* (палочковидные хромосомы с очень коротким, почти незаметным вторым плечом);
2. *субметацентрические* (с плечами неравной длины, напоминающие по форме букву L);
3. *метацентрические* (V-образные хромосомы, обладающие плечами равной длины).



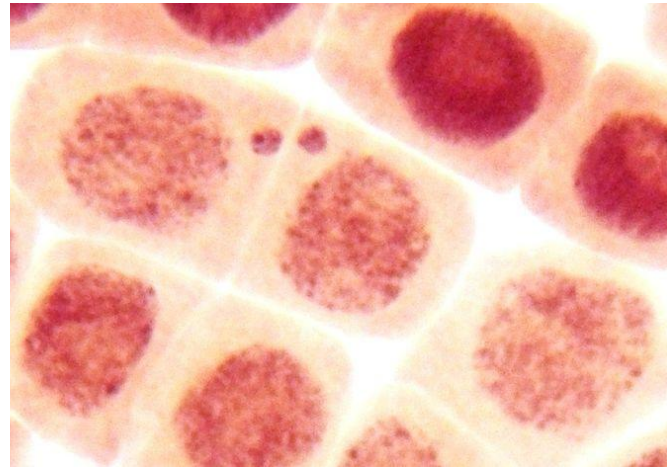
Кариотип

Совокупность признаков (числа, величины и морфологии) полного набора хромосом, присущий клеткам данного биологического вида (*видовой кариотип*), данного организма (*индивидуальный кариотип*) или линии (клона) клеток.



Микроядра

- фрагменты хромосом или целые хромосомы, не включенные в состав ядра после митотического деления клетки. Образование микроядер провоцируют вещества, вызывающие разрыв хромосом (кластогенные агенты) и токсикантами, повреждающими белки митотического веретена.



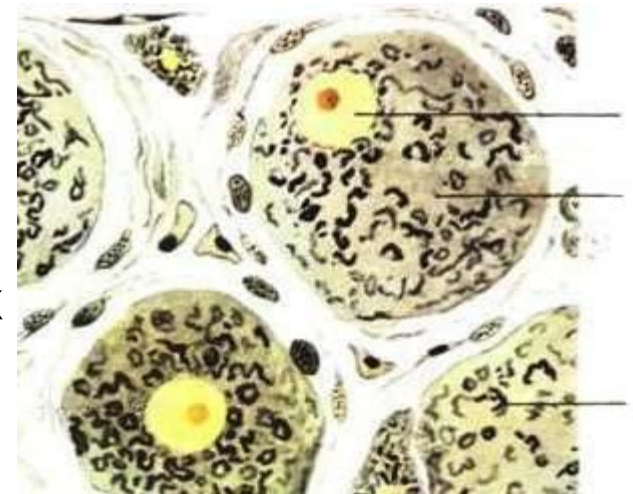
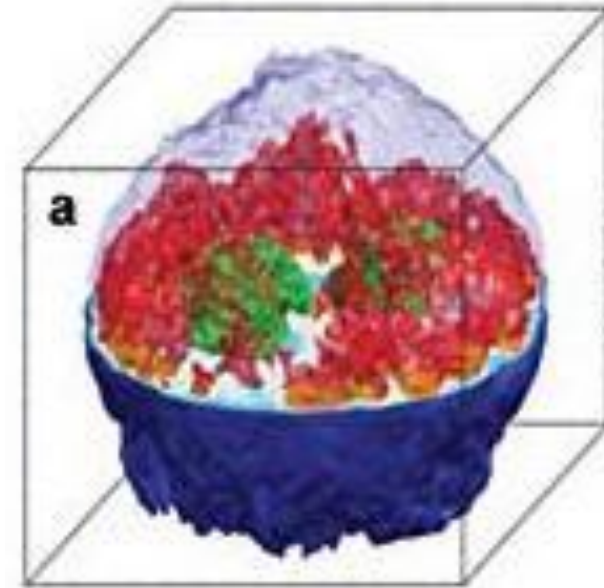
Ядрышко

Ядрышко (от 1 до 5) образованно специализированными участками 13, 14, 15, 21, 22 хромосом (ядрышковыми организаторами).

Ядрышковые организаторы - участки хроматина, содержащие мультиплицированные гены рРНК.

В интерфазной клетке ядрышко состоит из фибриллярного (первичный транскрипт рРНК), глобулярного (предшественники субъединиц рибосом) и аморфного (ядрышковые организаторы) компонентов.

Функция ядрышка - наработка рибосомальных РНК и сборка отдельных субъединиц рибосом.



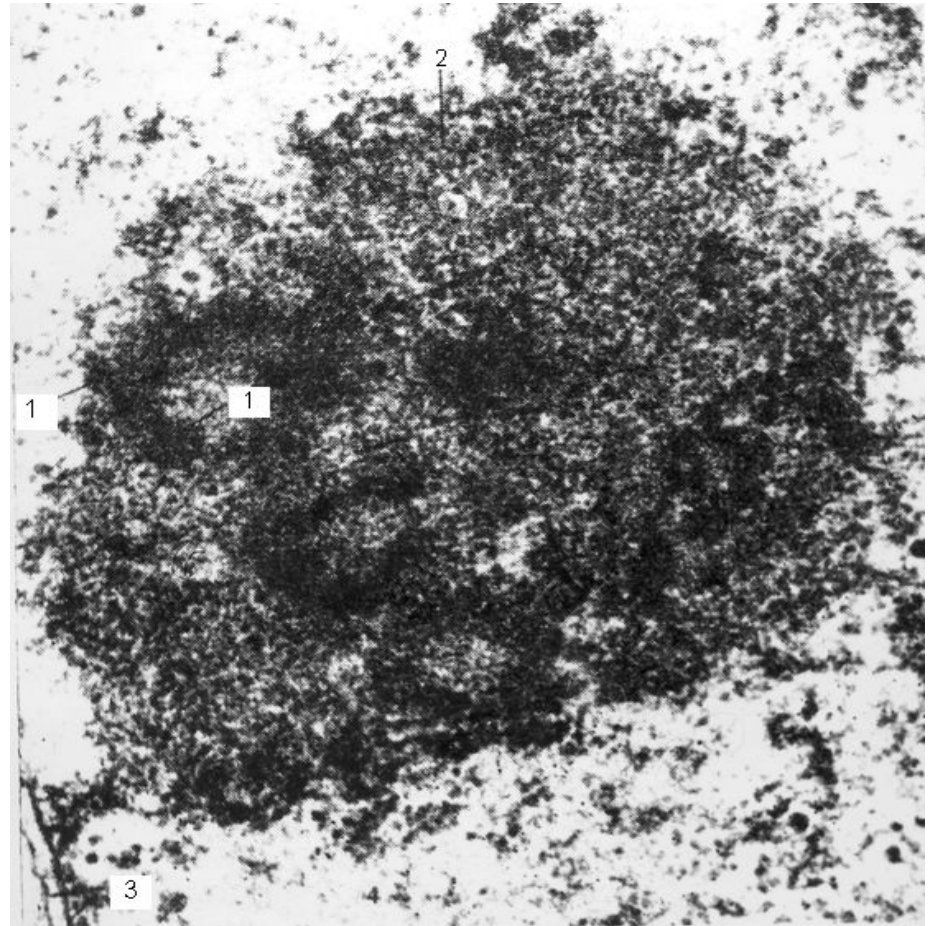
Ядрышко

- *Строение ядрышка:*

1 – фибриллярный компонент,

2 – глобулярный компонент,

3 – ядерная оболочка.



Структура ядрышка

- **Фибриллярный компонент** - внутренняя часть ядрышка, состоит из нитей хроматина и первичных транскриптов рРНК.
- **Гранулярный компонент** – образован скоплением плотных частиц (D 10-20 нм), предшественников субъединиц рибосом.
- **Аморфный компонент** – прилегающий участок ядерного матрикса, содержащий РНК-связывающие белки.

Ядрышко окружено перинуклеолярным хроматином.

Размеры и количество ядрышек

В интерфазном ядре на светооптическом уровне – плотная гранула (D 1-3 мкм), ультрабазофильна.

Размеры и количество ядрышек увеличиваются при повышении функциональной активности клетки.

Ядерный матрикс

- **Кариоскелет** построен из негистоновых белков, формирующих разветвленную сеть, взаимодействующую с ядерной ламиной. В клетке имеются специальные некодирующие А-Т-богатые участки прикрепления к ядерному матриксу (англ. SMAR — **Matrix/Scaffold Attachment Regions**).
- **Кариоплазма** - жидкий компонент ядерного матрикса, коллоидный раствор, содержащий РНК, гликопротеины, ионы, ферменты.

Кариоплазма

Кариоплазма (ядерный сок, кариолимфа) - жидкий компонент ядра, в котором располагаются все внутренние структуры (сходен с цитоплазматическим матриксом).

Белки ядра (поступающие из цитоплазмы) разделены на несколько фракций и образуют комплексы с ДНК, РНК или ферментными системами ядра. Из неорганических соединений в ядре наиболее важны соли Mg, Na, K, Ca.



Благодарю за внимание!