

ФИЗИОЛОГИЯ КЛЕТКИ

наука, изучающая закономерности и свойства функционирования клеток животных, растений, простейших независимо от их специализации.

Аспекты изучения «Физиологии клетки»

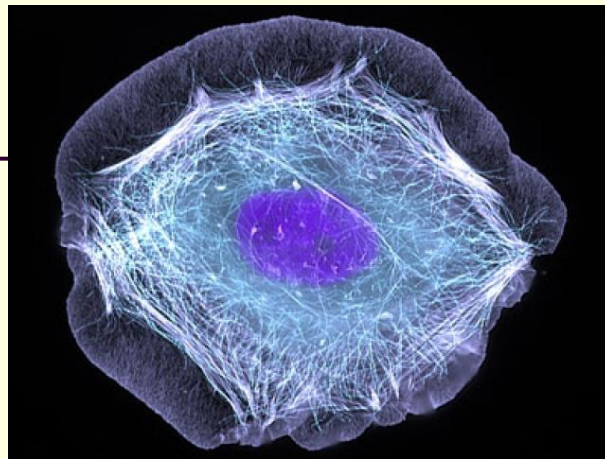
- **ДВИГАТЕЛЬНАЯ ФУНКЦИЯ КЛЕТОК**
- **РЕЦЕПТОРНАЯ ФУНКЦИЯ КЛЕТОК**
- **ФУНКЦИИ ИЗМЕНЕНИЯ pH В КЛЕТКЕ. ПЕРЕКИСНОЕ ОКИСЛЕНИЕ ЛИПИДОВ.**
- **КАЛЬЦИЕВАЯ ПРОНИЦАЕМОСТЬ. РОЛЬ КАЛЬЦИЯ В КЛЕТКЕ.**
- **КЛЕТОЧНЫЕ МЕМБРАНЫ**
- **ТРАНСМЕМБРАННЫЙ ТРАНСПОРТ**
- **ПРОНИЦАЕМОСТЬ КЛЕТКИ ДЛЯ МИНЕРАЛЬНЫХ ИОНОВ, НЕЭЛЕКТРОЛИТОВ, ВОДЫ, ОРГАНИЧЕСКИХ КИСЛОТ, КРАСИТЕЛЕЙ.**
- **РОСТ И СТАРЕНИЕ КЛЕТОК**

ДВИГАТЕЛЬНАЯ ФУНКЦИЯ КЛЕТОК

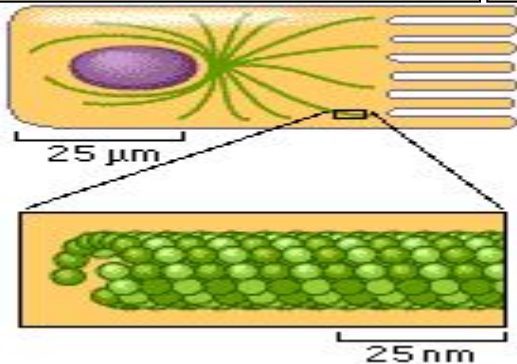
Контрактильные механизмы (приводящие к сокращению или движению):

- мышечное сокращение
- движение ресничек и жгутиков
- расхождение хромосом при митозе и мейозе
- укорочение хромосом, происходящее перед прикреплением к веретену деления
- амебоидное движение
- циклоз

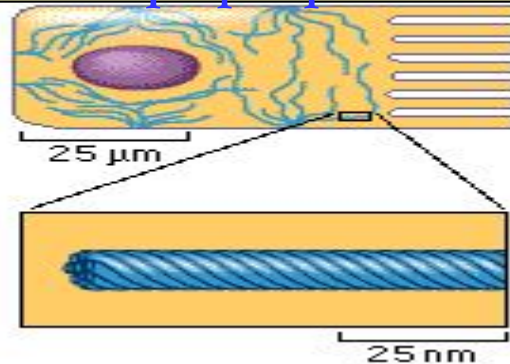
Цитоскелет клетки



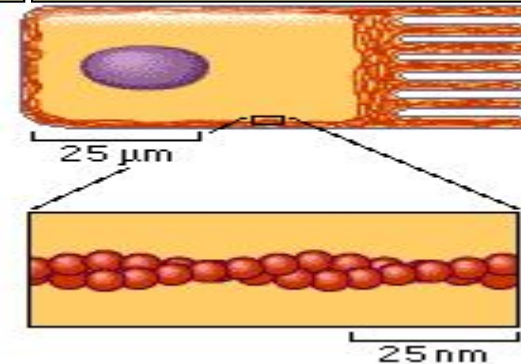
Микротрубочки
(~ 25 нм)
Тубулин



**промежуточные
филаменты (8-10 нм)**
Кератин, Десмин
Виментин
Нейрофибриллы



микрофиламенты
(6-7 нм)
Актин



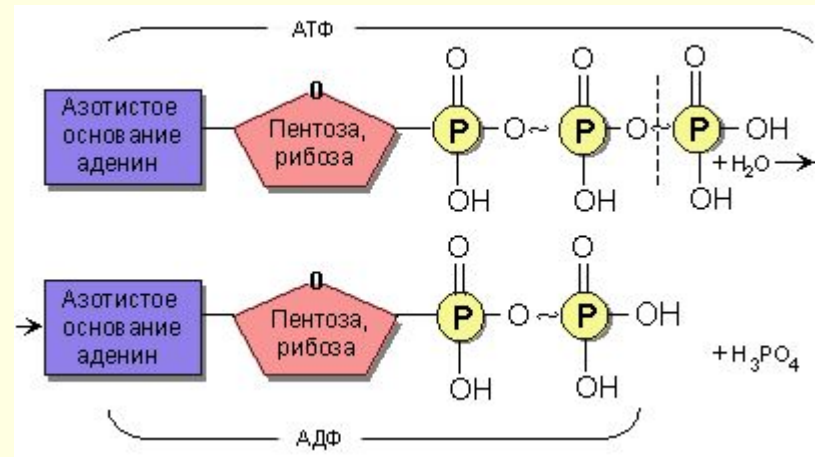
Микрофиламенты (Актиновые филаменты)

АКТИН

мономерный глобулярный белок

Актин имеет участки связывания с:

- Mg^{2+}
- АТФ



3 типа актинов:

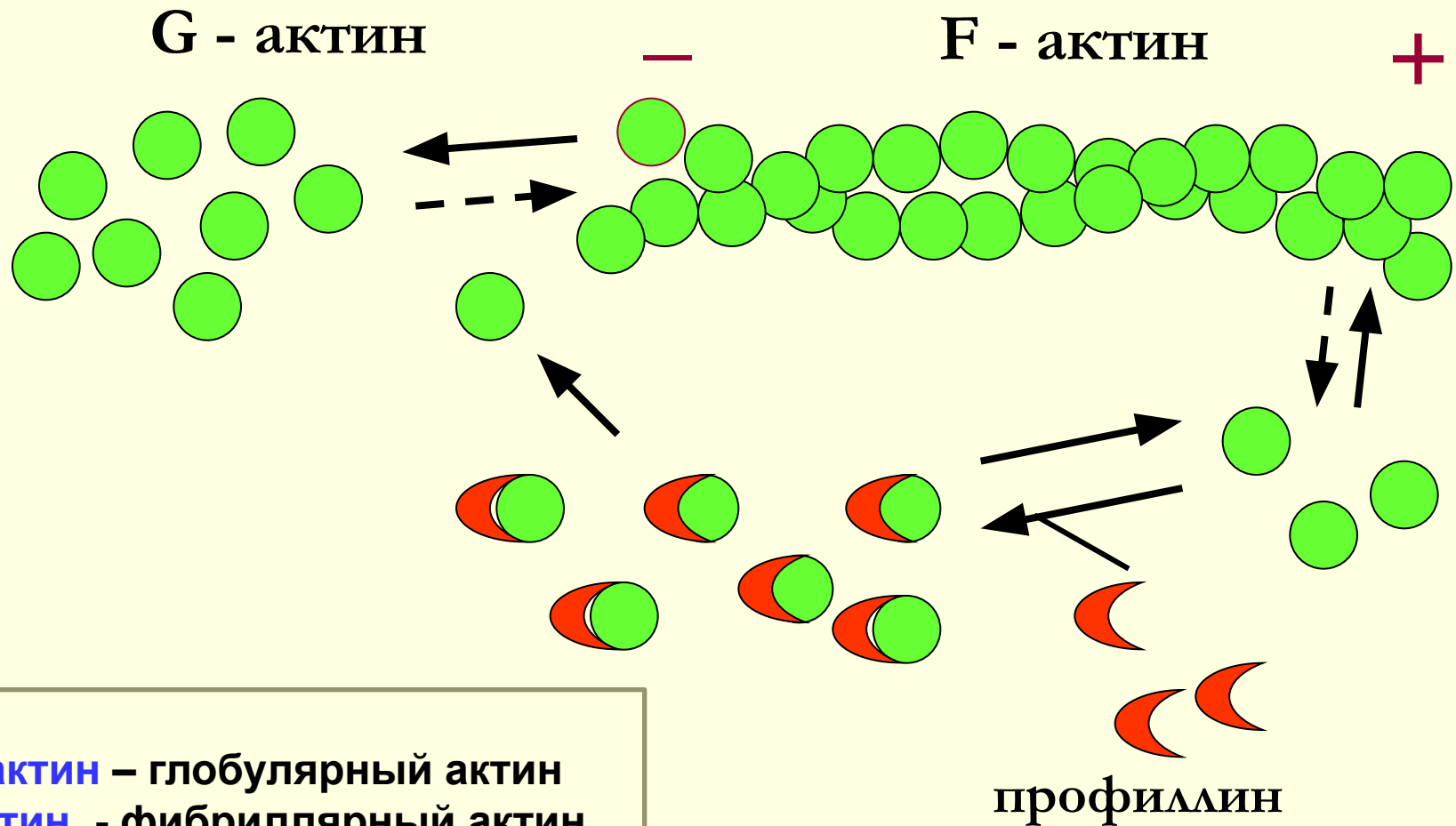
α - актин характерен для мышечных клеток

β -, γ - актины - неммышечные актины.

Процесс полимеризации-деполимеризации G-актина

- **Нуклеация** – образование затравок (тримеров)
- **Элонгация** – рост полимеров за счет присоединения к обоим концам тримера новых молекул G-актина.
- Формирование F-актина - двойная спираль из актиновых мономеров, содержащая по крайней мере 5 специфических участков связывания с системой вспомогательных или актинсвязывающих белков (АСБ):
 - «+» - конец
 - «-» – конец
 - не менее 3-х специфических участков на боковых поверхностях
- **Диссоциация** мономеров на концах, фрагментация филаментов и их стыковка

Полимеризация и деполимеризация актина



G-актин – глобулярный актин
F-актин - фибриллярный актин

Типы АСБ

- Белки, ингибирующие полимеризацию актина: **профиллин**
- Кэпирующие белки. Кэпирование «+»-конца F–актина : **гельзолин, виллин, фрагмин**. Кэпирование «-»-конца F–актина:**акументин**
- Стабилизирующие белки: **тропомиозин и филамин**
- Сшивающие
- Белки, связывающие актин с мембраной
- **Немышечный миозин**

Некоторые соединения имитируют действие АСБ, ингибируя полимеризацию и деполимеризацию актина

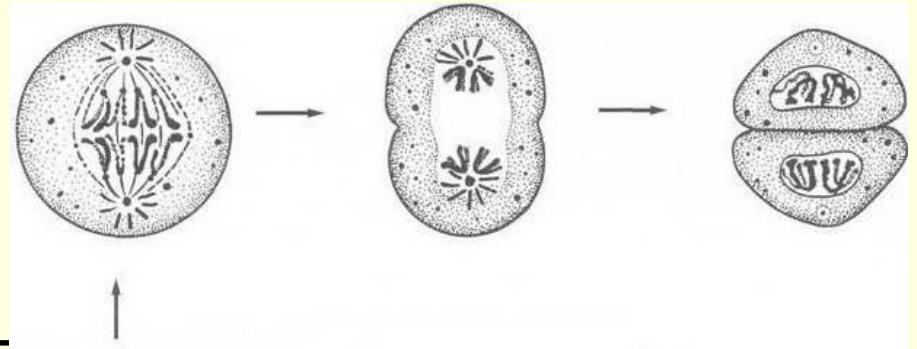
- Цитохалазины (низкомолекулярные гетероциклические соединения, вторичные метаболиты некоторых грибов) образуют комплекс с актином и, связываясь с «+»-концом микрофиламента, блокируют полимеризацию, что в конечном счете приводит к разборке фибриллы.
- Циклопептид фаллоидин (яд бледной поганки), напротив, стабилизирует актиновые филаменты.

Оба вещества широко используются в исследованиях цитоскелета клетки.



Функции микрофиламентов

- Образование сократимого кольца при цитотомии

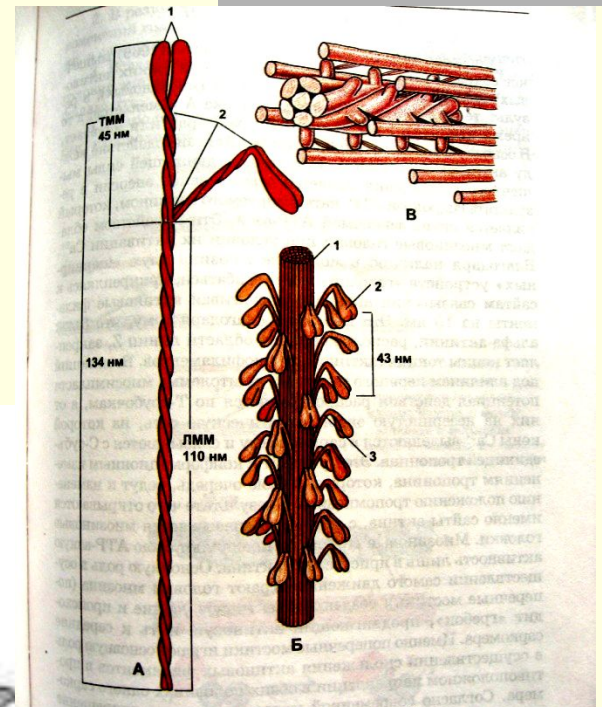


- Перемещение клетки
- Эндо- и экзоцитоз
- Участие в свертывании крови

Все эти процессы обеспечиваются благодаря Актин-миозиновой системе- Главный компонент всех сократительных процессов в организме

Структура миозина

1. палочковидная хвостовая часть
2. две глобулярные головки:
 - тяжелые цепи (200 кДа)
 - легкие цепи (18 кДа).



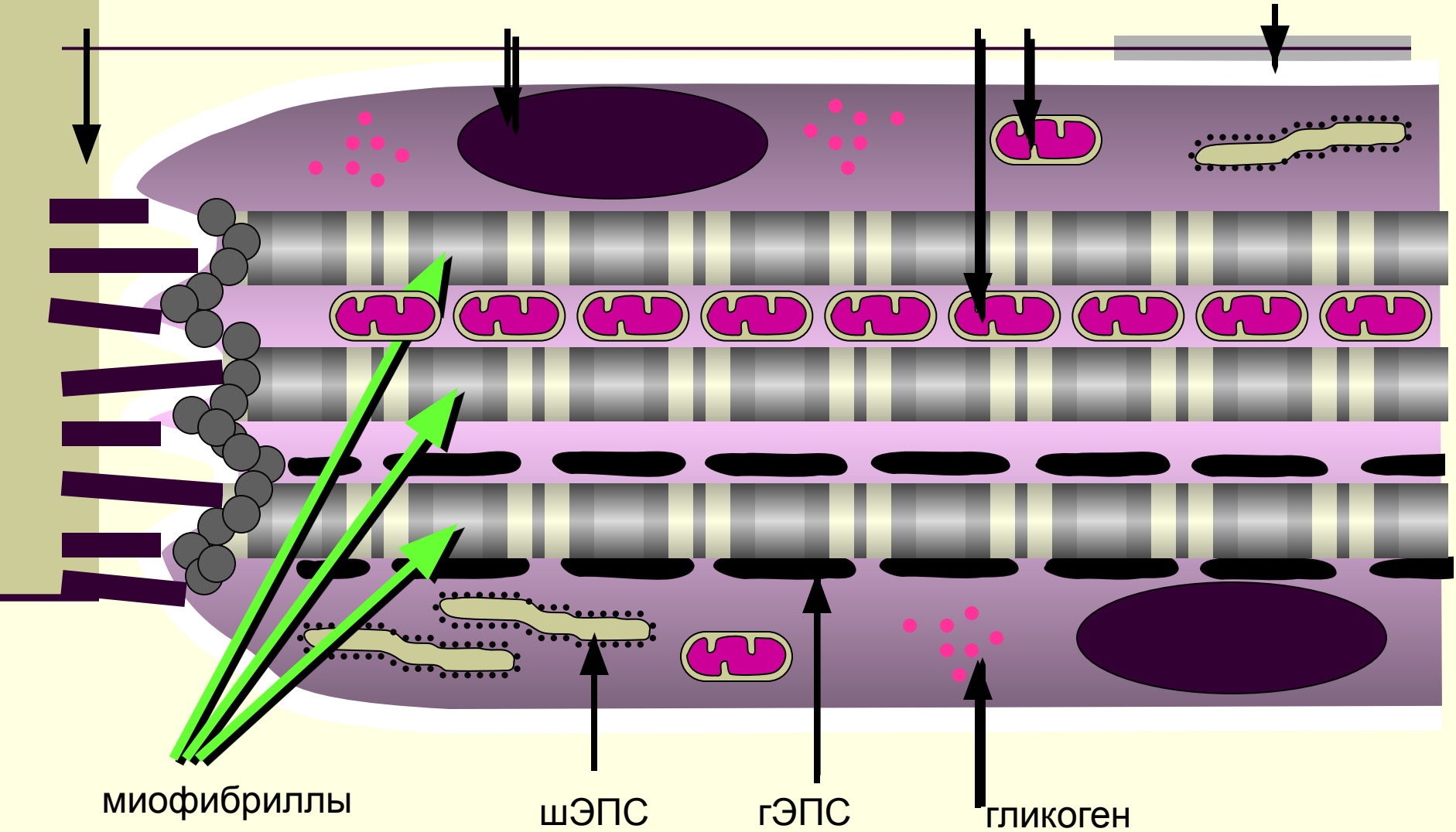
МЫШЕЧНОЕ ВОЛОКНО

сухожилие

ядро

митохондрии

сарколемма



ВИД САРКОМЕРА

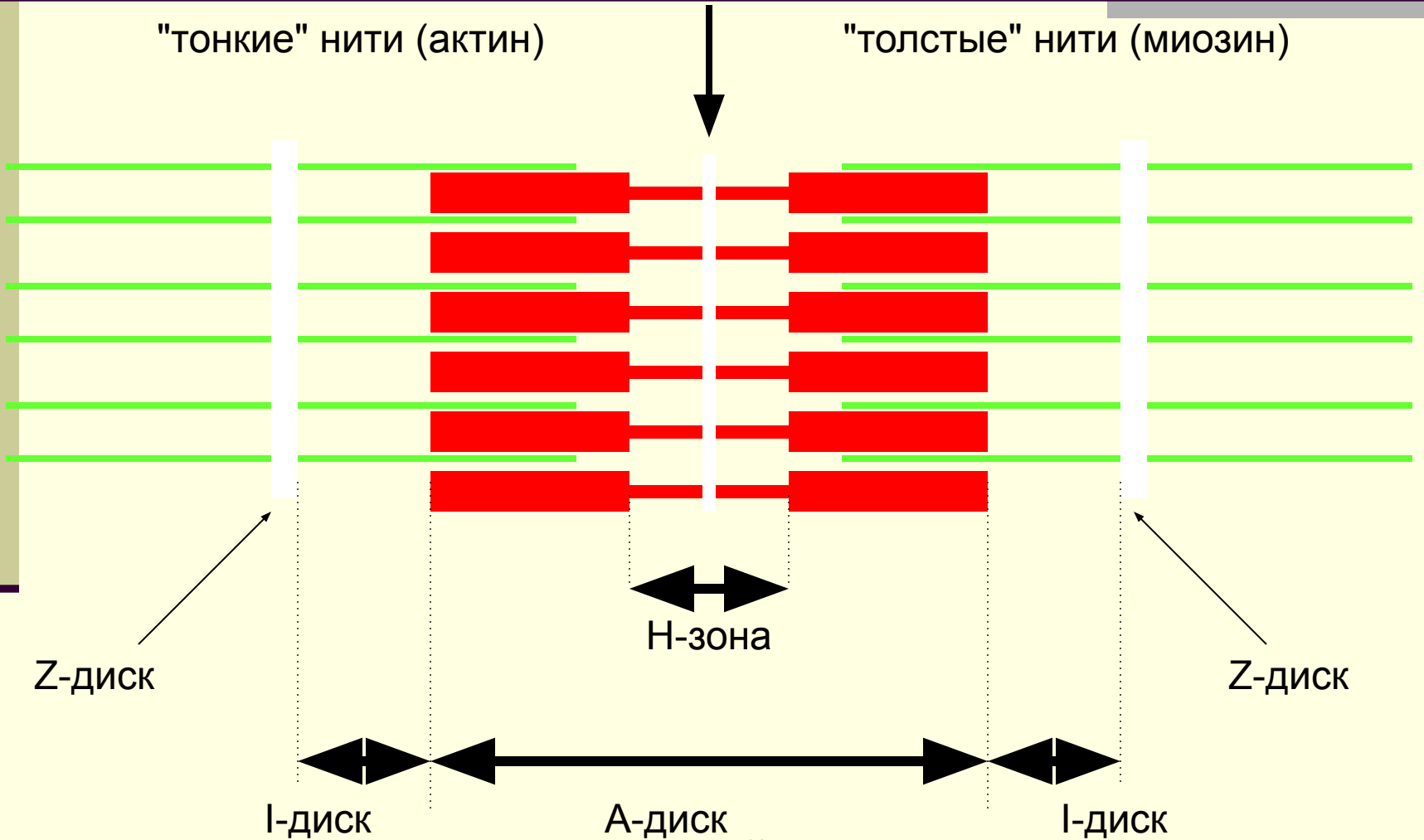


САРКОМЕР

М-линия

"тонкие" нити (актин)

"толстые" нити (миозин)



Z-диск

Z-диск

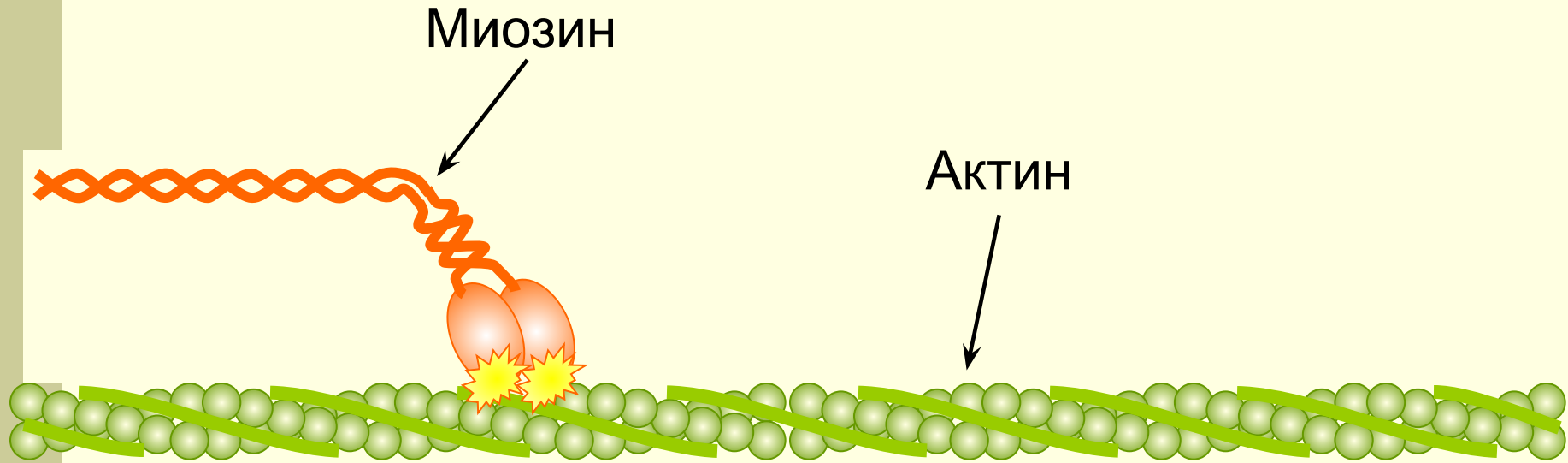
H-зона

I-диск

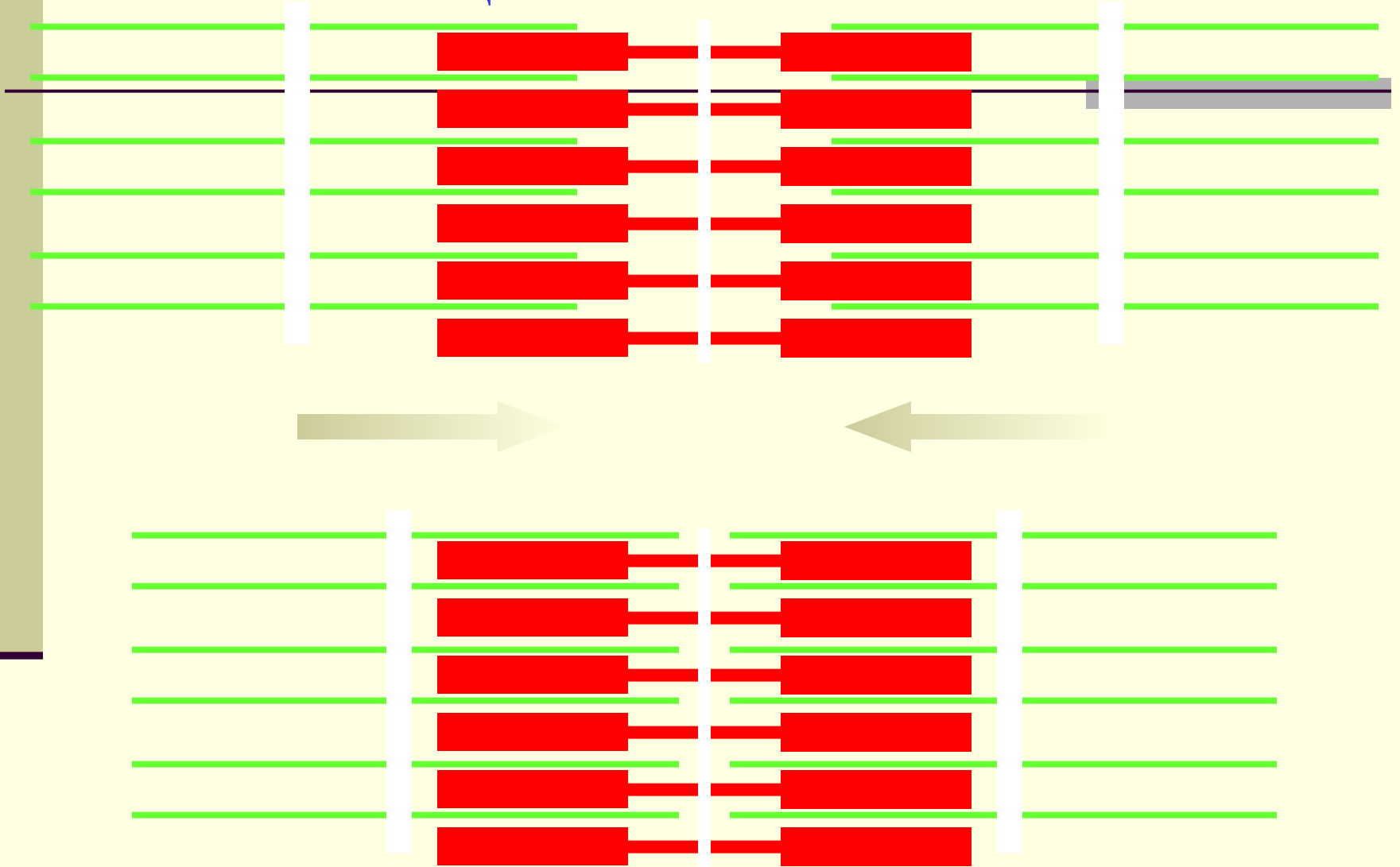
A-диск

I-диск

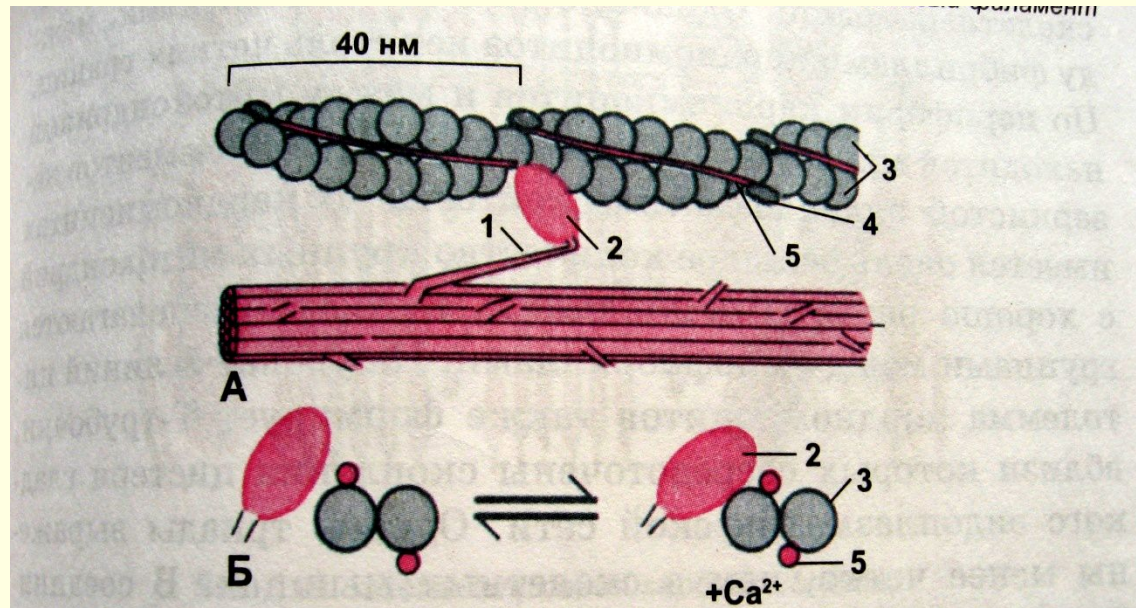
Сократимый аппарат



СОКРАЩЕНИЕ САРКОМЕРА



Действие Ca^{2+} во время активации миофибриллы



- 1- «шейка» миозина
- 2- «головка» миозина
- 3-актиновый мономер
- 4-тропонин
- 5-тропомиозин

А- актиновая и миозиновая нити на продольном срезе

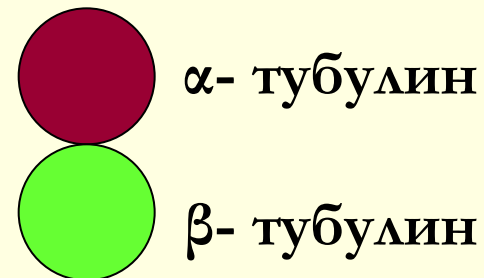
Б – они же на поперечном сечении



Микротрубочки

Микротрубочки

Основной белок микротрубочек – **тубулин**. У всех эукариотических клеток он представляет собой гетеродимер, состоящий из молекул **α -** и **β -тубулина**, близких по аминокислотным последовательностям.



тубулиновый димер

Полимеризация тубулина

- **Нуклеация** - образование затравок – олигомеры **тубулина**, содержащие несколько десятков молекул; образуются нитевидные структуры – **протофиламенты**, в которых β -тубулин предшествующего димера контактирует с α -тубулином следующего
- **Элонгация** - надстраивание затравок с формированием плоской пластинки из **13-14** параллельно уложенных и продольно ориентированных протофиламентов, которая по мере удлинения постепенно сворачивается, образуя **микротрубочку**.

При полимеризации происходит гидролиз **ГТФ**.

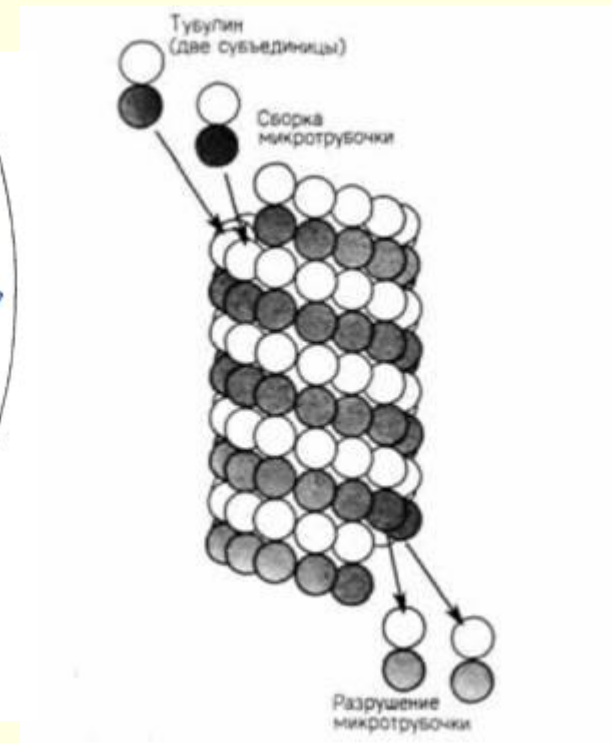
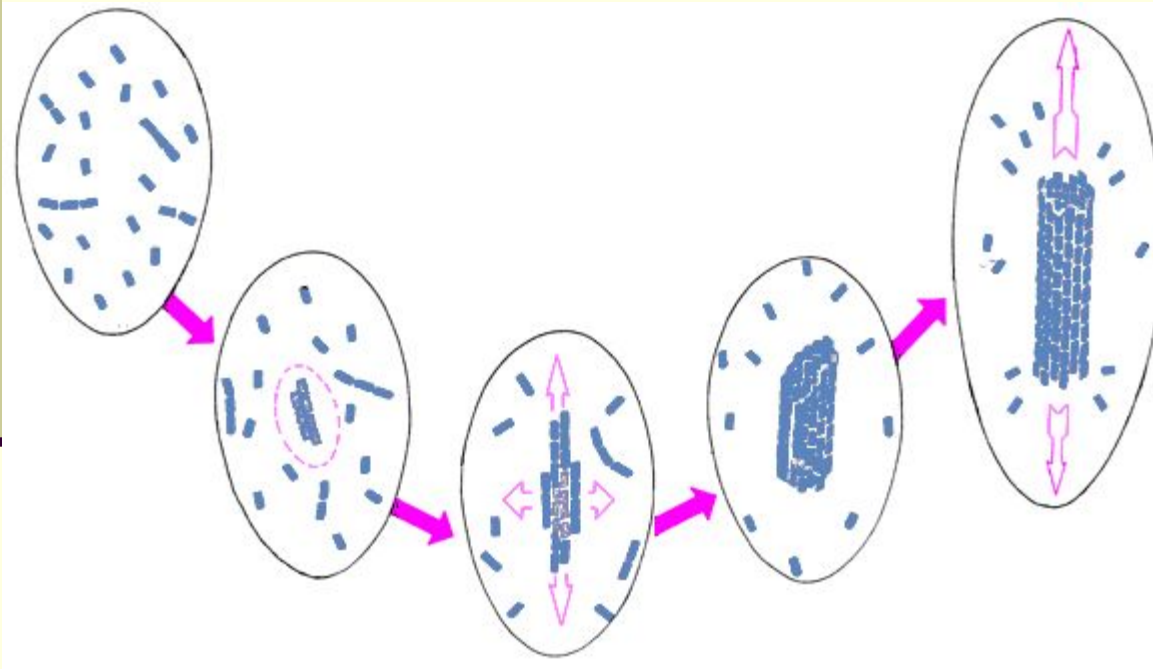
Условия:

- присутствие **ГТФ** , **Mg 2+** ,
- удаление Ca 2+
- повышение температуры до 37 градусов.

ЗАРИСУЙТЕ СХЕМУ ОБРАЗОВАНИЯ МИКРОТРУБОЧЕК

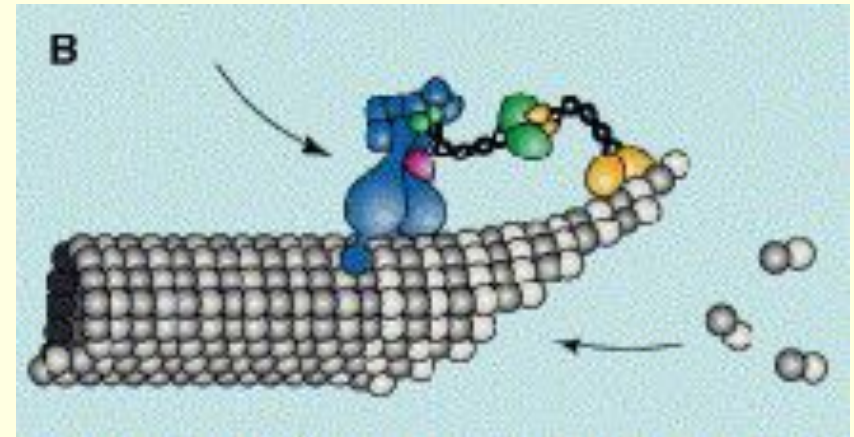


Полимеризация тубулина

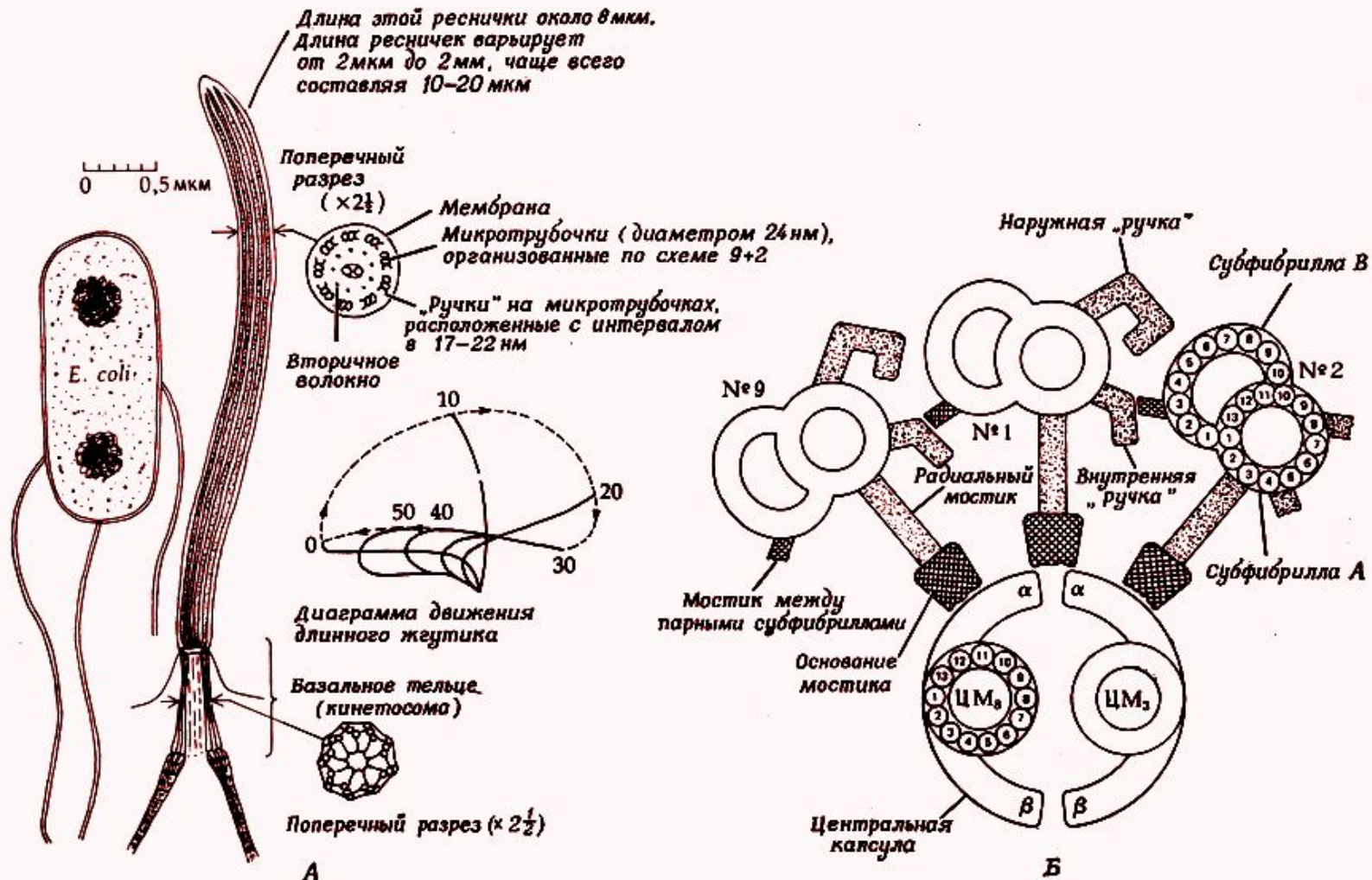


Соединения, блокирующие полимеризацию-деполимеризацию МТ

- **колхицин**, (растительный алкалоид), связывается с тубулиновым димером и «+»-концом микротрубочек, препятствуя полимеризации;
- **колхицин и винбластин** присоединяются к мономерам тубулина и блокируют рост микротрубочек, при этом продолжается и распад микротрубочек;
- **таксол** (выделенный из коры тиса, противоопухолевое лекарство) – стабилизирует микротрубочки, препятствуя деполимеризации.



Строение реснички (жгутика)



Центриоли клеточного центра

- Состоят из 9-ти триплетов микротрубочек, располагающихся строго по периферии.
- Триплеты микротрубочек соединены между собой системой связок, а снаружи одеты чехлом из бесструктурного материала - матриксом.
- Клеточный центр образован парой centriол, расположенных во взаимно-перпендикулярных плоскостях.
- По периферии центральной части centriол с каждым триплетом посредством ножек связаны небольшие шарообразные уплотнения цитоплазмы (содержащие белки) – **центры организации микротрубочек (ЦОМТ)**
- В ЦОМТы заякорены «-» концы микротрубочек.
- «+» – концы микротрубочек направлены дистально относительно ЦОМТ.

В делящихся клетках centriоли принимают участие в формировании веретена деления и располагаются на его полюсах.

ЗАРИСУЙТЕ КЛЕТОЧНЫЙ ЦЕНТР



Центриоли клеточного центра

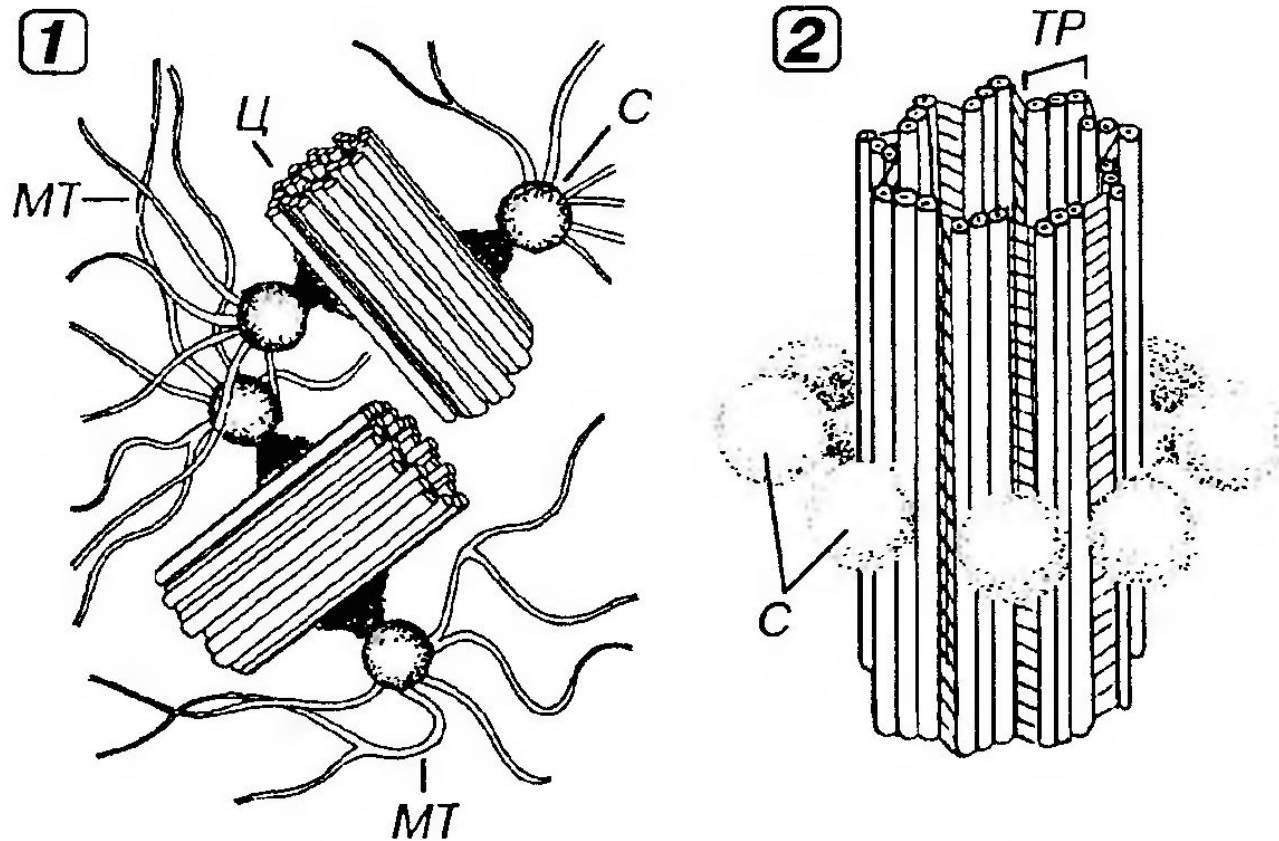
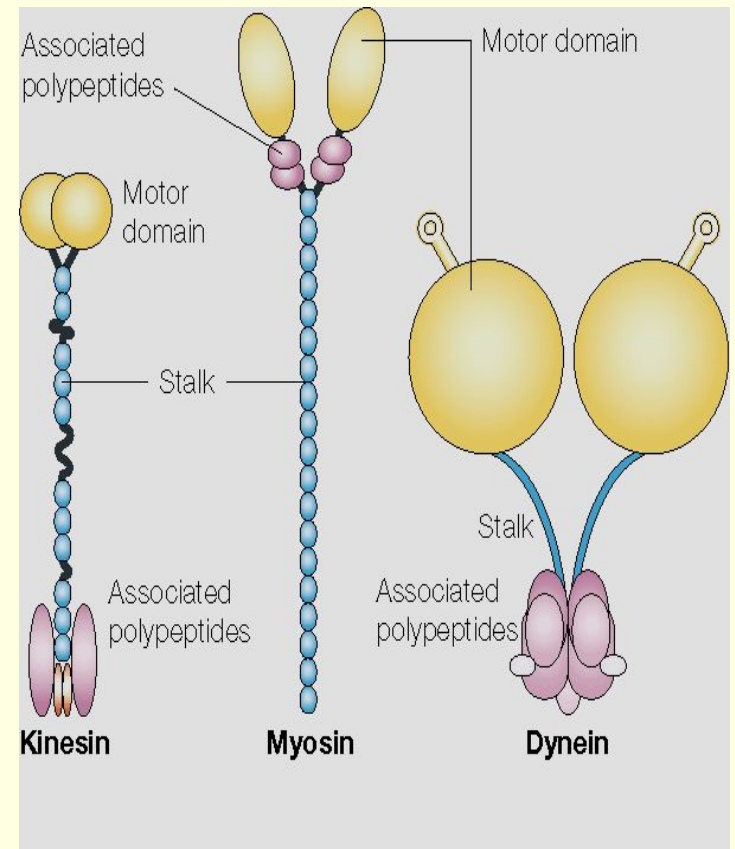


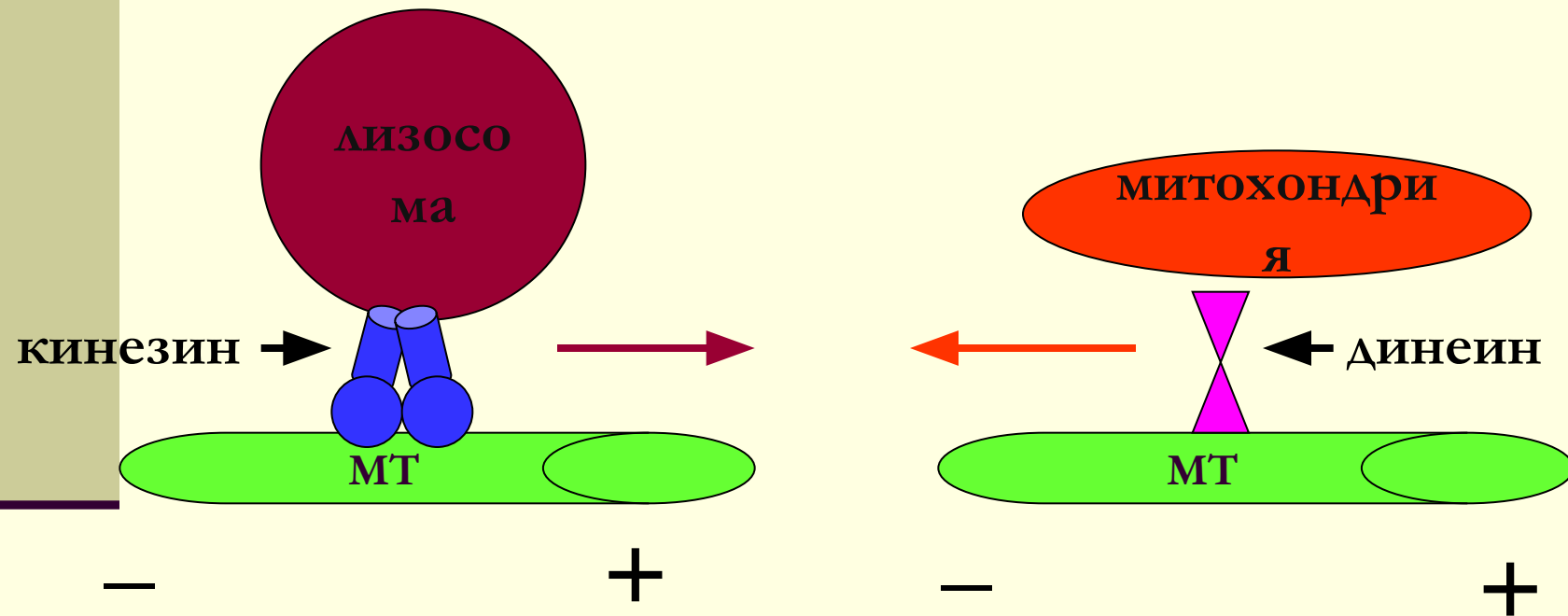
Рис. 3-15. Клеточный центр (1) и структура центриоли (2). Клеточный центр образован парой центриолей (Ц), расположенных во взаимно-перпендикулярных плоскостях. Каждая Ц состоит из 9 связанных друг с другом триплетов (ТР) микротрубочек (MT). С каждым ТР посредством ножек связаны сателлиты (С) - глобулярные белковые тельца, от которых отходят MT.

Моторные белки МТ

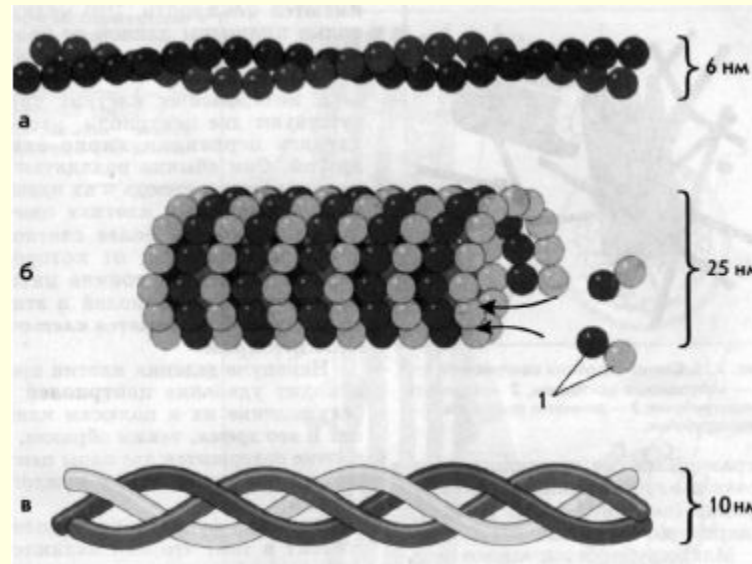
Динеины и кинезины - эти молекулы одним концом прикрепляются сбоку к микротрубочке и могут двигаться по ней в присутствии АТФ. Противоположным концом связываются с органоидом.



Взаимодействие МТ с моторными белками



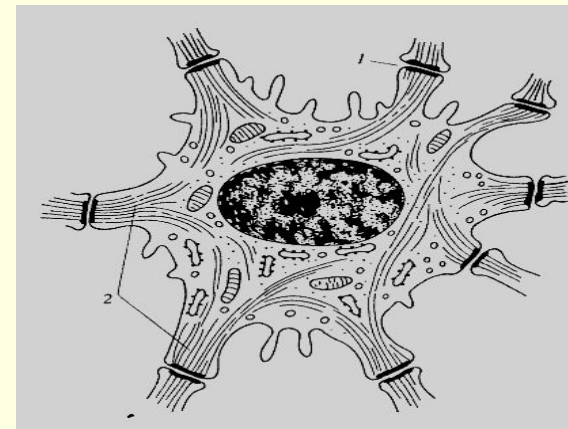
Промежуточные филаменты



- Представляют собой фибриллы диаметром 8-12 нм.
- В клетке локализуются в виде трехмерной сети преимущественно в околоядерной области и собраны в пучки, которые направляются к периферии клетки.
- Характерны для всех видов клеток, особенно хорошо развиты в клетках, испытывающих механические нагрузки, например, в клетках эпидермиса, мышечных клетках, нейронах.

Основные функции:

- опорная
- поддержание формы клетки
- участие в формировании межклеточных соединений.



Промежуточные филаменты



Кератины
(эпителии)

Виментин
(соединит.
ткани)

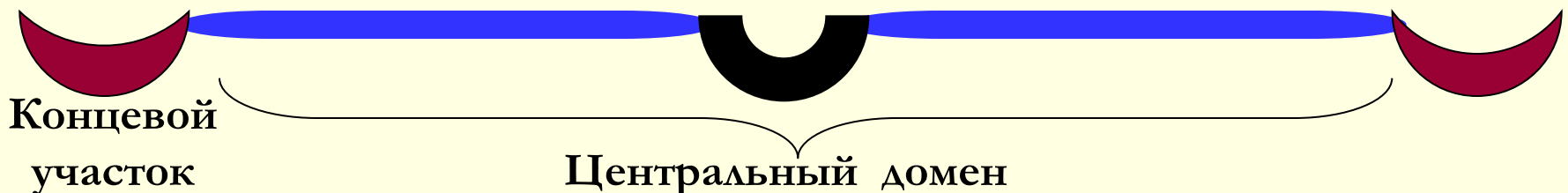
Десмин
(мышечные
ткани)

Нейрофибриллы
(нервная
ткань)

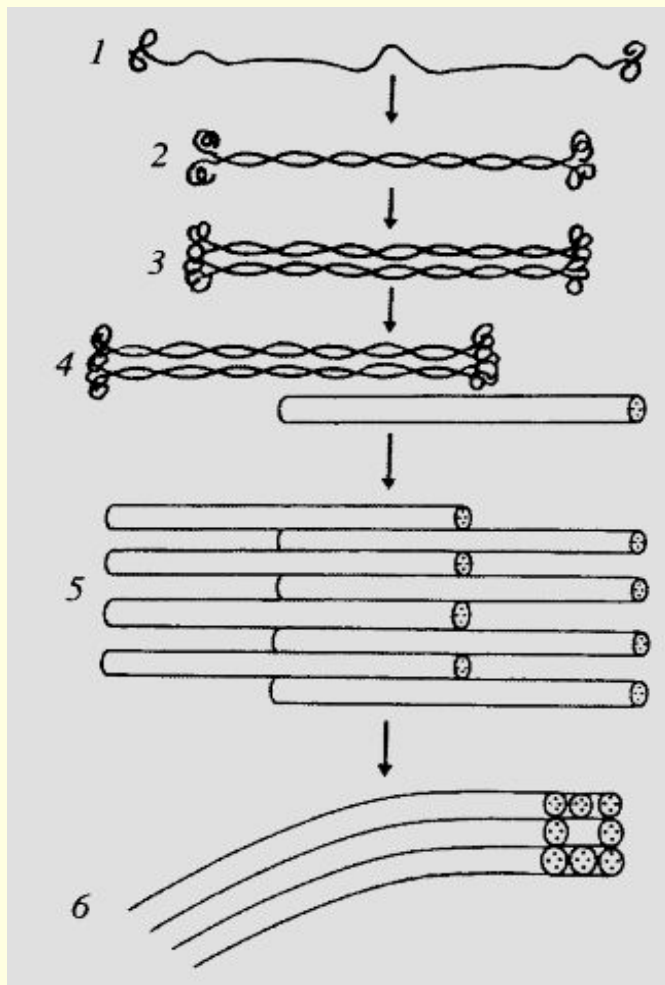
Промежуточные филаменты

в составе различают:

- **центральный консервативный** (одинаковый у всех) домен. Имеет палочковидную форму и состоит из 310 аминокислотных остатков. Образуют суперспирали между двумя молекулами белка.
- **2 концевых участка** сильно варьирующих по длине и по последовательности аминокислот. Не имеют спиральной структуры.
- **Полимеризация** димеров белка происходит путем взаимодействия концевых участков, без затраты энергии АТФ или ГТФ. В результате полимеризации формируются протофибриллы (состоят из 4-х молекул), которые затем объединяются в филаменты диаметром ~ 10 нм.



Этапы полимеризации белков промежуточных филаментов



- 1 — отдельная молекула;
- 2 — димер;
- 3 — тетрамер-протофиламент;
- 4, 5 — полимеризация протофиламентов;
- 6 — сформированный промежуточный филамент саркомера.

Циклоз (течение цитоплазмы) лучше всего выражено в растительных клетках, но его можно наблюдать и у простейших, в тканевых культурах животных.

Циклоз характеризует уровень жизнедеятельности клетки и зависит от процессов дыхания и гликолиза.

Разнообразные внешние стимулы (**нагрев, повышенное гидростатическое давление, механические воздействия, электрический ток**) останавливают движение цитоплазмы.

При освещении **ультрафиолетовыми и рентгеновскими лучами, при действии эфира, хлороформа, гербицидов** описаны 2-х-фазные изменения – вначале движение ускорялось, а затем замедлялось и останавливалось.

Во многих растительных клетках (элодеи, валиснерии) циклоз может начаться под влиянием внешних воздействий (соли металлов, сапонин, видимый свет). Такое индуцированное движение обычно называют **вторичным**, в отличие от спонтанного, или **первичного**, движения, характерного например, для клеток нителлы, корневых волосков многих растений.



Циклоз

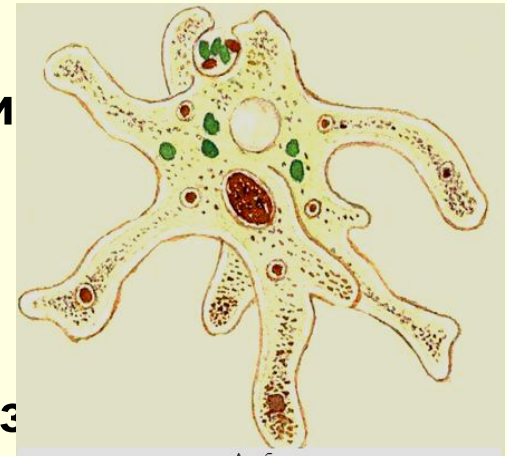
В основе **циклоза** лежит функционирование сократительных белков, обладающих АТФ-азной активностью, например может быть обусловлено сокращением **MT**.

MT обнаружены в растительных клетках, где наблюдается интенсивно движение цитоплазмы; много **MT** в гладких миоцитах;

MT и **нейрофиламенты** регулируют транспорт веществ по аксону и дендритам в том или ином направлении.

Амебоидное движение

- **Амебоидным движением** обладают самые разнообразные клетки – простейшие из класса саркодовых, зооспоры, некоторые сперматозоиды и яйцеклетки, плазмодии миксомицетов, фибробласты, лейкоциты, эпителиоциты и нейроны в тканевых культурах, клетки эмбрионов позвоночных. Хорошо развито **амебоидное движение** у миобластов, из которых развиваются миосимпласты. При регенерации эпителия клетки становятся подвижными и путем **амебоидных движений** перемещаются в глубь раны. Одним из способов злокачественных новообразований внутри организма является амебоидное движение раковых клеток.

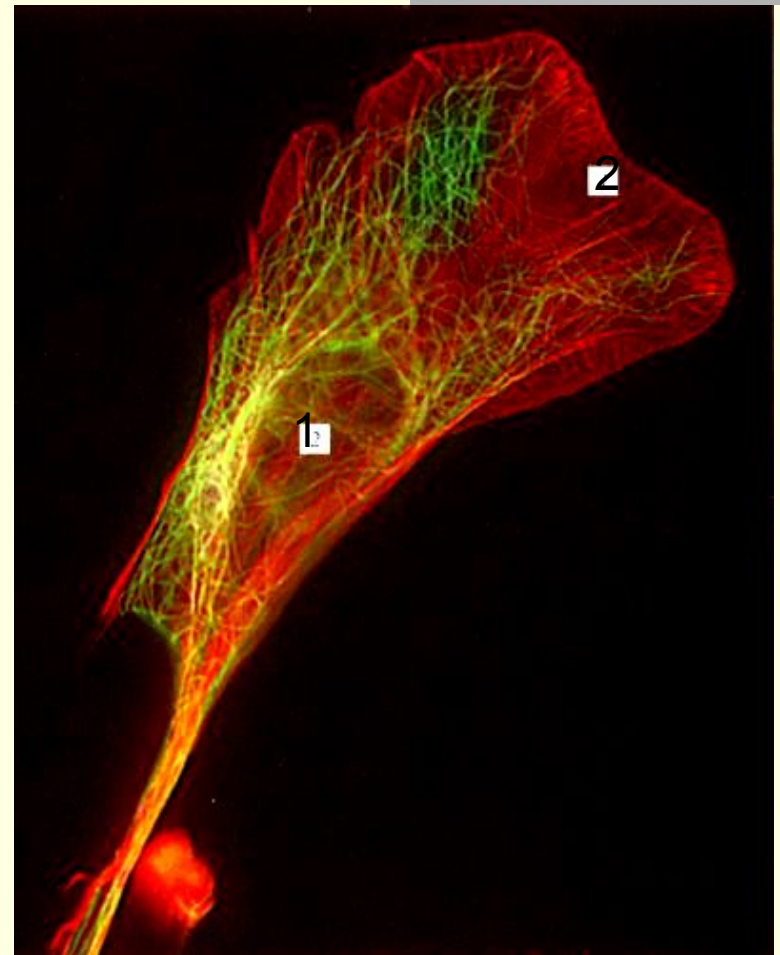


Амебоидное движение состоит в медленном перетекании тела клетки по субстрату и осуществляется благодаря внутриклеточному течению цитоплазмы и образованию временных псевдоподий.

Скорость **амебоидного движения** зависит от температуры и кислотности среды, от осмотического давления, от соотношения одновалентных и 2-х-валентных катионов. Недостаток кислорода замедляет амебоидное движение. Под влиянием любого сильного раздражителя (нагревание до 40 С, встряхивание) амебоидное движение прекращается.

Поляризованный движущийся фибробласт

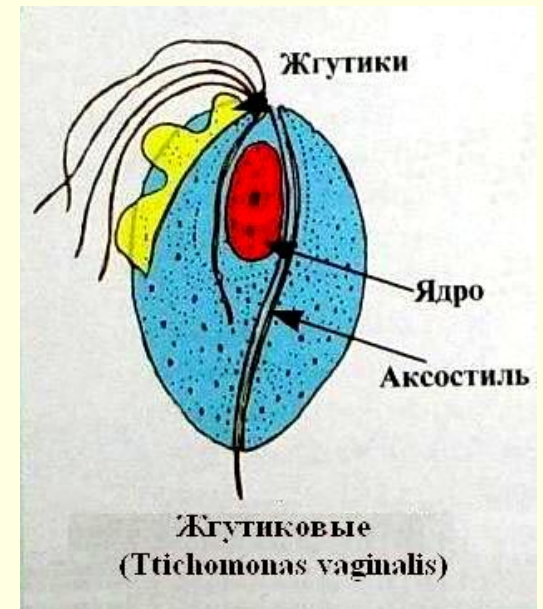
Красным цветом окрашены микрофиламенты и их пучки, связанные с флуоресцирующими антителами к актину, зеленым — микротрубочки, окрашенные антителами к тубулину. 1 — ламеллоплазма; 2 — ядро



Мерцательное движение

Мерцательное движение обусловлено деятельностью специализированных органелл – выростов клетки, называемых **ресничками** (многочисленны и короткие, длиной 5 ~10 мкм) и **жгутиками** (единичные и длинные, до 150 мкм).

Они имеют очень широкое распространение и выполняют разную функцию. Благодаря их ритмичному движению свободноживущие клетки (жгутиконосцы, инфузории, подвижные бактерии, сперматозоиды, водоросли) могут перемещаться в среде. Движение низших червей, личинок иглокожих, моллюсков и кольчатых червей осуществляется также благодаря деятельности ресничек поверхностного эпителия. Работа ресничек вызывает перемещение яйцеклеток, пылинок, пищевых частиц и содействует выполнению многих функций организма: питанию, выделению, дыханию. Подвижными волосками (жгутиками - **киноцилиями**) или их производными – снабжены все рецепторные клетки.



Реснички и жгутики

- **Основной тип движения жгутиков – ундулирующее или волнообразное (синусоидальное, распространяющееся в одном направлении, либо от основания жгутика к его вершине, либо наоборот). Большинство ресничек действует наподобие весел, производя гребущие взмахи. Интенсивность движения ресничек и жгутиков зависит от температуры и концентрации H^+ .**
- **Жгутики одной клетки могут функционировать относительно независимо друг от друга, деятельность ресничек простейших и мерцательного эпителия проявляет четкую согласованность. При постепенной наркотизации исчезает координация движения ресничек и они начинают колебаться независимо друг от друга, а затем их двигательная активность прекращается.**
- **Ресничкам и жгутикам присущ автоматизм, будучи изолированными они ритмически двигаются, но движения их не координированы. Для нормального функционирования реснички (жгутика) необходима связь ее с базальным тельцем, расположенным у основания реснички (жгутика).**

Three

Band