



СКЕЛЕТНЫЕ МЫШЦЫ

Физиология возбудимых тканей.

Физиология мышц

Преподаватель Белорезкого
медицинского колледжа Федчун П.
В.

Общая физиология возбудимых тканей



Понятие о возбудимых тканях

- **Биологические реакции.**
- Все клетки организма обладают **раздражимостью**, т.е. способностью отвечать на изменения внешней или внутренней среды изменением своей структуры или функции.
- Изменения структуры и функций организма и его клеток в ответ на различные воздействия называют **биологическими реакциями**,
- а сами воздействия, их вызывающие - **раздражителями, или стимулами.**

Понятие о возбудимых тканях

- Реакции клеток проявляются в изменении их формы, структуры, их роста и процесса деления, в изменении обмена веществ и т.п.
- Клетки **нервной, мышечной и железистой тканей** специально приспособлены к осуществлению быстрых реакций на раздражение.
- Поэтому эти ткани называют **возбудимыми**, а их способность отвечать на различные раздражения возбуждением – **возбудимостью**.

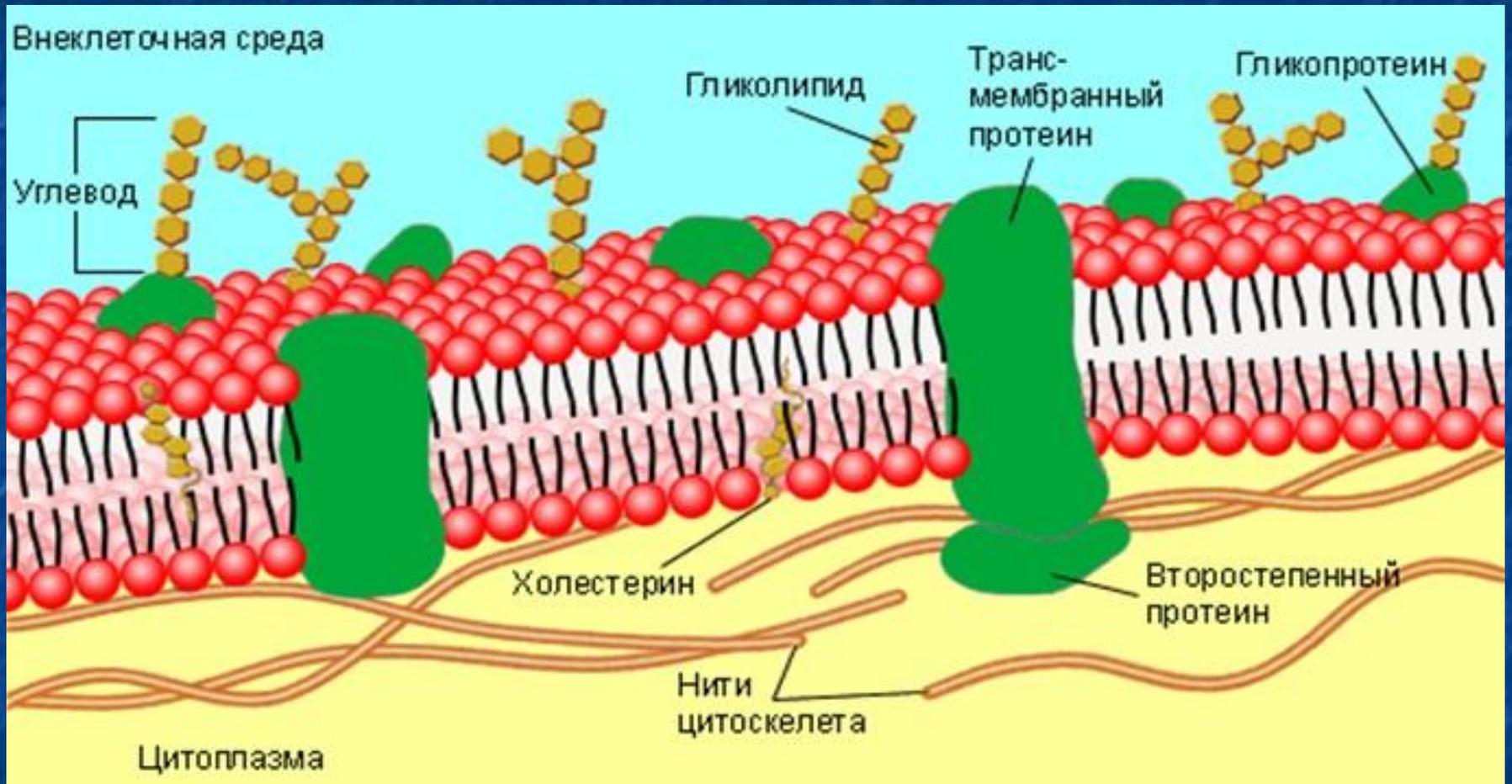
Понятие о возбудимых тканях

- **Возбудимость** - это свойство клеточной мембраны отвечать на действие раздражающего (возбуждающего) фактора изменением проницаемости и своего электрического состояния.
- **Возбуждение** – это сложная биологическая реакция, которая проявляется в совокупности физических, физико-химических и функциональных изменений.

Понятие о возбудимых тканях

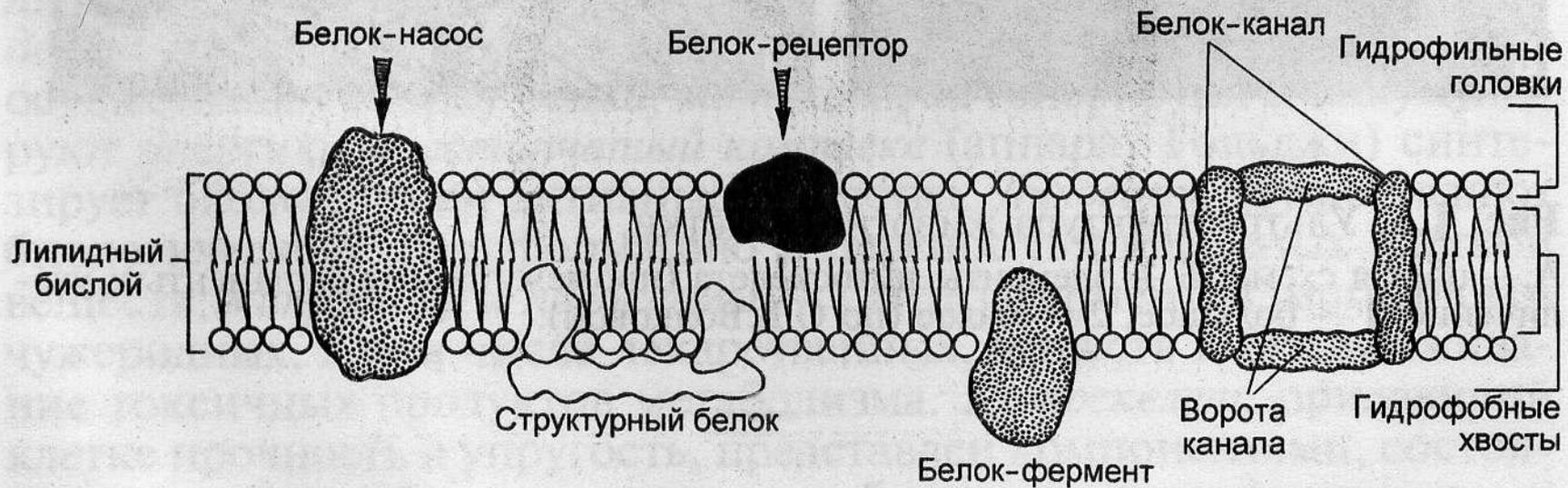
- Обязательным признаком возбуждения является **изменение электрического состояния поверхностной клеточной мембраны**, (изменение ее мембранного потенциала, генерация распространяющегося потенциала действия).
- Возникнув в одной клетке или в одном ее участке, возбуждение распространяется на другие участки той же клетки или на другие клетки.

Понятие о калий-натриевом насосе



Понятие о калий-натриевом насосе

- Некоторые белки находятся на поверхности липидного слоя, другие – пронизывают оба слоя липидов насквозь (трансмембранные).
- Специальные белки образуют тончайшие каналы, по которым внутрь клетки или из нее могут проходить ионы K, Na, Ca, маленького размера.



- 1. Структурные белки;
- 2. Рецепторы;
- 3. Ферменты;
- 4. Каналы;
- 5. Насосы.

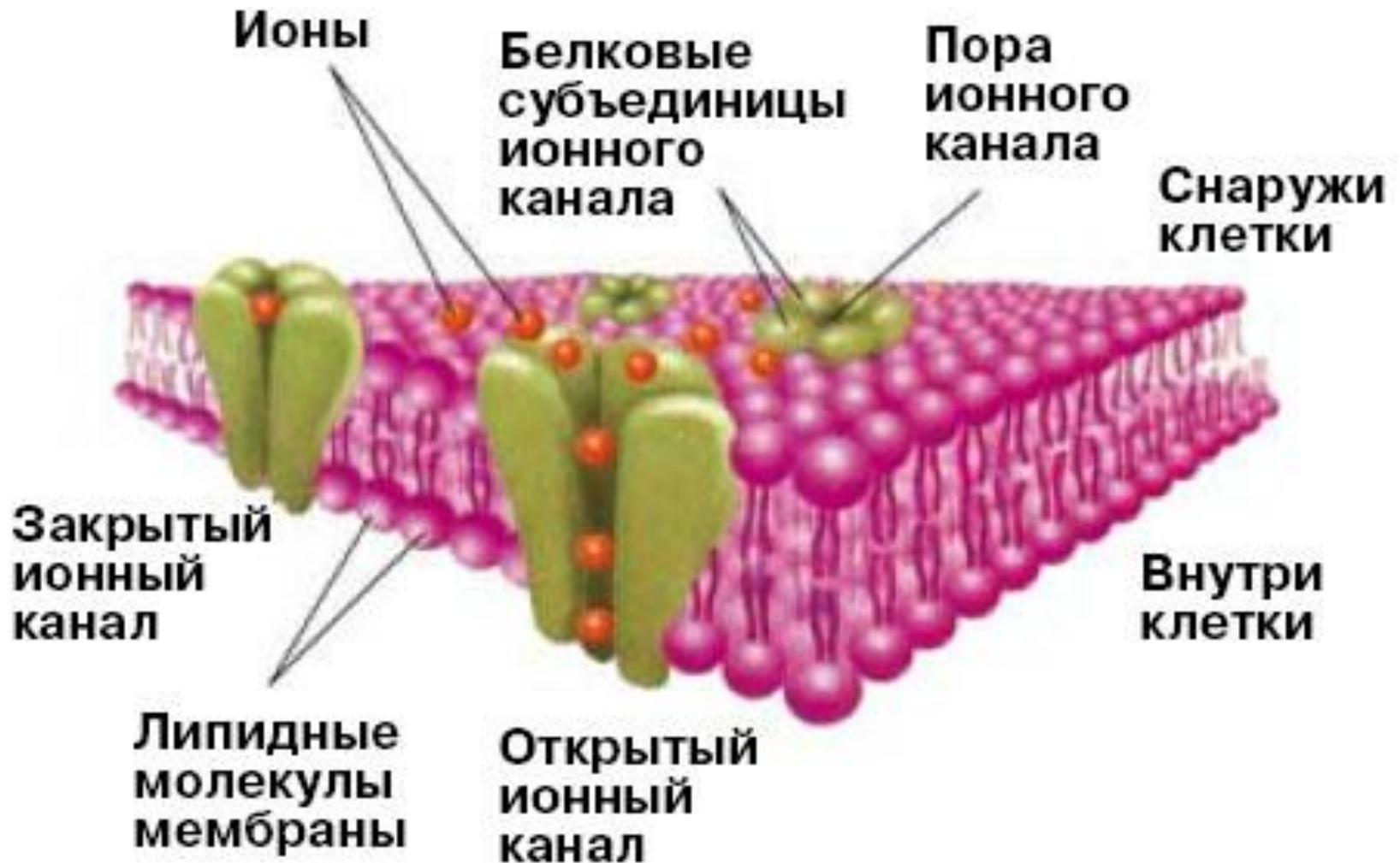
Понятие о калий-натриевом насосе

- **Структурные белки** составляют остов или основу мембраны.
- Остальные белки обеспечивают транспорт веществ через мембрану.
- **Рецепторы** – это белковые образования, расположенные на мембране и обладающие избирательной чувствительностью к определенным химическим веществам (медиаторам).
- При взаимодействии медиатора с этим рецептором может происходить открытие ионных каналов.

Понятие о калий-натриевом насосе

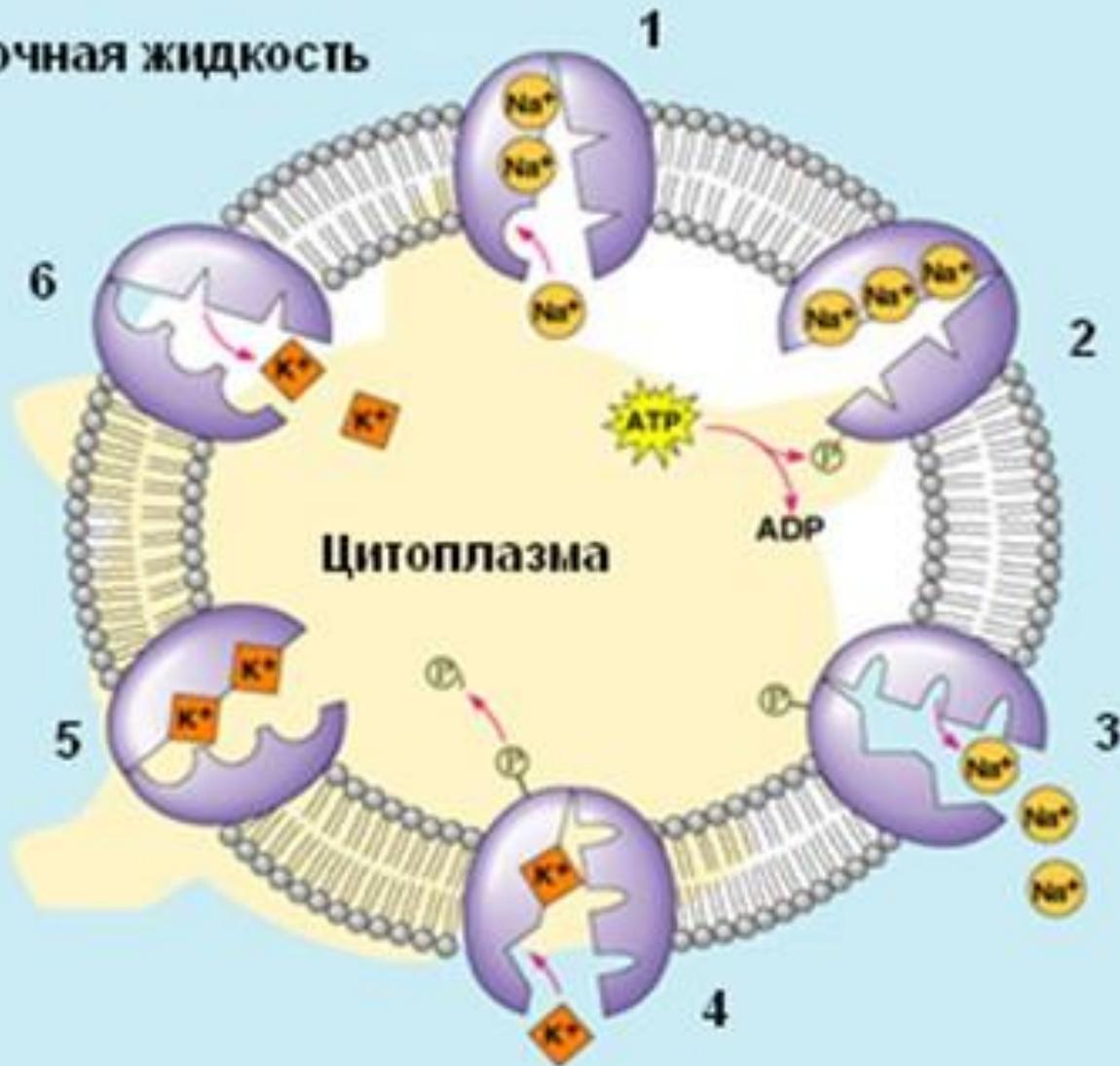
- **Ферменты** – это белковые структуры, выполняющие роль переносчиков химических веществ через мембрану. Некоторые из них способны расщеплять АТФ и высвобождать энергию, которая затрачивается на перенос вещества.
- **Ионный канал** - это транспортирующая система для соответствующего иона, которая образована трансмембранными белками.

Понятие о калий-натриевом насосе

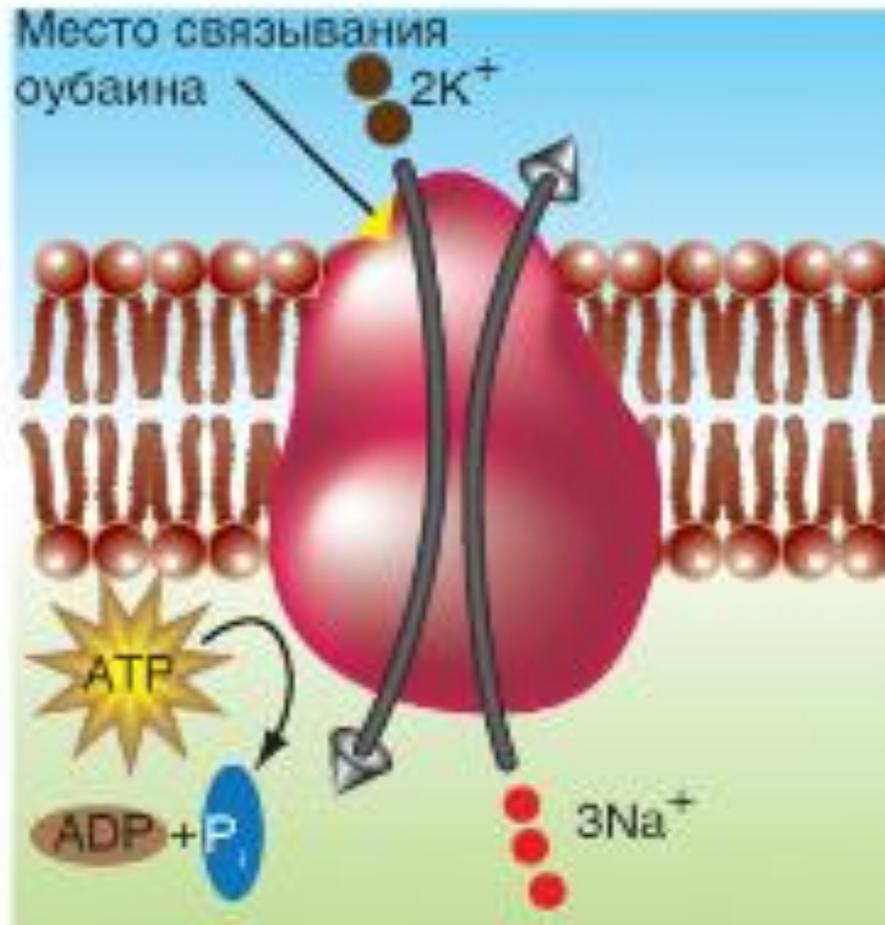


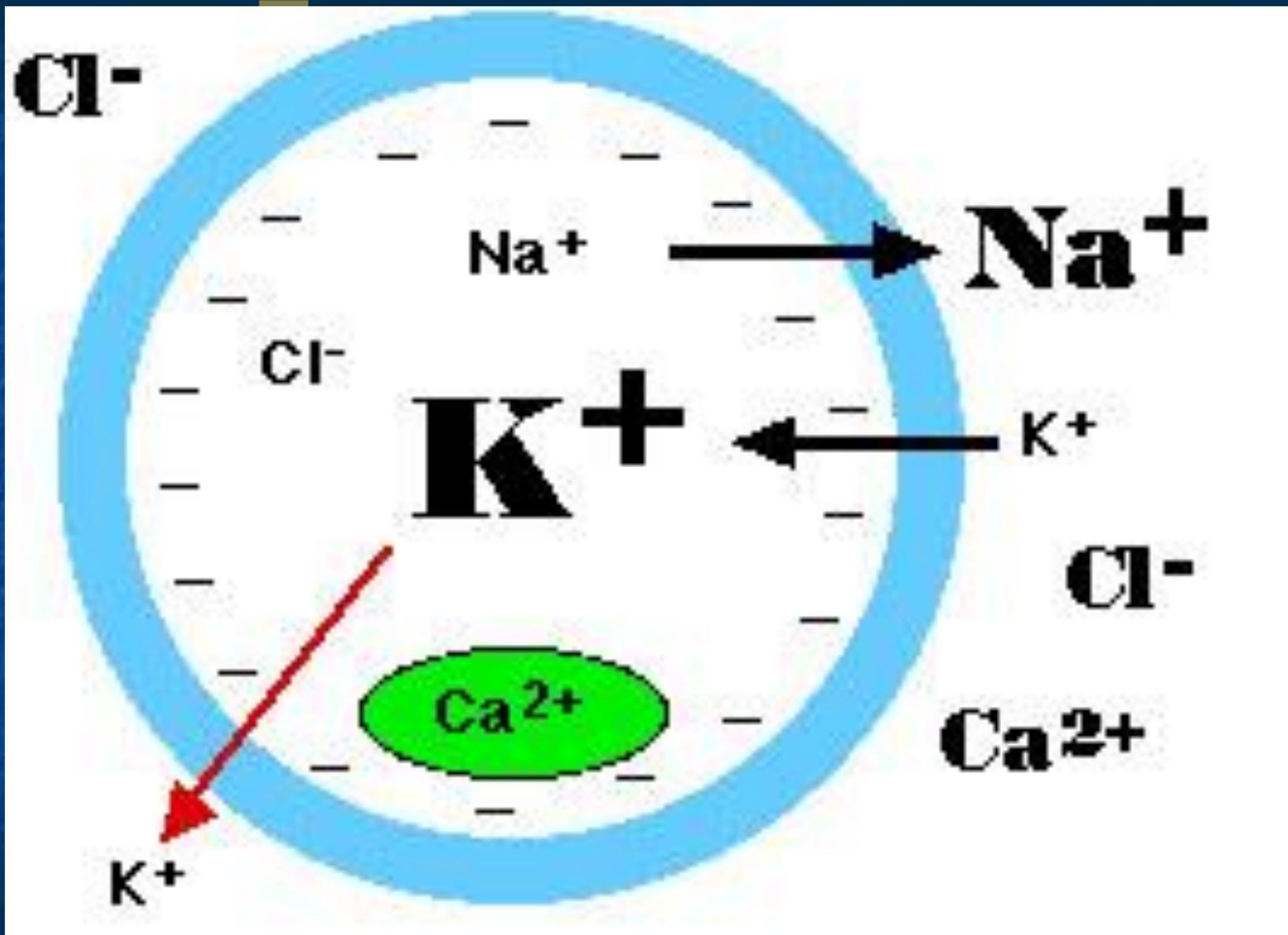
Потенциал покоя

Внеклеточная жидкость



Потенциал покоя

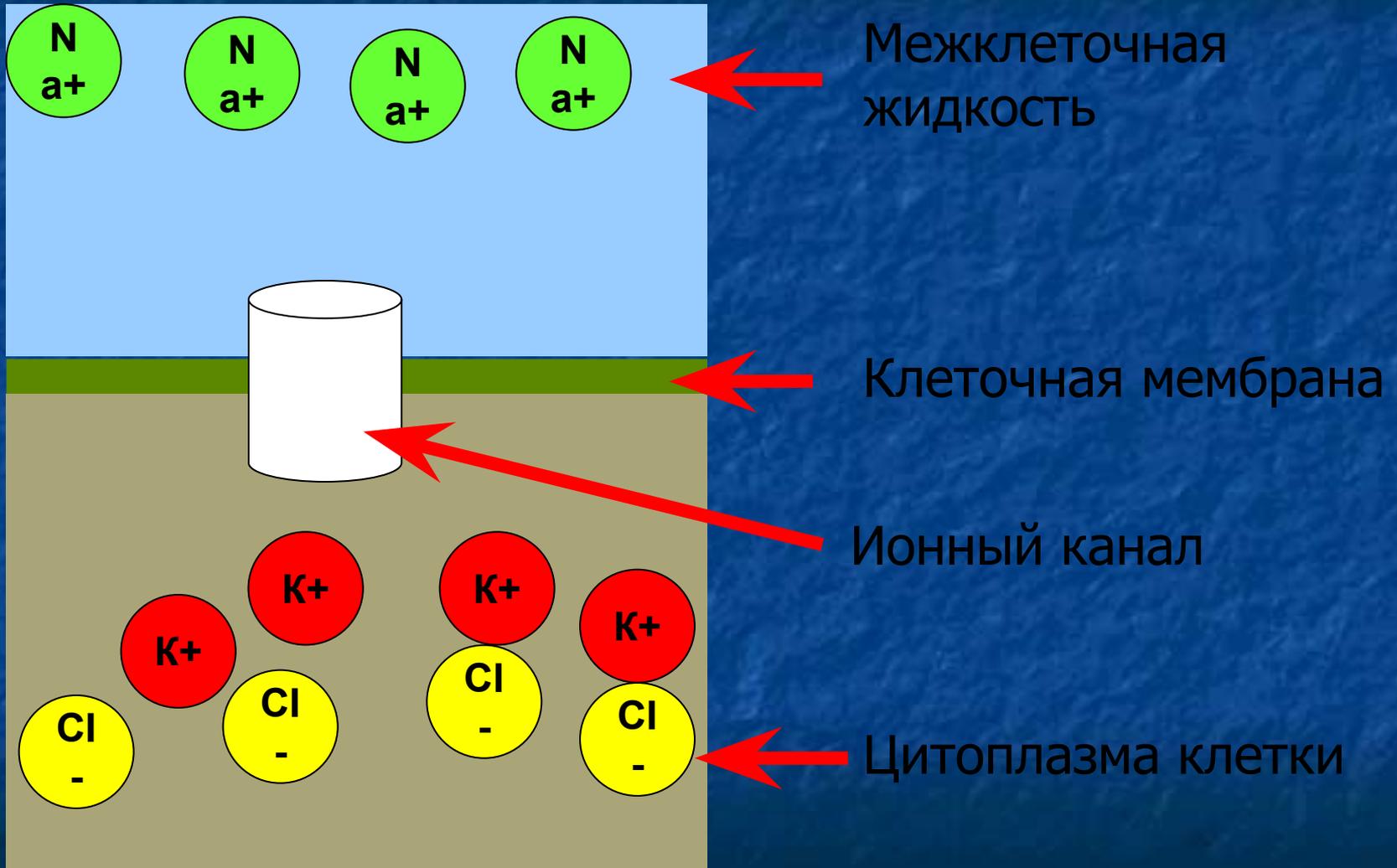




Потенциал покоя

- Таким образом, **ионы K^+** скапливаются на наружной поверхности мембраны,
- а отрицательные ионы Cl^- – на внутренней.
- То есть, на мембране возникает положительный заряд снаружи, отрицательный – изнутри.
- Такой заряд мембраны называется **потенциал покоя**.

Потенциал покоя



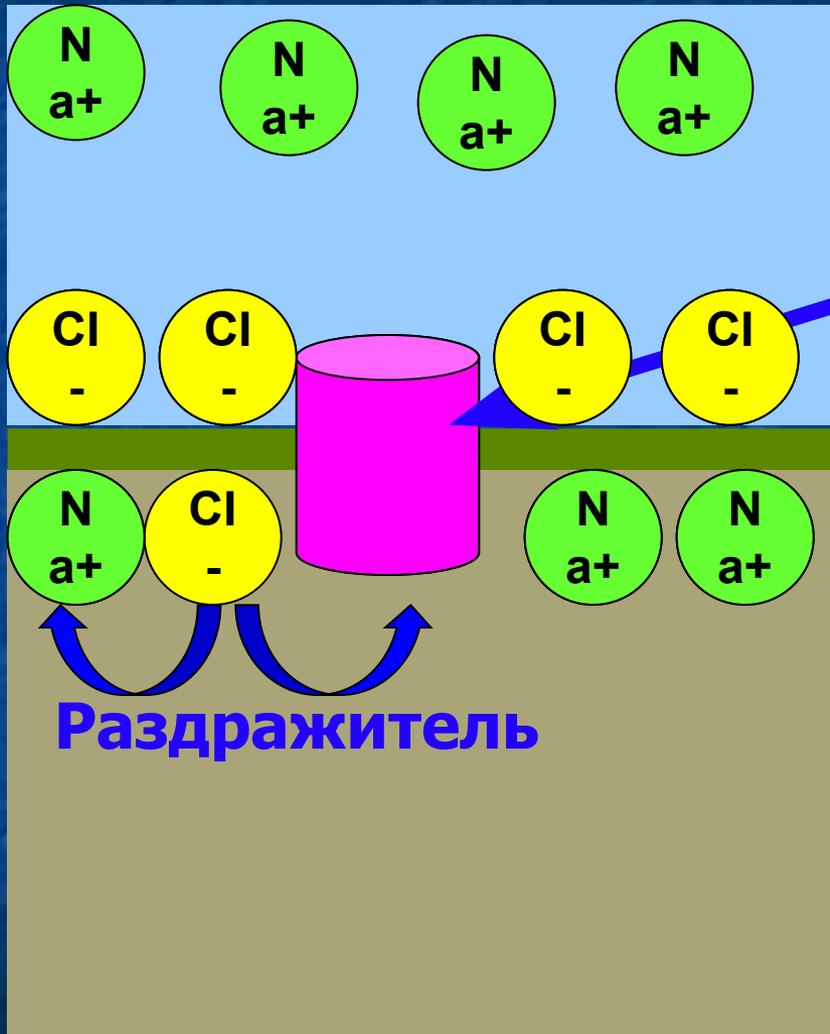
Потенциал действия

- При раздражении какого-либо участка клеточной мембраны (например нервным импульсом), открываются
- натрий-селективные каналы данного участка, и ионы Na^+ , заходят внутрь клетки.
- Снаружи к ним притягиваются отрицательные ионы Cl^- и др.

Потенциал действия

- Т.о. мембрана данного участка перезаряжается – изнутри положительно, снаружи отрицательно.
- Такой заряд мембраны называется **потенциал действия**.
- В дальнейшем потенциал действия становится раздражителем для соседних участков и также происходит смена их зарядов и потенциал действия **распространяется** на всю мембрану.

Потенциал действия



Раздражитель

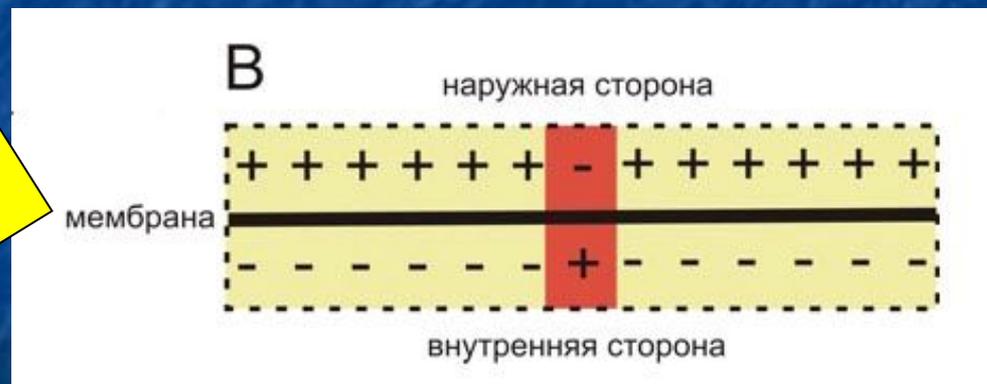
Раздражитель

Биоэлектрические явления

Возбудимая
клетка

Потенциал
покоя

Потенциал
действия



Биоэлектрические явления

- Ионы K^+ – потенциал покоя
- Ионы Na^+ – потенциал действия

Физиология мышц

Физиологические свойства мышц

- Мышечные волокна обладают тремя важнейшими свойствами:
- **Возбудимость** – способность отвечать на раздражитель изменениями ионной проницаемости и мембранного потенциала –формированием потенциала действия (ПД);
- **Проводимость** –способность к проведению потенциала действия вдоль всего волокна;
- **Сократимость** – способность сокращаться при возбуждении.
- В естественных условиях возбуждение и сокращение мышц вызывается **нервными импульсами**, поступающими к мышечным волокнам из нервных центров.

Анатомические особенности мышечных волокон

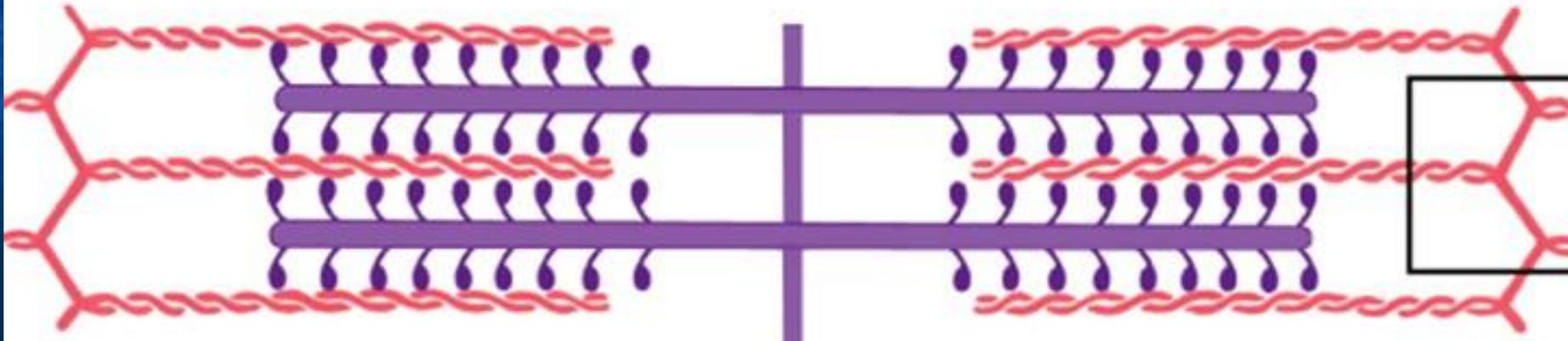
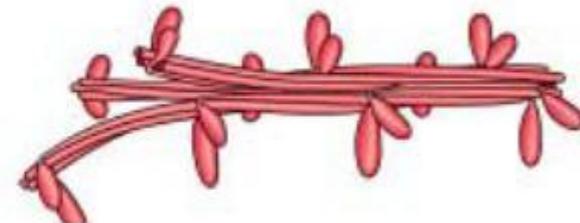
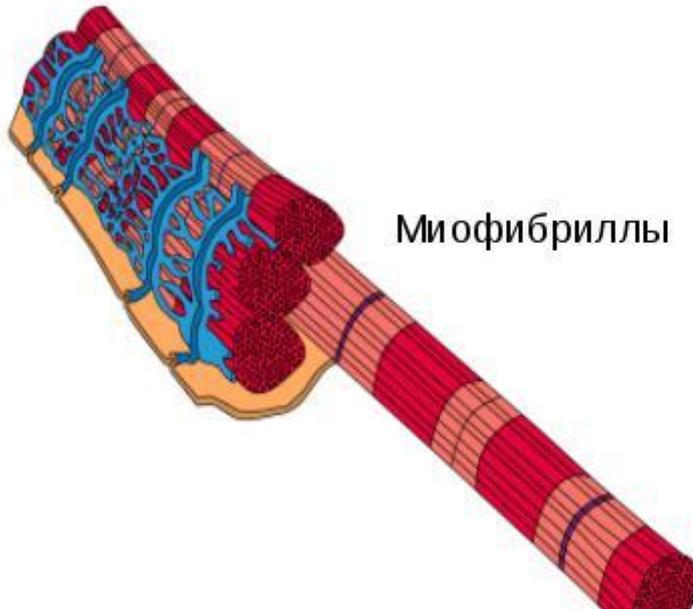
- Мышечное волокно включает следующие компоненты:
- **Сократительный аппарат** – система миофибрилл;
- **Трофический аппарат** – митохондрии, комплекс Гольджи и эндоплазматическая сеть;
- **Нервный аппарат** – нервно-мышечные синапсы и чувствительные (рецепторные) элементы мышцы.

Анатомические особенности мышечных волокон

- Клеточная мембрана мышечного волокна имеет **калий-натриевый насос**,
- **кальциевый насос**,
- а в цитоплазме – множество **кальциевых каналов**, по которым ионы Ca^{+2} распространяются по всей клетке.

Анатомические особенности

СТРОЕНИЕ МЫШЦЫ



Миофибрилла

Нервное волокно

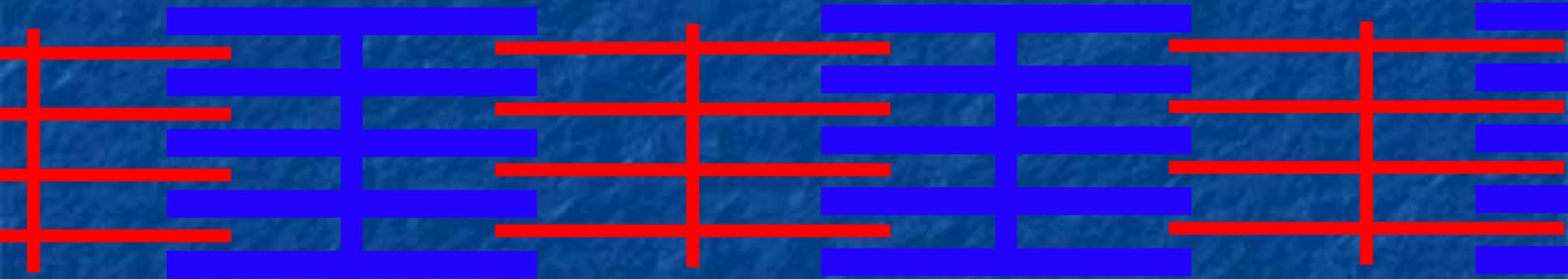
Клеточная мембрана



Митохондрия



Кальциевые каналы



Миозин

Актин



Механизм мышечного сокращения

- 1. С помощью калий-натриевого насоса на мембране мышечной клетки возникает **потенциал покоя**.
- 2. Кальциевый насос выкачивает ионы Ca^{+2} из клетки, создавая их высокую концентрацию в межклеточной жидкости и низкую – в цитоплазме (**градиент концентраций**).
- 3. За счёт градиента концентраций Ca^{+2} стремится попасть внутрь клетки, но не может, т.к. закрыты кальций-селективные каналы.
 - **Мышца расслаблена**

Механизм мышечного сокращения

- 4. По аксону мотонейрона из ЦНС к мышечному волокну приходит **нервный импульс** (потенциал действия).
- 5. На месте контакта мембраны с нервом (нервно-мышечный синапс) возникает **потенциал действия**.
- 6. Потенциал действия распространяется по всей мембране (**проведение импульса**).
- 7. Изменяются свойства белков (кальций-селективных каналов), и они открываются для Ca^{+2} .

Механизм мышечного сокращения

Актин-миозиновая система



Растяжение



Сжатие

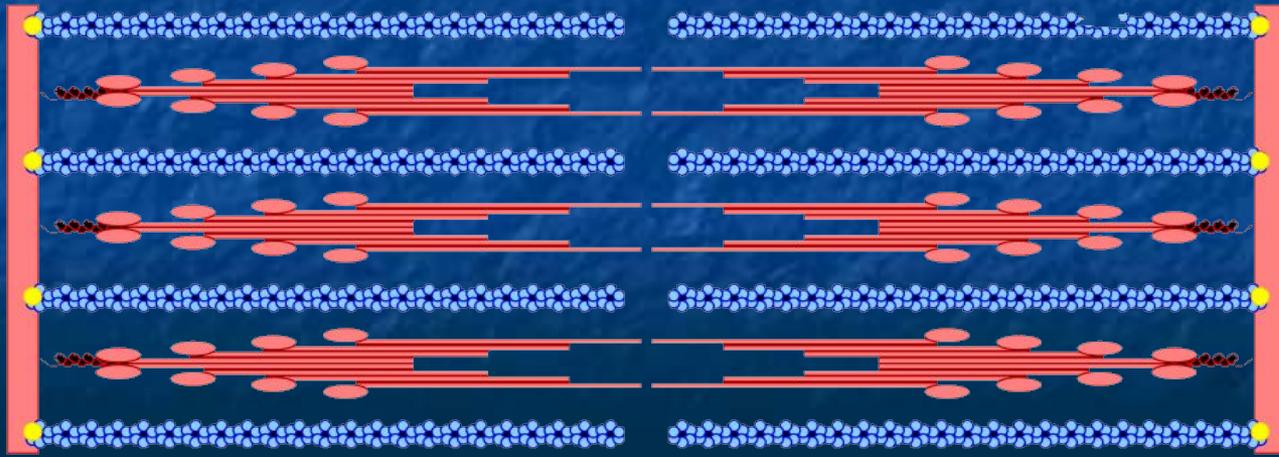
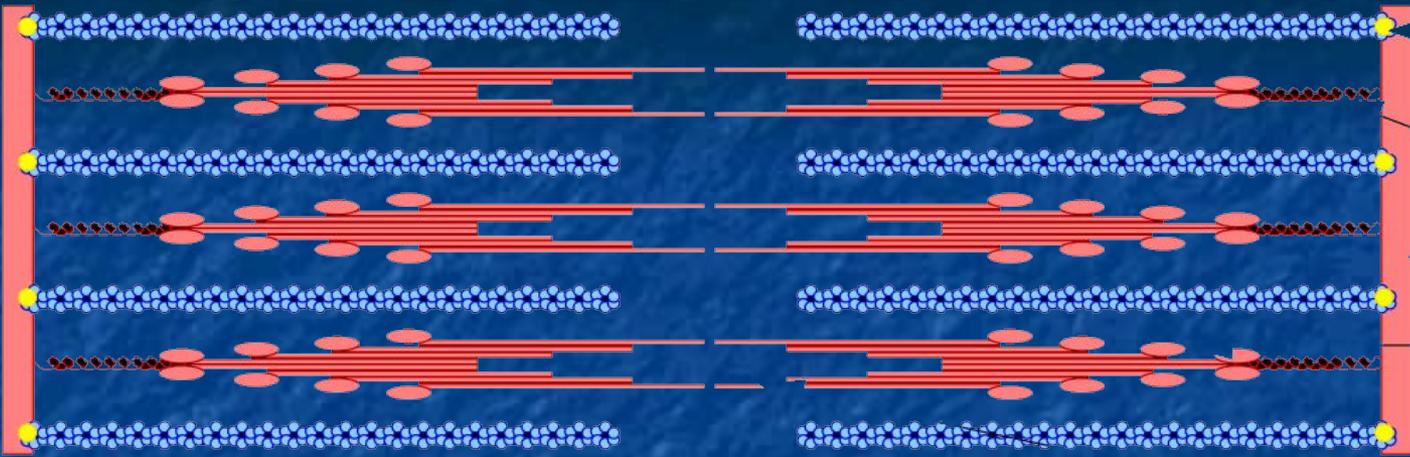
- 11. С помощью так называемого «зубчатого механизма» нити актина начинают скользить внутрь миозиновых каналов, миофибриллы укорачиваются, т.е.

- **Мышца сокращается!**

Механизм мышечного сокращения

- 12. Включается калий-натриевый насос, и на мембране мышечной клетки вновь возникает потенциал покоя.
- 13. Одновременно кальциевый насос выкачивает ионы Ca^{+2} из клетки.
- 14. Клетка возвращается в состояние покоя, т.е.

■ **Мышца расслабляется**



Выводы

- **Значение ионов:**
 - **K^+ – потенциал покоя**
 - **Na^+ – потенциал действия**
 - **Ca^{+2} – сокращение мышц**

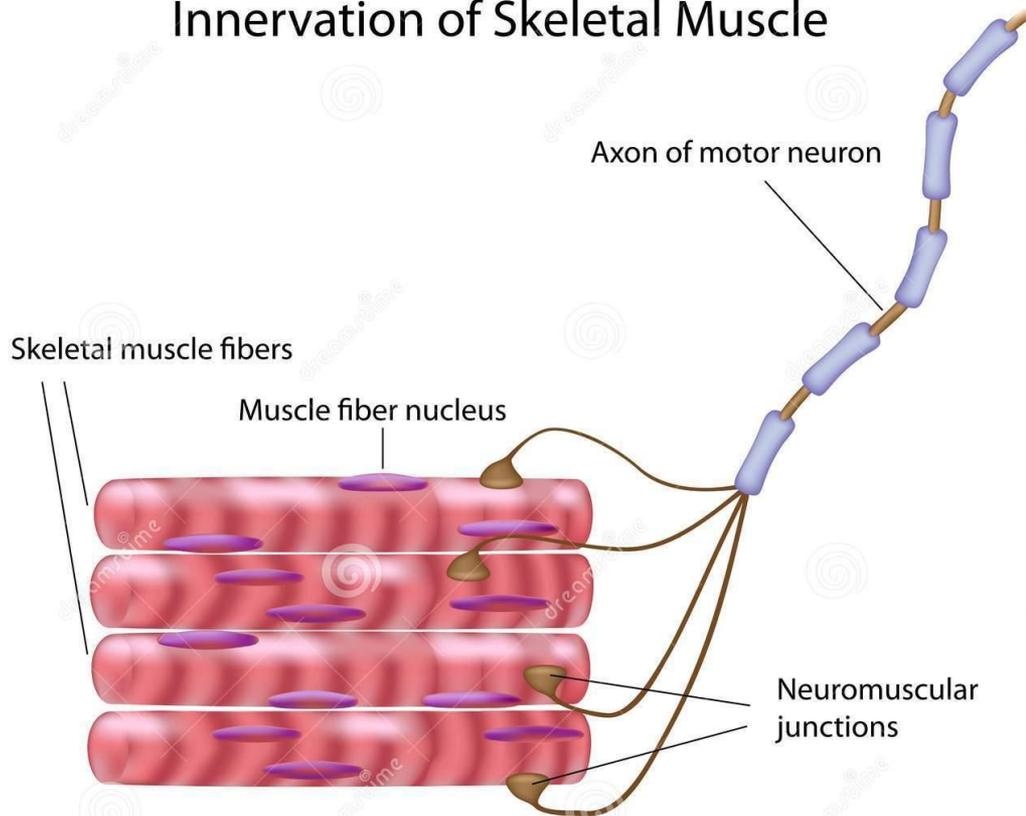
Понятие о моторных единицах





- **Моторная единица (МЕ)** является функциональной единицей скелетной мышцы.
- МЕ включает в себя группу мышечных волокон и иннервирующий их мотонейрон.

Innervation of Skeletal Muscle



МЕ работает как единое целое, т. е. нервный импульс от данного мотонейрона заставляет сокращаться сразу все подчинённые ему волокна.

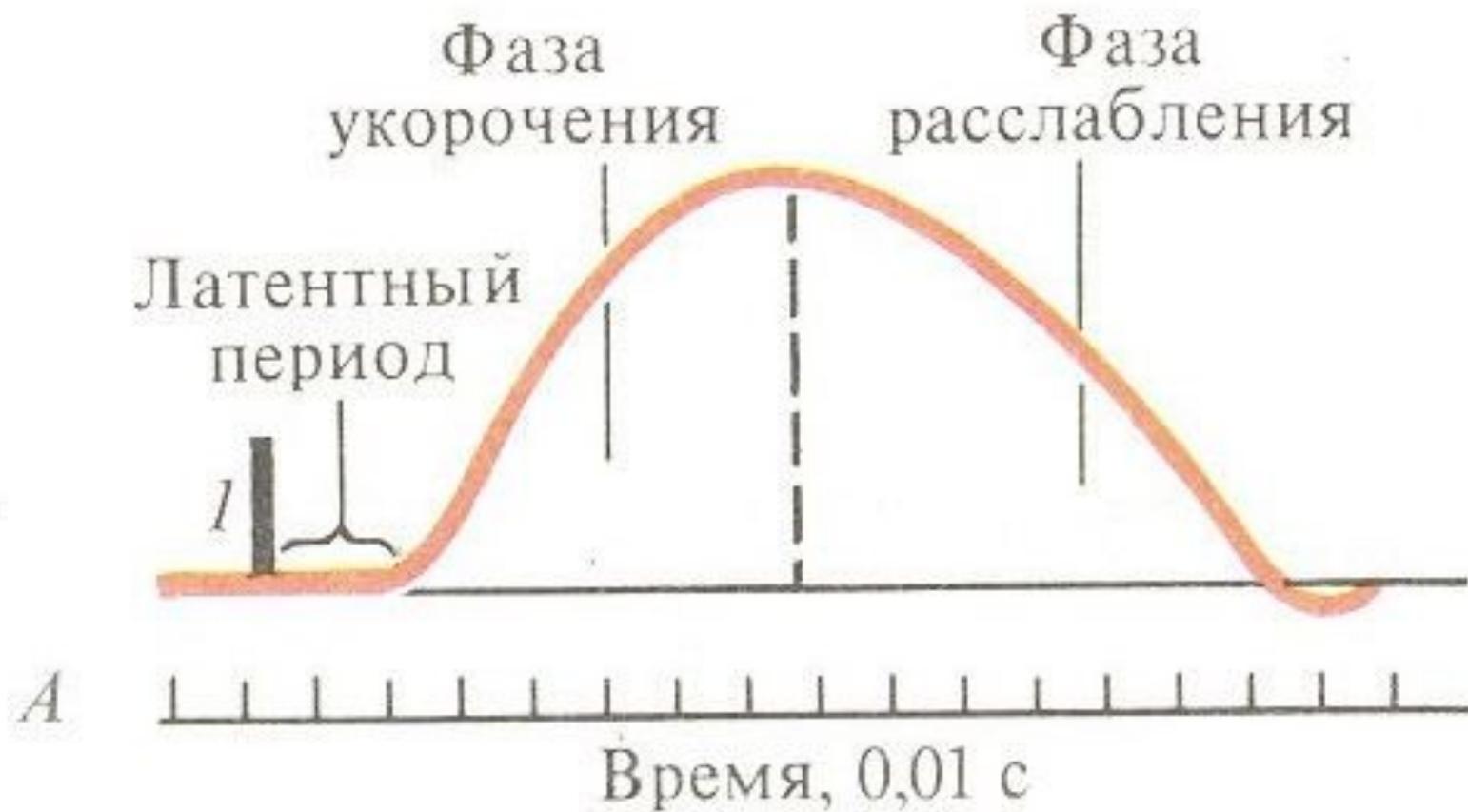
Понятие о моторных единицах

- Число мышечных волокон, входящих в состав одной МЕ, варьирует в разных мышцах. Например, там, где требуется очень точные движения (в пальцах или в мышцах глаза), МЕ небольшие, они содержат не более 30 волокон.
- А в икроножной мышце, где требуется большая сила сокращения, но не нужна большая точность, в МЕ насчитывается более 1000 мышечных волокон.

Виды мышечных сокращений.

- Для скелетной мышцы характерны три основных режима сокращения:
- **Изотонический** – укорочение мышцы без изменения ее тонического напряжения (например, движение конечностей, перемещение грузов);
- **Изометрический** – длина мышечных волокон остается постоянной на фоне увеличения напряжения (например, удержание груза, сохранение позы);
- **Ауксотонический** – изменение длины сопровождается изменением напряжения (работа мышцы при выполнении трудовых, спортивных и других двигательных актов).

Виды мышечных сокращений.



Виды мышечных сокращений.

- **2. Тетанус, тетаническое мышечное сокращение**— состояние длительного сокращения, непрерывного напряжения мышцы, возникающее при поступлении к ней через мотонейрон нервных импульсов с высокой частотой.
- При этом расслабления между последовательными одиночными сокращениями не происходит и возникает их суммация, приводящая к стойкому максимальному сокращению мышцы.

Виды мышечных сокращений.

- Различают **зубчатый** и **гладкий** тетанус.
- При зубчатом тетанусе каждый последующий нервный импульс воздействует на начавшую расслабляться мышцу, при этом происходит неполная суммация сокращений.
- При гладком тетанусе, имеющем бóльшую амплитуду, воздействие импульса происходит в конце периода укорочения, что приводит к полной суммации сокращений.

Работа и сила мышц

- Сила сокращения мышц зависит от:
- **1. Силы нервного импульса.**
- В каждой мышце есть волокна, по-разному реагирующие на силу нервных импульсов.

Работа и сила мышц

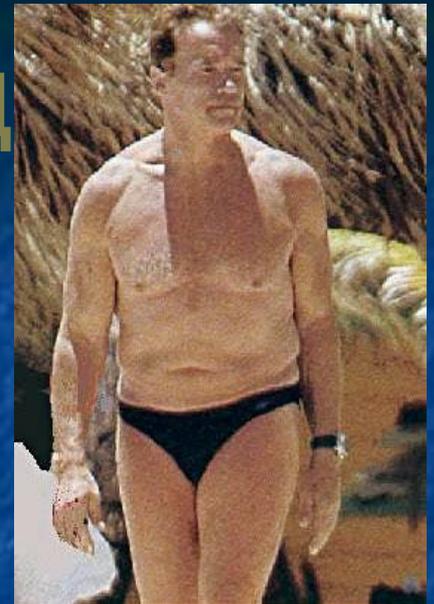
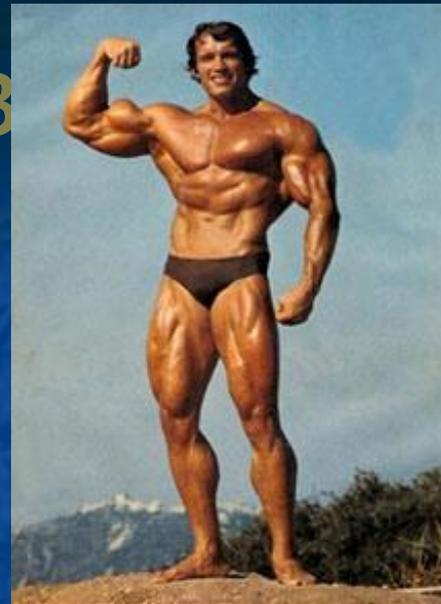
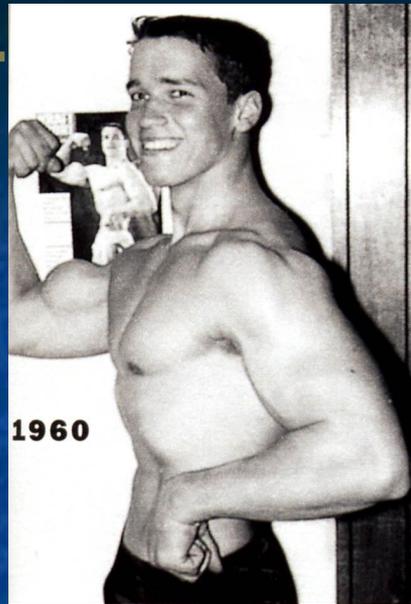
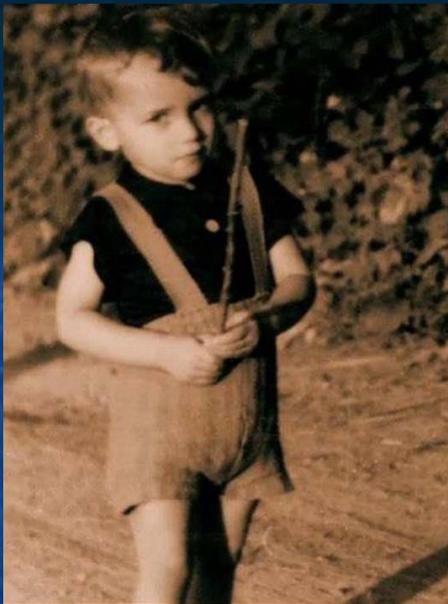


Работа и сила мышц

- 2. Сила сокращения **каждой мышцы** зависит от поперечного сечения (диаметра).
- Чем больше диаметр мышцы, тем она сильнее, так как в ней больше мышечных волокон.

Работа и сила мышц

- **Количество мышечных волокон** в скелетных мышцах человека насчитывается от нескольких десятков тысяч до миллиона.
- Причём, у каждого человека это число строго индивидуально,
- и задано от рождения.
- Например, количество мышечных волокон в двуглавой мышце плеча может быть от 172 тыс. до 418 тыс.
- **В течение жизни количество волокон в мышце не изменяется.**

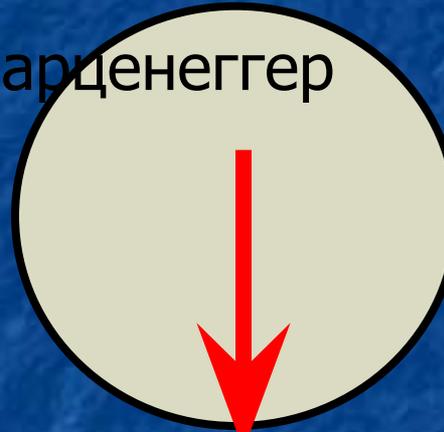


150 тыс.

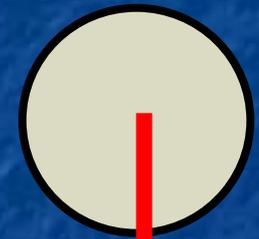


150 тыс.

Арнольд Шварценеггер



150 тыс.



150 тыс.

Количество мышечных волокон

Тренировка мышц

- При постоянных физических нагрузках в мышце происходит увеличение количества **миофибрилл.**
- При этом толщина каждого мышечного волокна увеличивается,
- соответственно увеличивается диаметр (мышечная масса),
- и возрастает сила сокращения.
- Такое явление называется **рабочая гипертрофия.**

Тренировка мышц

- При отсутствии физических нагрузок в мышце происходит уменьшение количества **миофибрилл**, уменьшается мышечная масса, мышца слабеет.
- Такое явление называется **атрофия**.
- При патологии атрофия происходит в результате параличей или парезов мышц.