

# **ФИЗИОЛОГИЯ ВОЗБУДИМЫХ ТКАНЕЙ**

# Основные понятия и термины «Физиологии возбудимых тканей»

- Все живые клетки обладают **раздражимостью**, т. е. способностью под влиянием определенных факторов внешней или внутренней среды, так называемых **раздражителей**, переходить из состояния физиологического покоя в состояние активности.

У одноклеточных организмов раздражимость служит исключительно для поддержания взаимоотношений с внешней средой, у многоклеточных - является также основой для объединения клеток организма в системы и регулирования деятельности живых структур (клеток, тканей, органов, систем органов) с помощью химических веществ (гормонов, медиаторов, ионов и т.д.).

- **Раздражители** – это факторы внешней среды или внутренней среды организма, воздействующие на живые структуры и вызывающие активное изменение характера их жизнедеятельности.
- **Раздражение** – это процесс действия на живые структуры раздражителей, приводящий к активному изменению характера их жизнедеятельности.

- **Возбудимость** – это способность возбудимых тканей реагировать на раздражители генерацией процесса возбуждения (др. словами потенциалом действия или нервными импульсами).
- **Возбуждение** – это активный физиологический процесс, возникающий в возбудимых тканях при действии раздражителей и заключающийся в резком усилении обменных процессов, в изменении физико-химических свойств мембран клеток (в изменении их избирательной проницаемости) и проявляющийся внешне в виде специфической для данной ткани деятельности (формировании и проведении нервных импульсов – потенциалов действия, сокращении, секреции).

Важно, что возбуждение является волновым процессом, возникая в каком-то месте, оно распространяется по ряду структур.
- Термин **«возбудимые клетки»** применяют лишь по отношению к нервным, мышечным и секреторным клеткам, способным в ответ на действие раздражителя генерировать специализированные формы колебаний электрического потенциала.

Противоположное возбуждению состояние возбудимых тканей называется торможением.

***Торможение*** – это активное состояние возбудимых тканей, сопровождающееся специфическими изменениями обмена веществ и выражающееся в активном подавлении деятельности клеток.

Торможение чаще всего развивается под влиянием внешних воздействий. Торможение – не есть утомление. Утомление развивается постепенно в результате интенсивной деятельности и исчезает лишь после определенного периода отдыха. А торможение развивается быстро, без предварительного периода деятельности и исчезает также быстро, после прекращения действия раздражителя.

## ПОТЕНЦИАЛ ПОКОЯ (ПП или МП)

Термином **«мембранный потенциал»** (потенциал покоя) принято называть трансмембранную разность потенциалов; существующую между цитоплазмой и окружающим клетку наружным раствором.

Разница потенциалов есть только в области мембраны!!! Это тонкий слой «+» зарядов снаружи и «-» зарядов изнутри.

**Существует множество факторов, меняющих потенциал покоя клеток:**

- приложение электрического тока,
- изменение ионного состава среды,
- воздействие некоторых токсинов,
- нарушение кислородного снабжения ткани и т. д.

Во всех тех случаях, когда внутренний потенциал уменьшается (становится менее отрицательным), говорят о **деполяризации мембраны**; противоположный сдвиг потенциала (увеличение отрицательного заряда внутренней поверхности клеточной мембраны) называют **гиперполяризацией**.

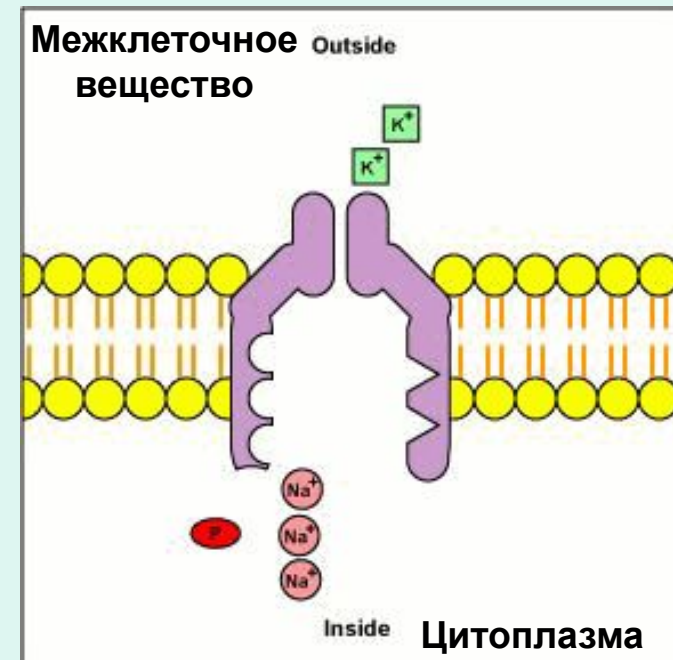
# РОЛЬ ОБМЕНА ВЕЩЕСТВ В ГЕНЕЗЕ И ПОДДЕРЖАНИИ ПОТЕНЦИАЛА ПОКОЯ (НАТРИЕВЫЙ НАСОС МЕМБРАНЫ)

В клеточной мембране существует особое молекулярное устройство — «натриевый насос», он обеспечивает выведение («выкачивание») из цитоплазмы проникающих в нее  $\text{Na}^+$  и введение («нагнетание») в цитоплазму  $\text{K}^+$ .

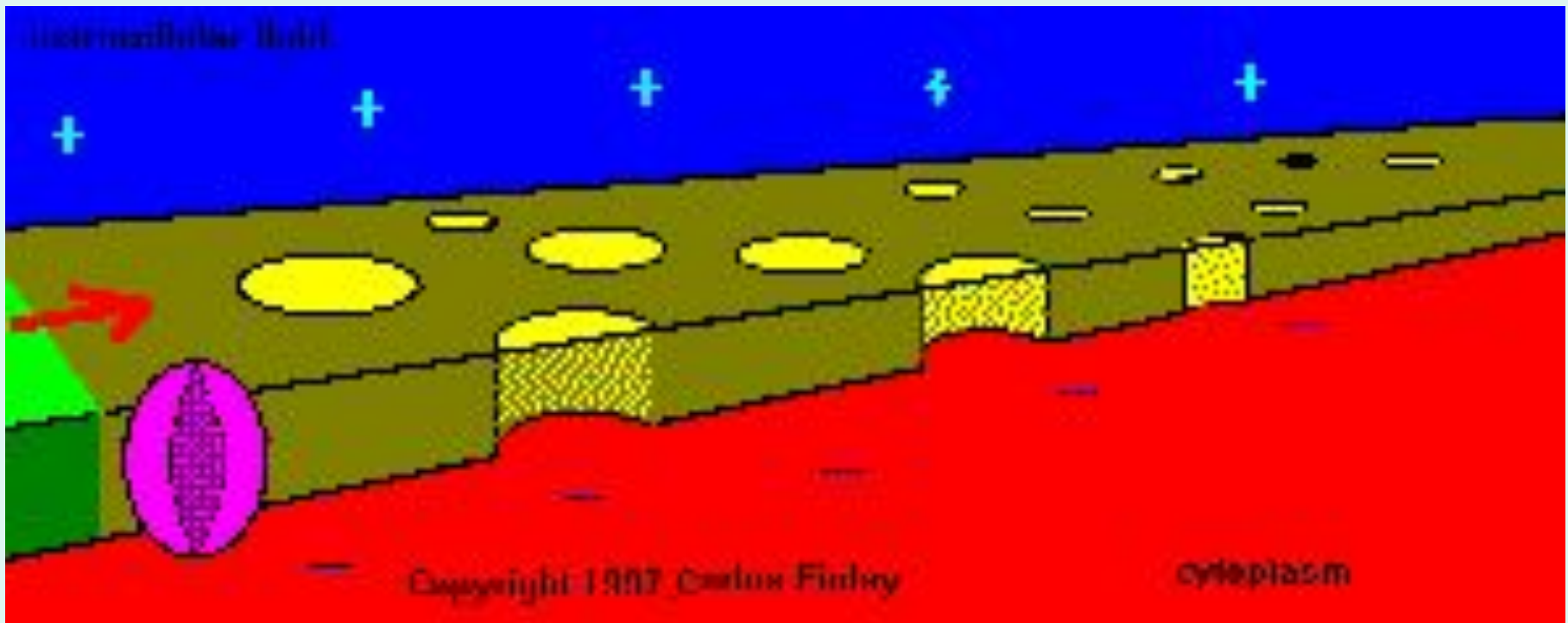
Натриевый насос перемещает  $\text{Na}^+$  и  $\text{K}^+$  против их концентрационных градиентов, т. е. совершает определенную работу.

Непосредственным источником энергии для этой работы является богатое энергией (макроэргическое) соединение — АТФ), являющаяся универсальным источником энергии живых клеток.

Энергия, выделяющаяся при расщеплении одной молекулы АТФ, обеспечивает выведение из клетки трех ионов  $\text{Na}^+$  взамен на два иона  $\text{K}^+$ , поступающих в клетку снаружи. В результате клетка постоянно теряет «+» заряды.



# Потенциал действия



# ПОТЕНЦИАЛ ДЕЙСТВИЯ (ПД)

**ПД** - называют быстрое колебание МП, возникающее при возбуждении нервных, мышечных и некоторых других клеток.

В основе формирования ПД лежат изменения ионной проницаемости мембраны.

Амплитуда и характер временных изменений потенциала действия мало зависят от силы вызывающего его раздражителя, важно лишь, чтобы эта сила была не меньше некоторой критической величины, которая называется порогом раздражения.

Возникнув в месте раздражения, потенциал действия распространяется вдоль нервного или мышечного волокна, не изменяя своей амплитуды.

Наличие порога и независимость амплитуды потенциала действия от силы вызвавшего его стимула получили название закона «все или ничего».

В естественных условиях потенциалы действия генерируются в нервных волокнах при раздражении рецепторов или возбуждении нервных клеток.



# **ЗНАЧЕНИЕ ПОТЕНЦИАЛОВ ДЕЙСТВИЯ (ПД)**

- 1. Распространение потенциалов действия по нервным волокнам обеспечивает передачу информации в нервной системе.**
- 2. Достигнув нервных окончаний, потенциалы действия вызывают секрецию химических веществ (медиаторов), обеспечивающих передачу сигнала на мышечные или нервные клетки.**
- 3. В мышечных клетках потенциалы действия инициируют цепь процессов, вызывающих сократительный акт.**
- 4. Ионы, проникающие в цитоплазму во время генерации ПД, оказывают регулирующее влияние на метаболизм клетки и, в частности, на процессы синтеза белков, составляющих ионные каналы и ионные насосы.**

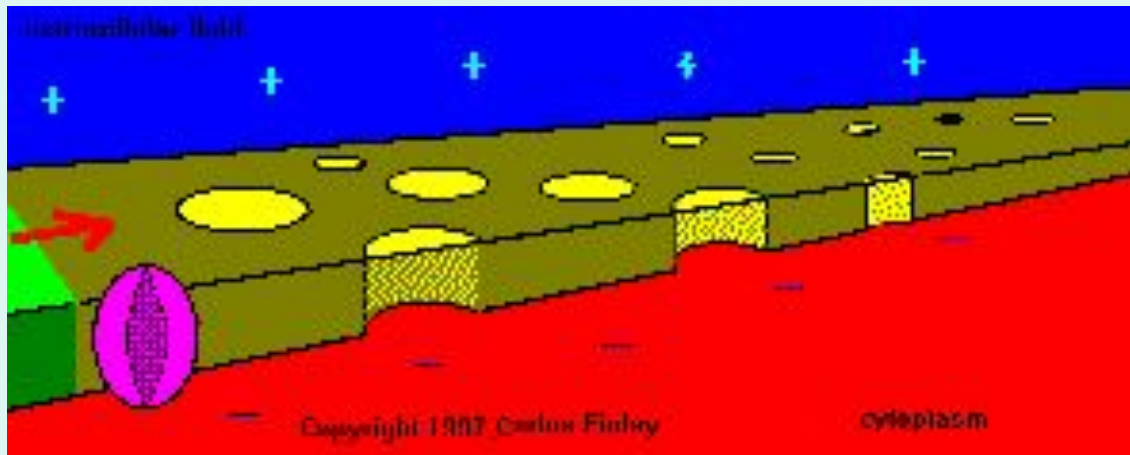
# ИОННЫЙ МЕХАНИЗМ ВОЗНИКНОВЕНИЯ ПОТЕНЦИАЛА ДЕЙСТВИЯ

В основе ПД лежат последовательно развивающиеся во времени изменения ионной проницаемости клеточной мембраны.

Как отмечалось, в состоянии покоя проницаемость мембраны для калия превышает ее проницаемость для натрия.

Вследствие этого поток  $K^+$  из цитоплазмы во внешний раствор превышает противоположно направленный поток  $Na^+$ .

Поэтому наружная сторона мембраны в покое имеет положительный потенциал по отношению к внутренней.



# Свойства потенциала действия

1. Вызывается сверхпороговым раздражителем
2. Амплитуда не зависит от силы раздражителя
3. Распространяется по всей мембране не затухая
4. Связан с увеличением ионной проницаемости (открытием ионных каналов)
5. Не суммируется

# Зависимость пороговой силы раздражителя от его длительности

Пороговая сила любого стимула в определенных пределах находится в обратной зависимости от его длительности.

На рис. представлена кривая силы — длительности, или силы — времени. По этой кривой прежде всего можно судить о том, что ток ниже некоторой минимальной силы или напряжения не вызывает возбуждения, как бы длительно он ни действовал.

Минимальная сила постоянного тока, способная вызвать возбуждение (порог раздражения), названа реобазой (ордината OA).

Наименьшее время (отрезок OC), в течение которого должен действовать раздражающий стимул, величиной в одну реобазу называют полезным временем. Слово «полезное» здесь применено с целью подчеркнуть, что дальнейшее увеличение длительности действия тока не имеет значения (бесполезно) для возникновения потенциала действия.

Усиление тока приводит к укорочению минимального времени раздражения, но не беспредельно. При очень коротких стимулах кривая силы — времени становится параллельной оси ординат.

Это означает, что при таких кратковременных раздражениях возбуждения не возникает, как бы ни была велика сила раздражителя. Поэтому, кроме полезного времени, в качестве времени константы раздражения введено понятие «хронаксия».

Хронаксия - это время, в течение которого должен действовать ток удвоенной реобазы, чтобы вызвать возбуждение.

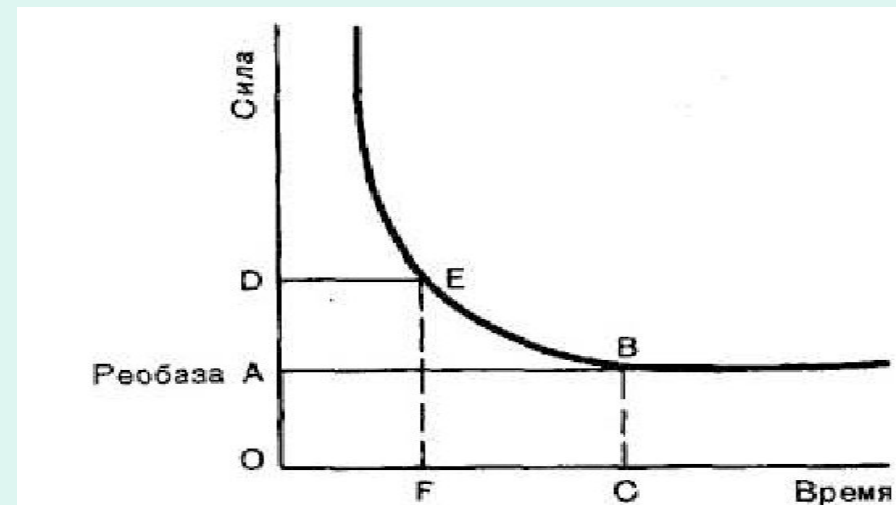


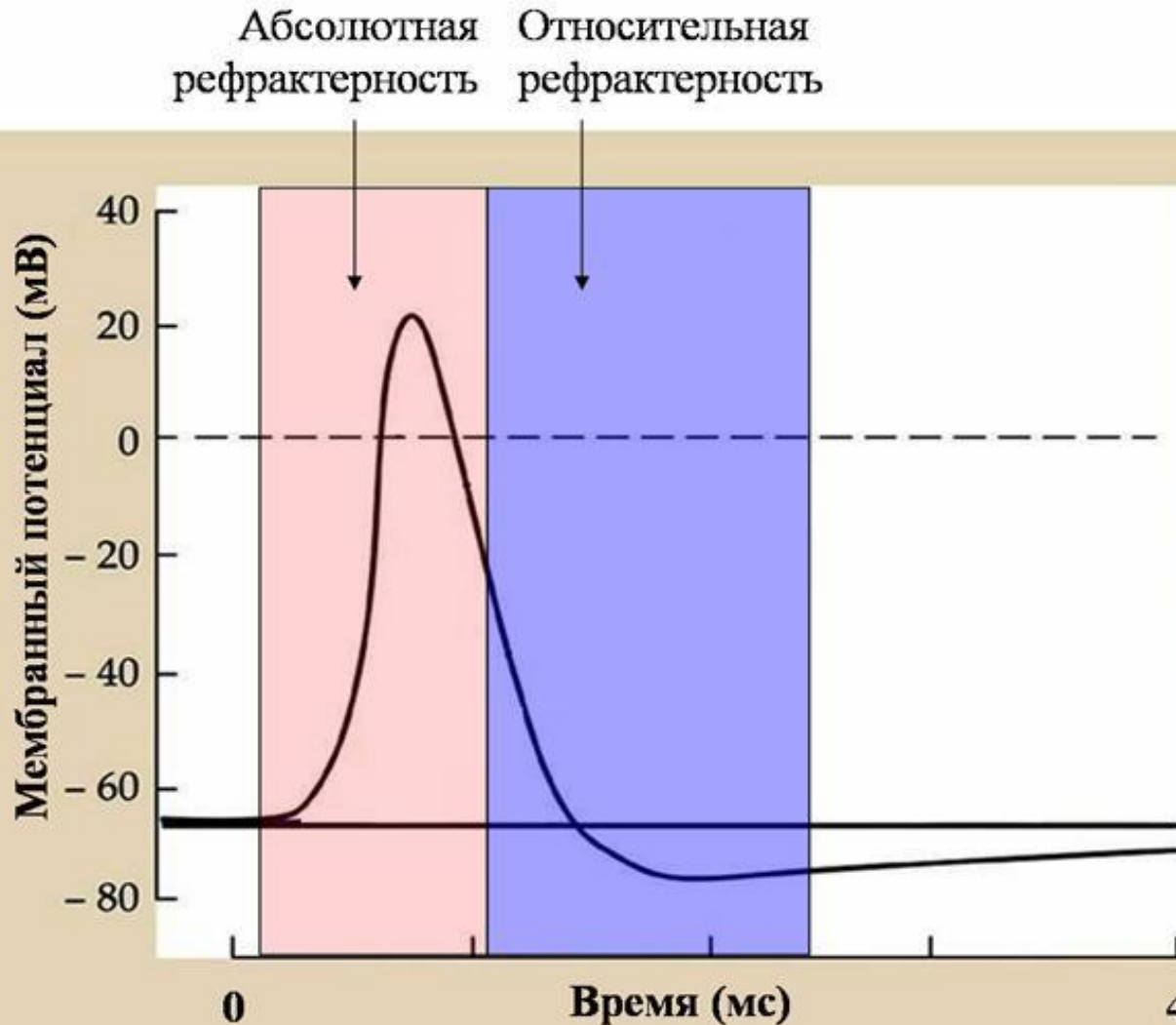
Рис. 16. Кривая силы — длительности. Объяснение в тексте.

## **Явление аккомодации**

**Пороговая сила тока увеличивается при уменьшении крутизны его нарастания, а при некоторой минимальной крутизне ответы на раздражение исчезают. Это явление принято обозначать термином «аккомодация».**

# Рефрактерность –

Снижение способности клетки отвечать на раздражение в результате временной инактивации натриевых каналов



Абсолютная рефрактерность – генерация ПД невозможна

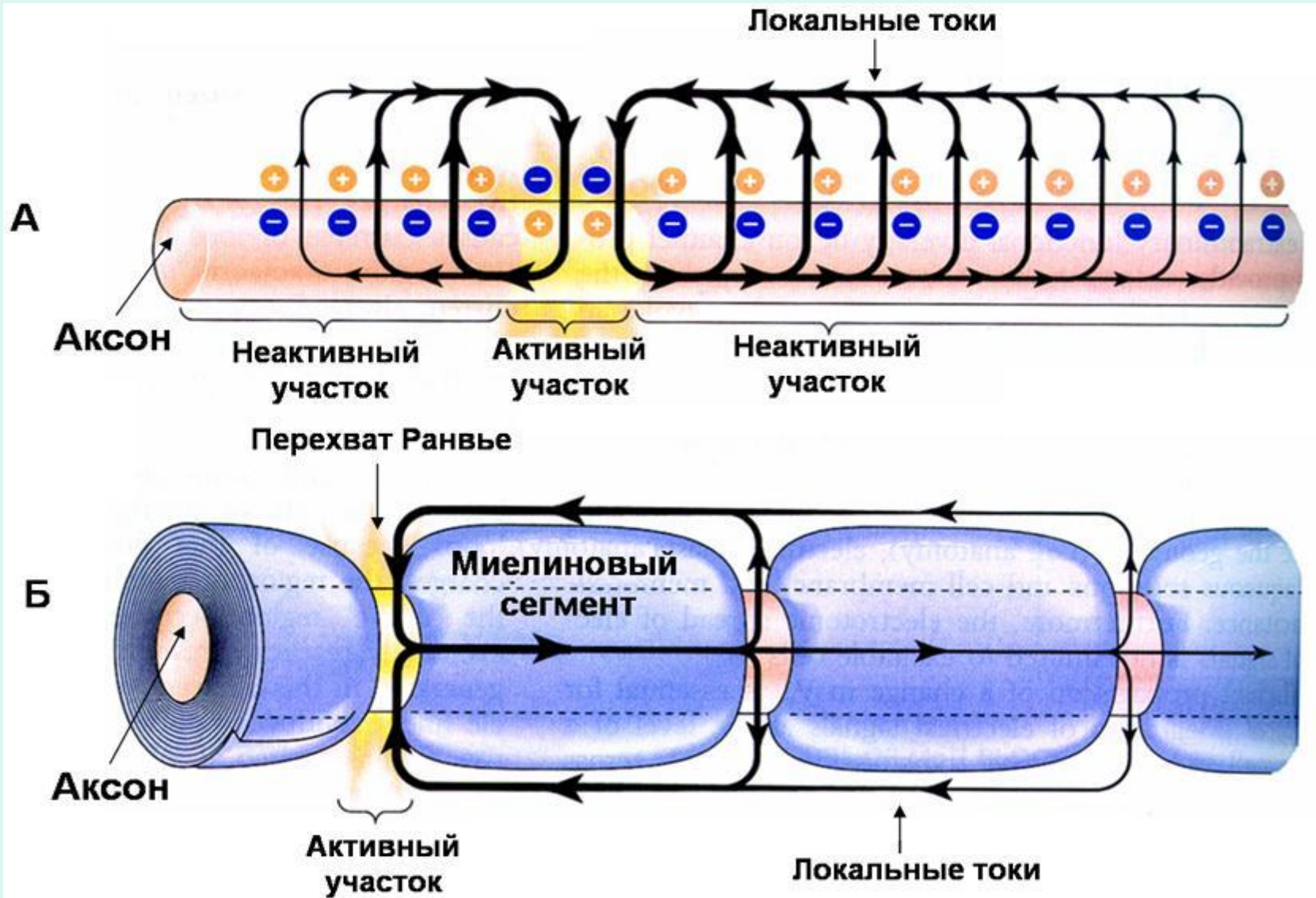
Относительная рефрактерность – генерация ПД возможна при увеличении интенсивности раздражителя, т.к. некоторая часть каналов для  $\text{Na}^+$  еще инактивирована

# МЕХАНИЗМ ПРОВЕДЕНИЯ ВОЗБУЖДЕНИЯ

- Проведение возбуждения вдоль нервных и мышечных волокон осуществляется при помощи так называемых местных токов (Герман, 1899), возникающих между возбужденным (деполяризованным) и полежащимися (нормально поляризованными) участками волокна.
- Активный деполяризованный участок (А) становится раздражителем для соседнего полежащего (В) участка мембраны:



- Благодаря такому эстафетному механизму возбуждение распространяется вдоль всего волокна.





# ОБМЕН ВЕЩЕСТВ ПРИ ВОЗБУЖДЕНИИ

- При возникновении и проведении возбуждения в нервных клетках и мышечных волокнах происходит усиление обмена веществ.
- Это проявляется как рядом биохимических изменений, происходящих в мембране и цитоплазме клеток, так и усилением их теплопродукции.
- Установлено, что при возбуждении в клетках наблюдается усиление:
  1. распада и синтеза АТФ и креатинфосфата (КФ);
  2. процессов распада и синтеза углеводов, белков и липидов;
  3. синтеза и разрушение медиаторов,
  4. синтеза РНК