

«Медицинский университет «Реавиз»

# Физиология нервных волокон



Дралина О.И., кандидат медицинских наук,  
доцент кафедры медико-биологических  
дисциплин

# План

- Структура нервных волокон, их классификация.
- Механизмы проведения возбуждения по нервному волокну. Особенности проведения возбуждения по миелиновым и безмиелиновым нервным волокнам.
- Законы проведения возбуждения по нервному волокну.
- Парабиоз, его фазы. Значение фармакологических веществ в возникновении явлений парабиоза.

# Нерв (нервный ствол)

- совокупность нервных волокон, заключенных в общую соединительнотканную оболочку.
- **Нервные волокна** – это длинные отростки (аксоны) нейронов, покрытые оболочками, которые проводят возбуждение в ЦНС или из ЦНС на периферию.
- Отросток нервной клетки в нервном волокне называют **осевым цилиндром**.
- В ЦНС оболочки отростков нейронов образуются отростками олигодендроглиоцитов, а в периферической – нейролеммоцитами Шванна (швановскими клетками).

# Физиологические свойства нервных волокон

- возбудимость
- проводимость
- рефрактерность
- лабильность

- **Возбудимость** – способность приходить в состояние возбуждения в ответ на раздражение.
- **Проводимость** – способность передавать нервное возбуждение в виде потенциала действия от места раздражения по всей длине.

- **Рефрактерность** (устойчивость) – свойство временно резко снижать возбудимость в процессе возбуждения.
- Нервная ткань имеет *самый короткий* рефрактерный период.
- **Значение рефрактерности:**
  - предохраняет ткань от перевозбуждения,
  - осуществляет ответную реакцию на биологически значимый раздражитель.

- **Лабильность** (от лат. *labilis* – *скользящий, неустойчивый*) – функциональная подвижность, скорость протекания элементарных циклов возбуждения в нервной и мышечной тканях.

# Элементы нервных волокон

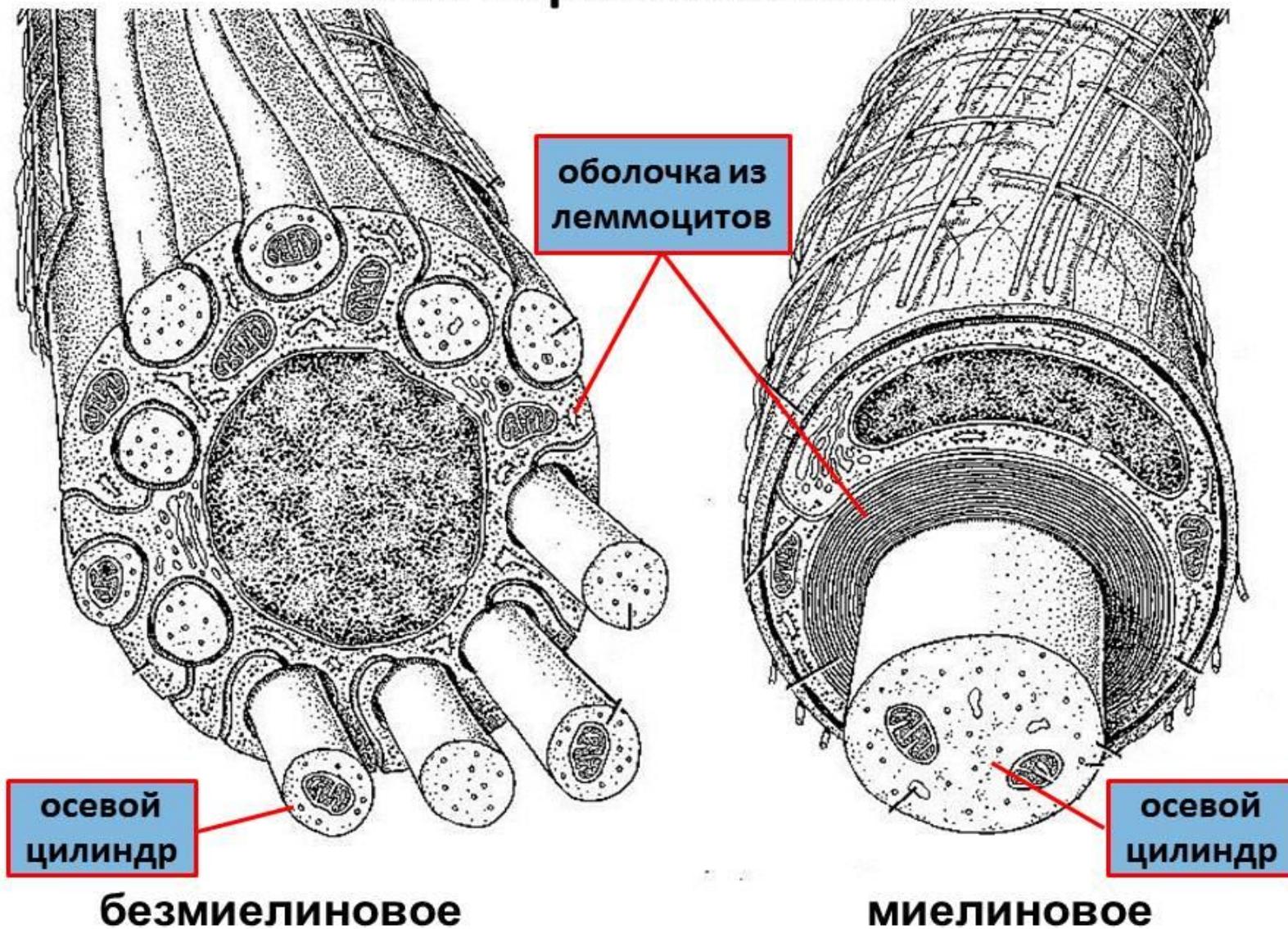
- осевые цилиндры – отростки нервных клеток;
- глиальные клетки;
- соединительнотканная (базальная) пластинка.

*Главная функция нервных волокон – проведение нервных импульсов (возбуждения).*

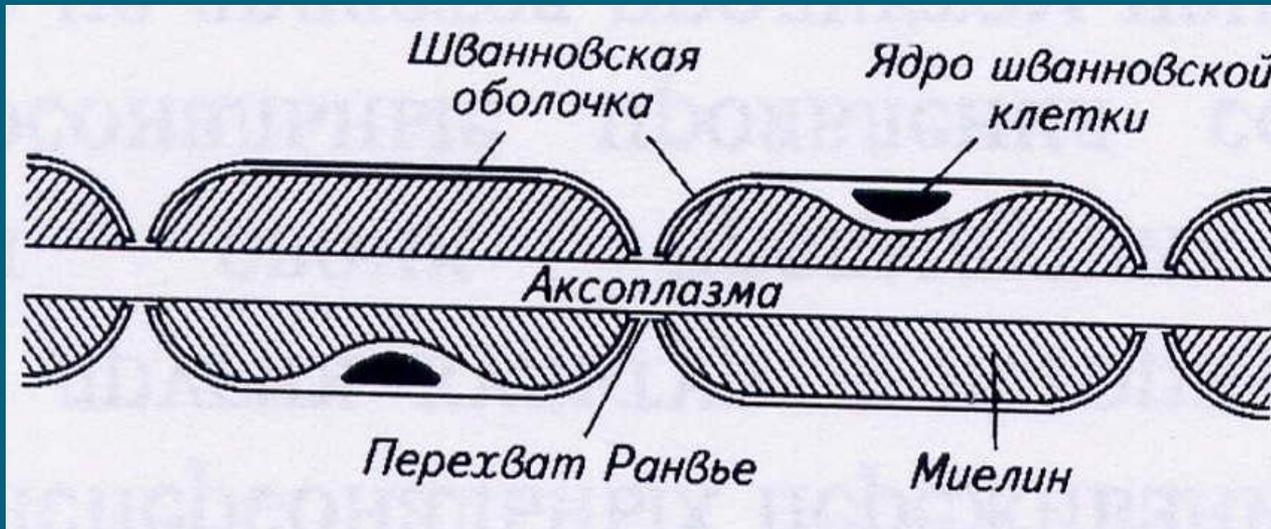
# Виды нервных волокон

- *Безмиелиновые* нервные волокна не имеют миелиновой оболочки, их диаметр 5-7 мкм. Скорость проведения импульса 1-3 м/с.
- *Миелиновые* волокна состоят из осевого цилиндра, покрытого миелиновой оболочкой, образованной шванновскими клетками. При диаметре 12-20 мкм скорость проведения возбуждения – 70-120 м/с.

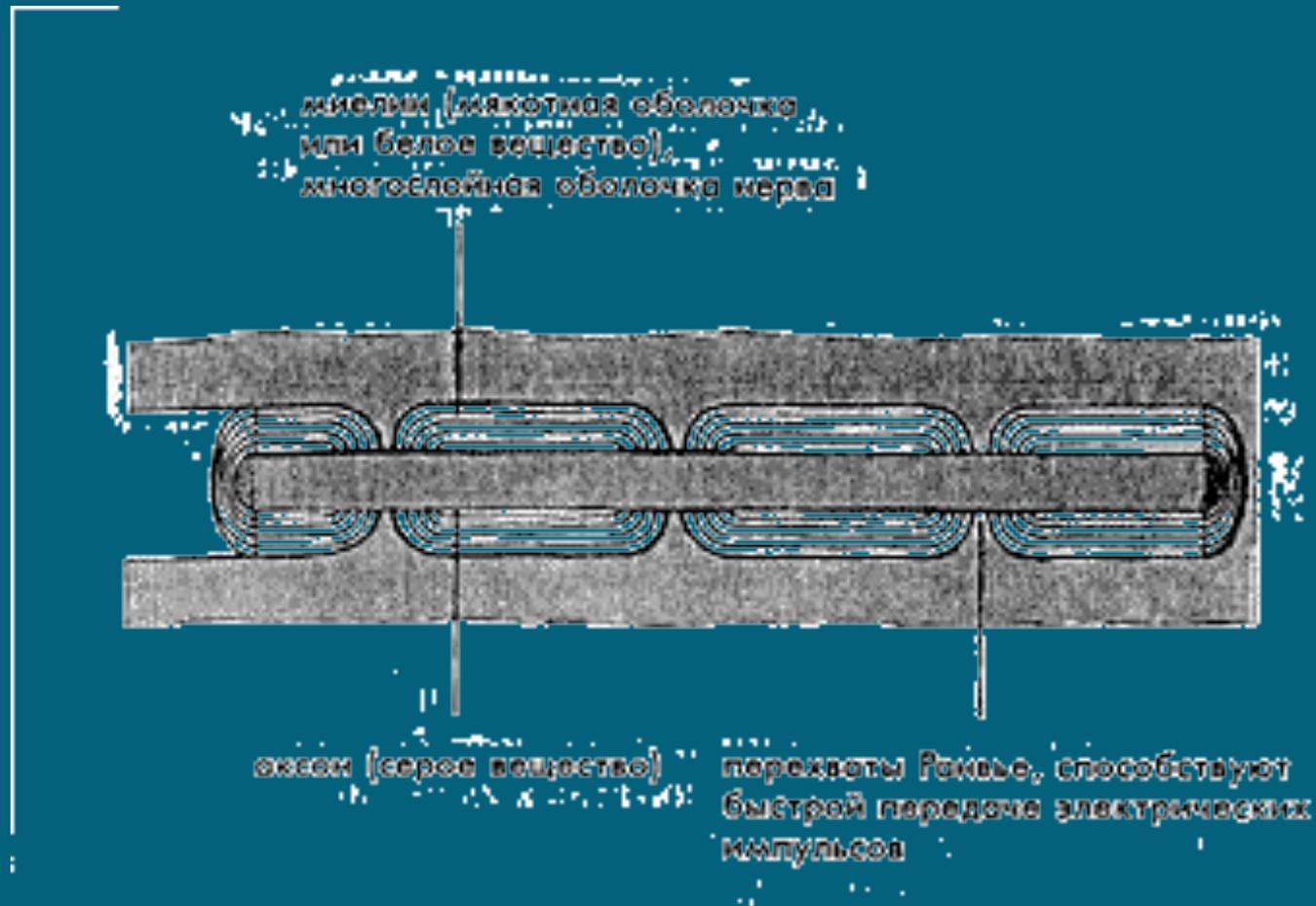
## ТИПЫ НЕРВНЫХ ВОЛОКОН



# Миелиновое волокно



# Миелиновая оболочка нерва



\_\_\_\_\_

**Здоровый  
нерв**

**Нервная  
клетка**



**Нервное  
волокно**

**Миелиновая  
оболочка**



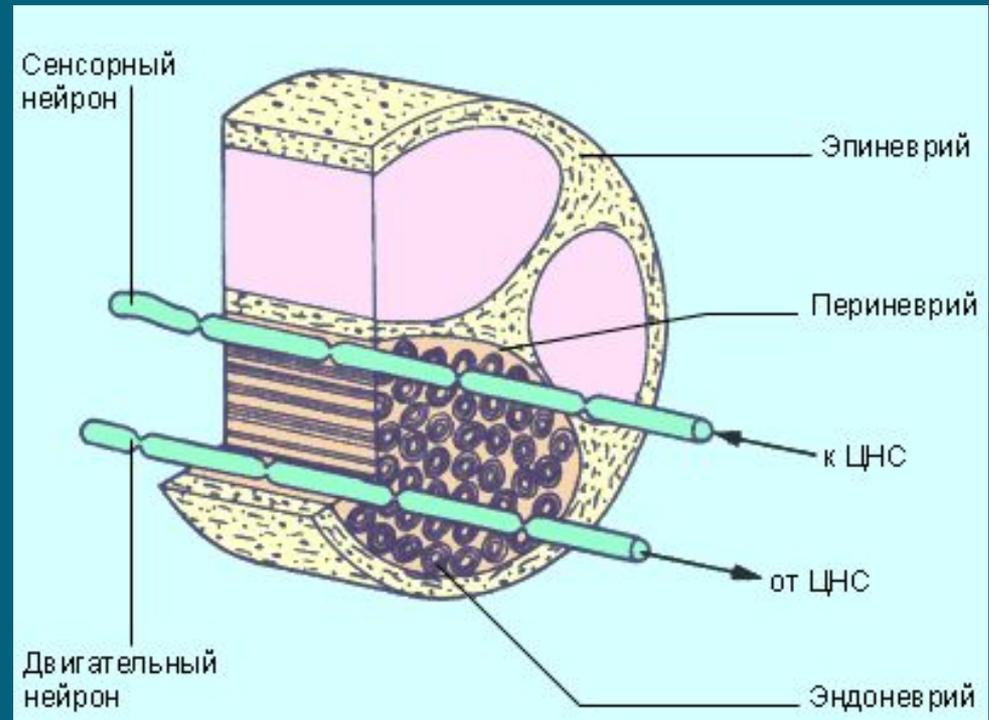
**Повреждение  
миелина**

**Поврежденный нерв**

# Функционально нервные волокна

делятся на:

- *афферентные* или *чувствительные* нервные волокна проводят возбуждение в ЦНС;
- *эфферентные* (*двигательные*) волокна – из ЦНС на периферию.



- В зависимости от диаметра, степени миелинизации, скорости проведения возбуждения нервные волокна делятся на *три типа*: **A, B, C**.
- ***Нервные волокна типа A*** – толстые миелинизированные нервные волокна, проводящие возбуждения со скоростью 5-120 м/с. К этой группе относят эфферентные (двигательные) волокна соматической нервной системы, чувствительные волокна проприорецепторов, кожных рецепторов, ноцицепторов (рецепторов боли).

- *Нервные волокна типа В* – тонкие миелинизированные нервные волокна, проводящие возбуждение со скоростью 3-18 м/с. К этой группе относят преганглионарные волокна вегетативной нервной системы.
- *Нервные волокна типа С* – тонкие немиелинизированные нервные волокна, проводящие возбуждение со скоростью 0,5-3 м/с. К этой группе относят постганглионарные волокна вегетативной нервной системы, чувствительные волокна некоторых терморцепторов, механорецепторов, ноцицепторов.

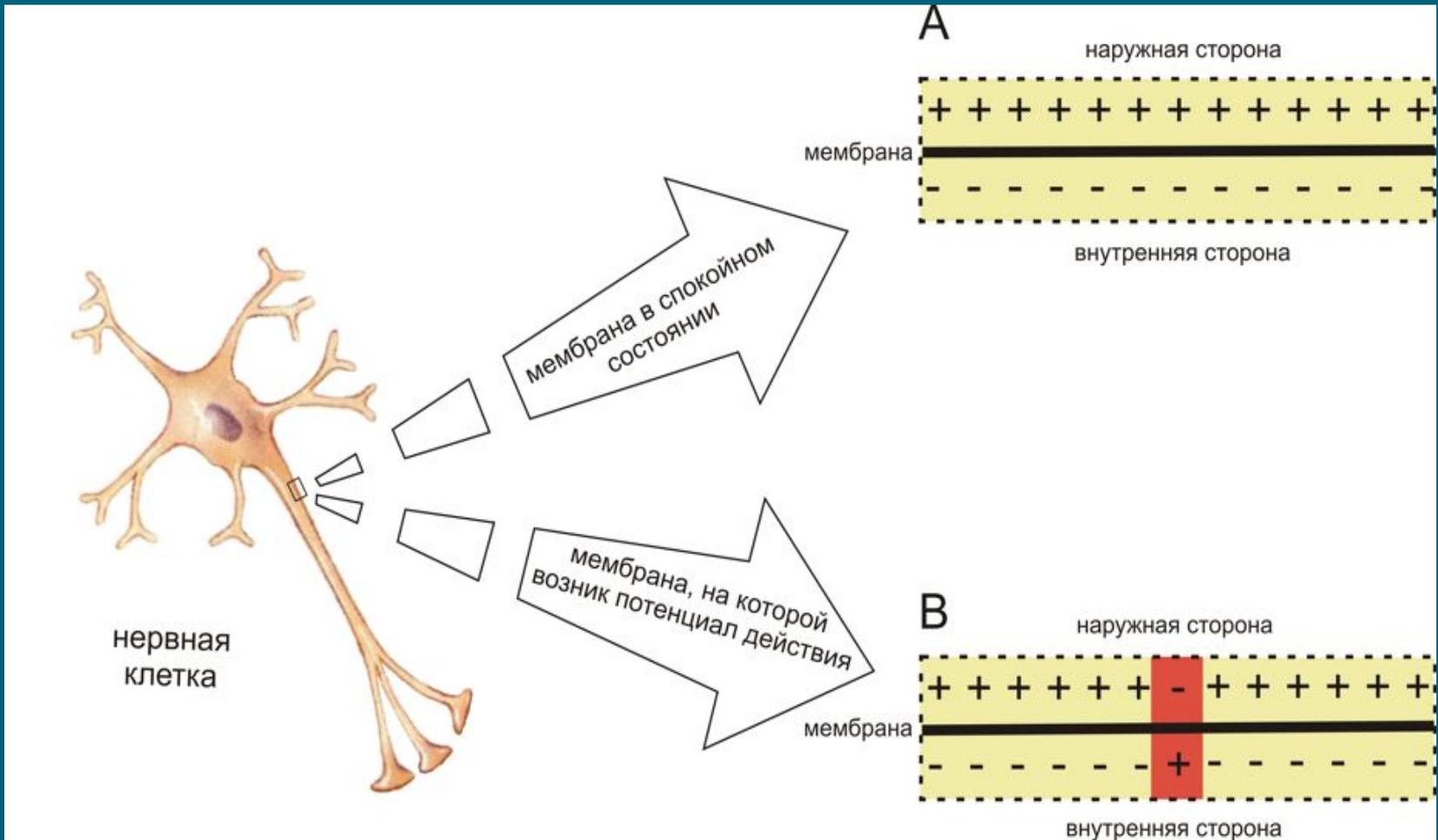
# Классификация Эрлангера-Гассера

Тип волокна	Функция	Диаметр, мкм	Скорость проведения, м/с	Миелинизация
A $\alpha$	Афферентные – мышечные веретёна, сухожильные органы; эфферентные – скелетные мышцы	10-20	60-120	+
A $\beta$	Афферентные – тактильное чувство; коллатерали A $\alpha$ волокон к интрафузальным мышечным волокнам	7-15	40-90	+
A $\gamma$	Эфферентные – мышечные веретёна	4-8	15-30	+
A $\delta$	Афферентные – температура, быстрое проведение боли	3-5	5-25	+
B	Симпатические, преганглионарные; постганглионарные волокна цилиарного ганглия	1-3	3-15	прерывистая
C	Симпатические, постганглионарные; афферентные – медленное проведение боли	0,3-1	0,5-2	–

# Механизм проведения возбуждения по нервному волокну

- Процессы метаболизма в *безмиелиновых (немиелинизированных)* волокнах не обеспечивают быструю компенсацию расхода энергии.
- Распространение возбуждения идет с постепенным затуханием – с декрементом (характерно для низкоорганизованной нервной системы).

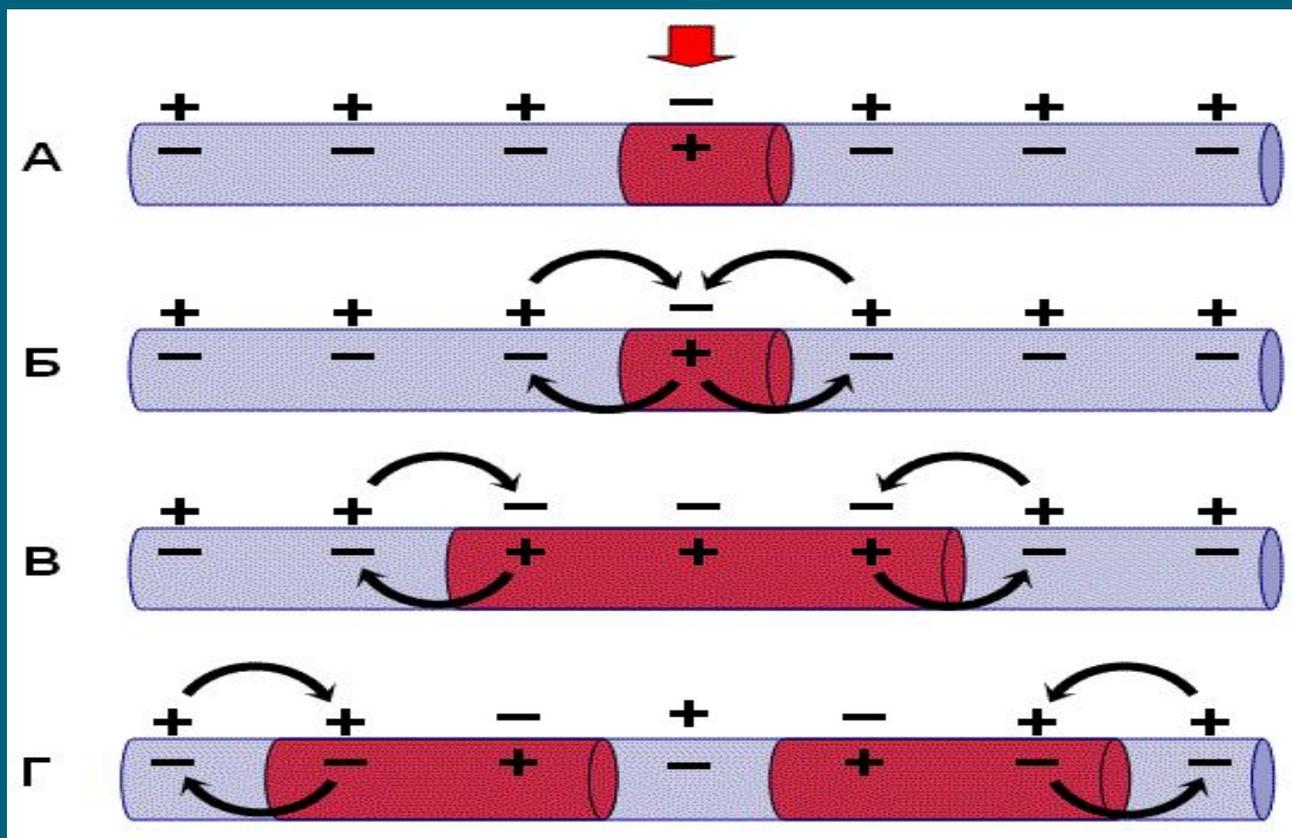
# Нервная клетка и потенциал действия



- Между возбужденными и невозбужденными участками возникает разность потенциалов, которая способствует возникновению *круговых токов*.
- Ток распространяется от «+» заряда к «-».
- В месте выхода кругового тока повышается проницаемость плазматической мембраны для ионов  $\text{Na}^+$ , происходит деполяризация мембраны.

- Между вновь возбужденным участком и соседним невозбужденным вновь возникает разность потенциалов, что приводит к возникновению круговых токов.
- Возбуждение постепенно охватывает соседние участки осевого цилиндра и ток распространяется до конца аксона.

# Механизм проведения возбуждения по безмиелиновым нервным волокнам



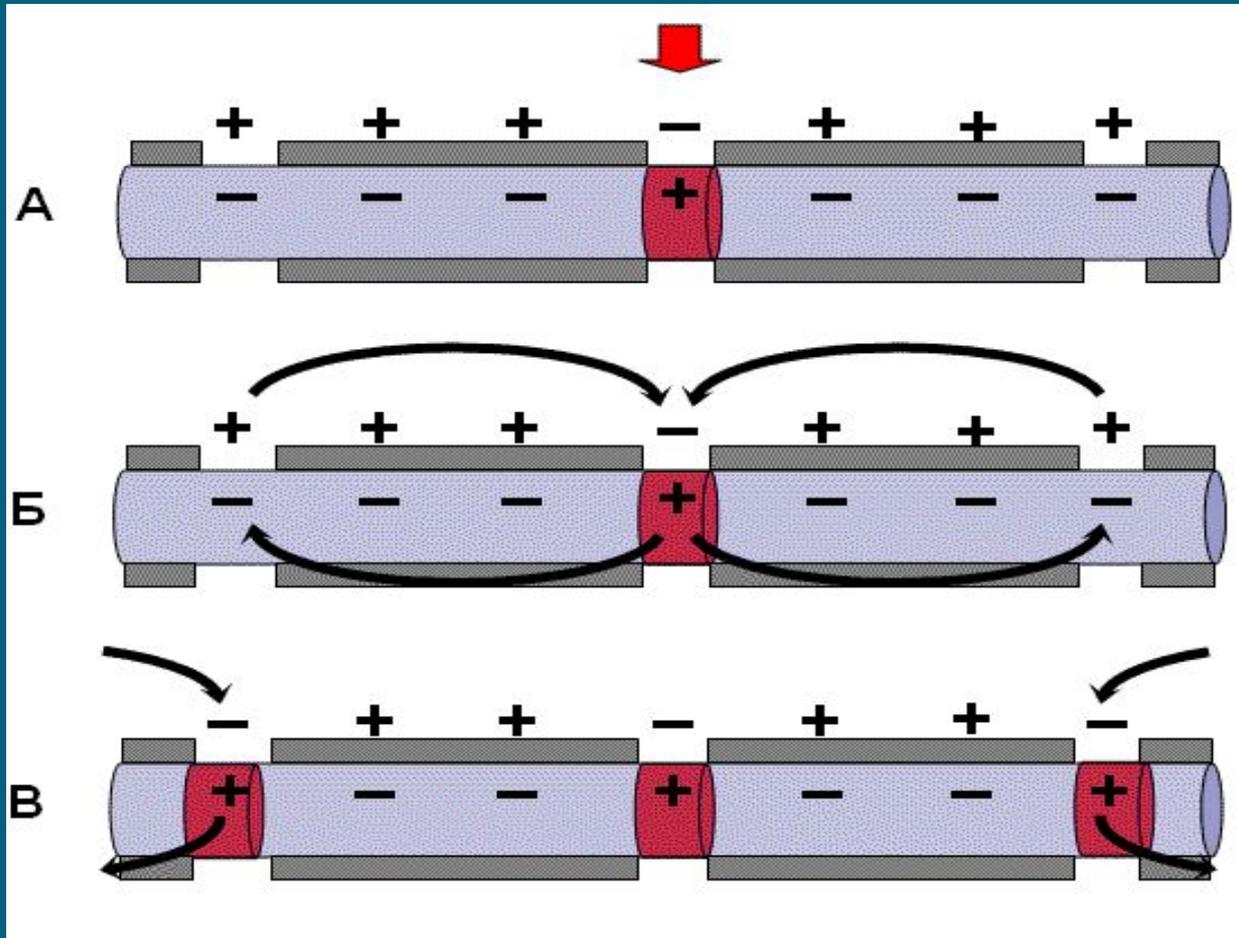
## Особенности проведения возбуждения по безмиелиновым нервным волокнам

- низкая скорость проведения возбуждения;
- низкая надежность передачи возбуждения (блокада каналов небольшого участка нервного волокна приведет к затуханию возбуждения);
- очень большие энергетические затраты, т.к. происходит возбуждение всей мембраны.

- В *миелиновых* волокнах возбуждение проходит, не затухая, без декремента.
- За счет большого радиуса нервного волокна, обусловленного миелиновой оболочкой, электрический ток может входить и выходить из волокна только *в области перехвата*.
- При нанесении раздражения возникает деполяризация в области одного перехвата, соседний перехват в это время поляризован.
- Между перехватами возникает разность потенциалов, и появляются *круговые токи*.

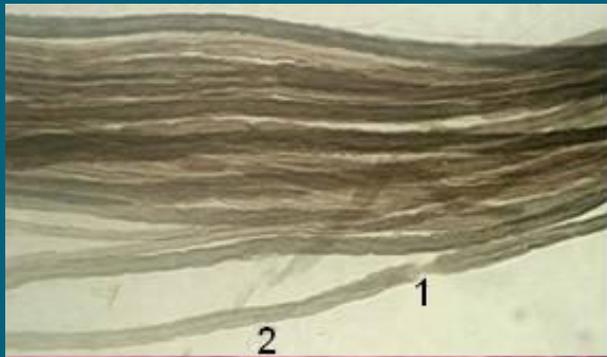
- За счет круговых токов возбуждаются другие перехваты, при этом возбуждение распространяется *сальтаторно*, скачкообразно от одного перехвата к другому.
- *Сальтаторный* способ распространения возбуждения экономичен, и скорость распространения возбуждения выше (70-120 м/с), чем по безмиелиновым нервным волокнам (0,5-3 м/с).

# Механизм проведения возбуждения по миелиновым нервным волокнам



# Особенности проведения возбуждения по миелиновым нервным волокнам

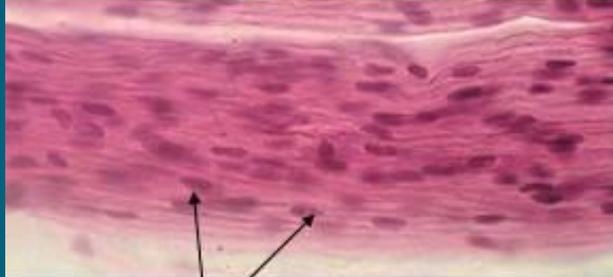
- высокая скорость проведения возбуждения;
- высокая надежность передачи возбуждения (блокада одного перехвата Ранвье не приведет к затуханию возбуждения);
- небольшие энергетические затраты, т.к. происходит возбуждение только мембраны в перехватах Ранвье.



### **МИЕЛИНОВЫЕ НЕРВНЫЕ ВОЛОКНА**

*Окраска оксидом осмия*

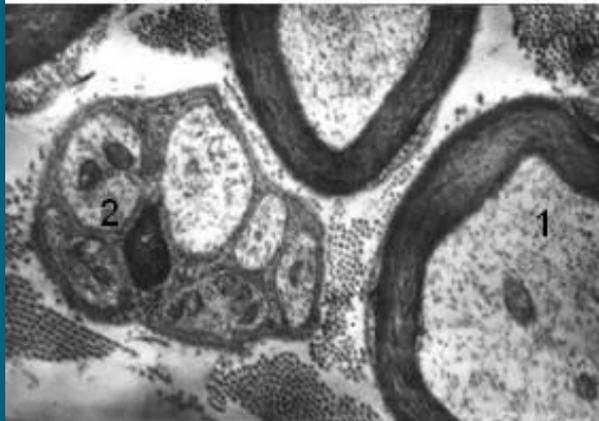
- 1 - узловые перехваты
- 2 - межузловой сегмент



### **БЕЗМИЕЛИНОВЫЕ НЕРВНЫЕ ВОЛОКНА**

*Окраска гематоксилин-эозином*

- 1 - ядра шванновских клеток

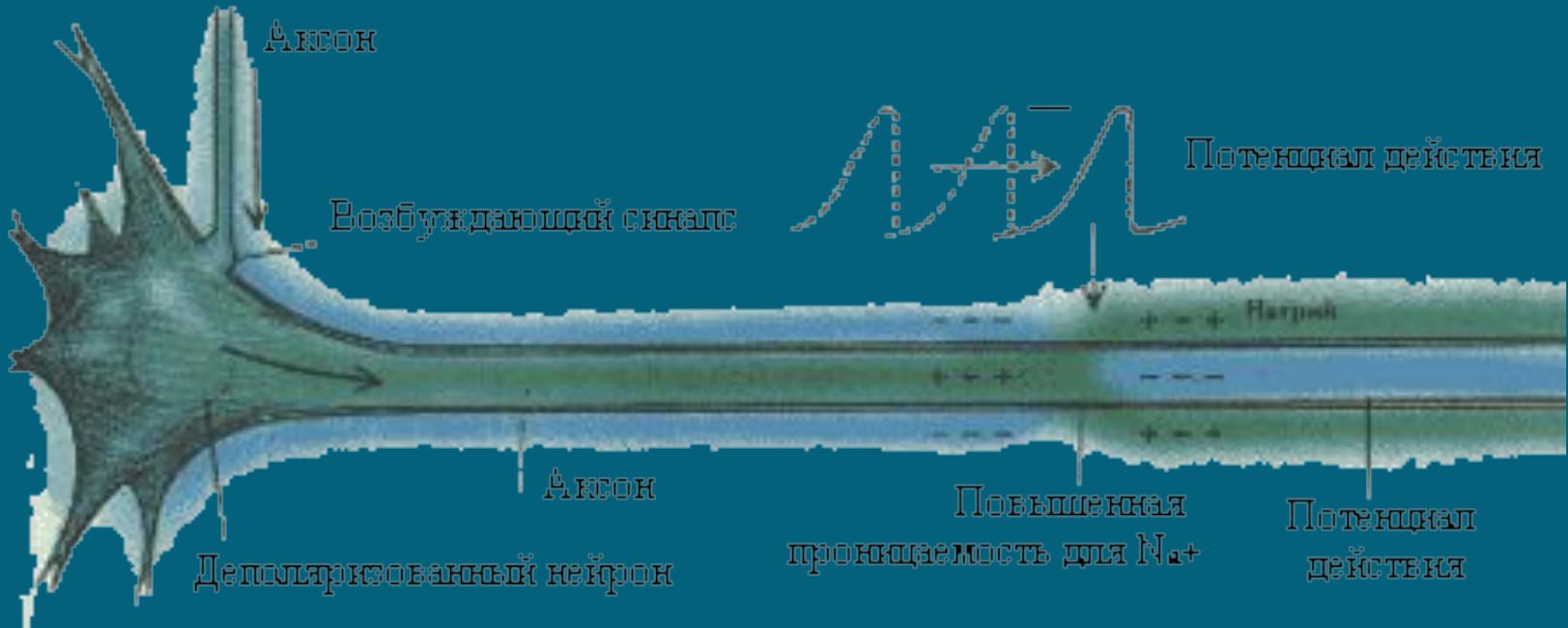


### **МИЕЛИНОВЫЕ И БЕЗМИЕЛИНОВЫЕ НЕРВНЫЕ ВОЛОКНА**

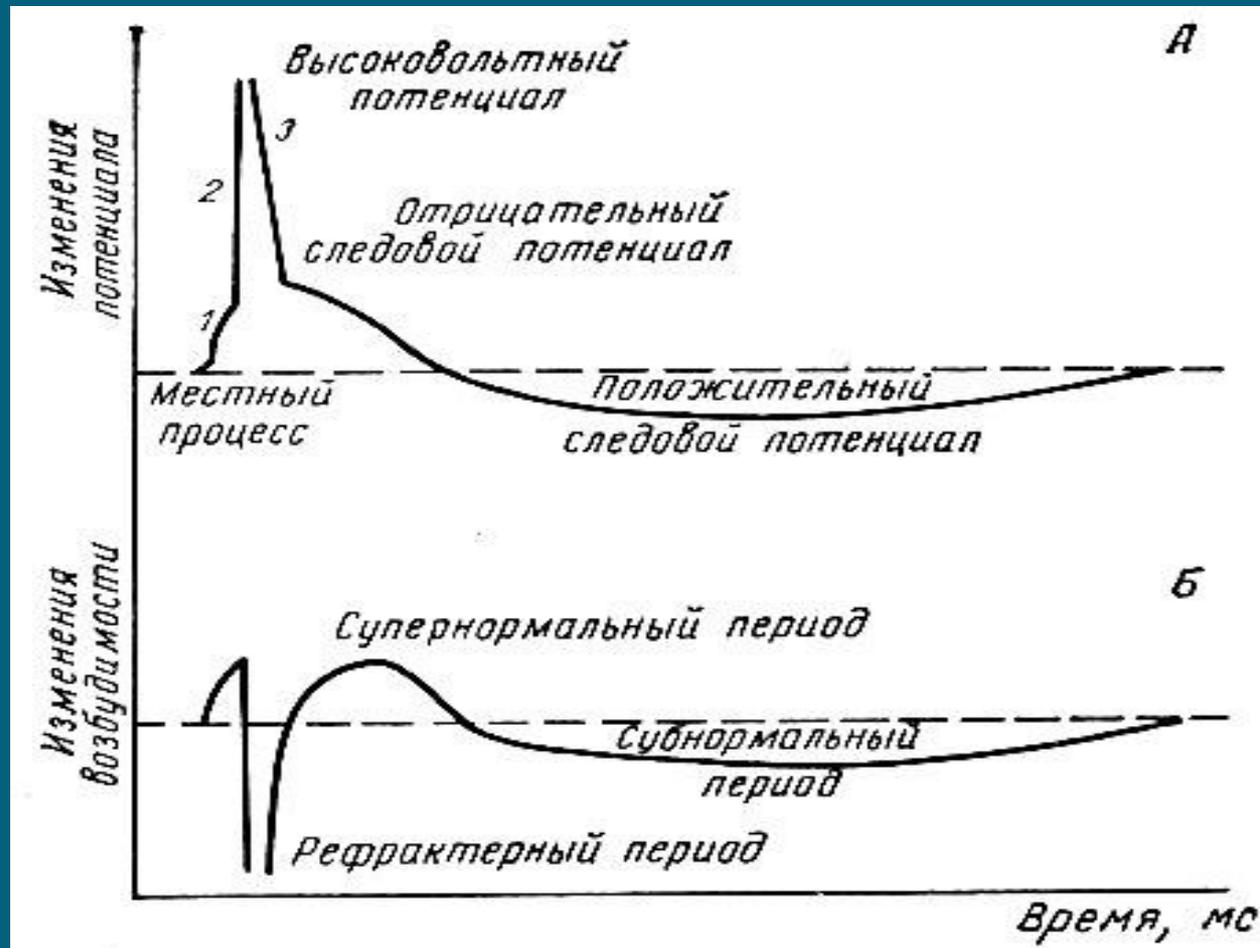
*Электронномикроскопическая фотография*

- 1 - безмиелиновое нервное волокно
- 2 - миелиновое нервное волокно

- Межнейронная передача нервного импульса



- Изменение возбудимости нервного волокна в различные фазы развития потенциала действия



# Законы проведения возбуждения по нервному волокну

- Закон анатомо-физиологической целостности
- Закон изолированного проведения возбуждения
- Закон двустороннего проведения возбуждения

# Закон анатомо-физиологической целостности

- Проведение импульсов по нервному волокну возможно только при его целостности.
- При нарушении физиологических свойств нервного волокна (путем охлаждения, применения различных наркотических средств, сдавливания, а также порезами и повреждениями анатомической целостности) проведение нервного импульса по нему *невозможно*.

- Нарушение *физиологической* целостности нервного волокна при своевременном удалении альтерирующего фактора является *обратимым* процессом.
- Нарушение *анатомической* целостности может носить *необратимый* характер в зависимости от времени действия и характера повреждающего агента.

# Закон изолированного проведения возбуждения

- В **периферических** нервных волокнах возбуждение передается только *вдоль* нервного волокна.
- В **мякотных** нервных волокнах роль изолятора выполняет миелиновая оболочка. За счет миелина увеличивается удельное сопротивление и происходит уменьшение электрической емкости оболочки.
- В **безмякотных** нервных волокнах возбуждение передается изолированно.

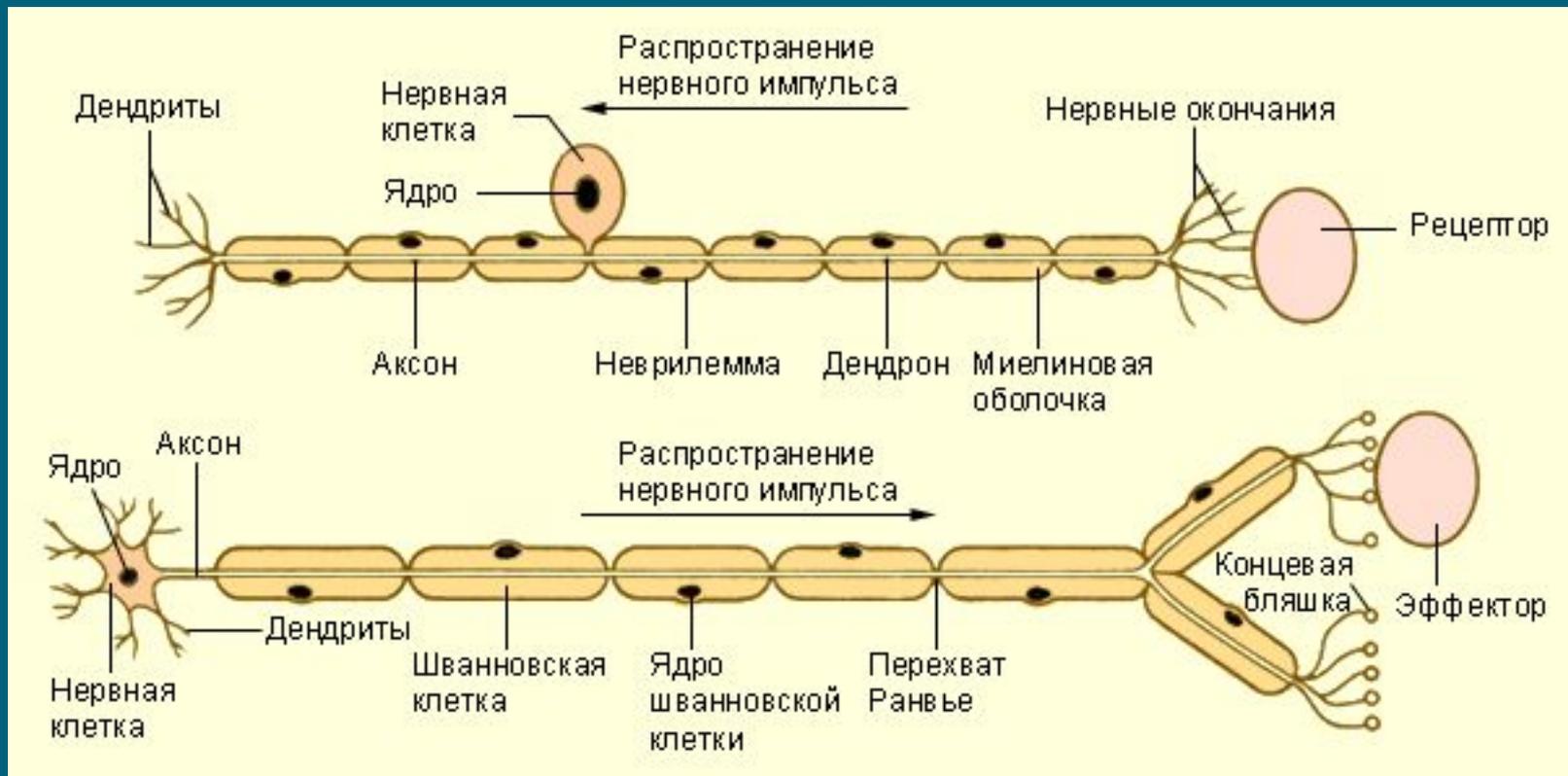
# Закон двустороннего проведения возбуждения

- Нервное волокно проводит нервные импульсы в двух направлениях – *центростремительно и центробежно*.
- В живом организме возбуждение проводится только в *одном направлении*.
- Двусторонняя проводимость нервного волокна ограничена *местом возникновения* импульса и *клапанным свойством синапсов*, проводящих возбуждения только в одном направлении (с чувствительного на двигательный нейрон).

# Закономерности проведения возбуждения по нервным волокнам

- Двустороннее проведение возбуждения.
- Изолированное проведение возбуждения в отдельных нервных волокнах.
- Большая скорость проведения возбуждения.
- Неутомляемость нервного волокна.
- Возможность функционального блока проведения возбуждения при морфологической целостности нервных волокон.

- Центростремительные и центробежные нервные волокна



# Парабиоз



*Николай Евгеньевич*  
**ВВЕДЕНСКИЙ**  
(1852—1922)

- состояние, пограничное между жизнью и не жизнью клетки.
- Является фазной реакцией ткани на действие альтерирующих раздражителей.
- Его ввел в физиологию возбудимых тканей профессор Н. Е. Введенский, изучая работы нервно-мышечного препарата при воздействии на него различных раздражителей.

# Парабиоз

- Это своеобразное, локальное, длительное состояние сниженной возбудимости и лабильности, возникающее в ответ на разнообразные внешние воздействия.
- Развивается на фоне чрезмерной деполяризации.
- Механизм деполяризационного торможения обусловлен инактивацией потока ионов  $\text{Na}^+$  внутрь клетки или волокна.

# Сущность явления парабิโอ́за

- В основе парабิโอ́за лежит снижение *возбудимости и проводимости*, связанное с натриевой инактивацией.
- Это состояние развивается фазно, по мере действия повреждающего фактора (т.е. зависит от продолжительности и силы действующего раздражителя).
- Если повреждающий агент вовремя не убрать, то наступает биологическая смерть клетки (ткани).
- Если же этот агент убрать вовремя, то ткань так же фазно возвращается в нормальное состояние.

# Фазы парабิโอ́за

- Уравнительная
- Парадоксальная
- Тормозная (парабиоз)

# Уравнительная фаза

- Происходит уравнивание величины ответной реакции на раздражители разной силы, и наступает момент, когда на **разные по силе** раздражения регистрируются **равные по величине** ответные реакции за счет того, что в данной фазе понижение возбудимости выражено в большей степени для **сильных и умеренных** раздражений, чем для раздражений **слабой** силы.

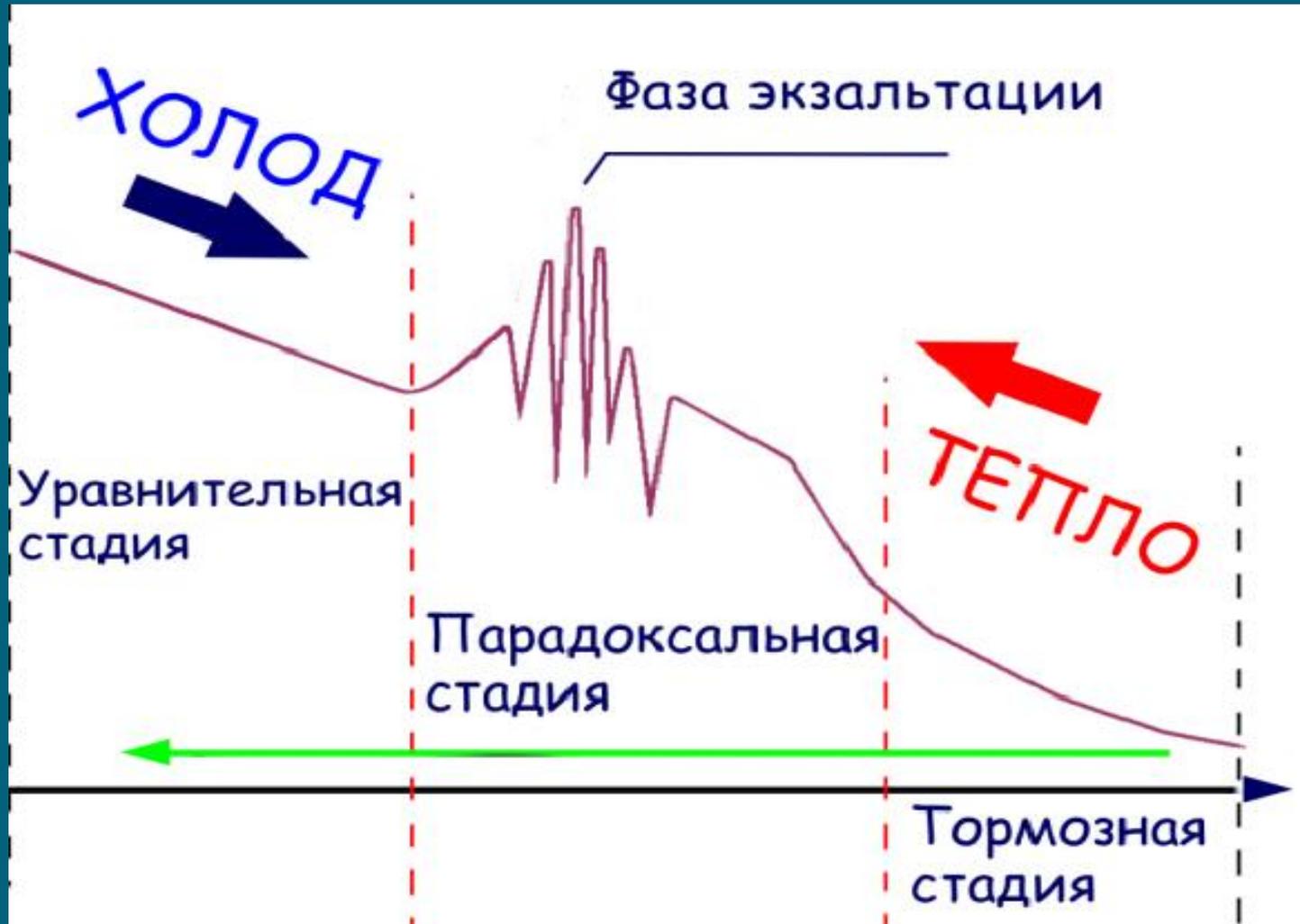
# Парадоксальная фаза

- В эту фазу реакция тем больше, чем меньше сила раздражения.
- При этом можно наблюдать, когда на слабые умеренные раздражения ответная реакция регистрируется, а на сильные – нет.

# Тормозная фаза

- Все раздражители становятся неэффективными и не способны вызвать ответной реакции (и на сильный, и на слабый раздражители мышца не отвечает сокращением).
- Именно это состояние ткани и обозначается как **парабиоз**.

# Фазы парабриоза



# Медицинское значение парабиоза

- Парабиоз лежит в основе действия местных анестетиков.
- Они обратимо связываются со специфическими участками, расположенными внутри потенциалзависимых натриевых каналов.
- Впервые подобный эффект был замечен у кокаина, но вследствие токсичности и способности вызывать привыкание на данный момент применяют более безопасные аналоги — лидокаин и тетракаин.

Благодарю за внимание !