

Лекция 3

ЛОКАЛЬНЫЙ ОТВЕТ – реакция клетки на допороговый стимул

$E_{кр} = -50$ мВ



$E_0 = -70$ мВ



- Допороговый стимул вызывает частичную деполяризацию, которая не достигает до критического уровня.
- Возбуждение не возникает, т.е. генерации ПД не происходит.
- Свойства локального ответа:
 - (1) не распространяется
 - (2) зависит от силы раздражителя
 - (3) способен к суммации
 - (4) увеличивает возбудимость клетки

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПД И ЛОКАЛЬНОГО ОТВЕТА

ЛОКАЛЬНЫЙ ОТВЕТ

ПОТЕНЦИАЛ ДЕЙСТВИЯ

(1) Не распространяется

(1) Распространяется

(2) Зависит от силы раздр.
(закон силовых отношений)

(2) Не зависит от силы раздр.
(закон «всё или ничего»)

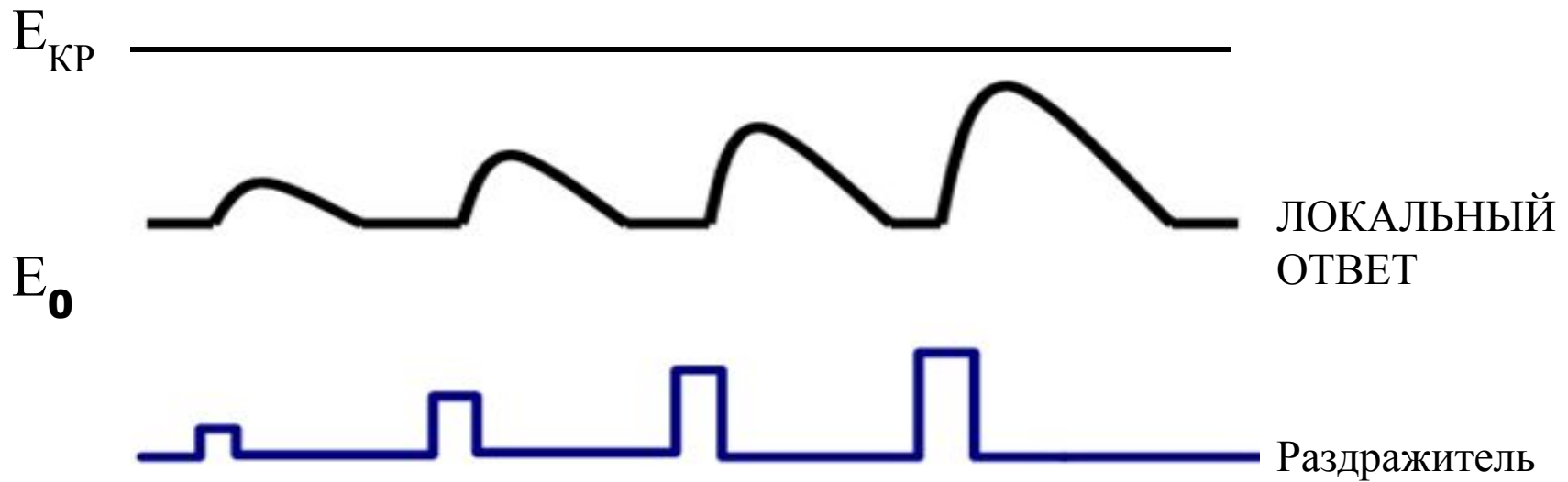
(3) Суммируется

(3) Не суммируется

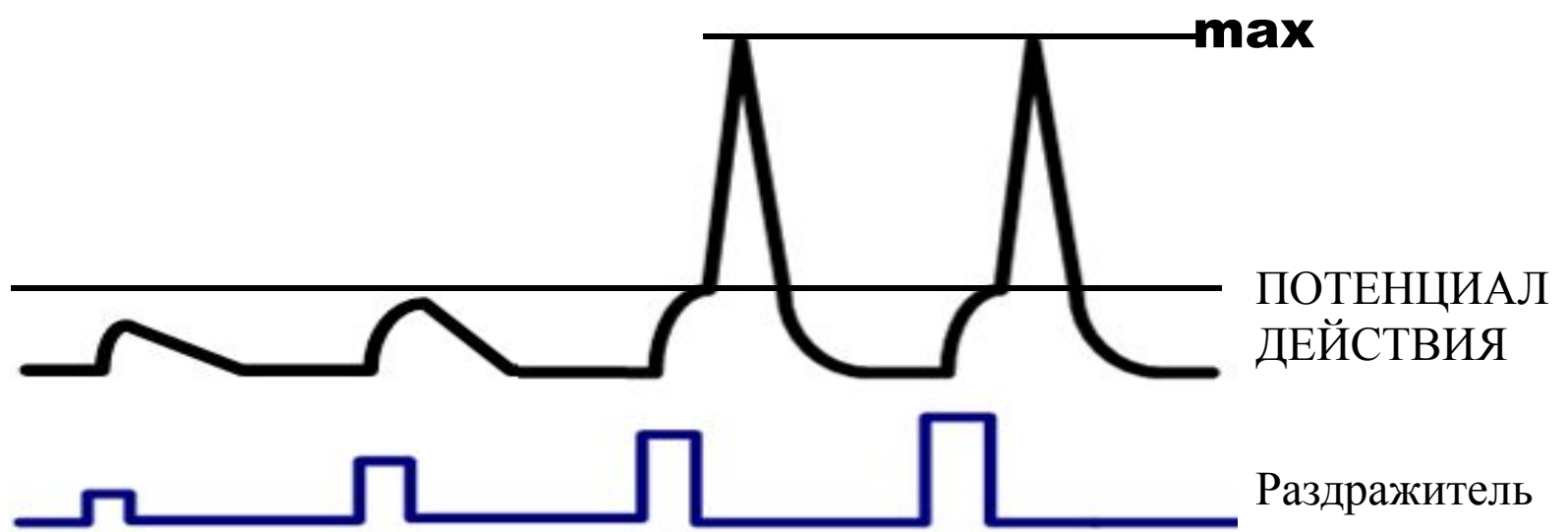
(4) Увеличивает возбудимость

(4) Во время возбуждения
возбудимость отсутствует
(рефрактерность)

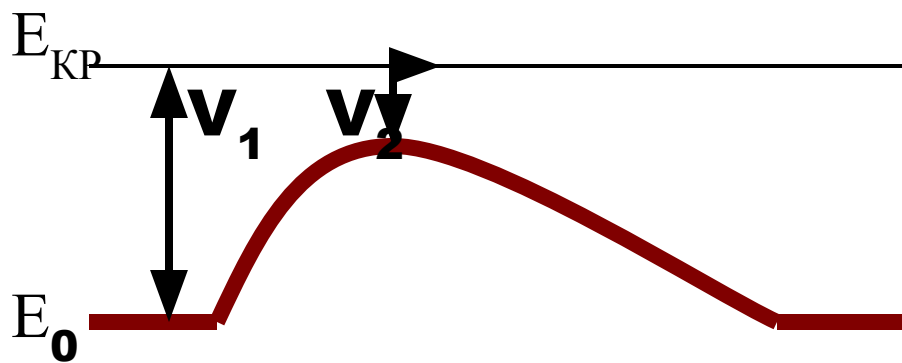
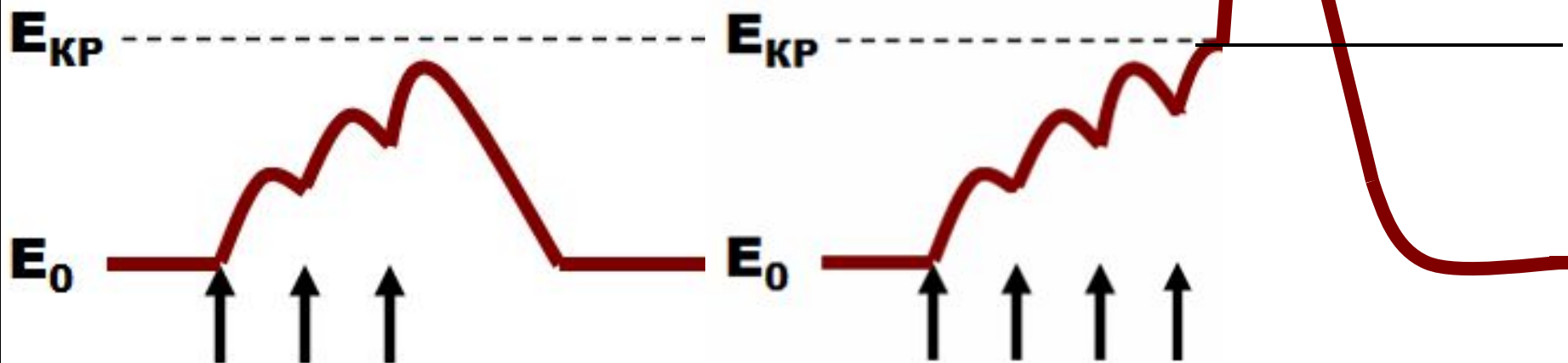
ЗАКОН СИЛОВЫХ ОТНОШЕНИЙ



ЗАКОН «ВСЁ ИЛИ НИЧЕГО»



Суммация локального ответа
под действием ритмической стимуляции (может
привести
к генерации ПД)



Во время локального ответа
возбудимость клетки увели-
чивается, т.к. порог деполя-
ризации (дельта- V_2) стано-
вится меньше

ВЫВОД

- **ЛОКАЛЬНЫЙ ОТВЕТ** является **градуальным**. Он зависит как от силы, так и от частоты действующих стимулов.

Вот почему в нервной системе он используется для анализа поступающей информации.

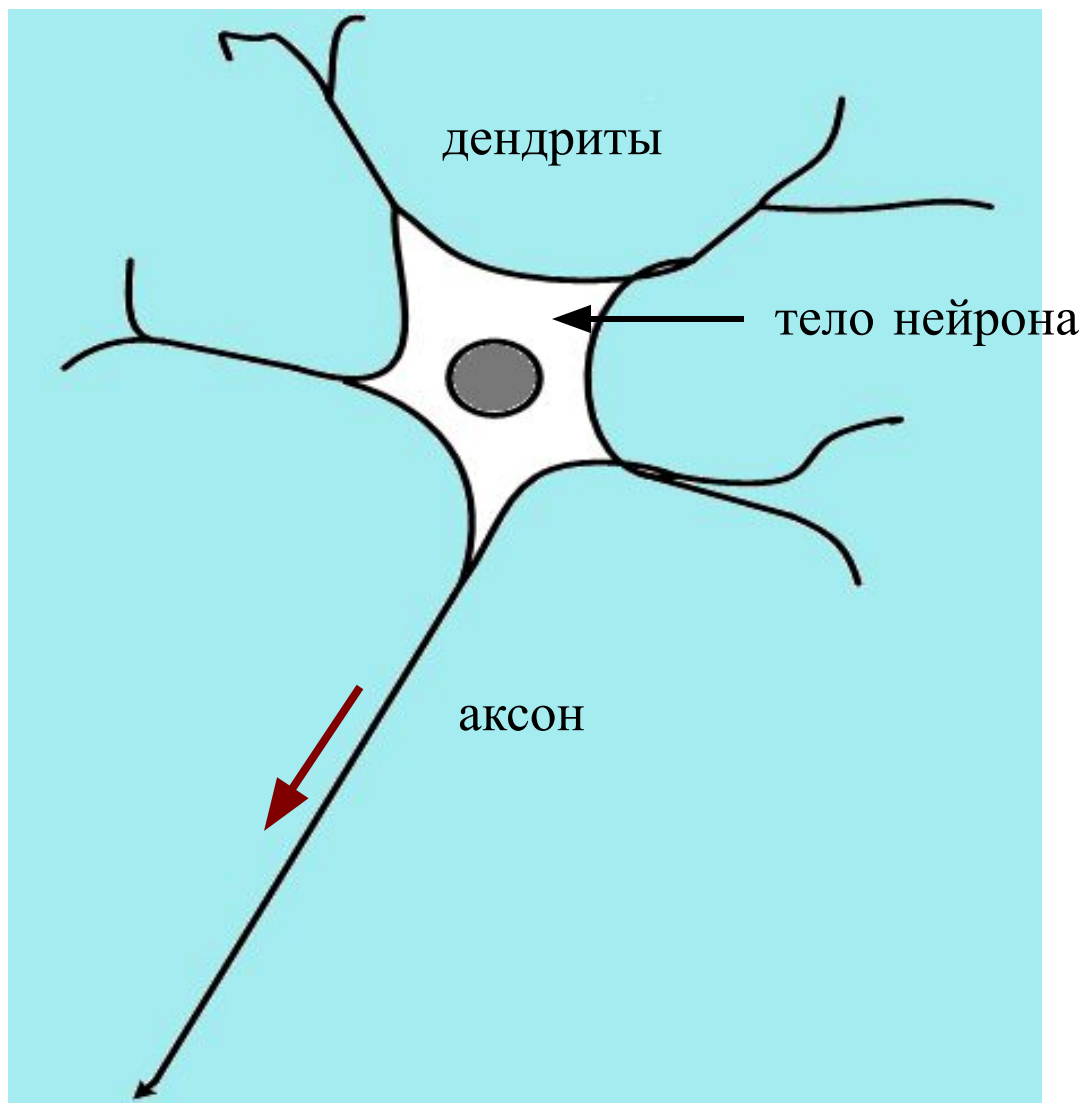
- **ПОТЕНЦИАЛ ДЕЙСТВИЯ** возникает по закону «всё или ничего», имеет постоянную (стандартную) амплитуду и форму.

Вот почему в нервной системе импульсы (ПД) используются для передачи информации на большие расстояния.

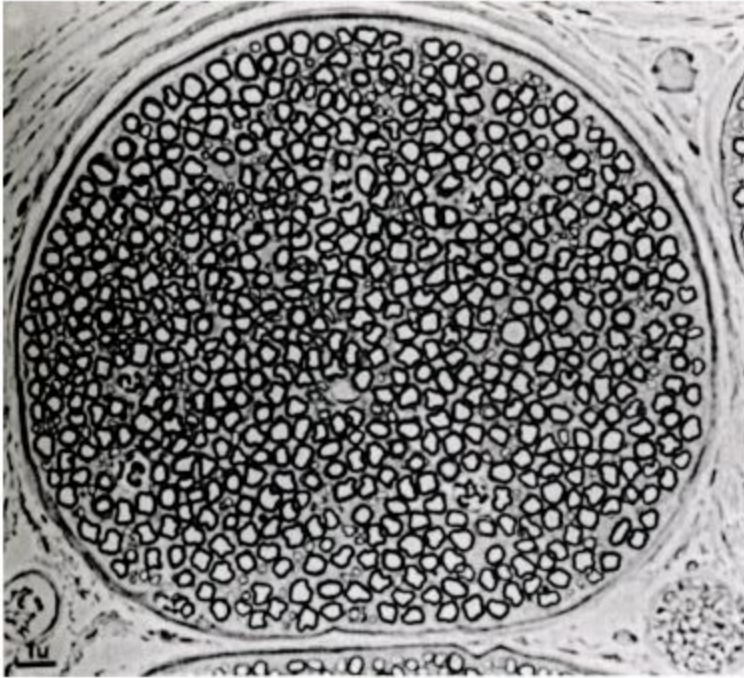
НЕРВНЫЕ ВОЛОКНА

Нервное волокно – это
отросток нервной клетки

НЕРВНАЯ КЛЕТКА



НЕРВ, НЕРВНЫЙ СТВОЛ –



Поперечное сечение
небольшого нервного
ствола

- это пучок нервных волокон:■
 - чувствительных,
 - двигательных,
 - вегетативных
- (миелинизированных и немиелинизированных)

СВОЙСТВА НЕРВНЫХ ВОЛОКОН:

- возбудимость
- проводимость

ОСНОВНАЯ ФУНКЦИЯ НЕРВНЫХ ВОЛОКОН:

- Проведение нервных импульсов (ПД)

ЗАКОНЫ ПРОВЕДЕНИЯ

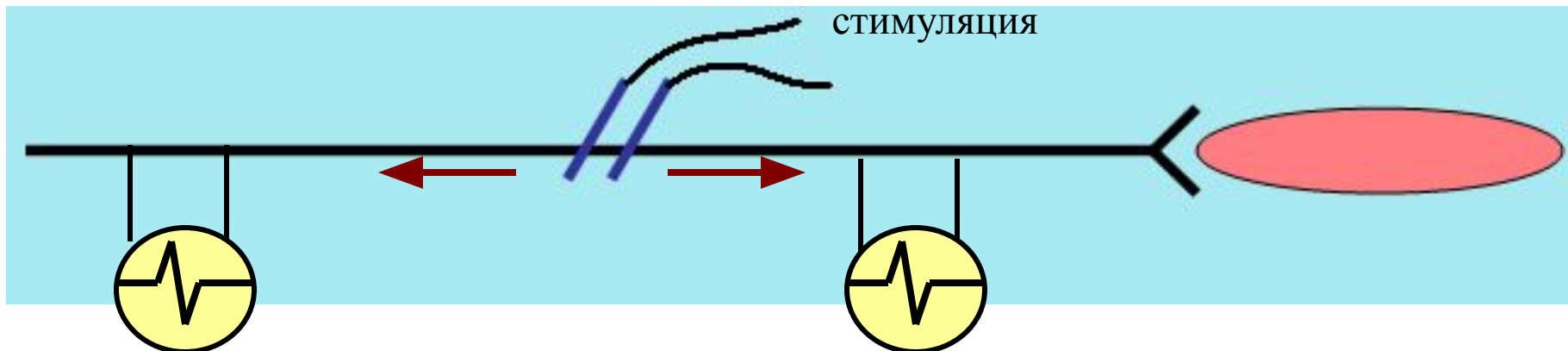
1. ЗАКОН АНАТОМИЧЕСКОЙ И ФИЗИОЛОГИЧЕСКОЙ НЕПРЕРЫВНОСТИ ВОЛОКОН:



перерезка, перевязка нервных волокон, действие холода или химических блокаторов прекращает передачу импульсов.

ЗАКОНЫ ПРОВЕДЕНИЯ

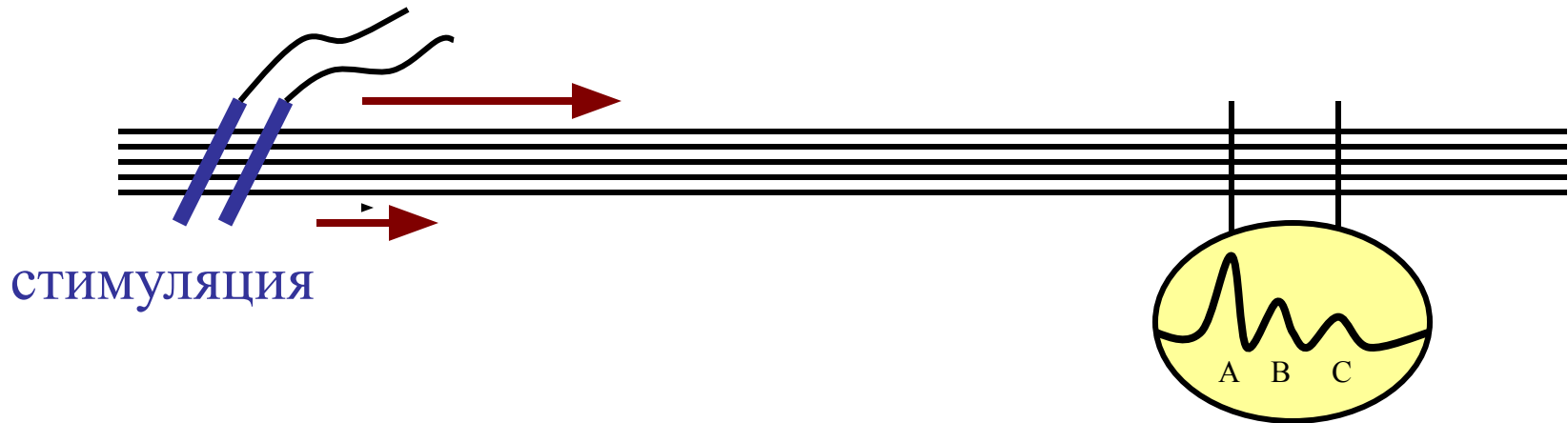
2. ЗАКОН ДВУХСТОРОННЕГО ПРОВЕДЕНИЯ :



по нервным волокнам импульсы проводятся в обе стороны

ЗАКОНЫ ПРОВЕДЕНИЯ

3. ЗАКОН ИЗОЛИРОВАННОГО ПРОВЕДЕНИЯ:



в пучке нервных волокон импульсы не
передаются от одного волокна к другому.

ЗАКОНЫ ПРОВЕДЕНИЯ

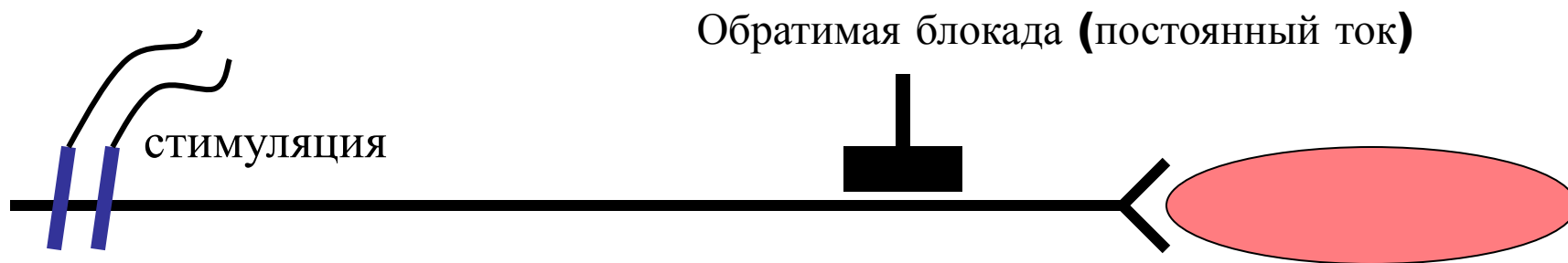
4. НЕРВНЫЕ ВОЛОКНА ОТЛИЧАЮТСЯ ВЫСОКОЙ ЛАБИЛЬНОСТЬЮ.

(Лабильность – это способность клетки генерировать максимальное число ПД за **1** секунду)



ЗАКОНЫ ПРОВЕДЕНИЯ

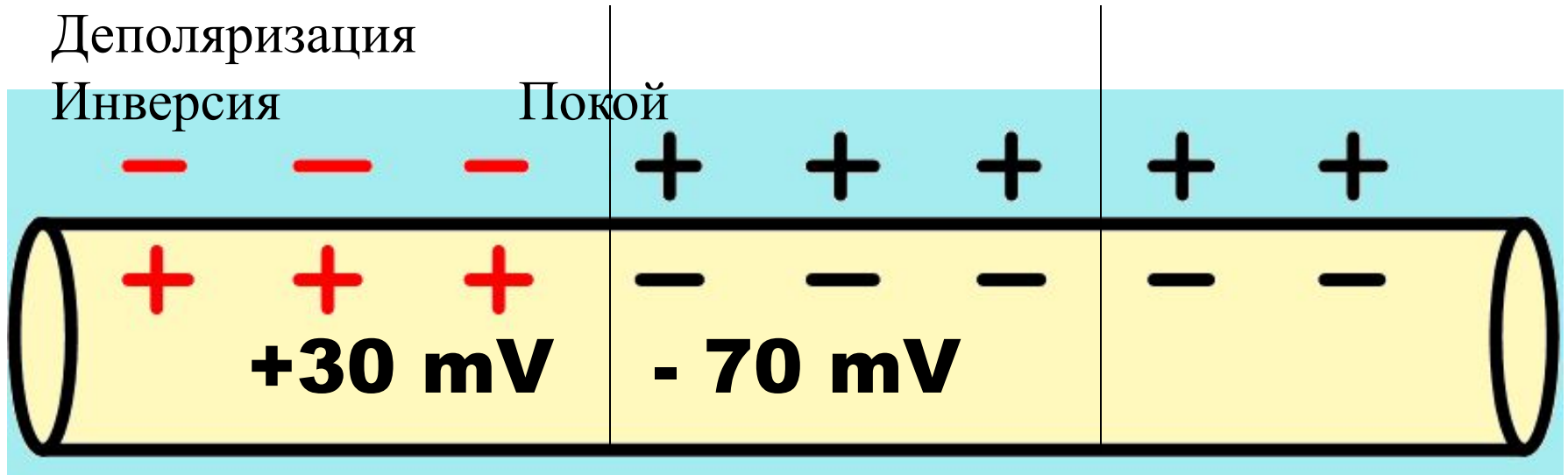
5. НЕРВНЫЕ ВОЛОКНА ПРАКТИЧЕСКИ НЕ УТОМЛЯЮТСЯ



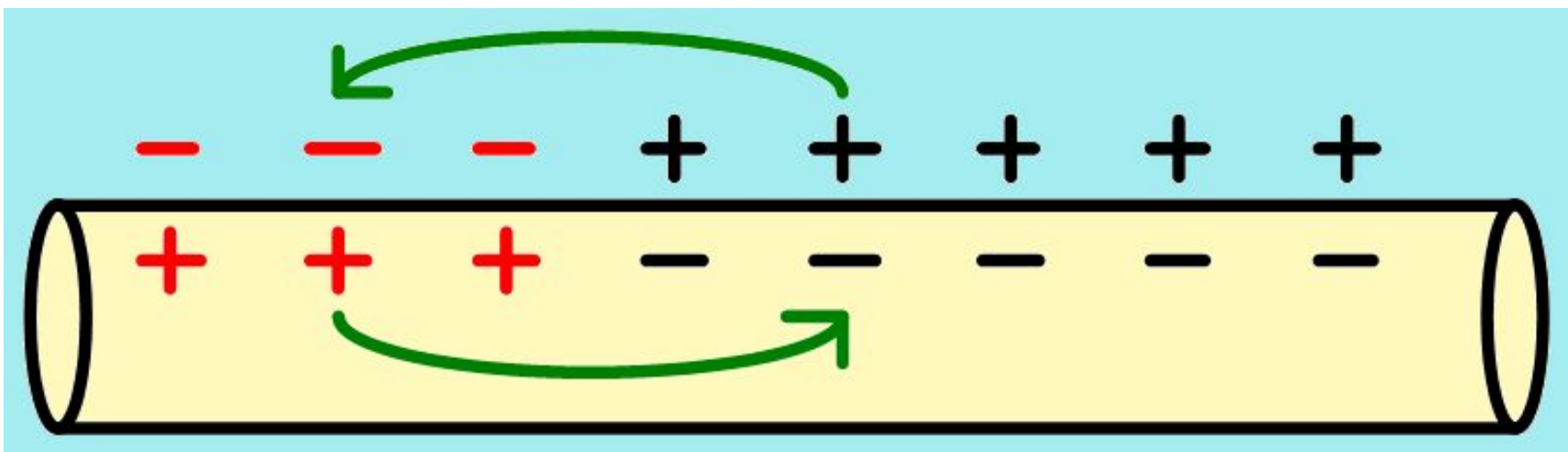
ОПЫТ ВВЕДЕНСКОГО:

Непрерывная стимуляция нерва продолжалась **8-12** часов. Каждый раз, когда блокаду проведения снимали, импульсы проходили к мышце и мышца сокращалась.

МЕХАНИЗМ ПРОВЕДЕНИЯ ИМПУЛЬСА ПО НЕРВНОМУ ВОЛОКНУ



1. Между возбуждённым и невозбужденным участком нервного волокна возникает разность потенциалов (**100 mV**)



2. Происходит движение заряженных частиц в электромагнитном поле, возникают локальные ионные токи в соответствии с законом Ома:

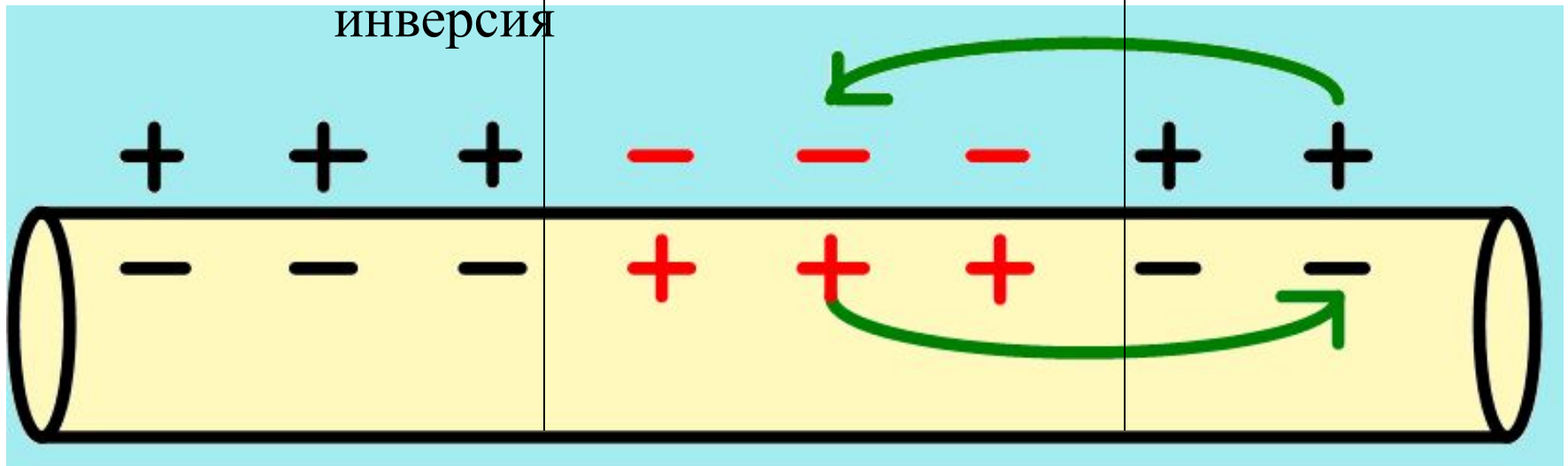
$$I = \frac{U_1 - U_2}{R}$$

Реполаризация

деполяризация

покой

инверсия



3. Движение заряженных частиц приводит к деполяризации и возбуждению соседних участков волокна, ранее находившихся в состоянии покоя, и т.д.

СКОРОСТЬ ПРОВЕДЕНИЯ ВОЗБУЖДЕНИЯ ПО НЕРВНОМУ ВОЛОКНУ

Зависит

1. от сопротивления аксоплазмы (R_a):

чем больше диаметр волокна, тем меньше сопротивление аксоплазмы –
тем больше скорость проведения!

2. от сопротивления мембраны (R_m):

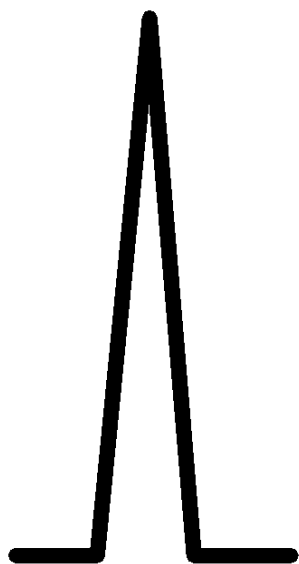
чем больше сопротивление мембраны, тем больше скорость проведения

3. от амплитуды и длительности ПД:

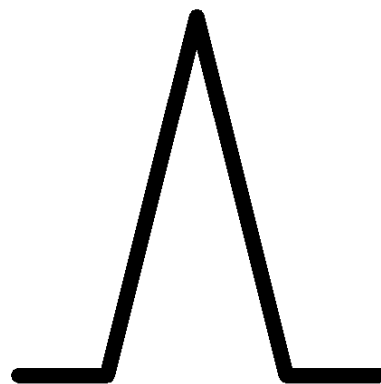
чем больше амплитуда, тем больше скорость;

чем меньше длительность, тем больше скорость.

КАКОЙ ИМПУЛЬС РАСПРОСТРАНЯЕТСЯ БЫСТРЕЕ?



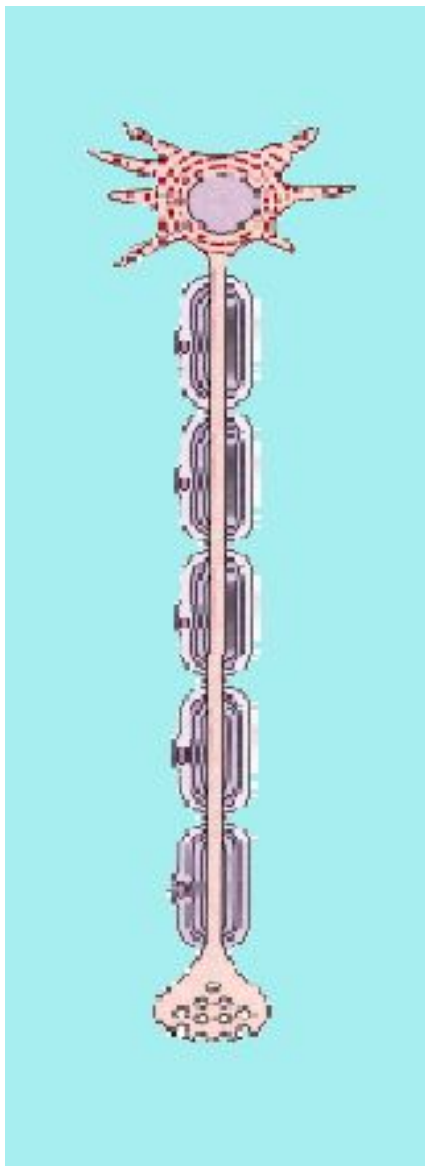
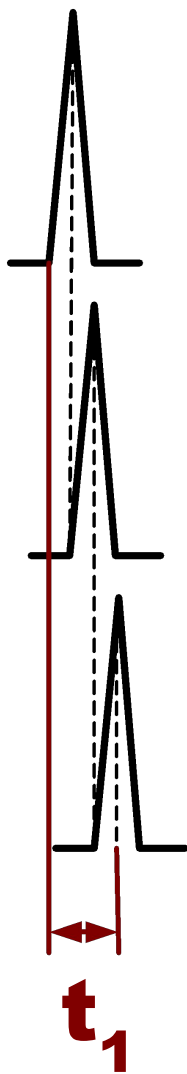
А



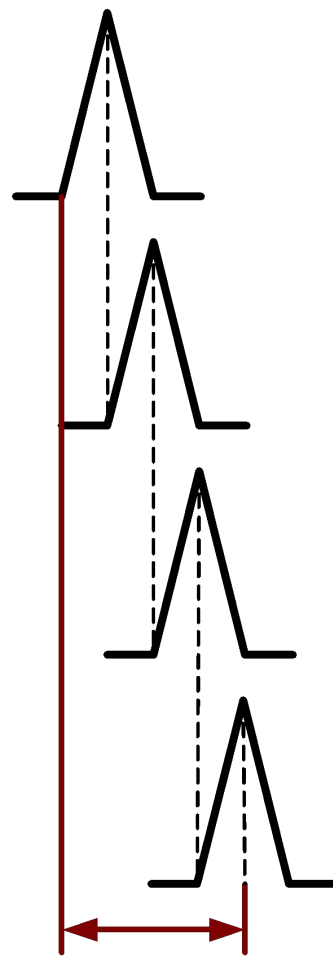
Б

Чем больше амплитуда и меньше длительность ПД (импульса),
тем больше скорость распространения.

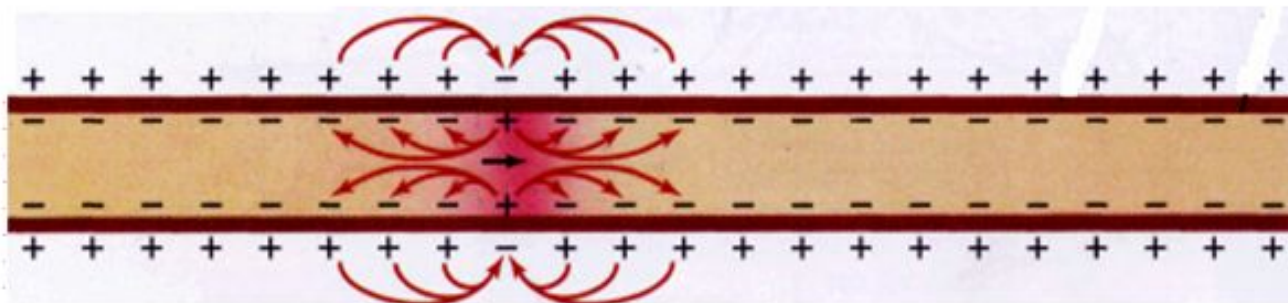
А



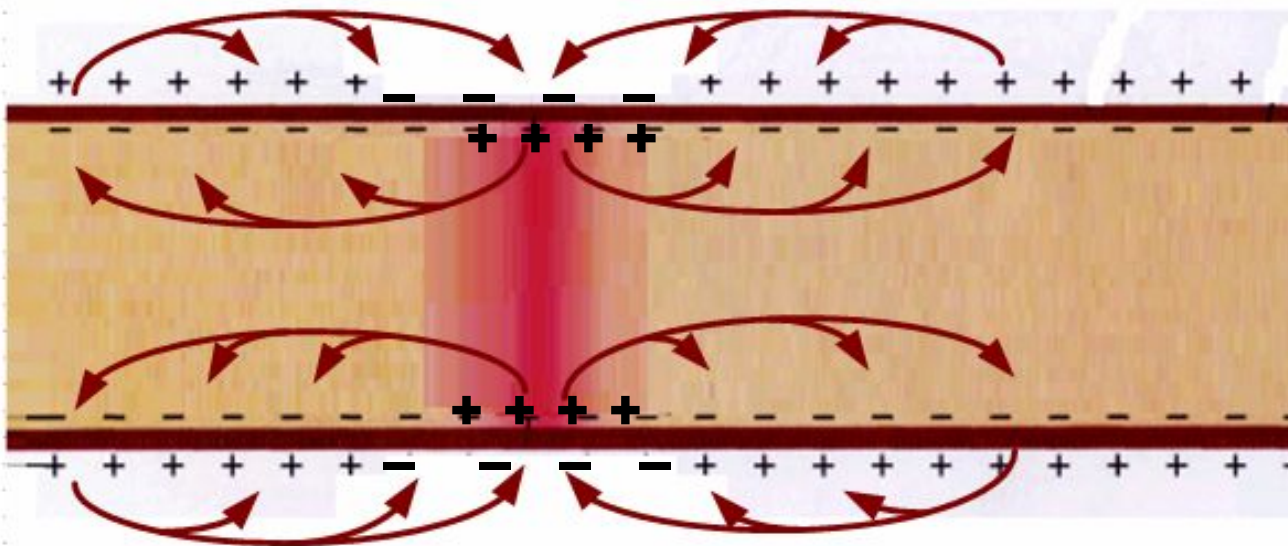
Б



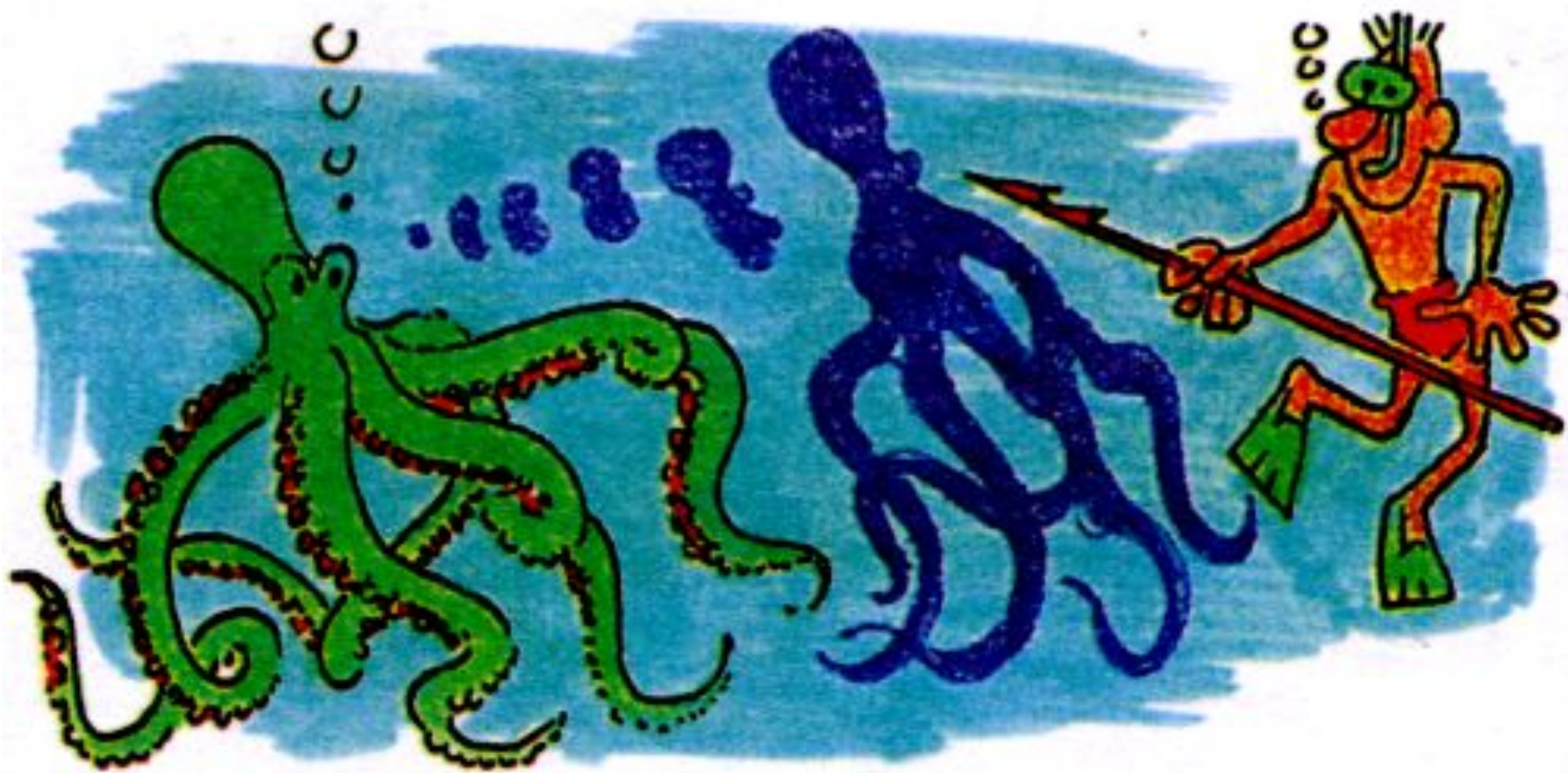
Чем больше диаметр волокна, тем меньше сопротивление аксоплазмы – тем больше скорость проведения импульса.



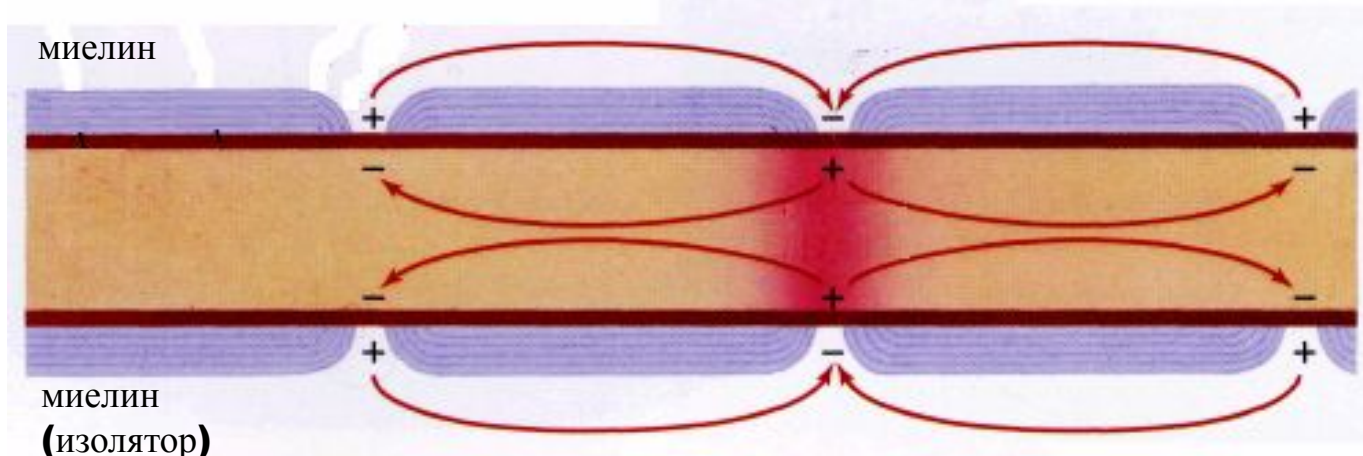
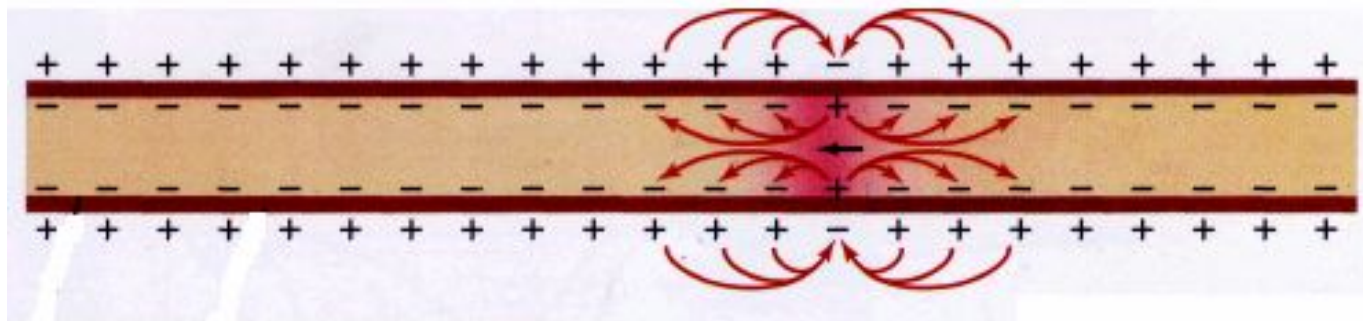
R_a



R_a



Чем больше сопротивление мембраны и меньше утечка зарядов –
зарядов –
тем больше скорость проведения импульса.



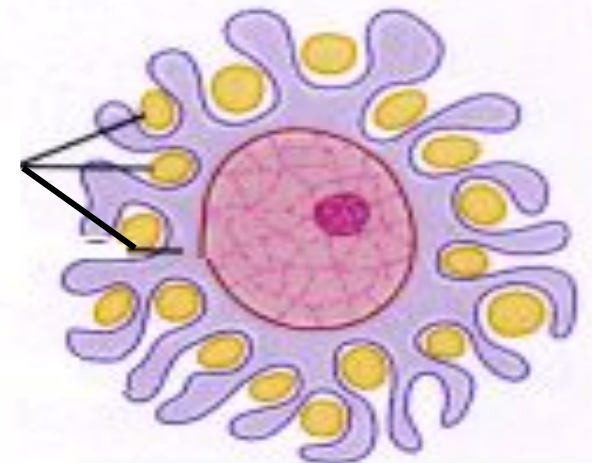
МИЕЛИНОВАЯ ОБОЛОЧКА



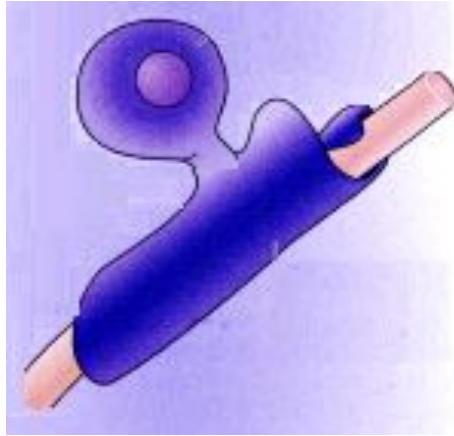
Перехват Ранвье

Миелинизированный аксон

Немиелинизированные аксоны

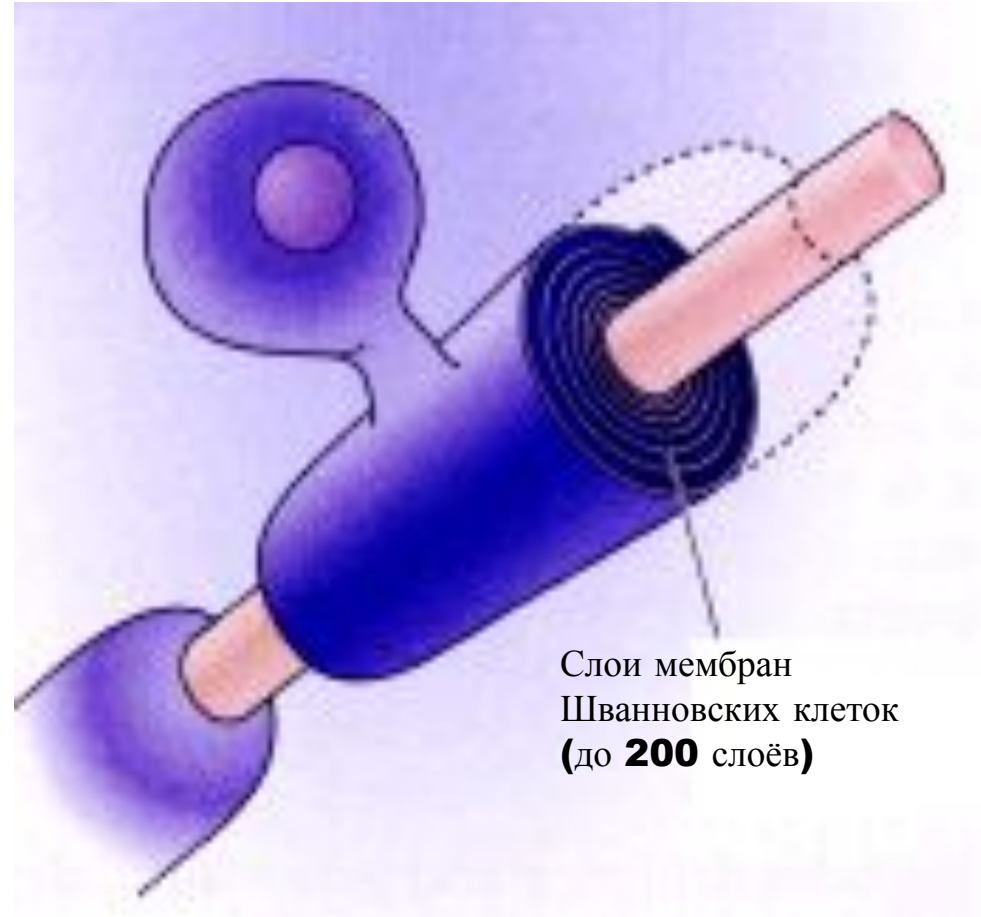


МИЕЛИНОВАЯ ОБОЛОЧКА



МИЕЛИН

представляет собой фосфолипидные слои мембраны Шванновских клеток (с минимальным включением белков).



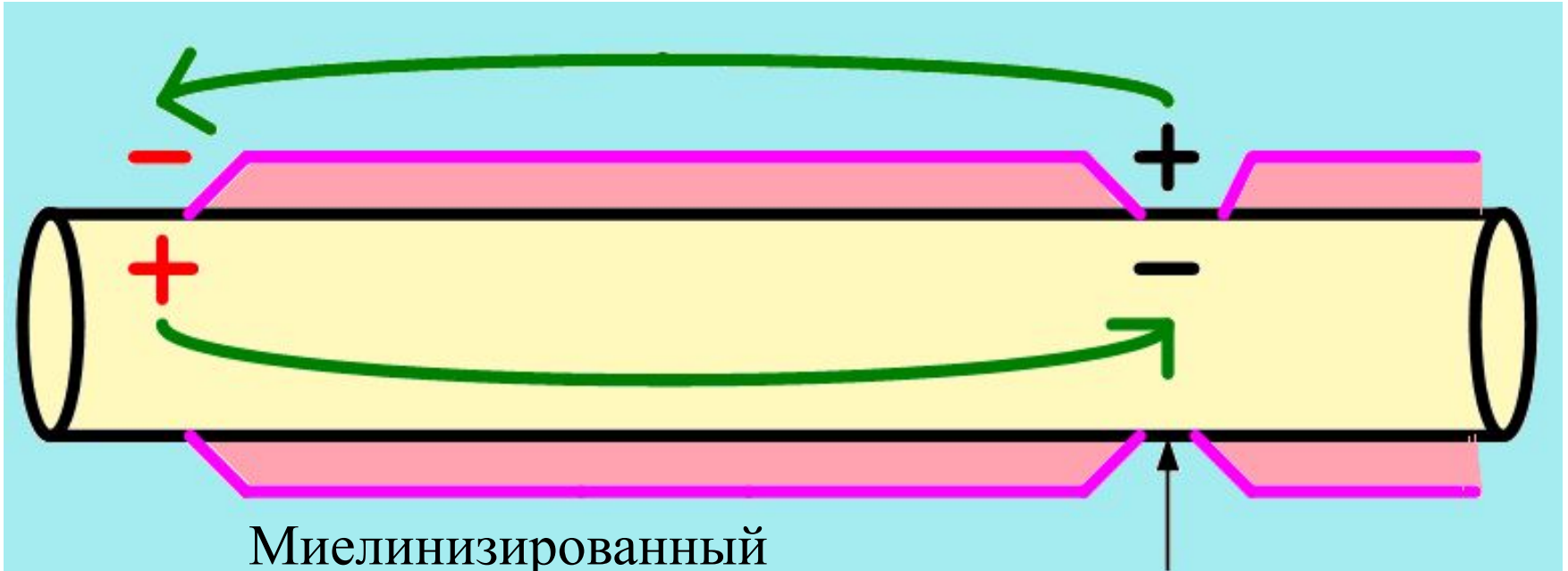
Слои мембран Шванновских клеток (до **200** слоёв)

ЗНАЧЕНИЕ МИЕЛИНОВОЙ ОБОЛОЧКИ

МИЕЛИН

- Изолирует нервные волокна.
- Выполняет защитную и трофическую функцию.
- Увеличивает скорость проведения.
- Экономит энергию АТФ.

МИЕЛИНИЗИРОВАННОЕ НЕРВНОЕ ВОЛОКНО



Миелинизированный

участок

перехват

Ранвье

**САЛЬТАТОРНОЕ ПРОВЕДЕНИЕ
(СКАЧКООБРАЗНОЕ)**

КЛАССИФИКАЦИЯ НЕРВНЫХ ВОЛОКОН

НЕРВНЫЕ ВОЛОКНА

А ТОЛСТЫЕ
МИЕЛИНИЗИРОВ.
(70 - 120 m/s)

Двигательные и
чувствительные

В ТОНКИЕ
МИЕЛИНИЗИРОВ.
(30 - 70 m/s)

Преганглионарные
вегетативные

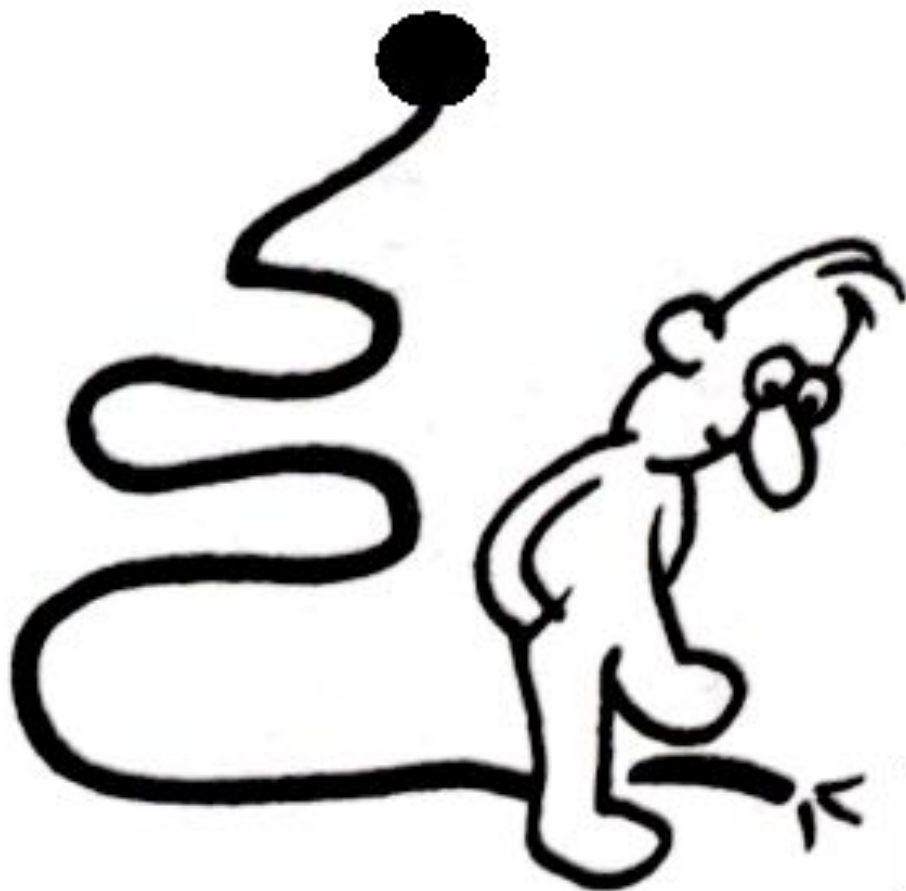
С НЕМИЕЛИНИЗИР.
(0.5 - 5 m/s)

Постганглионарные
вегетативные



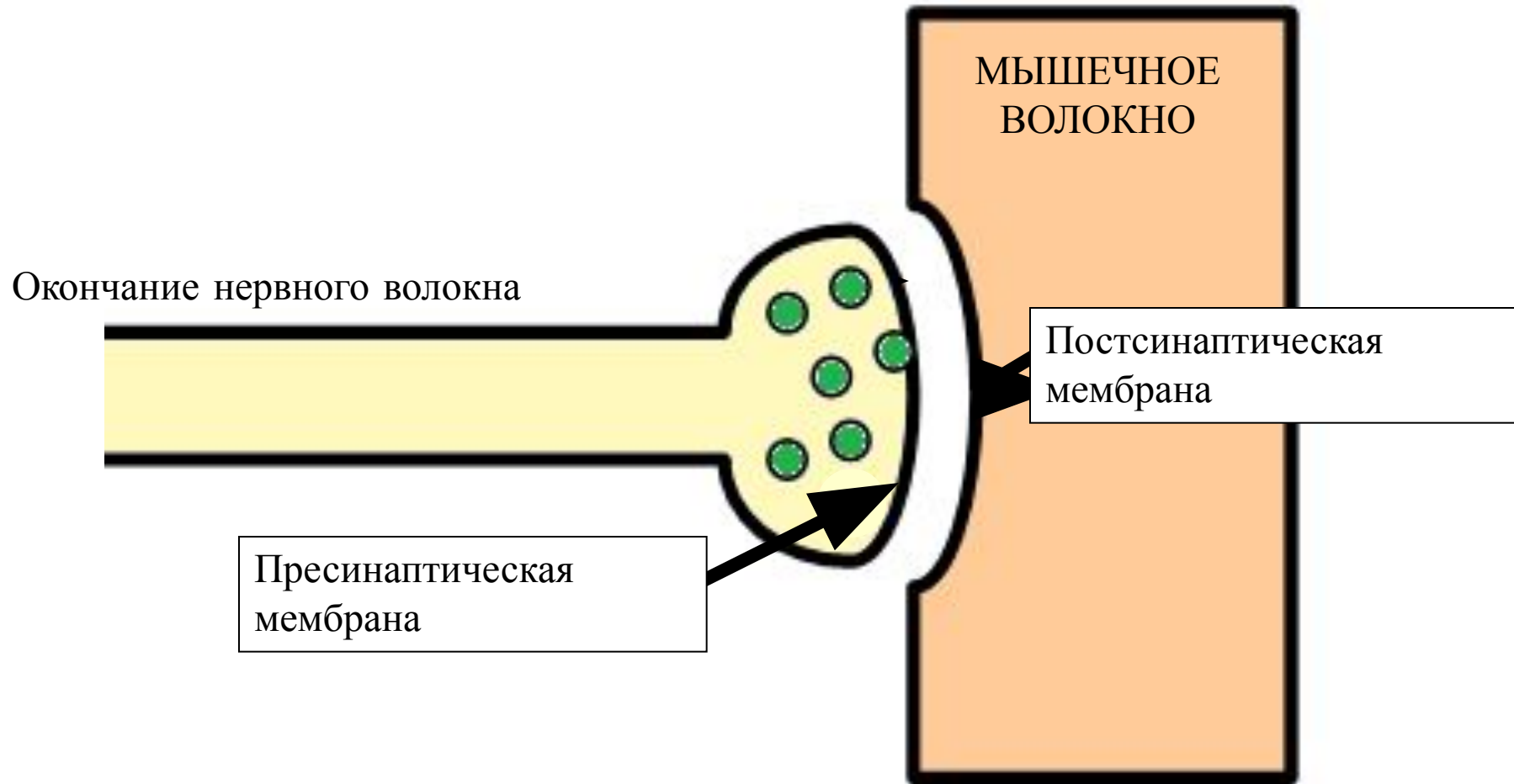
НЕРВНО-МЫШЕЧНЫЙ СИНАПС

Структура, с помощью которой происходит передача возбуждения с нервного волокна на мышечное



МЫШЦА

СТРОЕНИЕ СИНАПСА



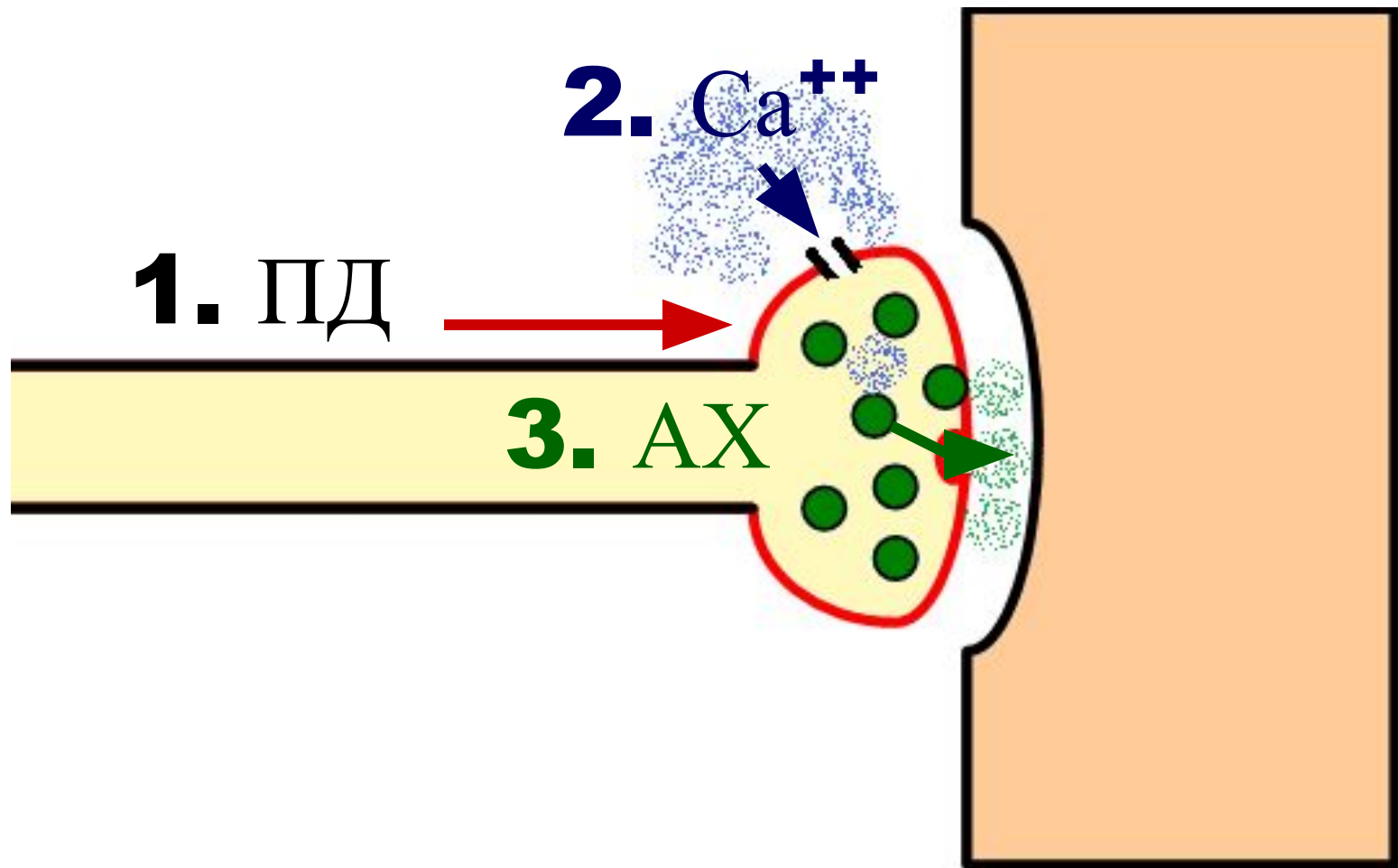
МЕХАНИЗМ ПЕРЕДАЧИ ВОЗБУЖДЕНИЯ В СИНАПСЕ

- Механизм **химический**.
- Вещество, с помощью которого передаётся сигнал, называется **медиатором**.
- Медиатором нервно-мышечного синапса является **ацетилхолин (АХ)**.
- Ацетилхолин – самый «быстрый» медиатор: у него самый короткий медиаторный цикл.

ВЫДЕЛЕНИЕ МЕДИАТОРА

1. Генерация ПД в нервном окончании
2. Открытие потенциал-зависимых кальциевых каналов в мембране нервного окончания и диффузия ионов кальция (Ca) в нервное окончание
3. Выделение медиатора из синаптических пузырьков путём экзоцитоза
(одновременно из **100-200** пузырьков)

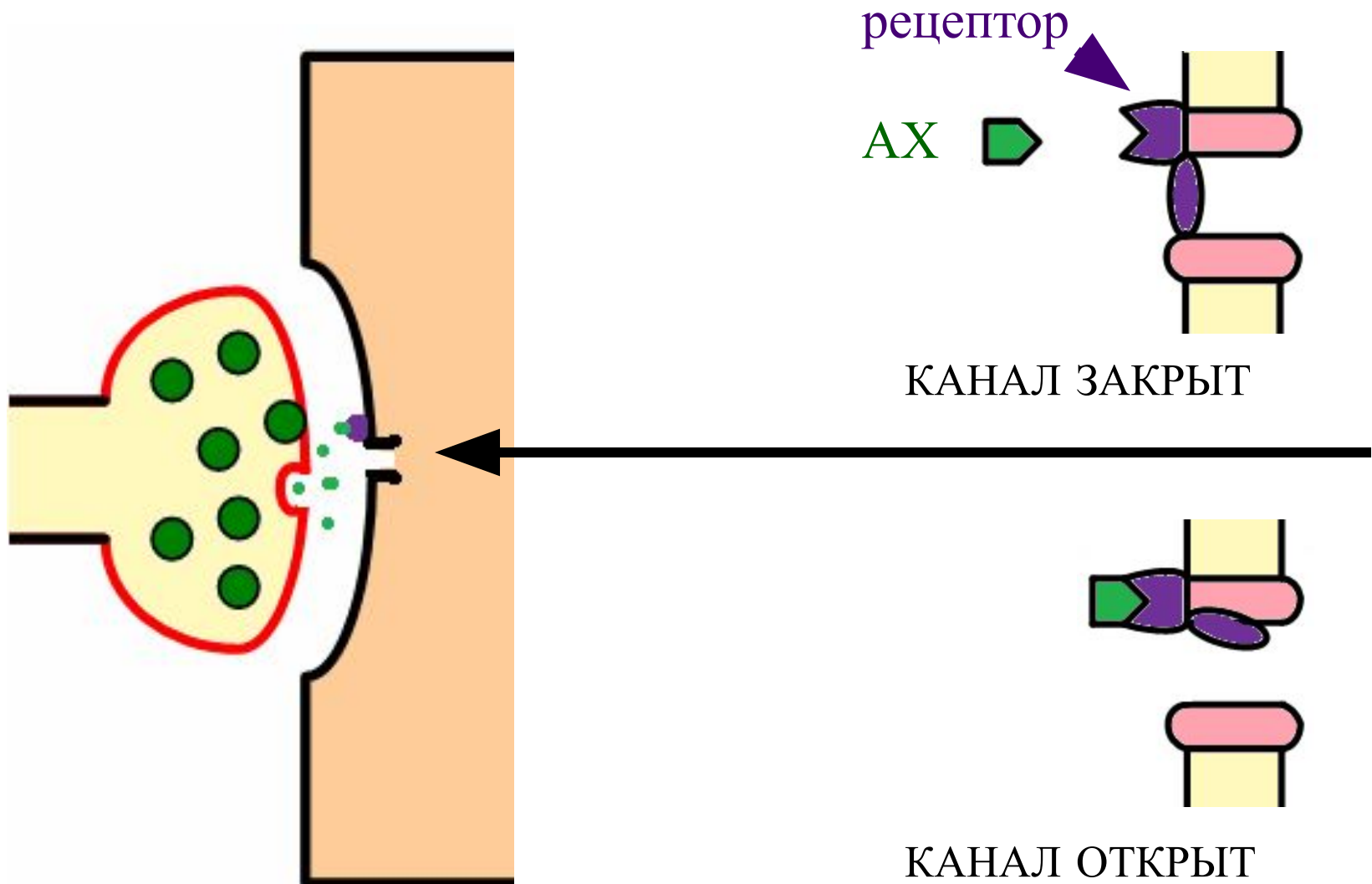
ВЫДЕЛЕНИЕ МЕДИАТОРА (схема)



ДЕЙСТВИЕ МЕДИАТОРА

- 1.** Взаимодействие медиатора с рецептором постсинаптической мембраны.
(Рецептор – это белковая молекула, которая имеет высокое сродство к медиатору. Рецепторы, которые связываются с АХ, называются холинорецепторами).
- 2.** Открытие хемочувствительных ионных каналов постсинаптической мембраны.
- 3.** Деполяризация постсинаптической мембраны.
Генерация ПКП (потенциала концевой пластинки).

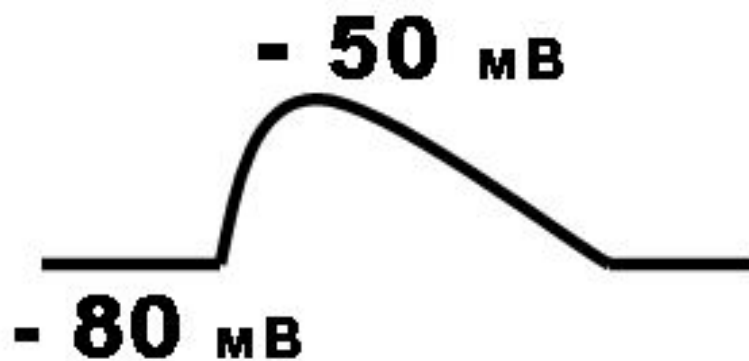
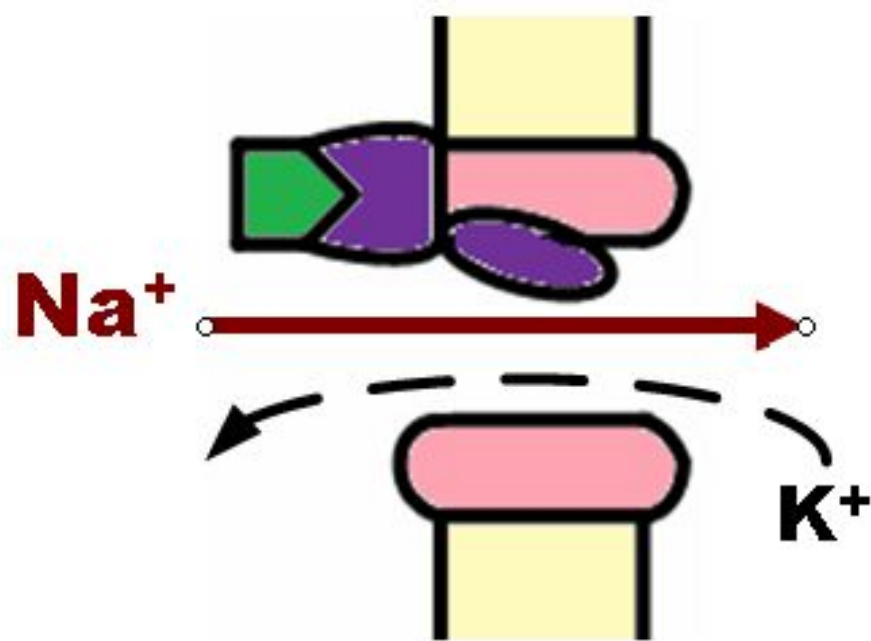
ДЕЙСТВИЕ МЕДИАТОРА (схема)



ГЕНЕРАЦИЯ ПКП

- Каналы постсинаптической мембраны:
 - Хемочувствительные
 - Низкой селективности (т.е. проницаемы и для натрия, и для калия)
- Ток натрия идёт в клетку, а ток калия в то же время идёт из клетки
- Происходит частичная деполяризация постсинаптической мембраны (ПКП)
- ПКП имеет свойства локального ответа

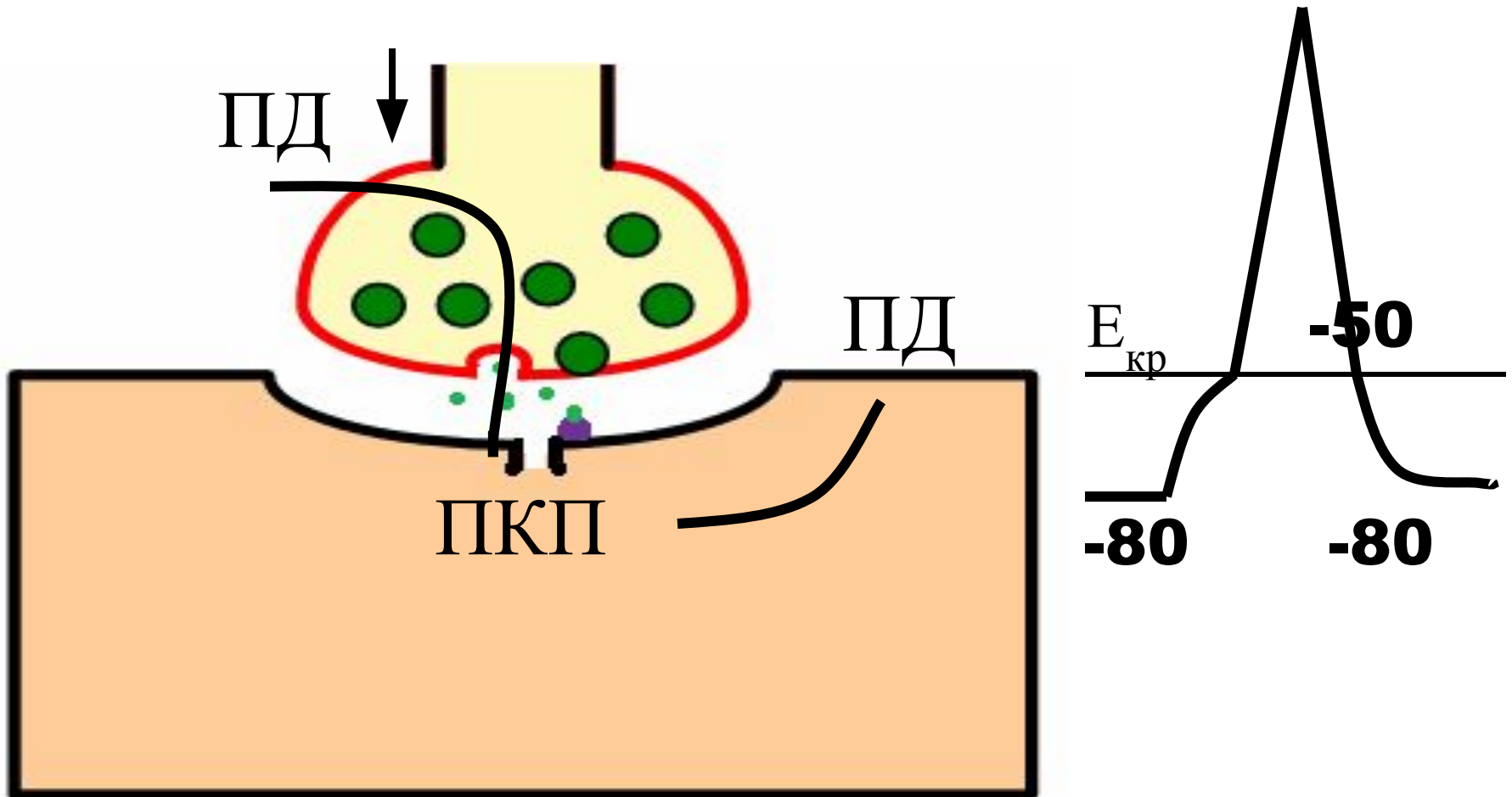
ГЕНЕРАЦИЯ ПКП (схема)



Свойства ПКП:

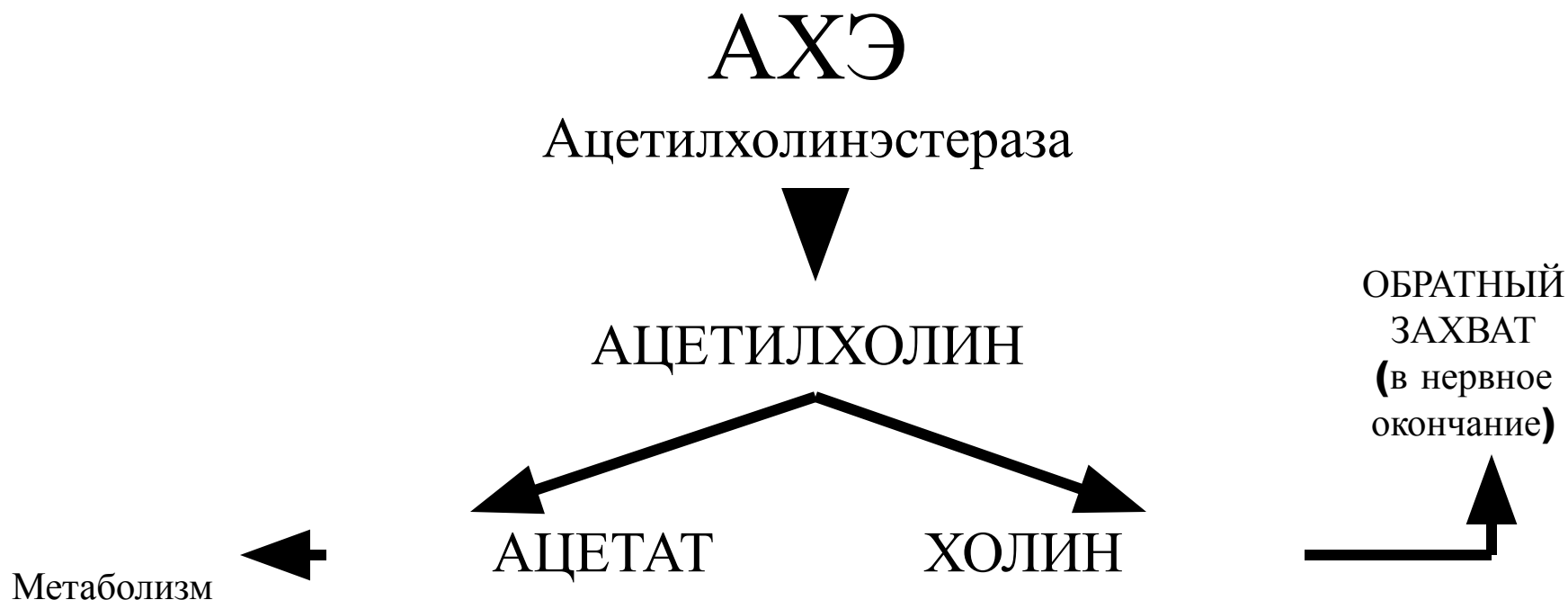
1. Не распространяется
2. Зависит от концентрации медиатора
3. Суммируется
4. Увеличивает возбудимость клетки

ВОЗБУЖДЕНИЕ МЫШЕЧНОГО ВОЛОКНА (схема)



ДАЛЬНЕЙШАЯ СУДЬБА МЕДИАТОРА

Самый быстрый механизм освобождения рецептора от медиатора – ферментативное расщепление ацетилхолина



ОСОБЕННОСТИ ПРОВЕДЕНИЯ ВОЗБУЖДЕНИЯ ЧЕРЕЗ СИНАПС

- Одностороннее проведение
- Синаптическая задержка (время, которое необходимо на проведение возбуждения через синапс – **0.2** мсек)
- Высокая утомляемость (связана с истощением запаса медиатора)
- Низкая лабильность (**100** имп/сек)
- Наличие специфических блокаторов (например, **яд кураре** избирательно блокирует холинорецепторы в нервно-мышечных синапсах только скелетных мышц)



КОНЕЦ

КЛАССИФИКАЦИЯ НЕРВНЫХ ВОЛОКОН

НЕРВНЫЕ ВОЛОКНА

А **ТОЛСТЫЕ**
МИЕЛИНИЗИРОВ.
(70 - 120 m/s)
Двигательные и
чувствительные

В **ТОНКИЕ**
МИЕЛИНИЗИРОВ.
(30 - 70 m/s)
Преганглионарные
вегетативные

С **НЕМИЕЛИНИЗИР.**
(0.5 - 5 m/s)
Постганглионарные
вегетативные

