

Тема: Характеристика возбудимых тканей

Лекция 4 –

Особенности возбуждения гладких мышц.

Особенности возбуждения секреторной клетки.

Распространение возбуждения по нервным волокнам.

Особенности возбуждения в нервных волокнах

Преподаватель: д.б.н., доцент кафедры общей физиологии СПбГУ Кравцова Виолетта Васильевна
Презентация подготовлена для чтения лекций в Санкт-Петербургском университете и Институте физиологии им. И.П.Павлова РАН

Рассматриваемые вопросы:

Особенности возбуждения гладких мышц.

Особенности строения гладкомышечных клеток; Иннервация гладкой мышечной ткани; Классификация гладких мышц (Мультиунитарные, Унитарные (висцеральные)); потенциалы действия и механизмы их возникновения в унитарных гладких мышцах; Значение кальциевых каналов в генерации потенциала действия гладких мышц; Источник кальция; Основные этапы сокращения гладкой мышцы: Стресс-релаксация (пластичность) гладкой мышцы; Особенности сокращения гладких мышц по сравнению со скелетными мышцами

Особенности возбуждения секреторной клетки.

Какая ткань выполняет секреторную функцию, Механизмы возбуждения железистой клетки

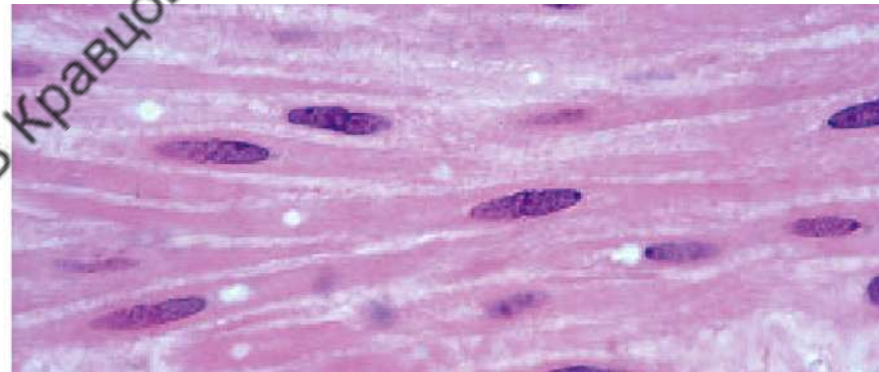
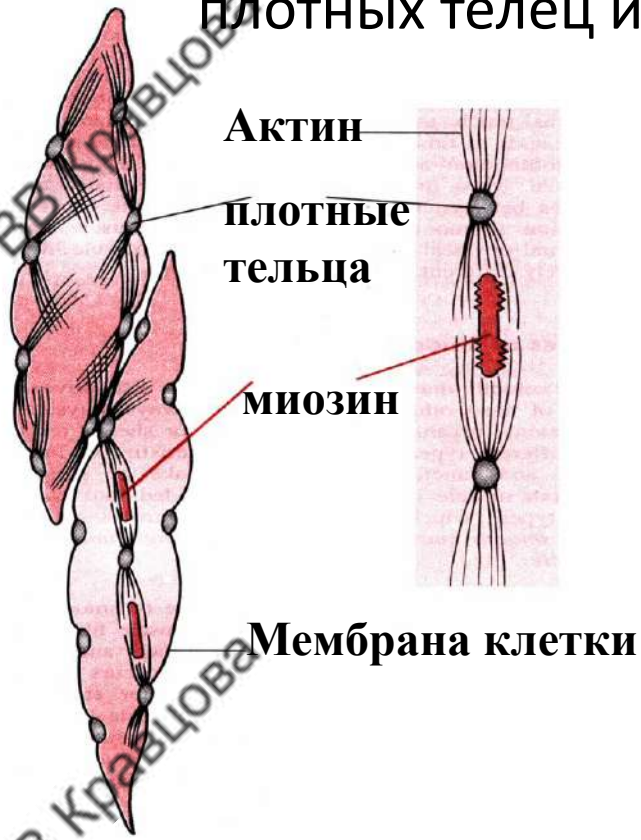
Распространение возбуждения по нервным волокнам.

Особенности возбуждения в нервных волокнах.

Строение, свойства и функции нервных волокон; возбудимость; проводимость; рефрактерность и ее значение; лабильность; типы нервных волокон; классификация нервных волокон Эрлангера-Гассера; нервная клетка и потенциал действия; особенности проведения возбуждения по безмиелиновым и миелиновым нервным волокнам; законы проведения возбуждения по нервному волокну; парабиоз, его фазы, медицинское значение парабиоза

Особенности строения гладкомышечных клеток

- вместо упорядоченных миофибрилл со строгим чередованием нитей актина и миозина имеются **пучки актиновых нитей**, в **центре пучков** располагается **миозин** (более тонкий);
- **тропомиозин отсутствует**
- **Нет Т-системы**
- Саркоплазматический ретикулум слабо развит
- Ca^{+2} каналы находятся в кавеолах
- Вместо Z-структур **плотные тельца**
- Пучки актиновых нитей прикрепляются к мембране клетки в области плотных телец и при сокращении как бы сморщивают клетку



Гладкая мышца играет важную роль в регуляции:

- просвета воздухоносных путей,
- тонуса кровеносных сосудов,
- двигательной активности ЖКТ, матки и прочих полых органов

Иннервация гладкой мышечной ткани

осуществляется вегетативной нервной системой

– симпатическими и парасимпатическими нервными волокнами,

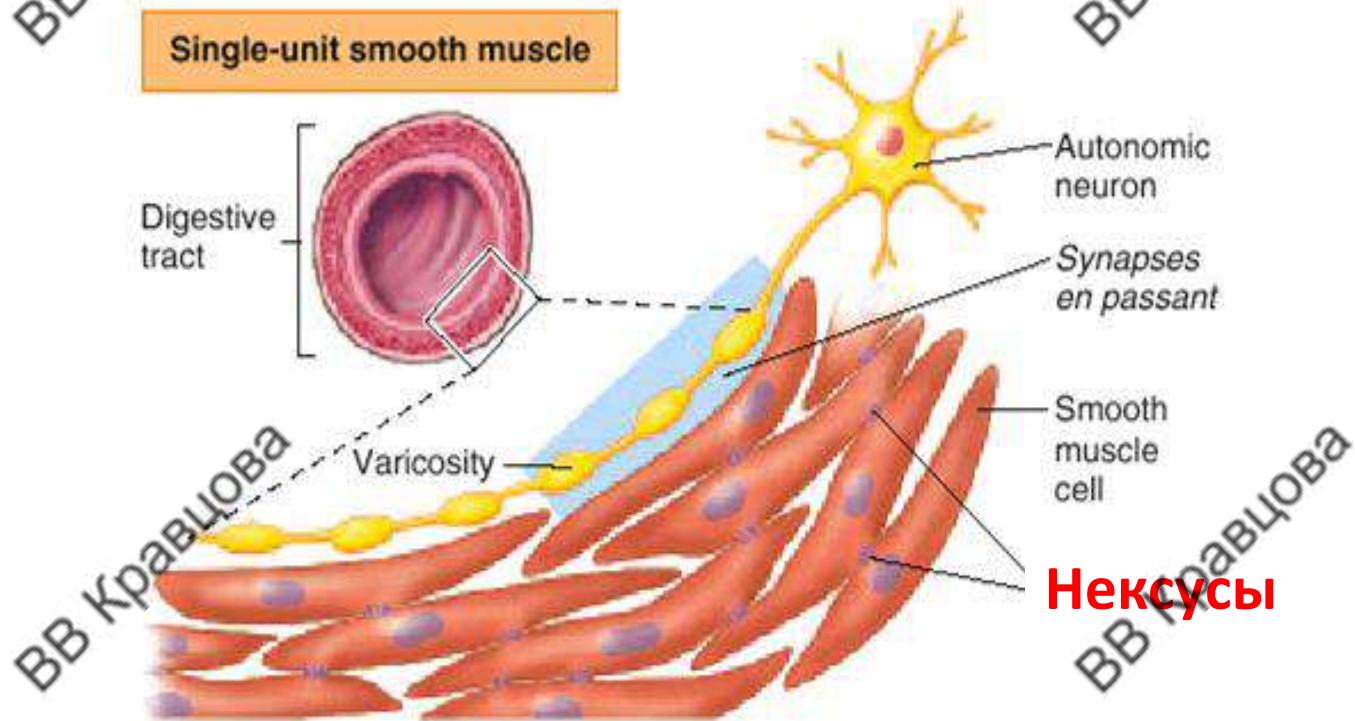
терминали волокон формируют варикозные расширения на гладкомышечных клетках.

Классификация гладких мышц:

➤ **Мультиунитарные**, входят в состав цилиарной мышцы, мышц радужки глаза, мышцы поднимающей волос, мышц сосудов.

➤ **Унитарные (висцеральные)**, находятся во всех внутренних органах, протоках пищеварительных желез, в некоторых сосудах.

Унитарная (висцеральная) гладкая мышца



Такой тип мышц имеет тесные межклеточные контакты, **нексусы**

Унигарная гладкая мышца (висцеральная)

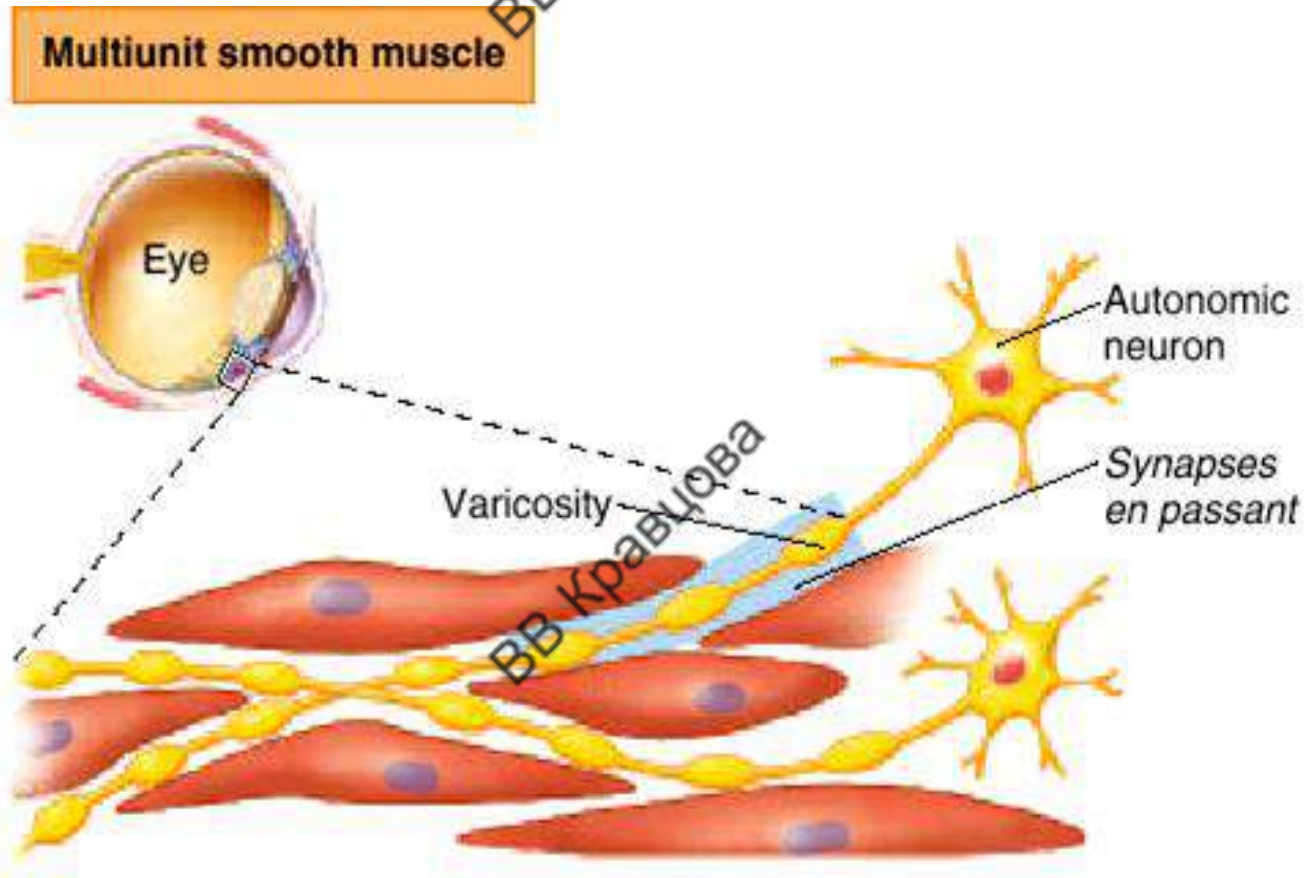
➤ Представляет собой пласт или пучок, а сарколеммы отдельных миоцитов имеют **множественные точки соприкосновения – нексусы**, через которые ионы имеют возможность свободно передвигаться из одной клетки в другую. Нексусы осуществляют электрическое взаимодействие между соседними клетками, в результате чего множество клеток может сокращаться синхронно как единое целое.

➤ **ГЕНЕРИРУЮТ ПОТЕНЦИАЛ ДЕЙСТВИЯ!**

ПД распространяясь по мышечному волокну, обеспечивает возможность одновременного сокращения большого количества отдельных клеток. Данный тип взаимодействия известен как **функциональный синцитий**.

➤ **Имеет место спонтанная активность, наличие водителей ритма**

Мультиунитарная гладкая мышца



Данный тип гладких мышц ведет себя как множество **независимых** клеток

Мультиунитарная гладкая мышца

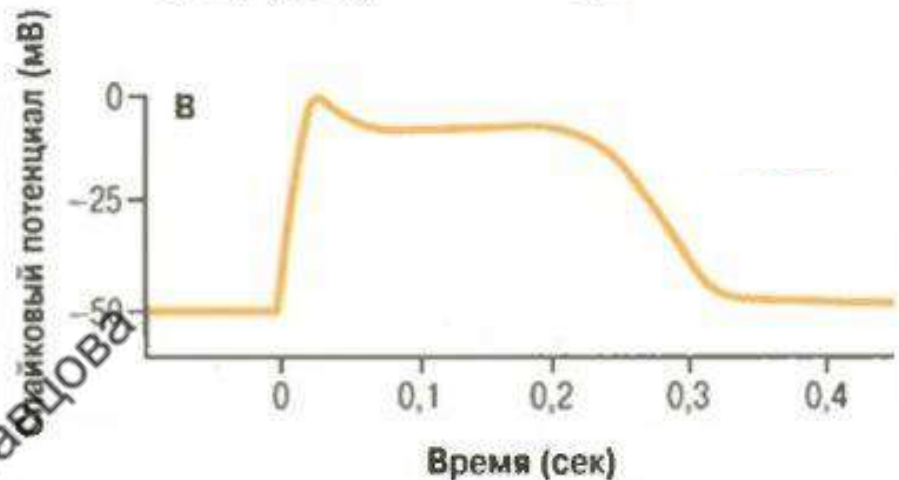
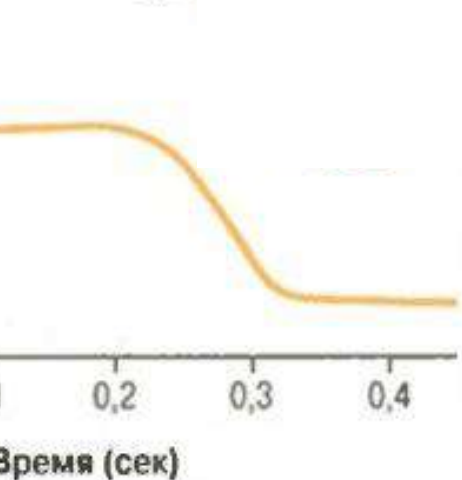
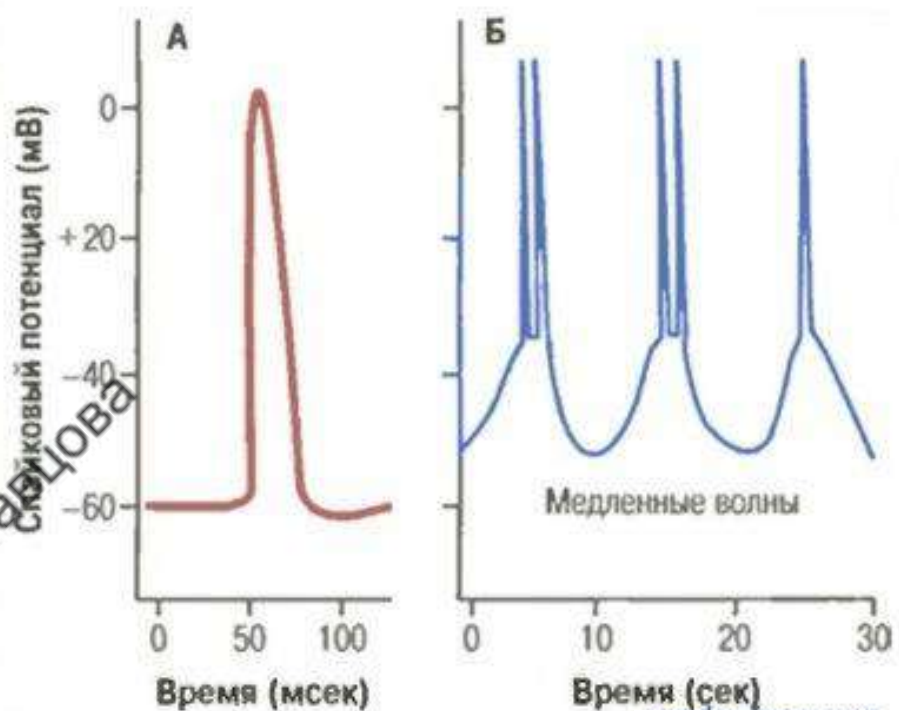
- Состоит из множества **независимых** гладкомышечных клеток,
- Каждая мышечная клетка может сокращаться отдельно,
- Как правило, потенциалы действия в данном типе гладких мышц в ответ на нервные импульсы **НЕ ГЕНЕРИРУЮТСЯ**, возбуждение распространяется **электротонически**.
Общий ответ всей мышцы зависит от количества возбужденных клеток и от частоты нервных импульсов;
- имеет большую плотность иннервации вегетативными нервами;
- **Нет спонтанной активности!!!**

Мембранные потенциалы в гладких мышцах

Величина мембранного потенциала гладкомышечного волокна зависит от состояния мышцы в данный момент.

В норме в состоянии покоя внутриклеточный потенциал обычно составляет около -50 - 60 мВ, т.е. он примерно на 30 мВ менее отрицателен, чем в скелетной мышце

Потенциалы действия в унитарных гладких мышцах



Существуют две формы потенциалов действия висцеральных гладких мышц:
спайковые потенциалы;
потенциалы действия с плато.

- А. Типичный потенциал действия гладкой мышцы (**спайковый потенциал**), вызванный внешним стимулом.
- Б. **Повторные спайковые потенциалы**, возбуждаемые медленными ритмическими волновыми изменениями мембранного потенциала, которые возникают спонтанно в гладкой мышце кишечной стенки.
- В. **Потенциал действия с плато**, зарегистрированный от гладкомышечного волокна матки.

Источник: <https://meduniver.com/Medical/Physiology/534.html> MedUniver

Механизмы возникновения потенциала действия в унитарных гладких мышцах

- самопроизвольно (в клетках водителя ритма);
- в результате поступления ПД от соседних клеток через щелевые контакты;
- под воздействием нервных или гуморальных влияний;
- в некоторых клетках – при растяжении.

Значение кальциевых каналов

в генерации потенциала действия гладких мышц

Мембрана гладкомышечных клеток содержит больше кальциевых электроуправляемых каналов, чем мембрана волокон скелетных мышц, и незначительное количество электроуправляемых натриевых каналов.

За развитие потенциала действия отвечает ток ионов кальция внутрь из внеклеточной среды по медленным кальциевым каналам сарколеммы. Вход кальция обуславливает длительное плато потенциалов действия некоторых гладкомышечных волокон.

Кальций решает две задачи: медленноволновые потенциалы и спонтанная генерация потенциалов действия.

Некоторые гладкие мышцы самовозбуждаются.

Значение медленных волн - могут инициировать потенциалы действия.

Повторные последовательности потенциалов действия вызывают ритмическое сокращение гладкомышечной массы, поэтому медленные волны называют пейсмекерными волнами.

Источник ионов кальция

Ионы Ca^{2+} , инициирующие сокращение гладкой мышцы, поступают из двух источников:

саркоплазматического ретикулума и внеклеточной среды.

В результате открывания кальциевых каналов плазматической мембраны и саркоплазматического ретикулума, которое опосредуется различными факторами, Ca^{2+} поступает в цитоплазму.

Сокращение гладких мышц имеет ряд особенностей, отличающих от сокращения скелетных мышц

- источниками кальция
- механизмом пускового действия кальция
- энергетикой сокращения
- механизмом расслабления

Механизм действия кальция

Ca^{2+} связывается с белком кальмодулином (?а в скелетной мышце?)

Комплекс **Ca^{2+} /кальмодулин** активирует киназу легких цепей миозина.

Этот фермент фосфорилирует миозин и только после этого поперечные мостики миозина приобретают способность связываться с актиновыми центрами.

В покое актиновые центры активны, но миозин не обладает сродством к ним.

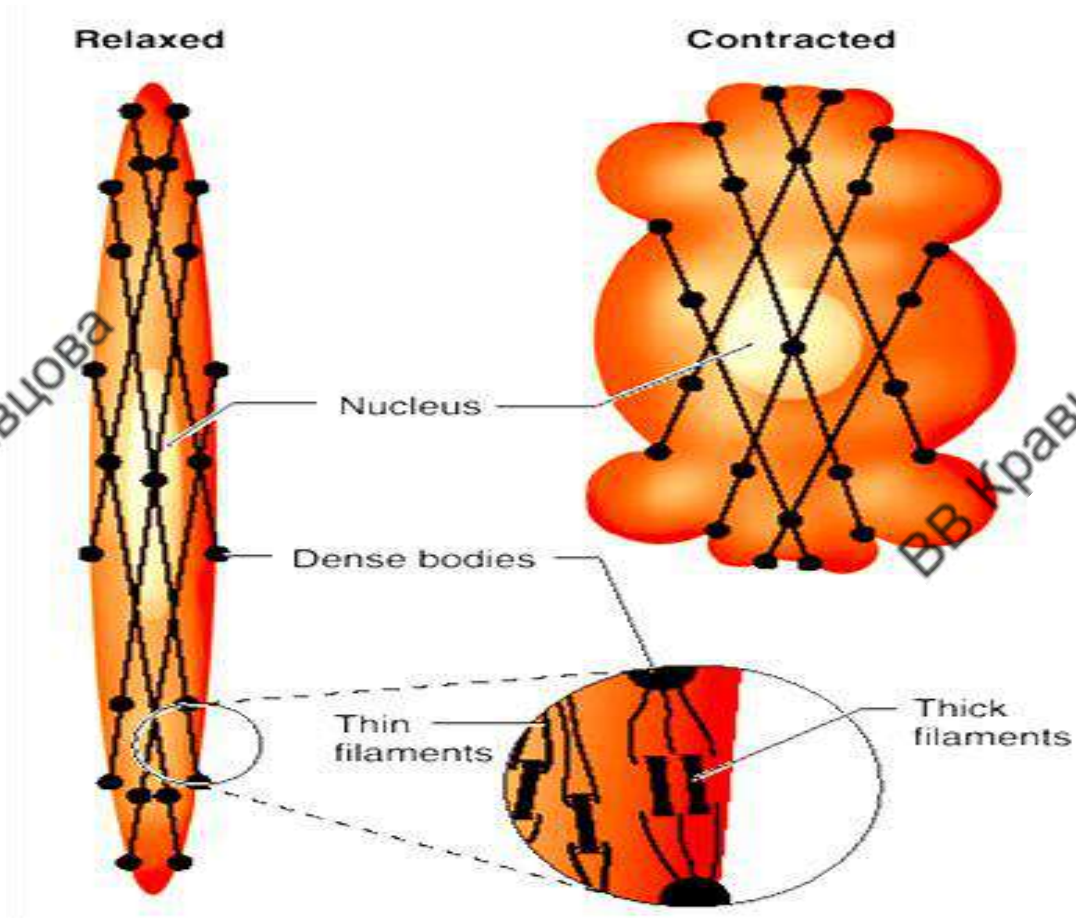
Таким образом, в покое в поперечнополосатой мышце заблокирован актин, а в гладкой – неактивен миозин.

Основные этапы сокращения гладкой мышцы:

1. Под действием ПД или других факторов в цитоплазму входит Ca^{2+} , в основном из внеклеточной жидкости по медленным кальциевым каналам сарколеммы (и в меньшей степени из саркоплазматического ретикулума).
2. Ca^{2+} через посредство кальмодулина и киназы легких цепей миозина вызывает фосфорилирование миозина, придавая ему сродство к актину.
3. Миозин взаимодействует с актином, происходит их скольжение друг относительно друга, мышца сокращается.
4. **Ca^{2+} удаляется** обратно во внеклеточную среду (в меньшей степени – в саркоплазматический ретикулум).
5. Миозин постепенно дефосфорилируется фосфатазой легких цепей миозина.
6. Дефосфорилированный миозин теряет сродство к актину, что предотвращает образование поперечных мостиков. Мышца расслабляется.

?расслабление скелетной мышцы?

Расслабление



Расслабление заканчивается разборкой миозиновых нитей

Стресс-релаксация (пластичность) гладкой мышцы

Благодаря пластичности, гладкая мышца может быть расслабленной как в укороченном, так и в растянутом состоянии.

Например, внезапное увеличение объема жидкости в полости мочевого пузыря, сопровождается растяжением гладкой мышцы его стенки, что обязательно приводит к **увеличению внутрипузырного давления**.

Однако в последующие от 15 сек до нескольких минут, несмотря на постоянно действующую растягивающую силу внутрипузырное давление возвращается к почти исходному значению и сокращение не наступает.

Сильное (быстрое) растяжение может приводить к сокращению.

Причина: активация пейсмекерных клеток

Гладкие мышцы обладают высокой **чувствительностью к различным физиологически активным веществам**: адреналину, норадреналину, ацетилхолин, гистамину и др. находящимся в крови. Это обусловлено наличием специфических рецепторов мембраны ГМК.

В отличие от них скелетные мышцы отвечают на действие веществ только через синапс.

Действие биологически активных веществ на гладкие мышцы находящиеся в различных органах не однозначно.

1. Так, **ацетилхолин** возбуждает гладкие мышцы, которые находятся во внутренних органах, но в сосудах обладает тормозным действием.
2. **Адреналин** способен расслаблять небеременную матку, но вызывает сокращение беременной.

Итак! Особенности регуляции сокращения гладкой и скелетной мышц:

Скелетная мышца управляется только нервными влияниями,

Гладкая – нервными, гуморальными и миогенными (свойствами самой клетки при отсутствии внешних воздействий);

В скелетной мышце нервные влияния играют пусковую роль (без них мышца не сокращается).

В гладкой мышце нервные и другие влияния играют в основном модулирующую роль: гладкомышечные пласты постоянно находятся в состоянии сокращения благодаря автоматизму пейсмекерных клеток (так называемый миогенный тонус), а регуляторные влияния лишь изменяют силу этого сокращения;

В скелетной мышце нервные влияния играют только стимулирующую роль – вызывают сокращения.

В гладкой мышце регуляторные воздействия могут быть как стимулирующими (повышать силу сокращений), так и тормозными (снижать силу сокращений).

Отличаются также способы регуляторных влияний.

Сила сокращения **скелетной мышцы** регулируется только путем суммации – временной (тетанус) или пространственной (вовлечение). При этом сила сокращения одиночной мышечной клетки не регулируется, подчиняясь закону «все или ничего».

В гладкой мышце сила сокращения также может увеличиваться путем вовлечения и тетануса, и путем регуляции силы сокращений отдельных клеток.

Сила сокращения гладкой мышцы, как и скелетной, зависит от концентрации Ca^{2+} в саркоплазме.

Однако в скелетной мышце единственным источником Ca^{2+} служит его выход из саркоплазматического ретикулума, причем количество выбрасываемого из ретикулума Ca^{2+} в ответ на один ПД всегда одинаково.

Особенности возбуждения секреторной клетки

В секреторных клетках возбуждение проявляется выбросом в межклеточное пространство биологически активных веществ

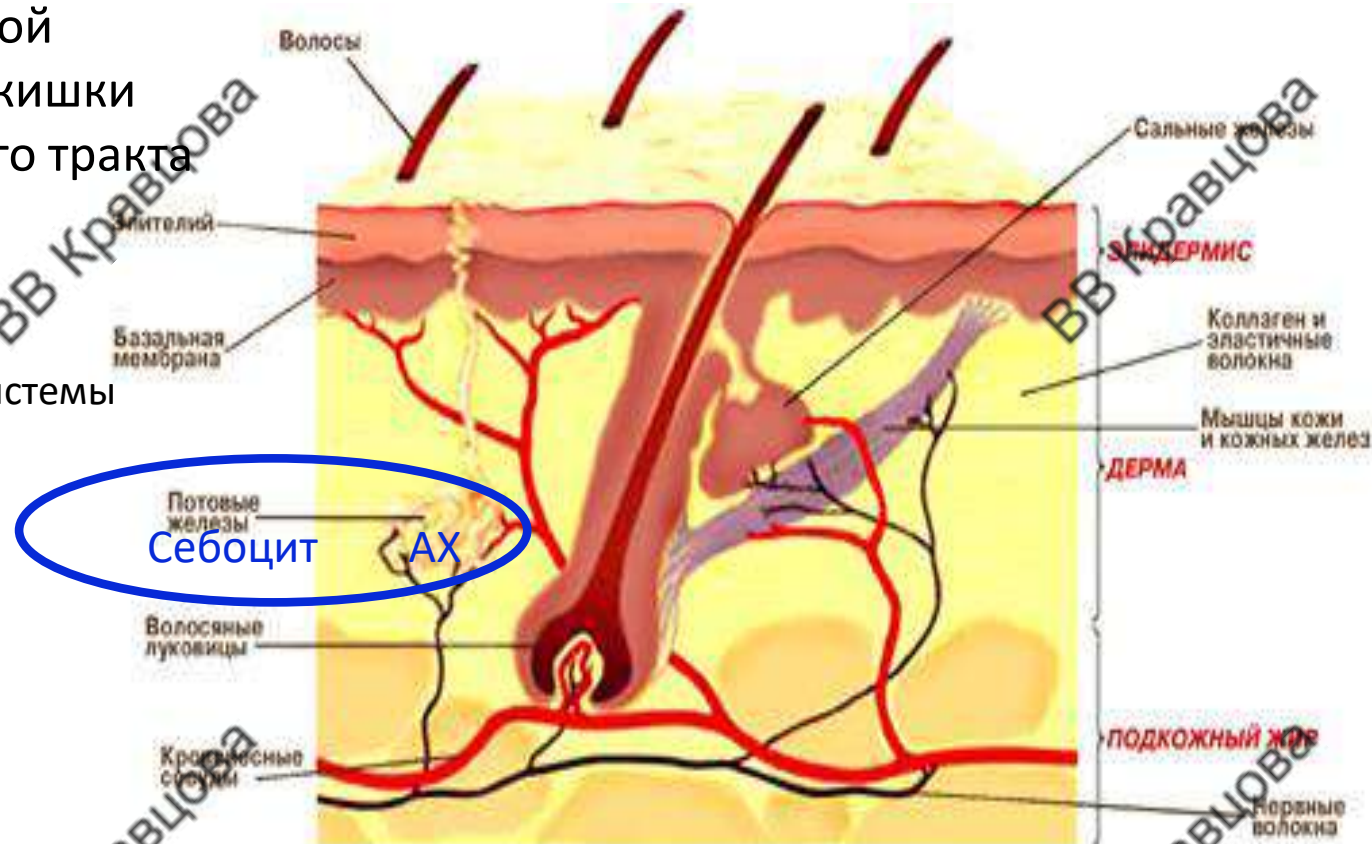
Какая ткань выполняет секреторную функцию?

Клетки экзокринных желёз

- ✓ Клетка молочной железы (секреция молока)
- ✓ Себоцит — секреторная клетка сальной железы
- ✓ Главная клетка желез желудка
- ✓ Parietalная клетка желез желудка
- ✓ Поверхностная добавочная клетка слизистой оболочки желудка и двенадцатиперстной кишки
- ✓ Бокаловидная клетка желудочно-кишечного тракта

Клетки эндокринной системы

- ✓ Клетки гастроэнтеропанкреатической эндокринной системы
- ✓ Клетки гипофиза
- ✓ Гормонпродуцирующие клетки половых желёз



Механизмы возбуждения железистой клетки?

- Стимуляция рецептора на постсинаптической мембране за счет экзоцитоза медиатора из нервного окончания в ответ на входящий потенциал действия.
- Гуморальные агенты, в том числе некоторые гормоны. Например, секретин (продуцируемый в слизистой оболочке 12-перстной кишки) стимулирует отделение панкреатического сока ацинарными клетками поджелудочной железы. Гистамин, резко усиливает секрецию фундальных желез желудка.
- Ионы, причём избыток одновалентных катионов (K^+ или Na^+), как правило, усиливает выделение секрета, тогда как двухвалентные ионы (Ca^{2+} , Mg^{2+}), наоборот, ослабляют.

Рецепторы?

По механизмам, опосредующим эффекты связывания лиганда, выделены 3 основные типа рецепторов:

- Рецепторы, ассоциированные с ионными каналами;
- Рецепторы, сопряженные с GTP-связывающими белками;
- Рецепторы с собственной протеинкиназной активностью

Секреторную деятельность могут выполнять

нервные клетки

Они вырабатывают и выделяют медиаторы;

Нейросекреторные клетки вырабатывают нейрогормоны

нейроглия

ВВ Кравцова

ВВ Кравцова

ВВ Кравцова

Лекция 4 - Распространение возбуждения по нервным волокнам. Особенности возбуждения в нервных волокнах

ВВ Кравцова

ВВ Кравцова

ВВ Кравцова

ВВ Кравцова

ВВ Кравцова

ВВ Кравцова

РАСПРОСТРАНЕНИЕ ВОЗБУЖДЕНИЯ ПО НЕРВНЫМ ВОЛОКНАМ. ОСОБЕННОСТИ ВОЗБУЖДЕНИЯ В НЕРВНЫХ ВОЛОКНАХ

Рассматриваемые вопросы:

Строение, свойства и функции нервных волокон; возбудимость; проводимость; рефрактерность и ее значение; лабильность; типы нервных волокон; классификация нервных волокон Эрлангера-Гассера; нервная клетка и потенциал действия; особенности проведения возбуждения по безмиелиновым и миелиновым нервным волокнам; законы проведения возбуждения по нервному волокну; парабиоз, его фазы, медицинское значение 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**.

Элементы нервных волокон

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

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

Есть ли особенности формирования мембранного потенциала покоя в этих клетках?

В различных живых клетках мембранный потенциал покоя формируется по-разному. **В глиальных клетках** в его формировании принимают участие только **ионы K**, которые двигаются через K-каналы утечки. В глиальных клетках в состоянии покоя открыты только ***K-каналы утечки***.

В нервных клетках в состоянии покоя мембрана **хорошо проницаема для K** и в **небольшой степени – для Na**.

В формирование мембранного потенциала покоя нервных клеток оказывают вклад ионы Na.

Отсюда, в нервных клетках, по сравнению с глиальными, мембранный потенциал покоя несколько ниже (примерно, -60 мВ) и меньше калиевого равновесного потенциала.

Роль ионов Cl в формировании мембранного потенциала покоя неоднозначна в различных клетках.

Физиологические свойства нервных волокон

- возбудимость
- проводимость
- рефрактерность
- лабильность

Потенциал действия (ПД) или нервный импульс – универсальный, высокоамплитудный, быстро распространяющийся по мембране нервной клетки сигнал, обеспечивающий передачу информации в центральной и периферической нервной системе (от рецептора к телу нейрона, от нейрона к нейрону или от нейрона к мышечной или секреторной клетке).

- **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,

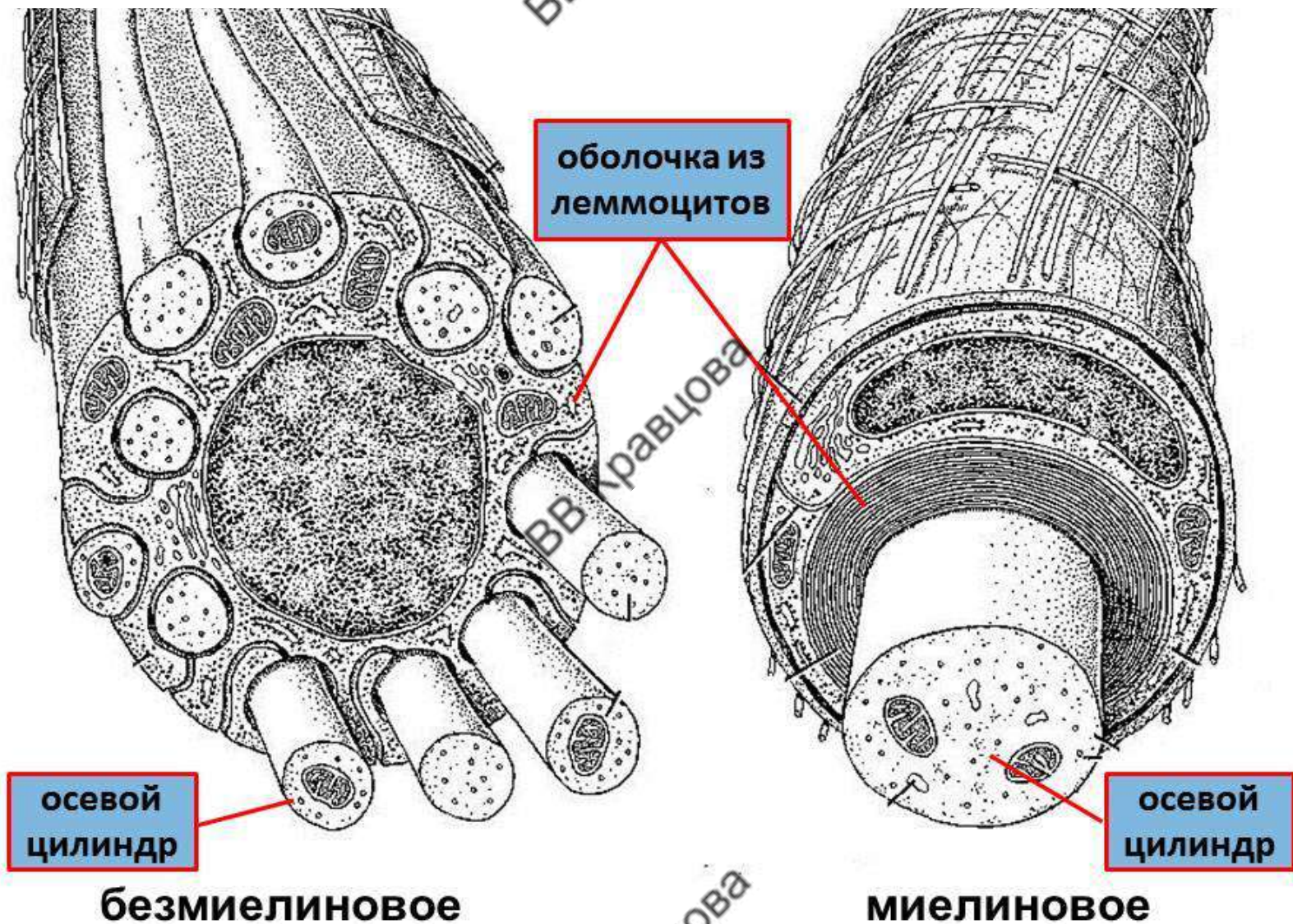
– осуществляет ответную реакцию на биологически значимый раздражитель.

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

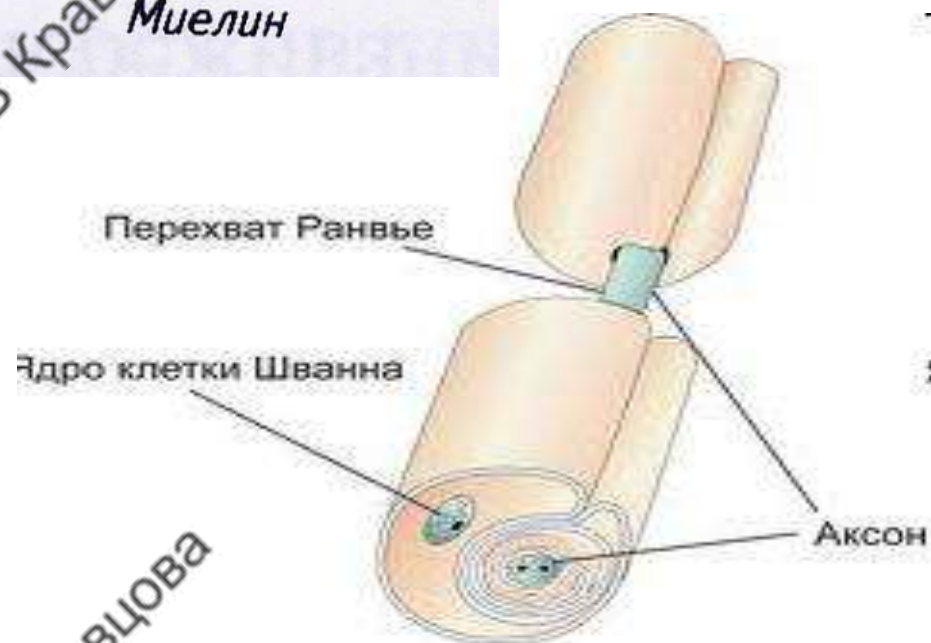
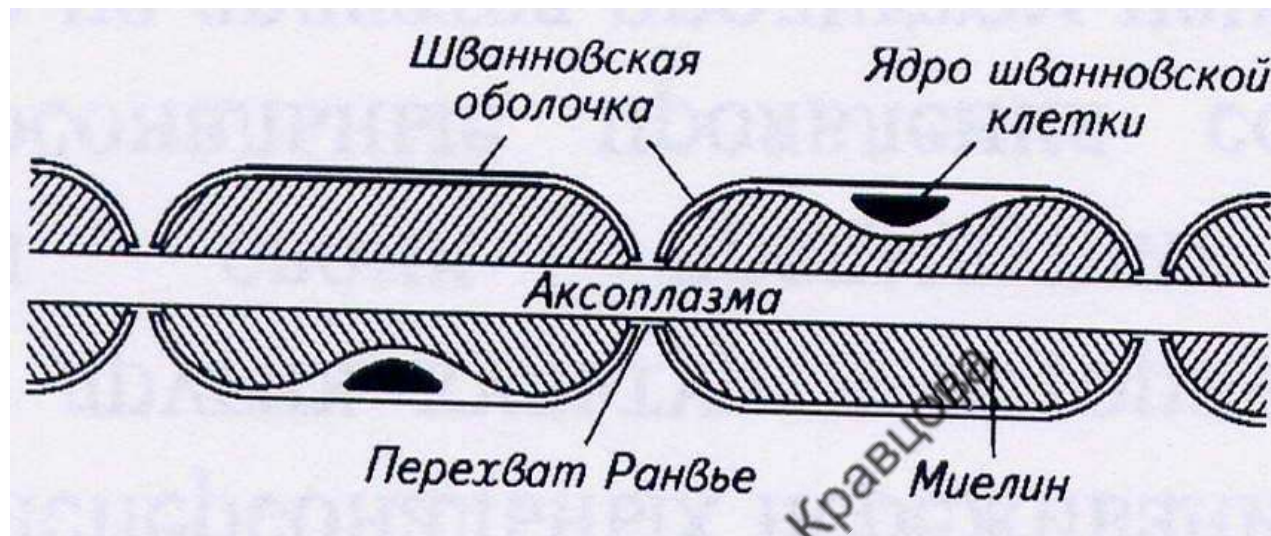
Виды (типы) нервных волокон

- *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.

Виды (типы) нервных волокон



Миелиновое волокно

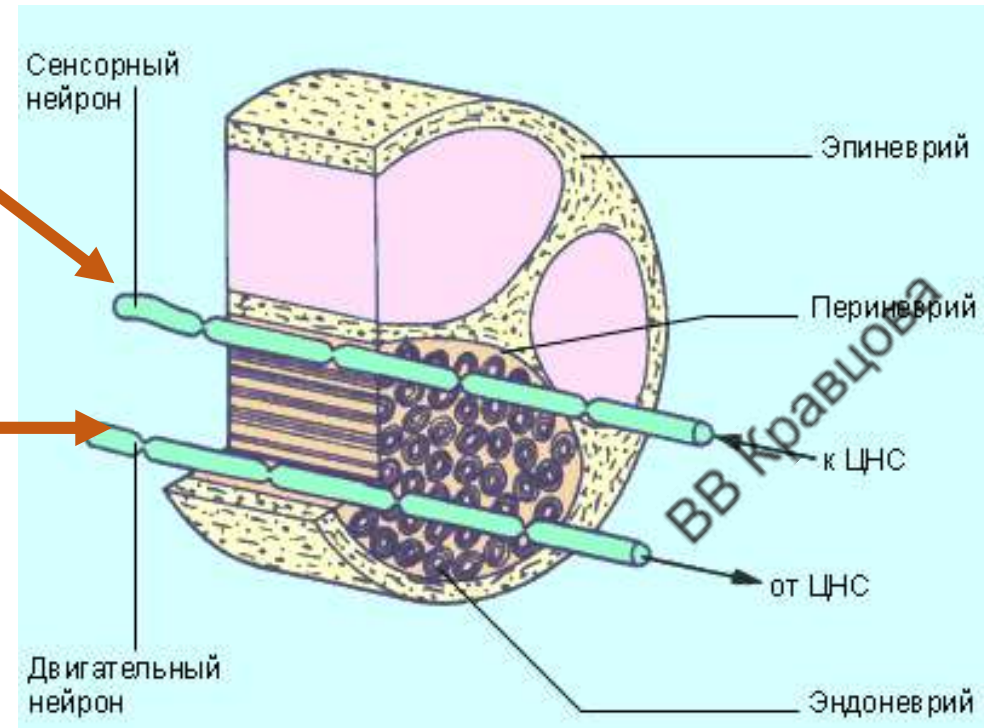


Функционально нервные волокна

делятся на:

- *афферентные* или *чувствительные* —
проводят возбуждение с периферии в ЦНС,

- *эфферентные (двигательные)*
проводят возбуждение 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 терморецепторов, механорецепторов, ноцицепторов.

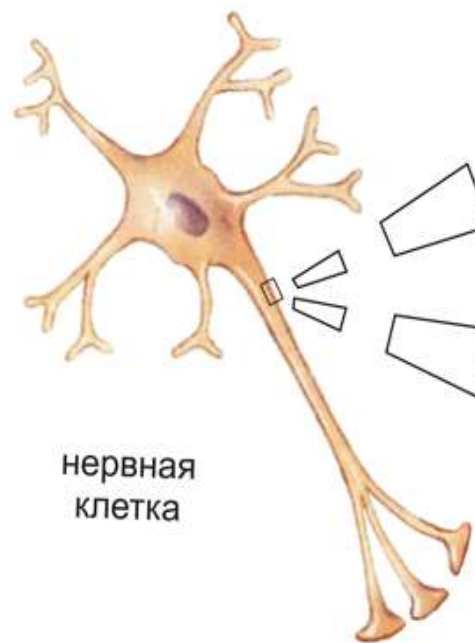
Классификация нервных волокон Эрлангера-Гассера

Тип волокна	Функция	Диаметр, мкм	Скорость проведения, м/с	Миелинизация
A α	Афферентные — мышечные веретёна, сухожильные органы; эфферентные — скелетные мышцы	10-20	60-120	+
A β	Афферентные — тактильное чувство; коллатерали A α волокон к интрафузальным мышечным волокнам	7-15	40-90	+
A γ	Эфферентные — мышечные веретёна	4-8	15-30	+
A δ	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	-

Нервные волокна в зависимости от скорости проведения возбуждения, строения и длительности фаз ПД подразделяют на три основные группы **A**, **B** и **C**.

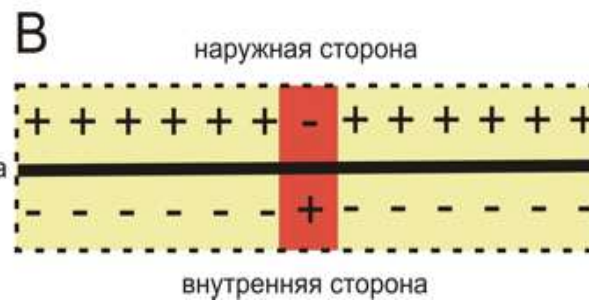
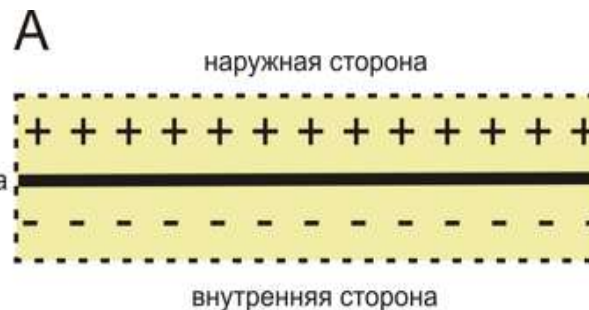
Классификация нервных волокон по Эрлангеру-Гассеру является наиболее полной классификацией нервных волокон по скорости проведения нервного импульса.

Нервная клетка и потенциал действия



мембрана в спокойном состоянии

мембрана, на которой возник потенциал действия



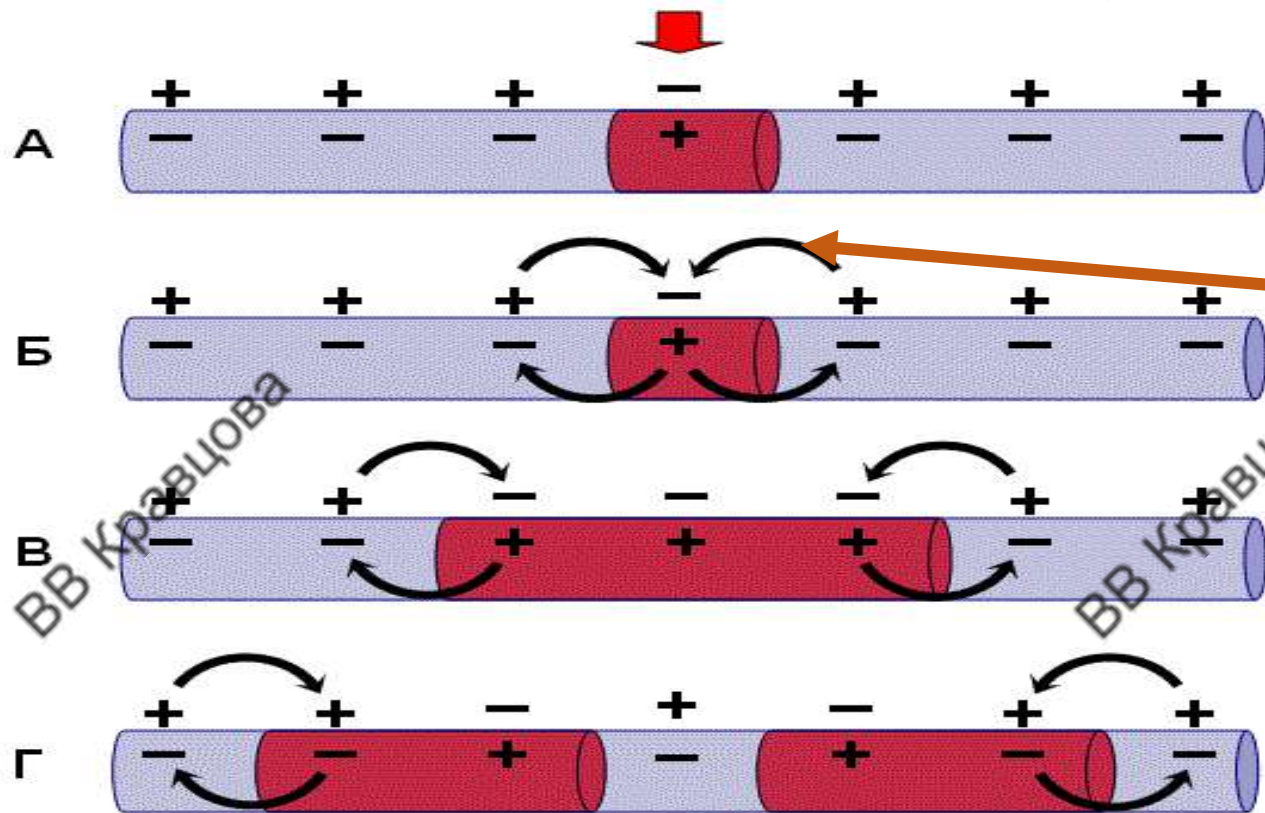
Скорость проведения ПД зависит от того, насколько быстро и насколько далеко от активного участка происходит деполяризация мембраны до порогового уровня при протекании локальных токов. Это, в свою очередь, зависит **от величины входящего тока, генерируемого в активном участке, и кабельных свойств волокна.** Величина входящего тока зависит от плотности Na-каналов в мембране, а кабельные свойства - от удельного сопротивления мембраны и аксоплазмы, а также от диаметра волокна. Чем толще нервное волокно, тем на большее расстояние будет распространяться деполяризация от активного участка, и тем больше скорость распространения ПД.

- В гигантском аксоне кальмара, диаметр которого около 1 мм, скорость распространения равна 25 м/с, тогда как в некоторых нервных волокнах млекопитающих с диаметром меньше 2 мкм скорость не превышает 1-2 м/с.

Немиелинизированные нервные волокна

- 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).

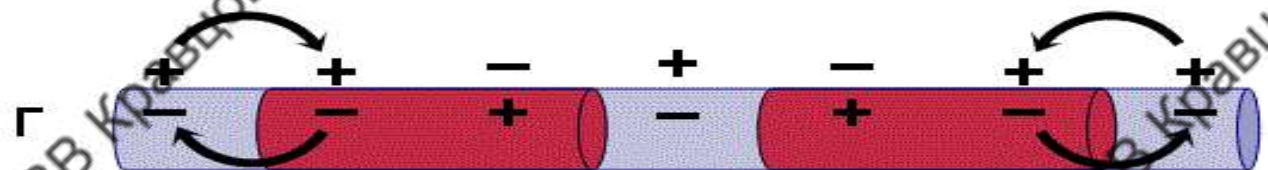
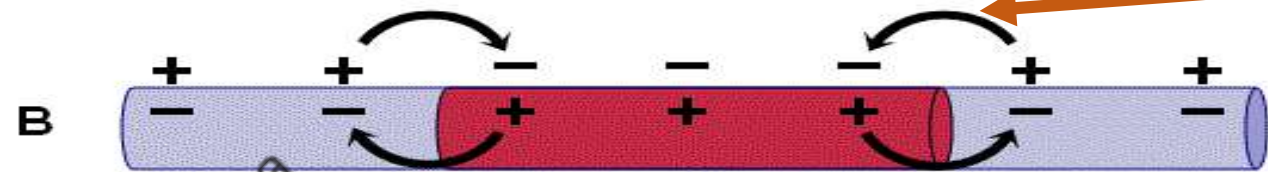
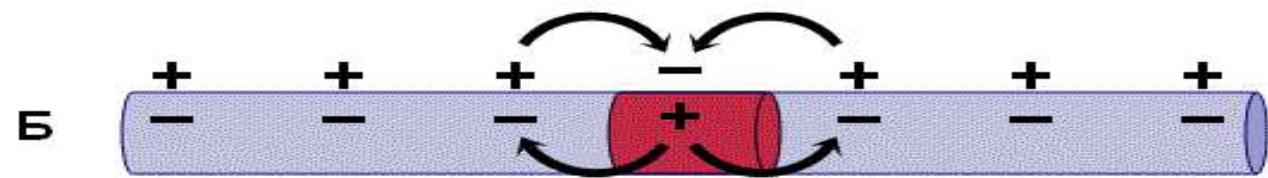
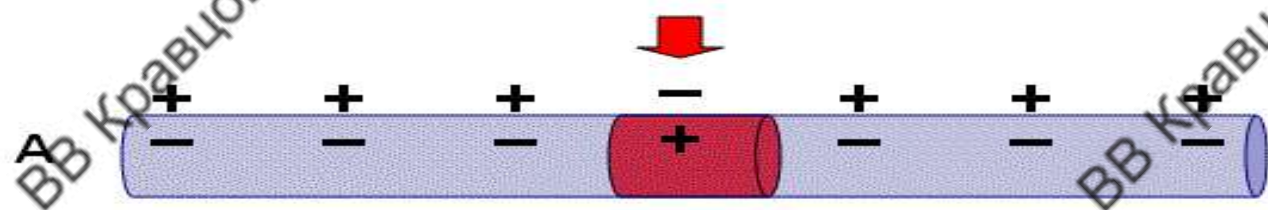
Механизм проведения возбуждения по безмиелиновым нервным волокнам



- **Б-** 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 Na^+ , происходит деполяризация мембраны.

РАСПРОСТРАНЕНИЕ ПОТЕНЦИАЛА ДЕЙСТВИЯ

Немиелинизированное нервное волокно имеет примерно равную плотность потенциалзависимых Na^+ - и K^+ -каналов по всей длине.



В- Между вновь возбужденным участком и соседним невозбужденным вновь возникает разность потенциалов, что приводит к возникновению круговых токов.

Г- Возбуждение постепенно охватывает соседние участки осевого цилиндра и ток распространяется до конца аксона.

Характерны для беспозвоночных, скорость проведения зависит от сопротивления аксоплазмы, а следовательно, от диаметра волокна.

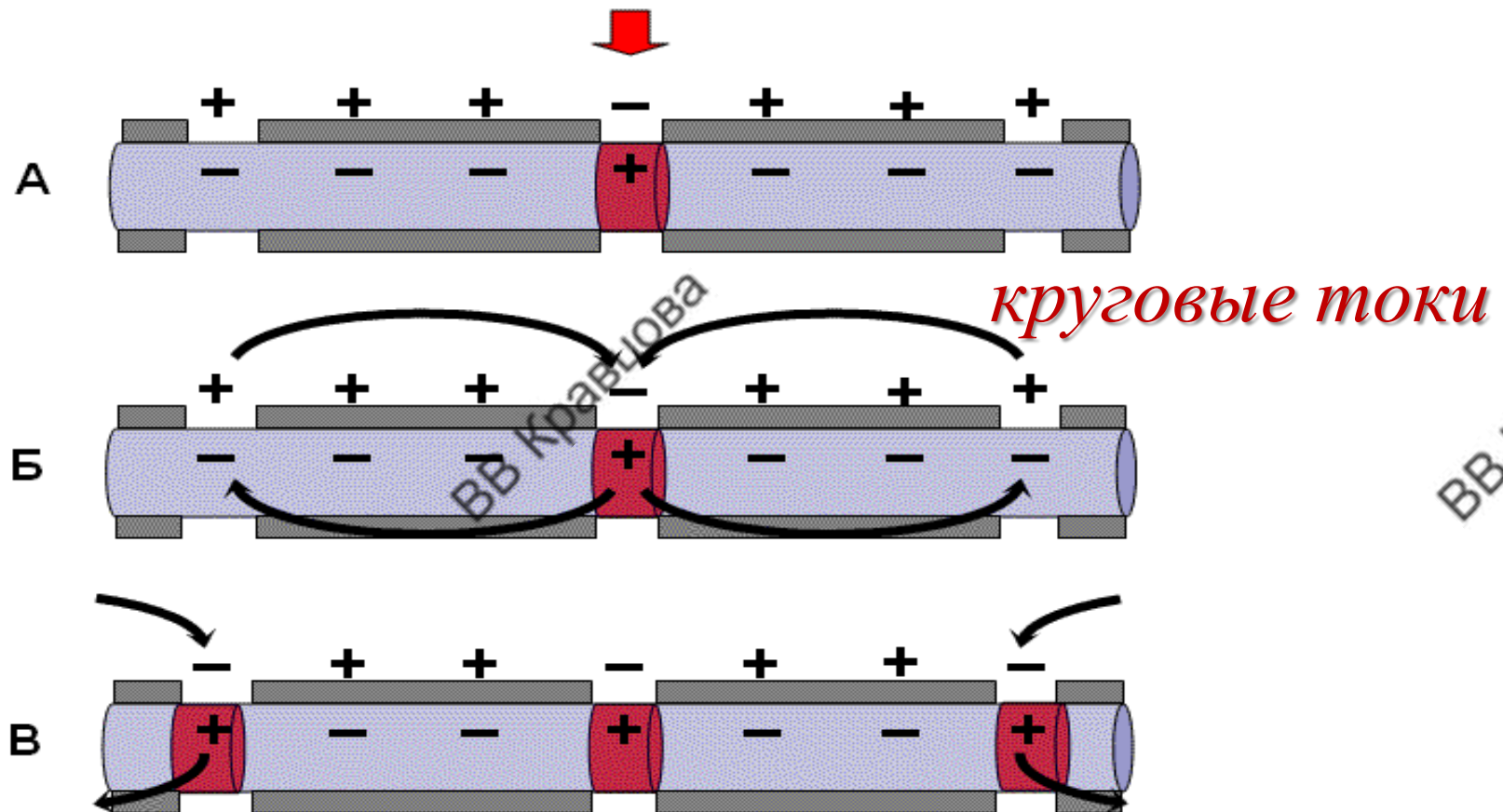
Гигантские аксоны с диаметром около **1 мм**, характерные для многих червей, членистоногих и моллюсков, проводят импульсы со скоростью до **100 м/с**, оптимальной для передачи жизненно важной информации.

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.

Нервный ствол образован большим числом волокон, однако возбуждение, идущее по каждому из них, не передается на соседние. Эта особенность носит название **закона изолированного проведения возбуждения** по отдельному нервному волокну.

Механизм проведения возбуждения по миелиновым нервным волокнам



Миелиновая оболочка, образуемая глиальными клетками, увеличивает скорость распространения ПД.

Миелинизированное волокно имеет **максимальную плотность потенциалзависимых Na^+ - и K^+ -каналов в пределах перехватов Ранвье**. На мембране перехвата Ранвье в фазу деполяризации ПД возникают продольные электрические токи, направленные в обе стороны по аксоплазме. Электротонический потенциал вызывает открытие части потенциалзависимых Na^+ -каналов в мембране невозбужденного перехвата Ранвье, и как только МП достигает КУД, генерация ПД происходит в ранее невозбужденном участке мембраны перехвата Ранвье.

Скорость распространения возбуждения по миелинизированным волокнам выше, чем по немиелинизированным, а способ передачи в таком волокне называется **сальтаторным**.

Характерна малая утомляемости нервного волокна;

В физиологических условиях ПД распространяется по нервному волокну: в одном направлении (**закон одностороннего распространения**);

при условии структурной целостности и функциональной непрерывности нервного волокна (**закон физиологической непрерывности**);

без декремента, т.е. без снижения их количества и амплитуды,

Особенности проведения возбуждения по *миелиновым* нервным волокнам

- 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 раздражении возникает деполяризация в области одного перехвата, соседний перехват в это время поляризован.
- Между перехватами возникает разность потенциалов, и появляются *круговые токи*.

Особенности проведения возбуждения по *миелиновым* нервным волокнам

- 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).

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.

Законы проведения возбуждения по нервному волокну

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

Закон бездекрементного проведения

амплитуда потенциала действия не изменяется при удалении его от места его возникновения

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 *анатомической* целостности может носить *необратимый* характер в зависимости от времени действия и характера повреждающего агента.

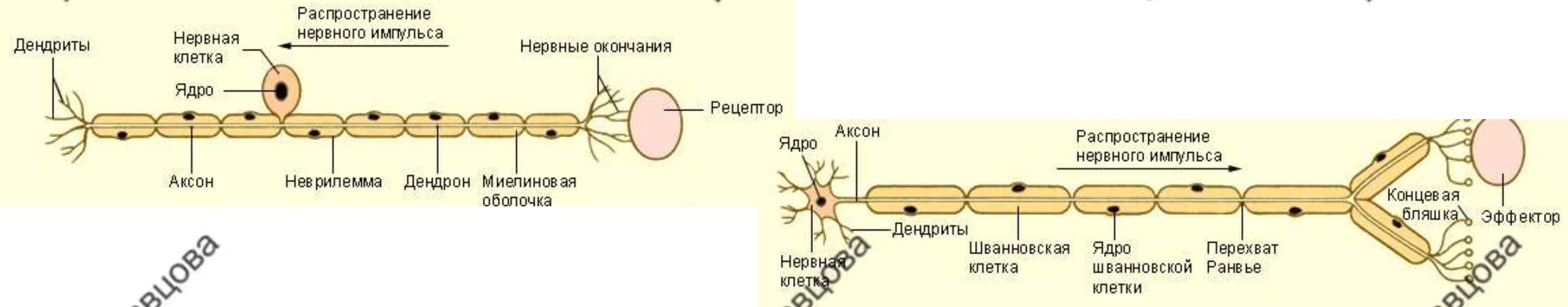
Закон изолированного проведения возбуждения

- 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.

Нервный ствол образован большим числом волокон (чувствительных, двигательных, вегетативных), которые иннервируют различные по структуре и функциям эффекторы (клетки, ткани, органы). Однако возбуждение, идущее по каждому из них, не передается на соседние. Эта особенность носит название **закона изолированного проведения возбуждения** по отдельному нервному волокну.

Если бы возбуждение внутри нерва распространялось с одного нервного волокна на другое, то нормальное функционирование органов было бы невозможно.

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)

Парабиоз



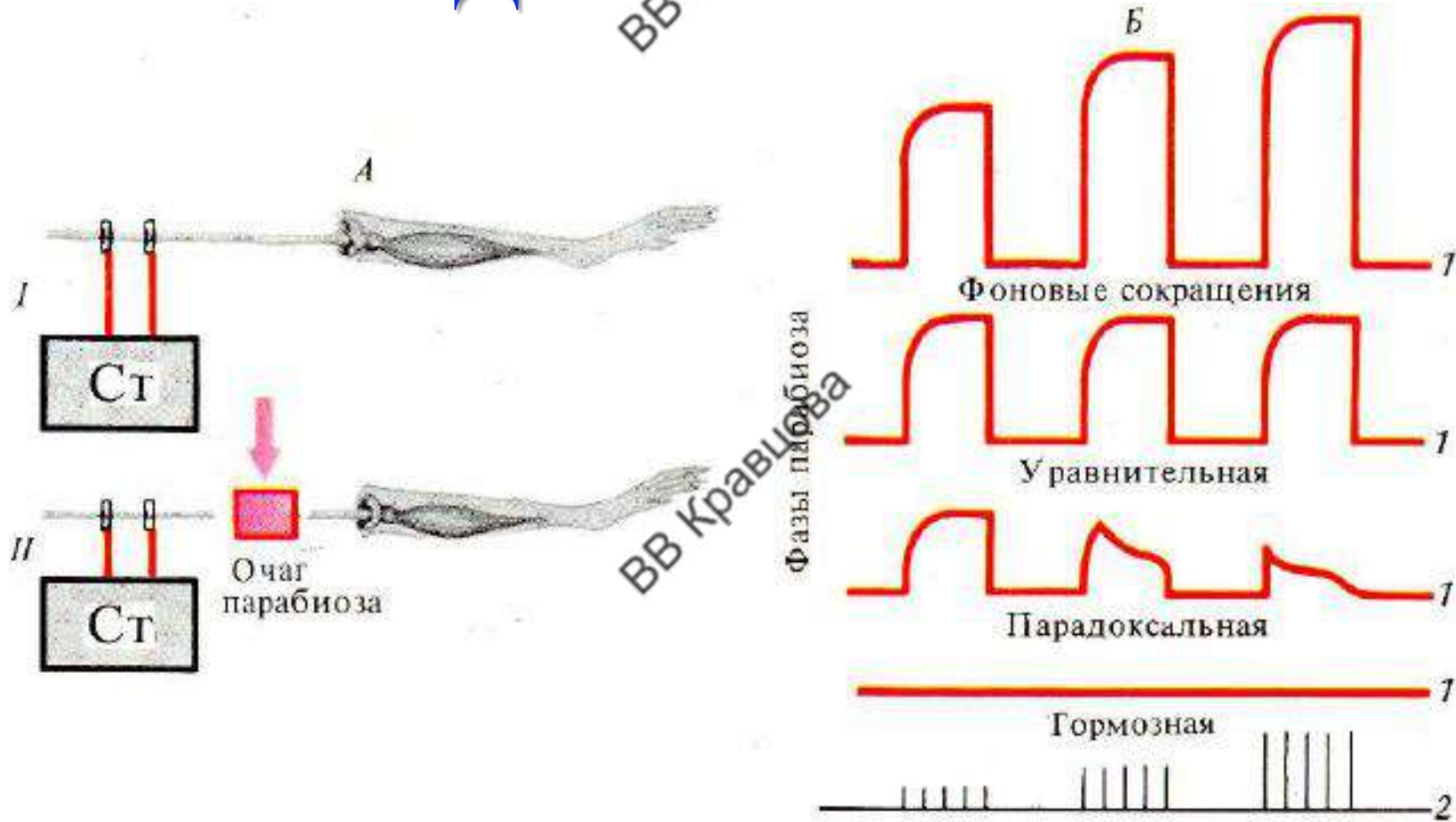
Николай Евгеньевич
ВВЕДЕНСКИЙ
(1852—1922)

- состояние, пограничное между жизнью и не жизнью клетки.
- Его ввел в физиологию возбудимых тканей профессор [Н.Е. Введенский](#), изучая работы нервно-мышечного препарата при воздействии на него различных раздражителей.
- Развивается на фоне чрезмерной деполяризации.
- Механизм деполяризационного торможения обусловлен **инактивацией тока ионов Na^+ внутрь клетки или волокна.**

Сущность явления парабиоза

- Это своеобразное, локальное, длительное состояние сниженной возбудимости и лабильности, возникающее в ответ на разнообразные внешние воздействия.
- В основе парабиоза 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.

УЧЕНИЕ ВВЕДЕНСКОГО О ПАРАБИОЗЕ



ПАРАБИОЗ – это особый вид торможения

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.

Итак, мы изучили возбудимые ткани, которые способны в ответ на действие раздражителя переходить из состояния физиологического покоя в состояние возбуждения

- **нервные клетки** (возбуждение проявляется генерацией электрического импульса);
- **мышечные клетки** (возбуждение проявляется сокращением);
- **секреторные клетки** (возбуждение проявляется выбросом в межклеточное пространство биологически активных веществ).

Тема: Характеристика возбудимых тканей (Рассматриваемые вопросы)

Лекция 1 – Электрические явления в возбудимых тканях. Нервно-мышечный синапс. Особенности проведения возбуждения через нервно-мышечный синапс.

Строение мембраны клетки; транспорт веществ через мембраны; ионный состав цитоплазмы; концентрационный градиент на мембране; уравнение Нернста; уравнение Гольдмана-Ходжкина-Катца; мембранный потенциал покоя; натрий-калиевая АТФаза (схема работы фермента); электрическая схема мембраны; потенциал действия; работа потенциалзависимых натриевых каналов; роль калиевых каналов в формировании потенциала действия; изменение возбудимости клетки в разные фазы потенциала действия; влияние блокаторов каналов на фазы потенциала действия;

- нервно-мышечный синапс, концевая пластинка, активная зона, типы секреции медиатора, молекулярный механизм квантового освобождения медиатора, кальциевый микродомен, структура никотинового холинорецептора, потенциал концевой пластинки, гарантийный фактор нервно-мышечной передачи, основные этапы передачи сигнала с нервного окончания на концевую пластинку

Лекция 2 – Характеристика возбудимых тканей. роль Na,K-АТФазы в поддержании мышечного электрогенеза и возбудимости.

История вопроса о существовании электрических токов в живых тканях;

возбудимые ткани; свойства возбудимых тканей (раздражимость, раздражитель, возбудимость, возбуждение); проводимость; законы раздражения (полярный закон, закон силы, закон времени, закон крутизны), закон физиологического электротона, аккомодация, лабильность, оптимум и пессимум частоты раздражения нерва. Роль Na,K-АТФазы в поддержании мышечного электрогенеза и возбудимости. Изоформы Na,K-АТФазы и их регуляция.

Лекция 3 - Особенности возбуждения скелетных мышц.

Классификация скелетных мышц, Потенциал действия в скелетных мышцах; Отличия потенциала действия нервной клетки, скелетной и сердечной мышц; Двигательная единица; Как измерить мышечную работу (Изотоническое сокращение и изометрическое сокращение мышцы); Регуляция силы мышечного сокращения за счет увеличения или уменьшения частоты импульсации (тетанус, оптимум, пессимум), Мышечное утомление; Особенности регуляции сокращения скелетной мышцы; Особенности строения скелетной мышцы; триада; Ryanodine Receptori Dihydropyridine Receptor; Электромеханическое сопряжение; Механизм высвобождения Ca²⁺ из саркоплазматического ретикулула в сердечной и скелетной мышцах; Регуляция сопряжения Ryanodine Receptori Dihydropyridine Receptor; Механизм мышечного сокращения; Регуляция секвестрации кальция; Удаление кальция; Титин, небулин и их функция; Роль белков дистрофина и дисферлина на сократительную активность

Лекция 4 – Особенности возбуждения гладких мышц.

Особенности строения гладкомышечных клеток; Иннервация гладкой мышечной ткани; Классификация гладких мышц (Мультиунитарные, Унитарные (висцеральные)); потенциалы действия и механизмы их возникновения в унитарных гладких мышцах; Значение кальциевых каналов в генерации потенциала действия гладких мышц; Источник кальция; Основные этапы сокращения гладкой мышцы: Стресс-релаксация (пластичность) гладкой мышцы; Особенности сокращения гладких мышц по сравнению со скелетными мышцами

Особенности возбуждения секреторной клетки.

Какая ткань выполняет секреторную функцию, Механизмы возбуждения железистой клетки

Распространение возбуждения по нервным волокнам. Особенности возбуждения в нервных волокнах.

Строение, свойства и функции нервных волокон; возбудимость; проводимость; рефрактерность и ее значение; лабильность; типы нервных волокон, классификация нервных волокон Эрлангера-Гассера; нервная клетка и потенциал действия; особенности проведения возбуждения по безмиелиновым и миелиновым нервным волокнам; законы проведения возбуждения по нервному волокну; парабиоз, его фазы, медицинское значение парабиоза