УО БГМУ
КАФЕДРА НОРМАЛЬНОЙ ФИЗИОЛОГИИ ЧЕЛОВЕКА

ФАРМАЦЕВТИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ

НОРМАЛЬНАЯ ФИЗИОЛОГИЯ С ОСНОВАМИ АНАТОМИИ ЧЕЛОВЕКА

ЛЕКЦИЯ 3

ТЕМА: Общая физиология возбудимых клеток. Биоэлектрогенез. Рецепция. Синапс.

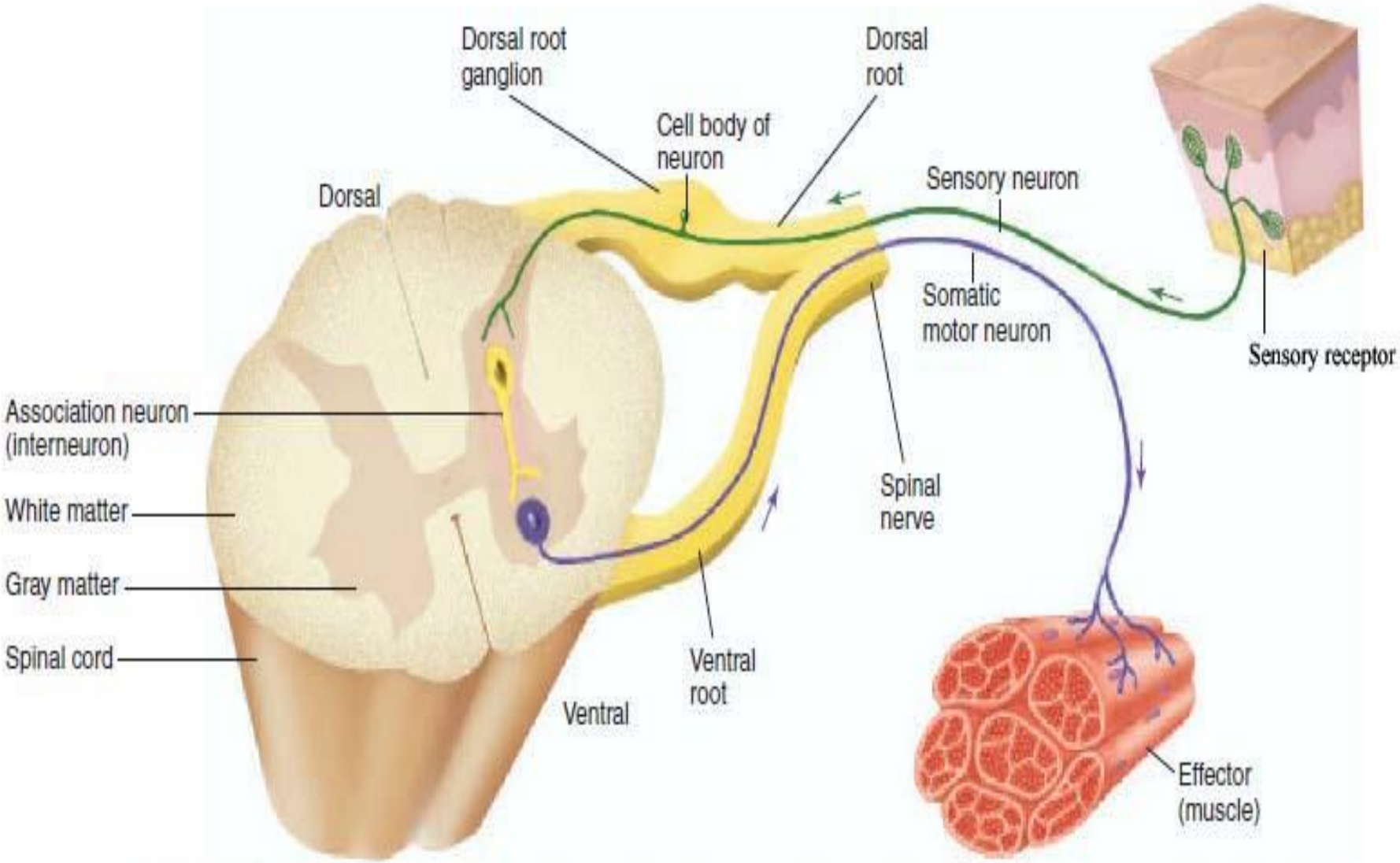
АССИСТЕНТ КАФЕДРЫ
НИКИТИНА ОЛЬГА СЕРГЕЕВНА

1

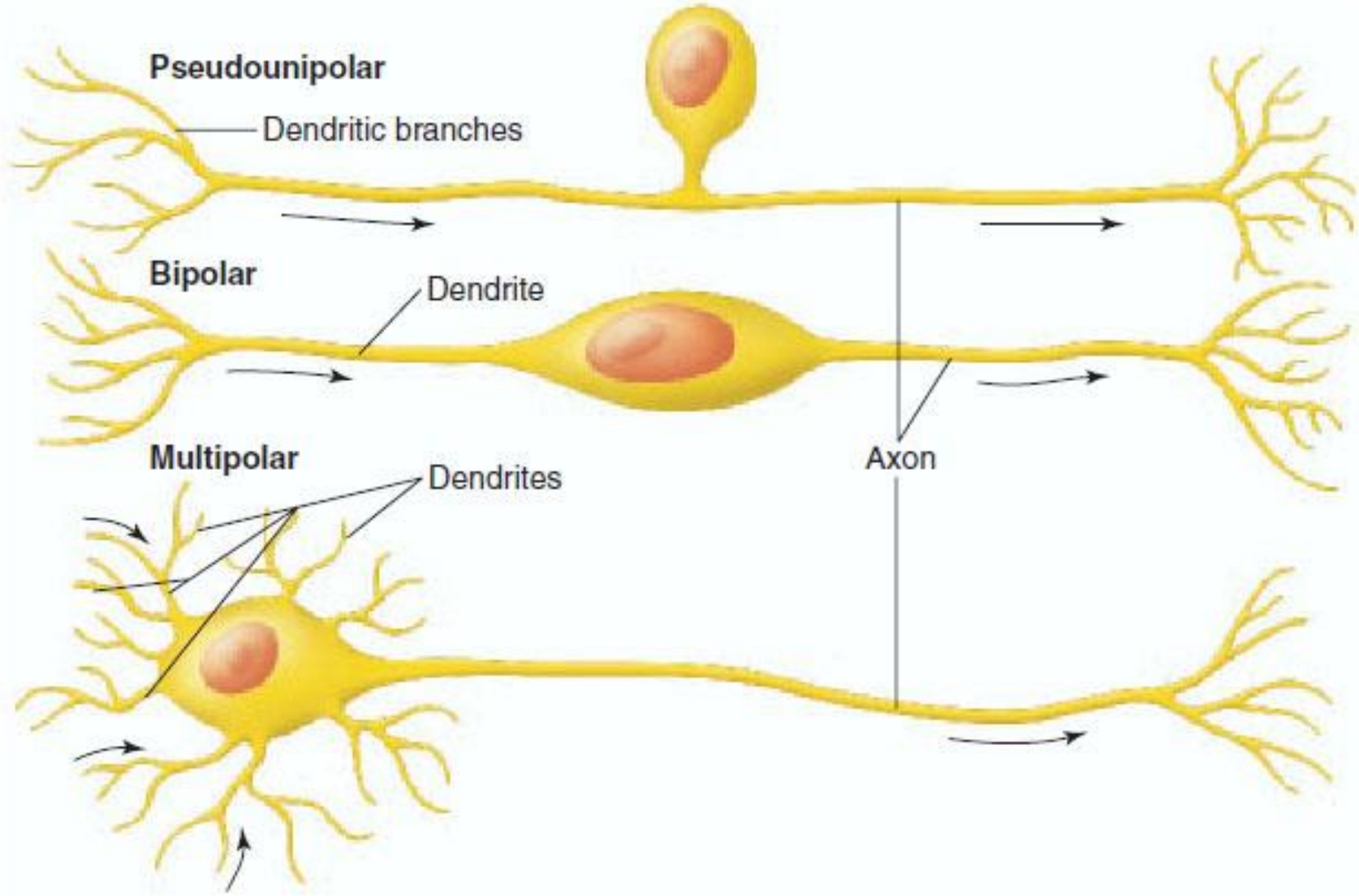
Возбудимые клетки: их виды, свойства. Понятие о раздражимости, возбудимости и возбуждении, порогах раздражения, зависимости ответной реакции от силы и времени действия раздражителя, хронаксии, лабильности, адаптации и аккомодации.

-Нейрон (возбудимость, проводимость)

-Мышечная клетка (возбудимость, проводимость, сократимость)



A spinal reflex. This reflex involves three types of neurons: a sensory neuron, an association neuron (interneuron), and a somatic motor neuron at the spinal cord level.



Three different types of neurons. Pseudounipolar neurons, which are sensory, have one process that splits. Bipolar neurons, found in the retina and cochlea, have two processes. Multipolar neurons, which are motor and association neurons, have many dendrites and one axon.

- ***Раздражимость*** **– это универсальное свойство клеток отвечать на действие раздражителя изменением процессов их жизнедеятельности.**

- ***Возбудимость*** **– это свойство высокоспециализированных (нервных и мышечных) клеток отвечать на действие раздражителя возбуждением.** Возбудимость в эволюции клеток развилась из свойства раздражимости, присущей всем живым клеткам, и является частным случаем раздражимости.

- ***Возбуждение*** **– ответная реакция возбудимых клеток, проявляющаяся генерацией потенциала действия, его проведением и для мышечных клеток – сокращением.**

- ***<u>Порог силы</u>*** **раздражителя - это минимальная величина силы действующего раздражителя, достаточная для вызова возбуждения.**

Раздражители, сила которых ниже пороговой называют подпороговыми, а имеющие силу выше пороговой – сверхпороговыми.

- Разность потенциалов между потенциалом покоя на мембране (E_o) и *критическим уровнем деполяризации* мембраны ($E_{кр}$) ($\Delta E = E_o - E_{кр}$) является одним из важнейших показателей возбудимости клетки.

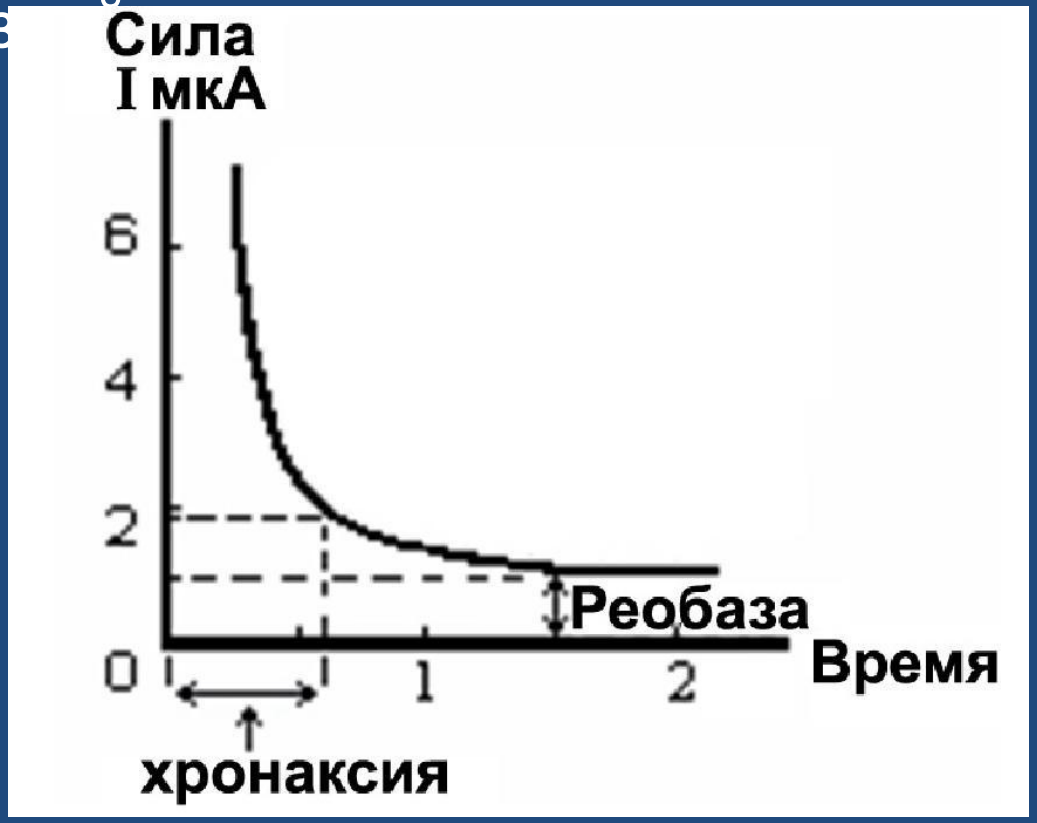
Раздражитель является пороговым тогда, когда он способен сместить уровень поляризации мембраны до $E_{кр}$, при достижении которого на мембране развивается процесс возбуждения. Чем меньше значение ΔE, тем выше возбудимость клетки и тем на более слабые воздействия она будет реагировать возбуждением.

Специально для характеристики порога силы электрического тока, широко используемого в качестве раздражителя при исследовании ответных реакций тканей, введено понятие реобаза.

<u>Реобаза</u> **- это минимальная сила электрического тока, необходимая для вызова возбуждения при длительном его воздействии на клетку или ткань.**

- ***Порог времени*** **раздражения - минимальное время, в течении которого должен действовать раздражитель пороговой силы, чтобы вызвать возбуждение.**

Между возбудимостью и величиной порога времени имеется обратная зависимость. Чем на меньшие по времени пороговые воздействия ткань реагирует развитием возбуждения, тем ее возбудимость выше. Величина порогового времени для возбудимой ткани зависит от силы воз



- ***<u>Минимальный градиент</u>*** **(крутизна) нарастания силы раздражителя во времени. Это минимальная скорость увеличения силы раздражителя во времени, достаточная для вызова возбуждения.**

Если сила раздражителя увеличивается очень медленно, то ткань приспосабливается к его действию и не отвечает возбуждением. Такое приспособление возбудимой ткани к медленно увеличивающейся силе раздражителя называют *<u>аккомодацией.</u>* Чем больше минимальный градиент, тем ниже возбудимость ткани и тем более выражена в ней способность к аккомодации.

- ***Хронаксия*** **- минимальное время, в течение которого должен действовать раздражитель, равный по силе двум реобазам, чтобы вызвать возбуждение**.

Хронаксия нервных клеток и волокон скелетных мышц составляет десятитысячные доли секунды, а гладких мышц в десятки раз больше.

Хронаксия – как показатель возбудимости используется для тестирования состояния и функциональных возможностей скелетных мышц и нервных волокон здорового человека, в частности, в спортивной медицине. Определение хронаксии имеет ценность для диагностики ряда заболеваний мышц и нервов, так как при заболеваниях их возбудимость обычно снижается и хронаксия увеличивается.

- Адаптация – это приспособление к изменению условий внешней или внутренней среды, направленное на поддержание гомеостаза, обеспечивающее сохранение здоровья, работоспособность, максимальную продолжительность жизни и воспроизведение здорового потомства

- ***<u>Лабильность</u>*** **- функциональная подвижность возбудимой ткани, зависящая от скорости элементарных физико-химических превращений, лежащих в основе одиночного цикла возбуждения.** Мерой лабильности является максимальное число циклов (волн) возбуждения, которые может генерировать ткань в единицу времени.

2

- Законы реагирования возбудимых клеток на действие раздражителей.

- Характер реагирования возбудимых тканей на действие раздражителей в классической физиологии принято описывать 5 законами раздражения.

- 1) Закон силы раздражения
- 2) Закон длительности раздражения
- 3) Закон градиента раздражения
- 4) Закон “все или ничего”
- 5) Закон полярного действия тока (закон Пфлюгера)

- Закон силы раздражения - утверждает, что при увеличении сверхпорогового раздражителя до определенного предела возрастает и величина ответной реакции.

Применим для сокращения целостной скелетной мышцы и суммарной электрической активности нервных стволов.

- Закон длительности раздражения – утверждает, что чем больше продолжительность сверхпорогового раздражения, тем больше величина ответной реакции, до определенного предела.

Применим для сокращения целостной скелетной мышцы и суммарной электрической активности нервных стволов.

- Закон градиента раздражения – утверждает, что чем больше градиент нарастания силы раздражителя во времени, тем больше (до определенного предела) величина ответной реакции

- Закон “все или ничего” – утверждает, что при действии подпороговых раздражителей возбуждение не возникает, а при действии порогового и сверхпорогового раздражителей величина ответной реакции, обусловленной возбуждением, остается постоянной.

Применим для одиночного нервного волокна, одиночного мышечного волокна, целостная мышца желудочков сердца и предсердий.

- Закон полярного действия тока (закон Пфлюгера) – при действии на возбудимые клетки постоянного электрического тока в момент замыкания цепи возбуждение возникает в месте приложения катода, а при размыкании – в месте контакта с анодом.

3

- Современные представления о природе возбуждения. Биоэлектрогенез: потенциал покоя, локальный ответ, потенциал действия. Мембранно-ионная теория их происхождения.

- К возбудимым клеткам относят нервные и мышечные клетки, способные генерировать ПД.
- Биопотенциалы (биоэлектрические потенциалы) возникают вследствие дисбаланса положительных и отрицательных электрических зарядов в определенных компартментах клеток и тканей или поверхностях клеточных мембран.
- Источники электрических зарядов в клетках – ионы минеральных и органических веществ, заряженные радикалы белков (аминокислотные) и углеводов.
- Места накопления (возникновения) электрических потенциалов - внешняя и внутренняя поверхности плазматической мембраны, внутренняя мембрана митохондрий и другие структуры клетки.
- Биопотенциалы регистрируются на плазматической мембране абсолютного большинства клеток организма. Но больше всего их разновидностей выявляется на мембранах возбудимых клеток.

Виды биопотенциалов нервных и мышечных клеток.

Локальные потенциалы Потенциал покоя ПП Потенциал действия ПД

Рецепторный потенциал Локальный ответ ВПСП ТПСП

Роль биопотенциалов возбудимых тканей

1. Участие в механизмах восприятия воздействия различных факторов среды существования

2. Обеспечение быстрой передачи информации в ЦНС, а из нее управляющих сигналов к эффекторным органам;

3. Участие в механизмах преобразования команд нервной системы в ответные реакции мышечных и других клеток.

Потенциал покоя – это разность потенциалов между внутренней и наружной поверхностью мембраны клетки, которая находится в состоянии физиологического покоя.

Обусловлен:

Мембранно-ионная теория возникновения ПП.

1. Разная концентрация веществ по обе стороны мембраны.

Распределение ионов в цитоплазме и внеклеточной жидкости.

Ионы	Цитоплазма (mM/L)	Внеклеточная жидкость (mM/L)
Мышечная клетка млекопитающих		
Na+	12	142
K+	140	4
Cl-	4	120
Другие анионы	148	0
Нервная клетка млекопитающих		
Na+	15	150
K+	150	5,5
Cl-	9	125

Основными причинами различного распределения неорганических ионов внутри и вне клеток являются постоянная работа Na+, K+ насоса и участие этих ионов в поддержании Донановского равновесия в клетке, окруженной полупроницаемой плазматической мембраной.

3. Работа Na^+ - K^+ насоса. За один цикл работы – перенос трех ионов Na^+ за пределы клетки и двух ионов K^+ внутрь клетки. Вклад в создание ПП – 10%. Потребляет 30% АТФ в покое.

2. Избирательная проницаемость мембраны для различных ионов (через каналы утечки) – $P_K : P_{Na} : P_{Cl} = 1 : 0{,}04 : 0{,}45$. Выход K^+ из клетки и вынос «+» заряда. Анионы (белки, аминокислоты, фосфаты) выходить не могут и создают «-» заряд на внутренней стороне клеточной мембраны.

K^+ - главный ион, обеспечивающий формирование ПП.

Уравнение Нернста для расчета равновесного потенциала для K^+:

$$V = \frac{R \cdot T}{F \cdot Z} \cdot \ln \frac{Co}{Ci} = -90 \text{ мВ}$$

V – равновесный потенциал (в Вольтах) иона – это такая величина мембранного потенциала, который установился бы по обе стороны клеточной мембраны, если бы она стала избирательно проницаема только для данного иона;

R – газовая постоянная (2 кал/м/°К); T – абсолютная температура (°К) (273+37=310°); F – постоянная Фарадея ($2{,}3 \cdot 10^4$ кал/В/м); Z – валентность иона (для K^+ =1); ln – натуральный логарифм; C_0 – концентрация катионов (K^+) снаружи, во внешней среде (outside); C_i – концентрация катионов (K^+) внутриклеточно; C_0/C_i = 1/35 для K^+.

Уравнение постоянного поля Голдмана:

$$V = \frac{R \cdot T}{F} \cdot \ln [(P_K \cdot K_0 + P_{Na} \cdot Na_o + P_{Cl} \cdot Cl_i + P_X \cdot X)/(P_K \cdot K_i + P_{Na} \cdot Na_i + P_{Cl} \cdot Cl_0 + P_X \cdot X)]$$

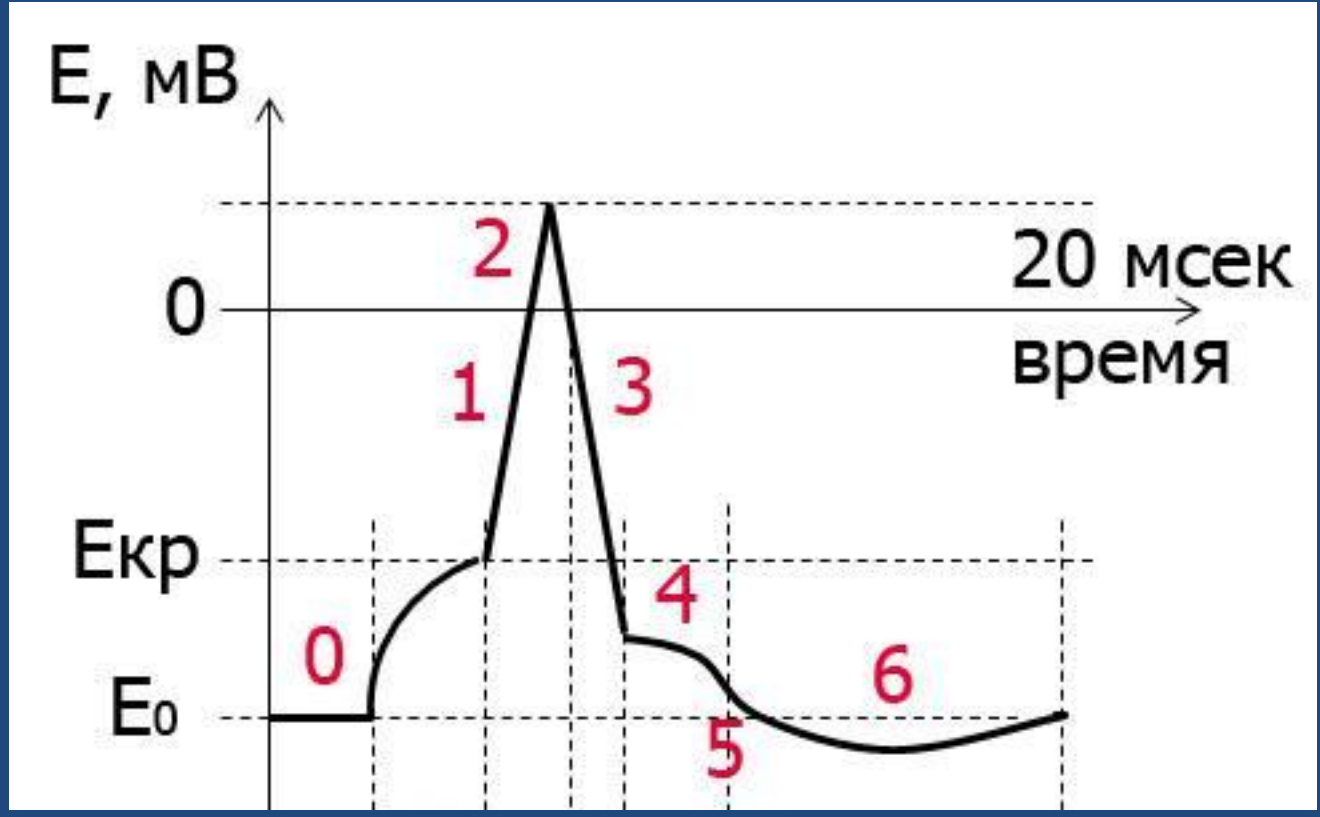
3. Работа Na^+ - K^+ насоса. За один цикл работы – перенос трех ионов Na^+ за пределы клетки и двух ионов K^+ внутрь клетки. Вклад в создание ПП – 10%. Потребляет 30% АТФ в покое.

Потенциал действия – это кратко-временное высокоамплитудное колебание разности потенциалов мембраны возбудимой клетки, сопровождающееся изменением знака её заряда и вызываемое действием пороговых и сверхпороговых раздражителей.

Признак ПД - появление кратковременной инверсии (перемены) знака заряда на мембране.

Снаружи он на короткое время (0,3-2 мс) становится отрицательным, а внутри – положительным.

Величина инверсии может составлять до 30 мВ, а величина (амплитуда) всего потенциала действия 60-130 мВ.



ПД подразделяется на 2 большие фазы:

- Деполяризации
- Реполяризации

- Деполяризация – уменьшение электроотрицательности внутренней стороны мембраны, на графике вся восходящая часть, выделяют медленную деполяризацию от E_o до $E_к$ (соот ЛО), быструю деполяризацию (от $E_к$ до 0 мв и инверсии знака заряда (от 0мв до пика ПД)

- Реполяризация – нисходящая часть ПД, которая отражает процесс восстановления исходной поляризации мембраны (исходного потенциала). Выделяют: А) быструю реполяризацию от пика до -55 мВ, где скорость реполяризации снижается – Б) следо-вая отрицательность; В) следовую положительность (гиперполяризацию)

- Гиперполяризация – увеличение электроотрицательности внутренней стороны мембраны, от E_0 в сторону увеличения заряда внутренней мембраны по модулю (в нейронах)

Механизм возникновения ПД:

Важнейшая роль – ионы Na и К.

При действии на клетку электрического тока он вызывает деполяризацию ее мембраны и, когда заряд мембраны уменьшается до критического уровня Екр, открываются потенциалзависимые натриевые каналы. Эти каналы образованы встроенными в мембрану белковыми молекулами, внутри которых имеется пора и два воротных механизма. Один из воротных механизмов (активационный) обеспечивает открытие (активацию) канала при деполяризации мембраны, а второй – его инактивацию, при перезарядке мембраны.

Оба механизма быстро изменяют положение ворот канала поэтому потенциалзависимые натриевые каналы являются быстрыми ионными каналами.

Чтобы ПЗИК мог пропускать Na внутрь клетки необходимо открыть лишь активационные ворота, поскольку инактивационные в условиях покоя открыты. Это происходит когда деполяризация мембраны достигает Е кр.

Открытие активационных натриевых ворот приводит к лавинообразному вхождению натрия внутрь клетки, по электрохимическому градиенту. Поскольку ионы натрия несут положительный заряд, то они снижают электроотрицательность внутренней стороны мембраны (деполяризация) и перезаряжают ее (инверсия) с отрицательной на положительно заряженную.

Однако натриевые каналы остаются открытыми 0.5 мсек, а через это время закрываются инактивационные ворота каналов и они натриевые каналы становятся непроницаемыми для натрия.

С момента деполяризации наблюдается также открытие и калиевых каналов. Ионы калия по градиенту концентрации выходят из клетки, вынося положительный заряд. Однако воротный механизм калиевых каналов является медленным и скорость выхода положительных зарядов с ионами калия из клетки наружу запаздывает по отношению ко входу натрия. Поток ионов калия удаляя из клетки избыток положительных зарядов, обусловливает ее реполяризацию и восстановление на мембране ПП.

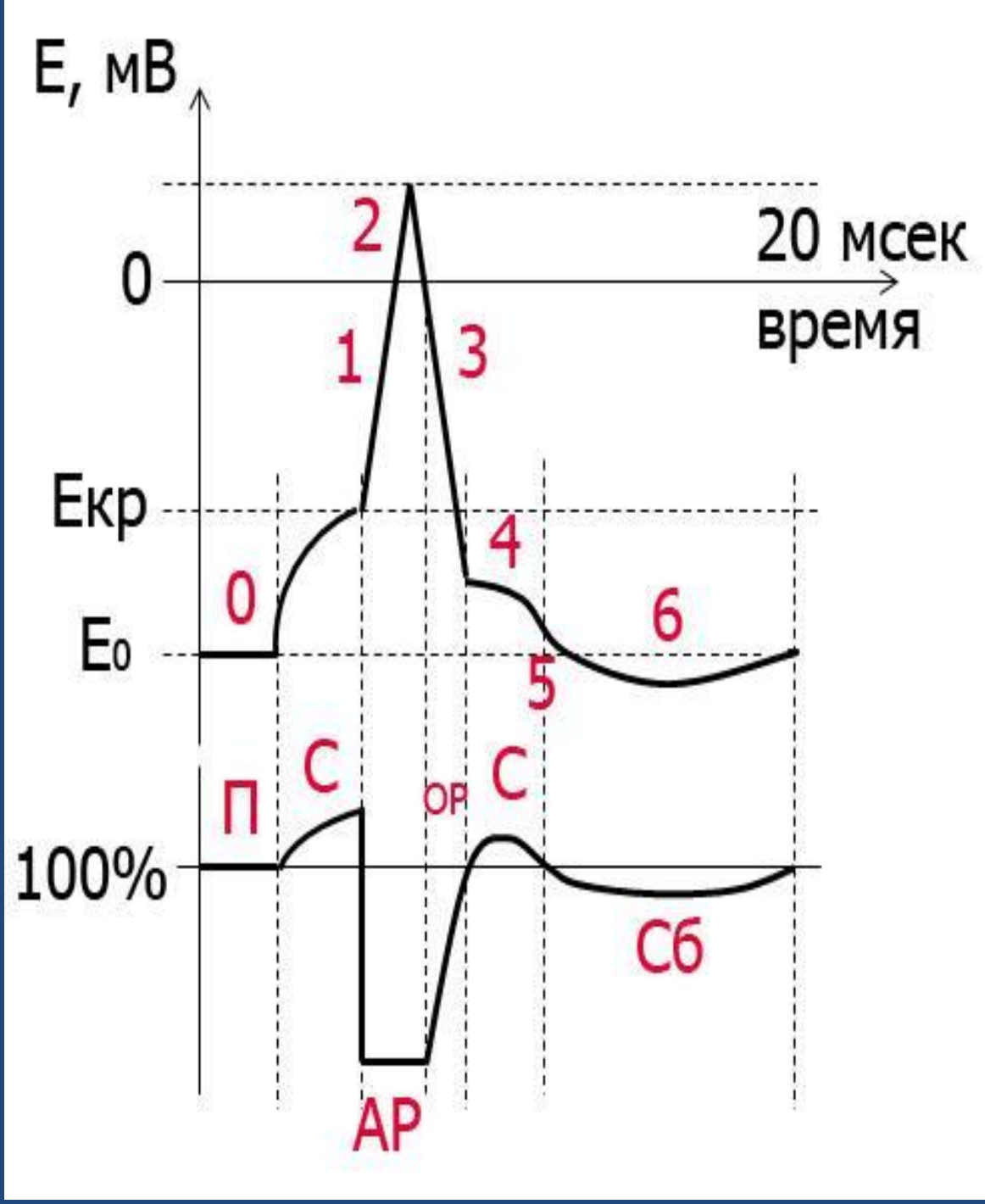
Схема ворот и натриевой и калиевой проницаемости

4

- Изменение возбудимости мембраны в различные фазы одиночного цикла возбуждения. Рефрактерность.

0 – ПП
1 – деполяризация
2 – инверсия
3 – реполяризация
4 – медл реполяризация
5 – быстрая реполяризация
6 – гиперполяризация

П – ПП 100% возбудимость
С – супернормальная возбудимость
АР – абсолютная рефрактерность
ОР – относительная рефрактерность
Сб – субнормальная



6

- Рецепция: определение понятия. Биологическое значение. Рецептор: определение понятия, структура, виды. Морфологическая особенность клеточных и сенсорных рецепторов, их функции.

Рецепция (от лат. receptio — принятие) - это восприятие и преобразование (трансформация) механических, термических, электромагнитных, химических и других раздражителей в нервные сигналы в сенсорных рецепторах или преобразование этих сигналов в ответную реакцию клеток-мишеней, с участием клеточных рецепторов.

Информация - это обозначение содержания сигналов (сообщений), полученных из внешнего мира в процессе приспособления к нему нас и наших органов чувств.

Сигнал – это разнообразные виды вещества и энергии, передающие информацию.

Основные категории информационных сигналов.

Химической природы:

- молекула вкусовых веществ;
- молекулы пахучих веществ;
- гормоны;
- нейромедиаторы;
- цитокины;
- факторы роста;
- эйкозаноиды и другие вещества

Физической природы:

- свет, звук, давление, температура, электрические потенциалы.

Физико-химической природы:

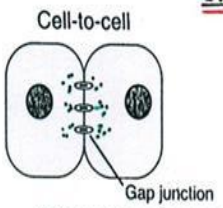
- Осмотическое давление, напряжение O_2 (pO_2), напряжение CO_2 (pCO_2), концентрация некоторых ионов.

Сигналы, обозначающие сложные события:

- сочетание звуков, цветов, запахов;
- слово, как сигнал сигналов.

Коммуникационные виды межклеточных контактов

1. Каналы щелевых контактов



Примеры физиологической роли:

- прямая передача сигналов электрической и химической природы между клетками миокарда; матки и других гладкомышечных тканей; нервной ткани.

Нарушение передачи сигналов:

- играет роль в патогенезе развития сердечной недостаточности; слабости сокращения матки.

цитоз;

- тормозное влияние инсулина, секретируемого β-клетками островков поджелудочной железы на дальнейшую секрецию инсулина этими клетками.

Нарушение передачи сигналов:

- опухолевые клетки могут синтезировать и экскретировать различные онкогенные вещества, которые связавшись с рецепторами на поверхности этих клеток стимулируют их рост, деление и способствуют неуправляемому росту опухолей.

Нарушение сигнализации в любом из звеньев:

- лежит в основе патогенеза многих заболеваний под названиями: нейроэндокринные, нейро- иммуноэндокринные, психонейроэндокринн нейроиммунные и т. д.

3. Паракриния

ы физиологической роли:

- влияние нейромедиаторов на постсинаптическую клетку;
- влияние инсулина на секрецию глюкагона;
- влияние эйкозаноидов на сокращение гладкомышечных клеток, мобилизацию Ca^{++}, секрецию гормонов, репродукцию;
- влияние факторов роста, интерлейкинов на клеточный цикл.

ние паракринной сигнализации:

- имеет прямое отношение к патогенезу развития воспаления; нарушениям иммунного ответа; патогенезу заболеваний сосудов, органов дыхания, ЖКТ и др.

ргуляция использования энергии;
ргуляция роста и развития;
ргуляция репродукции и др.

е сигнализации в любом из звеньев:

имеет прямое отношение к развитию большого числа эн- докринных заболеваний.

низмы сознания, мышления, речи, памяти и др.; регуляция и интеграция практически всех функций организма.

Нарушение сигнализации:

- число примеров необъятно. Это сенсорные и моторные нарушения; психические заболевания; психосоматические и многие другие виды патологии.

Рецепторы

Клеточные рецепторы

Сенсорные рецепторы

Рецептор – это генетически детерминированные макромолекулярные сенсоры (белки, глико-, липопротеины), локализованные в специализированных частях клетки (плазматическая мембрана, цитоплазма, ядро).

Предназначены:

-для специфического взаимодействия с сигналами химической или физической природы;

-для восприятия, трансформации и передачи информации, заключенной в сигналах на пострецепторные структуры;

- для инициации каскада биохимических и/или физико-химических процессов, составляющих основу конкретной ответной реакции клетки-мишени на воспринятый сигнал.

Классификация рецепторов.

Мембранные рецепторы:

- **7 ТМС рецепторы (7-TMSRs)**
- **1 ТМС рецепторы (1-TMSRs)**
  - рецепторы со свойствами гуанилатциклазы
  - рецепторы со свойствами тирозинкиназы
  - рецепторы, взаимодействующие с тирозинкиназами
  - рецепторы со свойствами протеинфосфатаз
  - рецепторы со свойствами CEP/TPE протеинкиназ
- **Ионные каналы**
  - **лигандзависимые (ЛЗИК)**
  - потенциалзависимые (ПЗИК)
  - щелевые контакты

Внутриклеточные рецепторы:

- цитозольные
- ядерные

7 ТМС рецепторы (более 250 видов).

7-TMSRs – 7 trans-membrane segment receptors или GPCRs – G- protein-coupled receptors рецептор ассоциированный с G- белком.

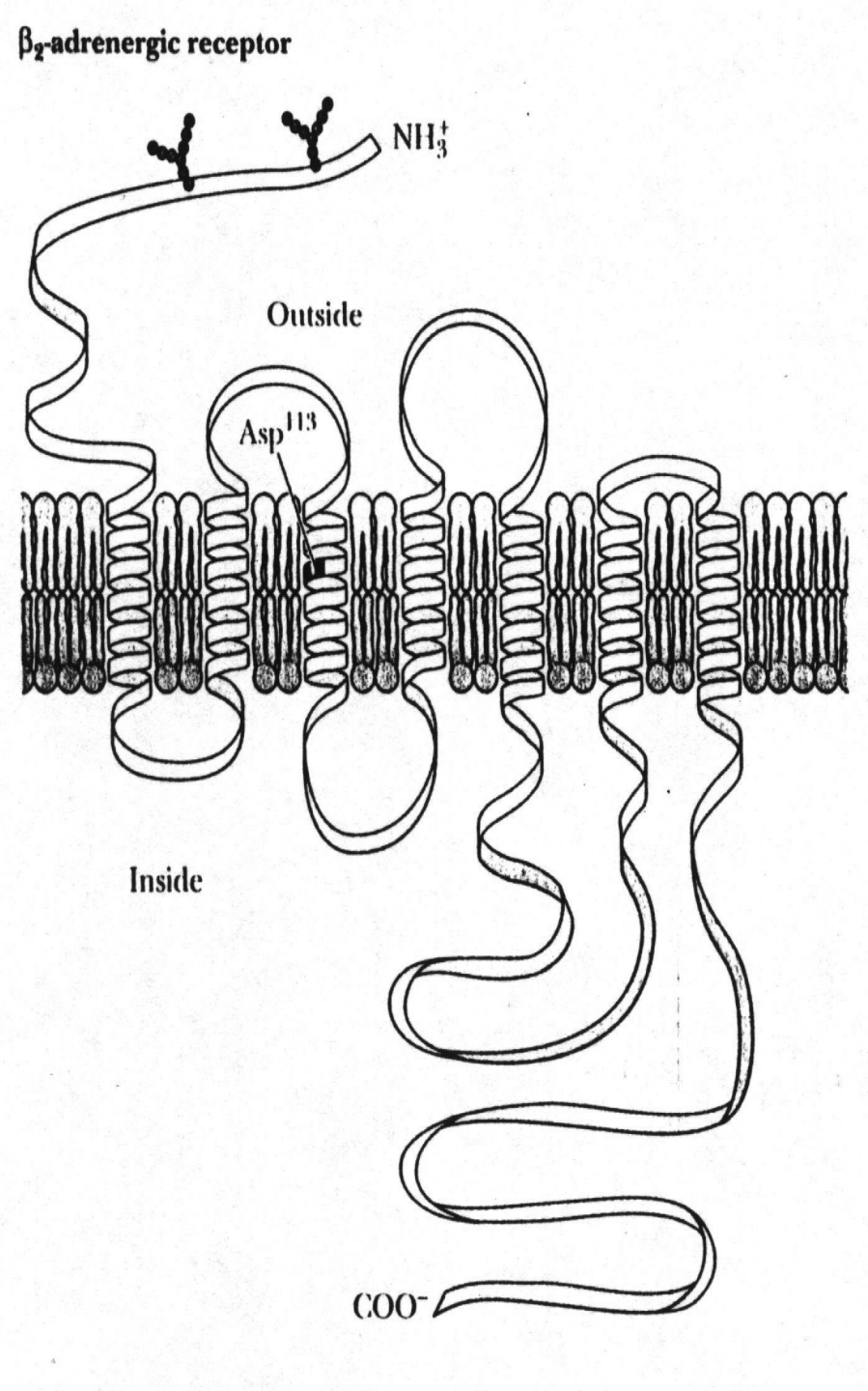
-Это белковые макромолекулы, формирующие внеклеточную, трансмембранную и внутриклеточную части рецептора.

Лиганды: адреналин, норадреналин, ацетилхолин

- Внеклеточная часть представлена гидрофильными петлями, с которыми взаимодействуют лиганды

- Трансмембранная часть представлена семью спиральными сегментами белковой макромолекулы, вплетенными в структуру липидного слоя, может выполнять функцию распознавания и связывания с лигандом.

- Внутриклеточная часть представлена гидрофильными петлями, погруженными в цитоплазму и связана с G-белком.



- Важнейшая функция G- белка – дальнейшая передача внеклеточного сигнала на пострецепторные структуры, с помощью которых формируется ответ клетки на воспринятый сигнал.

(Ад) НА → β-адр. → Gs → ↑ АЦ → цАМФ → ПКА → ↑ ЧСС

гликогенолиз

липолиз

Gs - джи белок стимулирующая субъединица

Gi – джи белок ингибирующая субъединица

цАМФ – циклический аденозинмонофосфат (второй, вторичный посредник, мессенджер)

АЦ – аденилатциклаза, фермент превращает АТФ в цАМФ

β адренорецептор

ПКА – протеинкиназа А – переносчик фосфатной группы в которой закодирована информация от цАМФ до исполнительных структур клетки

ЧСС – частота сокращения сердца

Гликогенолиз (англ. glycogenolysis)- биохимическая реакция, протекающая главным образом в печени и мышцах, во время которой гликоген расщепляется до глюкозы и глюкозо-6-фосфата.

Липо́лиз — процесс расщепления жиров

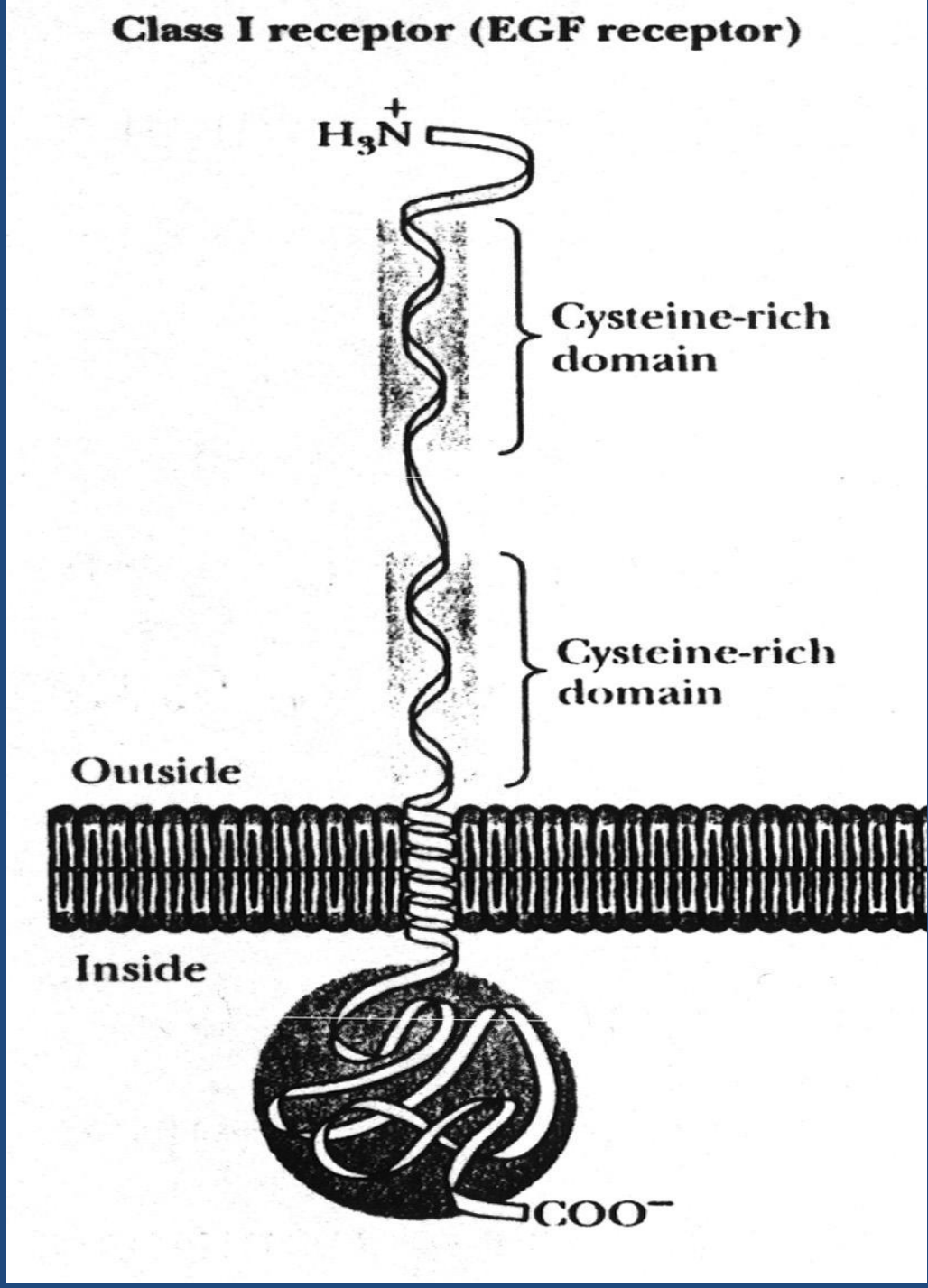
1 TMC - (1 TMSRs – single transmembrane segment receptors)

Белковая макромолекула, состоящая из трех частей: внеклеточного домена, одного трансмембранного сегмента и внутриклеточного домена.

Лиганды: инсулин, факторы роста, цитокины

- Внеклеточный домен узнает и связывает молекулу-лиганд.

- Внутриклеточный домен **не связан** с G-белком и сам проявляет каталитическую активность в ответ на образование лиганд-рецепторного комплекса или активирует внутриклеточный фермент



ЛЗИК – лиганд зависимый ионный канал – формируется белковыми макромолекулами, которые одновременно выполняют функцию ионных каналов и рецепторную.

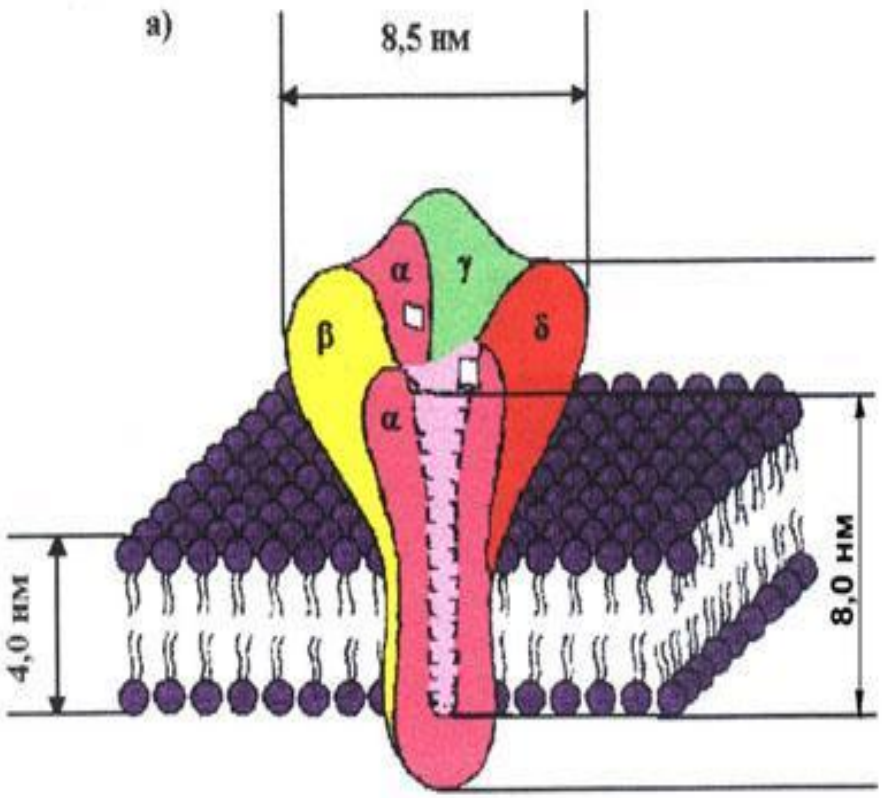
ЛЗИК открываются при взаимодействии рецепторной части с лигандом (сигналом). Изменяют проницаемость для Na^+ и K^+ , для K^+, для Cl^-

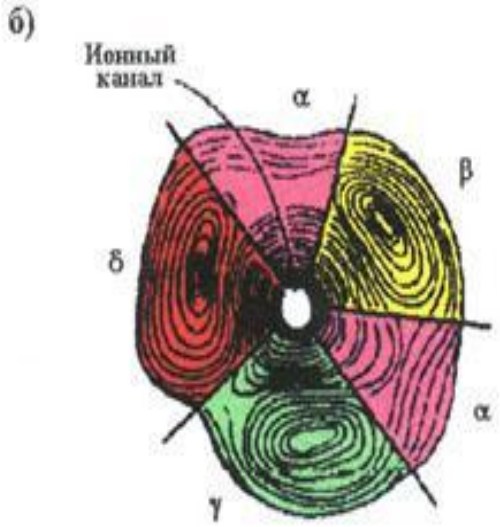
Локализованы:

-в постсинаптических мембранах нервных клеток

-в постсинаптических мембранах мышечных клеток

Лиганды: ацетилхолин, глутамат, аспартат, гамма-аминомасляная кислота (ГАМК), глицин, (G-белок, ИФ3 – инозитолтрифосфат со стороны внутренней мембраны или внутриклеточных органелл).





Внутриклеточные (цитозольные и ядерные) рецепторы.

Лиганды – молекулы гидрофобной природы, легко проникают в клетку через плазматическую мембрану:

- Стероидные
- Тиреоидные
- Витамин D_3
- Ретиноевая кислота

Цитозольные рецепторы стероидных гормонов представлены белками цитоплазмы клетки, которые в отсутствие лиганда связаны с белками теплового шока.

В цитоплазме стероидные гормоны вступают во взаимодействие с рецепторами вытесняя белки теплового шока, рецептор активируется, изменяет свою конформацию и образовавшийся комплекс гормон-рецептор легко проникает через ядерную мембрану. В ядре гормон вступает во взаимодействие с ДНК и регулирует экспрессию определенных генов.

Рецепторами тиреоидных гормонов являются негистоновые белки, непосредственно в ядре клетки. Тиреоидные гормоны связываются с рецептором локализованным в ядре регулируют транскрипционную активность генов.

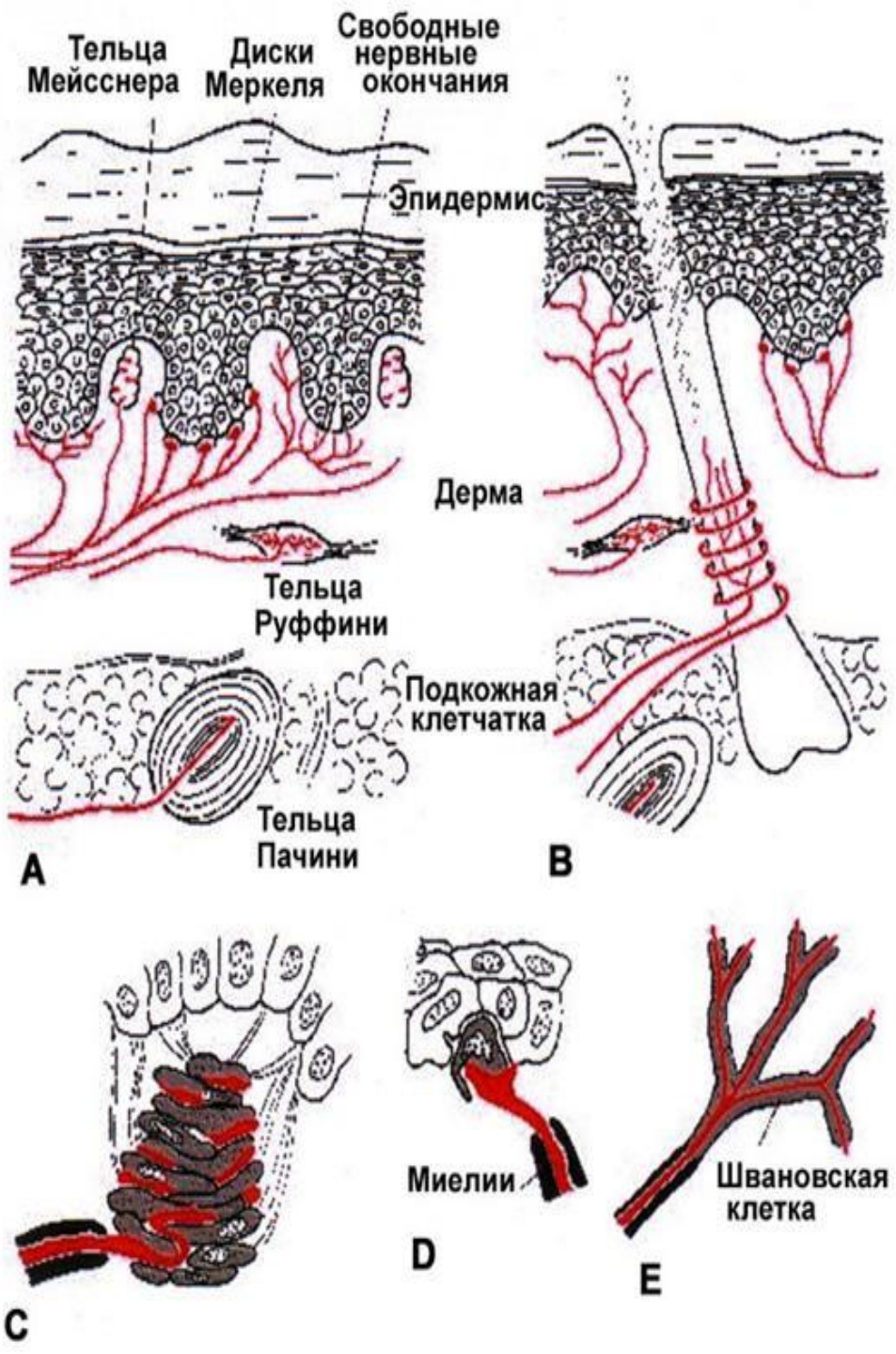
7

- Понятие о сенсорных рецепторах. Общие механизмы рецепции. Кодирование информации в рецепторах. Рецепторный и генераторный потенциал. Адаптация рецепторов.

Сенсорные рецепторы - это специализированные чувствительные клетки или нервные окончания чувствительных нейронов,

которые **воспринимают, преобразуют (кодируют),**

и **передают** информацию о раздражителе в ЦНС.



- Одной из общих особенностей механизмов восприятия и преобразования информационных сигналов в сенсорных рецепторах является то, что независимо от природы сигналов и типа рецепторов все виды сигналов преобразуются в колебания биопотенциалов на рецепторной мембране (рецепторный потенциал), а затем в потенциал действия нервных волокон.

КЛАССИФИКАЦИЯ СЕНСОРНЫХ РЕЦЕПТОРОВ (СР)

По характеру ощущения	Тепловые, холодовые, болевые.
По природе воспринимаемых сигналов и их адекватности	Механорецепторы, термо-, хемо-, фото-, баро-, осмо-.
По месту расположения в организме	Экстерорецепторы, интерорецепторы, проприорецепторы
По способности активироваться одним или несколькими видами сигналов	Мономодальные, полимодальные
По расположению источника воспринимаемых сигналов	Контактные, дистантные
По порогу раздражения	Низкопороговые, высокопороговые
По скорости адаптации	Быстро адаптирующиеся, медленно адаптирующиеся, неадаптирующиеся
По отношению к различным моментам воздействия (активация в начале, в конце, в начале и конце)	“On” - рецепторы, “off”- рецепторы, “on-off”-рецепторы
По морфологии и механизму возникновения возбуждения	Первичночувствующие 1, 2; Вторичночувствующие 3, 4.

СТРУКТУРА сенсорных рецепторов.

Они формируются:

)свободными нервными окончаниями дендритов чувствительных нейронов (болевые рецепторы, терморецепторы);

2) несвободными (инкапсулированными) нервными окончаниями дендритов (механорецепторы – тельца Пачини, колбы Краузе, тельца Мейснера);

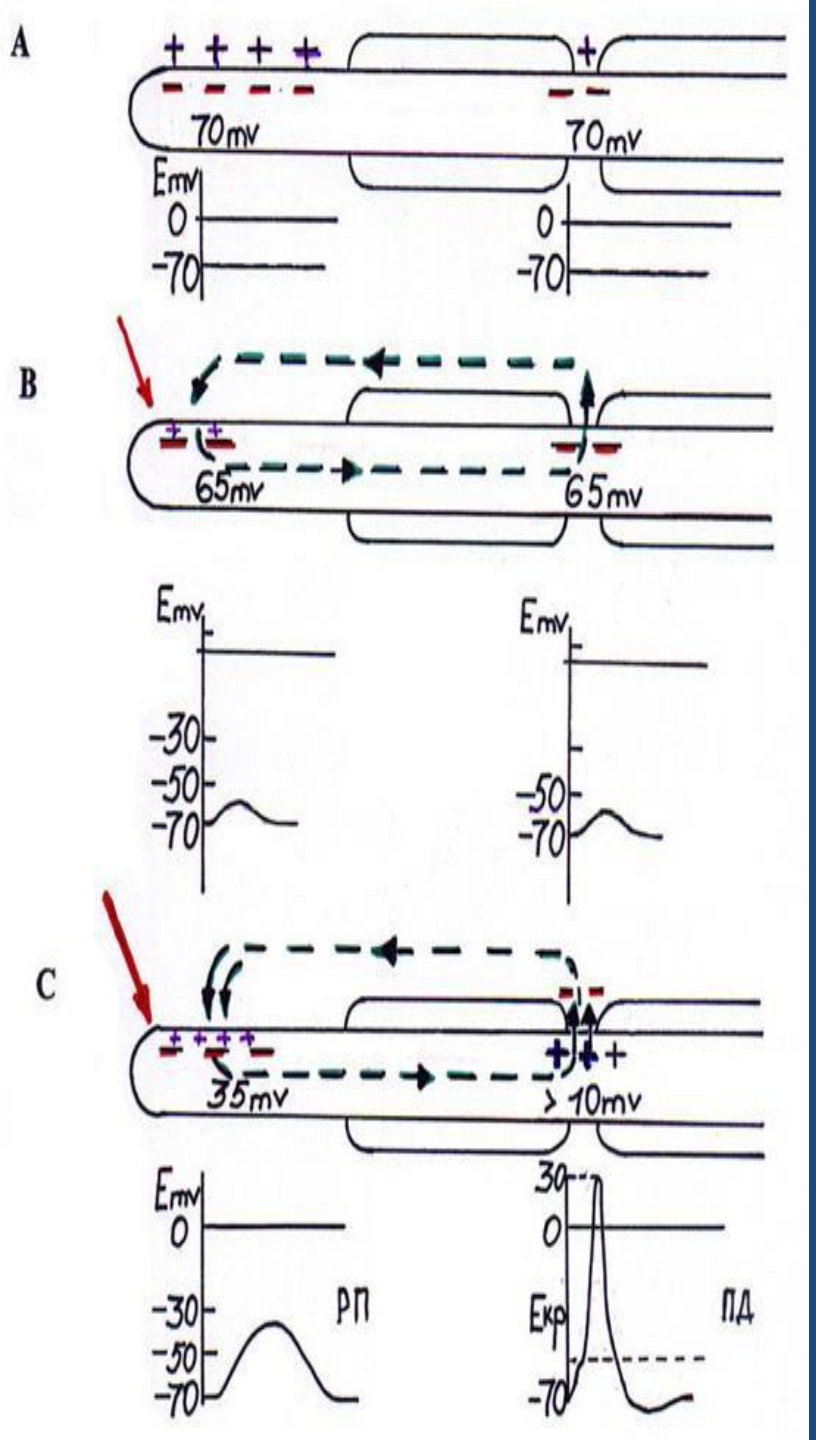
3) нейросенсорными клетками (сенсорные нейроны – обонятельные клетки; фоторецепторы сетчатки);

4) сенсоэпителиальными клетками (специализированные клетки эпителия - слуховые, вкусовые, гравитационные рецепторы).

ФУНКЦИИ СЕНСОРНЫХ РЕЦЕПТОРОВ (СР)

Восприятие действия сигналов (раздражителей) и преобразование их энергии в электрические рецепторные потенциалы (РП).

Преобразование этих РП в нервные импульсы (ПД) для информирования ЦНС об изменениях во внешней или внутренней среде организма.



Формирование РП. Тельца Фаттер-Пачини, капсула этих телец покрывает не миелинизированное нервное окончание, окружая его концентрическими пластинками соединительной ткани, напоминающими своим строением луковицу.

Во время механического надавливания на капсулу тельца Пачини регистрируется деполяризация внутренней стороны мембраны нервного волокна. При этом, если величина давления будет постепенно увеличиваться, величина деполяризации будет нарастать пропорционально логарифму силы приложенного давления. Это изменение разности потенциалов на рецепторной мембране, наблюдающееся во время воздействия, получило название *рецепторного потенциала*.

Механизм возникновения рецепторного потенциала (РП)

При действии внешнего стимула на рецепторную клетку происходят конформационные изменения белковых молекул мембраны рецептора, вследствие чего проницаемость мембраны для ионов Na^+ . Под влиянием стимула происходит формирование «каналов утечки» (медленные натриевые каналы) и возникает рецепторный потенциал.

В первичночувствующих рецепторах при достижении РП порогового уровня генерируется ПД. Поэтому, РП называют генераторным потенциалом.

Во вторичночувствующих рецепторах РП распространяясь электротонически способствует выделению медиатора в синаптическую щель, который на постсинаптической мембране чувствительного нейрона вызывает деполяризацию и развитие генераторного потенциала (ВПСП). При достижении порогового уровня ВПСП приводит к развитию ПД.

Синапс

СИНАПС – структурное образование, обеспечивающее переход возбуждения с нервного волокна на иннервируемую им клетку.

КЛАССИФИКАЦИЯ СИНАПСОВ

1. По расположению

- Центральные (в ЦНС) (Аксосоматические аксоаксональные аксодендритические сомасоматические и др.)
- Периферические (за пределами ЦНС) Нервно-нервные(в вегет. ганглиях) Нервно-мышечные (ск. и гл. мышцы, сердце) Нервно-железистые (в железах) Мышечно-мышечные (гл. мышцы, сердце)

2. По способу передачи сигнала

- Электрические (гл. мышцы, сердце, ЦНС-до 1 %)
- Химические (с помощью нейромедиаторов). У человека основной вид синапсов.

3. По функции

- Возбуждающие
- Тормозные

4. По типу нейромедиатора

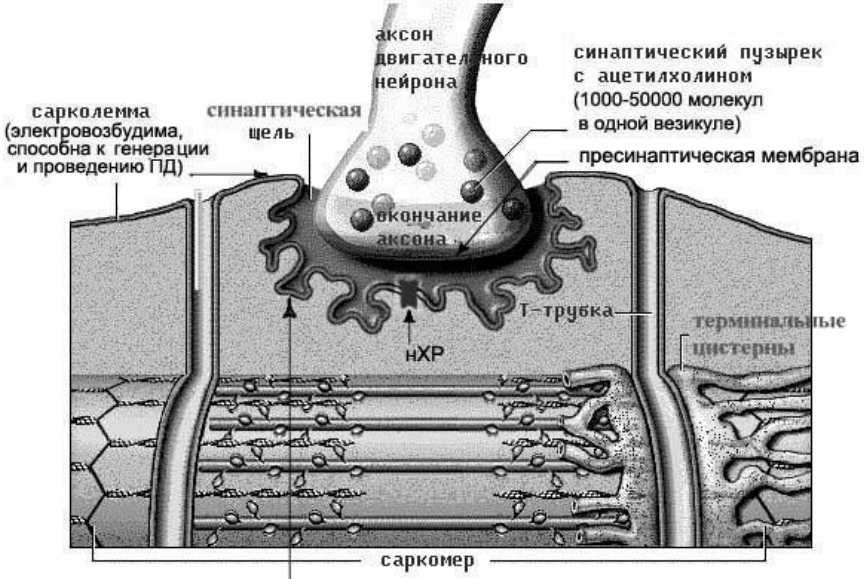
4.1.Холинергические (ацетилхолин)
4.2. Адренергические (норадреналин)
4.3. Серотонинергические (серотонин)
4.4. Дофаминергические (дофамин) и др.

СТРОЕНИЕ СИНАПСА.

1. Пресинаптическая мембрана – безмиелиновая мембрана, покрывающая нервное окончание. Электровозбудима.
2. Постсинаптическая мембрана (ПСМ) – часть мембраны иннервируемой клетки, прилежащая непосредственно к нервному окончанию. Хемовозбудима. ПСМ в нервно-мышечном синапсе скелетной мышцы называется – концевой пластинкой.
3. Синаптическая щель – область между пре- и постсинаптической мембранами.

ПЕРЕДАЧА ИНФОРМАЦИИ В СИНАПСАХ

В электрических – местные круговые электрические токи.
В химических – с помощью нейромедиаторов.



Постсинаптическая мембрана (концевая пластинка в нейро-мышечном синапсе скелетной мышцы), хемовозбудима, содержит лигандзависимые ионные каналы (Н-холинорецепторы), способна к генерации возбуждающих постсинаптических потенциалов (потенциалов концевой пластинки /в том числе, миниатюрных постсинаптических потенциалов концевой пластинки/)