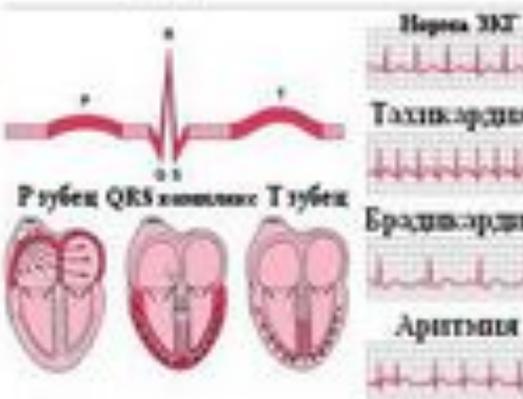
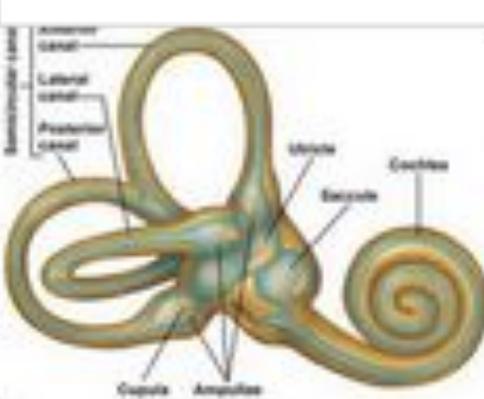
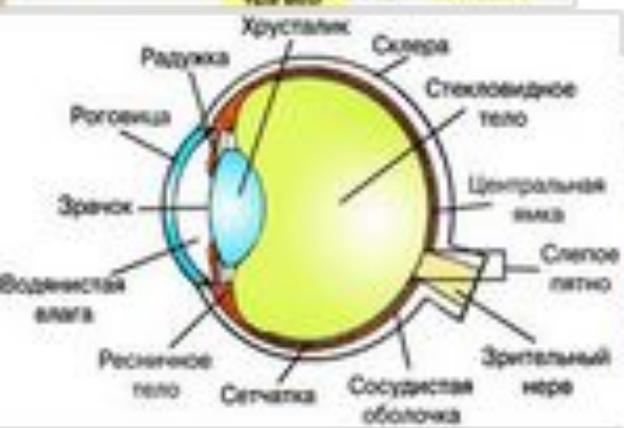
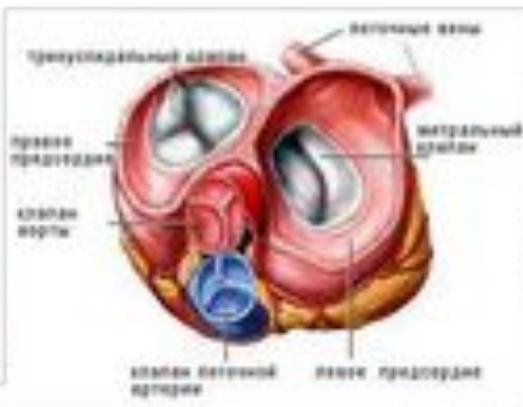
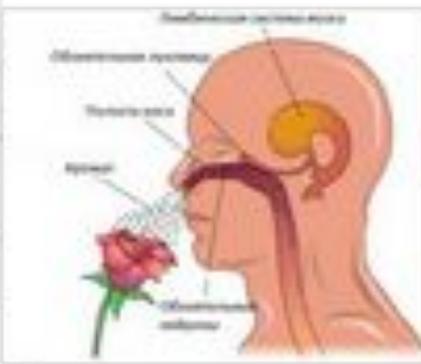
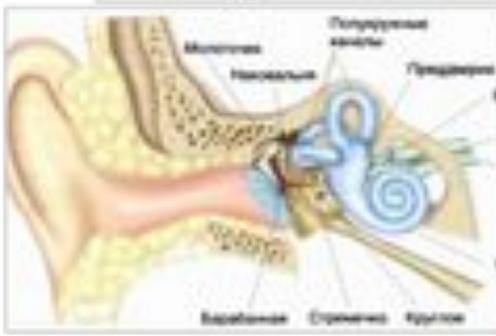
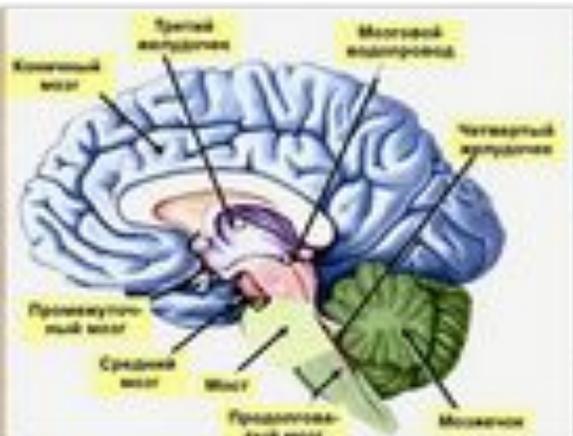
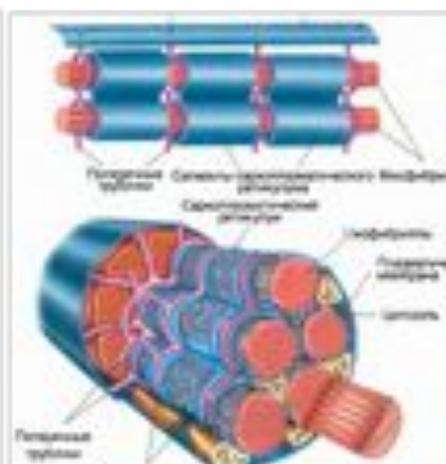
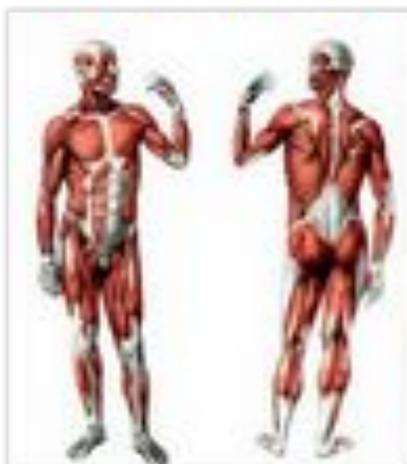
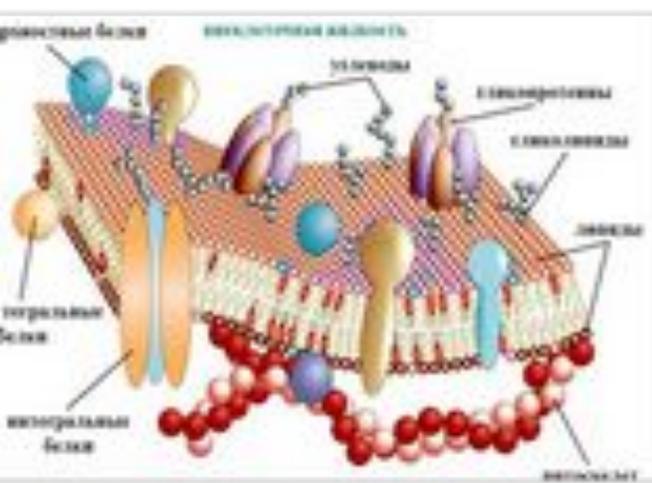


# Физиология с основами анатомии



# План лекции

## **Тема 3. Сенсорные системы. Анализаторы.**

1. Общие свойства сенсорных систем. Периферический, проводниковый, корковый отделы анализаторов.
2. Соматосенсорная система.
3. Болевая рецепция. (ноцицепция).
4. Анальгетики, анестетики.

# Общие свойства сенсорных систем

1. Высокая чувствительность к адекватному раздражителю
2. Многоуровневость
3. Многоканальность
4. Наличие «сенсорных воронок»
5. Иннерционность
6. Способность к адаптации
7. Наличие обратных связей – свойство функциональной мобильности
8. Взаимодействие сенсорных систем

# Анализатор (сенсорная система) -

Система, обеспечивающая восприятие, передачу и переработку информации о явлениях внешней и внутренней среды



# Функции сенсорных систем

Основной задачей сенсорной системы является **восприятие и анализ свойств раздражителей**, на основе которых возникают ощущения, восприятия, представления.

- Обнаружение и различение сигналов (рецепторы)
- Передача сигналов (нервные пути)
- Преобразование сигналов и кодирование информации (все слои НС в составе анализатора)
- Детектирование сигналов и опознание образов (кора головного мозга)

## Соматосенсорная система

- **Кожная чувствительность** (тактильная, температурная, болевая)
- **Висцеральная чувствительность** (механическая, температурная, химическая)
- **Проприоцептивная чувствительность**
- **Ноцицептивная чувствительность (?)**

Рецепторная поверхность **кожи** огромна (1,4—2,1 м<sup>2</sup>). В коже сосредоточено множество рецепторов, чувствительных к **прикосновению, давлению, вибрации, теплу и холоду, а также к болевым раздражениям.**

Их строение различно. Они локализуются на разной глубине кожи и распределены неравномерно.

Больше всего таких рецепторов в коже пальцев рук, ладоней, подошв, губ и половых органов.

У человека в коже с волосяным покровом основным типом рецепторов являются **свободные окончания нервных волокон.**

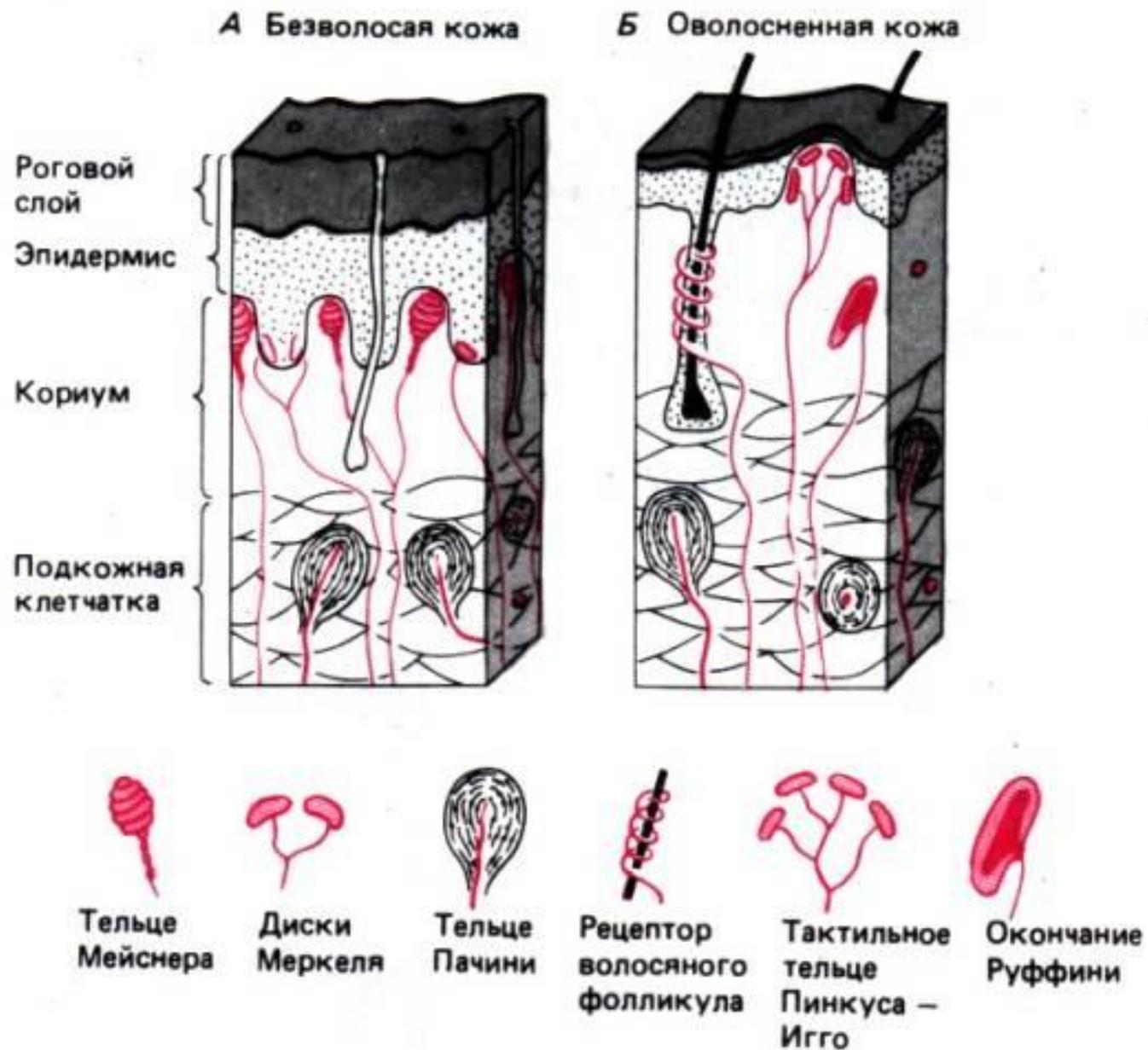
Эти окончания обеспечивают высокую чувствительность волос к **прикосновению.**

**диски Меркеля**- рецепторы прикосновения, образованные в нижней части эпидермиса контактом свободных нервных окончаний. Их особенно много в коже пальцев рук.

**тельца Мейсснера**- в коже, лишенной волосаного покрова. Они локализованы в сосочковом слое дермы пальцев рук и ног, ладонях, подошвах, губах, языке, половых органах и сосках молочных желез. Эти тельца имеют конусовидную форму, сложное внутреннее строение и покрыты капсулой.

**тельца Фатера—Пачини** (рецепторы давления и вибрации). Тоже инкапсулированными нервными окончаниями, расположенные более глубоко, являются пластинчатые тельца. Они есть также в сухожилиях, связках, брыжейке.

**колбы Краузе**- инкапсулированные нервные окончания луковиц. В соединительнотканной основе слизистых оболочек, под эпидермисом и среди мышечных волокон языка.



## **Теории кожной чувствительности.**

Показано наличие специфических рецепторов для 4 основных видов кожной чувствительности:

**тактильной,  
тепловой,  
холодовой и  
болевого.**

## **Механизмы возбуждения кожных рецепторов.**

Механический стимул приводит к деформации мембраны рецептора.

В результате этого электрическое сопротивление мембраны уменьшается, увеличивается ее проницаемость для  $\text{Na}^+$ .

Через мембрану рецептора начинает течь ионный ток, приводящий к генерации рецепторного потенциала.

При увеличении рецепторного потенциала до критического уровня деполяризации в рецепторе генерируются импульсы, распространяющиеся по волокну в ЦНС.

# Проводящие пути тактильной чувствительности



## Температурная рецепция.

Температура тела человека колеблется в сравнительно узких пределах, поэтому информация о температуре окружающей среды, необходимая для деятельности механизмов терморегуляции, имеет особо важное значение.

Терморецепторы располагаются в коже, роговице глаза, в слизистых оболочках, а также в ЦНС (в гипоталамусе).

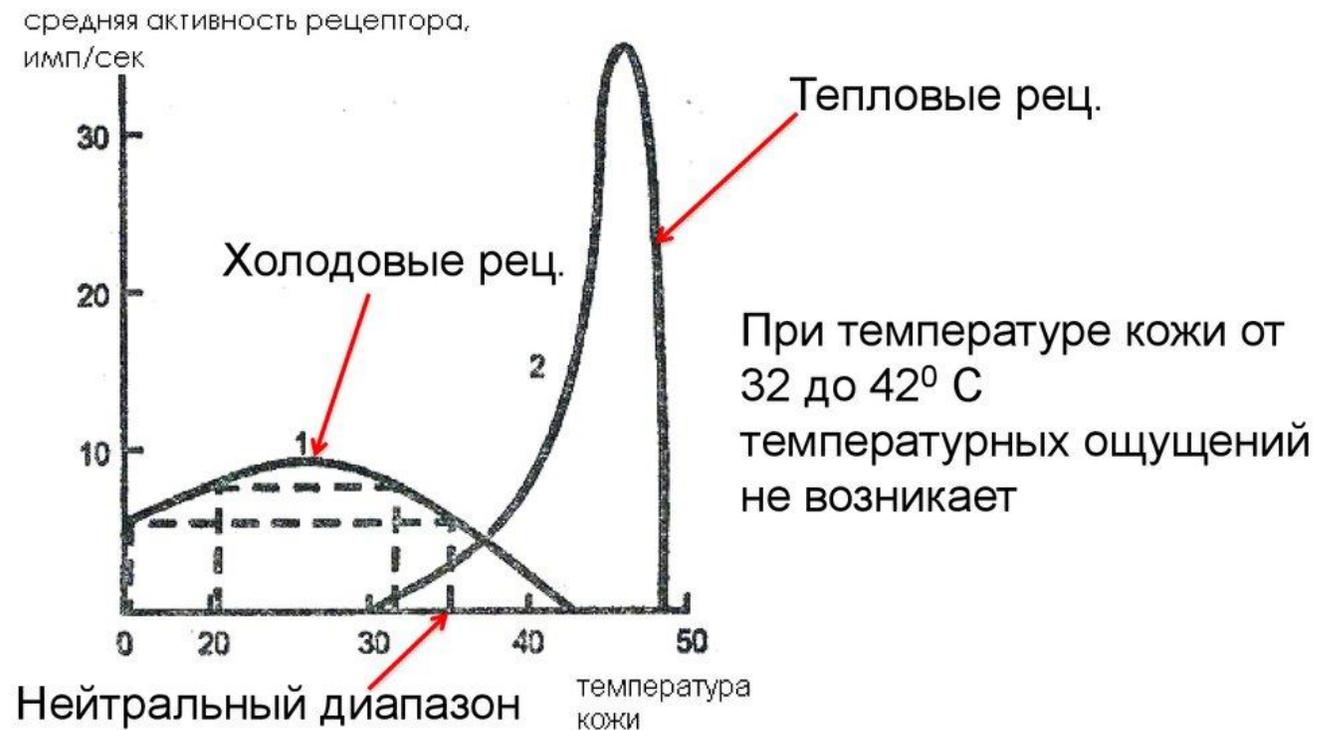
Они делятся на два вида: **холодовые** и **тепловые** (их намного меньше и в коже они лежат глубже, чем холодные).

Больше всего терморецепторов в **коже лица и шеи.**

Терморецепторы реагируют на изменение температуры повышением частоты генерируемых импульсов.

Повышение частоты импульсации пропорционально изменению температуры, причем постоянная импульсация у тепловых рецепторов наблюдается в диапазоне температуры от 20 до 50 °С, а у Холодовых — от 10 до 41 °С.

Дифференциальная чувствительность терморецепторов велика: достаточно изменить температуру на **0,2 °С**, чтобы вызвать длительные изменения их импульсации.



В мышцах содержится три типа специализированных рецепторов:

- первичные окончания мышечных веретен,
- вторичные окончания мышечных веретен
- и сухожильные рецепторы Гольджи.

Эти рецепторы реагируют на механические раздражения и участвуют в координации движений, являясь источником информации о состоянии двигательного аппарата организма.

**Мышечные веретена** расположены в толще мышцы. **веретена** - источник информации о длине мышцы и ее изменениях.

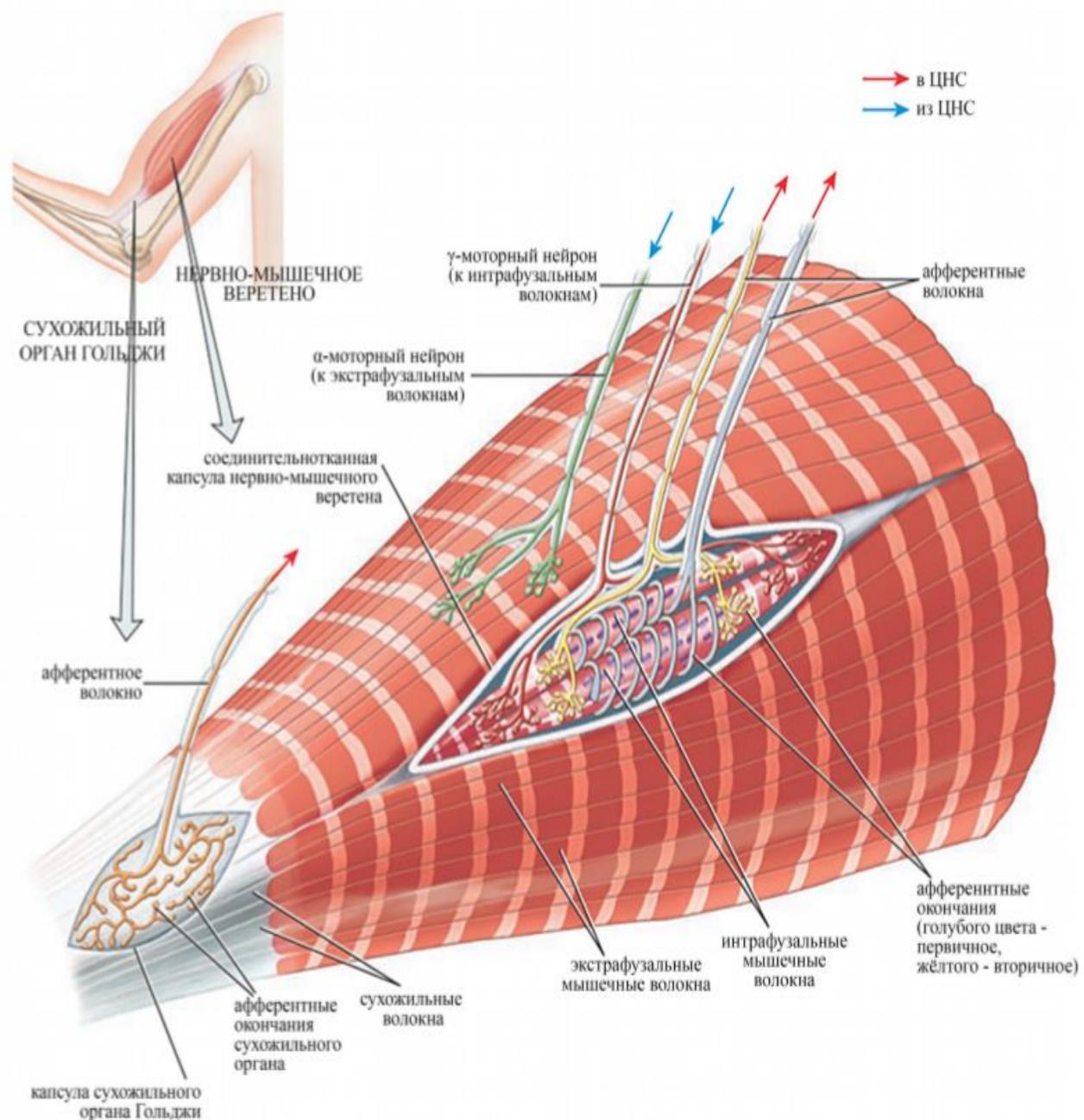
**Сухожильные рецепторы Гольджи** находятся в зоне соединения мышечных волокон с сухожилием и расположены последовательно по отношению к мышечным волокнам.

Сухожильные рецепторы возбуждаются при сокращении мышцы.

**сухожильные рецепторы** - источник информации о силе, развиваемой мышцей.

На спинальном уровне они через интернейроны вызывают торможение мотонейронов собственной мышцы и возбуждение мотонейронов мышцы-антагониста.

## Мышечная и суставная рецепция (проприорецепция).



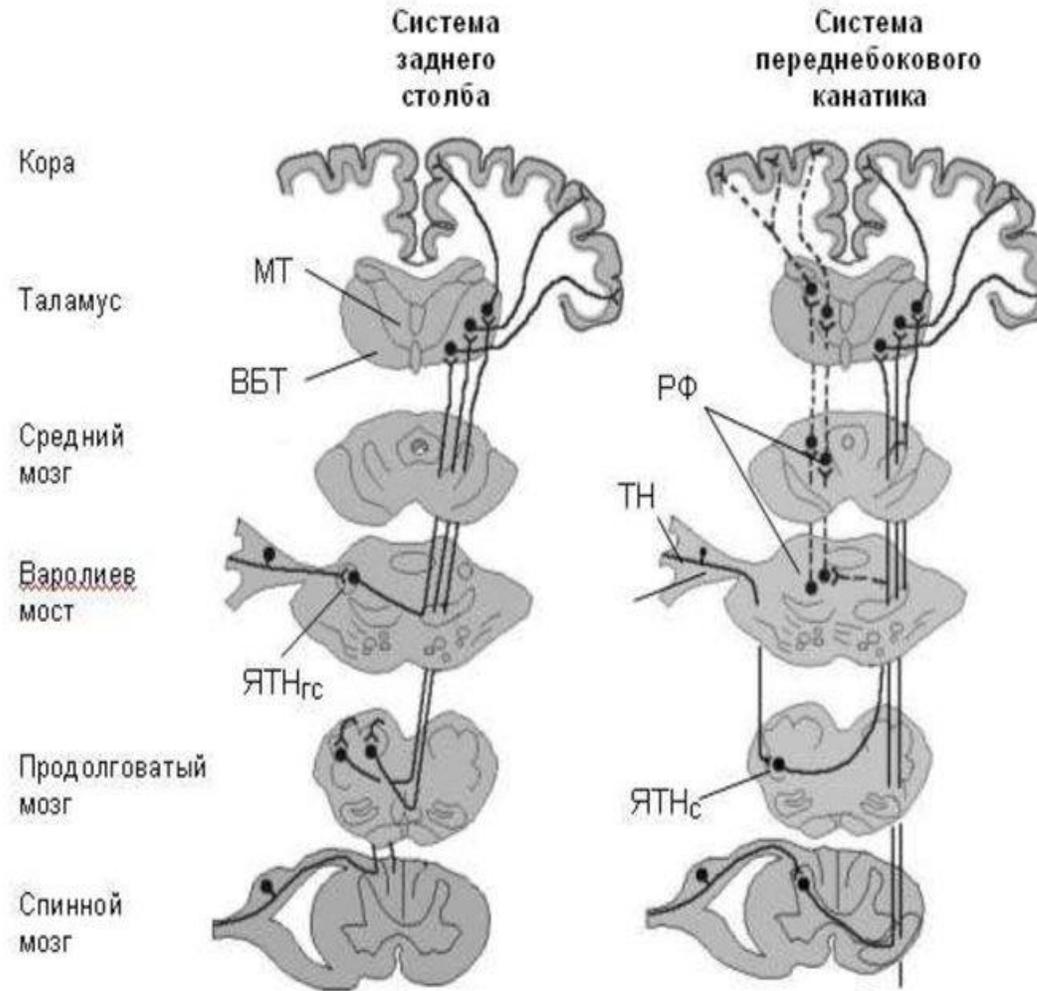
## Передача и переработка соматосенсорной информации.

Чувствительность кожи и ощущение движения обусловлены проведением в мозг сигналов от рецепторов по двум основным путям (трактам):

**лемнисковому и спинно-таламическому**, значительно различающимся по своим морфологическим и функциональным свойствам.

Существует и третий путь — **латеральный тракт Морина**, близкий по ряду характеристик к лемнисковой системе.

## Восходящие пути соматосенсорной системы



Сплошные линии - пути, организованные по соматотопическому принципу, пунктир – диффузные проекции; МТ – медиальный таламус, ВБТ – вентробазальный таламус, РФ – ретикулярная формация, ТН – тройничный нерв, ЯТН<sub>ГС</sub> – главное сенсорное ядро тройничного нерва, ЯТН<sub>С</sub> – спинальное ядро тройничного нерва

## Лемнисковый путь.

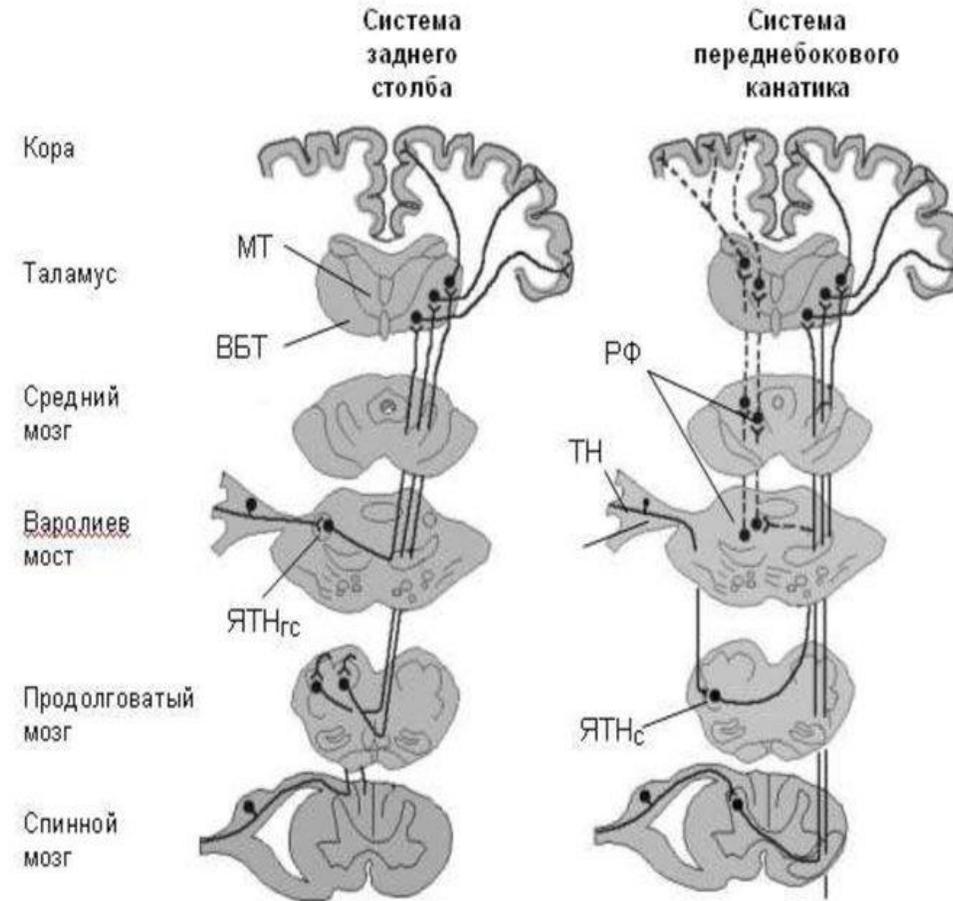
Он передает в мозг сигналы о прикосновении к коже, давлении на нее и движениях в суставах.

Отличительная особенность этого пути заключается в быстрой передаче в мозг наиболее точной информации, дифференцированной по силе и месту воздействия.

Первые нейроны этого пути находятся в спинномозговом узле, их аксоны в составе задних столбов восходят к **тонкому (ядро Голля) и клиновидному (ядро Бурдаха) ядрам** продолговатого мозга, где сигналы передаются на вторые нейроны лемнискового пути.

Часть волокон, в основном несущих сигналы от суставных рецепторов, оканчивается на **мотонейронах** сегментарного спинального уровня.

## Восходящие пути соматосенсорной системы



Сплошные линии - пути, организованные по соматотопическому принципу, пунктир – диффузные проекции; МТ – медиальный таламус, ВБТ – вентробазальный таламус, РФ – ретикулярная формация, ТН – тройничный нерв, ЯТН<sub>ГС</sub> – главное сенсорное ядро тройничного нерва, ЯТН<sub>С</sub> – спинальное ядро тройничного нерва

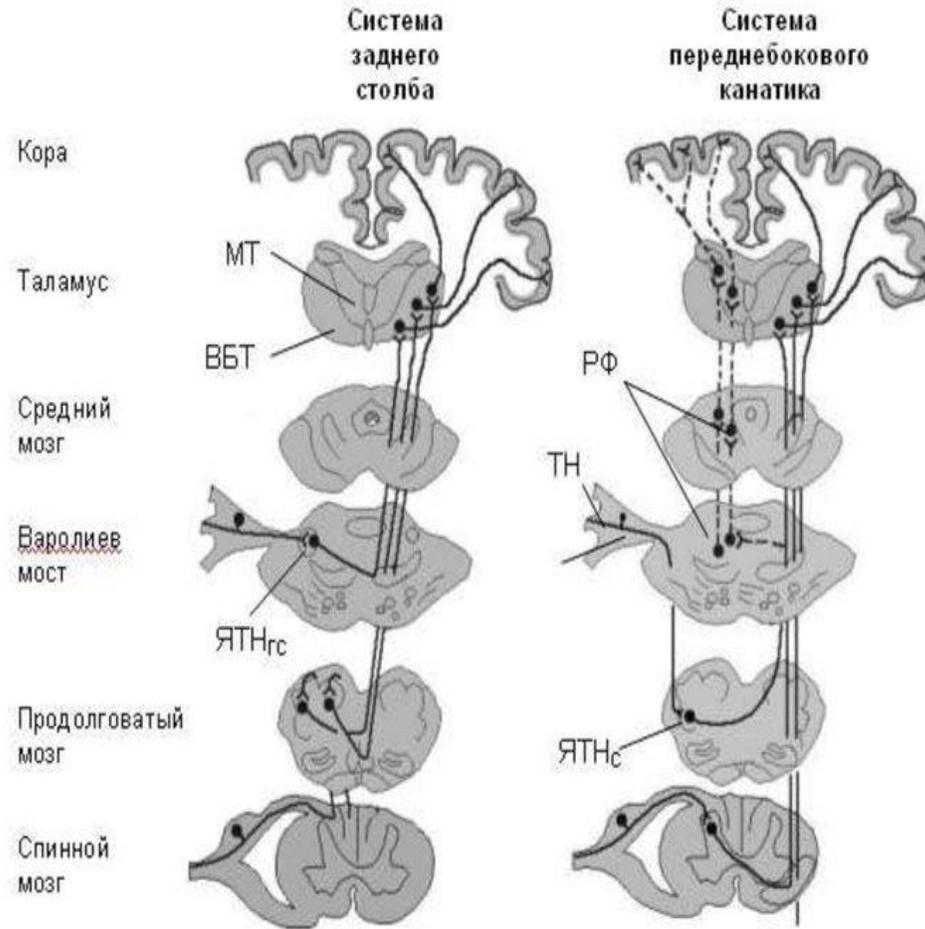
Проприоцептивная чувствительность передается в спинном мозге также по **дорсальному спинно-мозжечковому, спинно-цервикальному** и некоторым другим путям.

В **продолговатом мозге** в тонком ядре сосредоточены в основном вторые нейроны тактильной чувствительности, а в клиновидном ядре — вторые нейроны проприоцептивной чувствительности.

Аксоны этих нейронов образуют медиальную петлю и после перекреста на уровне олив направляются в специфические ядра таламуса — **вентробазальный ядерный комплекс**.

В этих ядрах концентрируются третьи нейроны лемнискового пути. Их аксоны направляются в **соматосенсорную зону коры большого мозга**.

## Восходящие пути соматосенсорной системы



Сплошные линии - пути, организованные по соматотопическому принципу, пунктир – диффузные проекции; МТ – медиальный таламус, ВБТ – вентробазальный таламус, РФ – ретикулярная формация, ТН – тройничный нерв, ЯТН<sub>ГС</sub> – главное сенсорное ядро тройничного нерва, ЯТН<sub>С</sub> – спинальное ядро тройничного нерва

## Спинно-таламический путь.

Его первые нейроны также расположены в спинномозговом узле, откуда они посылают в спинной мозг

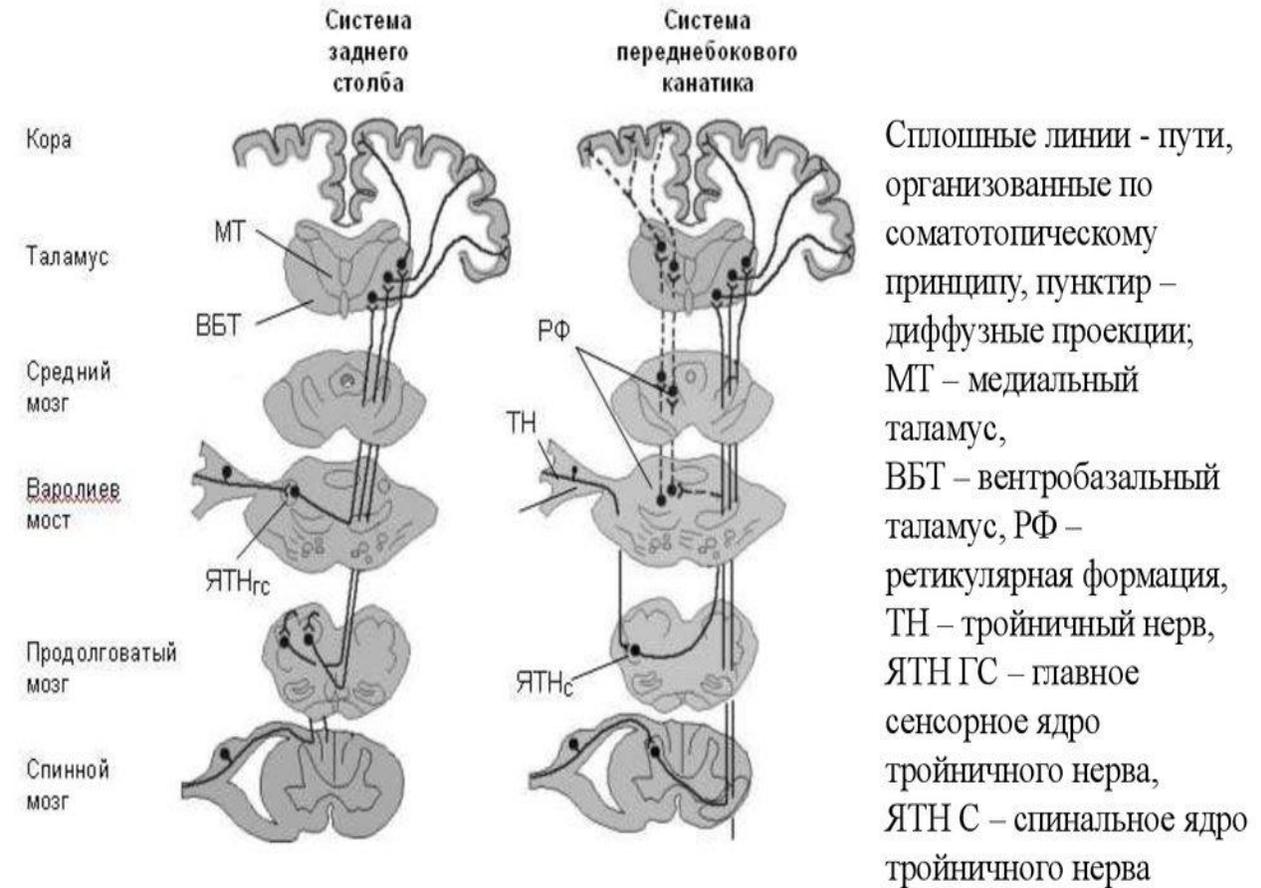
**медленнопроводящие немиелинизированные нервные волокна.**

Вторые нейроны данного пути локализуются в сером веществе спинного мозга, а их аксоны в составе **восходящего спинно-таламического пути** направляются после перекреста на спинальном уровне в **вентробазальный ядерный комплекс таламуса** (дифференцированные проекции), а также в **вентральные неспецифические ядра таламуса, внутреннее колленчатое тело, ядра ствола мозга и гипоталамус.**

Локализованные в этих ядрах третьи нейроны спинно-таламического пути лишь частично дают проекции в соматосенсорную зону коры.

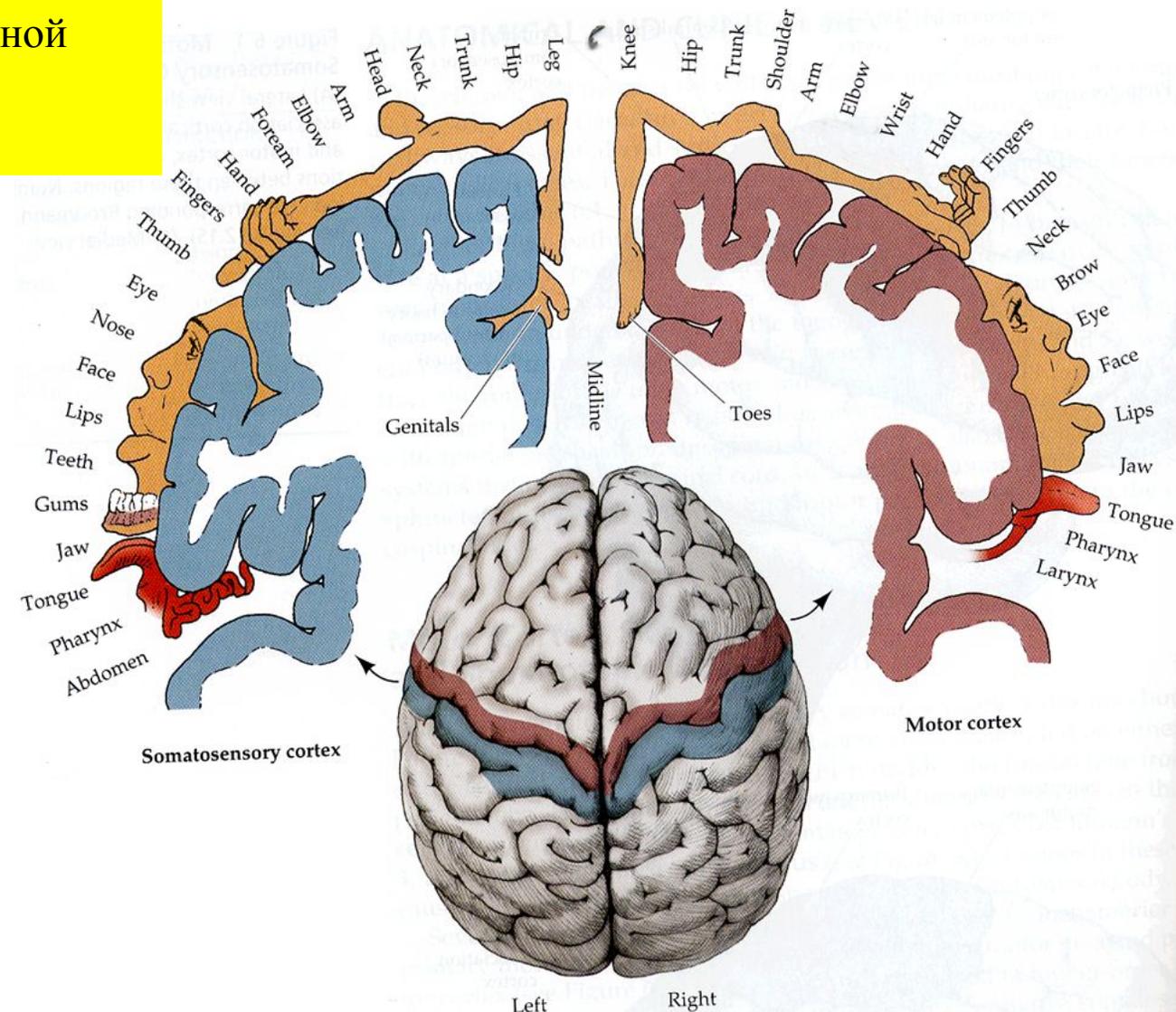
Спинно-таламический путь служит для передачи температурной, всей болевой и в значительной мере — тактильной чувствительности.

## Восходящие пути соматосенсорной системы



Для корковой части лемнискового пути характерна четкая **топографическая организация**, т. е. проекция кожной поверхности осуществляется в кору большого мозга по принципу «точка в точку».

При этом площадь коркового представительства той или иной части тела определяется ее функциональной значимостью: формируется так называемый **сенсорный гомункулус**.



## **Болевая рецепция (ноцицептивная).**

сигнализирует об опасности при действии любых чрезмерно сильных и вредных агентов.

### **Ощущение быстрой боли-**

возникает через 0,1 сек после действия стимула

- Режущая
- Пронизывающая
- Колющая
- Острая

(при проколе иглой, порезе, ожоге)

От болевых рецепторов в спинной мозг болевые сигналы передаются по волокнам **A $\delta$**  (6-30 м/с)

### **Ощущение медленной боли-**

возникает через 1 сек после действия стимула

- Жгучая
- Тупая
- пульсирующая
- Распирающая
- хроническая

(связана с разрушением ткани)

Передается по **C** волокнам (0,5-2 м/с)

### **Раздражители:**

- ✓ **Механические**
- ✓ **Термические**
- ✓ **Химические**  
(брадикин, серотонин, гистамин,  $K^+$ , молочная кислота, АХ, протеолические ферменты)

При **ноцицептивных** воздействиях на кожу человек локализует их достаточно точно.

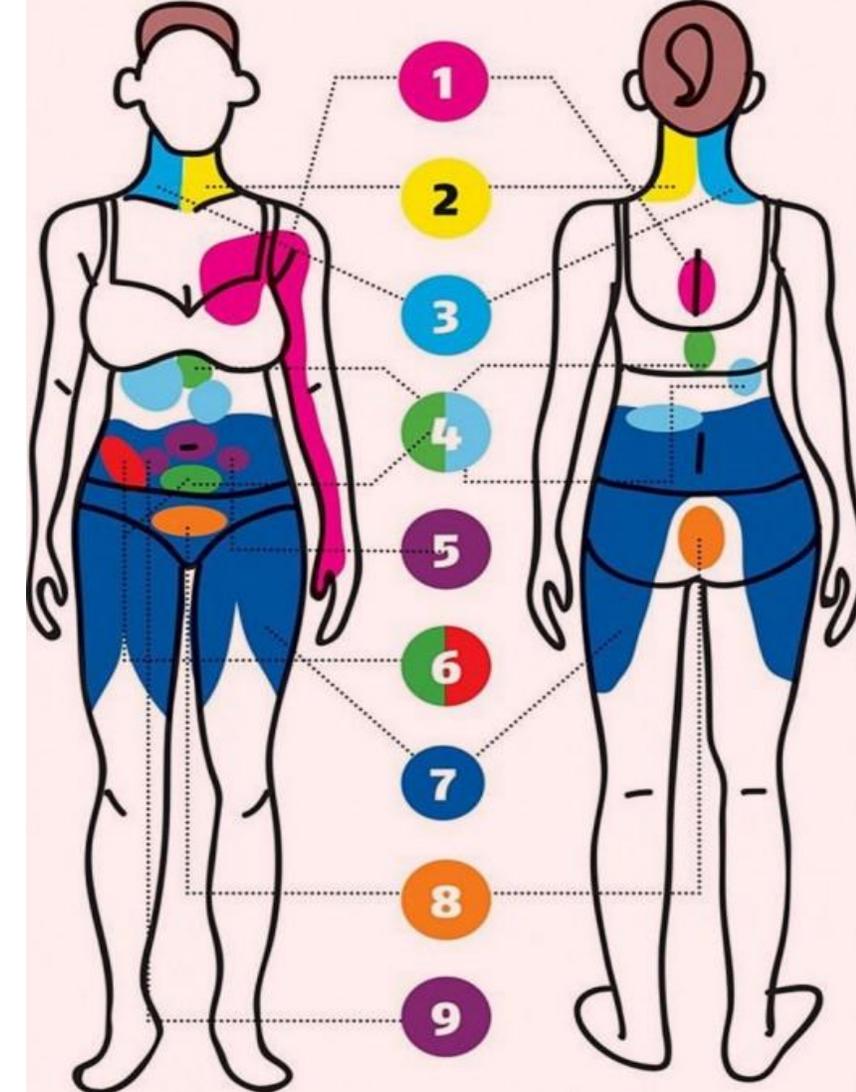
но при заболеваниях **внутренних органов** часты так называемые **отраженные боли**, проецирующиеся в определенные части кожной поверхности (зоны Захарьина—Геда).

Так, при стенокардии, кроме болей в области сердца, ощущается боль в левой руке и лопатке.

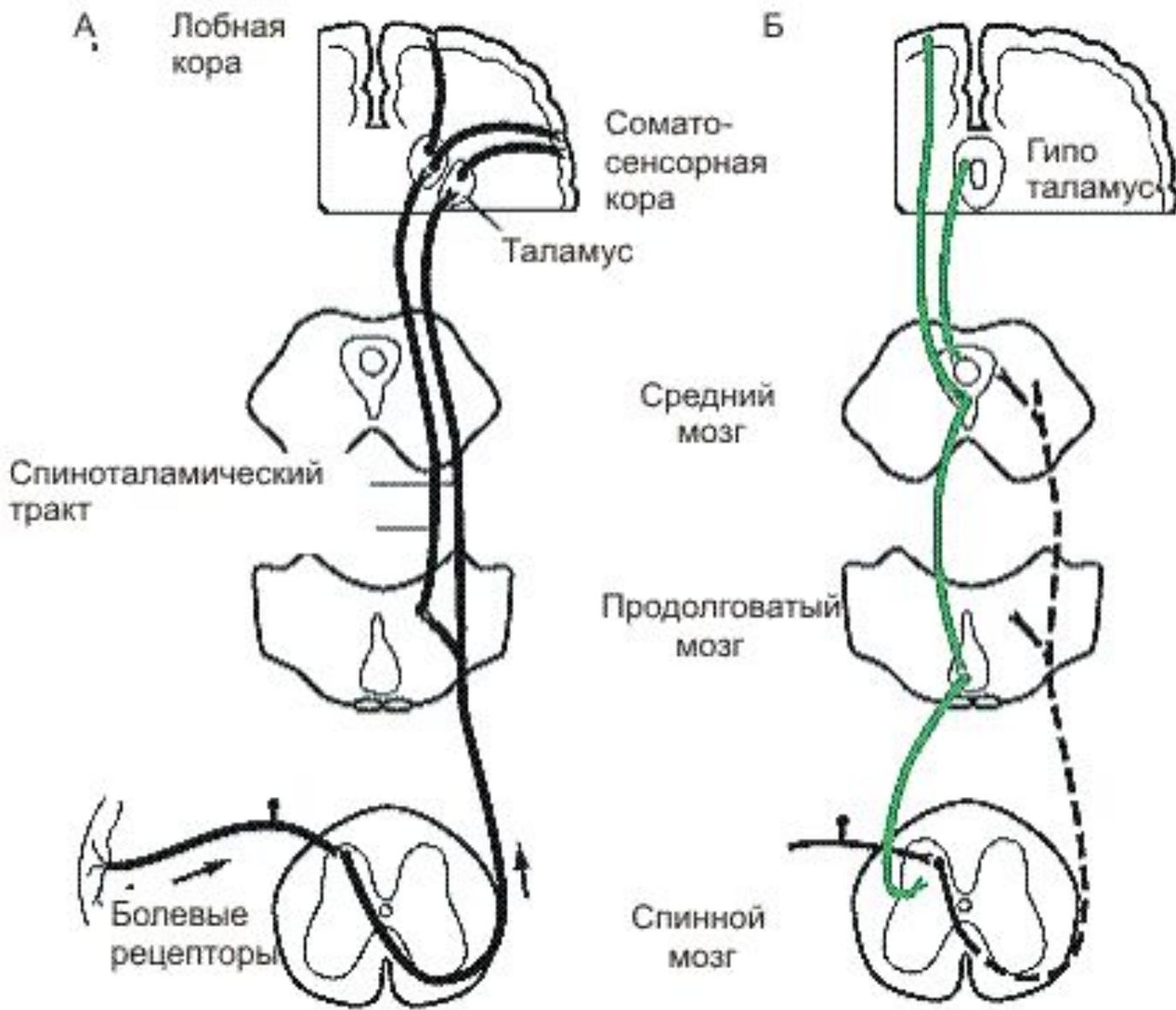
Наблюдаются и обратные эффекты.

Например, при локальных тактильных, температурных и болевых раздражениях определенных **«активных» точек кожной поверхности** включаются цепи рефлекторных реакций, опосредуемых центральной и автономной нервной системой.

Они могут избирательно изменять кровоснабжение и трофику тех или иных органов и тканей



1. Сердце
2. Легкие.
3. Печень и желчный пузырь.
4. Желудок и поджелудочная железа.
5. Тонкий кишечник.
6. Аппендикс и толстый кишечник.
7. Почки
8. Мочевой пузырь.
9. Яичники.



### А. Восходящие пути болевой чувствительности

Болевой раздражитель активирует болевые рецепторы.

Затем нервный импульс передается к вставочным ноцицептивным нейронам спинного мозга, которые дают начало основным путям болевой чувствительности - спинулоталамическому и спиноретикулярному.

Далее сигнал переключается в таламусе и поступает к лобной и соматосенсорной коре.

### Б. Нисходящий путь модуляции болевой чувствительности.

Импульсы от лобной коры и гипоталамуса поступают к нейронам среднего и затем продолговатого мозга.

Эти нейроны контролируют проведение болевого сигнала.

Для уменьшения или снятия болевых ощущений в клинике используют множество специальных веществ — **анальгетических, анестетических и наркотических.**

### Анестетические вещества **местного действия** (например, новокаин)

блокируют возникновение и проведение болевых сигналов от рецепторов в спинной мозг или структуры ствола мозга.

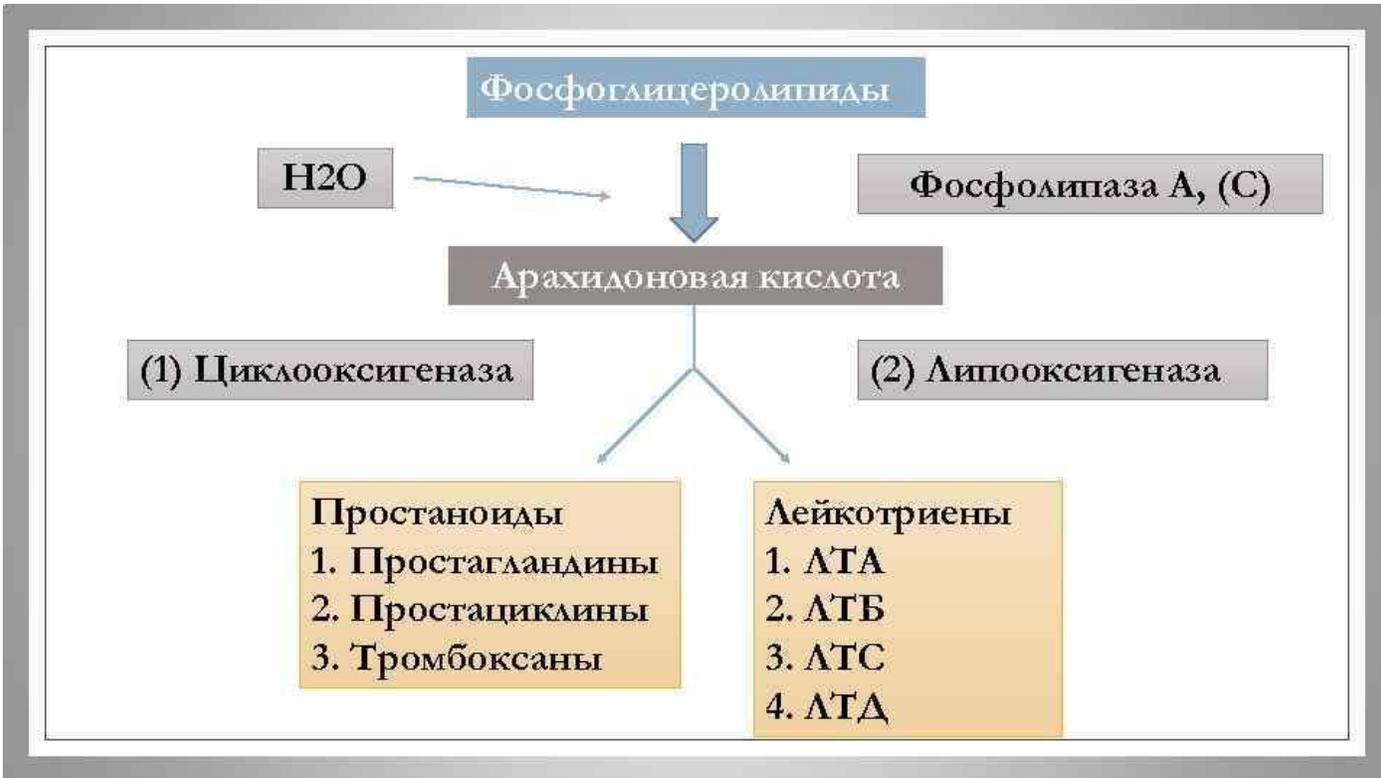
### Анестетические вещества **общего действия** (например, эфир)

снимают ощущение боли, блокируя передачу импульсов между нейронами коры большого мозга и ретикулярной формации мозга (погружают человека в наркотический сон).

В последние годы открыта высокая анальгезирующая активность так называемых нейропептидов, большинство из которых представляет собой либо гормоны (**вазопрессин, окситоцин, АКТГ**), либо их фрагменты.

Часть нейропептидов являются фрагментами липотропного гормона (**эндорфины**).

Анальгезирующее действие нейропептидов основано на том, что они меняют эффективность передачи в синапсах с «классическими» нейромедиаторами (ацетилхолин, норадреналин), в частности, между первым и вторым сенсорными нейронами (задние столбы спинного мозга и другие структуры).



Первый способ ослабить боль, помешать поврежденному участку образовывать простагландины. (блокаторы ЦОГ)

### Ненаркотические анальгетики

Аспирин	650 мг	Каждые 4 ч
Ибупрофен	400 мг	Каждые 4 - 6 ч
Кеторолак	15 - 60 мг в/м	Каждые 4 - 6 ч
Парацетамол	650 мг	Каждые 4 ч
Фенопрофен	200 мг	Каждые 4-6 ч

Когда мембрана клетки повреждается, **арахидоновая кислота** становится доступной для действия ферментов, которые из нее «вырезают» сигнальные молекулы, которые сообщают о повреждении.

**Простагландины** – тканевые гормоны, которые образуются их арахидоновой кислоты при участии ЦОГ (циклооксигеназы).

## Основные медицинские эффекты опиума и опиоидов:

торможение многих функций мозга; проявляется в форме анальгезии, успокаивающего, противокашлевого, снотворного действия.

«Побочный эффект» – эйфория: болезненно-позитивное настроение, характеризующееся благодушием, безмятежным блаженством, состоянием тихой радости; При этом – отрыв от реальности, «блаженный сон» (морфин – от «Морфей»).

*Периферические эффекты:* торможение активности гладких мышечных клеток ряда внутренних органов.

1970-1977 годы: открыты сначала опиоидные рецепторы, а затем – действующие на них эндогенные (внутренне присущие мозгу) медиаторы. Ими оказались пептиды мет-энкефалин и лей-энкефалин. Позже были открыты эндорфины и ряд других опиоидных пептидов.

Опиум в психиатрии как успокаивающий препарат (до конца 19 в.).

Признаки привыкания (повышение дозы) и зависимости (абстинентный синдром) считали проявлениями индивидуальной чувствительности.

Морфин 1803

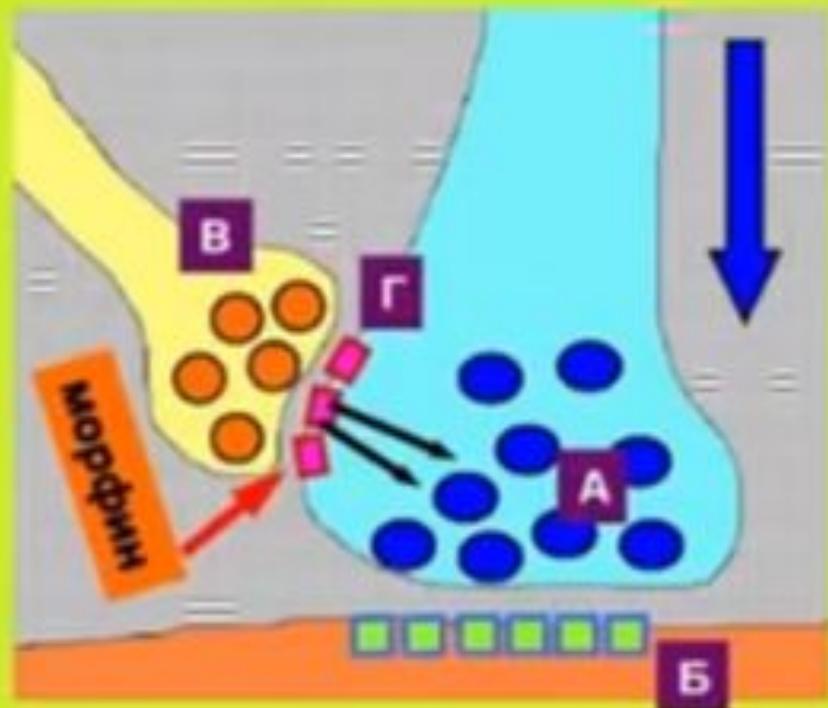


Источники морфиноподобных алкалоидов: маки, луносемянники, молочайные и др.

## Наркотические анальгетики

Бупрофанол	1 - 2 мг каждые 4 ч
Гидроморфон	2-4 мг каждые 4 ч
Кодеин	30-60 мг каждые 4 ч
Леворфанол	2 мг каждые 6-8 ч
Метадон	1-2 мг каждые 4 ч
Морфин	10мг каждые 4 ч
Оксикодон	5-10 мг каждые 4-6 ч
Петидин	75-100 мг каждые 3-4 ч
Фентанил	Применяют в виде пластыря

Побочные эффекты наркотических анальгетиков наблюдаются часто, и устраняются блокатором опиатных рецепторов наллоксоном.



Главная функция опиоидных пептидов: торможение выброса других медиаторов из пресинаптических окончаний:

- А) везикулы с глутаматом или ГАМК;
- Б) рецепторы для глутамата или ГАМК;
- В) пресинаптическое окончание (в везикулах – энкефалины);
- Г) опиоидные рецепторы, тормозящие передачу основного сигнала.

**Морфин может полностью заблокировать работу синапса.**

### Основные эффекты:

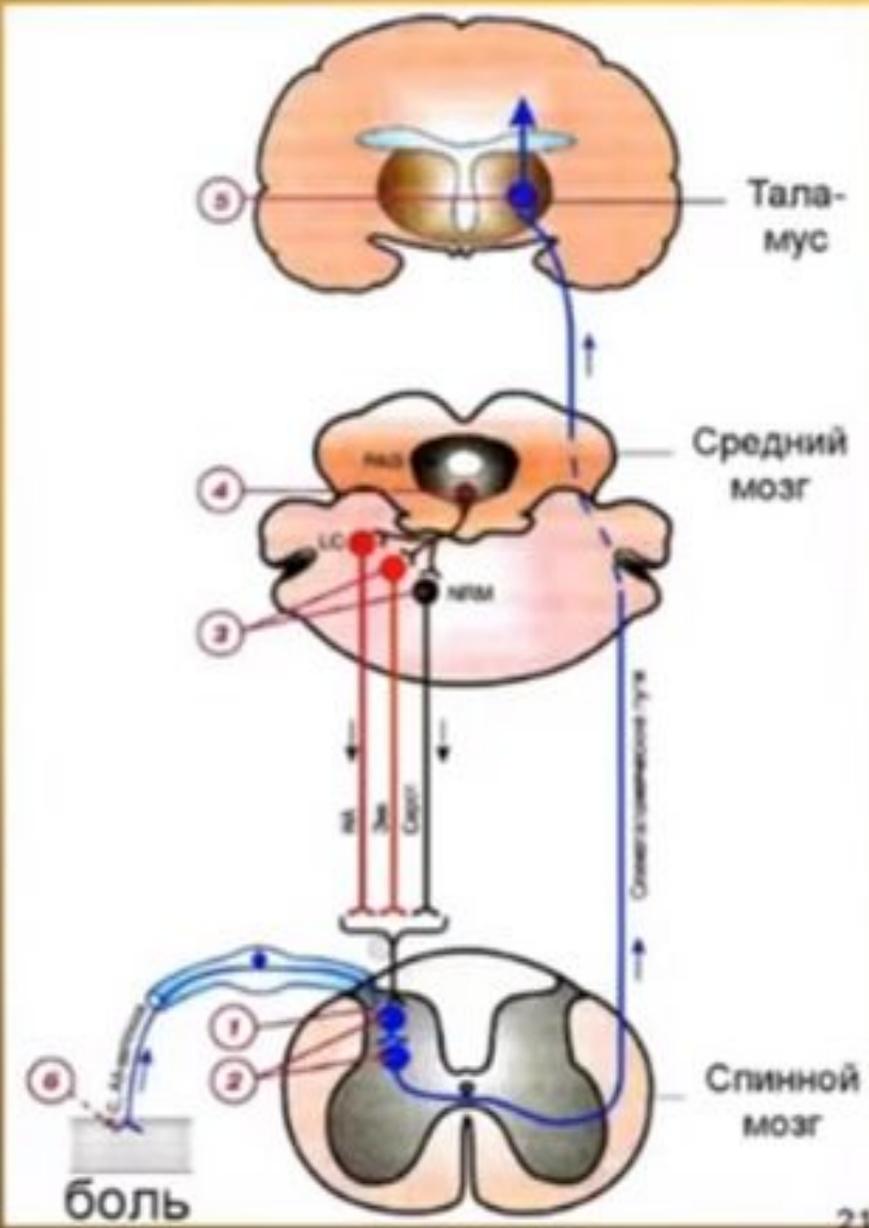
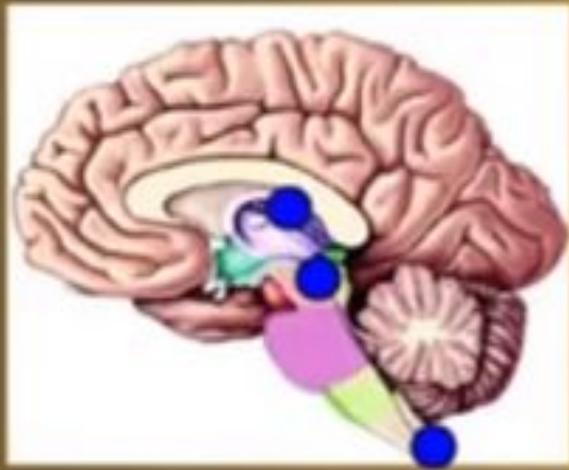
снижение болевой чувствительности (анальгезия) за счет торможения передачи боли в спинном мозге и головном мозге;

успокоение, эйфория за счет ослабления активности тормозных нейронов, сдерживающих центры положительных эмоций в гипоталамусе и базальных ганглиях.



# Схема синаптического механизма передачи и торможения болевого импульса





С помощью морфина и его производных можно выключить любую боль (даже самую сильную: физические травмы, ожоги, онкология). Однако при этом очень быстро (за 5-10 раз) формируется привыкание и зависимость.

Причина: снижение количества опиоидных рецепторов на мембране пресинаптического окончания и активация выброса «основного» медиатора (изменения очень глубокие и затрагивают уровень генов пресинаптического нейрона).

Признаки зависимости: аллодиния и болевой абстинентный синдром («ломка»).

**Анальгезия:** 1-2: передача боли в спинном мозге (блокада слабых болевых сигналов)

3-4: подкорковый контроль боли (базальная болевая чувствительность)

5: передача болевых сигналов в таламусе («не обращать внимания на боль»)

6: на периферии: торможение болевых рецепторов за счет выброса энкефалинов гипофизом

## КОДЕИН.

Более «мягко» действующий компонент опиума.

Входит в состав «обычных» (безрецептурных) обезболивающих препаратов (пенталгин, седалгин), а также лекарств, тормозящих работу кашлевого центра головного мозга.

*Существует риск привыкания и зависимости; сверхдозы дают наркотический эффект.*



## ИМОДИУМ (лоперамид).

Агонист опиоидных рецепторов, тормозящих активность нервного сплетения ЖКТ.

Применяется при диарее.

Нет анальгетического действия.

*Передозировка: заторможенность, сонливость, угнетение дыхания (антидот – налоксон).*



## Используемые источники:

1. Гайтон А.К., Холл Д.Э., 2008 Медицинская физиология.
2. Орлов Р.С., Нормальная физиология. 2010
3. Камкин А.Г., Кисилев И.С., Атлас по физиологии, т.1., 2012.
4. <https://www.youtube.com/watch?v=dO55tFbct60>
5. <https://www.youtube.com/watch?v=GaJyPI4stns>