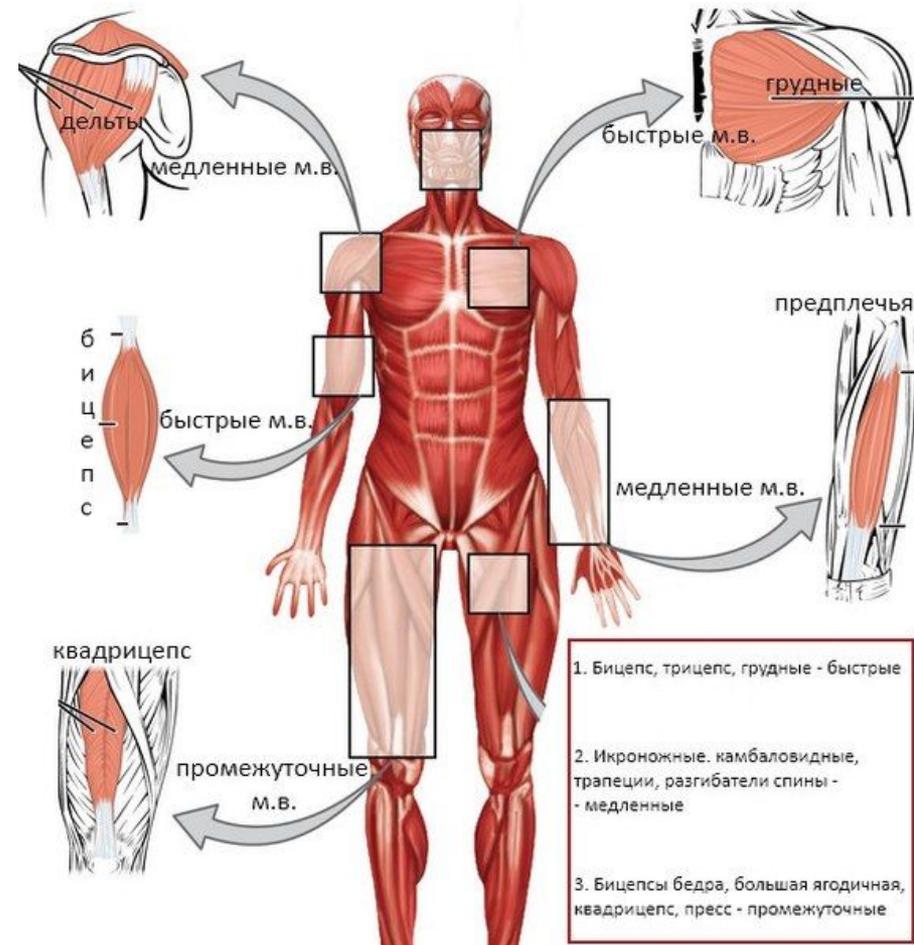


# ЧАСТНАЯ ФИЗИОЛОГИЯ ЦЕНТРАЛЬНОЙ НЕРВНОЙ СИСТЕМЫ:

*природа и регуляция мышечного  
тонуса*

# Мышечные сокращения

- **Фазические** движения – быстрые, сильные. Они направлены на перемещение тела в пространстве и частей тела друг относительно друга.
- **Тонические** движения – медленные, длительные сокращения, направленные на поддержание позы и фона для фазических движений



# Поза

- **Поза – определенная установка головы и тела в пространстве гравитационного поля Земли.**

Основные задачи деятельности мышц, направленной на поддержание позы:

- Фиксация подвижных сочленений скелета (суставов), не принимающих участия в движении;
- Поддержание тела в определенном положении в гравитационном поле Земли, т.е. постоянное противодействие силы тяжести (например, сохранение вертикального положения, удержание головы от свисания, голеностопного сустава от сгибания при стоянии).
- **Главное условие поддержания позы - наличие мышечного тонуса.**

# Мышечный тонус

- **Мышечный тонус – это длительное напряжение мышц без признаков утомления, обусловленное импульсами, исходящими из ЦНС.**
- **Механизм мышечного тонуса рефлекторный.**

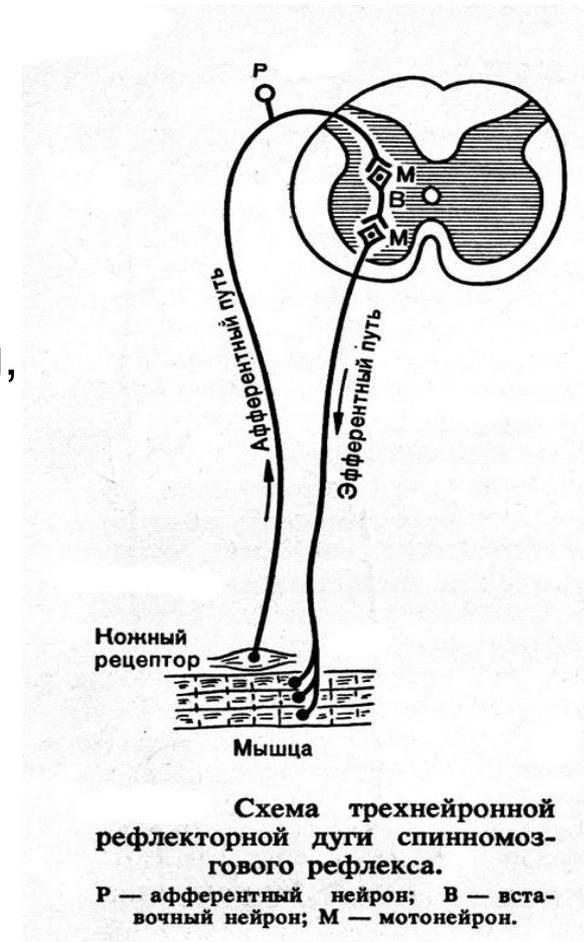
# Рабочий орган (эффлекторная часть):

## Мышечные волокна:

- фазные (белые – II типа, много миофибрилл, гликогена, мало миоглобина);
- тонические (красные – I типа, много митохондрий, миоглобина, цитоплазматических органелл)

Все скелетные мышцы являются смешанными, однако в зависимости от функции в ней преобладают тот или иной тип мышечных волокон.

**Двигательная единица** – альфа-мотонейрон спинного мозга или ствола мозга и группа мышечных волокон.



# Медленные двигательные единицы

## Медленные двигательные единицы характеризуются:

- Малой лабильностью,
- Суммацией возбуждений,
- Большим количеством миоглобина, более высокой активностью ферментов в мышечных волокнах.
- Практически отсутствием утомления в мышечном волокне и в синаптическом аппарате этих рефлекторных дуг.

Медленных волокон больше именно в **антигравитационных мышцах** (у человека – мышцы разгибатели ног, спины, шеи и мышцы сгибатели рук), часто работающих на поддержание **позы**.

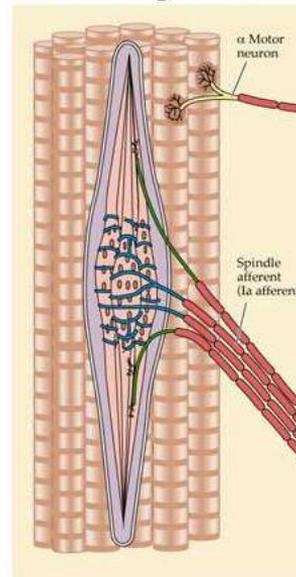


# Афферентная часть:

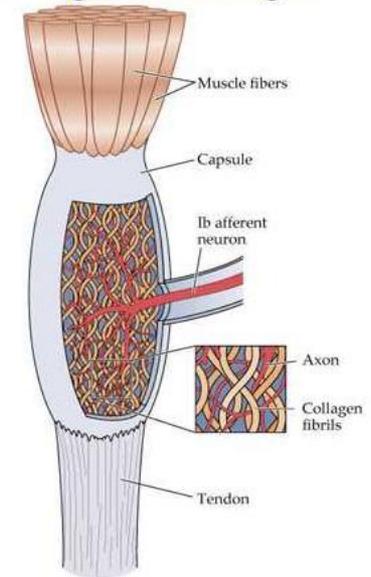
Восприятие импульсов при поддержании мышечного тонуса обеспечивается двумя типами мышечных рецепторов (проприорецепторов) –

1. мышечные веретена
2. сухожильные органы.

**Muscle spindle**

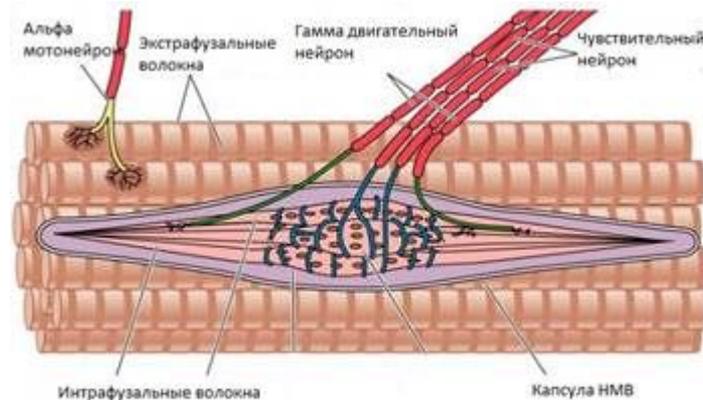


**Golgi tendon organ**



# Мышечное веретено

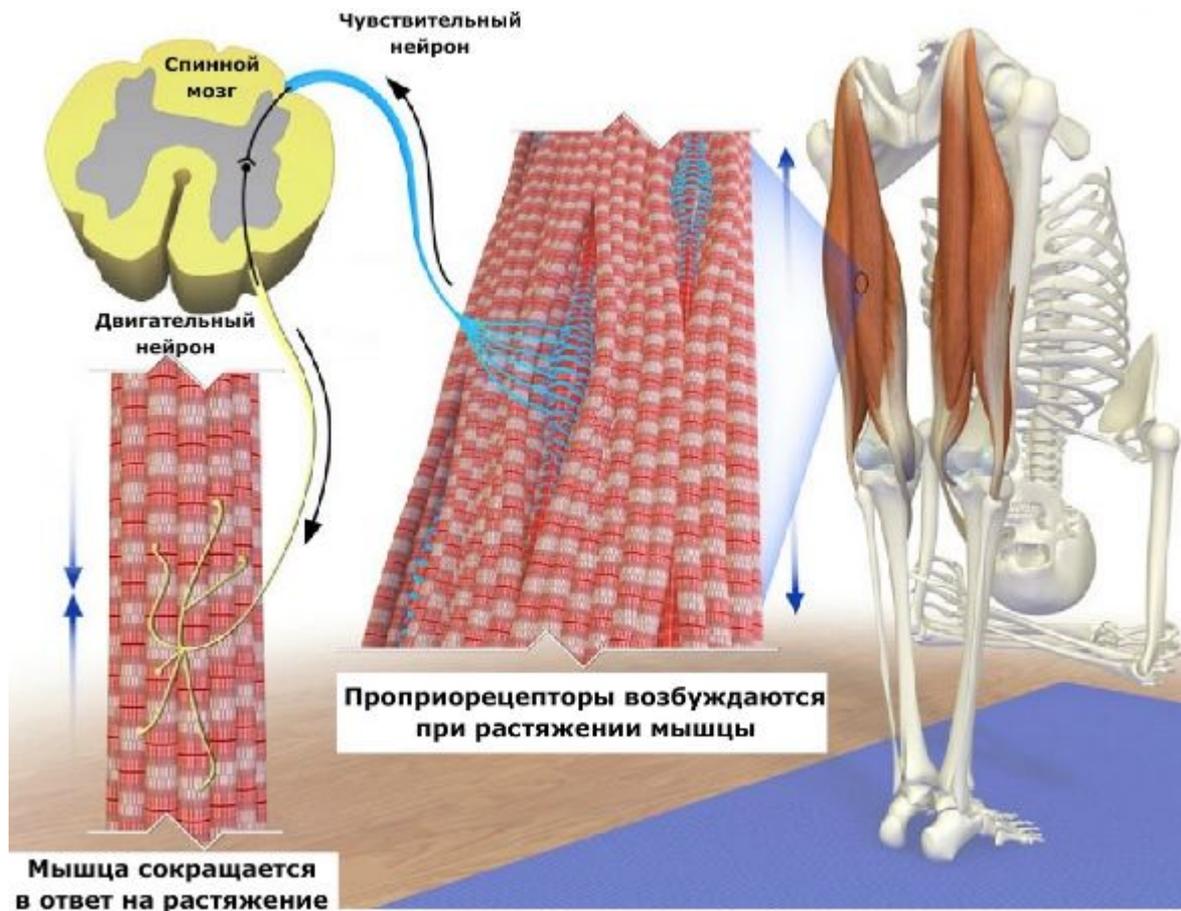
**Мышечное веретено (интрафузальные):** (от лат. *fuscus* – веретено). В каждой мышце обнаруживаются волокна, которые тоньше и короче всех остальных. Такие волокна располагаются в виде небольших скоплений, окруженных соединительнотканной капсулой.



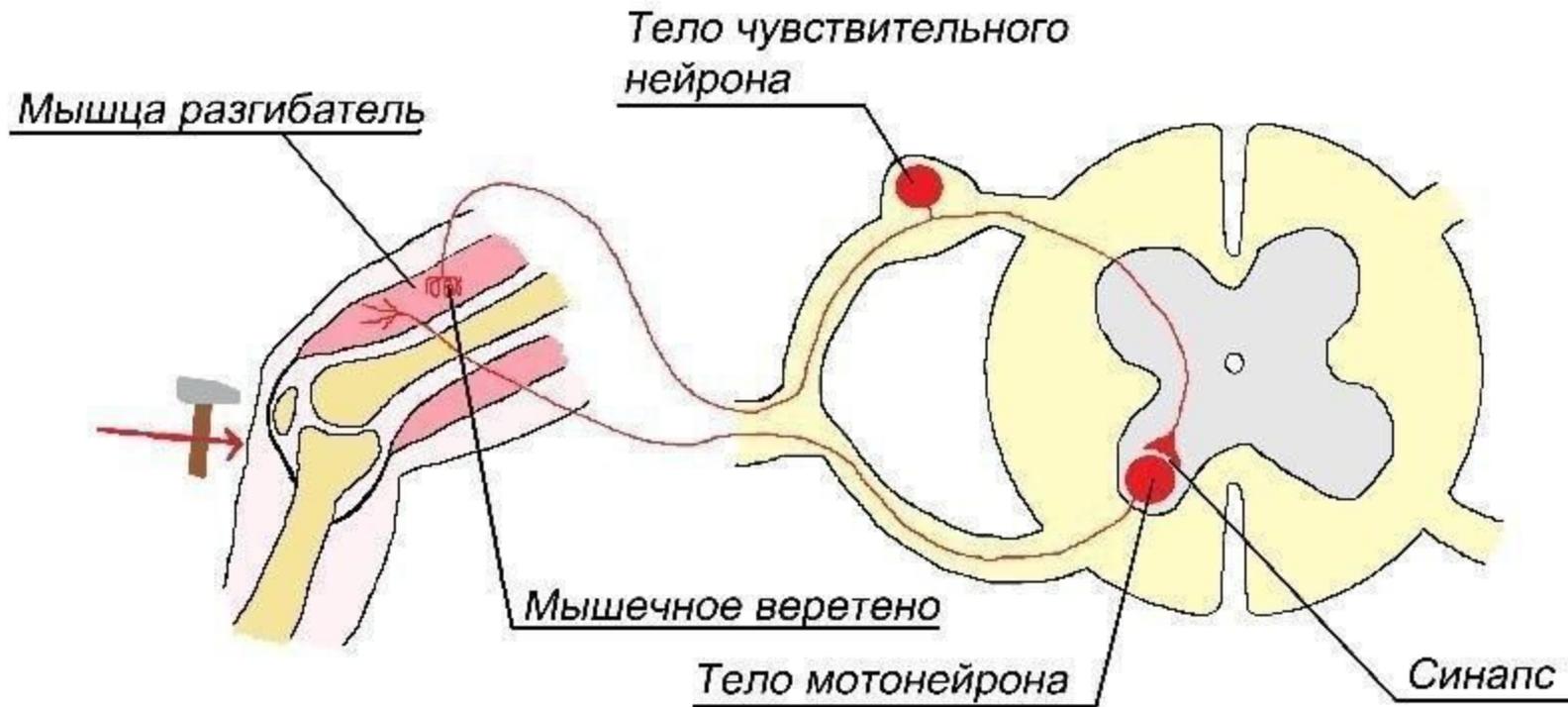
# Мышечное веретено

- Рабочие волокна, на долю которых приходится основная масса мышц, называются *экстрафузальными* (иннервируются  $\alpha$ -мотонейронами). Концы мышечных веретен прикрепляются к экстрафузальным волокнам с одной стороны и к сухожилию мышцы с другой стороны при помощи как бы маленьких сухожилий из полосок соединительной ткани длиной 0,5-1 мм.
- ***Афферентная иннервация:*** В каждое мышечное веретено на уровне ядерной зоны проникает толстое миелиновое волокно – первичные афференты мышечных веретен **Ia**.
- ***Эфферентная иннервация:*** Интрафузальные мышечные волокна иннервируются  $\gamma$ -мотонейронами (фузимоторные нервные волокна принадлежат к группе A $\gamma$ , поэтому называются  $\gamma$ -волокнами, а вся нервная клетка носит название  $\gamma$ -мотонейрон - M $\gamma$ ).

- При **растяжении** интрафузального волокна активность первичных афферентов **Ia** возрастает. При этом мышечные веретена воспринимают главным образом *длину* мышцы (датчик длины).
- Возбуждение мышечных веретен в результате растяжения мышцы или сокращения интрафузальных волокон приводит через моносинаптическую дугу и соответствующие мотонейроны ( $M\alpha$ ) к сокращению мышцы, т.е. уменьшению ее растяжения, **увеличения тонуса**. Это **рефлекторное поддержание длины мышц** имеет важное значение для постоянства тонуса мускулатуры, обеспечивающей сохранение позы.



# Схема коленного рефлекса



# Два механизма возбуждения экстрафузальных мышечных волокон

- Прямое возбуждение  $\alpha$ -мотонейронов;
- Возбуждение  $\gamma$ -мотонейронов, приводящее к усилению рефлекса растяжения в результате сокращения интрафузальных волокон. Этот механизм называется  $\gamma$ -петля.

# Сухожильные органы или тельца Гольджи

- В участках сухожилий, примыкающих к мышцам, обнаружены особые рецепторы – сухожильные органы или тельца Гольджи. Состоят из сухожильных нитей, окруженных соединительнотканной капсулой. К тельцам Гольджи подходят толстые миелинизированные афферентные волокна группы **Ib**. Сухожильные органы – воспринимают ***напряжение мышцы (датчик напряжения)***.
- При чрезмерном напряжении происходит активация тельца Гольджи и **торможение неконтролируемой активности мотонейронов альфа** через тормозной нейрон.

# Центральное звено

- Нормальный уровень мышечного тонуса формируется с участием структур, локализованных в различных отделах центральной нервной системы – **от коры больших полушарий до спинного мозга.**
- В их расположении прослеживается четкая иерархия, отражающая постепенное усовершенствование двигательных функций в процессе эволюции.
- Информация, передаваемая по пирамидному пути и экстрапирамидной системе, суммируется на больших  $\alpha$ -мотонейронах и малых (гамма) мотонейронах передних рогов спинного мозга, оказывая на них частично ингибирующее, частично активирующее влияние.

# Различают мышечный тонус:

- **Контрактильный**. Повышенный тонус, при котором мышечное сопротивление распределено **неравномерно** между мышцами-антагонистами, как правило, антигравитационных мышц. Симптом «складного ножа». «Децеребрационная ригидность».
- **Пластический**. Повышенный тонус мышц, при котором мышечное сопротивление распределено **равномерно** между мышцами-антагонистами. «Восковидная ригидность».

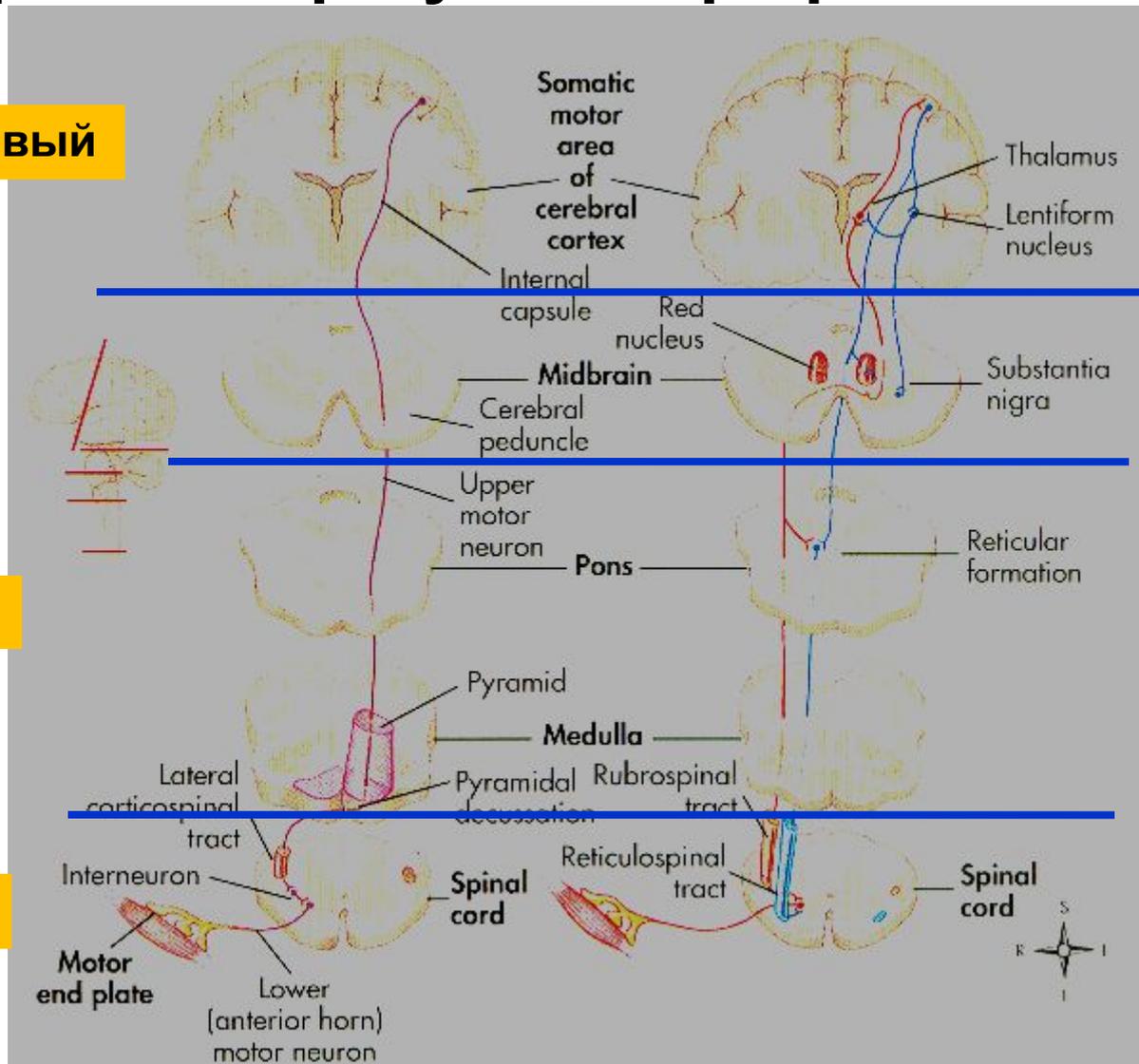
# Виды мышечного тонуса в зависимости от уровня центральной регуляции рефлекса

Корковый и подкорковый

Мезенцефальный

Бульбарный

Спинальный



# Спинальный мышечный тонус

- Спинальный мышечный тонус – *продолжительное фоновое напряжение скелетных мышц, обусловленное тоническим влиянием импульсов, приходящих из спинномозговых центров.*
- Спинальный тонус слабо регулируемый, особенно у человека. Тоническое влияние импульсов от спинномозговых центров направлено лишь на поддержание сохранности функциональных свойств моторного аппарата.
- Доказательством наличия спинального тонуса является **опыт Бронджеста**.

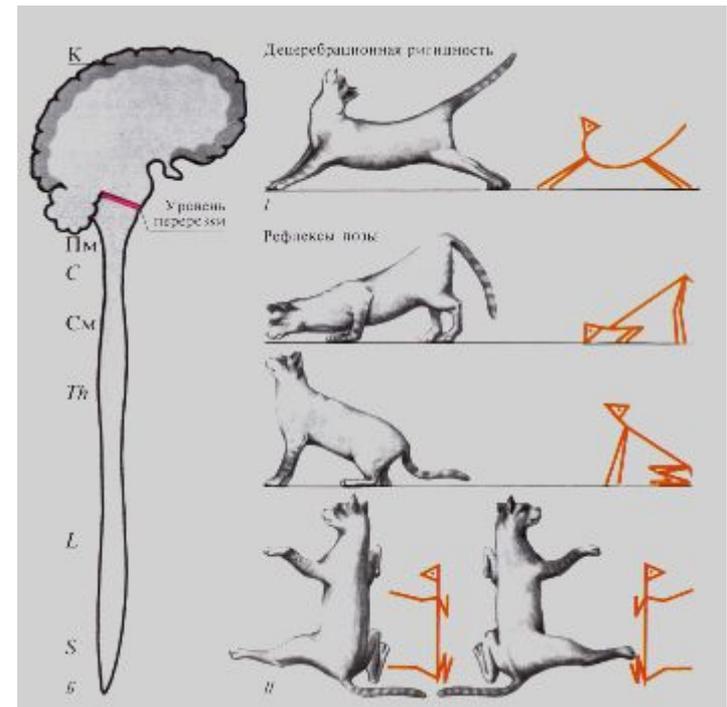
# Бульбарный мышечный тонус

- мышечный тонус, осуществляемый при участии продолговатого мозга.

- **Контрактильный**. Повышенный тонус, при котором мышечное сопротивление распределено **неравномерно** между мышцами-антагонистами, как правило, преобладание антигравитационных мышц.
- **«Децеребрационная ригидность»**. преобладающие тонуса разгибателей (а именно тонуса антигравитационных мышц: у человека – на нижних конечностях – разгибатели, а на верхних конечностях – сгибатели). Повышенный тонус у бульбарного животного проявляется по типу контрактильного
- Симптом «складного ножа».

# Бульбарный мышечный тонус

- Структуры продолговатого мозга, отвечающие за бульбарный тонус:
  - **вестибулярные ядра** (латеральное вестибулярное ядро Дейтерса),
  - ретикулярная формация.
- Нейроны вестибулярных ядер дают начало неперекрещенному вестибулоспинальному тракту, который оказывает возбуждающее действие на М<sub>α</sub> и М<sub>γ</sub> разгибателей и тормозное – на мотонейроны сгибателей.
- Волокна ретикулярных клеток, направляющиеся в спинной мозг, образуют ретикулоспинальный тракт, волокна которого возбуждают мотонейроны сгибателей и тормозят мотонейроны разгибателей

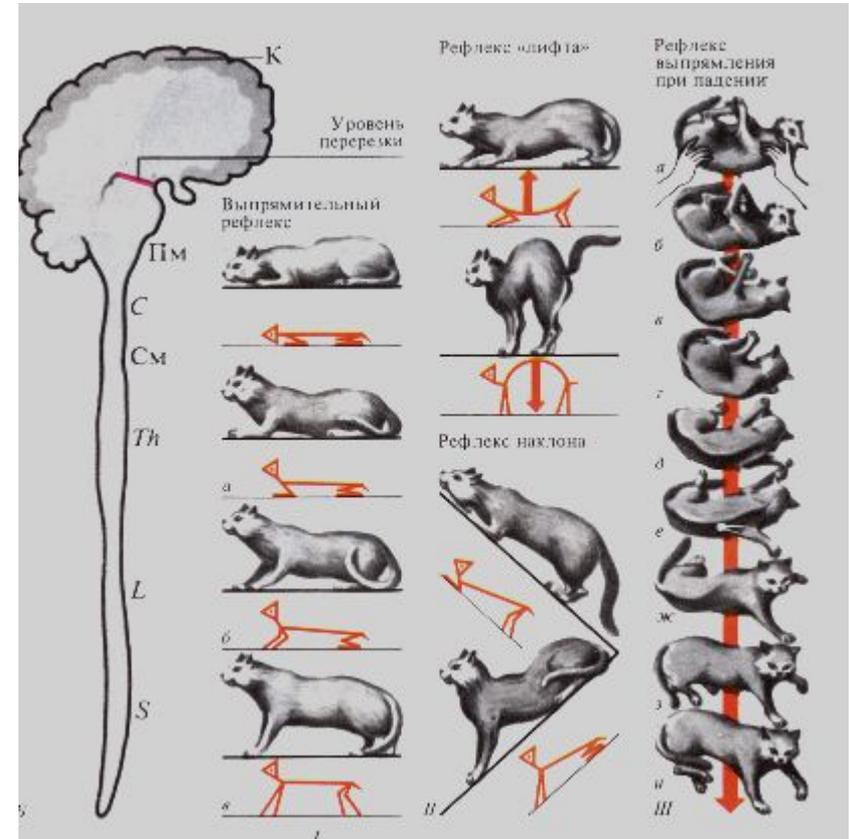


# Мезенцефальный мышечный тонус - мышечный тонус, осуществляемый при участии среднего мозга

- **Пластический**. Повышенный тонус мышц, при котором мышечное сопротивление распределено **равномерно** между мышцами-антагонистами.
- **Состояние - «Восковидная ригидность»**. Изменение тонуса достаточно координировано, у животного сохраняется поза и возможно ее изменение.

# Мезенцефальный мышечный тонус

- Особую роль играет красное ядро среднего мозга. Если разрушить красное ядро, то животное придет к децеребрационной ригидности.
- 
- **Руброспинальный тракт** имеет высокое переkreщивание. Из красного ядра тормозные сигналы поступают к мотонейронам разгибателей, а по коллатералям — возбуждающие импульсы к мотонейронам **сгибателей**.

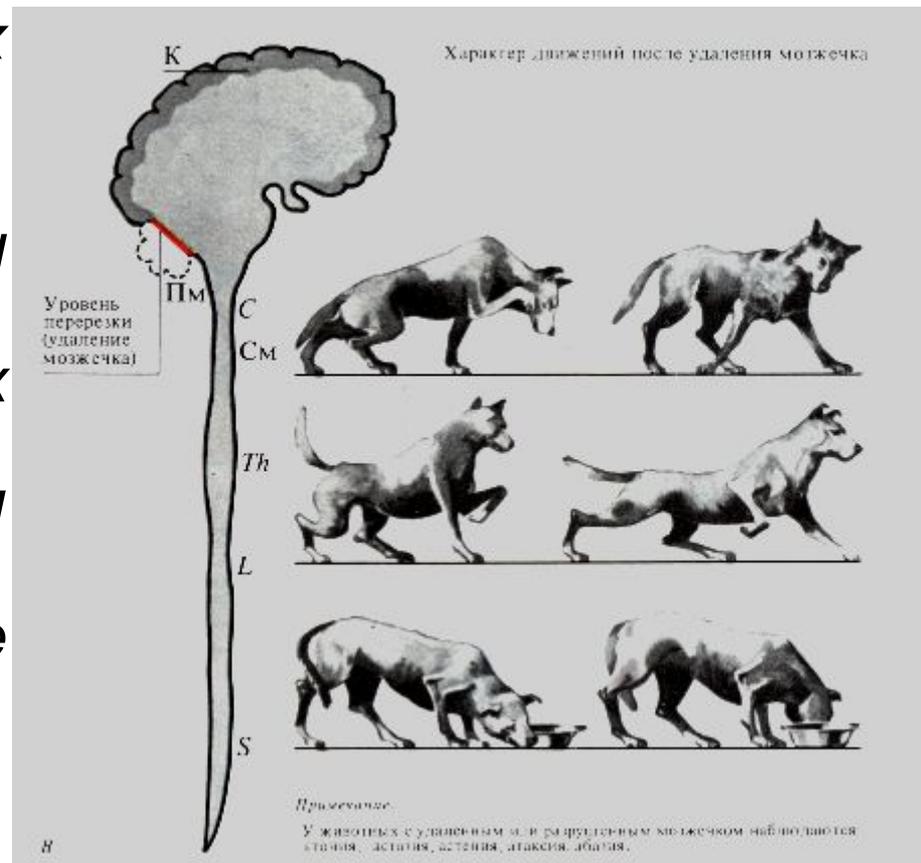


# Роль мозжечка в координации движений

- - координация позы и целенаправленных движений.

Три основные функции:

1. регуляция позы и мышечного тонуса;
2. координация медленных целенаправленных движений с рефлексамии поддержания позы;
3. правильное выполнение быстрых целенаправленных движений



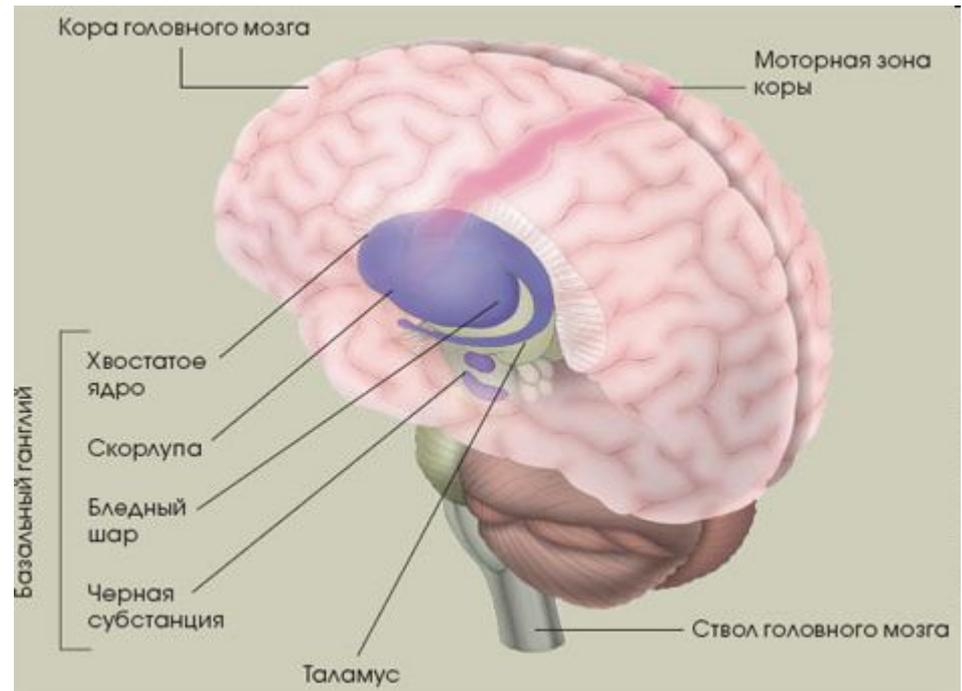
# *При поражении мозжечка:*

- **Дистония (гипотония, атония)** – общее изменение тонуса (слабость и быстрая утомляемость)
- **Атаксия** – нарушение координации между произвольными движениями и позными.
- **Дисметрия** – утрата размеренности, т.е. величины и скорости произвольных движений.
- **Адиадохокинез** – нарушение координации деятельности мышц антагонистов.
- **Астения** – повышенная утомляемость мышц.
- **Астазия** – снижение способности к длительному тоническому сокращению мышц, неспособность стоять.

# Базальные ганглии

К базальным ганглиям относятся:

- **полосатое тело (стриатум), состоящее из хвостатого ядра и скорлупы,**
- **бледный шар (паллидум)**
- **ограда,**
- **миндалевидное тело.**



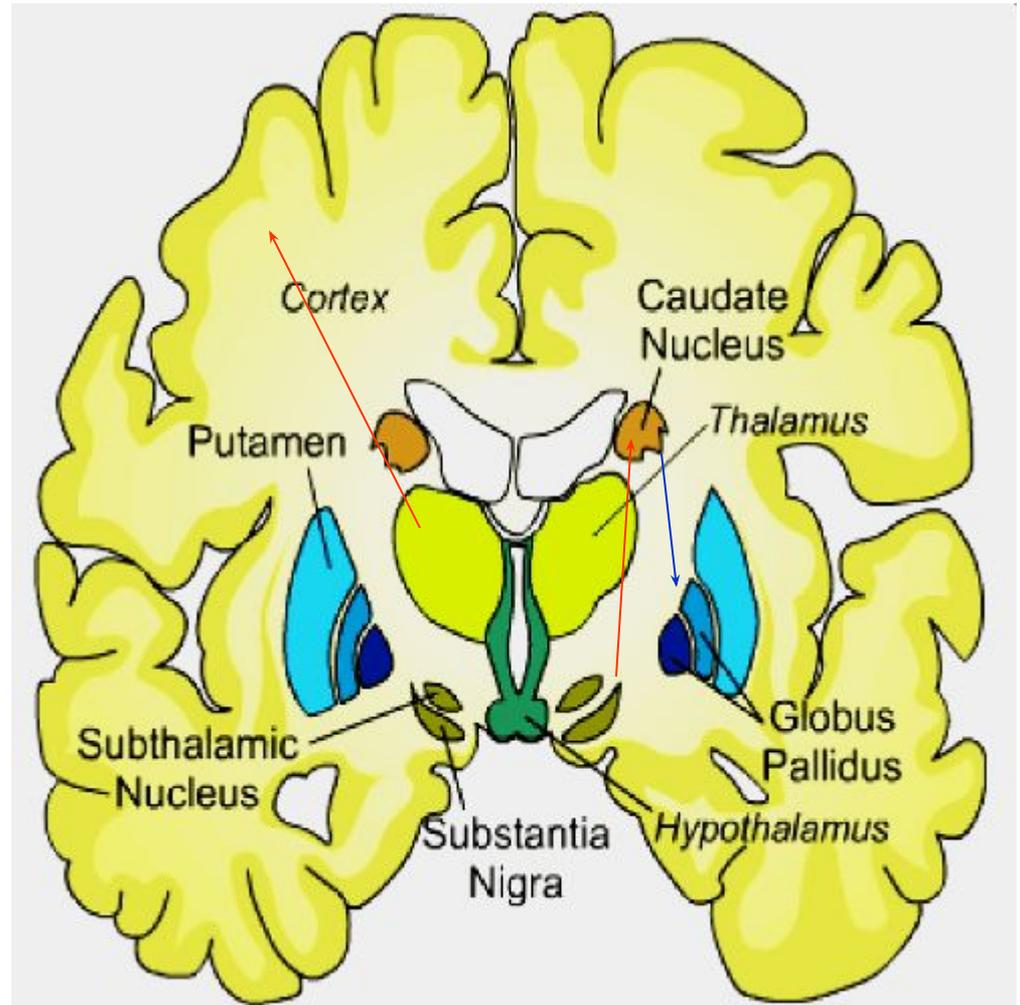
## Эта система выполняет ряд важных функций в осуществлении движений:

- она участвует в регуляции мышечного тонуса;
- она регулирует автоматизм и оптимальную координацию многих движений;
- она обеспечивает гармоничное и экономичное выполнение движения, оптимальную последовательность его отдельных компонентов.

В этом основную роль играют два вещества-нейротрансмиттера, которые действуют в разных отделах системы: **дофамин и ацетилхолин**.

Повреждения базальных ганглиев приводят к ригидности, акинезии, тремору в покое – **синдром Паркинсона** (разрушение тормозного пути, идущего от черной субстанции к полосатому телу).

- При торможении нейронов черной субстанции и медиального бледного шара **возбуждающее влияние таламуса на кору усиливается** - что и способствует облегчению запускаемого корой движения.
- При возбуждении нейронов сетчатой части черной субстанции и медиального бледного шара **возбуждающее влияние таламуса на кору подавляется** - что приводит к торможению ненужного движения.



# Значение коры головного мозга в регуляции мышечного тонуса

- **Каталепсия** (от греч. *katálepsis* — захват, удерживание), явление «восковой гибкости», наблюдаемое при кататонии или гипнотическом сне :с повышением мышечного тонуса наступает застывание (так называемое гибкое окоченение) либо всего тела, либо конечностей в приданной им позе.
- В основе каталепсии лежит обособленное выключение коры мозга, в то же время сохраняется деятельность нервного двигательного аппарата, его нижележащих отделов.
- При «восковой ригидности» конечность сохраняет приданное ей положение. Ригидность по типу зубчатого колеса - это прерывистое сопротивление пассивным движениям, которое усиливается при произвольном движении противоположной конечности.

# УСТАНОВОЧНО-ТОНИЧЕСКИЕ РЕФЛЕКСЫ

Это рефлексы, направленные на поддержание нормального положения тела, т.е. равновесия, позы, в гравитационном пространстве Земли.

- 1. Статические
- 2. Стато-кинетические

# Статические

Возникают при изменениях положения, не связанных с перемещением тела.

1. **Рефлексы позы.** Направлены на сохранение нормальной позы **при угрозе ее нарушения.** Возникают при изменении положения головы

. Рецепторы: лабиринтные, проприорецепторы мышц и сухожилий шеи.

Осуществляется за счет продолговатого мозга. Выражаются в перераспределении мышечного тонуса разгибателей конечностей, предотвращающем нарушение равновесия (при запрокидывании головы – выпрямляются передние конечности).

1. **Выпрямительные рефлексы.** Направлены на восстановление нормальной позы **в случаях ее нарушения.** Возникают при нарушении нормальной позы (перевернуть собаку на спину).

**Сначала происходит выпрямление головы.**

Рецепторы: лабиринтные, рецепторы кожи туловища, рецепторы сетчатки глаз.

Осуществляется за счет деятельности среднего мозга при участии коры больших полушарий.

**Затем происходит выпрямление туловища.**

Рецепторы: проприорецепторы шеи, кожи туловища. Осуществляется за счет деятельности среднего мозга. Выражаются в последовательном восстановлении нормального положения головы и всего тела в пространстве.

# Стато-кинетические

Возникают при ускорениях прямолинейного и вращательного ускорения.

- **Рефлексы при вращении тела.** Направлены на сохранение нормальной позы при вращательном движении.
- Рецепторы: лабиринтные (полукружных каналов). Осуществляются за счет деятельности среднего и продолговатого мозга. Выражаются в изменениях тонуса мышц головы и глаз (**нистагм**), а также туловища и конечностей.
- **Рефлексы при прямолинейном движении.** Направлены на сохранение нормальной позы при прямолинейном движении. Делятся на рефлексы *подъема и спуска (лифтные)* и *рефлекс приземления*.
- Рецепторы: лабиринтные (отолитового прибора и полукружных каналов). Осуществляются за счет деятельности среднего и продолговатого мозга.
- Лифтные рефлексы выражаются: **при подъеме – в сгибании** и последующем разгибании головы, туловища, конечностей; **при спуске - разгибании** и последующем сгибании головы, туловища, конечностей.
- Рефлекс приземления выражается в принятии конечностями положения, способного поддержать тяжесть тела при встрече с землей.

- **Спастичность** (греч. spasticos - стягивающий) - повышение тонуса мышц, возникающее при поражении кортикоспинальных (пирамидных) путей и связанное с растормаживанием сегментарного аппарата спинного мозга и усилением рефлексов растяжения.
- **Ригидность** (лат. rigidus — жёсткий, твёрдый) —
- резкое повышение тонуса анатомических структур и их сопротивляемости деформированию.

Спасибо за внимание

