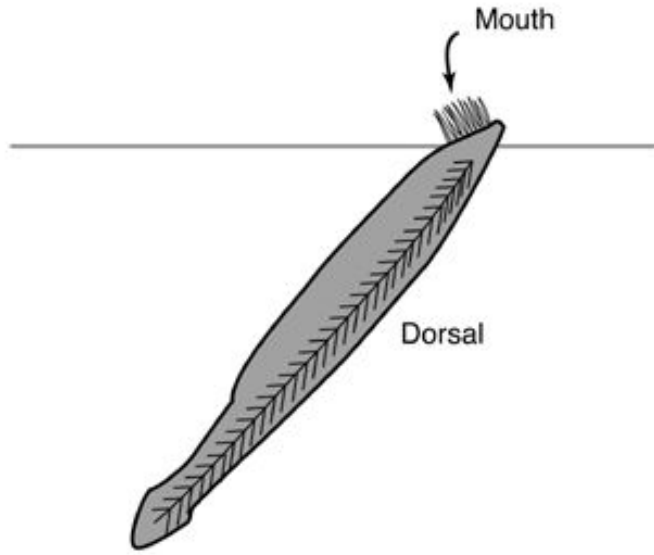


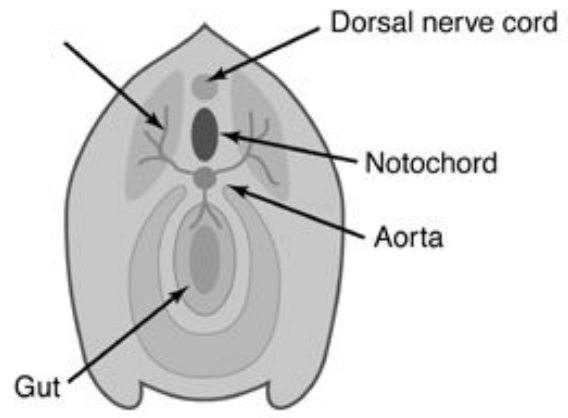
Лекция № 7

# ОСНОВЫ ФИЗИОЛОГИИ СПИННОГО МОЗГА

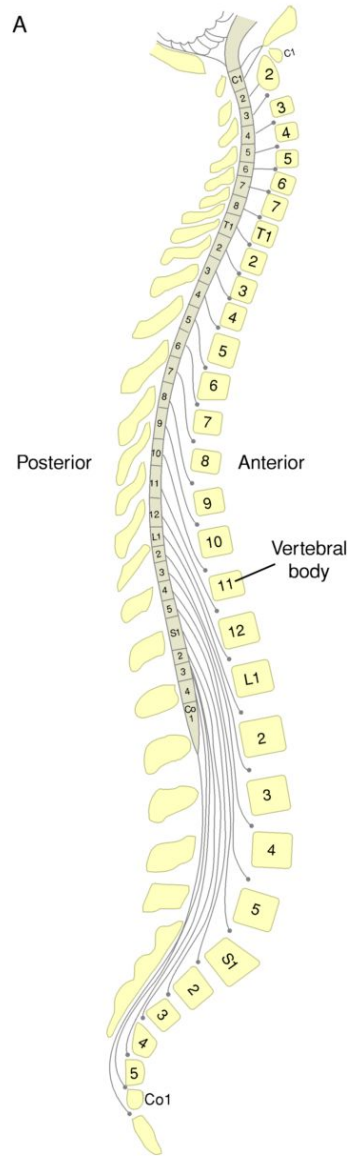
A



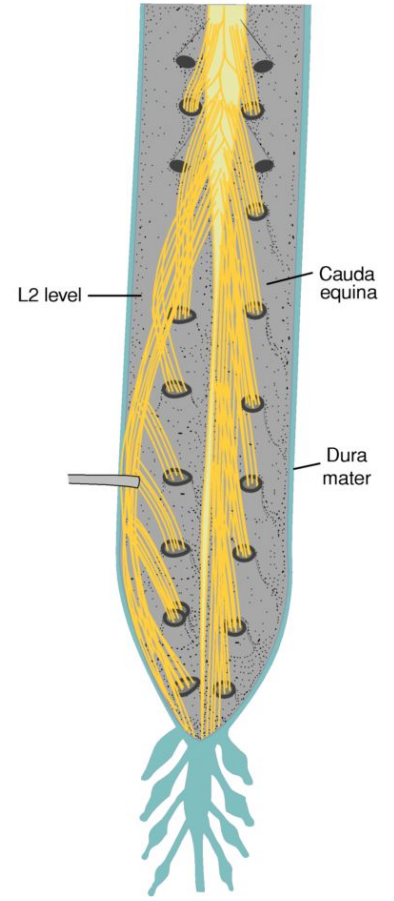
B



A



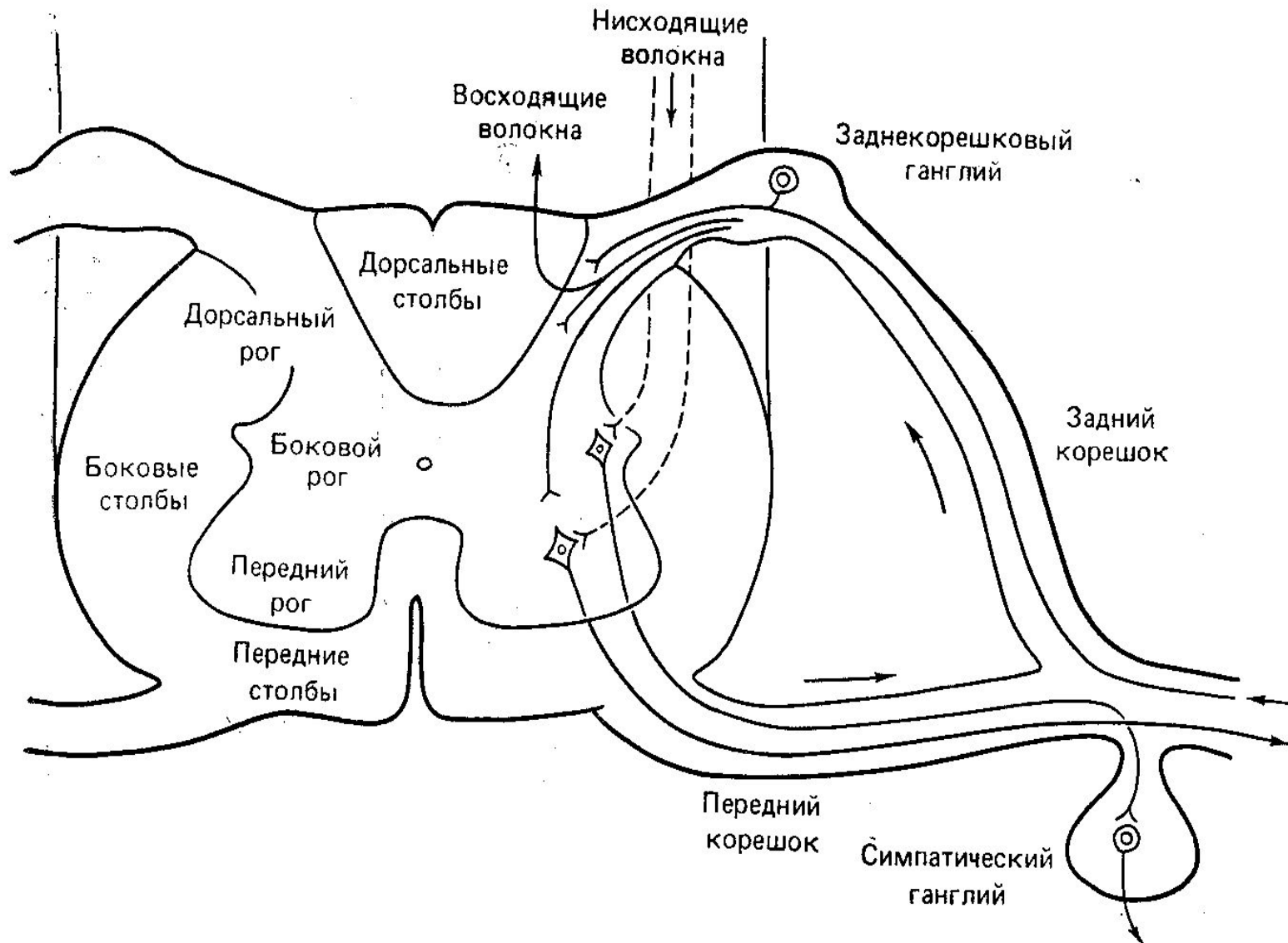
B



# **ЗАКОН (ПРАВИЛО) БЕЛЛА-МАЖАНДИ**

**Дорсальные корешки спинного мозга являются афферентными (чувствительными) и при их повреждении доминируют расстройства чувствительности, а передние – эфферентными (двигательными) и при их повреждении доминируют двигательные расстройства**

# Принципиальная схема поперечного строения спинного мозга



# Нейроны спинного мозга (начало)

<u>Наименование нейронов</u>	<u>Свойства</u>
Альфа мотонейроны	<p>Крупные клетки, их аксоны входят в состав передних корешков спинного мозга. Эти мотонейроны иннервируют экстрафузальные волокна скелетной мускулатуры, обеспечивающие укорочение мышцы и выполнение ею работы. Альфа-мотонейроны имеют разветвленные дендриты с большим количеством синапсов (до 20 тысяч на одну клетку). Эти синаптические входы образованы преимущественно вставочными нейронами. Кроме того, альфа мотонейроны получают синаптические контакты от интрафузальных волокон, а также от нисходящих трактов пирамидной системы (кортикоспинальные волокна) и непиримидной или экстрапиримидной систем (рубро-, вестибуло-, ретикуло-, текто- и оливо-спинальных путей). Альфа мотонейроны обладают выраженной ритмической активностью, их деполяризация приводит к ритмической генерации потенциалов действия, однако частота подобной активности не слишком высока – 10-20 Гц.</p>

# Нейроны спинного мозга (продолжение)

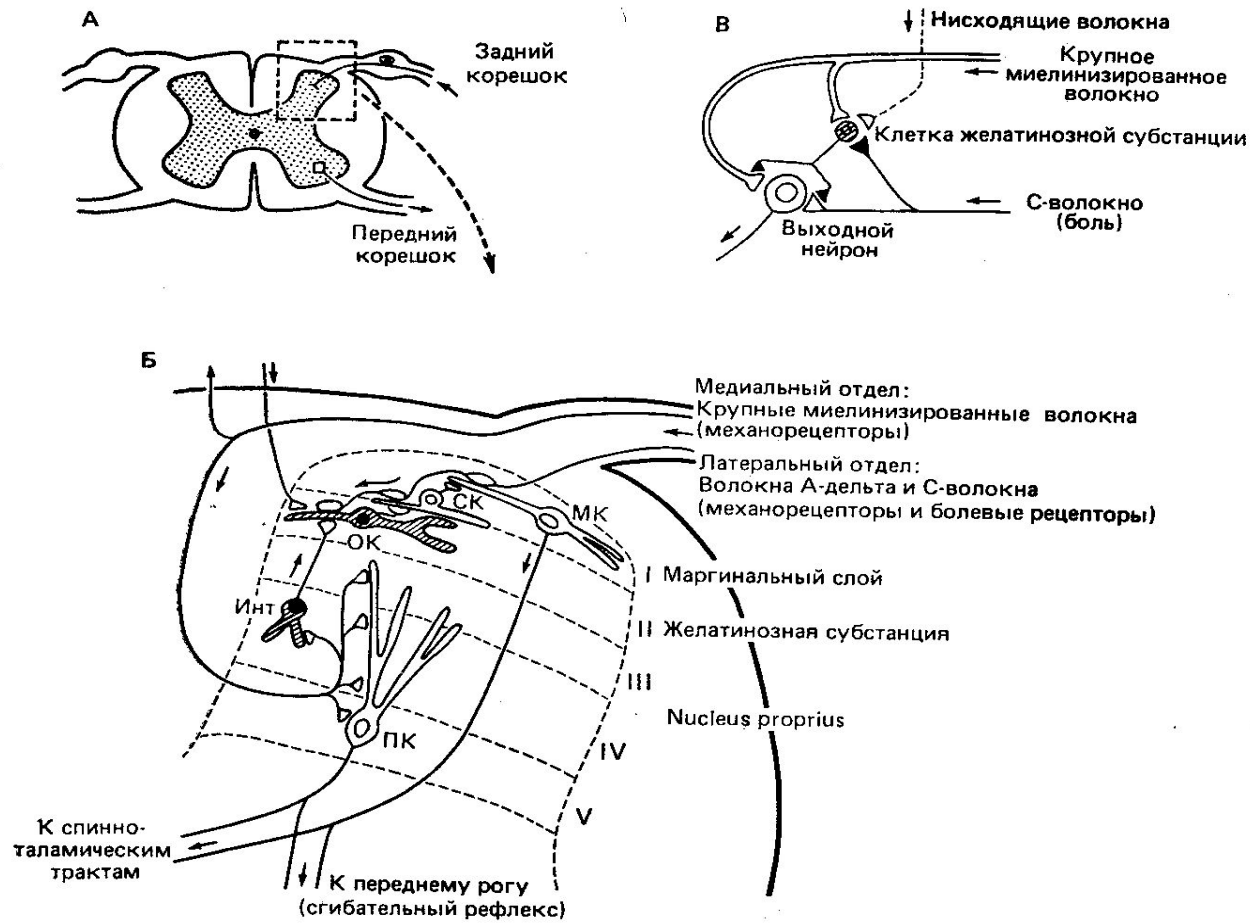
<u>Наименование нейронов</u>	<u>Свойства</u>
Бета мотонейроны	Иннервируют как интра-, так и экстрафузальные волокна мышц.
Гамма мотонейроны	Мелкие клетки, расположенные в передних рогах спинного мозга. Посылают аксоны (именуемые гамма-эфферентами), которые иннервируют интрафузальные мышечные волокна. Эти волокна не обеспечивают эффективного мышечного укорочения, но влияют на степень импульсации мышечных веретен. Частота импульсации гамма-мотонейронов может достигать 200-500 Гц в связи с короткой фазой следовой гиперполяризации, что отличает эти клетки от альфа-мотонейронов.
Интернейроны (промежуточные или вставочные)	Отростки не выходят за пределы спинного мозга. Однако аксоны этих нейронов могут иметь различную длину обеспечивая внутрисегментарные или межсегментарные взаимодействия с другими клетками. Кроме того, на вставочных нейронах заканчиваются волокна большинства нисходящих путей ЦНС, что позволяет рассматривать их как релейно-интегративный аппарат спинного мозга. Мультиполярные клетки, с развитой сетью дендритов, на которых может быть до 500 синапсов в пересчете на одну клетку. Частота импульсации этих клеток может достигать 1000 Гц. Выделяют как возбуждающие, так и тормозные интернейроны

# Нейроны спинного мозга (окончание)

<u>Наименование нейронов</u>	<u>Свойства</u>
<b>Преганглионарные нейроны автономной нервной системы</b>	<b>Располагаются преимущественно в боковых рогах спинного мозга, а также в передних. Аксоны этих клеток направляются к симпатическим ганглиям и к интрамуральным ганглиям внутренних органов. Эти нейроны обладают выраженной фоновой активностью, но имеют редкую частоту (не более 15 Гц). Разряды преганглионарных симпатических нейронов синхронизированы с колебаниями артериального давления, а активность преганглионарных парасимпатических нейронов сакрального отдела соответствует изменению функционального состояния внутренних органов.</b>



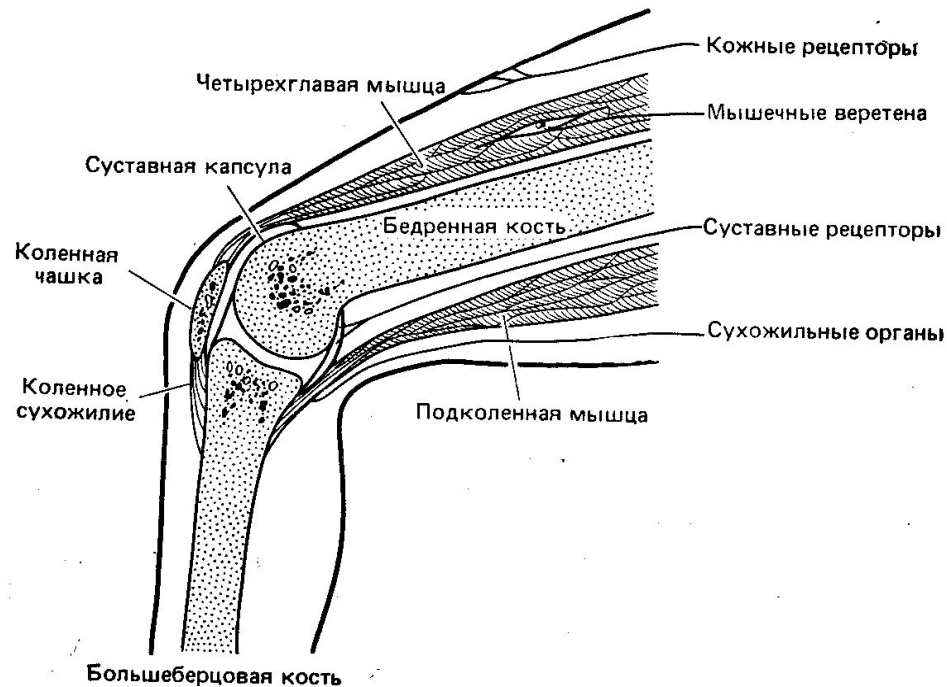




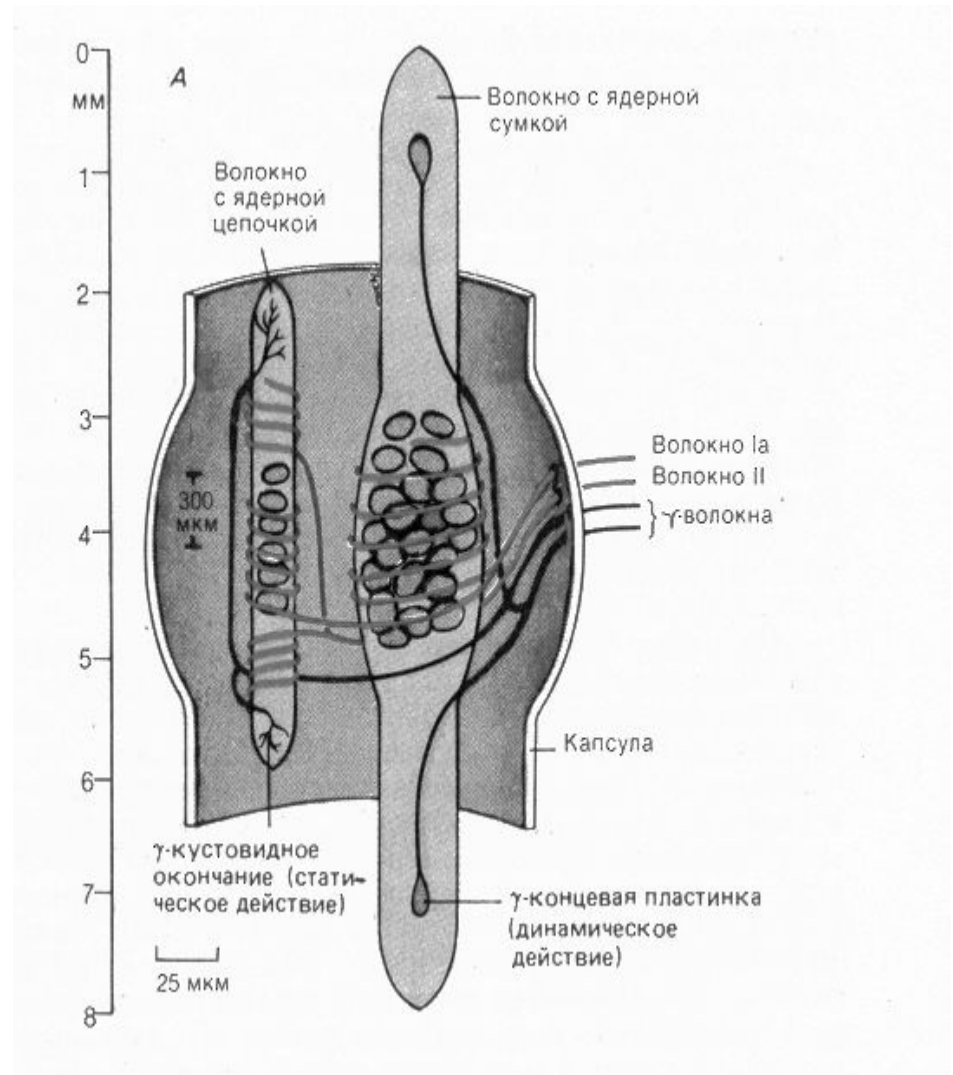
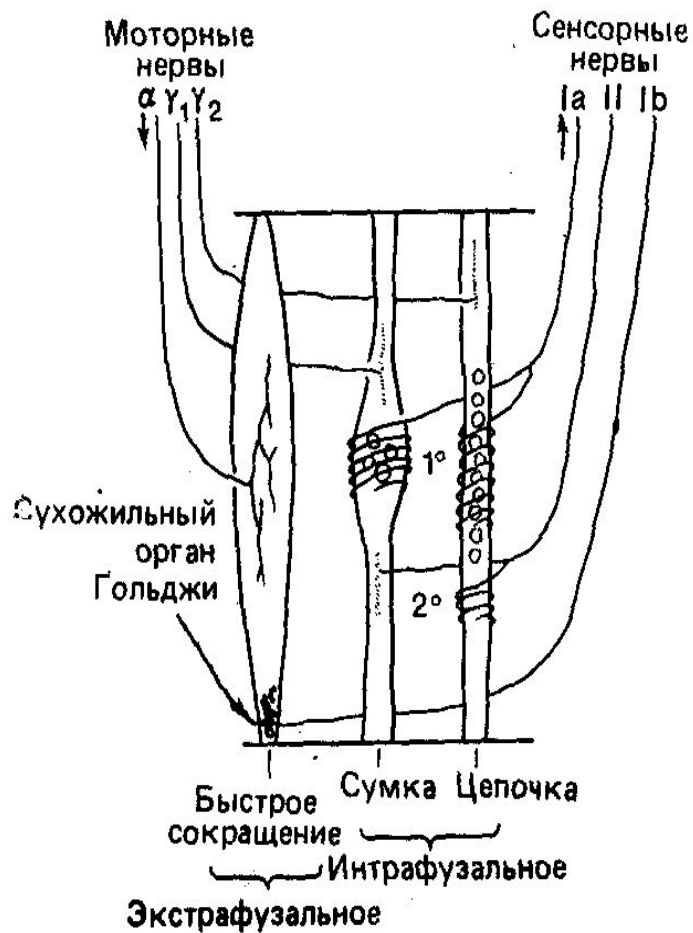
Соматосенсорные сети в спинном мозгу млекопитающих. **А.** Схема поперечного сечения спинного мозга. **Б.** Некоторые из главных типов нейронов и синаптических связей, обнаруженных в заднем роге. I—V — пластинки заднего рога; МК — маргинальная клетка; СК — стебельчатая клетка; ОК — клетка островка; Инт — интернейрон; ПК — проекционная клетка. Крупные миелинизированные волокна считаются глутаминэргическими; болевые волокна содержат вещество Р, соматостатин, вазоактивный кишечный пептид или, возможно, холецистокинин; нисходящие волокна содержат норадреналин или серотонин. (Эти сведения частично получены при обсуждении с К. ЛаМоттом [С. LaMotte].) **В.** Упрощенная схема «теории воротного контроля» Мельзака и Уолла (Melzack, Wall, 1965). Предполагаемые возбуждающие окончания показаны светлыми профилями, тормозные — черными.

# Проприоцепция и кинестезия

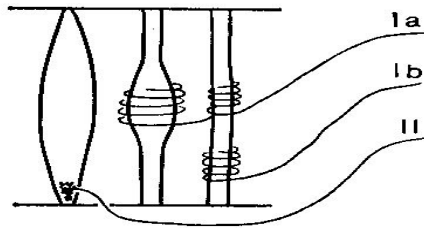
Мышечное чувство	Проприоцепция	Кинестезия	(Функции)
Мышечные рецепторы Сухожильные рецепторы	Мышечные рецепторы Сухожильные рецепторы Суставные рецепторы	Мышечные рецепторы Сухожильные рецепторы Суставные рецепторы Кожные рецепторы Центральные эф. ферменты	Ощущение положения и движения Ощущение силы тяжести (участвуют все рецепторы) Чувство усилия



# Мышечные веретена (строение)



**A**



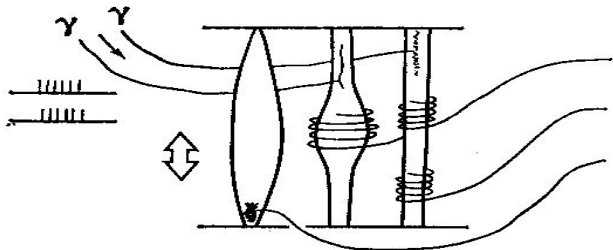
Регистрация сенсорных ответов



Свойства

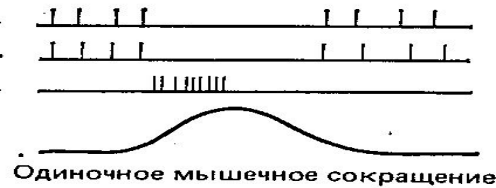
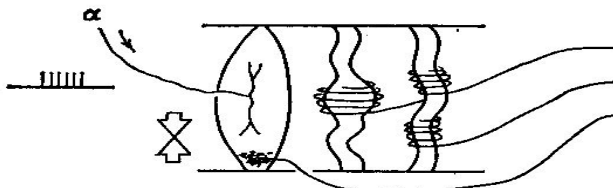
Динамический овершут  
Статический ответ  
Низкая чувствительность

**Б**



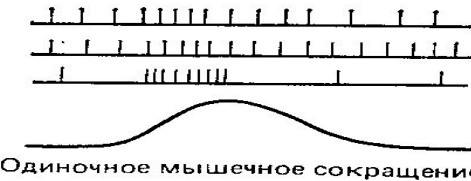
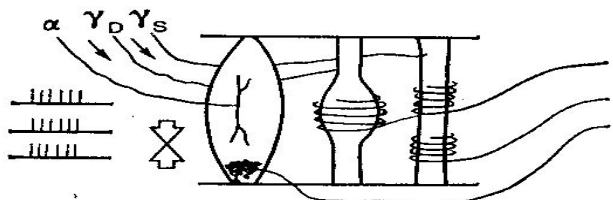
Увеличение фона и ответа  
Увеличение фона и ответа  
Низкая чувствительность

**В**



Пауза во время одиночного сокращения  
Пауза во время одиночного сокращения  
Высокая чувствительность

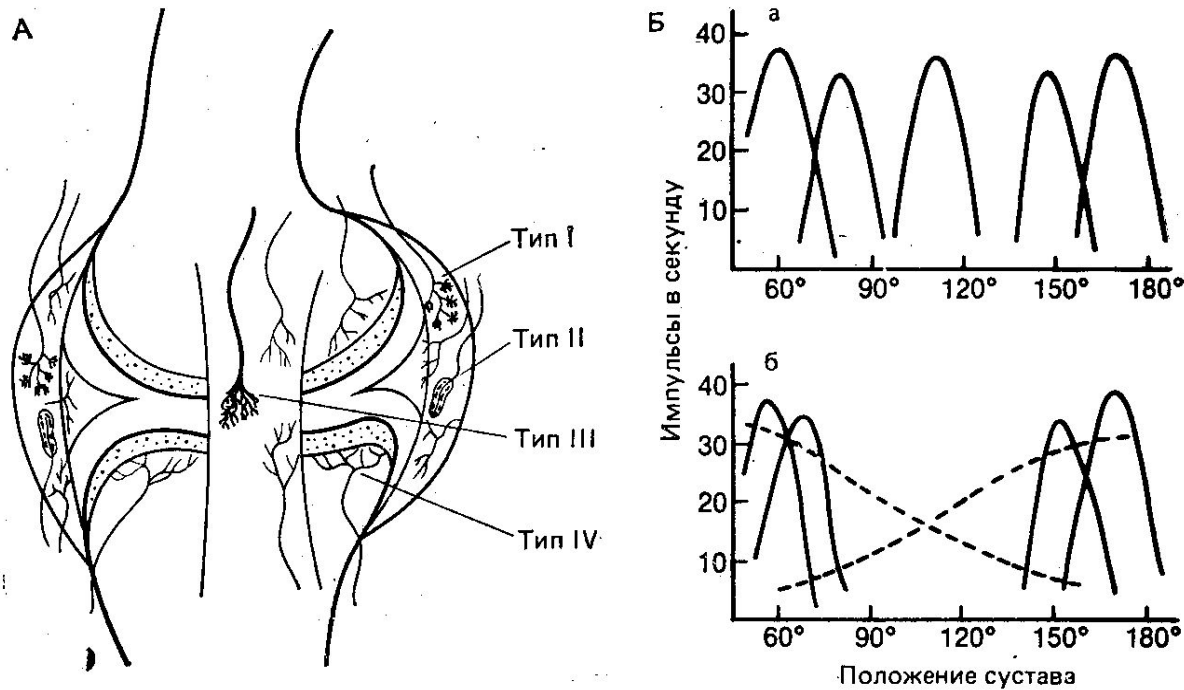
**Г**



Разряд во время одиночного сокращения  
Разряд во время одиночного сокращения  
Высокая чувствительность

Ответы мышечных веретен и сухожильных органов млекопитающих при разных условиях растяжения, сокращения и центробежного (гамма-) контроля.  $\alpha$  — аксон альфа-мотонейрона;  $\gamma$  — аксон гамма-мотонейрона (динамический, D, и статический, S).

# Суставные рецепторы

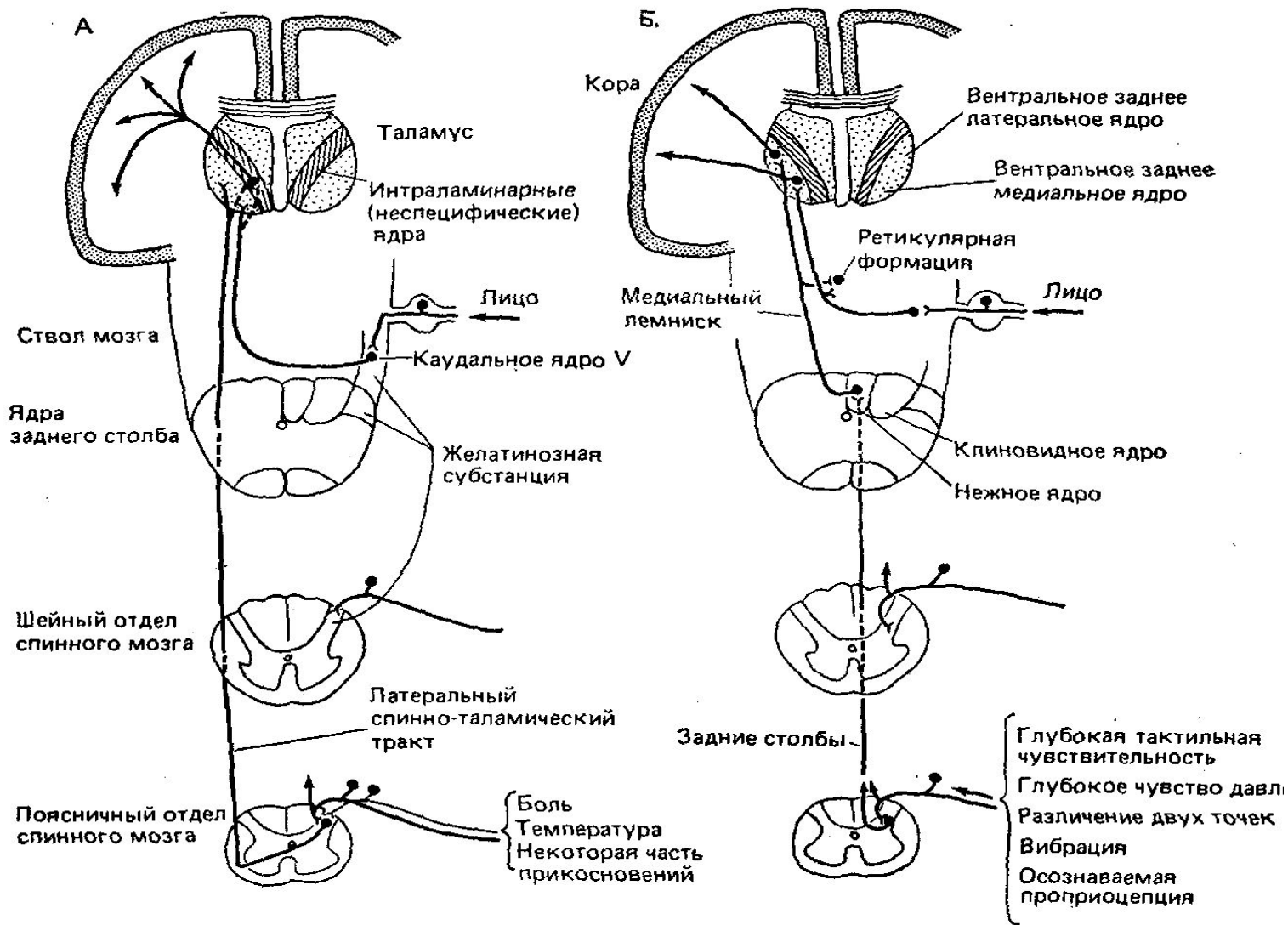


**А.** Сенсорные рецепторы, иннервирующие коленный сустав. Рецепторы типа I сходны с окончаниями Рuffини в коже. Рецепторы типа II имеют форму уплощенных телец Пачини. Рецепторы типа III сходны с сухожильным органом Гольджи. Рецепторы типа IV представляют собой немиелинизированные нервные окончания, подобные окончаниям болевых волокон. (Brodal, 1981.) **Б.** Кривые настройки нервов суставных рецепторов для разных положений сустава у кошки. а. Популяция волокон, охватывающая большую часть диапазона положений сустава (Skoglund, 1973); б. Популяция волокон, покрывающая только крайние части этого диапазона. Пунктирные линии — отведения активности от первичных окончаний мышечных веретен в антагонистических мышцах вокруг голеностопного сустава. Эта активность мышечных рецепторов, которую Бёрджес и др. (Burges et al.) назвали оппонентным частотным кодом, способствует ощущению положения сустава. (По Burges et al., 1982.)

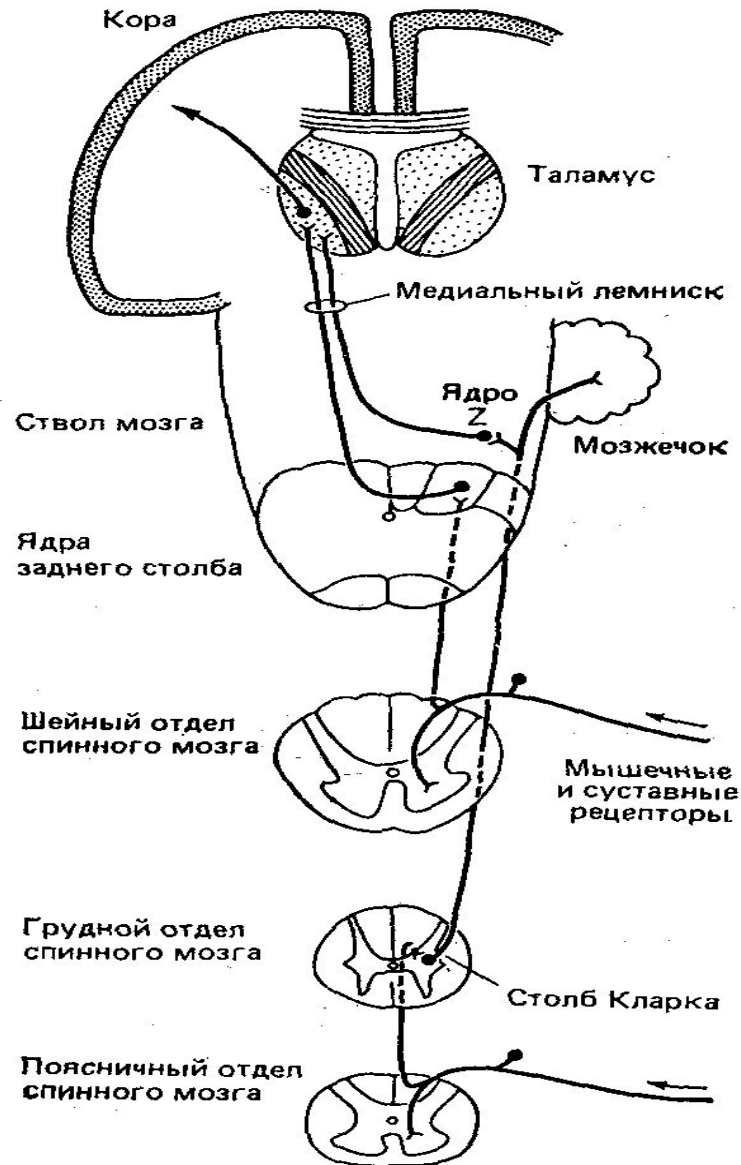
## Важнейшие двигательные безусловные рефлексы у человека

Название рефлекса	Применяемое раздражение	Характер рефлекторной реакции	Локализация нейронов, участвующих в рефлексе
Сухожильные проприорецептивные рефлексы:			
локтевой	Удар молоточком по сухожилию <i>m. biceps brachii</i> (рука слегка согнута в локте)	Сокращение <i>m. biceps brachii</i> и сгибание руки	V—VI шейные сегменты спинного мозга
коленный	Удар молоточком по сухожилию <i>m. quadriceps</i> ниже коленной чашечки	Сокращение <i>m. quadriceps</i> и разгибание голени	II—IV поясничные сегменты
ахиллов	Удар по ахиллову сухожилию	Подошвенное сгибание стопы	I—II крестцовые сегменты
Брюшные рефлексы:	Штриховое раздражение кожи:	Сокращение соответствующих участков брюшной мускулатуры	
верхний	параллельно нижним ребрам		VIII—IX грудные сегменты
средний	на уровне пупка (горизонтально)		IX—X грудные сегменты
нижний	параллельно паховой складке		XI—XII грудные сегменты
Кремастерный яичковый рефлекс	Штриховое раздражение внутренней поверхности бедра	Сокращение <i>m. cremaster</i> и поднятие яичка	I—II поясничные сегменты
Анальный рефлекс	Штрих или укол вблизи заднего прохода	Сокращение наружного сфинктера прямой кишки	IV—V крестцовые сегменты
Подошвенный рефлекс	Слабое штриховое раздражение подошвы Сильное раздражение подошвы	Сгибание пальцев и стопы Разгибание пальцев и сгибание ноги	I—II крестцовые сегменты

## Восходящие соматосенсорные пути спинного мозга (схема)

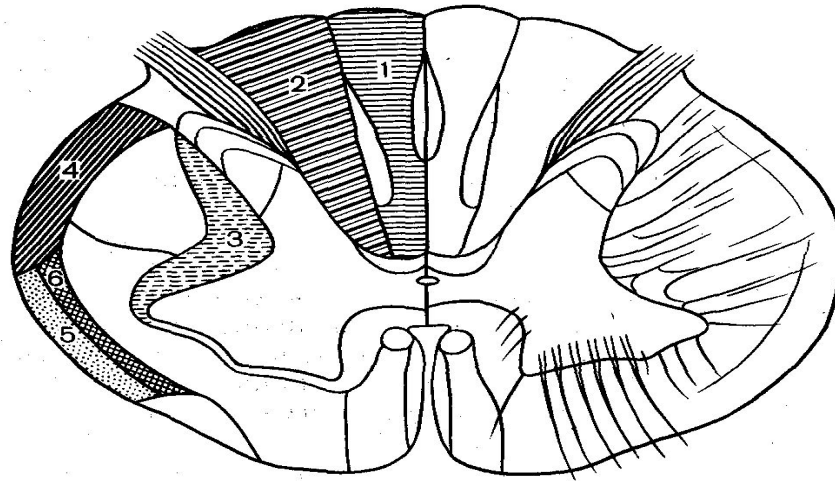


## Восходящие проприоцептивные пути спинного мозга (схема)



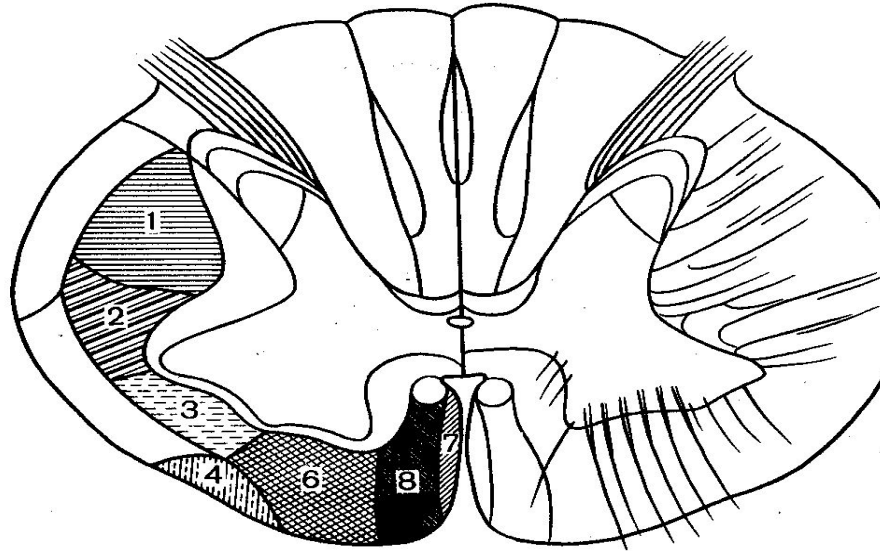


## Основные восходящие (чувствительные) пути спинного мозга



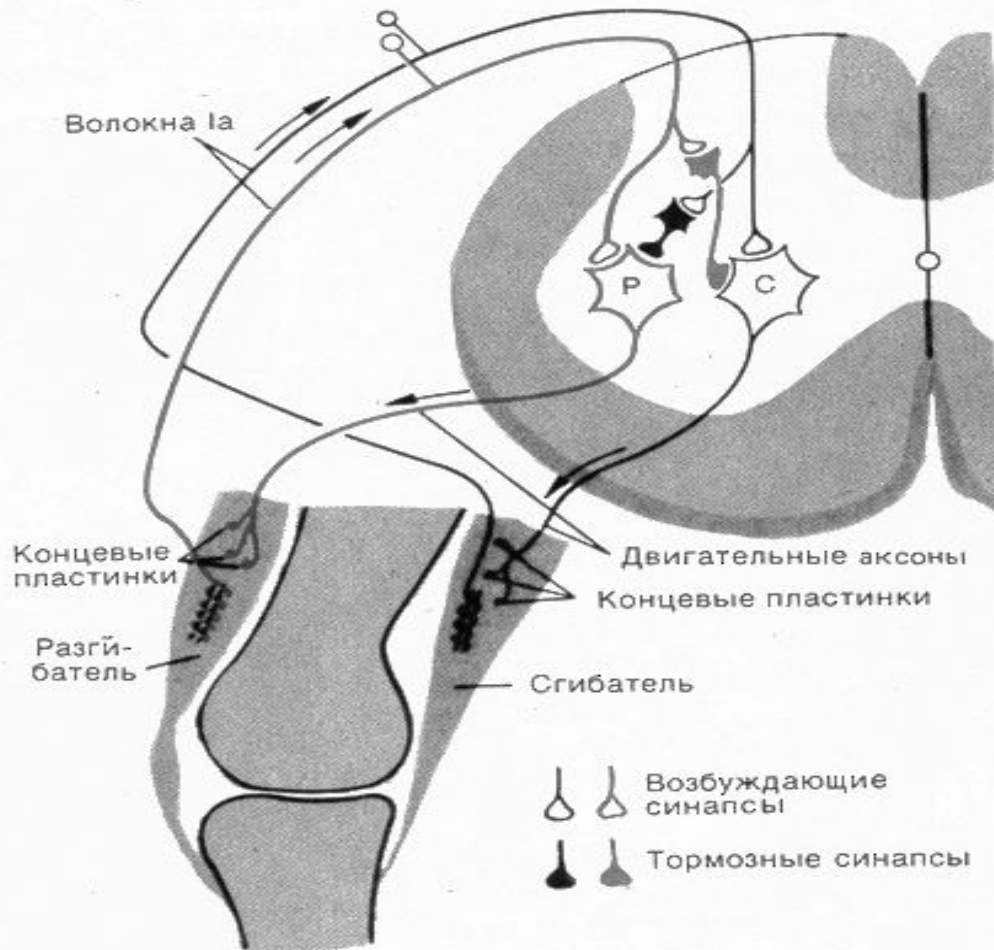
Проводящие пути	Столбы спинного мозга	Физиологическое значение
1. Тонкий пучок (пучок Голля)	Задние	Тактильная чувствительность, чувства положения тела, пассивных движений тела, вибрации
2. Клиновидный пучок (пучок Бурдаха)	»	То же
3. Дорсолатеральный	Боковые	Пути болевой и температурной чувствительности
4. Дорсальный спинальный Флексига	»	Импульсы из проприорецепторов мышц, сухожилий, связок; чувство давления и прикосновения из кожи
5. Вентральный спинальный (Говерса)	»	То же
6. Дорсальный спиноталамический	»	Болевая и температурная чувствительность
7. Спинотектальный	»	Сенсорные пути зрительно-двигательных рефлексов и болевой чувствительности
8. Вентральный спиноталамический	Передние	Тактильная чувствительность

## Основные нисходящие (двигательные) пути спинного мозга



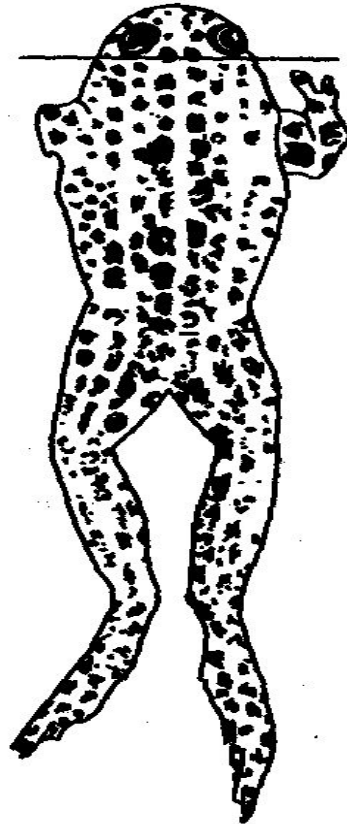
1. Латеральный кортико-спинальный (пирамидный)	Боковые	Импульсы к скелетным мышцам. Произвольные движения
2. Руброспинальный (Монакова)	»	Импульсы, поддерживающие тонус скелетных мышц
3. Дорсальный вестибулоспинальный	»	Импульсы, обеспечивающие поддержание позы и равновесия тела
4. Оливоспинальный (Гельвега)	»	Функция неизвестна. Возможно, он участвует в осуществлении таламоспинальных рефлексов
5. Ретикулоспинальный	Передние	Импульсы, поддерживающие тонус скелетных мышц, регулирующие состояние спинальных вегетативных центров и чувствительность мышечных веретен проприорецепторов скелетных мышц
6. Вентральный вестибулоспинальный	»	Импульсы, обеспечивающие поддержание позы и равновесия тела
7. Тектоспинальный	»	Импульсы, обеспечивающие осуществление зрительных и слуховых двигательных рефлексов (рефлексов четверохолмия)
8. Вентральный кортико-спинальный (пирамидный)	Передние	Импульсы к скелетным мышцам, произвольные движения

# Миотатический рефлекс и реципрокное антагонистическое торможение

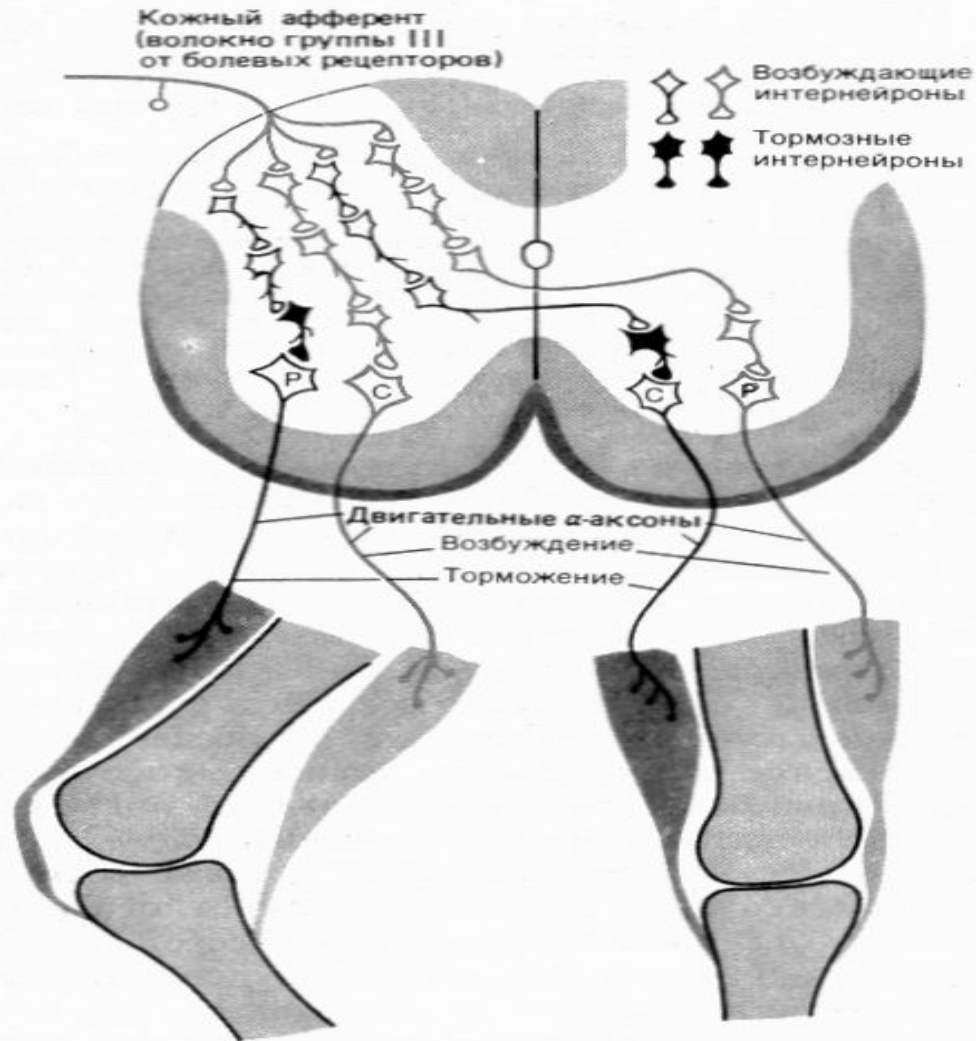


Дуги рефлекса растяжения и реципрокного торможения мышц-антагонистов. С – мотонейроны сгибателей коленного сустава; Р – мотонейроны разгибателей коленного сустава. На схеме показаны мышцы-сгибатели и разгибатели сустава и отражена роль синапсов

# Схема эксперимента для изучения перекрестного сгибательно- разгибательного рефлекса

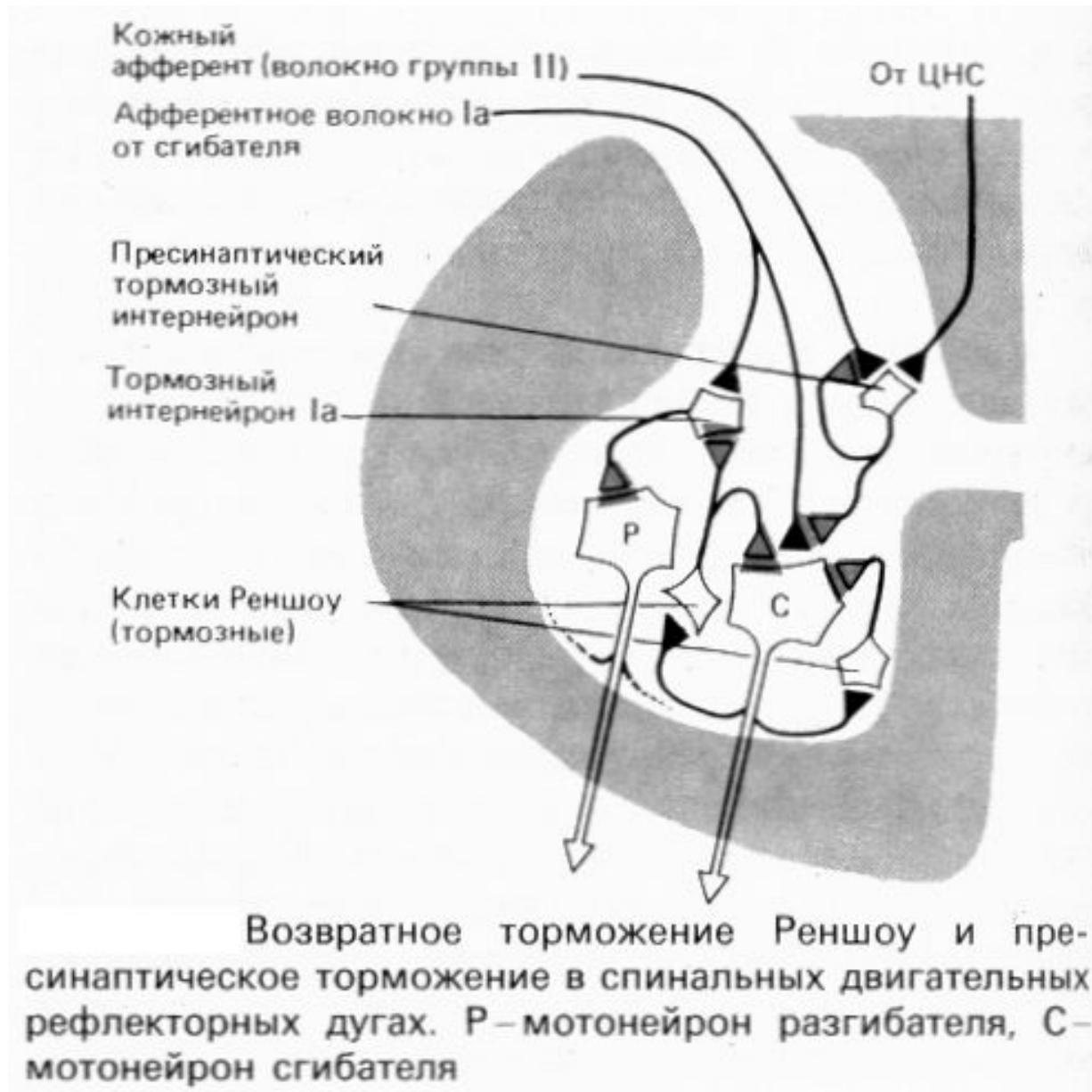


# Полисинаптический защитный перекрестный сгибательно-разгибательный рефлекс (схема)



Внутрисегментарные связи афферентного волокна от болевого рецептора кожи стопы показаны афферентное волокно группы III и рефлекторные дуги ипсилатерального сгибательного и контралатерального разгибательного рефлексов. Р – мотонейроны разгибателей, С – мотонейроны сгибателей

# Схема антидромного торможения



# Наиболее общие функции спинного мозга:

- **Рефлекторная**
- **Проводниковая: афферентная и эфферентная**
- **Регуляторная**
- **Хранение и воспроизведение автоматизированных двигательных программ**
- **Гомеостатическая**
- **Трофическая**
- **И многие другие...**