

# МОТОРИКА

(регуляция движений)



Моторные рефлексy спинного мозга.

Проприорецепторы.

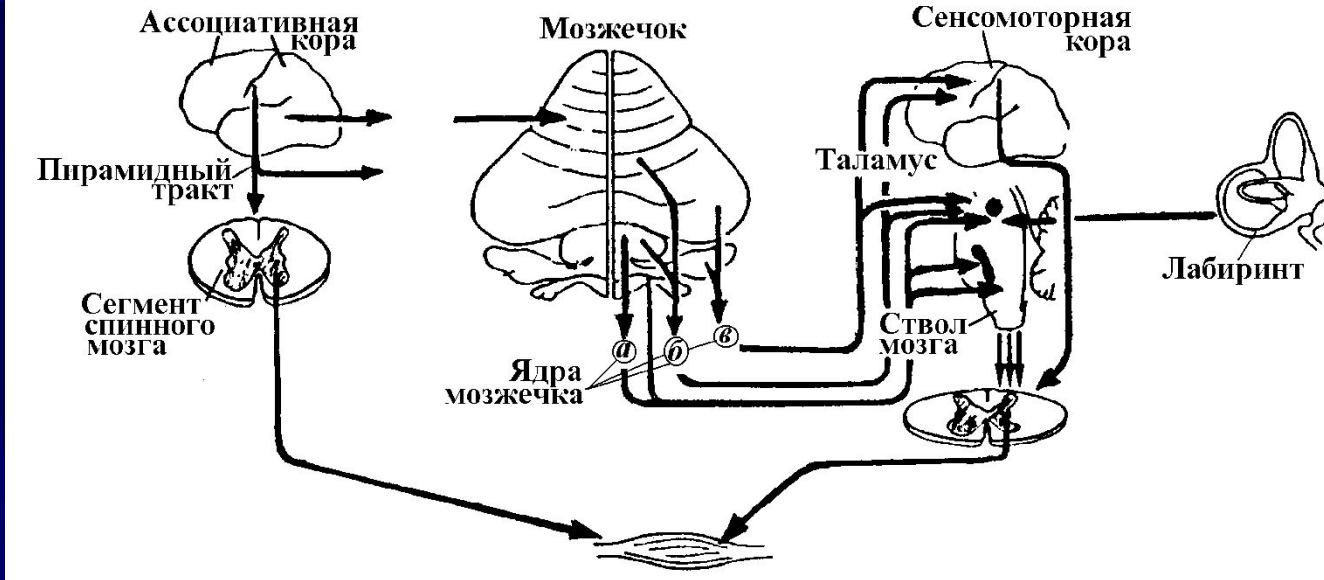
Моторные рефлексy ствола мозга.

## Разновидности движений

- Сокращение скелетных мышц направлено не только на выполнение истинных **целенаправленных локомоций**, но и на противодействие гравитационным силам, на сохранение позы. Такие движения называются **позными**.
- Подавляющее большинство движений человека являются рефлекторными - для осуществления их необходимо прохождение нервного импульса через все звенья рефлекторной дуги.
- Но в моторных центрах ЦНС имеются и **автоматические программы** - циклические процессы, осуществляющиеся даже в отсутствии всяких внешних стимулов.

# Рецепторы, участвующие в регуляции моторики

- *Проприорецепторы*
- *вестибулярный*
- *рецепторы кожи*
- *зрительный*
- *и другие.*

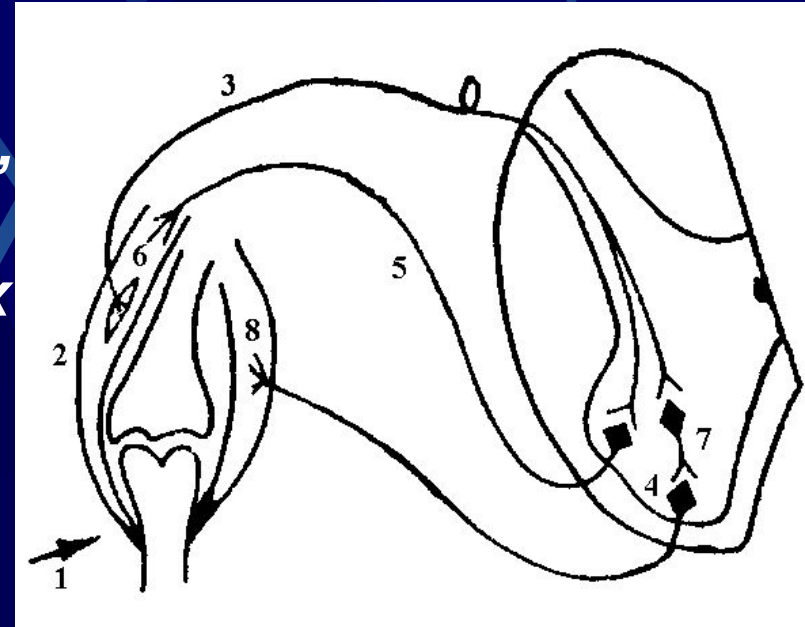


## Нервные центры

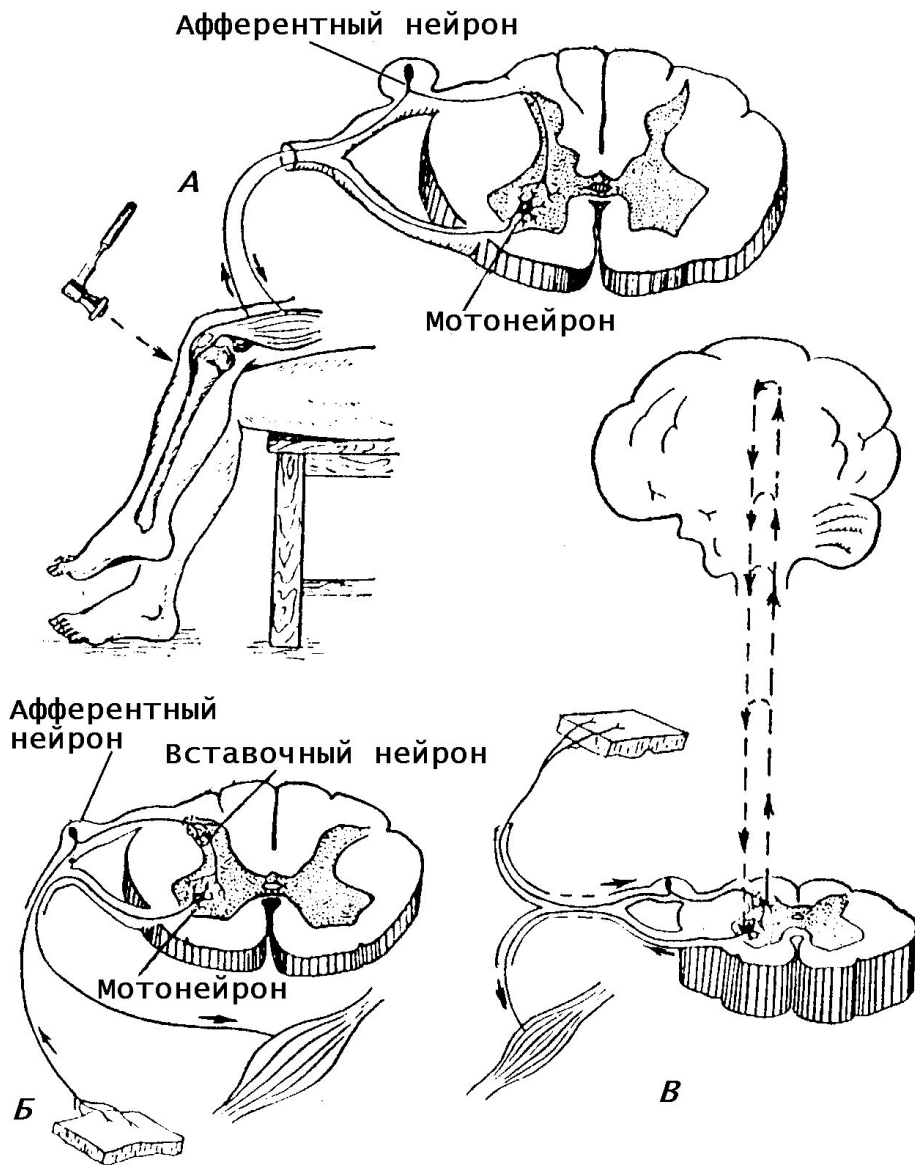
- Многоуровневый (расположен в различных структурах ЦНС) нервный центр обеспечивает человеку возможность выполнения всей разнообразной гаммы движений.
- Однако, не следует забывать, что непосредственный выход к мышцам все они получают через мотонейроны спинного мозга (а мышцы лица - мотонейроны ствола головного мозга).

## Спинной мозг

- В сегментах спинного мозга пул мотонейронов каждой мышцы находится в определенном месте:
- *сгибатели лежат латерально, а разгибатели занимают медиальные участки передних рогов.*
- Основными функциями пула являются:
  - а) замыкание рефлекса, выполняемого самим спинным мозгом,
  - б) преобразование управляющих сигналов от верхних этажей ЦНС в команды к конкретным мышечным волокнам.



# Сухожильный рефлекс



- При ударе молоточком по сухожилию (любой мышцы) мышца сокращается.
- Этот эффект обусловлен рефлексом, замыкающимся на уровне соответствующего сегмента спинного мозга.
- Начинается рефлекс с проприорецепторов.

# Проприорецепторы

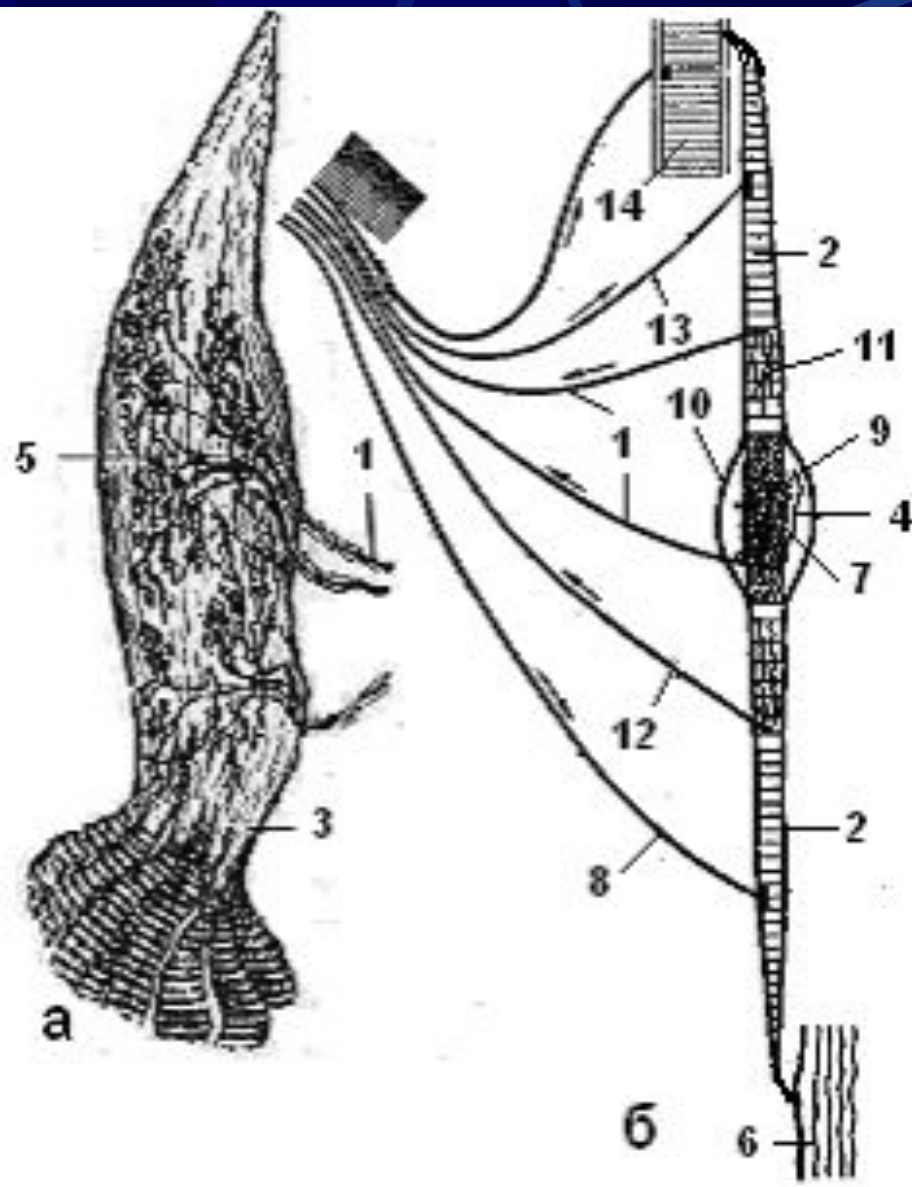


Схема сухожильного органа  
(а),  
мышечного веретена (б).

1, 12- афферентные волокна,

2 – интрафузальное мышечное  
волокно,

3 – сухожилие,

4 – капсула,

5, 7, 11 – чувствительные  
нервные окончания,

6 – экстрафузальные мышечные  
волокна,

8, 13 - γ-эфференты,

9 – ядра,

10 – ядерная сумка.

## Плотность проприорецепторов

- Количество мышечных веретен и сухожильных органов в различных мышцах неодинаково. Чем более сложную, более значимую для человека функцию выполняет мышца, тем больше в ней число веретен, выше их плотность.
- Например, в мышце, приводящей большой палец кисти, насчитывается 29 веретен на 1 г, а в трехглавой плеча - 1,4 на 1 г.
- Плотность сухожильных органов примерно в 1,5 - 2 раза меньше.



# Взаимодействие нейронов в спинном мозге



1. Рецепторы возбуждаются при растяжении.
2. Импульсы от веретен в сп. мозге возбуждают мотонейроны своей мышцы; а через вставочные нейроны тормозят мышцу-антагонист.
3. Импульсы от сухожильных органов в сп. мозге тормозят мотонейроны своей мышцы.

## Функции проприорецепторов

- **Сухожильные органы** - контролируют напряжение мышцы (силу сокращения). И если сокращение слишком сильное (можно повредить мышцу и сухожилие), то сокращение останавливается (торможение).
- **Мышечные веретена** - контролируют длину мышцы. Эта информация поступает в головной мозг (мы всегда знаем в каком положении находятся наши мышцы).
- Кроме того (см. дальше) ...

# ГАММА-ПЕТЛЯ

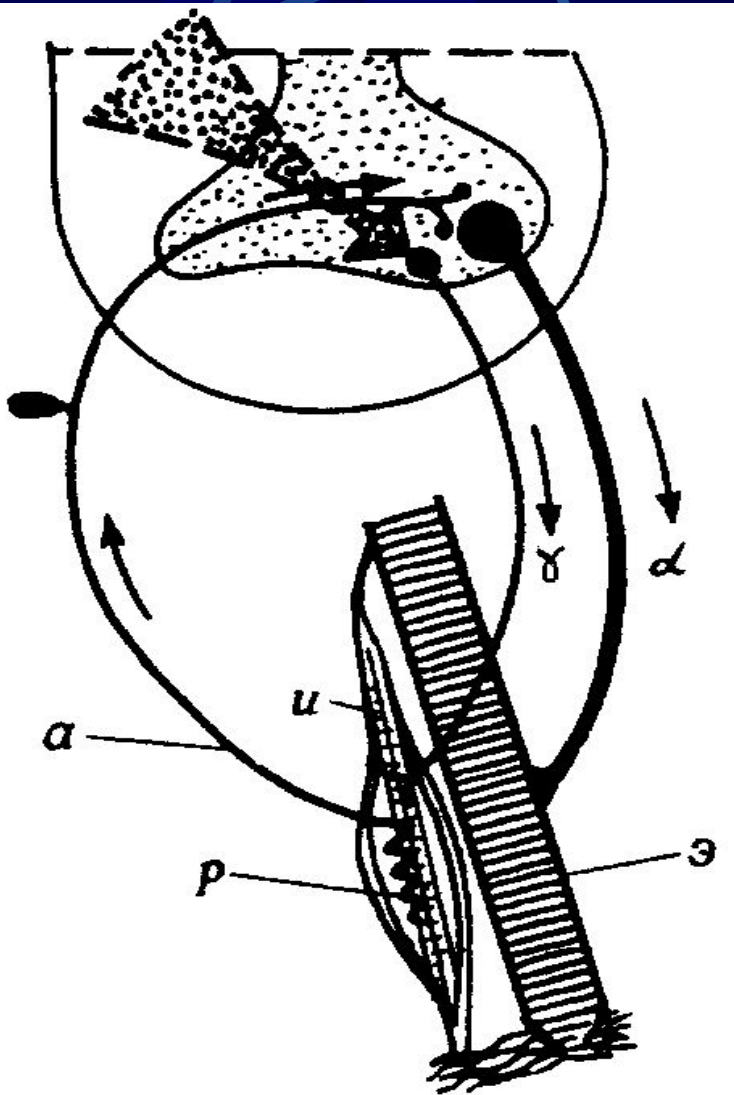
В естественных условиях возбуждение  $\alpha$ - и  $\gamma$ -мотонейронов одной мышцы возникает чаще всего одновременно. Но вследствие различной скорости проведения (по  $\alpha$ -мотонейрону - 70-120 м/с, а - по  $\gamma$ - - 10-40 м/с) оно достигает соответствующих мышечных волокон неодновременно: экстрафузальные волокна начинают сокращаться раньше интрафузальных.

Начавшие сокращаться с некоторым отставанием интрафузальные волокна, растягивают капсулу центральной ядерной зоны веретена, что приводит к раздражению расположенных здесь нервных окончаний и поступлению от них сигналов вновь в спинномозговые центры, а от них по

$\alpha$ -мотонейрону к мышце. В результате сокращение усиливается! Это явление называется гамма-петля.

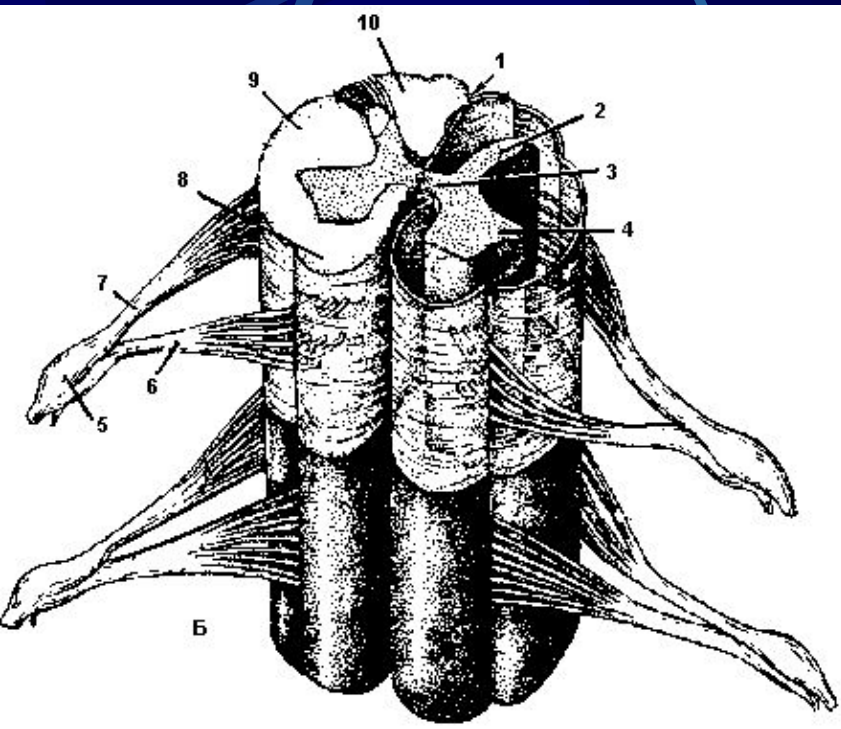
Рис. См. ниже.

# Гамма-регуляция мышечного сокращения ( $\gamma$ - ПЕТЛЯ): механизм усиления сокращения мышц



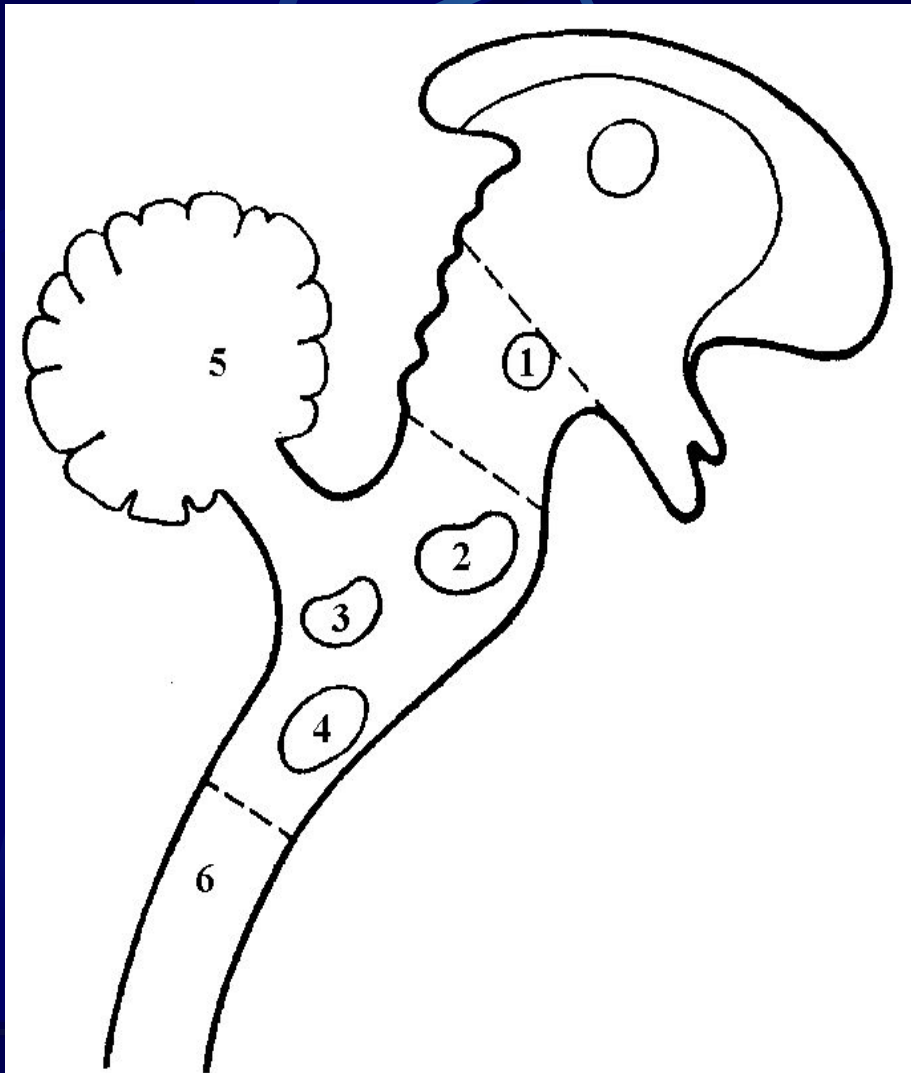
- РФ - ретикулярная формация ствола мозга указана широкой стрелкой,
- а - афферентное волокно,
- и - интрафузальные мышечные волокна,
- э - экстрафузальные волокна,
- р - мышечное веретено,
- $\alpha$ ,  $\gamma$  - соответствующие эфференты мотонейронов спинного мозга.

# Рефлексы спинного мозга (начинаются с различных рецепторов и автономных программ)



- **Сегментарные:**  
моносинаптические и полисинаптические.
- **Межсегментарные:**  
**Сгибательный,**  
**Перекрестный**  
**разгибательный,**  
**Чесательный,**  
**Шагательный.**
- **Сомато-висцеральные,**
- **Висцеро-соматические**  
(связь с ВНС).

# Двигательные центры ствола головного мозга.

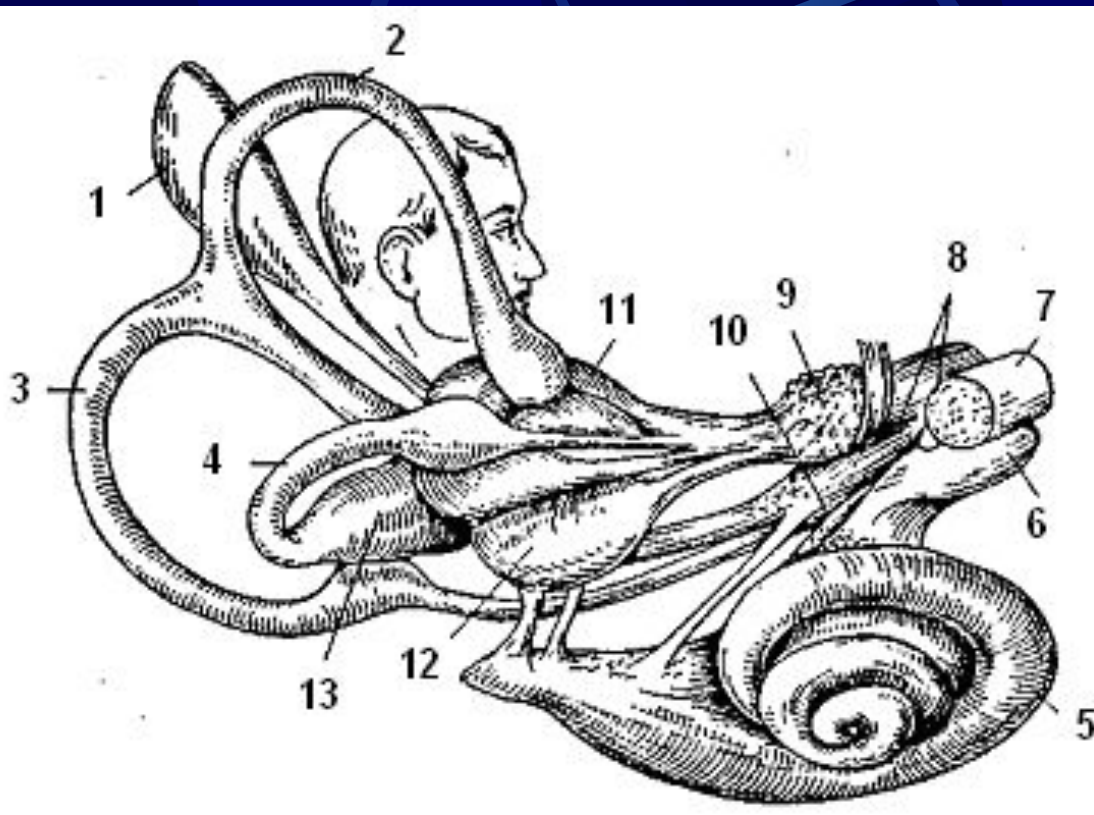


- 1 - красное ядро,
- 2 - ядро ретикулярной формации моста,
- 3 - вестибулярное ядро,
- 4 - ядро ретикулярной формации продолговатого мозга,
- 5 - мозжечок,
- 6 - спинной мозг.

# Вестибулярный анализатор

- В ориентации человека в пространстве помимо проприорецепторов большую роль играет вестибулярная сенсорная система. Она вместе с проприорецепторами мышц шеи информирует ЦНС о:
  1. положении головы,
  2. ее движении (причем как активном, так и пассивном).

# Лабиринт



- 1 - эндолимфатический мешочек,
- 2, 3, 4 - полукружные каналы,
- 5 - улитка, 6 - улитковый нерв, 7 - лицевой нерв,
- 8 - вестибулярный нерв,
- 9 - верхний вестибулярный узел,
- 10 - нижний вестибулярный узел,
- 11 - овальный мешочек,
- 12 - круглый мешочек,
- 13 - евстахиева труба

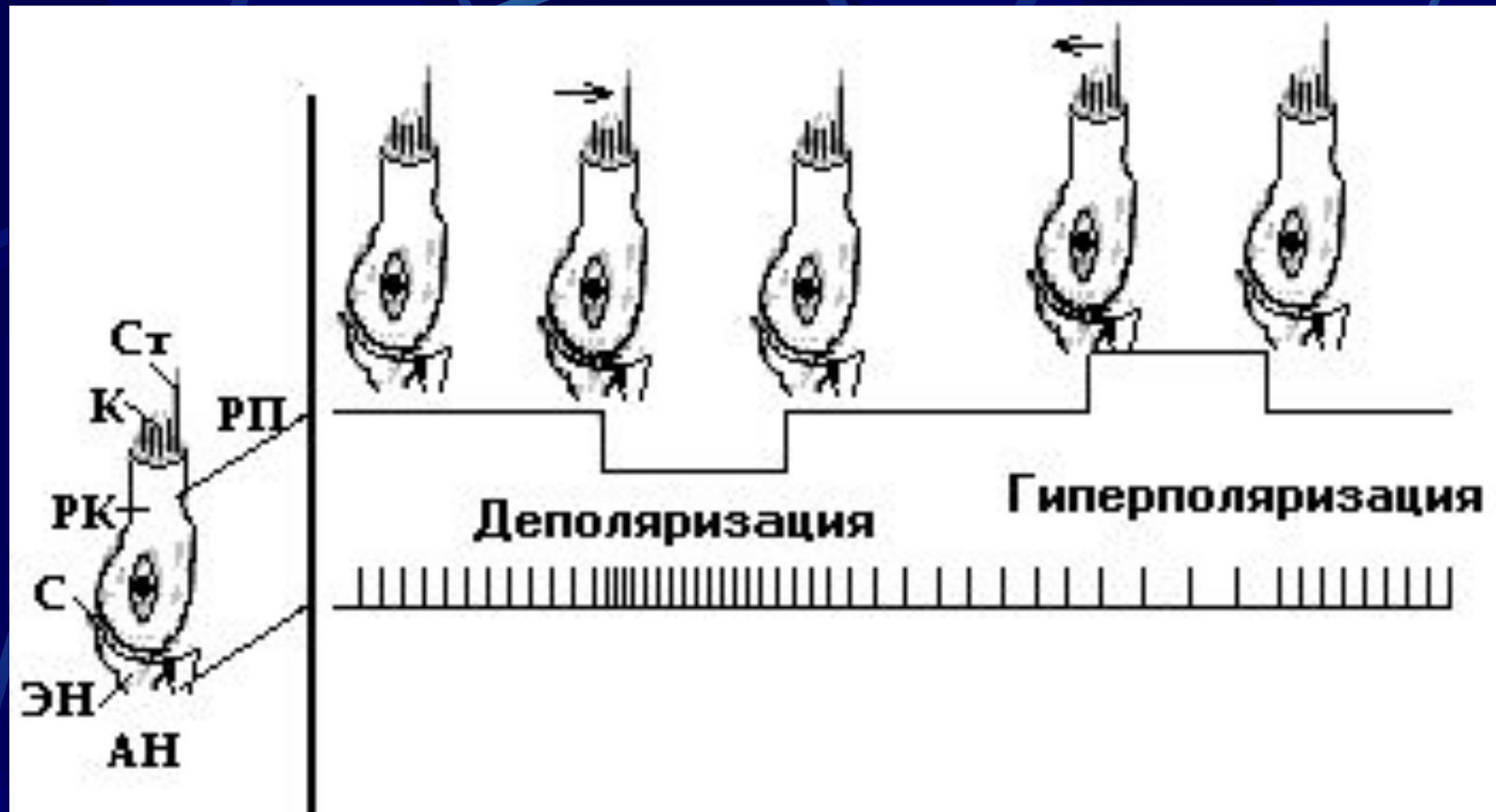


# Схема строения, механизм возбуждения и торможения рецепторных клеток



- Клетка обладает пейсмекерными свойствами (200 имп/с).
- Движение эндолимфы, сдвигая стереоцилии в сторону киноцилии, вызывает деполяризацию клеточной мембраны и увеличение выделения медиатора (АХ) – частота ПД возрастает.
- В противоположную сторону – гиперполяризация: частота ПД уменьшается (рис. далее).

# Формирования электрического ответа рецептора вестибулярного анализатора



# Схема строения купулы и отолитового аппарата



Рецепторы маточки и мешочка контролируют прямолинейные движения человека.

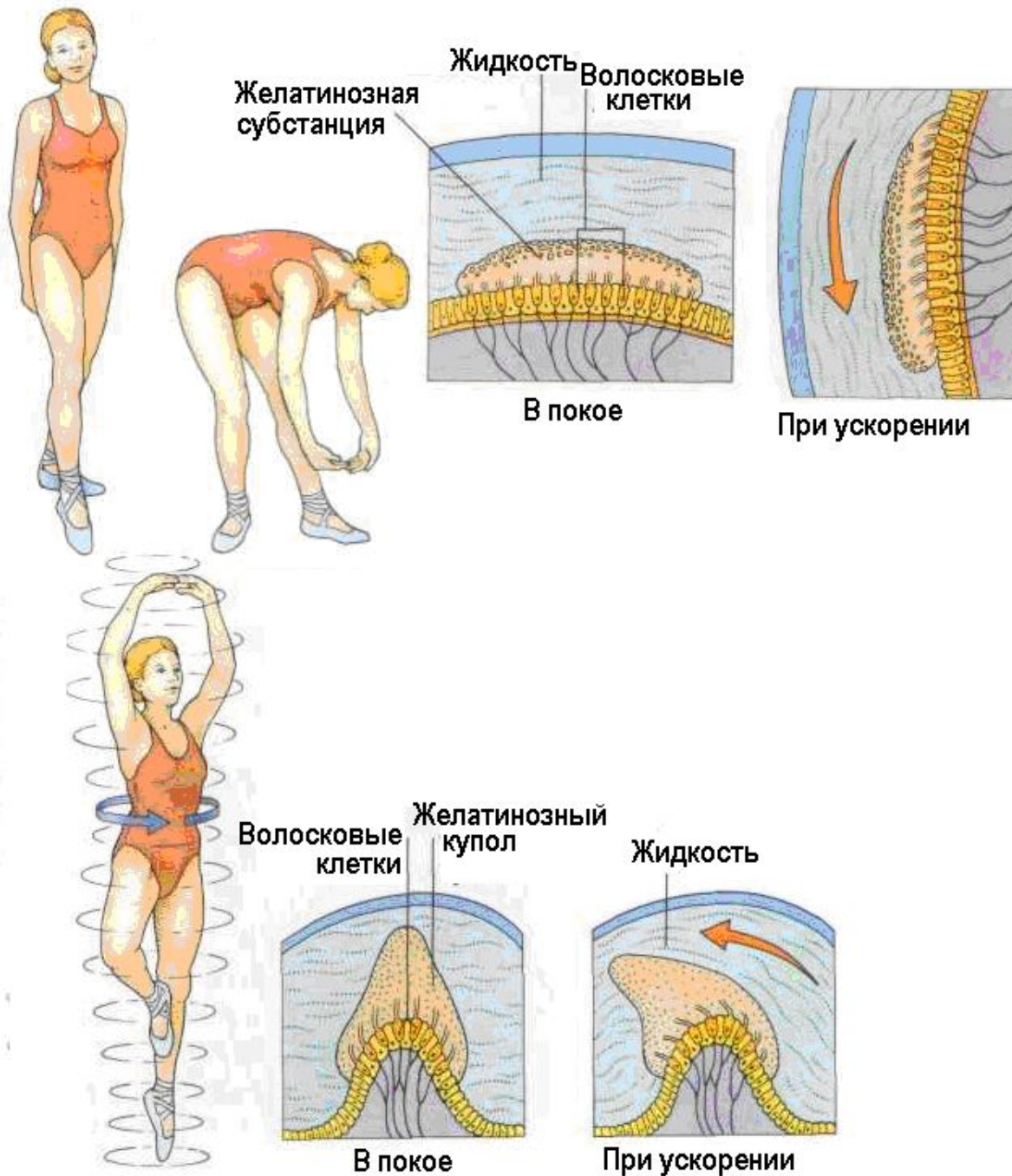
- Раздражаются они при изменении скорости движения (начало и конец движений), при так называемых линейных ускорениях.
- В мешочке и маточке реснички входят в структуру отолитовой мембраны, содержащей кристаллики карбоната кальция, что приводит к повышению удельной плотности отолитовой мембраны в два раза по сравнению с эндолимфой.
- Более тяжелая, следовательно, и более инерционная мембрана в начале движения отстает от движения эндолимфы, а при торможении позже останавливается. В результате именно в эти моменты и создаются условия для возникновения возбуждения, так как происходит соответствующий наклон коротких ресничек.

## Полукружные каналы

- Естественным стимулом для рецепторов полукружных каналов являются угловые ускорения. Здесь рецепторные клетки в каждом канале сгруппированы в *cristae ampularis* и лежат глубоко утопленными среди клеток сенсорного эпителия. Реснички их заключены в желатинозную массу, называемую *купулой*.
- Их омывает эндолимфа, удельная масса которой мало отличается от желатинозной массы, поэтому реснитчатые клетки данных отделов почти не реагируют на линейные ускорения, их раздражитель – (вращательные) ускорения (см. далее).

# Механизм возникновения раздражения рецепторов:

- ОТОЛИТОВЫХ
- Купулы



## Связи центров ствола

- Рефлексы ствольных моторных ядер реализуются через нисходящие влияния на мотонейроны спинного мозга. Нисходящие пути нейронов ядер ствола оканчиваются на соответствующих мотонейронах спинного мозга, где они возбуждают мотонейроны одного типа мышц, тормозя при этом мотонейроны мышц-антагонистов.
- С помощью указанных центров ствола происходит перераспределение мышечного тонуса: вестибулярное ядро возбуждает мотонейроны разгибателей, а красное ядро - сгибателей.

# Двигательные центры ствола головного мозга

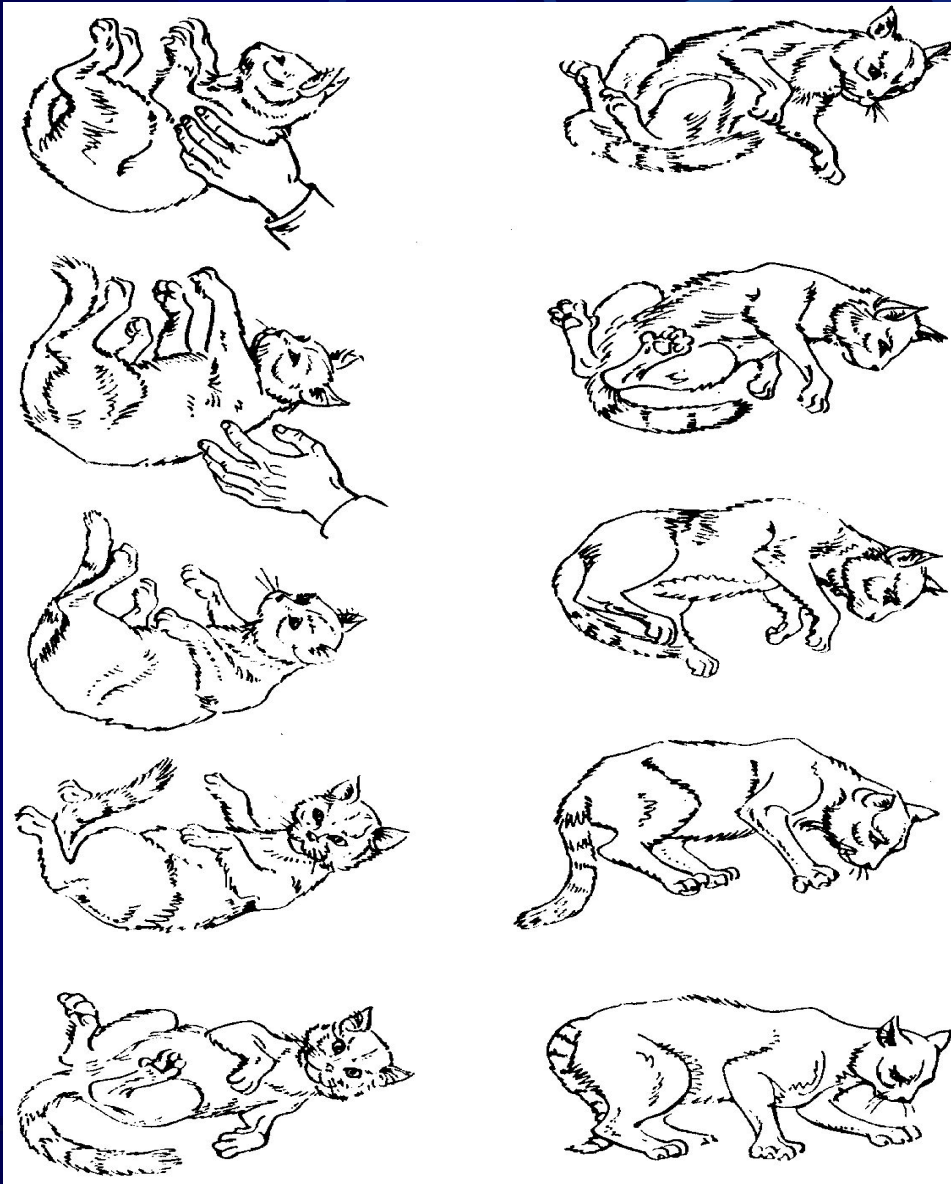
- Стволовые центры обеспечивают *сохранение равновесия и нормальное вертикальное положение тела в условиях действия гравитационного поля Земли как в состоянии покоя, так и при движении.*
- При этом ведущим является обеспечение естественного (вертикального) положения головы и глаз относительно линии горизонта. А это: голова вверх, глаза по линии горизонта.



# Рефлексы ствола мозга

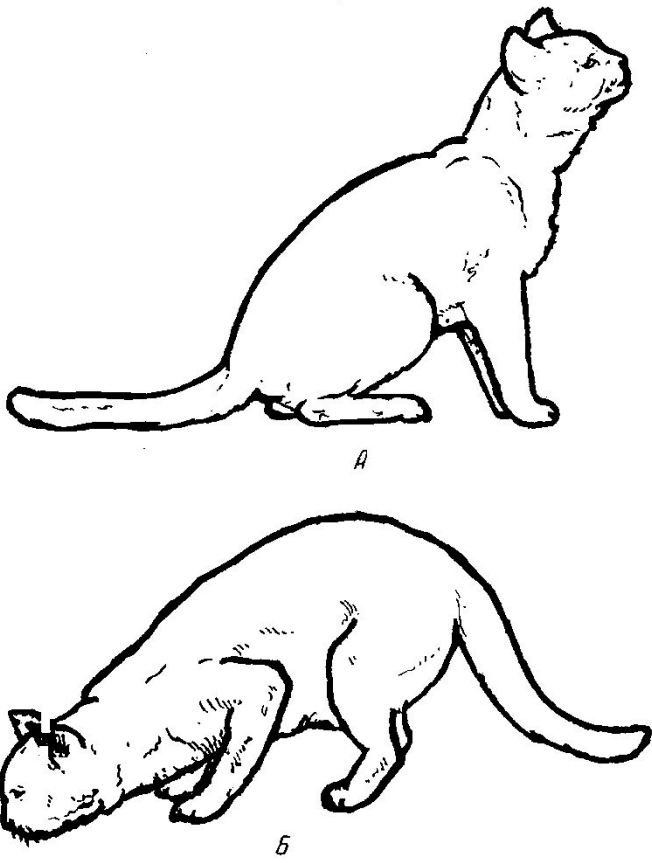
- Позные рефлексы:  
*Шейные,*  
*Вестибулярные,*  
*глазо-двигательные.*
- Статокинетические рефлексы:  
*Статические,*  
*Тонические,*  
*Ориентировочные.*
- проприорецепторы  
мышц шеи
- рецепторы  
вестибулярного  
анализатора

# Позные рефлексy кошки при падении



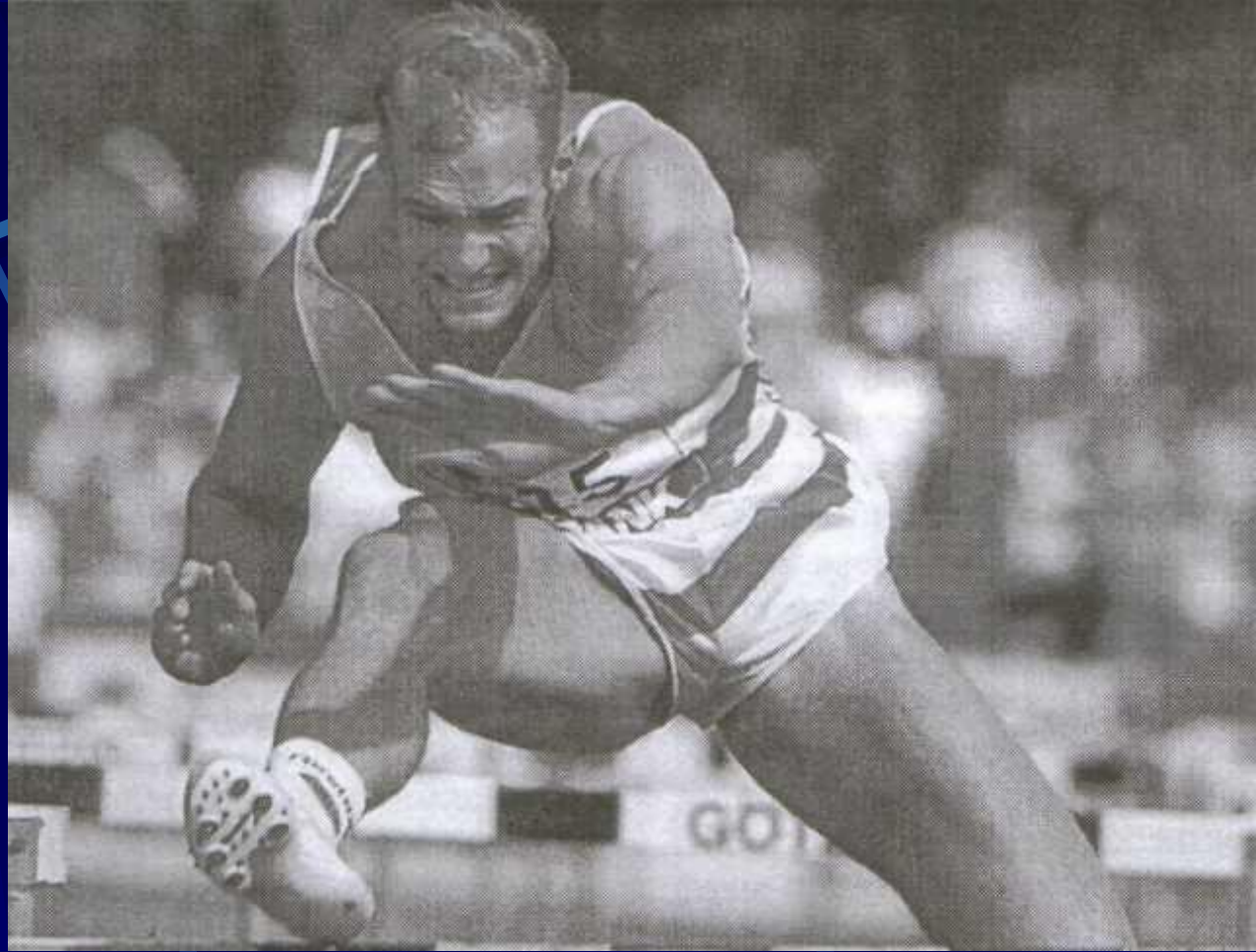
- Начинаются движения с поворота головы.

# Перераспределение тонуса мышц кошки при наклоне головы

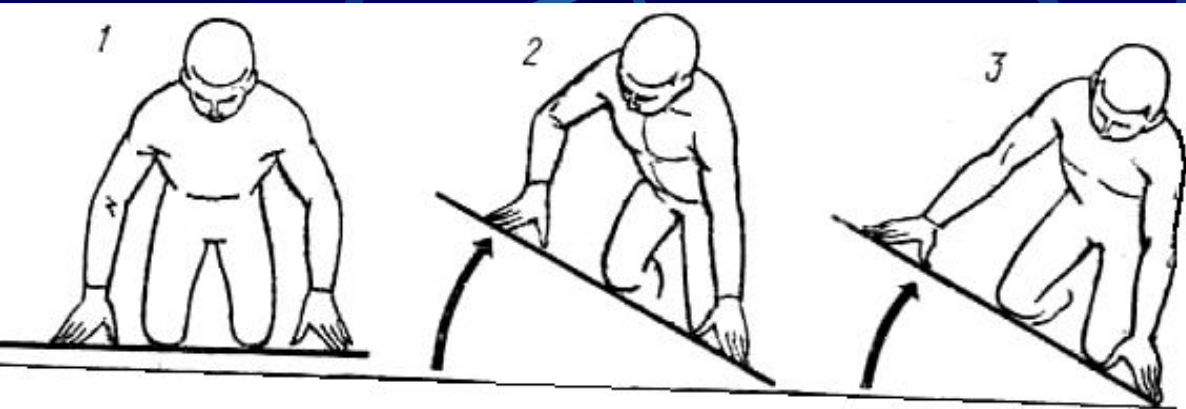


- У животных при наклоне головы вниз повышается тонус сгибателей передних конечностей и разгибателей задних. При подъеме головы наблюдается противоположное: передние конечности разгибаются, а задние сгибаются.
- В отличие от этого у человека наклон головы вперед повышает тонус всех мышц сгибателей, а назад - разгибателей. Наклон головы к плечу приводит к повышению тонуса мышц сгибателей этой стороны и разгибателей противоположной (см. далее).

- При наклоне головы повышается тонус мышц-сгибателей (улучшается группировка).



# Участие лабиринта в сохранении горизонтального состояния глаз при наклонах головы



- Глаза в любом положении головы должны быть расположены горизонтально.

