

Цикл лекций по нейрофизиологии 2013-2014

Член-корр. РАН Лев Гиршевич Магазаник

Медицинский факультет СПбГУ

Лекция 4

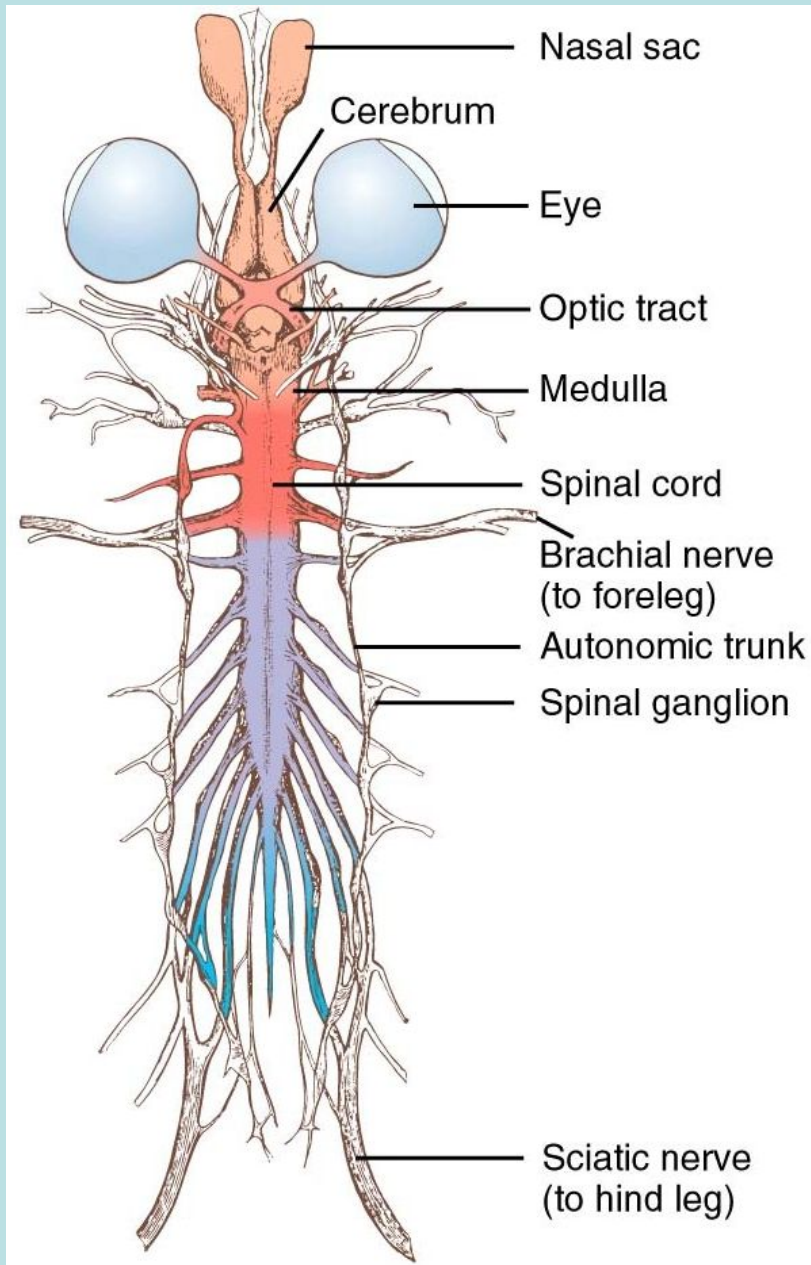
Регуляция двигательной деятельности - 1

Спинальные механизмы

Мотонейроны

Возбуждающие и тормозные интернейроны

Проприоцепторы



Спинной мозг

Сегменты:

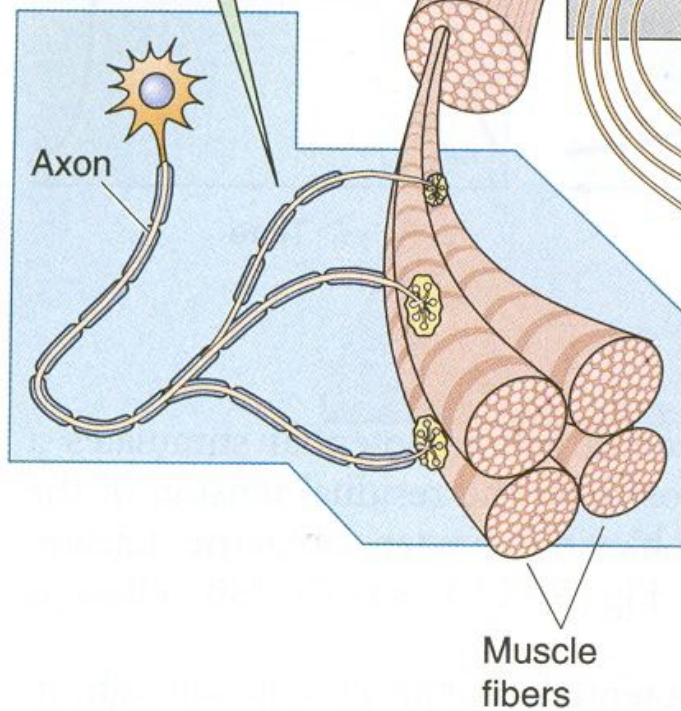
- шейных 8
- грудных 13
- поясничных 7
- крестцовых 3
- хвостовых 5-6

Шейное сплетение $C_{4-7} - Th_1$

Моторная единица –
мотонейрон и
иннервируемые им
мышечные волокна

A MOTOR UNIT

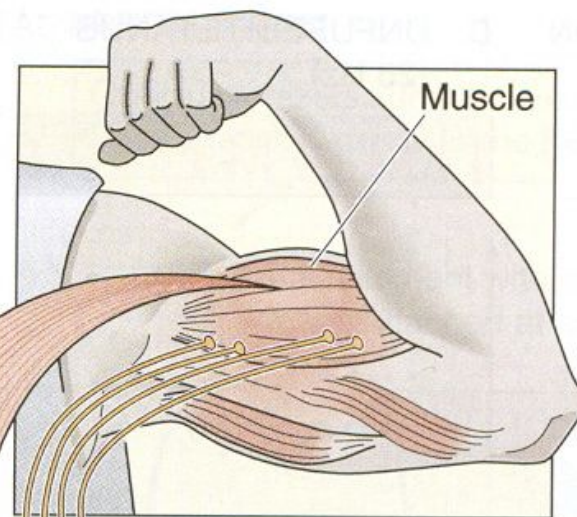
A motor neuron innervates one set of muscle fibers.



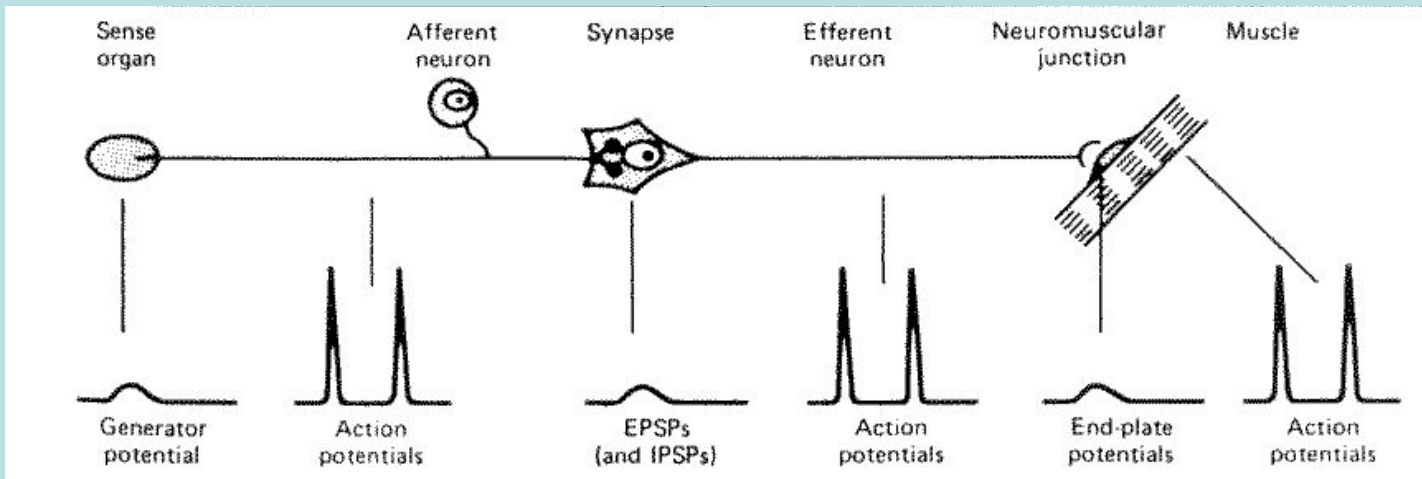
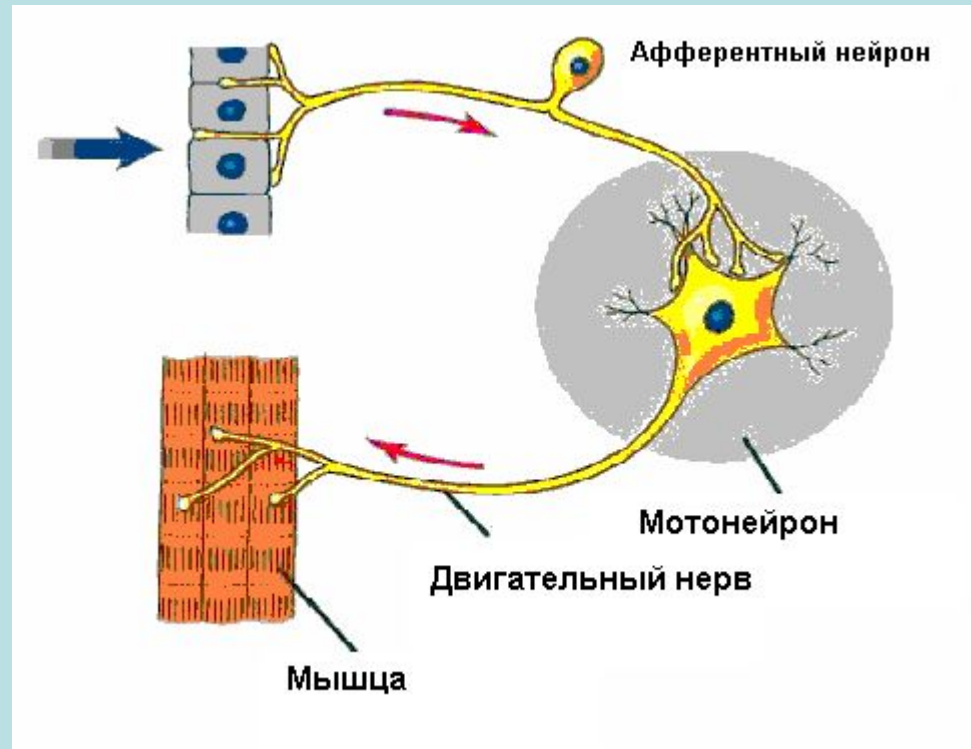
B MOTOR NEURON POOL

Spinal cord

A pool consists of many motor neurons, each of which innervates a motor unit with the muscle.

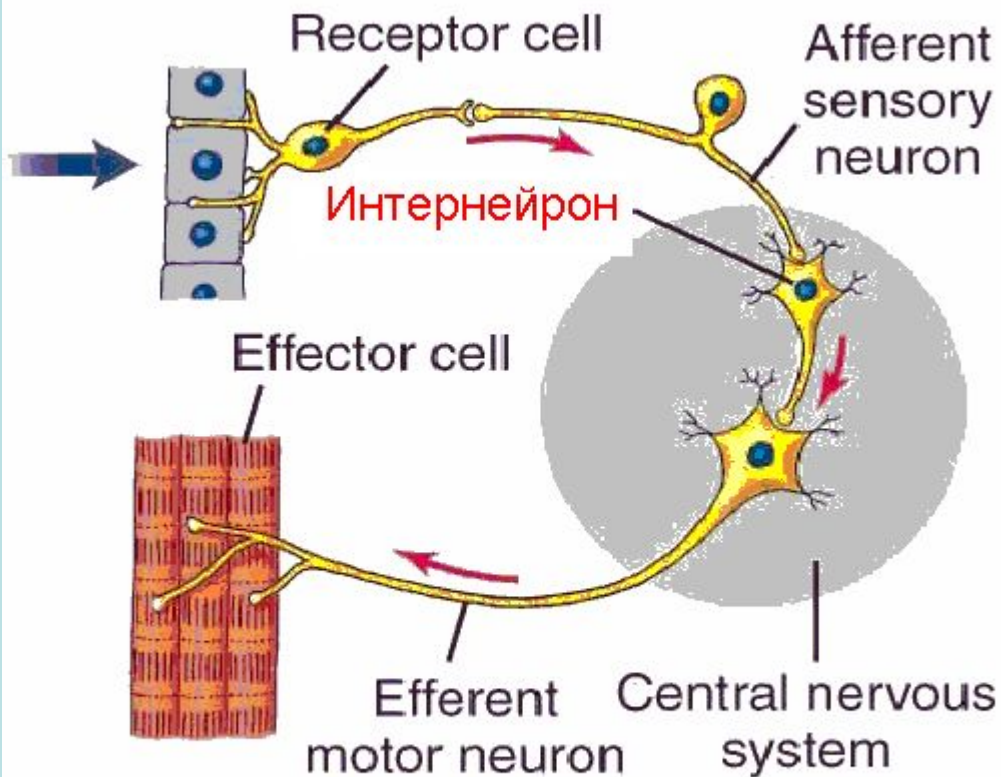


Дуга моносинаптического рефлекса



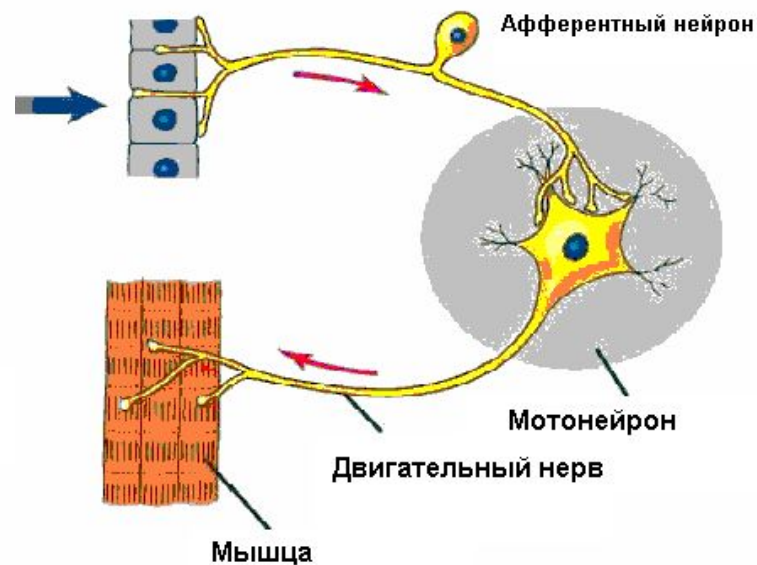
Сравнение моно- и полисинаптических рефлекторных дуг

Полисинаптическая рефлекторная дуга



Моносинаптическая рефлекторная дуга

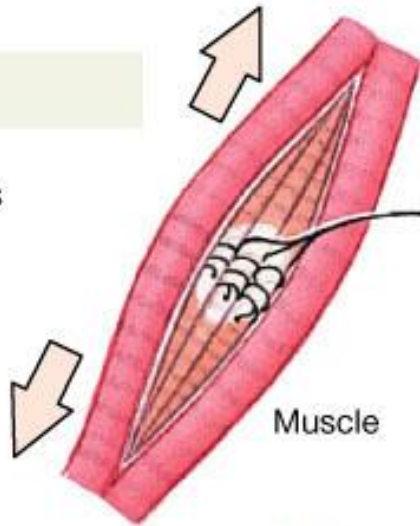
Интернейроны не участвуют



Рефлекторный ответ на растяжение мышцы

Step 1:

Stretching of muscle stimulates muscle spindles

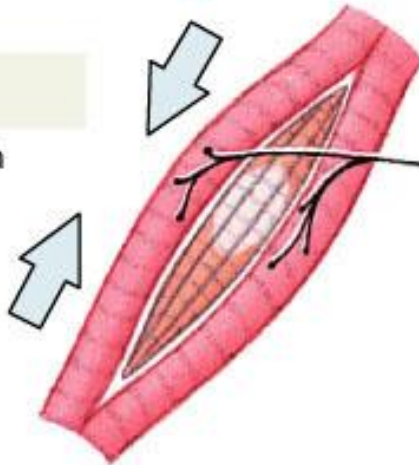


Step 2:

Activation of sensory neuron

Step 5:

Contraction of muscle

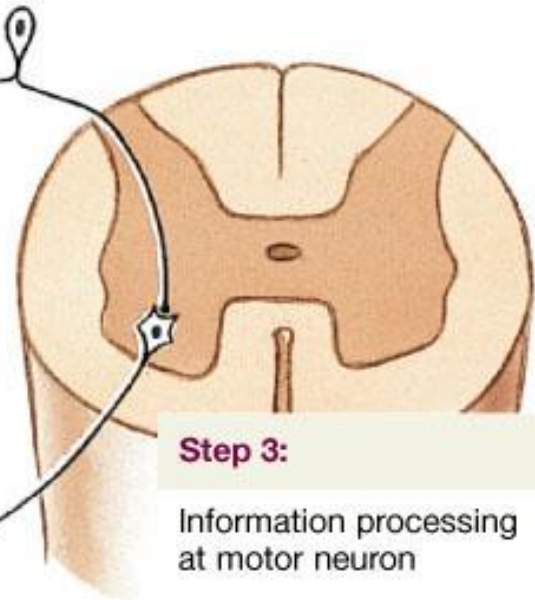


Step 4:

Activation of motor neuron

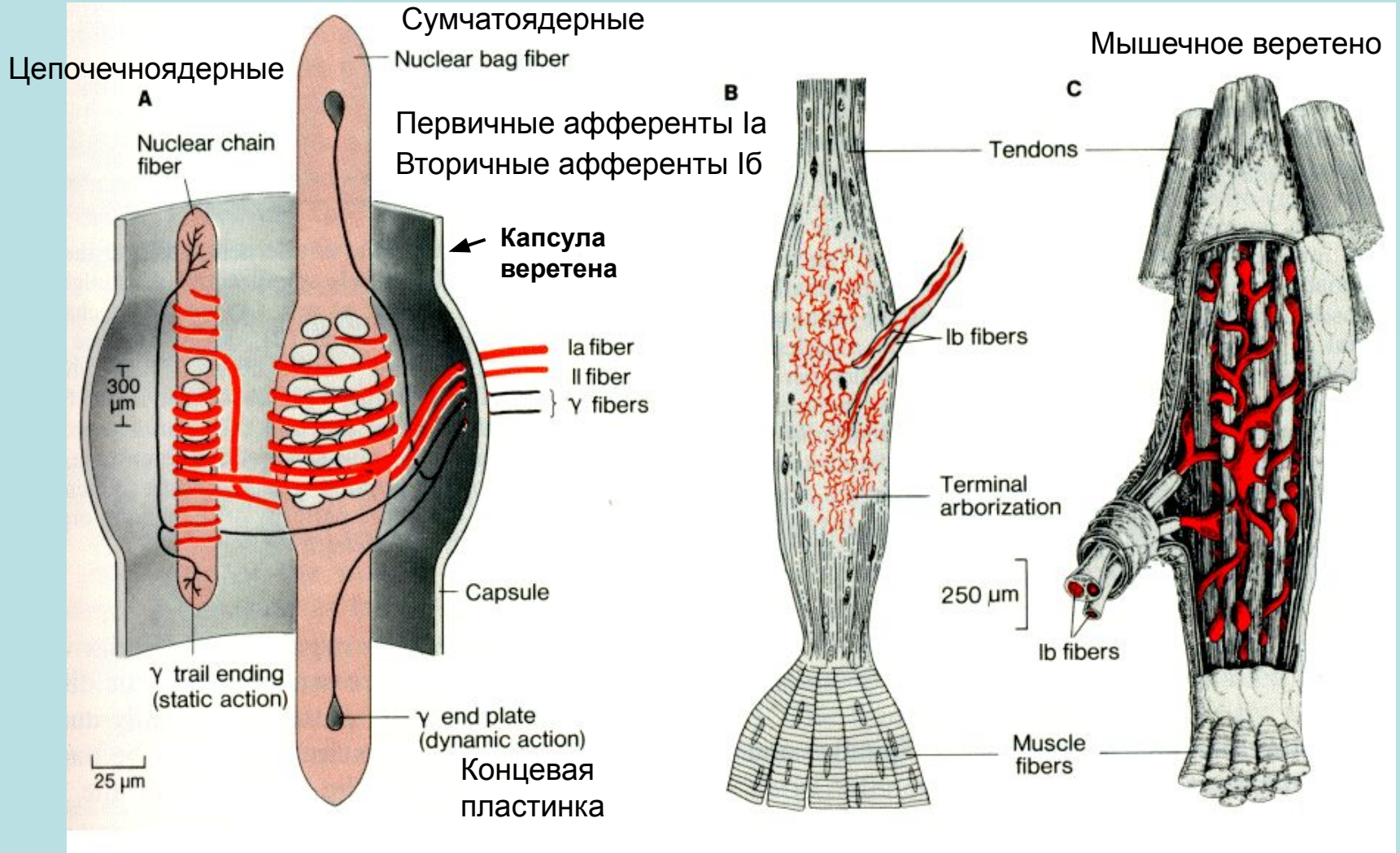
Step 3:

Information processing at motor neuron



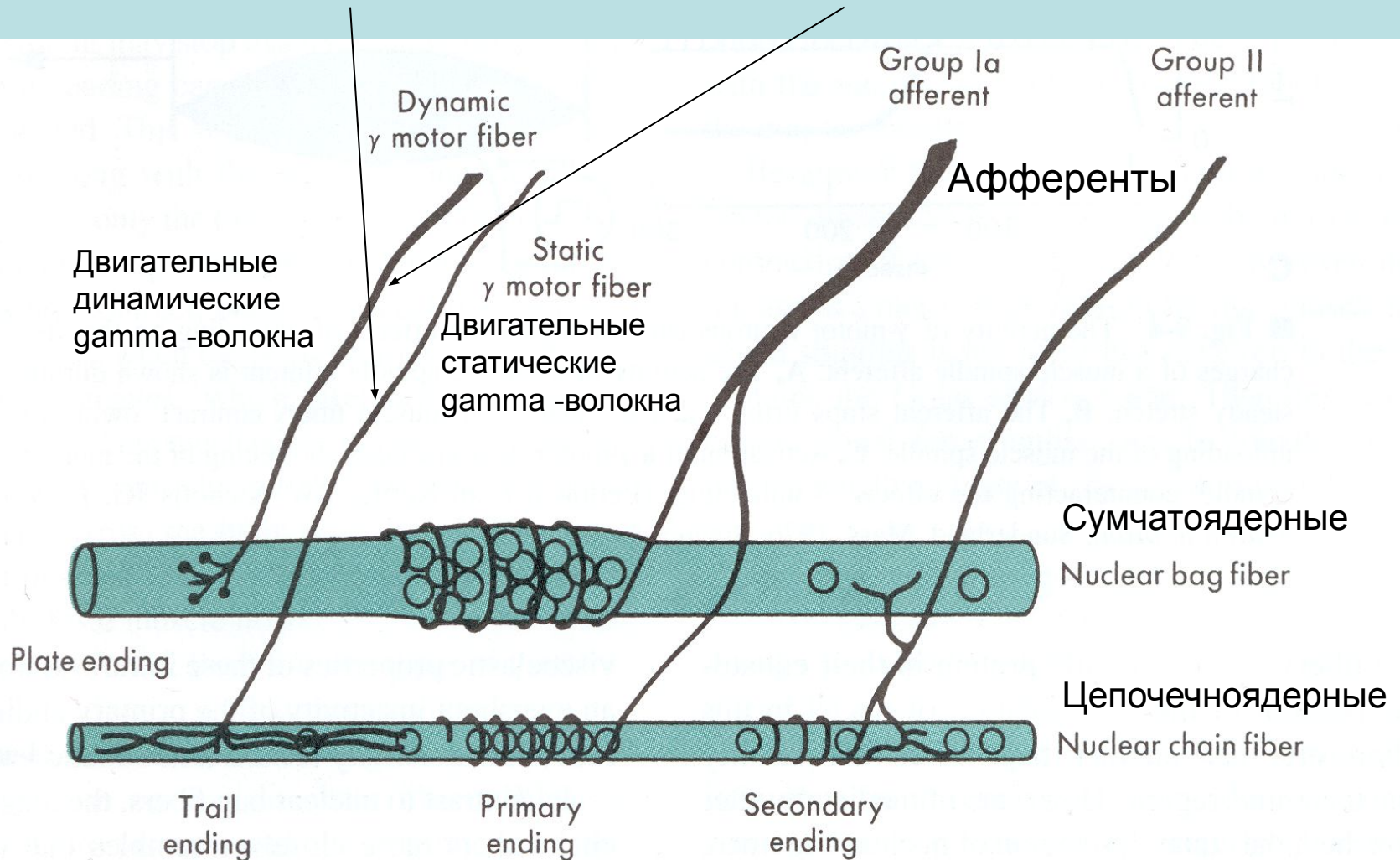
Интрафузальные мышечные волокна - датчики, сигнализирующие о состоянии мышцы

Веретено содержит до 10 мышечных волокон
Первичные афференты иннервируют одно веретено
Вторичные афференты – несколько веретен



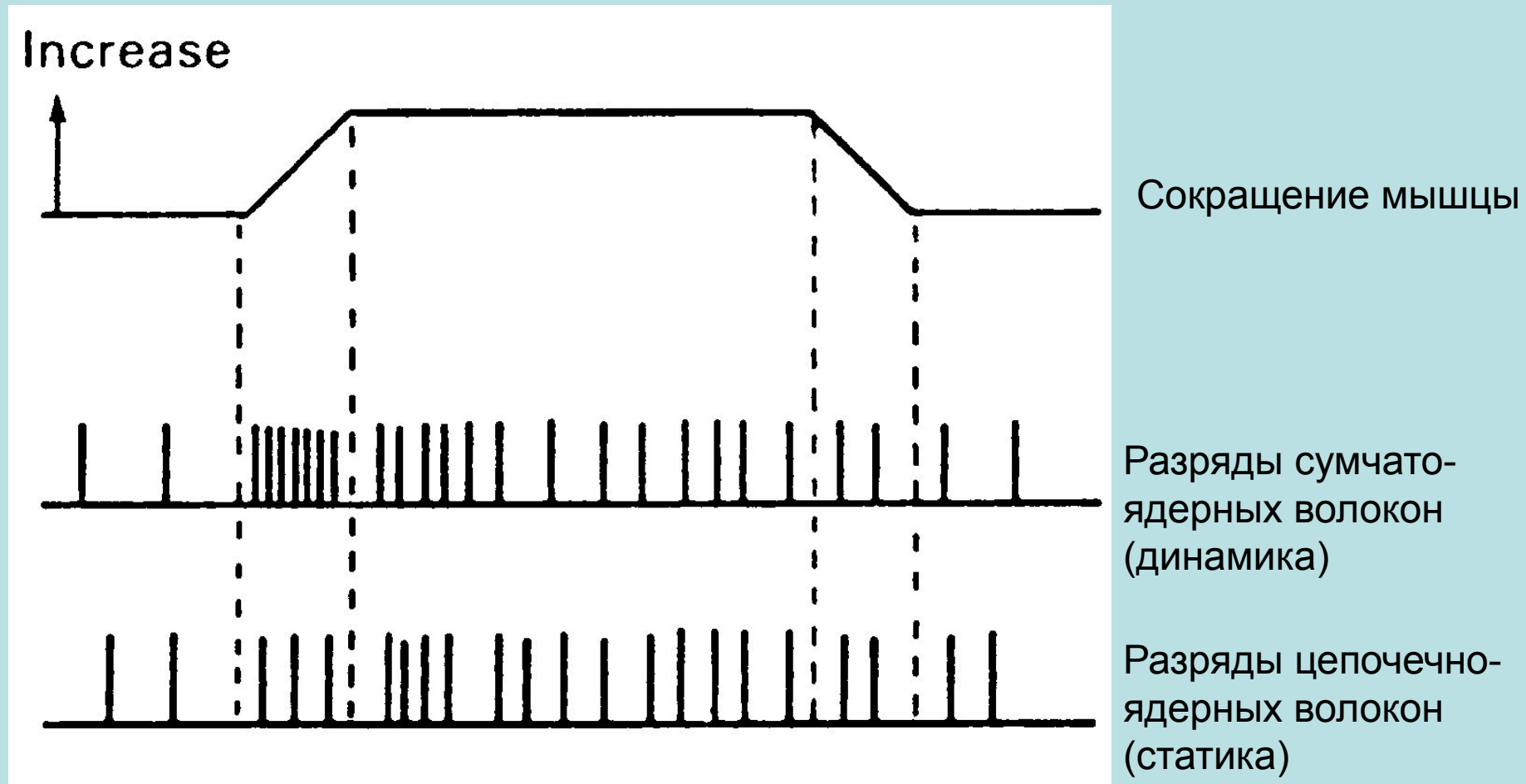
Иннервация интрафузальных мышечных волокон

Сигнализация о длине мышцы (статика) и изменениях длины (динамика)

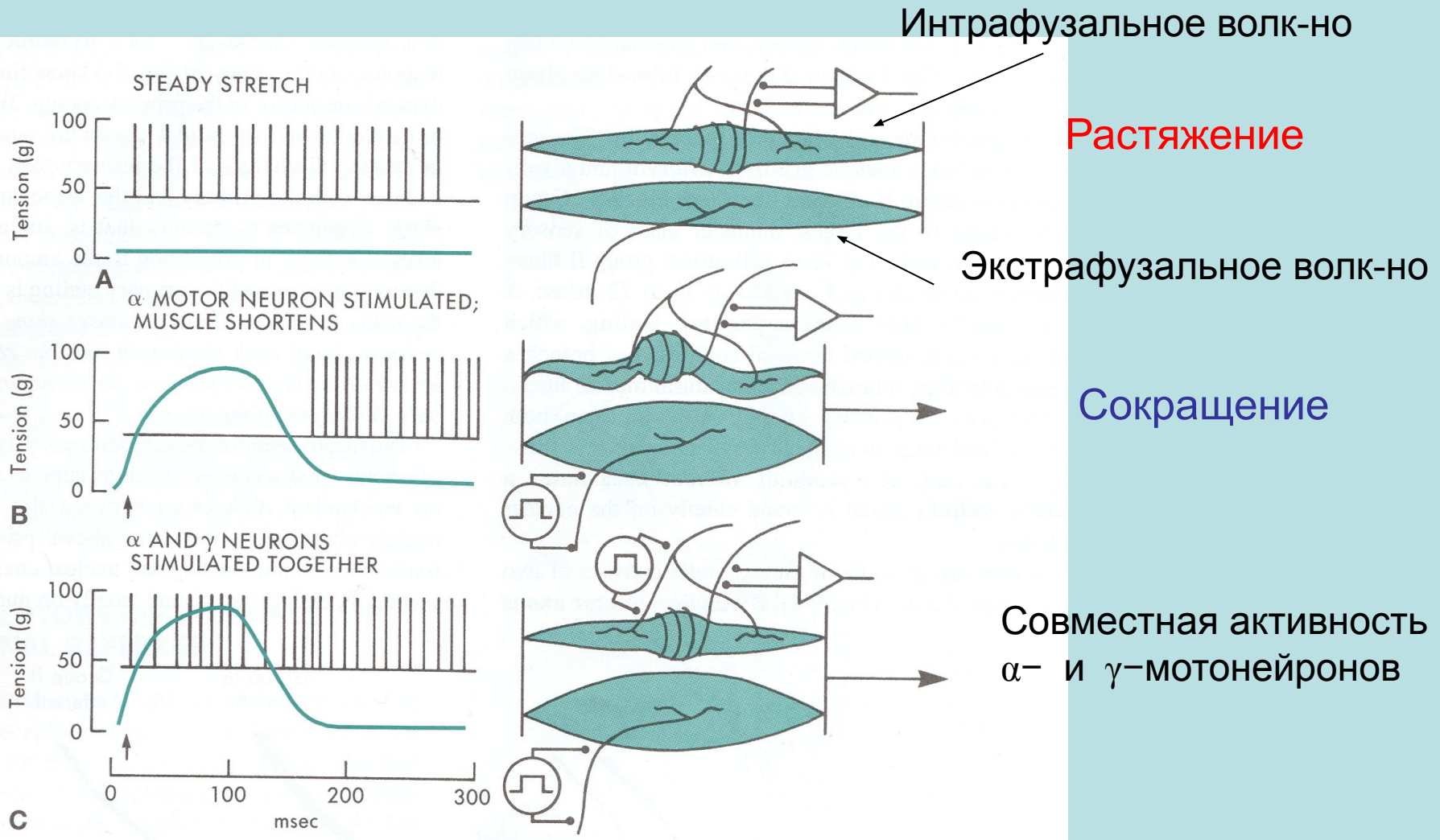


Сумчатоядерные волокна реагируют в момент изменения состояния мышцы (динамика), сигнализируя о скорости ее сокращения или расслабления

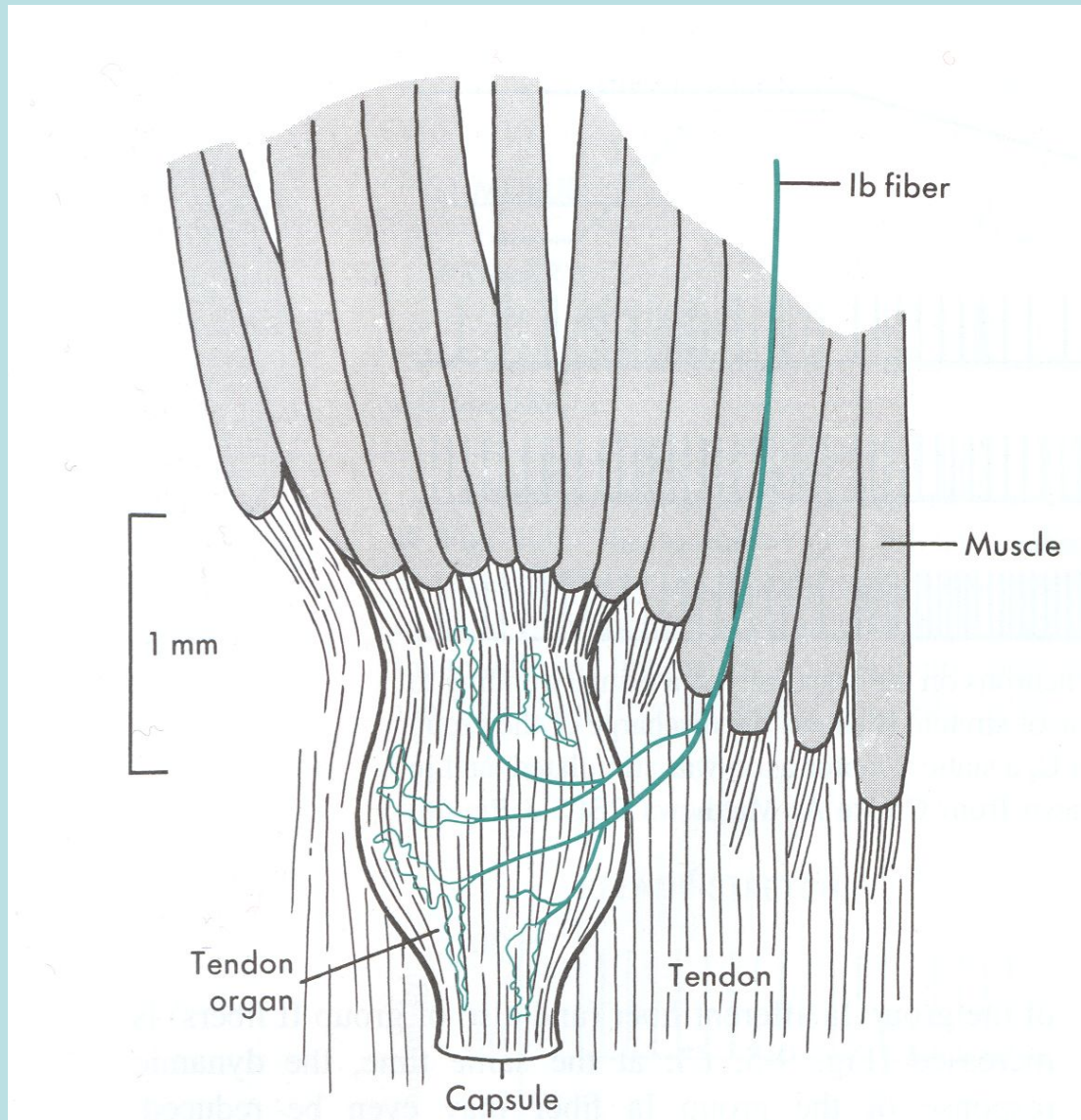
Цепочечнойядерные волокна сигнализируют о длительности и выраженности этого нового состояния мышцы (статика)



Влияние активности гамма-мотонейронов на разряды веретена

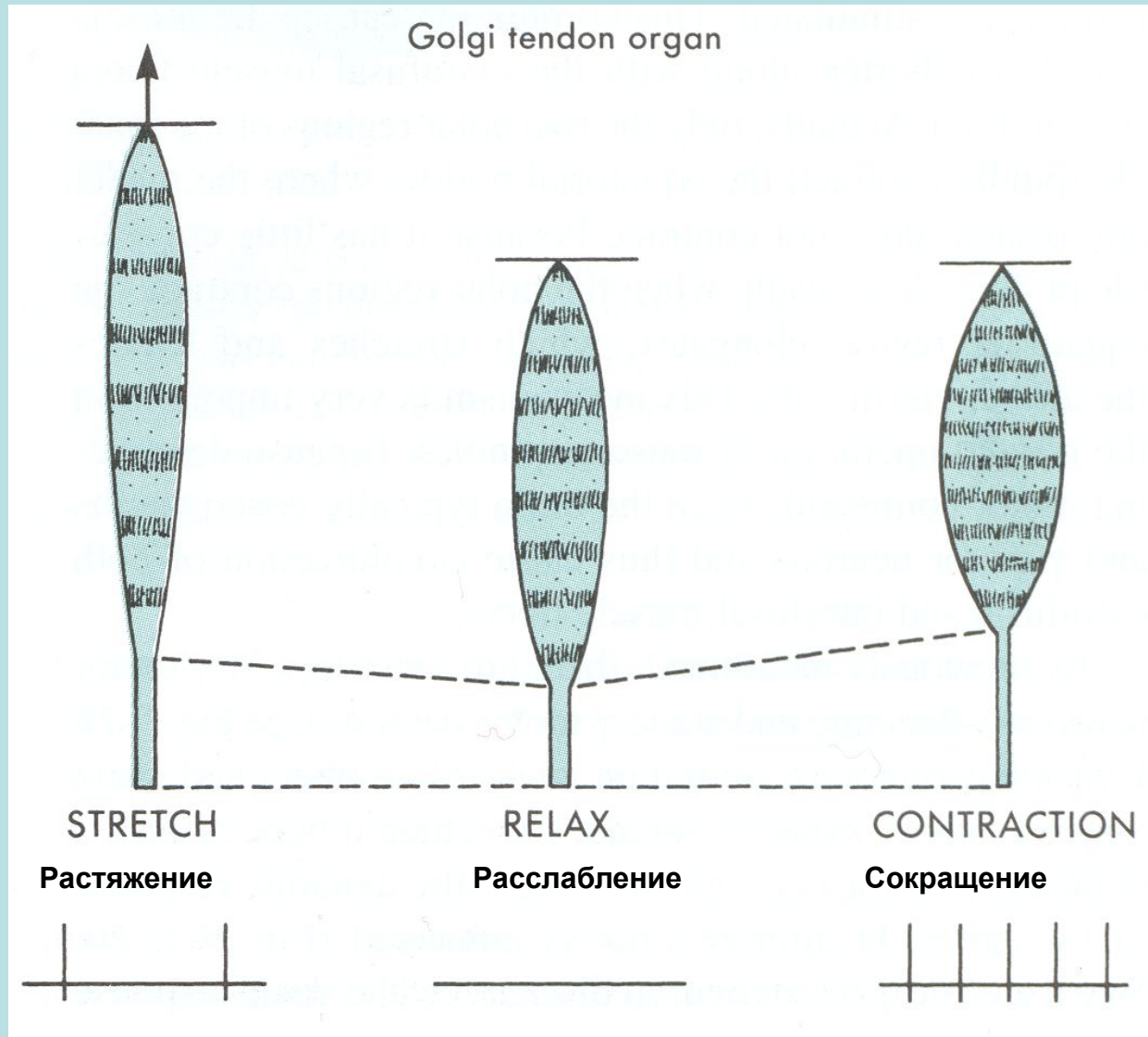


Сухожильный орган Гольджи



Сигнализирует о мышечном напряжении

Сигналы, генерируемые сухожильным органом Гольджи

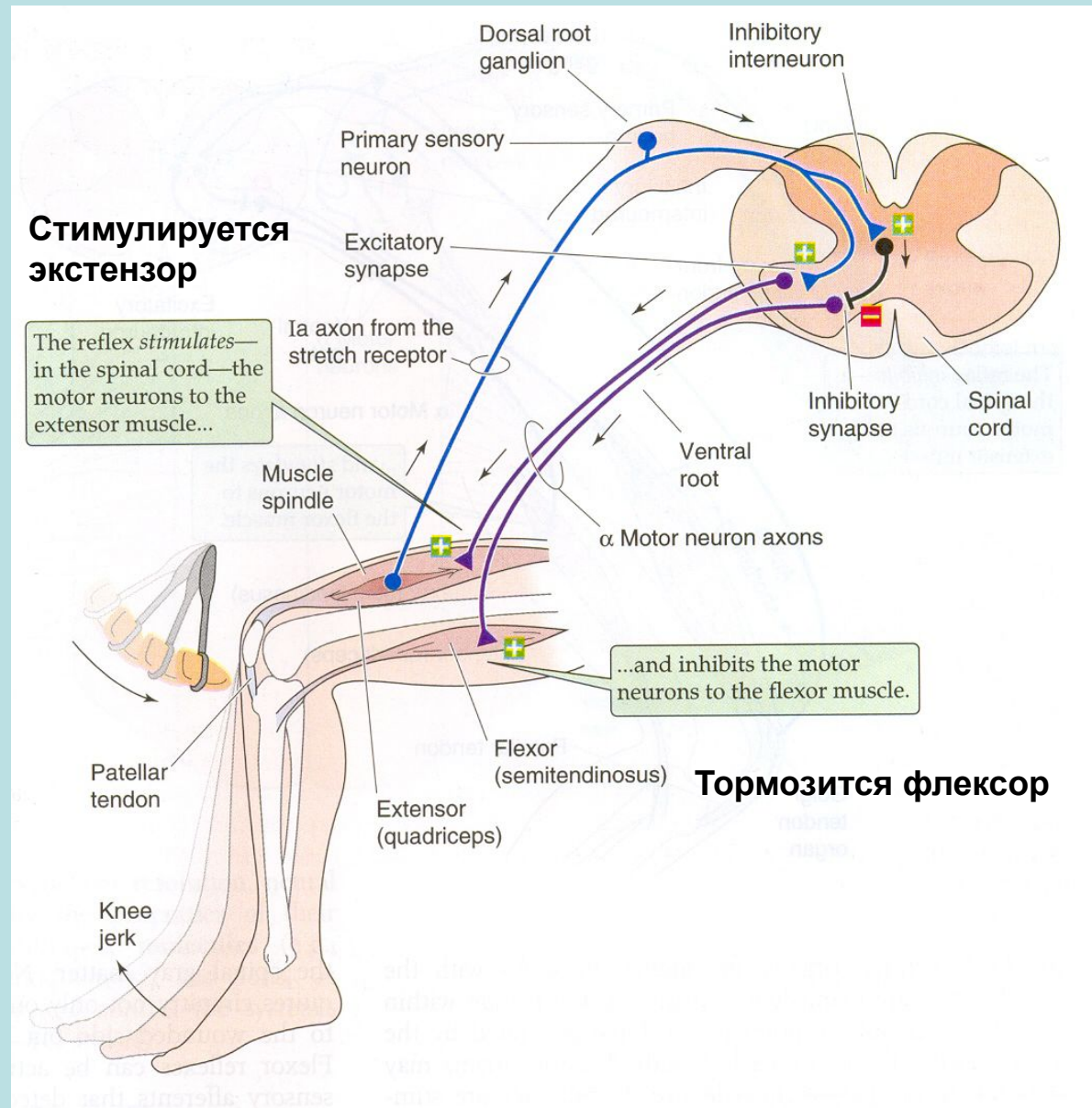


П е р е р ы в

Коленный сухожильный рефлекс

Время реакции 19 – 24 мс

Складывается из
времени проведения +
центральная задержка
(0.6 – 0.9 мс)

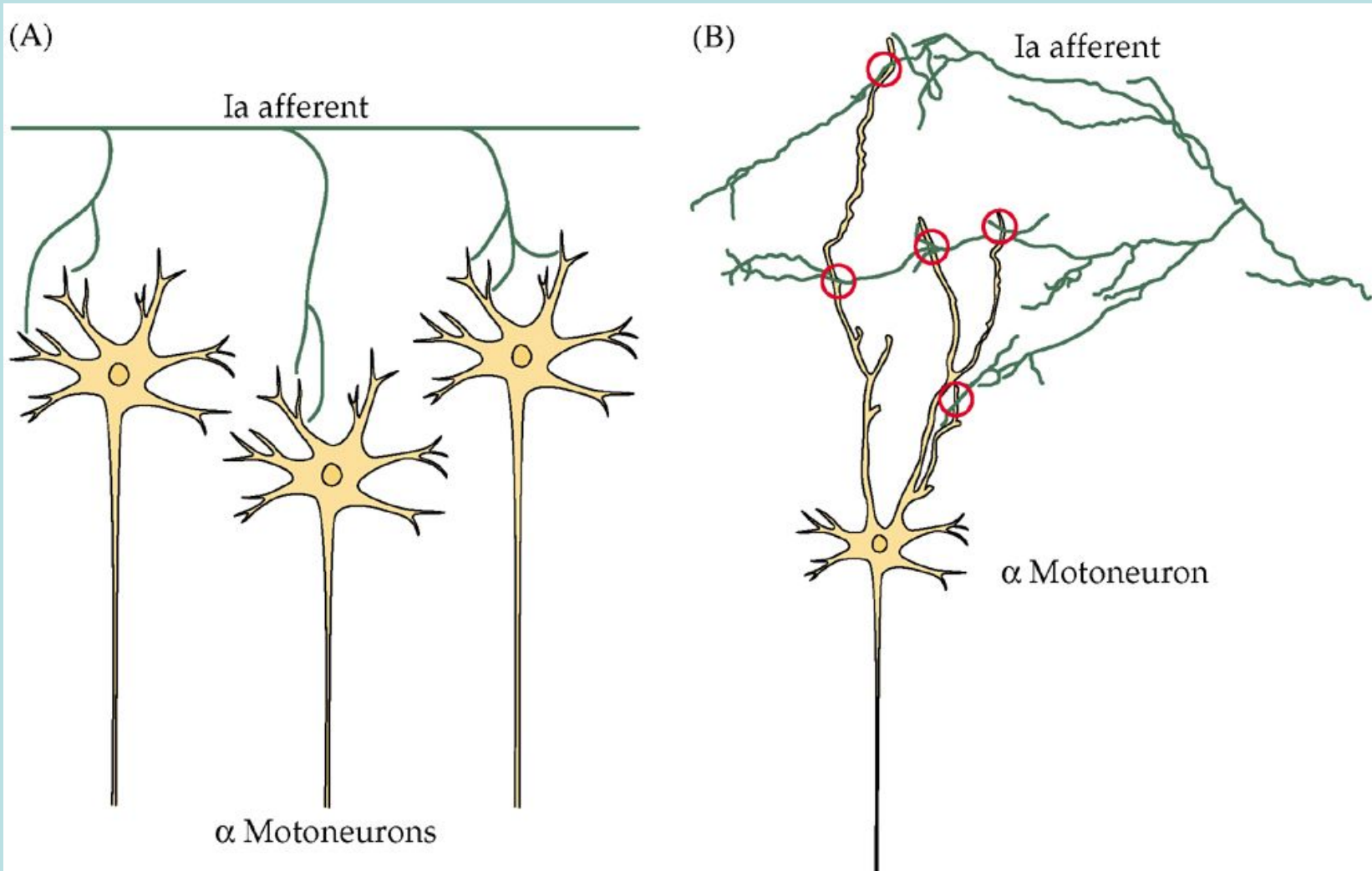


Классификация афферентных аксонов

Afferent Axon Classification*

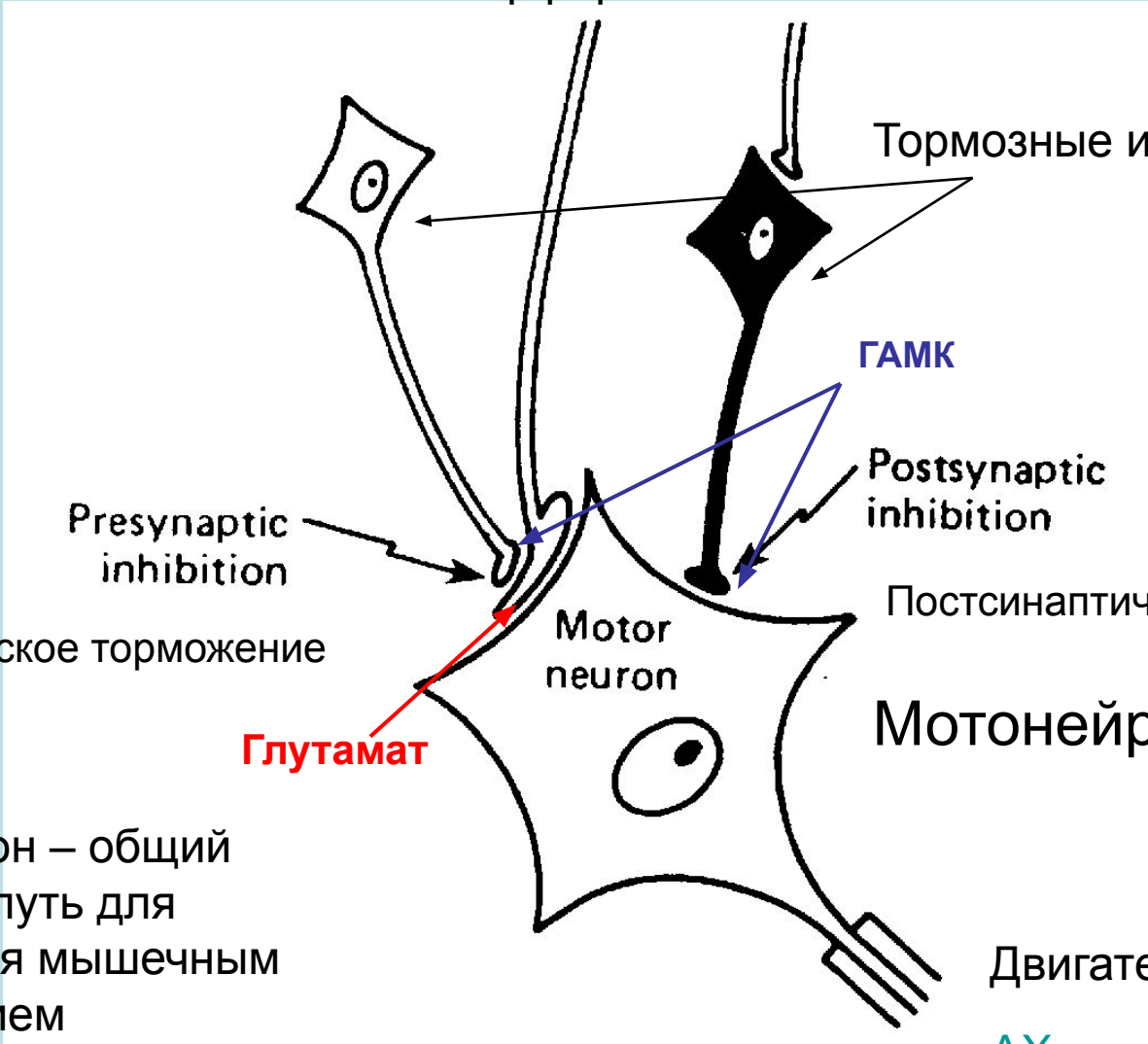
Cutaneous Axons	Muscle/Tendon Axons	Axon Diameter (μm)	Conduction Velocity (m/s)
A α	Group I	13–20	80–120
A β	Group II	6–12	35–75
A δ	Group III	1–5	5–30
C немиелинизированные	Group IV	0.2–1.5	0.5–2

Афференты Ia образуют глутаматергические синапсы на дендритах мотонейрона



Регуляция активности мотонейрона

Возбуждение
Афферент Ia



Тормозные интернейроны

ГАМК

Postsynaptic inhibition

Постсинаптическое торможение

Presynaptic inhibition

Пресинаптическое торможение

Motor neuron

Мотонейрон

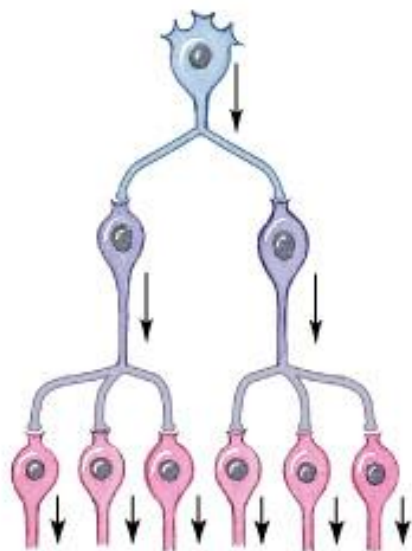
Глутамат

Двигательный нерв

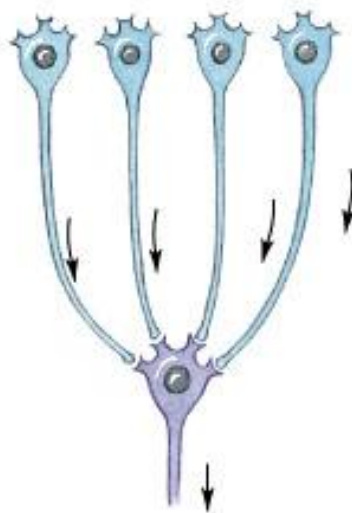
Мотонейрон – общий конечный путь для управления мышечным сокращением

АХ

Варианты межнейронных связей



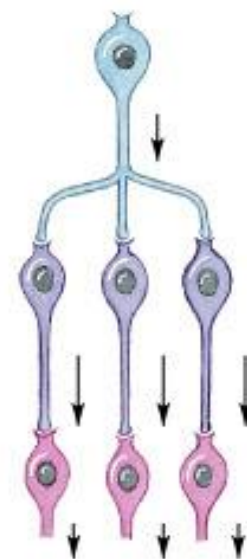
(a) Divergence



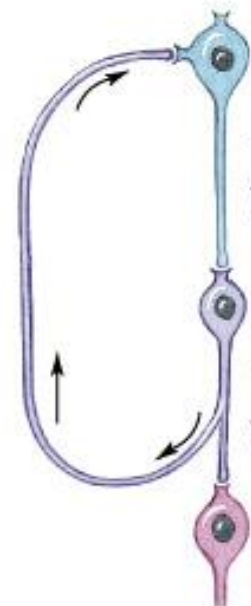
(b) Convergence



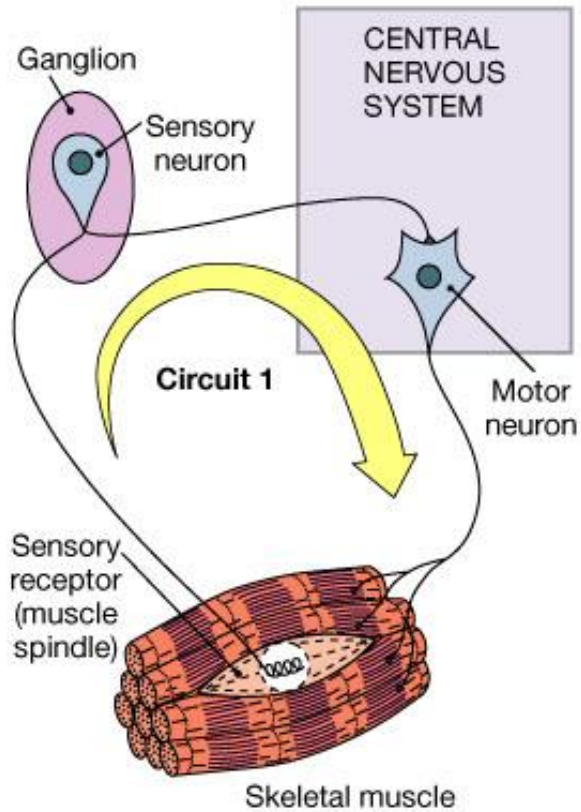
(c) Serial processing



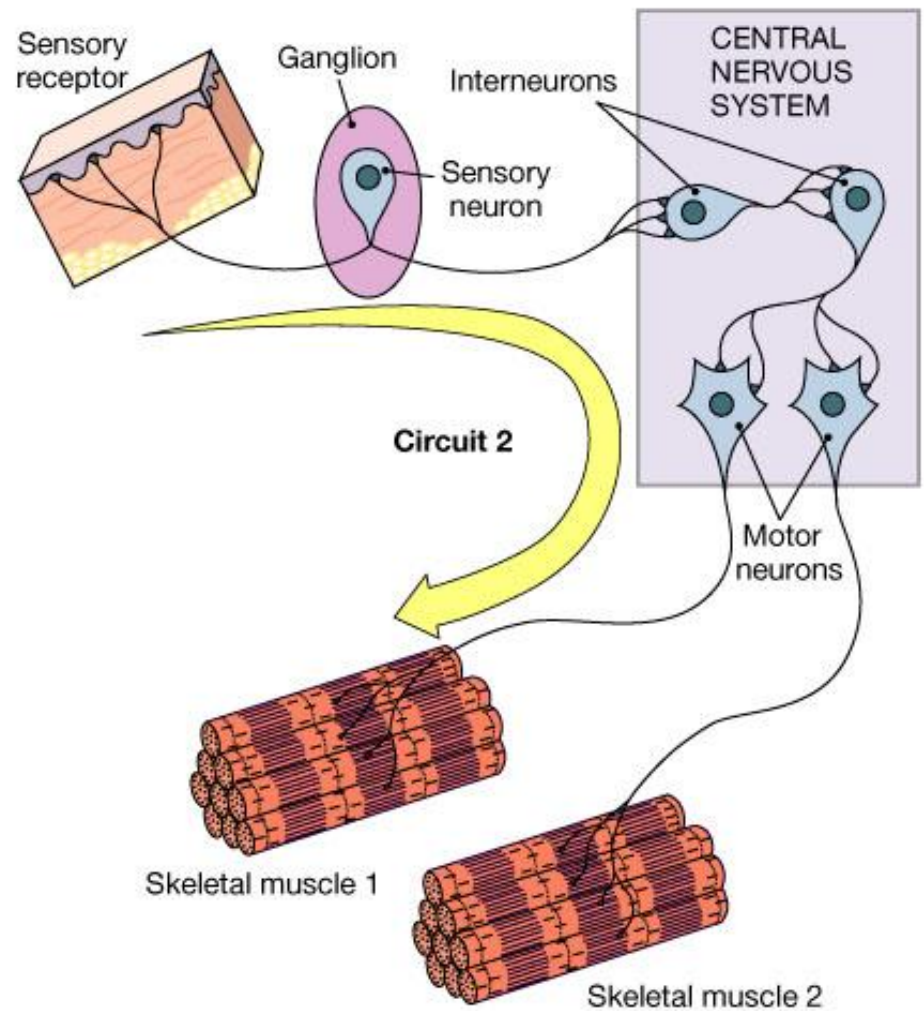
(d) Parallel processing



(e) Reverberation



(a) Monosynaptic reflex

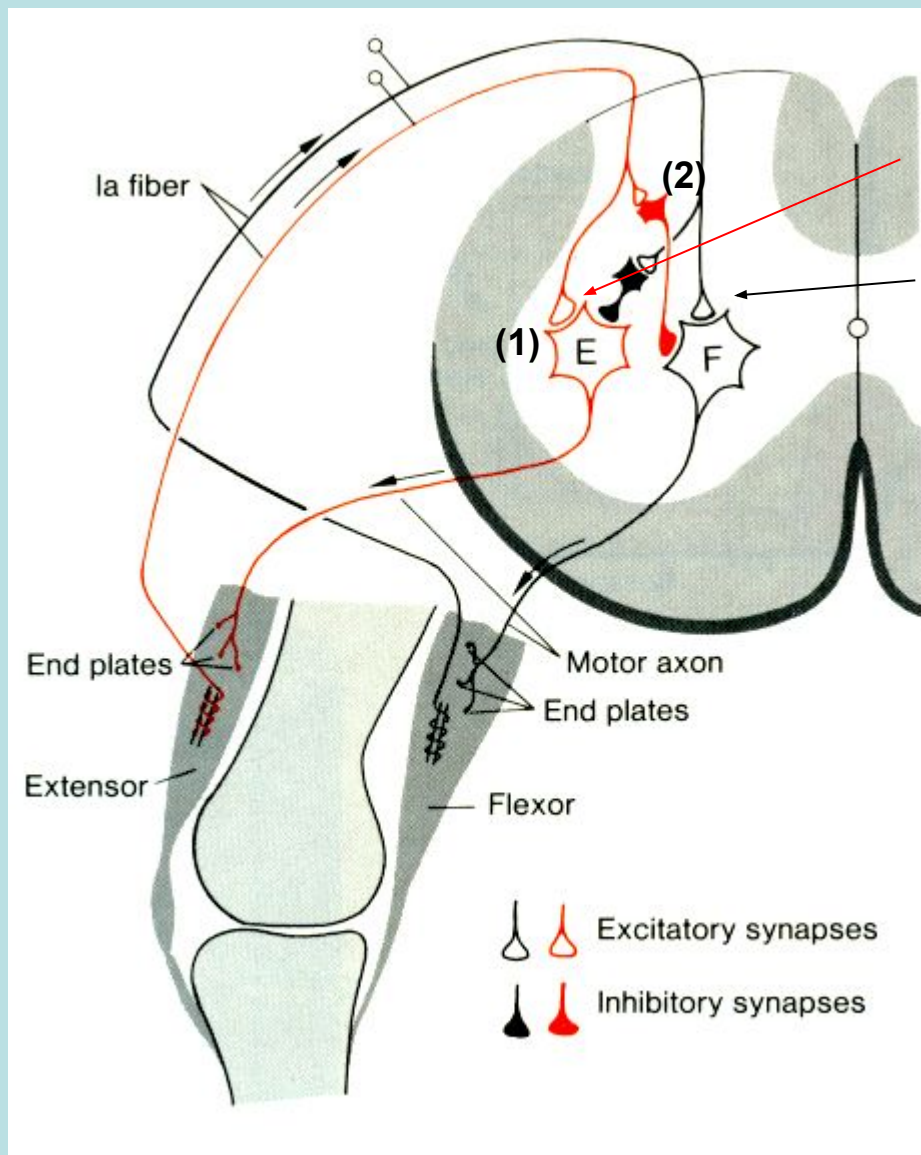


(b) Polysynaptic reflex

Иннервация мышц - антагонистов






Во время сокращения экстензора – (1) посредством волокон Ia и через возбуждающий интернейрон усиливается возбуждение собственного интернейрона; (2) а через тормозный интернейрон тормозится мотонейрон флексора

Во время сокращения мышцы флексора таким же образом тормозятся сокращения экстензора



К экстензору

К флексору

KEY	
	Sensory neuron (stimulated)
	Excitatory interneuron
	Motor neuron (stimulated)
	Motor neuron (inhibited)
	Inhibitory interneuron

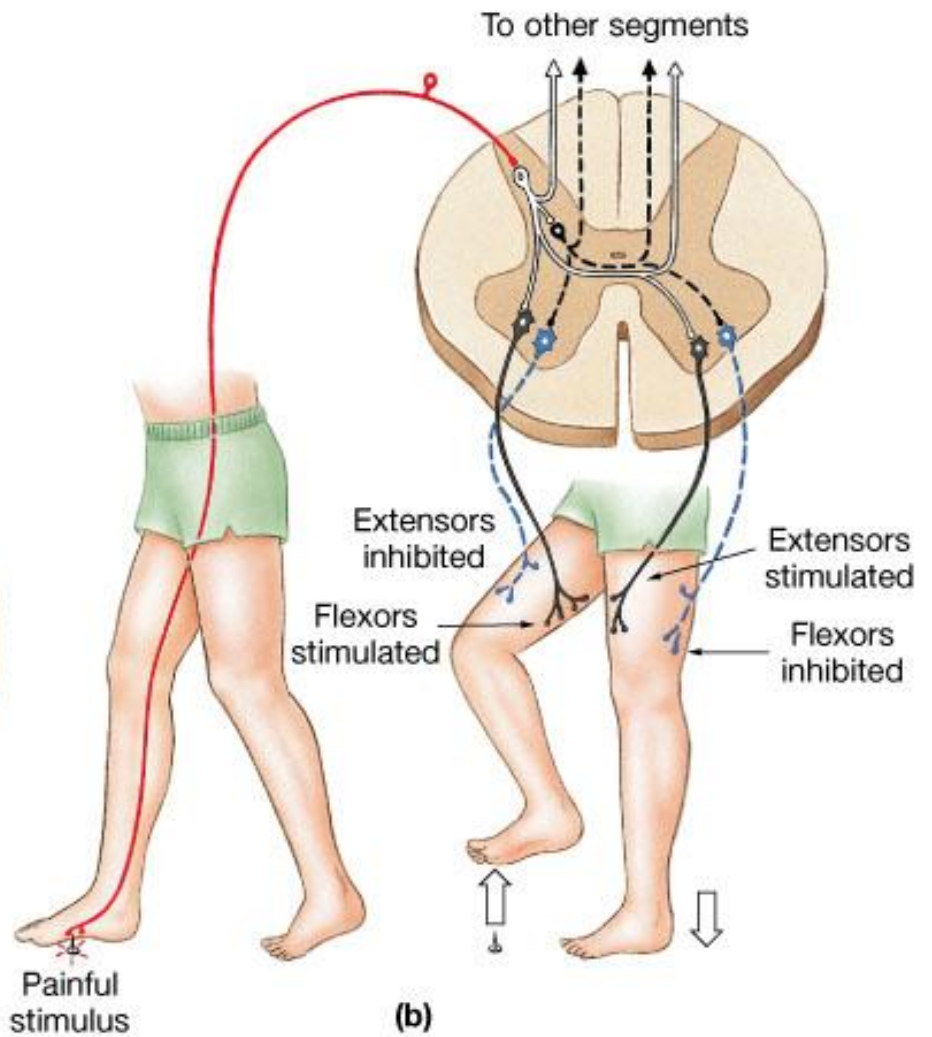
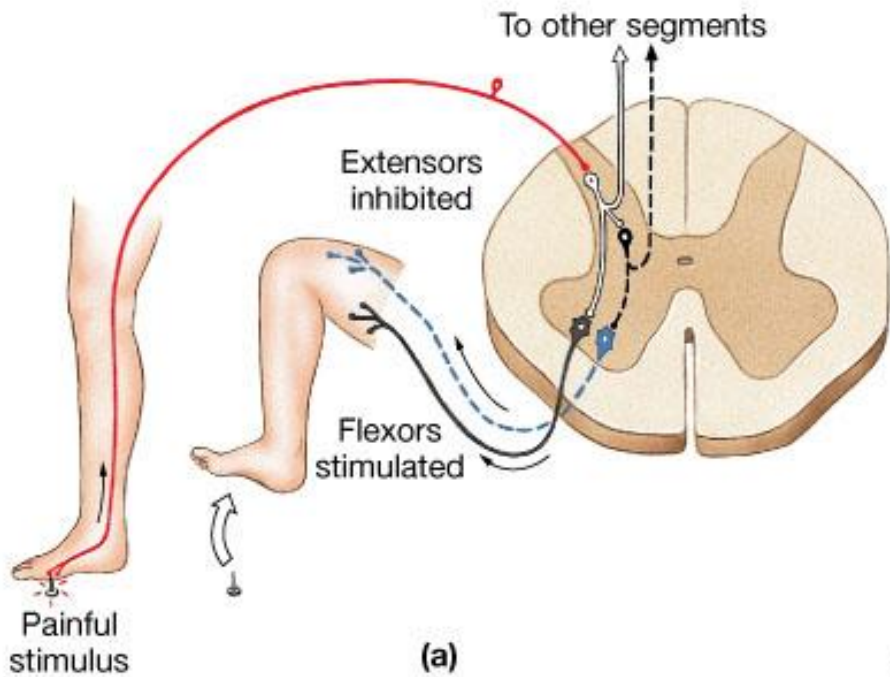
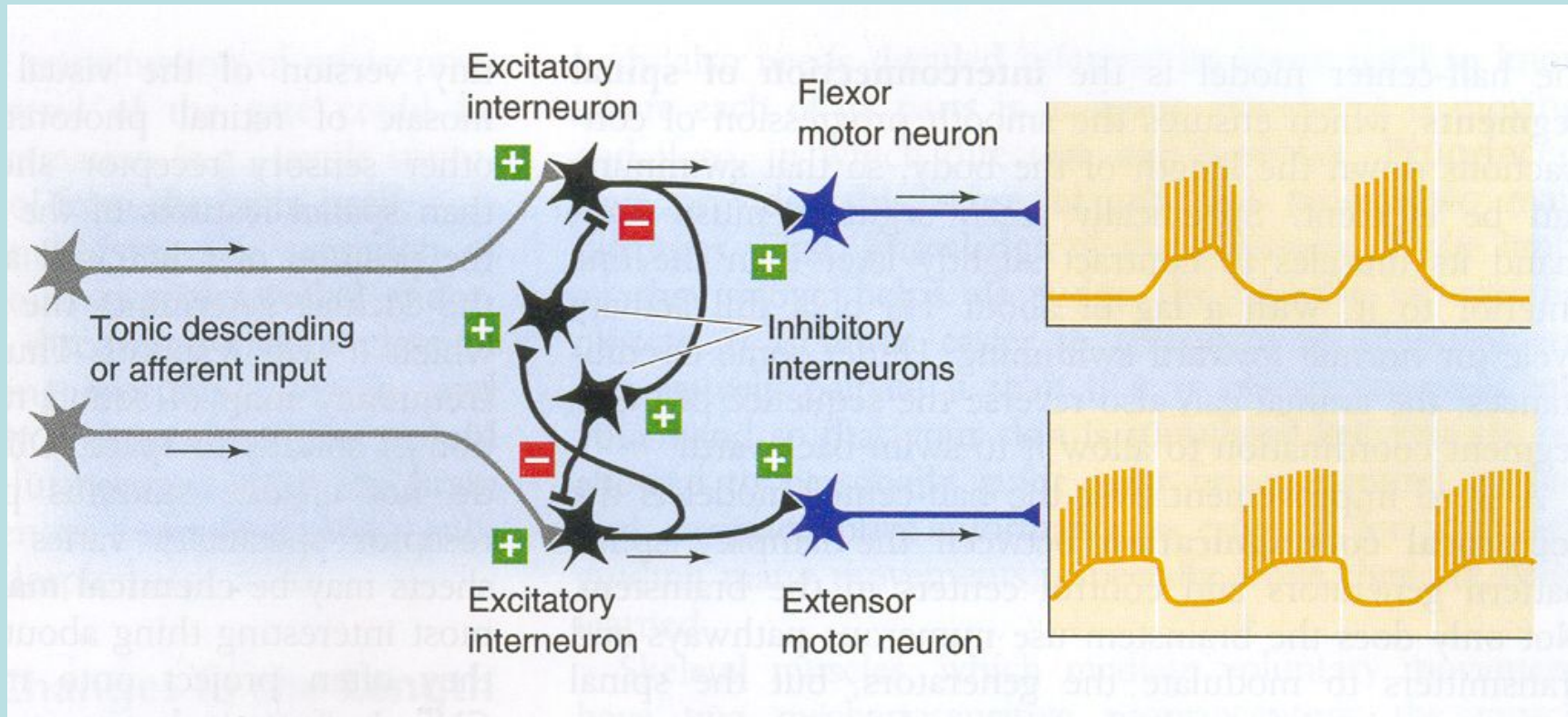


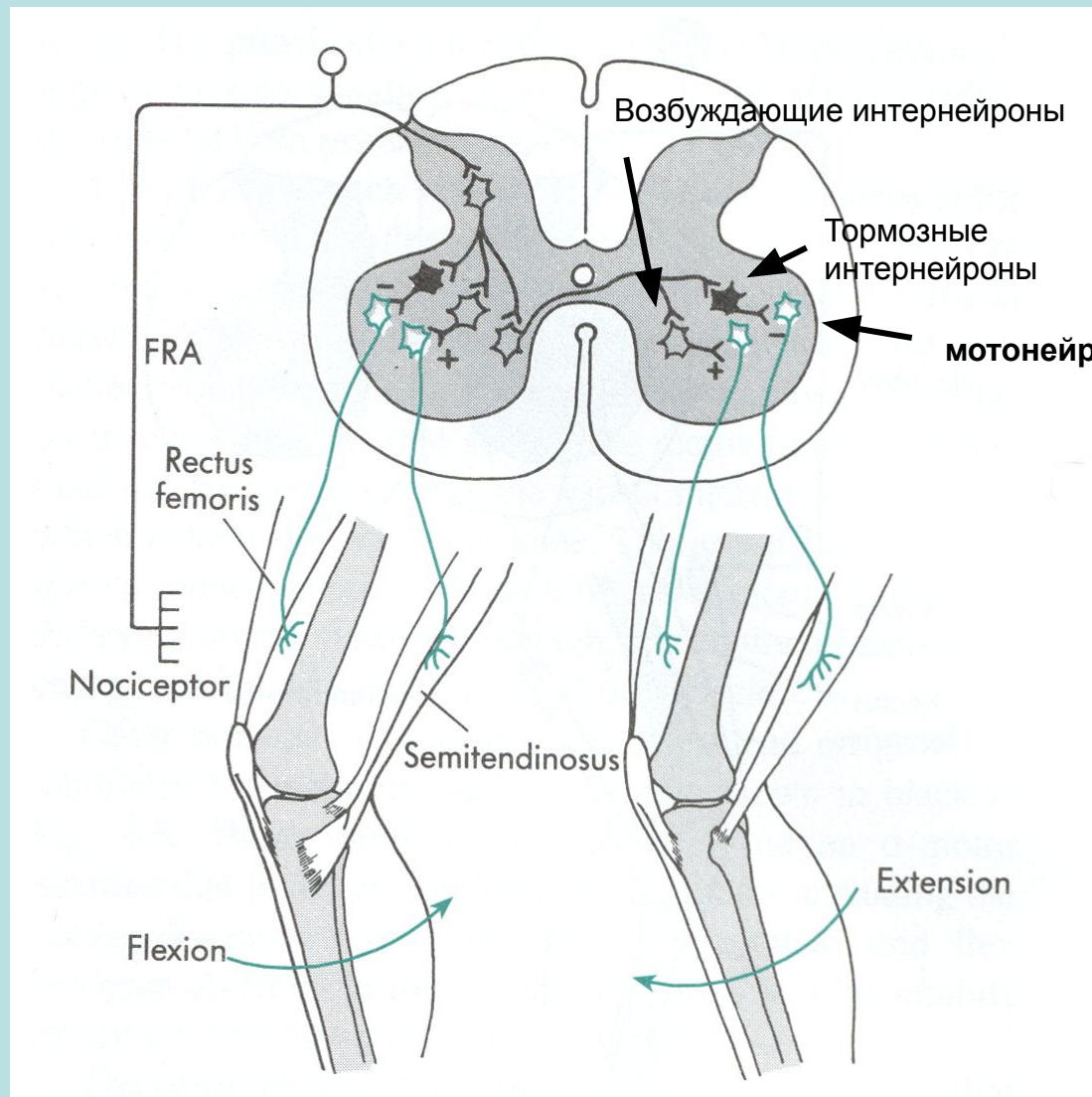
Figure 13.22

Афферентная иннервация мышц - антагонистов

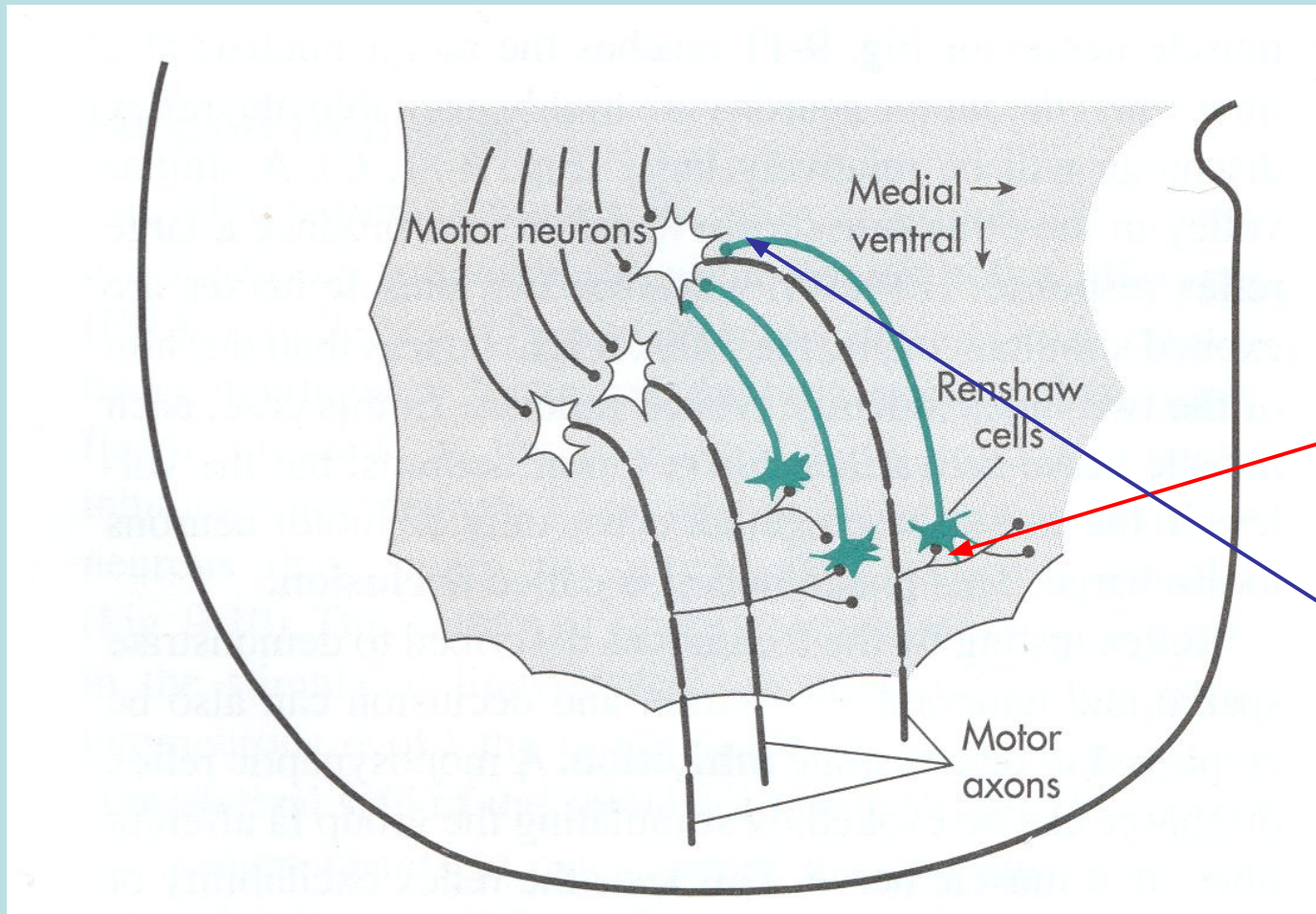


Двигательные сигналы, возбуждающие мотонейроны мышц-экстензоров, одновременно тормозят через систему интернейронов мотонейроны мышц-флексоров и наоборот

Внутрисегментарное взаимодействие мотонейронов левой и правой конечностей



Возвратное торможение в популяции мотонейронов



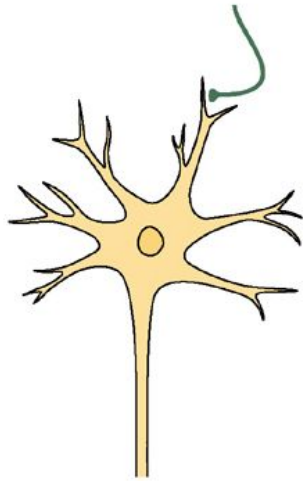
Возвратная коллатераль двигательного нерва (**холинергический синапс**) активирует тормозный нейрон (клетку Реншоу), ее аксон тормозит (**ГАМК синапс**) мотонейрон

Пространственная
и
временная суммация

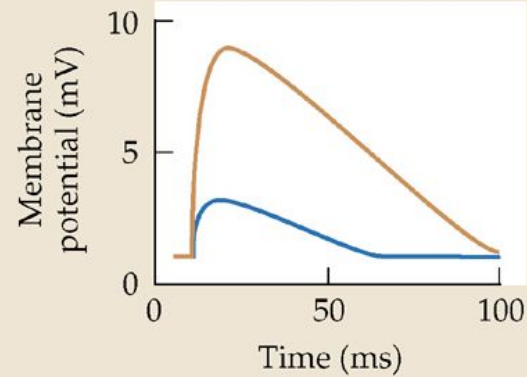
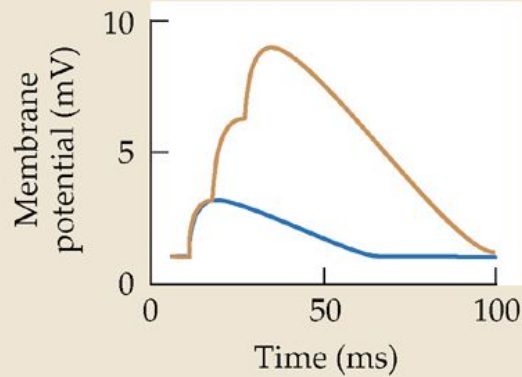
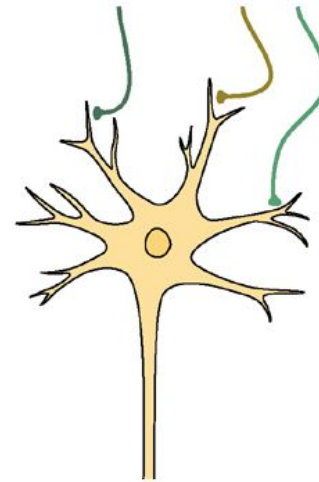
Временная суммация

Пространственная суммация

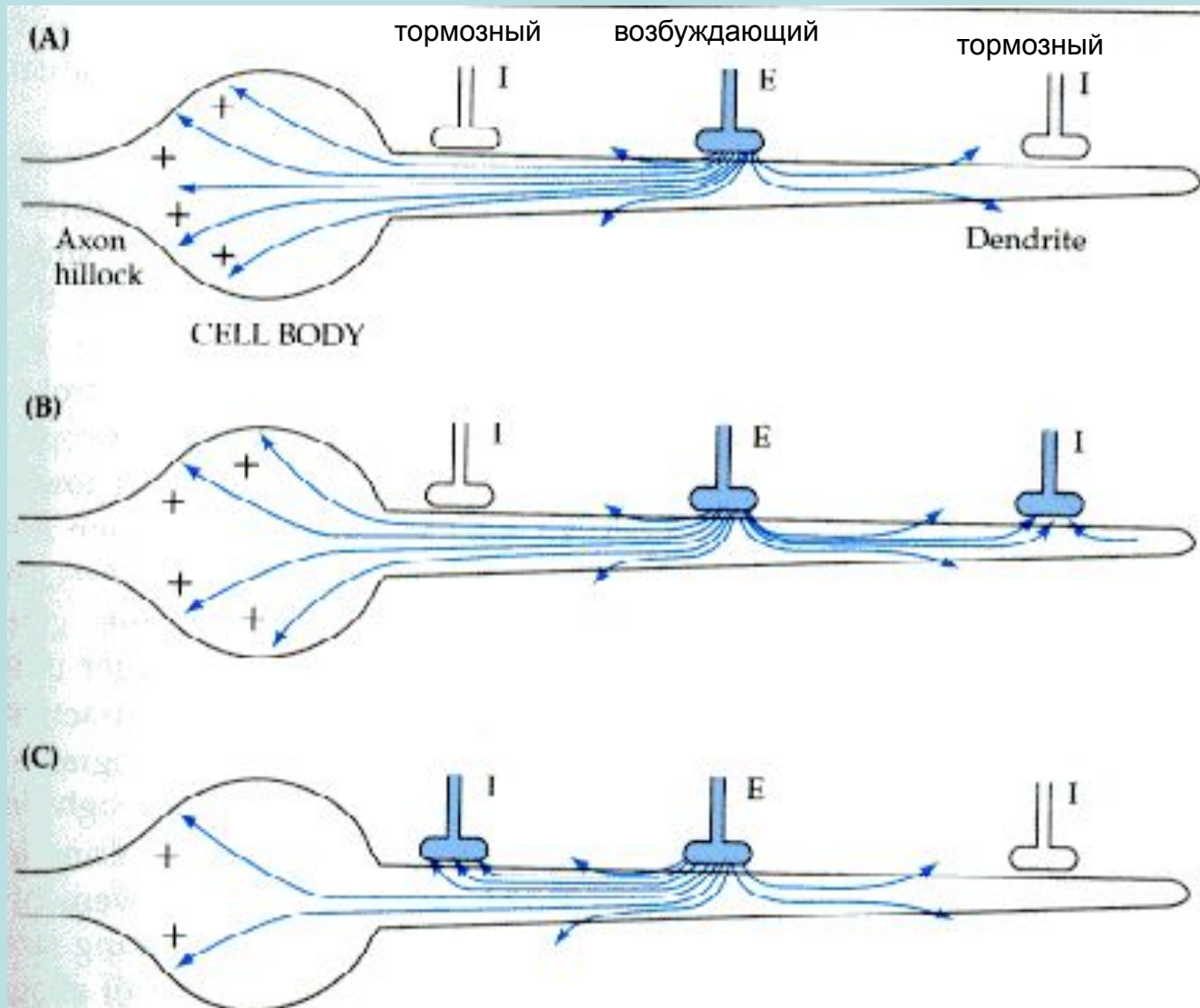
(A) Temporal summation



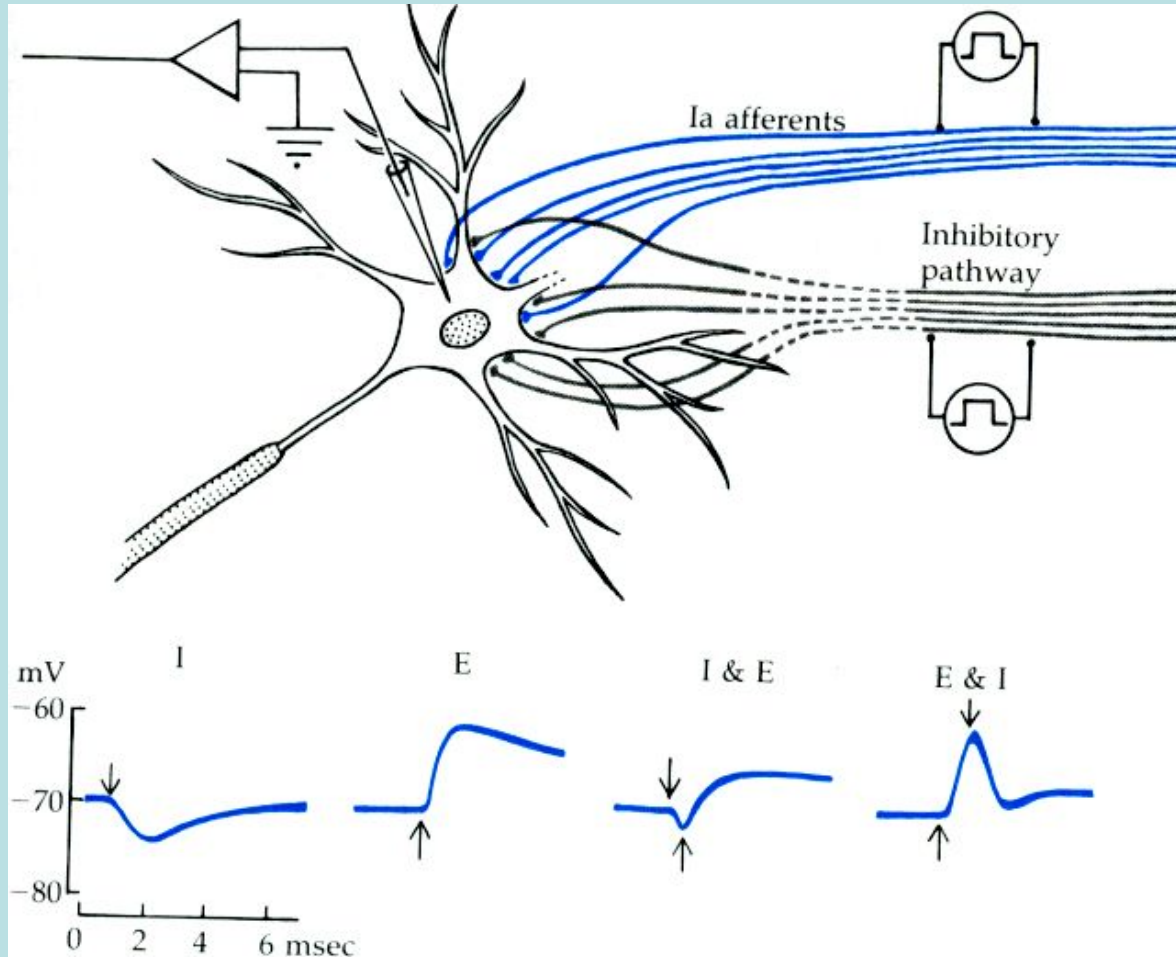
(B) Spatial summation



Пространственная суммация возбуждающих и тормозных токов



Временная суммация возбуждающих и тормозных токов



Вопросы ???

РЕЗЕРВ

Коленный сухожильный рефлекс

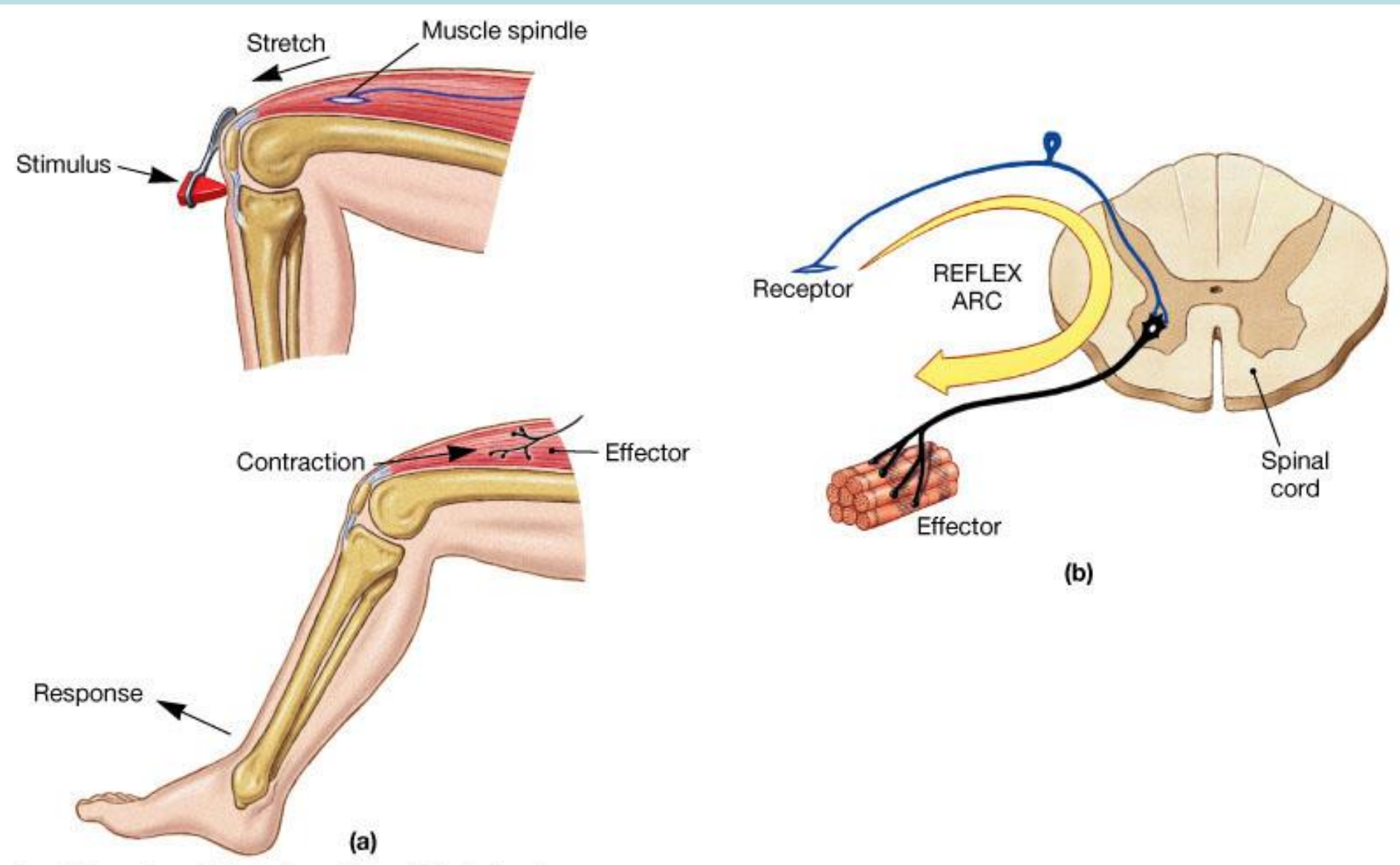
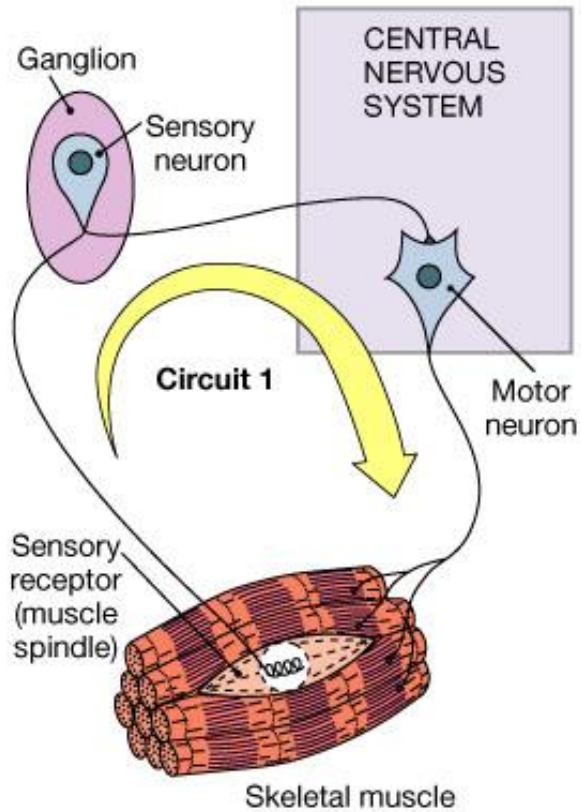
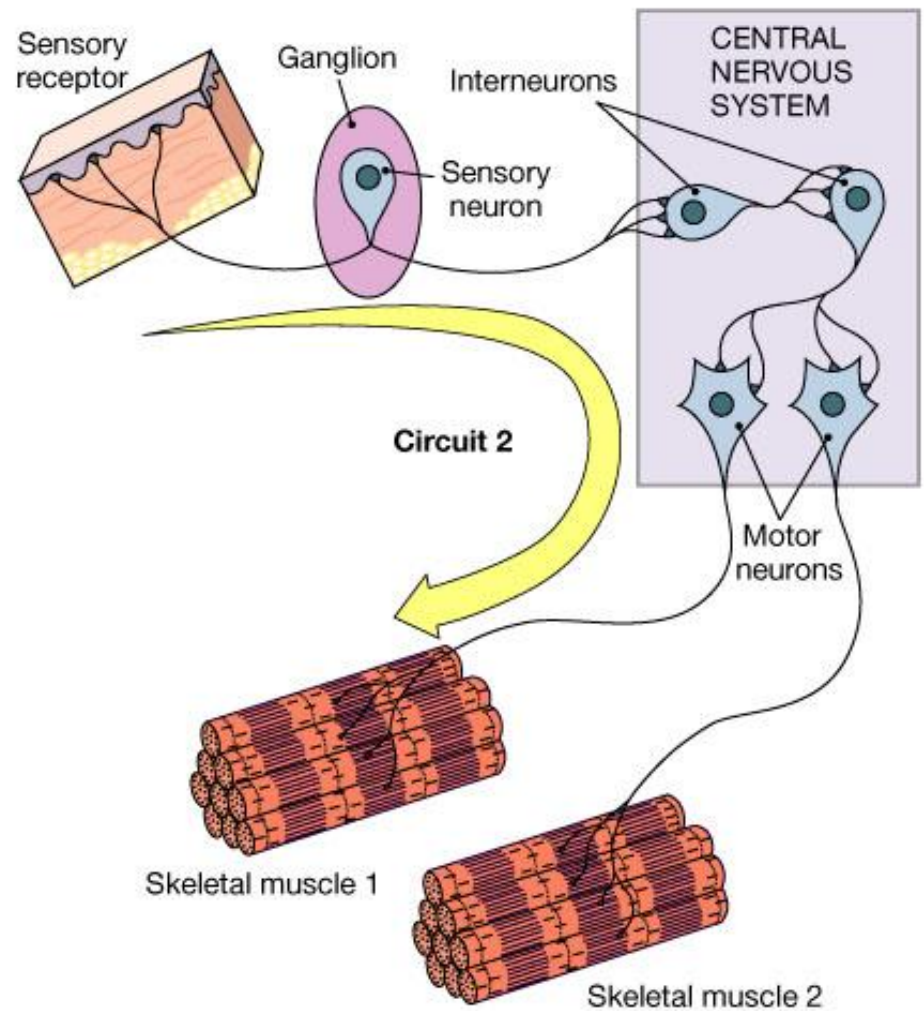


Figure 13.20

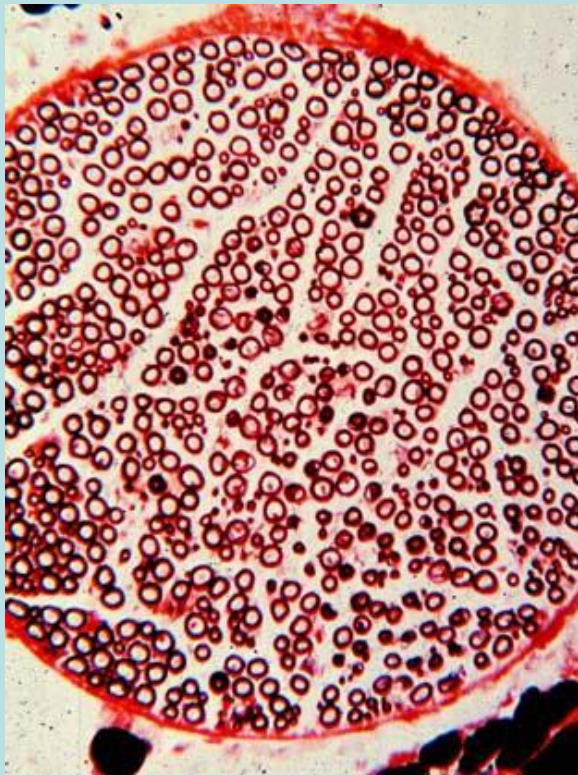


(a) Monosynaptic reflex

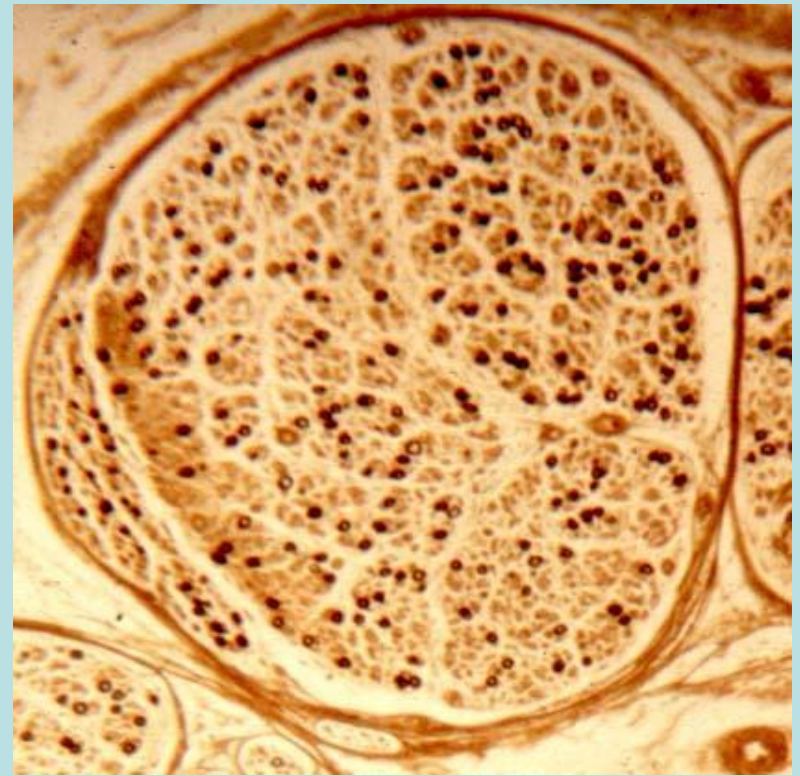


(b) Polysynaptic reflex

Различия между аксонами двигательных (слева) и сенсорных нервов (справа)



Cross section of human muscle (motor) nerve – myelin stain



Cross section of human sensory nerve – myelin stain

When the knee is struck...

Ia muscle afferents fire...

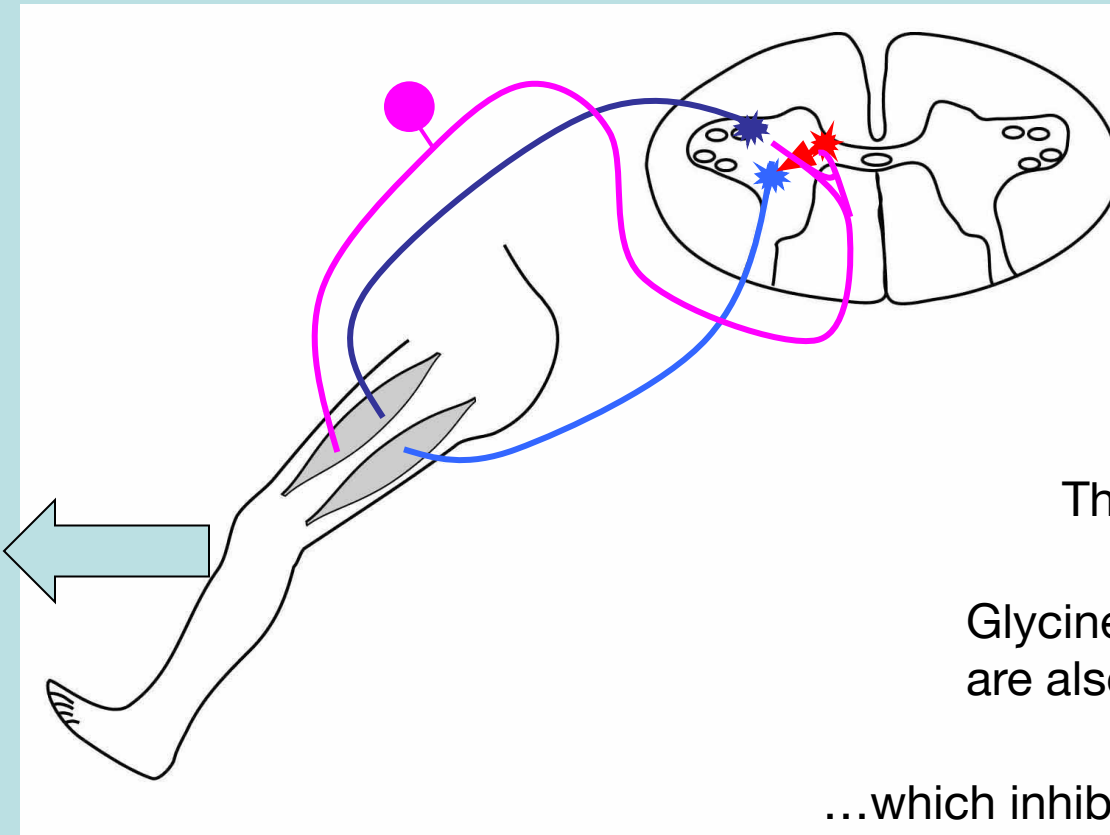
there is monosynaptic activation of the extensor α -motor neuron...

and the (agonist) muscle(s) contracts.

The knee extends.

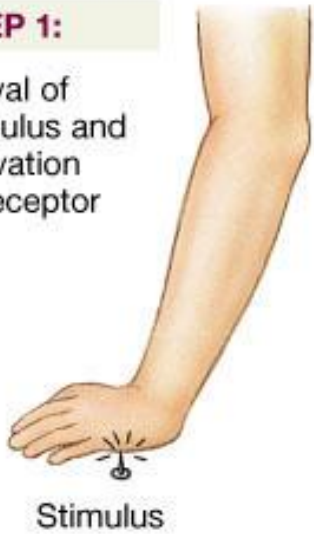
Glycinergic (inhibitory) interneurons are also activated...

...which inhibit motor neurons to the flexor (antagonist) muscle.



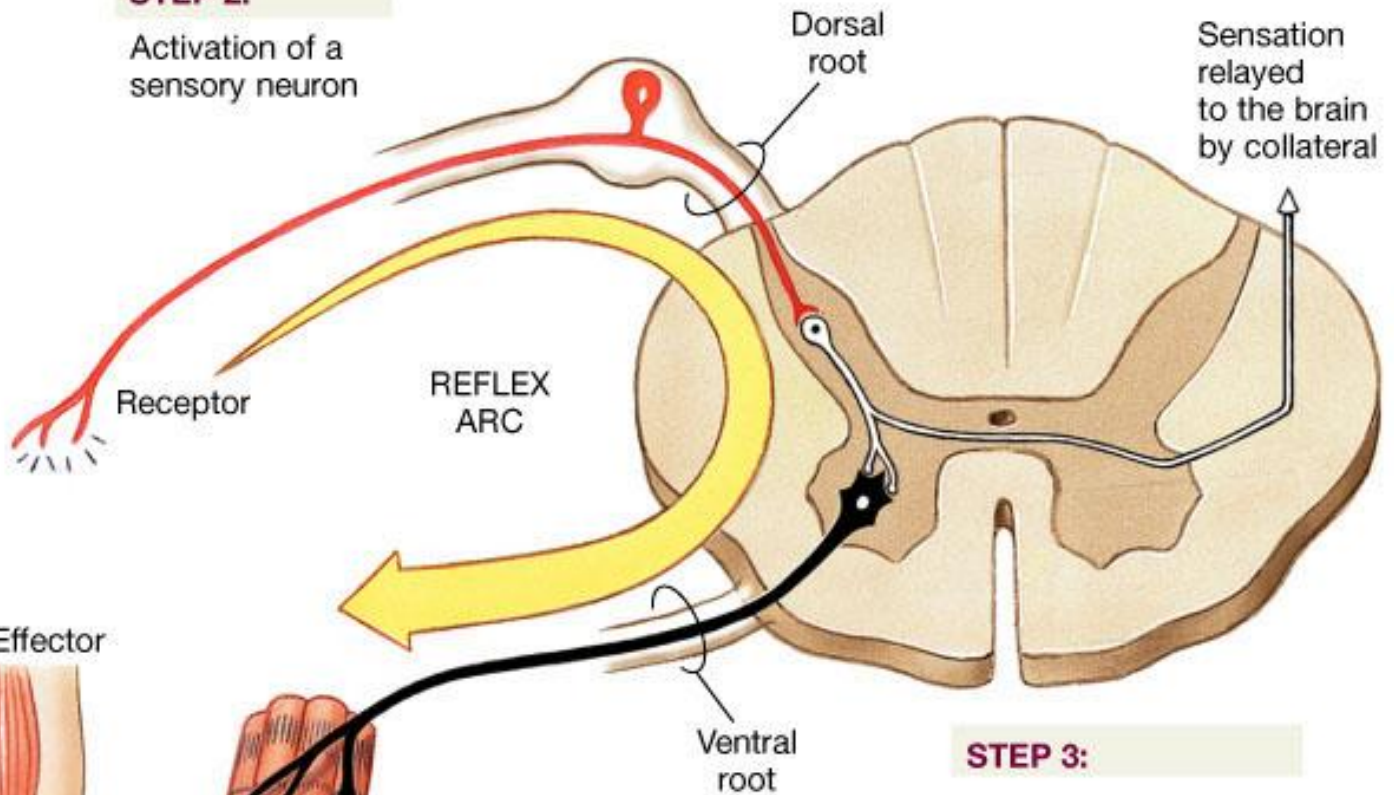
STEP 1:

Arrival of stimulus and activation of receptor



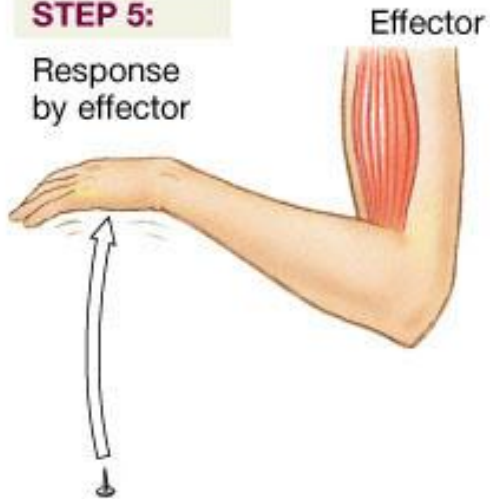
STEP 2:

Activation of a sensory neuron



STEP 5:

Response by effector



STEP 4:

Activation of a motor neuron



STEP 3:

Information processing in CNS

ПЕРЕРЫВ

