

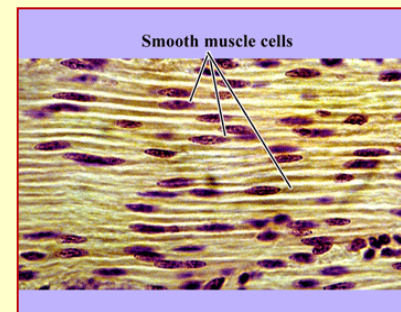


МЕДИЦИНСКИ УНИВЕРСИТЕТ – ПЛОВДИВ  
ФАКУЛТЕТ ПО ЗДРАВНИ ГРИЖИ  
ЦЕНТЪР ЗА ДИСТАНЦИОННО  
ОБУЧЕНИЕ

Лекция №3

Физиология на напречно-  
набраздените и гладки мускули.  
Вегетативна нервна система.

доц. д-р Боряна Русева, д.м.  
сектор "Физиология"  
МУ-Плевен



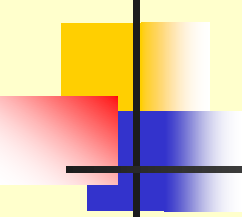


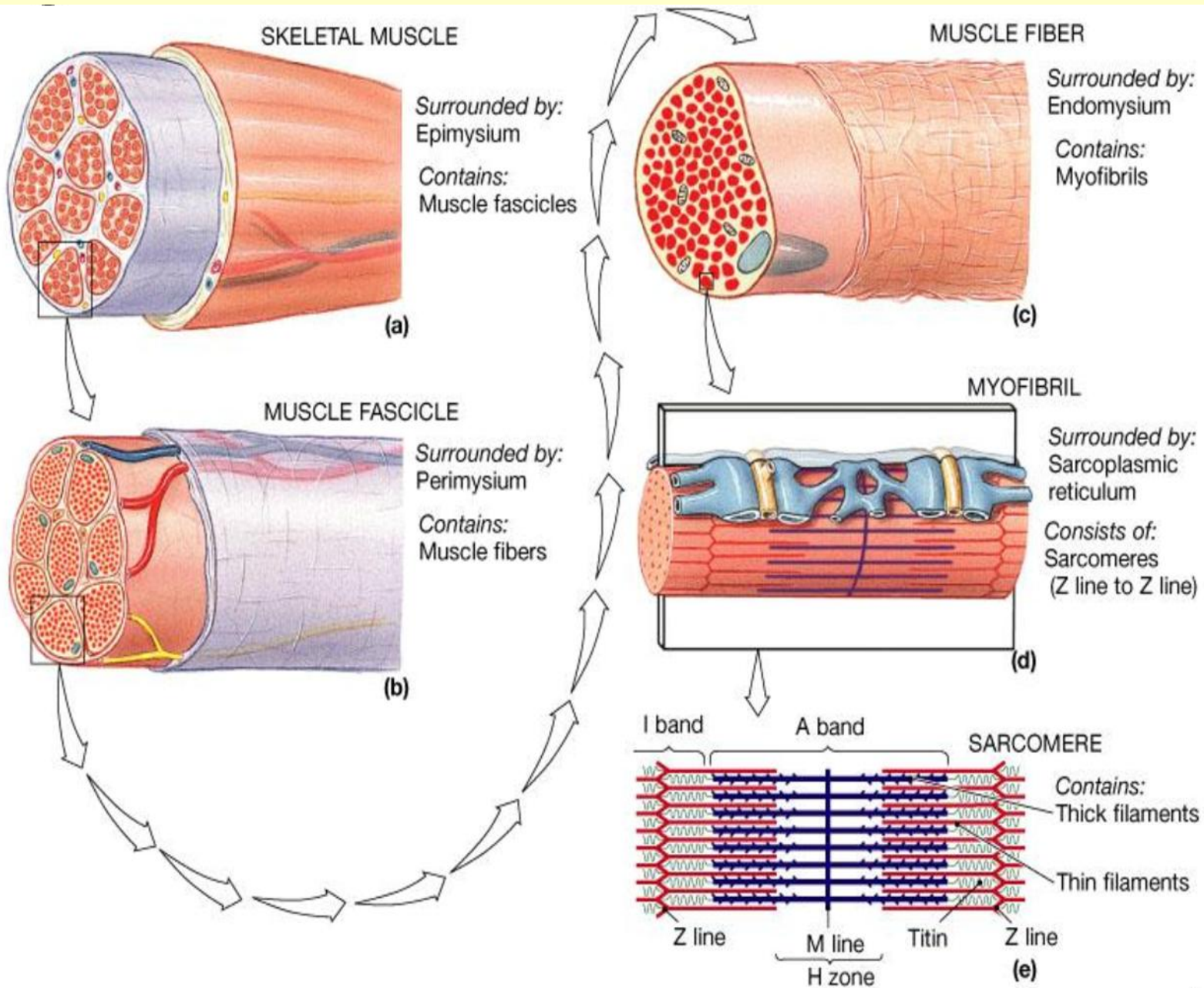
# Функции на скелетните мускули

---

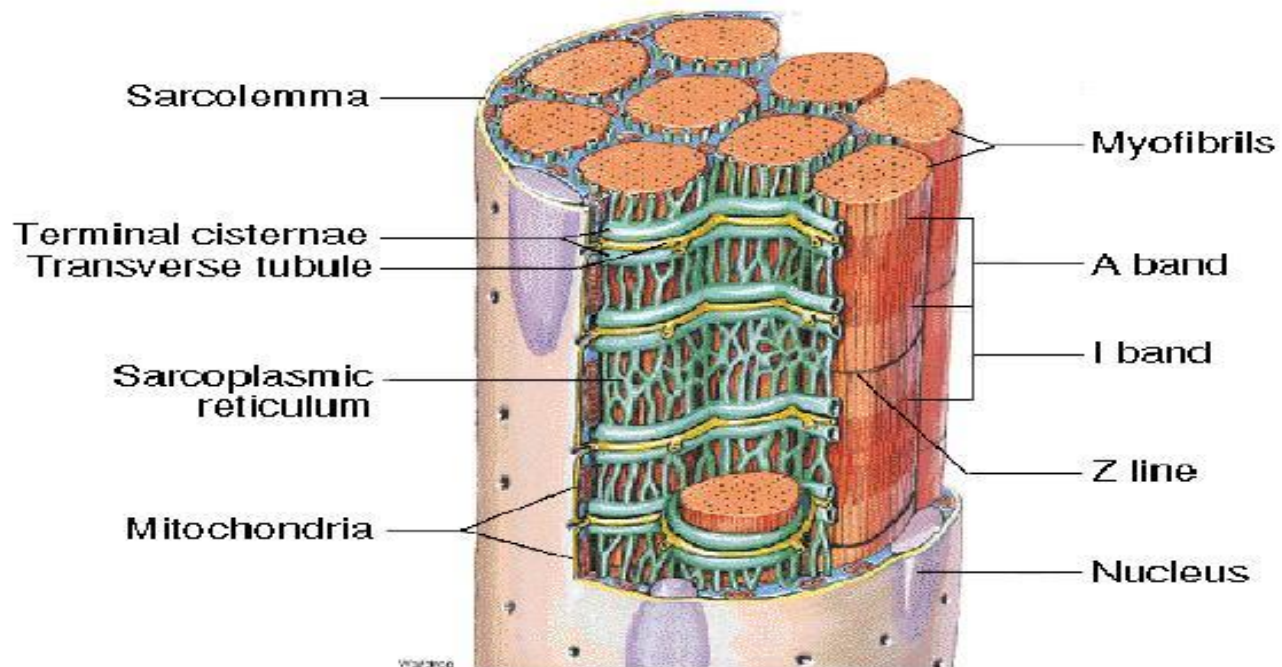
- Придвижване на тялото в пространството
- Поддържане на позата
- Теплопродукция

# Характеристики на скелетните мускули:

- 
- 
- Волеви – инервират се от соматичната нервна система
  - Физиологични свойства на скелетно-мускулната клетка:
    - възбудимост
    - проводимост
    - съкратимост
  - Физично свойство:
    - еластичност

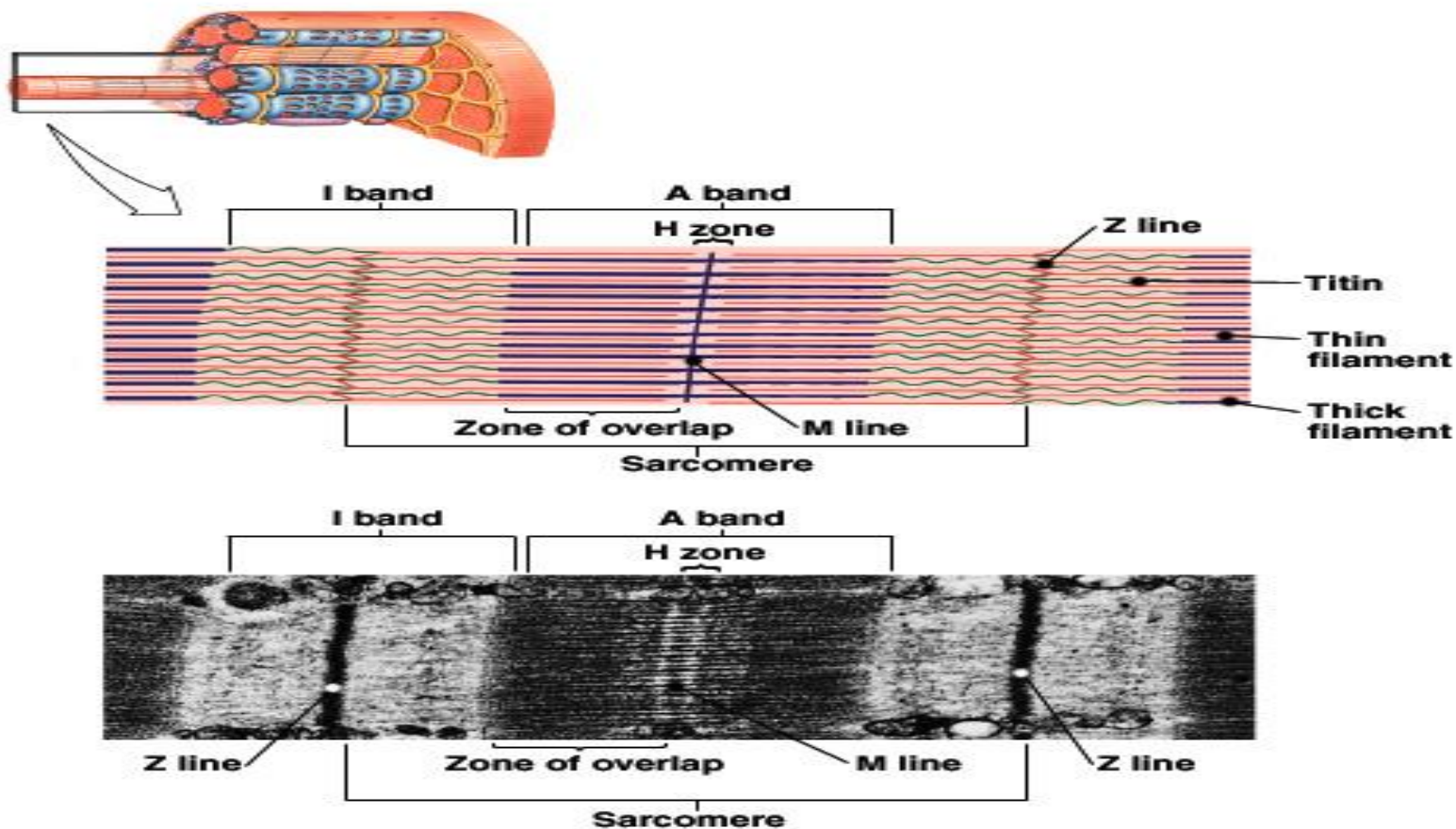


# Структура на скелетно-мускулна клетка

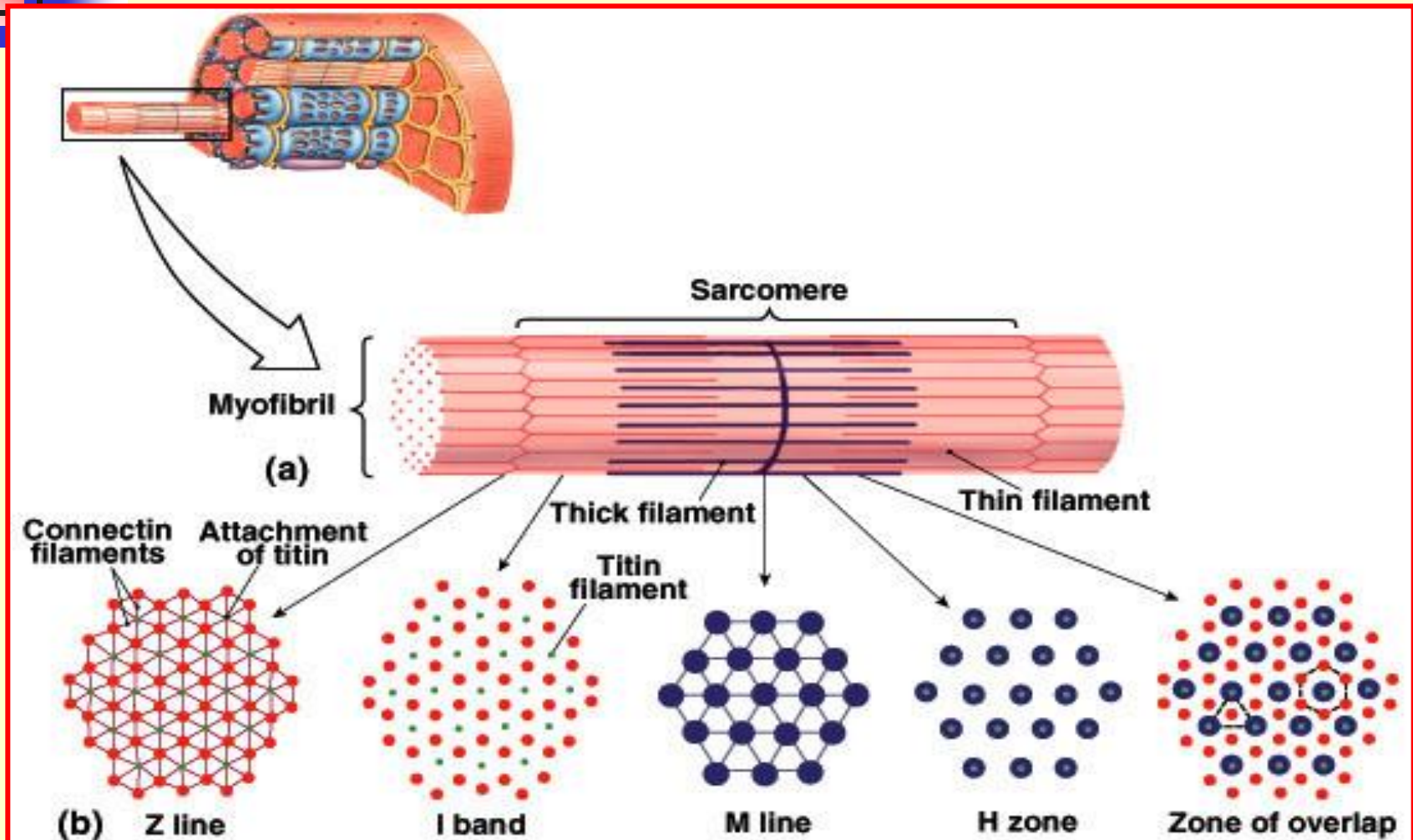




# Напречно-набразден мускул

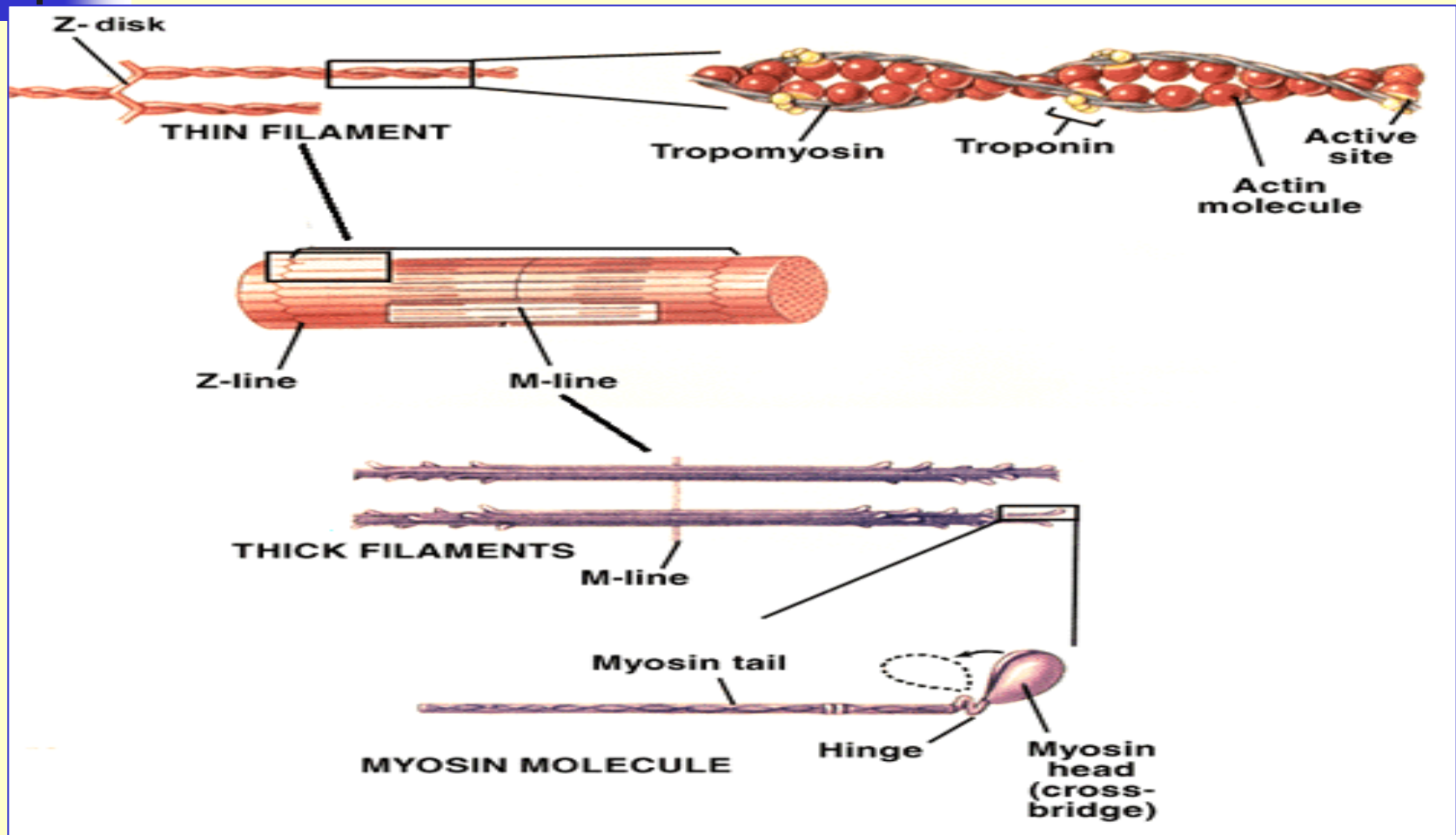


# Саркомерът е основната структурна и функционална единица



# Миофиламенти:

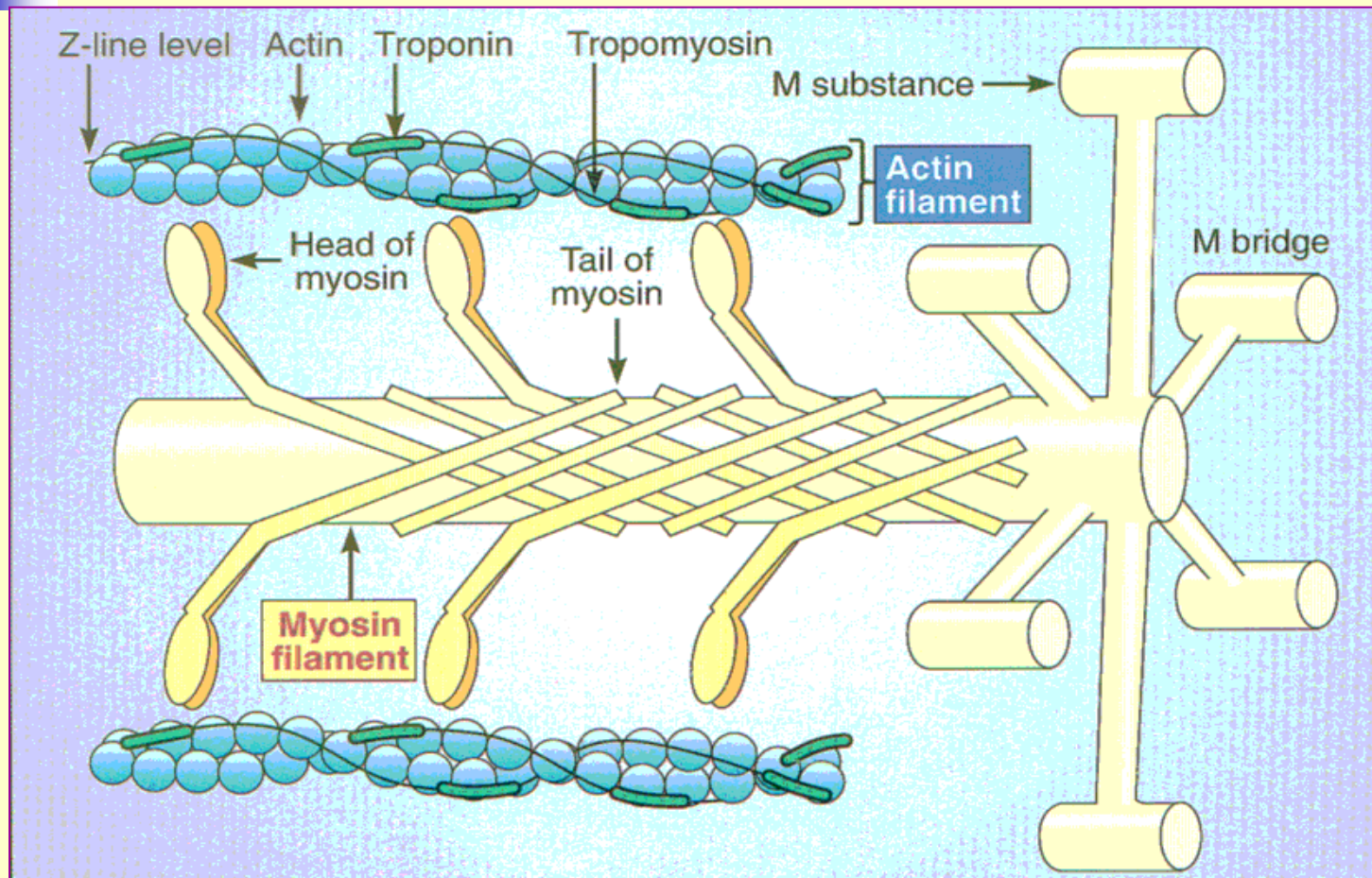
*дебели миозинови*  
*тънки актинови*





# Миофиламенти:

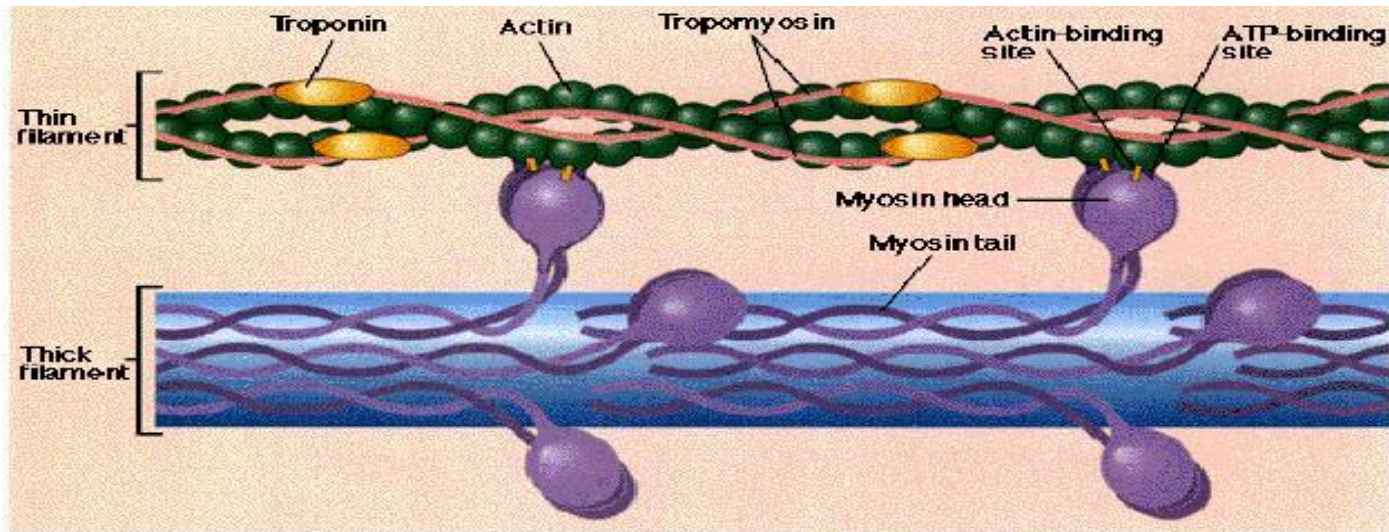
*дебели МИОЗИНОВИ*  
*ТЪНКИ АКТИНОВИ*



# миофиламенти

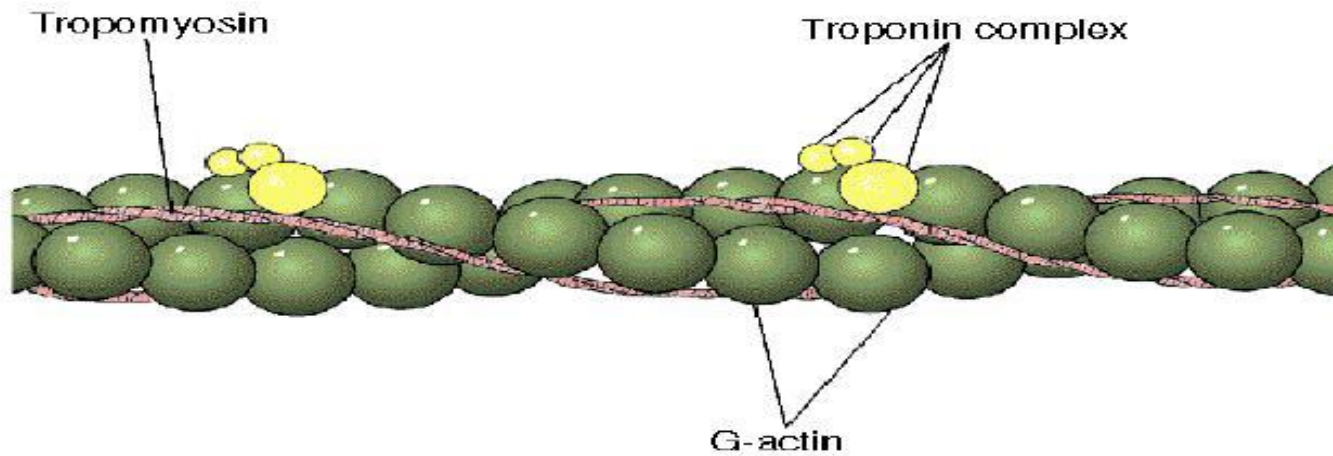
Миозинови- изградени от съкратителния белтък  
МИОЗИН

Актинови - изградени от съкратителния белтък  
актин и регулаторните белтъци тропомиозин и  
тропонин



# Тънки миофиламенти

---



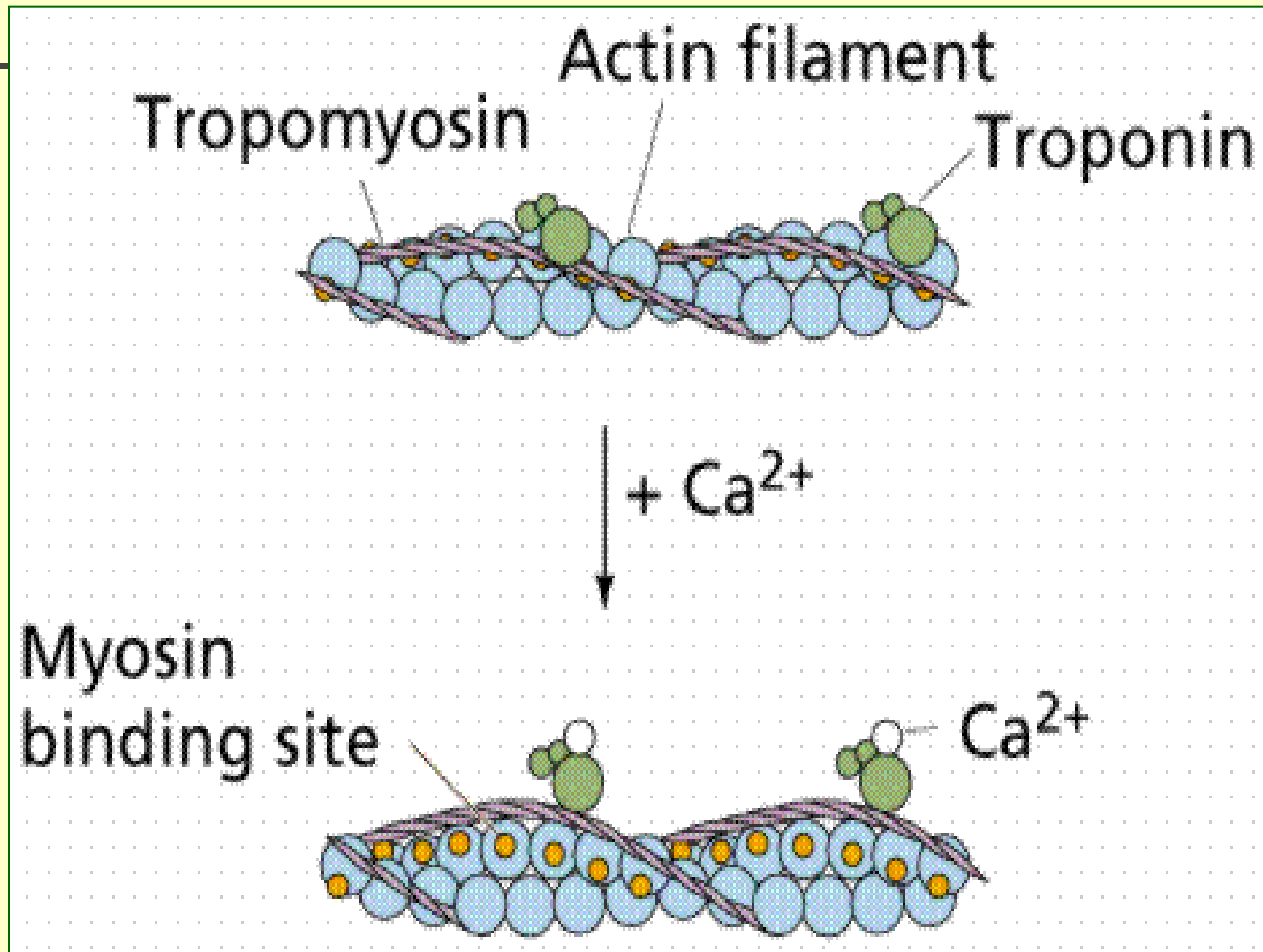
Тропониновата молекула има 3 центъра:

C - за свързване с Ca йони

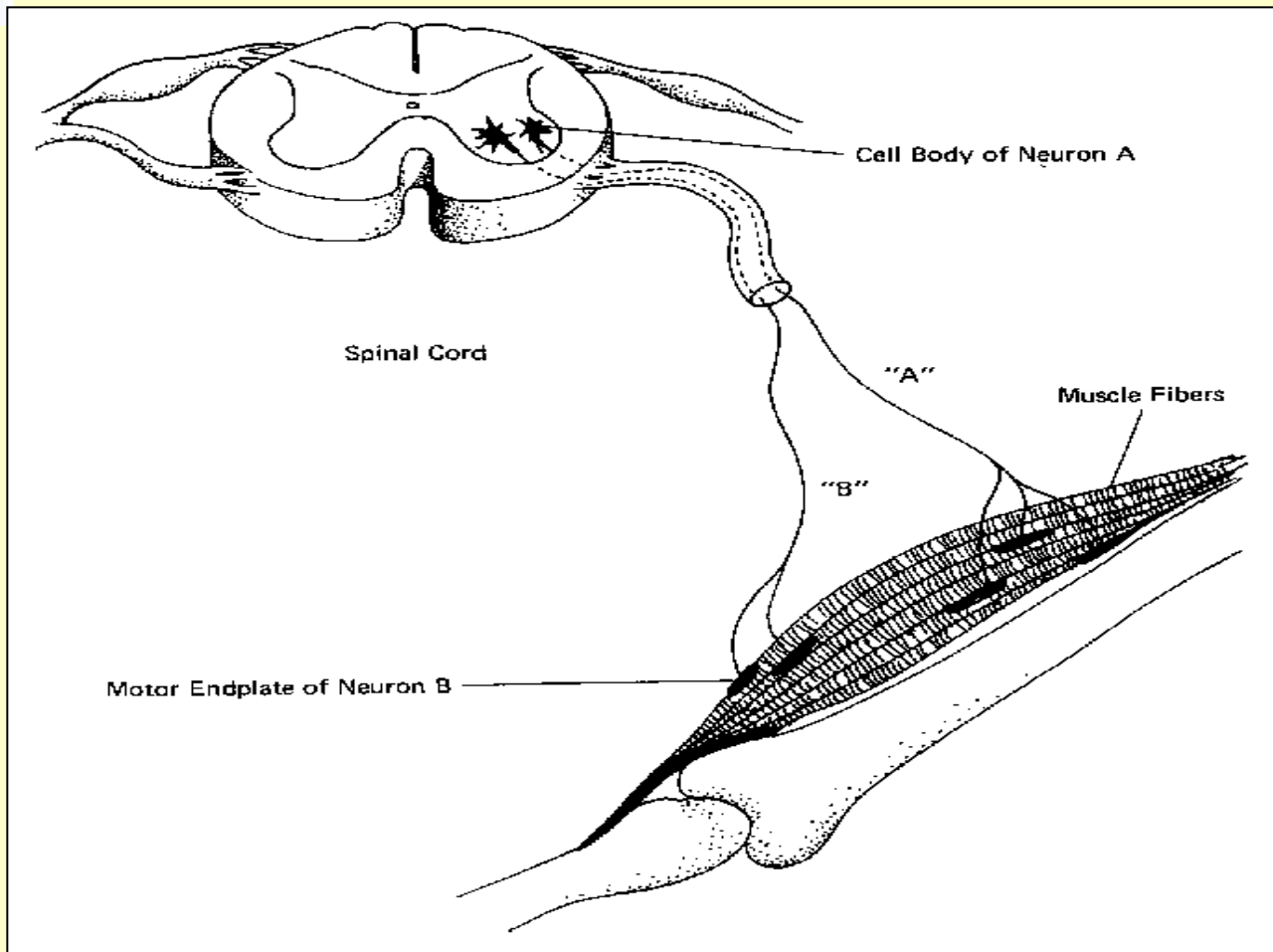
T - за връзка с тропомиозина

I – инхибиторен, закрива активните центрове на актина

# Тънки миофиламенти



# Нервно-мускулен синапс





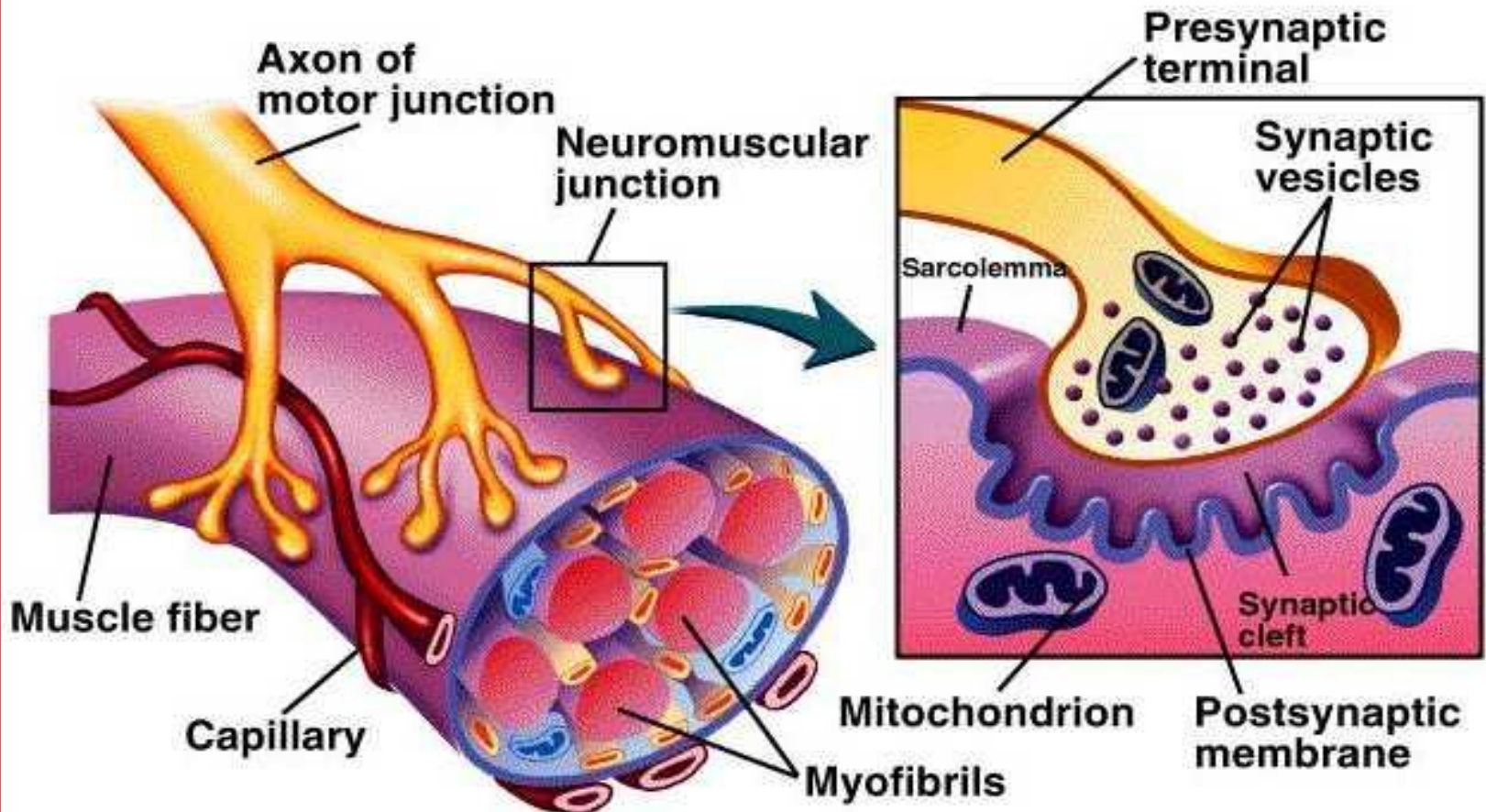
# Нервно-мускулен синапс

невромедиатор – ацетилхолин

рецептори: N – холинорецептори

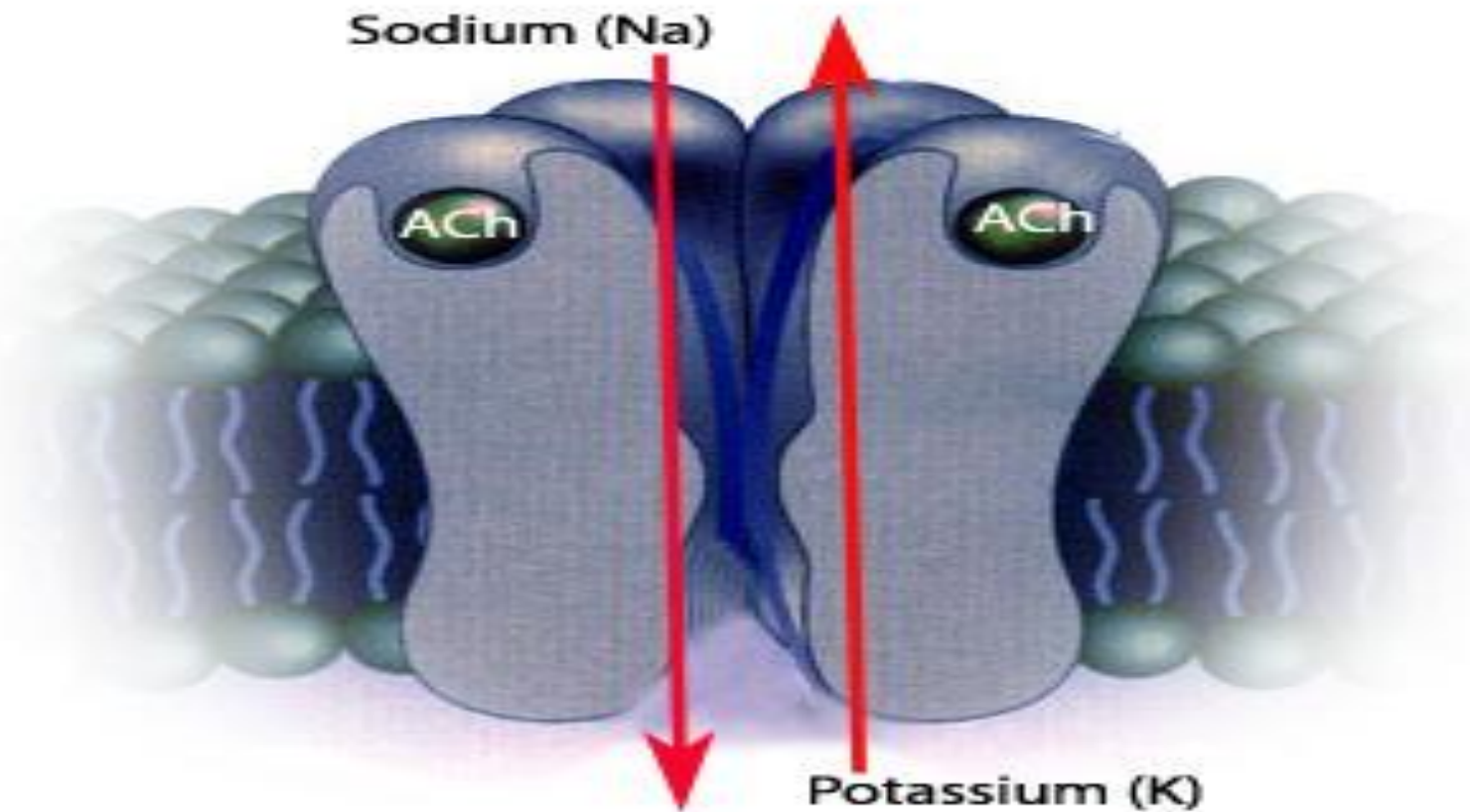
Генерира се възбуден постсинаптичен потенциал

## Neuromuscular Junction



# Нервно-мускулен синапс – отваряне на бързи натриеви и калиеви каналчета, което води до деполяризация на постсинаптичната мембрана

The Acetylcholine Receptor on the motor end plate



# Връзка между възбуждение и съкращение на ниво Т тубули

- Генерираният ВПСП е с амплитуда  $20\text{ mV}$  и се разпространява по съседство до електровъзбудимата мембрана на напречно набраздената мускулна клетка - сарколема.
- Тя има мембранен потенциал на покой  $-90\text{ mV}$  и прагов потенциал  $-70\text{ mV}$ .
- Генерира се акционен потенциал, който се предава по протежение на сарколемата.
- Деполяризацията на мембраната на ниво Т тубули отваря калциевите каналчета на цистерните в саркоплазмения ретикулум.

# Мускулно съкращение

- Са йони излизат в саркоплазмата и се свързват с С-центъра на тропониновата молекула, която променя конфигурацията си.
- Тропомиозиновата молекула се премества и открива активните центрове на актина.
- Миозиновите глави се завъртат и се свързват с активните центрове на актина, образуват се акто-миозинови мостчета и се получава приплъзване на тънките нишки спрямо дебелиите.
- АТФ се свързва на специфично място с миозиновата глава, която има АТФ-азна активност и се получава АДФ и Ф като се отделя енергия.



# Мускулно съкращение

---

- Миозиновата глава претърпява конформационни промени, разрушават се акто-миозиновите мостчета и главата се връща в първоначалното си положение.
- Процесът се повтаря отново със следваща молекула актин и саркомерът се скъсява.
- Енергията от разграждането на АТФ се използва за механичното приплъзване на тънките нишки между дебелиите и за активното изпомпване на Са йони обратно в Са цистерни. АТФ е необходим за отпускане на мускула.



1

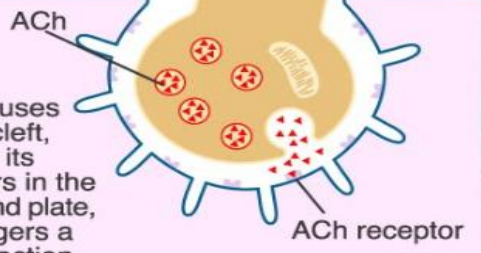
Nerve impulse arrives at axon terminal of motor neuron and triggers release of acetylcholine (ACh).

Nerve impulse

Muscle action potential

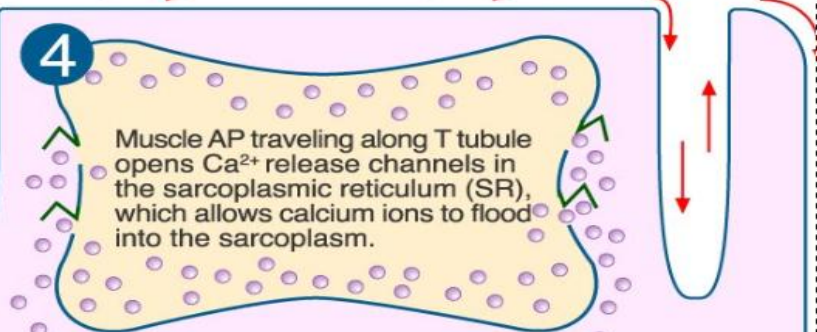
2

ACh diffuses across cleft, binds to its receptors in the motor end plate, and triggers a muscle action potential (AP).



4

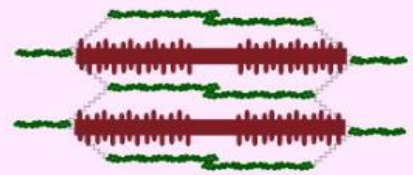
Muscle AP traveling along T tubule opens  $Ca^{2+}$  release channels in the sarcoplasmic reticulum (SR), which allows calcium ions to flood into the sarcoplasm.



3

Acetylcholinesterase in synaptic cleft destroys ACh so another muscle action potential does not arise unless more ACh is released from motor neuron.

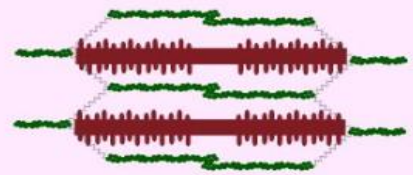
AChE



Elevated  $Ca^{2+}$

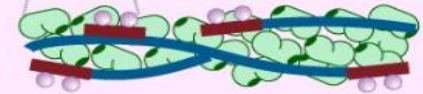
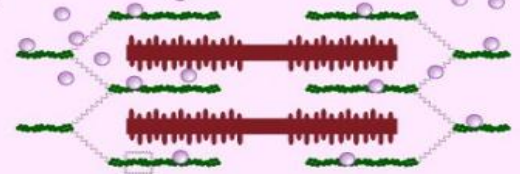
6

Contraction: power strokes use ATP; myosin heads bind to actin, swivel, and release; thin filaments are pulled toward center of sarcomere.



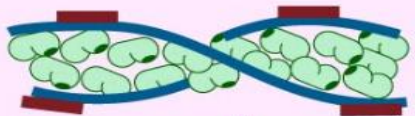
5

$Ca^{2+}$  binds to troponin on the thin filament, exposing the binding site for myosin.



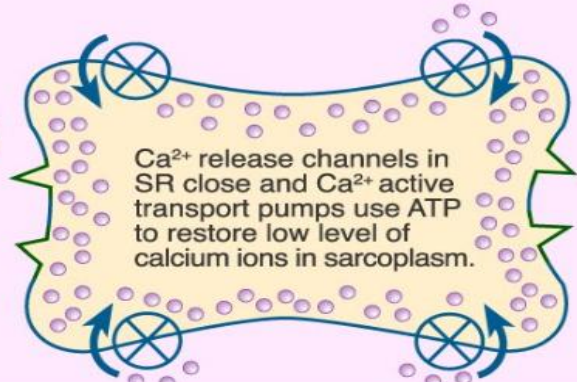
8

Troponin-tropomyosin complex slides back into position where it blocks the myosin-binding sites on actin.



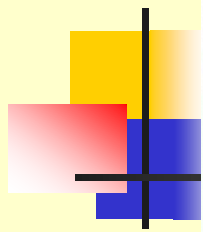
7

$Ca^{2+}$  release channels in SR close and  $Ca^{2+}$  active transport pumps use ATP to restore low level of calcium ions in sarcoplasm.

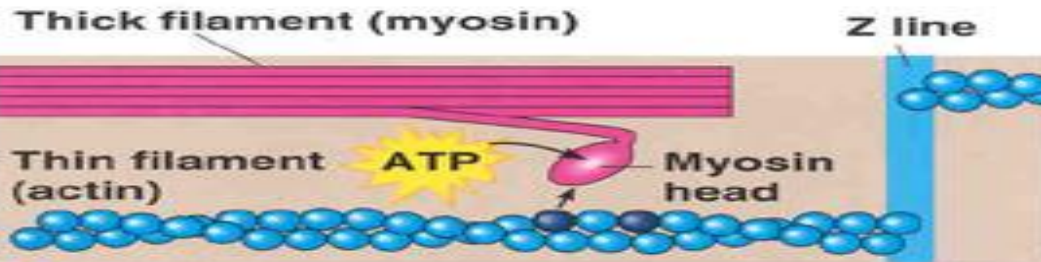


9

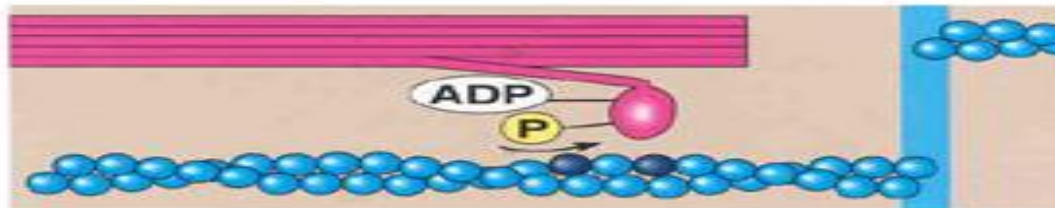
Muscle relaxes.



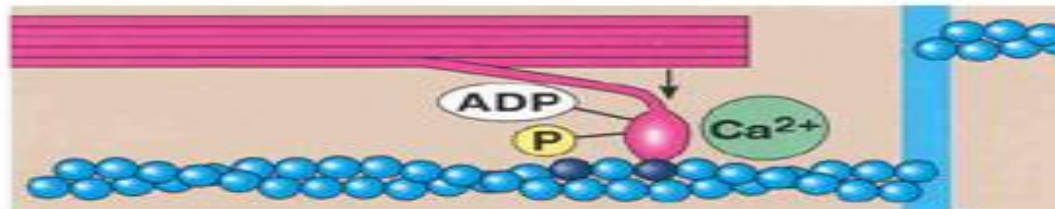
# Мускулно съкращение



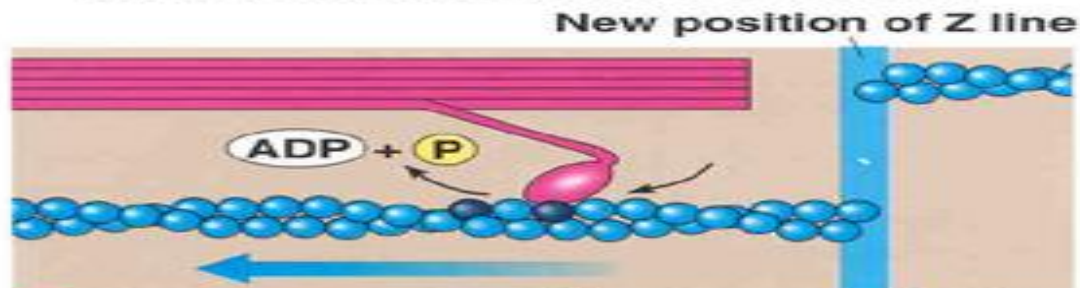
- 1 ATP binds to a myosin head, which is released from an actin filament.



- 2 Hydrolysis of ATP cocks the myosin head.



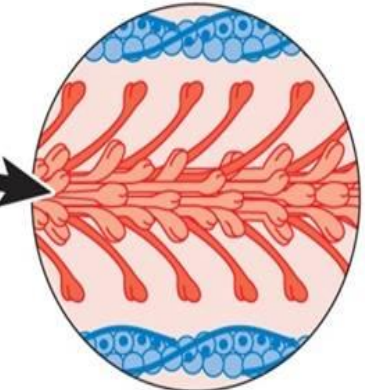
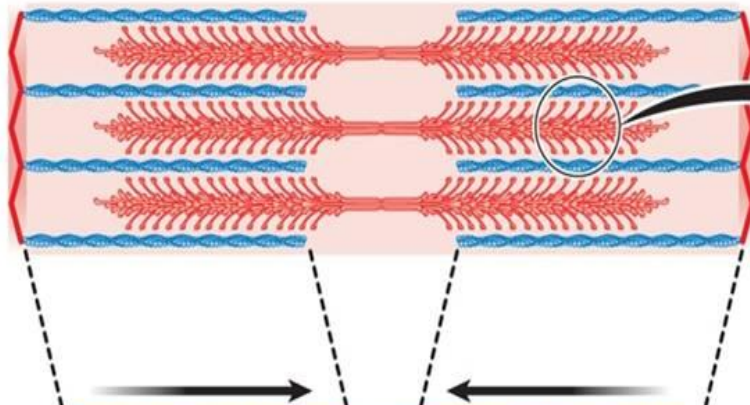
- 3 The myosin head attaches to an actin binding site, with the help of calcium.



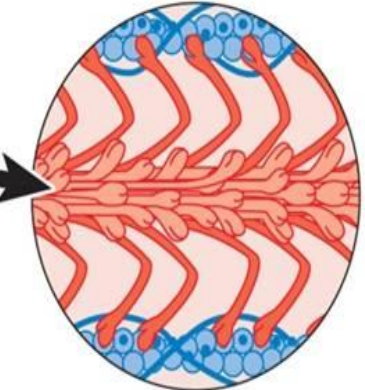
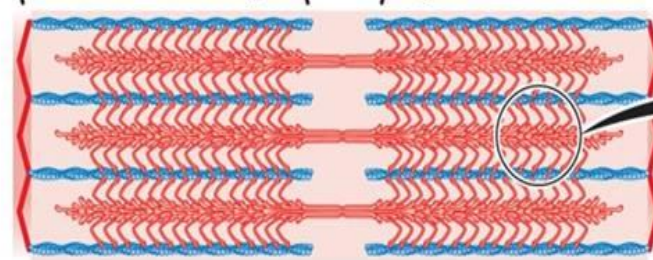
- 4 The power stroke slides the actin (thin) filament.



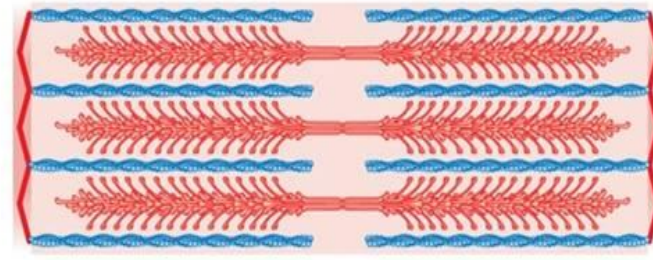
**A** Muscle relaxed—no contact between actin and myosin



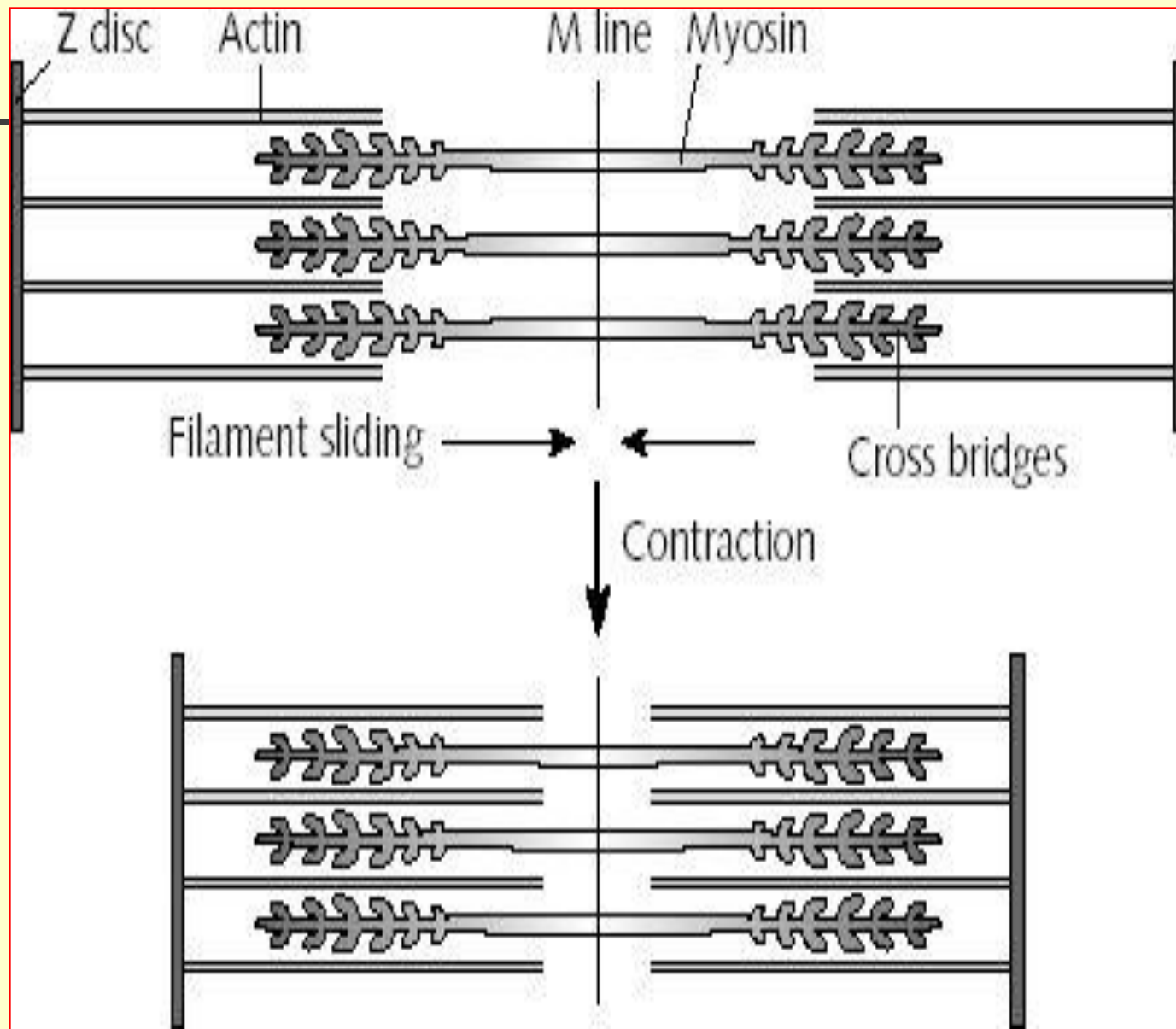
**B** Cross-bridges form, actin filaments move closer together



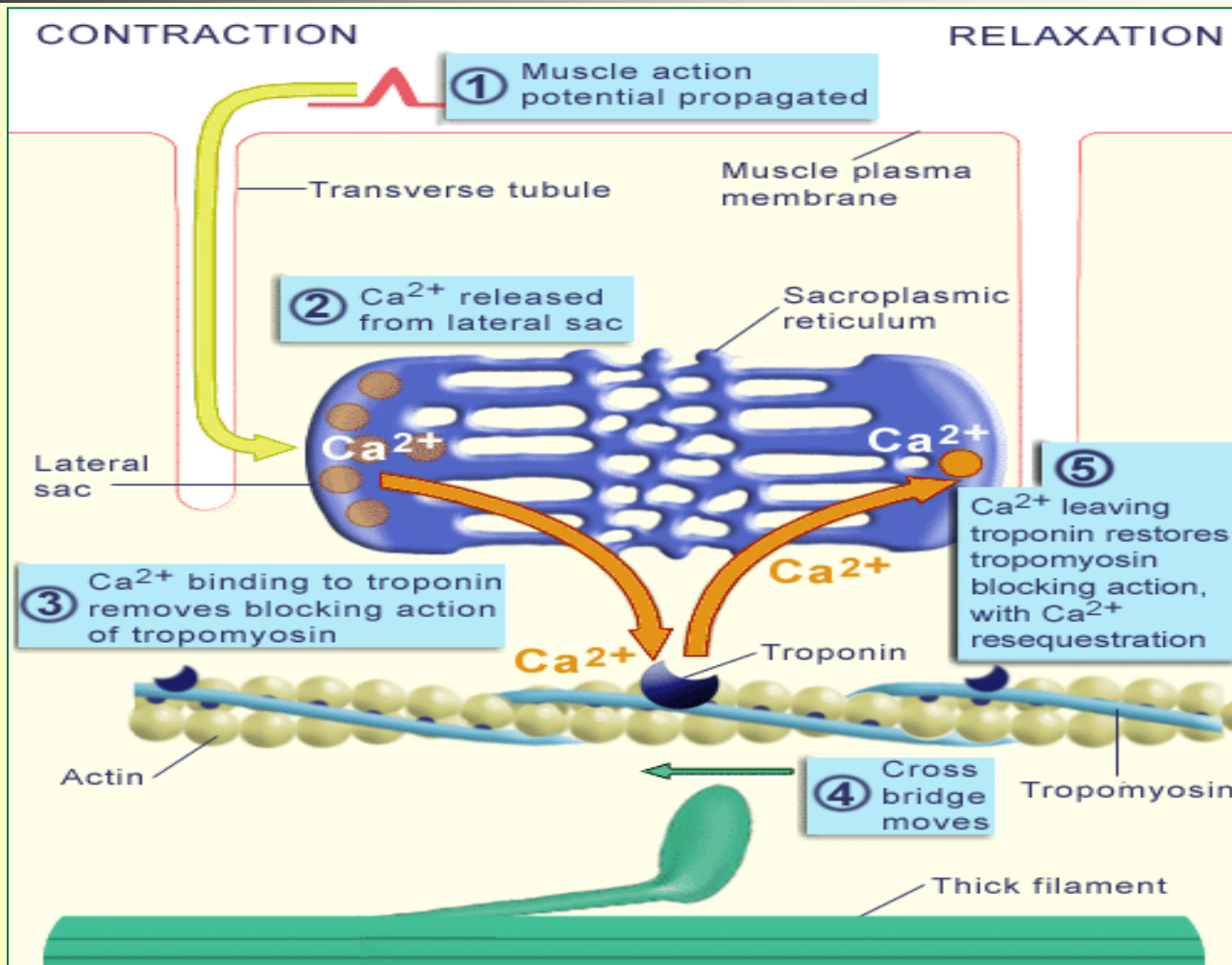
**C** Cross-bridges return to normal position, attach to new sites



# Мускулно съкращение



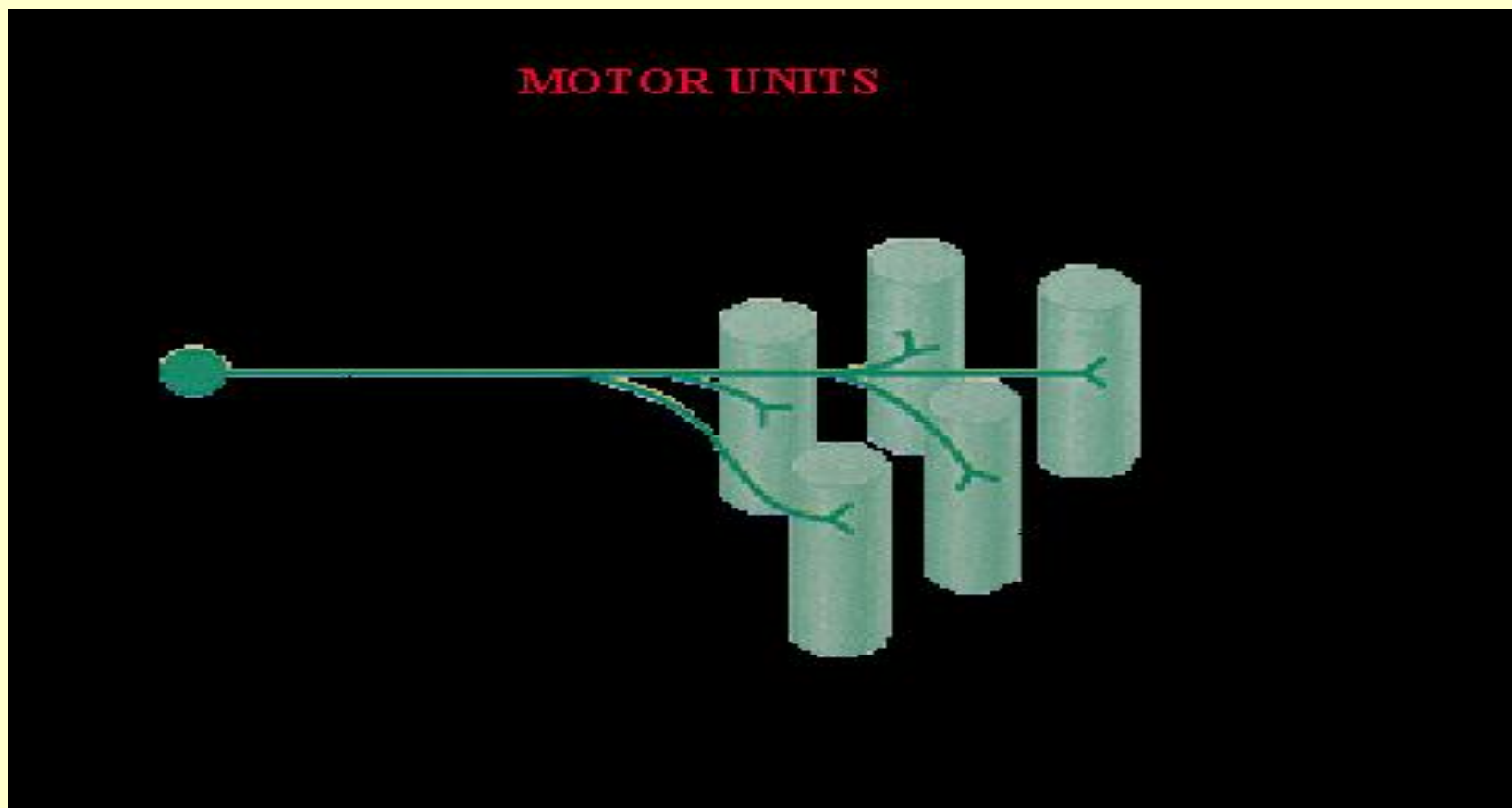
# съкращение - отпускане



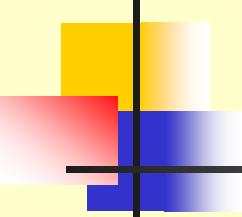


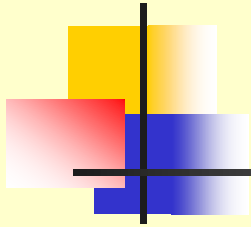
**Двигателна единица** – мотоневрон и инервираните от него мускулни влакна.

Различните мускули имат различен брой двигателни единици и различен брой мускулни влакна във всяка от тях в зависимост от функцията, която изпълняват.



# Видове мускулни влакна, според застъпените механизми за получаване на енергия

- 
- ❖ **Бавно-съкращаващи се (Тип I), бавно- уморяеми (оксидативно фосфорелиране)**
  - ❖ **Бързо-съкращаващи се (Тип II) – използват анаеробен механизъм за енергетично обезпечаване**
  - **Тип IIa - само анаеробен механизъм за обезпечаване с енергия, поради това се наричат бързо-съкращаващи се бързо - уморяеми**
  - **Тип IIб – имат възможност да използват и двата механизма и ги наричаме бързо-съкращаващи се бавно уморяеми**
  - **Всеки мускул съдържа от двата вида мускулни влакна, но в различно съотношение в зависимост от характера на движенията, които са характерни за него.**
  - **В една двигателна единица мускулните влакна са от един тип.**

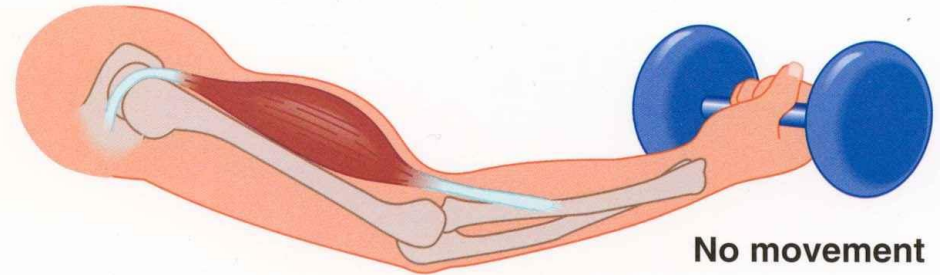


## Видове мускулни съкращения

- *ИЗОМЕТРИЧНИ И ИЗОТОНИЧНИ*
- *ЕДИНИЧНИ И ТЕТАНИЧНИ*

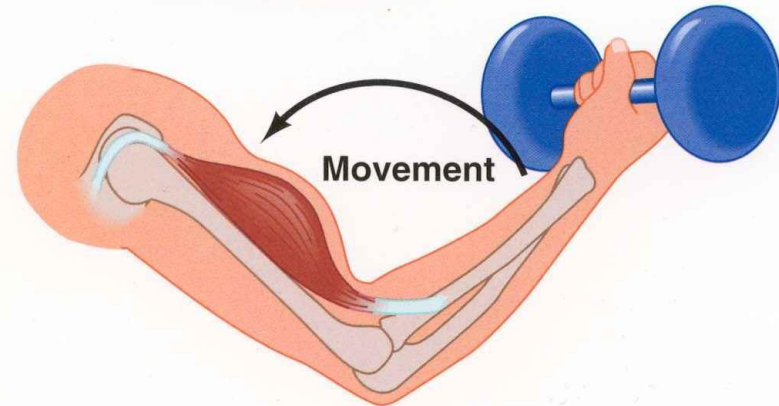
### Isometric contraction

Muscle contracts  
but does not shorten



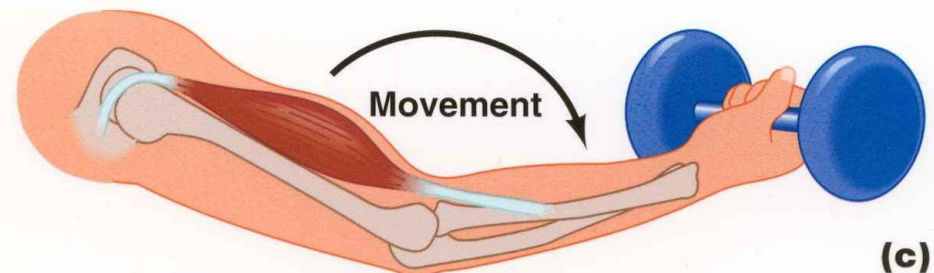
(a)

### Concentric contraction



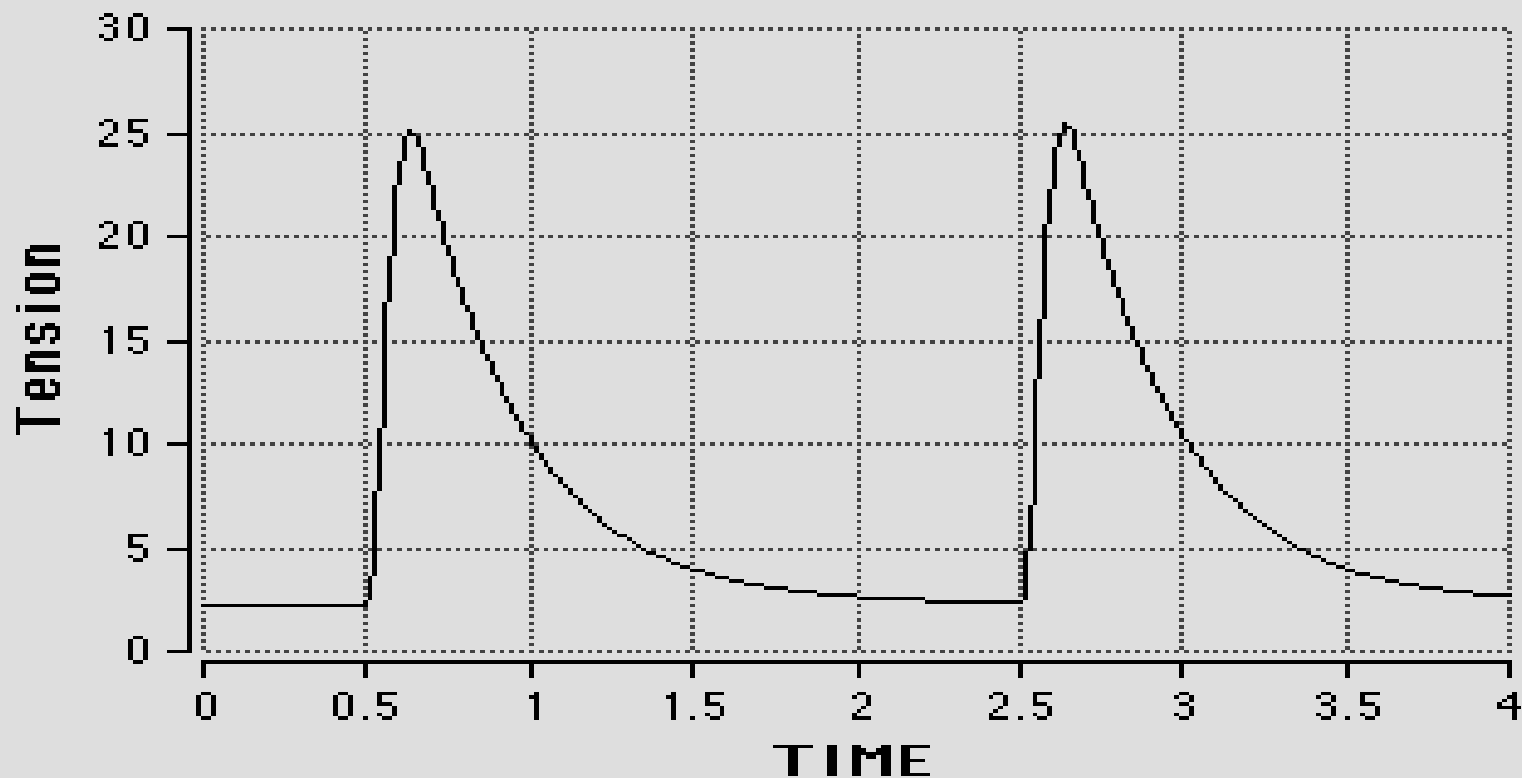
(b)

### Eccentric contraction

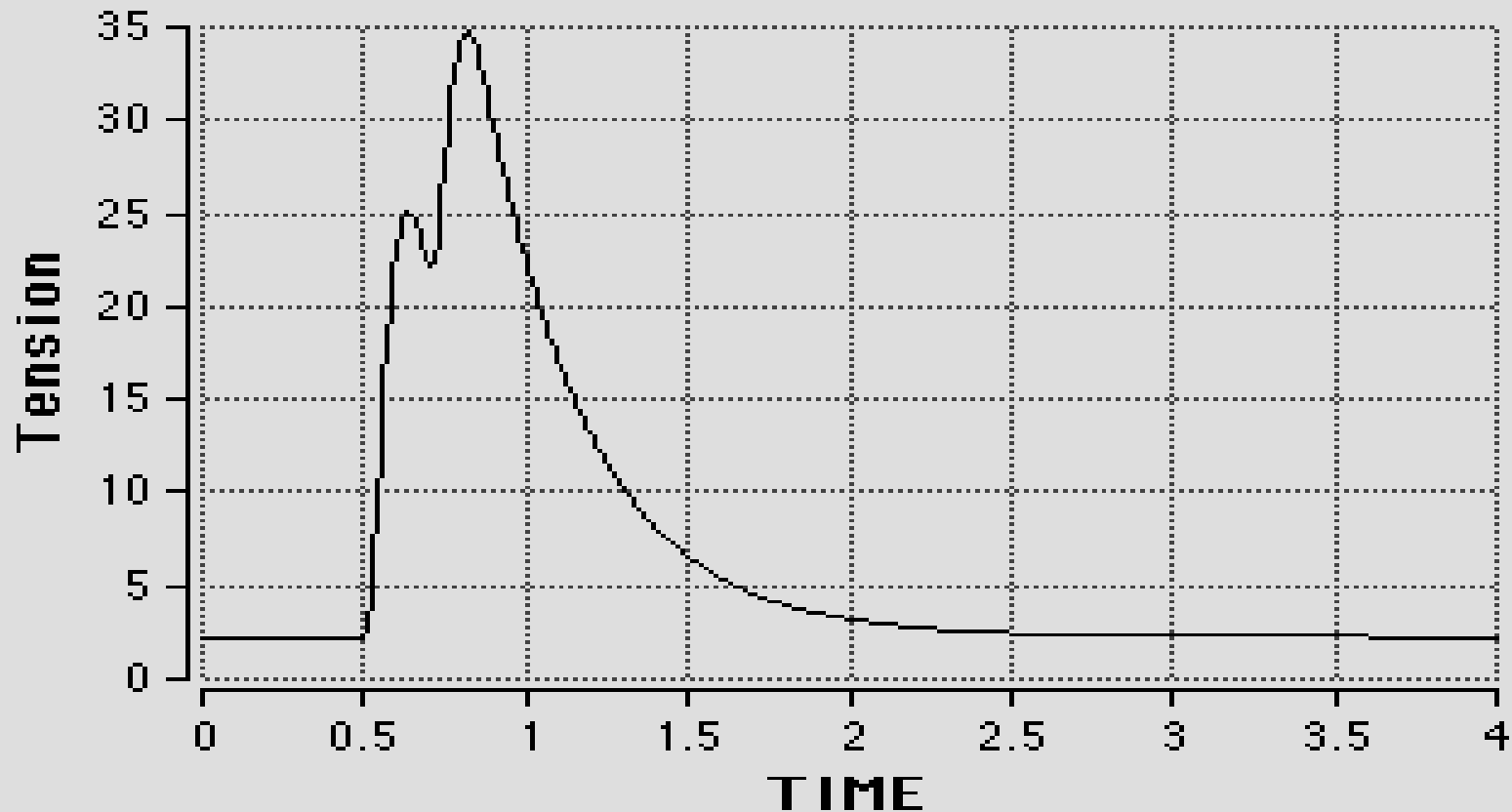


(c)

Единичното мускулно съкращение достига едва 20-30% от максималното напрежение, което може да се развие преди мускула да започне да се отпуска.

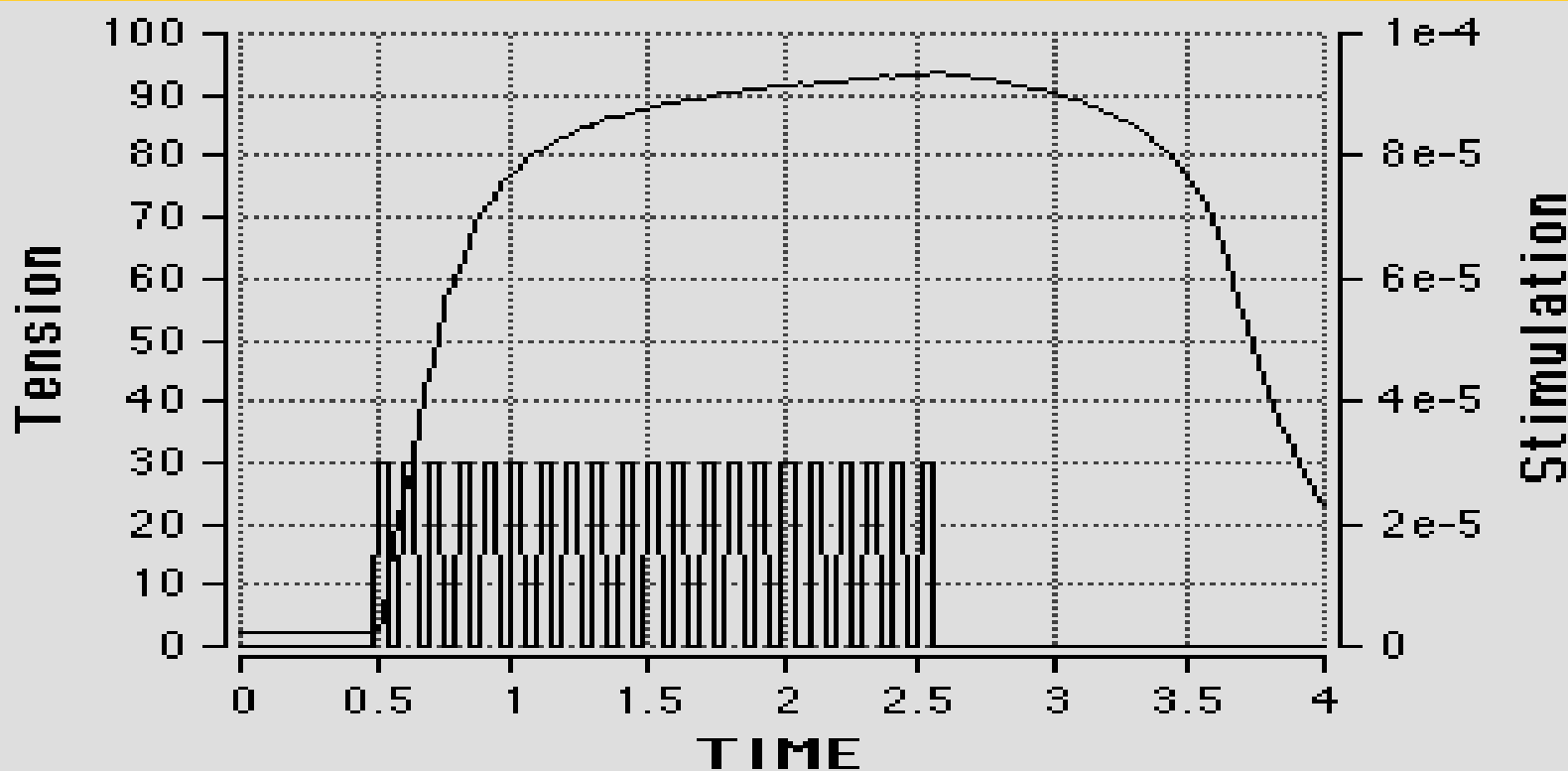


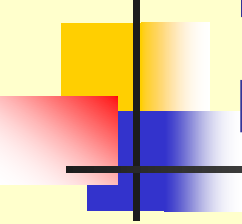
Сумирани съкращения – непълнен тетанус,  
когато всеки следващ импулс заварва  
мускула в период на отпускане.





Пълен тетанус при много висока честота на нервните импулси, когато всеки следващ импулс заварва мускула в период на съкращение.





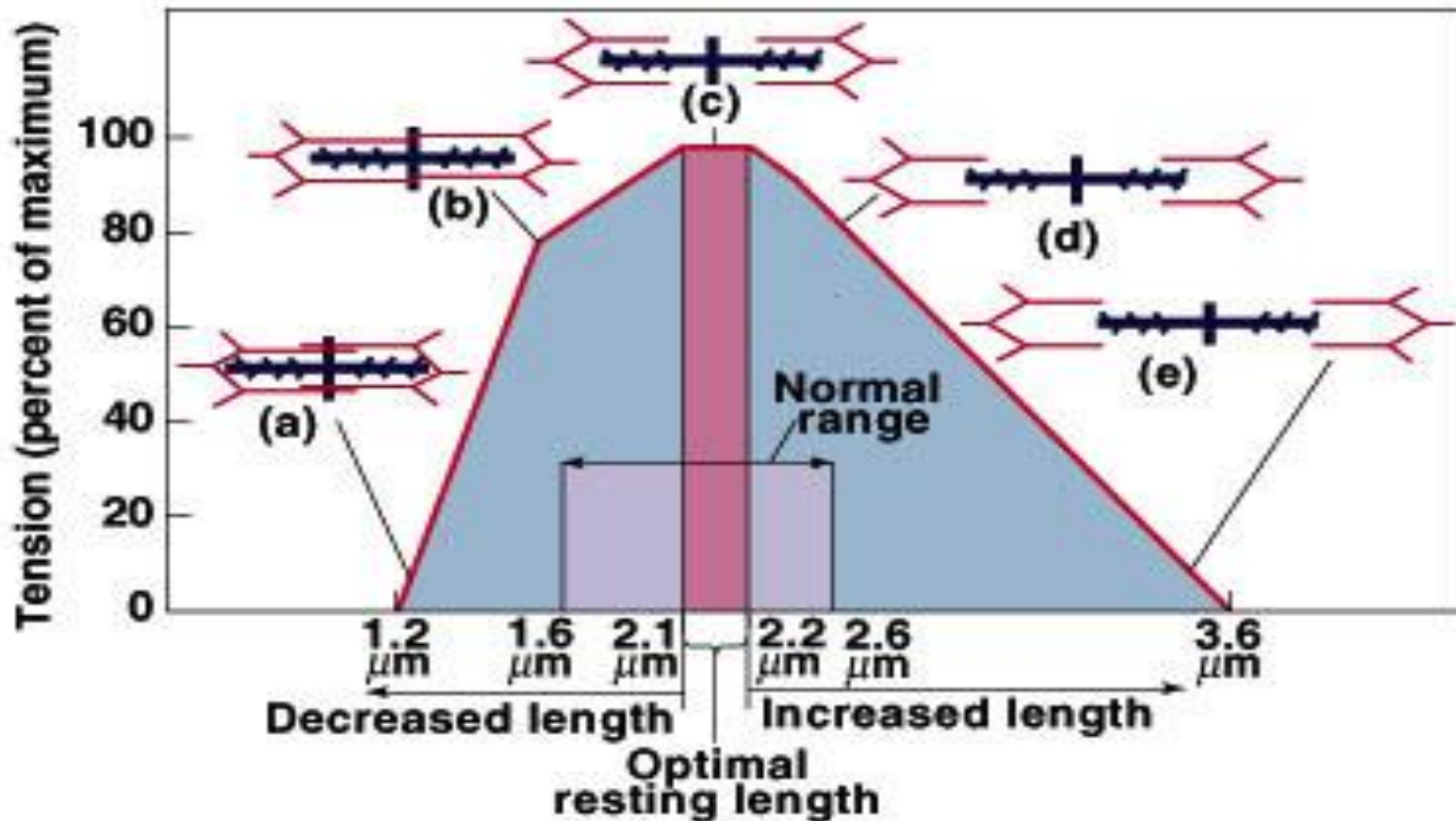
# Механизми за регулиране силата на мускулното съкращение

---

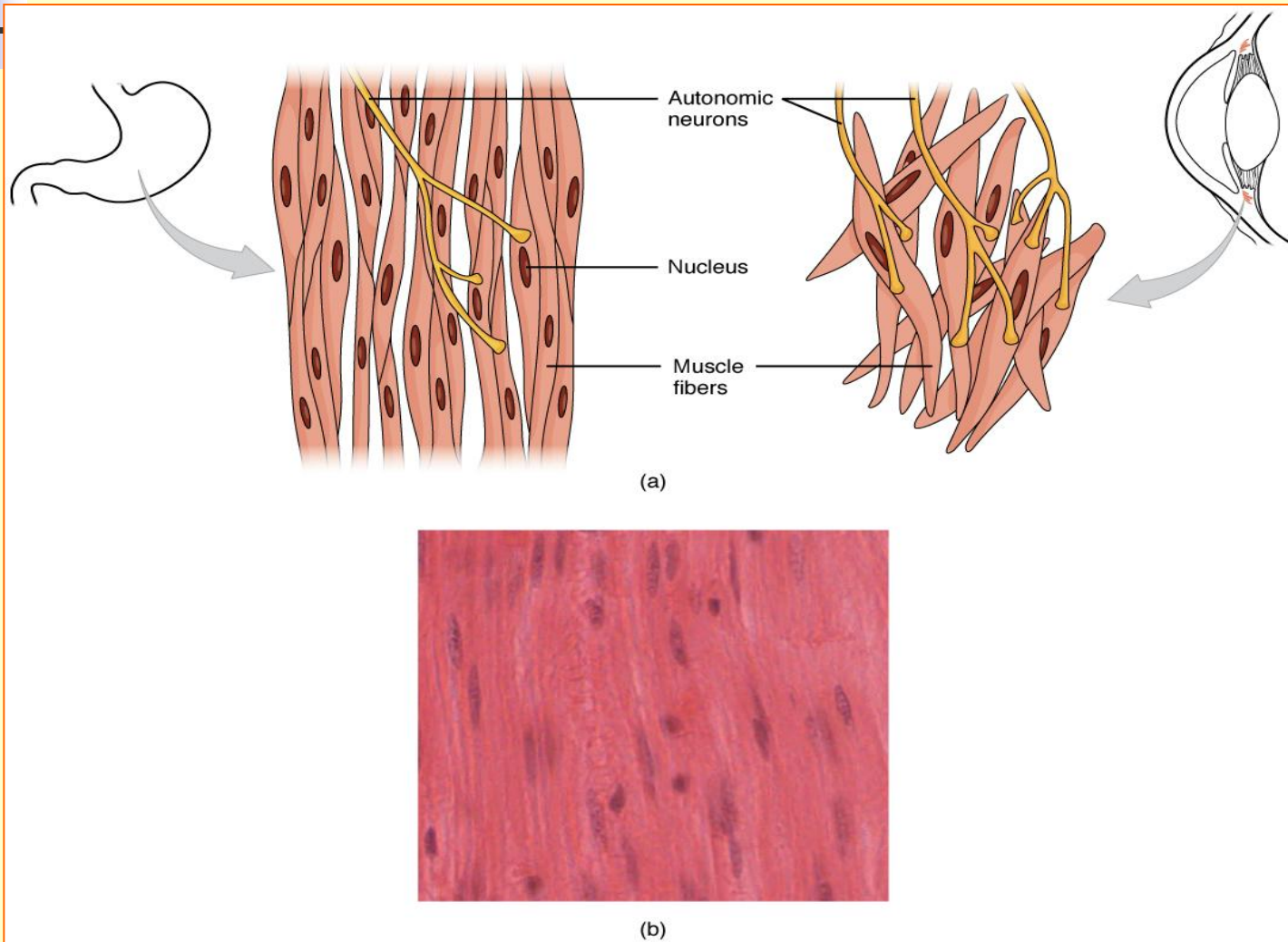
- Чрез активиране на различен брой двигателни единици
- Чрез различна честота на нервните импулси по мотоневрона

# Зависимост дължина – напрежение

Мускулът развива най-голямо напрежение, ако съкращението започне от състояние на покой.



# Физиология на гладките мускули





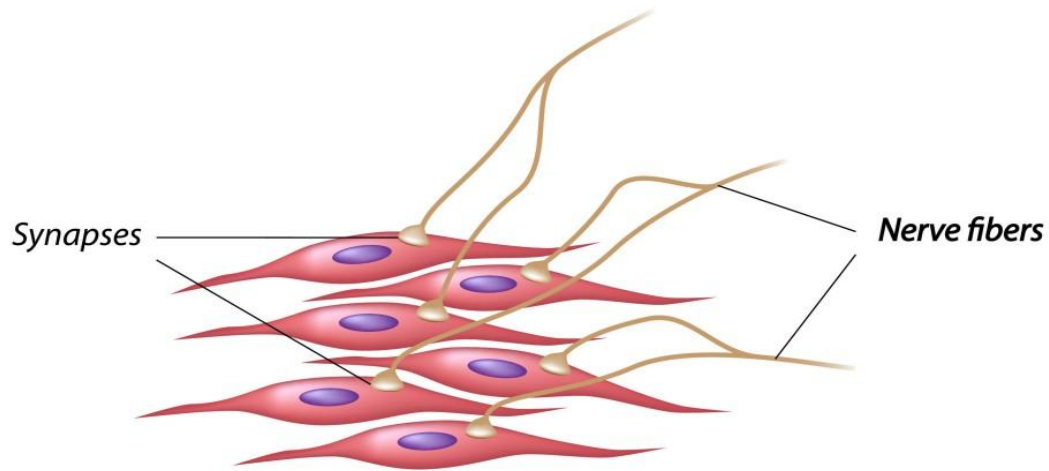
# Видове гладки мускули

---

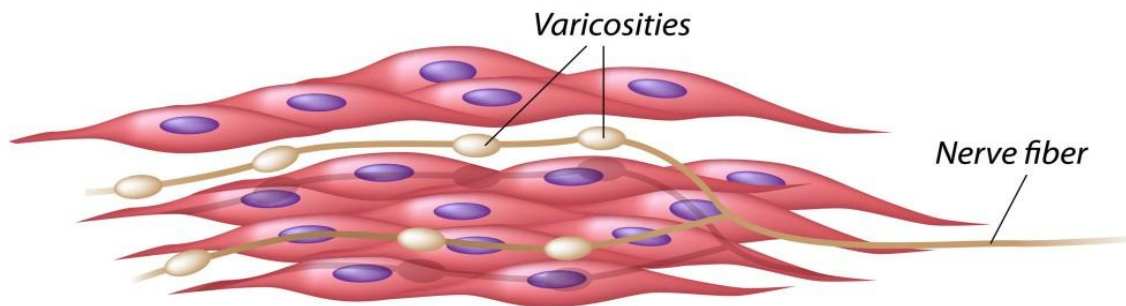
- ❖ **Дискретен тип гладки мускули** – отделните гладкомускулни клетки са изолирани една от друга и електричните синапси между тях се срещат много рядко. Те не притежават спонтанна активност – автоматия. Към този тип принадлежат мускулите на големите въздухоносни пътища, гладките мускули на очите, на големите артерии. До всяка мускулна клетка достигат едно или повече нервни влакна.;
- ❖ **Висцерален тип гладки мускули** – гладкомускулните клетки са свързани посредством механични връзки и електрични синапси. Електричното свързване обуславя възможността за предаване на възбуждането възникнало в една клетка на други съседни клетки. Мускулите от висцерален тип имат авторитмична активност.



# Видове гладки мускули



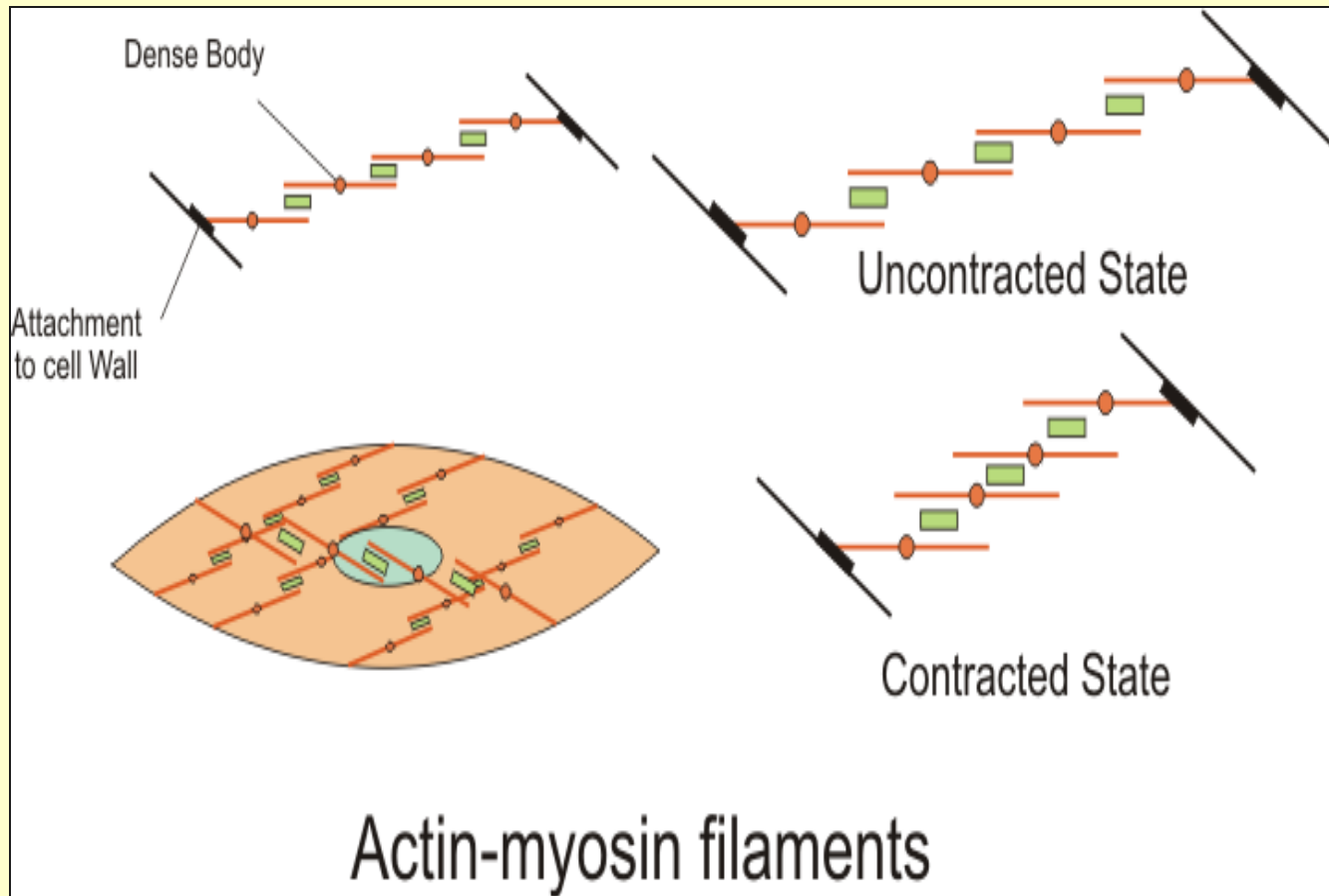
Гладки мускули от дискретен тип



Гладки мускули от висцерален тип

Отношението актин към миозин е между 2:1 и 10:1 в гладко-мускулните клетки, в напречно-набраздените  $\sim 6:1$  и в кардиомиоцитите - 4:1.

**Гладко-мускулните клетки не съдържат тропонин.**





# съкращение

---

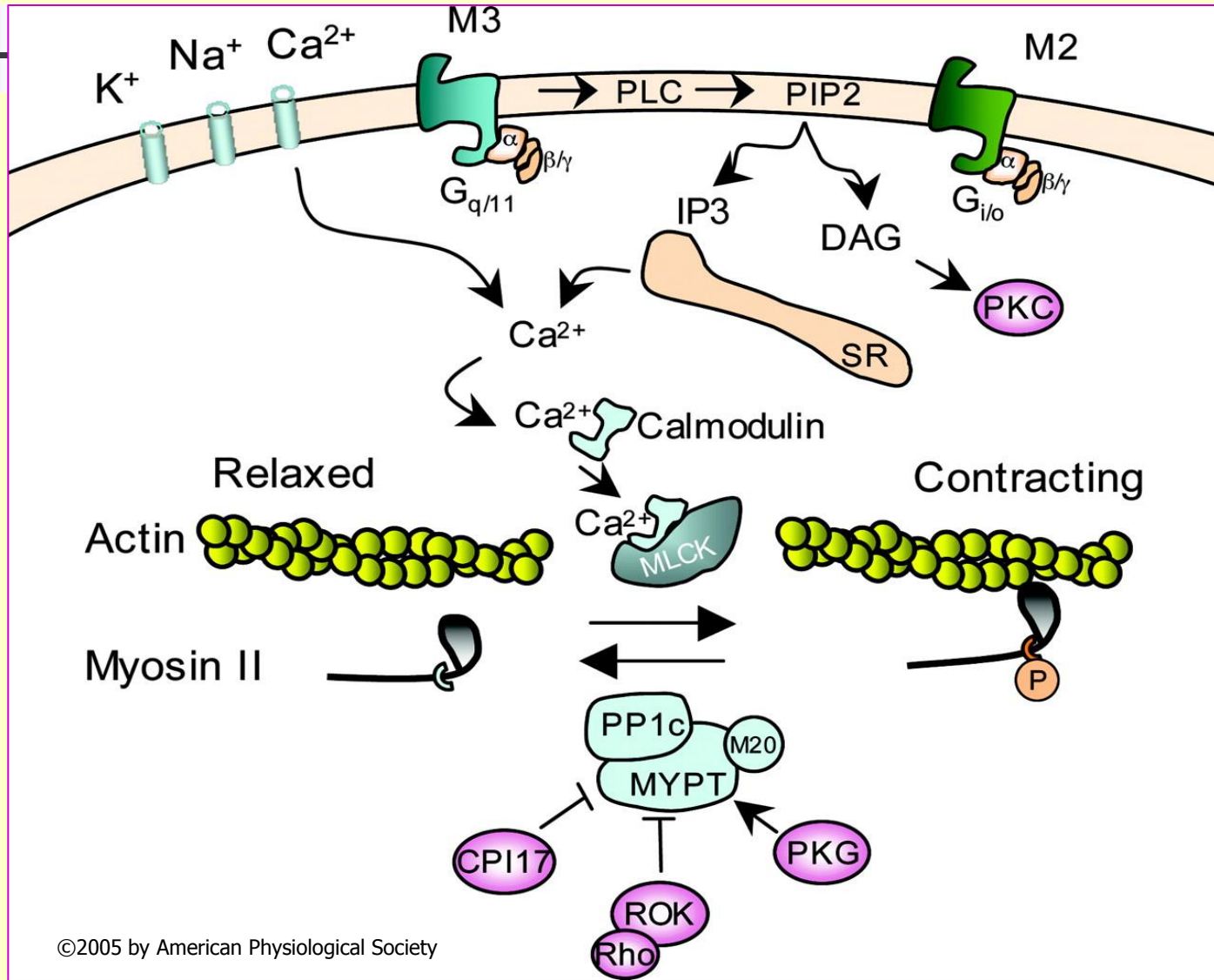
- ■ Инервирани са от двата дяла на вегетативната нервна система.
- При деполяризация на кл. мембрана се отварят Са каналчета.
- Активира се системата калций-калмодулин.
- Повишената концентрация на Са йони води до фосфорилиране на миозина и образуване на актомиозин.
- Може да се поддържа по-продължително съкращение с по-малък разход на енергия в сравнение със скелетните мускули.

# Регулация на съкращението на гладките мускули

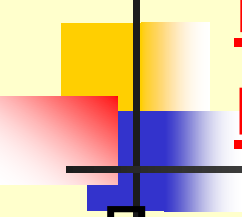
- ***Инервация на гладките мускули***
- Инервирани са от двата дяла на ВНС.
- Ефектите са в зависимост от наличния вид адрено- или холино- рецептор в съответния орган.
- Парасимпатикусът стимулира съкращенията посредством  $m3$  холинорецептори.
- Симпатикусът може да стимулира съкращение чрез  $\alpha1$  рецептори или отпускане чрез повлияване на  $\beta2$  или  $\alpha2$  адренорецептори.

# Сигнални пътища

на мускаринови рецептори, регулиращи съкращението на гл.мускули







## Регулация на съкращението на гладките мускули

---

- Паракринна регулация – от биологично активни вещества, които се секретират от различни видове клетки, намиращи се в близост с миоцитите. Такива са ендотелин, азотен оксид, брадикинин, хистамин, серотонин и простагландини;
- Ендокринна регулация от хормони – те също участват в регулацията на съкращението на гладките мускули. Към тях се отнасят окситоцин, адреналин, антидиуретичен хормон, ангиотензин II;
- Температура – охлаждането на гладките мускули засилва съкращението, а затоплянето го забавя;
- Метаболити – кислородът, въглеродният диоксид и аденозинът влияят на съкращението на гладките мускули.

# Вегетативна нервна система

Нарича се автономна, защото функцията ѝ не зависи от нашето съзнание и воля.

---

- Тази част от НС, която инервира вътрешните органи
- Състои се от два дяла:
  - ❖ Симпатикус – ерготропна ВНС
  - ❖ Парасимпатикус – трофотропна ВНС
- Ефектите им са:
  - Антагонистични
  - Допълващи се
  - Съвместни
    - ❖ Ефектите на симпатикуса са по-дифузни и по-продължителни в сравнение с тези на парасимпатикуса.



## ВНС – нарича се още ганглийна

---

- *Парасимпатиков дял*
- Преганглийните неврони са разположени в ПС ядра на 4 ЧМН: n. vagus; n. glossopharyngeus; n. facialis; n. oculomotorius и в гр. мозък на ниво S2-S4. Те отделят Ацетилхолин, който се свързва с N-холинорецептори във вегетативните ганглии.
- Постганглийните неврони отделят също Ацетилхолин, който се свързва с M-холинорецептори, разположени във вътрешните ни органи.



## ***M<sub>1</sub>, M<sub>2</sub> и M<sub>3</sub> тип мускаринови рецептори:***

---

- **M<sub>1</sub> receptor** - свързан с G-protein ; вторичен посредник е IP<sub>3</sub> /DAG -> повишава се концентрацията на вътреклетъчния калций
- **M<sub>2</sub> receptor** - свързан с G-protein -> понижава образуването на c-AMP и се повишава навлизането на калиеви йони -> хиперполяризация на кл. мембрани
- **M<sub>3</sub> receptor** - свързан с G-protein ; вторичен посредник е IP<sub>3</sub> /DAG -> повишава се концентрацията на вътреклетъчния калций (гладки мускули и екзокринни жлези)

ВНС – нарича се още ганглийна

## ***Симпатиков дял***

---

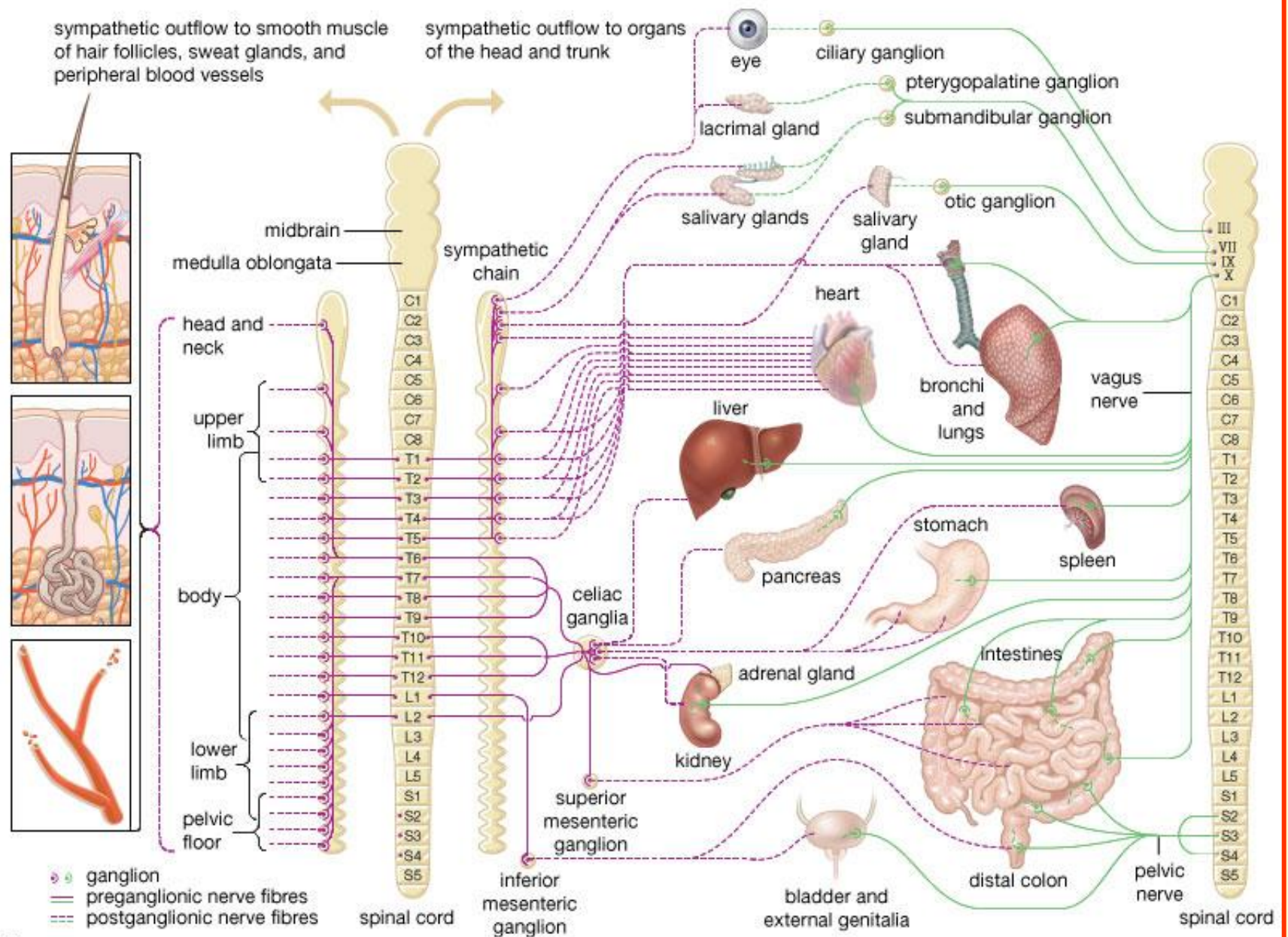
- Преганглийните неврони са разположени в страничните рога на гр. мозък на ниво Th1-L2. Те отделят Ацетилхолин, който се свързва с N-холинорецептори във вегетативните ганглии.
- Постганглийните неврони отделят Норадреналин и Адреналин, които се свързват с адренорецептори ( $\alpha_1$  и  $\alpha_2$ ;  $\beta_1$  и  $\beta_2$ ), разположени във вътрешните ни органи.

## Sympathetic nervous system

## Parasympathetic nervous system

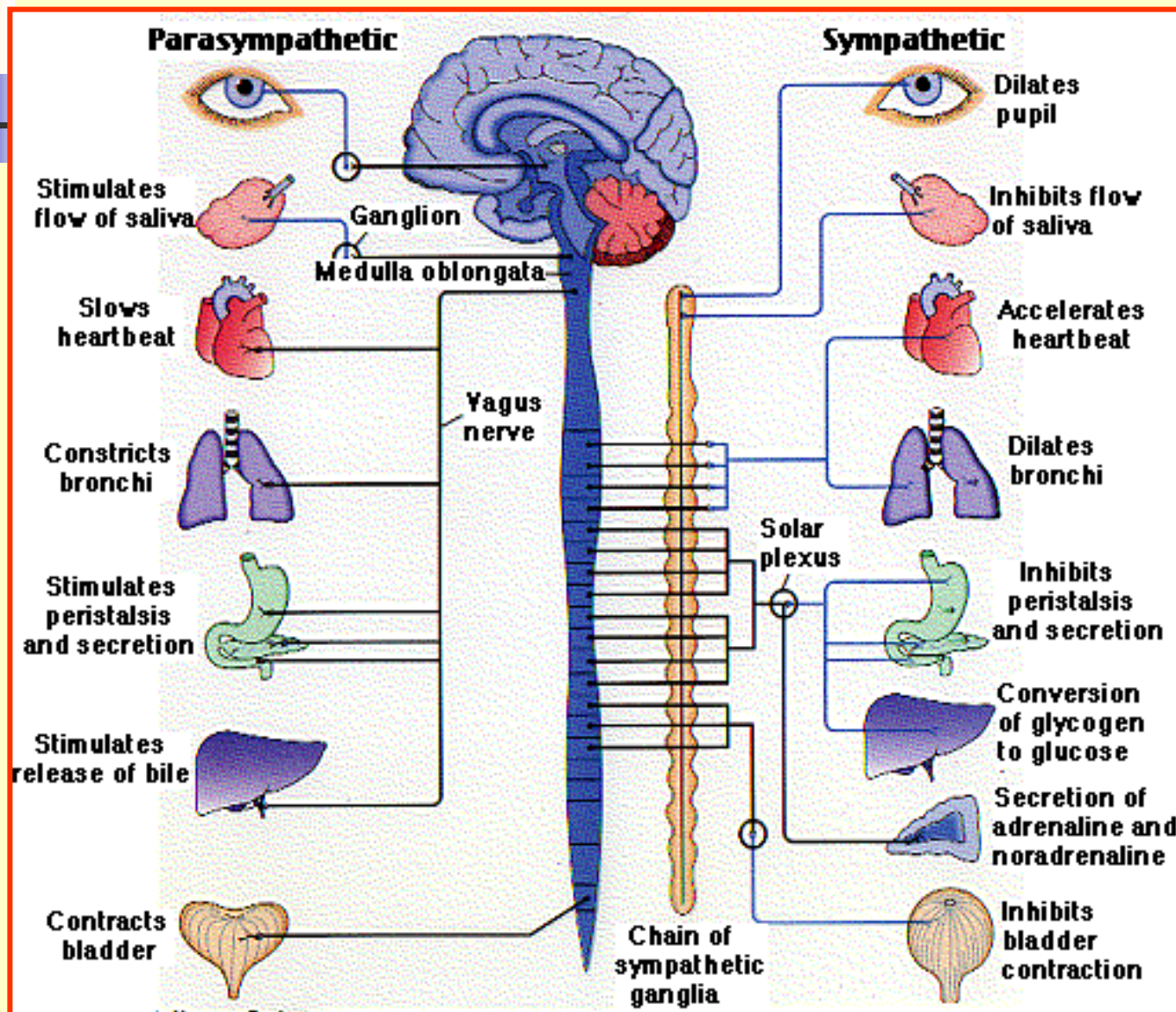
sympathetic outflow to smooth muscle of hair follicles, sweat glands, and peripheral blood vessels

sympathetic outflow to organs of the head and trunk





# Ефектите на ВНС върху органите, зависят от типа на холинорецептора или адренорецептора в органа.



# “Алармен” или “стрес” отговор на симпатиковата нервна система

---

1. Повишено артериално налягане
2. Повишен кръвен поток към активните мускули и понижен кръвен поток в спланхниковата област ГИТ и бъбреци, където не е необходима повишена моторна активност
3. Повишено ниво на клетъчния метаболизъм
4. Повишена плазмена концентрация на глюкозата
5. Повишена гликолиза в черен дроб и мускули
6. Повишена сила на мускулните съкращения
7. Повишена умствена активност
8. Повишена активност на коагулаторната система