



**МЕДИЦИНСКИ УНИВЕРСИТЕТ – ПЛОВДИВ**  
**ФАКУЛТЕТ ПО МЕДИЦИНА**  
**ЦЕНТЪР ЗА ДИСТАНЦИОННО ОБУЧЕНИЕ**

**Лекция №4**

***Скелетни  
мускули***



**Доц. д-р Боряна Русева, д.м.**  
**Сектор "Физиология"**  
**МУ-Плевен**

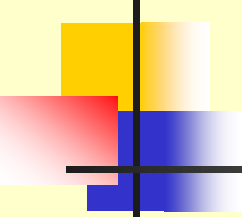


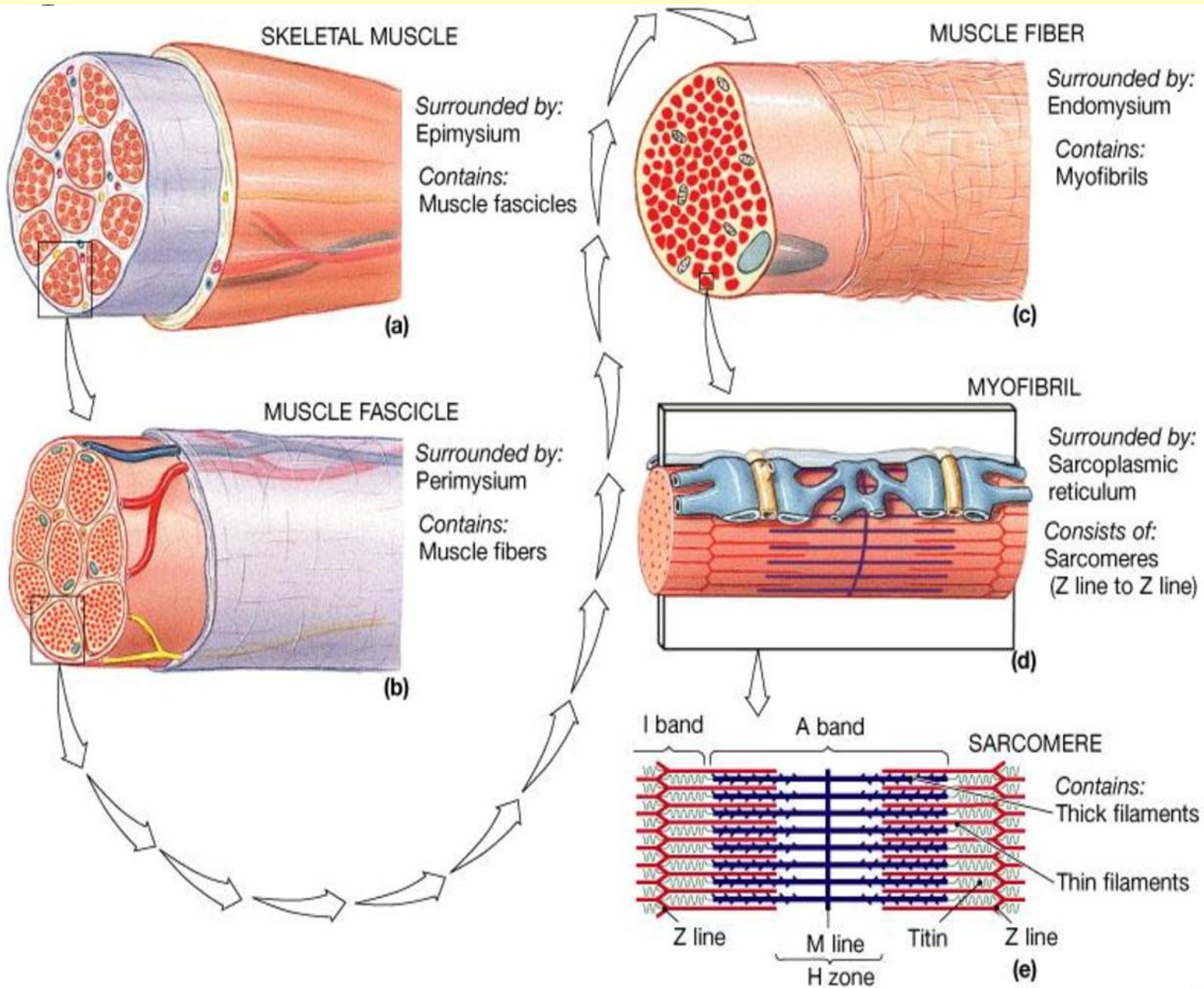
# Функции на скелетните мускули

---

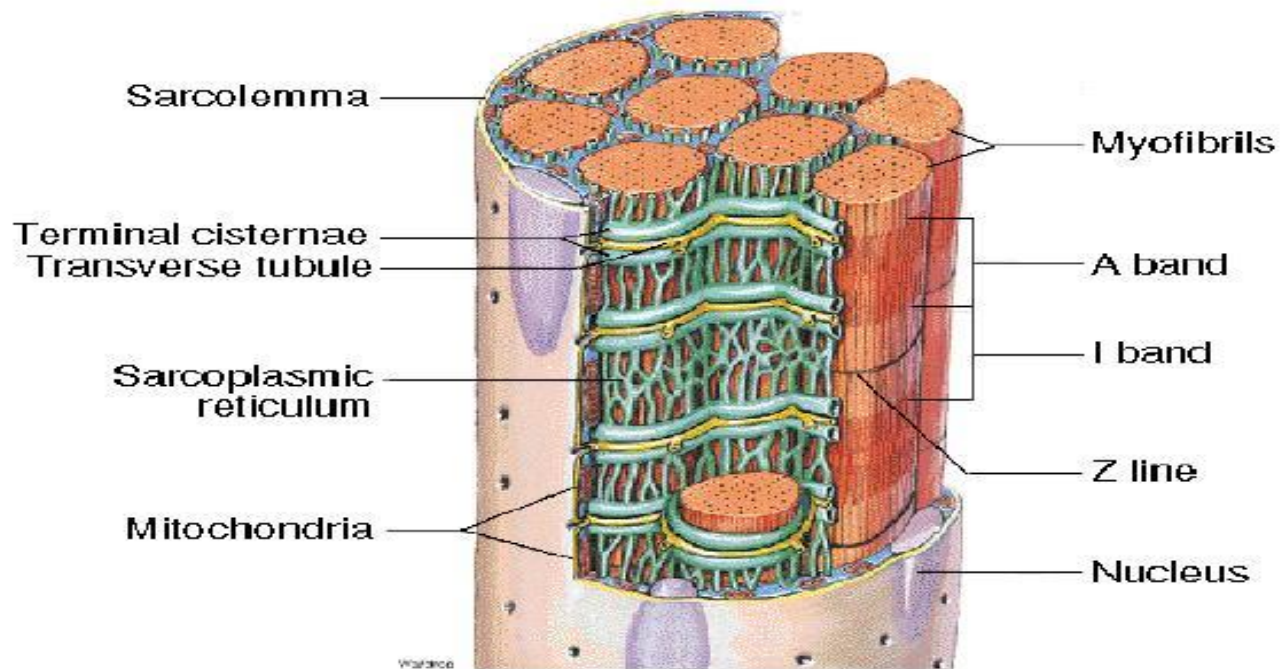
- Придвижване на тялото в пространството
- Поддържане на позата
- Теплопродукция

# Характеристики на скелетните мускули:

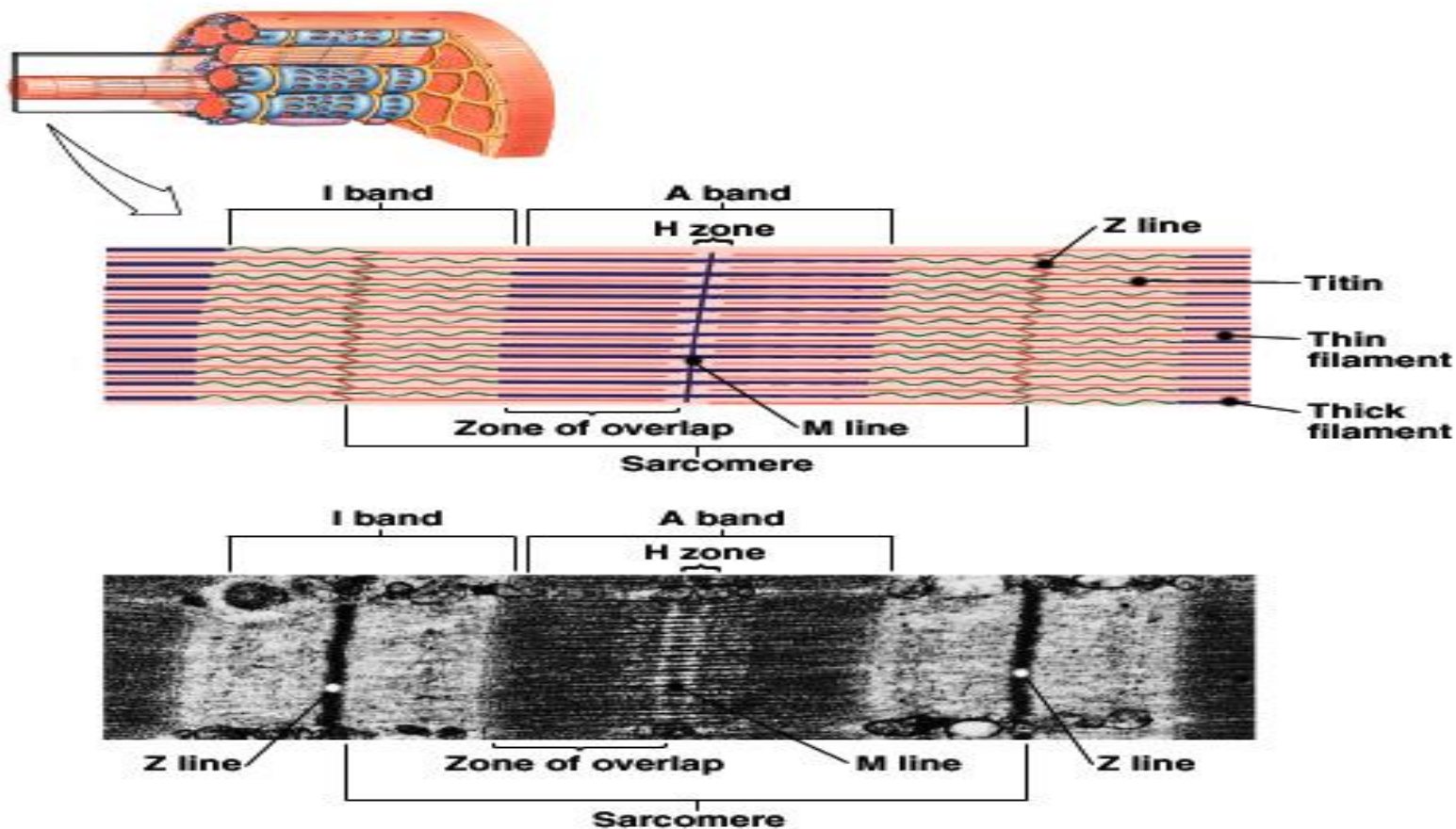
- 
- 
- Волеви – инервират се от соматичната нервна система
  - Физиологични свойства на скелетно-мускулната клетка:
    - възбудимост
    - проводимост
    - съкратимост
  - Физично свойство:
    - еластичност



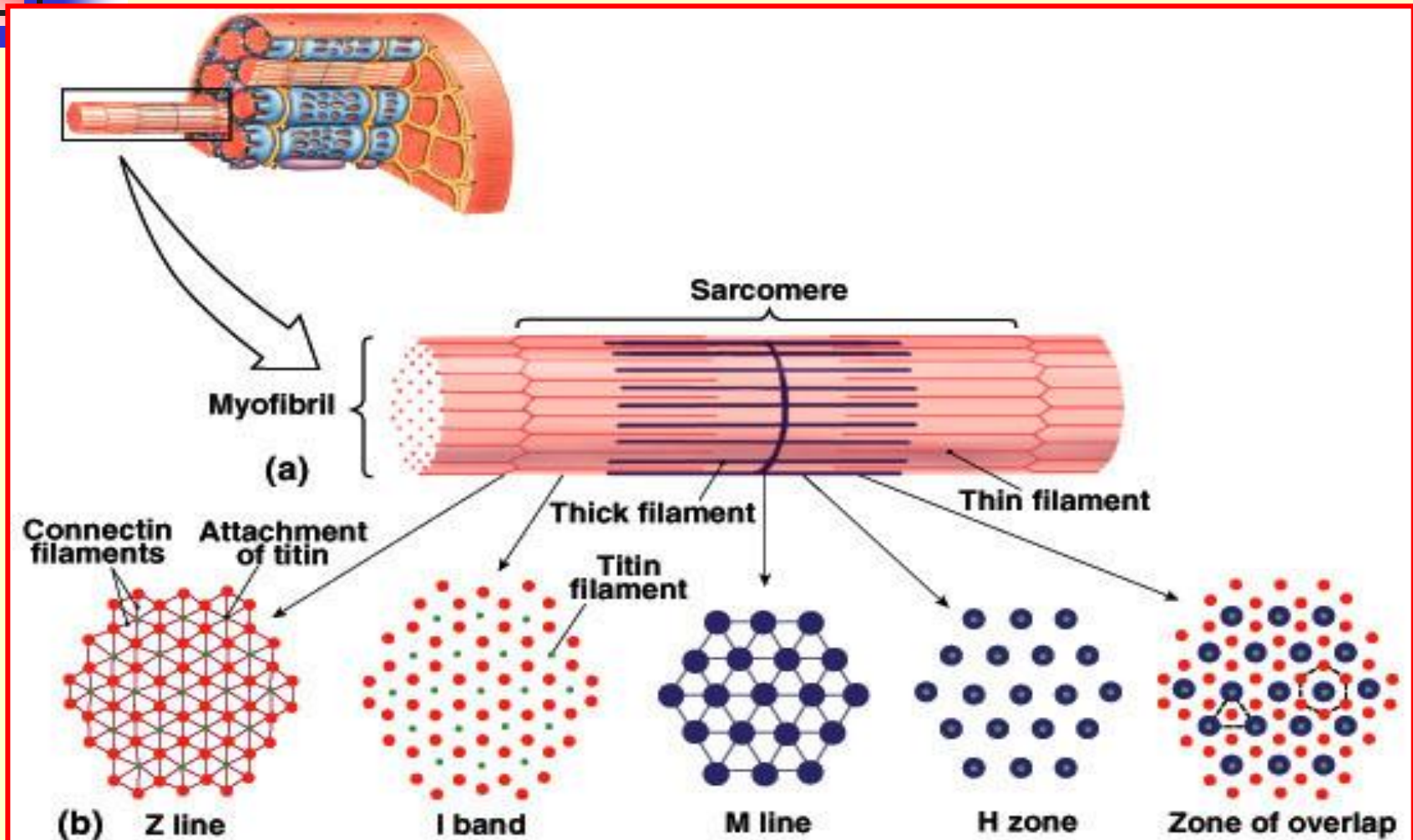
# Структура на скелетно-мускулна клетка



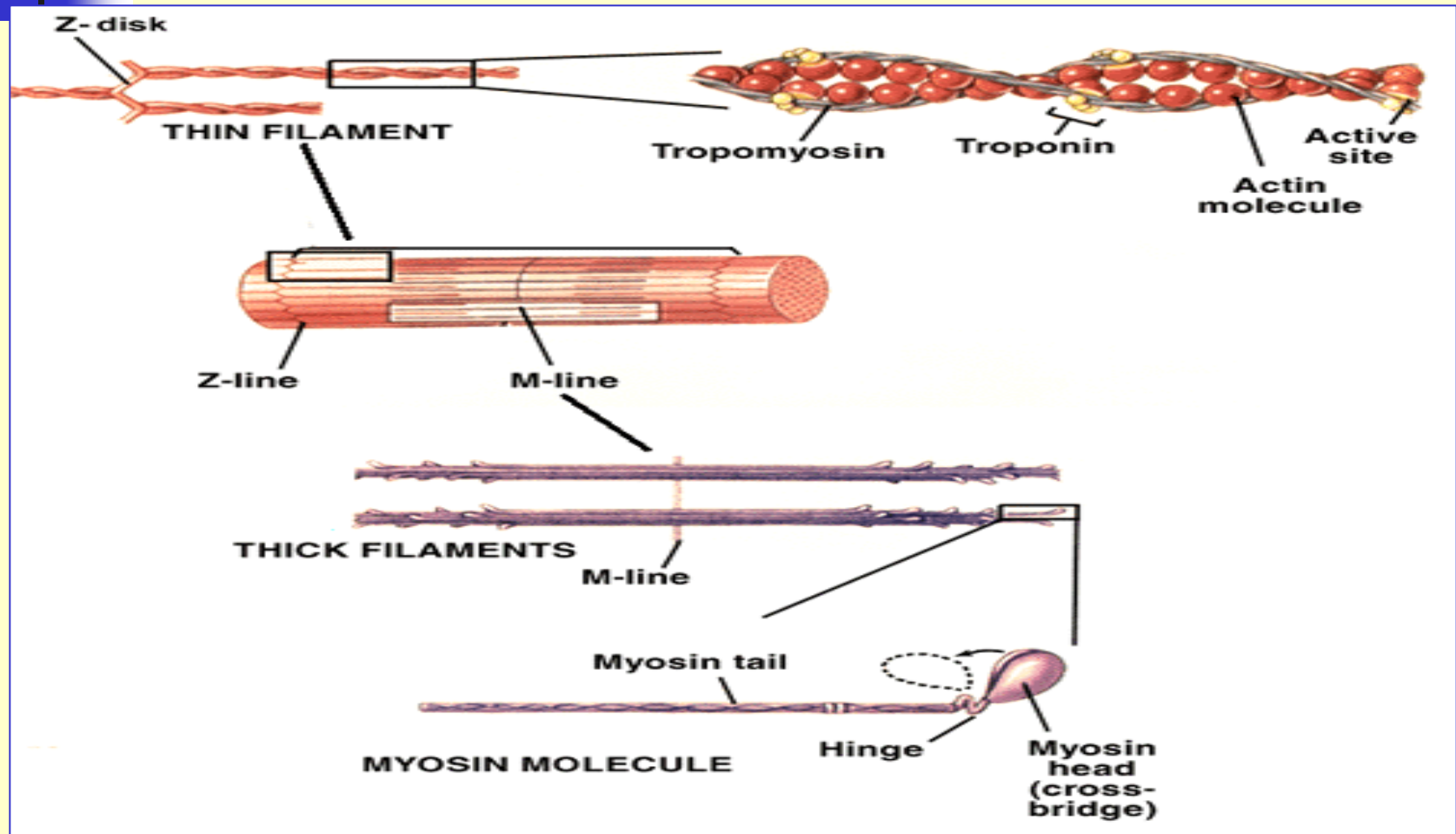
# Напречно-набразден мускул



# Саркомерът е основната структурна и функционална единица



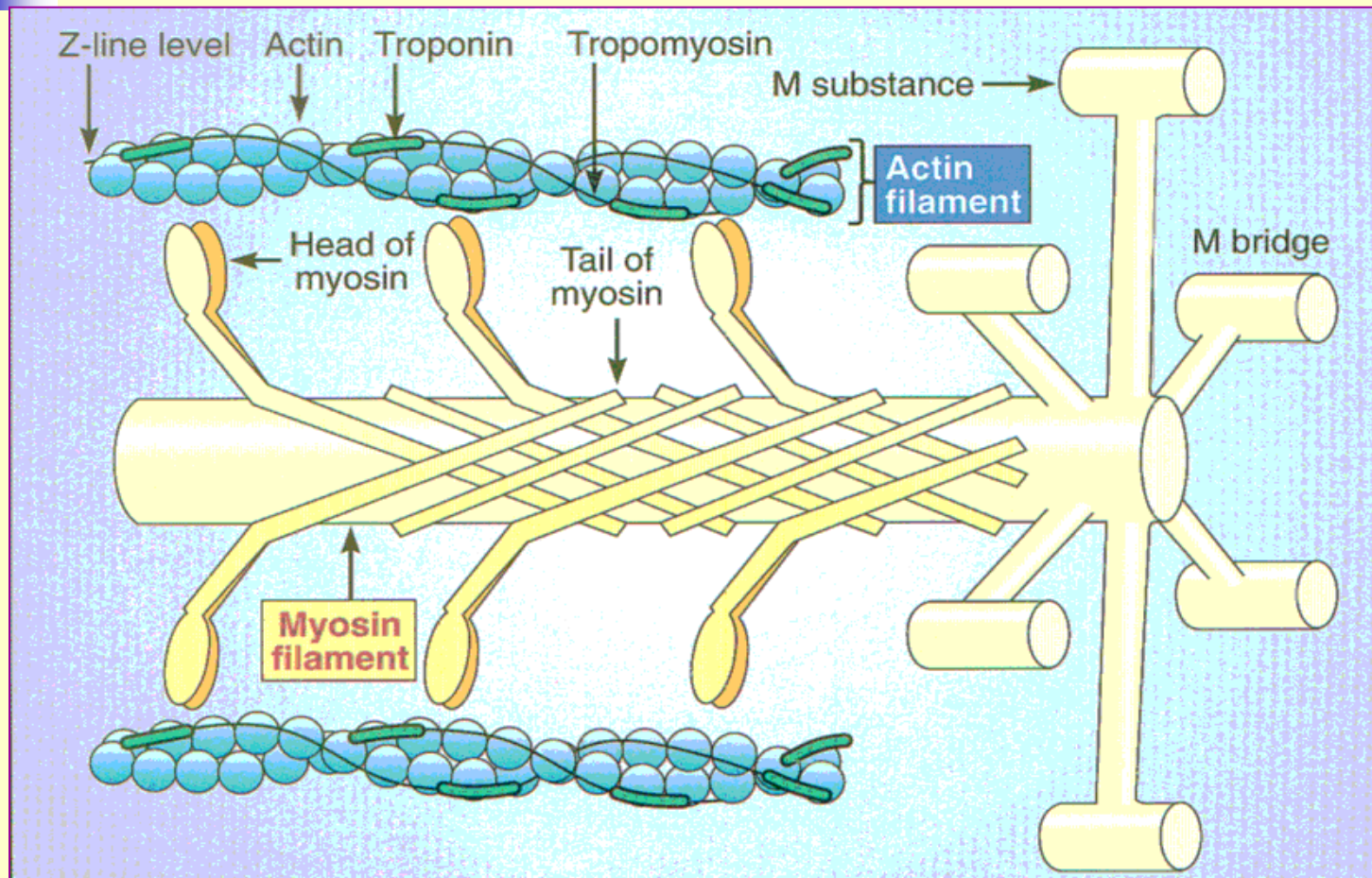
# Миофиламенти: *дебели миозинови* *тънки актинови*





# Миофиламенти:

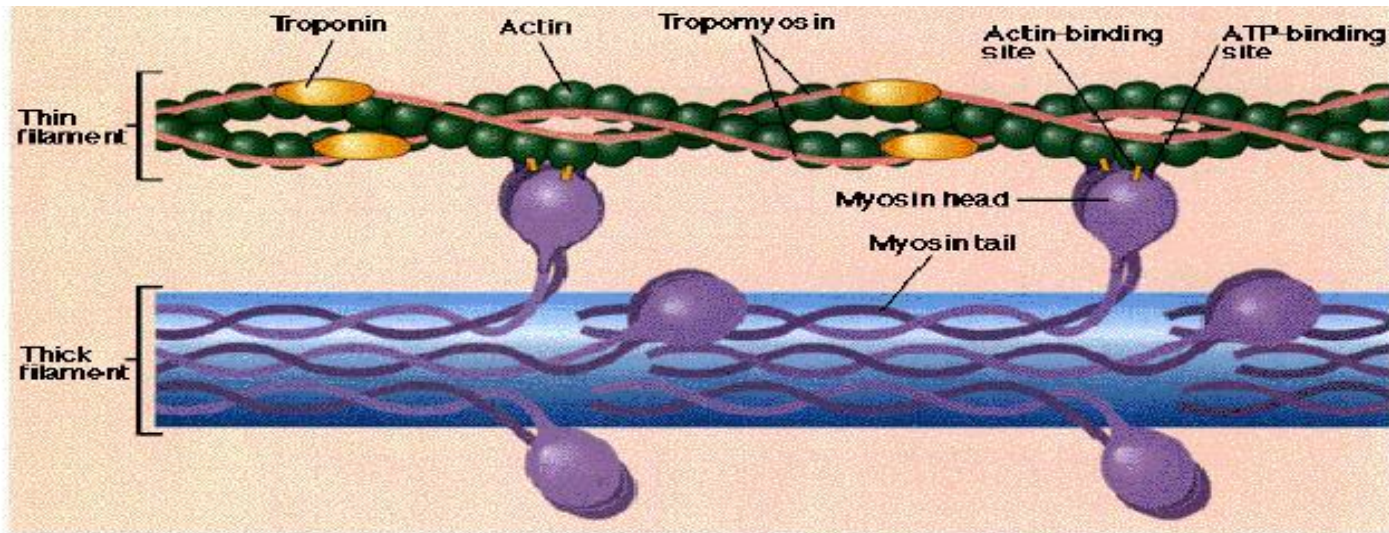
*дебели МИОЗИНОВИ*  
*ТЪНКИ АКТИНОВИ*



# миофиламенти

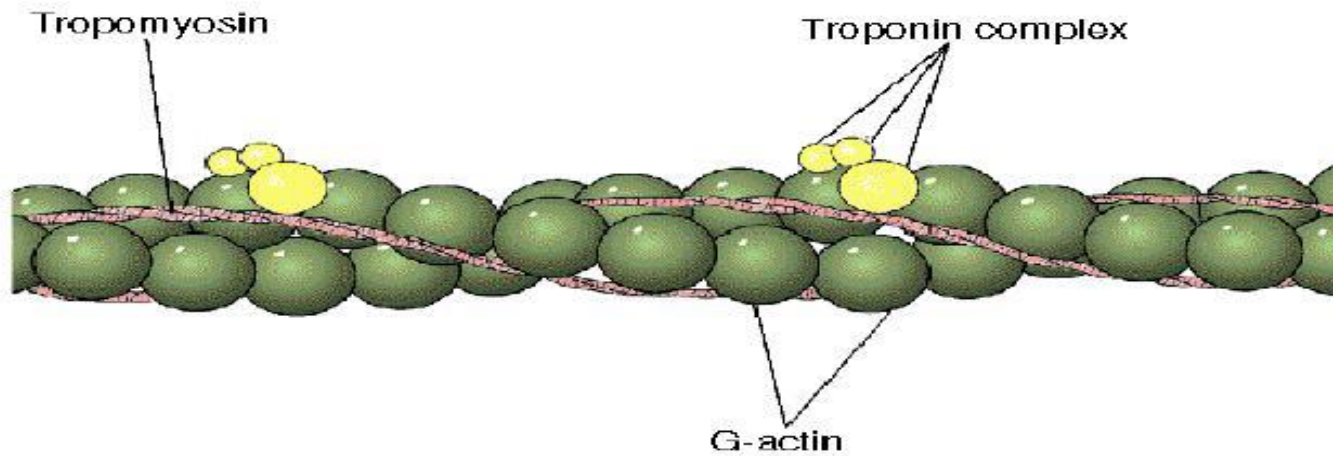
Миозинови- изградени от съкратителния белтък  
МИОЗИН

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



# Тънки миофиламенти

---



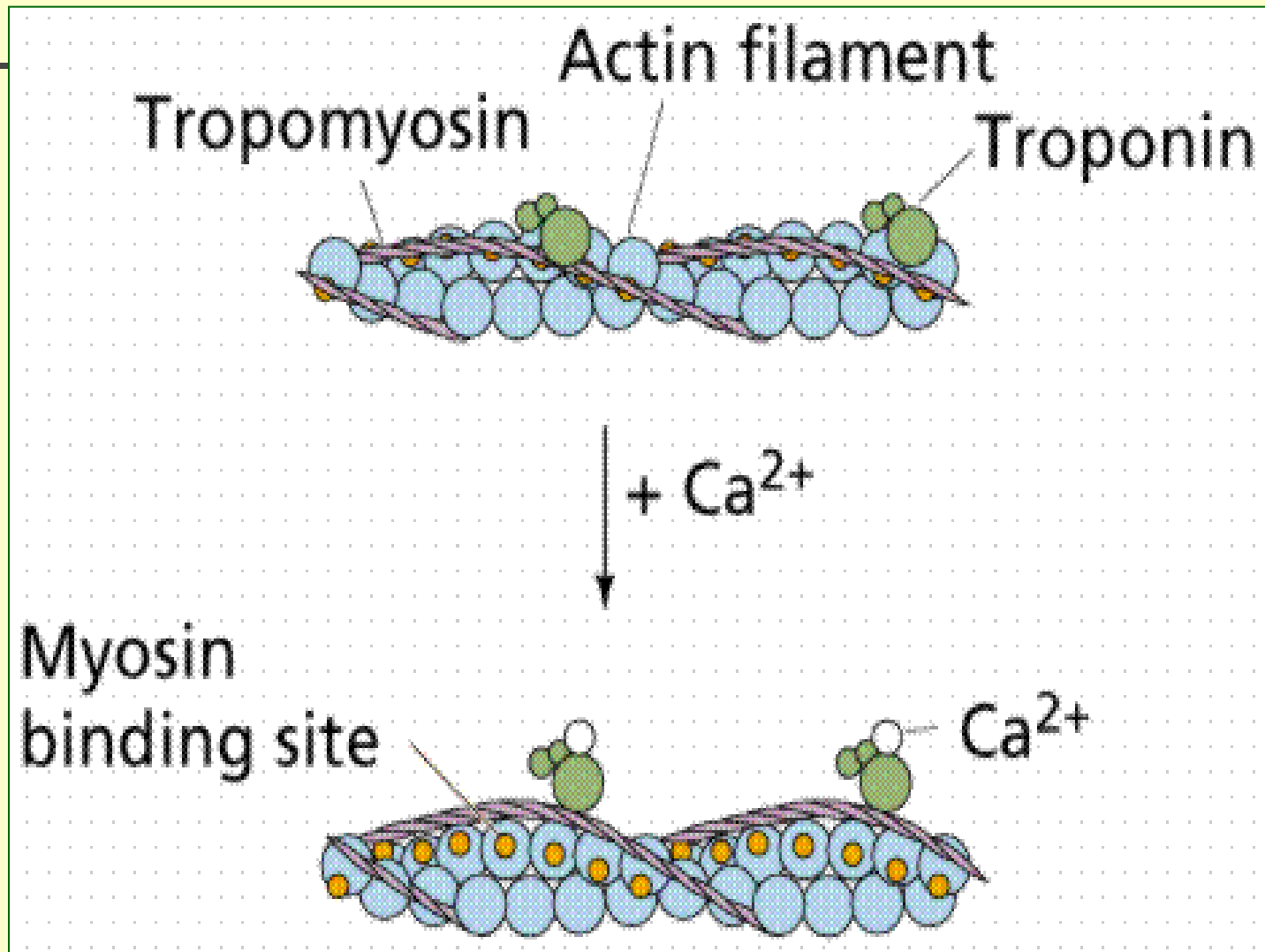
Тропониновата молекула има 3 центъра:

C - за свързване с Ca йони

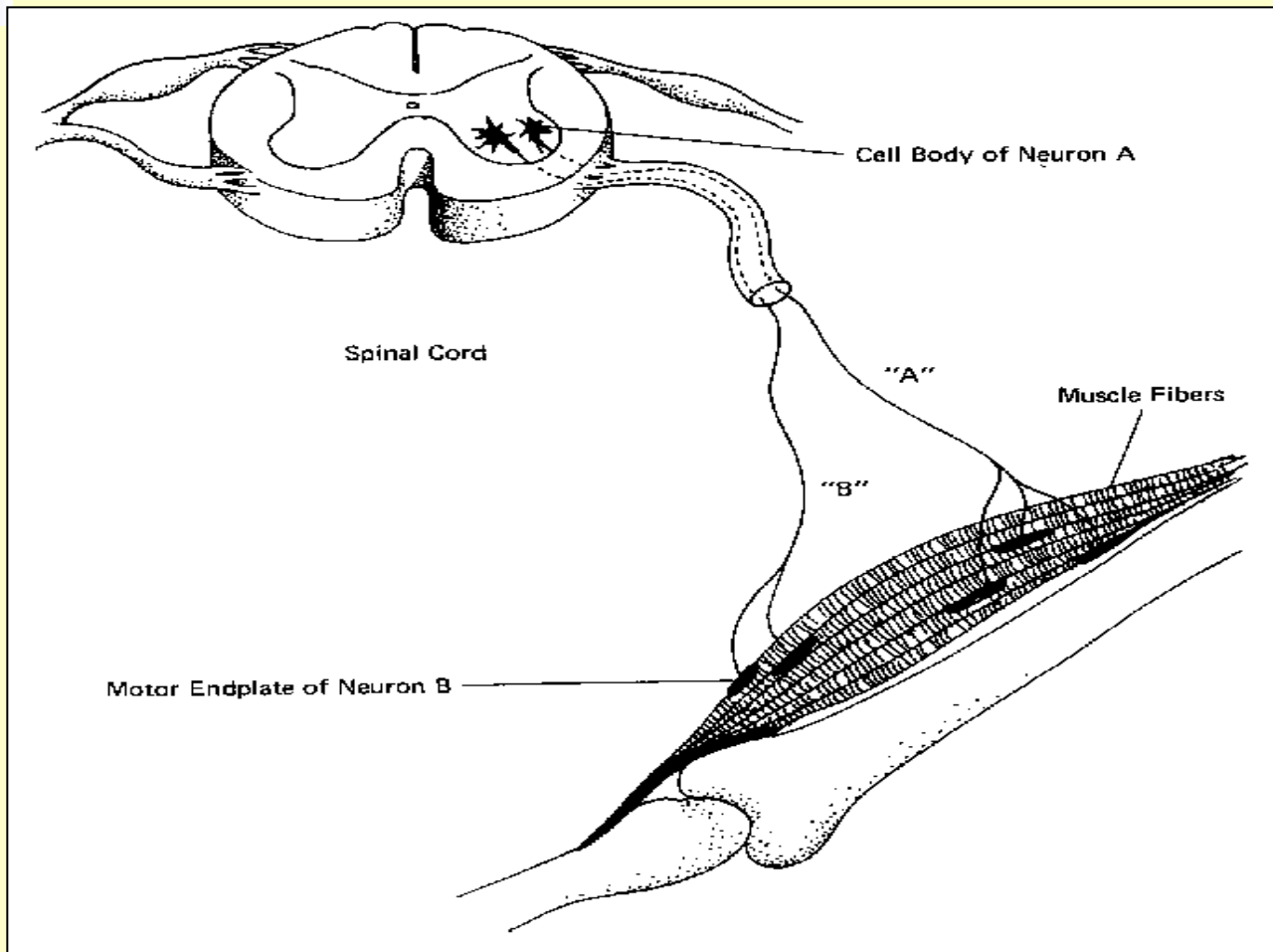
T - за връзка с тропомиозина

I – инхибиторен, закрива активните центрове на актина

# Тънки миофиламенти



# Нервно-мускулен синапс



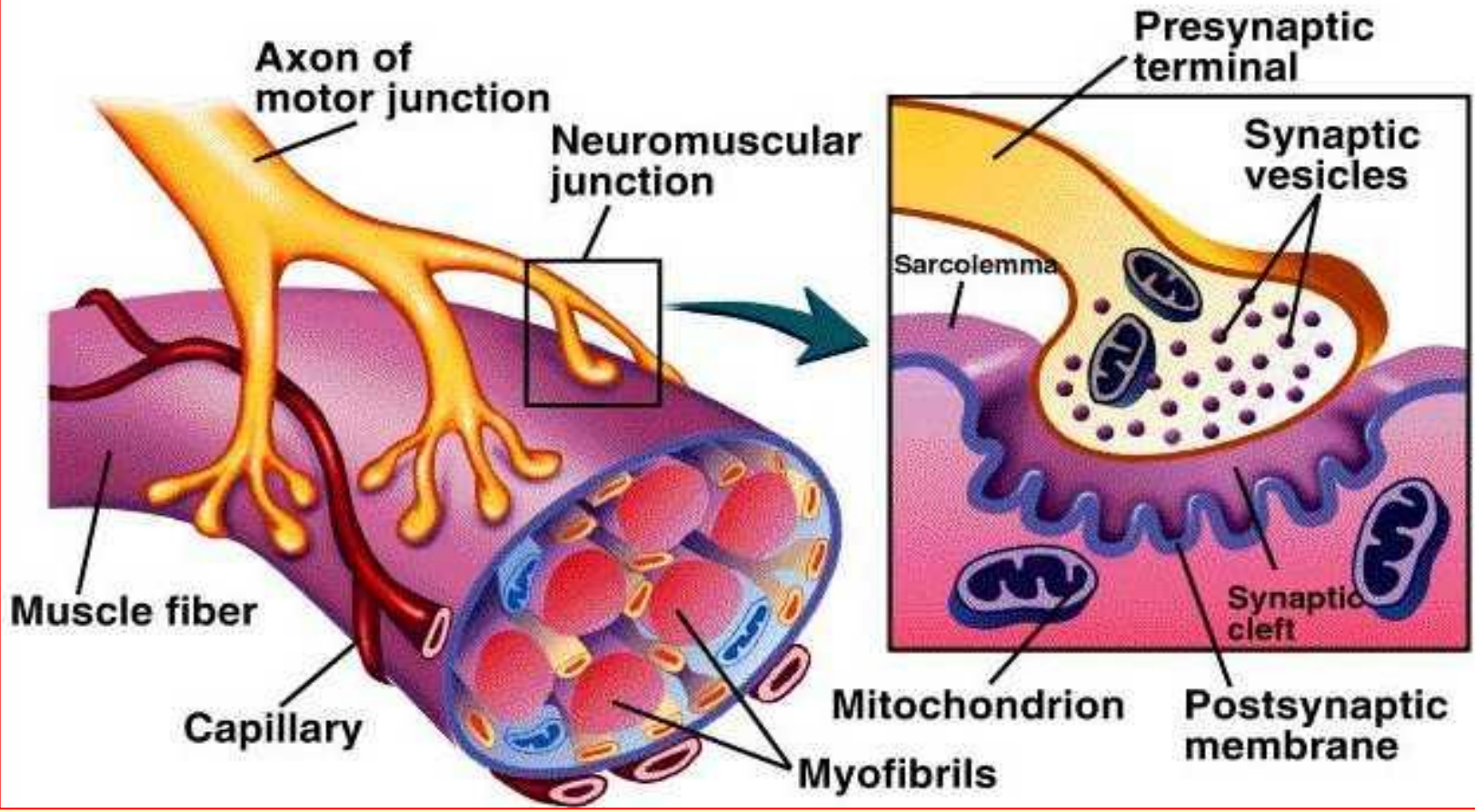
# Нервно-мускулен синапс

невромедиатор – ацетилхолин

рецептори: N – холинорецептори

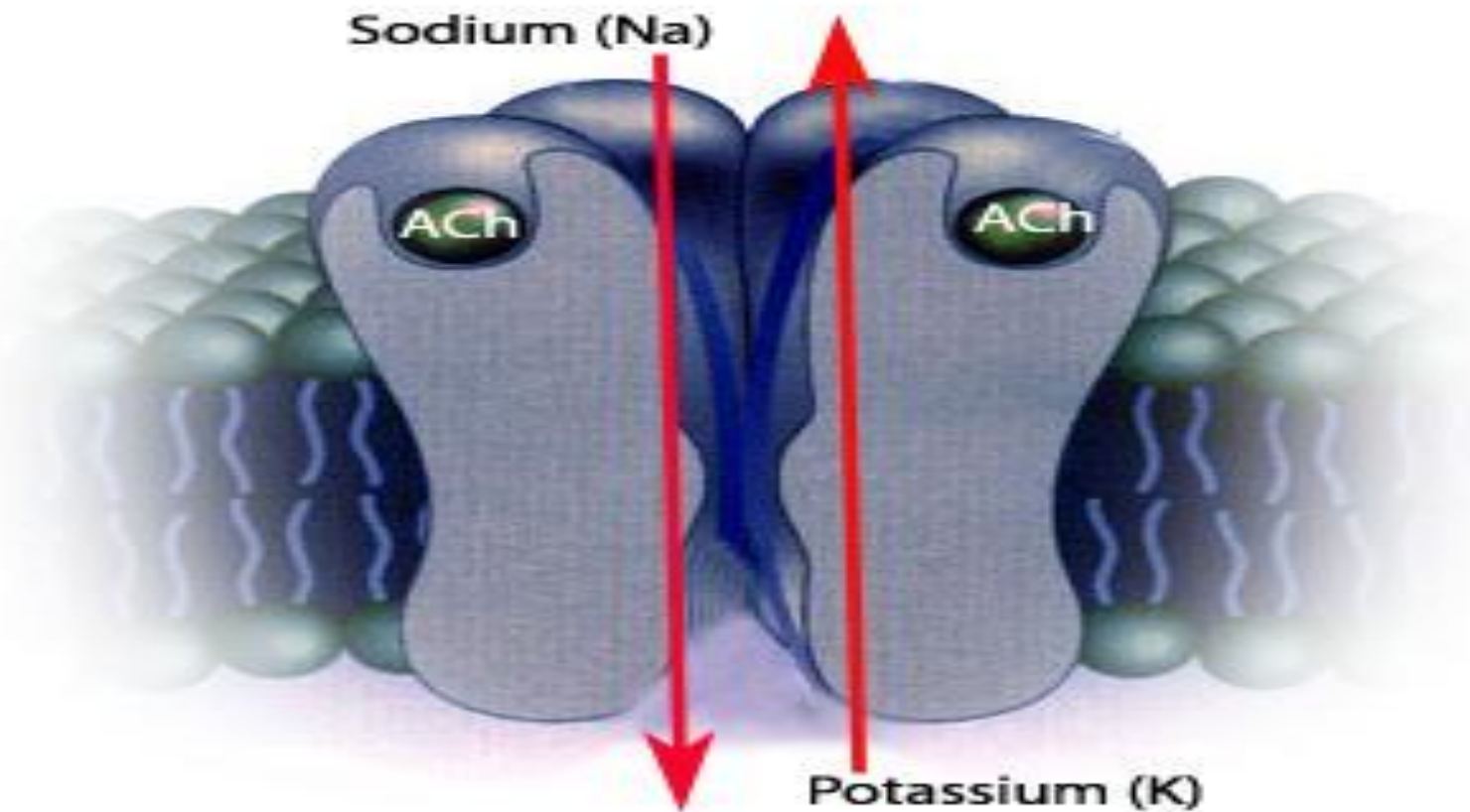
Генерира се възбуден постсинаптичен потенциал

## 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 ВПСР 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

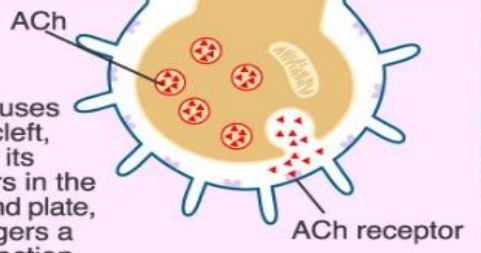
Nerve impulse arrives at axon terminal of motor neuron and triggers release of acetylcholine (ACh).

Nerve impulse

Muscle action potential

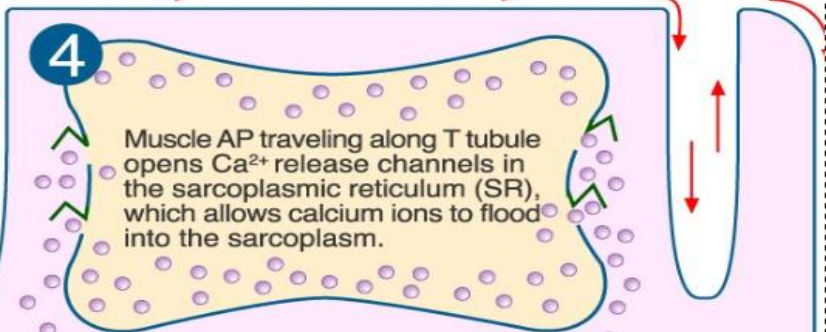
2

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



4

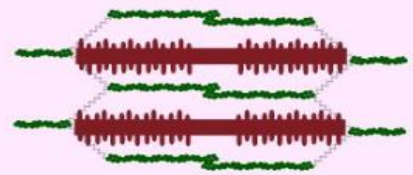
Muscle AP traveling along T tubule opens  $Ca^{2+}$  release channels in the sarcoplasmic reticulum (SR), which allows calcium ions to flood into the sarcoplasm.



3

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

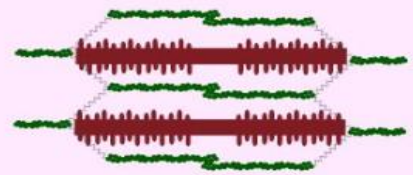
AChE



Elevated  $Ca^{2+}$

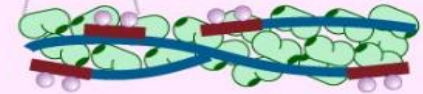
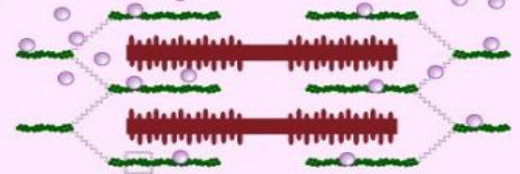
6

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



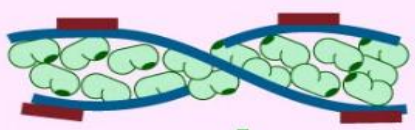
5

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



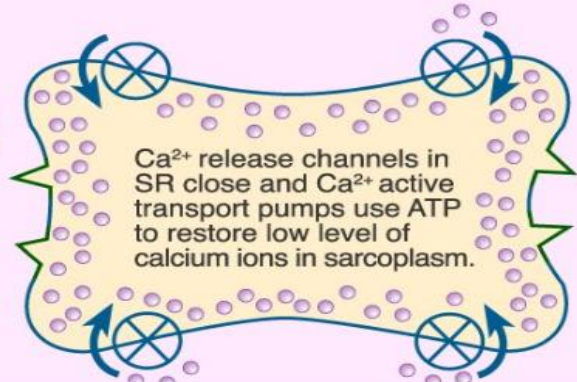
8

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



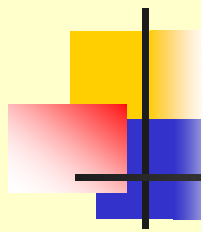
7

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

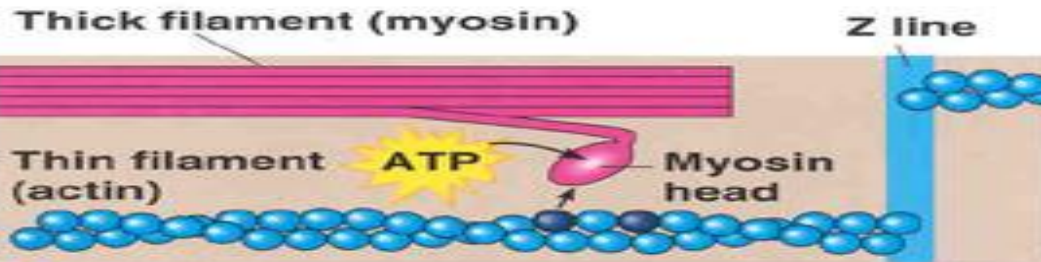


9

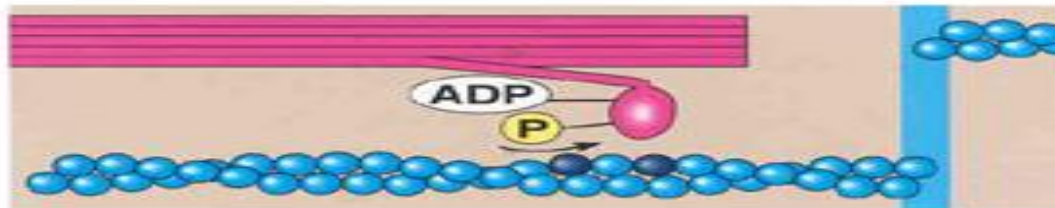
Muscle relaxes.



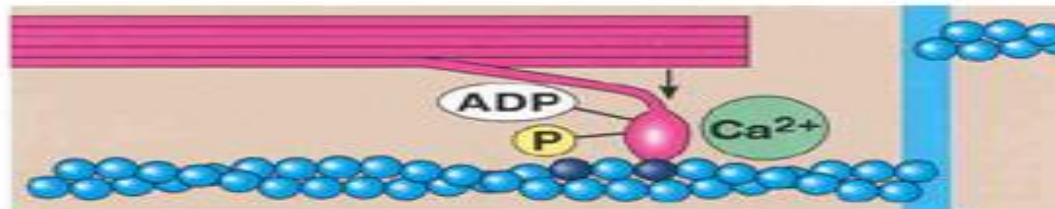
# Мускулно съкращение



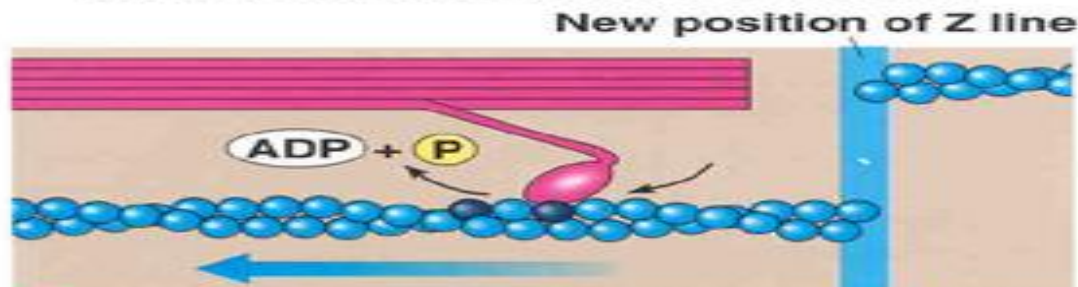
- 1 ATP binds to a myosin head, which is released from an actin filament.



- 2 Hydrolysis of ATP cocks the myosin head.

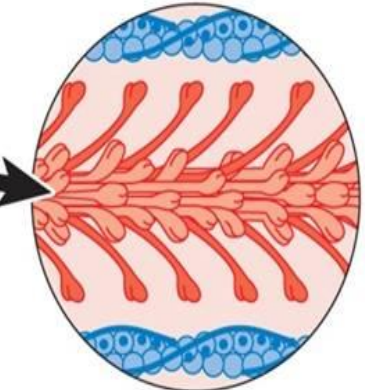
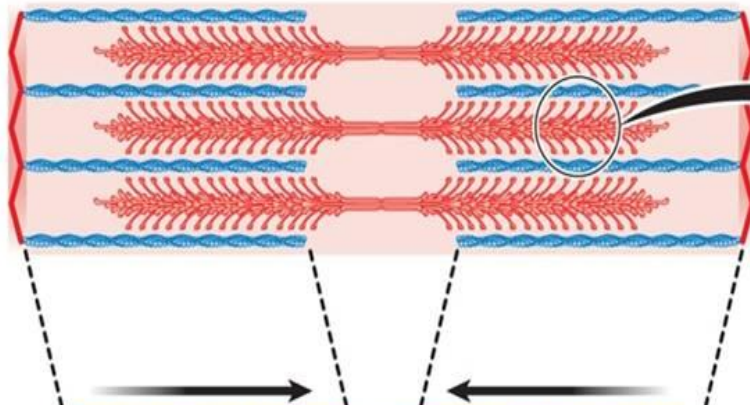


- 3 The myosin head attaches to an actin binding site, with the help of calcium.

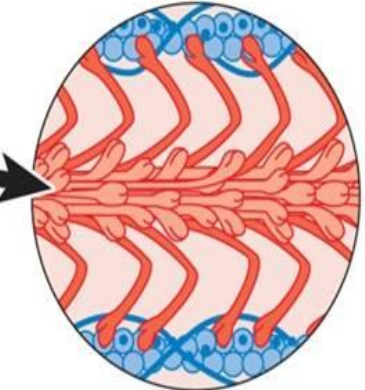
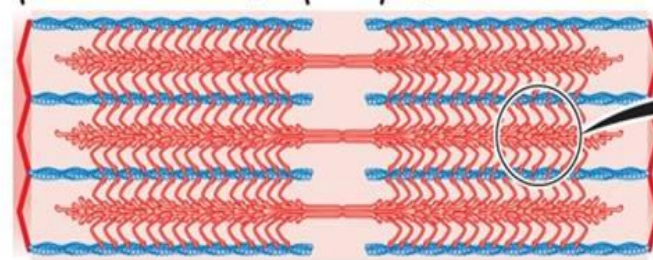


- 4 The power stroke slides the actin (thin) filament.

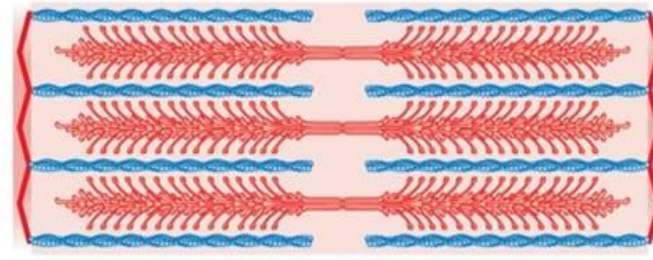
**A** Muscle relaxed—no contact between actin and myosin



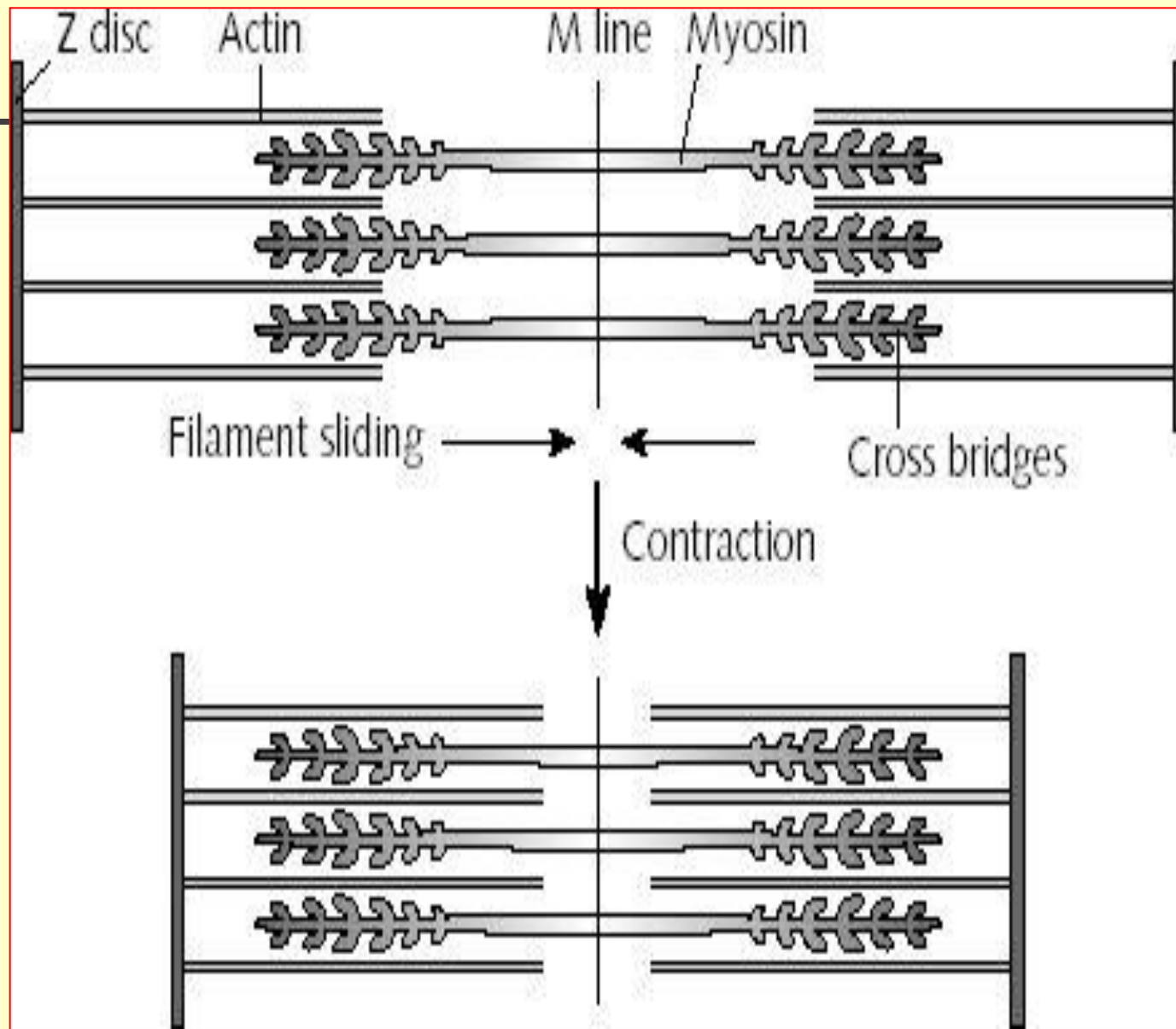
**B** Cross-bridges form, actin filaments move closer together



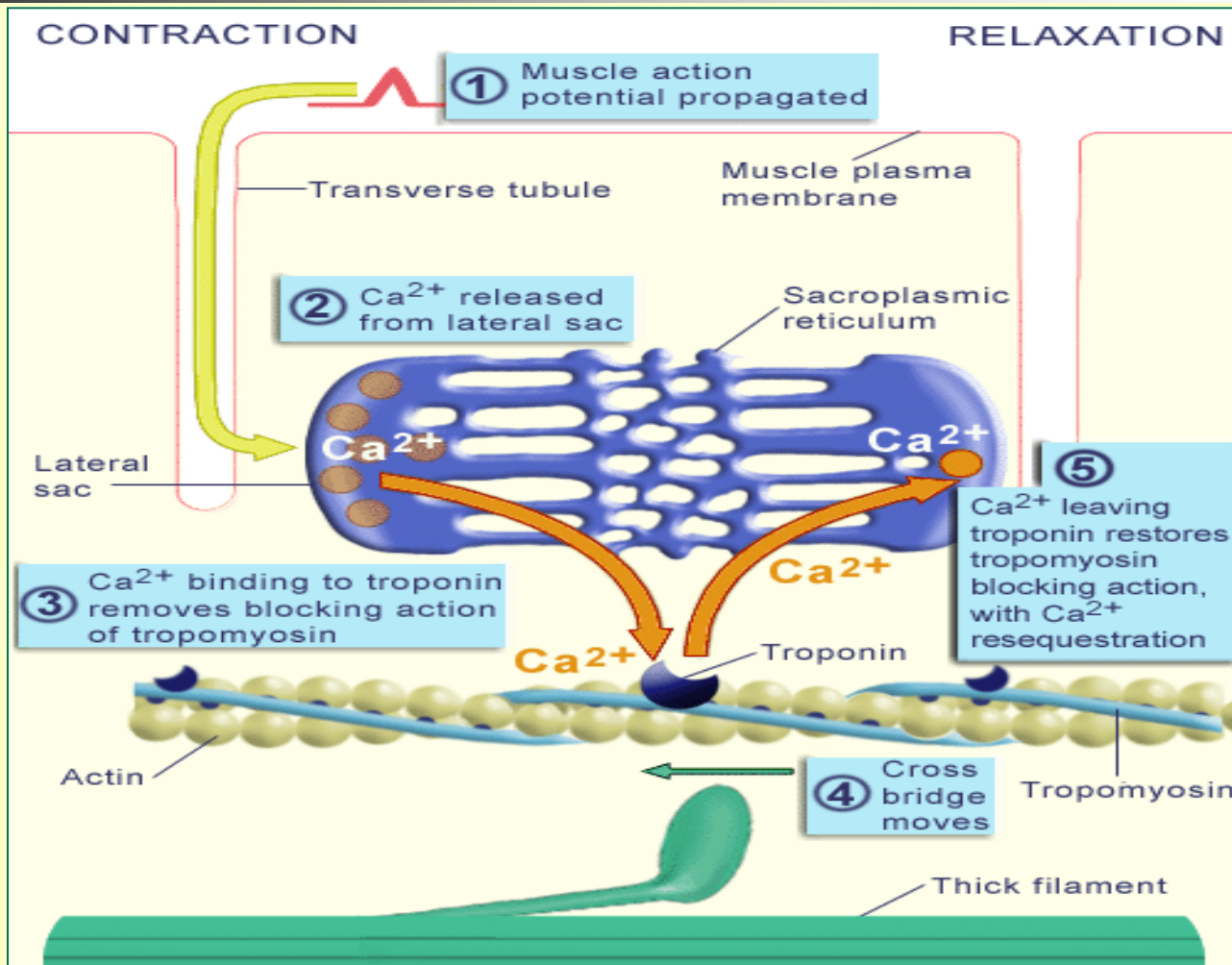
**C** Cross-bridges return to normal position, attach to new sites



# Мускулно съкращение

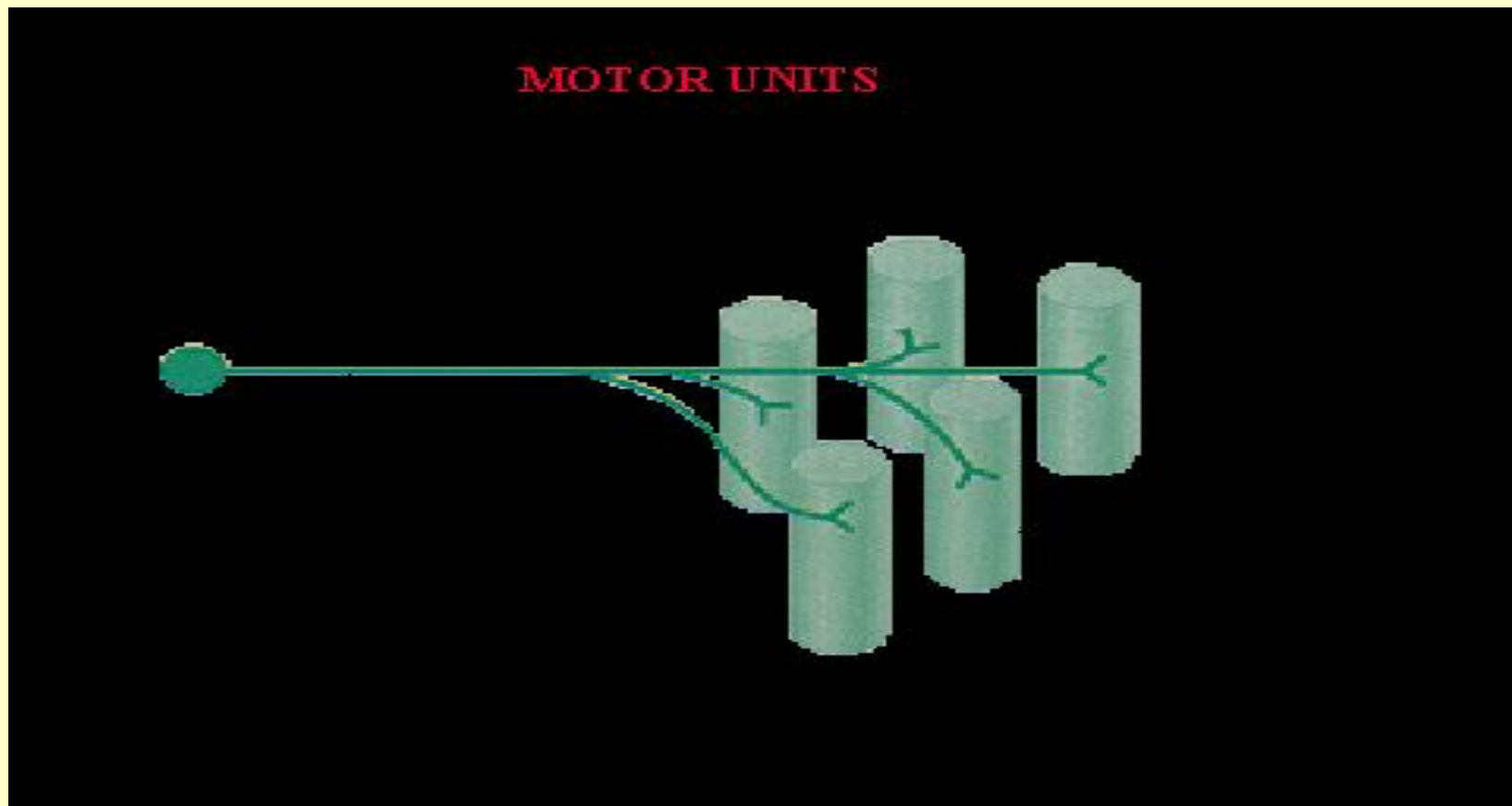


# съкращение - отпускане



**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.

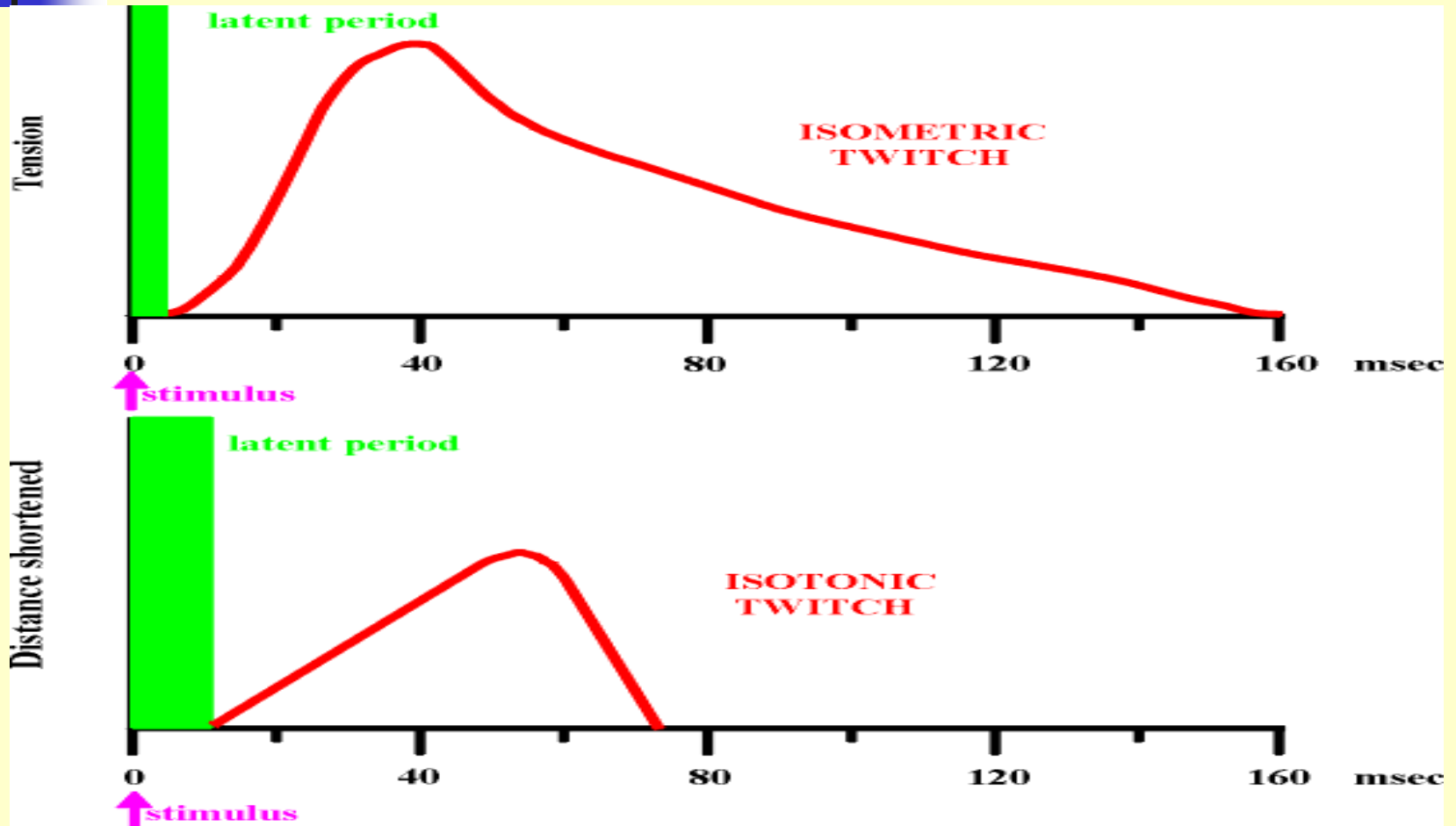


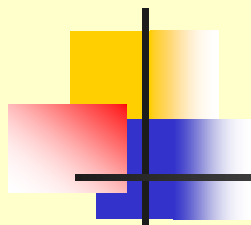


# □ Видове мускулни съкращения:

\* *изометрични и изотонични*

\* *единични и тетанични*

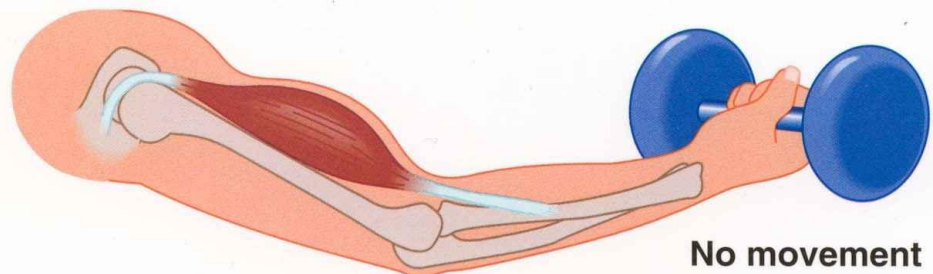




# Видове мускулни съкращения

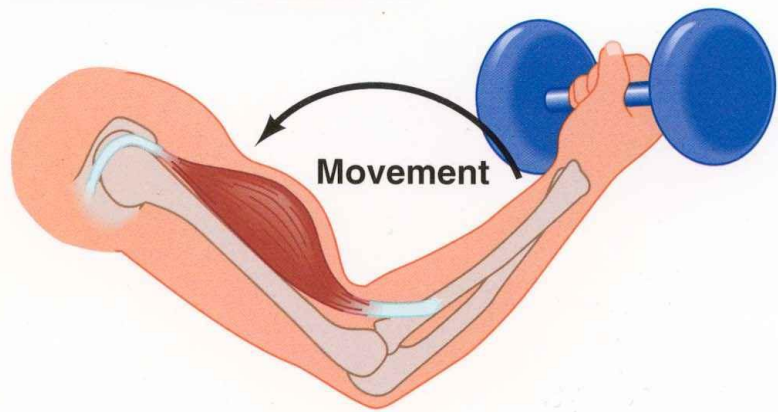
## Isometric contraction

Muscle contracts but does not shorten



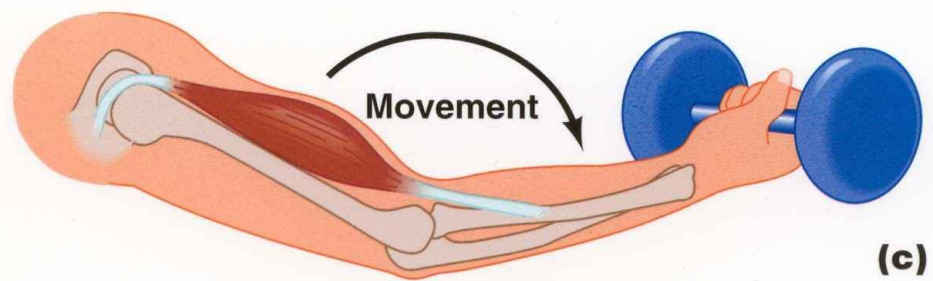
(a)

## Concentric contraction



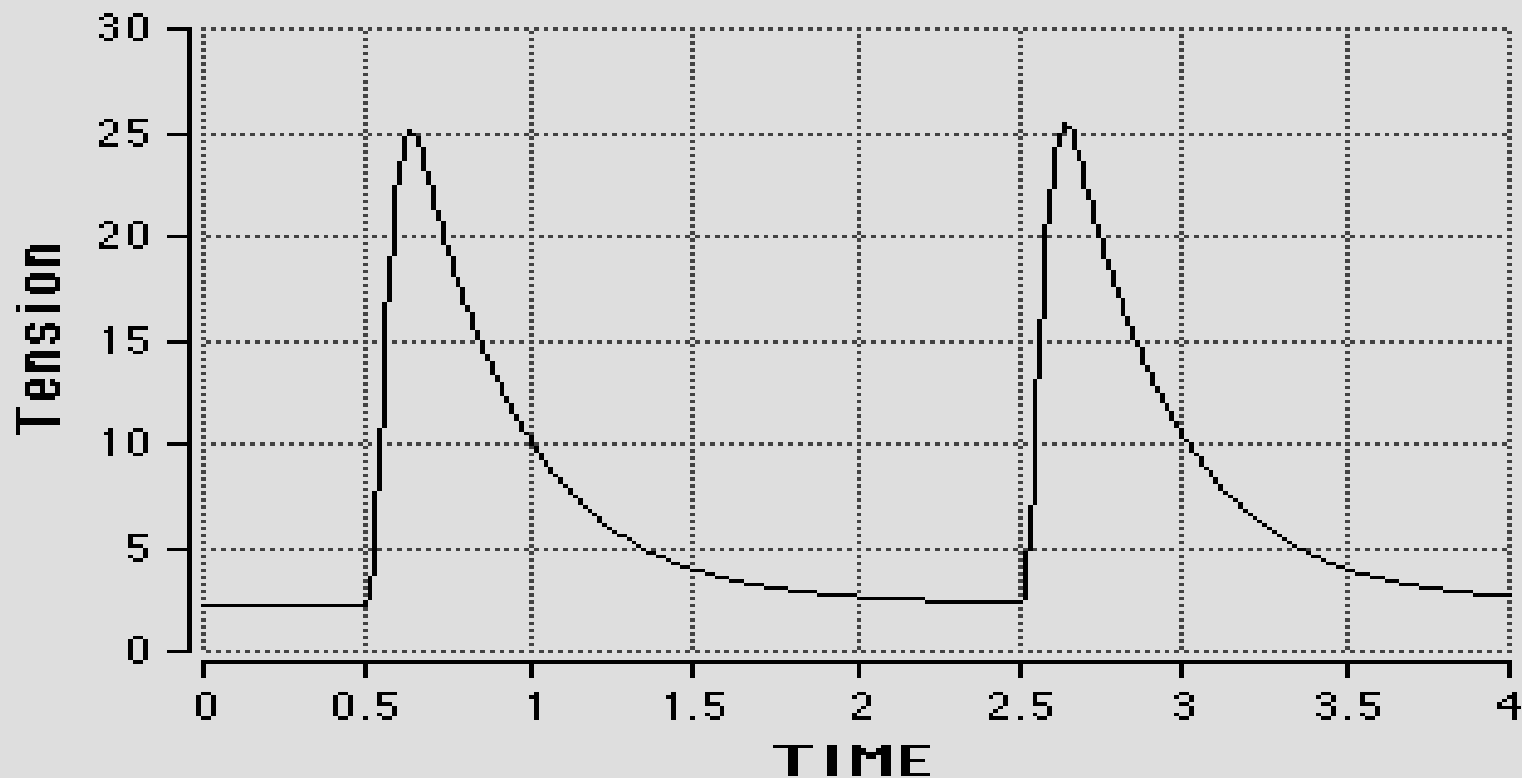
(b)

## Eccentric contraction

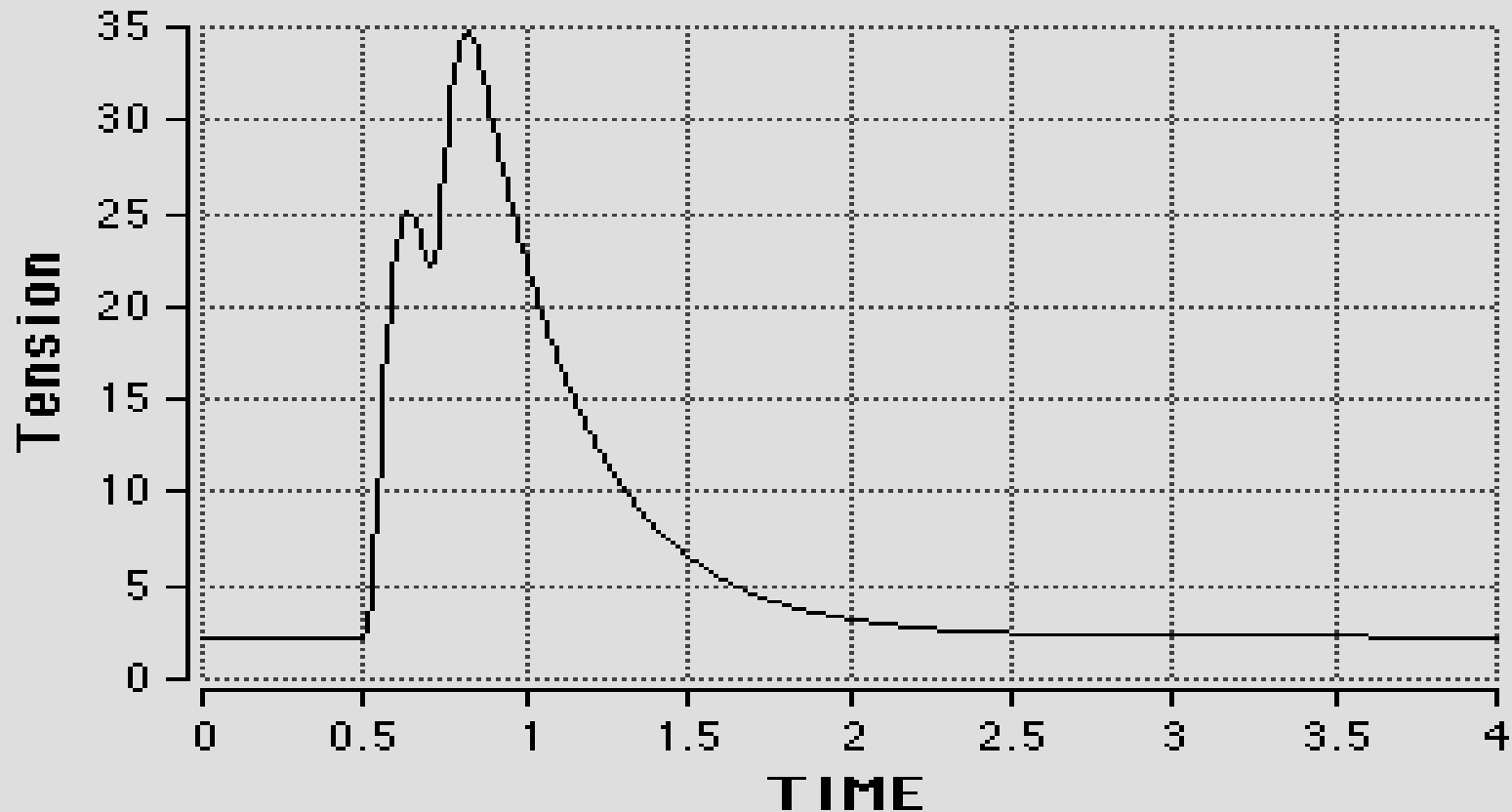


(c)

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

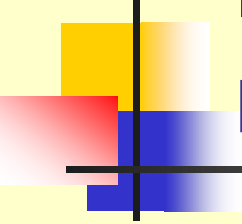


Сумирани съкращения – непълен тетанус,  
когато всеки следващ импулс заварва  
мускула в период на отпускане.



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





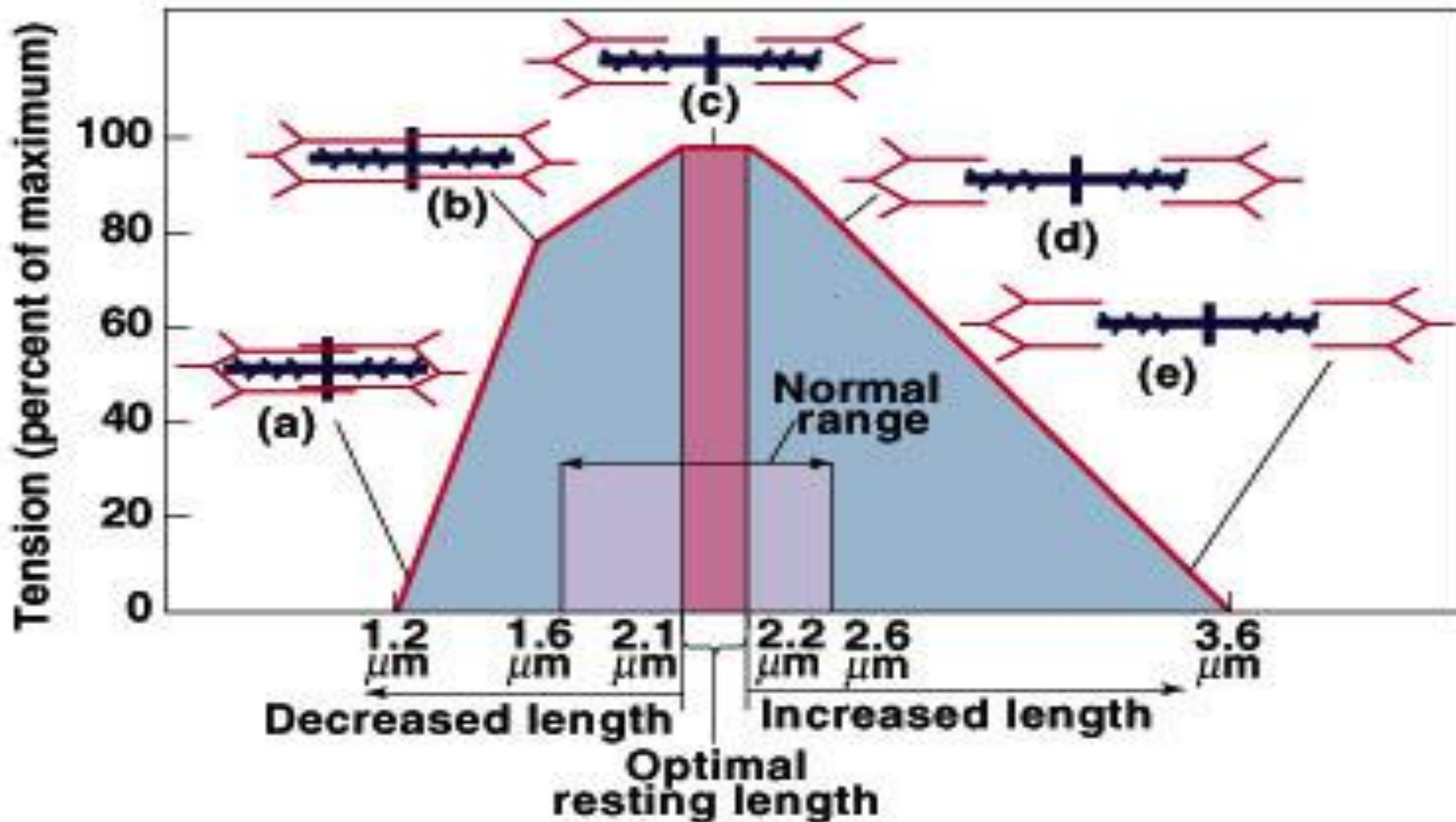
# Механизми за регулиране силата на мускулното съкращение

---

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

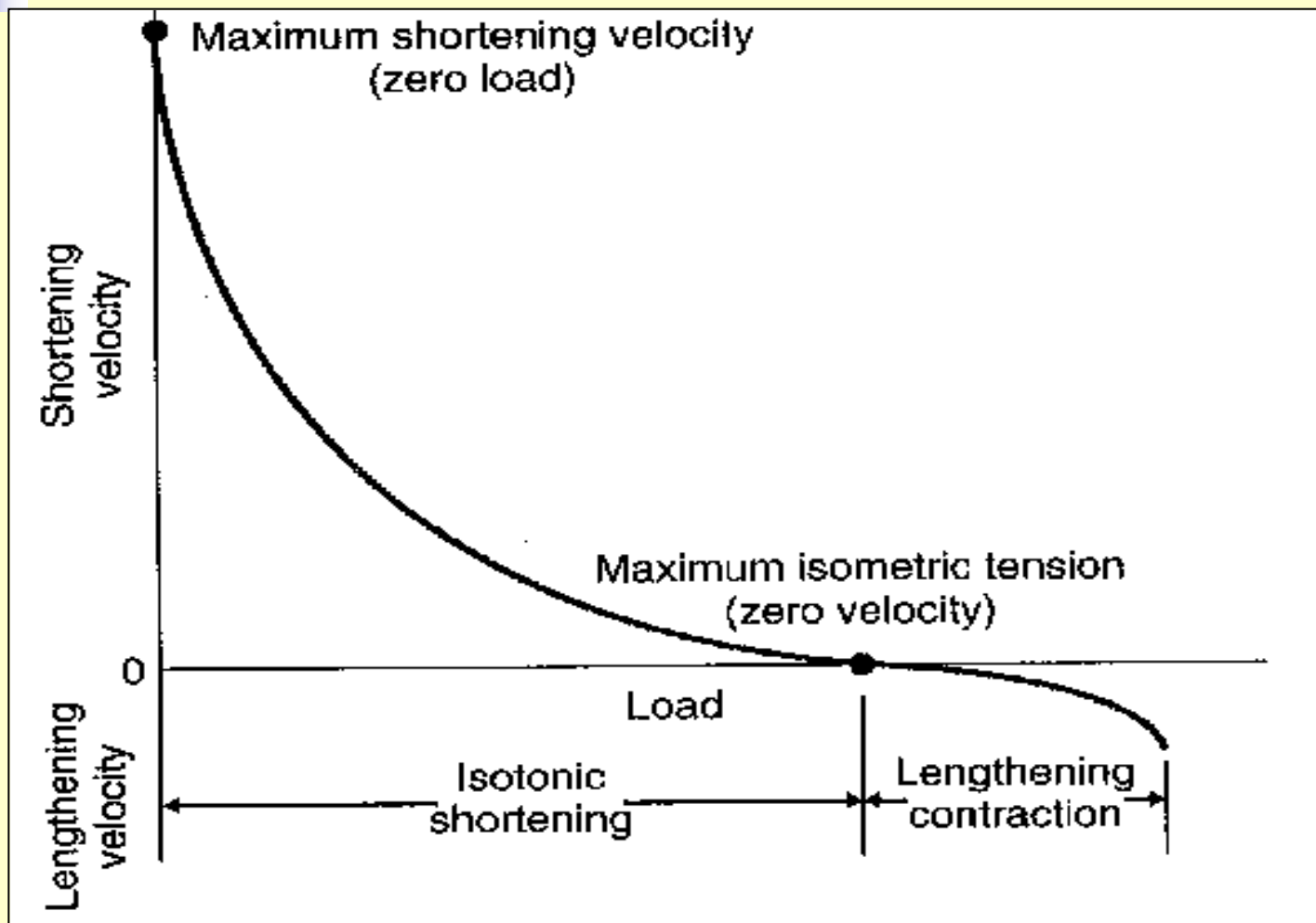
# Зависимост дължина – напрежение

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



# Зависимост между дължина, напрежение и скорост на съкращението

Най-голяма скорост на съксяване при липса на товар; нулева скорост при максимум товар.





***Благодаря за вниманието!***

