



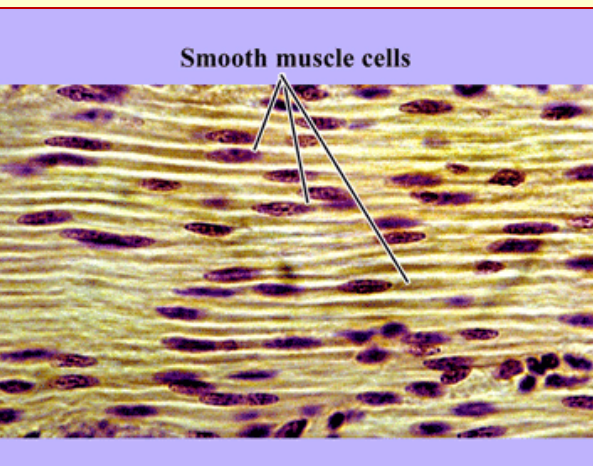
МЕДИЦИНСКИ УНИВЕРСИТЕТ – ПЛОВДИВ

МЕДИЦИНСКИ КОЛЕЖ

ЦЕНТЪР ЗА ДИСТАНЦИОННО ОБУЧЕНИЕ

Лекция №3

Физиология на напречно
набраздените мускули.
Физиологични особености
на гладките мускули.



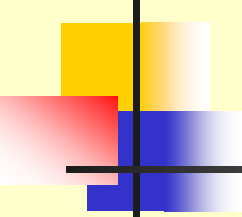
Доц. д-р Боряна Русева, д.м.
Сектор "Физиология"
МУ-Плевен

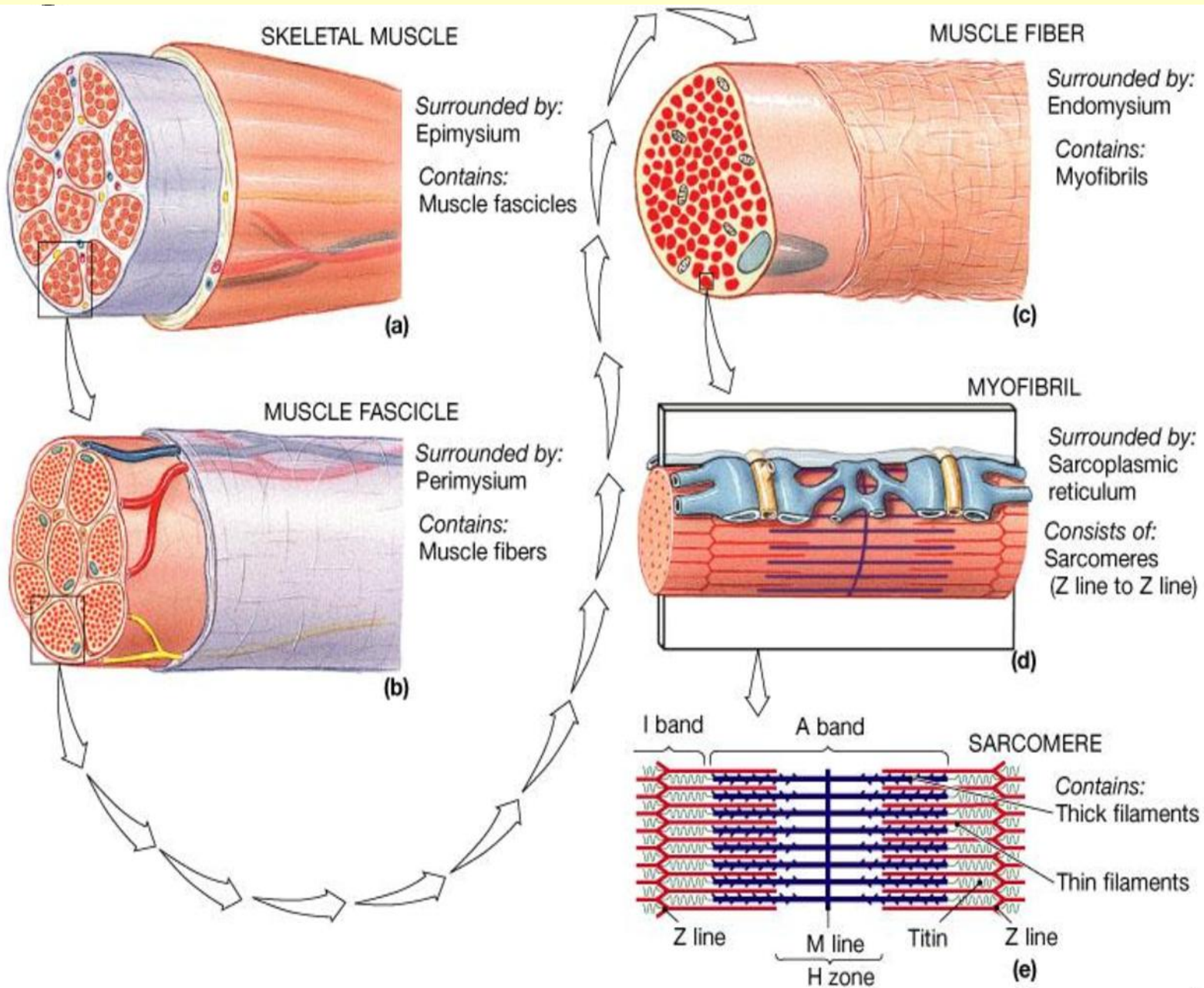


Функции на скелетните мускули

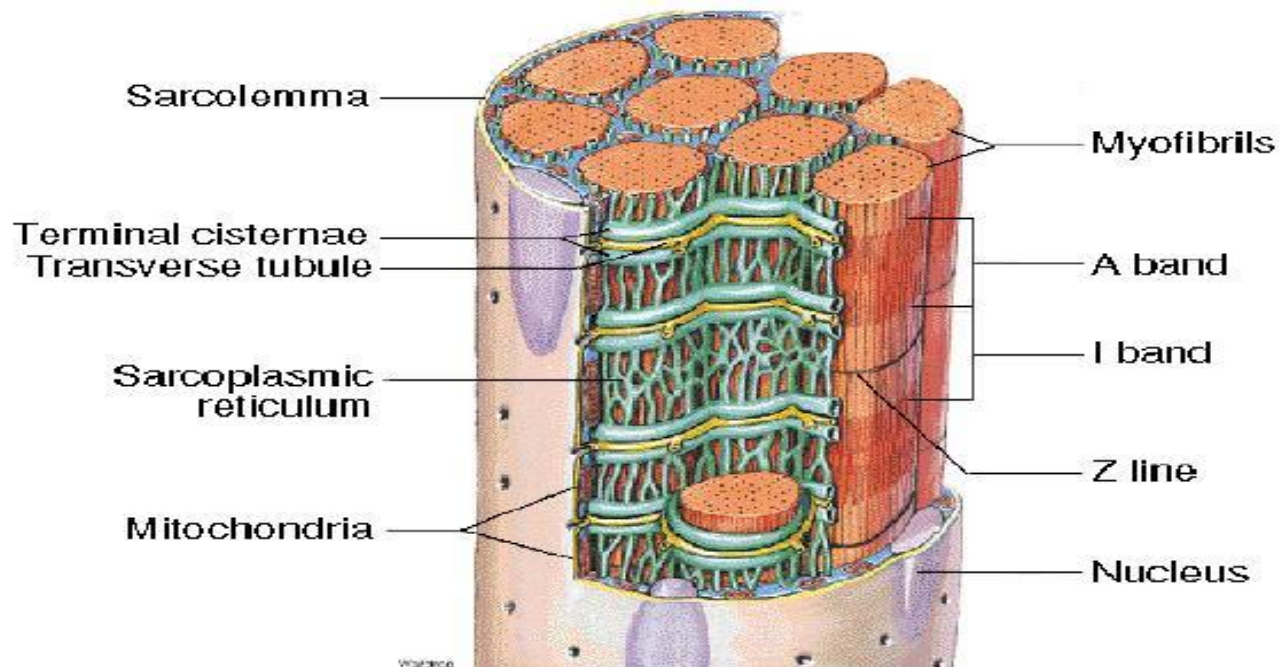
- Придвижване на тялото в пространството
- Поддържане на позата
- Теплопродукция

Характеристики на скелетните мускули:

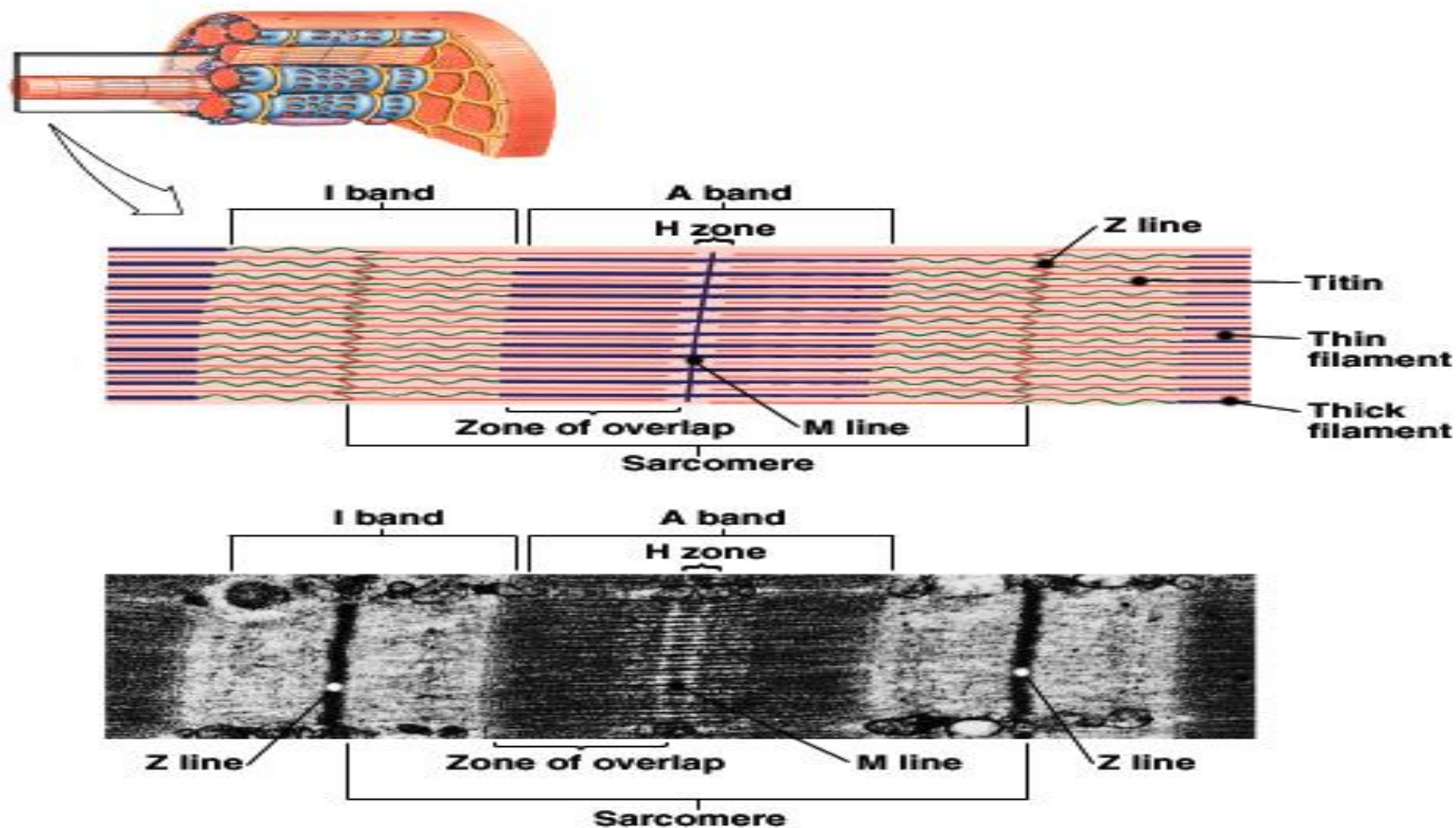
- 
-
- Волеви – инервират се от соматичната нервна система
 - Физиологични свойства на скелетно-мускулната клетка:
 - възбудимост
 - проводимост
 - съкратимост
 - Физично свойство:
 - еластичност



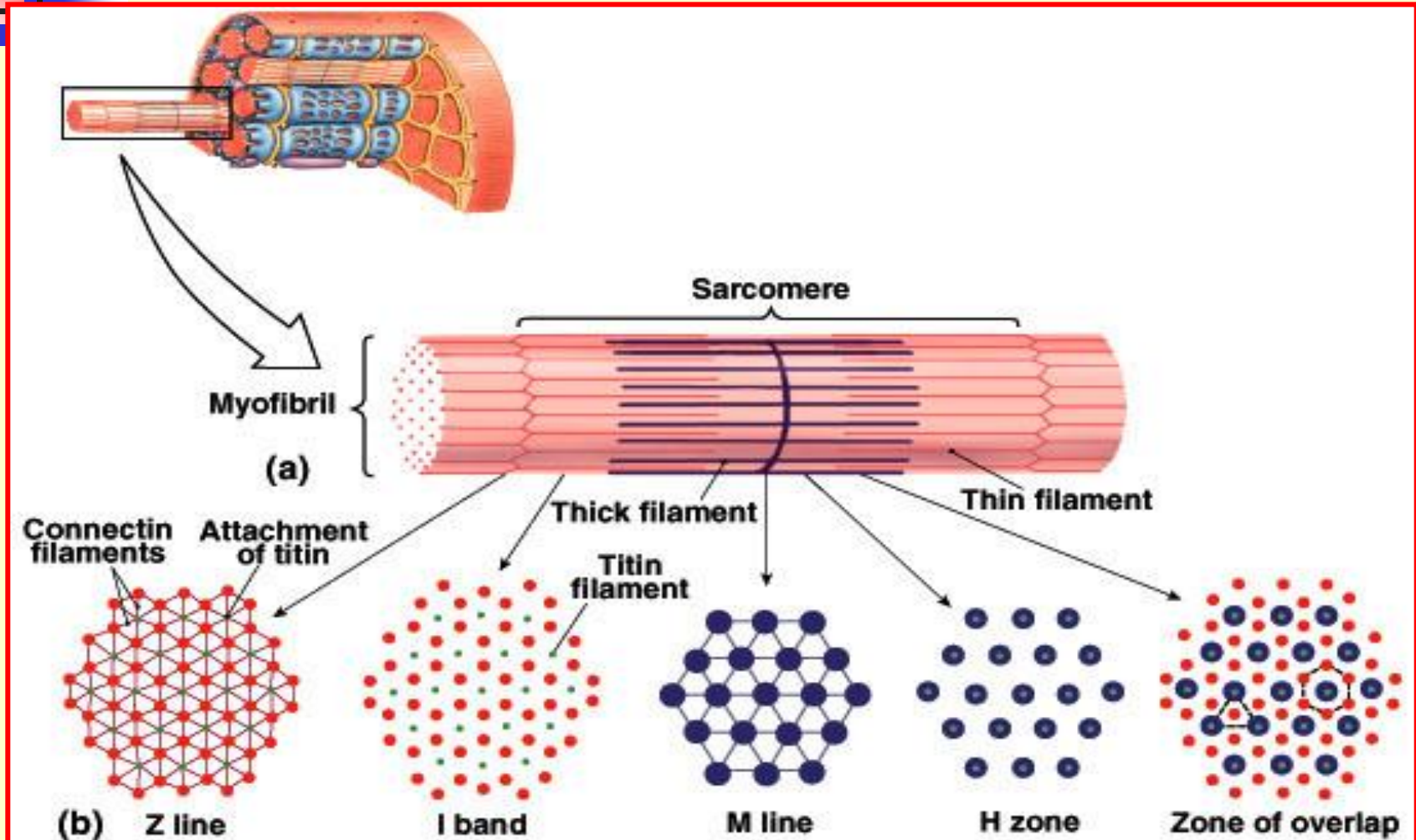
Структура на скелетно-мускулна клетка



Напречно-набразден мускул

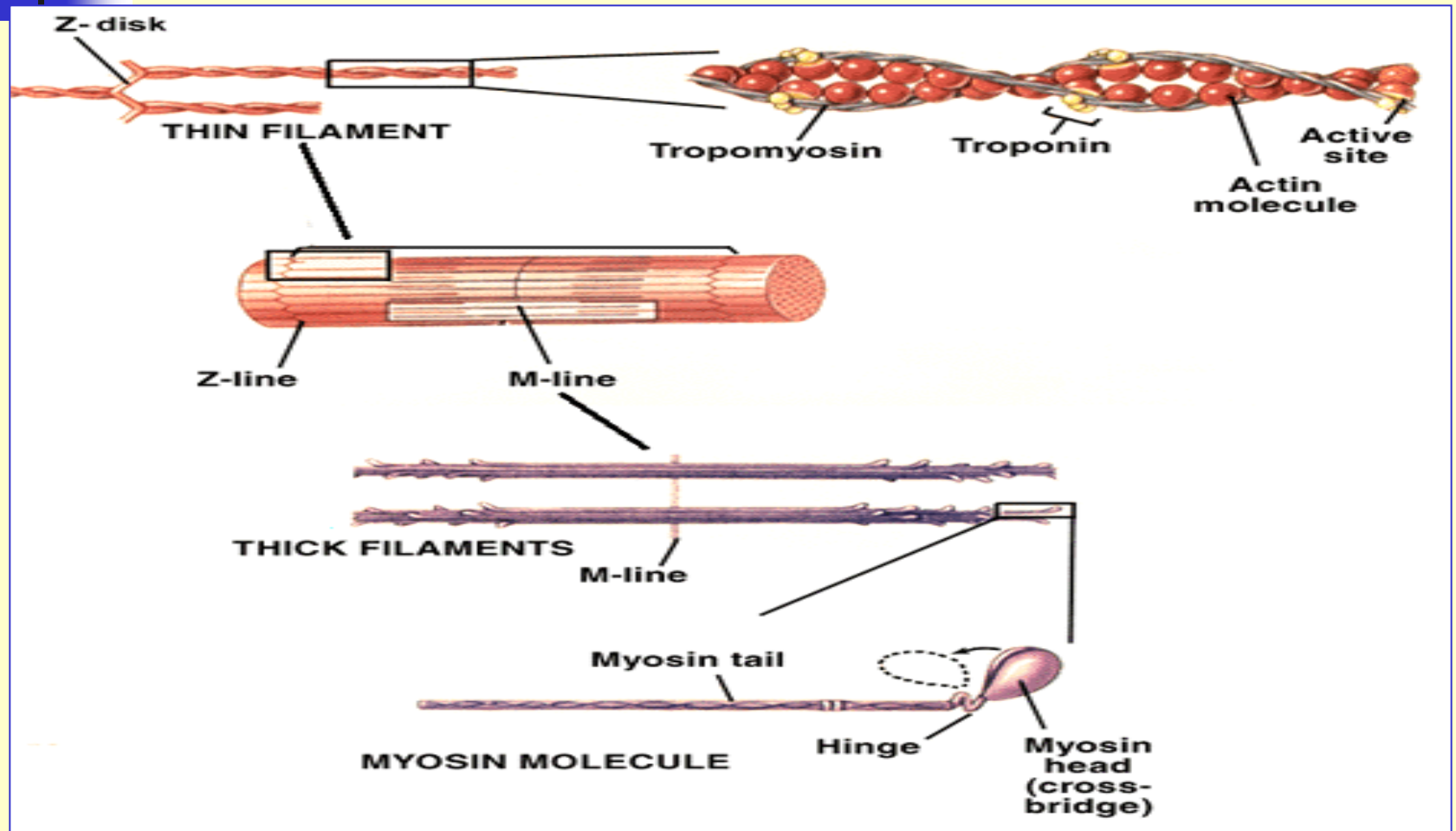


Саркомерът е основната структурна и функционална единица



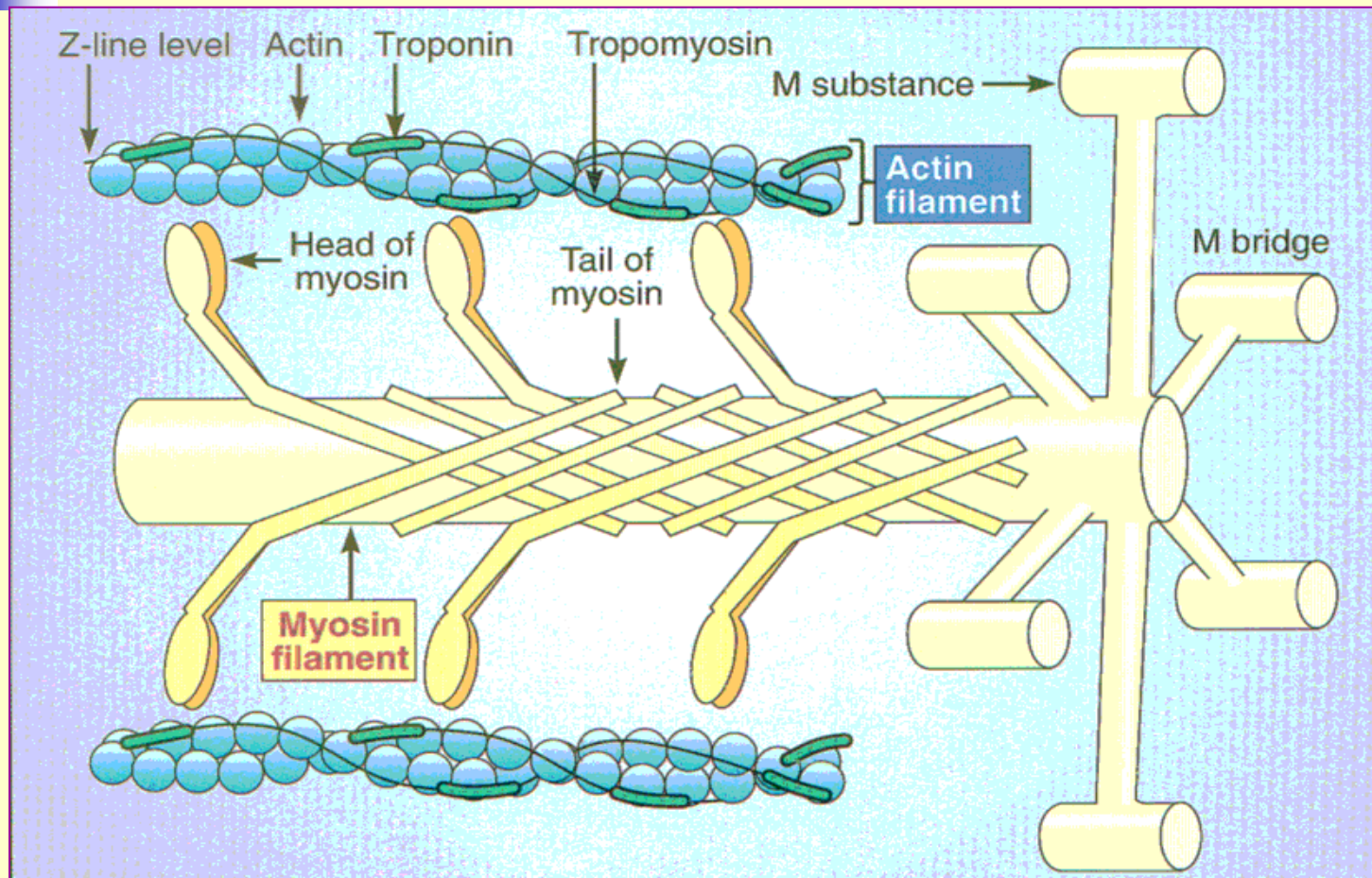
Миофиламенти:

дебели миозинови
тънки актинови



Миофиламенти:

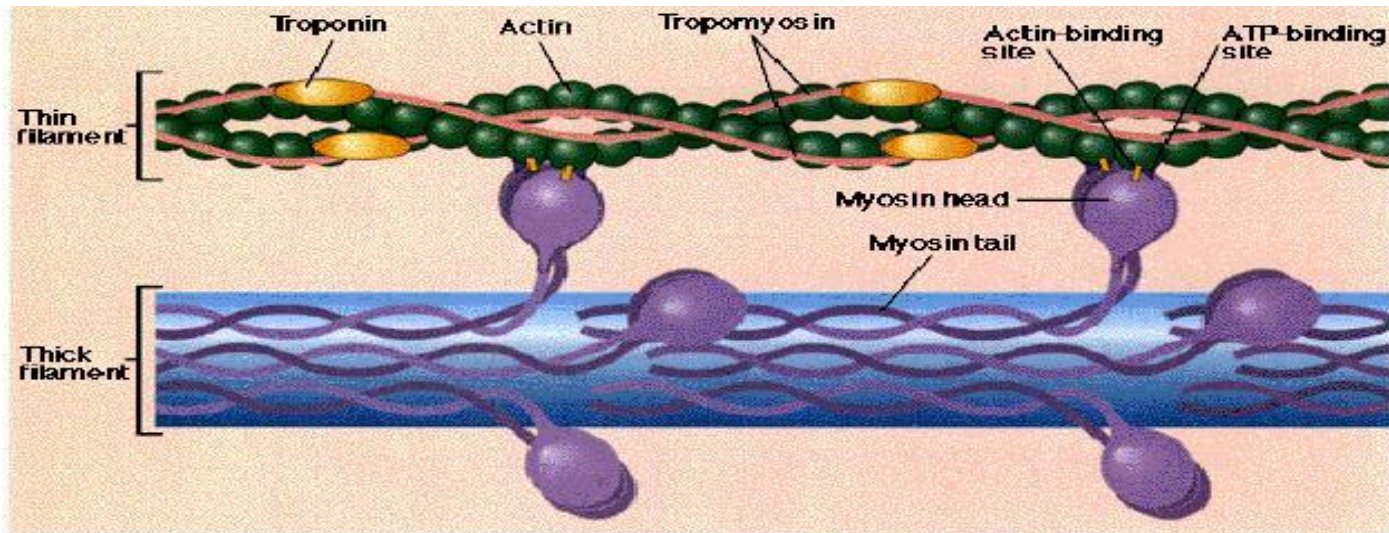
дебели МИОЗИНОВИ
ТЪНКИ АКТИНОВИ



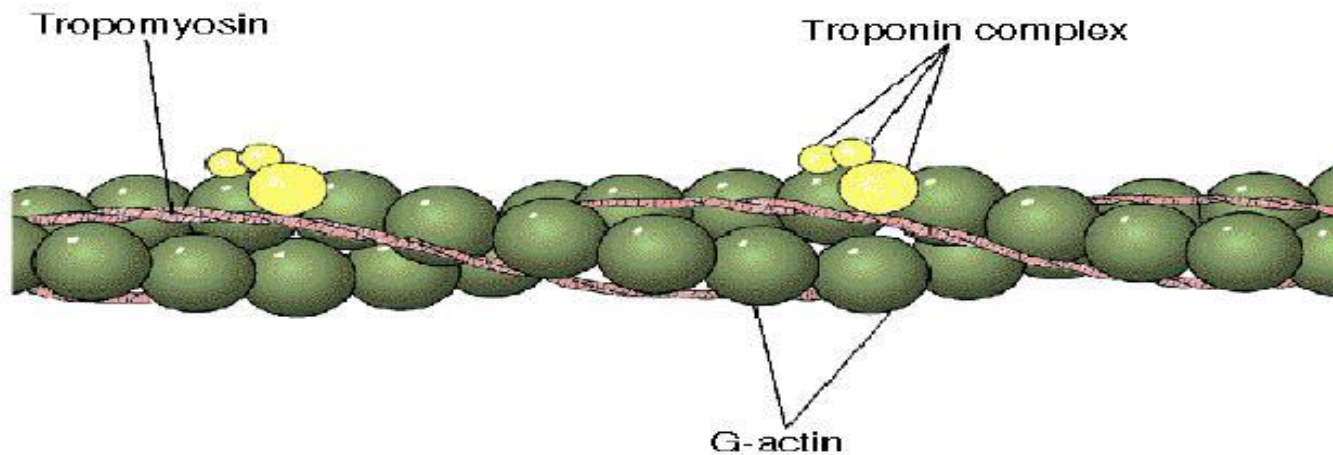
миофиламенти

Миозинови- изградени от съкратителния белтък
МИОЗИН

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



Тънки миофиламенти



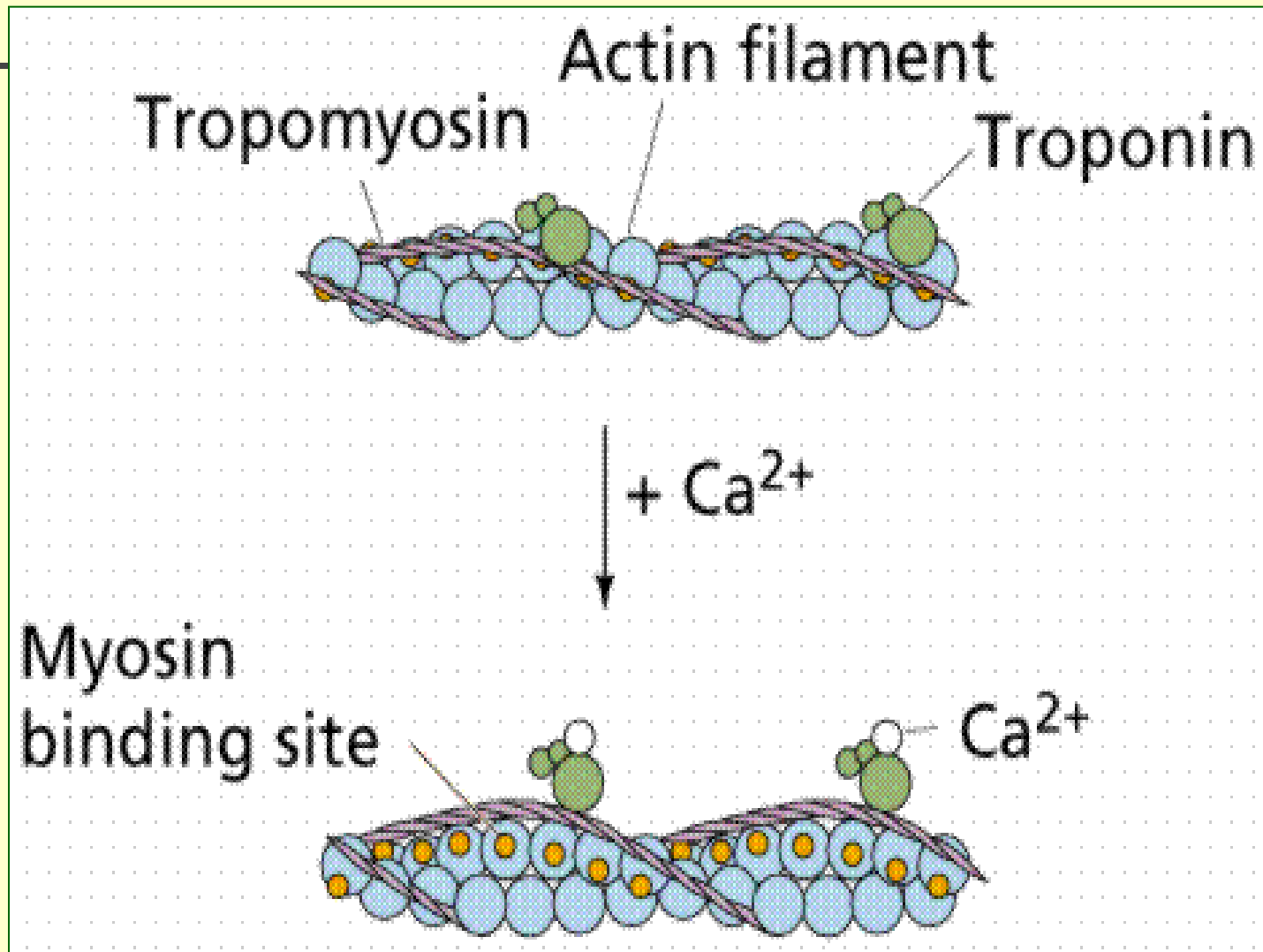
Тропониновата молекула има 3 центъра:

C - за свързване с Ca йони

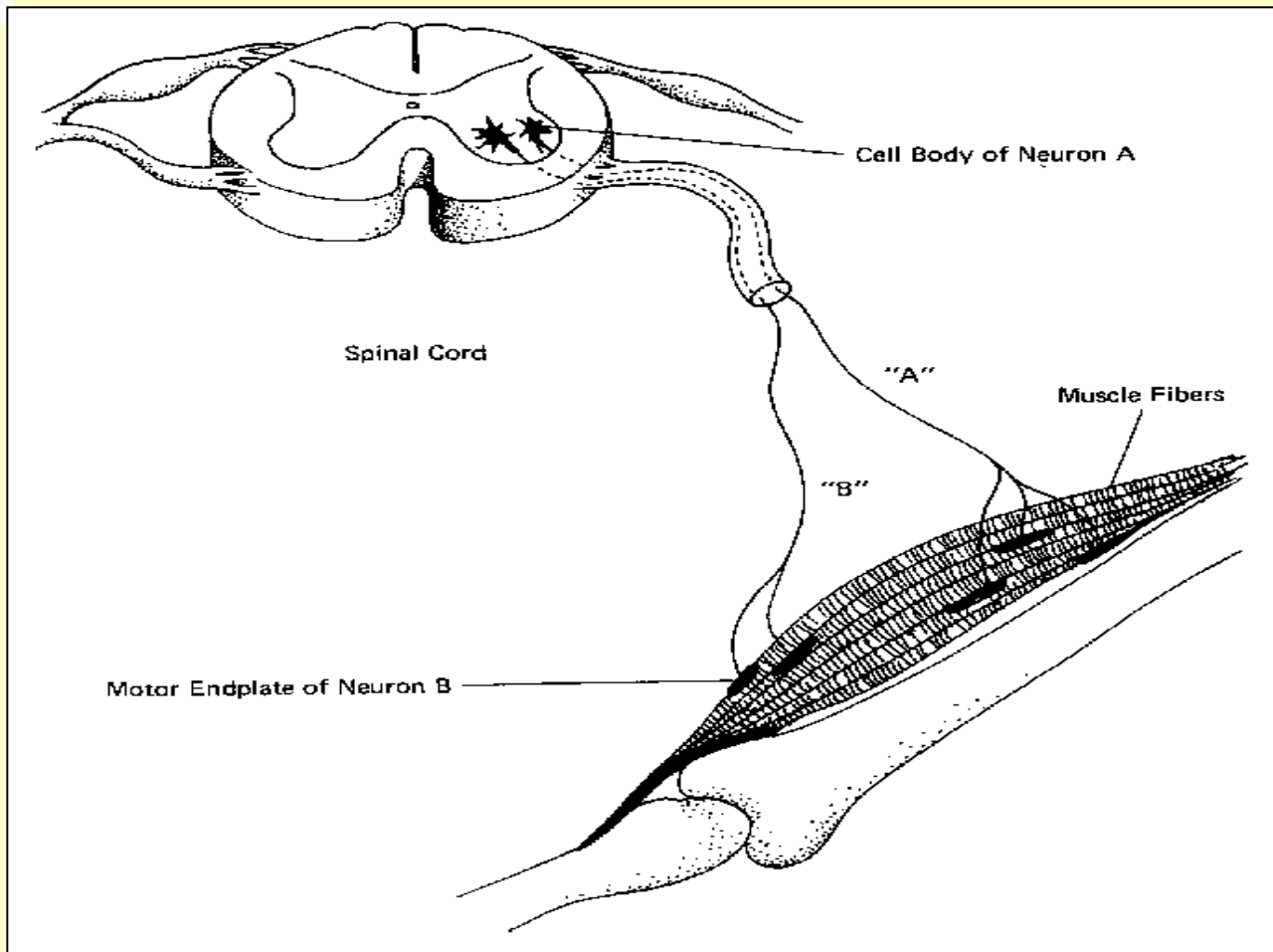
T - за връзка с тропомиозина

I – инхибиторен, закрива активните центрове на актина

Тънки миофиламенти



Нервно-мускулен синапс



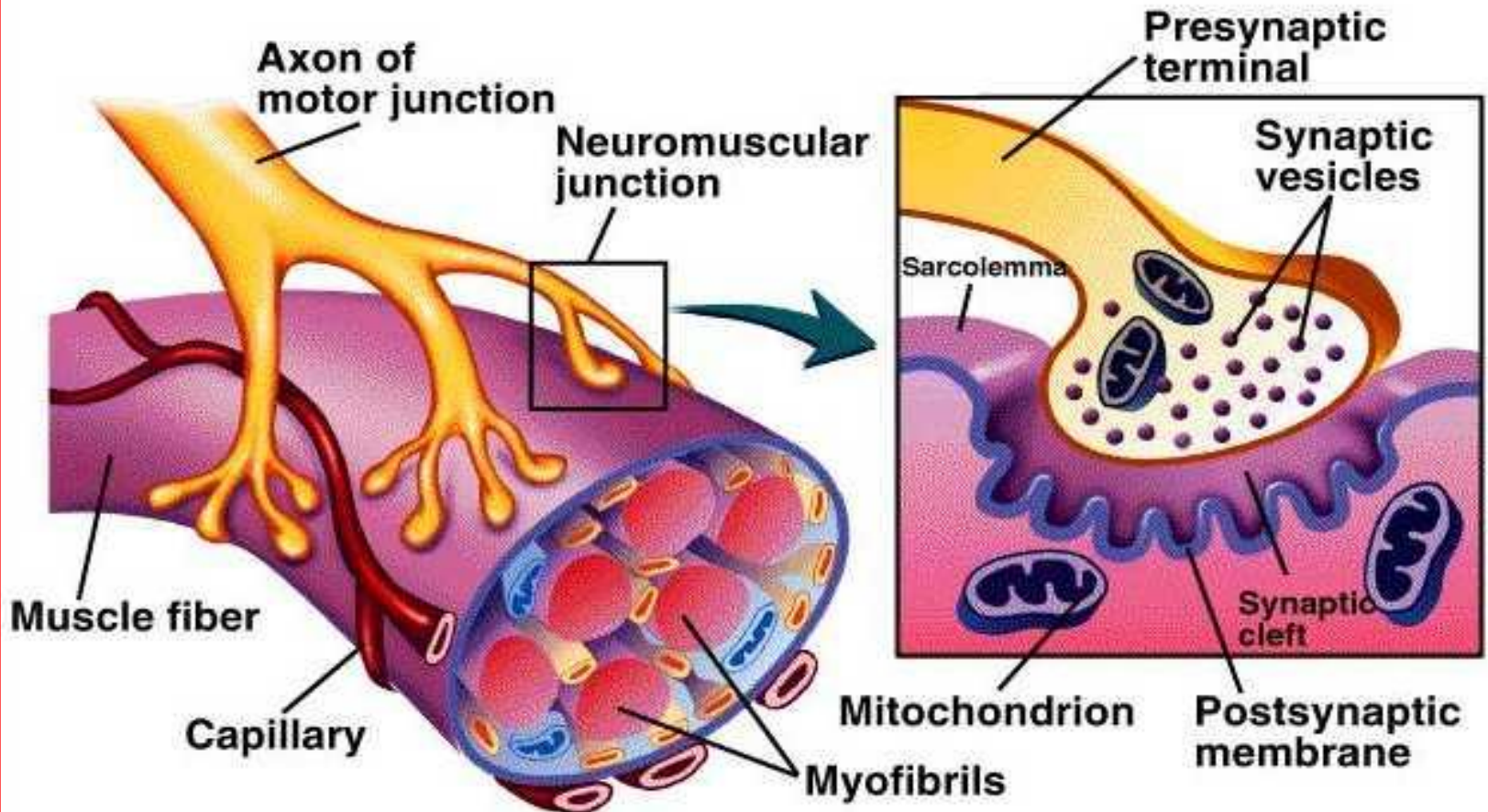
Нервно-мускулен синапс

невромедиатор – ацетилхолин

рецептори: N – холинорецептори

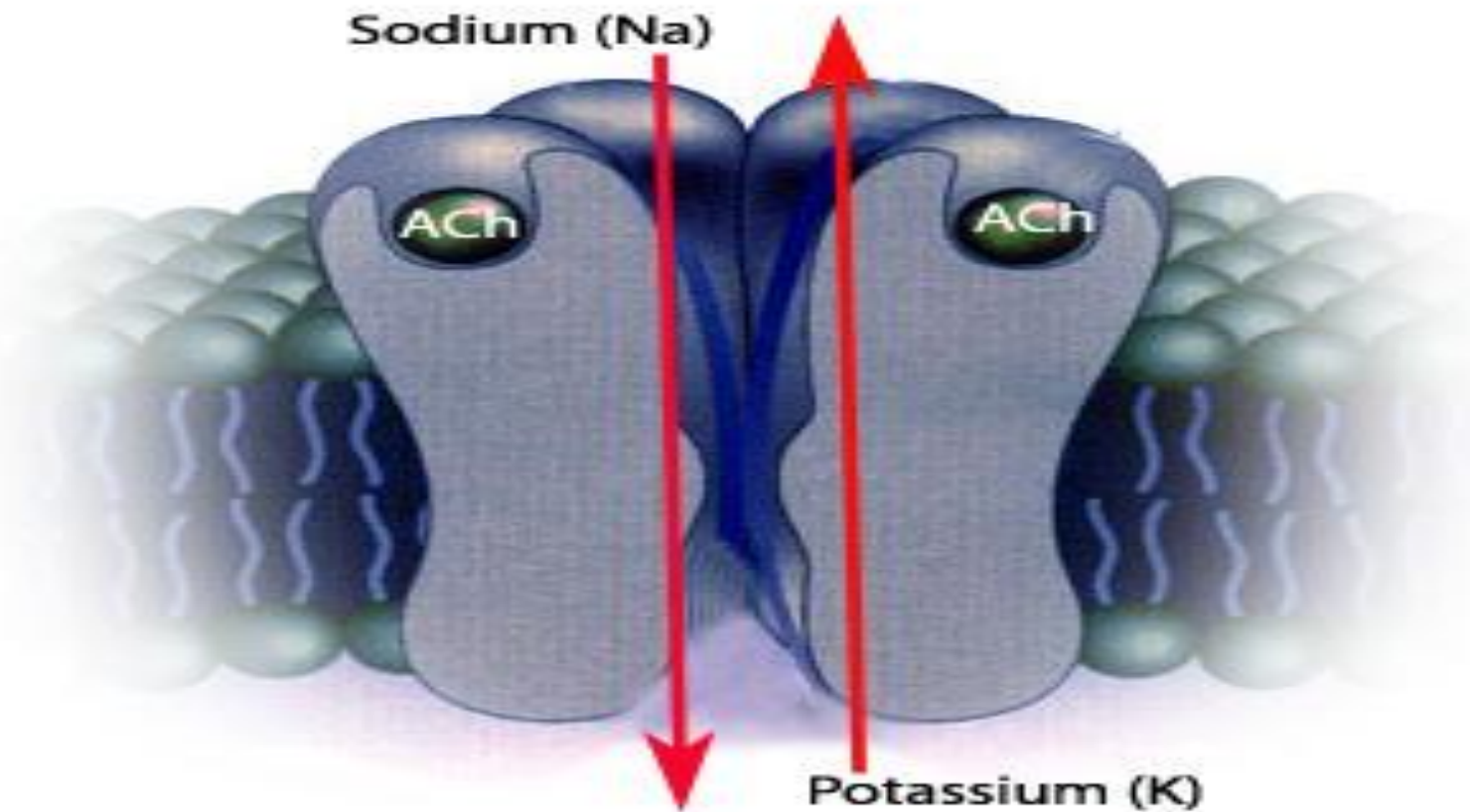
Генерира се възбуден постсинаптичен потенциал

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 T тубули

- Генерираният ВПСП е с амплитуда 20 mV и се разпространява по съседство до електровъзбудимата мембрана на напречно набраздената мускулна клетка - сарколема.
- Тя има мембранен потенциал на покой -90 mV и прагов потенциал -70 mV .
- Генерира се акционен потенциал, който се предава по протежение на сарколемата.
- Деполяризацията на мембраната на ниво T 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

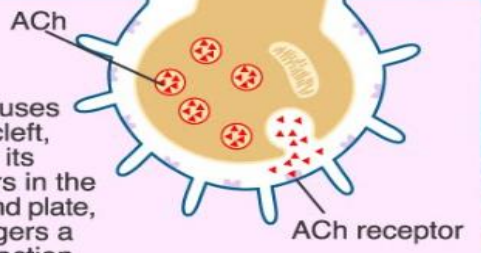
Nerve impulse arrives at axon terminal of motor neuron and triggers release of acetylcholine (ACh).

Nerve impulse

Muscle action potential

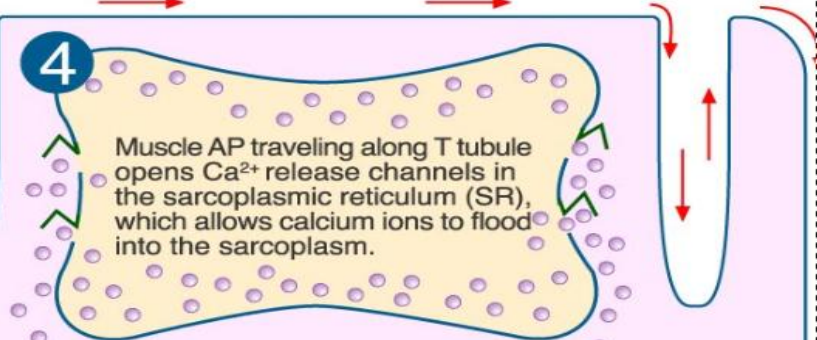
2

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



4

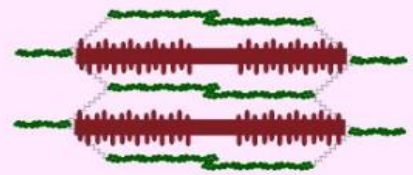
Muscle AP traveling along T tubule opens Ca^{2+} release channels in the sarcoplasmic reticulum (SR), which allows calcium ions to flood into the sarcoplasm.



3

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

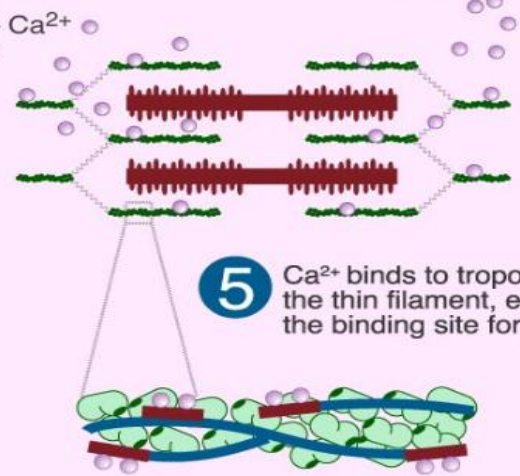
AChE



Elevated Ca^{2+}

5

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

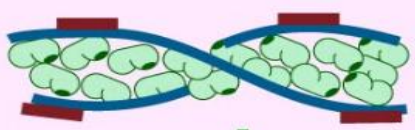


6

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

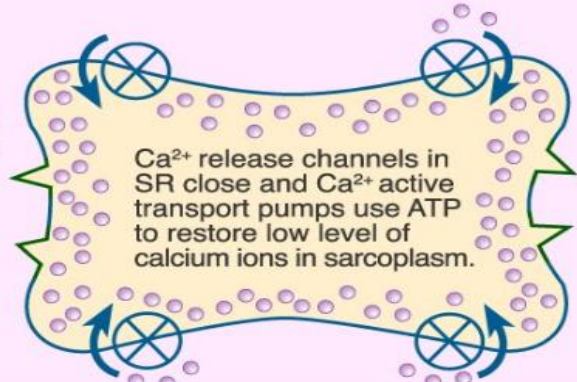
8

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



7

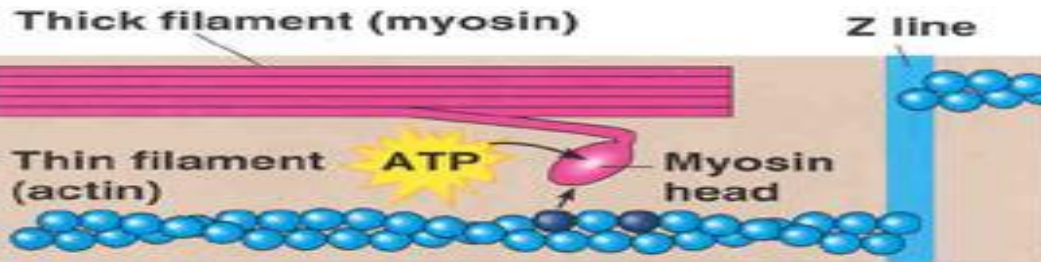
Ca^{2+} release channels in SR close and Ca^{2+} active transport pumps use ATP to restore low level of calcium ions in sarcoplasm.



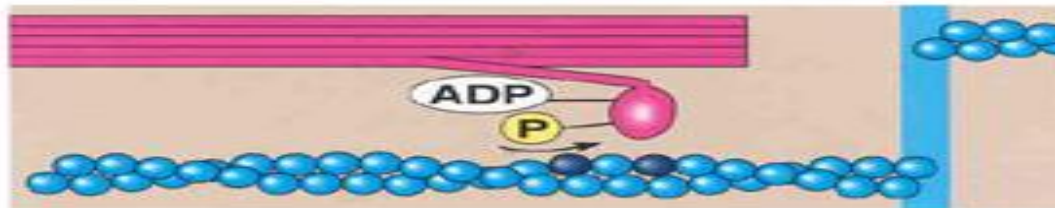
9

Muscle relaxes.

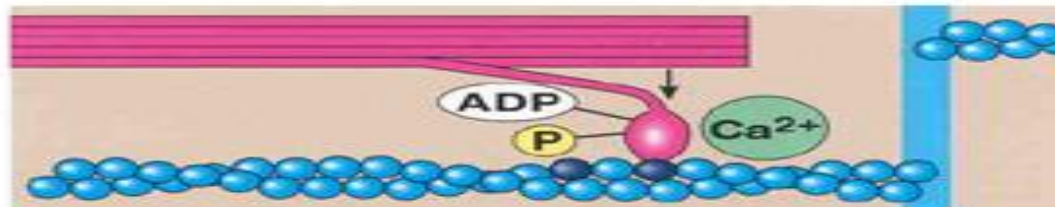
Мускулно съкращение



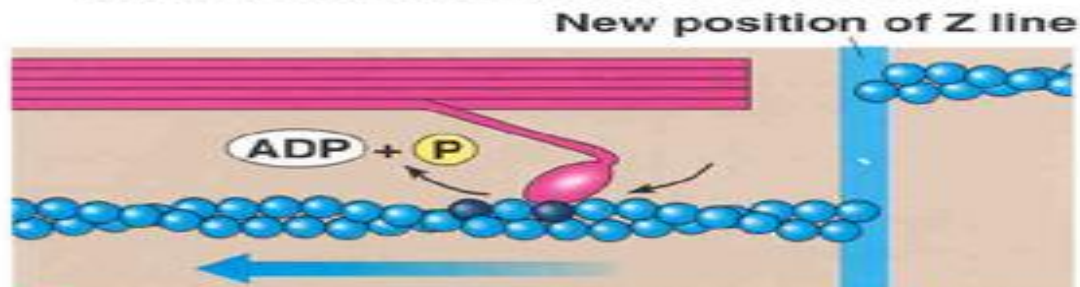
- 1 ATP binds to a myosin head, which is released from an actin filament.



- 2 Hydrolysis of ATP cocks the myosin head.

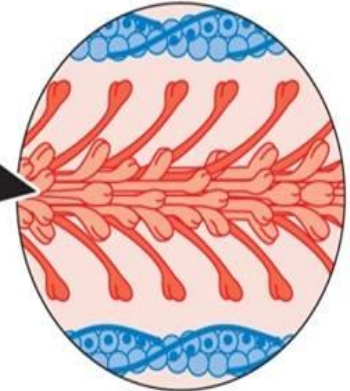
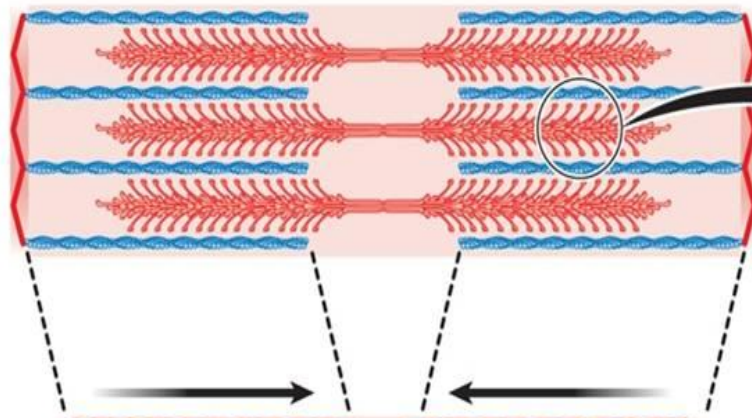


- 3 The myosin head attaches to an actin binding site, with the help of calcium.

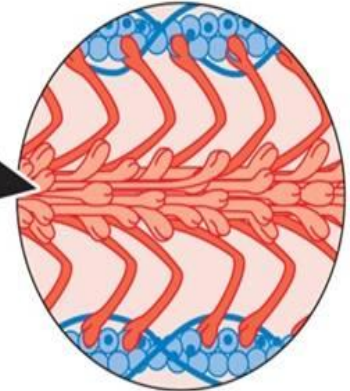
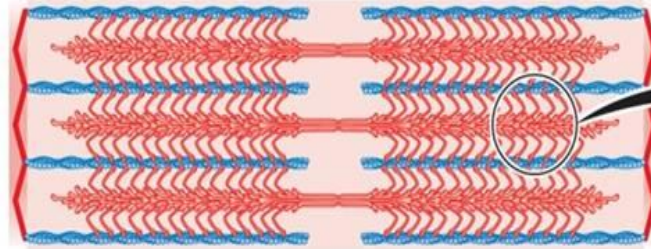


- 4 The power stroke slides the actin (thin) filament.

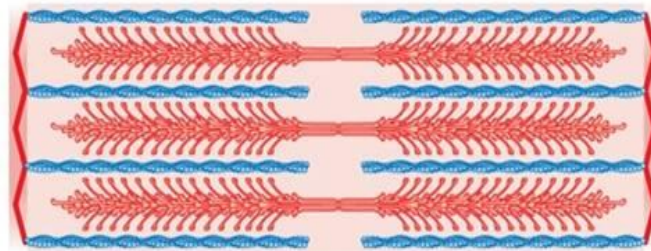
A Muscle relaxed—no contact between actin and myosin



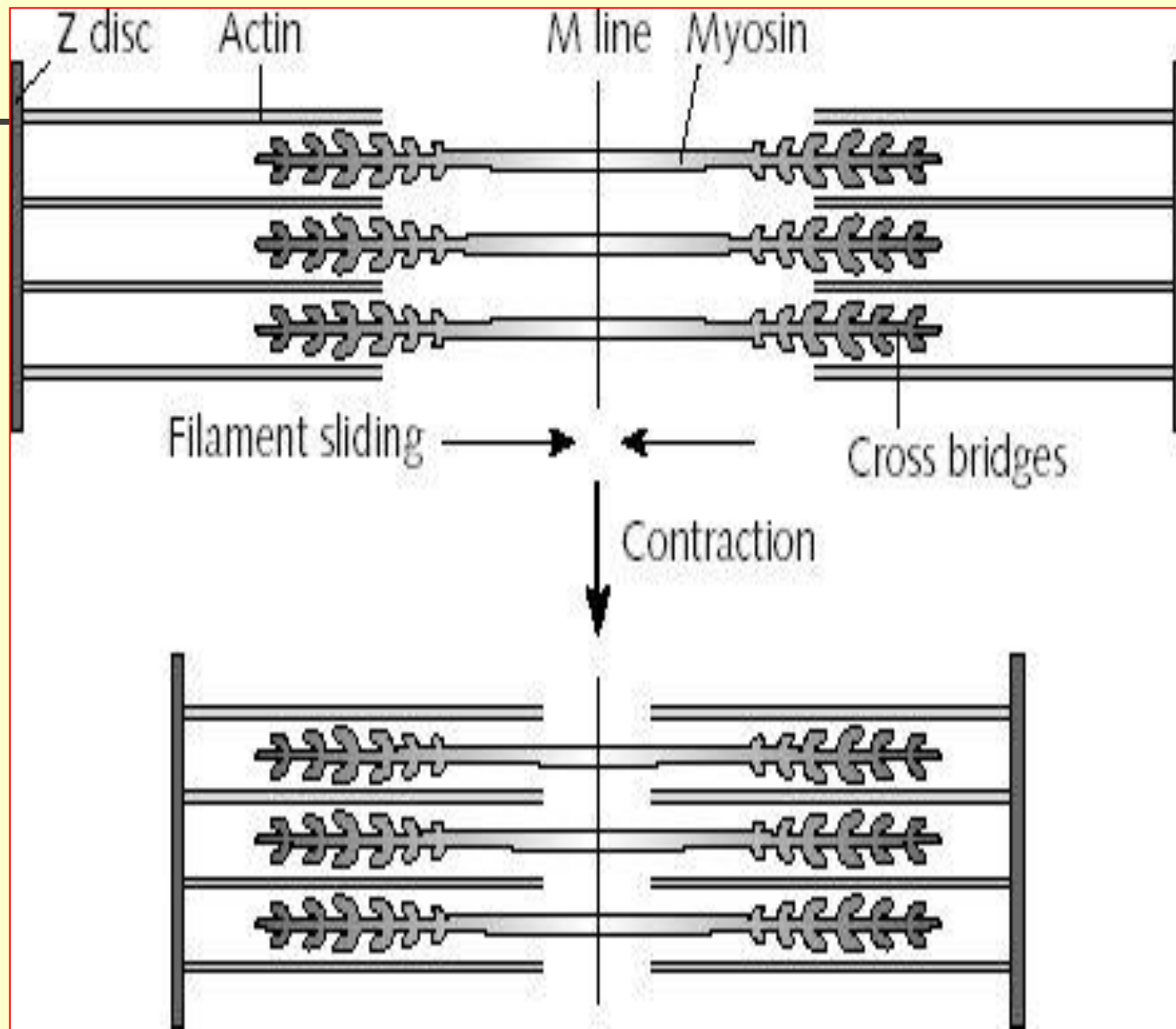
B Cross-bridges form, actin filaments move closer together



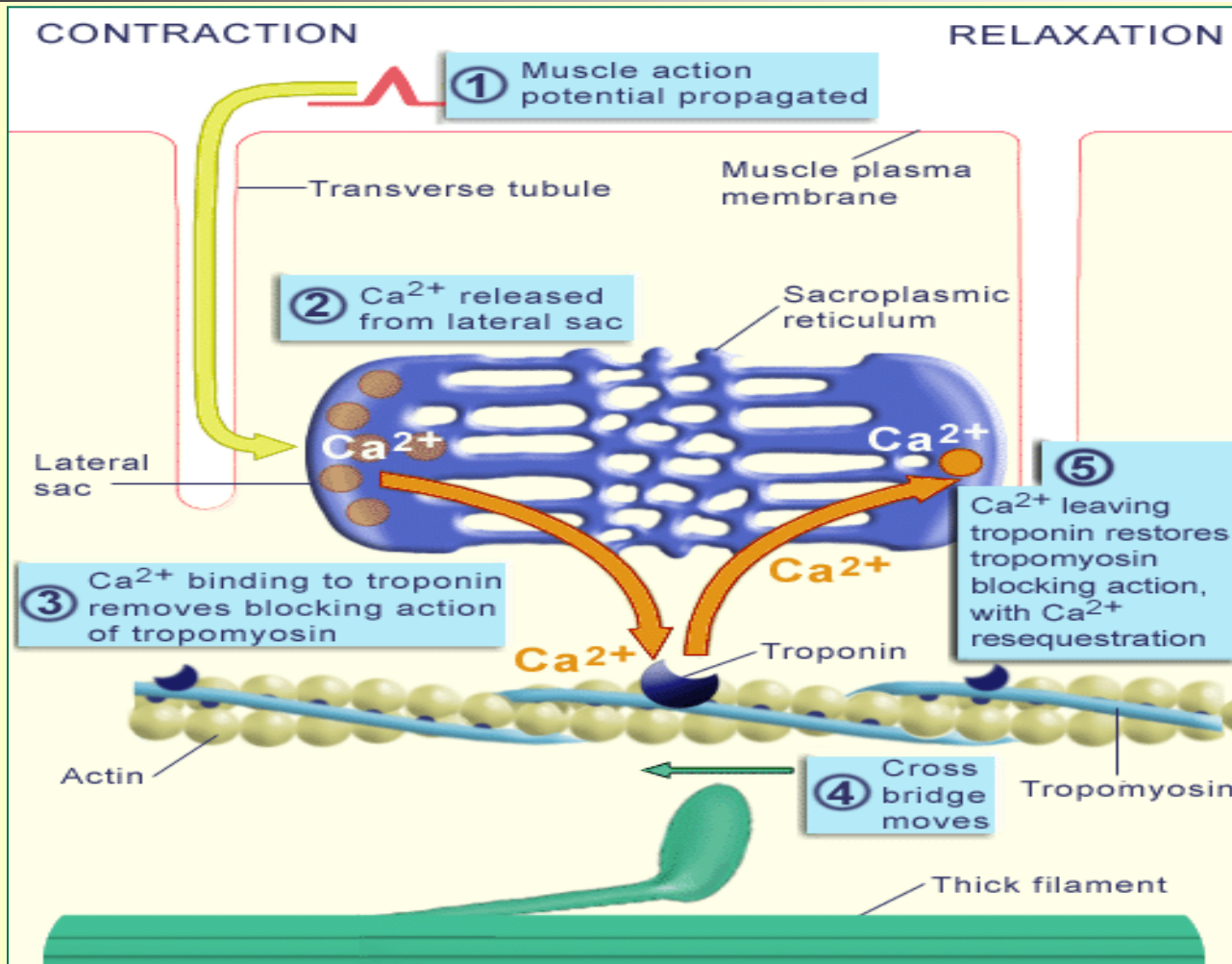
C Cross-bridges return to normal position, attach to new sites



Мускулно съкращение

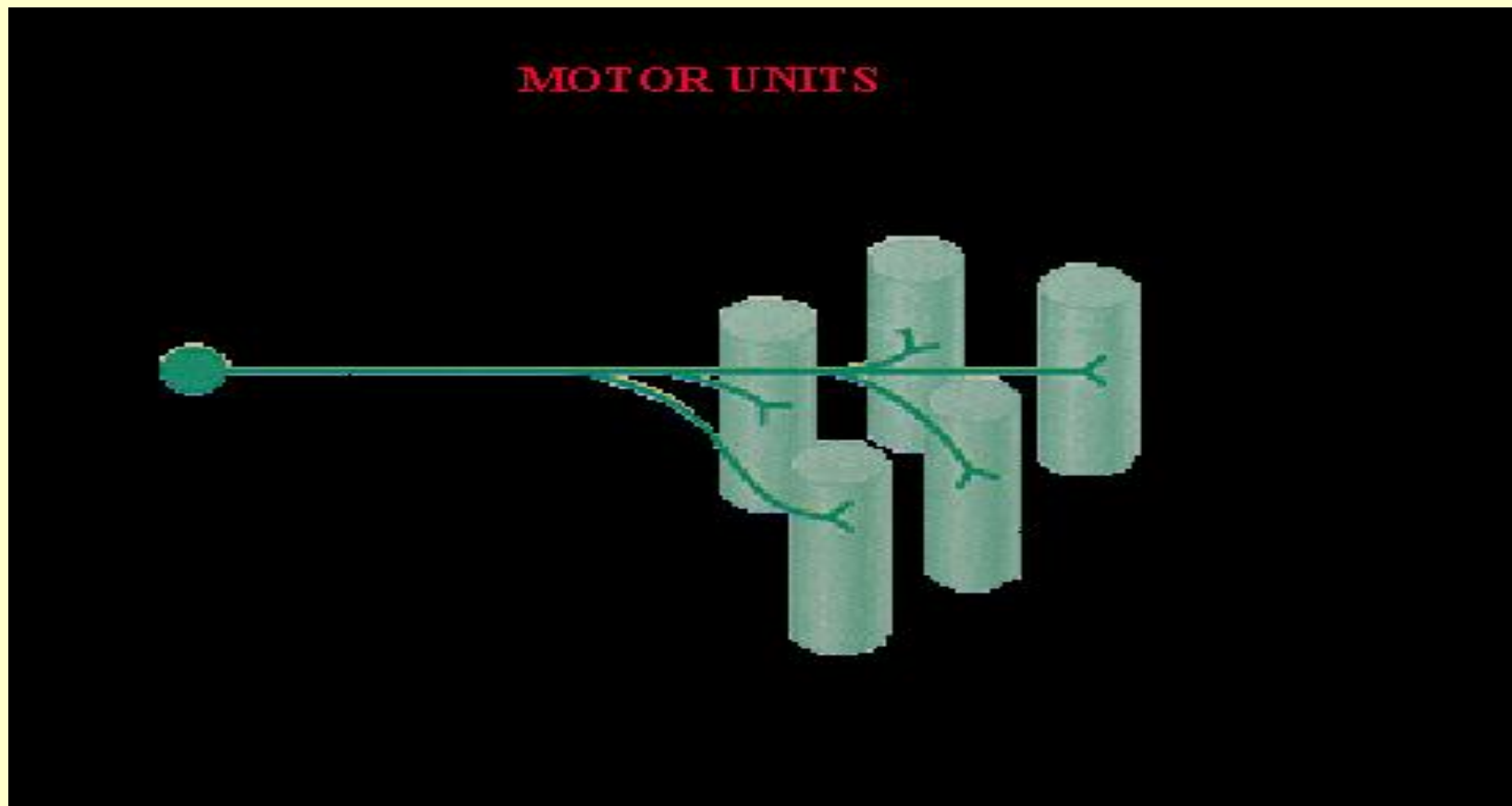


съкращение - отпускане



Двигателна единица – мотоневрон и инервираните от него мускулни влакна.

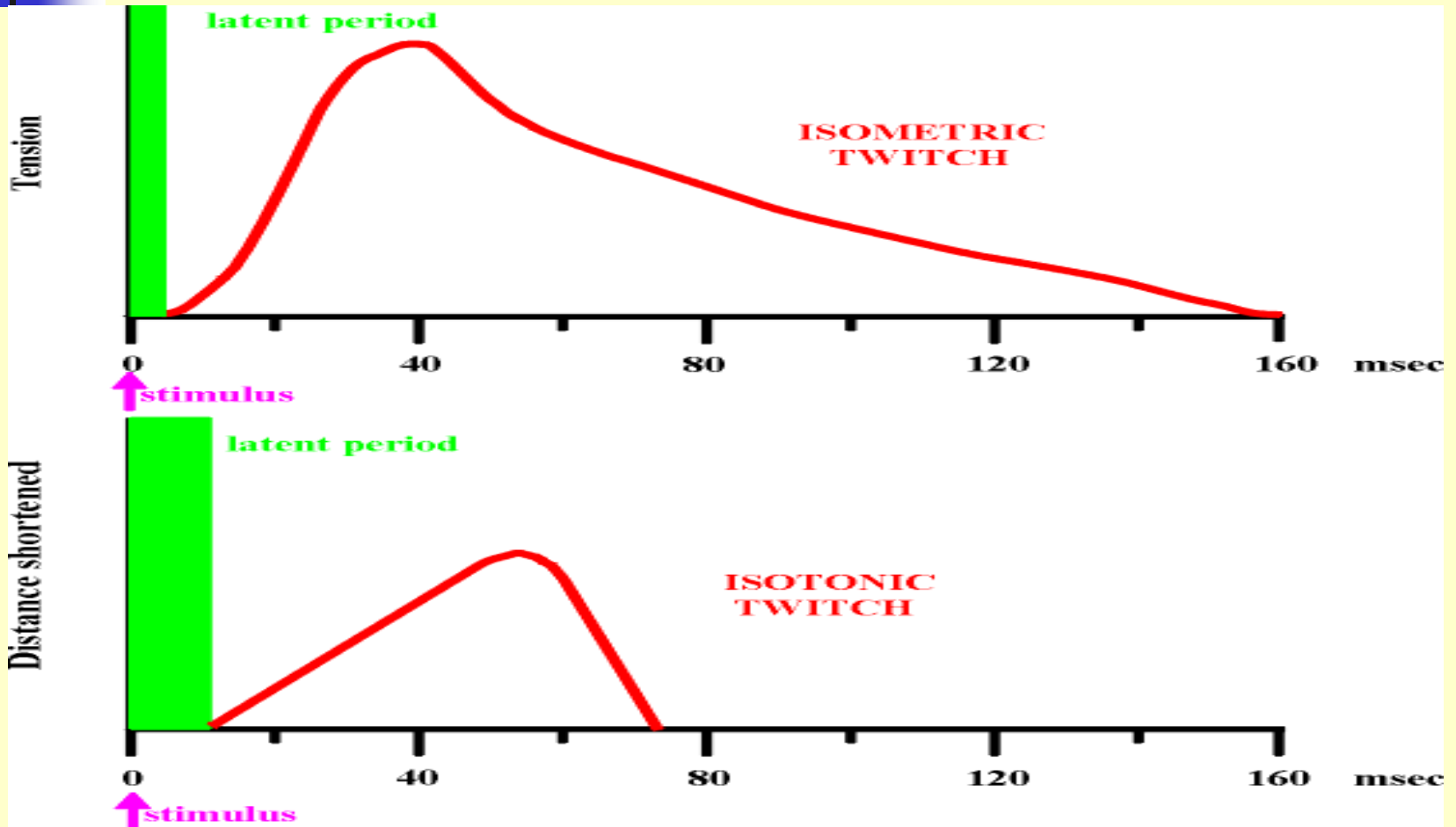
Различните мускули имат различен брой двигателни единици и различен брой мускулни влакна във всяка от тях в зависимост от функцията, която изпълняват.

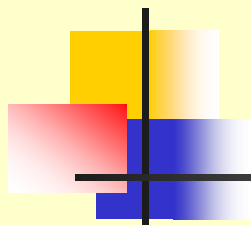


□ Видове мускулни съкращения:

* *изометрични и изотонични*

* *единични и тетанични*

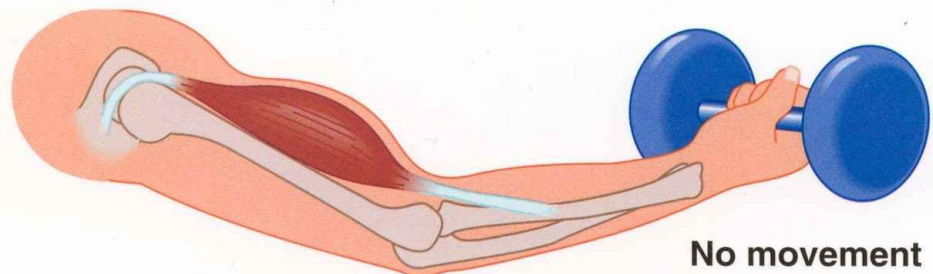




Видове мускулни съкращения

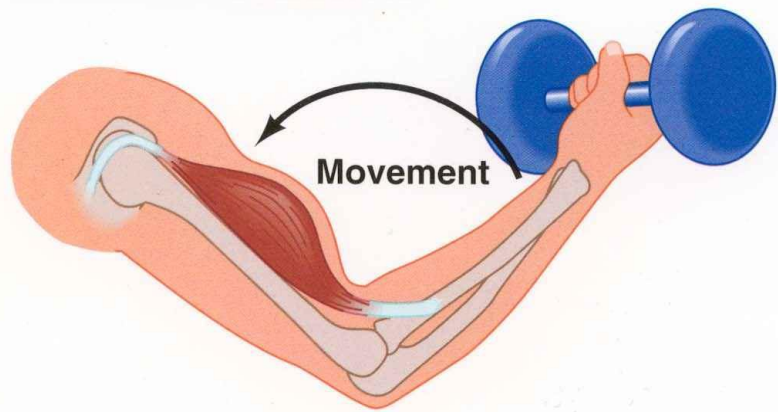
Isometric contraction

Muscle contracts but does not shorten



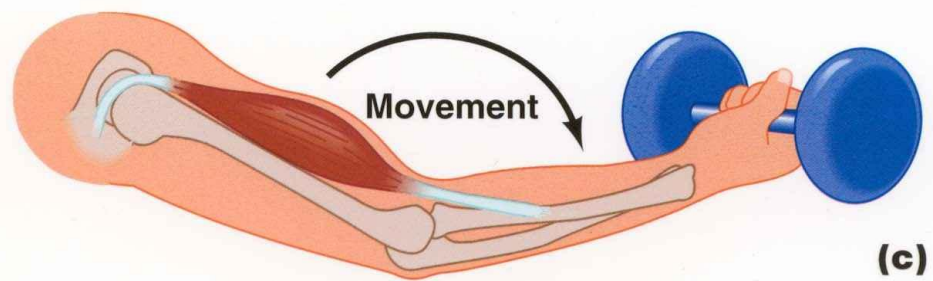
(a)

Concentric contraction



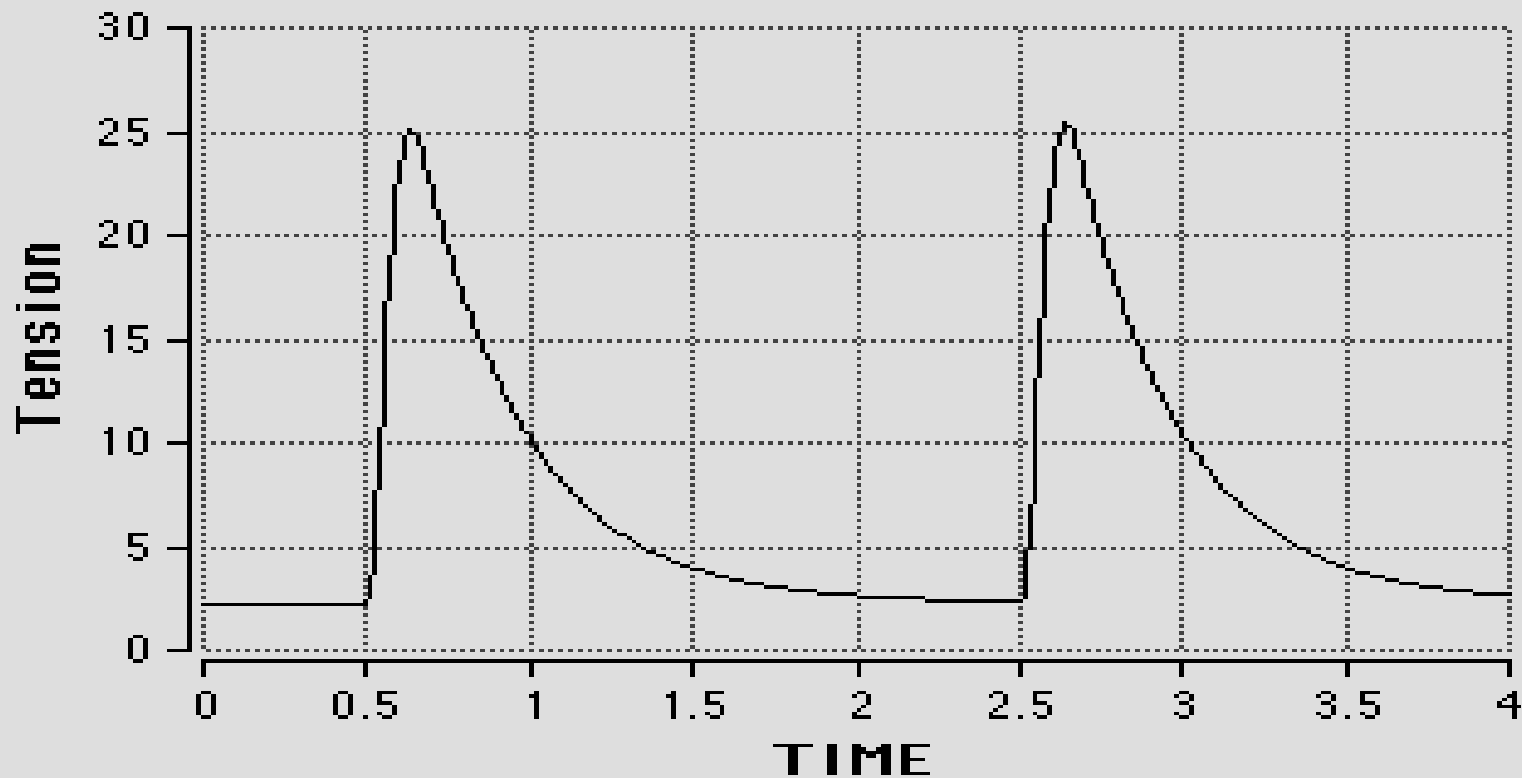
(b)

Eccentric contraction

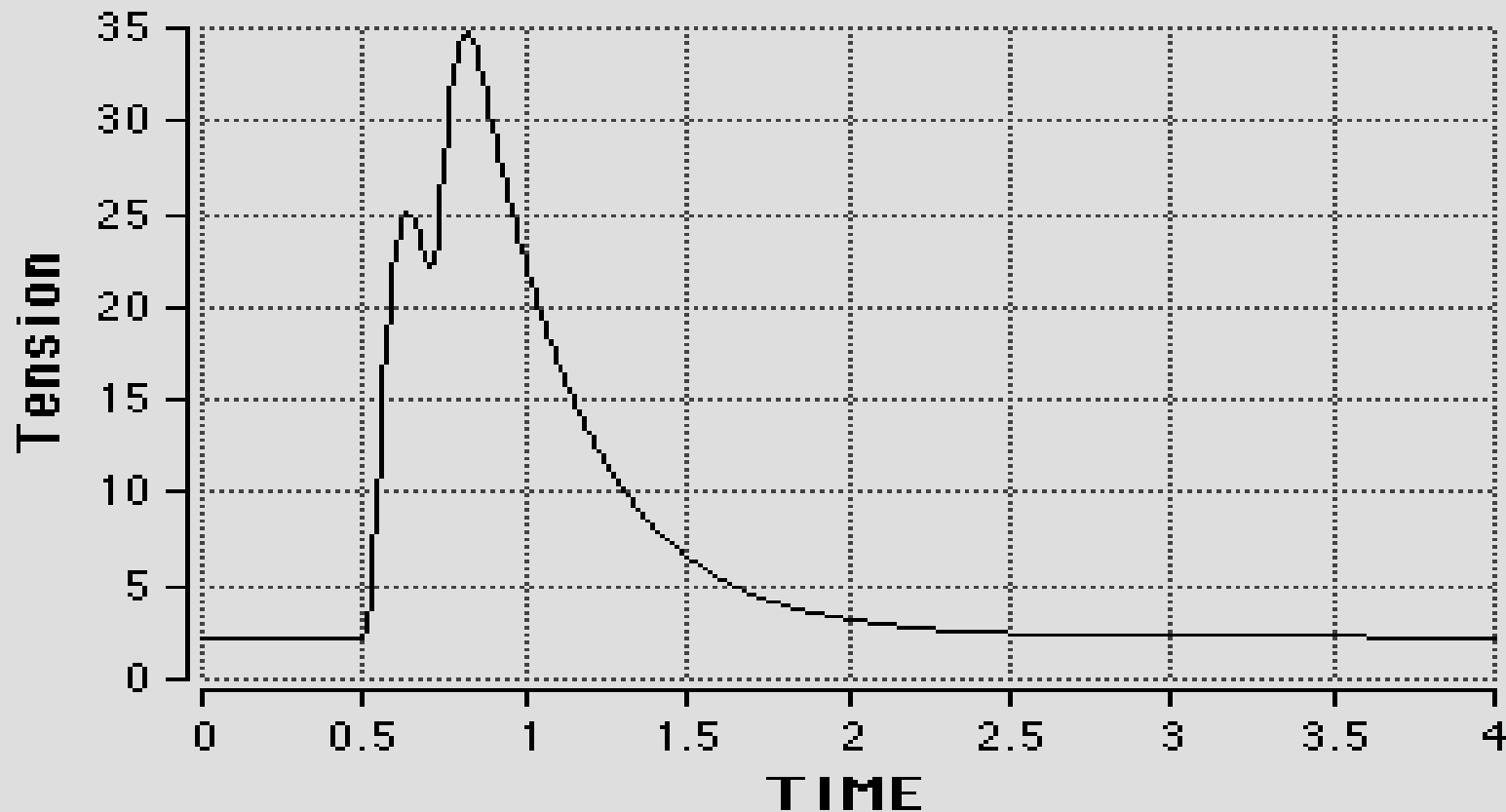


(c)

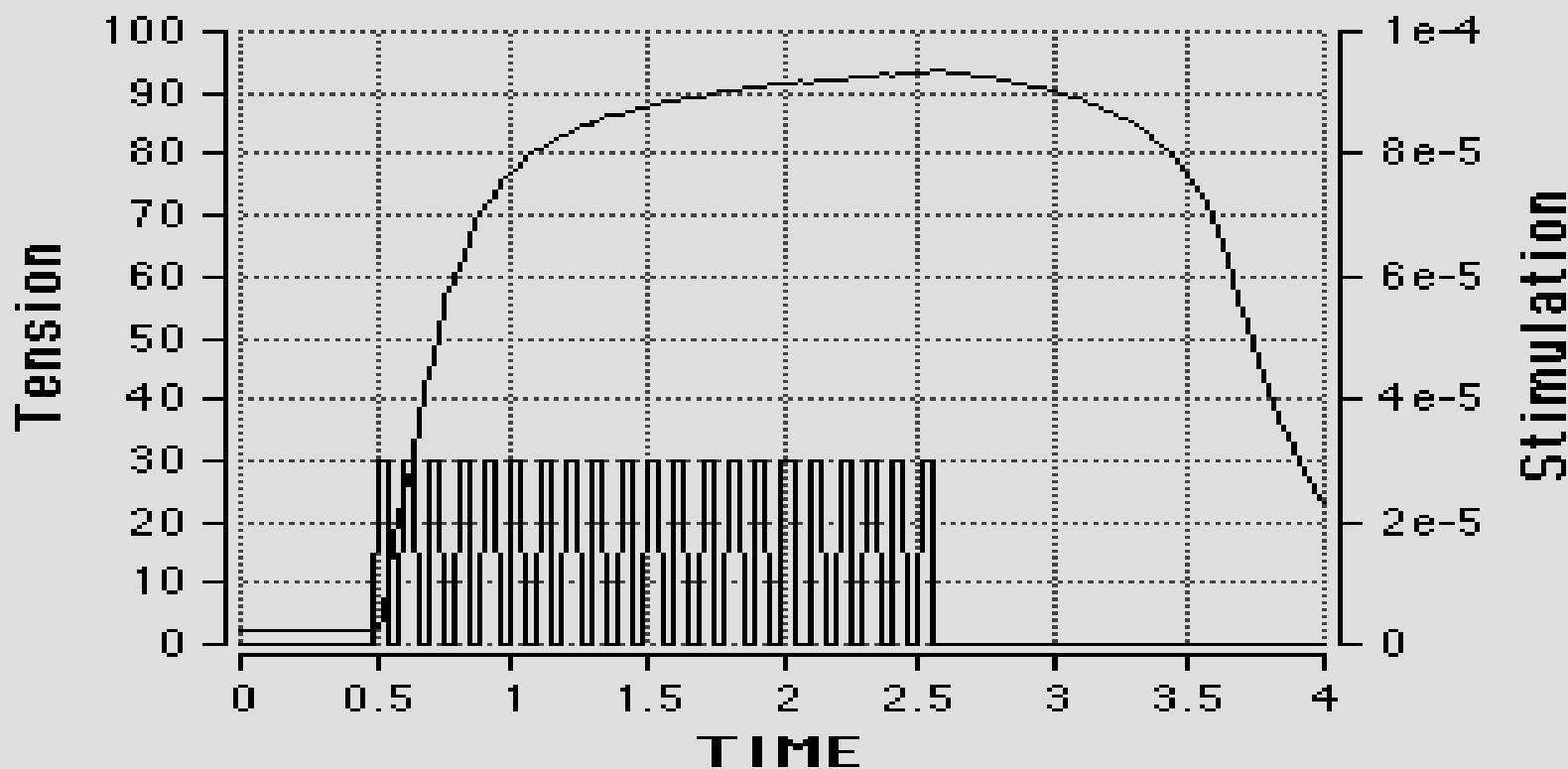
Единичното мускулно съкращение достига едва 20-30% от максималното напрежение, което може да се развие преди мускула да започне да се отпуска.

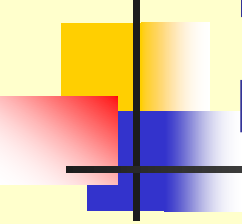


Сумирани съкращения – непълен тетанус,
когато всеки следващ импулс заварва
мускула в период на отпускане.



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



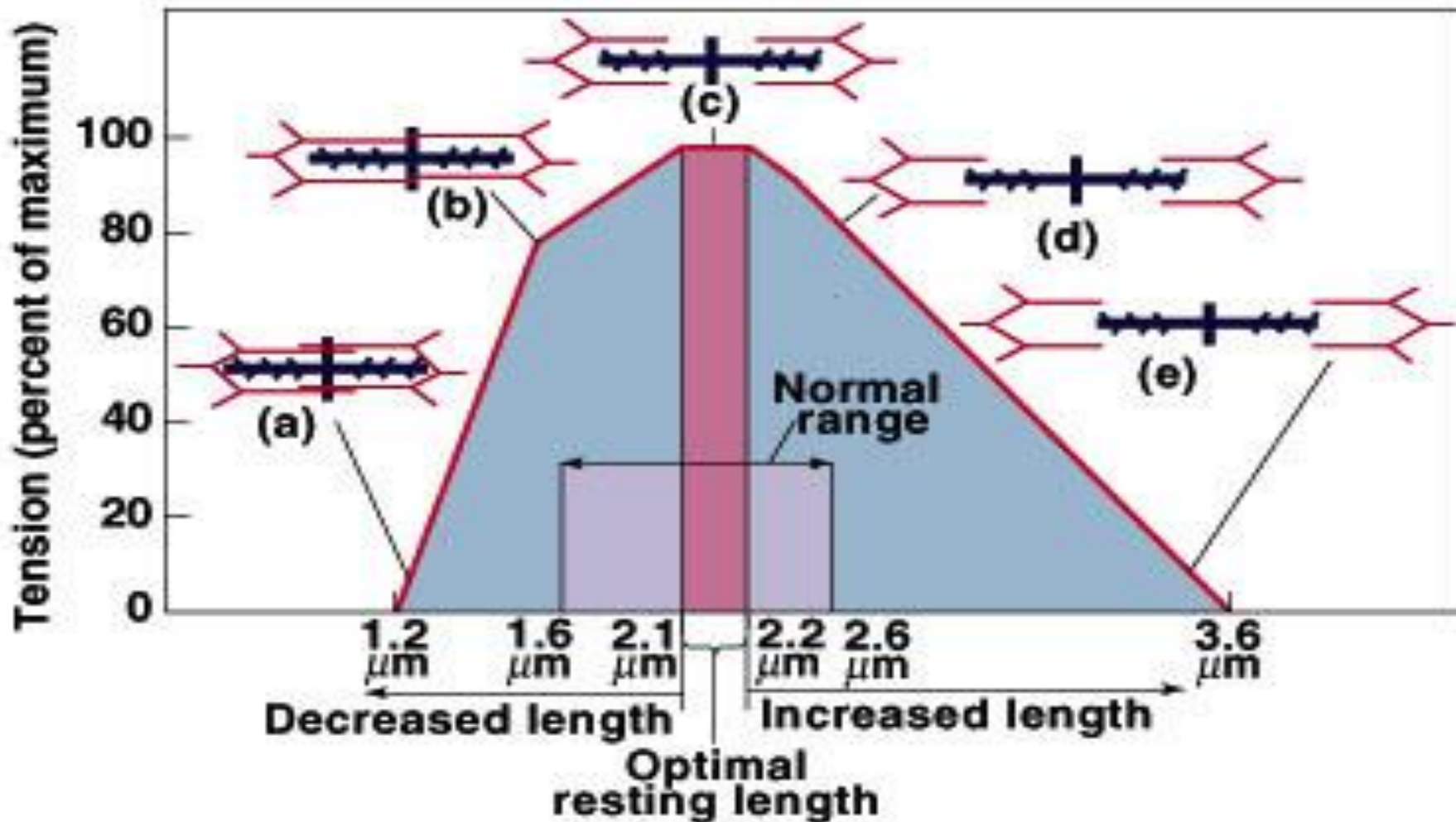


Механизми за регулиране силата на мускулното съкращение

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

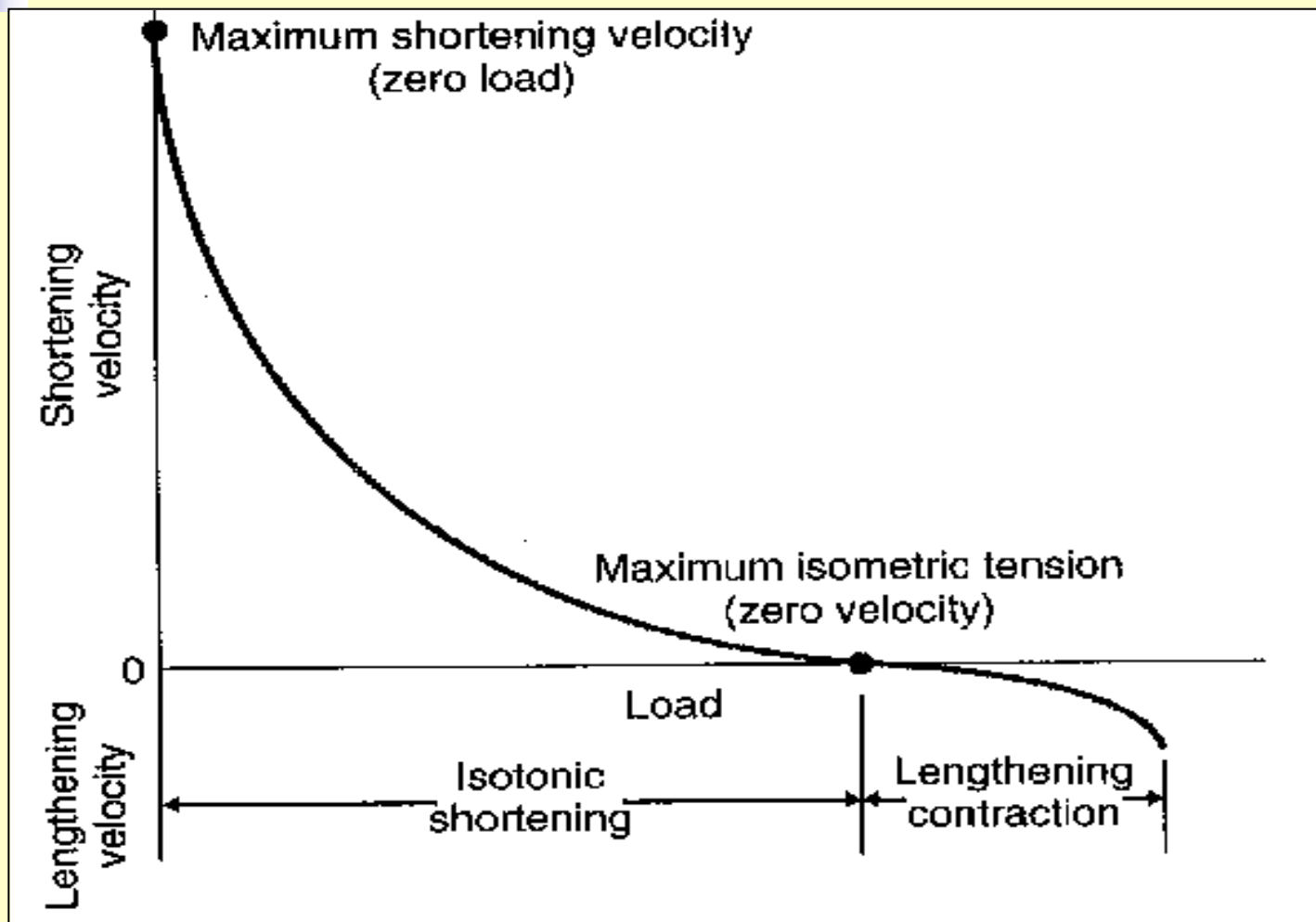
Зависимост дължина – напрежение

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

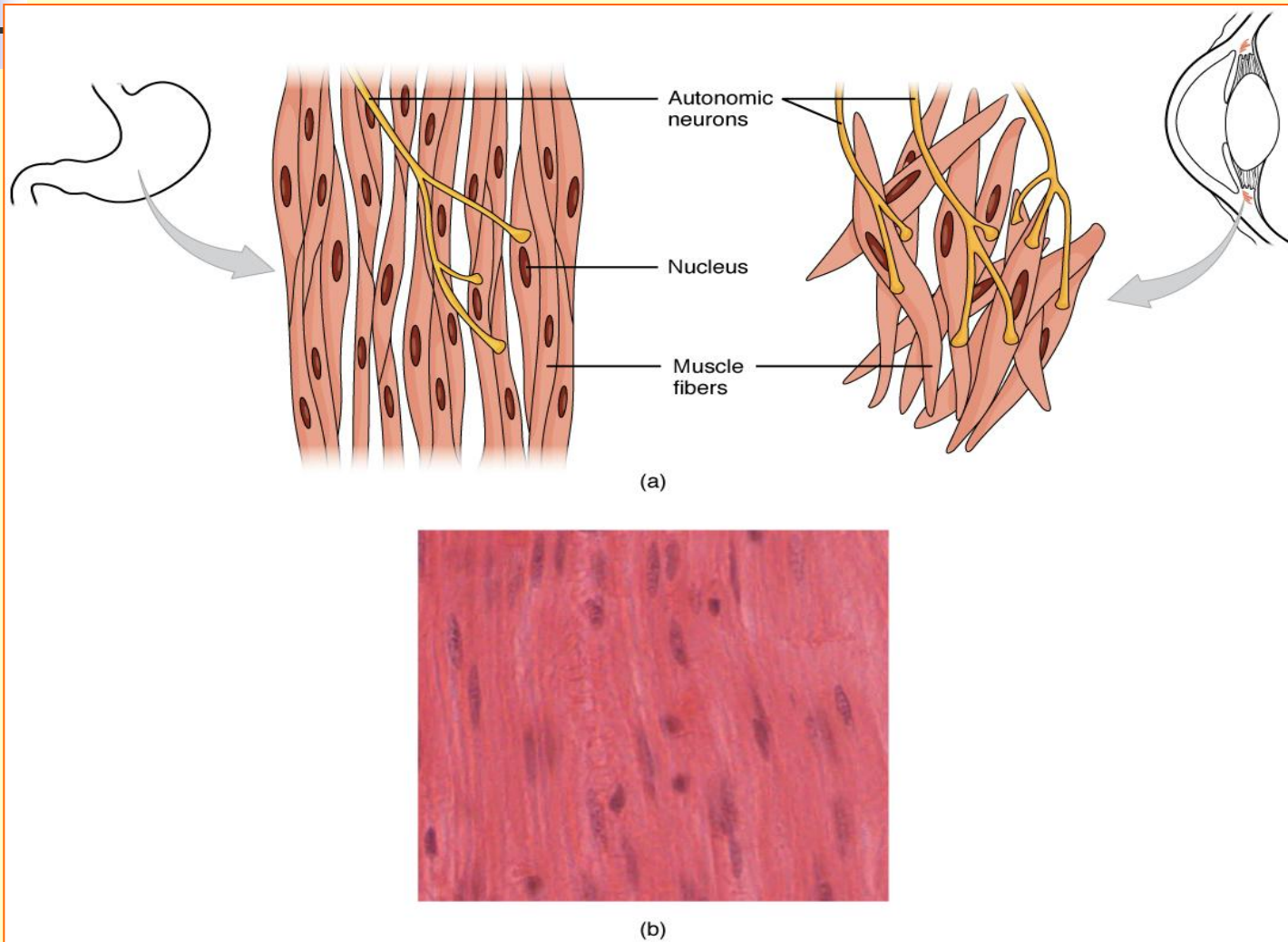


Зависимост между дължина, напрежение и скорост на съкращението

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



Физиология на гладките мускули

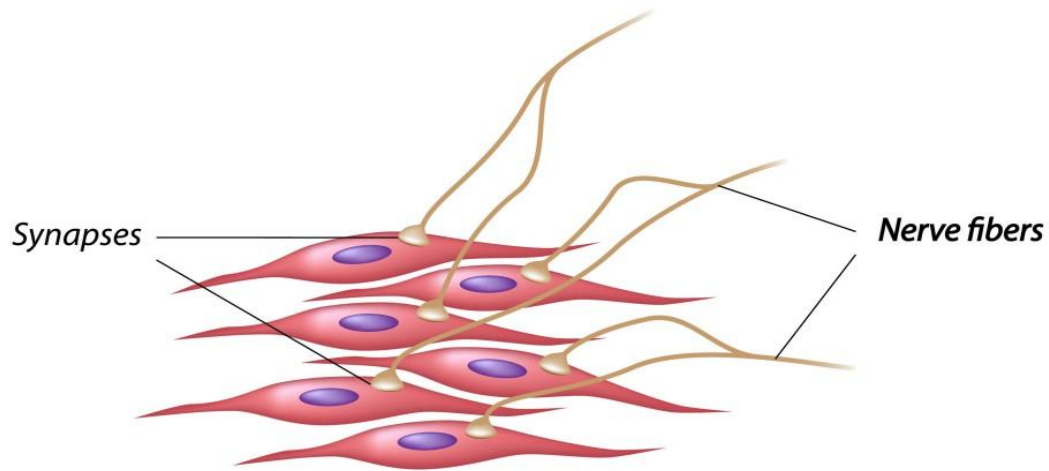




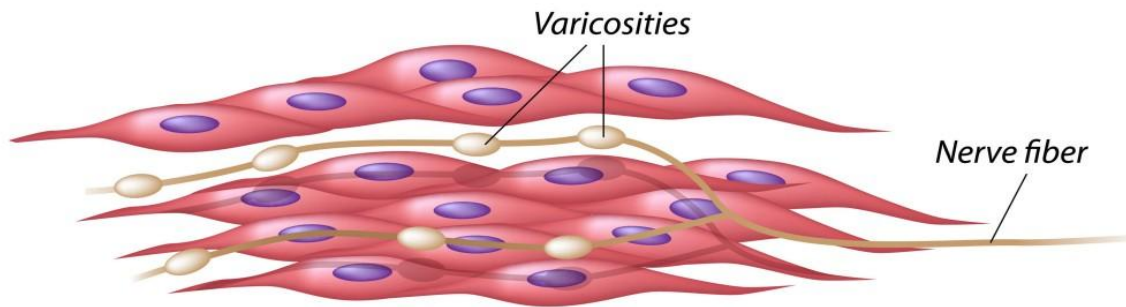
Видове гладки мускули

- ❖ **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



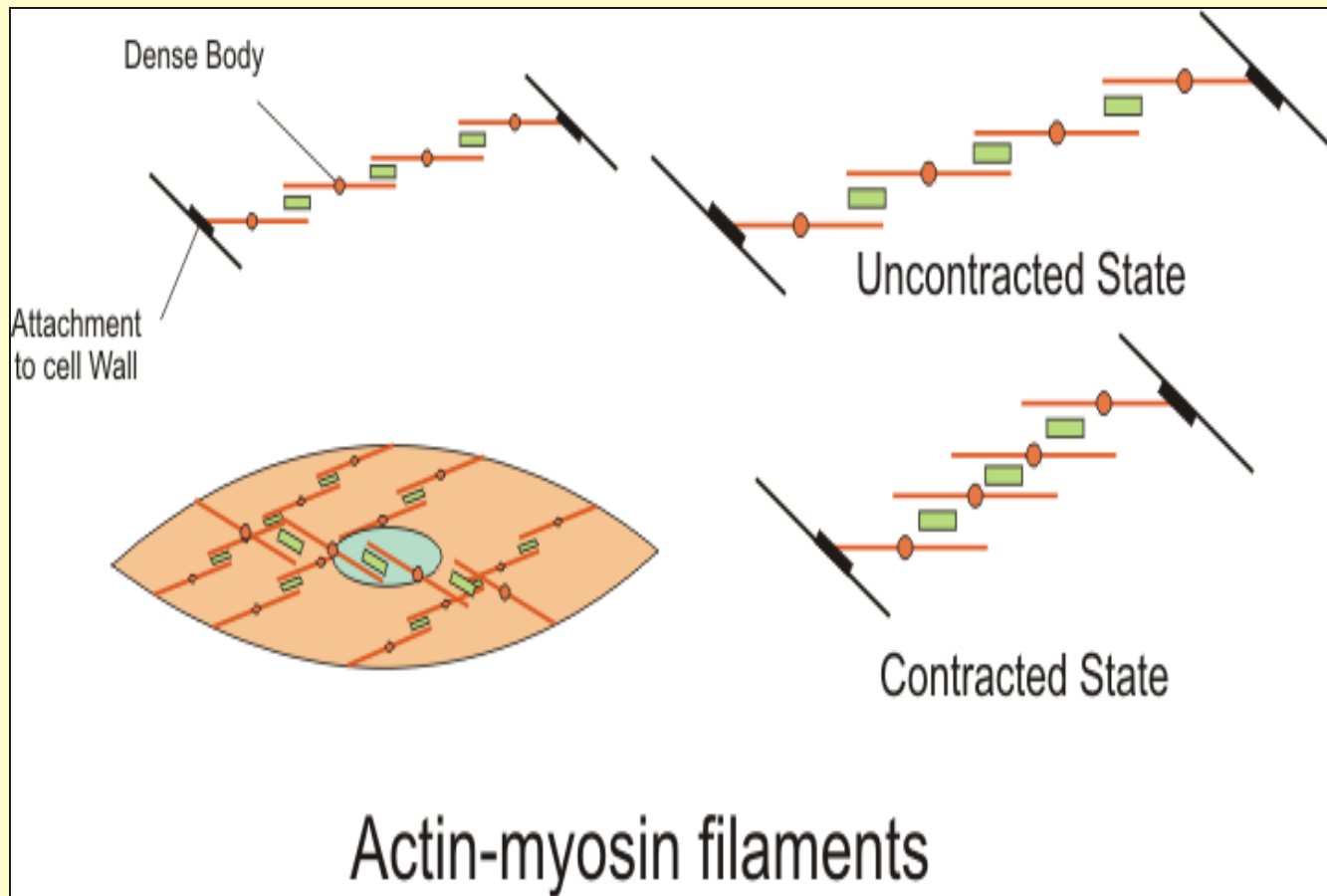
Гладки мускули от дискретен тип



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

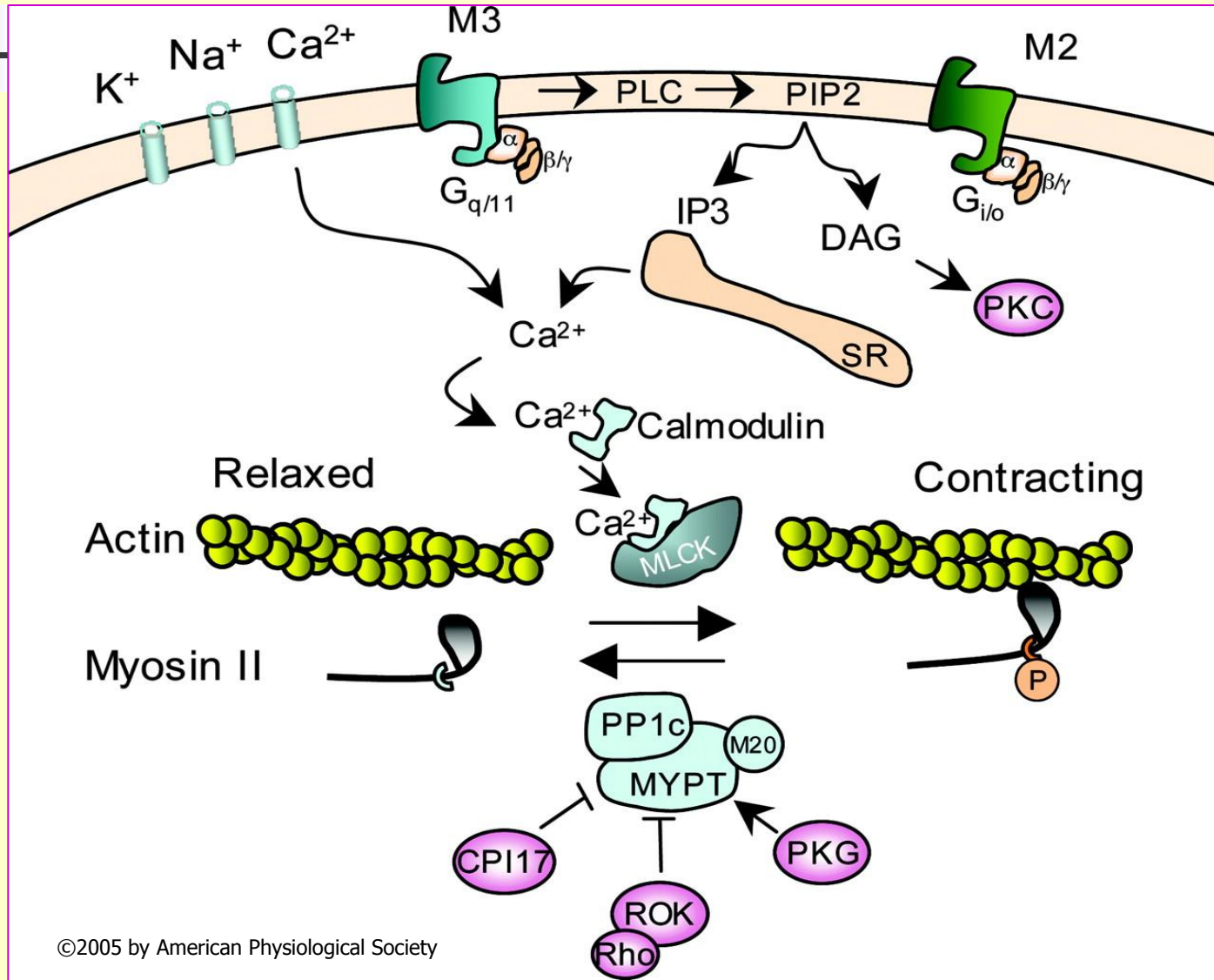
- ■ Инервирани са от двата дяла на вегетативната нервна система.
- При деполяризация на кл. мембрана се отварят Са каналчета.
- Активира се системата калций-калмодулин.
- Повишената концентрация на Са йони води до фосфорилиране на миозина и образуване на актомиозин.
- Може да се поддържа по-продължително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

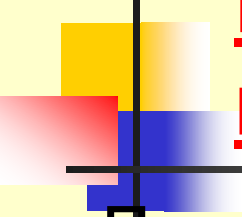
Регулация на съкращението на гладките мускули

- ***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.