




БИОХЕМИЈА НА МУСКУЛИ

- 
- **МУСКУЛИТЕ СЕ ГЛАВНА БИОХЕМИСКА МАШИНА КОЈАШТО ЈА ПРЕТВОРА ПОТЕНЦИЈАЛНАТА (ХЕМИСКА) ЕНЕРГИЈА ВО КИНЕТИЧКА (МЕХАНИЧКА) ЕНЕРГИЈА.**
 - **МУСКУЛИТЕ ЧИНАТ ОКОЛУ 25% ОД МАСАТА НА ТЕЛОТО ПРИ РАЃАЊЕТО, ПОВЕЌЕ ОД 40% КАЈ МЛАДИ ВОЗРАСНИ И НЕШТО ПОМАЛКУ ОД 30 % КАЈ ВОЗРАСНИ ЛИЦА.**

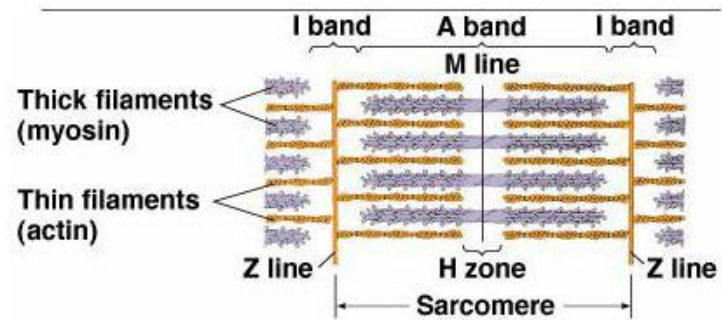
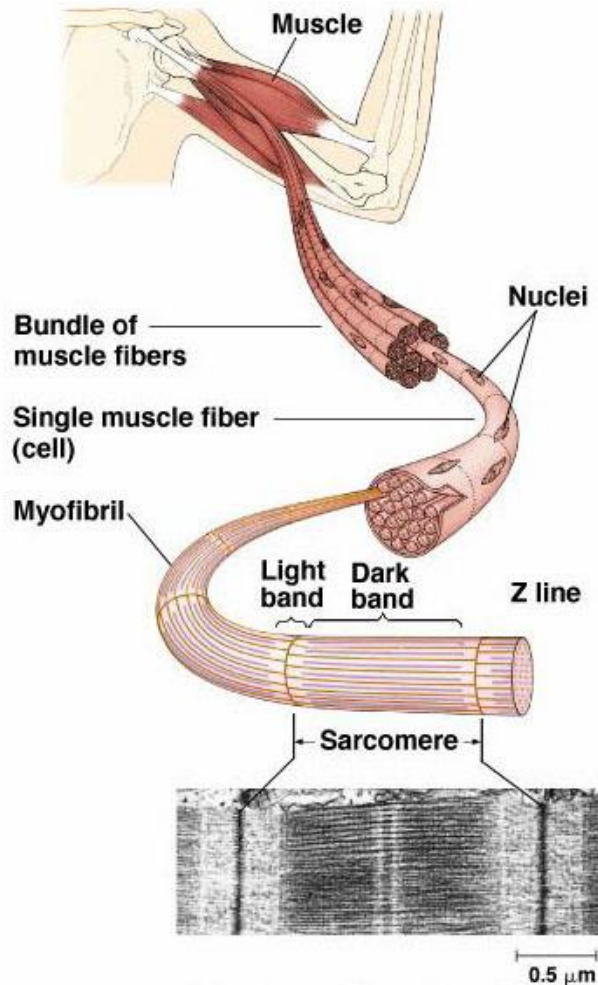
ПОДЕЛБА НА МУСКУЛИТЕ ОД АНАТОМСКО- ФУНКЦИОНАЛЕН АСПЕКТ

- **СКЕЛЕТНИ МУСКУЛИ (40 % ОД СЕВКУПНАТА МАСА НА ТЕЛОТО, НАРЕЧЕНИ СЕ И ВОЛЕВИ МУСКУЛИ);**
- **МАЗНИ МУСКУЛИ (НЕВОЛЕВИ МУСКУЛИ);**
- **СРЦЕВ МУСКУЛ**


СКЕЛЕТНИ МУСКУЛИ

- Скелетните мускули се дел од локомоторниот систем.
- Тие покривајќи го скелетот учествуваат во формирањето на обликот на телото.
- Мускулите на телото и вратот се припоени за коските на скелетот и со своето функционирање овозможуваат одржување на положбата на телото и придвижување на деловите на телото во просторот.
- Мускулите на лицето се припоени еден за друг или за кожата во оваа регија. Контракцијата на овие мускули ја дава мимиката на лицето.
- Како резултат на активноста на скелетните мускули се создава енергија која е од витално значење за одржување на нормалната телесна температура.

ГРАДБА НА СКЕЛЕТЕН МУСКУЛ

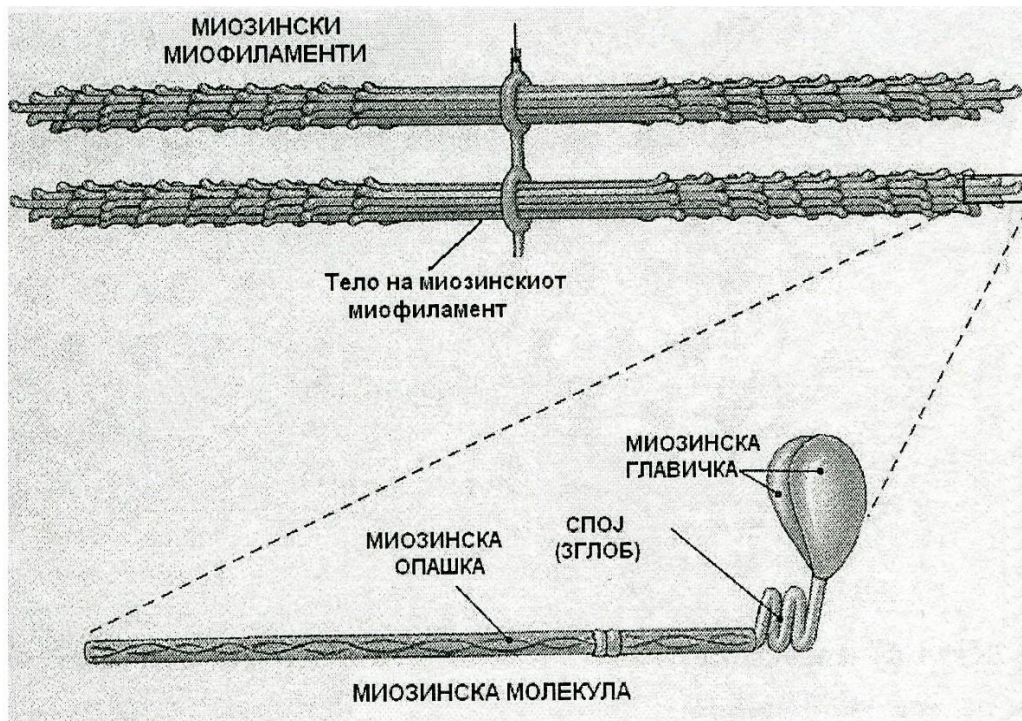


©1999 Addison Wesley Longman, Inc.

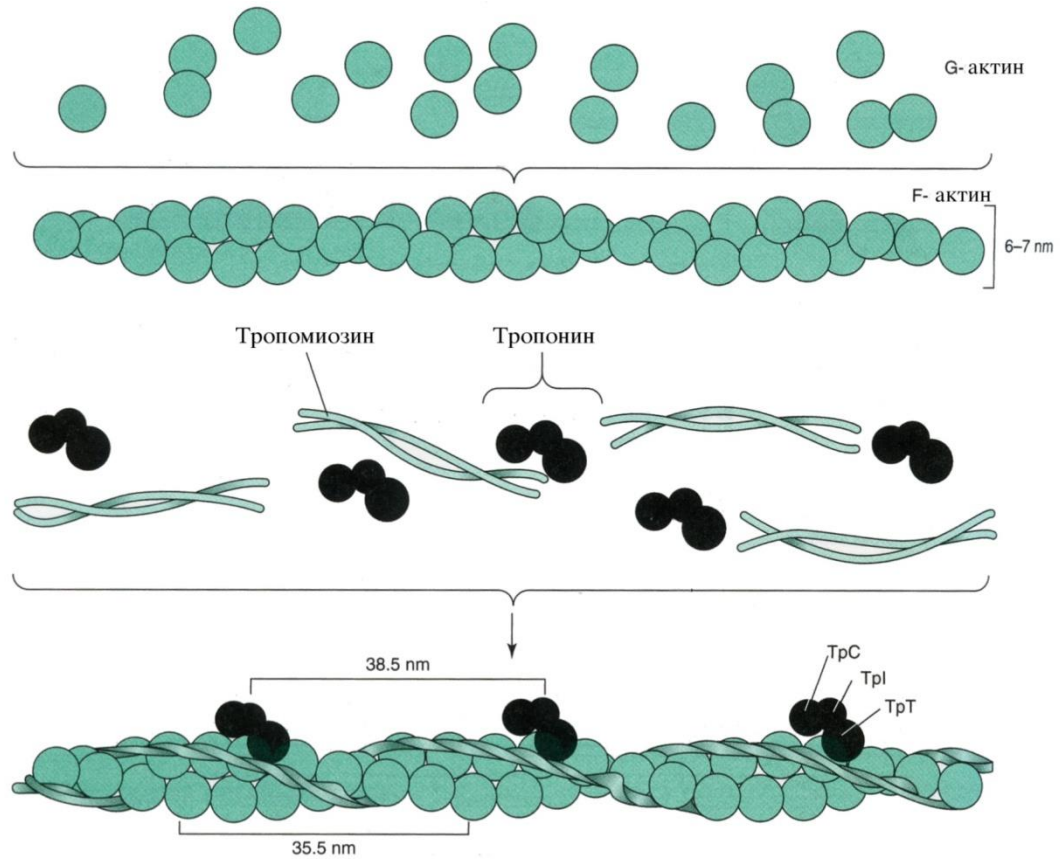
- 
- **ВО РАМКИТЕ НА САРКОМЕРАТА МИОФИЛАМЕНТИТЕ (АКТИНСКИТЕ И МИОЗИНСКИТЕ) СЕ ПРЕЦИЗНО ОРГАНИЗИРАНИ ВО СИСТЕМ КОЈ ОВОЗМОЖУВА КОНТРАКЦИЈА НА МУСКУЛОТ (ЛИЗГАЊЕ НА АКТИНСКИТЕ И МИОЗИНСКИТЕ МИОФИЛАМЕНТИ) И ПРИБЛИЖУВАЊЕ НА Z-ЛИНИИТЕ;**
 - **ЗА ВРЕМЕ НА КОНТРАКЦИЈА И РЕЛАКСАЦИЈА ОДДАЛЕЧЕНОСТА ПОМЕЃУ ДВЕ Z ЛИНИИ ВАРИРА, ОДНОСНО СЕ НАМАЛУВА ПРИ КОНТРАКЦИЈА, А СЕ ЗГОЛЕМУВА ПРИ РЕЛАКСАЦИЈА;**

СТРУКТУРА НА МИОЗИНСКИТЕ МИОФИЛАМЕНТИ

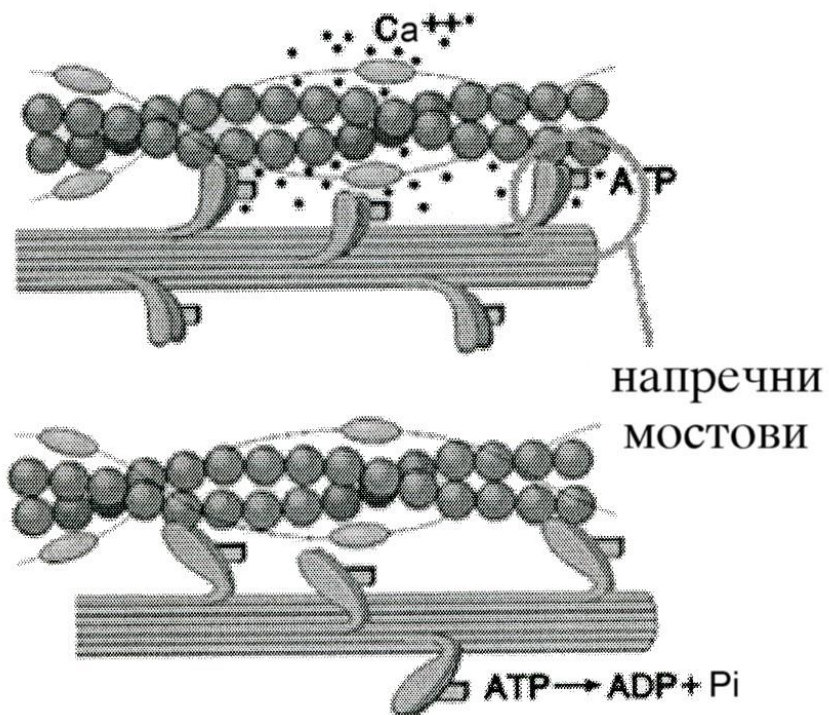
- СЕКОЈА МОЛЕКУЛА НА ПРОТЕИНОТ МИОЗИН Е ИЗГРАДЕНА ОД 6 СИНЦИРИ (ДВА ТЕШКИ СИНЦИРИ И 4 ЛЕСНИ СИНЦИРИ) КОИ СЕ ИСПРЕПЛЕТУВААТ И ГРАДАТ ДОЛГА ОПАШКА И ЕДЕН ПАР ГЛАВИЧКИ.



ГРАДБА НА АКТИНСКИТЕ МИОФИЛАМЕНТИ



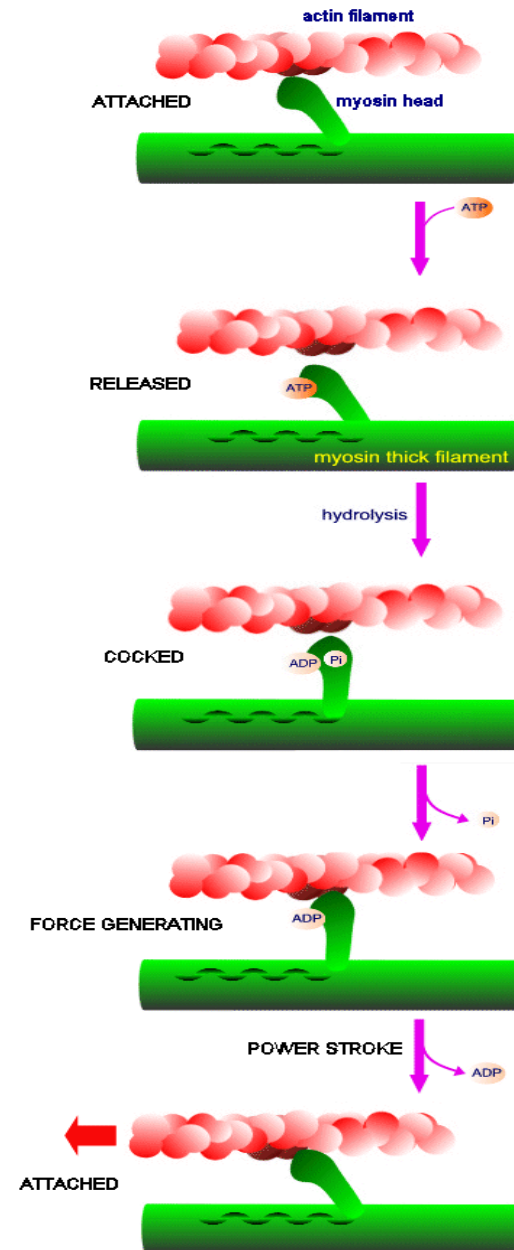
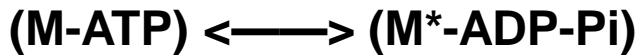
➤ ФОРМИРАЊЕ НА НАПРЕЧНИ МОСТОВИ



МЕХАНИЗАМ НА МУСКУЛНА КОНТРАКЦИЈА

- 1. НЕРВНИОТ ИМПУЛС ПАТУВА ПО ДОЛЖИНАТА НА МОТОНЕВРОНОТ И СТИГНУВА ДО НЕРВНИТЕ ЗАВРШЕТОЦИ КОИ СЕ НАОЃААТ ВО СРЕДИНАТА НА МУСКУЛНИТЕ КЛЕТКИ. ТУКА СЕ СЛУЧУВААТ ПРОМЕНИ КОИ ИНИЦИРААТ СОЗДАВАЊЕ НА АКЦИСКИ ПОТЕНЦИЈАЛ НА МЕМБРАНАТА НА МУСКУЛНАТА КЛЕТКА;**
- 2. АКЦИСКИОТ ПОТЕНЦИЈАЛ ПАТУВА ПО ДОЛЖИНАТА НА МЕМБРАНАТА НА МУСКУЛНАТА КЛЕТКА И ПРЕДИЗВИКУВА ОСЛОБОДУВАЊЕ НА КАЛЦИУМ ОД САРКОПЛАЗМАТСКИОТ РЕТИКУЛУМ;**
- 3. КАЛЦИУМОВИТЕ ЈОНИ СЕ ВРЗУВААТ ЗА ТРОПОНИНОТ И ИНИЦИРААТ ОСЛОБОДУВАЊЕ НА АКТИВНИТЕ МЕСТА НА F-АКТИНОТ , НИВНО ПОВРЗУВАЊЕ СО МИОЗИНСКИТЕ ГЛАВИЧКИ И СОЗДАВАЊЕ НА ПОПРЕЧНИ МОСТОВИ. ОВА ВО ПРИСУСТВО НА АТР ДОВЕДУВА ДО ЛИЗГАЊЕ НА МИОФИЛАМЕНТИТЕ, ШТО ПРЕТСТАВУВА КОНТРАКЦИЈА НА МУСКУЛНАТА КЛЕТКА;**
- 4. ПОТОА КАЛЦИУМОВИТЕ ЈОНИ, СО ПОМОШ НА КАЛЦИУМОВА ПУМПА ЗА АКТИВЕН ТРАНСПОРТ СЕ ВРАќААТ НАЗАД ВО САРКОПЛАЗМАТСКИОТ РЕТИКУЛУМ КАДЕ ОСТАНУВААТ СКЛАДИРАНИ СЕ ДОДЕКА ДО МУСКУЛНАТА КЛЕТКА НЕ СТИГНЕ НОВ АКЦИСКИ ПОТЕНЦИЈАЛ. ВО ОВАА ЕТАПА МУСКУЛНАТА КОНТРАКЦИЈА ПРЕКИНУВА.**

ТЕОРИЈА НА ЛИЗГАЊЕ



ИЗВОРИ НА ЕНЕРГИЈА ЗА МУСКУЛНА КОНТРАКЦИЈА

- КАКО ДИРЕКТЕН ИЗВОР НА ЕНЕРГИЈА, МУСКУЛНИТЕ КЛЕТКИ ГО КОРИСТАТ **АТР**. КОНЦЕНТРАЦИЈАТА НА АТР ВО МУСКУЛНАТА КЛЕТКА Е ДОВОЛНА САМО ЗА КОНТРАКЦИЈА СО МАКСИМАЛЕН ИНТЕНЗИТЕТ КОЈА ТРАЕ НАЈМНОГУ 1-2 СЕКУНДИ.
- ВО МУСКУЛНИТЕ КЛЕТКИ ПОСТОИ И ДРУГО ВИСОКОЕНЕРГЕТСКО СОЕДИНЕНИЕ - **КРЕАТИН ФОСФАТ**, КОЕ ВО УСЛОВИ НА МУСКУЛНА КОНТРАКЦИЈА СО УЧЕСТВО НА ЕНЗИМОТ КРЕАТИН КИНАЗА СЕ РАЗЛОЖУВА НА КРЕАТИН И АТР КОГО МУСКУЛНАТА КЛЕТКА ГО КОРИСТИ.



КРЕАТИН ФОСФАТОТ ПРЕТСТАВУВА ДЕПО НА ФОСФОРНИ ГРУПИ БОГАТИ СО ЕНЕРГИЈА. ИМА СПОСОБНОСТ ДА ЈА ПРЕФРЛИ НЕГОВАТА ФОСФОРНА ГРУПА ВРЗ АDR.

НА ТОЈ НАЧИН КРЕАТИН ФОСФАТОТ ОДРЖУВА ВИСОКА КОНЦЕНТРАЦИЈА НА АТР ЗА ВРЕМЕ НА МУСКУЛНА КОНТРАКЦИЈА.

- ВО НОРМАЛНИ УСЛОВИ ПРОТЕИНИТЕ НЕ СЕ ИЗВОР НА ЕНЕРГИЈА.

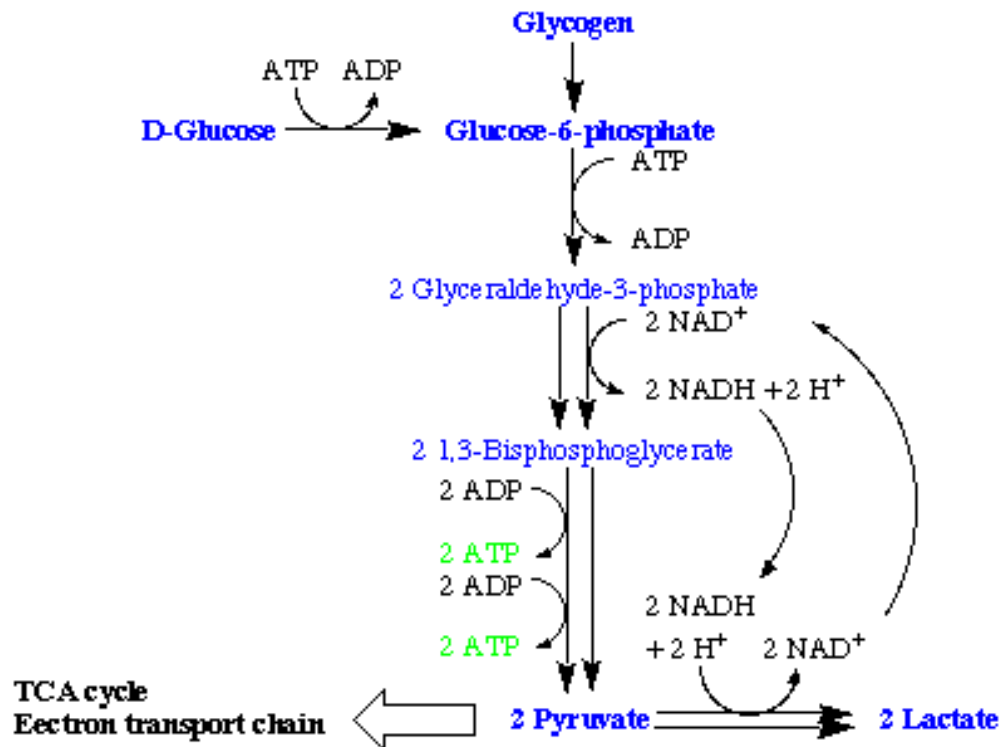
➤ ОВИЕ ВИСОКОЕНЕРГЕТСКИ СОЕДИНЕНИЈА ВО КЛЕТКАТА СЕ ОБНОВУВААТ:

- ПРЕКУ РАЗГРАДБА НА ГЛИКОЗАТА ОД СКЛАДИРАНИОТ ГЛИКОГЕН ВО МУСКУЛНИТЕ КЛЕТКИ;**
- ВИСОКО ЕНЕРГЕТСКИТЕ СОЕДИНЕНИЈА СЕ ДОБИВААТ И СО РАЗГРАДБА НА МАСТИ, НО ОВОЈ ПРОЦЕС Е МОЖЕН САМО ВО ПРИСУСТВО НА КИСЛОРОД.**

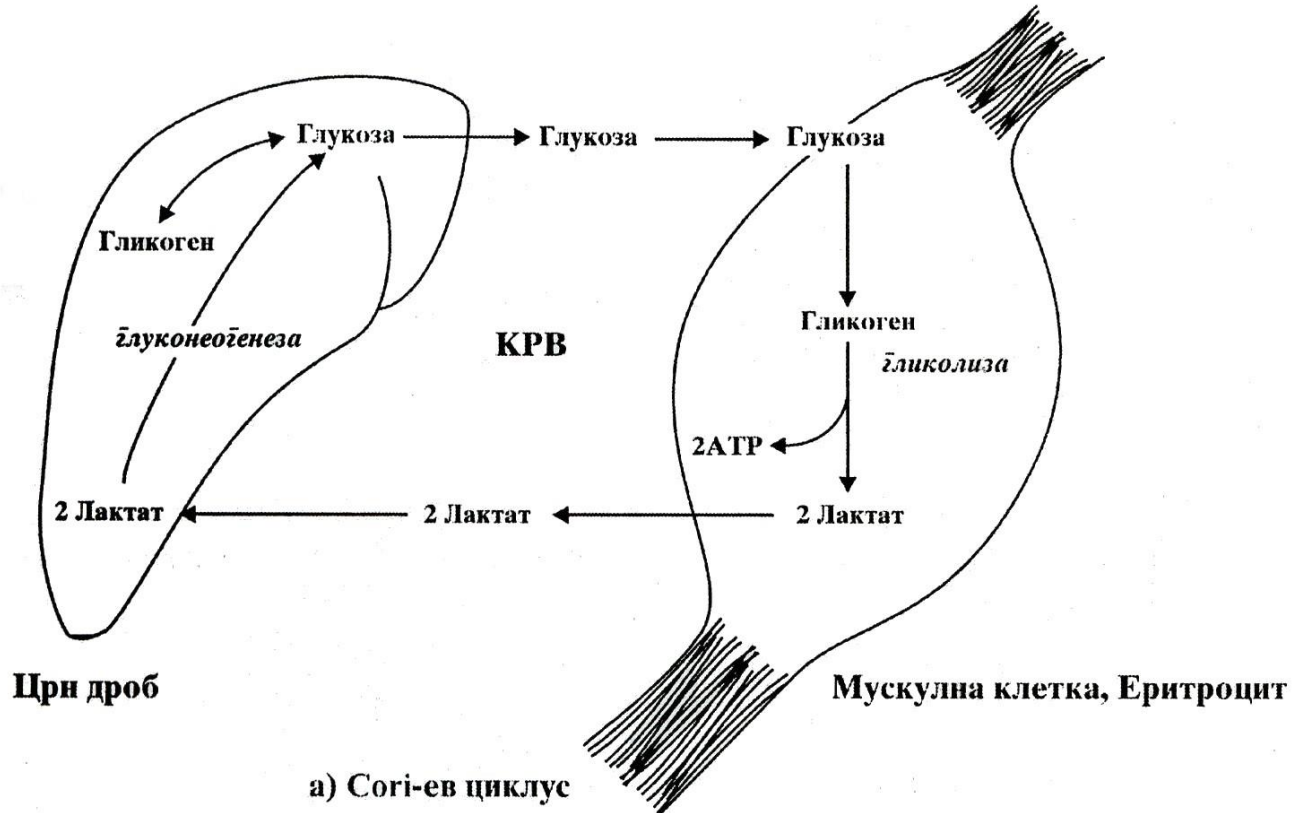
➤ ВО УСЛОВИ НА СИЛНИ МУСКУЛНИ КОНТРАКЦИИ, МУСКУЛНИТЕ КЛЕТКИ КАКО ИЗВОР НА ЕНЕРГИЈА ЈА КОРИСТАТ САМО РАЗГРАДБАТА НА ГЛИКОЗАТА (АНАЕРОБНО).

➤ ПРИ ДОЛГОТРАЈНА МУСКУЛНА КОНТРАКЦИЈА ПРИ ИЗВЕДУВАЊЕ ЛЕСНИ ВЕЖБИ МУСКУЛНИТЕ КЛЕТКИ ЕНЕРГИЈАТА ЈА ДОБИВААТ СО СОГОРУВАЊЕ НА ГЛИКОЗАТА И МАСНИТЕ КИСЕЛИНИ ИСТОВРЕМЕНО.

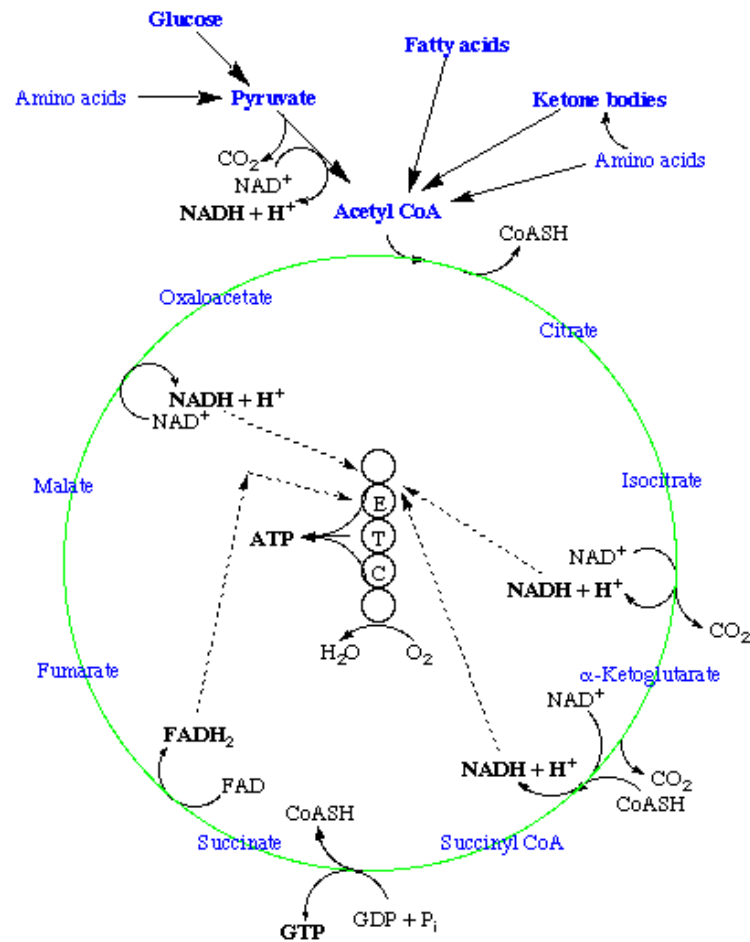
ГЛИКОГЕНОЛИЗА И ГЛИКОЛИЗА



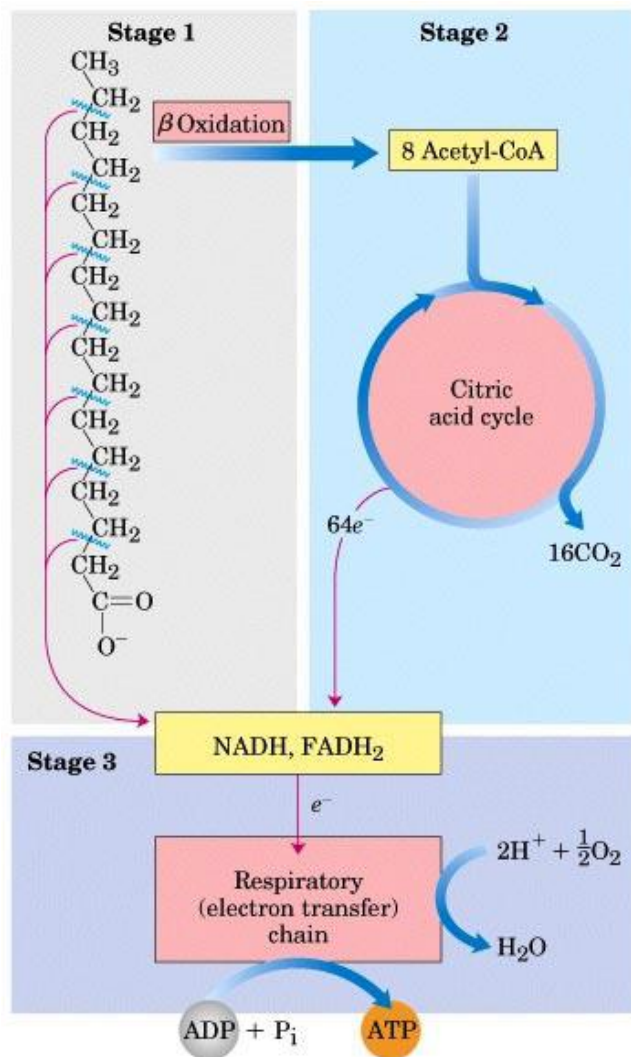
СУДБИНА НА ЛАКТАТОТ



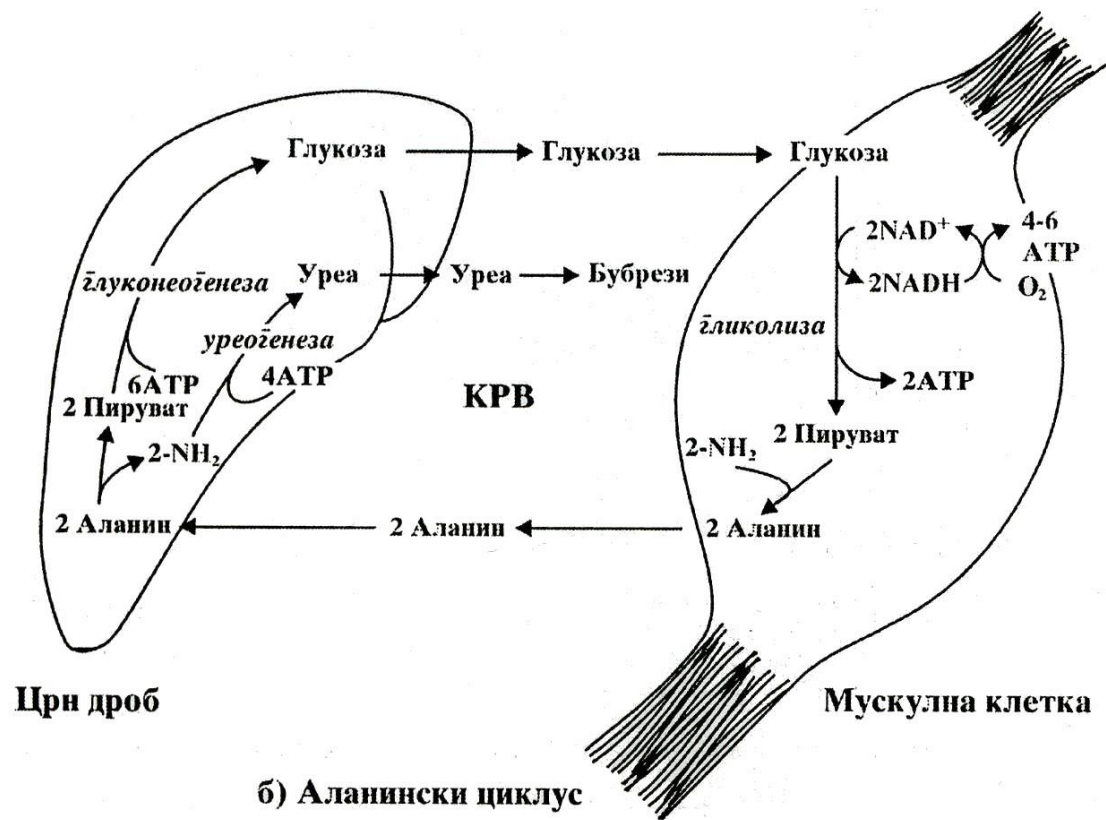
ОКСИДАТИВНА ФОСФОРИЛАЦИЈА



БЕТА ОКСИДАЦИЈА НА МАСНИ КИСЕЛИНИ



МЕТАБОЛИЗАМ НА АМИНО КИСЕЛИНИТЕ ВО МУСКУЛИТЕ



ВИДОВИ НА МУСКУЛНИ КЛЕТКИ

Во однос на брзината со која мускулните клетки се контрахираат, и нивната издржливост на брзи стимулации тие се поделени на:

1. Тип 1 (бавни мускулни клетки, **црвени мускулни клетки**).
2. Тип 2 (брзи мускулни клетки, **бели мускулни клетки**).

Црвените мускулни клетки содржат миоглобин (протеин сличен на хемоглобинот кој го врзува кислородот), многу митохондрии, бројни оксидативни ензими и се проткаени со густа мрежа на крвни капилари. Во овие мускулни клетки преовладуваат аеробни процеси на добивање на енергија за мускулна контракција.

Белите мускулни клетки содржат големи количини на гликоген и гликогенолитички ензими.

Во овие мускулни клетки преовладуваат анаеробни процеси на добивање на енергија за мускулна контракција.

ЦРВЕНИ ОКСИДАТИВНИ И БЕЛИ ГЛИКОЛИТИЧКИ МУСКУЛИ

- МУСКУЛИТЕ КОИ СОДРЖАТ ПОВЕЌЕ МУСКУЛНИ КЛЕТКИ ОД ТИП 1 СЕ НАРЕКУВААТ **ЦРВЕНИ ОКСИДАТИВНИ МУСКУЛИ**.
- ЦРВЕНИТЕ ОКСИДАТИВНИ МУСКУЛИ КОИ ЗАВИСАТ ГЛАВНО ОД ОКСИДАТИВНА ФОСФОРИЛАЦИЈА ЗА ДА ДОБИЈАТ МОЛЕКУЛИ НА АТР ИМААТ ПОТРЕБА ОД ГОЛЕМИ КОЛИЧЕСТВА НА КИСЛОРОД. ЗА ДА СИ ОВОЗМОЖАТ ПОСТОЈАНА ДОСТАПНОСТ НА КИСЛОРОД ТИЕ ГО СКЛАДИРААТ КАКО ОКСИМИОГЛОБИН. ОКСИДАТИВНИТЕ МУСКУЛИ СЕ ЦРВЕНИ ПО БОЈА ЗАРАДИ ВИСОКОТО КОЛИЧЕСТВО НА МИОГЛОБИН. ИМААТ БАВНИ КОНТРАКЦИИ КОИ ПОДОЛГО ТРААТ И ПОМАЛКУ СЕ ЗАМОРУВААТ. ОВИЕ МУСКУЛИ СЕ ОДГОВОРНИ ЗА ОДРЖУВАЊЕ НА ПОЛОЖБАТА НА ТЕЛОТО.
- МУСКУЛИТЕ КОИ СОДРЖАТ ПОВЕЌЕ МУСКУЛНИ КЛЕТКИ ОД ТИП 2 СЕ НАРЕКУВААТ **БЕЛИ ГЛИКОЛИТИЧКИ МУСКУЛИ**. ГЛИКОЛИТИЧКИТЕ МУСКУЛИ СЕ БЕЛИ, БИДЕЈЌИ ИМ НЕДОСТИГА МИОГЛОБИН. СОДРЖАТ ГОЛЕМИ КОЛИЧЕСТВА ГЛИКОГЕН И АТР ГО ДОБИВААТ СО ГЛИКОЛИЗАТА. ПРИЛАГОДЕНИ СЕ ЗА БРЗИ И СИЛНИ МУСКУЛНИ КОНТРАКЦИИ И БРЗО СЕ ЗАМОРУВААТ(СКОКАЊЕ, БРЗО ТРЧАЊЕ).

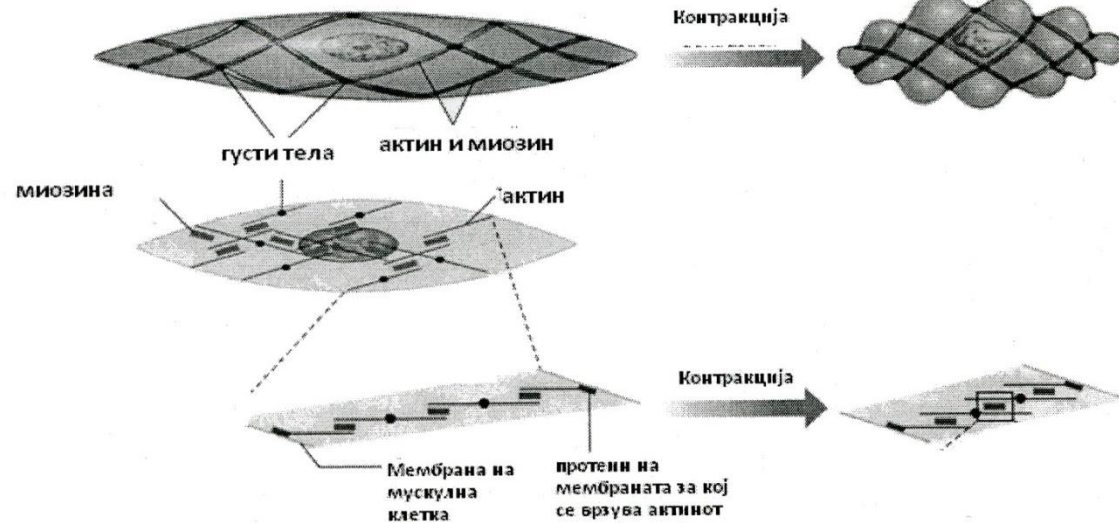
МАЗНИ МУСКУЛИ

- НЕВОЛЕВИ МУСКУЛИ (НИВНОТО ФУНКЦИОНИРАЊЕ НЕ Е КОНТРОЛИРАНО ОД НАШАТА ВОЛЈА);
- ГО ФОРМИРААТ СИДОТ НА НА ШУПЛИВИТЕ ОРГАНИ И ЦИЛИНДРИЧНИ СТРУКТУРИ (КРВНИ САДОВИ) И ВЛЕГУВААТ ВО СОСТАВ НА СФИНКТЕРИТЕ;
- ПРИ КОНТРАКЦИЈА ЈА КРЕИРААТ СИЛАТА КОЈА ГИ ПРИДВИЖУВА МАТЕРИИТЕ ВО ЛУМЕНОТ НА ОРГАНИТЕ (ЈА ПРИДВИЖУВААТ ХРАНАТА НИЗ ЦРЕВАТА, ПУМПАЊЕТО НА КРВТА НИЗ КРВНИТЕ САДОВИ).

ОРГАНИЗАЦИЈА НА МИОФИЛАМЕНТИТЕ ВО МАЗНАТА МУСКУЛНА КЛЕТКА

актинските и мизинските миофиламенти се мрежасто поставени околу периферијата на клетката

Организацијата на миофиламентите условува при контракција клетката да добие глобуларна форма



РАЗЛИКИ МЕЃУ СКЕЛЕТНИТЕ МУСКУЛИ И МАЗНИТЕ МУСКУЛИ

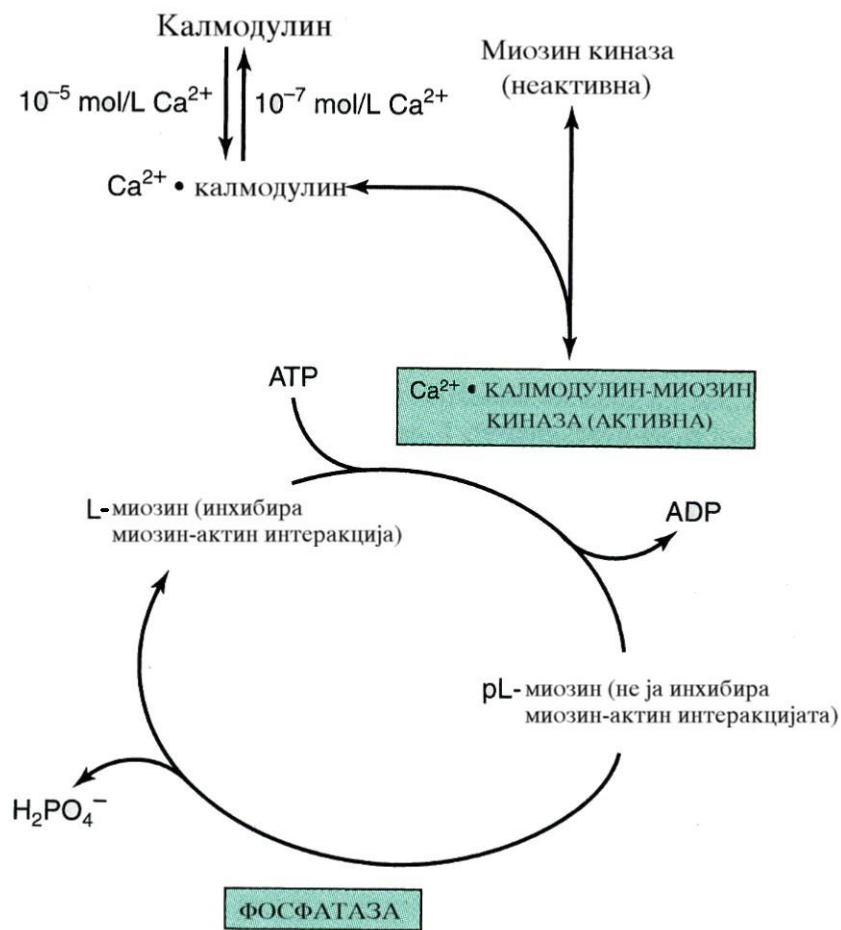
- ПОСТОИ РАЗЛИКА ВО ОРГАНИЗАЦИЈАТА НА ФИЛАМЕНТИТЕ;
- КАЈ МАЗНИТЕ МУСКУЛИ НА КЛЕТОЧНАТА МЕМБРАНА ПОСТОЈАТ И КАЛЦИУМОВИ КАНАЛИ;
- **ВО МАЗНИТЕ МУСКУЛНИ КЛЕТКИ НЕ ПОСТОИ ТРОПОНИН**, ТУКУ КАЛЦИУМОТ СЕ ВРЗУВА ЗА ПРОТЕИНОТ **КАЛМОДУЛИН**. КОМПЛЕКСОТ КАЛЦИУМ-КАЛМОДУЛИН ГО ОВОЗМОЖУВА ВРЗУВАЊЕТО НА МИОЗИНОТ ЗА АКТИНОТ;
- ПРОЦЕСОТ НА КОНТРАКЦИЈА И РЕЛАКСАЦИЈА ВО МАЗНИТЕ МУСКУЛИ СЕ ОДВИВА ПОБАВНО ВО ОДНОС НА СКЕЛЕТНИТЕ И СРЦЕВИОТ МУСКУЛ;
- МАЗНАТА МУСКУЛАТУРА КОРИСТИ ПОМАЛКУ ЕНЕРГИЈА ЗА ПОСТИГНУВАЊЕ НА ОДРЕДЕНА СИЛА НА КОНТРАКЦИЈАТА.

- **МАЗНИТЕ МУСКУЛИ ИМААТ ПОМАЛКУ ПОТРЕБА ОД КИСЛОРОД И ПРИ КОНТРАКЦИЈА МОЖАТ ПОДОЛГО ВРЕМЕ ДА ИЗДРЖАТ БЕЗ ДА СЕ ЗАМОРАТ;**
- **ВРЗ КОНТРАКЦИЈАТА И РЕЛАКСАЦИЈАТА НА МАЗНАТА МУСКУЛАТУРА ВЛИЈААТ МНОГУ ФАКТОРИ. ЗА РАЗЛИКА ОД СКЕЛЕТНИТЕ МУСКУЛИ, КОИ РЕАГИРААТ ПРИ ЕКЦИТАЦИЈА ОД МОТОНЕВРОН, КОНТРАКЦИЈАТА НА МАЗНИТЕ МУСКУЛИ МОЖЕ ДА БИДЕ СТИМУЛИРАНА, НО И ИНХИБИРАНА ОД НЕВРОТРАНСМИТЕРИ КОИ СЕ ОСЛОБОДУВААТ ОД ВЕГЕТАТИВНИОТ НЕРВЕН СИСТЕМ, ОД ХОРМОНИ ИЛИ ПАРАКРИНИ СУПСТАНЦИИ. КЛЕТОЧНАТА МЕМБРАНА СОДРЖИ РАЗЛИЧНИ РЕЦЕПТОРИ КОИ МОЖАТ ДА ИНИЦИРААТ КОНТРАКЦИЈА ИЛИ ДА ЈА ИНХИБИРААТ ПОСТОЕЧКАТА КОНТРАКЦИЈА;**
- **МАЗНИТЕ МУСКУЛИ НЕМААТ СПЕЦИЈАЛИЗИРАН РЕГИОН КАКО ШТО Е МОТОРНАТА ЗАВРШНА ПЛОЧА КАЈ СКЕЛЕТНИТЕ МУСКУЛИ. КАЈ НИВ НЕВРОТРАНСМИТЕРОТ СЕ ОСЛОБОДУВА ВО Т.Н. ПРОШИРУВАЊА НА НЕВРОНИТЕ КОИ СЕ БЛИСКУ ДО МУСКУЛНИТЕ КЛЕТКИ И ИСТИОТ ДИФУНДИРА ОКОЛУ КЛЕТОЧНАТА МЕМБРАНА ДОДЕКА НЕ ГО НАЈДЕ РЕЦЕПТОРОТ.**

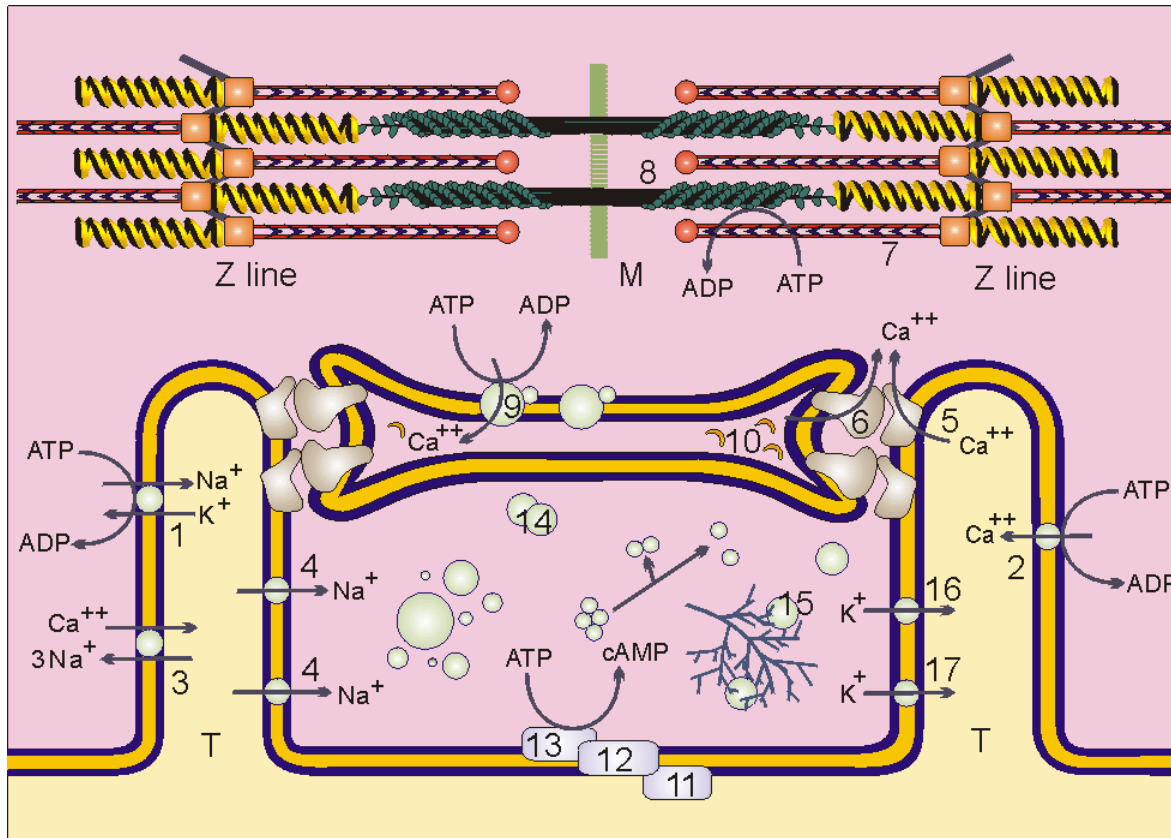
РЕГУЛАЦИЈА НА КОНТРАКЦИЈАТА КАЈ МАЗНИТЕ МУСКУЛИ

- РЕГУЛАЦИЈАТА НА КОНТРАКЦИЈАТА НА МАЗНИТЕ МУСКУЛИ Е **МИОЗИН-БАЗИРАНА** , ЗА РАЗЛИКА ОД ОНАА КАЈ НАПРЕЧНО ПРУГАСТИТЕ МУСКУЛИ, КОЈА Е АКТИН-БАЗИРАНА;
- КОНТРАКЦИЈАТА НА МАЗНИТЕ МУСКУЛИ Е ИСТО ТАКА РЕГУЛИРАНА ОД Ca^{2+} ;
- ЛЕСНИТЕ ЛАНЦИ НА МИОЗИНОТ МОРА ДА БИДАТ ФОСФОРИЛИРАНИ ЗА ДА СЕ ВРЗЕ МИОЗИНСКАТА ГЛАВА ЗА F-АКТИНОТ И ДА СЕ АКТИВИРА МИОЗИН АТРазата. АТРазната АКТИВНОСТ ПОТОО ОВОЗМОЖУВА ХИДРОЛИЗА НА АТР, НО ДЕСЕТ ПАТИ ПОБАВНО ОД СООДВЕТНАТА АКТИВНОСТ КАЈ СКЕЛЕТНИТЕ МУСКУЛИ.

КОНТРАКЦИЈА НА МАЗНА МУСКУЛНА КЛЕТКА



РЕГУЛАЦИЈА НА КОНТРАКЦИЈАТА НА СРЦЕВИОТ МУСКУЛ



Литература

1. Murray RK. Muscle & Cytoskeleton.
In: Murray RK, Granner DK and Rodwell VW, 27 eds. Harper's illustrated biochemistry New York: McGraw-Hill; 2006, p.565-587.
2. Michael W. King, Ph.D / IU School of Medicine / miking at iupui.edu / © 1996–2011.
Available from www.themedicalbiochemistrypage.org/muscle.html
3. Мјуреј РК и сор. Харперова илустрирана биохемија, Арс Ламина; 2011: 545-565.