

ОСНОВНЕ СТРУКОВНЕ СТУДИЈЕ СТРУКОВНИ ТЕРАПЕУТ



Клиничка биомеханика

Активни део локомоторног апарата: мишићи

Грађа мишића.

Механичке особине мишића.

Мишићни тонус.

Мишићна контракција.

Типови мишићних влакана.

Мишићна сила.

Ефикасност мишићне контракције.

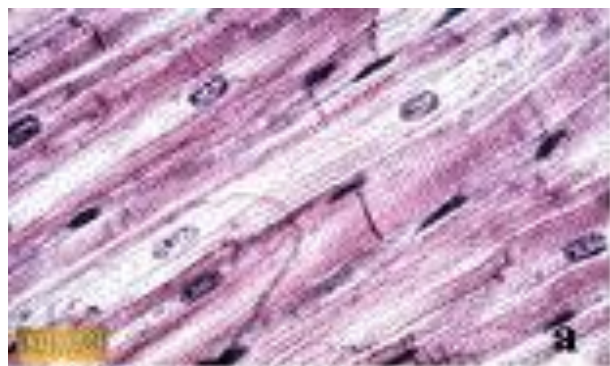
Отворени и затворени кинетички ланац.

ЛОКОМОТОРНИ СИСТЕМ ЧОВЕКА

- Представља човеков зглобно-коштано-мишићни систем који му омогућује промену положаја у простору и све остале вољне механичке покрете.
- Овај систем садржи пасивни и активни део.
- Пасивни део чине кости и зглобови, а активни → **скелетни мишићи**.

МИШИЋИ

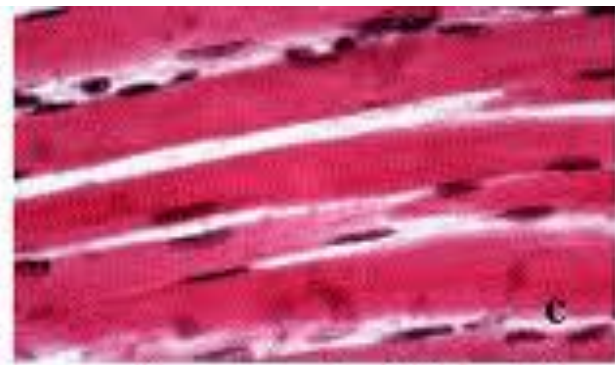
- Функционална анатомија и биомеханика третирају дејство само оне скелетне мускулатуре која је под утицајем човекове воље → попречно-пругаста мускулатура и представља **активни део** локомоторног апарата.



srčano mišićno tkivo



glatko mišićno tkivo

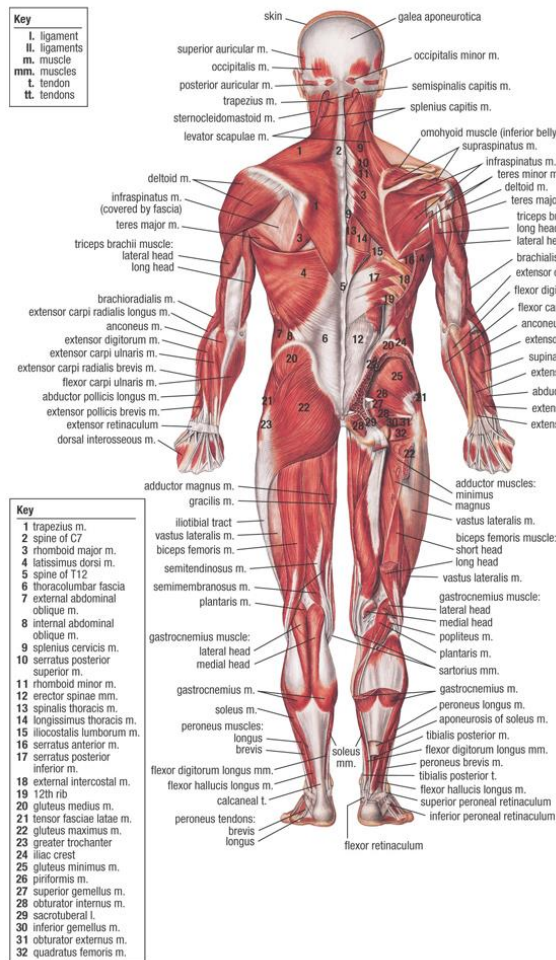


poprečno-prugasto mišićno tkivo

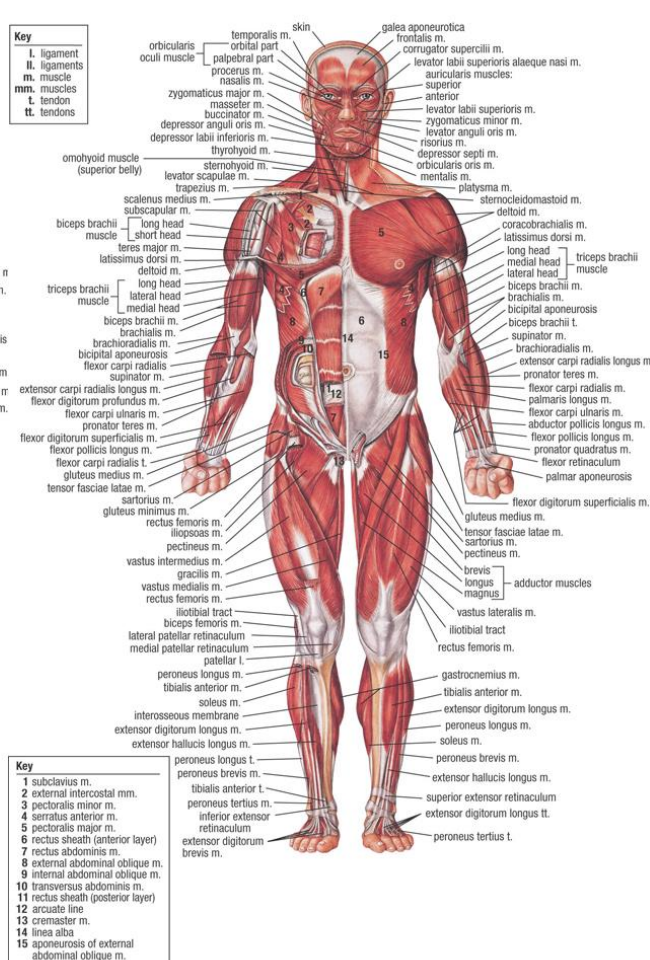
МИШИЋИ

У телу има око **650** мишића који просечно чине **40-45%** телесне масе

MUSCULAR SYSTEM (POSTERIOR VIEW)

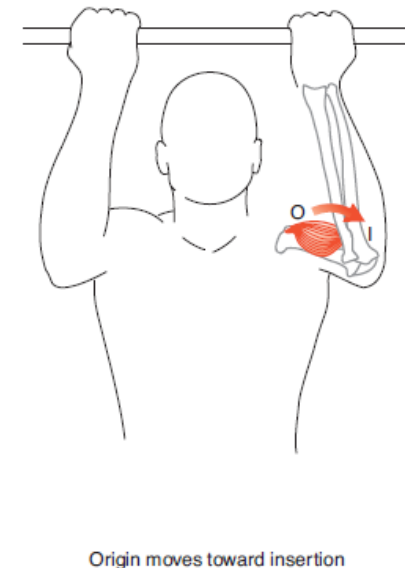
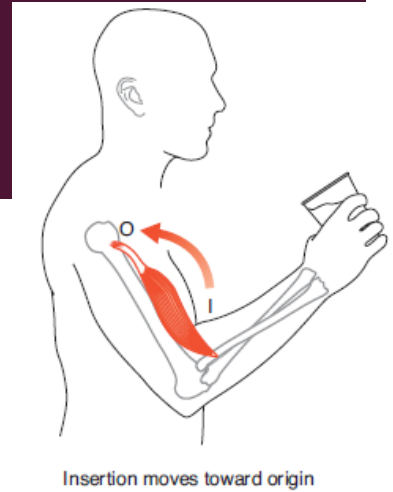


MUSCULAR SYSTEM (ANTERIOR VIEW)



КОНТРАКТИЛНОСТ

- Свако мишићно влакно има својство да се, услед физичко-хемијских процеса који се у њему одигравају, грчи и опушта, чиме омогућује покрете.
- Приликом контракције, проксимални и дистални припој (origin-insertion) се приближавају
- тонус - напетост мишића



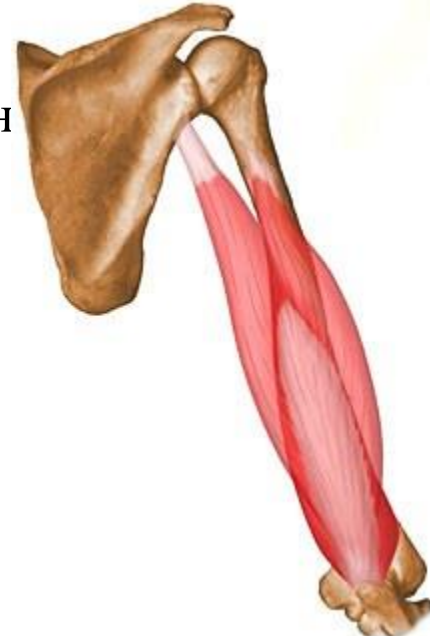
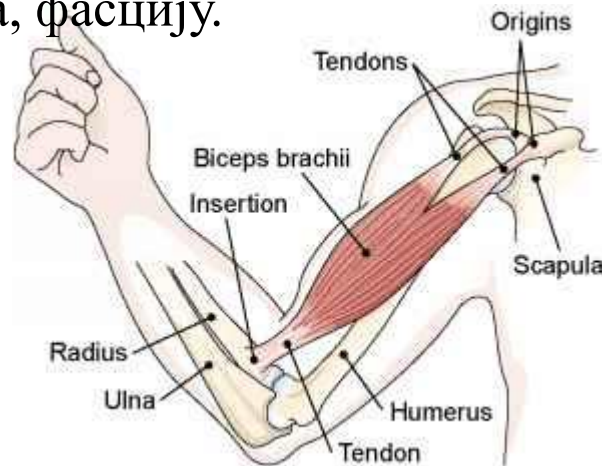
ОСНОВНЕ МЕХАНИЧКЕ ОСОБИНЕ МИШИЋА

- 1) **контрактилност** – способност мишића да се скраћује и издужује
- 2) **растегљивост** – способност мишића да се до извесне мере издужи, а да при том не дође до његовог кидања
- 3) **еластичност** – способност мишића да се након издуживања поново врати на првобитну дужину
- 4) **раздражљивост** - способност мишића да реагује контракцијом на дражење мишића преко нервних завршетака или на директно механичко дражење

СПОЉНИ ИЗГЛЕД МИШИЋА

Мишићно тело и тетивни припоји

- Тело (трбух, глава) – контрактилни део
- Тетиве – неконтракtilни део мишића
- Најмање једно тело и два тетивна припоја
- Више тела – глава: biceps, triceps, quadriceps > на једном крају једна заједничка тетива, а на другом свака глава има своју
- Мишић се тетивама припаја најчешће на кости, али може и на хрскавицу, тетиву другог мишића, фасцију.

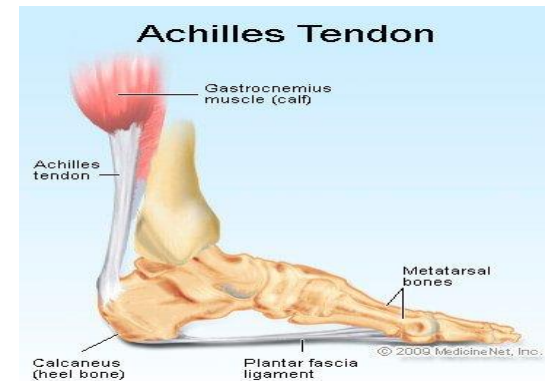


ТЕТИВЕ

Тетиве се састоје од везивног влакна и колагена, што им даје еластичност.

Према облику могу бити:

1. у облику жиле (**tendo**)
2. у облику листа (**aponeurosis**)

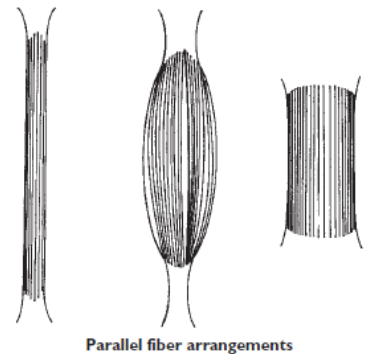


АРХИТЕКТУРА МИШИЋА ПРЕМА ОРИЈЕНТАЦИЈИ ВЛАКАНА

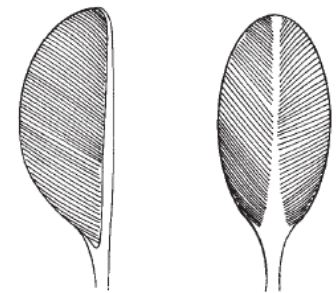
Према оријентацији мишићних влакана мишиће можемо поделити у две основне групе :

- 1) Мишићи са влакнима постављеним паралелно са уздужном осом
- 2) Мишићи са влакнима постављеним укосо од уздужне осе

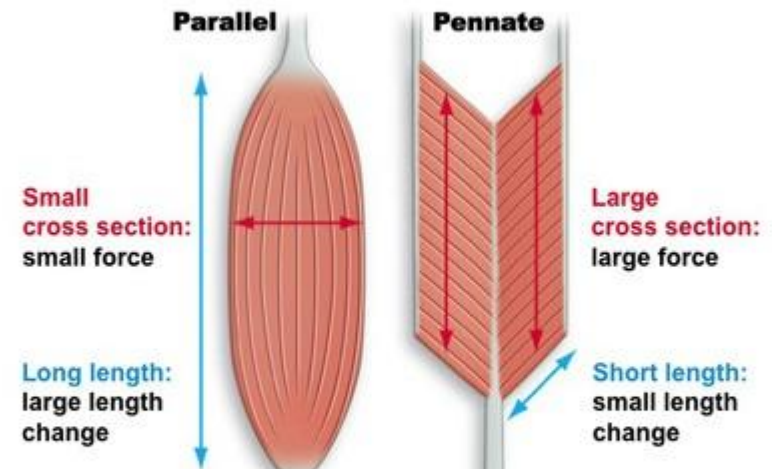
Figure 48.8



Parallel fiber arrangements



Pennate fiber arrangements

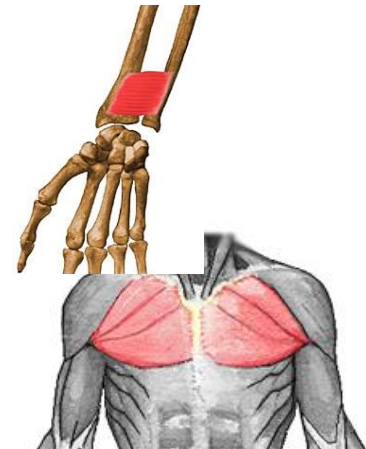
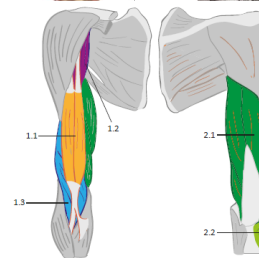
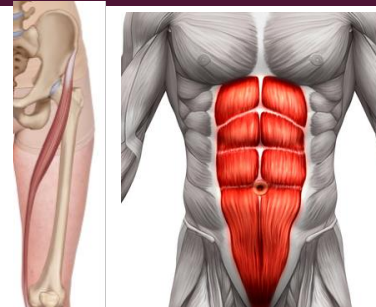


АРХИТЕКТУРА МИШИЋА

ПАРАЛЕЛНИ И ПЕРАСТИ

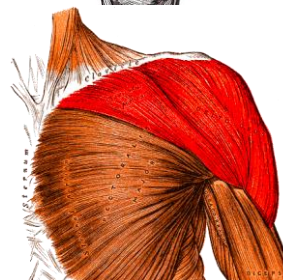
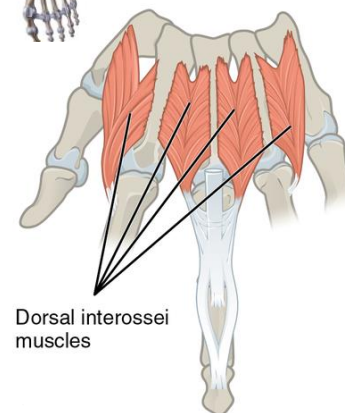
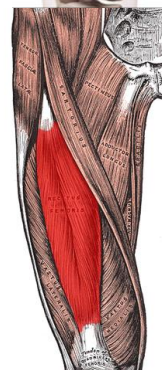
ПАРАЛЕЛНИ

- Ременасти, каишасти – m.sartorius, m. rectus abdominis, m. sternocleidomastoideus
- Вретенасти – m. biceps brachii, m. brachialis, m. brachioradialis
- Четвртасти – mm. rhomboidei, m. pronator quadratus, m. gluteus maximus
- Троугласти – m. pectoralis major



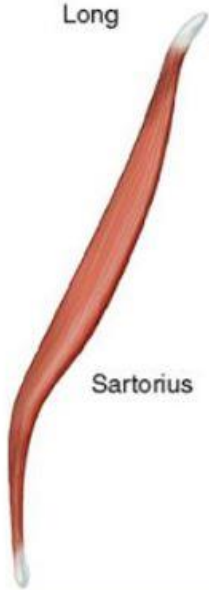
АРХИТЕКТУРА МИШИЋА ПЕРАСТИ

- Једноперасте – m. semimembranosus, m. tibialis posterior, m. flex. pollicis longus
- Двоперасте – m. rectus femoris, mm. interossei
- Мултиперасте – m. deltoideus, m. subscapularis



PARALLEL

Long



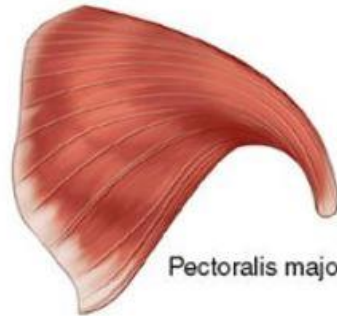
Sartorius

Long with tendinous intersections



Rectus abdominis

CONVERGENT



Pectoralis major

PENNATE

Unipennate



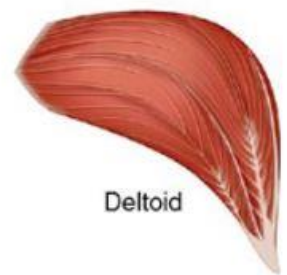
Flexor pollicis longus

Bipennate



Rectus femoris

Multipennate



Deltoid

FUSIFORM



Brachioradialis

SPIRAL



Latissimus dorsi

CIRCULAR



Orbicularis oris

ИМЕНА МИШИЋА

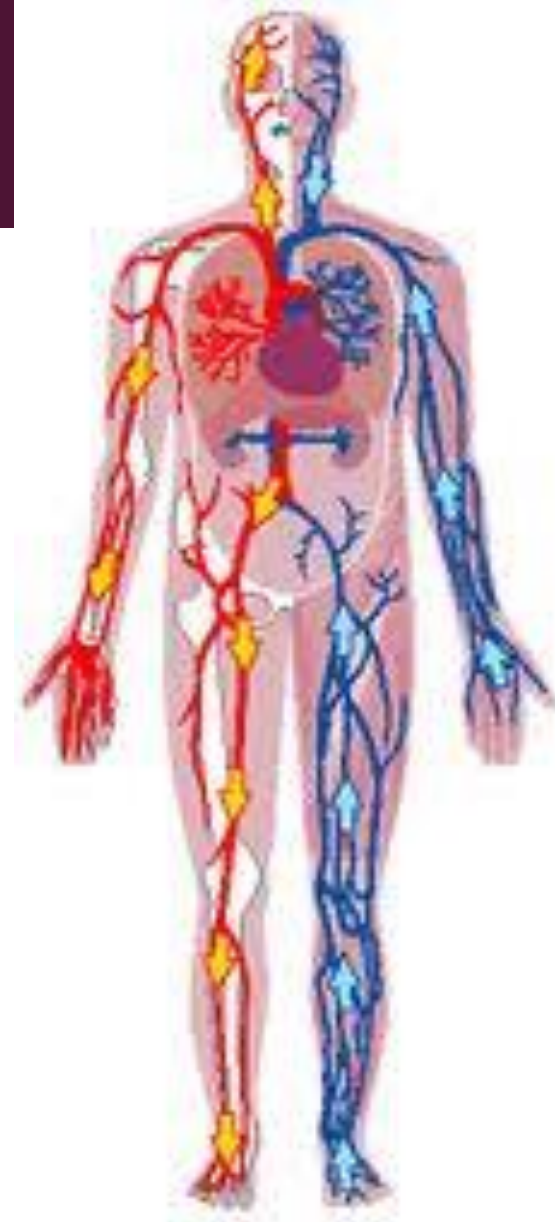
Имена мишића описују неку мишићну карактеристику:

- Локацију (m. tibialis anterior)
- Облик (m. trapezius)
- Акцију (m. extensor carpi ulnaris)
- Број глава (m. triceps brachi)
- Припоје (m. sternocleidomastoideus)
- Правац влакана (m. obliquus abdominis externus)
- Величину мишића (m. pectoralis major)

ГРАЋА МИШИЋА

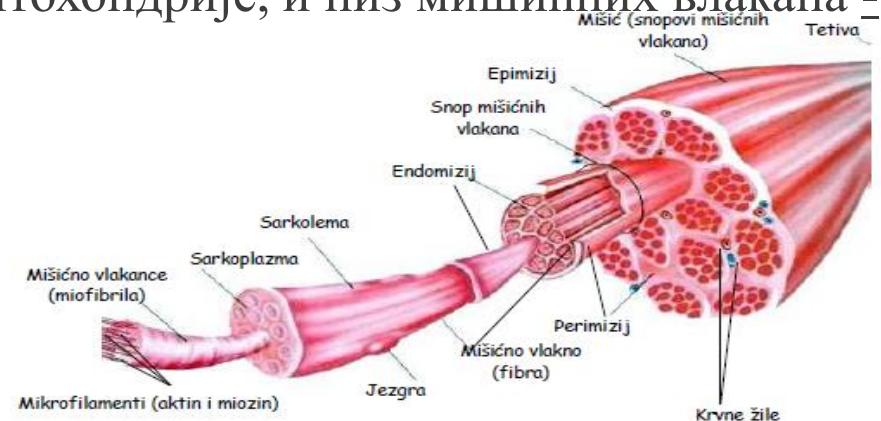
Грађа мишића:

- ✓ мишићно ткиво,
- ✓ везивно ткиво,
- ✓ нерви,
- ✓ крвни судови.



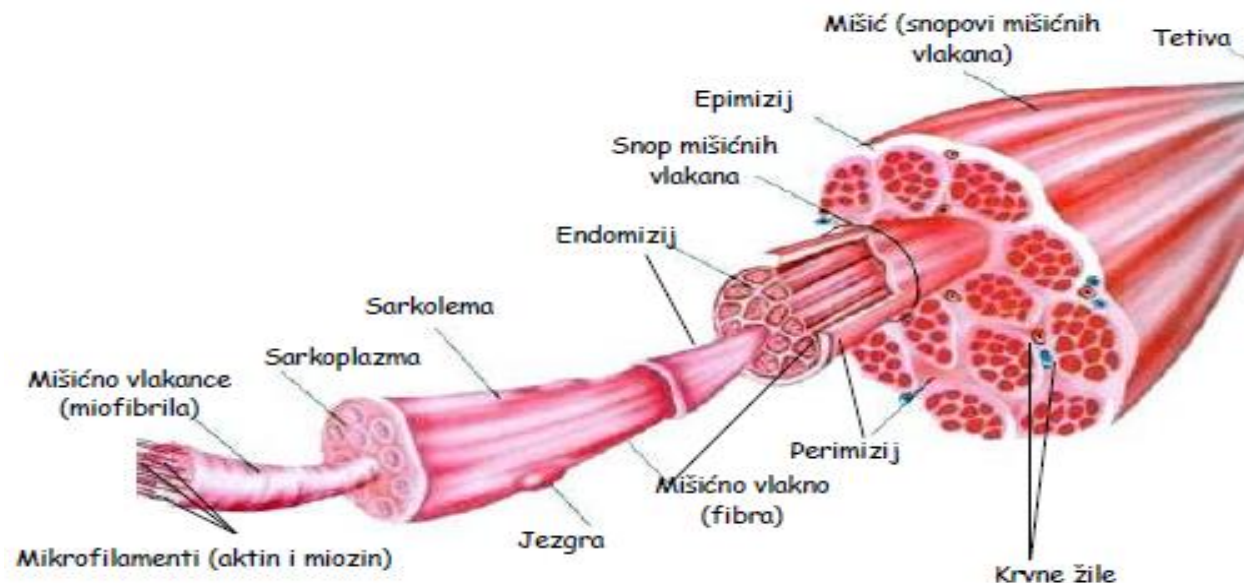
ГРАЋА МИШИЋА

- Основну анатомску јединицу мишићног ткива чини **мишићна ћелија –миоцит** или **мишићно влакно**.
- Миоцит је испупчен на средини, а стањен на крајевима, и већина њих се протеже дужином целог мишића.
- **Ћелијска мембрана** мишићне ћелије назива се **сарколема** (одржава сталан састав унутрашње средине).
- **Цитоплазма** мишићних ћелија назива се **саркоплазма**.
- У саркоплазми се налази низ једара, митохондрије, и низ мишићних влакана = **миофибрила**.



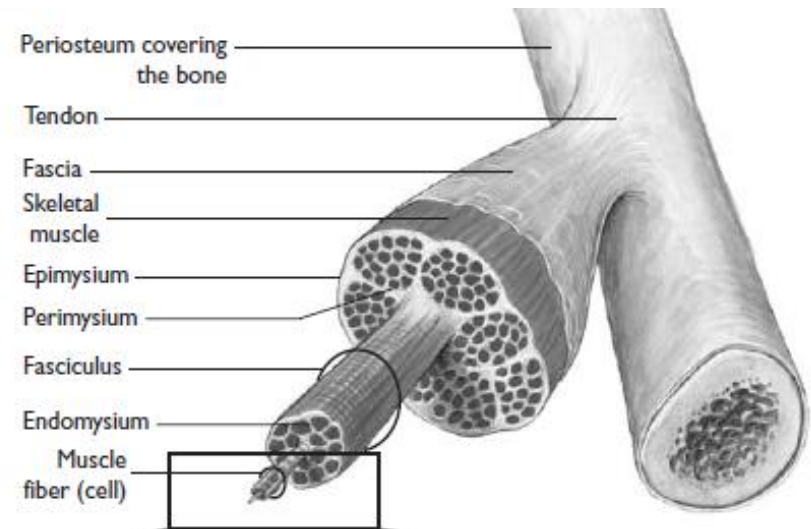
ГРАЋА МИШИЋА

- Миофибрили се састоје од два типа протеинских влакана (миофиламената):
- **актина и миозина.**
- У мишићној ћелији има око 1500 миозинских и дуго више актинских нити.



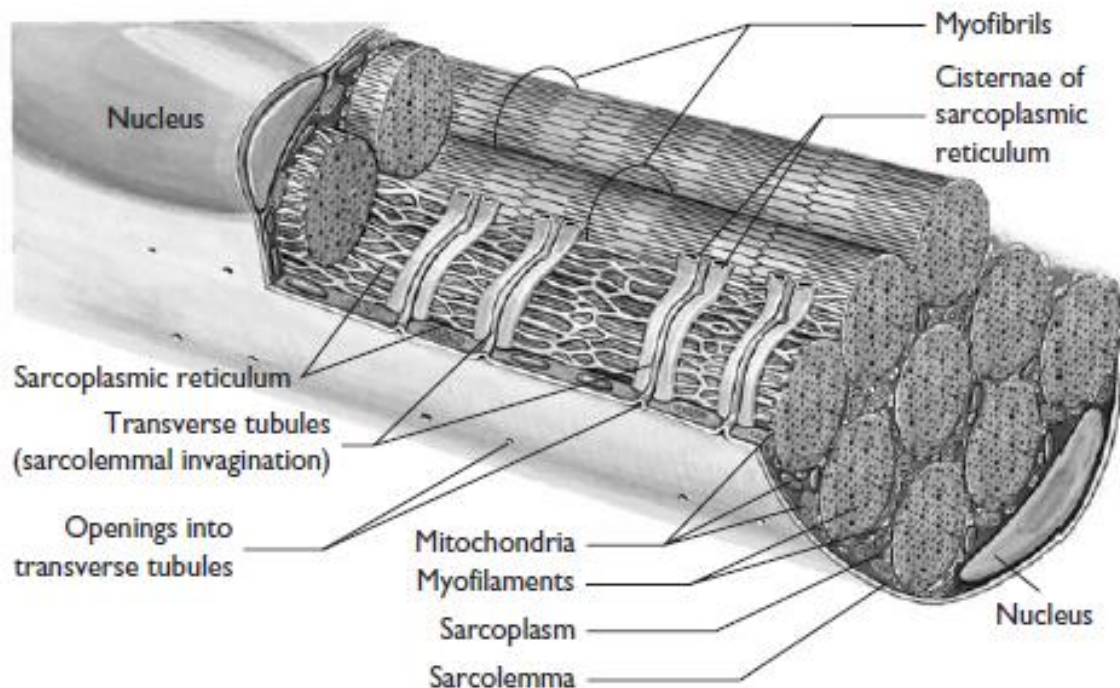
ГРАЋА МИШИЋА

- Цео мишић и скуп мишића обавија **fascia**
- Снопови формирају мишић и окружени су омотачем **epimysium**-ом.
- Мишићна влакна су уздужно поређана градећи мишићне снопове - **fasciculus-e**, који се групишу и обавија их **perimysium**.
- Мишићно влакно или мишићну ћелију обавија растресито везивно ткиво - **endomysium**.



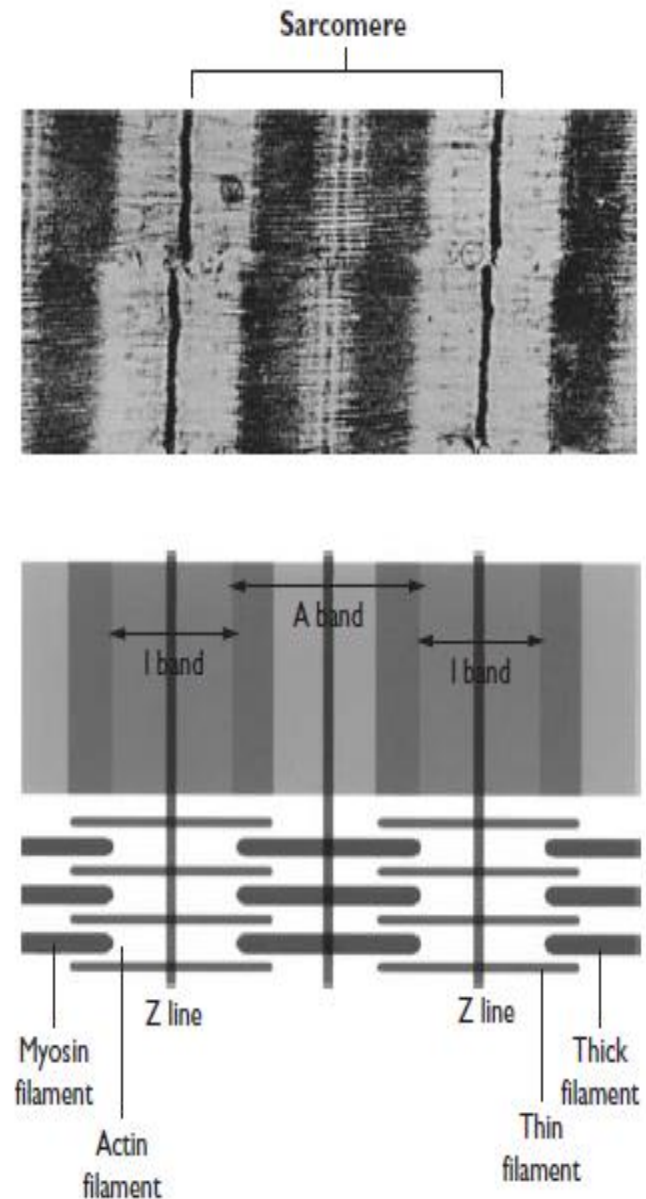
ГРАЋА МИШИЋА

- **Саркотубуларни систем и саркоплазматски ретикулум** представља систем цевчица које полазе од сарколеме (мембране) мишићне ћелије и увлаче се у саркоплазму, дубоко у унутрашњост мишићних влакана. Ове цевчице су испуњене течношћу **богатом Ca^{2+}** , значајан за **мишићну контракцију**.



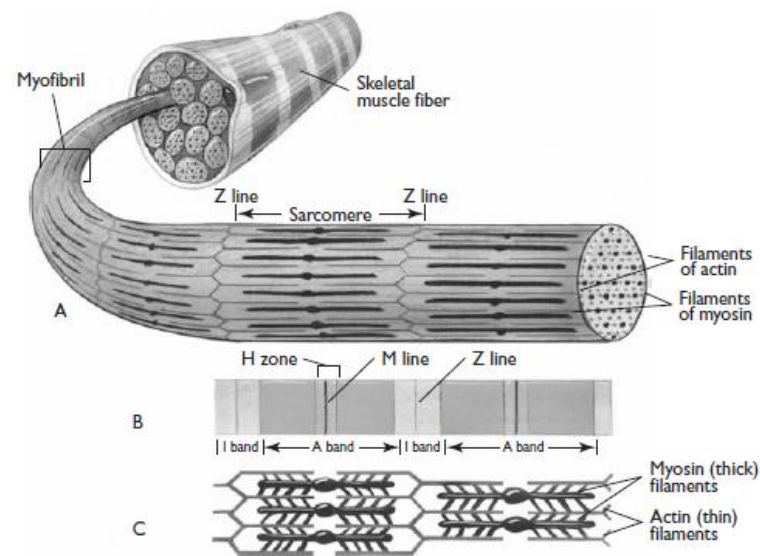
ГРАЂА МИШИЋА

- Када се мишићно ткиво посматра под микроскопом, запажају се светле и тамне пруге (попречно-пругасти мишићи).
- Светле пруге - **И пруге**, потичу од актина, а тамне пруге - **А пруге** представљају подручје преклапања актина и миозина.
- Свака И пруга је подељена на два дела тамном попречном цртом: **Z цртом**.
- Између две Z црте налази се основна структурна јединица мишићног влакна: **саркомера**.



ГРАЂА МИШИЋА

- У центру А пруге (тамне) налази се Н зона, која се састоји само од дебелих миозинских влакана.
- Подручје у ком се налазе само нити миозина нешто је тамније од подручја где се налази само актин, а светлије од подручја где се налазе и актин и миозин
- У средини Н зоне налази се М пруга.

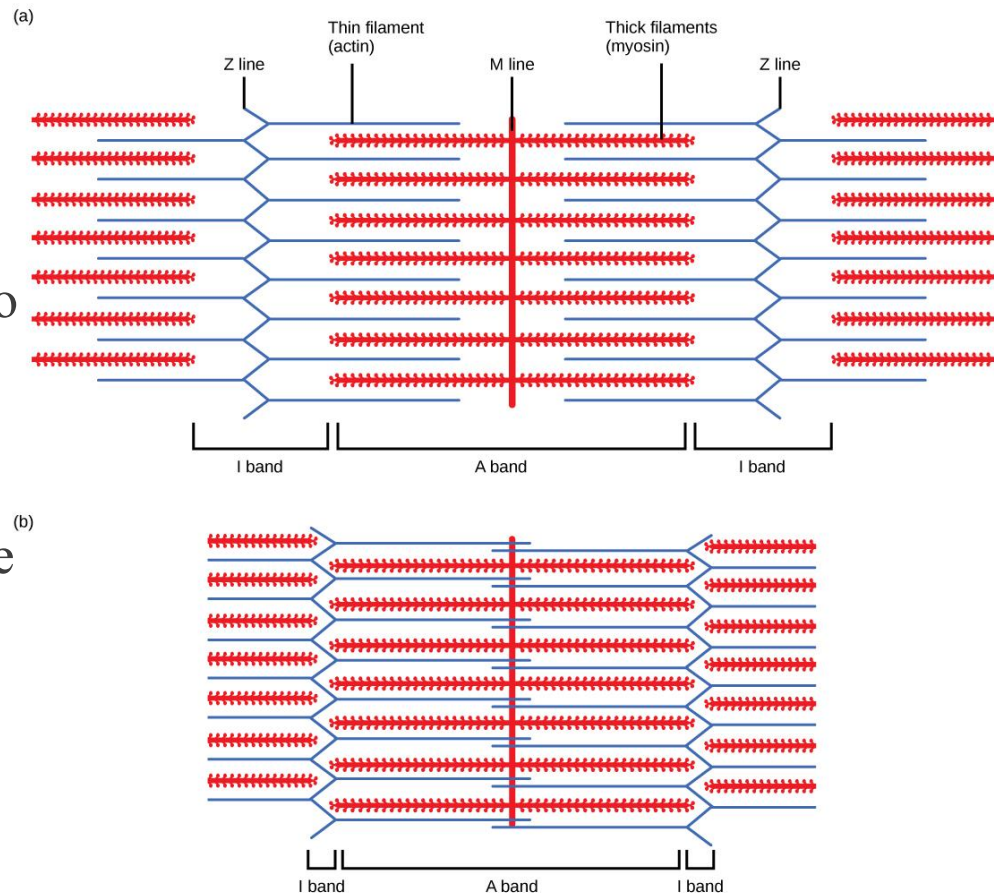


ГРАЂА МИШИЋА

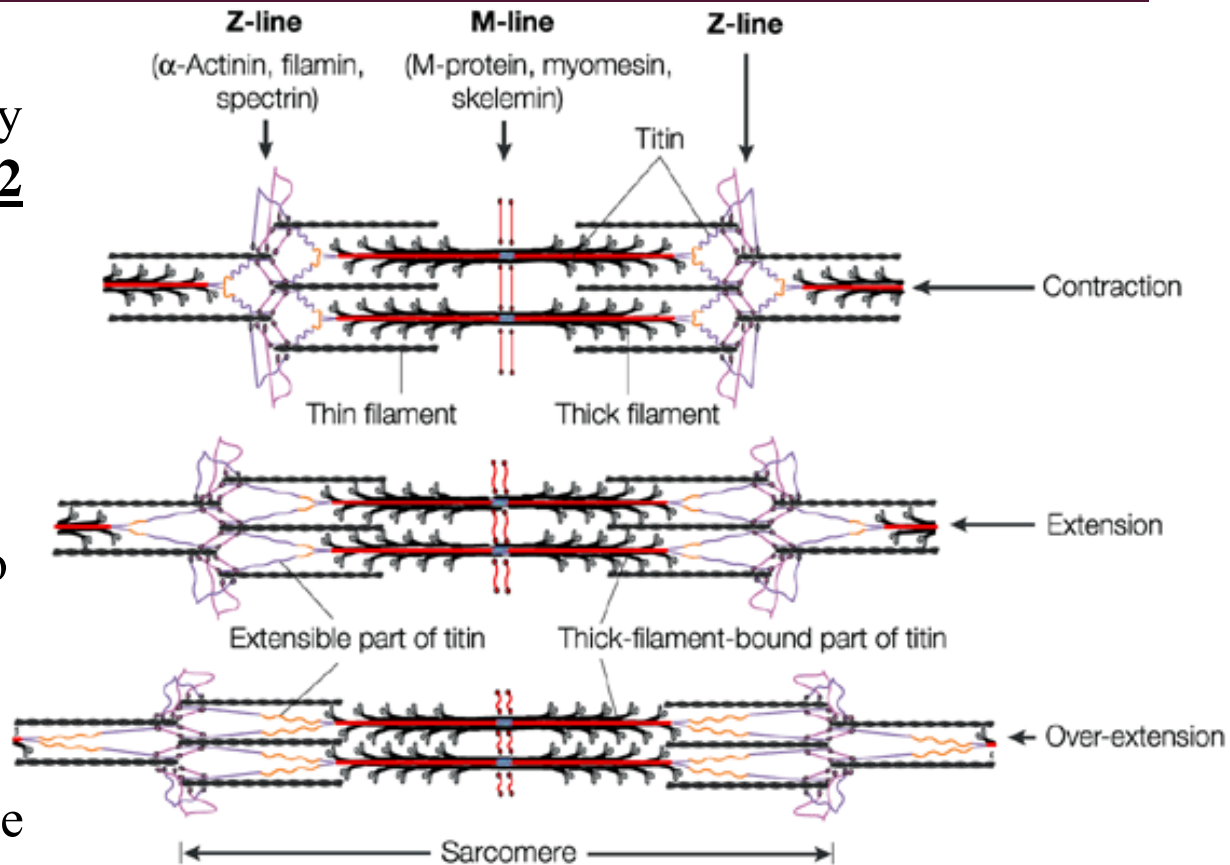
- **А пруге** – поларизовано светло је *анизотропно* кад пролази кроз ове пруге
- **И пруге** – поларизовано светло је *изотропно* кад пролази кроз ове пруге
- **З линија** – од немачке речи *zwichenscheibe* што значи средишњи диск
- **Х зона** – пронашао је *Хенсен*
- **М линија** – од немачке речи *mittlescheibe* што значи средишња пруга

Теорија клижућих нити

- Током мишићне контракције, танки актински филаменти са крајева саркомере се приближавају једни другима, што под микроскопом изгледа као да се Z линије приближавају A пругама, које задржавају своју почетну величину, док се И пруге скраћују и X зона нестаје.

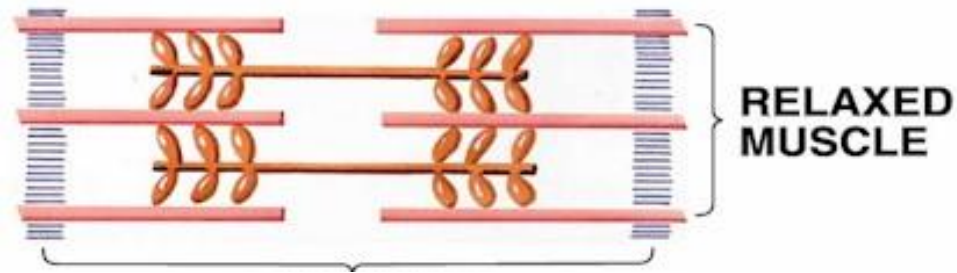
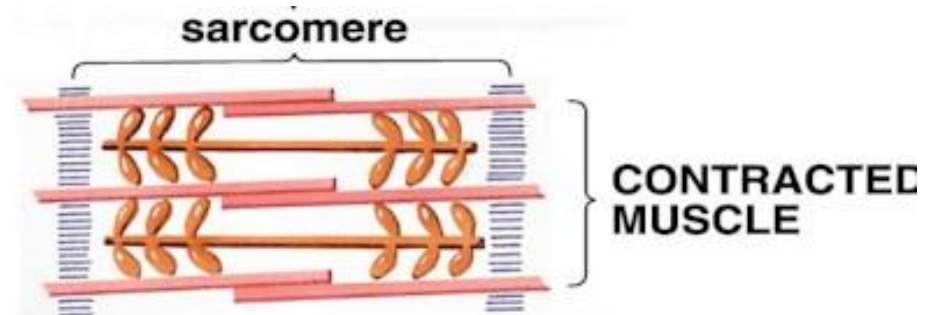


- При нормалном истезању саркомере се издуже за око **2 микрона.**
- При тој дужини потпуно се **преклапају актинске и миозинске нити (највећа сила контракције)**
- У случају истезања преко своје нормалне дужине, завршеци актинских нити међусобно се раздвоје остављајући светло подручје – Х зону.



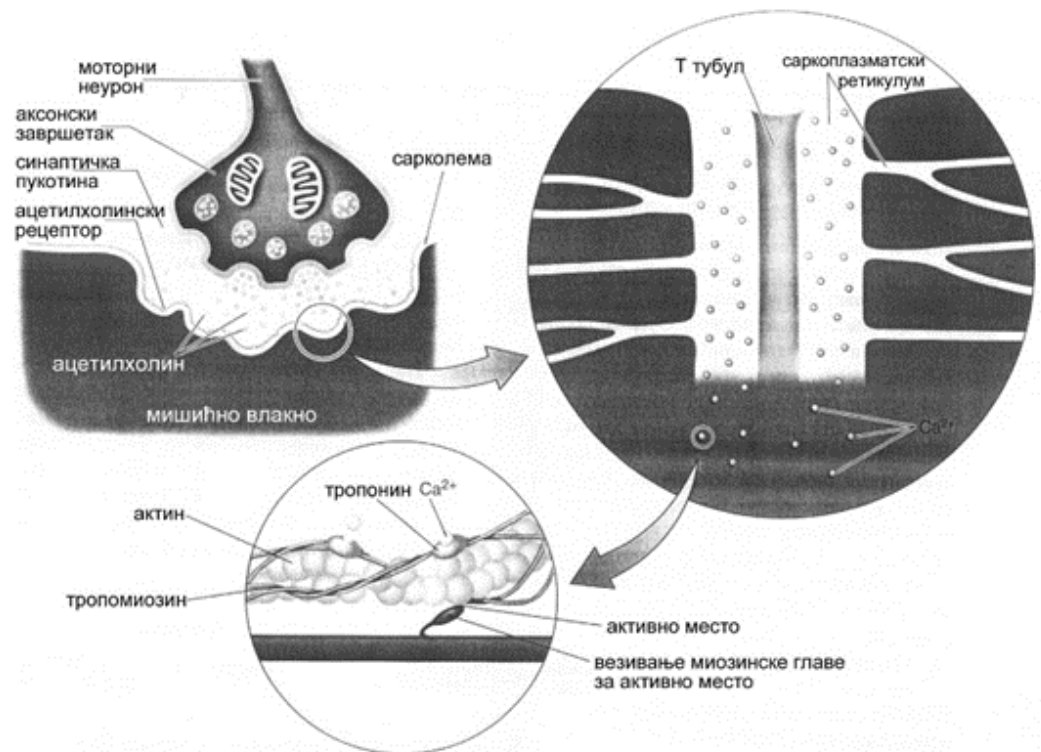
МЕХАНИЗАМ МИШИЋНЕ КОНТРАКЦИЈЕ

- Калцијумови јони иницирају привлачне силе између актинских и миозинских филамената изазивајући њихово заједничко клизање, што је контракtilни процес
- После дела секунде калцијумови јони се пумпају **назад у саркоплазматични ретикулум**, где остају ускладиштени све до следећег акционог потенцијала мишића, а мишићна контракција престаје



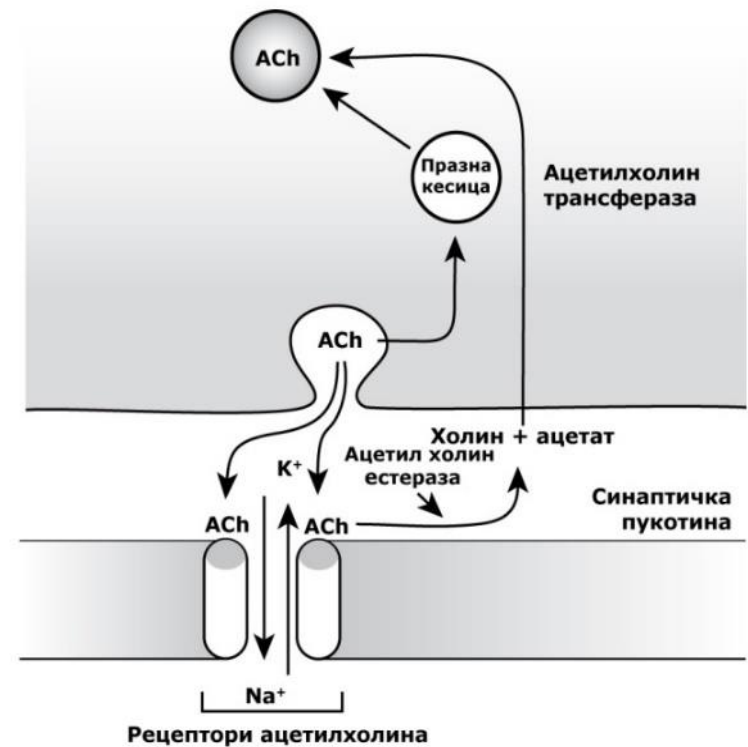
МЕХАНИЗАМ МИШИЋНЕ КОНТРАКЦИЈЕ

- Акциони потенцијал путује дуж моторног нерва до његових завршетака на мишићним влакнима. Трансмисија (пренос) се догађа на завршној моторној плочи која је хемијска синапса.
- Из кесица (везикула) на пресинаптичкој мембрани моторног нерва у синаптичку пукотину дифундује неуротрансмитерска супстанца ацетилхолин (ACh).
- Ширење деполаризације дуж Т цевчица
- Ослобађање Ca^{++} из терминалних цистерни саркоплазматичног ретикулума и дифузија до нити актина и миозина
- Везивање Ca^{++} за тропонин и ослобађање места на актину за спајање са миозином



МЕХАНИЗАМ МИШИЋНЕ КОНТРАКЦИЈЕ

- Ацетилхолин делује локално на подручје мембране мишићног влакна и отвара многобројне ацетилхолин зависне канале у мембрани мишићног влакна. Трансмисија се завршава разградњом ацетилхолина у синаптичкој пукотини деловањем ензима ацетилхолинестеразе. Холин затим дифундује из синаптичке пукотине назад у пре-синаптичку мембрану моторног нерва, где се под утицајем ензима ацетилхолинтрансферазе спаја са ацетил коензимом А (из митохондрија) и поново гради ацетилхолин који се депонује у везикуле, што омогућава пренос новог акционог потенцијала



МЕХАНИЗАМ МИШИЋНЕ КОНТРАКЦИЈЕ

Контракција мишића:

- Ослобађање ацетилхолин на моторној плочици
- Везивање ацетилхолина за ацетилхолинске рецепторе
- Повећање пропустљивости мембране за Na^+ и K^+
- Стварање потенцијала моторне плочице и акционог потенцијала
- Ширење деполяризације дуж Т цевчица
- Ослобађање Ca^{++} из терминалних цистерни саркоплазматичног ретикулума и дифузија до нити актина и миозина
- Везивање Ca^{++} за тропонин Ц и ослобађање места на актину за спајање са миозином
- Спајање попречних мостића и клижење нити актина дуж нити миозина, приближавање З плочица и скраћење саркомере

МЕХАНИЗАМ МИШИЋНЕ КОНТРАКЦИЈЕ

Релаксација мишића:

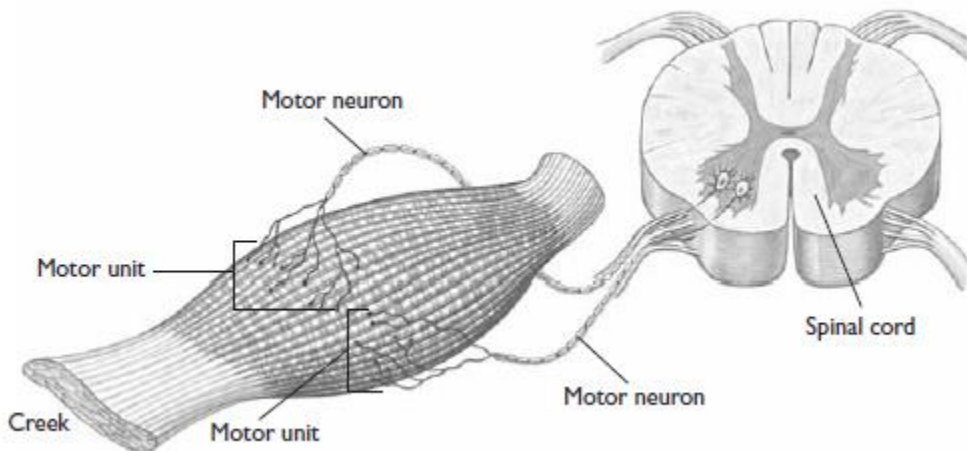
- Престаје акциони потенцијал у мишићу
- Враћање Ca^{++} у саркоплазматични ретикулум
- Раздвајање Ca^{++} од тропонина
- Престанак међудејства између актина и миозина
- Мишић се враћа у стање мировања

ИНЕРВАЦИЈА МИШИЋА И СНАБДЕВАЊЕ КИСЕОНИКОМ

- Генерално, сваки нерв прати једна артерија и једна, или две вене које кроз везивно ткиво продире у мишић.
- Крвни судови се гранају и стварају капиларну мрежу, тако да је свако мишићно влакно обавијено крвним судом.
- Црвена боја мишића потиче од богате васкуларне мреже, али и од миоглобина, који је сличан хемоглобину као носачу кисеоника.
- Нерви се такође гранају стварајући широку мрежу синаптичких спојница, које се називају моторне плоче.

МОТОРНА ЈЕДИНИЦА

- Мишићна влакна су организована у функционалне групе различитих величина.
- Сва влакна једне групе инервисане су од стране једног моторног неурона, и називају се моторном јединицом.
- Аксон сваког моторног неурона грана се много пута, како би свако мишићно влакно било инервисано односно на сваком влакну постоји моторна плоча односно нервно-мишићна синапса.



МОТОРНА ЈЕДИНИЦА

- Мишићи који врше брзе и прецизне покрете састоје се од **малих моторних јединица** састављених од 10-ак мишићних влакана (мишићи ока), док мишићи који испољавају силу имају **велике моторне јединице**, до 2000 влакана (m. gastrocnemius).

МОТОРНА ЈЕДИНИЦА

- Већина моторних јединица активира се (ствара напон) услед доласка само једног стимулуса, при чему тензија након доласка нервног импулса нагло расте и нестаје (трзај).
- Ипак, код човека моторне јединице углавном се активирају бујицом нервних импулса.
- Када брзи, сукцесивни импулси активирају мишићно влакно које је већ у тензији, настаје сумација и напетост прогресивно расте док не постигне максимум (тетанус), а потом услед умора напетост опада.

ТИПОВИ МИШИЋНИХ ВЛАКАНА

Мишић није хомогено ткиво већ је састављен од влакана која се разликују по механичким, контрактилним и метаболичким особинама:

- **Спора мишићна влакна, црвена, ТИП 1**
- **Брза мишићна влакна, бела, ТИП 2 (а, б, ц)**

Ова влакна се разликују по:

- **Боји и изгледу влакана**
- **Брзини постизања максималне тензије**
- **Брзини замарања**

ТИПОВИ МИШИЋНИХ ВЛАКАНА

Тип мишићних влакана	I (52%)	II a (23%)	II b (14%) II c (7-11%)
Боја	Црвена	Бела	Бела
Дужина миофибрила	Кратка	Дуга	Дуга
Брзина контракције	Спора (0.01-0.06s)	Брза (0.001-0.004s)	Брза (0.001-0.004s)
Заморљивост	Отпорна на замор	Заморљива	Лако заморљива
Аеробни капацитет	Висок	Средњи	Низак
Анаеробни капацитет	Низак	Средњи	Висок
Гликолитички капацитет	Низак	Висок	Висок

Већина мишића садржи и спора и брза влакна, а њихова заступљеност зависи од особе до особе, као и од мишића до мишића

ЕНЕРГЕТСКИ МЕТАБОЛИЗАМ

Енергија: способност тела да врши рад

Хемијска енергија → механичка (мишићи), биоелектрична (нервни систем), транспортна (Na-K пумпа)...

Енергија која се троши за време мишићне активности великог интензитета настаје из:

- а) аденозин–трифосфата који је раније присутан у мишићној ћелији;
- б) креатинфосфата у ћелијама;
- в) анаеробне енергије настале разградњом гликогена до млечне киселине;
- г) оксидативне енергије која се непрекидно ослобађа приликом ћелијских оксидативних процеса.

ЕНЕРГЕТСКИ МЕТАБОЛИЗАМ

- Важно је нагласити да је **аденозин трифосфат (АТР)** једини директно искористиви извор енергије за мишићну контракцију док остали имају задатак ресинтезе (обнове) количине АТР-а.
- Тело може обновити залихе АТР-а путем три енергетска система у зависности од типа физичке активности:
 - фосфагеног система (аденозин трифосфат - креатин фосфат АТР-PCr),
 - гликолитичког система (разградња гликогена до млечне киселине),
 - оксидативног система

АНАЕРОБНИ ЕНЕРГЕТСКИ СИСТЕМ

- Примарни **анаеробни енергетски систем** је фосфагени систем (АТР-PCr). Фосфагени систем може да обезбеди велику количину енергије за кратко време (2.4 mmol/kg/s код старијих људи, и 10-15 mmol/kg/s код спортиста).
- 1-2 секунде (АТР-а)
- 8-10 секунде (АТР-PCr).
- Од десете секунде способност PCr-а за снабдевање АТР-а се смањује за 50%, а после 30 s PCr доприноси врло мало АТР-у
- Обнављање АТР-а је брзо, у првих 30 секунди обнови се око 70% а потпуна обнова се јавља након 3 до 5 минута
- Обнова PCr-а траје дуже, за 2 минута обнови се 84%, за 4 минута 89% и за 8 минута у потпуности

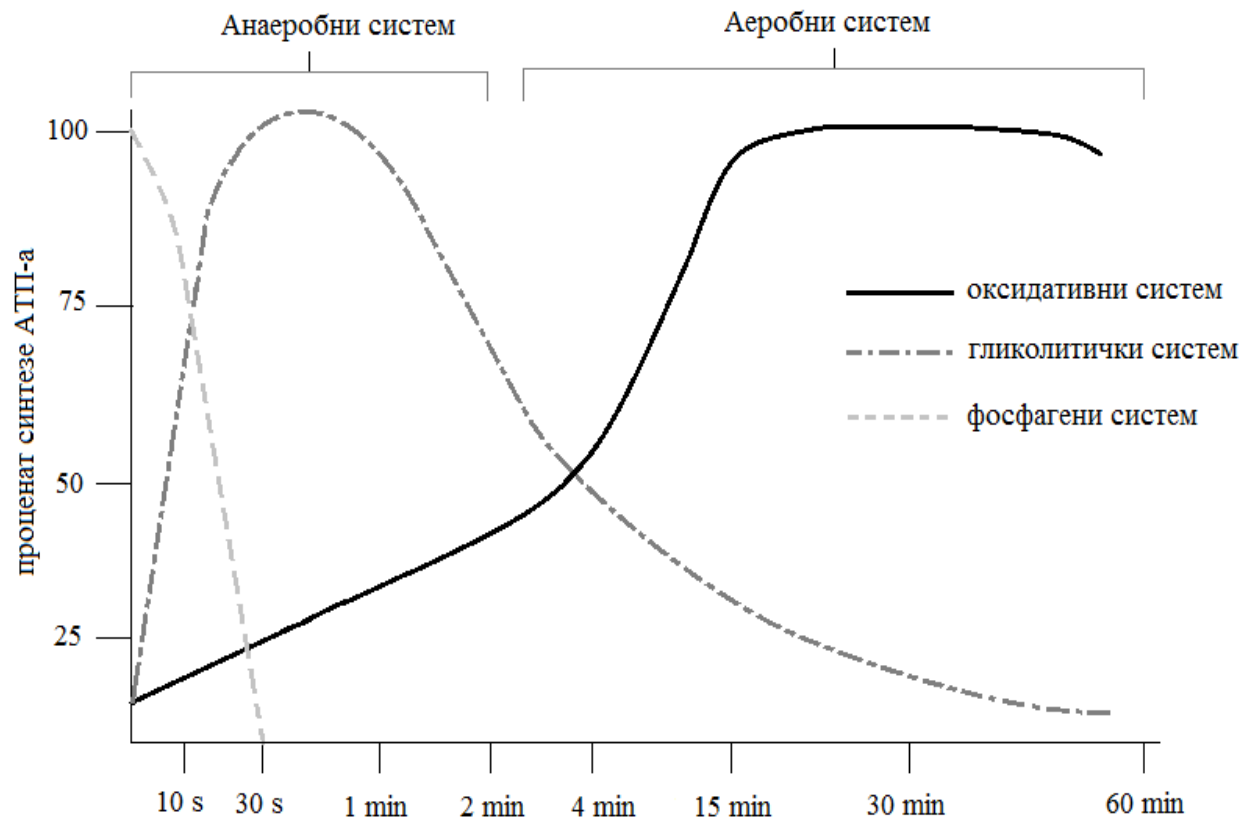
ГЛИКОЛИТИЧКИ СИСТЕМ

- Следећи анаеробни енергетски систем је **гликолитички систем**, који може да продужи максимални мишићни рад још 1,3-1,6 min
- Не користи кисеоник и често се назива **систем гликоген - млечна киселина** јер највећа количина гликогена буде претворена у млечну киселину.
- Молекули АТР-а се синтетишу 2,5 пута брже него у току оксидативног метаболизма у митохондријама и као резултат тога јавља се производња млечне киселине и акумулација лактата (соли млечне киселине).

ГЛИКОЛИТИЧКИ И ОКСИДАТИВНИ СИСТЕМ

- Гликолиза (метаболизам угљених хидрата) је процес разлагања глукозе до пирогрожђане киселине уз ослобађање 2 молекула АТР-а.
- Када се формира пирогрожђана киселина ствара се одређена количина јона водоника (H^+).
- Формирана **пирогрожђана киселина** има две могућности: може се конвертовати у млечну киселину или у ацетил коензим А (ацетил CoA) оксидативном декарбоксилацијом, који представља почетни супстрат за Кребсов циклус.
- Уколико је ћелији потребна енергија а **нема кисеоника**, да би се спречила ацидоза у ћелији (померање рН ка киселој средини тј. смањење рН вредности) услед нагомилавања H^+ , пирогрожђана киселина везује H^+ и **формира млечну киселину**. Ова реакција је катализована ензимом лактат дехидрогеназа. Након тога, млечна киселина дисоцира и формира се со која се зове лактат и H^+ .
- Међутим, уколико **има кисеоника** молекули названи никотинамид аденин динуклеотид (NAD^+) уклањају H^+ и спречавају ацидозу, затим пирогрожђана киселина олакшаном дифузијом прелази у митохондрије где реагује са коензимом А при чему настаје ацетил CoA и **почиње Кребсов циклус**.

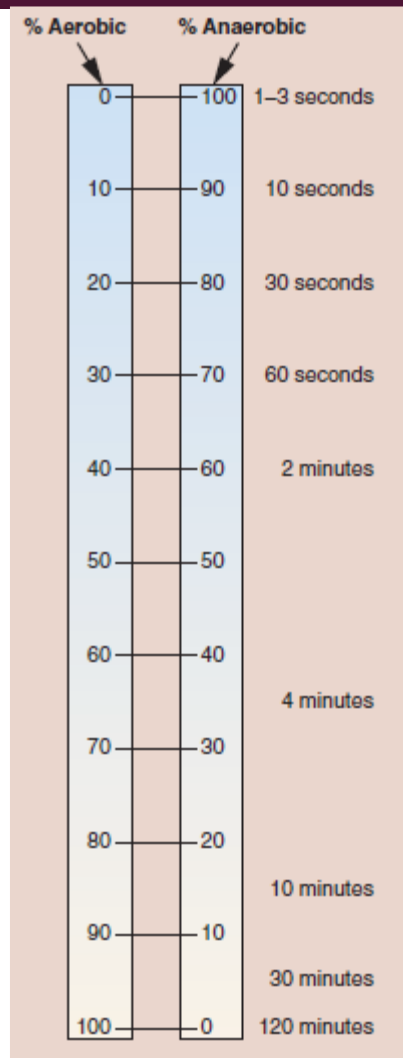
ЕНЕРГЕТСКИ МЕТАБОЛИЗАМ



Приказ енергетских система у зависности од трајања физичке активности

УДЕО АЕРОБНИХ И АНАЕРОБНИХ ИЗВОРА ЕНЕРГИЈЕ У РАЗЛИЧИТИМ СПОРТОВИМА

Sport	ATP-PCr & Glycolysis	Glycolysis & Oxidative	Oxidative
Basketball	60	20	20
Fencing	90	10	0
Field Events	90	10	0
Golf swing	95	5	0
Gymnastics	80	15	5
Hockey	50	20	30
Rowing	20	30	50
Running (distance)	10	20	70
Skiing	33	33	33
Soccer	50	20	30
Swimming (distance)	10	20	70
Swimming (50m freestyle)*	40	55	5
Tennis	70	20	10
Volleyball	80	5	15



ПРОМЕНЕ У МИШИЋИМА ИЗАЗВАНЕ АЕРОБНИМ ТРЕНИНГОМ

- Густина капилара ↑
- Тип влакана – 2ц
- Број и величина митохондрија ↑
- Оксидативни ензими ↑
- Миоглобин ↑

ПРОМЕНЕ У МИШИЋИМА ИЗАЗВАНЕ АНАЕРОБНИМ ТРЕНИНГОМ

- Концентрација АТР и СР ↑
- Количина гликолитичких ензима ↑
- Толеранција киселих продуката метаболизма ↑

ПИТАЊА И ЗАДАЦИ

- Која врста скелетне мускулатуре је под утицајем човекове воље?
- Попречно пругаста
- Колико тела и колико припоја може имати мишић ? Наведите примере.
- Најмање једно тело и два тетивна припоја, може више тела и више припоја (двоглави, троглави, четвороглави мишић)
- Које су основне механичке особине мишића ?
- Контрактилност, еластичност, истегљивост, раздражљивост
- Која је тврдња тачна ?
- У мишићној ћелији има око 1500 миозинских и дупло више актинских нити.
- У мишићној ћелији има око 1500 актинских и дупло више миозинских нити.

ПИТАЊА И ЗАДАЦИ

- Шта је ендомизијум, шта перимизијум, шта епимизијум, а шта фасција ?
- Везивне опне које обавијају мишићно влакно, мишићне снопове, мишић и групе мишића
- Каког облика тетиве могу бити ?
- У облику жиле и листа
- Какав може бити распоред мишићних влакана ?
- Паралелан и кос
- Како називамо мишићну ћелију ?
- Миоцит
- Шта је то сарколема ?
- Ћелијска мембрана мишићне ћелије
- Да ли актин представља светле или тамне пруге ?
- Светле

ПИТАЊА И ЗАДАЦИ

- Шта је то саркомера ?
- Део миофибрила између две З пруге
- Шта је то саркоплазматски ретикулум ?
- Саркоплазматски ретикулум представља систем цевчица које полазе од мембране мишићне ћелије и увлаче се у саркоплазму. Ове цевчице су испуњен течномшћу богатом Са, значајног за мишићну контракцију.
- Које промене у мишићима изазива анаеробни тренинг ?
- Повећање концентрације фосфагена, повећање толеранције на киселе продукте, повећање количине гликолитичких ензима

ПИТАЊА И ЗАДАЦИ

- Шта је то моторна јединица?
- Моторна јединица је група мишићних влакна која су инервисана од једног мотонеурона
- Који минерал је важан за мишићну контракцију?
- Калцијум
- По којој теорији се одиграва мишићна контракција?
- Теорији клижућих нити

ПИТАЊА И ЗАДАЦИ

- Који неуротрансмитер се ослобађа на моторној плочи?
- Ацетилхолин
- Како се деле мишићна влакна ?
- Влакна спорог трзаја, црвена, ТИП 1 и влакна брзог трзаја, бела, ТИП 2 (а, б, ц)
- Набројте енергетске изворе у организму
- АТП, фосфагени, гликоза, масти

ФУНКЦИЈА МИШИЋА

Улога мишића у покрету зависи од правца и смера покрета, угла под којим се припаја, величине оптерећења, итд.:

- ✓ Агонисти
- ✓ Антагонисти
- ✓ Фиксатори (стабилизатори)
- ✓ Неутрализатори
- ✓ Синергисти

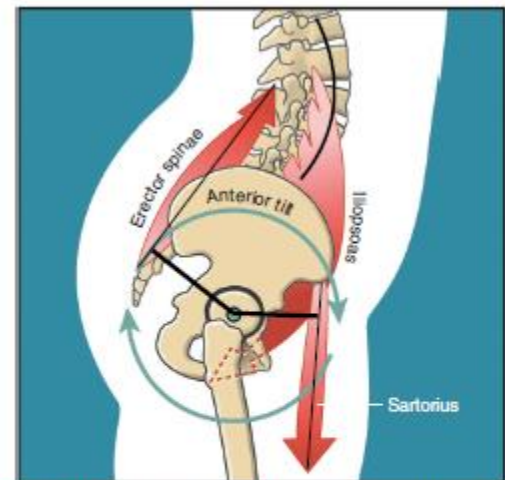
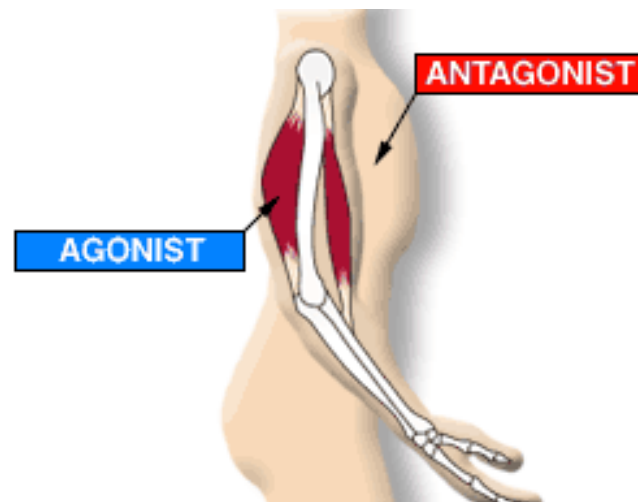


FIGURE 1-21. Side view of the force-couple formed between two representative hip flexor muscles (sartorius and iliopsoas) and back extensor muscles (erector spinae) as they contract to tilt the pelvis in an anterior direction. The internal moment arms used by the muscles are indicated by the black lines. The axis of rotation runs through both hip joints.

ФУНКЦИЈА МИШИЋА

- **АГОНИСТИ**-мишићи који непосредно извршавају одређени покрет
- **АНТАГОНИСТИ**-мишићи који се супротстављају сили агониста
- **СИНЕРГИСТИ**-мишићи који помажу агонистима да изврше покрет

(нпр., код бицепс прегипа, мишић АГОНИСТ је м.бицепс брахи, а АНТАГОНИСТ је м.трицепс брахи. Пример СИНЕРГИСТА су мишићи трупа који делују као фиксатори при одређеним покретима руку.

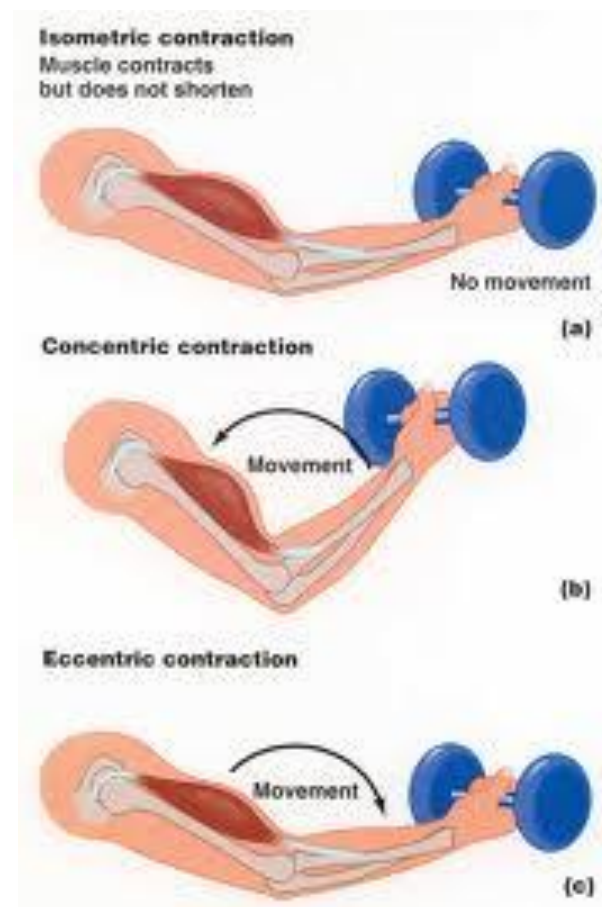
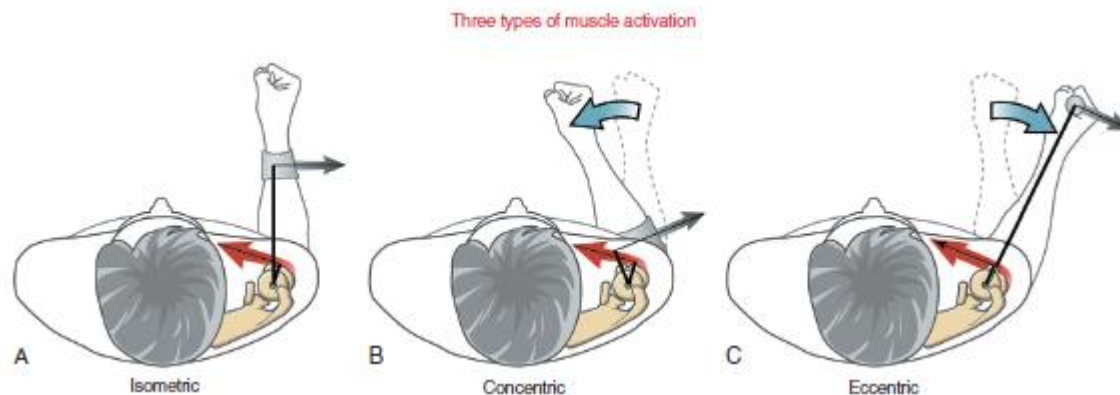


СТАТИЧКО И ДИНАМИЧКО ДЕЛОВАЊЕ МИШИЋА

- Преко својих припоја мишић дејствује на кост на два основна начина:
 1. статички и 2. динамички.
- Ако је дужина мишића у току времена стална каже се да мишић на кост делује статички, а ако се та дужина мења, реч је о динамичком деловању.

ВРСТЕ КОНТРАКЦИЈА

- ❑ Статичка (изометријска) контракција
- ❑ Динамичка (изотоничка) контракција:
 - **концентрична (миометријска)**
 - **ексцентрична (плиометријска)**
- ❑ Изокинетичка контракција



ВРСТЕ КОНТРАКЦИЈА

- **СТАТИЧКА ИЛИ ИЗОМЕТРИЈСКА** - мишић ствара силу, али се не скраћује. Дужина мишића остаје иста, нема покрета, а мишићна сила је једнака спољашњем оптерећењу.
- **ДИНАМИЧКА ИЛИ ИЗОТЕНИЧКА** - мишић се скраћује, али је тонус мишића непромењен, а сила мишића је већа од спољне силе.
- ЕКСЦЕНТРИЧНА - спољна сила која делује на мишић је већа од мишићне силе, мишић се издужује.
- КОНЦЕНТРИЧНА - мишићна сила је већа од спољне силе и мишић се скраћује.
- **ИЗОКИНЕТИЧКА** подразумева константну угаону брзину приликом мишићне контракције.

Menu

Exercise Encyclopedia

Muscular Anatomy

Skeletal System

Kinesiology

The Heart & Nervous sys.

Energy Mechanisms

Biomechanics of
strength workouts

Strength workout
methods

Workout techniques

Endurance workouts

Stretching methods

Workout programs

Test and concepts

Tests

The muscle
structure

Workout
principles

Muscle
contraction

Isometric
contraction

Concentric
contraction

Eccentric
contraction

Isokinetic
contraction

Overcompensation

The overcompensation principle.



13 / 00

The overcompensation principle

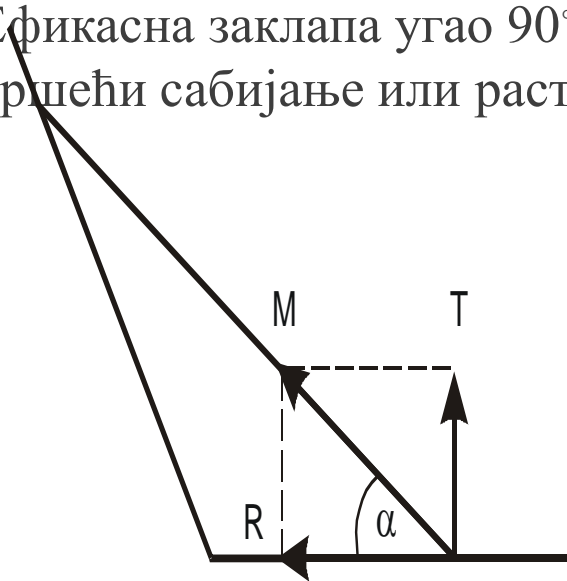
The muscle fibers thicken, grow and strengthen in response to the workout.

МИШИЋНА СИЛА

- Као и свака сила, и мишићна сила може да се посматра као узрок који може да промени стање мировања или кретања неког тела.
- У статисти, сила је **векторска величина**, и одређена је интензитетом, смером, нападном тачком и нападном линијом (правцем).
- **Интензитет** мишићног дејствовања се мери тежинским јединицама (кр).
- **Смер** дејствовања мишића је од покретног ка непокретном припоју тог мишића.
- **Нападна тачка** силе мишића налази се у центру покретног припоја мишића.
- Нападна линија или **правац** се поклапа са резултантом свих дејствујућих мишићних влакана.

ЕФИКАСНОСТ МИШИЋНЕ КОНТРАКЦИЈЕ

- Ефикасност мишићне контракције зависи од угла под којим делује на систем коштаних полуга.
- Најкориснији је ефекат када мишић делује под углом од 90° .
- У зависности од угла под којим делује, мишићна сила се разлаже на ефикасну (тангентијалну) и неефикасну (радијалну) компоненту.
- Ефикасна заклапа угао 90° са полугом, а неефикасна делује дуж осовине кости вршећи сабијање или растезање зглобне структуре.



M - мишићна сила

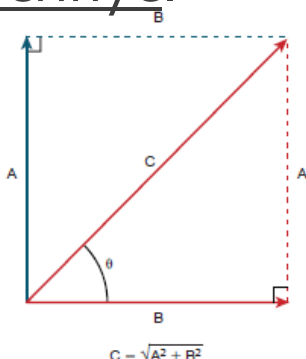
α - нападни угао мишића

R- радијална компонента (неефикасна мишићна сила)

T - тангенцијална сила (ефикасна мишићна сила)

ЕФИКАСНОСТ МИШИЋНЕ КОНТРАКЦИЈЕ

- Ефикасна компонента се понаша као синус угла основне силе под којим се делује на коштану полуку, а неефикасна као косинус.



In mathematical terms, these formulas look like this:

$$\sin \theta = \frac{\text{Opposite side}}{\text{Hypotenuse side}} \quad \cos \theta = \frac{\text{Adjacent side}}{\text{Hypotenuse side}}$$

$$\tan \theta = \frac{\text{Opposite side}}{\text{Adjacent side}}$$

$$\frac{a}{c} = \sin \alpha$$

$$\frac{b}{c} = \cos \alpha$$

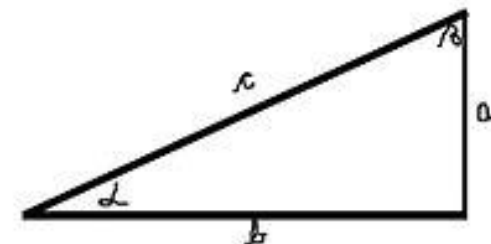
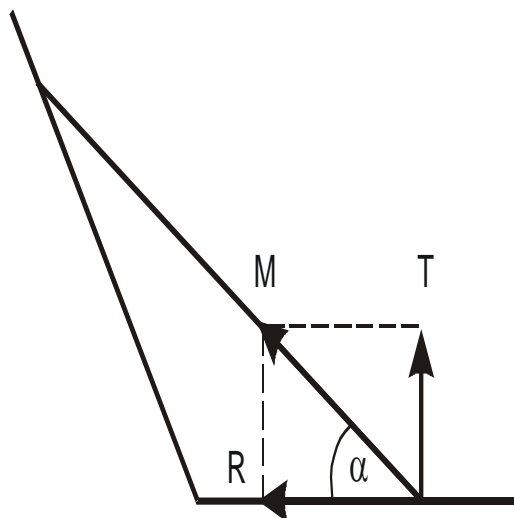


TABLE 2-3 | USEFUL TRIGONOMETRIC FUNCTIONS AND RATIOS OF COMMON ANGLES
(FOR OTHER ANGLES, THE READER SHOULD REFER TO TABLES OF NATURAL TRIGONOMETRIC FUNCTIONS)

Angle	sin	cos	tan
0°	0.000	1.000	0.000
10°	0.174	0.985	0.176
20°	0.342	0.940	0.364
30°	0.500	0.866	0.577
45°	0.707	0.707	1.000
60°	0.866	0.500	1.732
70°	0.940	0.342	2.747
80°	0.985	0.174	5.671
90°	1.000	0.000	∞



$$\sin \alpha = T / M$$

$$\cos \alpha = R / M$$

$$T = M \times \sin \alpha$$

$$R = M \times \cos \alpha$$

ЕФИКАСНОСТ МИШИЋНЕ КОНТРАКЦИЈЕ

- Ефикасна компонента се понаша као синус угла основне силе под којим се делује на коштану полугу.

$$\sin 90^\circ = 1, \sin 0^\circ = 0, \sin 180^\circ = 0$$

- Када угао расте од 0 до 90 степени, синус расте од 0 до 1;
- када угао расте од 90 до 180 степени, синус опада од 1 до 0;
- То значи да како угао припоја мишићне силе расте од 0° до 90° , тако расте и његова ефикасност, а при угловима од 90° до 180° , ефикасност опада.
- Односно, што је угао деловања мишића на коштану полугу мањи или већи од 90° , то његова ефикасност опада.
- Што је угао мањи од 90° то је мања и ефикасна компонента односно мањи се постотак силе контракције мишића користи за извођење покрета, док се повећава неефикасна компонента која не учествује у извођењу покрета већ повећава притисак на зглобне површине

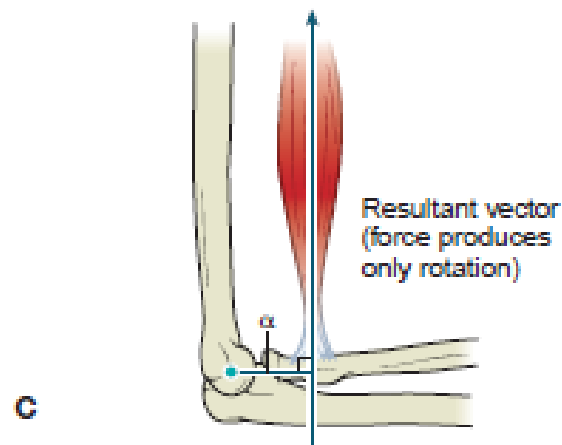
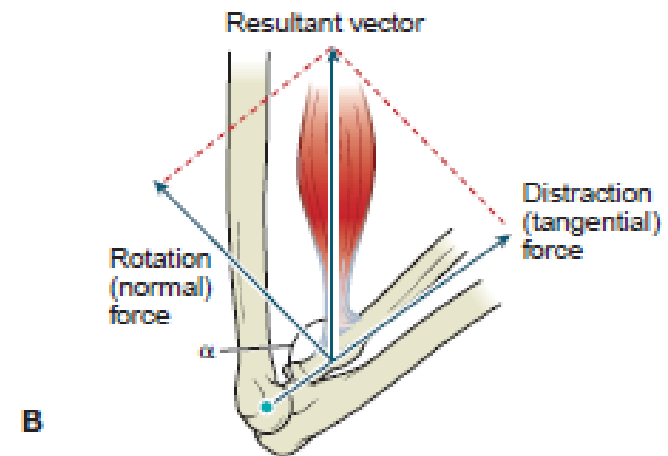
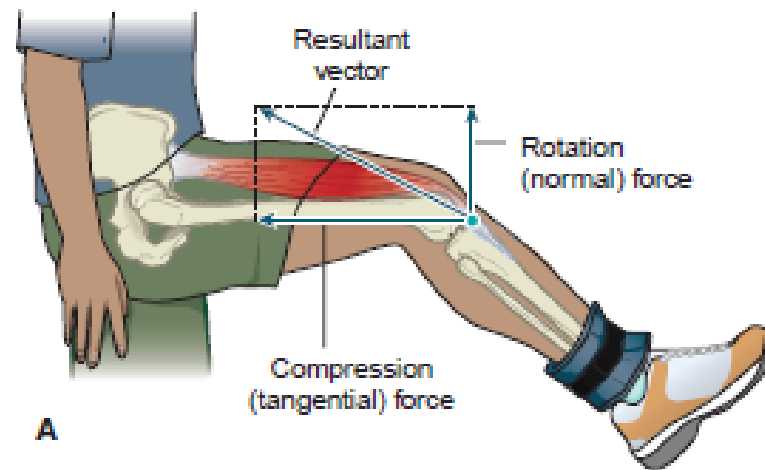


Figure 2.16 Two forces acting in different directions from the same point create a resultant vector. The resultant vector is made up of a rotation force and a force that either compresses or distracts the joint. **A)** Shows a large compression force vector and small rotational force vector. **B)** Shows rotational and distraction forces that are close to equal to each other but create a larger resultant force than either of them. **C)** Since the applied force vector is perpendicular to the lever, there is no distraction or compression force, so all of the muscle's force rotates the segment.

Нека мишићна сила од 200 N делује преко крака дугачког 0,4 m. Вредност ефикасне компоненте силе за различите углове које сила затвара с краком наведени су у табlici

$\alpha/^\circ$	$\sin\alpha$	F_e / N	$\% F_m$
90	1	200	100
75	0,97	194	97
60	0,87	174	87
45	0,71	142	71
30	0,5	100	50
15	0,26	52	26
0	0	0	0

Како се смањује угао тако се смањује и момент силе. Смањење угла није сразмерно смањењу момента силе. Када је угао између полуге и мишића 30° момент силе се смањује на пола, а за покрет се користи само 50 % укупне силе контракције мишића.

ЕФИКАСНОСТ МИШИЋНЕ КОНТРАКЦИЈЕ

- Неефикасна компонента се понаша као косинус угла основне силе под којим се делује на коштану полуугу.
- Неефикасна сила је већа уколико је угао деловања на коштану полуугу мањи или већи од 90° . Нпр. при углу од 30° сабијајућа сила је 86% мишићне силе, при углу од 45° сабијајућа сила је 71%. Када угао деловања достигне 90° сабијајућа сила је 0 (нула). Преко 90° постаје растезајућа.
- При угловима мањим од 90° нееефикасна сила је сабијајућа, а при већим од 90° растезајућа.

$$\cos 90^\circ = 0, \cos 0^\circ = 1, \cos 180^\circ = -1$$

TABLE 2-3 | USEFUL TRIGONOMETRIC FUNCTIONS AND RATIOS OF COMMON ANGLES
(FOR OTHER ANGLES, THE READER SHOULD REFER TO TABLES OF NATURAL TRIGONOMETRIC FUNCTIONS)

Angle	sin	cos	tan
0°	0.000	1.000	0.000
10°	0.174	0.985	0.176
20°	0.342	0.940	0.364
30°	0.500	0.866	0.577
45°	0.707	0.707	1.000
60°	0.866	0.500	1.732
70°	0.940	0.342	2.747
80°	0.985	0.174	5.671
90°	1.000	0.000	∞

СИЛА И СНАГА

- Способност човека да савлада спољашњи отпор или да му се супротстави помоћу мишићног напрезања.
- **Сила (јачина)** је способност мишића да делује великим силама у статичким условима или против великог отпора при малим брзинама скраћења мишића.
- **Снага** је способност мишића да делује релативно великим силама при малом спољашњем отпору, а при великим брзинама скраћења мишића.

СИЛА

Статички или квазистатички услови, велико оптерећење, мала брзина контракције



СНАГА



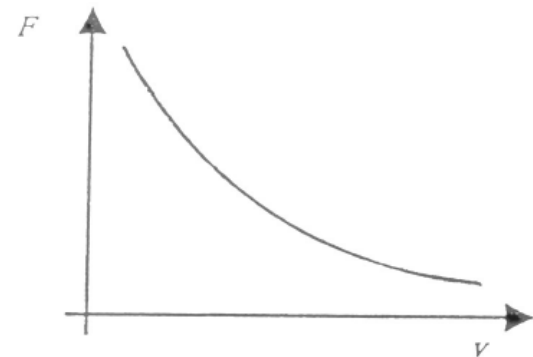
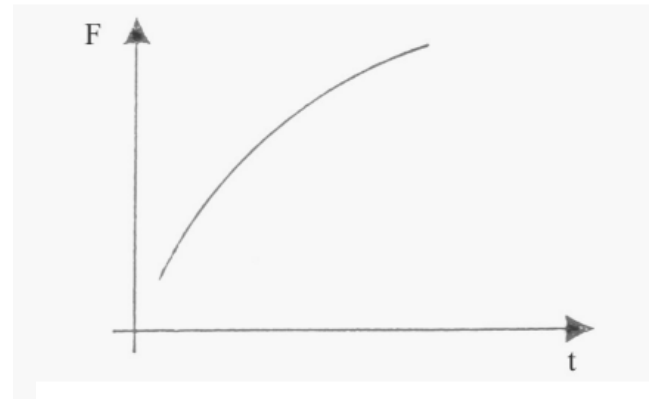
- ✓ Експлозивна
- ✓ Брзинска
- ✓ Издржљивост у снази



Сила (100-90% од 1 RM),
експлозивна снага (90-70%),
брзинска снага (70-40%)
издржљивост у снази (<40%)

ЕКСПЛОЗИВНА И БРЗИНСКА СНАГА

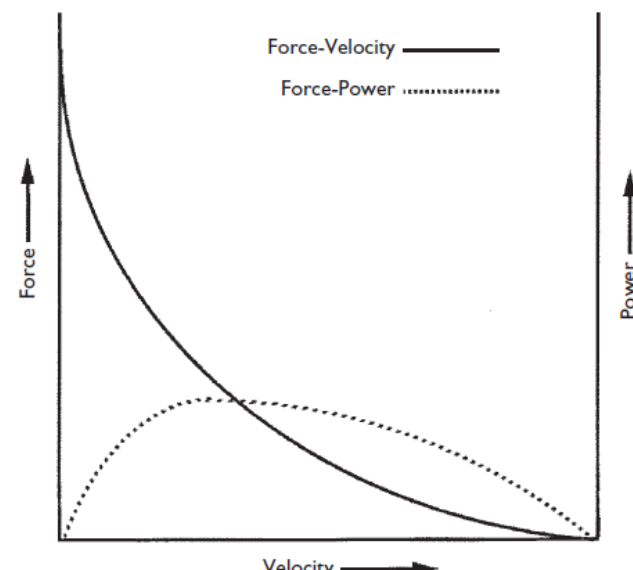
- Експлозивна снага – способност да се постигне што веће напрезање у кратком временском интервалу.
- Брзинска снага – способност да се постигне што веће напрезање при велим брзинама покрета
- Издржљивост у снази - способност неуромишићног система врши понављање контракција током дужег временског периода



СИЛА И СНАГА

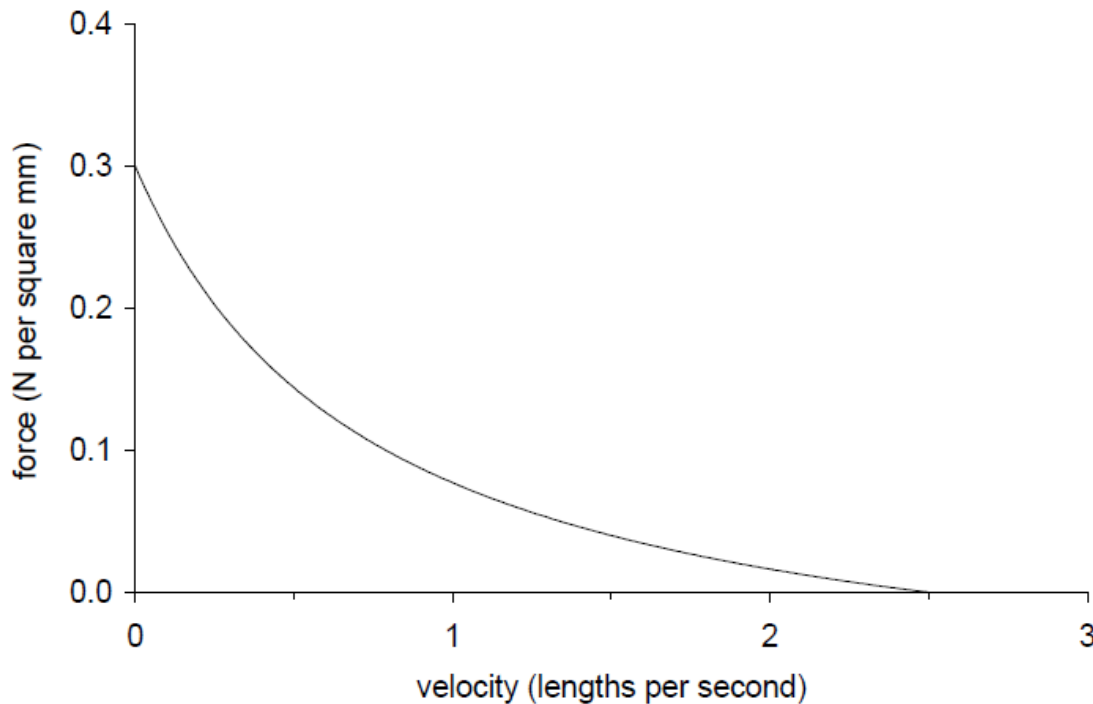
- Мишић силу испољава у условима када је оптерећење велико а брзина скраћења мишића мала или је нема;
- Док при савладавању умерених оптерећења (отприлике при $1/2$ од максималне силе) и умереном брзином (отприлике при $1/3$ максималне брзине свог скраћења) испољава своју максималну снагу.

Како расте брзина извођења покрета мишићна сила опада, а снага расте!



ХИЛОВА ХИПЕРБОЛА

Хилова хипербола показује да се брзина смањује уколико се терет повећава, а да се максимална сила постиже када је брзина (v) једнака нули (статичка контракција).



$$-b = K/(F-a)$$

a , b и K су константе,

F = сила,

V = брзина.

МИШИЋНА СИЛА

Мишићна сила зависи од:

- 1) физиолошког пресека мишића,
- 2) броја активираних моторних јединица,
- 3) фреквенције еферентних импулса,
- 4) дужине мишића,
- 5) брзине његовог скраћења,
- 6) структуре мишића,
- 7) архитектуре мишића,
- 8) степена замора.

МИШИЋНА СИЛА

- Физиолошки пресек мишића - збир појединачних површина попречног пресека свих мишићних влакана
- Већи физиолошки пресек - већа сила (**први Борели-Вебер-Фиков закон**)
- Од 3 до 6 kp/cm² (30-60 N/cm²)
- ✓ **ХИПЕРТРОФИЈА** – повећање димензија мишићног влакна
- ✓ **ХИПЕРПЛАЗИЈА** – повећање броја мишићних влакана

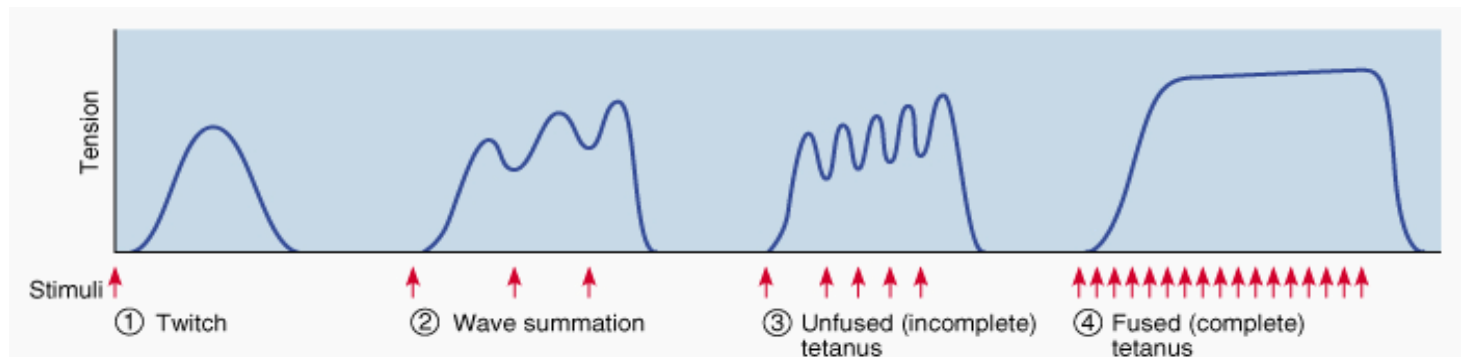
МИШИЋНА СИЛА

- Мишићна сила износи 3 до 6 kp/cm²
- Ако издужени мишић, чије је тело дугачко 20 cm, а површина пресека 20 cm² упоредимо са мишићем који је кратак и тело му дупло мање (10cm), али је површина пресека дупло већа (40 cm²), тада ће први мишић имати максималну силу 120 kp (6 x 20), а други 240 kp (6 x 40).
- Овде се мисли **на унутрашњу снагу**, а не на ефикасну снагу која зависи и од других фактора (угао деловања, полуге и др.).

МИШИЋНА СИЛА

фреквенција еферентних импулса

- Вlakна у моторној јединици се контрахују по закону **“све или ништа”**
- Сваки акциони потенцијал путујући моторним неуроном резултира краткотрајним периодом активације мишићних влакана те моторне јединице, што се назива трзај.
- Уколико се други трзај догоди пре него што се мишић релаксира трзаји се сумирају и добија се већа сила.
- Висока фреквенција еферентних импулса доводи до потпуног фузионисања трзаја што се назива **тетанус** – максимална количина силе коју мишићна јединица може развити.



МИШИЋНА СИЛА

број активираних моторних јединица

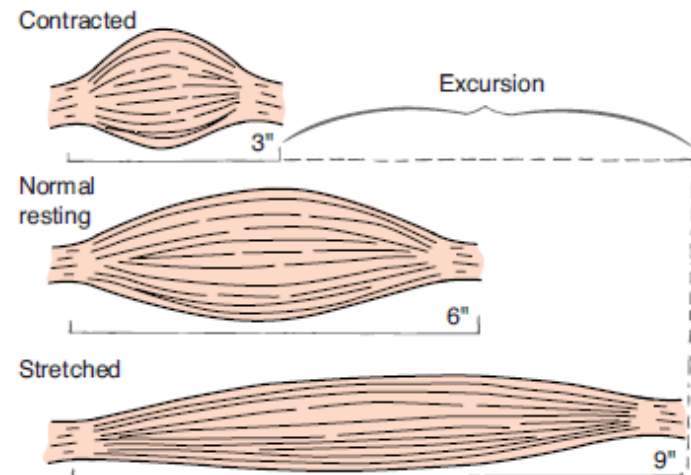
Приликом контракције, прво се укључују **мали моторни неурони**, а потреба за већом силом доводи до укључења моћнијих моторних јединица са већим моторним неуроном.

Код малих мишића већина моторних јединица се укључује на нивоу 50% од максималне силе, тако да у даљем порасту силе кључну улогу има повећање **фреквенције импулса**.

Код великих мишића укључење додатних моторних јединица доводи до повећања силе до 80% од максималне.

МИШИЋНА СИЛА

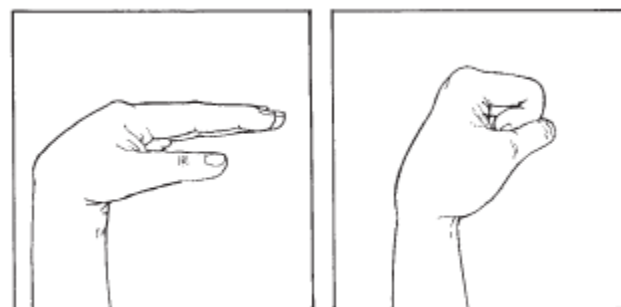
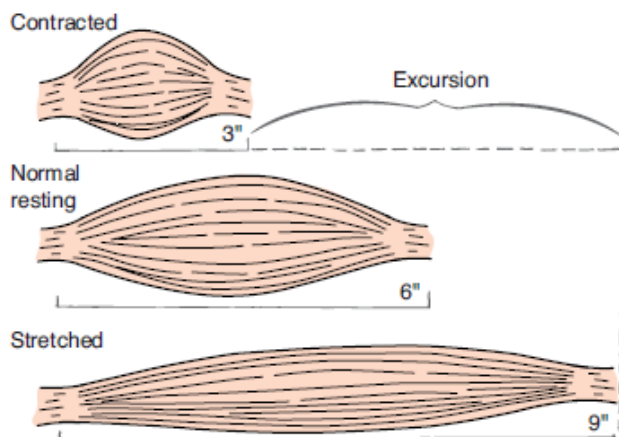
- Мишић се максимално може скратити на $1/2$ своје максималне физиолошке дужине (**други Борели-Вебер-Фиков закон**)
- Истезање мишића побољшава његову контракцију: мишићи испољавају највећу тензију кад је њихова дужина 120-130% од дужине у миру.
- За овај феномен заслужна је сила еластичности
- **Циклус истезање-скраћење**



МИШИЋНА СИЛА

Зависност силе мишића од његове дужине (релација сила-дужина)

- У случају када је мишић превише скраћен долази до немогућности мишића да делује довољном силом односно до појаве **активне инсуфицијенције**.
- Пример активне инсуфицијенције је слабљење стиска шаке када шаку померамо према положају палмарне флексије. Узрок томе је претерано скраћење вишезглобних мишића прегибача прстију.



МИШИЋНА СИЛА

Зависност силе мишића од брзине његовог скраћења
(релација сила-брзина)

Механички фактор од ког зависи мишићна сила услед дејства вискозне компоненте мишићне силе. Наиме, мишићна сила има три компоненте:

- **активну** која делује у смислу **скраћења** мишића (резултат интеракције актинских и миозинских филамената мишићног влакна),
- **пасивну** која такође делује у смеру **скраћења** мишића (ова компонента потиче од везивно-потпорног ткива које се опиरे претераном издуживању и јавља се само при већим дужинама мишића) и
- **вискозну** компоненту која може да делује у оба смера: када нека спољна сила издужује мишић она делује у смеру скраћења мишића, а када се мишић скраћује она делује у смеру његовог издужења.

МИШИЋНА СИЛА

Зависност силе мишића од брзине његовог скраћења (релација сила-брзина)

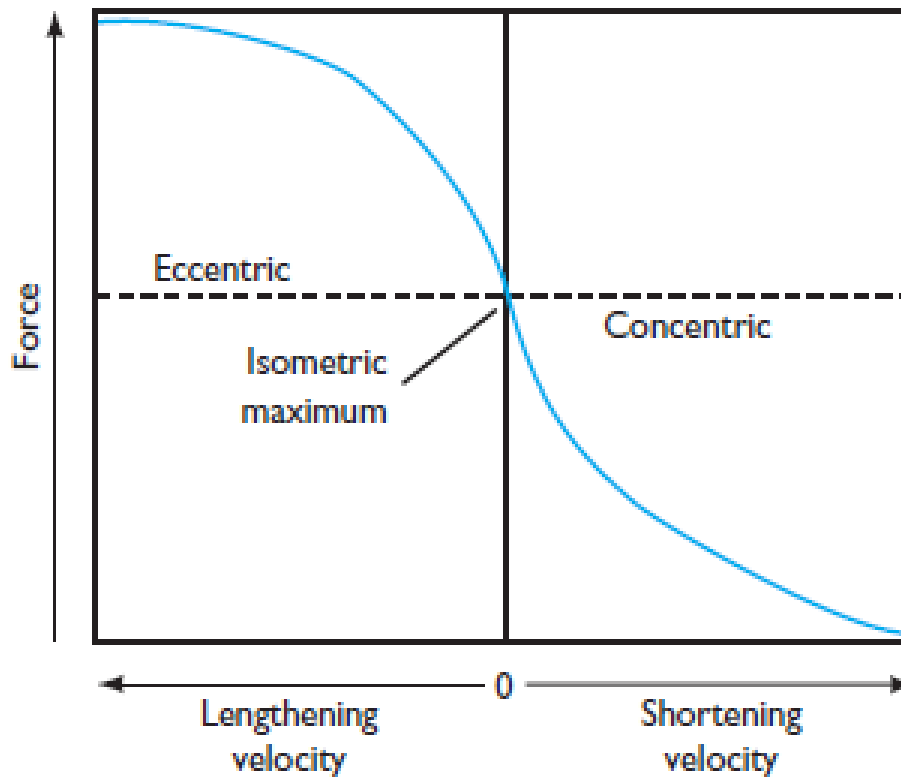
- Дакле, поменули смо да је смер дејства вискозне компоненте увек супротан смеру промене мишићне дужине, а интензитет ове компоненте расте са брзином промене дужине мишића.
- Пошто активна и пасивна компонента мишићне силе делују у смеру скраћења мишића, а вискозна увек супротно смеру промене дужине мишића, мишићна сила при ексцентричној контракцији је већа него при концентричној и ова разлика се повећава са повећањем брзине издужења мишића.

МИШИЋНА СИЛА

- Из релације сила-брзина закључује се и следеће:
- При **концентричној контракцији** са повећањем брзине скраћења мишића његова сила опада све до максималне брзине при којој сила вискозне компоненте потпуно не поништи активну и пасивну компоненту.
- С друге стране, **при ексцентричној контракцији** са повећањем брзине издужења мишића расте и сила коју он производи јер све три компоненте (активна, пасивна и вискозна) делују у истом смеру.
- Ова механичка особина је од значаја за анализу повреда мишићног и зглобног апарата. Наиме, повреде најчешће настају при ексцентричним контракцијама односно у активностима као што су доскок, одупирање рукама о тло при паду и слично.

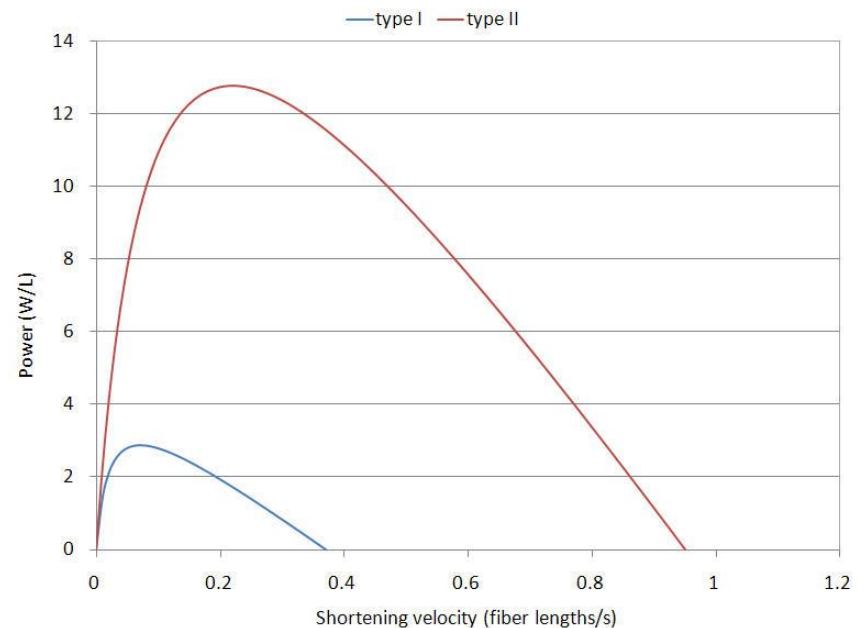
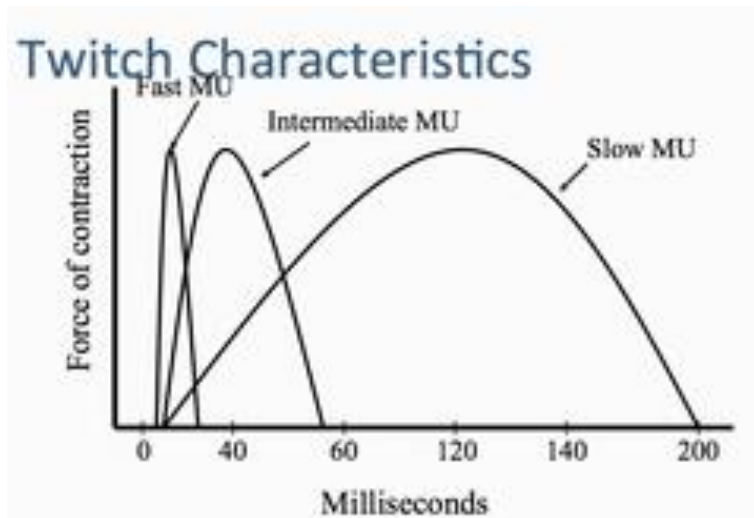
МИШИЋНА СИЛА

- Зависност силе мишића од брзине његовог скраћења (релација сила-брзина)



МИШИЋНА СИЛА

- **Зависност силе мишића од структуре мишића**
- Подела мишићних влакана на брза и спора
- **Брза влакна** имају већу максималну брзину скраћења и могу да реализују већу снагу док су **спора влакна** економичнија, користе мање енергије за исти рад и спорије се замарају.

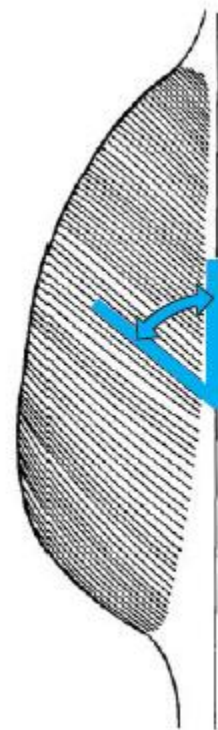


МИШИЋНА СИЛА

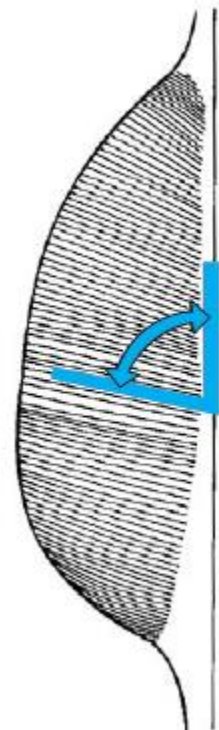
- **Зависност силе мишића од архитектуре мишића**
- **вретенасти** – одликују се великом дужином мишићних влакана која су постављена скоро симетрично па се резултанта њиховог дејства у основи поклапа са уздужном осом мишића.
- Влакна ових мишића су постављена паралелно, уздуж мишића, па је површина физиолошког пресека (од које зависи сила мишића) таквих мишића мала, али ови мишићи могу да делују на дугом путу.
- **перасти** – одликују се кратким влакнима и пружају се косо упоље. Овакви мишићи имају кратка влакна, али је број влакана велики. Физиолошки пресек мишића је велики па су ови мишићи, по правилу, јаки.

ЗАВИСНОСТ БИОМЕХАНИЧКИХ ОСОБИНА ОД АРХИТЕКТУРЕ МИШИЋА

- Када се развија тензија у мишићима са паралелно постављеним влакнима, скраћење мишића је последица скраћења мишићних влакана
- Када се развија тензија у мишићима са косо постављеним влакнима, скраћење мишића је последица промене угла под којим су постављени у односу на уздужну осу (кад овај угао пређе 60 степени, упола опада ефикасност мишића)



Relaxed



With tension development

МИШИЋНА СИЛА

- Механичке особине мишића зависе и од степена **замора и температуре**:
- Повећање замора и снижење температуре делују негативно, и обратно.
- Овај негативан ефекат много је више изражен на снагу мишића него силу мишића, јер делују на облик релације сила-брзина.

МИШИЋНА СИЛА

- Сила мишића зависи и од биолошке старости.
- Наиме, способност човека да делује **великим силама** задржава се скоро на истом нивоу до 50-их година живота, а потом опада, углавном због честог губитка телесне масе односно масе мишића у старости.
- С друге стране, **снага** почиње да опада већ после 20-те године, за шта је одговорно одумирање алфа-мотонеурона који инервишу брзе моторне јединице, односно претварање брзих влакана у спора уколико њихову инервацију преузме суседни неурон који иначе инервише спору мишићну јединицу.

КИНЕТИЧКИ ЛАНЦИ

- Мишићи врло ретко покрећу само полугу за коју су непосредно везани, већ се њихово дејство испољава и на суседним деловима тела које он не може непосредно покретати.
- Овакав комплекс покрета који изазива један мишић непосредно у пределу своје локације и посредно на суседне делове тела, назива се ланац покрета или **кинетички ланац**.
- У зависности од тога да ли постоји чврста тачка на крајевима таквих ланаца, разликују се отворени и затворени кинетички ланци.

ОТВОРЕНИ КИНЕТИЧКИ ЛАНЦИ

- Отворени кинетички ланац се јавља у случају када се ради о систему делова тела који је учвршћен на једном свом крају (проксималном), док је други крај слободан (дистални).

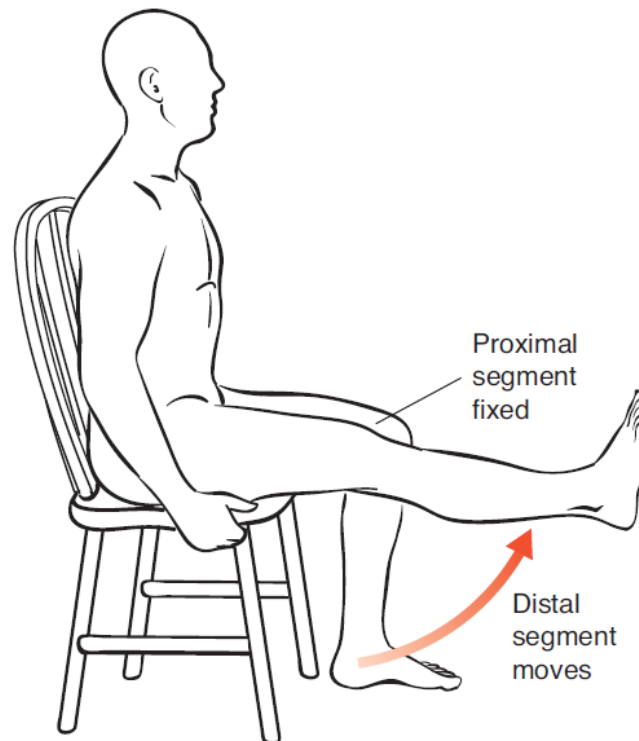
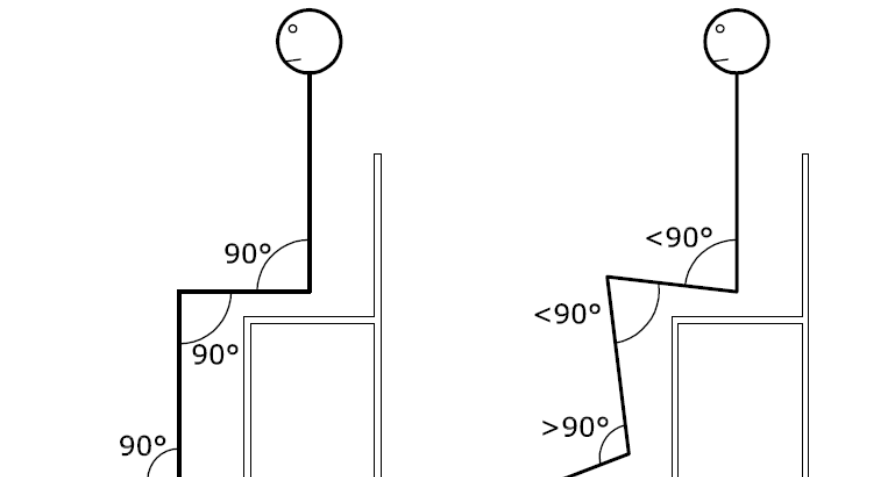


Figure 5-14. Open kinetic chain.

ЗАТВОРЕНИ КИНЕТИЧКИ ЛАНЦИ

- Код затвореног кинетичког ланца систем делова тела је учвршћен на оба своја краја, а циљ је да се специфичним дејством у затвореном кинетичком ланцу изврши одређено померање система унутар оба затворена краја кинетичког ланца.
- Пример затвореног кинетичког ланца је дејство плантарних флексора у скочном зглобу при седењу на столици



ЗАТВОРЕНИ КИНЕТИЧКИ ЛАНЦИ

- Код **отвореног** кинетичког ланца дистални сегмент се креће, а код **затвореног** је дистални сегмент фиксиран, а проксимални се креће

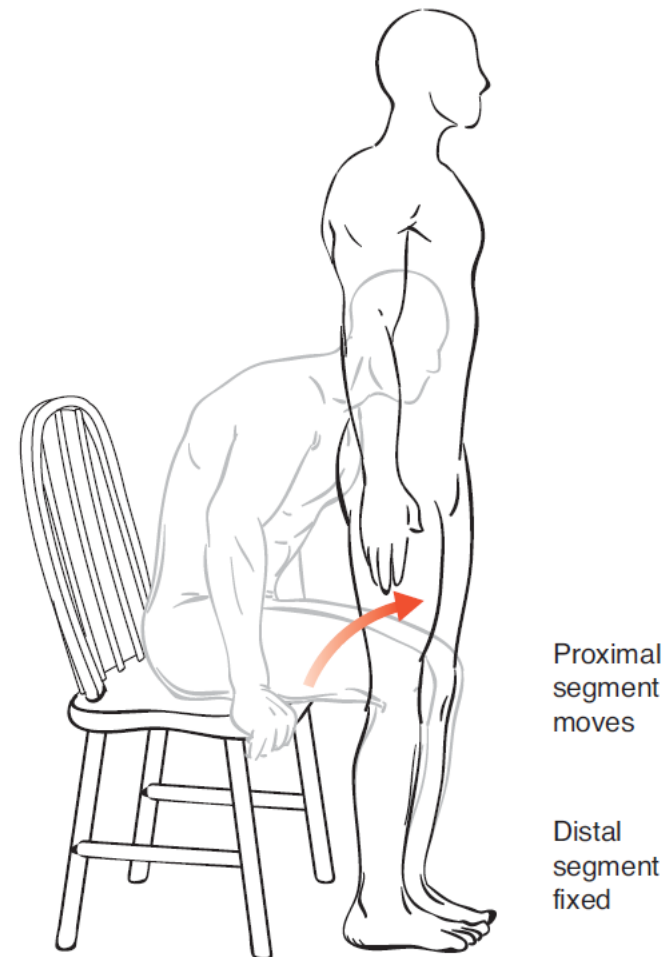


Figure 5-13. Closed kinetic chain.

КИНЕТИЧКИ ЛАНЦИ

- Лежећи на леђима са руком подигнутом у вис у могућности смо да померамо руку у зглобу рамена, лакта, ручном зглобу, зглобовима шаке и прстију у много праваца, заједно или појединачно: **отворени кинетички ланац**
- Хватањем за трапез изнад кревета добијамо **затворени кинетички ланац**: флексија у лакту изазива екстензију у рамену, екстензија у лакту изазива флексију у рамену (предвидљиве кретње)
- Вожња бицикле: затворени кинетички ланац
- Слободни тегови: отворени кинетички ланац
- Тредмил: комбинација отвореног и затвореног (стајна и замајна нога)

КИНЕТИЧКИ ЛАНЦИ

Карактеристика	Вежбе затвореног кинетичког ланца	Вежбе отвореног кинетичког ланца
Број оса зглобова	Више	Једна примарна
Кретање сегмената	Оба сегмента се крећу истовремено	Један сегмент је покретан, а други непокретан
Број зглобова у којима се врши покрет	Више	Један изоловани зглоб
Равни у којима се врши покрет	Више (три)	Једна
Учешће мишића	Значајна ко-контракција	Изолована мишићна група
Модел покрета	Функционално оријентисан	Често нефункционалан

ЧЕСТЕ МИШИЋНЕ ПОВРЕДЕ

- **Истегнуће** – претерано истезање мишићног ткива
- **Контузија** – услед компресивних сила; хематоми у мишићном ткиву
- **Грч** – дехидратација, електролитни дисбаланс, дефицијенција калцијума и магнезијума
- **Упала мишића** – 24-72ч након неуобичајене физичке активности – бол, оток и знаци инфламације услед микротраума

ПИТАЊА И ЗАДАЦИ

- Које врсте мишићних контракција постоје?
- Статичка и динамичка (ексцентрична и концентрична).
- Коју контракцију врши *m. biceps brachii* када вршимо флексију подлактице из основног антрополошког положаја човека?
- Врши концентричну контракцију.
- Објасните активну, пасивну и вискозну компоненту мишићне силе. Када мишић испољава већу силу, при концентричним или ексцентричним контракцијама и зашто?
- Активна делује у смислу скраћења мишића (резултат је интеракције актинских и миозинских филамената мишићног влакна), пасивна такође делује у смеру скраћења мишића (потиче од везивно-потпорног ткива које се опире претераном издуживању и јавља се само при већим дужинама мишића) и вискозна делује увек супротно од смера промене дужине мишића (последица је унутрашњег трења при клизању актинских и миозинских влакана). Мишић испољава већу силу при ексцентричним контракцијама јер све три компоненте делују у истом смеру.

ПИТАЊА И ЗАДАЦИ

- Од чега зависи сила мишића?
- Величине физиолошког пресека мишића, степена његове активације, дужине мишића, од брзине његовог скраћења, структуре и архитектуре мишића, степена замора.
- Шта је активна инсуфицијенција мишића?
- Активна инсуфицијенција је немогућност мишића да делује довољном силом уколико је мишић превише скраћен
- Која је разлика између силе и снаге?
- Мишић силу испољава у условима када је оптерећење велико а брзина скраћења мишића мала или је нема а снага је производ силе мишића и брзине његовог скраћења – она се испољава када мишић делује против умереног отпора умереном брзином.
- Објасните зависност мишићне силе од структуре мишића.
- Брза влакна имају већу максималну брзину скраћења и могу да реализују већу снагу. Спора влакна служе за дуготрајне константне изометријске контракције (сила).
- Шта је то кинетички ланац? Какав он може бити?
- Комплекс покрета који изазива један мишић непосредно у пределу своје локације и посредно на суседне делове тела. Може бити отворени и затворени

ПИТАЊА

- Да ли ход низбрдо подразумева концентричну или ексцентричну контракцију *m. quadriceps femoris*-a?
- Ексцентричну
- Уколико би желели да се мишић контрахује током дугог пута, кокав распоред влакана би он требало да има ?
- Паралелан
- Уколико бисте желели мишић подиже веома тешко оптерећење, какав распоред мишићних влакана би он требало да има ?
- Кос

ПИТАЊА

Мишић	Екстензија	Спољашња ротација	Унутрашња ротација
m. gluteus maximus	x	x	
m. biceps femoris			
m. gluteus minimus			x

- Који мишић из ове табеле у екстензији делују као агониста ?
 - m. gluteus maximus
- Који покрет треба бити неутрализован да би агонисти вршили само екстензију у куку?
 - Спољашња ротација
- Који мишић делује као неутрализатор да спечи тај нежељени покрет?
 - m. gluteus minimus

ПИТАЊА

Особа седи држећи бучицу у шасти, подлактица је пронирана, лакат опружен, надлактица медијално ротирана. Из овог положаја особа подиже тег у страну.

- Како се зове овај покрет у зглобу рамена ?
- Абдукција
- Да ли се током абдукције руке врши концентрична, ексцентрична или изометријска контракција ?
- Концентрична
- Који мишић врши абдукцију у рамену ?
- M. deltoideus
- Која врста контракције се дешава на нивоу зглоба лакта ?
- Изометријска
- Који мишић је у изометријској контракцији и одржава положај лакта ?
- M. triceps brachi

ПИТАЊА

Особа лежи на леђима, са руком опруженом поред тела и бучицом у шаци. Из овог положаја особа подиже вертикално руку у вис.

- Како се зове овај покрет у зглобу рамена ?
- Флексија
- Да ли је контракција мишића који изводе овај покрет у првих 90 степени концентрична или ексцентрична?
- Концентрична
- Ко изводи овај покрет до 90 степени, флексори или екстензори у рамену?
- Флексори
- Која врста контракције након 90 степени?
- Ексцентрична
- Који мишићи се ексцентрично контрахују након 90 степени, флексори или екстензори у рамену?
- Екстензори

ПИТАЊА

- Шта нам показује Хилова хипербола?
- Хилова хипербола показује да се брзина смањује уколико се терет повећава, а да се максимална сила постиже када је брзина једнака нули
- Шта је хипертрофија?
- Повећање димензија мишићног влакна
- Шта је тетанус?
- Максимална количина силе коју мишићна јединица може развити – настаје фузионисањем трзаја
- Како гласи други Борели Вебер Фиков закон?
- Мишић се ме скратити или издужити за половину своје дужине у миру

ПИТАЊА

- Како се мишићи према улози у покрету могу поделити?
- Агонисти, синергисти, антагонисти, фиксатори, неутрализатори
- Шта је тангенцијална, а шта радијална компонента мишићне силе?
- Тангенцијална – ефикасна, радијална – неефикасна компонента
- Када неефикасна компонента мишићне силе врши сабијање, а када растезање?
- При угловима мањим од 90° неефикасна сила је сабијајућа, а при већим од 90° растезајућа.