

ОСНОВНЕ СТРУКОВНЕ СТУДИЈЕ
СТРУКОВНИ ТЕРАПЕУТ



Клиничка биомеханика

ПРЕДАВАЊЕ 2

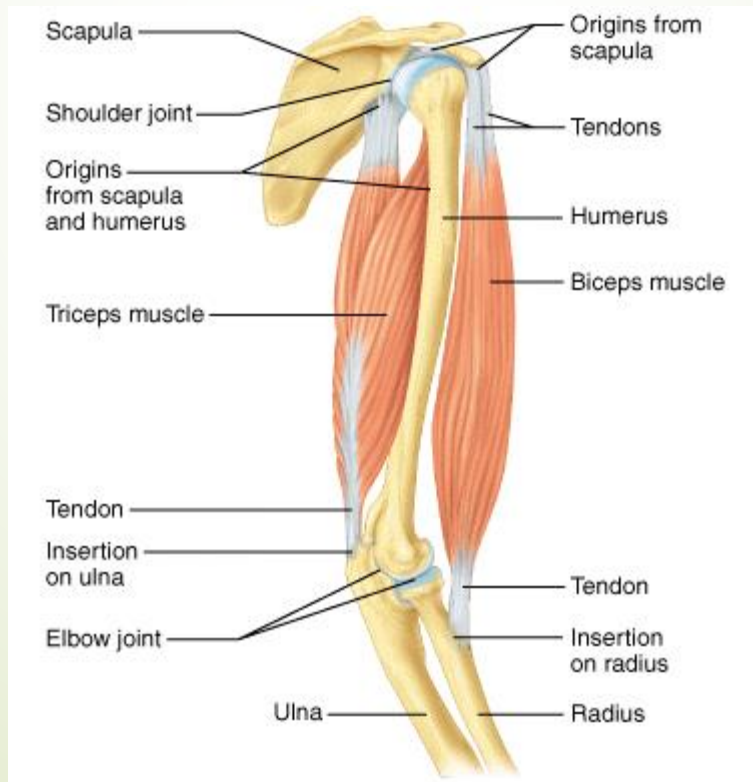
Пасивни елементи локомоторног апарата: кости и зглобови.
Полуге.

Локомоторни систем

- **Локомоторни систем** човека представља зглобно-коштано-мишићни систем који 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.

Елементи локомоторног апарата

- Пасиван део: кости и зглобови
- Активан део: мишићи



Кости

- Кости дају ослонац телу и омогућавају извођење покрета.

Остале функције костију:

- Заштита осетљивих делова и виталних органа (мозак, срце, плућа)
- Складиште за одређене хемијске материје које организам може да користи по потреби (минерала, посебно Ca)
- Стварање крвних ћелија
- Исхрана организма (зуби)
- Трансмисија звука (кости средњег уха)



Кости

- Поред спољних сила (пре свега гравитационе) на човеково тело делују и унутрашње силе.
- Оне су последица мишићних контракција и преносе се непосредно на кости скелета.
- Због тога се кости поковају **законима полуге.**
- Зглобови повезују овакве полуге у системе.

Кости

Кости ($n=206$) се могу поделити на две групе:

- **Осовински скелет** (80 костију) – кости трупа и главе – служи углавном да обезбеди ослонац и заштиту органа
- **Придружени скелет** (126 костију) – кости екстремитета које су прикачене на осовински скелет и служе за вршење покрета

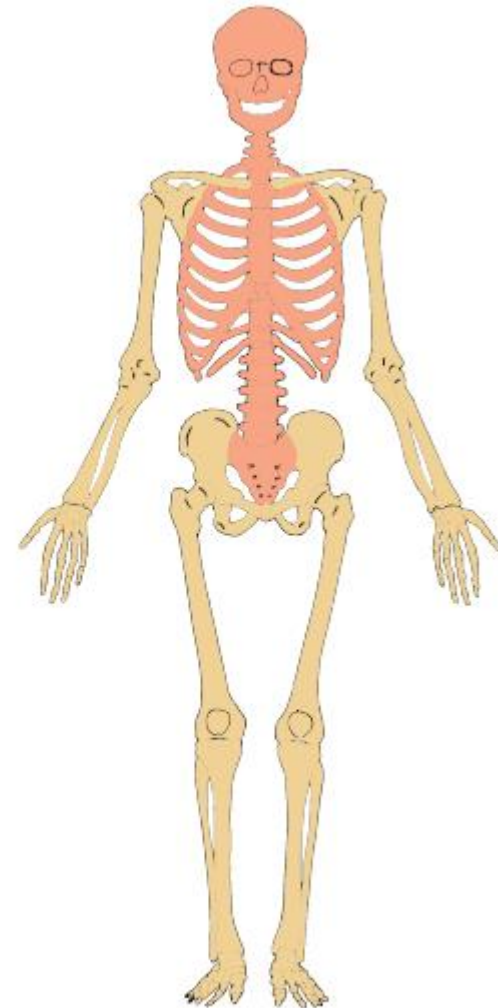


Figure 2-1. Axial and appendicular skeleton.

Осовински скелет

Кости осовинског скелета су:

1. кости лобање и лица (22)
2. кости средњег уха (6)
3. хиоидна кост (1)
4. ребра (24)
5. грудна кост (1)
6. кичмени стуб (26): 7 цервикалних, 12 торакалних, 5 лумбалних пршљенова, крсна и тртична кост

Придружени скелет

Кости придруженог (апендикуларног) скелета:

А. Горњи екстремитети:

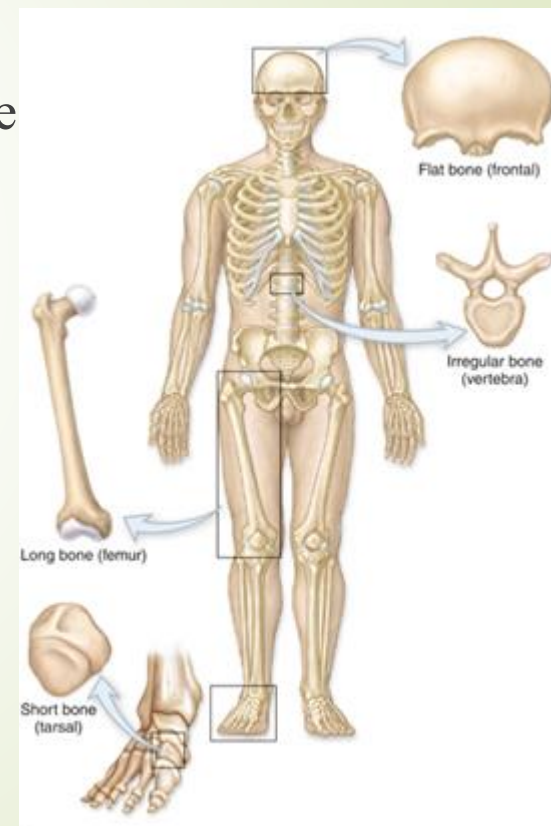
1. рамени појас (4 кости): клавикула (2) и скапула (2)
2. надлакат и подлакат (6 костију): хумерус (2), улна (2), радијус (2)
3. шака (54 кости): кости ручја (16), кости доручја (10), фаланге (28)

Б. Доњи екстремитети:

1. карлица (2 кости): карлична кост (2)
2. натколеница и потколеница (8 костију): фемур (2), патела (2), тибија (2), фибула (2)
3. стопало (52 кости): кости ножја (14), кости доножја (10), фаланге (28)

Подела костију по облику на основу три димензије (дужину, ширину и дебљину)

- **дуге кости** – кости којима је једна димензија (дужина) знатно већа од друге две. Налазе се углавном у екстремитетима. Имају пре свега **моторичку функцију** – служе као полуге за покрете екстремитета.
- **кратке кости** – кости које имају све три димензије приближно исте (нпр. кости у шаци или стопалу итд.). Кратке кости обезбеђују еластичност, покретљивост и амортизовање ударних импулса.
- **пљоснате кости** – кости које имају једну димензију (дебљину) знатно мању од друге две (нпр. кости лобање, лопатица). Њихова главна улога је у механичкој заштити органа, као и у пружању ослонаца дугим костима.
- **неправилне** (нпр. пршљенови, кости лица)



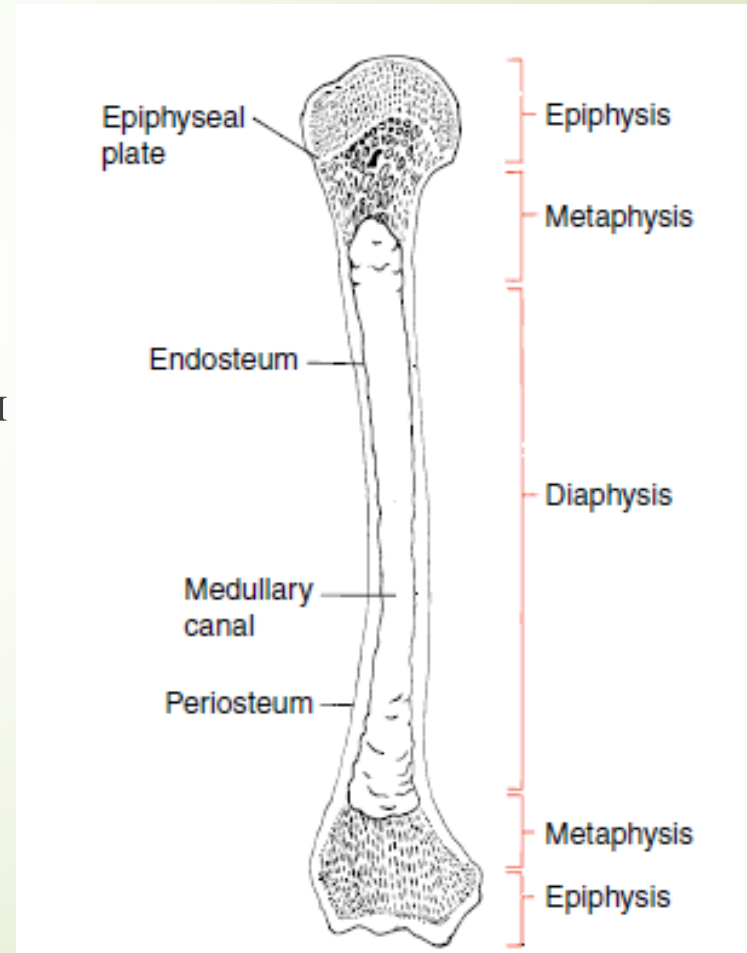
Подела костију по облику

- Нема дугих, ни кратких костију у аксијалном скелету, нити костију неправилног облика у скелету екстремитета

Тип кости	Осовински скелет	Придружени скелет	
		Горњи екстремитети	Доњи екстремитети
Дуге	нема	Клавикула Хумерус Радијус Улна Кости доручја Фаланге	Фемур Фибула Тибија Кости доножја Фаланге
Кратке	нема	Кости ручја	Кости ножја
Пљоснате	Кости лобање Ребра Стернум	Скапула	Карлична кост Патела
Неправилног облика	Пршљенови Кости лобање Крсна кост Тртична кост Мандибула Кости лица	нема	нема

Састав и структура дугих костију

- **Епифиза** – крајак дугих костију
- **Дијафиза** – средишњи део кроз који пролази медуларни канал
- **Метафиза** – проширени део између епи- и дијафизе је место најизраженијег раста кости (епифизеална плоча)



Састав и структура других костију

- Код деце, на РТГ снимку се може видети јасна линија између епифизеалне плоче и остатка кости, док код одраслих то није случај и показује да је раст кости престао
- **Раст у дужину:** епифизеална плоча – до 18. године, понекад чак до 25.
- **Раст у обиму:** током целог живота

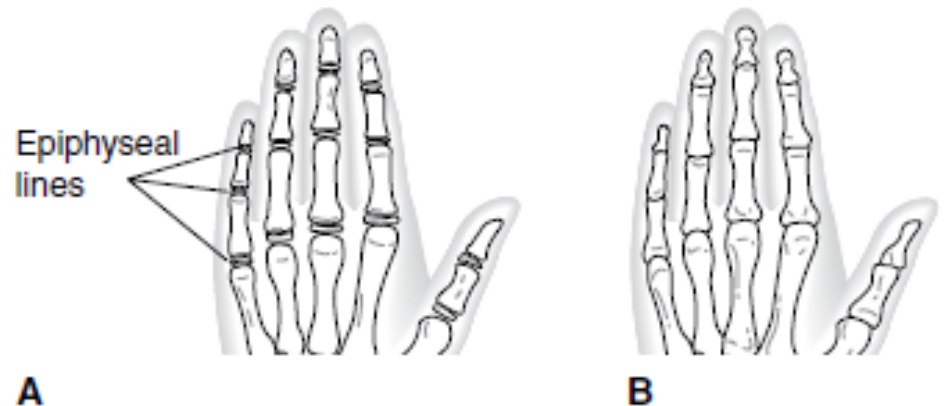
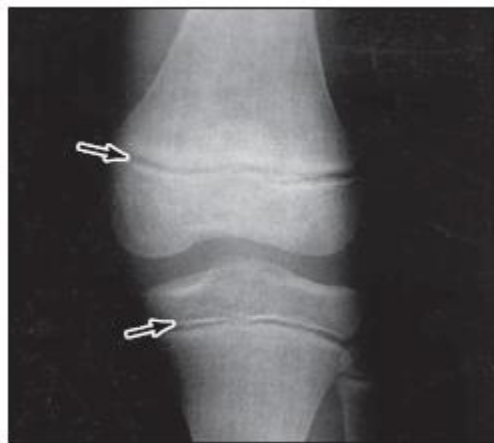


Figure 2-4. Epiphyseal lines in the hand bones of a child (A) and an adult (B).

Грађа костију

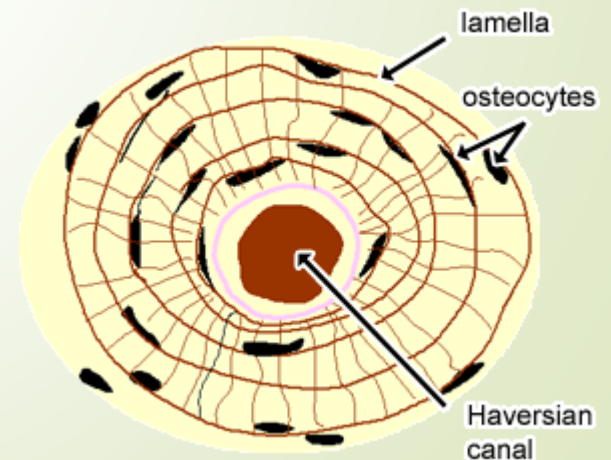
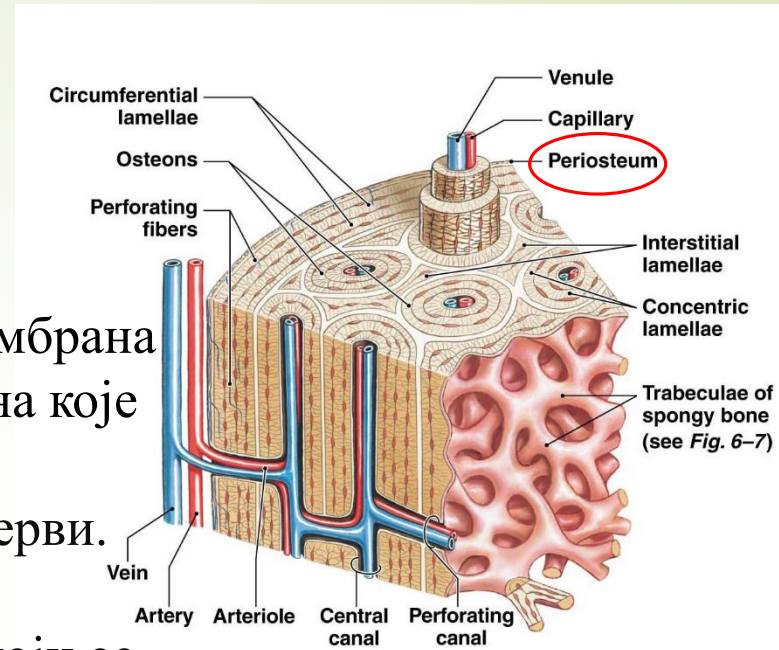
Кости изграђују 3 различита саставна дела: покосница, коштаног ткиво, коштаног срж.

Покосница (periosteum) је танка фиброзна мембрана која покрива целу кост осим зглобних површина које су покривене хијалином хрскавицом. Чине је остеобласти, везивна влакна, крвни судови и нерви. Она је одговорна за раст кости и обнову кости.

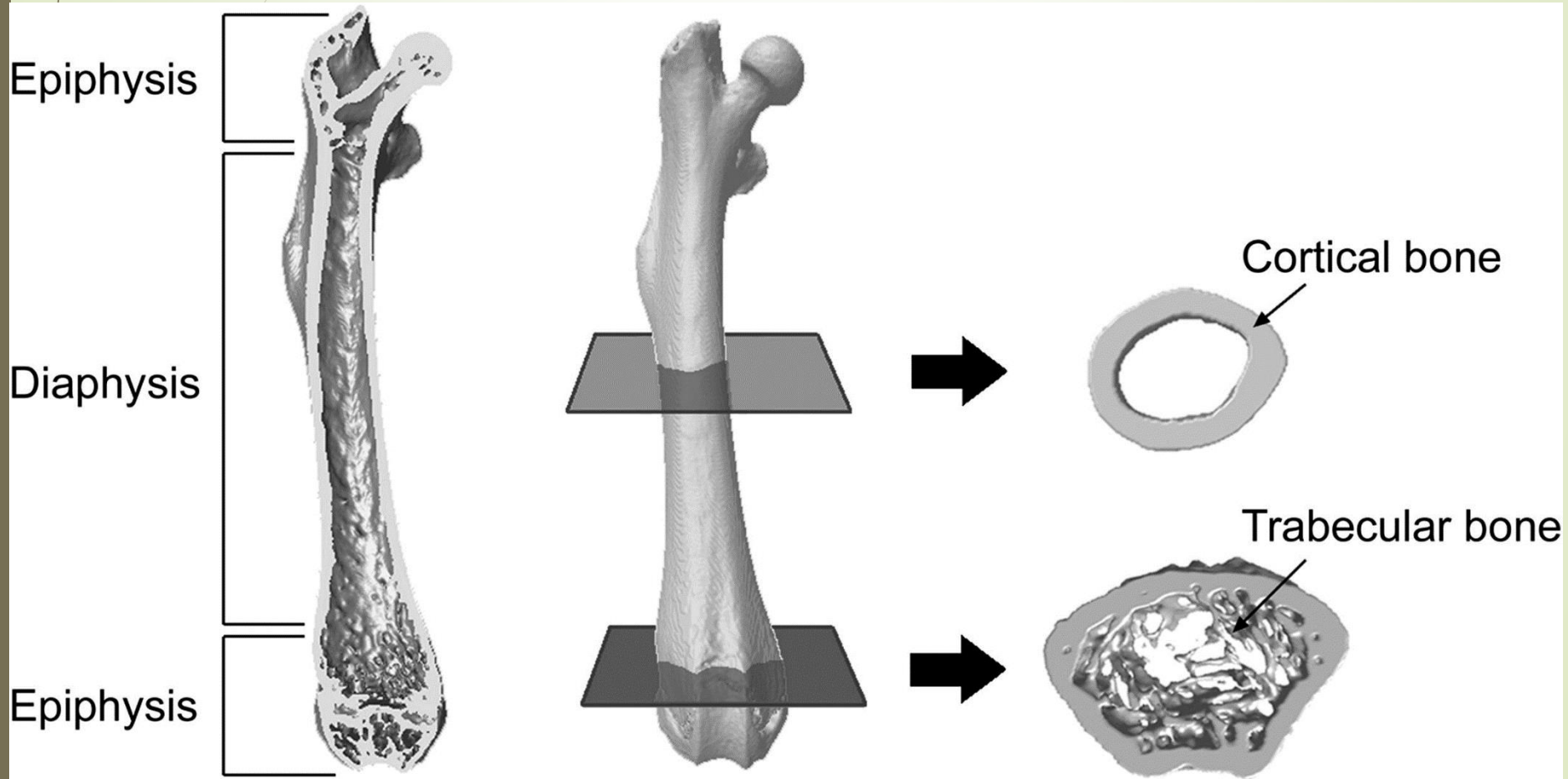
Компактно коштаног ткиво – у дијафизи, састоји се од коштаног ћелија (остеоцита), међукоштане супстанце (осеин), минералних соли, и колагена. У облику концентричних ламела.

Сунђерасто коштаног ткиво у епифизама: гредице тј. танке ламеле наслагане једна на другу

Централни канал (хаверсов) испуњен коштаном сржи



Грађа костију



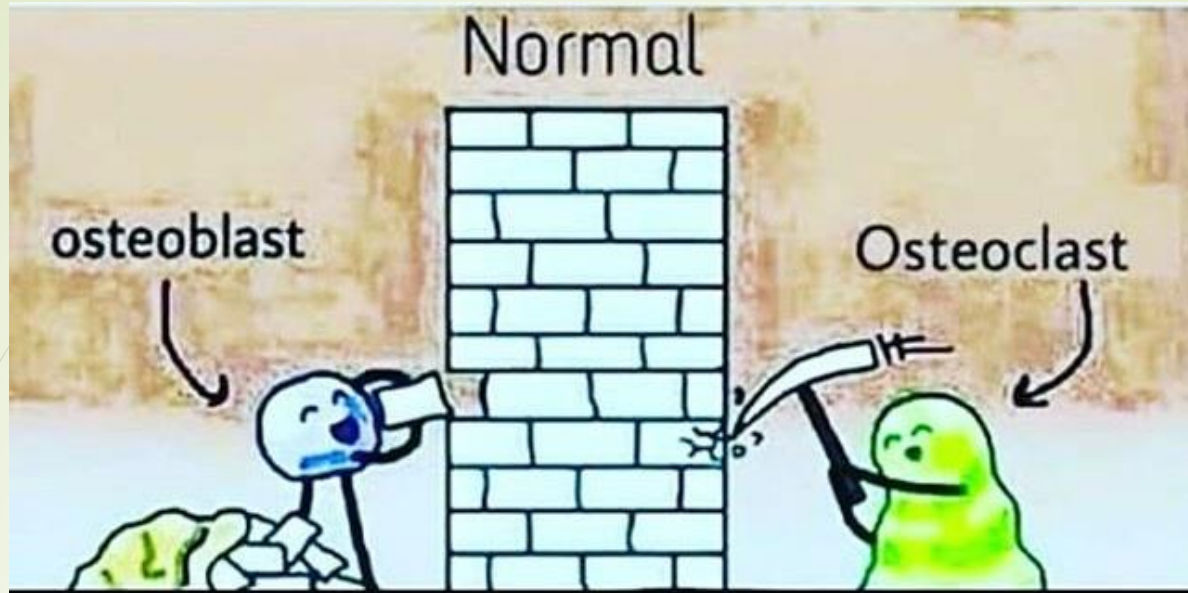
Грађа костију

- **Коштана срж:** црвена и жута.
- Црвена коштана срж представља хематопоеетско ткиво, које ствара крвне елементе.
- При рођењу, сва коштана срж је црвена. Са годинама, све већи део се трансформише у жуту срж. У детињству се у костима налази црвена коштана срж.
- Међутим, после 18. године црвена коштана срж у дугим костима бива замењена масним ткивом, које чини жуту коштану срж.
- У костима кичменог стуба, грудној кости, ребрима, костима карлице и костима лобање остаје трајно црвена коштана срж.
- Жута коштана срж се налази у дугим, цевастим костима одраслог човека.

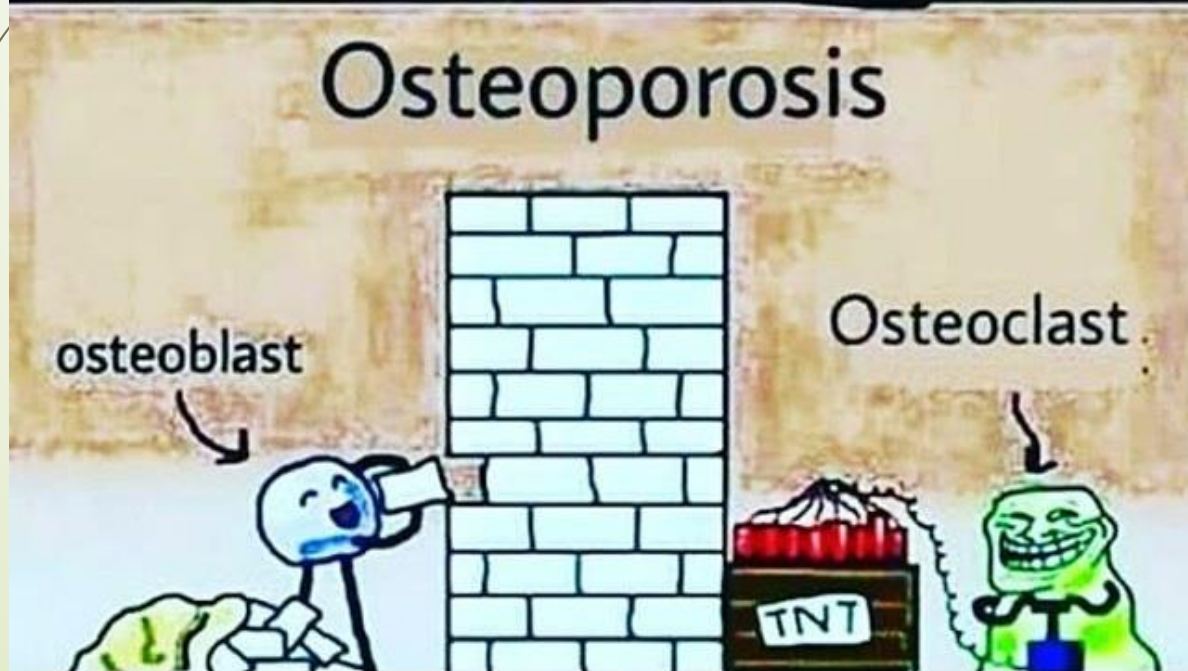
Састав и структура костију

- Кости се састоје из више типова ткива: фиброзног, хрскавичавог, коштаног, нервног, васкуларног
- **колаген** - органски материјал (око 60% запремине и 40% масе костију) који костима обезбеђује еластичност,
- **минерали** - неоргански материјал (око 40% запремине и 60% масе) који костима даје неопходну чврстину.
- Коштане ћелије: остеоцити, остеобласти, остеокласти

Normal



Osteoporosis

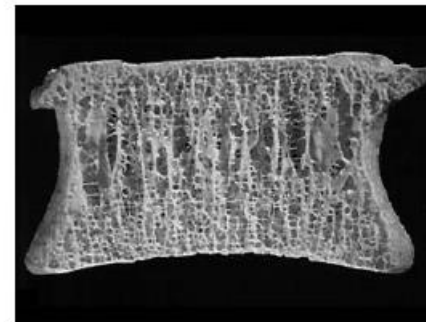


Састав и структура костију

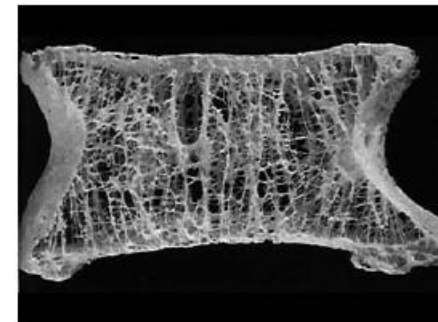
- Током живота, долази до прогресивног губитка колагена
- Минерални састав кости достиже врх око 25-28. године код жена, 30-35. код мушкараца.
- Код жена око 0.5-1% коштане масе се губи сваке године док не уђу у менопаузу (око 50-те), а потом чак и до 6.5%
- **Физичка активност** промовише хипертрофију и јачање костију, док неактивност доводи до атрофије (4-6 недеља лежања – 6 месеци потребно да се поврати губитак)

Остеопороза

- Остеопенија – смањена густина кости (ризик од прелома)
- Остеопороза – смањена густина кости у већем степену (болест)
- Астронаути, лежећи пацијенти, жене, старије особе, спортисткиње
- Најчешће фрактуре услед остеопорозе: радијус, улна, врат фемура, пршљенови
- Превенција: физичка активност, дијета (Ca, vit D)
- Ризици: губитак масе, мршавост, пушење, дефицијенција естрогена, калцијума, витамина Д, претерани унос протеина и кофеина...



(a)



(b)

СПОЉНИ ИЗГЛЕД КОСТИ

- На површини костију запажају се неравнине различите природе, величине, облика и локације

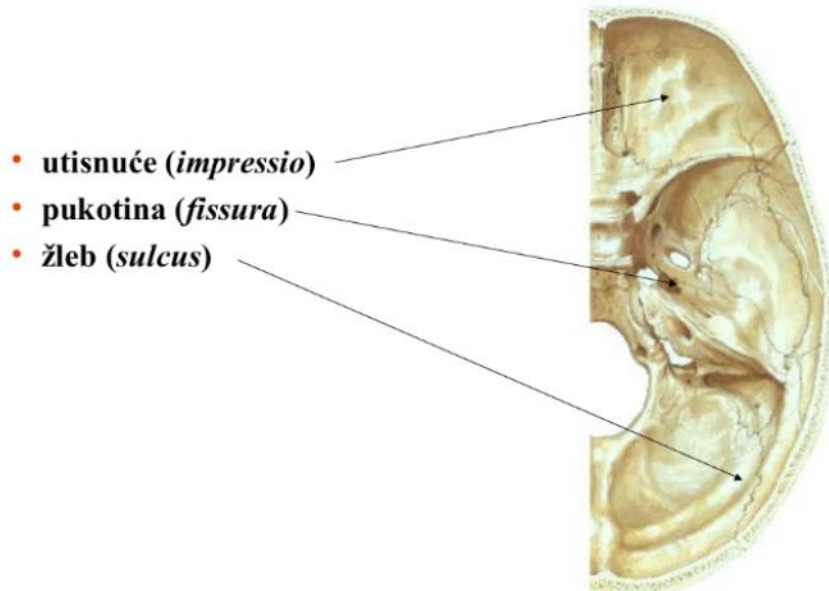
Испупчења

- Испупчења на костима деле се на **зглобна** и **незглобна**.
- **Зглобна испупчења** су глатке површине, прекривене хрекавицом, а могу имати облик **главе** (*caput*), **колотура** (*trochlea*) или **зглобне кврге** (*condylus*).
- **Незглобна испупчења** могу бити линеарна, округла или оштра.
 - Линеарна испупчења су: **линија** (*linea*) и **гребен** (*crista*).
 - Округласта испупчења су: **квржица** (*tuberculum et epicondylus*), **кврга** (*tuber, trochanter et protuberantia*).
 - Оштра испупчења су: **бодља** и **наставак** (*spina et processus*).

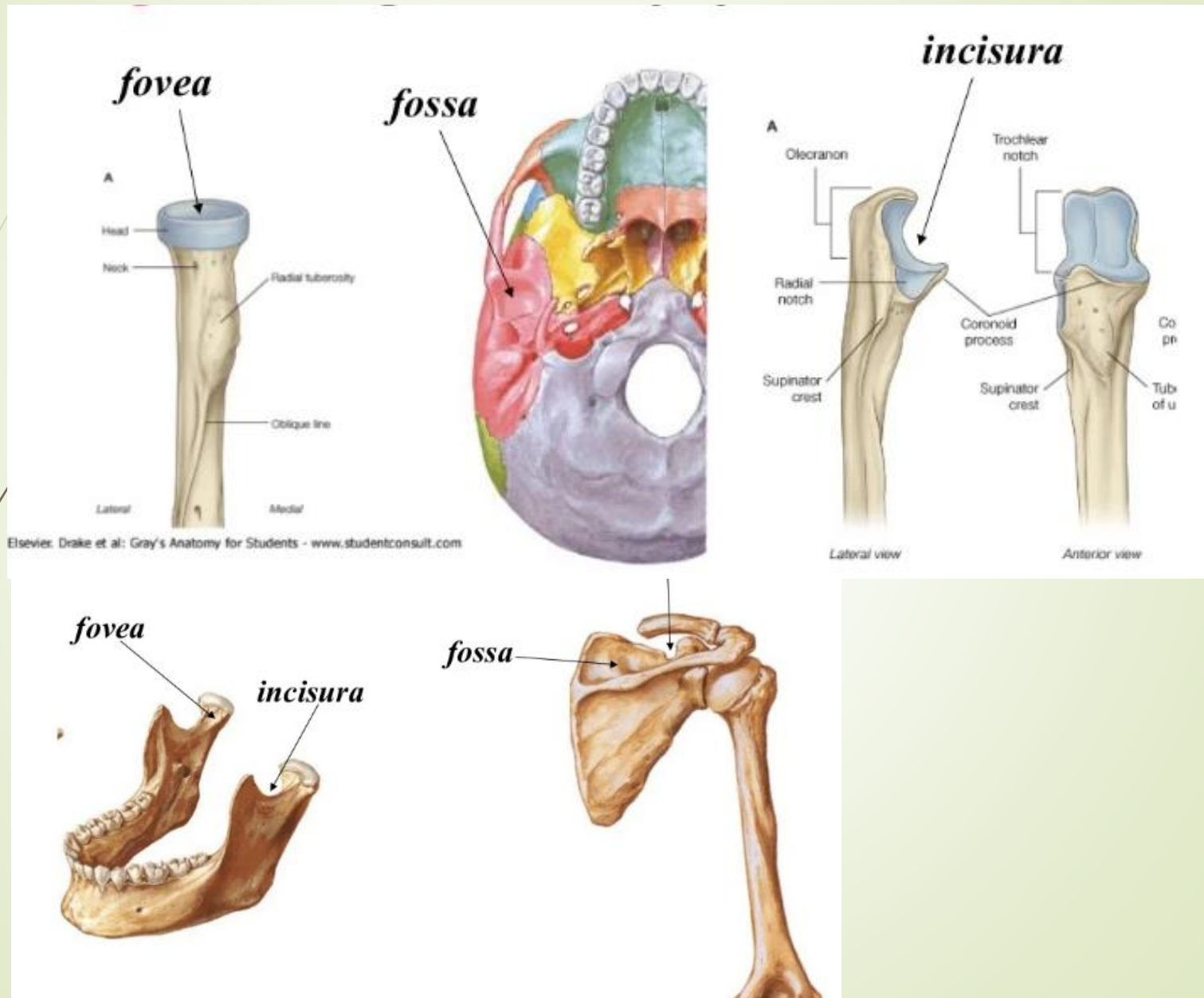
Спољни изглед кости

Удубљења

- Удубљења костију такође могу бити **зглобна и незглобна**.
- **Зглобна удубљења** одговарају зглобним испупчењима и најчешће имају облик **зглобних чашица** (*acetabulum, cavitas glenoidalis*).
- **Незглобна удубљења** су: **утиснуће** (*impressio*) и **жлеб** (*sulcus*). На ивицама костију може да постоји **пукотина** (*fissura*).
- **Јамица** (*fovea*), **јама** (*fossa*) и **усек** (*incisura*) могу бити и зглобна и незглобна удубљења.



Зглобна и незглобна удубљења



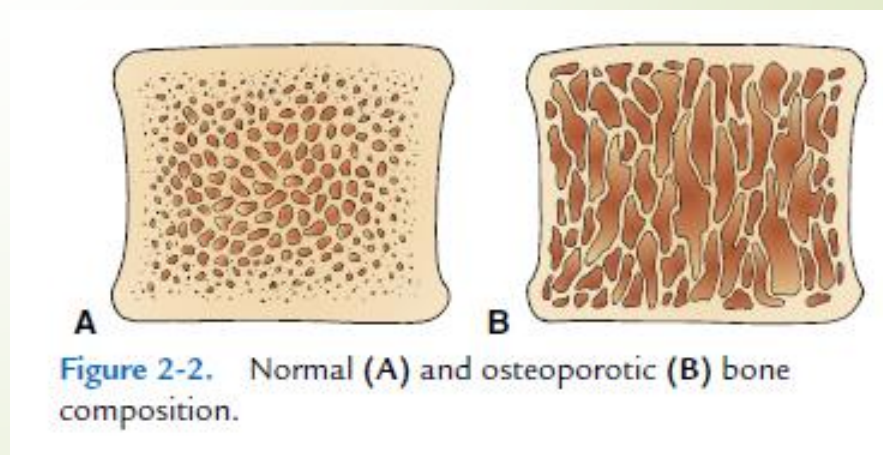
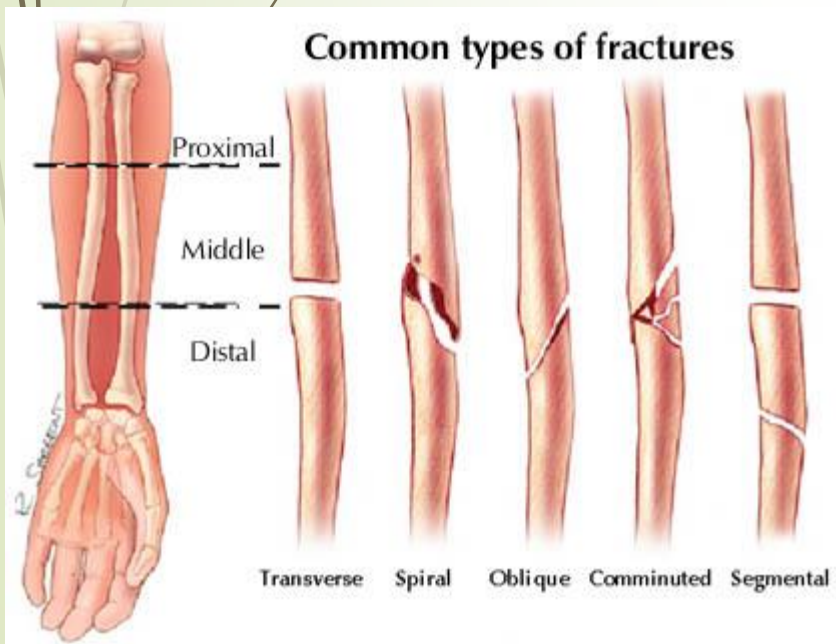
СПОЉНИ ИЗГЛЕД КОСТИ

Отвори

- Отвор на кости (*foramen*) служи за пролаз разних елемената, најчешће крвних судова и живаца из једног предела тела у други (нпр. кроз *foramen magnum* на потиљачној кости улазе у лобању продужена možдина, кичмени корен XI možданог живца и кичмене артерије, а излазе из лобање у кичмени канал артерије кичмене možдине и венски базиларни сплет).
- То су тзв. пролазни отвори, док други представљају отворе за исхрану кости (*foramen nutriens*). Отвор може да се наставља на канал (*canalis*).

Честе скелетне патологије

- Фрактуре (прелом)
- Остеопороза (смањена коштана маса и густина)
- Остеомијелитис (инфекција коштаног ткива)



Биомеханика дугих костију

- У кретањима човека најважнију функцију имају дуге кости.
- Већа површина на крајевима кости односно на местима узглобљавања је природа посебно усмерила ради смањења притиска на зглобне површине.
- Притисак је директно сразмеран сили која делује на зглобну површину, а индиректно је сразмеран површини на коју та сила делује.
- Трење у зглобу се смањује ако је површина зглоба већа.
- Кост иако је на крајевима проширена не добија на маси јер се ту налази сунђерасто коштано ткиво (разређени део кости).
- Иако је кост разређена она има у окрајцима лучне гредице које јој омогућавају најбоље супротстављање притиску.

Оптерећење костију

- **Волфов закон:** форма костију одређује њихову функцију, као што и промена функције може изменити њихову форму.
- Адаптација коштане форме под дејством промене њене функције заснива се на непрекидном стварању новог и удаљавању и разарању старог коштаног ткива.
- Адаптација коштаног облика у смислу **закривљења уздужне осе костију** или адаптација **чврстине костију задебљавањем** или **повећавањем унутрашње густине коштаног ткива** представљају примере адаптације коштане форме услед промене функције.
- Иако се приликом биомеханичких анализа кост сматра идеално крутом, она трпи еластичне деформације при променама сила које на њу делују.
- Уколико оптерећење кости пређе критичну границу, еластична деформација прелази у пластичну (неповратну), што доводи до коштаних фрактура.
- Кост најбоље трпи оптерећења која делују у истом правцу као и уобичајена свакодневна оптерећења.

Оптерећење костију

➤ Колодијафизални угао

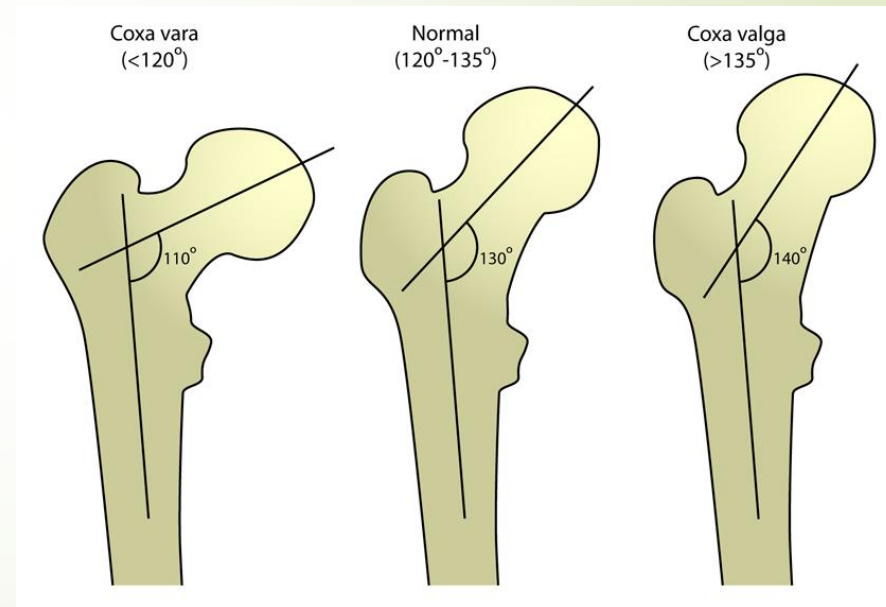
➤ 126-128 код одраслих

➤ 150 код беба

➤ Код старијих 120

➤ Повећање - соха valga

➤ Смањење - соха vara



ПИТАЊА

- Које су функције костију у организму ?
- Заштита осетљивих делова и виталних органа, резервоар минерала, стварање крвних ћелија, исхрана организма (зуби), трансмисија звука
- Како се кости деле према облику ?
- Дуге, кратке, пљоснате, неправилне
- Наведите неки пример за пљоснату и дугу кост
- Лопатица – пљосната, фемур - дуга
- Која је разлика између осовинског скелета и скелета екстремитета ?
- Облик кости и функција
- Да ли кључна кост припада осовинском или апендикуларном скелету ?
- Апендикуларном

ПИТАЊА

- Шта је дијафиза ?
- Централни део дуге кости (тело дуге кости)
- Који део кости је одговоран за зарастање прелома ?
- Покосница
- Како можемо знати да ли је раст костију престао ?
- Код костију које расту на рендгенском снимку се може видети јасна линија између епифизеалне плоче и остатка кости
- Која је функција колагена у костима ?
- Обезбеђује еластичност

ПИТАЊА

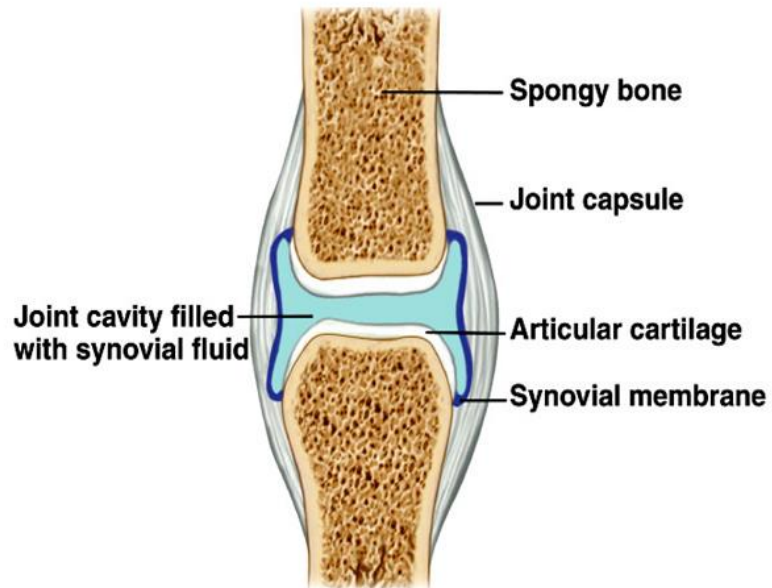
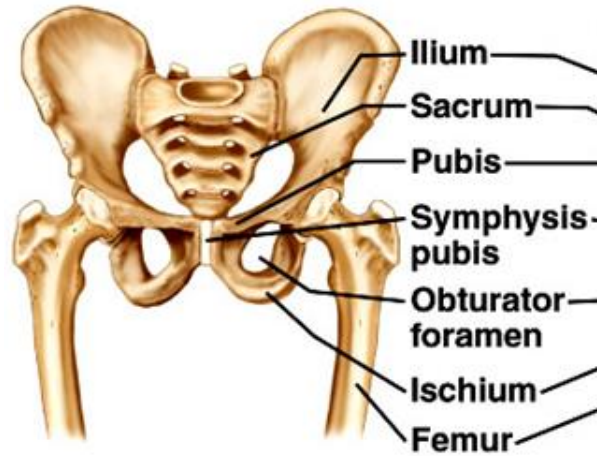
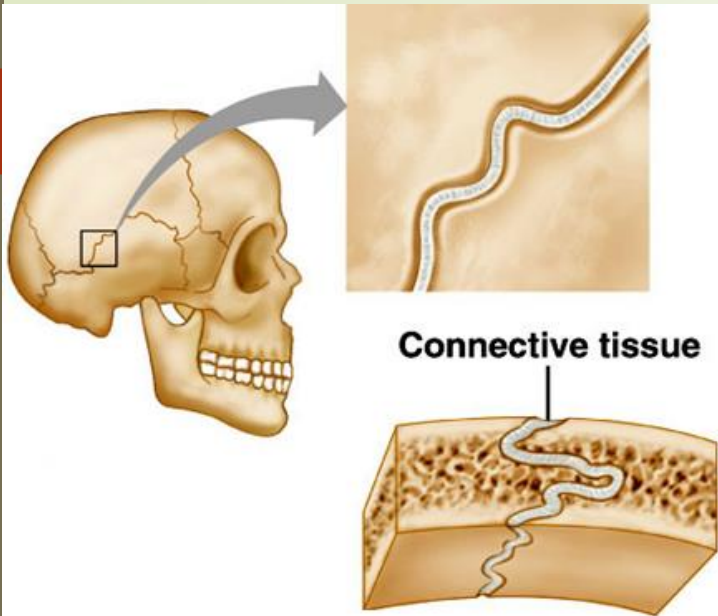
- Шта је остеопороза ?
- Губитак коштане масе и густине
- Како гласи Волфов закон ?
- Форма костију одређује њихову функцију, као што и промена функције може изменити њихову форму
- Зашто је кост на крајцима проширена ?
- Због смањења притиска на зглобне површине
- Чему је једнак притисак на зглобне површине ?
- Притисак је директно сразмеран сили која делује на зглобу површину, а индиректно је сразмеран површини на коју та сила делује.

Зглобови

Зглоб је скуп елемената помоћу којих се кости међусобно спајају и у коме се изводи покретање сегмената тела.

Зглобови се према **покретљивости** деле на:

- **Покретне (диартрозе)** - на спојевима дугих костију (омогућавају покрете великих амплитуда),
- **Полупокретне (амфиартрозе)** - на спојевима кратких костију (омогућавају покрете малих амплитуда)
- **Непокретне (синартрозе)** - представљају сраслине које имају статичку улогу – помоћу њих се врши причвршћивање, а не кретање



Фиброзни зглобови

Везивни (фиброзни) спојеви (*junctura fibrosa*) су врста зглоба, код кога се између зглобних елемената налази танки слој везивног ткива или јаке фиброзне везе. Постоје три врсте овог зглоба:

- **Шав** (*suturae*) је фиброзни спој између пљоснатих костију лобање. Обезбеђује облик и јачину, нема покрета.
- **Клинасти спој** (*gomphosis*) је врста зглоба који повезује корен зуба са чашицом (алвеолом). Зуб је попут клина усађен у шупљину алвеоле и са њом је повезан преко периодонталних влакана.
- **Синдесмоза** (*syndesmosis*) се одликује присуством јаких лигамената и међукоштаних мембрана који повезују међусобно удаљене кости. Могући су мали покрети вртања или истезања.

A. Synarthrosis (suture type)

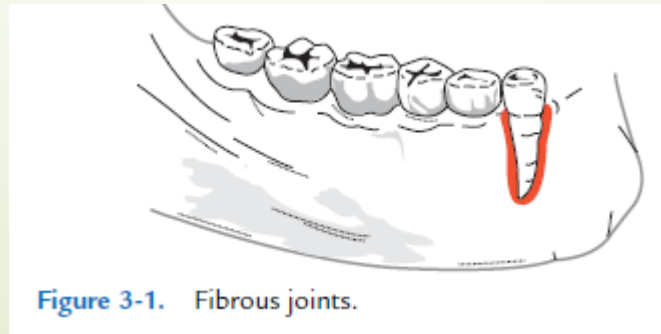
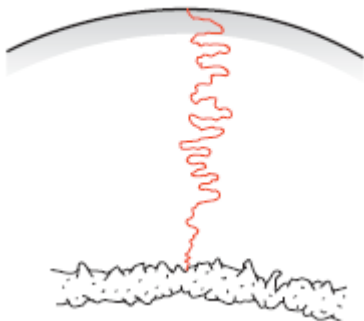
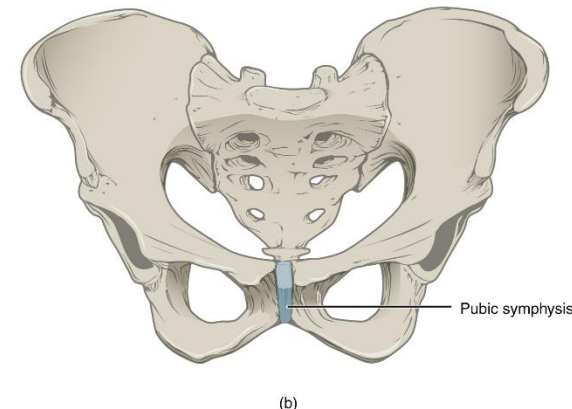
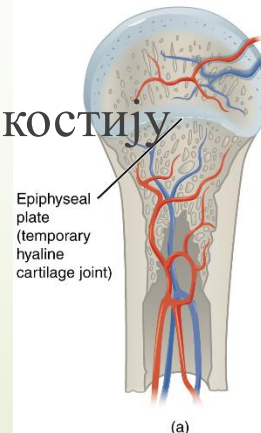


Figure 3-1. Fibrous joints.



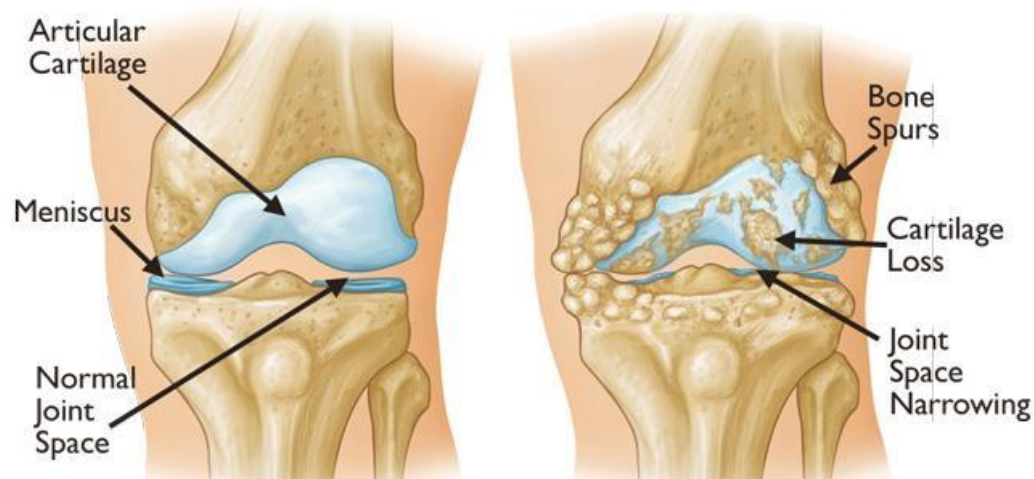
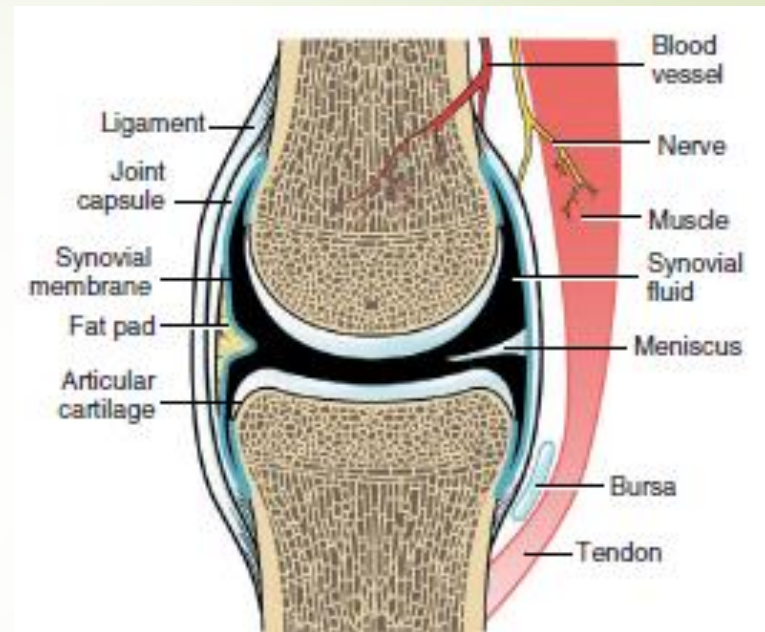
Хрскавичави зглобови

- **Хрскавичави спојеви** (*junctura cartilaginea*) су врста континуираног зглоба, код кога потпору чини хрскавичаво ткиво.
- Дозвољавају мали обим покрета (савијање и увртање и компресија)
- Временом се број оваквих спојева смањује, јер се хрскавица поступно замењује коштаном ткивом.
- Разликују се *примарни* (синхондроза) и *секундарни хрскавичави спој* (симфиза).
- **Синхондроза** (*synhondrosis*) је транзиторни (пролазни) спој костију изграђен од хијалине хрскавице, која омогућава раст и развој скелета. Временом се она замењује синостозом, када дође до окоштавања хрскавичавог ткива.
- **Симфиза** (*symphysis*) је трајни спој костију грађен од фиброзне хрскавице.



Синовиијални зглобови

- **Синовиијални зглобови** (*junctura synovialis*) се карактеришу присуством зглобних површина костију, зглобне чахуре, зглобне шупљине и одређеног броја споредних делова.
- Омогућавају покрете.



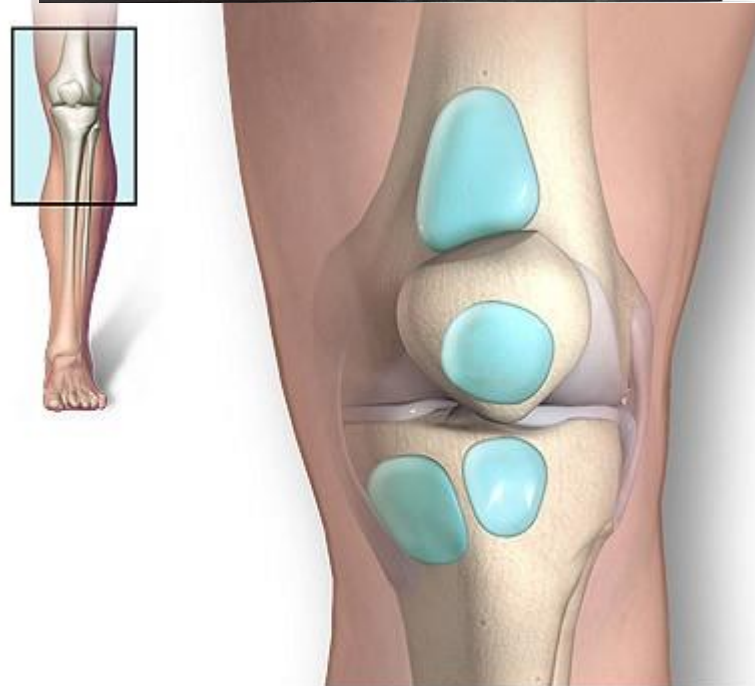
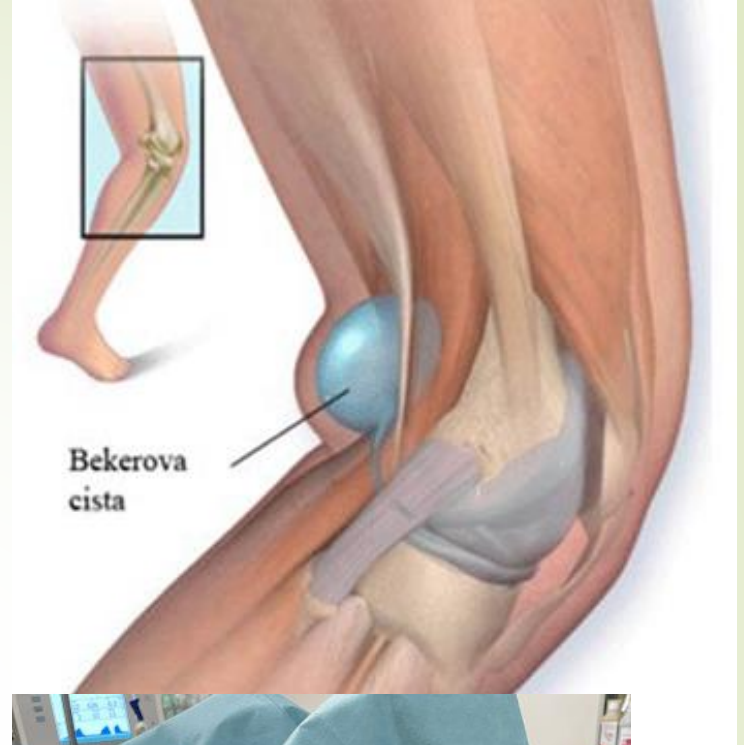
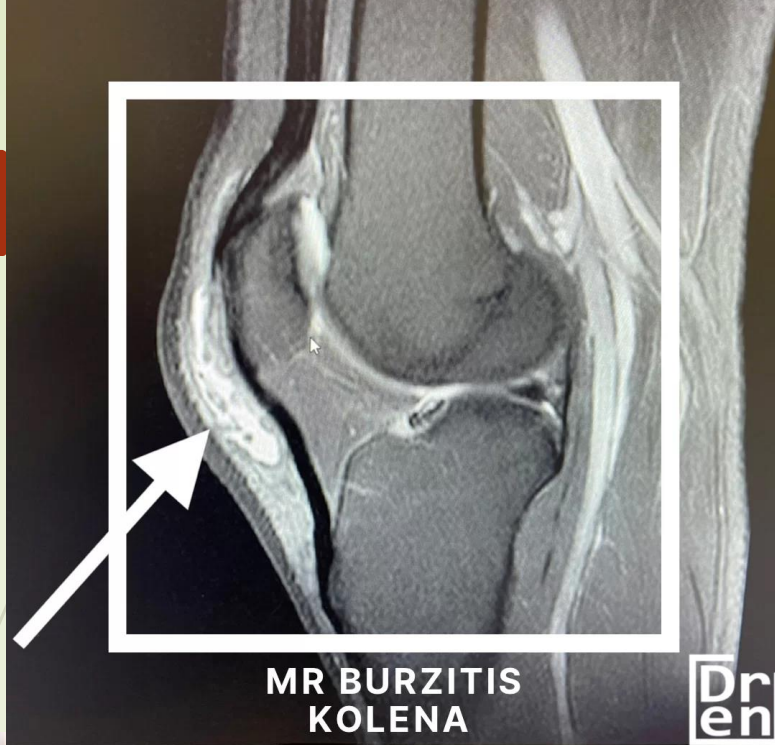
Елементи покретних зглобова

Главни елементи покретног зглоба су:

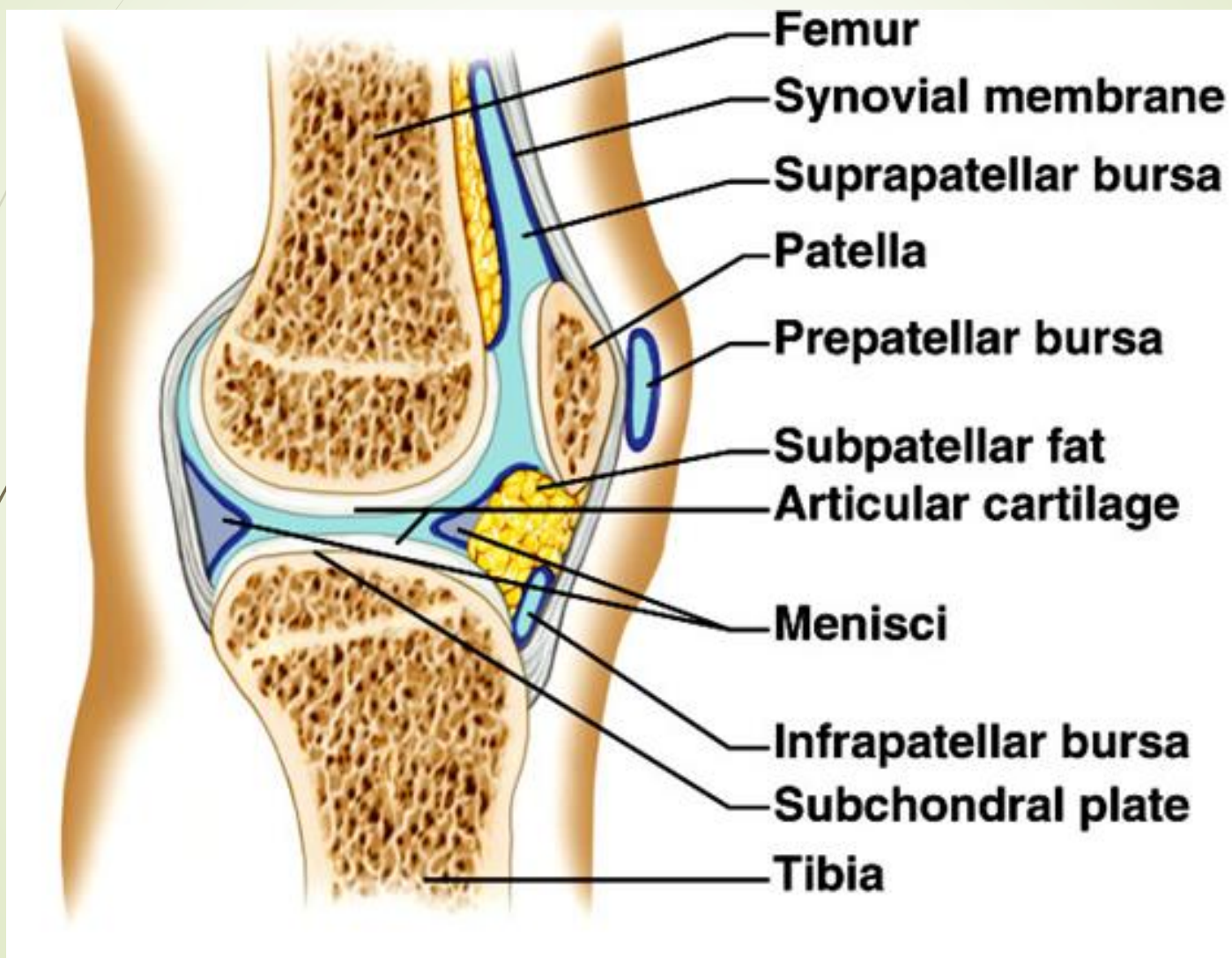
- зглобне површине које чине окрајци две или више суседних костију прекривене зглобном хрскавицом која својом глатком и влажном површином смањује трење између коштаних окрајака приликом извођења покрета,
- зглобна шупљина – мала пукотина између суседних окрајака костију која је испуњена синовијалном течношћу коју лучи синовијални слој зглобне чауре која служи за подмазивање зглобова и омогућава лакше клижење зглобних површина, и
- зглобна чаура која полази од ивица зглобне хрскавице и повезује суседне окрајке костију, херметички затварајући шупљину зглоба. Зглобна чаура је еластична, пуна крвних судова и нервних влакана. Она исхрањује зглоб и реагује на свако патолошко стање (упала или траума).

Елементи покретних зглобова

- У неким зглобовима који су изложени великим притисцима и потресима, као што су колено и кичмени стуб, налазе се и **хрскавичави умеци** – менискус (колено) и дискус (кичма).
- Осим ових анатомских творевина, у састав зглоба улазе и зглобне везе (**лигаменти**) и **тетиве мишића** које прелазе преко зглобова и доприносе повећању зглобне чврстине.
- **Бурзе** (слузне кесе) - њихова функција јесте да смање трење између тетива и кости, између тетива и тетива, између коштаних избочина и саме коже.



Диартрозе



Елементи покретних зглобова

Хрскавица може бити:

- **Хијалина** – зглобна хрскавица на крајцима кости које се зглобљавају; омогућава глатке покрете у зглобу, смањује трење, уз помоћ синовијалне течности, која је исхрањује јер хијалина хрскавица нема крвне и нервне судове
- **Фиброзна** – везивна хрскавица која служи за апсорпцију сила – менискуси, интервертебрални дискови; други тип фиброзна хрскавица је нпр. усна у зглобу рамена која продубљује гленоидну јаму; фиброзне хрскавице попуњавају и простор између две кости (троугласти диск између улне и кости ручја)
- **Еластична** – омогућује одржавање облика неке структуре, нпр. спољашње ухо

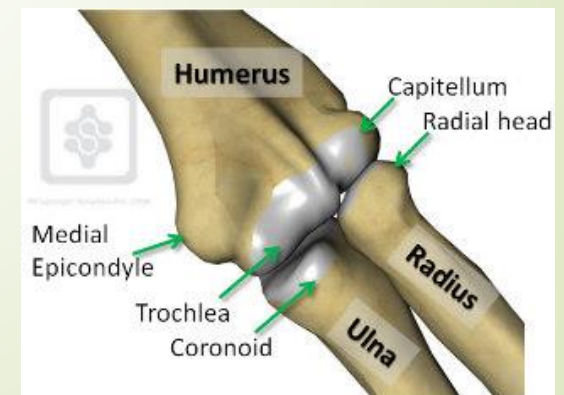
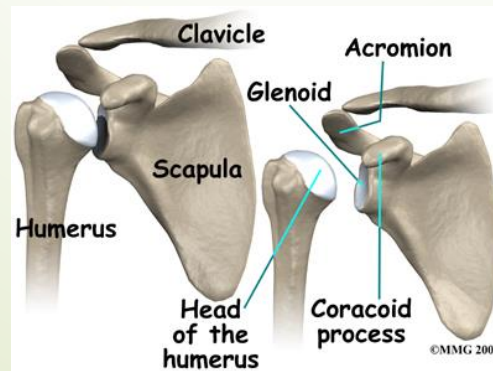
Резиме – подела зглобова

Тип	Покрет	Структура	Пример
Синартроза	Ниједан	Везивна – шав	Кости лобање
Амфиартроза	Мали Мали	Везивна – лигаментарна Хрскавичава	Дистални тибиофибуларни спој Пубична симфиза Интервертебрални дискови
Диартроза	Слободан	Синовиијална	Кук, колено, лакат

Сложеност зглобова

Обзиром на то да у састав зглоба улазе две или више костију, покретни зглобови се могу поделити на:

- **просте** - у њихов састав улазе зглобне површине две кости; нпр. зглоб рамена у чији састав улазе глава хумеруса и чашична јама на спољном углу лопатице, и
- **сложене** - унутар исте зглобне чауре налазе се зглобне површине више од две кости; нпр. зглоб лакта који повезује три кости – доњи крајак хумеруса и горње крајке радијуса и улне.



Правци кретања у зглобовима

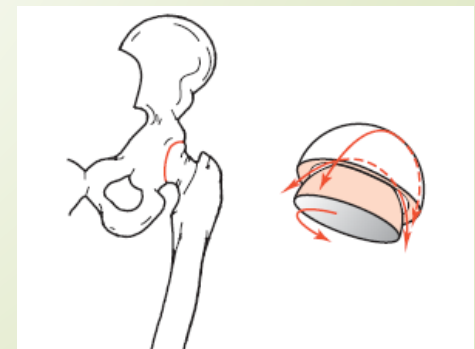
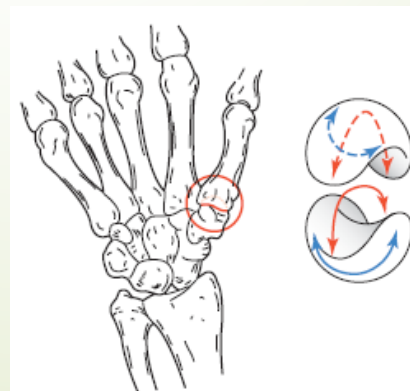
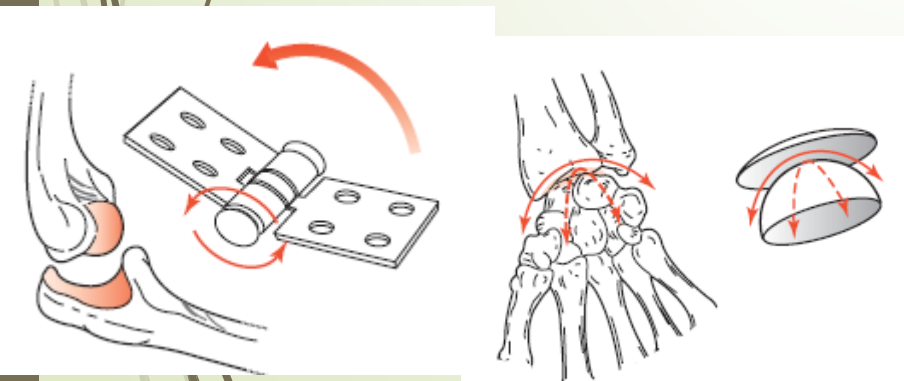
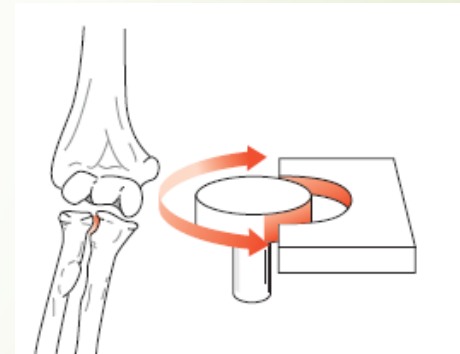
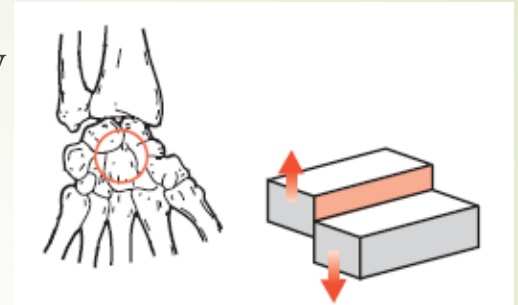
Према правцима могућих кретања у једном зглобу, зглобови се могу поделити на:

- **неосовинске** – зглобови у којима се не врши ангуларно већ линеарно кретање – релативно равне зглобне површине које клизе једна преко друге (нпр. зглобови између карпалних костију)
- **једноосовинске** (покрет може да се изведе само око једне осе; нпр. зглоб лакта, горњи скочни зглоб),
- **двоосовинске** (покрет може да се изведе око две осе које су постављене под 90° у односу једна на другу; нпр. зглоб корена шаке), и
- **тросовинске** (покрет може да се изведе око три осе које су постављене управно једна на другу, а секу се у једној тачки у центру зглоба; нпр. зглоб рамена, зглоб кука).
- **Степен слободе** – око колико оса се у неком зглобу врши кретање

Подела зглобова по облику

Према облику зглобних површина зглобови могу бити подељени на:

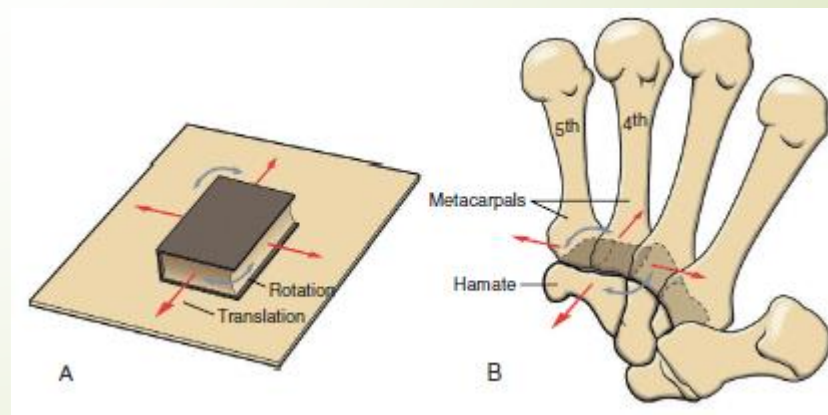
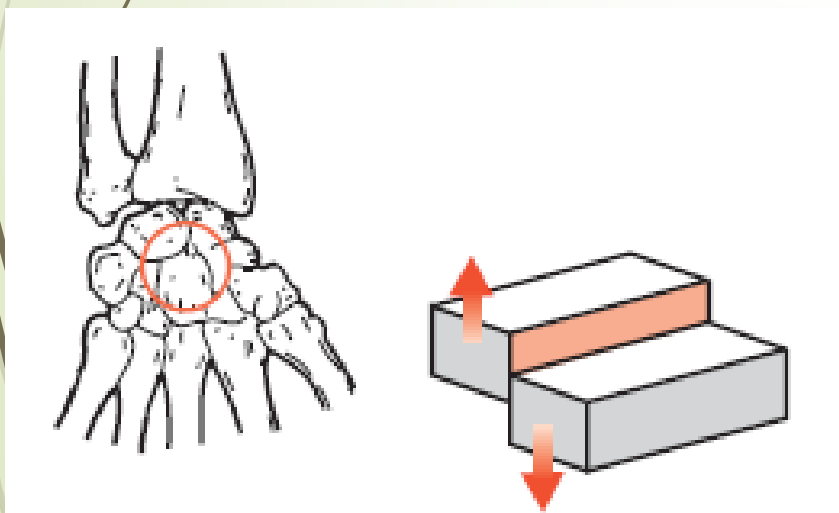
- ✓ равне - неосовински
- ✓ ваљкасте - једноосовински
- ✓ јајасте - двоосовински
- ✓ седласте - двоосовински
- ✓ лоптасте - троосовински



Подела зглобова по облику

РАВНИ ЗГЛОБОВИ – зглобне површине су равне и клизе једна по другој. Ови покрети се не врше сами од себе већ током неких других покрета

- То су неосовински зглобови
- Нпр: интеркарпални, интертарзални зглобови, фасет зглобови између пршљенова



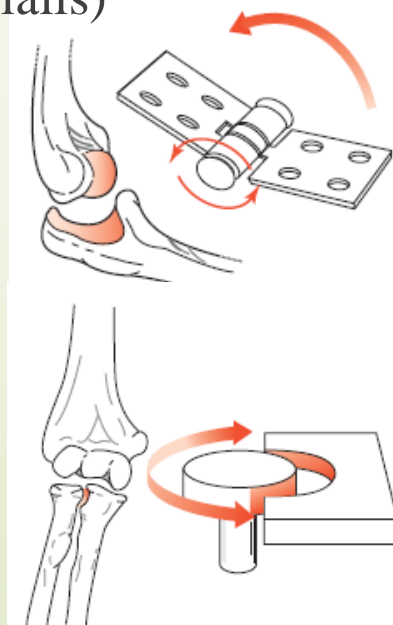
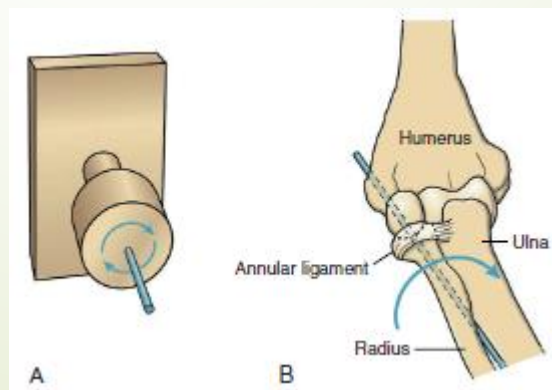
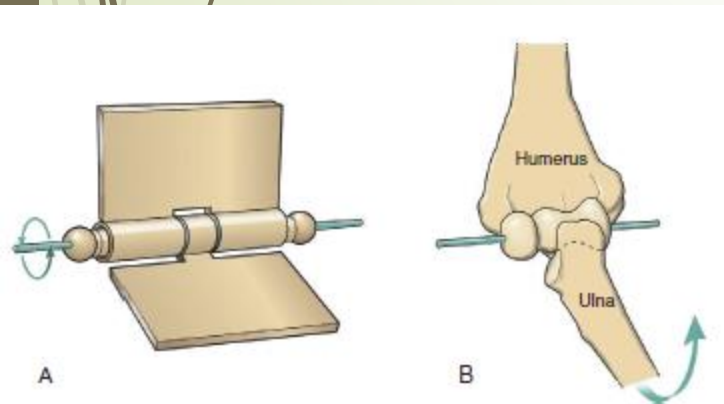
Подела зглобова по облику

ВАЉКАСТИ ЗГЛОБОВИ – једна зглобна површина је у облику ваљка, а друга у облику усека.

Ваљкасти зглобови имају једну осовину око које се врше покрети.

Уколико је та осовина **попречна** у односу на уздужне осовине костију које се зглобљавају, такав ваљкасти зглоб носи име **зглоб шарке** (нпр. art. humeroulnaris, art. genus, art. interphalangeae), а уколико је та осовина **паралелна** уздужној осовини костију онда се тај ваљкасти зглоб назива **точкаст зглоб** (нпр. art. radioulnaris proximalis, art. atlantoaxialis)

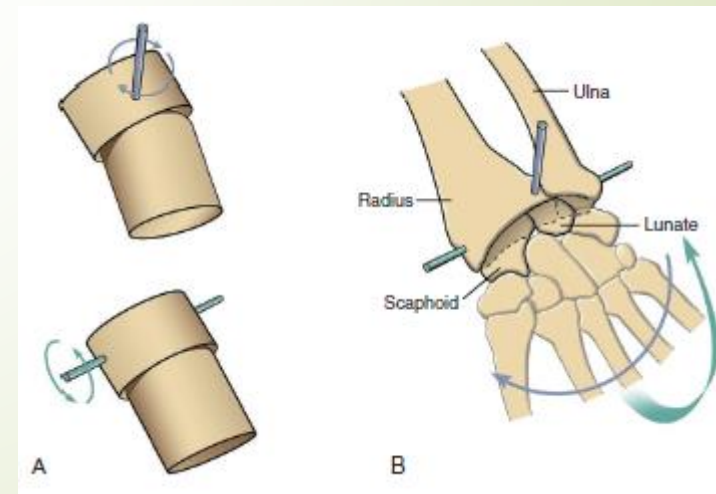
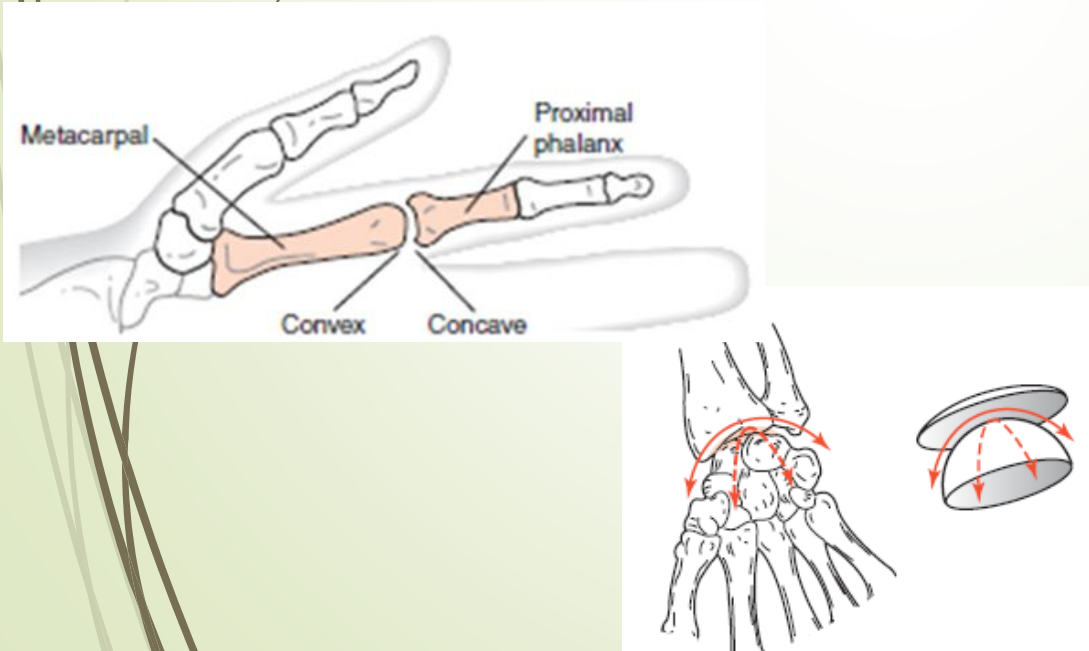
➔ То су једноосовински зглобови



Подела зглобова по облику

ЈАЈАСТИ (елипсасти) ЗГЛОБОВИ – зглобне површине су јајоликог облика, једна је испупчена, а друга удубљена.

- Двоосовински зглобови
- Нпр. art radiocarpea, art. metacarpophalangeae



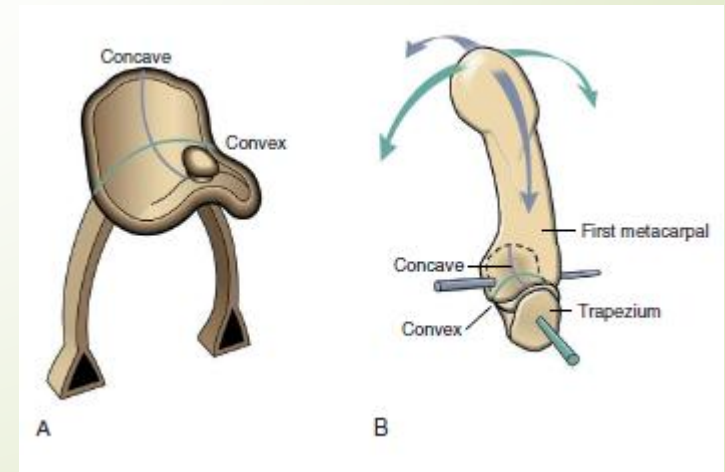
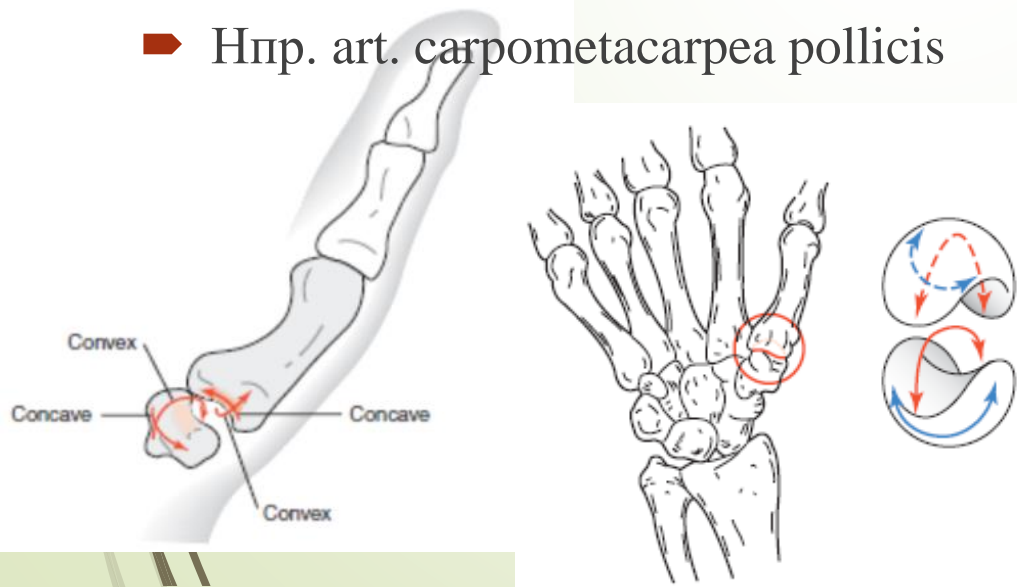
Подела зглобова по облику

СЕДЛАСТИ ЗГЛОБОВИ – код овог зглоба обе зглобне површине су удубљене и испупчене у супротним смеровима и најахују једна на другу.

За разлику од јајастих, дозвољавају и благу ротацију која не може сама од себе да се изврши већ се због облика зглоба дешава током извођења покрета око друге две осе

➤ Двоосовински зглобови

➤ Нпр. art. carpometacarpea pollicis

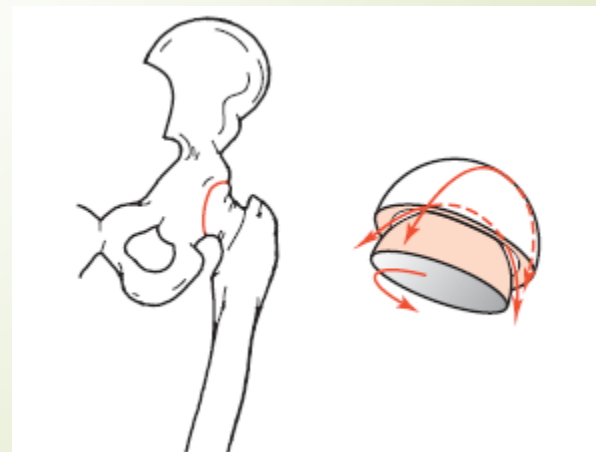
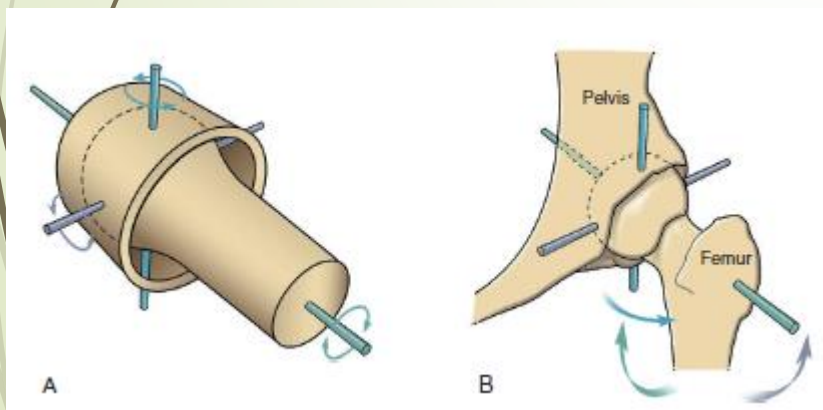


Подела зглобова по облику

ЛОПТАСТИ ЗГЛОБОВИ – једна зглобна површина је у облику полулопте, а друга у облику плиће (нпр. art. humeri) или дубље јаме (нпр. art. coxae).

Покрети се врше око једне тачке (обртне тачке) у свим правцима. Ако је ова тачка у простору удубљене зглобне површине зглоб је мање покретан и назива се **зделаст** (нпр. art. coxae).

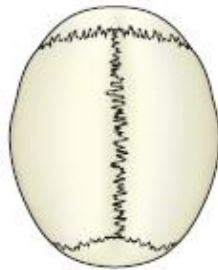
➔ Троосовински зглобови



Подела зглобова по облику

Број оса	Облик зглоба	Покрет у зглобу	Пример
Ниједна	Раван	Клизање	Art. carpometacarpea
Једна	Шарка (Ваљкаст)	Флексија-екстензија	Art. genus Art. humeroulnaris
	Точкаст (Ваљкаст)	Ротација	Art. radioulnaris proximalis Art. atlantoaxialis
Две	Јајасте (елипсоидни)	Флексија-екстензија, абдукција-адукција	Art. radiocarpea
	Седласте	Флексија-екстензија, абдукција-адукција, ротација (допунски)	Art. carpometacarpea pollicis
Три	Лоптасте	Флексија-екстензија, абдукција-адукција, ротација	Art. humeri Art. coxae

Synarthrodial Joints



Synarthrodial sutures



Syndesmosis

Amphiarthrodial Joints



Intervertebral joint



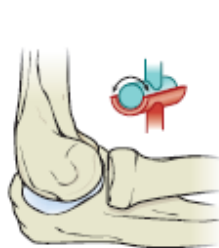
Pubic symphysis



1st sternocostal joint

Diarthrodial (Synovial) Joints

Uniaxial Joints



Hinge joint



Pivot joint

Triaxial Joints



Ball and socket joint

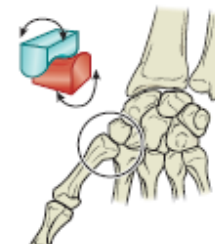
Biaxial Joints



Ellipsoidal joint



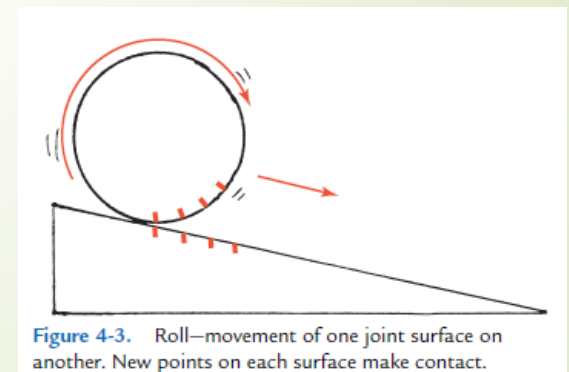
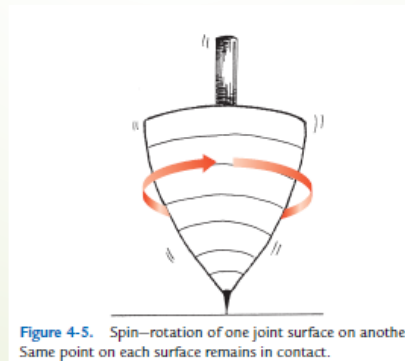
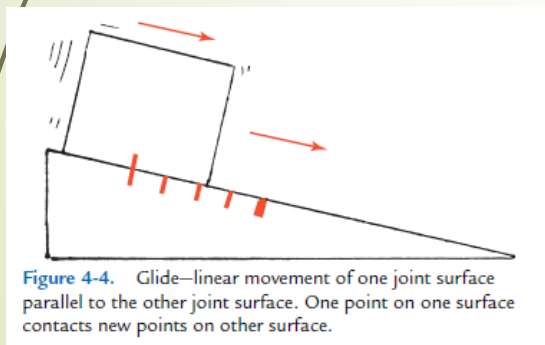
Condyloid joint



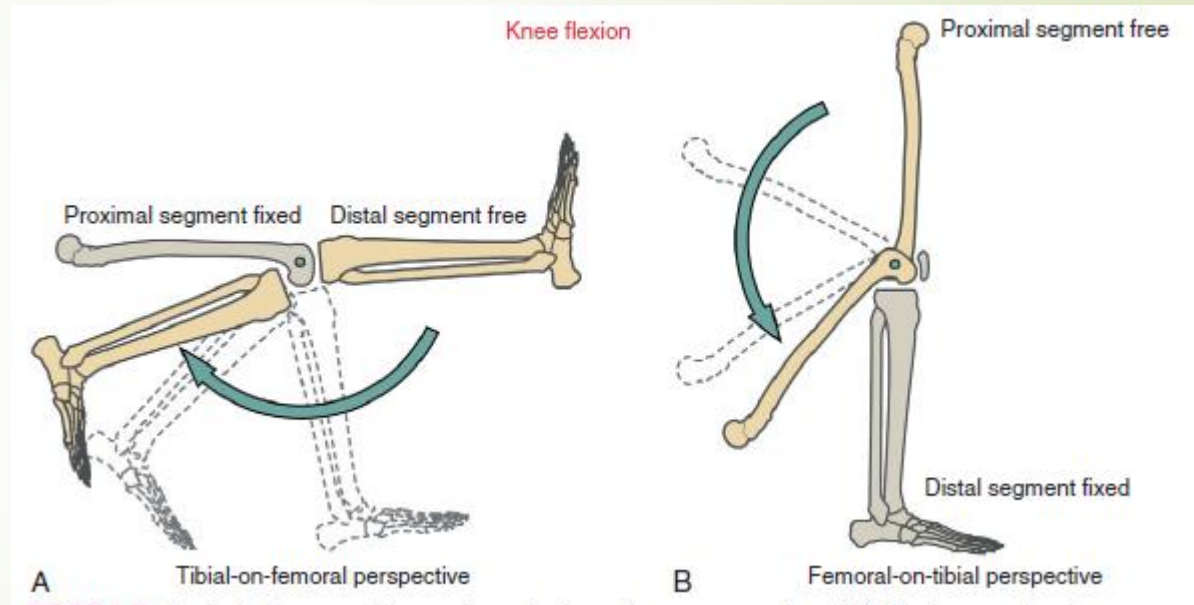
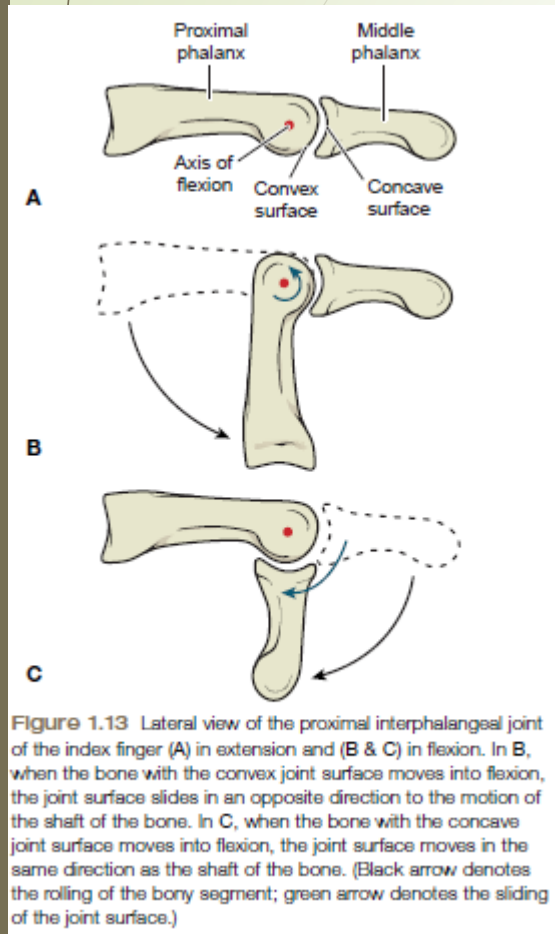
Saddle joint

Артрокинематика

- Остеокинематика – покрети костију око зглобних оса
- Артрокинематика – покрети зглобних површина:
 - Клизање – једна зглобна површина клиза преко друге
 - Ротирање – једна зглобна површина је непокретна, а друга врши ротацију око своје осе
 - Ваљање – зглобне површине се ваљају једна по другој



Конкавно-конвексно правило



Артрокинематика

Art. genus

- Током покрета флексија-екстензија у зглобу колена дешавају се све три врсте покрета зглобних површина
- Кондили фемура се **ваљају** на кондилима тибије, а да не би склизнули са тибије кондили фемура и **клизе** уназад.
- Обзиром да медијални и латерални кондили фемура нису исте величине, они се крећу различитом брзином и у последњих 15 ° екстензије фемур **ротира медијално** на тибији.

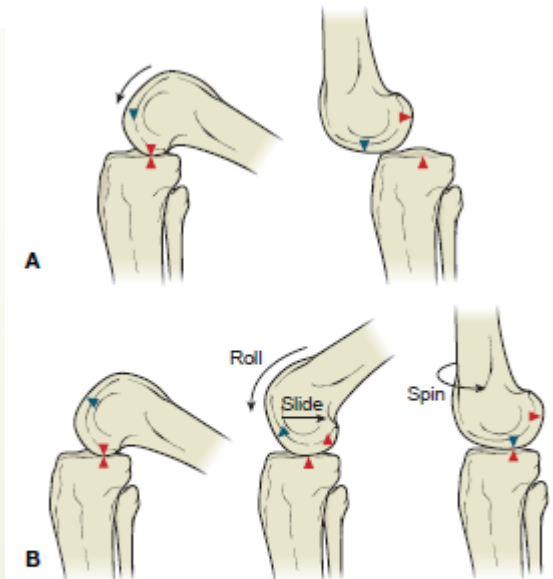
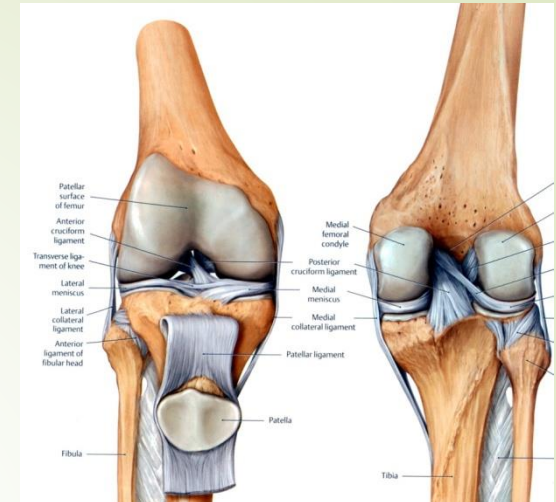


Figure 1.11 Movements of joint surfaces: A) Pure rolling or hinge motion of the femur or the tibia would cause joint dislocation; B) Normal motion of the knee demonstrates a combination of rolling, sliding, and spinning in the last 20° of extension (terminal rotation of the knee).

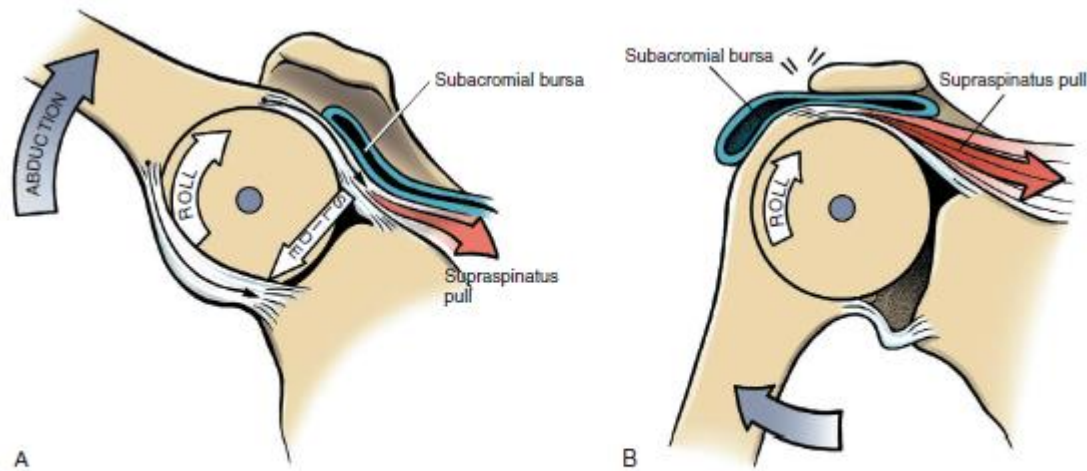


FIGURE 1-9. Arthrokinematics at the glenohumeral joint during abduction. The glenoid fossa is concave, and the humeral head is convex. **A**, Roll-and-slide arthrokinematics typical of a convex articular surface moving on a relatively stationary concave articular surface. **B**, Consequences of a roll occurring without a sufficient offsetting slide.

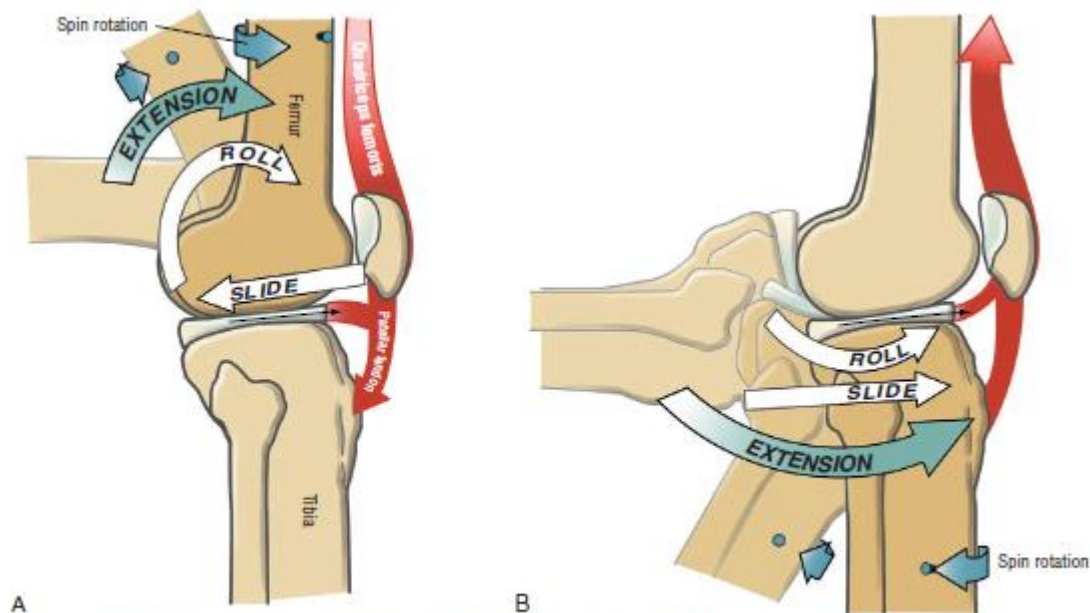


FIGURE 1-11. Extension of the knee demonstrates a combination of roll-and-slide with spin arthrokinematics. The femoral condyle is convex, and the tibial plateau is slightly concave. **A**, Femoral-on-tibial (knee) extension. **B**, Tibial-on-femoral (knee) extension.

Механичке особине зглобова

Две основне механичке особине зглобова су:

- чврстина – способност зглоба да се одупре силама које у њему делују и које током неких фаза покрета теже да изврше дислокацију зглобљених костију, и
- покретљивост – могућност извођења покрета велике амплитуде.

Чврстина зглобова

Чврстина зглоба зависи од више фактора.

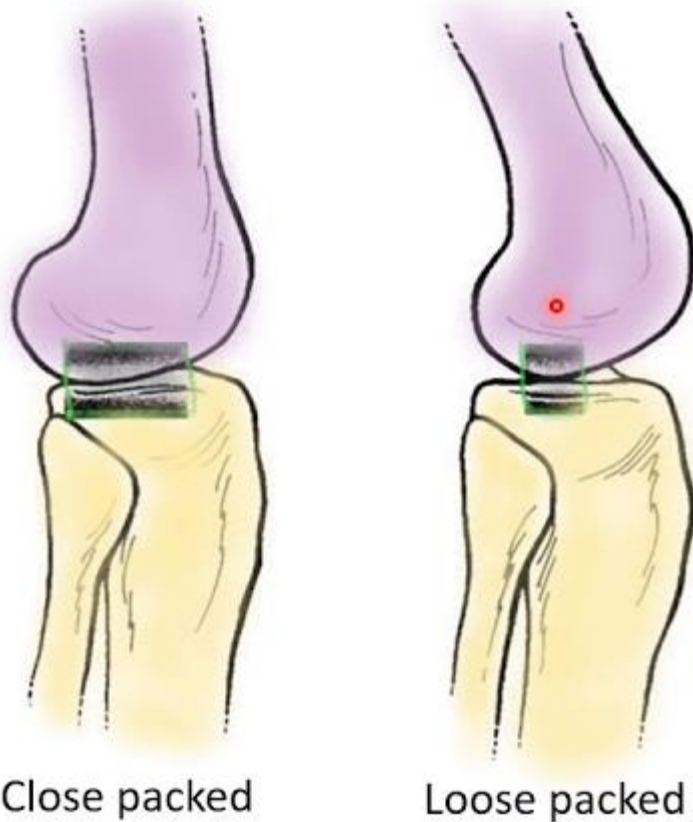
Пасивне стабилизаторе зглоба чине:

- **зглобне површине** - које се својим обликом супротстављају дислокацији (обично је једна зглобна површина конкавна, а друга конвексна).
- **зглобна чаура** - која својим затезањем у неким положајима ограничава покрете.
- **зглобне везе (лигаменти)**- које такође својим затезањем у неким положајима ограничавају покрете.
- Лигаменти се лако деформишу у свим правцима осим у смеру свог истезања, што имплицира да је њихова улога у стабилизацији зглоба битна у крајњим амплитудама покрета (када су они затегнути), док у широком интервалу зглобних углова између крајњих амплитуда покрета пасивни стабилизатори често не дају зглобовима потребну чврстину.

Чврстина зглобова

- **потпритисак** (притисак нижи од атмосферског) који влада унутар зглоба (зглобне површине се лакше раздвајају ако су притисак у зглобу и ван зглоба уједначени, што се дешава ако се зглоб пробуши и у њега уђе ваздух).
- **Мишићи** односно мишићне тетиве представљају **активне стабилизаторе** зглобова.

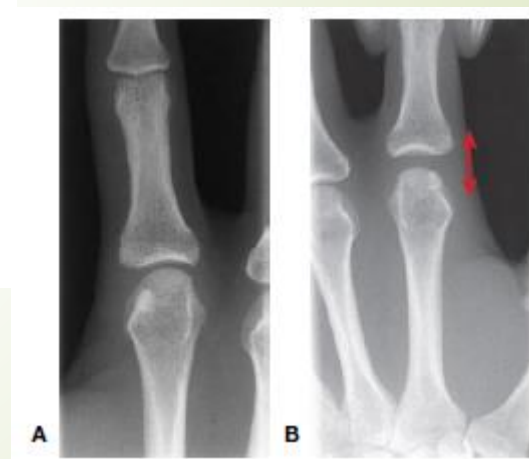
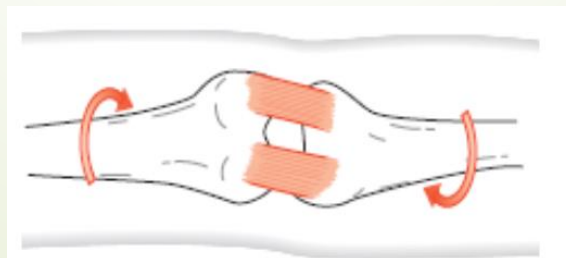
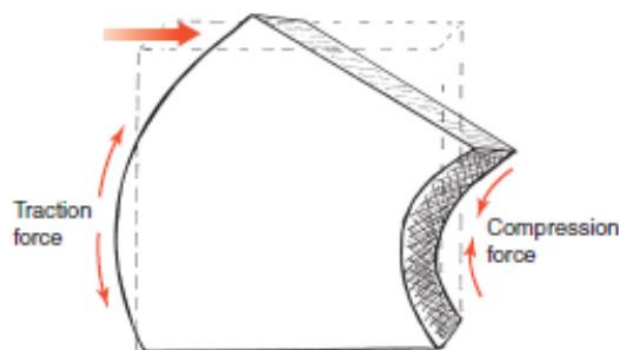
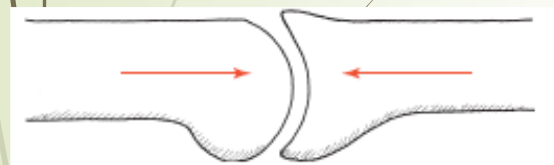
Конгруенција зглоба



- „Слагање, подударност“ зглобних површина
- Позиције зглобова (обично у крајњим обимима покрета) када се зглобне површине максимално (минимално) подударају
- **CLOSE-PACKED POSITION** – највећа конгруенција – максимални контакт између зглобних површина, зглобна чаура и лигаменти затегнути - тешко извршити дислокацију
- **OPEN-PACKED, LOOSE-PACKED POSITION** – најмања конгруенција – минимални контакт, делови капсуле и лигаменти су опуштени – може се извршити пасивна сепарација зглобних површина

Конгруенција зглоба

- У „open-packed“ позицији зглоба се врши мобилизација зглобова (тракција, апроксимација и смицање, савијање и увртање)



Зглоб	CLOSE-PACKED POSITION	OPEN-PACKED POSITION
Вертебрални фасет зглоб	Екстензија	Семифлексија
Темпомандибуларни	Стиснути зуби	Полуотворена уста
Гленохумерални	Абдукција и спољна ротација	Абдукција 55°, хоризонтална абдукција 30°
Акромиоклавикуларни	Абдукција руке од 30°	Адукција
Хумероулнарни	Екстензија	Флексија 70°, супинација 10°
Хумерорадијални	Флексија у лакту 90°, супинација 5°	Екстензија и супинација
Проксимални радиоулнарни	Супинација 5°	Флексија 70°, супинација 35°
Радиокарпални	Екстензија и улнарна девијација	Неутрална са благом улнарном девијацијом
Карпометакарпални	-	Између флексије-екстензије и абдукције-адукције
Метакарпофалангеални (прсти)	Флексија	Семифлексија
Метакарпофалангеални (палац)	Опозиција	Семифлексија
Интерфалангеални	Екстензија	Семифлексија
Зглоб кука	Екстензија, унутрашња ротација (+абдукција)	Флексија 30, абдукција 30° и блага спољна ротација
Колено	Екстензија	Флексија 25°
Талокрурални	Дорзифлексија	Плантарна флексија 10°, између еверзије и инверзије
Метатарзофалангеални	Екстензија	Неутрална
Интерфалангеални	Екстензија	Семифлексија

Покретљивост зглобова

Покретљивост зглобова представља механичку и физиолошку особину покретних зглобова.

Она се односи на приближавање и удаљавање суседних сегмената или удаљавање сегмента од свог почетног положаја.

Покретљивост може бити:

- **активна** – покрет сегмента који се изводи активношћу сопствених мишића,
- **пасивна** – покрет који се изводи деловањем неке спољне силе (нпр. руком терапеута).

Покретљивост зглобова

Покретљивост се може поделити и на:

- **физиолошку** – нормална покретљивост, и
- **патолошку** – одступање од нормалне покретљивости у смеру:
 - 1) смањења (ограничења) покретљивости – контрактура,
 - 2) повећања покретљивости – хиперпокретљивост
 - 3) укочења зглоба – анкилоза.

„END FEEL – осећај на крају обима покрета” – сударање костију, сударање меких ткива, затезање меких ткива

Абнормалан крајњи осећај – услед делова кости, отока, мишићног спазма, бола, повреда хрскавица

Обим покрета у зглобовима

Обим покрета зависи од:

- ☐ Облика зглобних површина (плитке, дубоке)
- ☐ Коштаних ограничења (нпр. акромион, олекранон)
- ☐ Еластичности меких структура (капсуле, лигамената, коже)
- ☐ Мишићне масе (сударање, бодибилдери)
- ☐ Положаја удаљених сегмената (пасивна инсуфицијенција)

➔ Пол, узраст, температура, доба дана

TABLE 1-2 | SUMMARY RANGES OF JOINT MOTION

SHOULDER	flexion 0° to 180° (150° to 180°) extension 0° hyperextension 0° to 45° (40° to 60°) abduction 0° to 180° (150° to 180°) medial rotation 0° to 90° (70° to 90°) lateral rotation 0° to 90° (80° to 90°)
ELBOW	flexion 0° to 145° (120° to 160°) extension 0°
FOREARM	supination 0° to 90° (80° to 90°) pronation 0° to 80° (70° to 80°)
WRIST	neutral when the midline between flexion and extension is 0° and when forearm and third metacarpal are in line flexion 0° to 90° (75° to 90°) extension 0° to 70° (65° to 70°) radial deviation/abduction 0° to 20° (15° to 25°) ulnar deviation/adduction 0° to 30° (25° to 40°)
FINGERS	MCP flexion 0° to 90° (85° to 100°) MCP hyperextension 0° to 20° (0° to 45°) MCP abduction 0° to 20° MCP adduction 0° PIP flexion 0° to 120° (90° to 120°) DIP flexion 0° to 90° (80° to 90°) IP extension 0°
THUMB	MCP flexion 0° to 45° (40° to 90°) MCP abduction and adduction (NEGLIGIBLE) IP flexion 0° to 90° (80° to 90°)
HIP	flexion 0° to 120° (110° to 125°) hyperextension 0° to 10° (0° to 30°) abduction 0° to 45° (40° to 55°) adduction 0° (30° to 40° across midline) lateral rotation 0° to 45° (40° to 50°) medial rotation 0° to 35° (30° to 45°)
KNEE	flexion 0° to 120° (120° to 160°) extension 0°
ANKLE/FOOT	neutral with foot at a right angle to the leg and knee flexed plantarflexion 0° to 45° (40° to 50°) dorsiflexion 0° to 15° (10° to 20°) inversion and eversion (see Chapter 11).
TOES	MTP flexion 0° to 40° (30° to 45°) MTP hyperextension 0° to 80° (50° to 90°) MTP abduction (slight) IP flexion 0° to 60° (50° to 80°) IP extension 0°

Мерење обима покрета



FIGURE 4-23. An electrogoniometer is shown strapped to the thigh and leg. The axis of the goniometer contains the potentiometer and is aligned over the medial-lateral axis of rotation at the knee joint. This particular instrument records a single plane of motion of the knee only.



FIGURE 4-24. A biaxial electrogoniometer measuring wrist flexion and extension as well as radial and ulnar deviation. (Courtesy Biometrics, Ltd, Ladysmith, Virginia.)

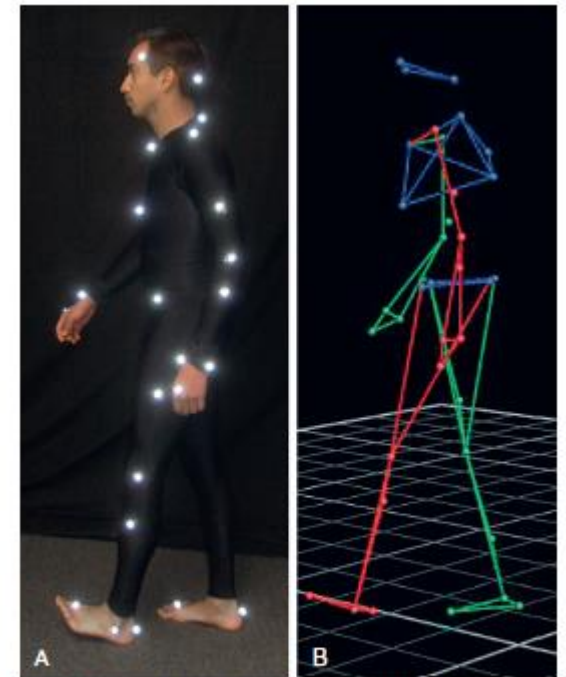


FIGURE 4-25. **A.** Reflective markers are used to indicate anatomic locations for determination of joint angular displacement of a walking individual. Marker location is acquired using video-based cameras that can operate at variable sampling rates. **B.** A computerized animated "stick figure" generated by data collected from the subject shown in **A.** (Courtesy Vicon Motion Systems, Inc., Centennial, Colorado.)

Положај зглоба

Положај зглоба представља његову позицију у одређеном временском интервалу.

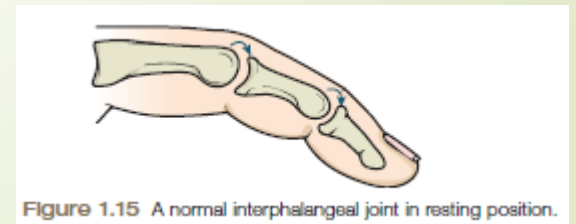
Положај зглоба може бити:

- активан - положај који зглоб заузима вољном активношћу сопствене мускулатуре,
- пасиван – положај у који се доводи зглоб неком спољном силом и у њему задржи одређено време (привремено или трајно).

Положај зглоба

Активан положај зглоба може бити:

- **физиолошки** – положај сегмената тела у ком су зглобови разлабављени, а мишићи релаксирани (нпр. став „вољно“ – опуштени, лежерни усправни став),
- **нефизиолошки** – привремени и повремени положаји који се одржавају дуже или краће време. То су активни положаји које одржавају мишићи својим статичким контракцијама (војнички став „мирно“, положај дактилографа при раду и низ положају у свакодневном животу, и раду, а посебно спорту).



Положај зглоба

Пасивни положаји могу бити:

- **функционални** – пасивни положај зглоба који се одређује према некој будућој функцији за случај трајног ограничења. То је положај у који се поставља зглоб имобилизацијом или укочењем који је најповољнији за вршење одређене функције.
- **нефункционални** - принудни, неповољни положаји у који пређу зглобови услед различитих патолошких стања, начина лечења или из било ког разлога (нпр. укочење лакта у екстензији онемогућава коришћење руке у дневним активностима – бријању, прању зуба, умивању, облачењу...)

Честе зглобне патологије

- Акутне, overuse повреде, инфекције, дегенеративна стања.
- **Дислокација** – комплетно одвајање две зглобне површине које се зглобњавају (зглобна капсула искидана)
- **Сублуксација** – делимична дислокација
- **Остеоартритис** – артритис који настаје губитком хрскавице у једном или више зглобова (дегенеративни артритис)
- **Угануће** – делимично или комплетно кидање лигамената
- **Истегнуће** – превелико истезање влакана меких ткива
- **Тендинитис** – запаљење тетиве
- **Синовитис** – запаљење синовијалне мембране
- **Теносиновитис** – запаљење омотача тетиве
- **Бурзитис** – запаљење бурзе
- **Капсулитис** – запаљење зглобне капсуле

ПИТАЊА

- Шта је зглоб?
- Зглоб је скуп елемената помоћу којих се кости међусобно спајају и у коме се изводи покретање сегмената тела.
- Какви зглобови према покретљивости могу бити?
- Може бити покретан, полупокретан и непокретан.
- Шта улази у састав покретног зглоба?
- Зглобне површине, зглобна шупљина, зглобна чаура, хрскавичави умеци (понекад), зглобне везе и тетиве мишића.
- Каква може бити хрскавица ?
- Хијалина, фиброзна и еластична
- Колико степени слободе има троосовински зглоб ?
- 3

ПИТАЊА

- Које су основне механичке карактеристике зглобова?
- Чврстина и покретљивост
- Ко су активни, а ко пасивни стабилизатори зглоба?
- Активни: мишићи; пасивни: зглобне површине, зглобна чаура, лигаменти и потпритисак
- Каква покретљивост може бити?
- Активна, потпомогнута и пасивна; физиолошка и патолошка.
- Од чега зависи обим покрета у неком зглобу?
- Облика зглобних површина, величине коштаних формација у близини зглоба, еластичности зглобне капсуле, лигамената и коже, мишићне и масне масе, пасивне инсуфицијенције.

ПИТАЊА

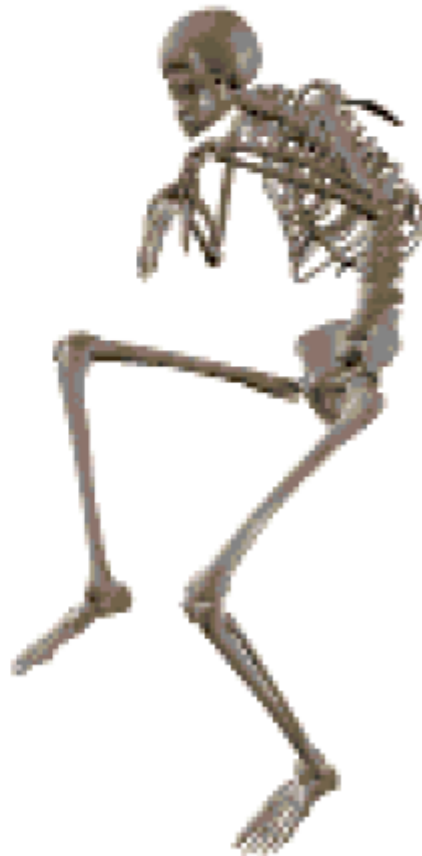
- Наведите неки пример за зглоб шарке
- **Колено, лакат**
- Да ли је зглоб лакта прост или сложен зглоб ?
- **Сложен**
- Какав је по облику зглоб између првог и другог вратног пршљена?
- **Точкаст**
- Шта је сублуксација ?
- **Делимична дислокација две зглобне површине**
- Шта је бурзитис ?
- **Инфламација бурзе**



ПИТАЊА

- Шта је конгруенција зглоба?
- Слагање, подударност“ зглобних површина
- Три врсте фиброзних зглобова?
- Шав, клинасти спој, синдесмоза

Thank you for your attention



Кости као полуге

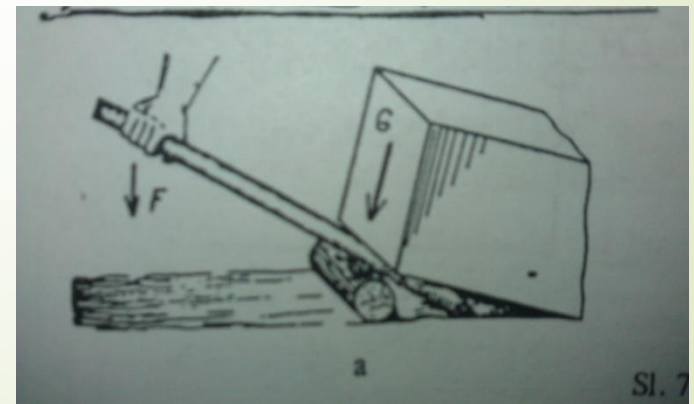
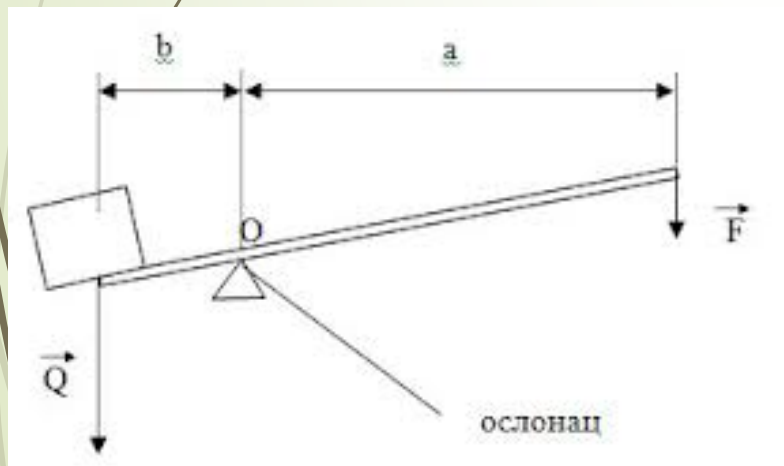
- Кости се у апарату за кретање понашају као полуге.
- Полуга је чврсто тело које има тачку ослоња око које може да се креће при деловању неке силе
- Са аспекта механике, полуге су просте машине помоћу којих је могуће премештањем нападне тачке силе мењати ефикасност деловања силе



Полуге

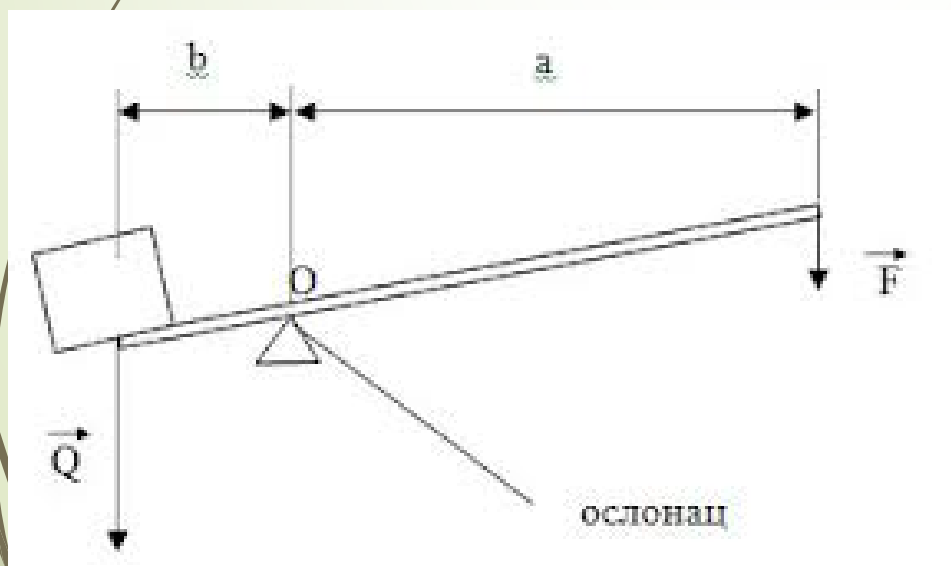
Три карактеристичне тачке на полузи:

- Тачка ослона (обртања)
- Нападна тачка деловања терета
- Нападна тачка деловања мишићне силе



Закон дејства полуге

- Закон дејства двеју паралелелних сила: да би две силе биле у равнотежи њихова резултанта мора да пролази кроз обртну тачку када је обртни момент (производ силе и њеног крака) једнак нули
- Обртни момент – производ силе и њеног крака

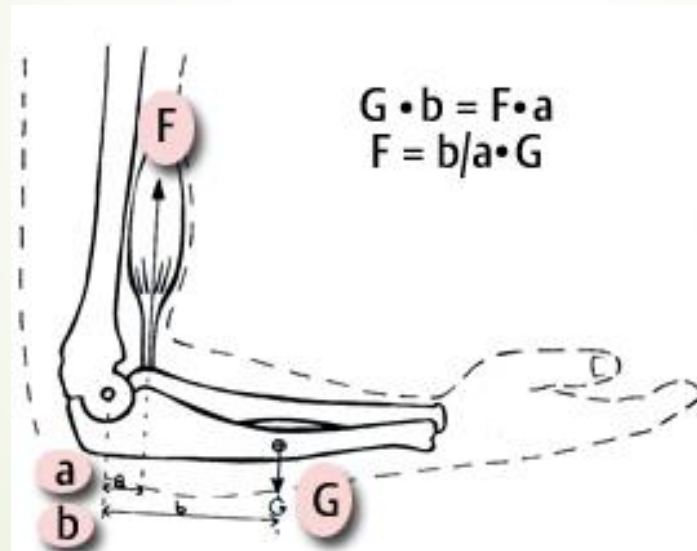


$$F \times a = Q \times b$$

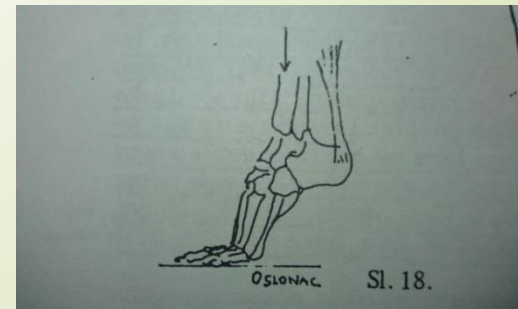


Коштане полуге

- Тачка обртања: зглоб лакта
- Нападна тачка мишићне силе: припој *m. biceps brachi*
- Нападна тачка силе отпора: заједничко тежиште подлактица и шаке



Тачка обртања односно ослоња не мора бити зглоб, оно може бити на било којој тачки телесног сегмента, нпр. на стопало при ходу, шаке при упору...



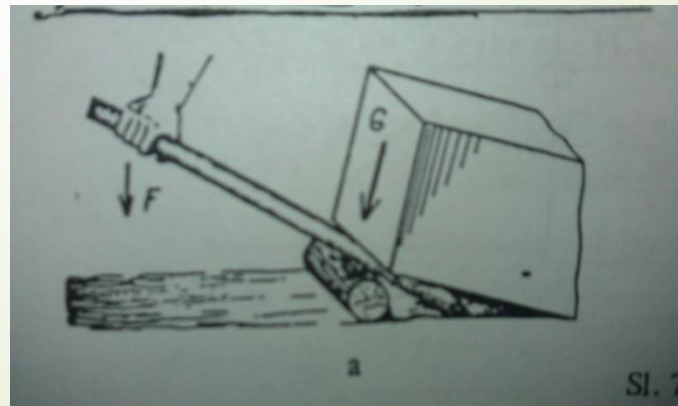
Подела полуга

Подела полуга према распореду нападних тачака силе мишића и терета:

- полуге I реда – полуге равнотеже
- полуге II реда – полуге силе
- полуге III реда – полуге брзине

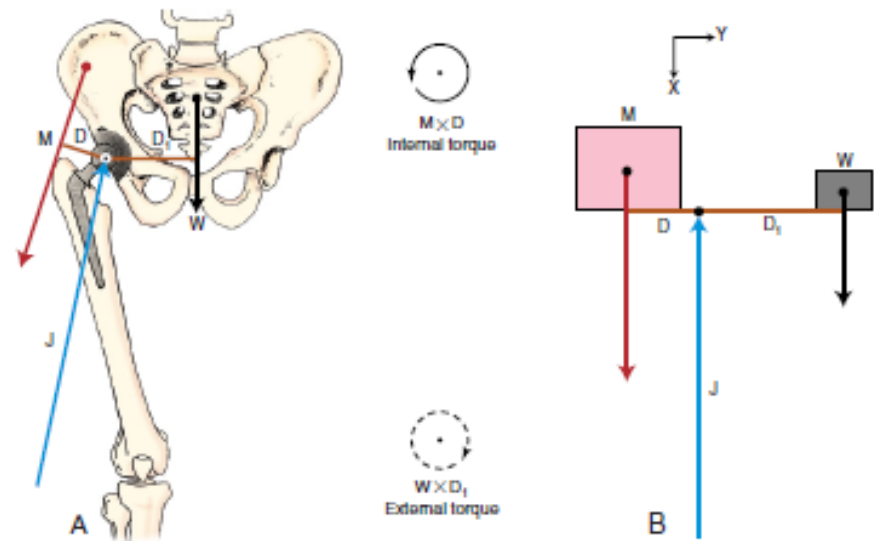
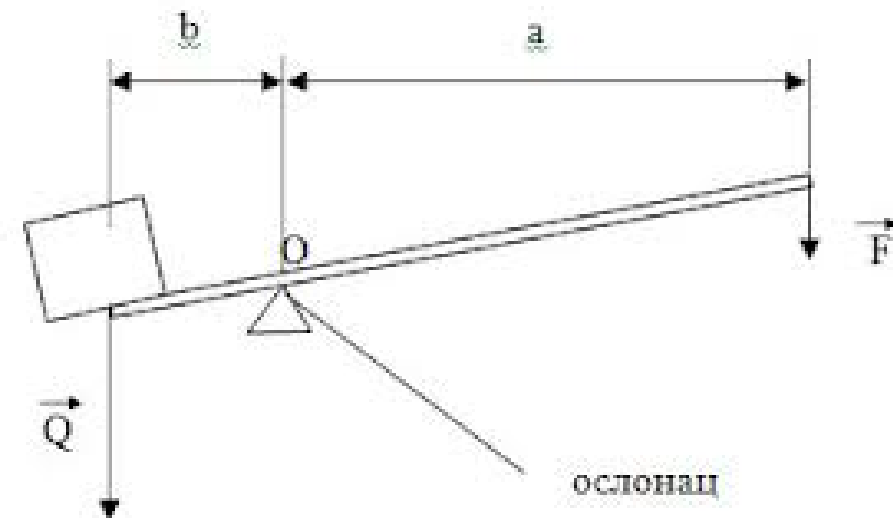
Полуге равнотеже

- Двокраке полуге, полуге првог реда или полуге равнотеже су полуге код којих је нападна тачка терета са једне стране, нападна тачка мишићне силе са друге стране, а ослонац је негде између њих.
- Уколико су нападне тачке ове две силе на подједнакој удаљености од ослонца (уколико су кракови ових сила једнаки) говоримо о равнокракој, а уколико нису, о разнокракој полузи.



Полуге равнотеже

- Код полуга равнотеже правац и смер деловања нападних сила је паралелан и исти. Обе нападне силе имају смер деловања силе земљине теже. Равнотежа полуге се постиже изједначавањем обртних момената силе и терета, $[OMT = OMФ$ (обртни момент терета је једнак обртном моменту силе мишића)], а резултанта обеју сила пролази кроз ослонац.



Полуге равнотеже

- У локомоторном систему, пример за полугу равнотеже је **одржавање главе у усправном положају**

Тачка обртања:

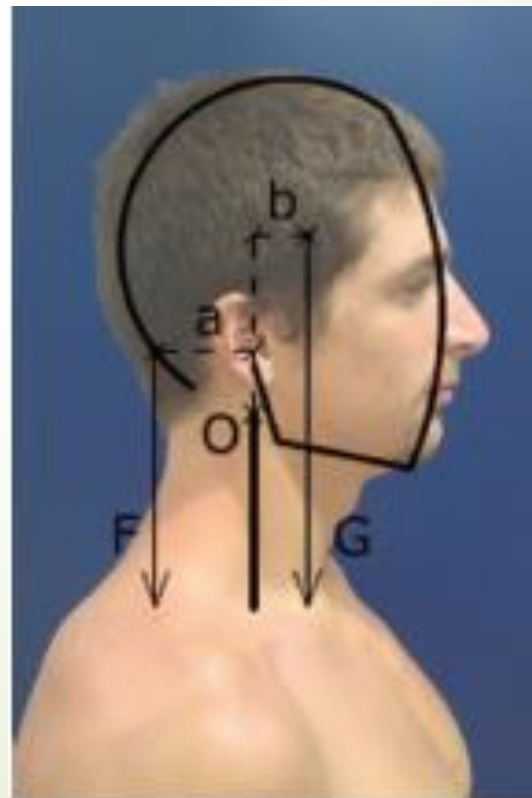
атлантоокципитални зглоб

Нападна тачка мишићне силе:

припоји мишића опружача главе на потиљачној кости

Нападна тачка силе отпора:

тежиште главе

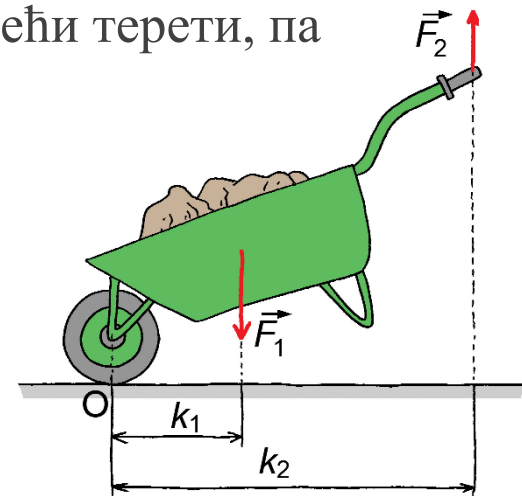


Слика 12.

Глава као пример двокраке полуге - полуге равнотеже (O – тачка обртања, F – сила мишића опружача у потиљачном зглобу, a – крак мишићне силе, G – сила теже, b – крак силе теже).

Полуге силе

- **Једнокраке полуге су полуге код којих се силе налазе са исте стране тачке ослонаца, паралелне су, имају исти правац али супротан смер.**
- Полуге другог реда представљају такве полуге код којих је **ослонац (обртна тачка) на једном крају, нападна тачка активне силе на другом крају а нападна тачка терета негде између њих.** У оваквим случајевима, дакле, **крак мишићне силе је већи од крака терета**, што омогућује да се мањом силом подигну већи терети, па се зато ове полуге зову **полуге силе**.



Полуге силе

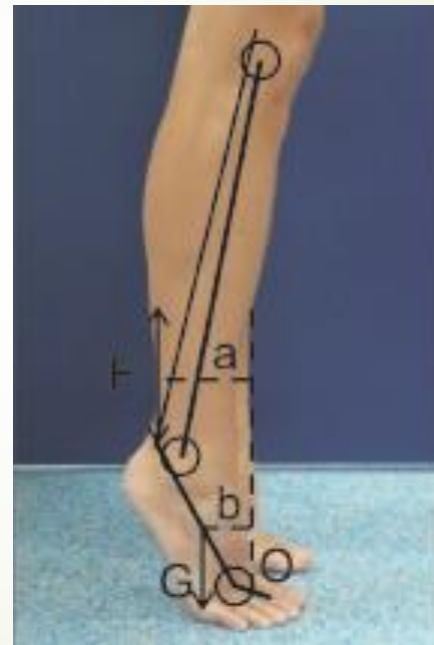
- Најчешћи пример полуге силе у локомоторном систему човека је стопало при стајању на прстима.

Тачка обртања тј. ослонца: на предњем делу стопала

Нападна тачка мишићне силе: припој *m. triceps surae* на петној кости

Нападна тачка силе отпора: се на 4-6 cm од осовине скочног зглоба где пада тежишна линија тела

Како је крак преко кога делује терет краћи од крака мишићне силе, потребна је мања сила него што је величина силе терета да би се подигли на прсте.

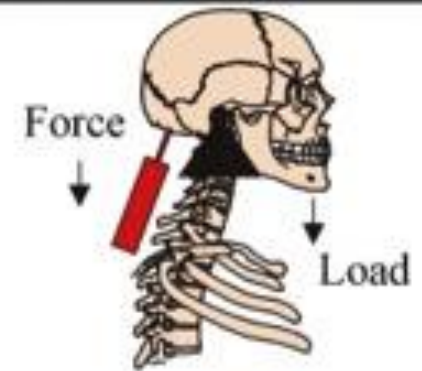
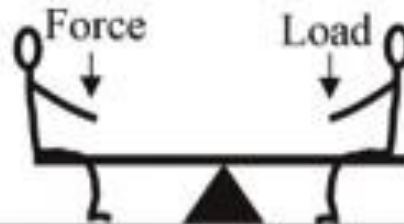


Слика 13.
Стопало у
плантарној
флексiji као
пример једнокраке
полуге - полуге силе
(О - тачка обртања,
F - сила мишића
плантарних
флексора у скочном
зглобу, а - крак
мишићне силе,
G - сила теже, b -
крак силе теже).

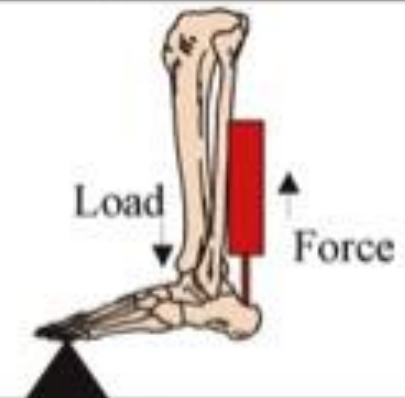
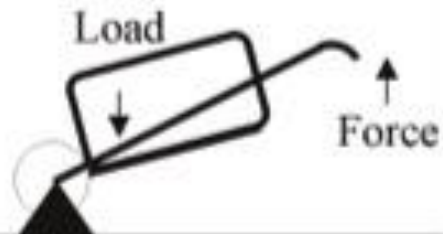
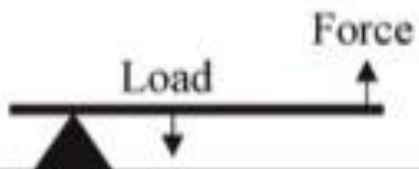
Полуге брзине

- Полуге трећег реда или полуге брзине представљају такође једнокраке полуге, с тим што је **ослонац на једном крају, нападна тачка силе терета на другом а нападна тачка мишићне силе негде између њих.**
- Обзиром да полуга прави кружно кретање, све тачке на полузи (укључујући и нападне тачке силе терета и мишићне силе) описују кругове.
- Обзиром да је нападна тачка терета удаљенија од тачке обртања полуге, она за исто време прелази већи пут него нападна тачка мишићне силе, односно креће се брже, па су стога ове полуге назване **полугама брзине.**

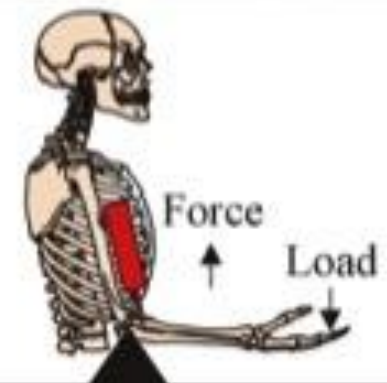
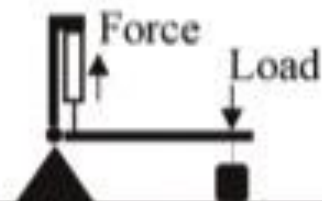
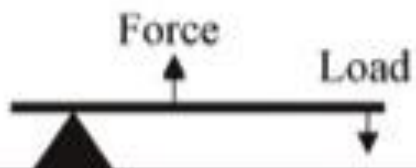
Class One Lever



Class Two Lever



Class Three Lever



Полуге брзине

- Типичан пример полуге брзине представља потколеница.

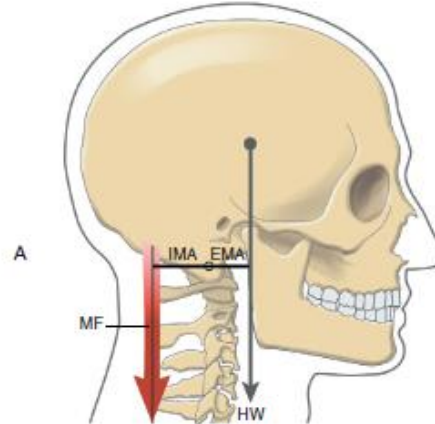
Тачка обртања: зглоб колена
Нападна тачка мишићне силе:
припој прегибача потколенице
Нападна тачка силе отпора:
заједничко тежиште потколенице и
стопа

Слика 14.
Потколеница у
флексiji као
пример једнокраке
полуге - полуге
брзине
(O - тачка
обртања,
F - сила мишића
флексора у зглобу
колена, а - крак
мишићне силе,
G - сила теже,
b - крак силе теже).



Будући да сила мишића делује на краћи крак полуге, да би се успоставила равнотеже полуге и задржао жељени положај потколенице, неопходно је да сила мишића буде онолико пута већа колико је крак полуге преко кога делује сила краћи од крака преко којег делује терет.

First-class lever



Data for first-class lever:

Muscle force (MF) = unknown
 Head weight (HW) = 46.7 N (10.5 lbs)
 Internal moment arm (IMA) = 4 cm
 External moment arm (EMA) = 3.2 cm
 Mechanical advantage = 1.25

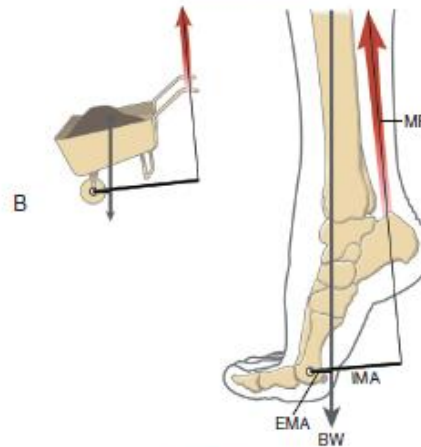
$$MF \times IMA = HW \times EMA$$

$$MF = \frac{HW \times EMA}{IMA}$$

$$MF = \frac{46.7 \text{ N} \times 3.2 \text{ cm}}{4 \text{ cm}}$$

$$MF = 37.4 \text{ N (8.4 lbs)}$$

Second-class lever



Data for second-class lever:

Muscle force (MF) = unknown
 Body weight (BW) = 667 N (150 lbs)
 Internal moment arm (IMA) = 12 cm
 External moment arm (EMA) = 3 cm
 Mechanical advantage = 4

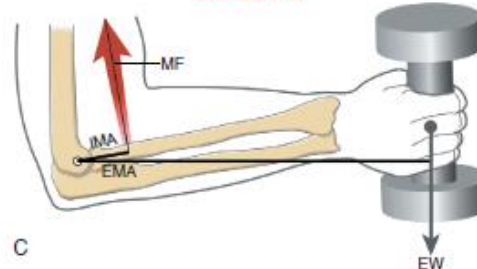
$$MF \times IMA = BW \times EMA$$

$$MF = \frac{BW \times EMA}{IMA}$$

$$MF = \frac{667 \text{ N} \times 3 \text{ cm}}{12 \text{ cm}}$$

$$MF = 166.8 \text{ N (37.5 lbs)}$$

Third-class lever



Data for third-class lever:

Muscle force (MF) = unknown
 External weight (EW) = 66.7 N (15 lbs)
 Internal moment arm (IMA) = 5 cm
 External moment arm (EMA) = 35 cm
 Mechanical advantage = 0.143

$$MF \times IMA = EW \times EMA$$

$$MF = \frac{EW \times EMA}{IMA}$$

$$MF = \frac{66.7 \text{ N} \times 35 \text{ cm}}{5 \text{ cm}}$$

$$MF = 467 \text{ N (105 lbs)}$$

FIGURE 1-23. Anatomic examples are shown of first-class (A), second-class (B), and third-class (C) levers. (The vectors are not drawn to scale.) The data contained in the boxes to the right show how to calculate the muscle force required to maintain static rotary equilibrium. Note that the mechanical advantage is indicated in each box. The muscle activation (depicted in red) is isometric in each case, with no movement occurring at the joint.

Прелазак једне полугу у другу

- Врсте коштаних полуга у човечијем телу нису коначне и непромењиве.
- Сегменти човечијег тела могу заузети најразличитије положаје, а промена положаја сегмената доводи и до промене врсте полуге јер доводи до промена положаја нападних тачки сила које делују на полугу.
- Тако, двокраке полуге могу прећи у једнокраке, полуге силе у полуге брзине и обратно.

Прелазак једне полугу у другу

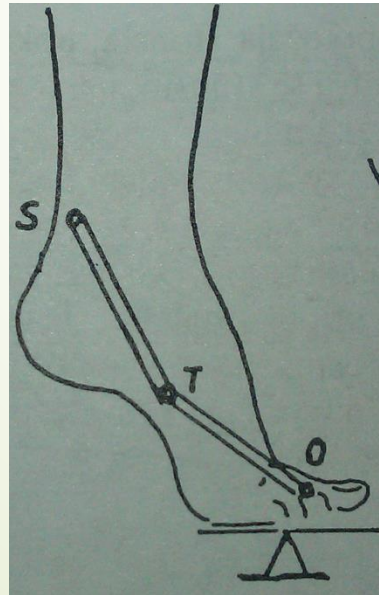
Пример: Стопало када стојимо на прстима (полуга силе-једнокрака) и када лежимо на трбуху са флектираним потколеницама (полуга равнотеже-двокрака)

Тачка ослонца: на предњем делу стопала

Нападна тачка мишићне силе:

припој *m. triceps surae* на петној кости

Нападна тачка силе отпора: се на 4-6 cm од осовине скоочног зглоба где пада тежишна линија тела



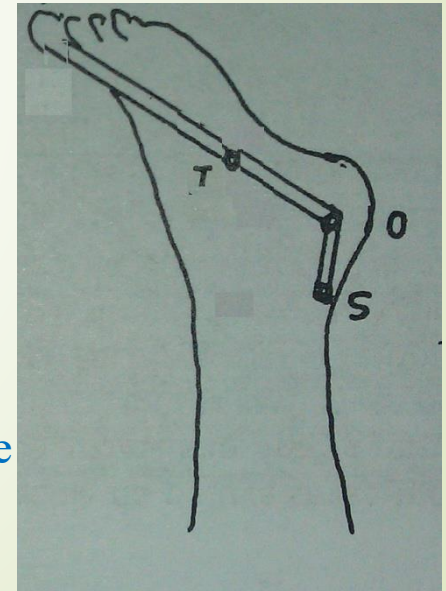
Тачка обртања:

скочни зглоб

Нападна тачка мишићне силе:

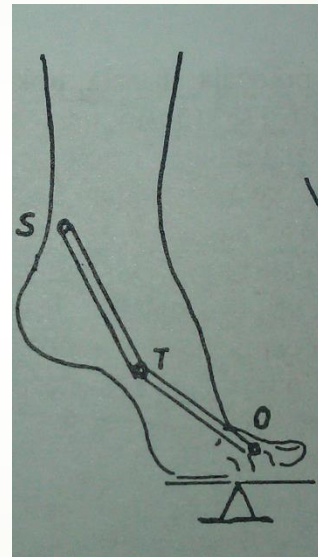
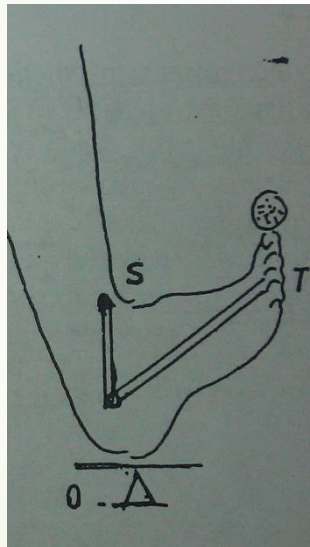
припој *m. triceps surae* на петној кости

Нападна тачка силе отпора: тежиште стопала



Прелазак једне полугу у другу

► **Пример:** Стопало при ходу



Ослањање на пету (полуга брзине) , ослањање на прсте (полуга силе)

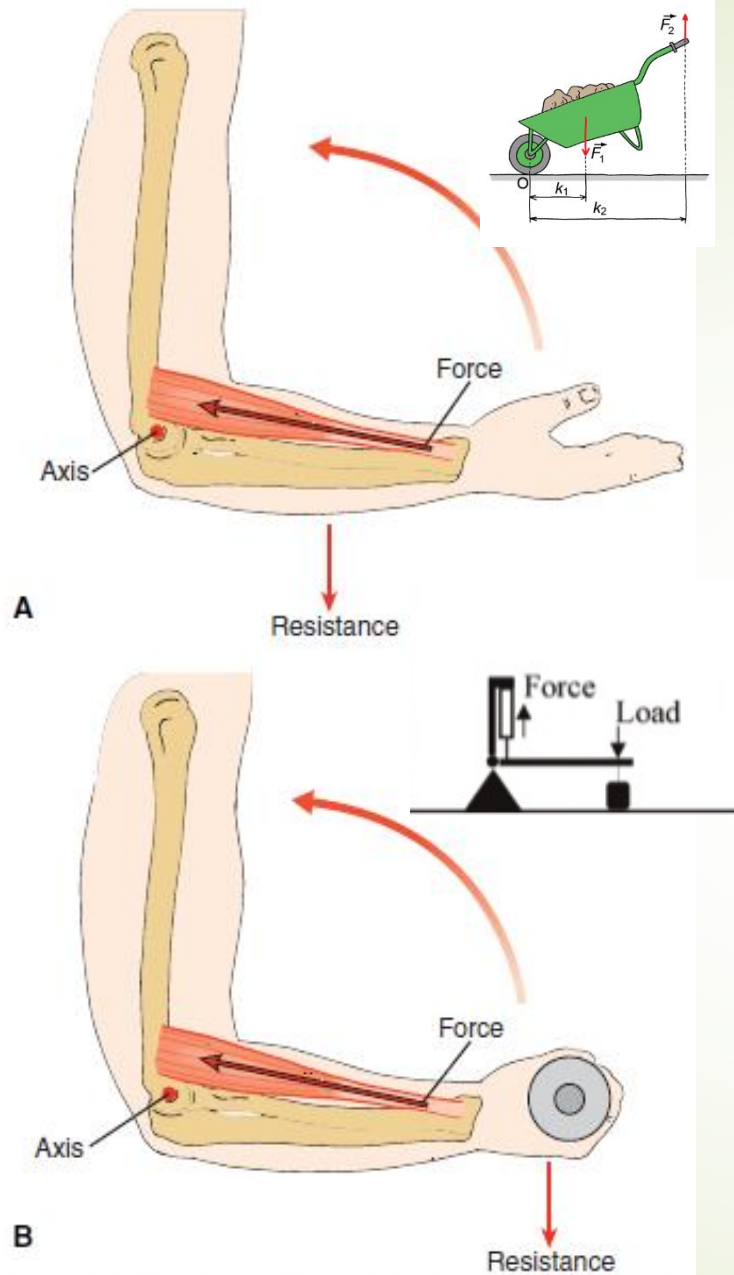
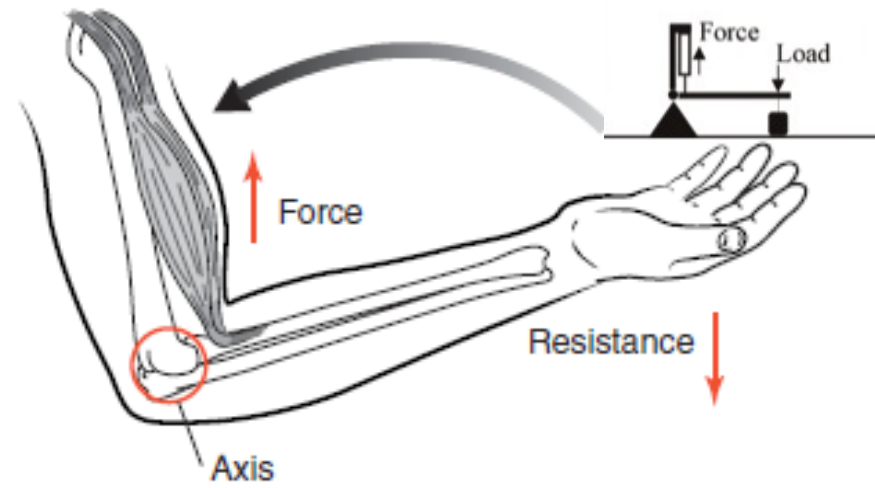


Figure 8-30. (A) The brachioradialis as a second-class lever. (B) It becomes a third-class lever when a weight is placed in the hand.

A



B

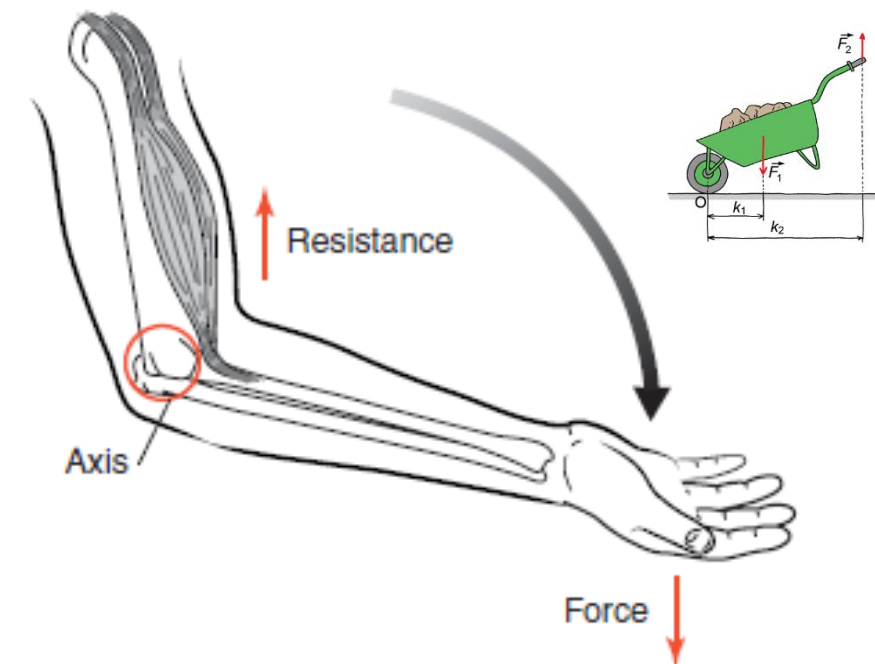


Figure 8-31. The biceps acts as a third-class lever when contracting concentrically (A), and a second-class lever when contracting eccentrically (B).

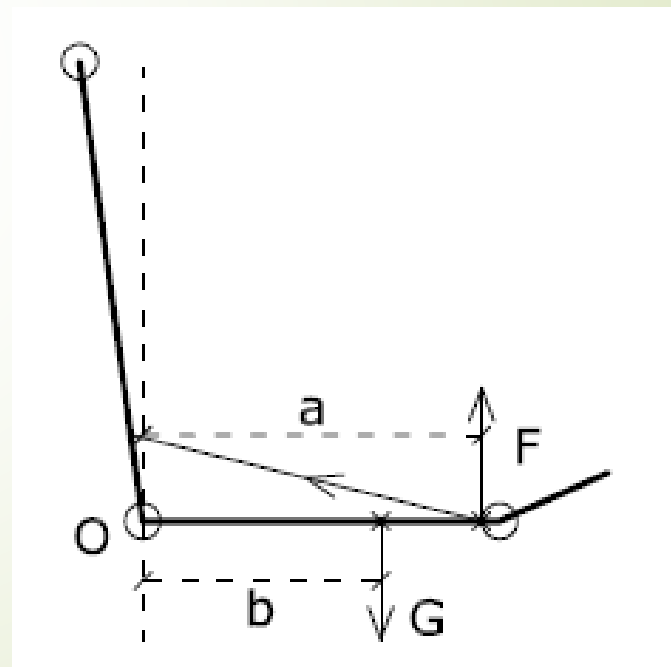
ПИТАЊА И ЗАДАЦИ

- Шта су то полуге? Које су то три карактеристичне тачке на полузи?
- Полуга је чврсто тело за коју су карактеристичне три тачке: тачка ослоња (обртања), нападна тачка деловања силе и нападна тачка деловања отпора. Премештањем нападне тачке активне силе мења се ефикасност деловања те силе.
- Које врсте полуга постоје у локомоторном систему човека и по чему се оне разликују?
- Полуге равнотеже, силе и брзине (I, II и III реда). Оне се разликују по распореду три карактеристичне тачке.
- Ако је крак спољашње силе дужи од крака силе мишића, и обе силе делују са исте стране ослоња, о каквој полузи је реч?
- Једнокракој полузи брзине.
- Активна сила која делује на полуку је 20кр, а њен крак 4см. На колику удаљеност од ослоња треба поставити терет који делује силом од 10 кр да би полуга била у равнотежи?
- 8см ($F \times a = Q \times b$).

ПИТАЊА И ЗАДАЦИ

- На слици је приказан систем подлакти са шаком који треба одржати у положају флексије под 90° . Где се налазе карактеристичне тачке ? О каквој полузи је реч?

Полузи силе. Силу теже представља тежина подлакти и шаке чија је нападна тачка заједничко тежиште подлакти и шаке (G). Крак силе теже је најкраће растојање од центра обртања (центра зглоба лакта) до нападне линије силе теже. Силу мишића представља тангенцијална компонента силе m. brachioradialis-а а њен крак је растојање од центра зглоба лакта до припоја m. brachioradialis-а на дисталном делу подлакти.



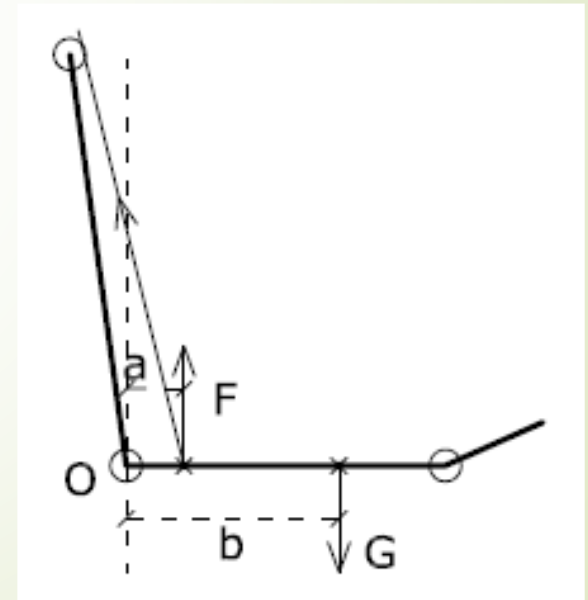
ПИТАЊА И ЗАДАЦИ

- На слици је приказан систем подлакти са шаком који треба одржати у положају флексије под 90° . Где се налазе карактеристичне тачке ? О каквој полузи је реч?

Полузи брзине.

Силу теже представља тежина подлакти и шаке чија је нападна тачка заједничко тежиште подлакти и шаке (G). Крак силе теже је најкраће растојање од центра обртања (центра зглоба лакта) до нападне линије силе теже.

Силу мишића представља $m. brachialis$ -а а њен крак је растојање од центра зглоба лакта до припоја $m. brachialis$ -а на проксималном делу подлакти.

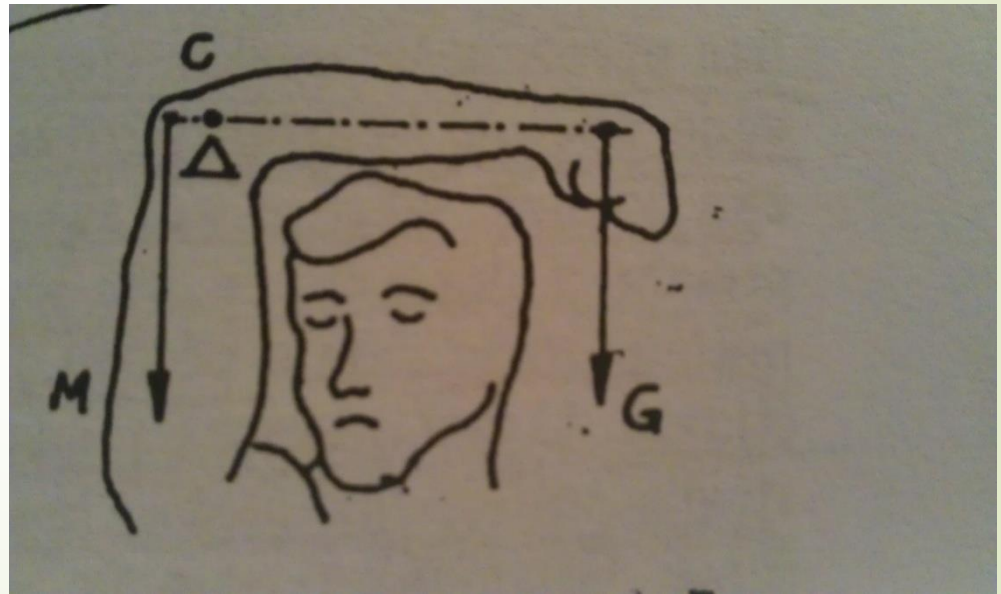


ПИТАЊА И ЗАДАЦИ

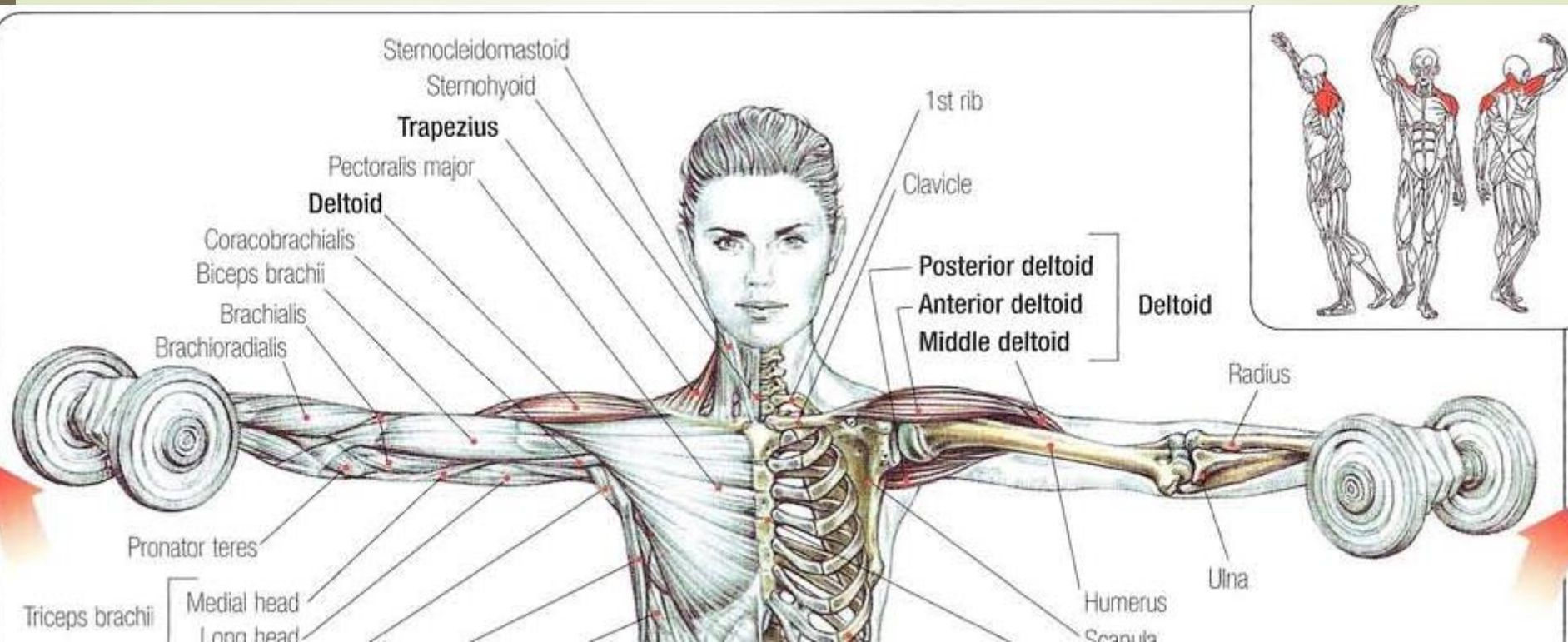
На слици је приказан систем подлакти са шаком када је рука у узручењу. О којој полузи је реч? Које су то три карактеристичне тачке на полузи?

Полузи равнотеже.

Обртна тачка је зглоб лакта,
нападна тачка мишићне силе
припој *m. triceps brachii*,
нападна тачка терета
заједничко тежиште шаке и
подлакти

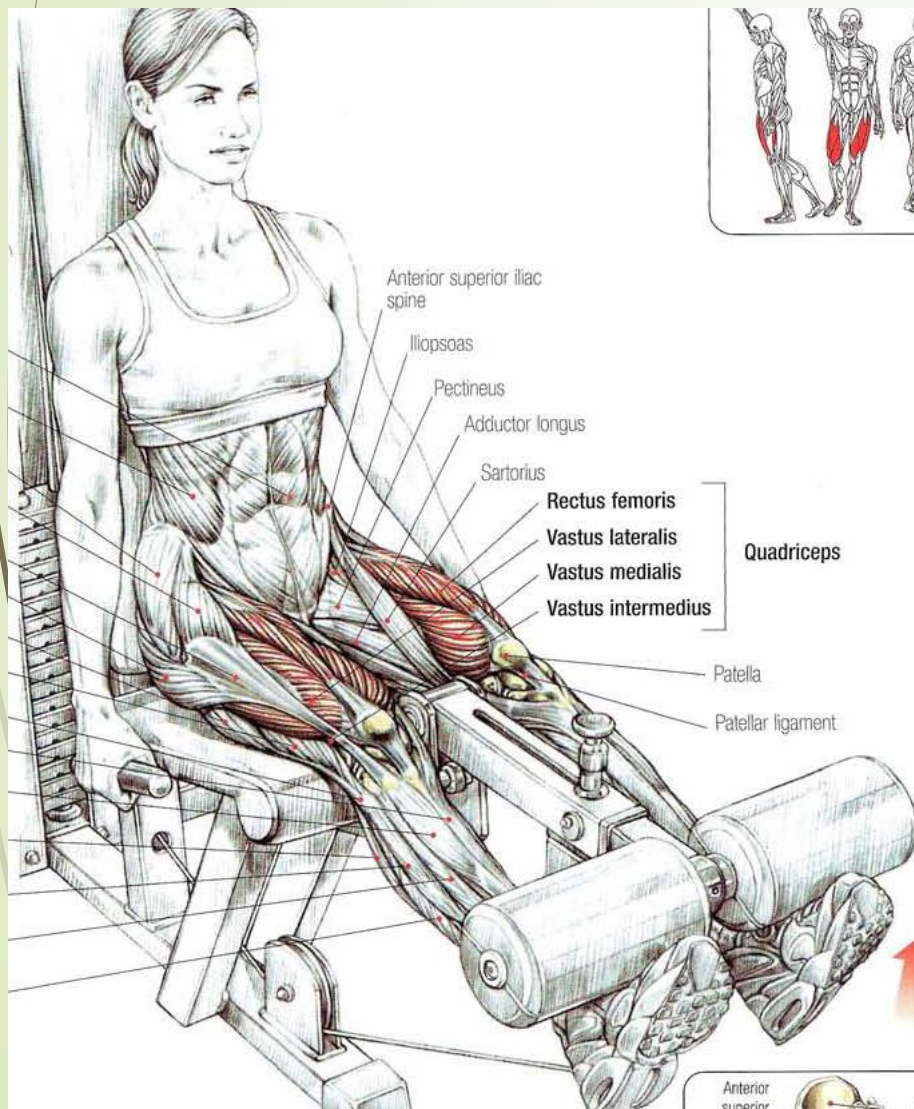


ПИТАЊА И ЗАДАЦИ



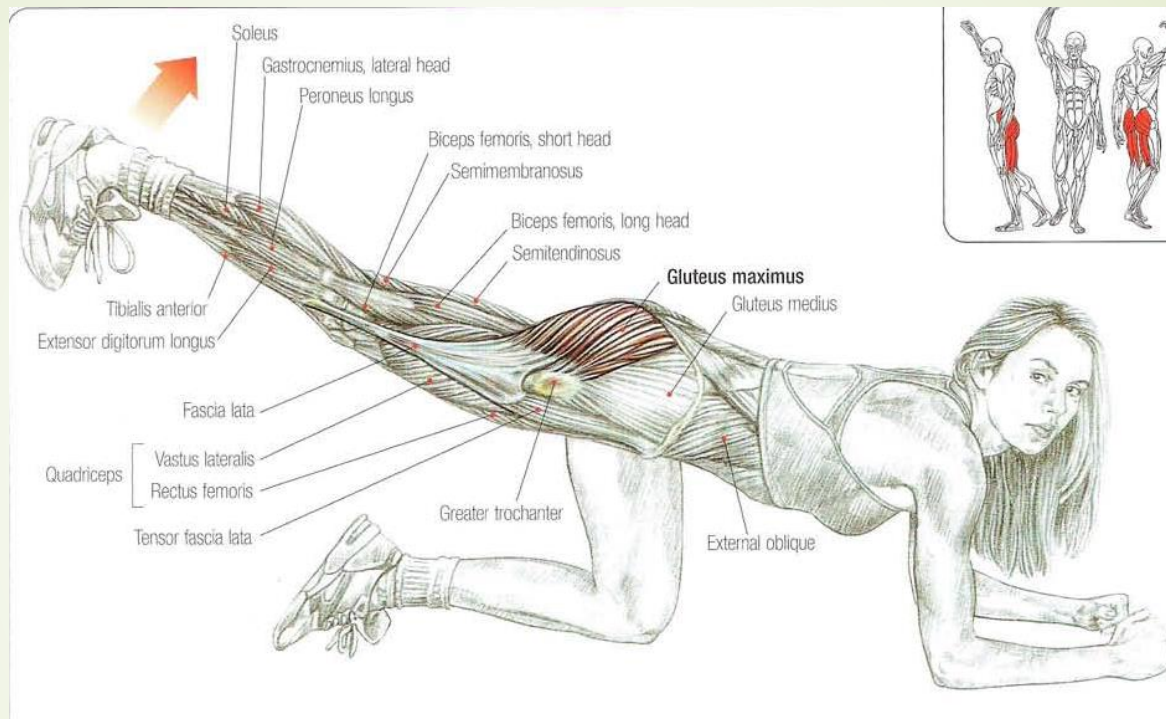
- Полуга брзине
- Тачка обртања/ослонца: рамени зглоб
- Нападна тачка мишићне силе: m. deltoideus pars acromialis на хумерусу
- Нападна тачка силе отпора: у нивоу лакта

ПИТАЊА И ЗАДАЦИ



- Полуга брзине
- **Тачка обртања:** зглоб колена
- **Нападна тачка мишићне силе:** дистални припој m. quadriceps на тибији
- **Нападна тачка силе отпора:** у доњој трећини потколенице

ПИТАЊА И ЗАДАЦИ

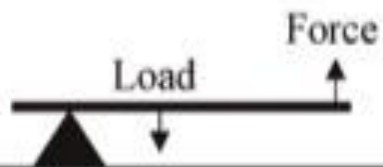


- Полуга брзине
- Тачка обртања: зглоб кука
- Нападна тачка мишићне силе: дистални припој m. gluteus maximus на фемуру
- Нападна тачка силе отпора: 6-8 cm изнад колена на натколеници

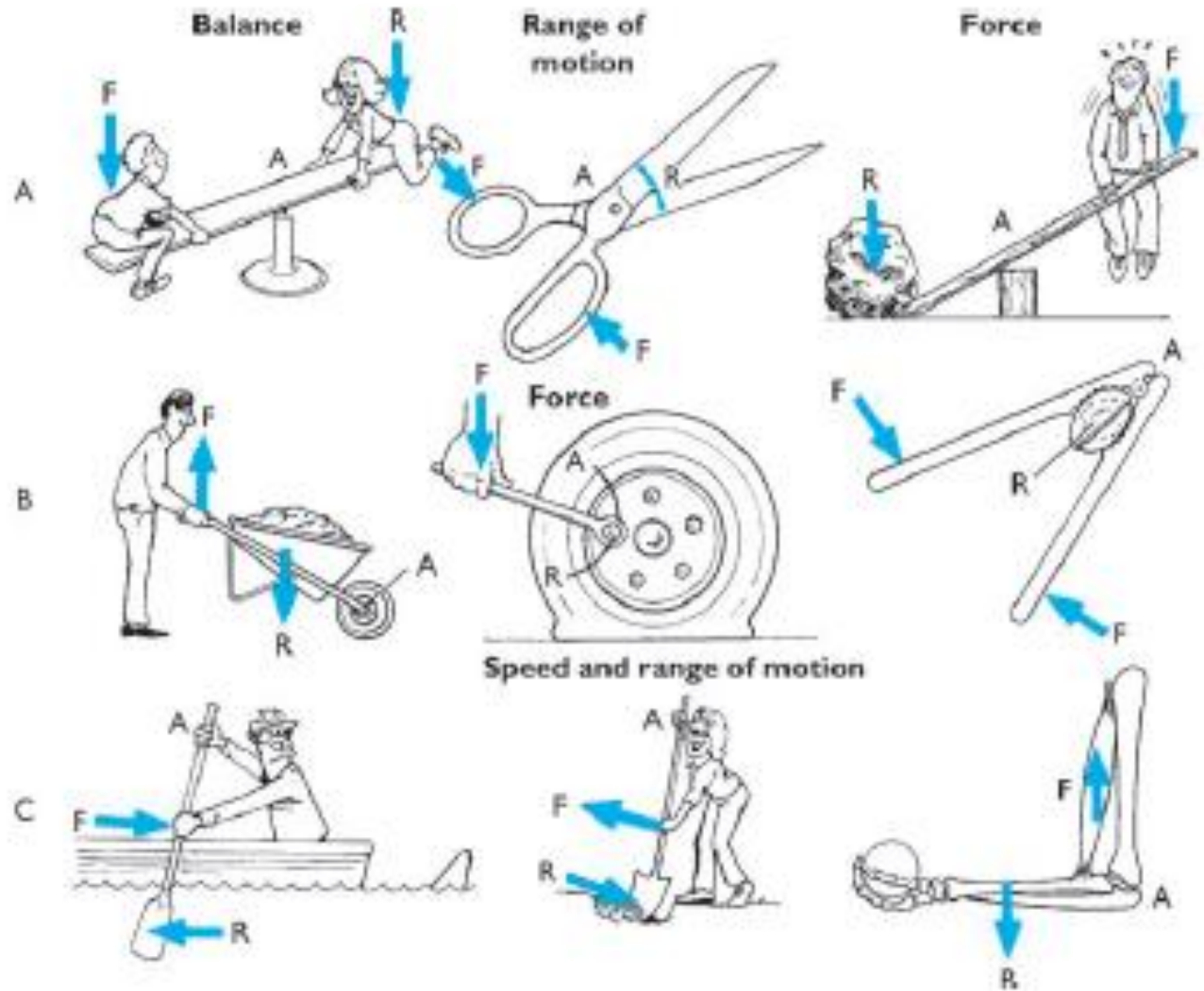
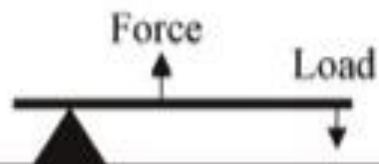
Class One Lever



Class Two Lever



Class Three Lever



ЗАДАЦИ

- Колику силу треба да испољи двоглави мишић надлакти који се припаја на жбицу под углом од 90 степени, 3cm удаљен од зглоба лакта, да би држао терет од 70N удаљен 30 cm од обртне тачке (занемарићемо дејство других мишића и тежину подлакти са шаком)

$$F_m \times 3\text{cm} = 70\text{N} \times 30\text{cm}$$

$$F_m = (70\text{N} \times 30\text{cm}) / 3\text{cm} = 700\text{N}$$

