



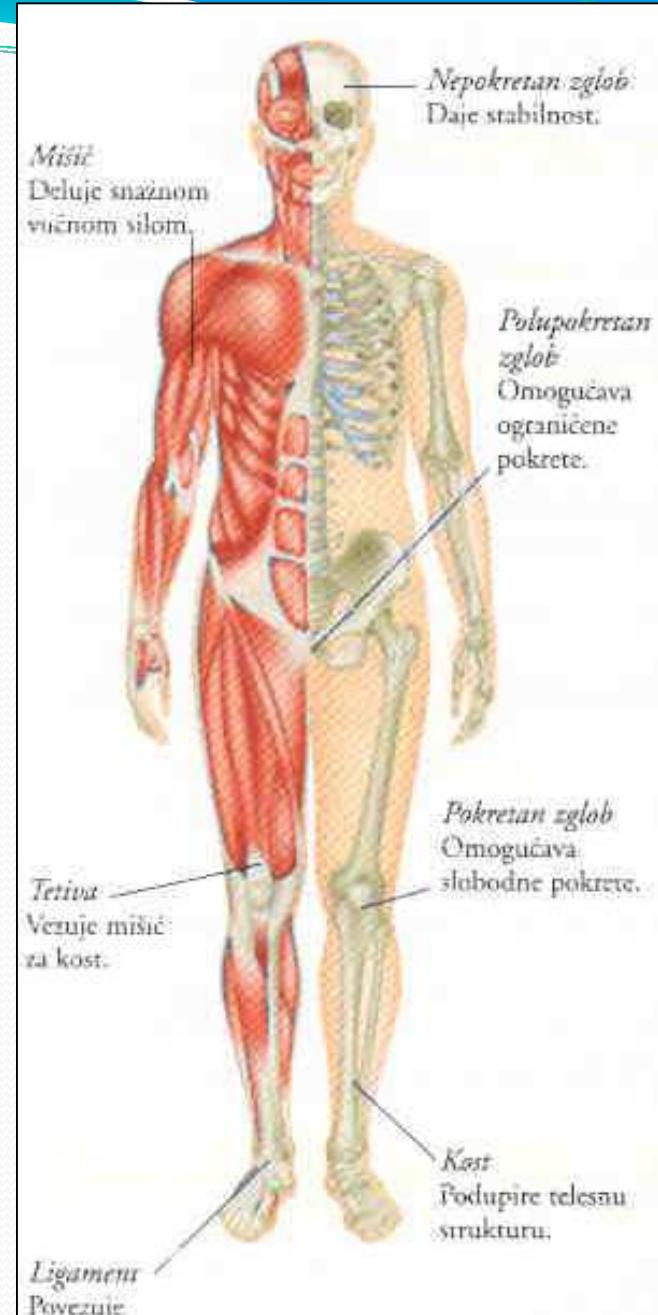
SKELETNO MIŠIĆNI SISTEM ČOVEKA

**Doc. dr Snežana Marković
Institut za biologiju i ekologiju
Prirodno-matematički fakultet
Univerzitet u Kragujevcu**

SKELETNO MIŠIĆNI SISTEM

osnova na kojoj je telo izgrađeno i omogućava kretanje

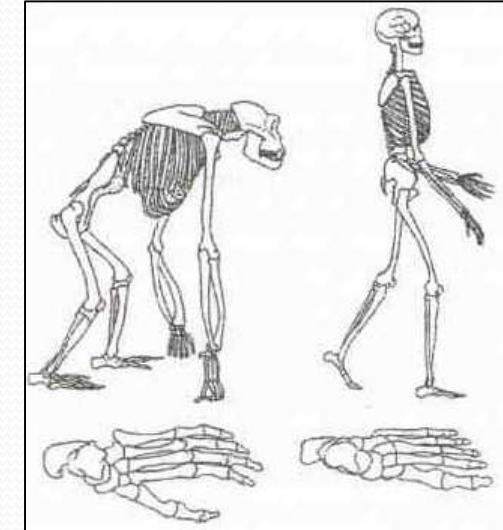
- Fina usaglašenost kostiju, zglobova, mišića, kože, nervnog sistema



POTPORA I KRETANJE

Dvonožno kretanje – uspravno hodanje na zadnjim ekstremitatima:

- Stopala ravne površine; palac nije u opoziciji sa drugim prstima; nožni prsti sa ravnim člancima
- Ugao kolena prema ravnom zglobu
- Kosti nogu su duže
- Zglobovi bedara su okrenuti nadole i postrance (leže glava femura)
- Karlica je kratka, oblika zdele, podupire utrobu
- Kičma ima S oblik
- Glava se nalazi na vrhu kičmenog stuba
- Otvor za prolaz kičmene moždine u potiljačnom delu je ispod lobanje.

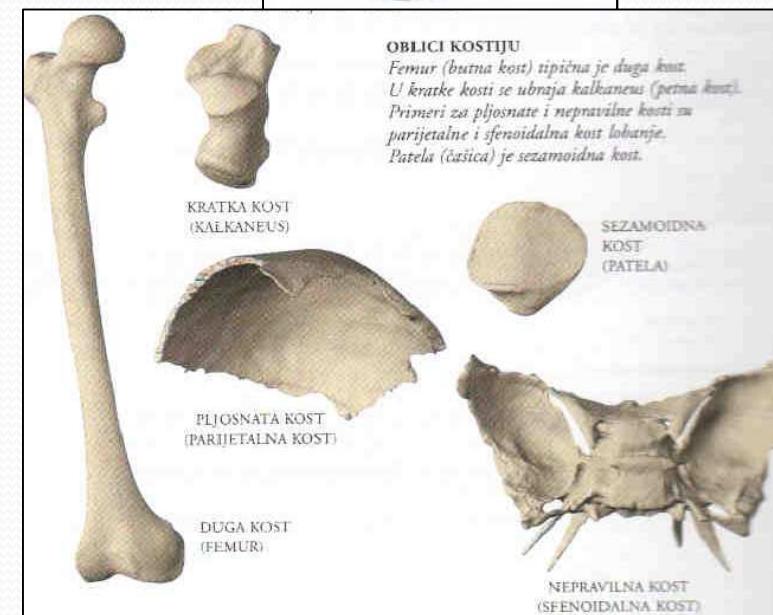
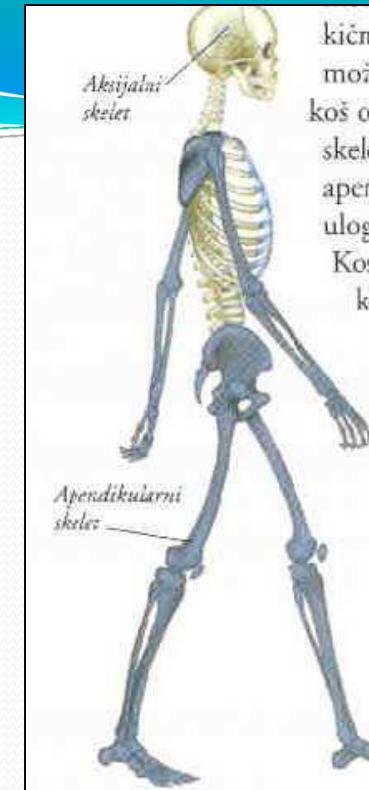


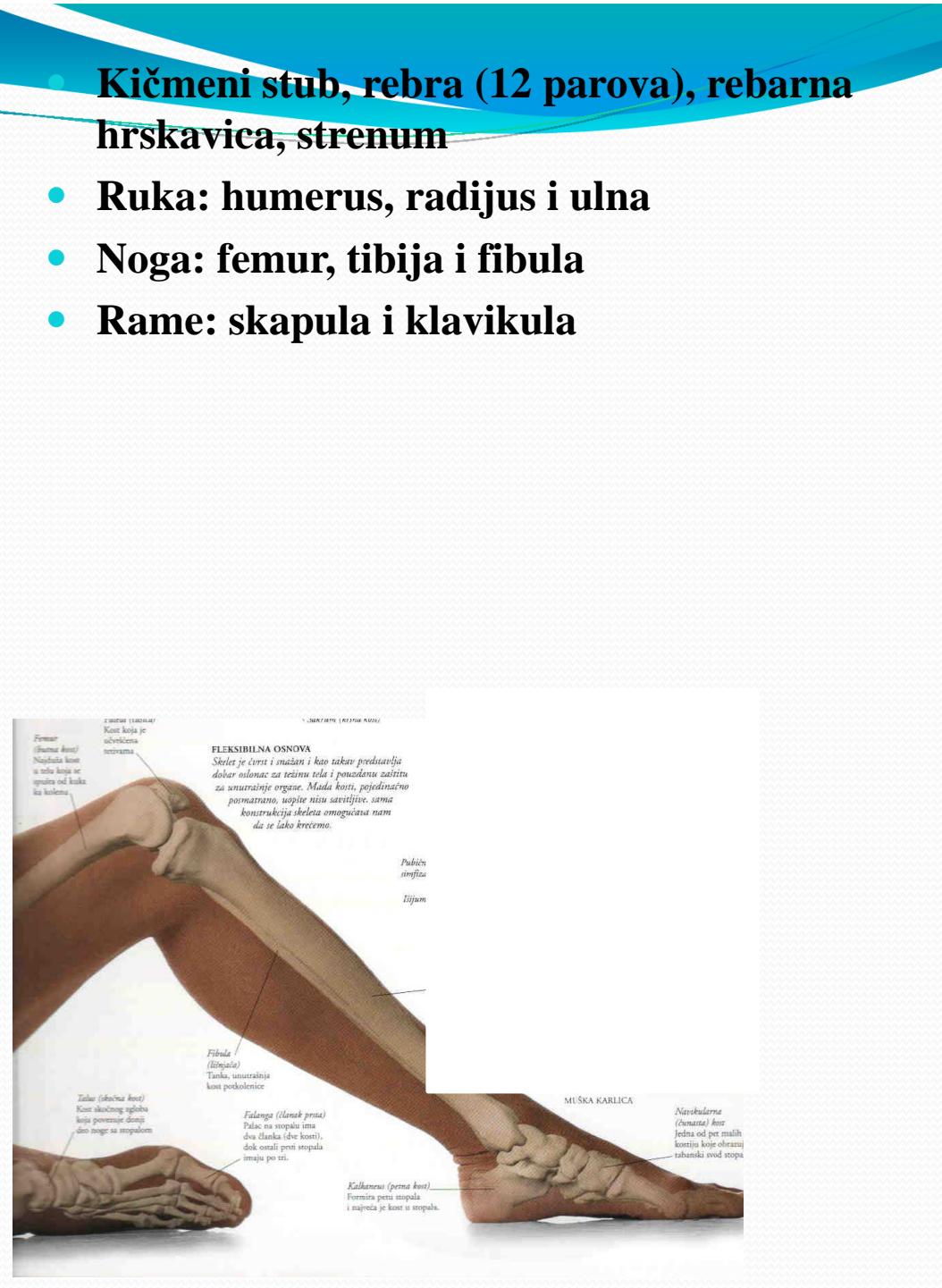
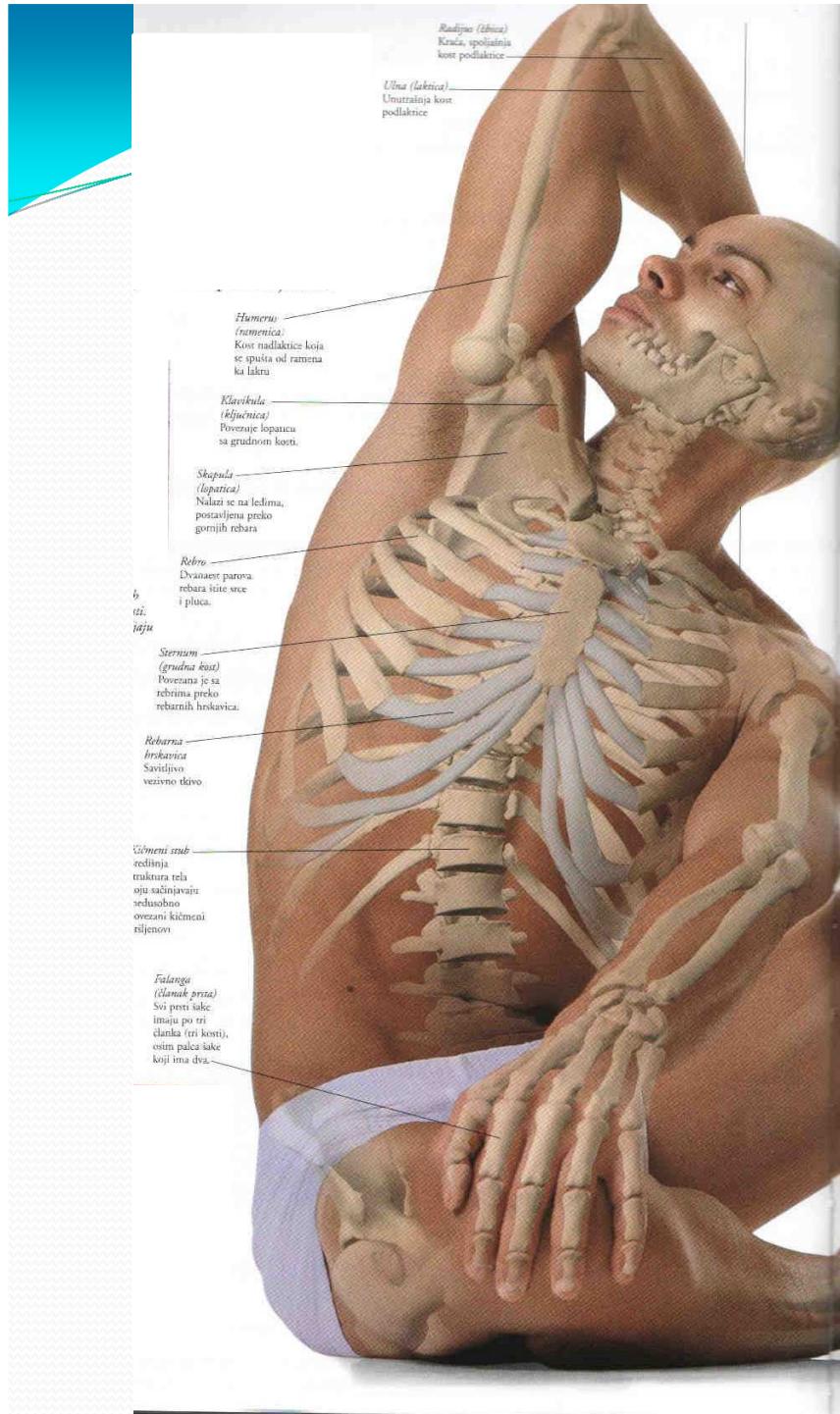
- Kičma predstavlja osnovni segment ljudskog skeleta; obezbeđuje uspravno držanje tela; sve ostale kosti su neposredno ili posredno povezane sa kičmom.
- Kosti imaju potpornu ili zaštitnu ulogu
- Polne odlike skeleta
- Uticaj starosti na skelet; regeneracija kostiju
- Zglobovi omogućavaju savitljivost skeleta
- Poprečno prugasti mišići povezani za skelet preko tetiva
- Nervni sistem reguliše aktivnost mišića → regulacija pokreta skeleta

SKELET

Skelet odrasle osobe čini 206 kostiju

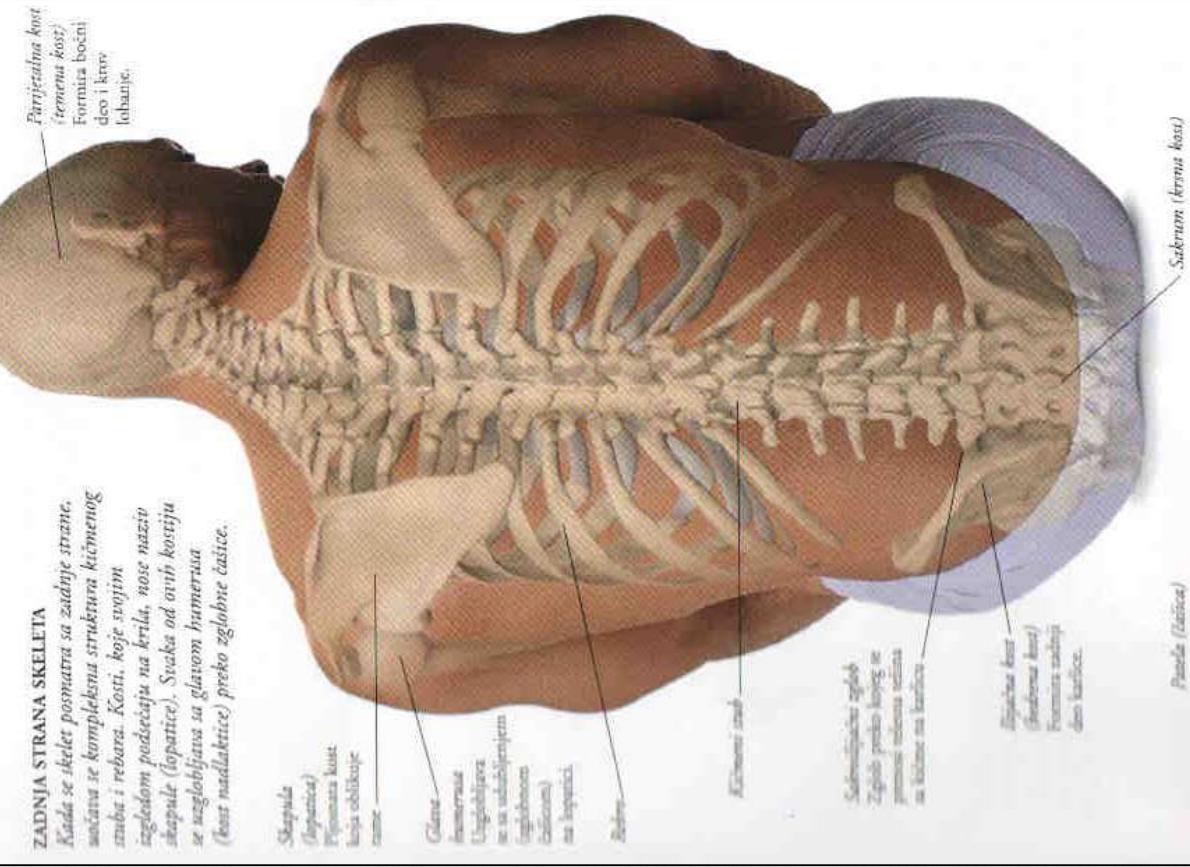
- Skelet nosi meka tkiva i daje oblik telu
- Kosti simetrično raspoređene na obe strane tela i organizovane kao
- 1. Aksijalni skelet – kosti centralnog dela tela (lobanja, kičmeni stub, rebra i sternum – ukupno 80 kostiju) – zaština uloga
- 2. Apendikularni skelet – pričvršćene za aksijalni skelet, 126 kostiju, obezbeđuju pokretljivost (kosti udova, lopatice, karlica)
- Konstrukcija skeleta omogućava kretanje
- Vrste kostiju: duge (femur), kratke (kalkaneus), pljosnate (parijetalna), nepravilne (sfenoidna), sezamoidne (patela)



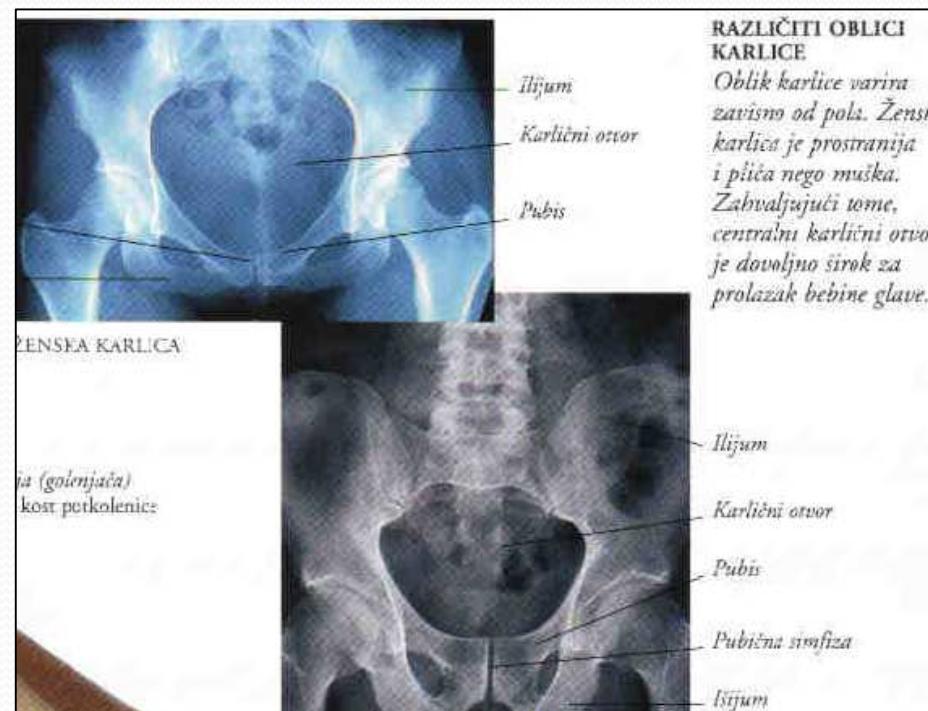


ZADNJA STRANA SKELETA

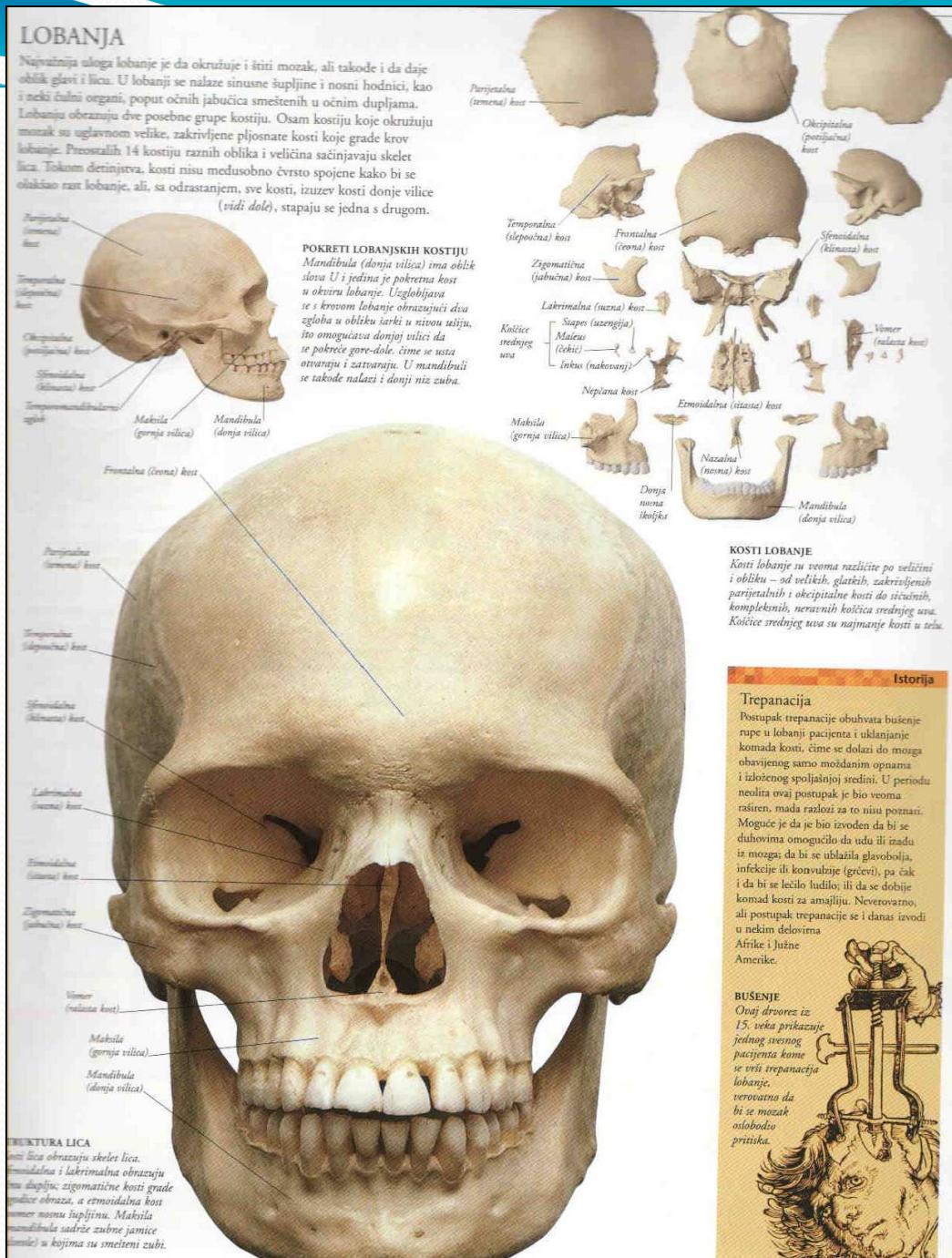
Kada se skelet posmatra sa zadnje strane, uočava se kompleksna struktura kričenog strelja i rebara. Kosti, koje se još izgledom podsećaju na krila, nose naziv skapula (lopatice). Svaka od ovih kostiju se ugođavlja sa glavom humerusa (kast nadlaktice) preko zglobne čašice.



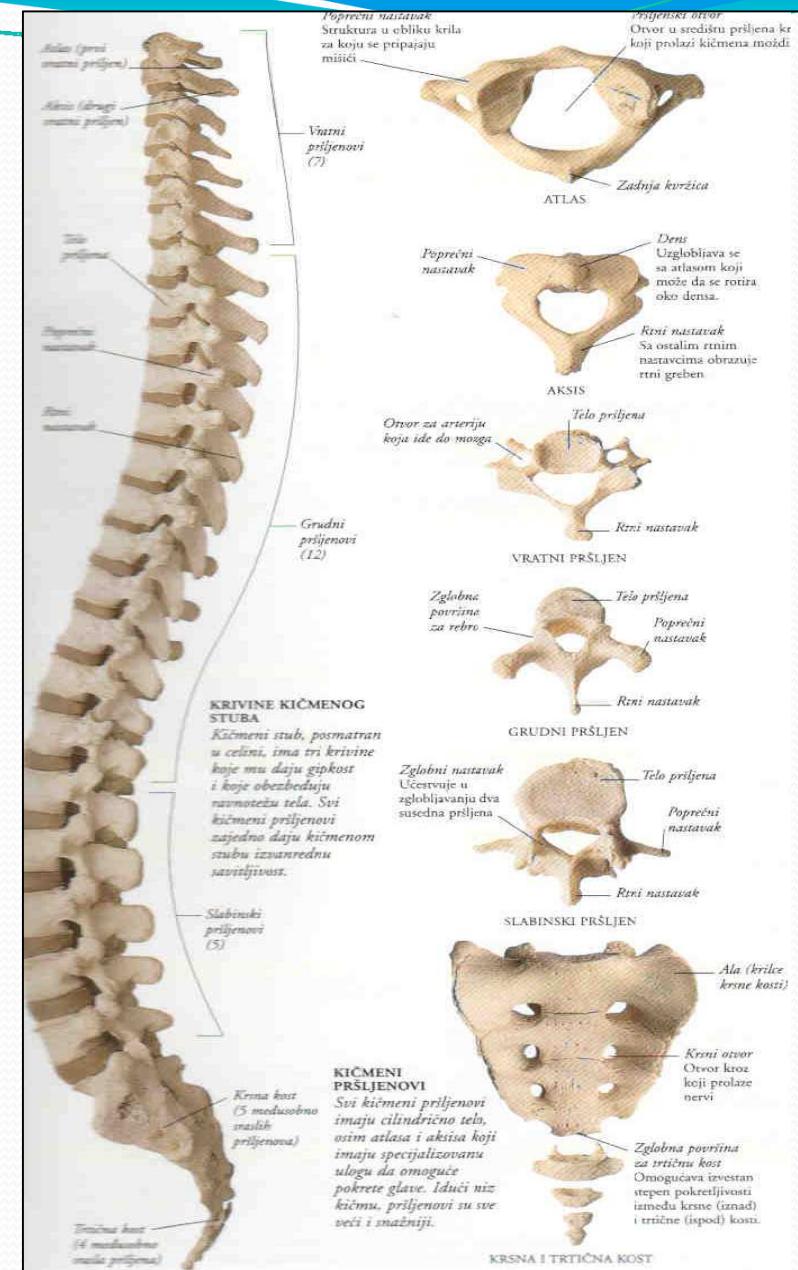
- **KARLICA** – oblik prstena izgrađen od velikih kostiju (krsna kost, dve bedrene kosti od ilijuma, išijuma i pubisa, pubična simfiza); polne razlike



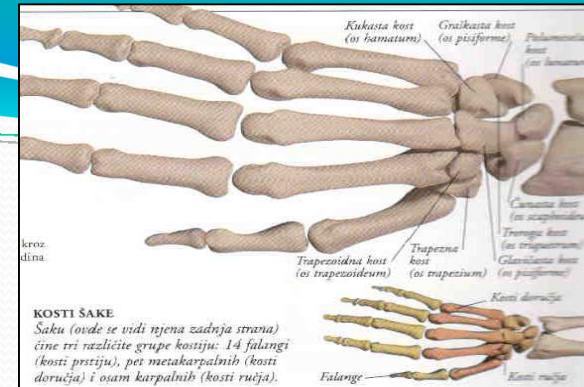
- LOBANJA – 8 velikih, pljosnatih kostiju oblaže mozak:**
okcipitalna (potiljačna),
frontalna (čeona), 2x parijetalna
(temena), 2x temporalna
(slepoočna), 2x zigomatična
(jabučna)
- 14 kostiju različitog oblika čine**
skelet lica: sfenoidalna,
etmoidalna, lakrimalna, vomer,
maksila, mandibula, kosti
srednjeg uva...
- odrastanjem kosti se stapaju;**
- pokretna mandibula.**



- **KIČMA – 33 kičmena pršljena povezani pokretnim zglobovima;**
 - **vratni (cervikalni) – 7 p,**
 - **grudni (torakalni) – 12 p;**
 - **slabinski (lumbalni) – 5 p;**
 - **krsni (sakralni) srasli -5 p i**
 - **trtični (kokcigealni) – 4 p.**

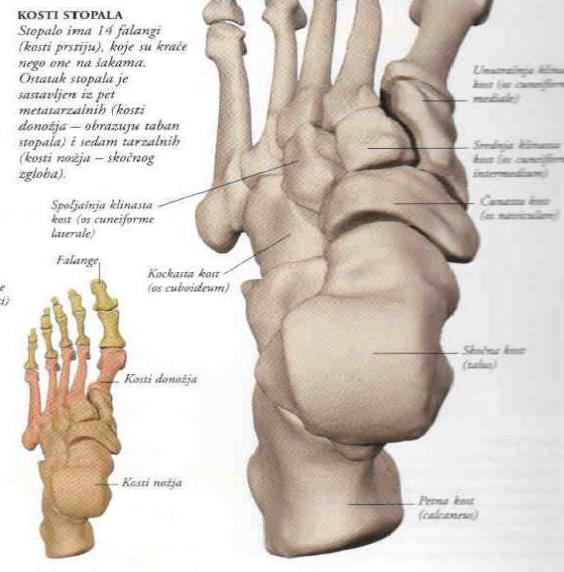


- KOSTI ŠAKE I STOPALA –** međusobno povezane male kosti u obliku lepeze;
- šaka za precizne i snažne zahvate, **27 kostiju, palac u opoziciji sa ostalim prstima; 14 falangi, 5 metakarpalnih i 8 karpalnih kostiju**
- stopalo od **26 kostiju, oslonac, ravnoteža; 14 falangi, 5 metatarzalnih i 7 tarzalnih kostiju (skočna kost – talus, petna kost - kalkaneus)**

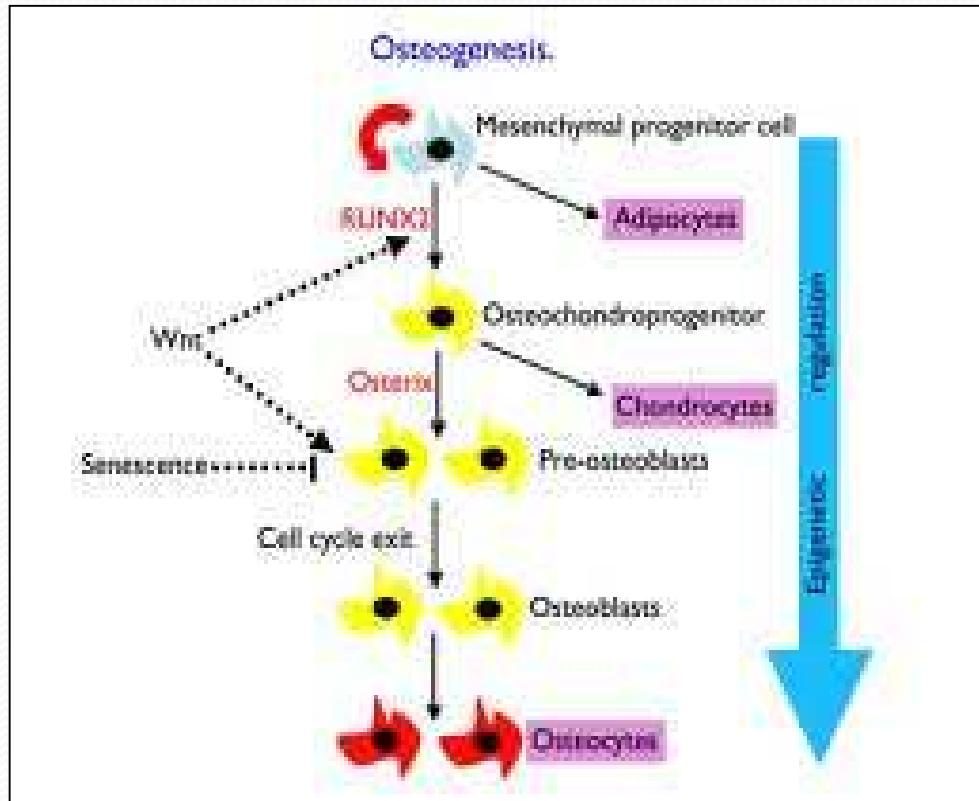


KOSTI ŠAKE I STOPALA

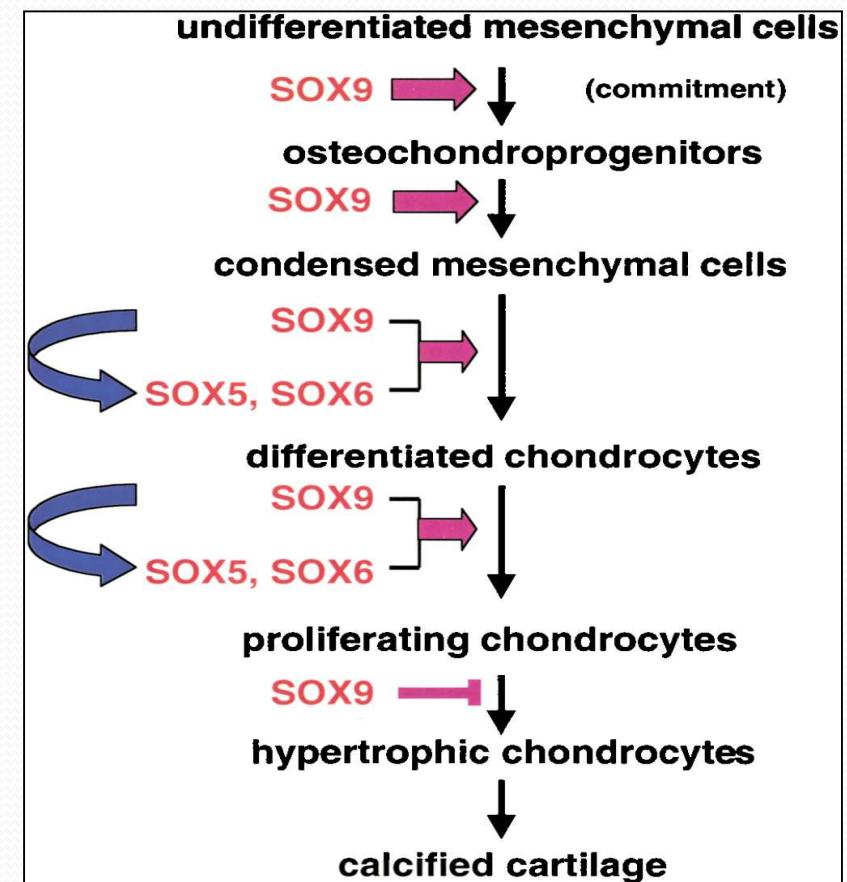
Šake i stopala su slični po skeletnoj građi pošto se sastoje iz mnoštva međusobno povezanih malih kostiju koje zajedno obrazuju jednu lepezastu strukturu. Šaka predstavlja alatku sposobnu za obavljanje najpreciznijih radova, kao i za snažan zahvat. Skup od 27 malih kostiju omogućava veoma širok spektar pokreta. U suštini, radi se o sposobnosti da se vrh palca sastavi sa vrhovima ostalih prstiju (jer je postavljen naspram njih, u opoziciji), što ljudskim šakama daje jedinstvenu i izvanrednu spremnost. Stopala i prsti na stopalima daju oslonac i guraju napred čitavu težinu tela dok je ono u pokretu i, takođe, pomaže održavanju ravnoteže prilikom promene položaja dok telo miruje. Stopalo ima ukupno 26 kostiju, koje obrazuju snažnu, izdržljivu podlogu i pružaju potporu čitavom telu.



DIFERENCIJACIJA OSTEOCITA

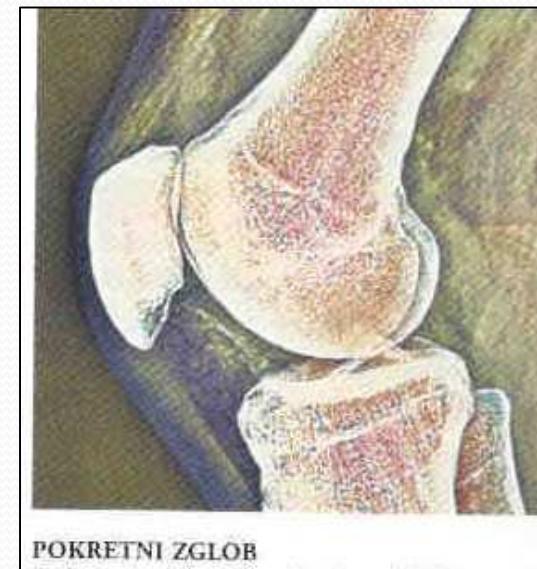
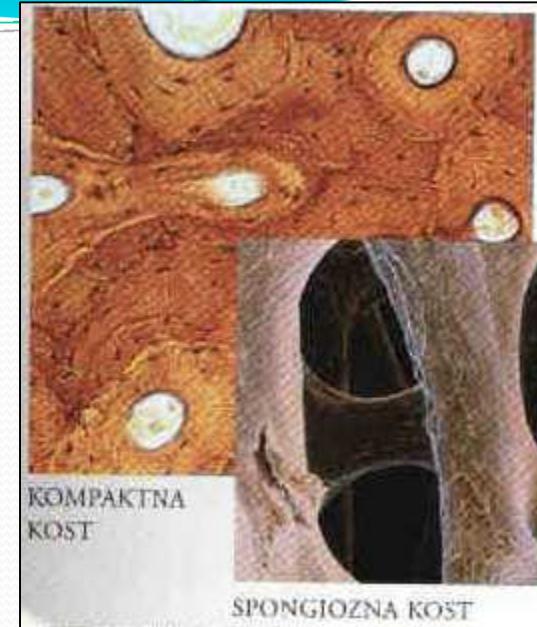


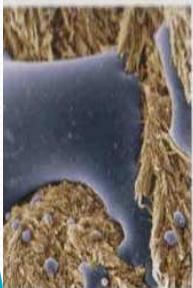
DIFERENCIJACIJA HONDROCITA



~~STRUKTURA I RAST KOSTIJA~~

- Kost – čvrsta, jaka, laka, neznatno savitljiva
- Kost je “živo” tkivo – od ćelija, proteina, mineralnih soli (Ca i P) i vode
 - Osteblasti, osteociti i osteoklasti
 - Kompaktna i sunđerasta kost
- Joni Ca i P grade hidroksiapatit
- Sunđerasto i kompaktno KT
- Periost, endost – donose hranu do Volkmanovih kanala → Haverzovi kanali
- Osteon – Haverzov sistem (koncentrični slojevi čvrstog tkiva – lamele; centralni kanal sa krvnim sudovima i nervima; prostor za koštane ćelije i tečnost)
- Periost izvor oseogenih ćelija
- Ljudske kosti se formiraju (1) intramembranskim okoštavanjem od mezenhima, ili (2) endohondralnim okoštavanjem od hrskavice
- Koštana srž

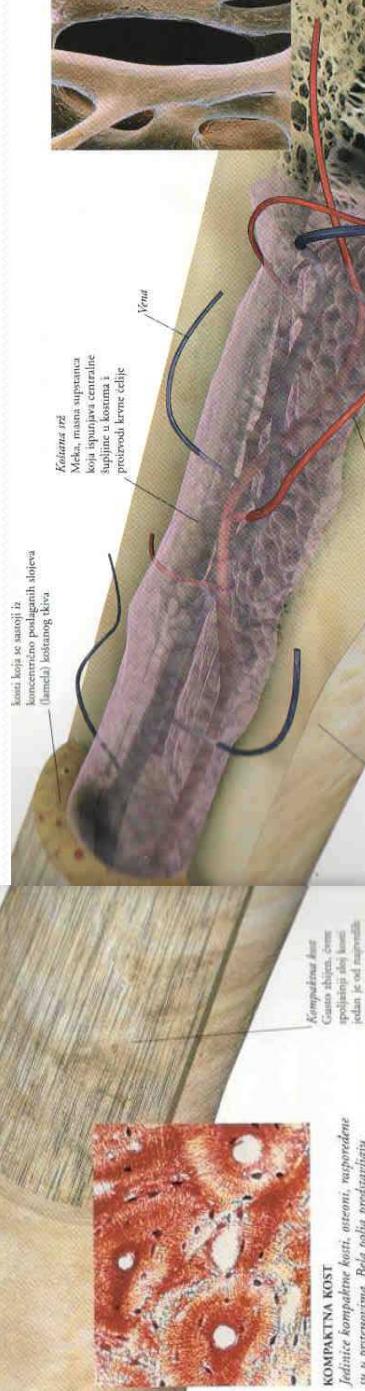




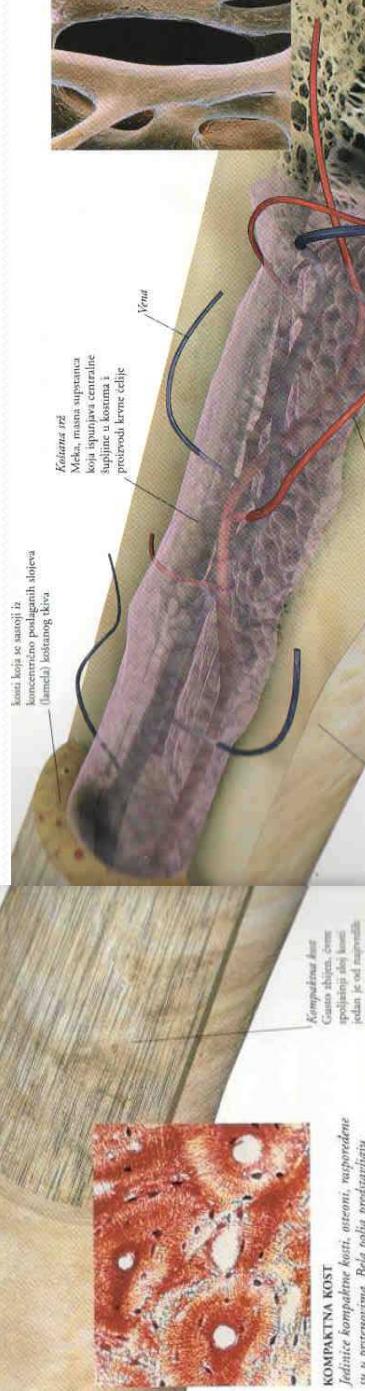
OSTEOKLAST

Ova ogromna kostna ćelija
regradično razgraduje kostnu
tissue, da bi ono moglo biti
zamenjeno novim tkivom.

ju
je
ju
tura
Krem nad



KOMPATNA KOST
Jedinstvene kompatne kosti, ustanovi, raspoređene
isu povezivanju. Bila polja predstavlja
kanale za brine nadane i nerve. Tamne mrlje
isu mesta koja služe kostama zaštite.



KOMPATNA KOST
Jedinstvene kompatne kosti, ustanovi, raspoređene
isu povezivanju. Bila polja predstavlja
kanale za brine nadane i nerve. Tamne mrlje
isu mesta koja služe kostama zaštite.

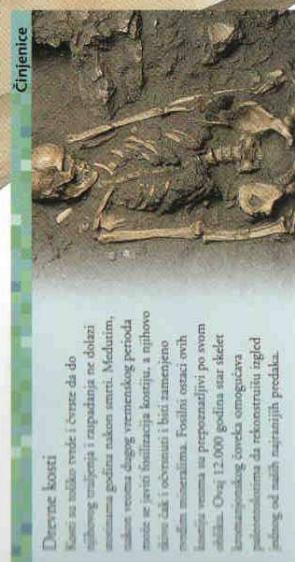
SPONGIOZNA KOST
Laka sponziona kost, srednje
u vidu pčelinjeg sela, kao što se
vidi na ovog slići (levo), čime da
skelet ne bude pretežan težak.

Efekta
Nalazi se na svakom
kraju druge kosti.



KOSTANA ŠIZA
Prstovi između gradića
(trabeula) sponziona
kost spajaju među kostima srži i krvnim
stolovima. Kada je održan doček sponziona
kosti, a sponziona kost je obarljiva, slijepi
kompadne kosti. Spajajući površinu kosti
prstova tanki vezani omotni predstav.

STRUKTURA DUGIH KOSTU
Duge kosti, kao što je femur, imaju centralni
kanal spajajući mekon kostimanu srži i krvnim
stolovima. Kada je održan doček sponziona
kosti, a sponziona kost je obarljiva, slijepi
kompadne kosti. Spajajući površinu kosti
prstova tanki vezani omotni predstav.



Duge kosti

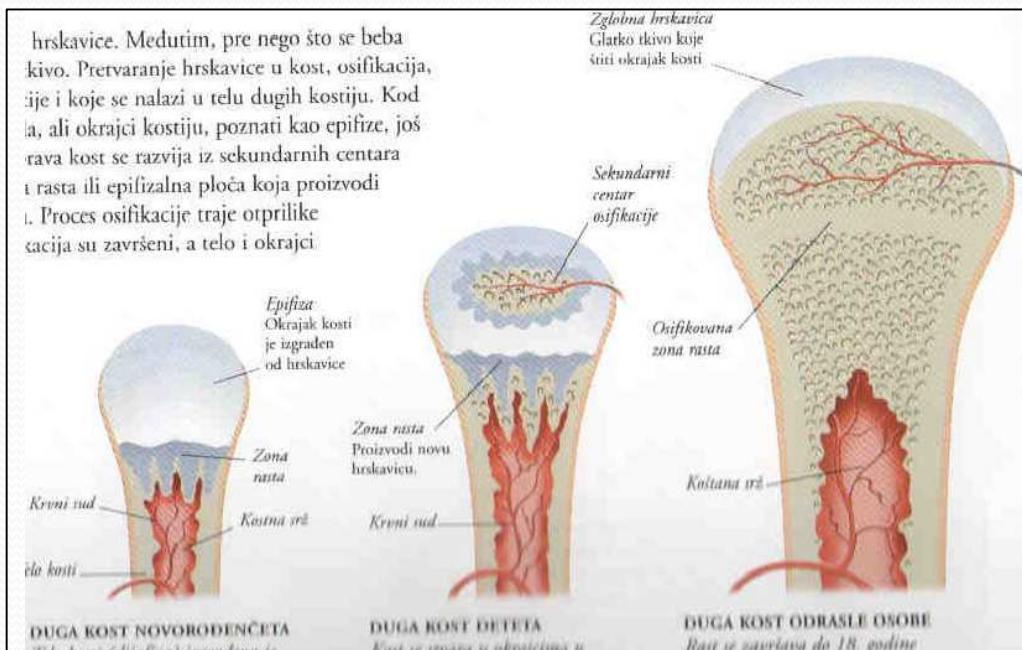
Koste su u dolje vrste i čvrste da do
sigurnog uslijedjenja i raspodjeli ne dolai
smrtonosna godina takson emtri. Medutim,
mukozne reakcije dugog vremenskog perioda
može se priručiti fossilizaciju kostiju, a njihovo
dimoči i očuvanju i budi zamenjeno
mukozna mineralima. Fosilni ostaci svih
kostiju nemaju ni preporodljivi po svom
obliku. Ovi 12.000 godina stvrdet
kostnici potpuno slijede omogućava
polaznicima da rekonstruiraši negdje
početku od svih naftnjih predstava.

- **Rast i razvoj kostiju**

Skelet fetusa od čvrste, elastične hrskavice

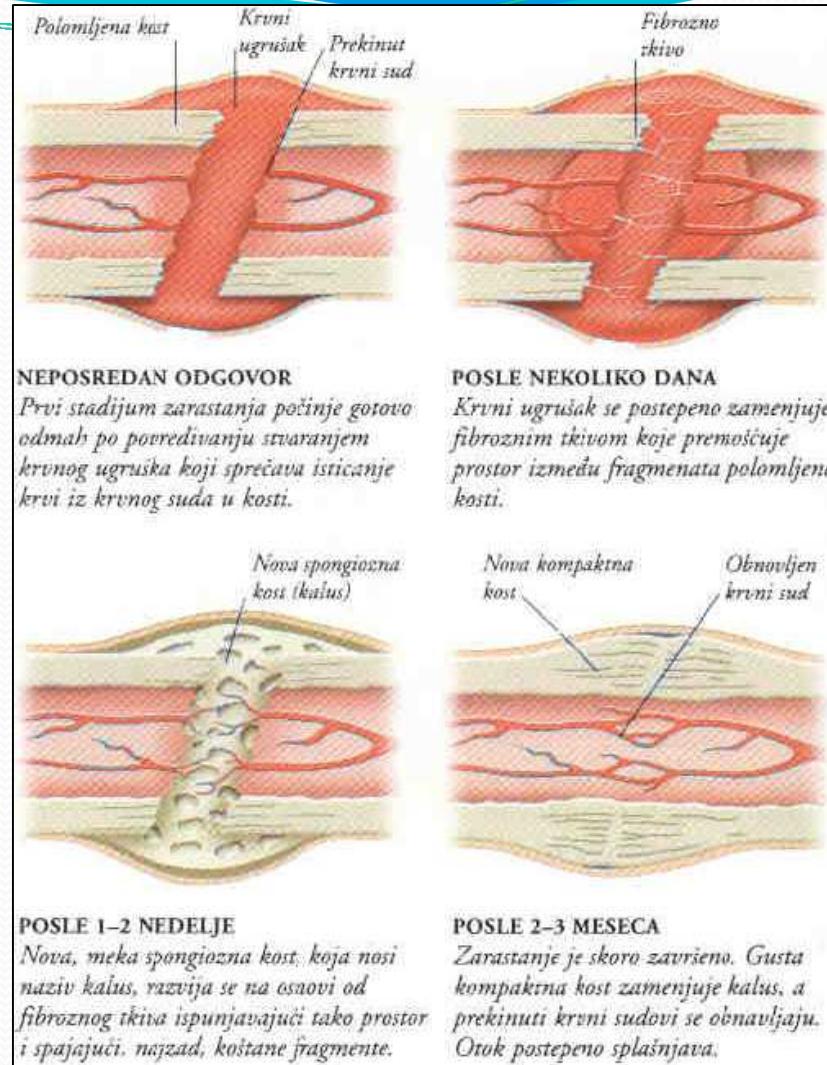
Kod novorodene bebe skelet je okoštao; telo kosti – primarni centar osifikacije, epifize od hrskavice – sekundarni centar osifikacije, zona rasta (ćelije hrskavice)

Osifikacija traje do 18. godine života



Zarastanje kostiju

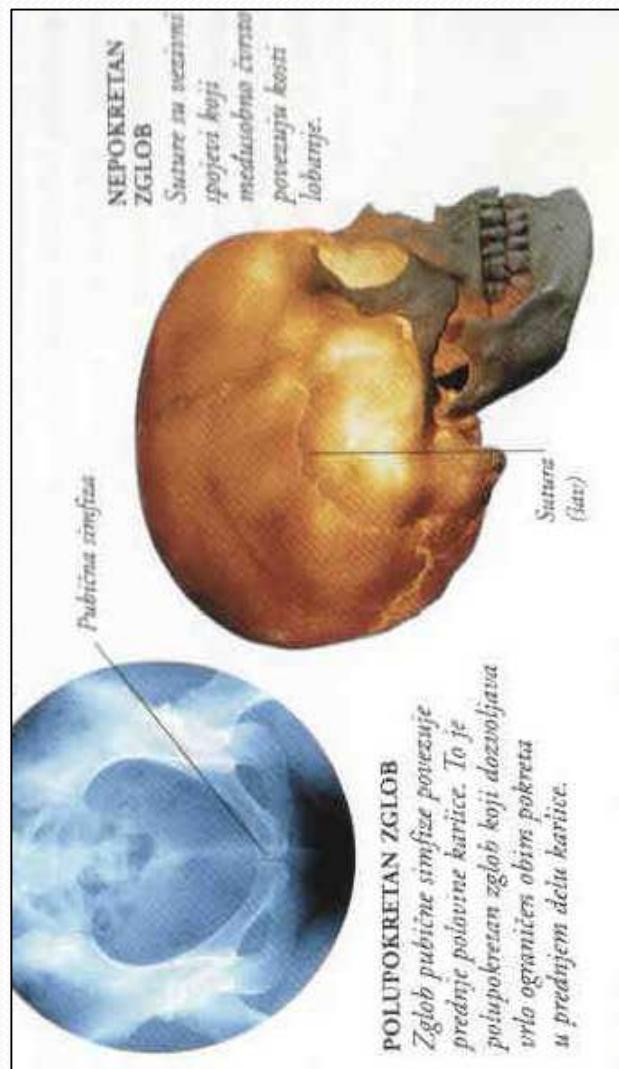
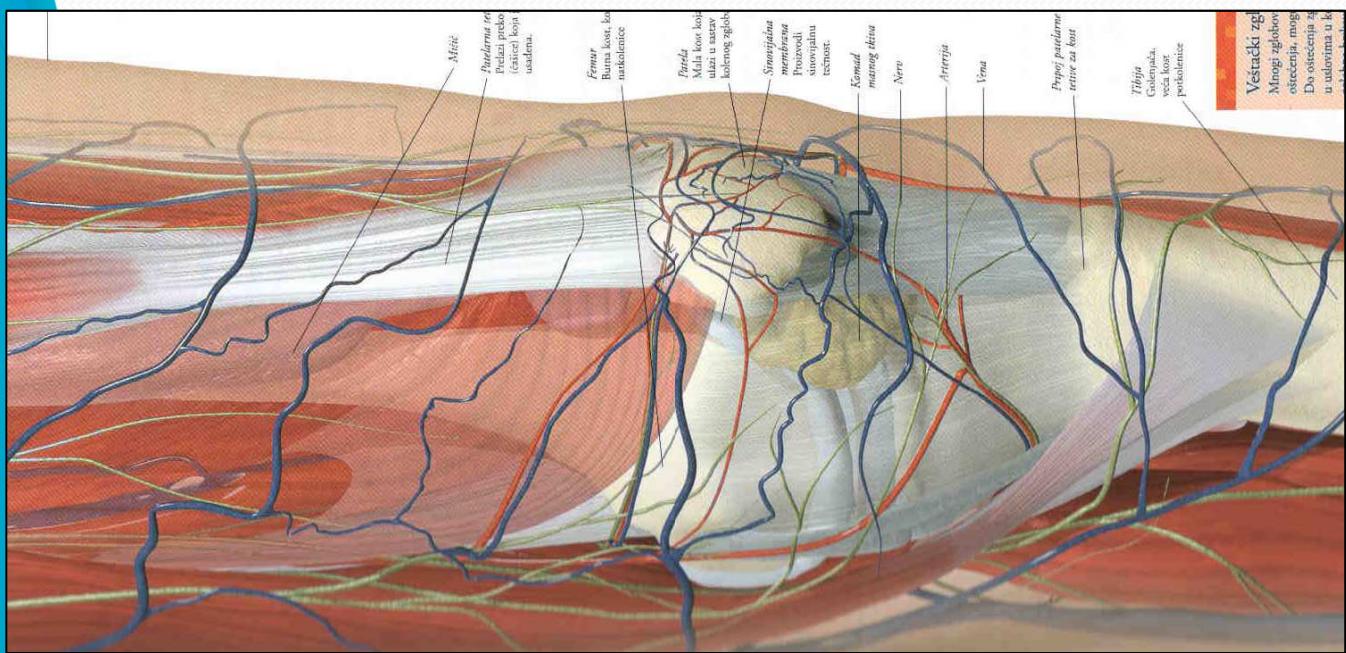
- Prelom kosti → zgrušavanje krvi → osteoblasti grade masu sunđerastog tkiva oko povrede (kalus) → kompaktna kost
- Kod odraslih osoba je potrebno oko 6 nedelja za zarastanje preloma, kod dece kraće
- Delovanjem osteoblasta i osteoklasta, zadebljalo tkivo (kalus) se na kraju formira u pravu kost
- Imobilizacija
- Osteoporozna – gubitak koštanog tkiva starenjem



ZGLOBOVI

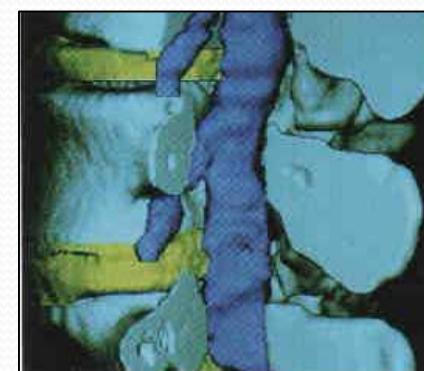
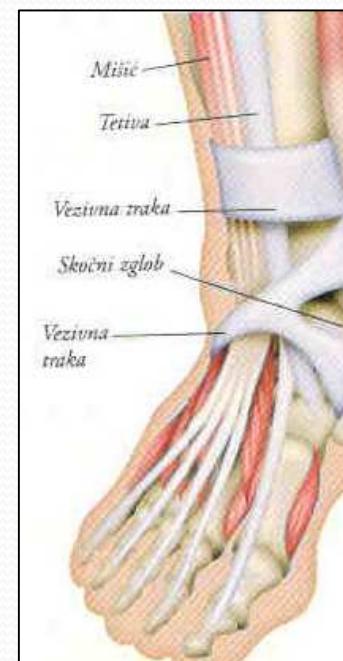
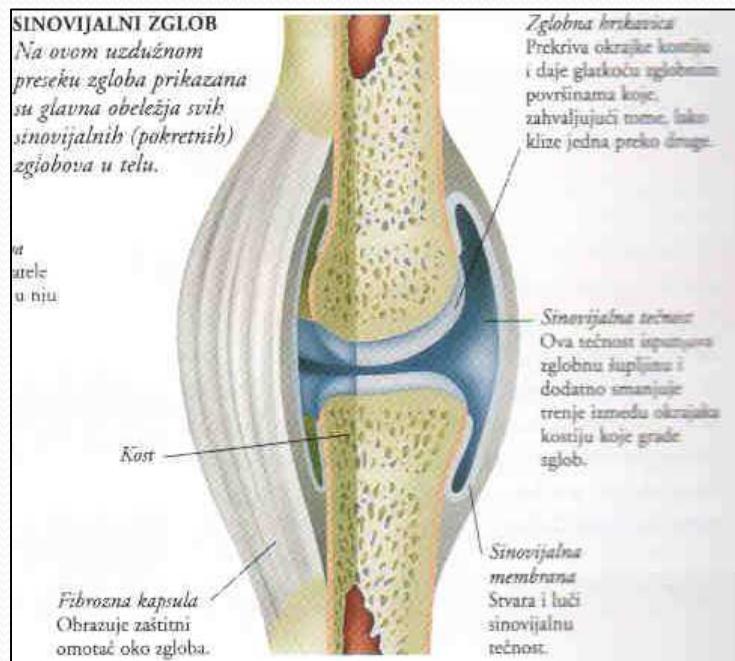
- Zglob – mesto u kome se dve kosti susreću
- Podela zglobova prema strukturi i pokretljivosti: pokretni, polupokretni i nepokretni
- 1. Pokretni sinovijalni zglobovi – sinovijalna membrana luči sinovijalnu tečnost;
 - rotacioni i šarkasti zglob (pokreti u jednoj ravni; okretanje glave, koljeni zglob), elipsoidni zglob (pokreti u dve ravni; ručni zglob), kuglasti zglob (pokreti u više ravni; rameni zglob)
 - Unutrašnjost zgloba - zglobne površine kostiju prekrivene hrskavicom, sinovijalna membrana, sin. tečnost, fibrozna kapsula
- 2. Polupokretni zglobovi – hrskavica između zglobnih površina; kičmeni zglobovi, pubična simfiza
- 3. Nepokretni zglobovi – pljosnate kosti lobanje (nakon rođenja do adultnog perioda), krsna kost





Održavanje stabilnosti zglobova

- Ligamenti – čvrste i elastične trake vezivnog tkiva
- Spoljašnji ligamenti pripojeni za kosti – fibrozna (zglobna) čaura; štiti zglob od oštećenja i povreda i pruža mu stabilnost i fleksibilnost
- Unutrašnje fibrozne trake (ligamenti)
- Retinakuli – obavijaju tetive
- Fibrozni kolutovi – između kostiju kolenog i ručnog zgloba (meniskusi), između tela kičmenih pršljenova (diskusi); diskusi od unutrašnjeg (voda i kolagena vlakna) i spoljašnjeg dela (fibrozni prsten)



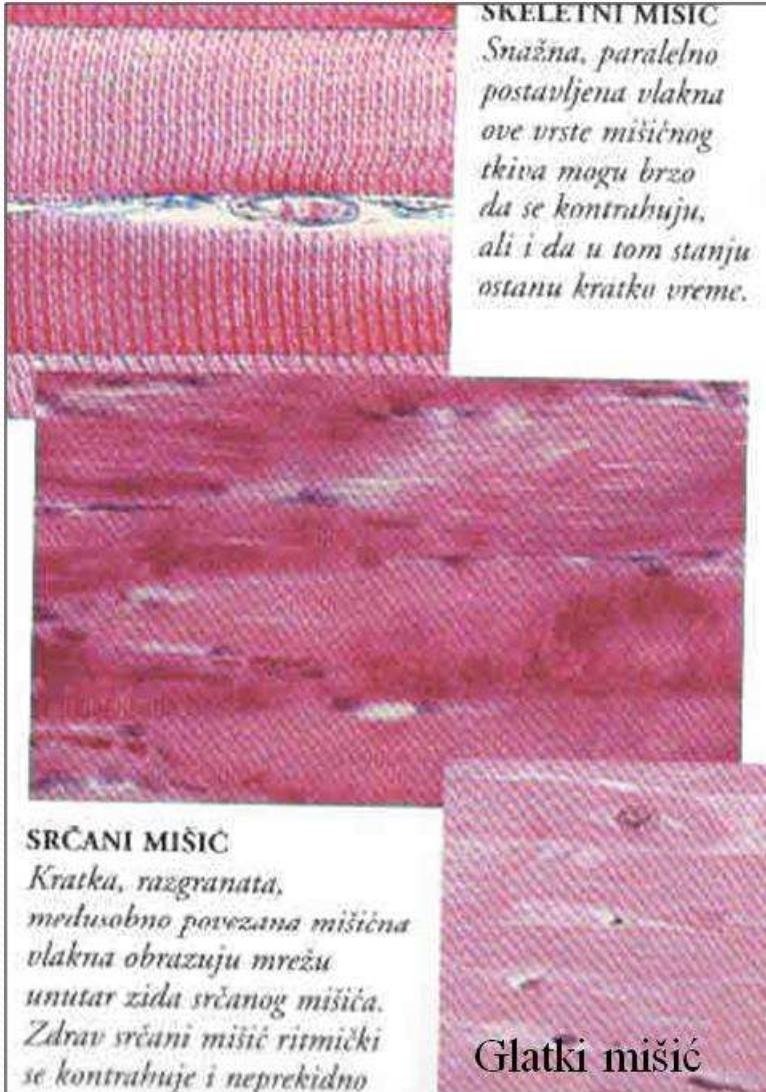
i spoljašnjeg fibroznog prstena.

MEDUPRŠLJENSKI DISKUS

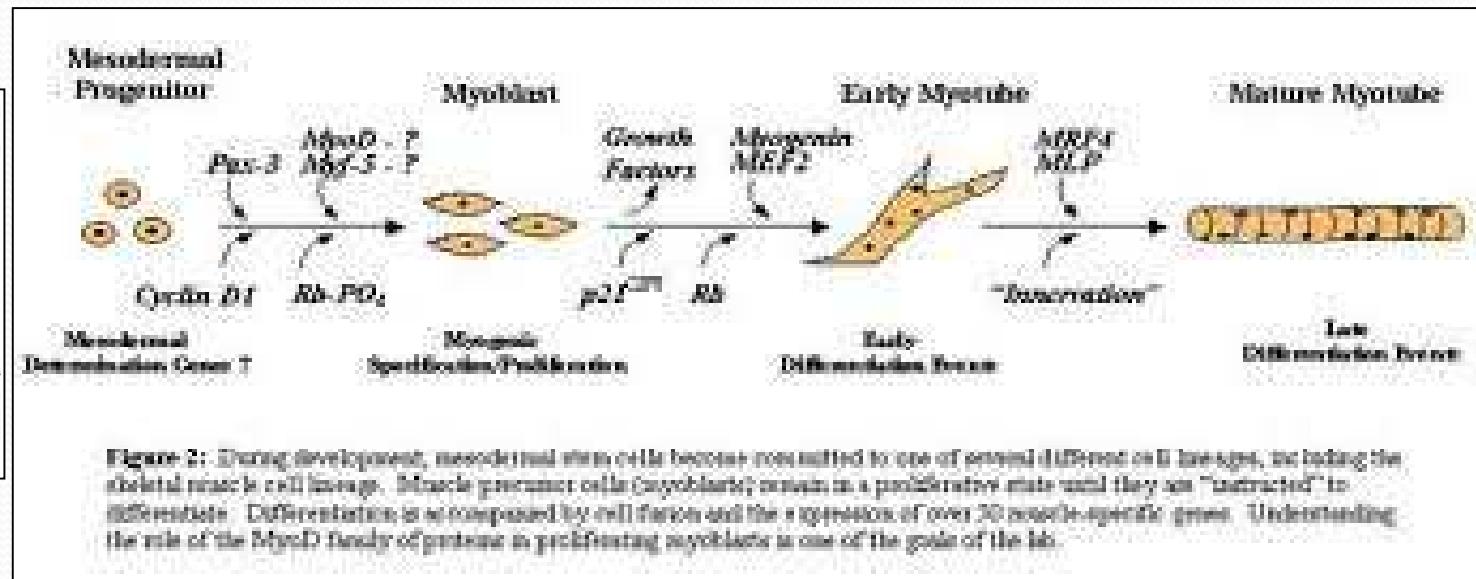
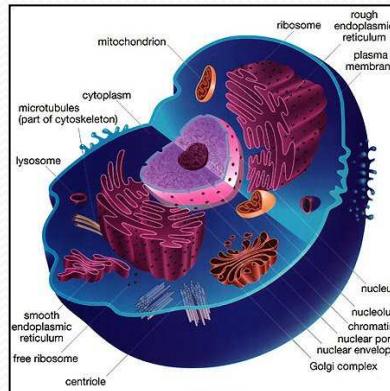
Na ovom CT snimku uočava se medupršljenski diskus (žuto), koji ima ulogu da smanjuje mehaničko opterećenje i spriječava oštećenja kostiju.

MIŠIĆI

- Mišići grade telesnu masu – $\frac{1}{2}$ naše telesne težine
- Kontrakcije mišićnog tkiva omogućavaju pokrete tela, održavanje uspravnog stava, rad unutrašnjih organa
- Skeletni, srčani i glatki mišići



DIFERENCIJACIJA MIŠIĆNE ĆELIJE



Mišićno tkivo se razvija od paraaksijalnog, intermedijernog i lateralnog mezoderma, dok mišići glave i vrata nastaju od ektomezenhima.

Somatski mišići trupa i udova nastaju od miotoma.

Viscerálni mišići se formiraju od splanhnopleuralnog i intermedijernog mezoderma.

Glatko mišićno tkivo se razvija iz intermedijarnog i lateralnog mezoderma.

Srčano mišićno tkivo se razvija od splanhnopleuralnog mezoderma

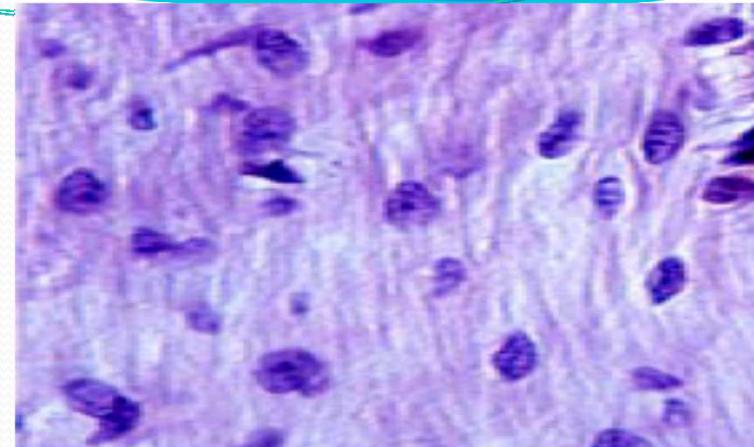
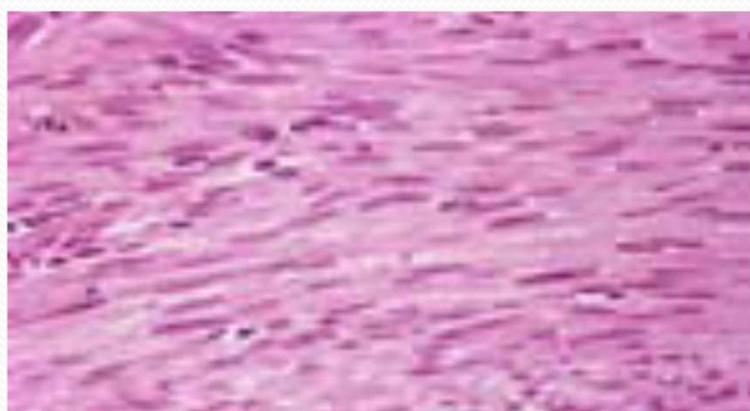
GLATKO MIŠIĆNO TKIVO

Specijalizovano je za:

- kontrakcije slabe snage
- dužeg trajanja
- automatski, bez uticaja volje izvode se spori i slabi pokreti.

• Nalazi se:

- u zidovima krvnih i limfnih sudova
- u zidovima organa za varenje
- dušniku i njegovim ograncima
- oko većih odvodnih kanala žlezdi
- u odvodnim mokraćnim i polnim putevima
- u oku
- u koži



Glatko mišićno tkivo može dugo da se nalazi u stanju kontrakcije različitog intenziteta. To je tonična kontrakcija glatkog mišića - *tonus*.

Važan je za održavanje lumena šupljih i cevastih organa: kada se tonus poveća lumen se smanjuje i obrnuto.

Autonomna motorna vlakna upravljaju radom glatke muskulature (ubrzavaju i usporavaju ritam kontrakcije).

SRČANO MIŠIĆNO TKIVO

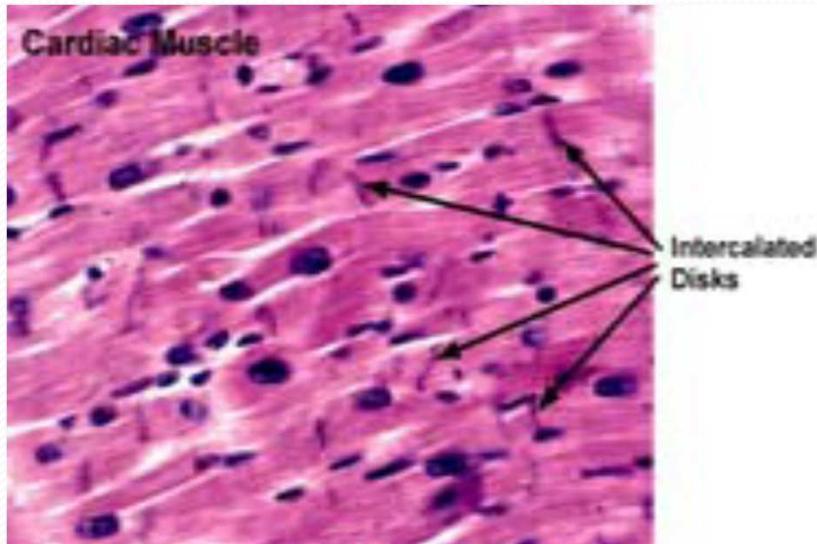
Gradi myocardium

- Poprečnoprugasta mišićna vlakna

Kraća od skeletnih

Granaju se i međusobno anastomoziraju

- Poseduju prelazne ploče (disci intercalares) na mestima spajanja mišićnih ćelija

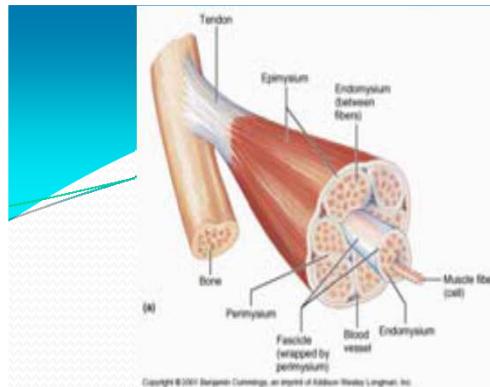


Miokard se funkcionalno ponaša kao celina zbog prelaznih ploča; impuls nastao na jednom mestu proširuje se po celom miokardu i ceo mišić se kontrahuje.

Kontrahuje se bez uticaja volje, pod dejstvom autonomnog nervnog sistema. Do kontrakcije dolazi spontano, bez pobude živaca.

Srce embriona kuca, pre nego što u njega urastu nervi.

Nervna vlakna ubrzavaju (simpatikus) ili usporavaju srčani ritam (parasimpatikus)



SKELETNO MIŠIĆNO TKIVO

Naziv - zbog lokacije vezivanja uglavnom za periost kostiju skeleta

- Poprečna ispruganost
- Osnovna morfološka jedinica skeletnog mišića je poprečnoprugasto mišično vlakno

Masa sarkoplazme sa mnogo jedara koja su periferno postavljena.

Dužina 1 mm-12 cm

Debljina 10-100 µm

Najtanja - spoljašnji mišići očne jabučice

Najdeblja - mišići udova

- Zadebljavaju kod pojačanog mišićnog rada

U svakom vlakancu se smenjuju svetla i tamna mesta, koja leže u istoj visini u svim, paralelno poredanim vlakancima.

Izgrađuje celokupnu skeletnu muskulaturu

- Za razliku od glatke muskulature, poprečnoprugasto mišično tkivo samo retko gradi slojeve u zidu nekog šupljeg organa, npr. gornji deo jednjaka.

- SMT izgrađuje zasebne jedinice, koje predstavljaju organ mišićnog sistema nazvan mišić (musculus).

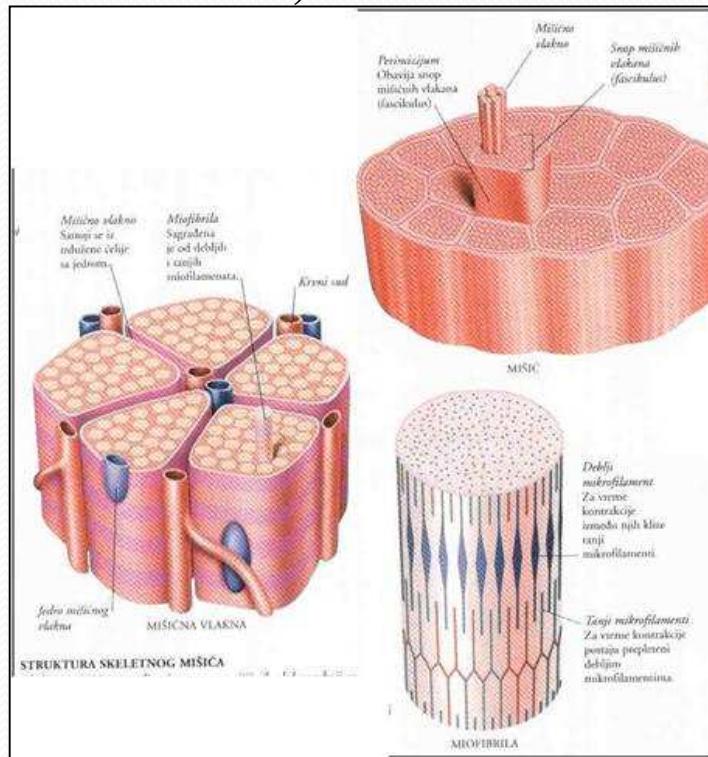
Specijalizovano je za:

-kratkotrajne, snažne kontrakcije
-inervišu ga motorna vlakna cerebrospinalnih živaca, pa je pod uticajem volje

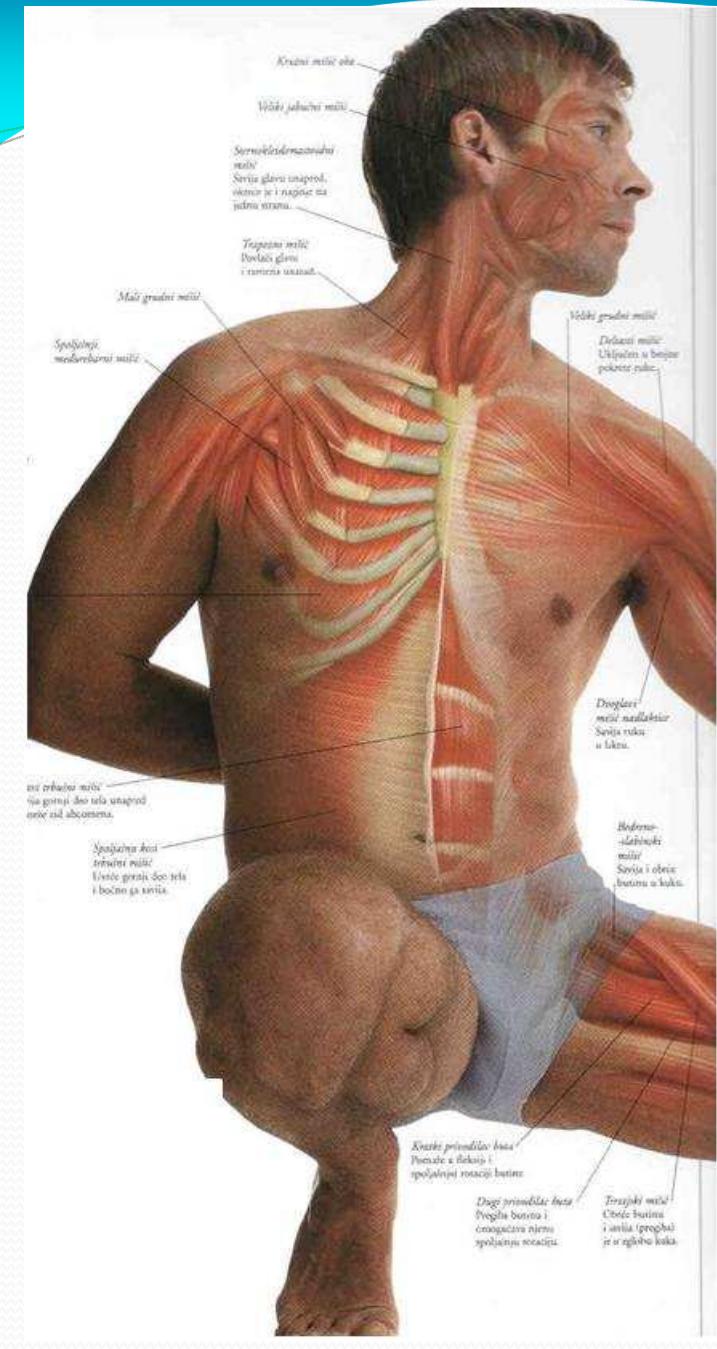
SKELETNI MIŠIĆI

Skeletni mišići prekrivaju skelet, kontrakcijama pokreću telo i zglove

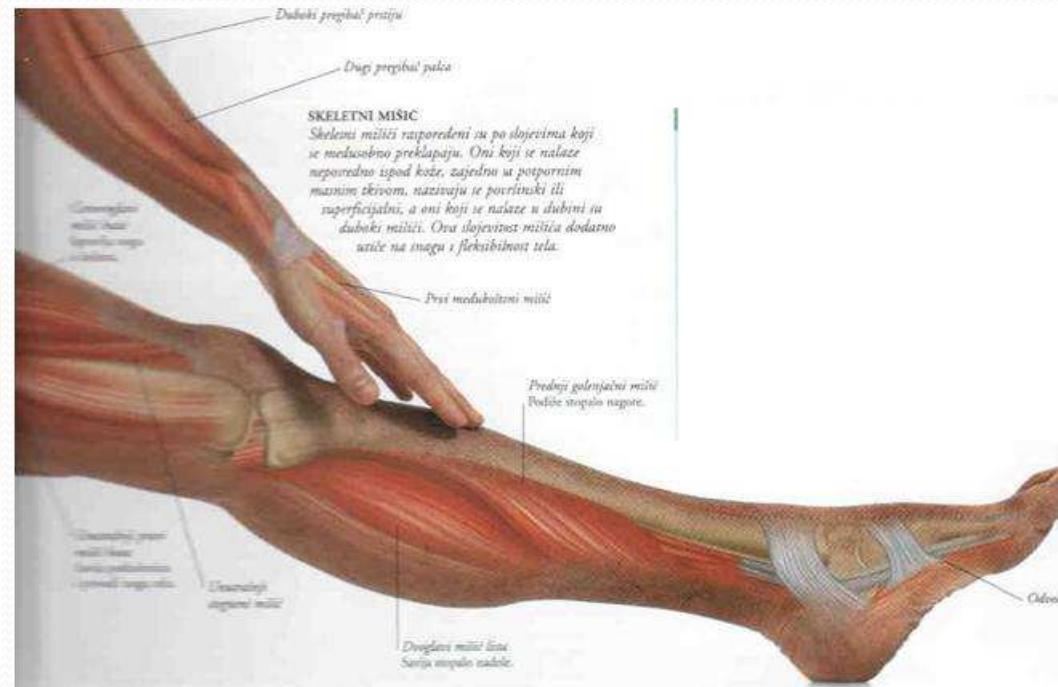
- Stalna napetost (tonus) – oslonac telu – uspravan stav
- Izrazi lica
- Preko 600 skeletnih mišića
- Struktura skeletnog mišića – miofibrile (od aktina i miozina) → mišićna vlakna → fascikuli
- Skeletni mišići su raspoređeni po slojevima koji se međusobno preklapaju (površinski i duboki mišići)



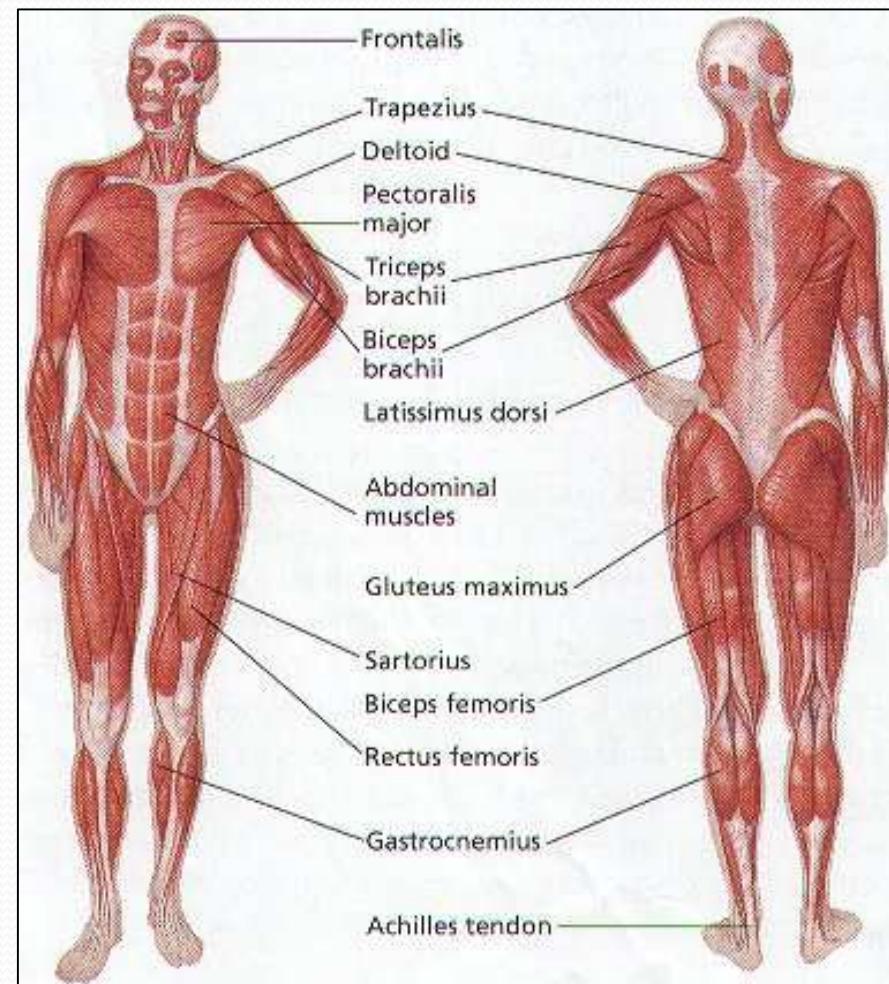
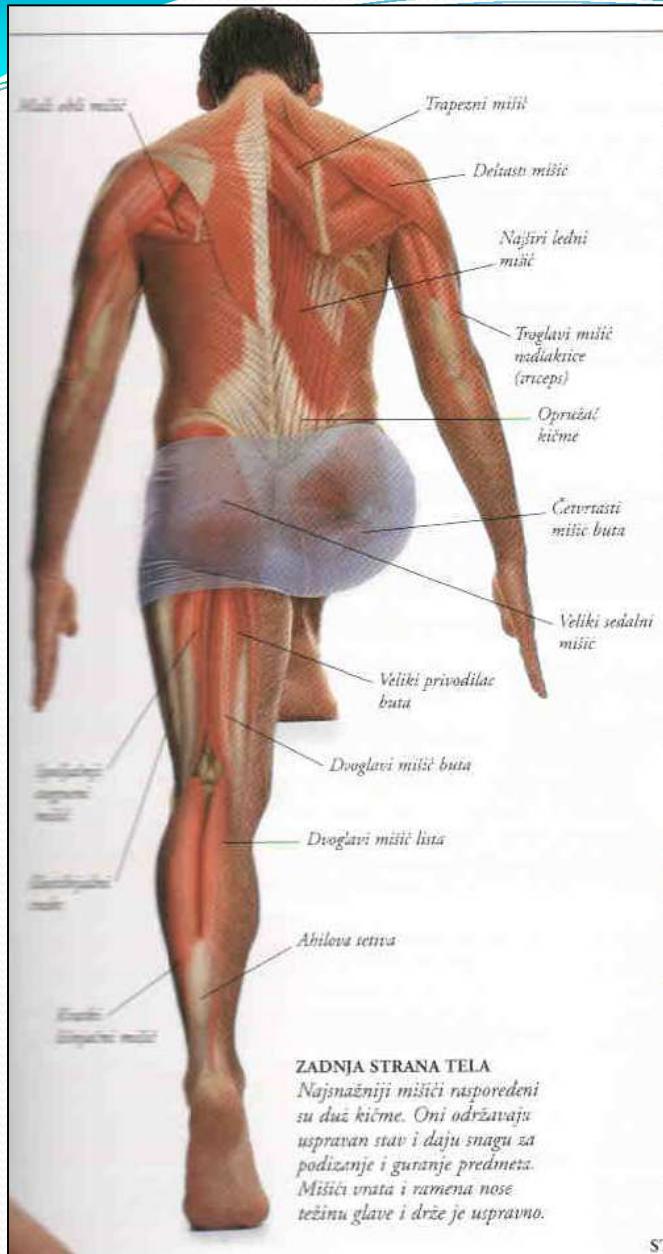
Слика 41. Структурна организација скелетних мишића



- **Lice: kružni mišić oka, veliki jabučni mišić**
- **Vrat: sternokleidomastoid, trapezius**
- **Grudi: pectoralis major (veliki grudni m), spoljašnji i unutrašnji medurebarni mišići,**
- **Abdomen: abdominal muscles (pravi trbušni m), external oblique abdominal (spoljašnji kosi trbušni m)**
- **Ruke: deltoid (deltasti m), triceps brachii, biceps brachii, brachioradialis (dugi pregibač palca), fleksor capri radialis (duboki pregibač prstiju)**
- **Noge: sartorius (terzijski m), rectus femoris (četvoroglavi m), gastrocnemius (dvoglavi m lista), tibialis anterior (prednji golenjačni mišić)**



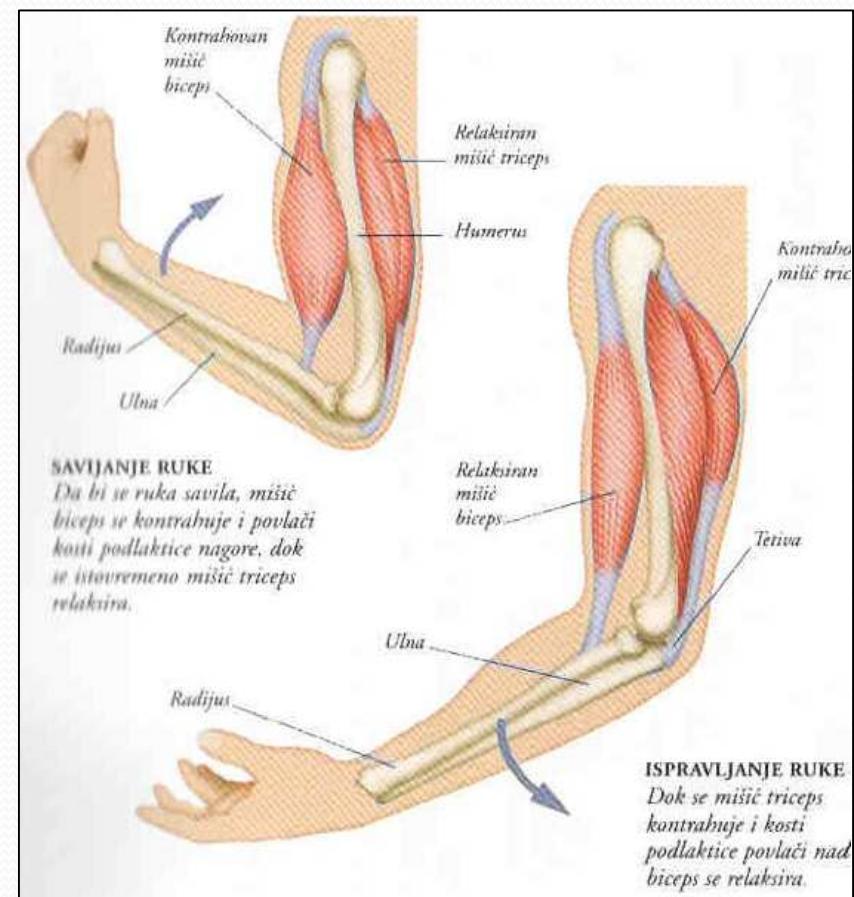
- **Leda:** trapezius, deltoideus, latissimus dorsi (najširi ledni m)
- **Karlica:** gluteus maximus (veliki sedalni m)
- **Noge:** biceps femoris, gastrocnemius, Ahilova tetiva



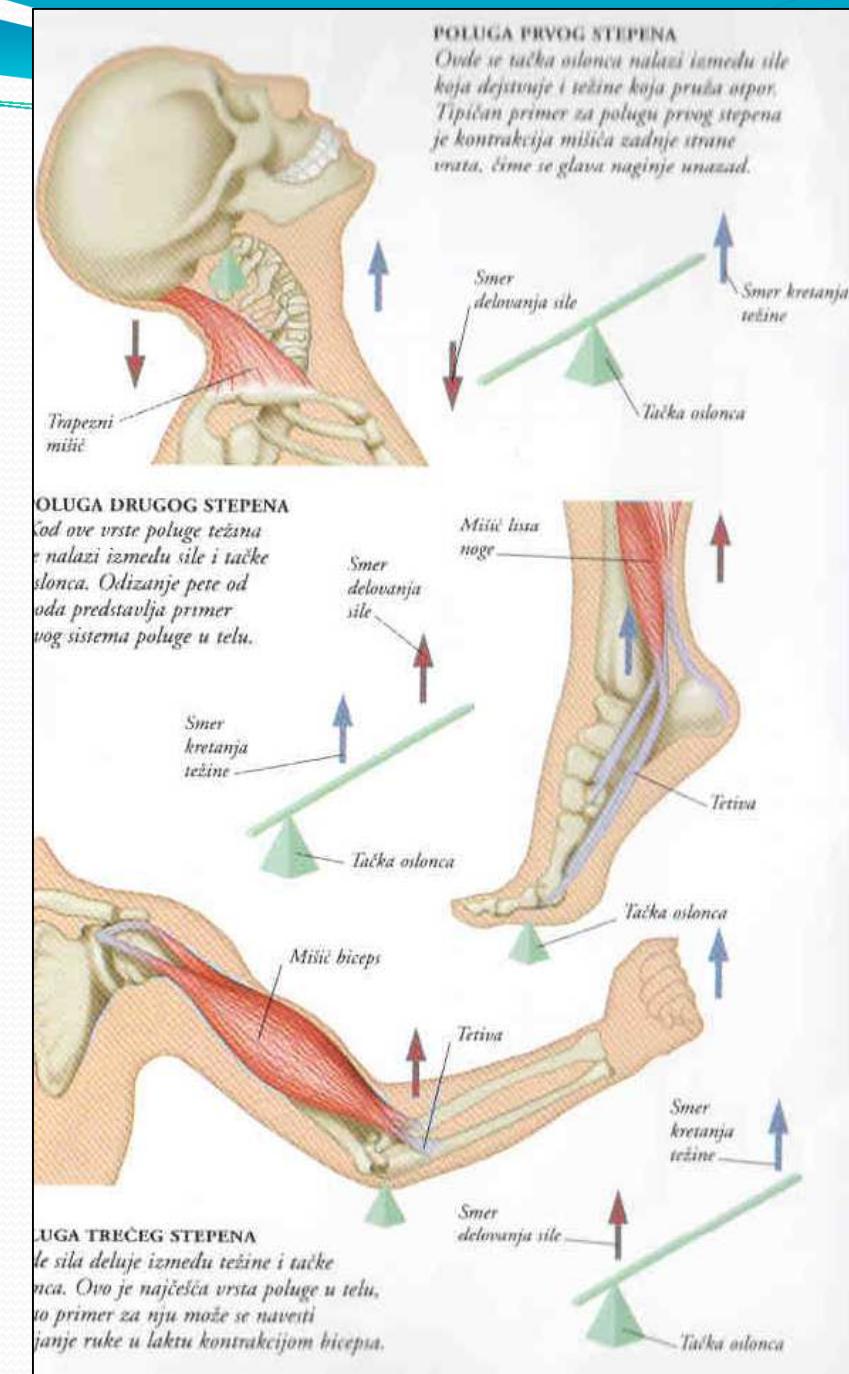
- **TETIVE – povezuju mišiće za kost;**
od kolagena, delimično elastične;
tetiva prolazi kroz periost i usađuje se
u koštano tkivo; mogu biti obavijene
fibroznim kapsulama (sinovijalnim
omotačima)
- **Rad skeletnih mišića**
 - **povezuju dve kosti rastežući se preko zgloba;**
 - **mišići vuku kosti; raspoređeni u parovima na suprotnim stranama zgloba – naizmenična kontrakcija i relaksacija (biceps i triceps nadlaktice);**
 - **u mirovanju mišići su u stanju delimične kontrakcije (mišićni tonus) – uspravan položaj**



TETIVNA VLAKNA



- **Poluge – kosti deluju kao poluge, mišićna aktivnost je sila koja deluje na polugu, deo tela koji se pokreće pruža otpor, zglobovi su tačke oslonca;**
- **prvi, drugi i treći stepen poluga**

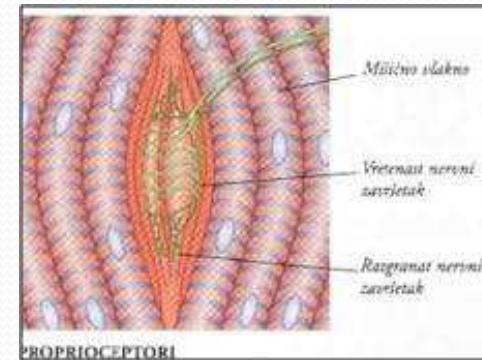


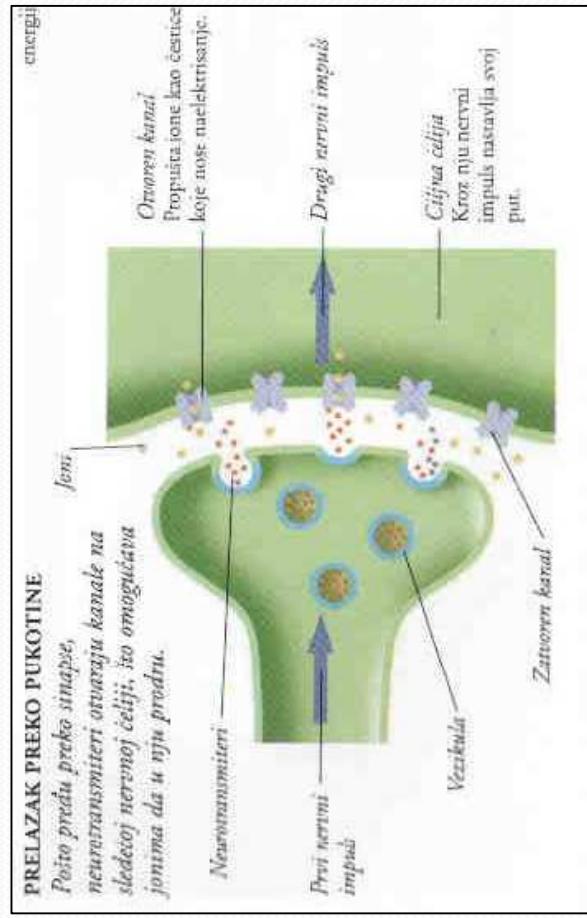
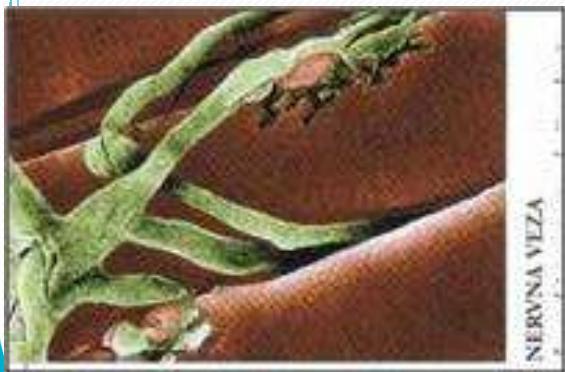
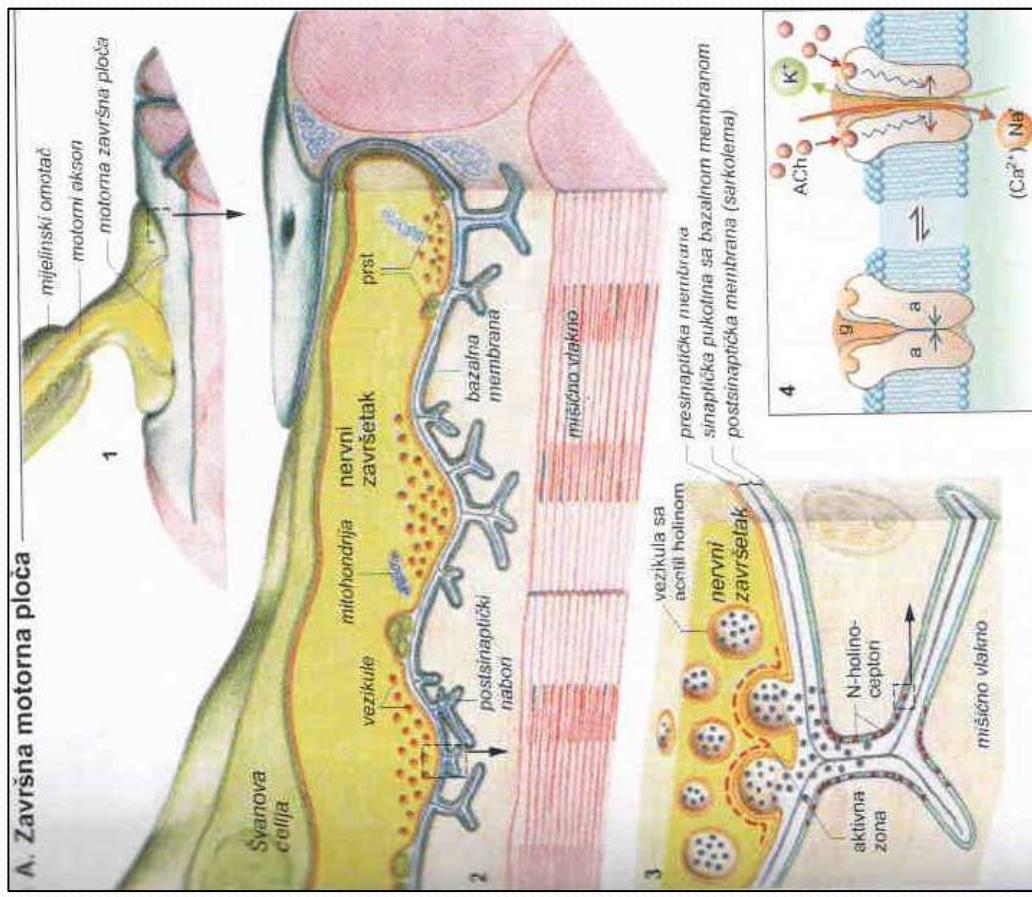
- Kontrola mišićne aktivnosti putem nervnog sistema

Nervni sistem → nervno-mišićna sinapsa → mišićna kontrakcija

- Završna motorna ploča: hemijska sinapsa, acetilholin, N(nikotinergički)-holinoceptori (jonotropni), prolaz jona Na, K i Ca;
postsinaptički akcioni potencijal nastaje egzocitozom oko 100 presinaptičkih vezikula i otvaranjem preko 200 000 postsinaptičkih kanala;
razgradnja Ach acetilholin esterazom i difuzija Ach iz sinaptičke pukotine; otrovi i droge – botulin inhibira izlazak Ach iz vezikula, α-bungarotoksin blokira otvaranje jonskih kanala, kurare se kompetativno vezuje za Ach receptore, neostigmin je inhibitor acetilholinesteraze, suksametonijum (sličan Ach) ima depolarišući efekat i sporije se razgrađuje

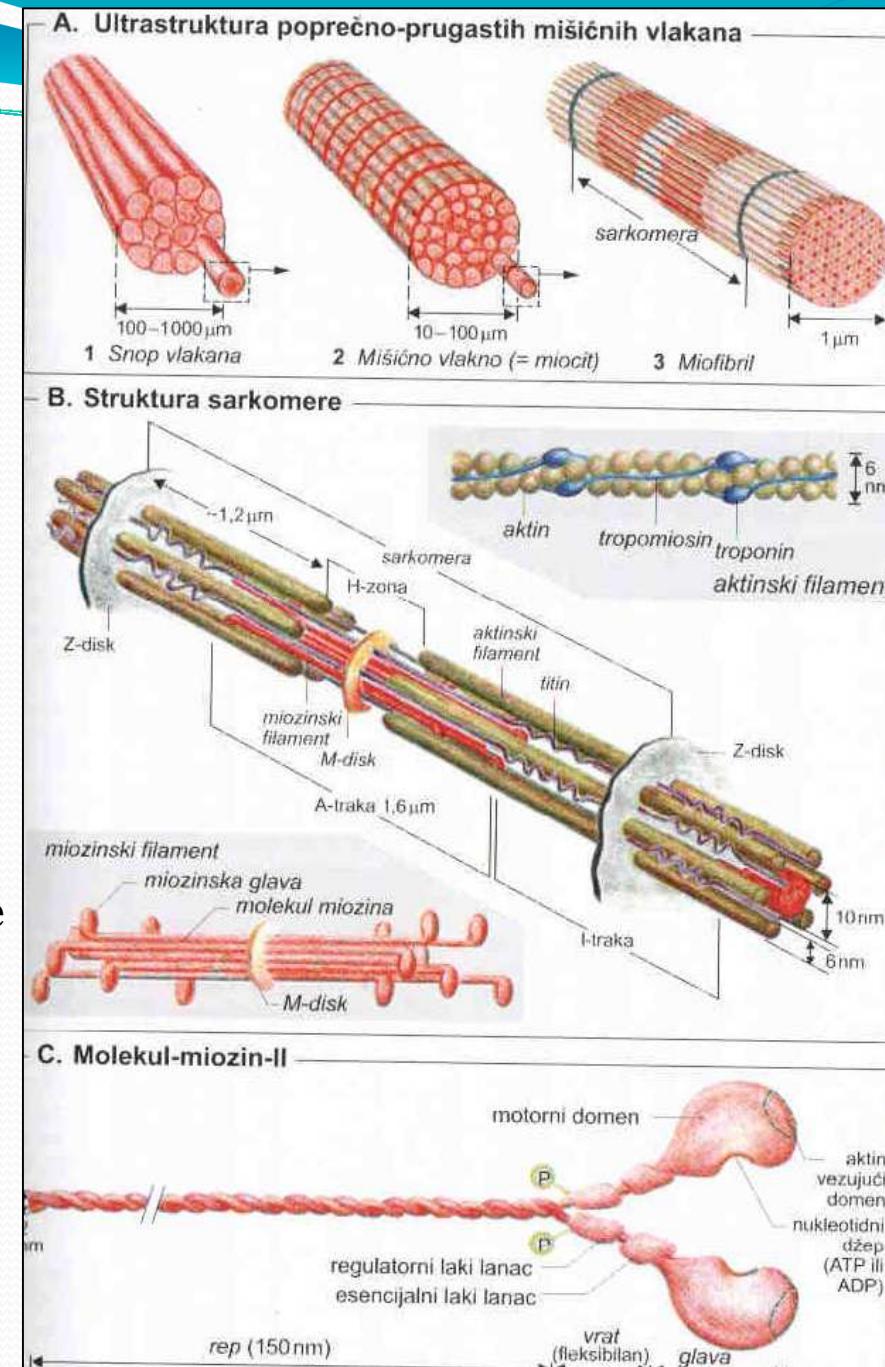
- Proprioreceptori → nervni sistem → mišići
- Motorna jedinica – motoneuron sa svim mišićnim vlaknima (25-1000)
- Stepenasta mišićna aktivnost
- Broj motornih jedinica po mišiću, kao i broj uključenih motornih jedinica doprinosi finoći pokreta



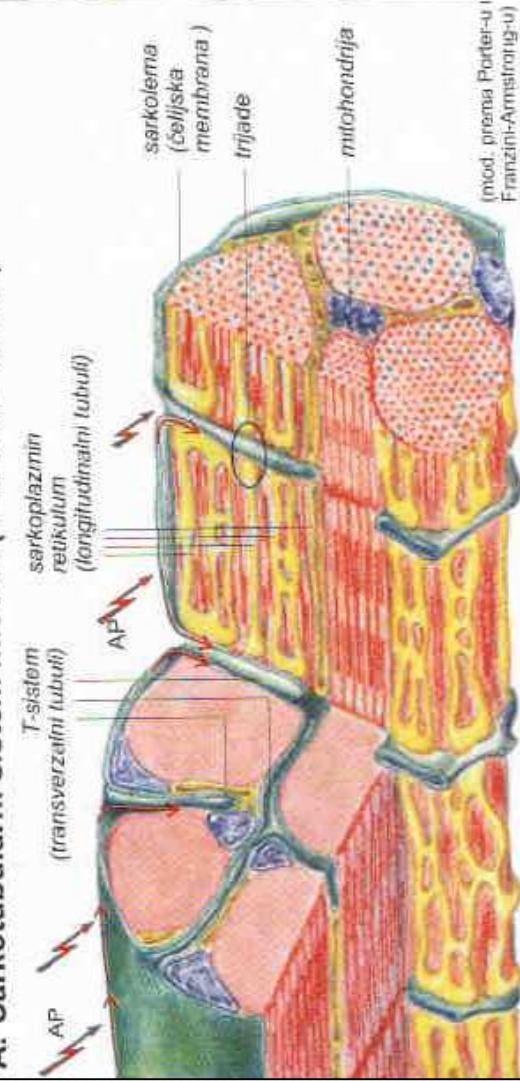


Kontraktilni aparat porečno-prugastog mišića

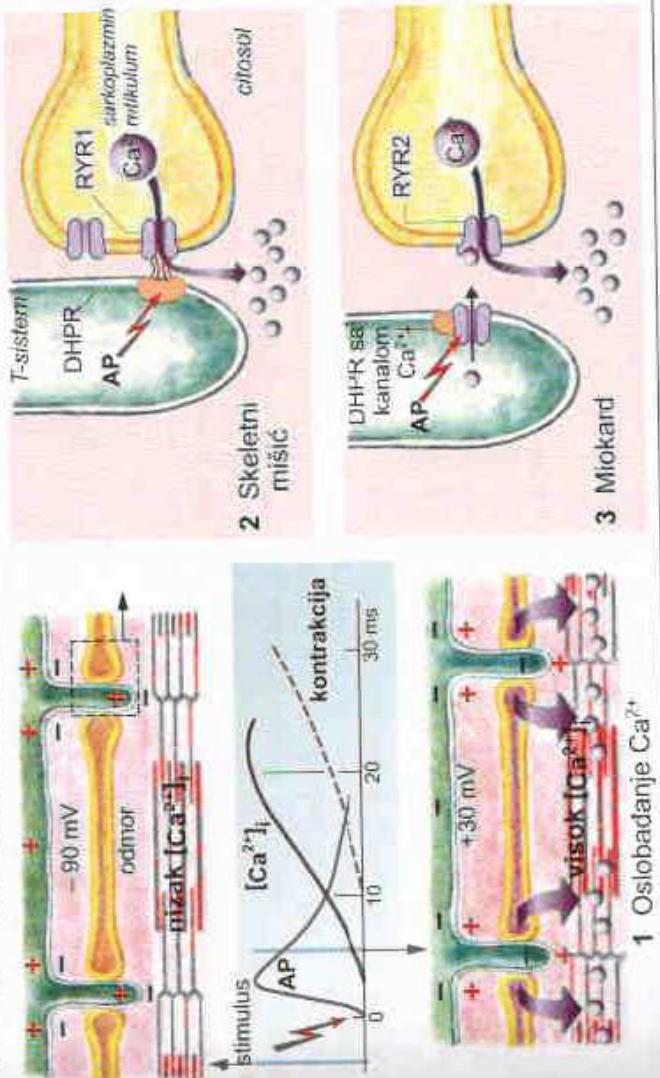
- Snop mišićnih vlakana
- Mišićno vlakno (miocit) – sarkolema, sarkoplazma, mitohondrije, miofibrili
- Sarkomere ogradiene Z linijama – od aktina, miozina, tropomiozina, troponina, titina
- Sarkolema – transferzalne tubule (T sistem), sarkoplazmin retikulum – longitudinalni tubuli (depo jona Ca); trijade
- Elektromehaničko sparivanje – pretvaranje ekscitacije u kontrakciju skeletnog mišića
- AP ekscitira dihidropiridinske receptore sarkoleme u regionu trijada → aktivacija rianodinskih receptora na membrani sarkoplazmatskog retikuluma (Ca kanali)
- Ca-ATPaza



A. Sarkotubularni sistem miocita (= mišićna vlakna)



B. Ca^{2+} kao veza između električnog stimulusa i kontrakcije



- Brza i spora mišićna vlakna; zamor
- Spora vlakna su bogata mitohondrijama, kapljice masti, mioglobin; koriste kiseonik iz cirkulacije, bogato prokrvljena; crveni mišići
- Brza vlakna imaju manje mitohondrija, koriste malo kiseonika, bogati glikogenom, dominantna anaerobna glikoliza; beli mišići
- Energetski izvori za mišićnu kontrakciju
 - ATP
 - Obnavljanje ATP-a: (1) defosforilacija kreatin fosfata, (2) anaerobna glikoliza (produkcijska laktata), (3) aerobna oksidacija glukoze i masnih kiselina
- Fizički rad: (1) pozitivni dinamički rad (naizmenična kontrakcija i relaksacija), (2) negativni dinamički rad, (3) statički posturalni rad (neprekidna kontrakcija)
- Odstranjivanje produkata metabolizma (joni H, CO₂ i laktat); protok krvi kroz mišiće (radna hiperemija)

