

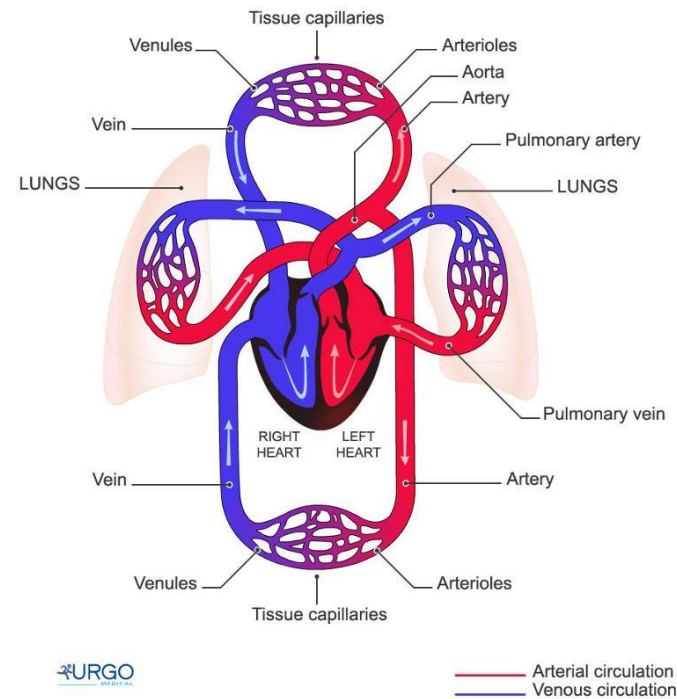
Zoologija

Kardiovaskularni sistem *(systema cardiovasculare)*

Predavanje 7

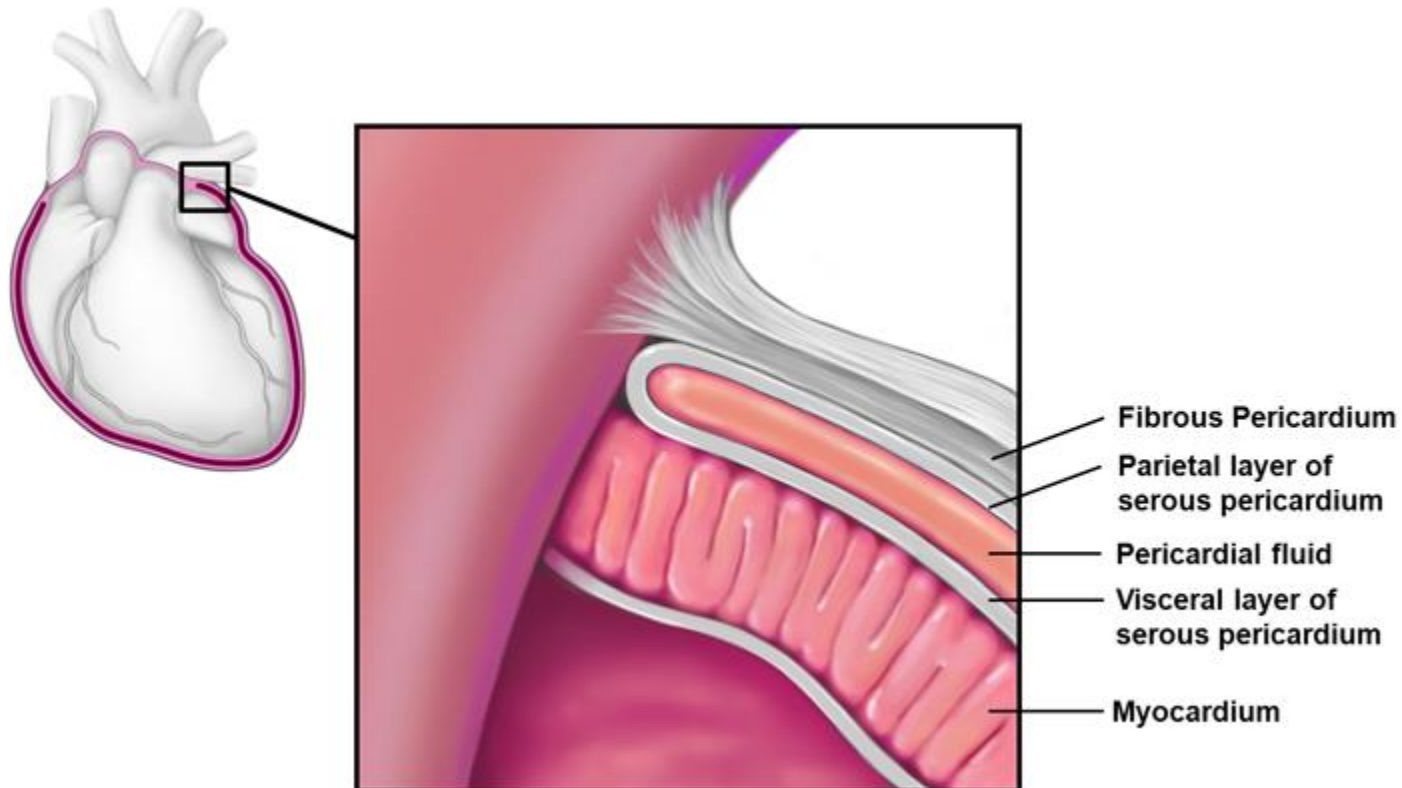
2022

- **Kardiovaskularni sistem** (*systema cardiovasculare*) se sastoji od srca i krvnih sudova (arterija, vena i kapilara).
- **Srce** je mišićni organ čijim kontrakcijama se obezbeđuje transport krvi kroz krvne sudove.
- Krvnim sudovima krv kontinuirano cirkuliše kroz čitavo telo.
- Na ovaj način tkivima se obezbeđuju kiseonik i druge materije neophodne za metabolizam ćelija.
- Sa druge strane, putem krvi se transportuju proizvodi metabolizma iz ćelija.
- Pojedini proizvodi metabolizma se transportuju do ćelija jetre, bubrega i pluća, gde se dodatno metabolišu i bivaju izbačeni iz organizma.

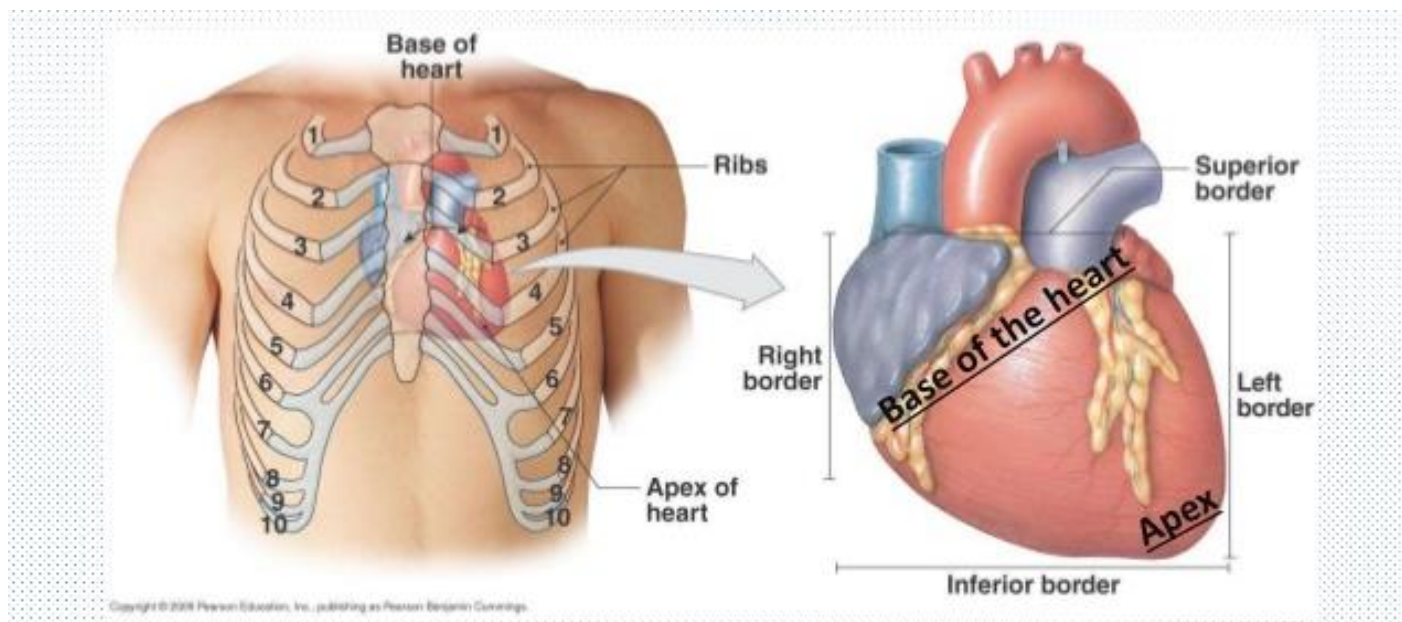


- Kardiovaskularni sistem transportuje kiseonik iz pluća u tkiva i ugljen-dioksid od tkiva do pluća, hranljive materije od digestivnog trakta, hormone iz endokrinih žlezda itd.
- Krv domaćih životinja čini 6–8% mase tela, a vreme za koje jedna ćelija krvi prođe kroz čitav kardiovaskularni sistem (vreme cirkulacije) kod velikih životinja je 30 sekundi, a kod srednje velikih životinja 15 sekundi.

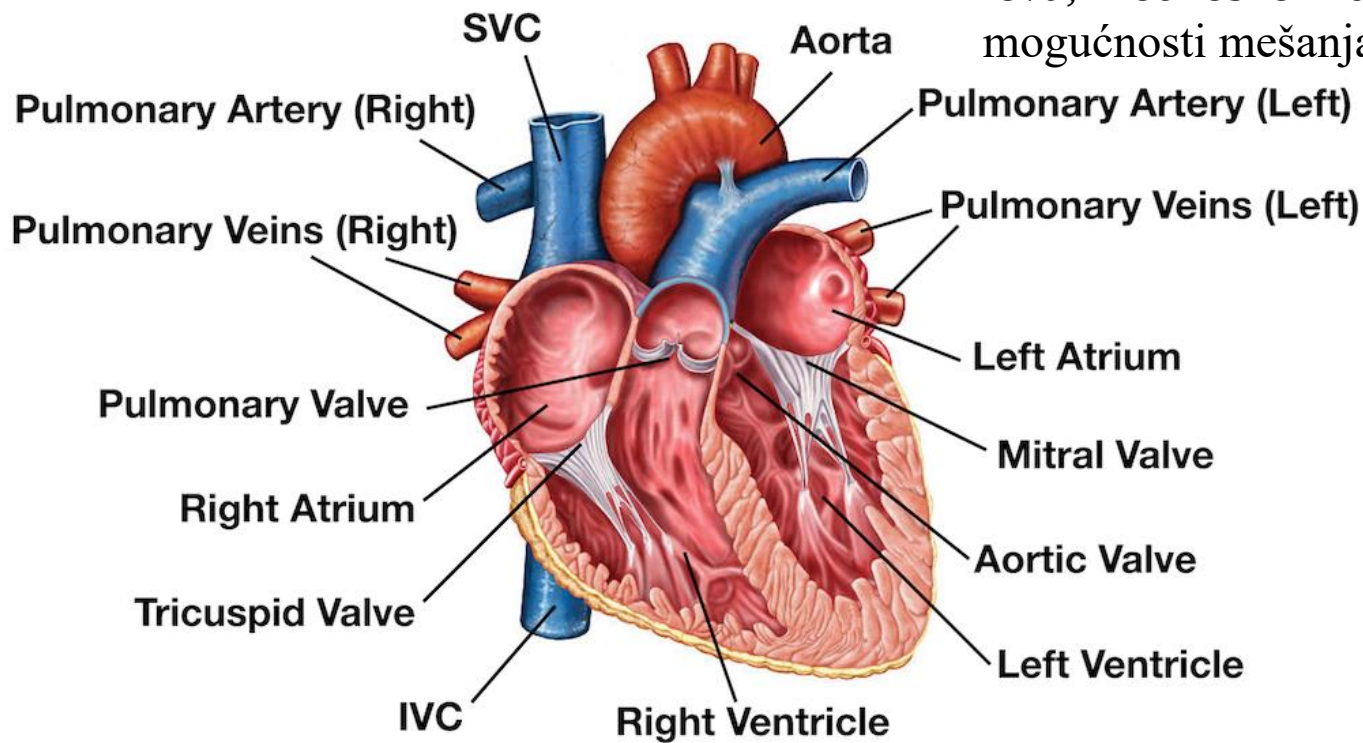
- **Srce** (*cor*) je centralni organ kardiovaskularnog sistema.
- To je mišićni organ koji se sastoji od četiri šupljine koje su u vezi sa krvnim sudovima.
- Srce je smešteno u osrčju (*pericardium*), odnosno seroznoj kesi.
- Osrčje se sastoji od spoljašnjeg (**fibroznog**) i unutrašnjeg (**seroznog**) dela.
- Između ova dva dela nalazi se **šupljina** (*cavum pericardi*) u kojoj se nalazi mala količina **serozne tečnosti** (*liquor pericardi*).



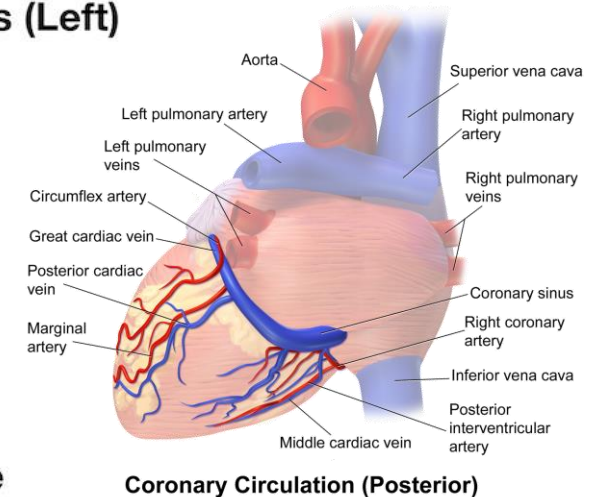
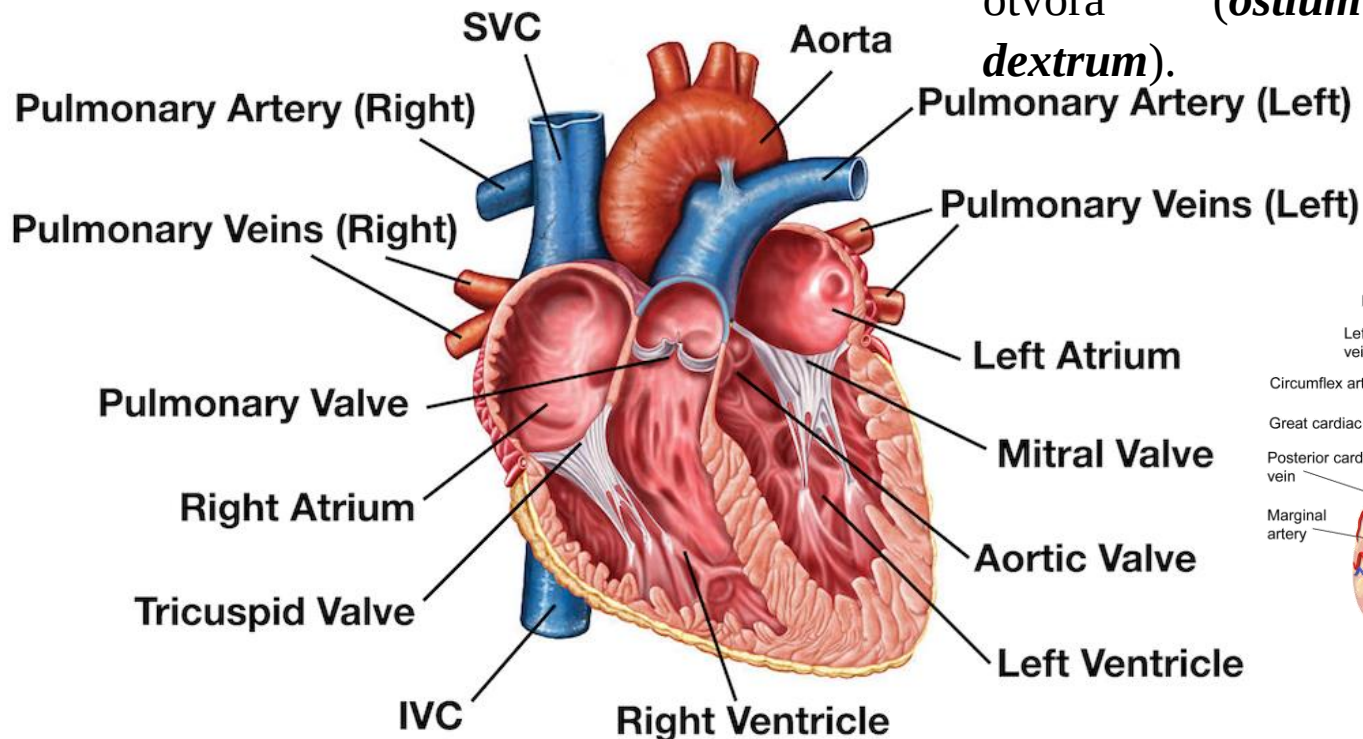
- Srce je smešteno u grudnoj duplji, u medijastinalnom prostoru i većim delom leži levo od medijalne ravni, između plućnih krila.
- Srce je oblika bočno-spljoštene kupe.
- Zauzima kos položaj, pa mu je **vrh** okrenut **ventrokaudalno i desno**, a **baza dorzo-kranijalno i levo**.
- Nalazi se između trećeg i šestog rebra.



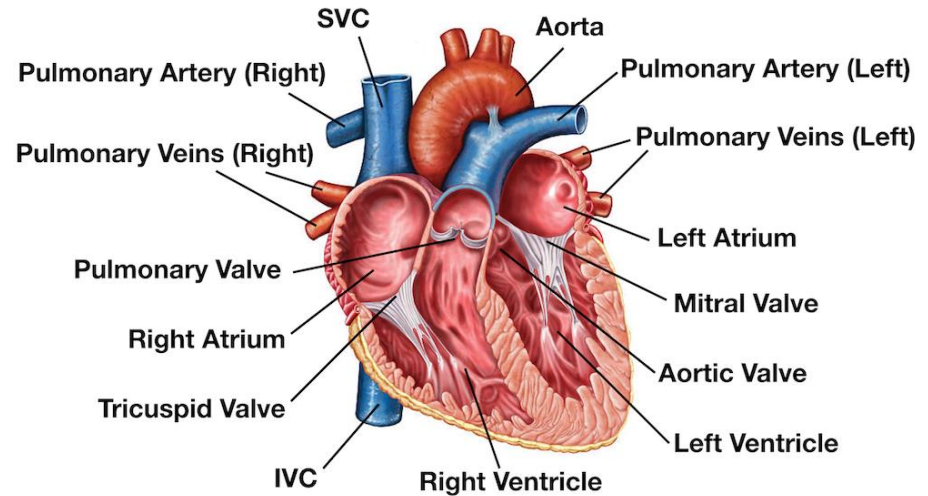
- Šupljina srca je uzdužnim pregradama (*septum interventricularis* i *septum interatriale*) podeljena na dve polovine, levu i desnu.
- Leva i desna šupljina srca su nepotpunim pregradama podeljene na **pretkomore** (*atrium cordis*) i **komore** (*ventriculus cordis*).
- Na taj način na srcu se razlikuju **leva pretkomora** (*atrium sinister*) i **leva komora** (*ventriculus sinister*) i **desna pretkomora** (*atrium dexter*) i **desna komora** (*ventriculus dexter*).
- Kod jedinki nakon rođenja i tokom čitavog života, leva i desna polovina srca ne komuniciraju, odnosno krv prolazi kroz levu, odnosno desnu polovinu bez mogućnosti mešanja.



- **Leva pretkomora srca** (*atrium sinister*) oblikuje levi dorzokranijalni deo baze srca.
- U levu pretkomoru se ulivaju **plućne vene** i iz pluća dovode u srce oksigenisanu krv.
- Sa levom komorom komunicira otvorom (*ostium atrioventriculare sinistrum*).
- **Desna pretkomora srca** (*atrium dexter*) oblikuje desni dorzokranijalni deo baze srca.
- U desnu pretkomoru ulivaju se **kranijalna i kaudalna šuplja vena** kao i **koronarni sinus**.
- Sa desnom komorom komunicira preko otvora (*ostium atrioventriculare dextrum*).

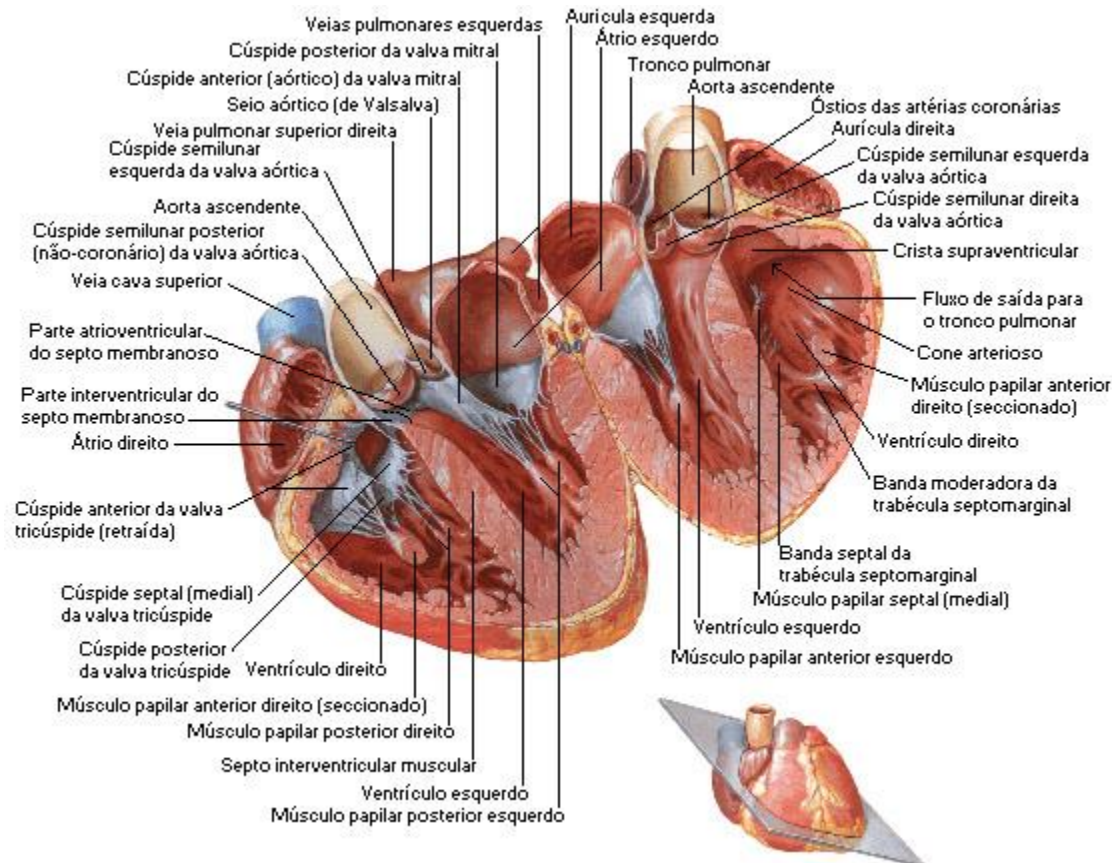


- **Leva komora srca** (*ventriculus sinister*) oblikuje kaudalni rub i prelazi sa leve na desnu stranu srca i dopire do vrha srca.
- Leva komora srca je u vezi sa levom pretkomorom srca, već pomenutim levim atrioventrikularnim otvorom.
- Kroz taj otvor oksigenisana krv iz leve pretkomore odlazi u levu komoru.
- Protok krvi između leve pretkomore i komore i sprečavanje povratka regulišu zalisci koji zatvaraju otvor, a nazivaju se **atrioventrukularni zalisci** (*valva atrioventricularis sinister*).
- Ovih zalistaka je dva pa se nazivaju i *valvae bicuspidales*.
- Jednim delom zalisci su srasli sa zidom atrioventrikularnog otvora.

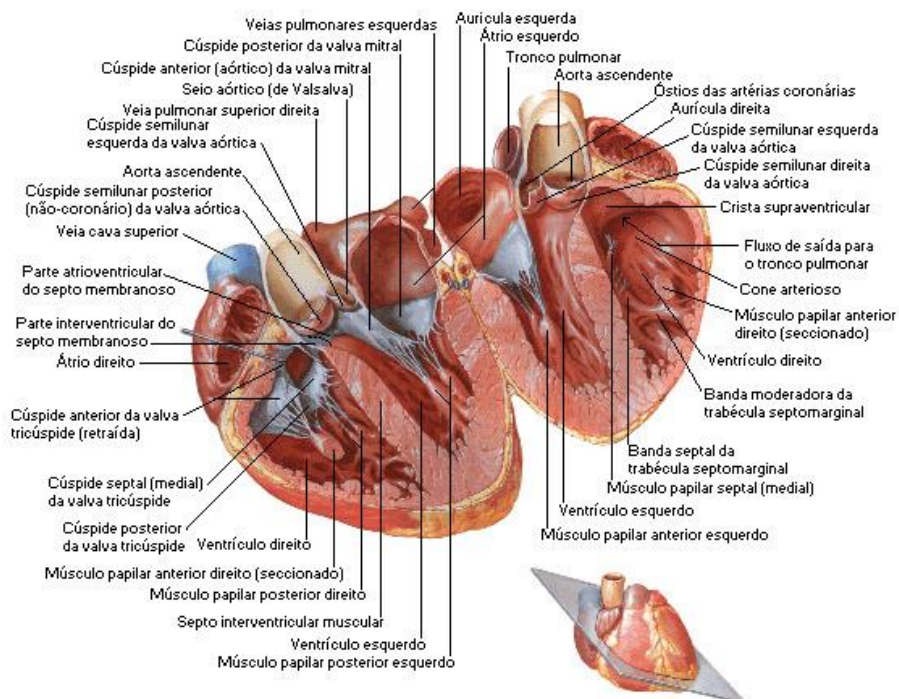


- Slobodni krajevi zalistaka su vezani za **tetivna vlakna** (*chordae tendineae*). Tetivna vlakna se, sa druge strane, vezuju za mišićne tvorevine u obliku **bradavica** (*mm. papillares*) koje se nalaze u levoj komori.
- Na ovaj način omogućeno je da krv u toku kontrakcija pretkomore odlazi u komoru, a da se prilikom kontrakcije komore spreči povratak u pretkomoru.

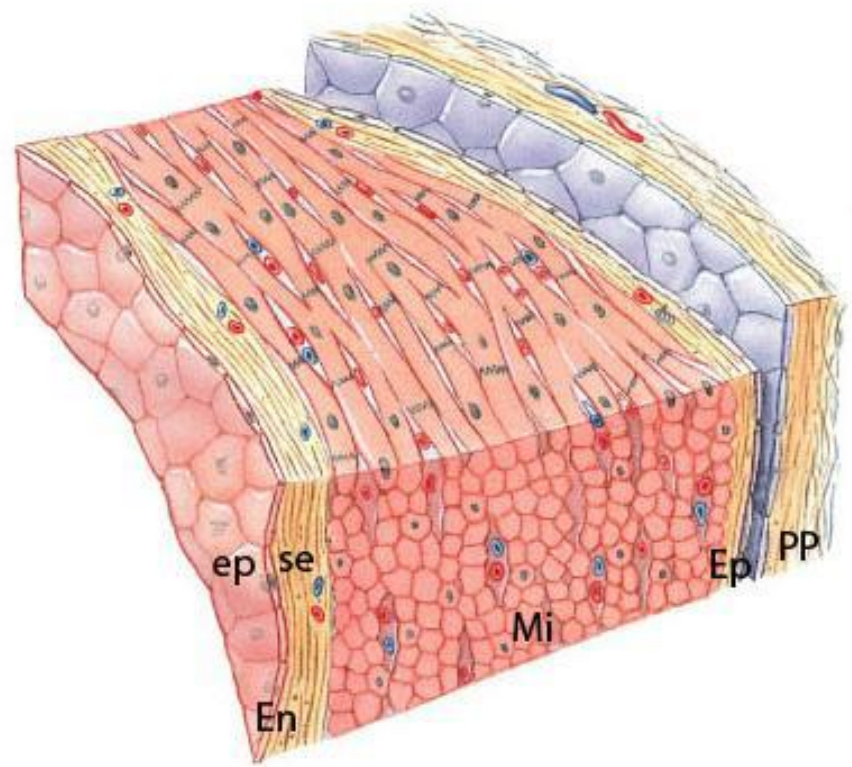
- Krv iz leve komore odlazi u **aortu** i to kroz otvor (***ostium aortae***).
- Ovaj otvor zatvaraju **zalisci aorte** (***valvae aortae***) koji sprečavaju da se krv iz aorte vrati u levu komoru.
- Zid leve komore je deblji od zida desne komore.



- **Desna komora srca** (*ventriculus dexter*) oblikuje kranijalni rub srca i prelazi sa desne na levu stranu i ne dopire do vrha srca.
- Komunicira otvorom (***ostium atrioventriculare dextrum***) sa desnom pretkomorom i omogućava da deoksigenisana krv iz desne pretkomore dođe u desnu komoru.
- Povratak krvi iz desne komore u desnu pretkomoru sprečavaju zalisci (***valvae atrioventriculares dextrae***).
- Ovih zalizaka je tri pa se nazivaju i ***valvae tricuspidales***.
- Kao i u levoj komori, slobodni krajevi zalizaka su vezani za tetivna vlakna, a ona sa bradavičastim mišićima (*mm. papillares*).
- Krv iz desne komore odlazi u plućnu arteriju, a na prelazu plućne arterije i desne komore nalaze se **polumesečasti zalisci** (***valvulae semilunares***).

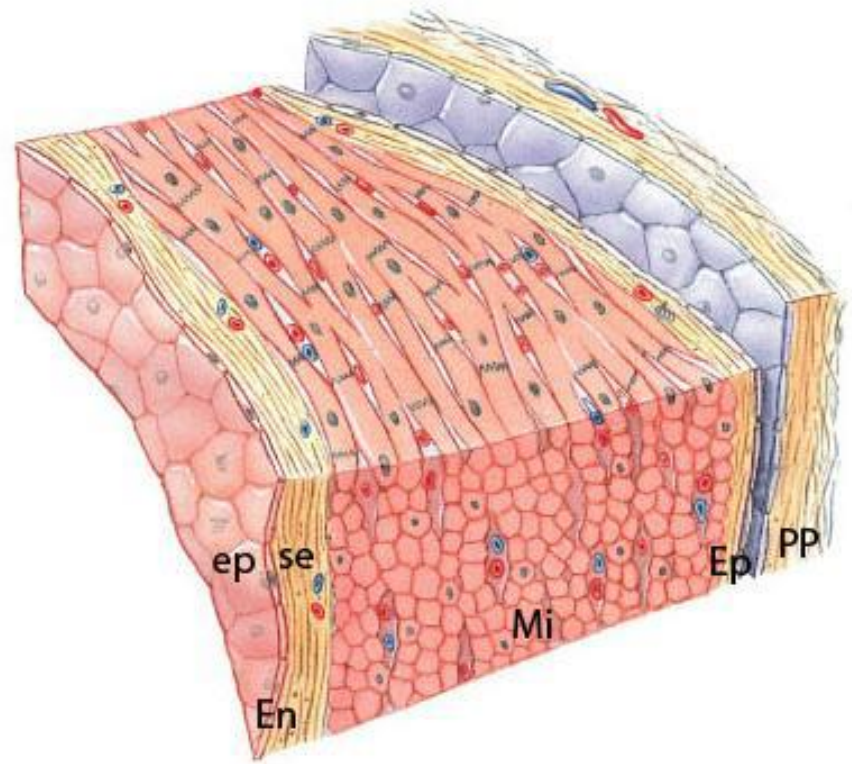


- Zid srca se sastoji od tri sloja:
- unutrašnji – **endokard** (*endocardium*),
- središnji – **miokard** (*myocardium*) i
- spoljašnji – **epikard** (*epicardium*).
- **Endokard**, unutrašnji sloj zida srca oblaže pretkomore i komore, a učestvuje i u formiranju zalistaka.
- Građen je od tri sloja: **endotela**, **subendotelnog sloja** i **subendokardijalnog sloja**.
- **Endotel** je jednostavan pločasti epitel, oblaže lumen srca, a nastavlja se u endotel krvnih sudova.
- **Subendotelni sloj** je građen od fibroelastičnog vezivnog tkiva, dominiraju kolagena i elastična vlakna, a mogu se naći i pojedinačne glatke mišićne ćelije.
- Subendotelni sloj predstavlja vezu između endotela i subendokardijalnog sloja.



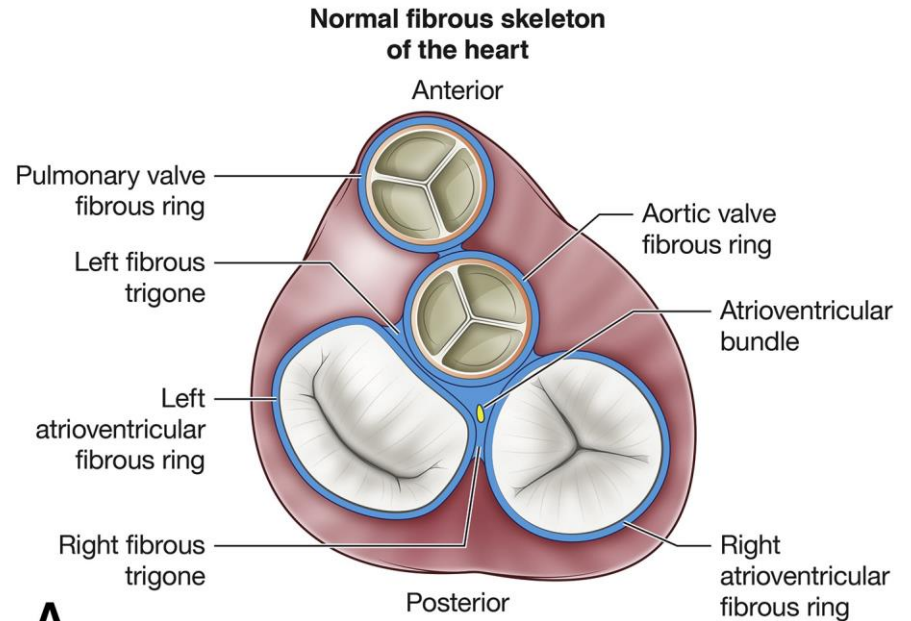
- **Subendokardijalni sloj** je građen od rastresitog vezivnog tkiva, glatkomišićnih ćelija, krvnih sudova, nervnih vlakana i masnog tkiva.
- U subendokardijalnom sloju se nalaze i Purkinjeova vlakna, odnosno modifikovane srčano-mišićne ćelije koje čine deo nadražajno-sprovodnog sistema srca.

- **Miokard** je srednji i najveći deo srčanog zida.
- Ima kontraktilnu ulogu, a građen je od srčanog mišićnog tkiva i vezivnog tkiva sa brojnim krvnim sudovima.
- Srčano mišićne ćelije su međusobno spojene tako da grade mrežastu strukturu sa spojnim zonama, odnosno interkalatnim diskovima (*disci intercalates*) između njih.
- Debljina miokarda varira i najtanja je u zidu pretkomora, a najdeblja u zidu leve komore.
- **Epikard** je spoljašnji sloj zida srca.
- To je serozna membrana koja predstavlja visceralni list perikarda.



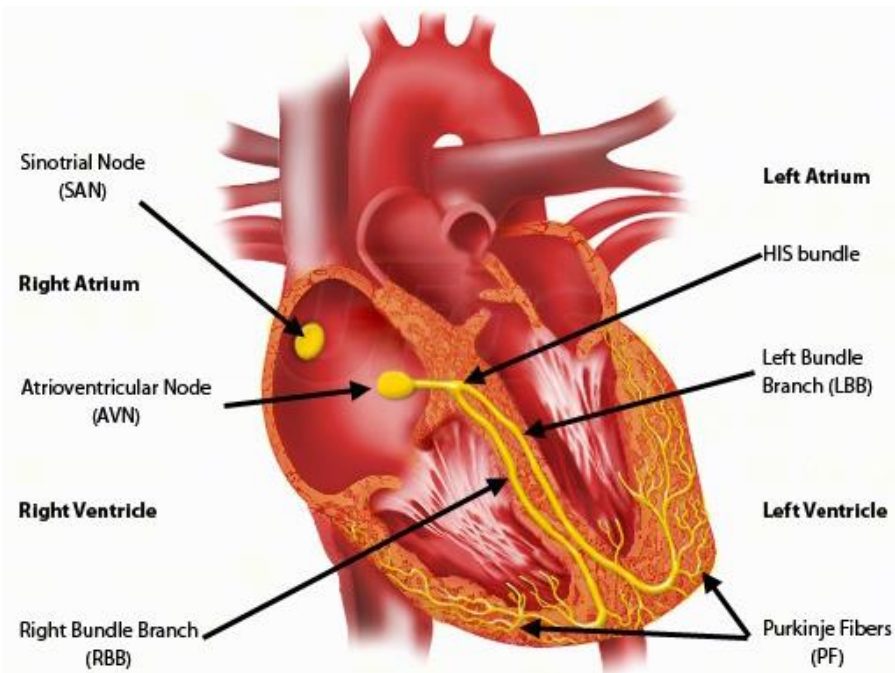
- Površinu epikarda oblaže pločast epitel (mezotel), koji leži na rastersitom vezivnom tkivu.
- U vezivu epikarda se nalaze elastična vlakna, krvni sudovi, nervi, ganglije i veća ili manja količina masnog tkiva.

- **Skelet srca** je deo miokarda, građen od vezivnog tkiva, a na njemu započinju i završavaju se srčana mišićna vlakna.
- Skelet srca formira:
- **dva fibrozna prstena**, koji formiraju otvore između pretkomora i komora,
- **dva fibrozna prstena** koji se nalaze na ulazu u aortu i plućnu arteriju i
- **vezivno tkivo** koje se nalazi između zalistaka i fibrozni deo pregrade između komora.
- Uloga skeleta srca, pored potpore, u električnom smislu je i jasna granica između miokarda pretkomora i komora, što omogućava mišićnim ćelijama pretkomore da su u **kontrakciji (sistoli)** dok su mišićne ćelije komora u **relaksaciji (dijastola)** i obrnuto.



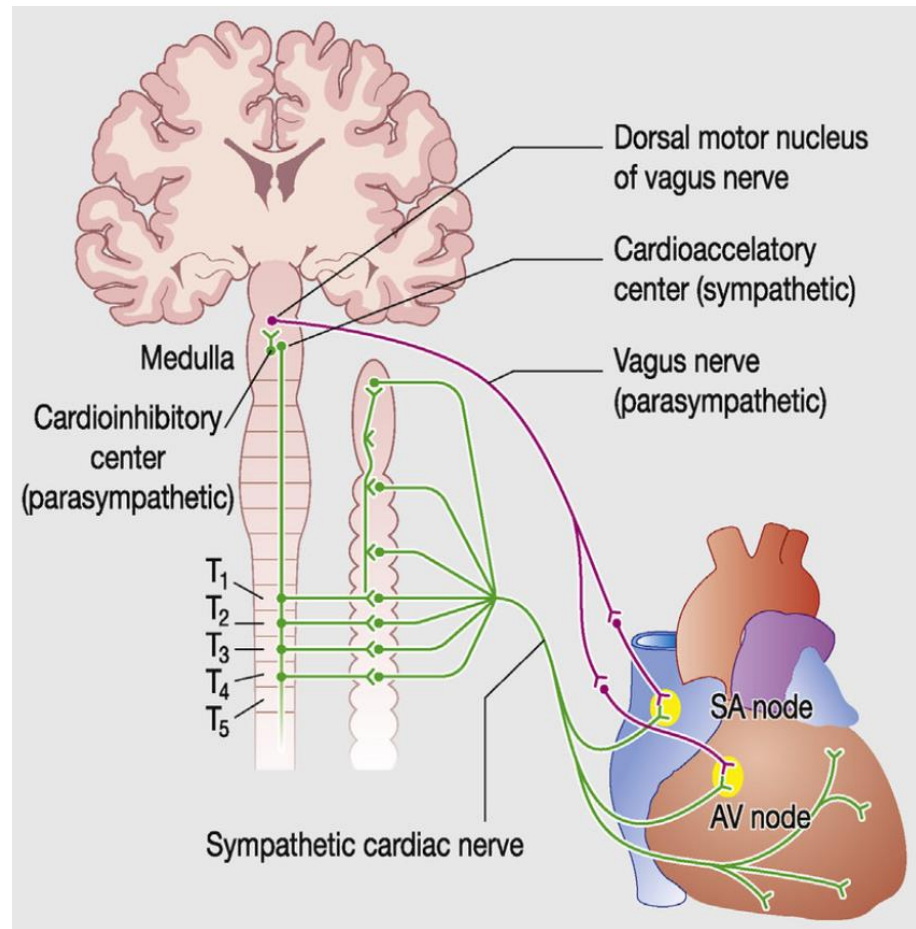
A

- **Nadražajno-sprovodni sistem srca** se sastoji od modifikovanih srčanih mišićnih ćelija (**Purkinjeova vlakna**).
- Uloga ovih ćelija je u autonomnom stvaranju nadražaja za svaku kontrakciju (sistolu) srca, kao i sprovođenje do različitih delova miokarda.
- Ovaj sponatni električni nadražaj koji nastaje samostalno u srcu obezbeđuje takozvanu srčanu autonomiju koja je odgovorna za ritam rada srca, iako je srce pod uticajem autonomnog nervnog sistema.
- Delovi nadražajno-sprovodnog sistema srca su:
- **Sinoatrijalni čvor (SA)** – smešten ispod endokarda u zidu desne pretkomore, kod ulaska kranijalne šuplje vene. Primarni je pokretač srčane kontrakcije (pejsmejker) i koordinira srčanu aktivnost.



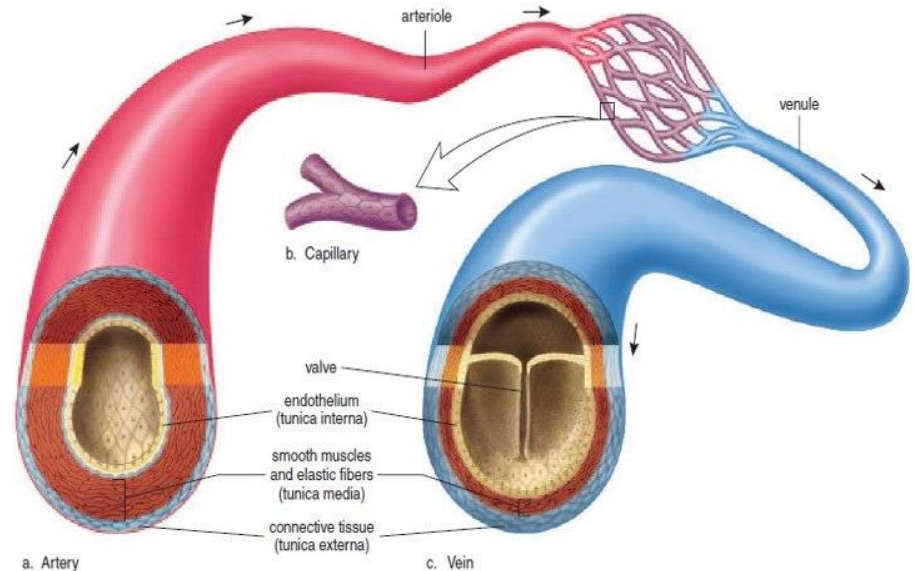
- **Atrioventrikularni čvor (AV)** – smešten u donjem delu pregrade između pretkomora, prima impulse od SA čvora
- **Atrioventrikularni (Hisov) snop** – nizovi ćelija koji počinju u AV čvoru, prolaze kroz srčani skelet između pretkomora i komora i granaju se. U početnom delu Hisovog snopa ćelije su slične ćelijama SA i AV čvora, dok u distalnom delu ćelije grade Purkinjeova vlakna.

- **Inervacija srca** se vrši preko vlakana autonomnog nervnog sistema.
- Simpatička nervna vlakna *nn. cardiaci cervicales* i *thoracici* dolaze iz zvezdastog gangliona (*ganglion stellatum*) i srednjeg vratnog gangliona (*ganglion cervicale medium*).
- Parasimpatikusna nervna vlakna koja inervišu srce počinju iz *n. vagus*-a.
- Sva pomenuta autonomna nervna vlakna grade srčani čvor (*plexus cardiacus*).
- Simpatikus stimuliše intenzitet srčanih kontrakcija, dok parasimpatikus usporava kontrakcije.

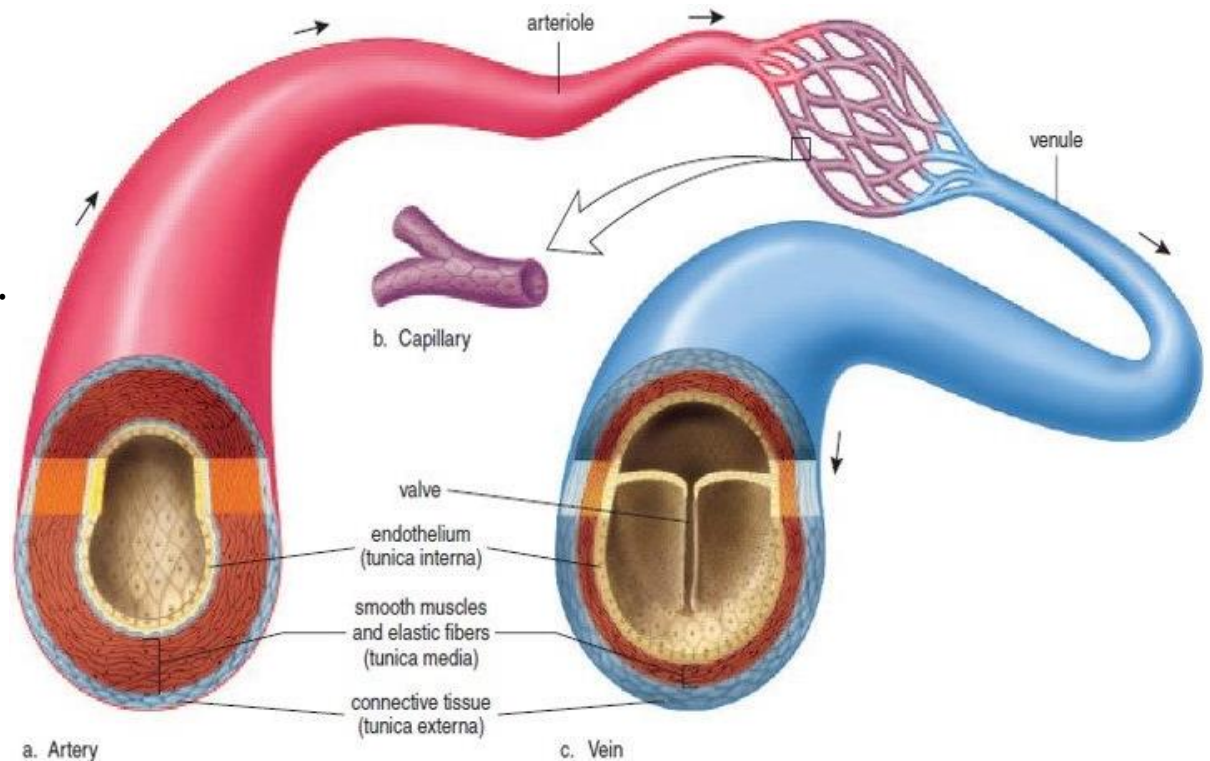


- **KRVNI SUDOVI (VASA SANGUINEA)**

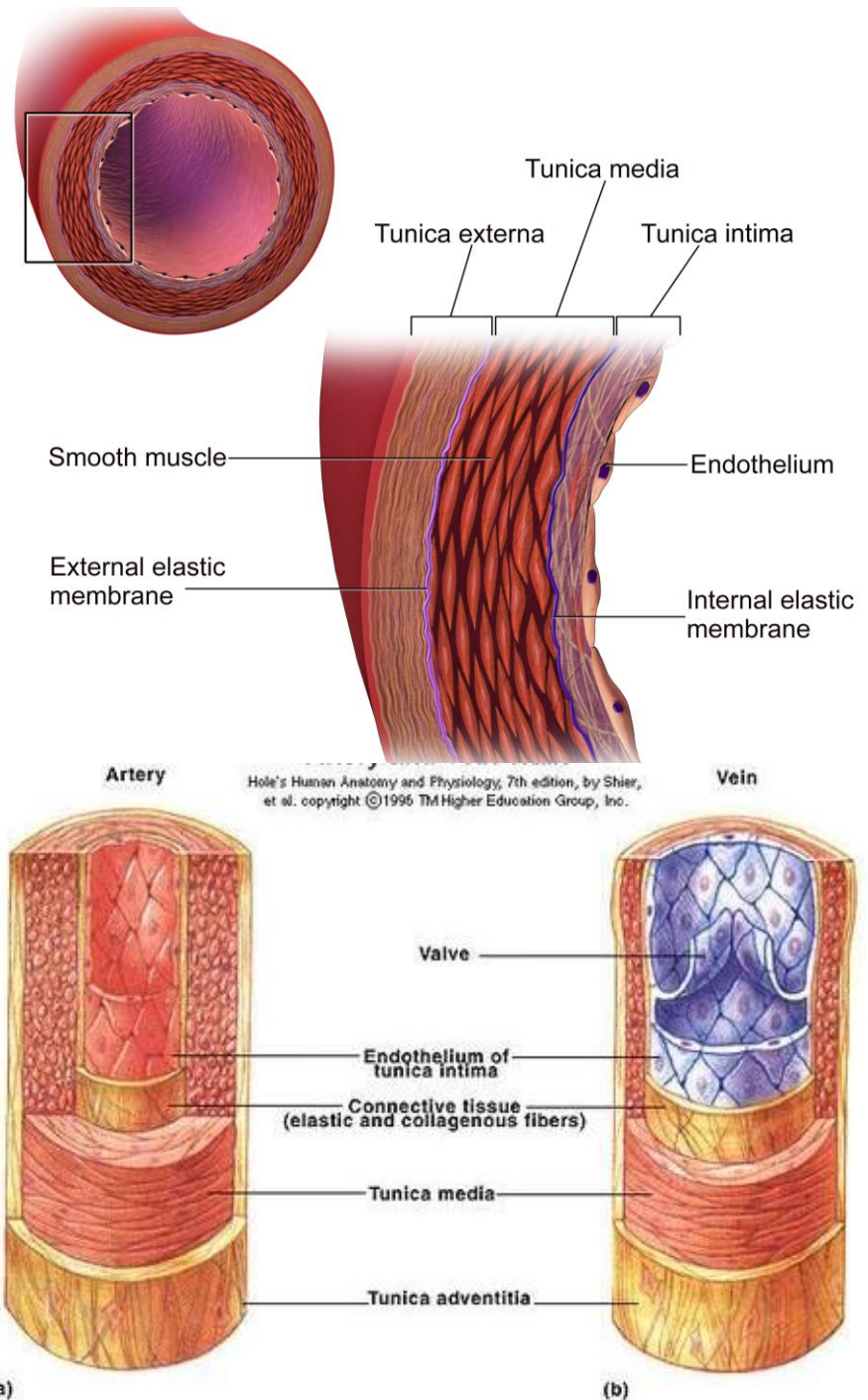
- Krvni sudovi su **arterije, vene i kapilari**.
- Kroz krvne sudove se transportuje krv u skladu sa kontrakcijama srca.
- **Arterije** su krvni sudovi koji odvođe krv iz srca.
- **Vene** su krvni sudovi koji dovode krv do srca.
- **Kapilari** su krvni sudovi najmanjeg promera i predstavljaju kraj arterija i početak vena, uz nekoliko izuzetaka.
- U arterijama je pritisak visok, a u venama nizak.
- Arterije imaju deblje zidove i manji lumen u odnosu na vene.
- Vene, za razliku od arterija, u lumenu imaju zaliske (***valvulae venarum***) koje sprečavaju povratak krvi.



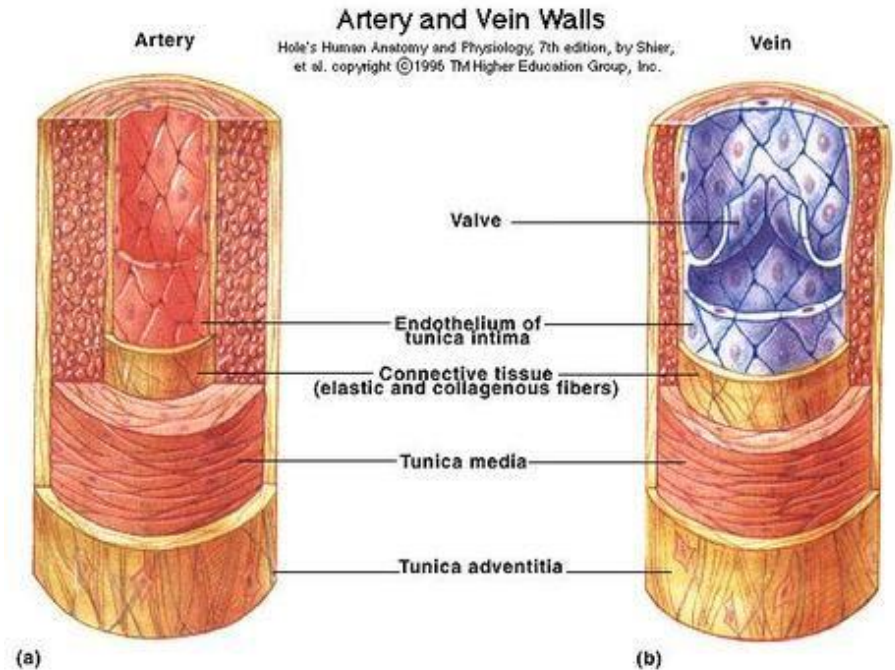
- **Građa krvnih sudova**
- Ako se izuzme građa najsitnijih krvnih sudova, odnosno kapilara, krvni sudovi imaju više zajedničkih elemenata.
- Zid krvnih sudova je građen od tri omotača:
- *tunica intima (interna)*,
- *tunica media* i
- *tunica adventitia (externa)*.



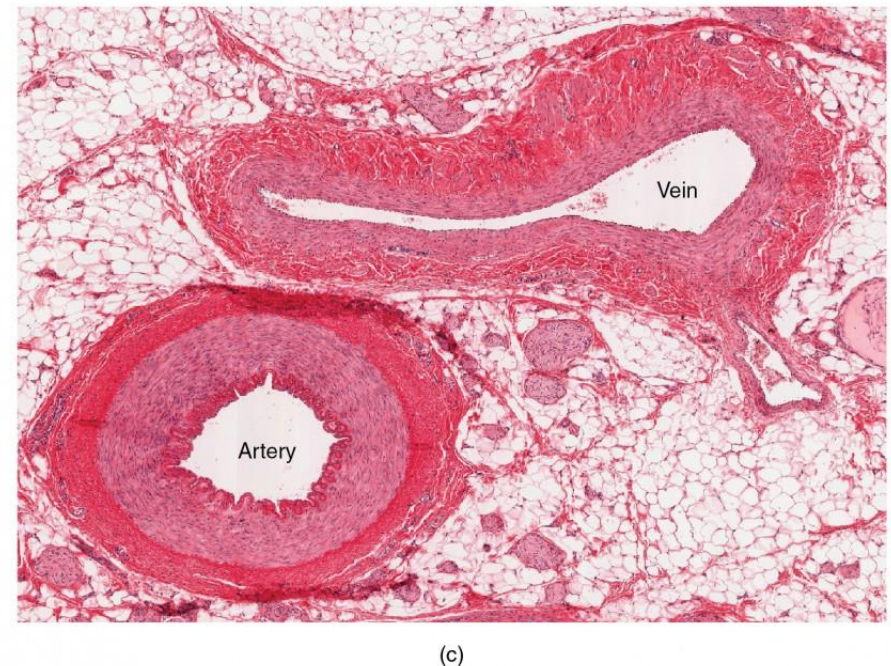
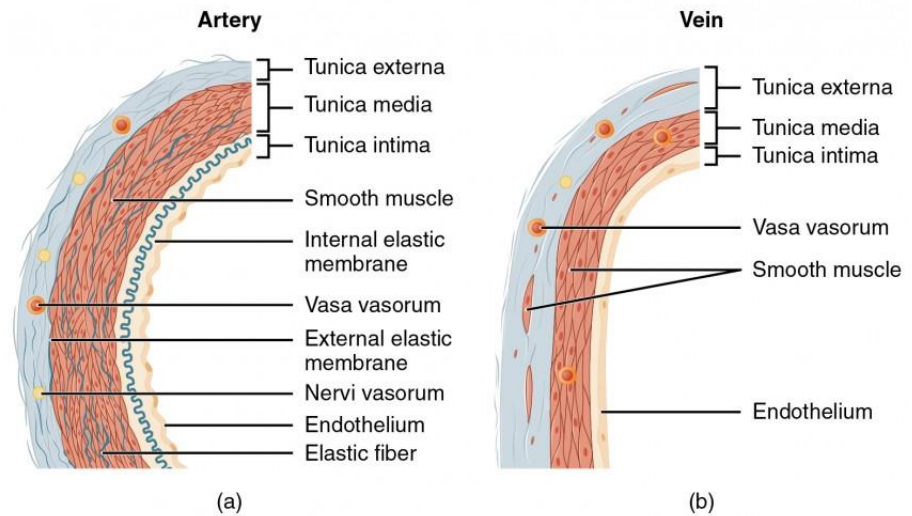
- ***Tunica intima*** je unutrašnji omotač i sastoji se od endotelnih ćelija koje su apikalnim delovima okrenute prema šupljini krvnog suda.
- Endotelne ćelije leže na bazalnoj lamini ispod koje se nalazi subendotelno vezivno tkivo.
- Endotelne ćelije su spljoštene, višeugaone i izdužene u pravcu uzdužne osovine krvnog suda.
- Endotel predstavlja barijeru između krvi i tkiva i reguliše razmenu materija.
- Uključen je u procese koagulacije krvi, a sintetiše i veliki broj aktivnih supstanci, kao što su faktori rasta, prostaglandini, citokini i eritropetin.



- ***Tunica media*** se sastoji od kružno orijentisanih glatkomišićnih ćelija i manje ili više prisutnih elastičnih i kolagenih vezivnih vlakana.
- Vezivna vlakna koja se u ovom sloju nalaze nastala su aktivnošću glatkomišićnih ćelija.
- Kod većih krvnih sudova elastična vlakna formiraju lamele i to *lamina elastica interna* (između unutrašnjeg i srednjeg omotača) i *lamina elastica externa* (između središnjeg i spoljašnjeg omotača).



- ***Tunica adventitia*** je građena od uzdužno orijentisanih kolagenih i elastičnih vezivnih vlakana.
- Ne postoji jasna granica između ovog omotača i rastersitog vezivnog tkiva organa kroz koji krvni sud prolazi.
- Veći arterijski i venski krvni sudovi imaju sopstvenu vaskularizaciju, odnosno krvne sudove koji kroz spoljašnji omotač donose hranljive materije i kiseonik samom krvnom sudu.
- Takozvani krvni sudovi krvnih sudova nazivaju se *vasa vasorum*.
- Kroz spoljašnji omotač prolaze i limfni sudovi, ali i vegetativna nervna vlakna.
- Ova inervacija krvnih sudova dovodi do njihove **vazokonstrikcije** (kontrakcije i smanjenja dijametra) i **vazodilatacije** (relaksacije i povećanja dijametra).



I Ukoliko je fraza tačna, zaokružiti T, a ako je netačna N.

1. Srce je mišićni organ čijim kontrakcijama se obezbeđuje transport krvi kroz krvne sudove. T N
2. Krvnim sudovima krv kontinuirano cirkuliše kroz čitavo telo. T N
3. Putem krvi se tkivima obezbeđuju kiseonik i druge materije neophodne za metabolizam ćelija. T N
4. Putem krvi se transportuju proizvodi metabolizma iz ćelija. T N
5. Srce je smešteno u grudnoj duplji, u medijastinalnom prostoru i većim delom leži desno od medijalne ravni, između plućnih krila. T N
6. Srce je oblika bočno-spljoštene kocke. T N
7. Razlike u položaju i veličini srca su uslovljene vrstom, uzrastom i polom životinje. T
N
8. Razlike u položaju i veličini srca životinja iste vrste su uslovljene, kondicijom i zdravstvenim stanjem. T N
9. Zid leve komore je deblji od zida desne komore. T N
10. Debljina miokarda varira i najtanja je u zidu pretkomora, a najdeblja u zidu leve komore. T N

11. Endotel predstavlja barijeru između krvi i tkiva i reguliše razmenu materija. T N
12. Endotel je uključen u procese koagulacije krvi, a sintetiše i veliki broj aktivnih supstanci, kao što su faktori rasta, prostaglandini, citokini i eritropetin. T N
13. Veći arterijski i venski krvni sudovi imaju sopstvenu vaskularizaciju, odnosno krvne sudove koji kroz spoljašnji omotač donose hranljive materije i kiseonik samom krvnom sudu. T N

III Povezati pojmove.

leva pretkomora	(ventriculus dexter)
leva komora	(ventriculus sinister)
desna pretkomora	(atrium sinister)
desna komora	(atrium dexter)

IV Dopisati reči koje nedostaju.

1. Kardiovaskularni sistem (lat. _____) se sastoji od _____ i _____ (_____, _____ i _____).
2. Srce (lat. _____) je mišićni organ koji se sastoji od _____ šupljine koje su u vezi sa krvnim sudovima.
3. Srce je smešteno u _____ (lat. _____), odnosno seroznoj kesi.
4. Osrčje se sastoji od spoljašnjeg (_____) i unutrašnjeg (_____) dela. Između ova dva dela nalazi se _____ (lat. _____) u kojoj se nalazi mala količina _____ (lat. _____).
5. Zauzima kos položaj, pa mu je vrh okrenut _____ i _____, a baza _____ i _____.
6. Srce leži između _____ i _____ rebra.

7. Na srcu se razlikuju dva kraja: _____ (lat. _____)
_____ i _____ (lat. _____).
_____).

8. Šupljina srca je uzdužnim pregradama (lat. _____
i _____) podeljena na dve polovine, levu i desnu.

9. Leva i desna šupljina srca su nepotpunim pregradama podeljene na
_____ (lat. _____) i
_____ (lat. _____).

10. U levu pretkomoru srca se ulivaju _____ i iz
pluća dovode u srce _____ krv.

11. Leva pretkomora i leva komora komuniciraju otvorom lat. _____
_____.

12. U desnu pretkomoru ulivaju se _____ i _____
_____ kao i _____
_____.

13. Desna pretkomora i desna komora komuniciraju preko otvora lat. _____
_____.

14. Protok krvi između leve pretkomore i komore i sprečavanje povratka regulišu zalisci
koji zatvaraju otvor, a nazivaju se _____ (lat.
_____). Ovih zalizaka je
_____ pa se nazivaju i _____.

15. Slobodni krajevi zalizaka su vezani za _____.
(_____). Tetivna vlakna se, sa druge strane, vezuju
za mišićne tvorevine u obliku _____
(_____) koje se nalaze u levoj komori.

16. Krv iz leve komore odlazi u _____ i to kroz otvor lat.
_____. Ovaj otvor zatvaraju _____
(_____) koji sprečavaju da se
krv vrati u levu komoru.

17. Povratak krvi iz desne komore u desnu pretkomoru sprečavaju zalisci
(_____). Ovih zalizaka je tri
pa se nazivaju i _____.

18. Krv iz desne komore odlazi u _____, a na
prelazu se nalaze _____ (lat. _____).

19. Zid srca je građen iz tri sloja i to unutrašnji – _____ (lat.
_____), središnji – _____ (lat. _____) i
spoljašnji – _____ (lat. _____).

20. Unutrašnji sloj zida srca, koji oblaže pretkomore i komore, a učestvuje i u formiranju
zalizaka se naziva _____. Građen je od tri sloja i to _____,
_____ i _____.

21. Srednji i najveći deo srčanog zida se naziva _____.

22. Spoljašnji sloj zida srca se naziva _____.

23. Uloga skeleta srca, pored potpore, u električnom smislu je i jasna granica između miokarda pretkomora i komora, što omogućava mišićnim ćelijama pretkomore da su u _____ (_____) dok su mišićne ćelije komora u _____ (_____) i obrnuto.

24. Nadražajno-sprovodni sistem srca se sastoji od modifikovanih srčanih mišićnih ćelija koje se nazivaju _____.

25. Delovi nadražajno-sprovodnog sistema srca su: _____
_____ (_____), _____
_____ (_____) i _____
(_____) _____.

26. Primarni je pokretač srčane kontrakcije (pejsmejker) i koordinator srčane aktivnosti je _____ (_____).

27. Inervacija srca se vrši preko vlakana _____ nervnog sistema.

_____ stimuliše intenzitet srčanih kontrakcija, dok _____ usporava kontrakcije.

28. Krvni sudovi su _____, _____ i _____.

_____ su krvni sudovi koji odводе krv iz srca. _____ su krvni sudovi koji dovode krv do srca. _____ su krvni sudovi najmanjeg promera i predstavljaju kraj arterija i početak vena, uz nekoliko izuzetaka.

29. U arterijama je pritisak _____, a u venama _____.

30. Arterije imaju _____ zidove i _____ lumen u odnosu na vene.

31. Vene, za razliku od arterija, u lumenu imaju _____ (lat. _____) koji sprečavaju povratak krvi.

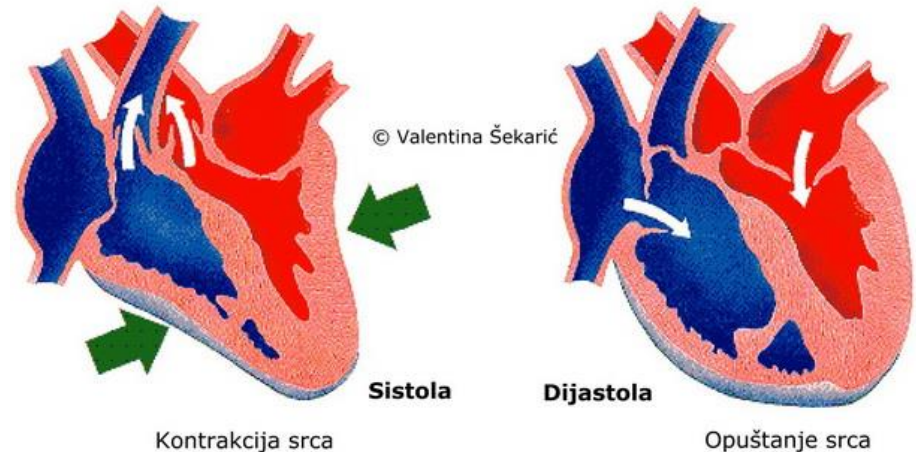
32. Zid krvnih sudova je građen od tri omotača: _____
_____ (_____), _____
_____ i _____
(_____).

33. Kroz spoljašnji omotač krvnih sudova prolaze _____
_____ i _____
_____.

34. Inervacija krvnih sudova dovodi do njihove _____ (kontrakcije i smanjenja dijametra) i _____ (relaksacije i povećanja dijametra).

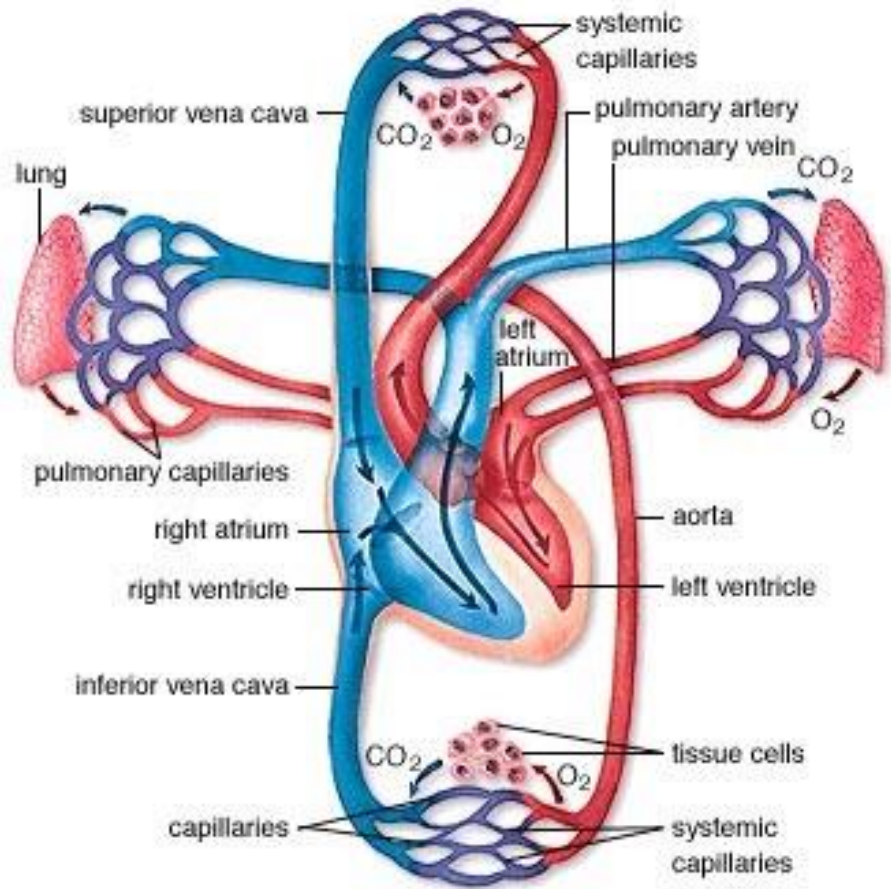
- **KRVOTOK**

- Kardiovaskularni sistem je zatvoren sistem.
- Kroz njega krv neprekidno teče, a kruženje se naziva krvotok.
- Centralno mesto krvotoka je srce, jer krv polazi iz srca i završava svoj put u srcu.
- Ranije je rečeno da se srce sastoji od dve polovine, i to leve i desne.
- S obzirom da leva i desna polovina srca ne komuniciraju, kroz levu polovinu srca teče oksigenisana krv, dok kroz desnu polovinu srca teče deoksigenisana krv.
- Srce se ritmički kontrahuje i svakom svojom kontrakcijom krv ubacuje u odgovarajuće arterije.

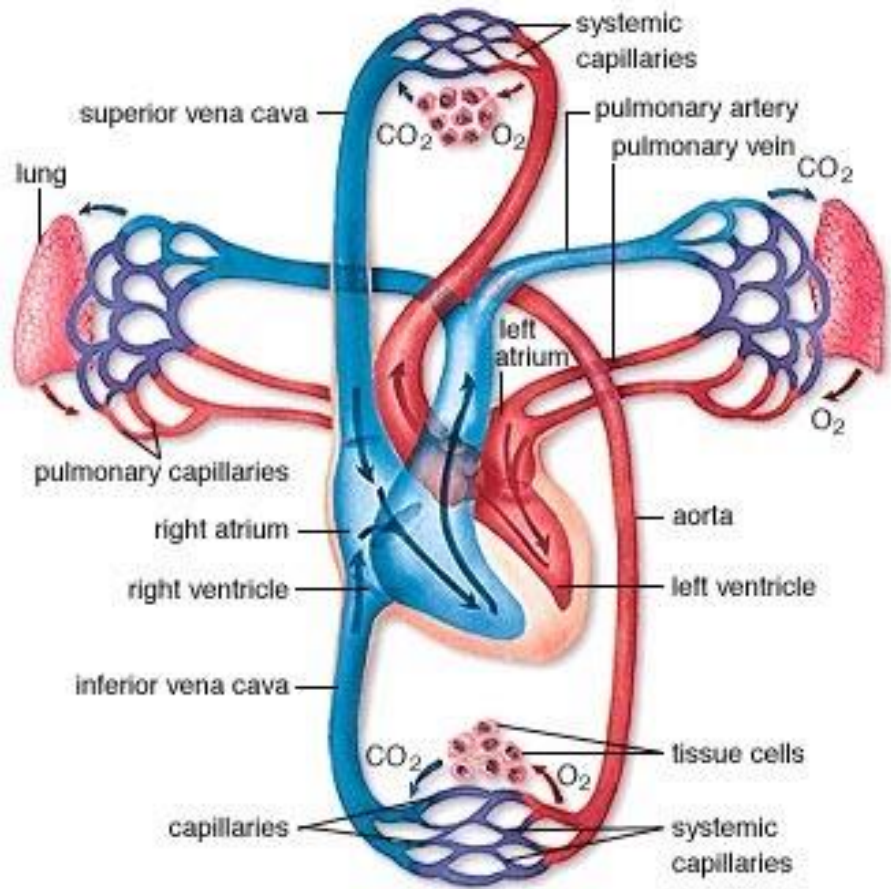


- Kontrakcija srca se naziva **sistola**, a relaksacija srca je **dijastola**.
- Obe pretkomore se kontrahuju istovremeno, a u isto vreme komore su u relaksaciji.
- Suprotno tome, kada su komore u sistoli, pretkomore su u dijastoli.
- U zavisnosti od funkcije, krvotok se može podeliti na mali i veliki krvotok.

- **Mali ili plućni krvotok** ima ulogu da deoksigenisanu krv iz srca transportuje do pluća, gde će se izvršiti oksidacija i takvu krv vratiti do srca.
- Mali krvotok počinje iz desne komore, iz koje deoksigenisana odlazi u *a. pulmonalis*, koja se grana i krv vodi do levog, odnosno desnog plućnog krila gde će se izvršiti razmena gasova.
- U plućnim kapilarima se ovom prilikom otpušta ugljen-dioksid i prima kiseonik.
- Iz pluća, oksigenisana krv se pomoću 5–8 plućnih vena (v. *pulmonales*) vraća u levu pretkomoru srca.

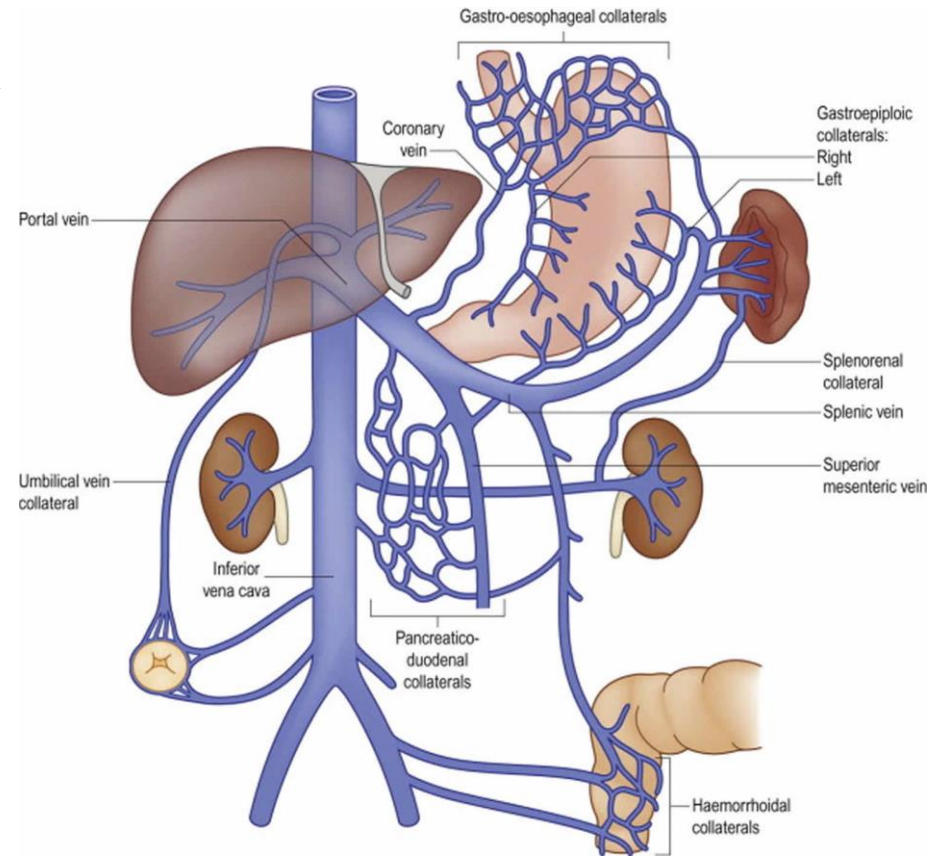


- **Veliki ili telesni krvotok** počinje iz leve komore, a završava u desnoj pretkomori.
- Oksigenisana krv iz leve komore, putem arterije aorte izlazi iz srca, zatim odlazi u grane koje počinju od aorte i dalje kroz ostale arterije dolazi do svih kapilanih mreža u organizmu.
- Na ovaj način se transportuju kiseonik i hranljive materije, koji se na nivou kapilara predaju tkivima, a iz njih uzimaju ugljen-dioksid i produkti metabolizma.
- Od kapilara se deoksigenisana krv vraća venskim krvnim sudovima.
- Venski krvni sudovi se usložnjavaju, a u desnu pretkomoru srca se ulivaju dve šuplje vene (*v. cava cranialis et v. cava caudalis*).



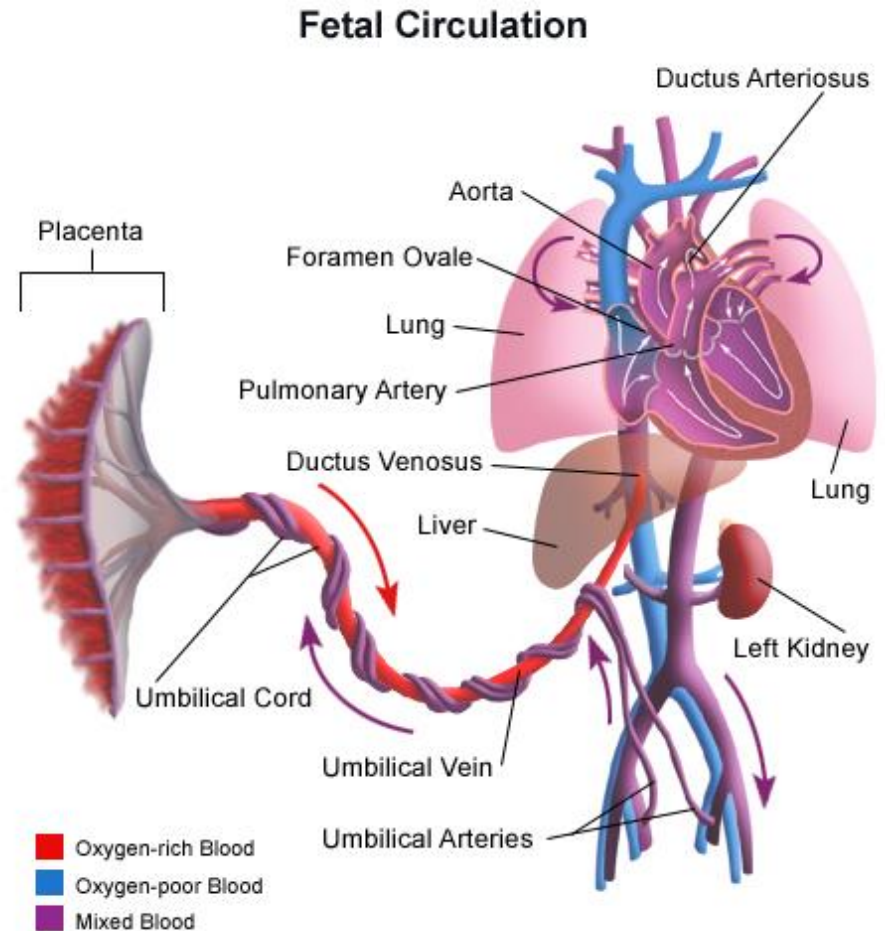
- **Portalni sistem jetre**

- Za razliku od rasporeda arterija–kapilar–vena, postoje pojedini delovi u organizmu gde se između dve kapilarne mreže nalazi arterija ili vena.
- Jedno od tih mesta je i krvotok *vene portae*.
- Iz kapilarnih mreža želuca, slezine, gušterače i najvećeg dela creva, krv ne odlazi direktno u *v. cava caudalis*, već se od njih formira *v. porta* koja krv dovodi do jetre gde se ponovo grana i formira kapilarnu mrežu.
- Nakon prolaska krvi kroz ovu kapilarnu mrežu, ona odlazi do *vv. cetrales*, a nakon toga preko *vv. hepaticae* dolazi u *v. cava caudalis*.
- Ovaj vid krvotoka ima za cilj da spreči da štetne materije iz digestivnog trakta dođu do srca i dalje se distribuiraju po organizmu.

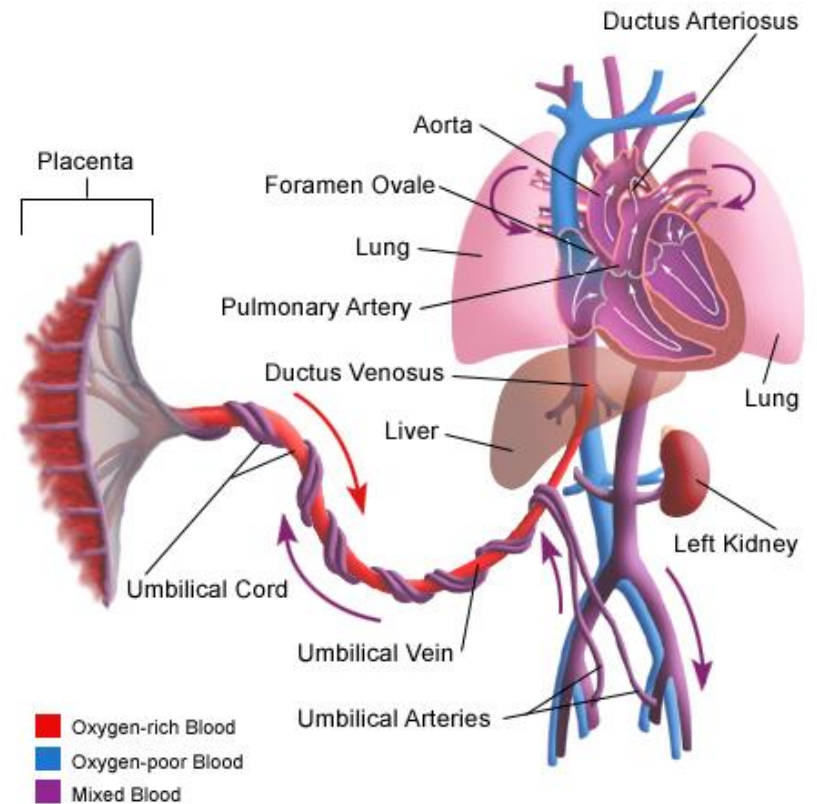


- **Fetalni krvotok**

- Razmena gasova u toku embrionalnog period se vrši pomoću **placente**, tačnije **pupčanih arterija** (*aa. umbilicales*) i **pupčane vene** (*v. umbilicalis*).
- Pupčane arterije vode deoksigenisanu krv iz fetusa u placentu gde se vrši razmena gasova i u fetus se, putem pupčane vene, vraća oksigenisana krv.
- Od pupčane vene se odvaja grana koja se spaja sa kaudalnom šupljom venom, a naziva se *ductus venosus Arantii*.
- S obzirom da se u kaudalnoj šupljoj veni nalazi deoksigenisana krv, a u pupčanoj veni oksigenisana, nakon njihovog spajanja dalje, prema srcu, putem kaudalne šuplje vene teče mešovita krv.



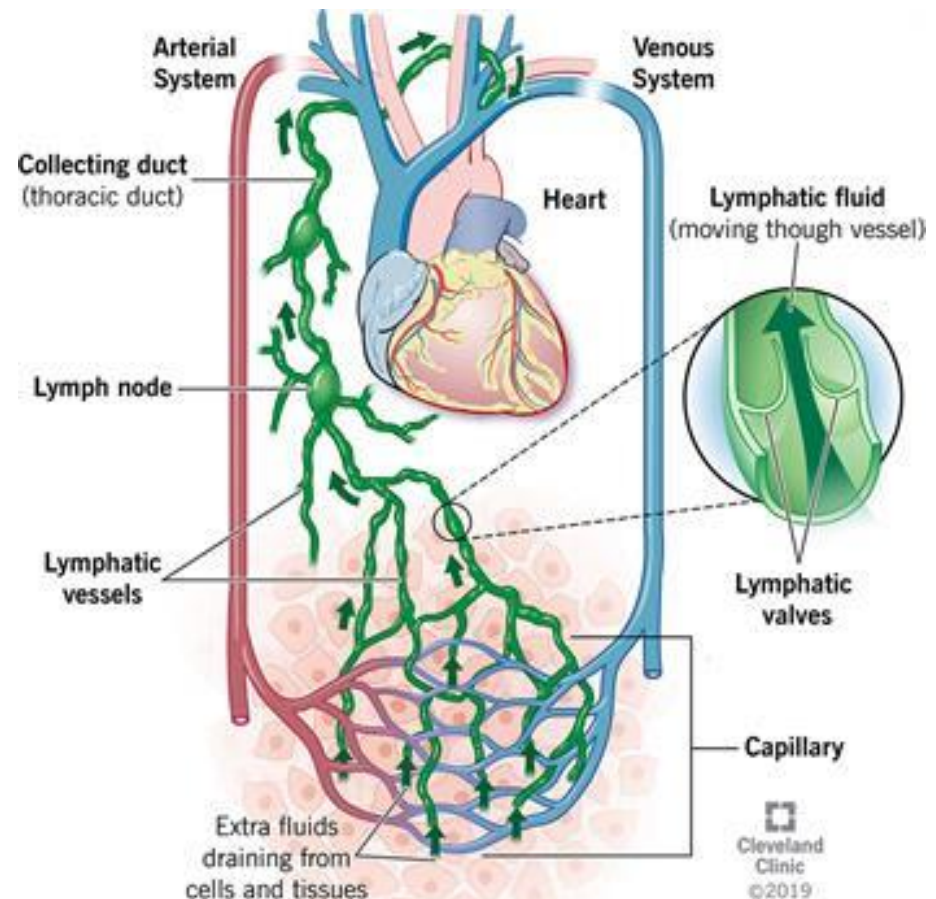
- Mešovita krv koja putem kaudalne šuplje vene dolazi u desnu pretkomoru srca, dodatno se meša sa deoksigenisanom krvlju koja dolazi iz pluća kroz plućne vene koje se ulivaju u levu pretkomoru srca.
- Do mešanja dolazi zbog postojanja otvora između pretkomora koji se naziva *foramen ovale*.
- Mešovita krv, jednim delom odlazi iz srca putem aorte (iz leve komore), a drugim delom ka plućima (putem *a. pulmonalis* iz desne komore srca).
- Međutim, *a. pulmonalis* se jednom granom veže za aortu i ta grana se naziva *ductus arteriosus Botali*.
- Prilikom prvog udisaja, usled širenja pluća, sva krv iz *a. pulmonalis* odlazi u pluća, a zatim kroz *vv. pulmonales* u levu pretkomoru srca.



- Zbog pritiska dolazi do zatvaranja otvora između pretkomora, ali i nestaju *ductus arteriosus* i *ductus venosus*, ali i *v. umbilicalis* i *aa. umbilicales*.
- Na taj način u organizmu novorođene jedinke nema mešovite krvi, već postoji jasna razlika između oksigenisane, koja prolazi kroz levu polovinu srca i deoksigenisane, koja prolazi kroz desnu polovinu srca.

- **LIMFNI SISTEM (SYSTEMA LYMPHATICUM)**

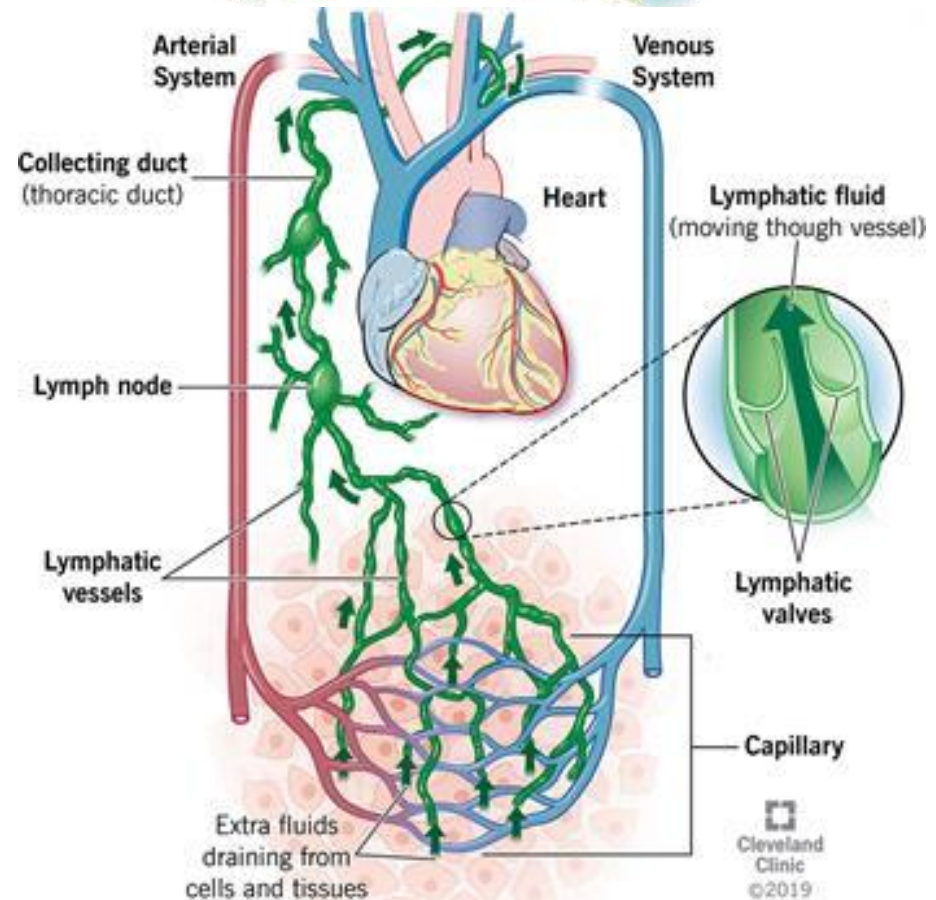
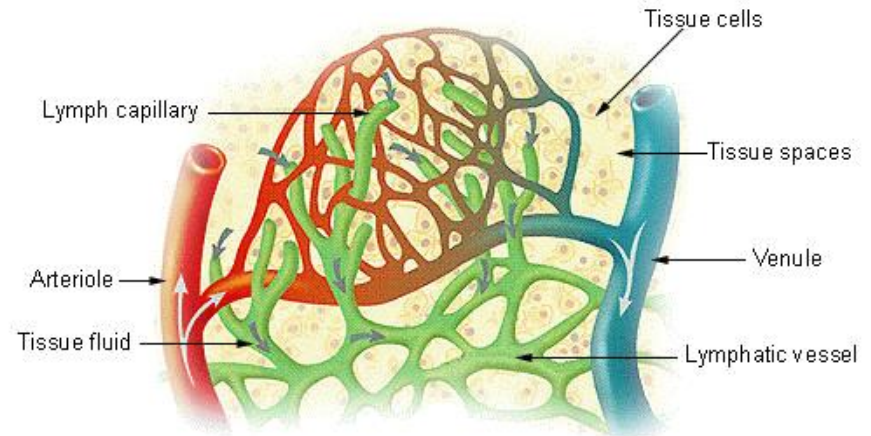
- Limfni sistem čine ćelije, tkiva i organi čija je uloga da reaguju na prisustvo antigena.
- **Limfni organi** su građeni od limfnog tkiva koje čini **retikularno vezivno tkivo** i **limfociti**.
- Pored ovih delova, limfni sistem grade i **limfni sudovi** (*vasa lymphaticum*).
- **Limfni sudovi** su deo cirkulatornog sistema kroz koji protiče limfa.
- **Limfa** je bistri bezbojni filtrat koji nastaje u toku cirkulacije krvi i prelaska proteina iz krvi u međucelijske prostore ispunjene tečnošću.



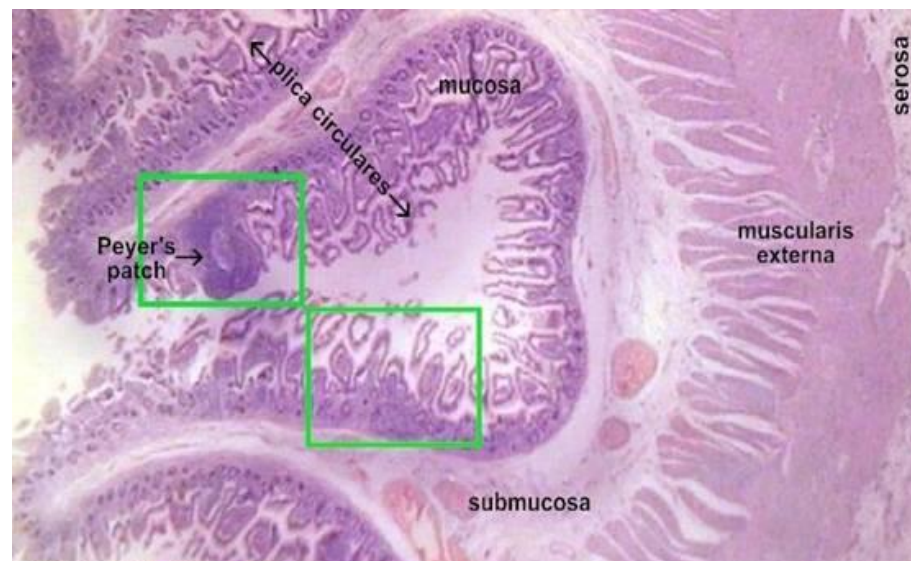
- Ovu tečnost iz međucelijskih prostora prikupljaju limfni kapilari, sa ciljem da je vrate u opštu cirkulaciju (krv).
- Limfni kapilari grade mreže u tkivima i predstavljaju početak većih limfnih sudova.

- Veći limfni sudovi nastaju udruživanjem limfnih kapilara, a sva prikupljena limfa se putem dva glavna limfna suda, preko *angulus venosus sinister* i *angulus venosus dexter* uliva u kranijalnu šuplju venu (*v. cava cranialis*).
- Ta dva glavna limfna suda su *truncus trachealis* i *ductus thoracicus*.
- Građeni su slično venama, ali imaju tanje zidove, a u lumenu brojnije zaliske.
- **Limfni kapilari** su građeni slično krvnim kapilarima, odnosno od endotelnih ćelija koje leže na nekontinuiranoj bazalnoj lamini.
- **Limfno tkivo** je organizovano u obliku **limfnih čvorića** (*nodulus lymphaticus*), **limfnih čvorova** (*nodus lymphaticus*), **slezine** (*lien*) i **grudne žlezde** (*thymus*).
- Na svom putu, od periferije do uključenja u sistemsku cirkulaciju, limfa mora proći kroz bar jedan limfni čvor.

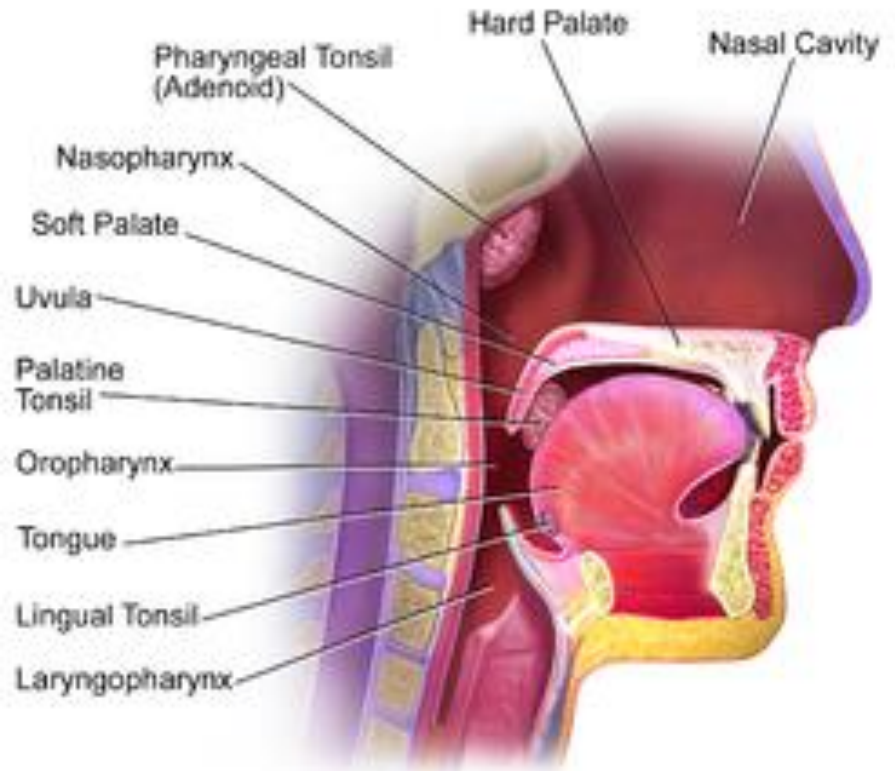
Lymph Capillaries in the Tissue Spaces



- **Limfni čvorići** su grupe limfocita raspoređene u sluzokoži respiratornog, digestivnog, urinarnog i reproduktivnog sistema.
- Veličine su od nekoliko mikrometara do nekoliko milimetara.
- Limfni čvorići nemaju vezivnu kapsulu, a sastoje se od **germinativnog centra** (u kome dominiraju limfoblasti) i **zrelih limfocita** koji ga okružuju.
- Limfni čvorići mogu biti **pojedinačni** (*lymphonoduli soliterii*) ili **u većim grupama** (*noduli lymphatici aggregati*), kao što je slučaj u zidu vitog creva gde grade tzv. **Payerove ploče**.
- Drugi primer grupisanih limfnih čvorića su **krajnici** (*tonsillae*).

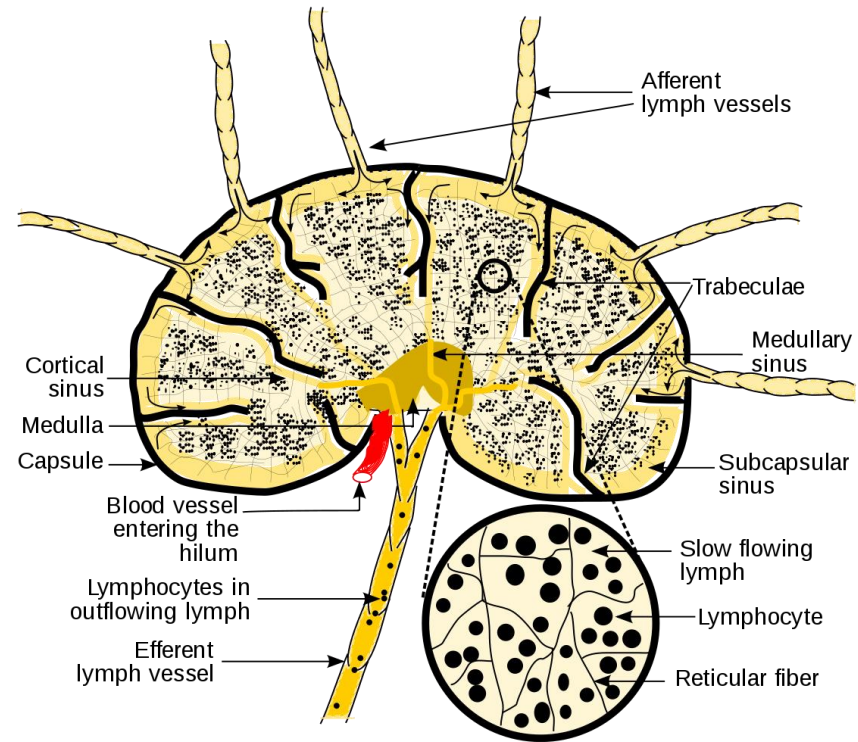


- **Krajnici** (*tonsillae*) su smešteni u početnom delu digestivnog trakta, odnosno usnoj šupljini i ždrelu.
- Krajnici su specifični limfatični organi koji se javljaju u obliku limfnih čvorića i grupa limfnih čvorića.
- Nisu potpuno obavijeni vezivnotkivnom kapsulom, tako da nisu limfni organi ali se razlikuju po organizaciji i od običnih nakupina limfnih čvorića.
- Limfatično tkivo je raspoređeno u vidu prstena, a sa spoljašnje strane ga oblaže epitel.
- Epitel u predelu tonzila pravi **uvrate** (kripte) ili nabore koji povećavaju površinu za kontakt antigena i imunokompetentnih ćelija.
- Krajnici poseduju široki **germinativni centar**, kao i naglašeni periferni deo sa zrelim limfocitima koji se infiltriraju u okolno tkivo.

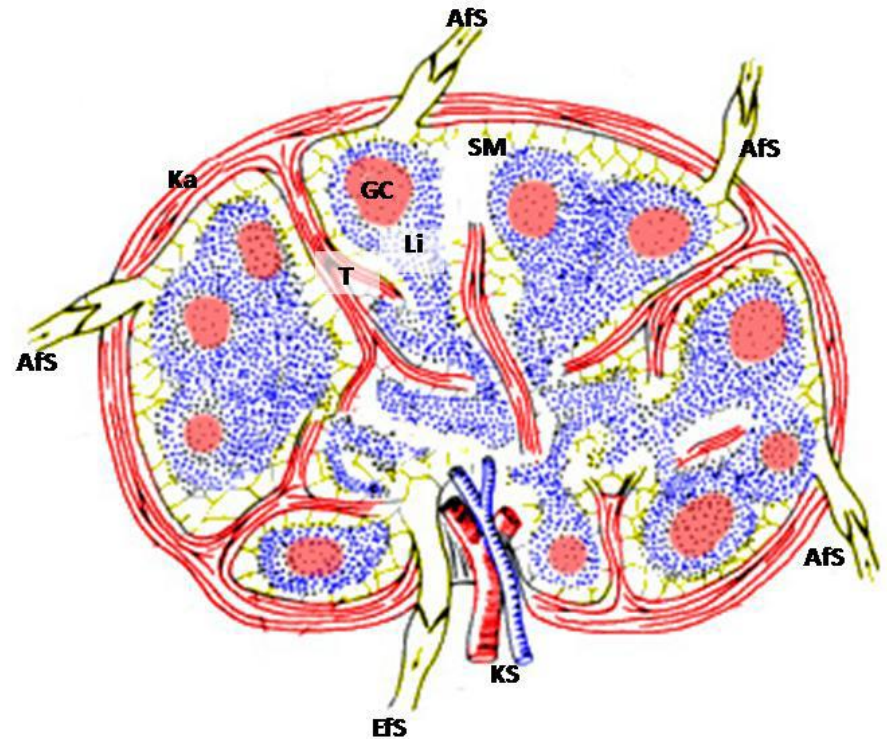


Tonsils and Throat

- **Limfni čvor** (*nodus lymphaticus*) je inkapsulirani organ i predstavlja mesto imunološke reakcije između antigena limfe i ćelija limfnog sistema.
- Zbog svoje uloge, limfni čvorovi su sastavni deo limfotoka i nalaze se duž većih limfnih sudova.
- Tačnije, više limfnih sudova se uliva u jedan limfni čvor i na taj način dovode limfu (**aferentni limfni sudovi**).
- Limfa napušta limfni čvor najčešće preko jednog **eferentnog limfnog suda** i filtrirana i obogaćena limfocitima nastavlja svoj put ka sistemske cirkulaciji.
- Najčešće su nepravilnog, ovalnog ili oblika bubrega, veličine od nekoliko milimetara do nekoliko centimetara.
- Razlikuju se **konveksna i konkavna strana** na kojoj se nalazi *hilus*, odnosno mesto gde ulaze i izlaze krvni sudovi i izlazi eferentni limfni sud.

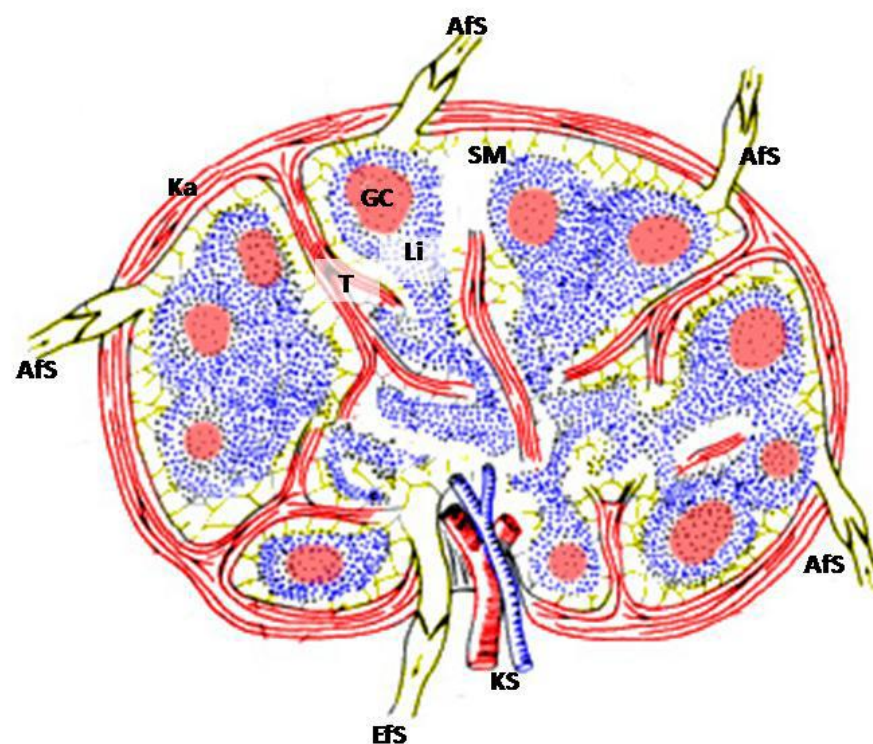


- Limfni čvorovi su obavijeni gustim vezivnim tkivom koje gradi **kapsulu**.
- Od kapsule se, ka unutrašnjosti čvora, odvajaju **septe** (*trabeculae*).
- Prostor između trabekula je ispunjen **parenhimom**, u čijoj osnovi je retikularno vezivno tkivo.
- Na preseku limfnog čvora jasno se razlikuju **kora** (*cortex*) i **srž** (*medulla*).
- **Kora** je deo limfnog čvora ispod kapsule i u njoj se nalaze **limfni čvorići**, difuzno rasuti **limfociti** i **limfni sinusi**.
- **Limfni čvorići** se sastoje od **germinativnog centra** i difuzno raspoređenih zrelih **limfocita** oko njega.
- U germinativnom centru se nalaze **limfoblasti** od kojih se razvijaju **B limfociti**.
- Difuzno raspoređeni limfociti su zreli B limfociti i T limfociti poreklom iz grudne žlezde.



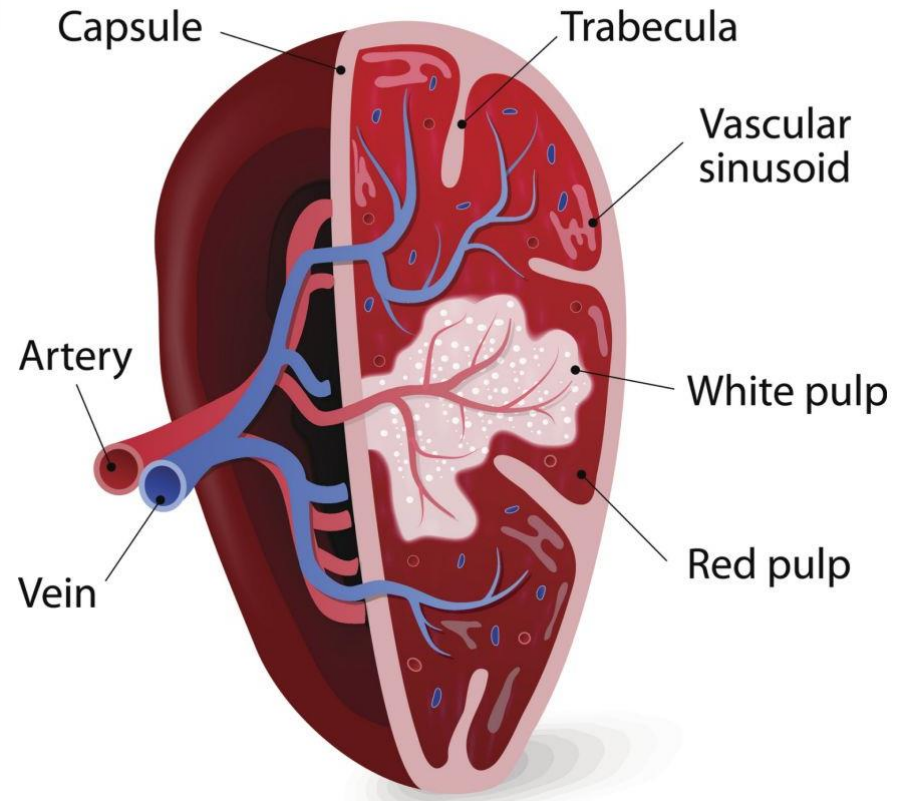
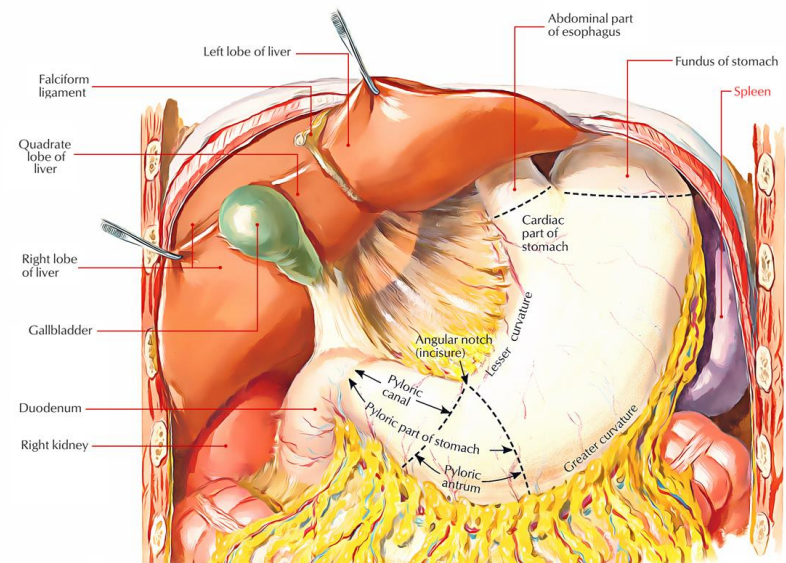
- Prostor između kapsule i limfnih čvorića kore je ispunjen retikularnim vezivnim tkivom i naziva se ***sinus marginalis***, a prostor između trabekula i limfnih čvorića naziva se ***sinus trabecularis***.

- **Srž (medulla)** je smeštena u centralnom delu limfnog čvora.
- U srži se nalazi mali broj imunokompetentnih ćelija, najčešće **plazmocita, B limfocita i makrofaga**, a najveći deo zauzima ***sinus medullaris*** koji je u kontaktu sa marginalnim i trabekularnim sinusima.
- Limfa koja ulazi u limfni čvor, prolazi kroz marginalni sinus, zatim preko trabekularnog do medularnog.
- Sve vreme je u kontaktu sa ćelijama limfnih čvorića.
- Iz medularnog sinusa, limfa odlazi u eferentni limfni sud.
- Svaki limfni čvor ima područje sa kojeg sakuplja limfu.
- Više limfnih čvorova koji su zaduženi za susedna područja sakupljanja limfe ne leže daleko jedan od drugog i nazivaju se i limfni centri (*lymphocentrum – Lc.*).

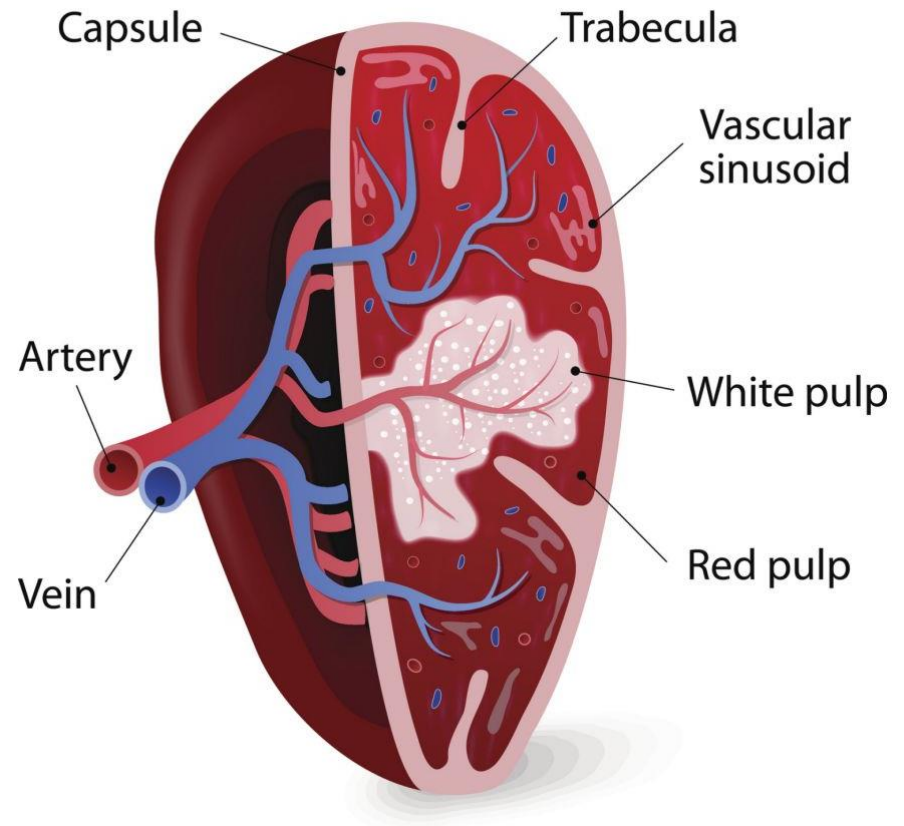


- Zbog stalnog kontakta sa antigenima (uzročnicima bolesti ili drugim stranim telima) kod uznapredovalih bolesti dolazi do povećanja limfnih čvorova, kao rezultat upalnih procesa.
- Upalni procesi se mogu otkriti opipavanjem (palpiranjem) limfnih čvorova.
- Palpiraju se limfni čvorovi koji se nalaze neposredno ispod kože.

- **Slezina (*lien*)** je inkapsulirani limfni organ, tamnocrvene boje.
- Leži u intratorakalnom delu trbušne duplje, u visini levog rebarnog luka, u peritonealnoj šupljini.
- Oblik slezine je različit u zavisnosti od vrste životinje.
- Na slezini razlikujemo dve površine: *facies diaphragmatica*, koja je okrenuta prema dijafragmi i *facies visceralis*, površina okrenuta prema želucu i crevima.
- *Hilus lienalis* je mesto gde u slezinu ulaze i izlaze krvni i limfni sudovi, nervna vlakna.

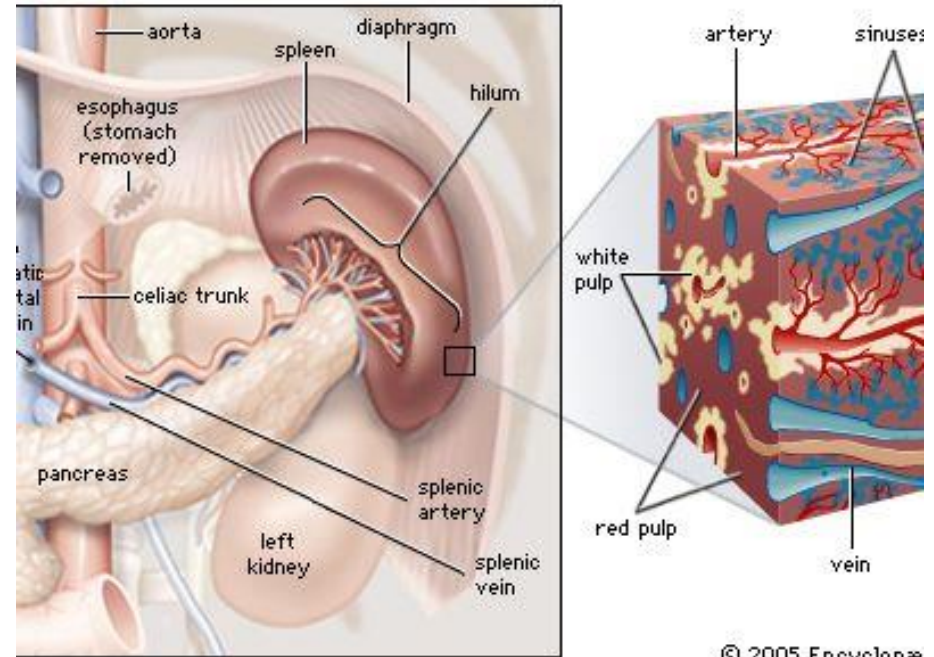


- Slezinu obavija vezivnotkivna kapsula, građena od gusto zbijenih kolagenih vlakana i glatkomišićnih ćelija.
- Od nje se u parelnim slezine odvajaju pregrade (septe, *trabeculae*) i nepotpuno dele ovaj organ na režnjeve.
- Trabekule zatvaraju prostor ispunjen crvenom i belom pulpom.
- **Crvenu pulpu** (*pulpa rubra*) grade venozni sinusi prekriveni endotelom i ispunjeni krvlju.
- Pored sinusa, u crvenoj pulpi se nalaze i ćelijske gredice u čijoj osnovi se nalazi retikularno vezivno tkivo i različite vrste ćelija (T i B limfociti, makrofage, plazmociti ...).
- **Belu pulpu** (*pulpa alba*) gradi difuzno i nodularno limfatično tkivo koje se nalazi oko centralnih arteriola.

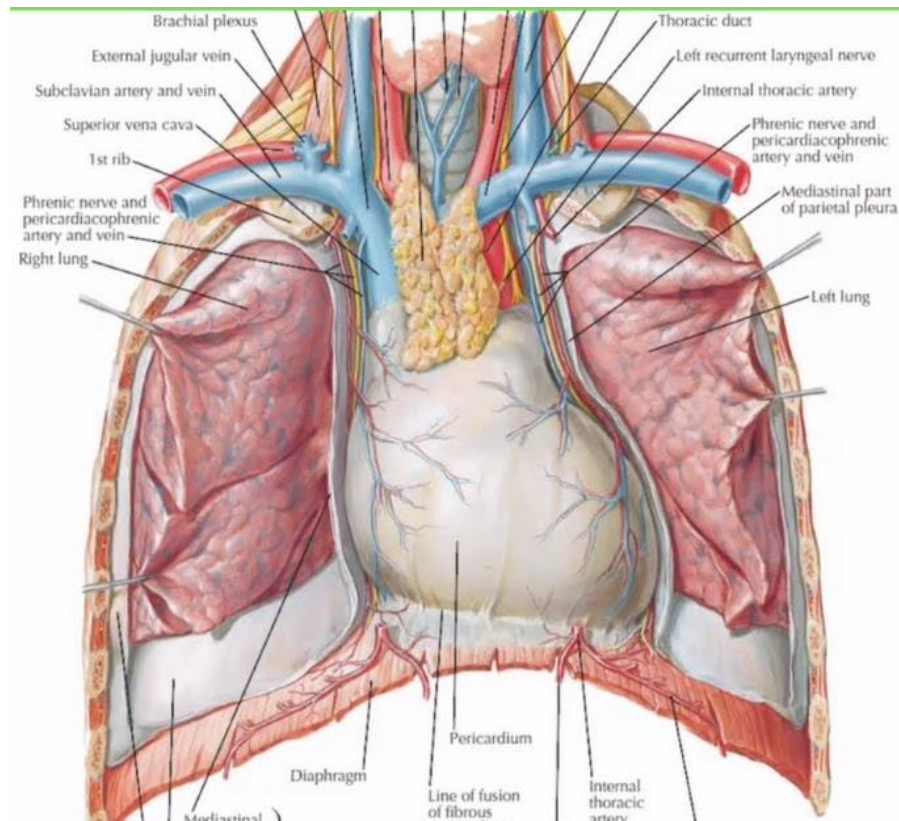


- Difuzno limfatično tkivo, koje obavija male arterije i arteriole koje izlaze iz trabekula, formira **periarterijski limfocitni omotač** (PALS).
- U njemu se nalazi veliki broj T limfocita, a duž njega se formiraju brojni limfni čvorići, sa ili bez germinativnog centra.

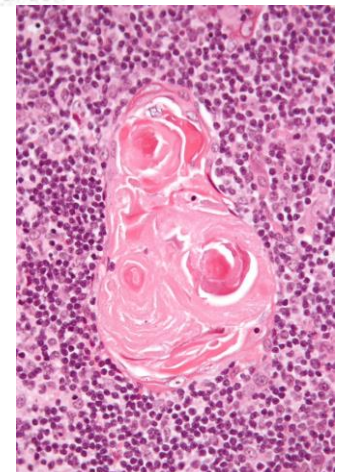
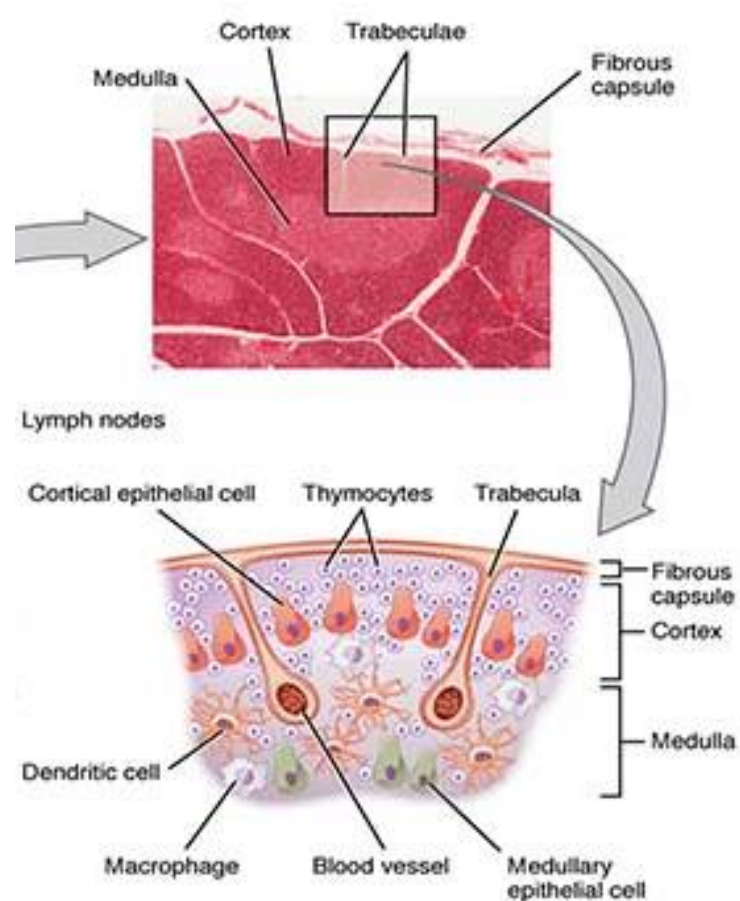
- Uloga slezine je hematopoezna, skladištenje krvi, razgradnja krvnih elemenata, filtracija krvi, učešće u imunološkom odgovoru, fagocitoza.
- Osnovna funkcija vezana za crvenu pulpu je mehanička filtracija, odnosno uklanjanje nepoženjih materija ali i crvenih krvnih zrnaca koja su “iskorišćena”.
- U crvenoj pulpi, makrofage vrše fagocitozu i razgradnju crvenih krvnih zrnaca.
- Bela pulpa učestvuje u imunološkom odgovoru i takođe učestvuje u fagocitozi.
- U beloj pulpi se nalaze sve odbrambene ćelije (T i B limfociti, antigen prezentujuće ćelije, ćelije sa fagocitnom sposobnošću).



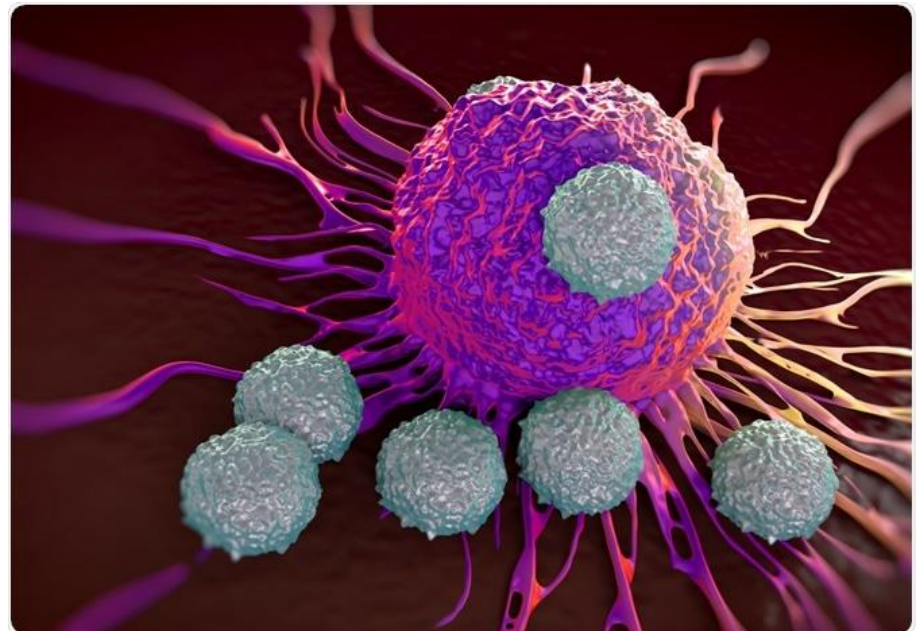
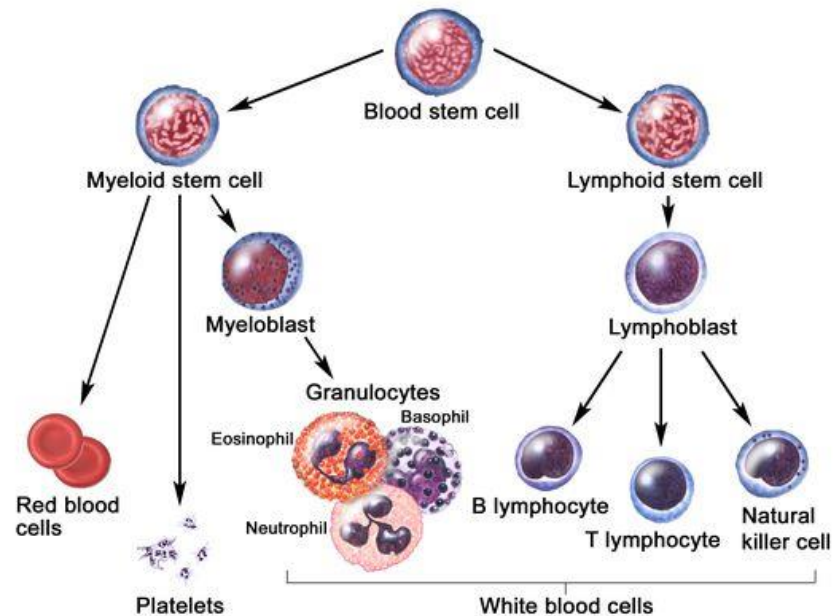
- **Grudna žlezda (*thymus*)** je limfopoezni organ, aktivan kod mladih životinja.
- Uloga je u diferencijaciji nezrelih T limfocita poreklom iz kostne srži.
- Makroskopski na timusu se razlikuju neparni **grudni deo** (*lobus thoracicus thymi*) i parni **desni i levi deo** (*lobus cervicalis thymi dexter et sinister*).
- Oba dela su povezana **srednjim delom** (*lobus intermedius*) koji se nalazi na ulazu u grudnu šupljinu.
- Timus je svetlosive boje i izrazito režnjevite građe.
- Obavija ga vezivnotkivna kapsula od koje polaze pregrade (septe) koje tkivo timusa dele na režnjiće, odnosno lobuluse.
- Lobulusi su nepravilnog oblika i različitih dijametara.



- Na svakom režnjiću se uočava periferni deo ili kora (*cortex thymi*) i centralni deo ili srž (*medulla thymi*).
- U srži se uočavaju specifične strukture građene od izmenjenih epitelnih ćelija (**Hasalova telašca**).
- U kori, kao perifernom delu režnjića timusa, odvija se diferencijacija T limfocita.
- Tu se nalazi gusto zbijeno limfatično tkivo koje grade veliki i mali limfociti, ali i epitelne retikularne ćelije.
- Prekursori T limfocita se nazivaju **timociti**.
- Od ćelija u srži se nalaze diferencirani T limfociti i epitelno-retikularne ćelije koje preovladavaju i jasnije se uočavaju u odnosu na koru.



- Pored uloge timusa u razvoju nediferenciranih limfocita iz kostne srži u T-limfocite, timus ima i drugih uloga.
- Grudna žlezda učestvuje u proliferaciji T-limfocita neophodnih za cirkulaciju i periferna tkiva.
- Ovde se, pre svega, misli na pomoćne T-limfocite i citotoksične T-limfocite.
- Timus, takođe, učestvuje i u sekreciji hormona i drugih faktora koji regulišu sazrevanje, proliferaciju i funkciju T-limfocita unutar timusa i perifernih tkiva.
- U toku fetalnog perioda aktivno učestvuje u procesu hematopoeze, zajedno sa jetrom i kostnom srži.



I Ukoliko je fraza tačna, zaokružiti T, a ako je netačna N.

14. Kardiovaskularni sistem je otvoreni sistem. T N
15. Obe pretkomore srca se kontrahuju istovremeno. T N
16. Kada su komore u sistoli, pretkomore su u dijastoli. T N
17. Za razliku od rasporeda arterija–kapilar–vena, postoje pojedini delovi u organizmu gde se između dve kapilarne mreže nalazi arterija ili vena. T N
18. Portalni krvotok ima za cilj da spreči da štetne materije iz digestivnog trakta dođu do srca i dalje se distribuiraju po organizmu. T N
19. Limfa je bistri bezbojni filtrat koji nastaje u toku cirkulacije krvi i prelaska proteina iz krvi u međucelijske prostore ispunjene tečnošću. T N
20. Tečnost iz međucelijskih prostora prikupljaju limfni kapilari, sa ciljem da je vrate u opštu cirkulaciju (krv). T N
21. Limfni kapilari su građeni slično krvnim kapilarima. T N
22. Na svom putu, od periferije do uključenja u sistemska cirkulaciju, limfa mora proći kroz bar jedan limfni čvor. T N

23. Krajnici su specifični limfatični organi koji se javljaju u obliku limfnih čvorića i grupa limfnih čvorića. T N

24. Krajnici nisu potpuno obavijeni vezivnotkivnom kapsulom, tako da nisu limfni organi ali se razlikuju po organizaciji i od običnih nakupina limfnih čvorića. T N

25. Epitel u predelu tonzila pravi uvrate (kripte) ili nabore koji povećavaju površinu za kontakt antigena i imunokompetentnih ćelija. T N

26. Krajnici poseduju široki germinativni centar, kao i naglašeni periferni deo sa zrelim limfocitima koji se infiltriraju u okolno tkivo. T N

27. Limfni čvorovi se nalaze duž manjih limfnih sudova. T N

28. Zbog stalnog kontakta sa antigenima (uzročnicima bolesti ili drugim stranim telima) kod uznapredovalih bolesti dolazi do povećanja limfnih čvorova, kao rezultat upalnih procesa. T N

29. Upalni procesi se mogu otkriti opipavanjem (palpiranjem) limfnih čvorova. T N

30. Palpiraju se limfni čvorovi koji se nalaze duboko ispod kože. T N

31. Osim kod preživara, slezina leži slobodno u peritonealnoj šupljini. T N

32. Kod preživara, polovina slezine je prekrivena peritoneumom, a druga polovina je vezana za burag. T N

33. Oblik slezine je različit u zavisnosti od vrste životinje. T N

34. Grudna žlezda u toku fetalnog perioda aktivno učestvuje u procesu hematopoeze, zajedno sa jetrom i kostnom srži. T N

II Zaokružiti tačan odgovor.

1. Kardiovaskularni sistem transportuje iz pluća u tkiva

- a) kiseonik
- b) ugljen-dioksid
- c) azot-monoksid

2. Kardiovaskularni sistem transportuje od tkiva do pluća

- a) kiseonik
- b) ugljen-dioksid
- c) azot-monoksid

3. Uloga slezine je

- a) hematopoezna
- b) skladištenje krvi
- c) razgradnja krvnih elemenata
- d) filtracija krvi
- e) učešće u imunološkom odgovoru
- f) fagocitoza
- g) sve navedeno.

IV Dopisati reči koje nedostaju.

35. Kontrakcija srca se naziva _____, a relaksacija srca je _____.

36. U zavisnosti od funkcije, krvotok se može podeliti na _____ i _____ krvotok.

37. _____ ili _____ ima ulogu da deoksigenisanu krv iz srca transportuje do pluća, gde će se izvršiti oksidacija i takvu krv vrati do srca.

38. Mali krvotok počinje iz _____, iz koje deoksigenisana odlazi u _____, koja se grana i krv vodi do levog, odnosno desnog _____ gde će se izvršiti razmena gasova.

39. Iz pluća, oksigenisana krv se pomoću 5–8 _____ (lat. _____) vraća u levu pretkomoru srca.

40. Veliki ili telesni krvotok počinje iz _____, a završava u _____. Oksigenisana krv putem _____ izlazi iz srca, zatim odlazi u grane koje dalje kroz ostale _____ dolazi do svih _____ u organizmu. Na ovaj način se transportuju _____ i _____, koji se na nivou kapilara predaju tkivima, a iz njih uzimaju _____ i _____.
_____.

41. Deoksigenisana krv vraća _____, koji se usložnjavaju, a u desnu pretkomoru srca se ulivaju _____ (lat. _____) i _____).

42. Iz kapilarnih mreža želuca, slezine, gušterače i najvećeg dela creva, krv ne odlazi direktno u v. *cava caudalis*, već se od njih formira _____ koja krv dovodi do _____ gde se ponovo grana i formira kapilarnu mrežu. Nakon prolaska krvi kroz ovu kapilarnu mrežu, ona odlazi do _____, a nakon toga preko _____ dolazi u _____.

43. Razmena gasova u toku embrionalnog period se vrši pomoću _____, tačnije _____ (lat. _____) i pupčane vene (lat. _____).

44. Pupčane arterije vode _____ krv iz fetusa u placentu gde se vrši razmena gasova i u fetus se, putem pupčane vene, vraća _____ krv.

45. Limfni sistem čine ćelije, tkiva i organi čija je uloga da reaguju na prisustvo _____.

46. Limfni organi su građeni od limfnog tkiva koje čini _____ i _____.

47. Limfno tkivo je organizovano u obliku _____
(lat. _____),
_____ (lat. _____),
_____ (lat. _____) i _____
_____ (lat. _____).

48. Grupe limfocita raspoređene u sluzokoži respiratornog, digestivnog, urinarnog i reproduktivnog sistema su _____.

49. Krajnici (lat. _____) su smešteni u početnom delu digestivnog trakta, odnosno usnoj šupljini i ždrelu.

50. _____ (lat. _____)
_____ je inkapsulirani organ i predstavlja mesto imunološke reakcije između antigena limfe i ćelija limfnog sistema.

51. Na preseku limfnog čvora jasno se razlikuju _____ (lat. _____) i _____ (lat. _____).

52. _____ je deo limfnog čvora ispod kapsule i u njoj se nalaze limfni čvorići, difuzno rasuti limfociti i limfni sinusi.

53. _____ se sastoje od germinativnog centra i difuzno raspoređenih zrelih limfocita oko njega.

54. U germinativnom centru se nalaze _____ od kojih se razvijaju _____.

55. Difuzno raspoređeni limfociti su zreli _____ i _____ poreklom iz _____.

56. U srži se nalazi mali broj imunokompetentnih ćelija, najčešće _____, _____ i _____.

57. _____ (lat. _____) je inkapsulirani limfni organ, tamnocrvene boje, koji leži u intratorakalnom delu trbušne duplje, u visini levog rebarnog luka.

58. Mesto gde u slezinu ulaze i izlaze krvni i limfni sudovi, nervna vlakna se naziva _____.

59. Slezinu obavlja _____, građena od gusto zbijenih kolagenih vlakana i glatkomišićnih ćelija. Od nje se u parelnim slezine odvajaju _____ (_____) i nepotpuno dele ovaj organ na režnjeve. Trabekule zatvaraju prostor ispunjen _____ i _____.

60. Crvenu pulpu (lat. _____) grade venozni sinusi prekriveni endotelom i ispunjeni krvlju. Pored sinusa, u crvenoj pulpi se nalaze i ćelijske gredice u čijoj osnovi se nalazi retikularno vezivno tkivo i različite vrste ćelija (T i B limfociti, makrofage, plazmociti ...).

61. Belu pulpu (lat. _____) gradi difuzno i nodularno limfatično tkivo koje se nalazi oko centralnih arteriola.

62. _____ (lat. _____) je limfopoezni organ, aktivan kod mladih životinja, a ima ulogu u diferencijaciji nezrelih T limfocita poreklom iz kostne srži.