

БИОЛОГИЈА ЧОВЕКА

КАРДИОВАСКУЛАРНИ СИСТЕМ

5. предавање

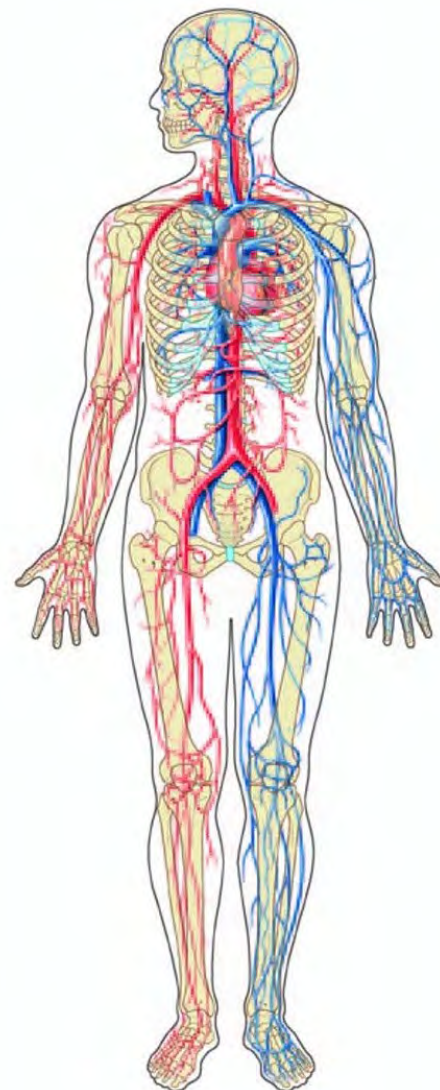
XII XI MMXXIV

Проф. др Данијела Петровић

Педагошки факултет - Сомбор
Универзитет у Новом Саду

КАРДИОВАСКУЛАРНИ СИСТЕМ

- Да би ћелије организма живеле, потребно им је континуирано снабдевање хранљивим материјама и кисеоником, као и непрестано уклањање отпадних материја које могу да их угрозе. Ове функције достављања и елиминације одређених материја врши кардиоваскуларни систем (крвни систем, циркулаторни систем или систем органа за крвоток).
- Осим **хранљивих материја** и O_2 , крвотоком стижу и **хормони**, који регулишу рад одређених органа; као и **елементи имуног система**, који штите организам. Поред овога, сам систем одржава сталну **телесну температуру** и чине људе хомеотермним.
- Мрежа циркулаторног система покрива све делове тела осим: косе, делова ноктију, спољашњег дела коже, рожњаче ока и зубне глеђи.



- Крв се враћа у срце у истом ритму као што је срце пумпа у све делове тела, правећи пун круг по организму за отприлике један минут.
- Циркулација се одвија кроз два повезана система: **пулмонални** (мали крвоток), где дезоксигенисана (сиромашна кисеоником, а богата угљен-диоксидам) крв путује од срца ка плућима; и **системски** (системска циркулација, велики крвоток) којом се оксигенисана (богата кисеоником) крв из срца транспортује у све делове тела.
- Главни елементи кардиоваскуларног система су:
 - срце
 - крвни судови
 - крв





https://www.reddit.com/r/interestingasfuck/comments/chic3a/full_body_circulatory_system/?rdt=62181

<https://bodyworlds.com/exhibitions/human/>

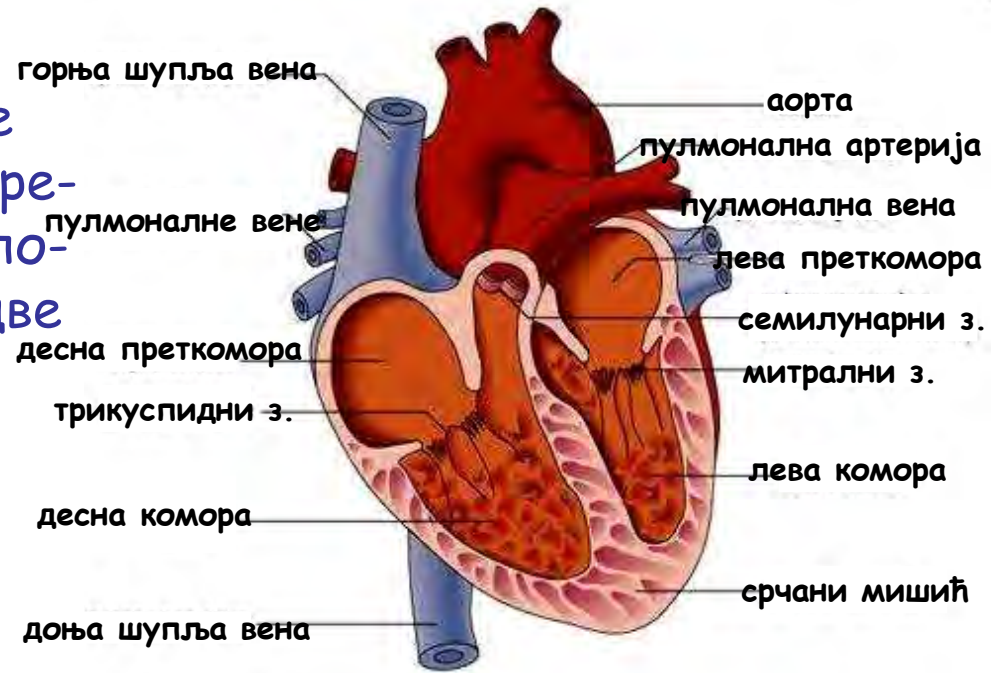
СРЦЕ (cor)

- Срце је шупаљ мишићни орган, тежине око 300 грама, који пумпа крв кроз систем крвних судова. Смештено је у торакалној шупљини, у **медијастинуму** - средогруђу, између два плућна крила и прекривено је серозном опном, која штити срце од било каквог притиска и трења. Та заштитна опна у облику верћице назива се **перикардијум**.
- Срце има облик наопако окренутог чуња, чији положај у медијастинуму није вертикалан, него је за 40 степени нагнуто у лево и напред.
- Зид срца изграђен је од три слоја:
 - **епикардијум** (спољашњи) - чини га епител, масно ткиво и везиво
 - **миокардијум** (средишњи) - најдебљи и функционално најважнији, грађен од мишићног ткива
 - **ендокардијум** (унутрашњи) - грађен од ендотела



www.bodiestheexhibition.com

- На уздужном пресеку срца, у фронталној равни, уочава се једна уздужна и две мање попречне преграде, којима је срце подељено на четири шупљине: две **коморе** и две **преткомотре**. Постоје лева и десна комора (ventriculum) и лева и десна преткомора (atrium).



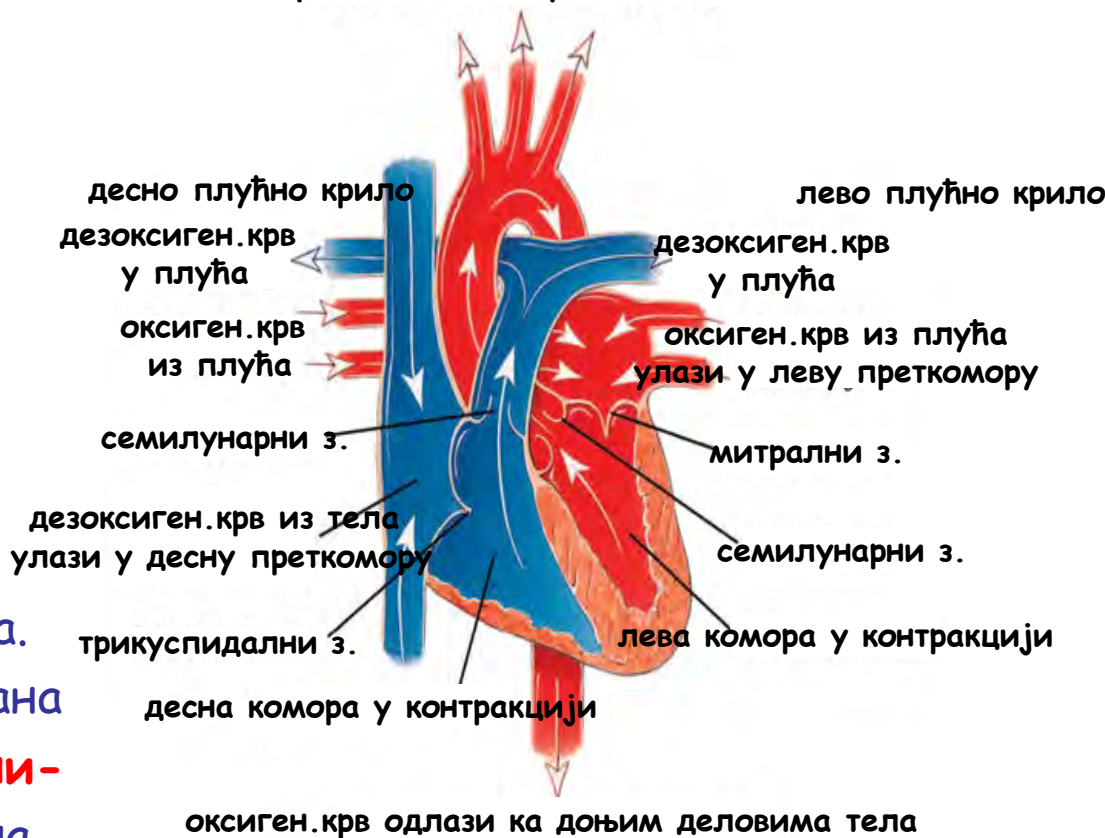
www.osovo.com/diagram/HumanHeartDiagram

- Уздужна преграда - **септум**, је цела док су попречне преграде непотпуне, и састављене су од два или три записка. Улаз из десне преткоморе у десну комору формирају **три записка** (трикуспидалне валвуле), док улаз из леве преткоморе у леву комору формирају **два записка** (бикуспидалне валвуле или митралне валвуле). Ови записци имају облик куполе падобрана и отварају се само према коморама, тако да крв нормално тече само од преткомора ка коморама.



<https://bodyworlds.com/exhibitions/human/>

- Из сваке коморе излази по један крвни суд и на прелазима између комора и артерија налазе се преграде од по три залиска, означени као **полумесечаст** (семилунарни) залиски. То значи да се крв једном истиснута из коморе, више не може вратити у њу.
- Срце има две стране: леву - која пумпа крв богату кисеоником и десну - која садржи крв сиромашну кисеоником. У пулмоналном крвотоку, **десна** страна срца прима **дезоксигенисану** крв из свих делова тела путем **доње и горње шупље вене**, а потом је пумпа у плућа **пулмоналним артеријама**. Крв **обогаћена O_2** се **пулмоналним венама** враћа у **леву** половину срца. У системском крвотоку, **лева** страна срца пумпа крв **обогаћену кисеоником** у **аорту**, која се даље дели на мање артерије које снабдевају све делове тела који троше кисеоник.



- Пулмонални и **системски** крвоток се још називају мали и **велики** крвоток, и њима се сам орган срца не снабдева хранљивим материјама и O_2 . То се чини путем **нутритивног** тј. **коронарног** крвотока.
- Срчани мишић ради по принципу пумпе која усисава и избацује крв у циркулацију. Контракција срца назива се **систола**, а опуштање је означено као **дијастола**.
- У десну преткомору улазе горња и доња шупља вена, а у леву 3-5 пулмоналних (плућних) вена. У току **дијастоле** крв се у преткоморе улива слободно, тако што услед разлике у притисцима бива напосто усисана, и потом протиче у коморе. У току **систоле преткомора**, сва се крв која је заостала из њих потискује у коморе. Након тога следи **систола комора**, и пошто притисак у комори надвлада притисак у аорти и плућној артерији, долази до отварања полумесечастих залисака, и крв се потискује у ова два крвна суда. После систоле комора, она се опушта и притисак у аорти и плућној артерији надвладава, те долази до затварања полумесечастих залисака и срце опет улази у дијастолу.
- У току дана срце учини преко 100 000 откуцаја, а свака се кап крви нађе у срцу једанпут у минути.

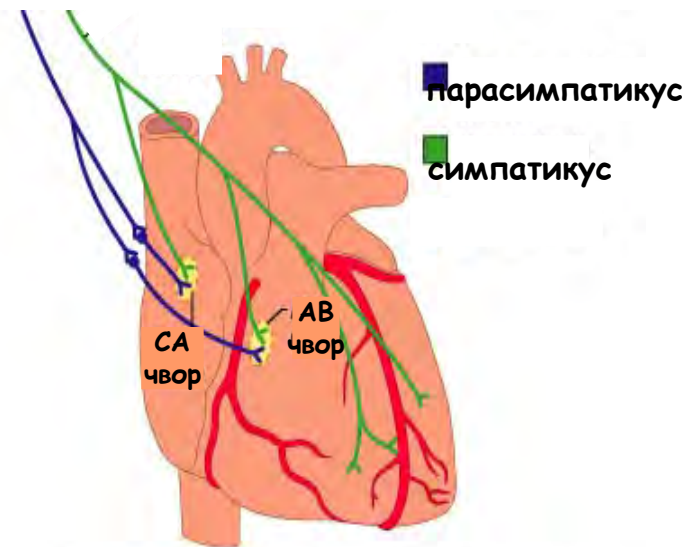
• Инервација срца

- Срце је инервисано и симпатичким и парасимпатичким влакнима. Симпатикус убрзава срчану акцију (под контролом хипоталамуса), док је парасимпатикус успорава (под контролом кардиоинхибиторног центра у продуженој моздини).
- Осим овога, срце поседује и свој аутономни нервни систем у којем се генеришу а и преносе нервни импулси неопходни за његов рад, и то у специфичној проводној срчаној мускулатури.

- Центар у коме се ствара наддражај назива се **синусни (синоатријални-СА) чвор** и смештен је у **десној преткомори**. Импулс настао у овом природном пејсмејкеру, шири се даље до **нодалног чвора**

(**атриовентрикуларни-АВ**), а потом преко

једне мале структуре у септуму означене као **Хисов сноп** шири се у коморе. Овај сноп се одмах грана и најситнији тј. завршни делови који спровode импулс називају се **Пуркињеове нити**.



Copyright © 2004 Pearson Education, Inc., publishing as Benjamin Cummings.

- Током срчаног рада притисак који се ствара у аорти, а самим тим и осталим артеријама, је различит: за време трајања систоле је виши те се назива **систолни** а за време трајања дијастоле је нижи и означен је као **дијастолни**. Систолни ствара контракција срчаног мишића комора, док је дијастолни условљен еластичношћу зида крвних судова, нарочито аорте.
- Нормалне вредности притиска мереног на артерији брахијалис износе за систолни од 110-130 mmHg а за дијастолни од 65-90 mmHg. Просечни крвни притисак одрасле особе износи **120/80 mmHg** (16/10 kPa). Вредности веће од просечних означени су као **хипертензија** а мањи као **хипотензија**.
- Крв се почиње кретати брзином од око 0.5 m/s али касније та брзина опада. Због ритмичних систола срца, ово кретање има карактеристику кретања таласа на води (1 систола 1 талас) и ови се таласи због еластичности зидова артерија преносе све до периферије, где се осете као ударци о зид артерије, што је означено као **пулс**. Просечан пулс износи око 70 откуцаја у минути.

КРВНИ СУДОВИ

- Крвни судови кардиоваскуларног система чине један дистрибуциони, тубуларни систем и процена је да му укупна дужина износи од око 100 000 -150 000 km. Чине га:

1) артерије 2) вене 3) капилари

■ Артерије

- Ово су крвни судови који носе крв из срца ка периферији. Ова крв је богата O_2 (оксигенисана, артеријска), осим у случају пулмоналне артерије која носи крв сиромашну O_2 , а богату CO_2 (дезоксигенисана, венозна). Углавном су смештене у дубини организма (између мишића, у телесним шупљинама) а само су у региону главе и врата при површини. Идући ка периферији артерије су све ситније и на крају се завршавају најмањим огранцима - **артериолама**. Најважније су **аорта**, која износи крв из леве коморе срца (богату кисеоником) и онда се од ње даље одвајају огранци који воде крв до свих делова тела; и **пулмонална артерија**, која одводи венозну крв (сиромашну кисеоником, богату угљен-диоксидом) из десне коморе срца до плућа, да би тамо предала CO_2 .

- Зидови артерија грађени су од три слоја:

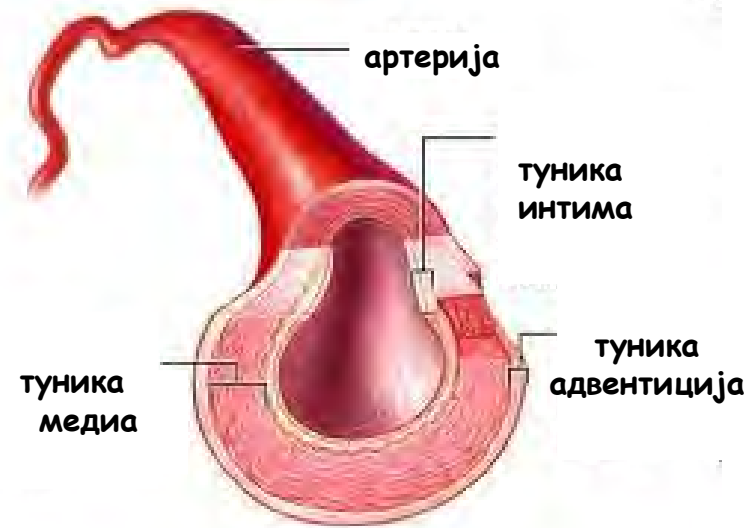
1) **спољашњи** – **tunica adventitia**, грађен од чврстих колагенских влакана

2) **средњи** – **tunica media**, састоји се од глатких мишићних и еластичних влакана, најдебљи и функционално најважнији слој

3) **унутрашњи** – **tunica intima**, сачињен од спљоштених ендотелних ћелија

■ Вене

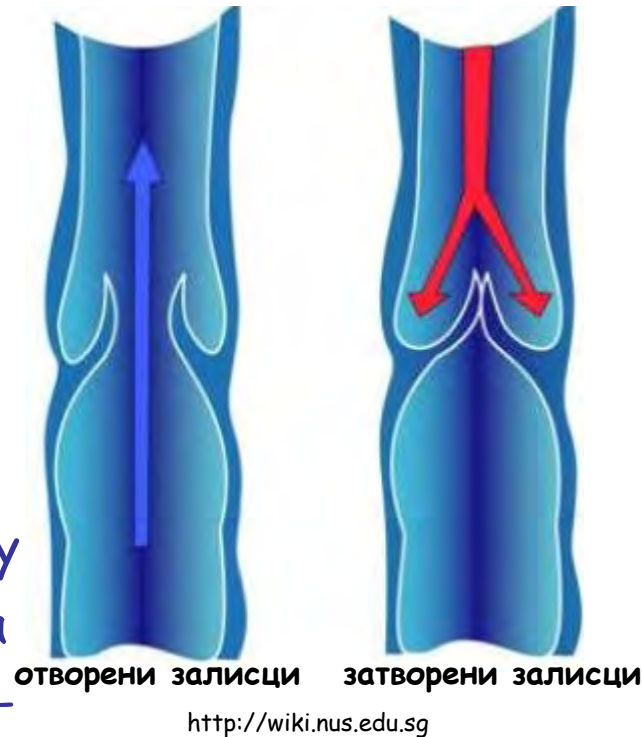
- Ово су крвни судови који са периферије враћају крв у срце. Ова крв је дезоксигенисана (венозна, богата CO_2) осим у случају пулмоналних вена, које у леву преткомору срца доносе крв из плућа богату O_2 . Најмањи огранци вена се надовезују на капиларе и означене су као **венуле**. Оне се даље шире у све веће и веће вене и на крају завршавају са највећим венским крвним судовима, **доњом** и **горњом шупљом вену**, које доводе крв у десну преткомору срца.



www.beltina.org/pics/artery

- Зидови вена су грађени као и зидови артерија, али су много тањи, а поготово средњи слој – туника медиа, која је смањена на минимум а негде и недостаје.

- Услед смањеног притиска у венама, вене су снабдеване **залисцима** који спречавају враћање крви. Наиме, у лумену вена стрше залисци попут џепова, чији је отвор увек окренут у правцу циркулације крви, чиме се спречава враћање крви у супротном смеру
- Вене су смештене или у дубоким слојевима организма – дубоке вене, где скоро увек прате артеријске крвне судове; или непосредно испод коже и у поткожном масном ткиву – површинске вене, које су самосталне и не прате артерије. Ове површинске вене, за разлику од дубинских, немају константан број ни положај код две особе, као ни код исте особе током раста и развоја.



■ Капилари

- Капилари представљају широко распрострањену мрежу крвних судова, која представља прелаз између најситнијих артериола и најситнијих венула.
- Имају веома узан лумен и пречник им је око 0,008 mm, што је таман довољно да се провуку еритроцити. Управо због њиховог малог дијаметра проток крви кроз капиларе је успорен и тако се добија на времену да се изврши размена гасова. Поред овога, капилари предају ћелијама ткива хранљиве материје, а од њих преузимају штетне. Ова се размена одвија преко веома танког зида капилара, који је грађен само од једног слоја ендотелних ћелија.
- Интересантно је да никада нису сви капилари у функцији, него је увек одређен број капилара затворен за проток крви. Оваква затворена мрежа служи као резервоар крви, и она се сваког момента може мобилисати да убаци одређену количину крви назад у циркулацију.

КРВ

- Крв је везивно течено ткиво, црвене боје, сладуњаваог мириса и сланкастог укуса која протиче кроз кардиоваскуларни систем.
- У одраслом организму количина крви износи око 5,5 литара (око 1/12 телесне тежине) и од тога се у циркулацији налази око 3 а у депоима око 2,5 литре крви (јетра, слезина, капилари, плућа). Крв је 5-6 пута гушћа од воде и има неутрални рН (рН=7,4).
- Основне функције крви су да доводи битне састојке до ћелија и да из њих одводи непотребне и штетне материје; да учествује у преношењу топлоте и терморегулацији као и да омогућава одбрану организма од разних патогена.
- Крв се састоји из течног дела - **плазме** (око 55%) и из **крвних елемената** - **ћелија** (око 45%). Овај запремински однос између плазме и ћелија означен је као **хематокрит**. Крвни елементи слободно пливају у плазми ношени крвном струјом. Чине их три врсте ћелија:
 - **црвена крвна зрнца** - **еритроцити**
 - **бела крвна зрнца** - **леукоцити**
 - **крвне плочице** - **тромбоцити**

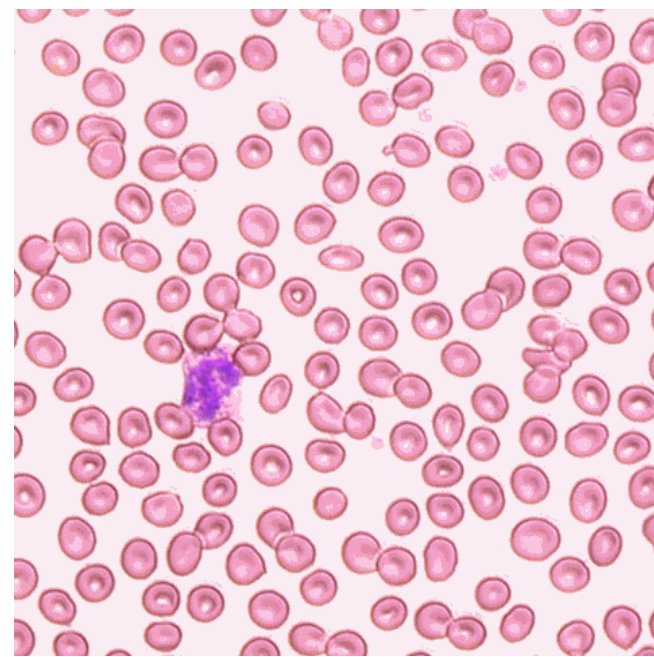
■ Плазма

- Плазма је жућкаста течност сачињена од око 90% H_2O , а остатак неорганских компоненти чине **соли** (карбонати, хлориди, сулфати, фосфати) и **минерали** (Na, K, Fe, Ca, Mg). Од органских једињења највише има протеина, а затим угљених хидрата, липида итд. Од протеина најзаступљенији су **албумини**, **глобулини** и **фибриноген**, од угљених хидрата **глукоза** а од липида **холестерол**.
- Иако је плазма једна динамична средина у чијем се саставу промене одвијају сваког момента, и то тако што ћелије непрекидно апсорбују и ослобађају материје, састав плазме се одржава стабилним да не би дошло до нарушавања хомеостазе.

■ Еритроцити

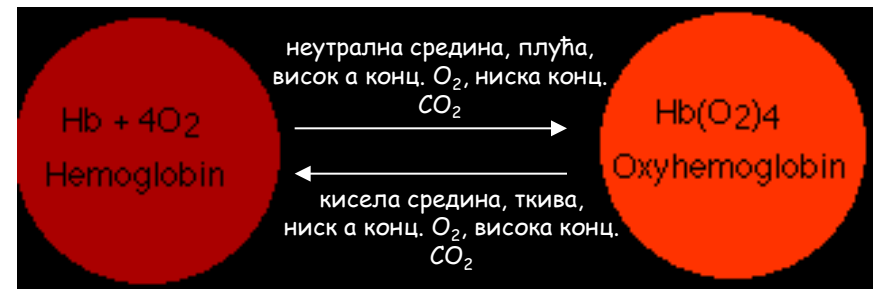
- Најбројнији су од свих крвних ћелија и има их око 5,4 милиона по микролитру крви (mm^3) код мушкараца и око 4,8 милиона код жена ($5,4 \times 10^6$ / μl или новије јединице - по литру $5,4 \times 10^{12}$ /l).
- Смањен број еритроцита назива се **еритропениа (анемиа)**, а повећан **еритроцитоза (полицитемиа)**.
- Ово су једине ћелије које кад се нађу у циркулацији више немају једру, без ког живе око 120 дана.

- Величине су око 5-7 микрона, имају спљоштен, округлао облик.
- У састав еритроцита улази протеин **глобин** за који је вазано једињење гвожђа **хем**. Заједно глобин и хем граде **хемоглобин**, органско једињење које преноси гасове у крви, што је и основна улога еритроцита. Ако је за њега везан O_2 назива се **окси-хемоглобин** (светлоцрвене боје) а ако



www.uwosh.edu/med_tech

- је вазан CO_2 **карбаминохемоглобин** (плавичасте боје).
- Хемоглобин везује O_2 тамо где му је концентрација висока (плућа), а ослобађа га у регионима ниске концентарције (остала ткива). Да би хемоглобин везао што већу количину кисеоника, потребан му је и већи простор у ћелији, који је обезбеђен изbacивањем једра из еритроцита.
- У одсуству кисеоника невезани хемоглобин има веће шансе да постане карбаминохемоглобин, чиме се даље смањује његов афинитет за O_2 .



■ Леукоцити

- Заступњени су у мањем броју од еритроцита и има их око 4-8(10) хиљада по микролитру крви (mm^3) ($4-8(10) \times 10^3 / \mu\text{l}$ или новије јединице - по литру $4-8(10) \times 10^9 / \text{l}$), што представља само око 1% крви одраслог човека. Уобичајено је да им број варира и да зависи од тернутног физиолошког статуса организма.
- Патолошки повећан број ових ћелија означен је као **леукоцитоза**, а смањен као **леукопениа**.
- Ове ћелије имају једро, које варира у облику и величини, у зависности од типа леукоцита, а и цитоплазма се јавља са и без гранула. Постоји одсуство ћелијске мембране, што им даје способност псеудоподијалног (амебоидног) кретања, због чега се провлаче кроз зидове капилара, иако им је пречник и до 20 микрона, што је знатно веће од дијаметра најмањих крвних судова.
- Имају есенцијалну улогу у одбрани организма и чине главну одбрамбену војску имуног система. Такође учествују и у свим алергијским реакцијама.
- Трају од неколико дана до неколико година, у зависности од типа леукоцита.

- Према грађи и намени подељени су у следеће групе:

леукоцити

агранулоцити

(немају грануле
у цитоплазми)

лимфоцити

чине 25-30%,
пречник 7-8 μm ,
стварају антитела,
штите од вируса, туморозних ћелија
регулишу цео имунитет

моноцити

чине 2-10%,
пречник 14-20 μm ,
у ткивима су означени као макрофаги
врше дигестију дотрајалих ћелија и патогена

гранулоцити

(имају грануле
у цитоплазми)

неутрофили

чине 55-70%,
пречник 10-12 μm ,
штите од бактерија,
штите од гљивица,
за грануле им се не
везује ни киселина
ни база

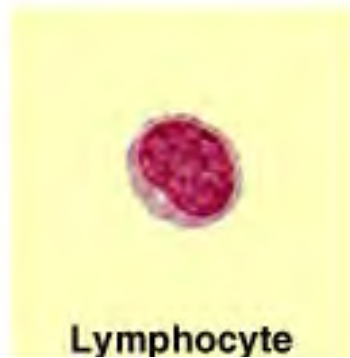
базофили

чине <1%,
пречник 12-15 μm ,
ослобађају хистамин код алергијске
реакције и модулишу алергије,
за грануле им се везује база

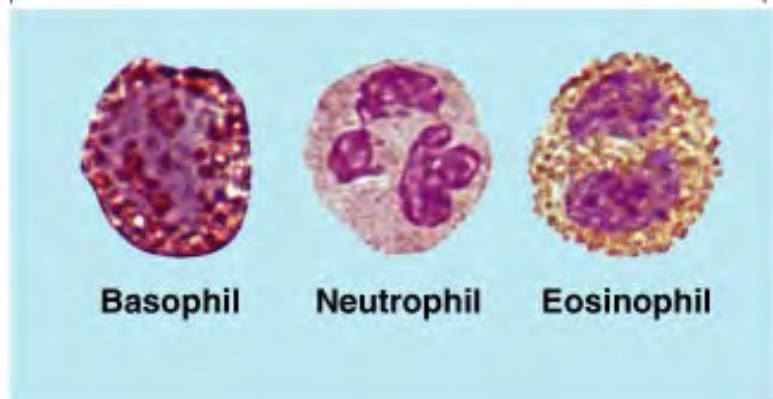
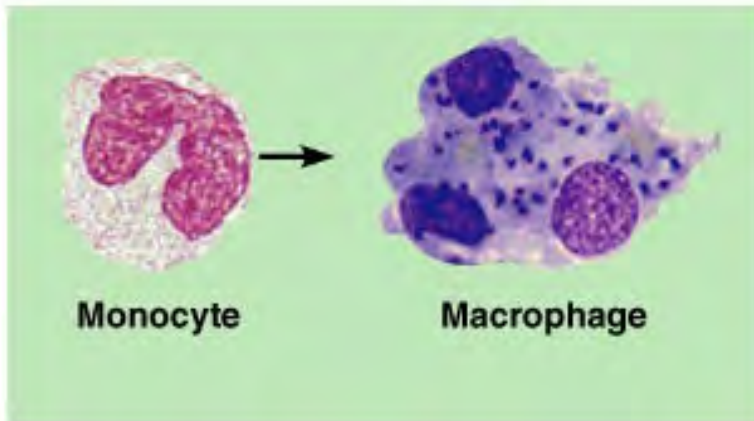
еозинофили

чине 1-6%,
пречник 10-12 μm ,
штите од паразита,
модулишу алергије,
за грануле им се
везује киселина

ЛЕУКОЦИТИ



→ агранулоцити



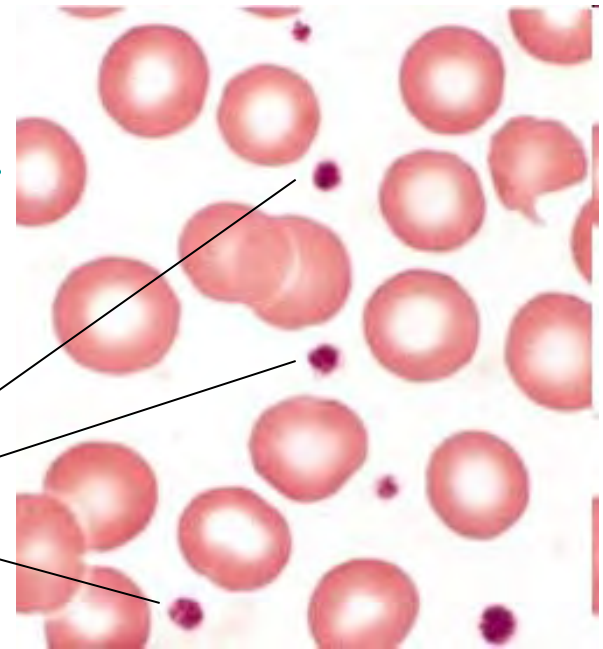
www.pathologystudent.com

→ гранулоцити

■ Тромбоцити

- Крвне плочице су најситнији крвни елементи, величине од 2-4 микрона. Суштински представљају фрагменте своје прекурсорске ћелије **мегакариоцита**.
- Има их око 150-400 хиљада по микролитру крви (тј. $150-400 \cdot 10^9$ /литру) и уобичајени животни век им је од 5-9 дана. Стари и дотрајали тромбоцити су фагоцитовани од стране макрофагних ћелија.
- Повећан број крвних плочица назива се **тромбоцитоза**, а смањен **тромбоцитопенија**.
- Имају круцијелну улогу у процесу згрушавања - коагулације крви.

тромбоцити

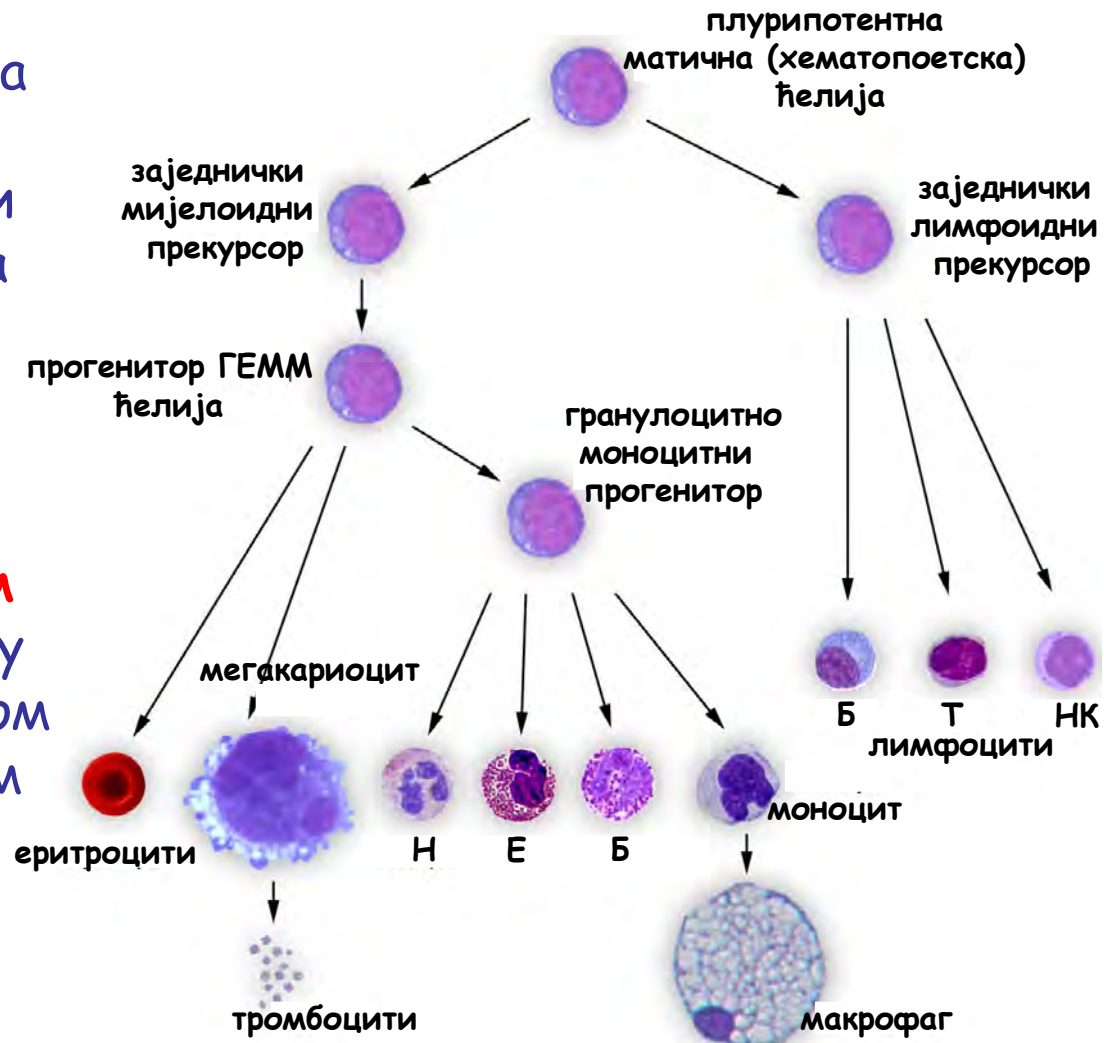


■ Коагулација

- Уколико повреда крвног суда изазове крварење, активираће се процес заустављања крварења, који називамо **згрушавање** или **коагулација**. На месту изласка крви настаје **угрушак – тромб**, који се касније осуши у красту. Угрушак формирају крвни елементи који су слепљени фибринским нитима насталим из фибриногена – протеина плазме. Из угрушка се одваја **крвни серум**, који у ствари представља плазму без фибриногена (дефбриногенизована плазма).
- Процес коагулације је једна каскада у којој учествује око 13 фактора. Укратко изгледа овако: након повреде зида крвног суда, на том месту се накупљају тромбоцити, који приликом распадања ослобађају супстанцу **тромбопластин**. Он мобилише тромбопластин из плазме и околних ћелија, и заједно са солима **Са** и витамином **К** делује на **протромбин** који се потом активира у **тромбин**. Уз присуство још неких фактора, тромбин делује на протеин плазме **фибриноген** из којег настаје **фибрин**, који својим нитима слепљује еритроците и леукоците у масу која формира угрушак.

ХЕМАТОПОЕЗА

- Хематопоеза је процес формирања ћелијских компоненти крви, који започиње у раној фази ембриогенезе.
- Почетак продукције ћелија је у жуманчаној кесици, касније се укључују слезина и јетра, а тек од петог месеца цео процес преузима косна срж.
- Родоначелник свих ћелија крви је **хематопоемска стем** ћелија која има јединствену способност да својом деобом и даљом диференцијацијом створи све остале крвне ћелије.



- Осим тога, она се обнавља и деобом даје идентичне ћерке ћелије, које остају у строми косне сржи и даље функционишу као матичне ћелије.
- Од те хематопоеетске – плурипотентне матичне ћелије прво се одвајају **прогенитори за мијелоидну и лимфоидну лозу**.
- Потом од мијелоидног прекурсора преко гранулоцитно-еритроцитно-мегакариоцитно-моноцитног прогенитора (ГЕММ) настају еритроцити, мегакариоцити, неутрофили, базофили, еозинофили и моноцити. Од мегакариоцита се фрагментацијом формирају тромбоцити, а од моноцита у ткивима настају макрофаги.
- Од лимфоидног прекурсора настају Т, Б, НК ћелије које све спадају у типове лимфоцита.
- Процес хематопоезе је изузетно комплексан и до најфинијих детаља генски детерминисан. Страшно сложена машинерија подразумева огроман број фактора раста и цитокина, који синхронизују цео процес.

■ Крвне групе

- До сада је откривен велики број система крвних група, али се у пракси одређују само **АБО** и **Rh (Rh)** групе.
- Под крвним групама подразумевају се врсте крви класификоване у одређене групе које се одликују:
 - * сталним и непроменљивим природним антителима у серуму
 - * сталним и непроменљивим природним антигенима на површини еритроцита
- Антитела у серуму су означена као алфа и бета а антигени као **A** и **B**. Према антигену који садрже, крвне групе су и добиле своја имена.
- Крвне групе **A**, **B** и **O** је 1900. године открио Landsteiner, а две године касније су његови сарадници открили и **AB**.

Крвна група (учесталост)	Антиген	Антитело
O (45%)	-	алфа и бета
A (40%)	A	бета
B (10%)	B	алфа
AB (5%)	AB	-

- Резус систем крвних група је најкомпликованији од свих и до сада је откривено око 50 антигена. Међутим, најјачи имуноген је **Д антиген** и у медицинској пракси он је најзначајнији. Еритроцити који на својој мембрани **имају** Д антиген означени су као **Rh+** а они који **немају** као **Rh-**.
- Приликом трансфузије строго се мора водити рачуна о компатибилности између даваоца и примаоца крви. У противном, долази до тешког оштећења еритроцита, које може довести и до смртог исхода.

Д р	О+	О-	А+	А-	Б+	Б-	АБ+	АБ-
О+	*	*	-	-	-	-	-	-
О-	-	*	-	-	-	-	-	-
А+	*	*	*	*	-	-	-	-
А-	-	*	-	*	-	-	-	-
Б+	*	*	-	-	*	*	-	-
Б-	-	*	-	-	-	*	-	-
АБ+	*	*	*	*	*	*	*	*
АБ-	-	*	-	*	-	*	-	*

- Наслеђивање крвних група се врши према Менделовим правилима. А и Б групе су доминантне а О рецесивна.

Фенотип	Генотип
О	ОО
А	АА или АО
Б	ББ или БО
АБ	АБ

- Услед неподударности у Rh факторима између мајке и бебе, може доћи до **хемолитичке болести новорођенчета**. Ово настаје најчешће кад Rh- мајке носе Rh+ бебе, па у мајчиној крви долази до стварања анти-Д антитела. У наредној трудноћи, ако је плод опет Rh+, нагло расте титар ових антитела, која пролазе плаценту и угрожавају плод.
- Ово је могуће избећи тако што се породиљама након прве Rh инкомпатибилне трудноће дају медикаменти који спречавају настајање анти-Д антитела.

ИМУНИ СИСТЕМ

- Имунитет је развијен јер су организми током еволуције били приморани да ради одржања сопственог интегритета успоставе механизам одбране.
- Овај механизам је толико усавршен да представља један од најкомплекснијих система, који обухвата бројне чиниоце који сви међусобно интерагују.
- Било која страна материја тј. биолошки ентитет (вируси, бактерије, токсини, трансформисане ћелије и сл.) који се нађе у организму и у стању је да изазове имуну реакцију, означен је као **антиген**. Протеини - имуноглобулини који циркулишу у организму и који су у стању да неутралишу антигене означени су као **антитела**.
- Контакт антиген - антитело је изузетно специфичан и представља имуну реакцију која доводи до елиминације штетног агенса.
- У оквиру одбране постоје две врсте одговора:
 - 1) **неспецифичан** - учествују ћелије које имају способност фагоцитозе и систем комплемента
 - 2) **специфичан** - укључене су различите имунокомпетентне ћелије и антитела

- Постоје три нивоа одбране организма:

1) **физичка баријера** – прва линија одбране; чине је кожа као и мукозне мембране дисајних путева, дигестивног и репродуктивног система

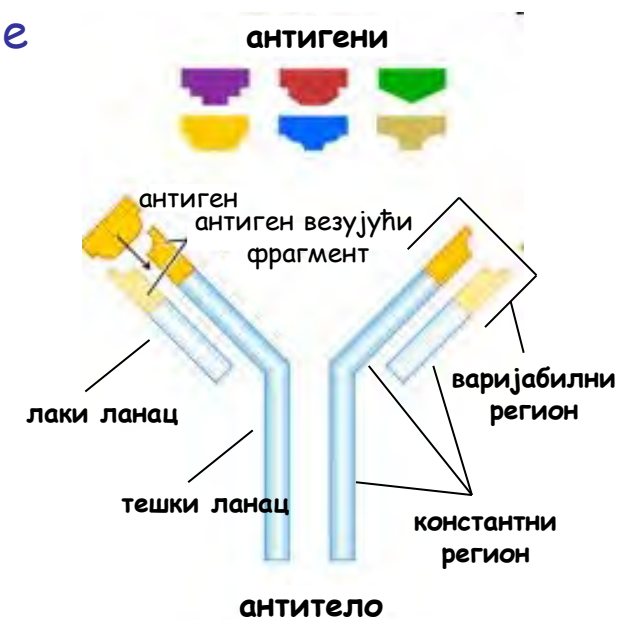
2) **урођени имунитет** – представља другу линију одбране; чине га претежно макрофагне ћелије које својом способношћу фагоцитозе елиминишу нежељеног уљеза; у овај имунитет су укључени и протеини комплемента који су у стању да перфорирају зидове бактеријских ћелија као и НК (natural killer) ћелије које такође уништавају бактерије, паразите, канцер ћелије итд. Ова одбрана је неспецифична.

3) **адаптивни – стечени имунитет** – представља трећу линију одбране, развијену само код кичмењака; чине га антитела и Т ћелије; овај је систем природа дизајнирала тако да може да заштити од скоро свих антигена, а нарочито је ефикасан против вируса. Ово је антиген-специфичан одговор имуног система и остаје у организму годинама

- Ако су у одбрану укључена антитела онда се такав имуни одговор назива **хуморални**. Ако су у одбрану укључене различите имунокомпетентне ћелије онда је он означен као **целуларни (ћелијски)**.

- **Антитела**

- Антитела су имуноглобулини које производе специфично диференцирани Б лимфоцити означене као **плазма ћелије**.
- Код људи постоји пет класа антитела:
 - * **IgM** - прва класа антитела која је еволуирала, у имуној реакцији учествује са системом комплемента
 - * **IgD** - чине антитела на површини Б ћелија и активирањем базофила учествује у респираторној имуној одбрани
 - * **IgG** - пролазе плаценту, помажу НК ћелијама и комплементу
 - * **IgA** - налазе се у мајчином млеку и путем сисања беба стиче одређену врсту имунитета, штити мукозне површине
 - * **IgE** - учествује у одбрани против паразита као и у алергијским реакцијама
- Антитела делују тако што **опсонизују специфичан антиген** и тај комплекс антиген-антитело бива даље разорен или комплементом или макрофагом ћелијом.



- **Т лимфоцити**

- Т ћелије представљају основу целуларног адаптивног одговора.
- Деле се на **CD4+ Т ћелије – помагачи Т лимфоцити** и на **CD8+ Т ћелије – цитотоксични лимфоцити**. CD4+ Т лимфоцити лучењем одређених фактора (citoкина) помажу цитотоксичним Т лимфоцитима да униште вирусом инфицирану ћелију.

- Адаптивни имунитет може бити:

а) **природни** – стиче се током живота излагањем одређеним антигенима (грип, богиње, заушке итд.) (активни) или се добија преко плаценте током ембрионалног развића или дојењем непосредно након рођења (пасивни)

б) **вештачки** – који може бити пасивни (у организам се уноси серум или имуноглобулини претходно имунизованог организма) и који може бити активни (стиче се путем вакцинација)

- * **Вакцине** су **мртви (инактивирани)** (грип, колера, куга, полио вирус, хепатитис А, ковид-19-синофарм) или **умртвљени (атенуирани) организми** (рубеола, заушке, жута грозница, туберкулоза), **њихови токсини** (дифтерија, тетанус) или **вирулентни делови** (хепатитис Б, папилома вирус, ковид-19) који изазивају одређену болест. Апликацијом вакцине, организам стиче моћ да препозна, запамти и уништи патоген када у будућности дође у контакт са њим.

- Едвард Џенер, 1796. год.
- Lat. *Vacca* (крава) —————> вакцинација



https://en.wikipedia.org/wiki/Edward_Jenner



<https://en.wikipedia.org/wiki/Smallpox>

ЛИМФНИ СИСТЕМ

- Слично као и кардиоваскуларни систем и лимфни се састоји од мреже **лимфних судова** распрострањених по целом телу, као и **лимфних жлезда** (лимфни чворови) и **лимфних органа** (слезина, крајници, тимус).
- Кроз лимфни систем циркулише **лимфа**, бела, беланчевинаста течност која је настала филтрацијом и дифузијом из плазме и течности у међућелијском простору ткива. Она садржи лимфоците, остатке непотребних ћелија као и патогене.
- Наиме, крвни капилари изливају свој садржај у ћелије смештене око њих, и на тај начин оне преузимају хранљиве материје и O_2 . Али, $1/6$ крви се не враћа у капиларе, него остаје и међућелијском простору и ту формира међућелијску течност, која је онда преузета од стране ситних лимфних капилара и тако се формира лимфа. Лимфни капилари се слепо завршавају са једне стране а са друге се удружују и формирају све веће и веће лимфне судове, који се на крају изливају у леву и десну вену субклаву.

- Две основне функције овог система су:
 - 1) **да врши дренажу**, тј. да извлачи течност накупљену у ткивима и да је враћа у циркулацију, чиме одржава константан волумен крвотока, као и његову концентрацију
 - 2) **да брани организам** како од патогена тако и од дотрајалих и трансформисаних ћелија
- **Лимфни чворови (лимфни нодуси)**
 - Варирају у величини од 1-15 mm и налазе се или на прегибима тела (препона, пазух, испод мандибуле итд.) или пак у дубини тела (уз трахеје, бронхије, уз слепо црево).
 - Представљају накупине лимфног ткива опкољеног везивом, које служи за пречишћавање лимфе или пак за синтезу ћелија беле крвне лозе.
- **Крајници (тонзиле)**
 - Ово су парни лимфни органи глатке површине и величине око 1-2 cm. Само лимфно ткиво је дебљине око 2 mm, а покривено је вишеслојним епителом.
 - Налазе се са леве и десне стране корена језика и представљају прву линију одбране од патогена који улазе оралним путем или се инхалирају.

■ Тимус

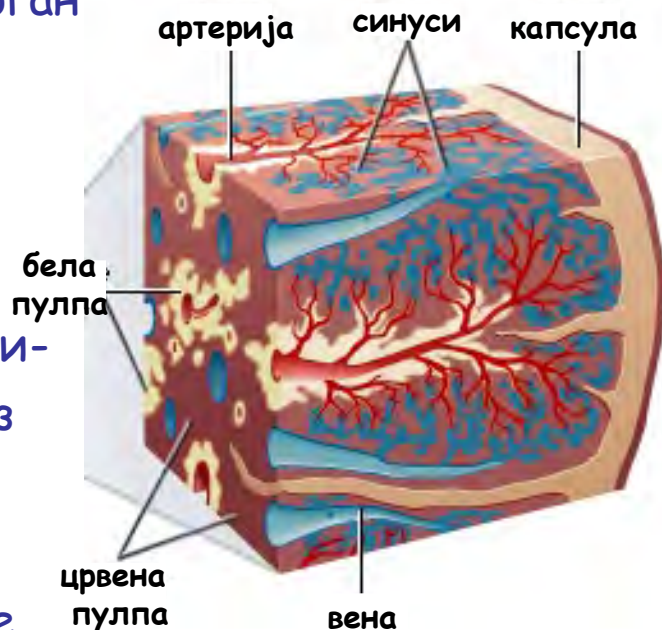
- Тимус или грудна жлезда смештена је у предњем медијастинуму, испод стернума. Спада и у жлезде са унутрашњим лучењем.
- Сматра се да је она место матурације тј. сазревања Т лимфоцита.
- Активна је само до пубертета и после атрофира.

■ Слезина

- Смештена је испод левог свода дијафрагме, дужине је око 12 см и највећи је лимфни орган. Споља је глатка, обавијена везивном капсулом, а на пресеку је тамно црвена због обиља крви у њој. Слезина је један од највећих депоа крви. Ово је једини лимфни орган који је уклопљен у крвни систем.
- Унутар слезине налазе се два типа ткива:

1) **црвена пулпа** – зона везивног ткива и крви, богата еритроцитима, макрофагима, гранулоцитима. Има улогу у елиминацији патогена, токсина, као и истрошених еритроцита и тромбоцита из крви.

2) **бела пулпа** – мање заступљено ткиво беле боје, тј. то су острвца лимфоцита (чворићи). Овде сазревају и пролиферишу Б лимфоцити и долази до продукције антитела од стране плазма ћелија.



<http://media.web.britannica.com>