

Универзитет у Београду  
Факултет спорта и  
физичког васпитања

Др Марија Мацура



**Ova prezentacija je nekomercijalna.**

Slajdovi mogu da sadrže materijale preuzete sa Interneta, stručne i naučne građe, koji su zaštićeni Zakonom o autorskim i srodnim pravima.

Ova prezentacija se može koristiti samo privremeno tokom usmenog izlaganja nastavnika u cilju informisanja i upućivanja studenata na dalji stručni, istraživački i naučni rad i u druge svrhe se ne sme koristiti –

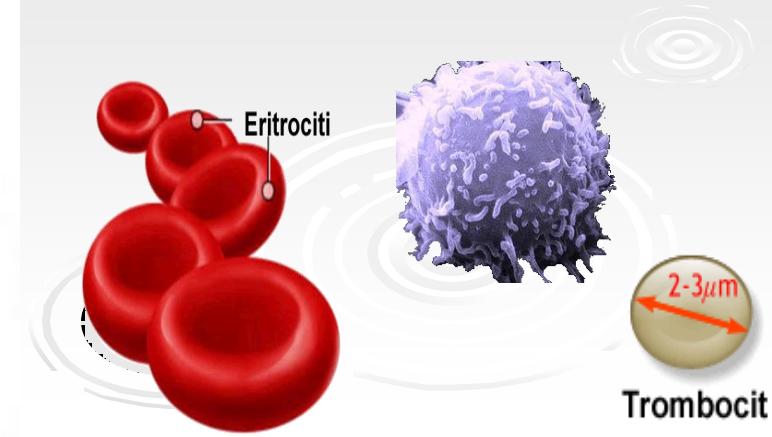
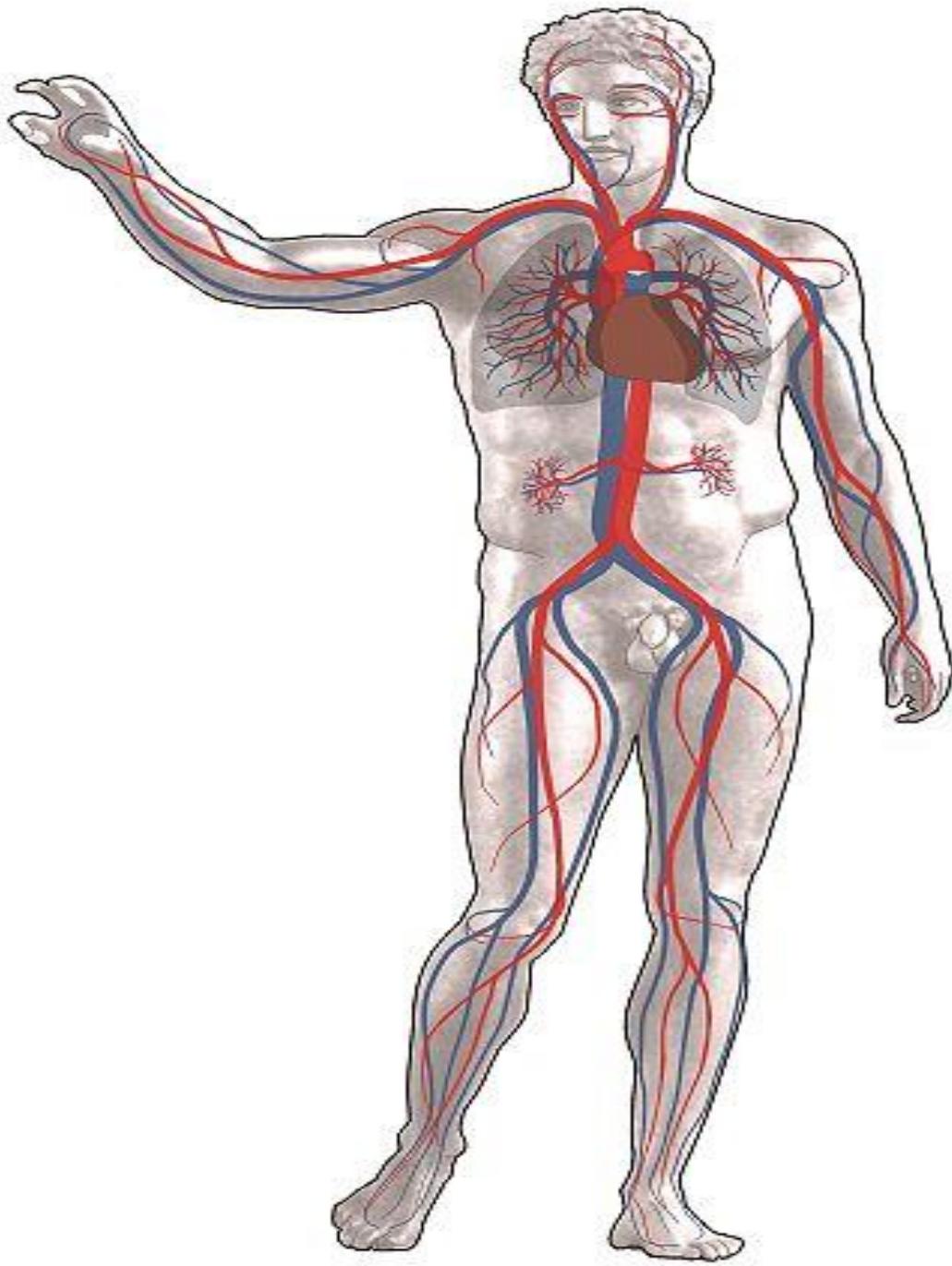
Član 44 - Dozvoljeno je bez dozvole autora i bez plaćanja autorske naknade za nekomercijalne svrhe nastave:

(1) javno izvođenje ili predstavljanje objavljenih dela u obliku neposrednog poučavanja na nastavi;

- ZAKON O AUTORSKOM I SRODNIM PRAVIMA  
("Sl. glasnik RS", br. 104/2009 i 99/2011)

# РАЗВОЈ КАРДИОВАСКУЛАРНОГ СИСТЕМА





# Kardiovaskularni sistem

**Zatvoreni sistem krvnih sudova**

u kome je inkorporirano **srce**

koje svojim kontrakcijama i dekontrakcijama

**obezbeđuje stalni tok krvi**

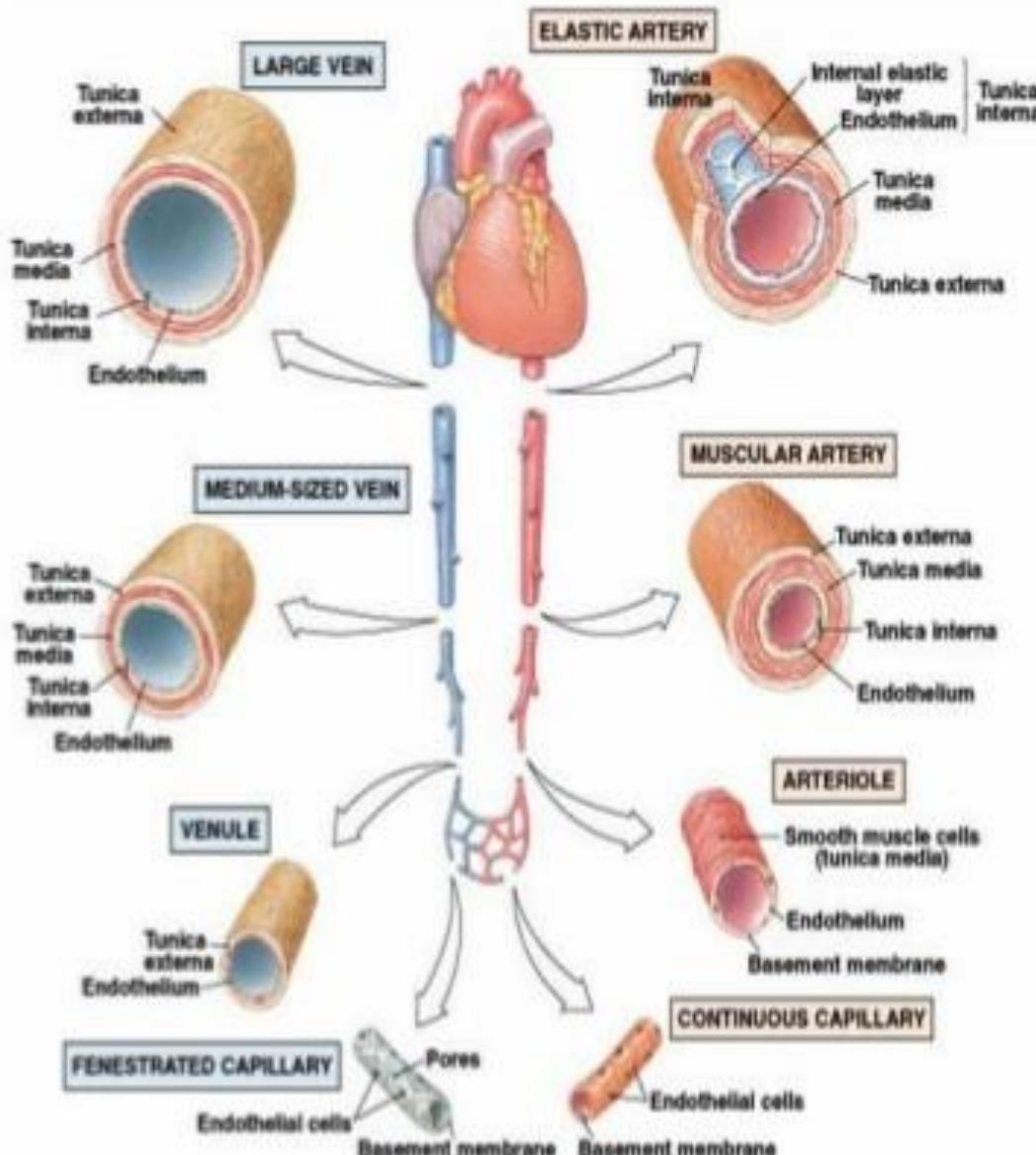
- Sistem koji omogućava da se izvrši rad
- Kvalitet
- Količina rada

- SRCE
- KRVNI SUDOVI
- KRV

# Funkcija i osnovni delovi KVS

## KVS

- ima funkciju transportnog sistema u organizmu.
- doprema "gorivo" iz hrane kiseonik iz vazduha u ćelije, gde dolazi do sagorevanja i oslobođanja energije, potrebne za funkcionisanje организма.
- krv odnosi produkte sagorevanja iz ćelije ( $\text{CO}_2$  i  $\text{H}_2\text{O}$ ).



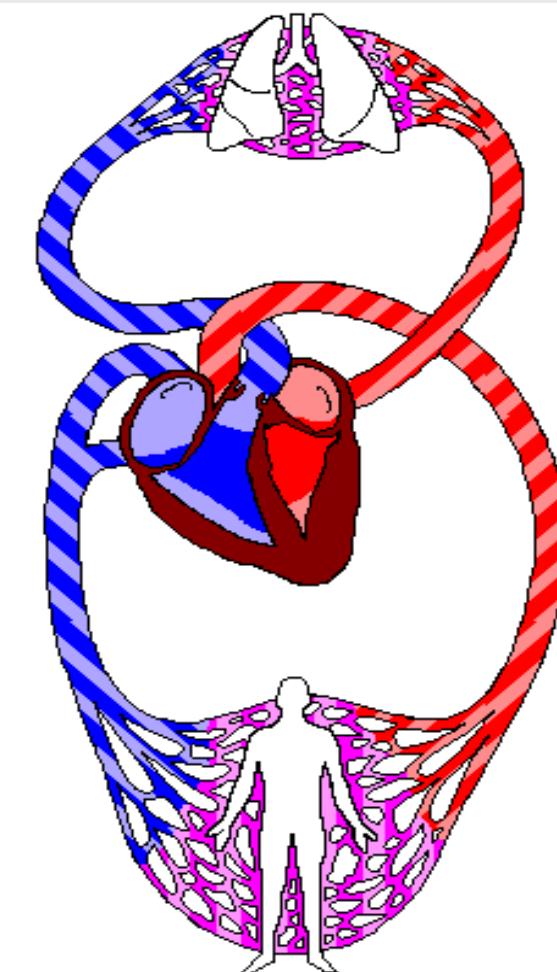
25. decembar 2014

Source: M. Jouan, MSc. Thesis, 2005.

# SRCE I KRVOTOK

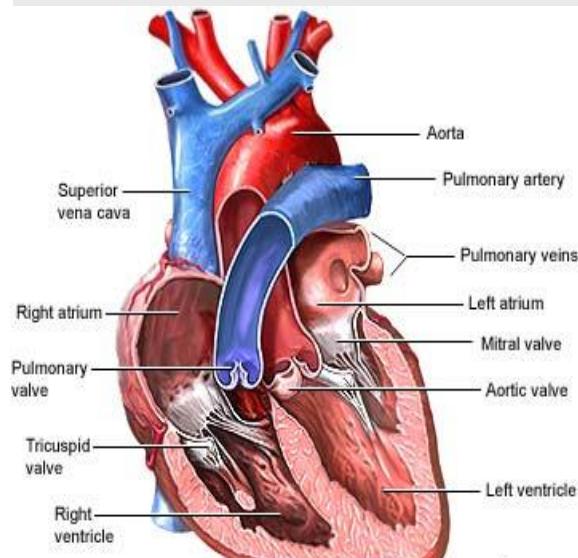
Srce je dvostruka pumpa, koja pumpa krv kroz dva cirkulatorna sistema: **pulmonalni** (mali) (~20%) i **sistemski** (veliki) krvotok (~80%).

Naše srce se kontrahuje (kuca) oko **70** puta u minuti i oko **30 miliona** puta tokom jedne godine!

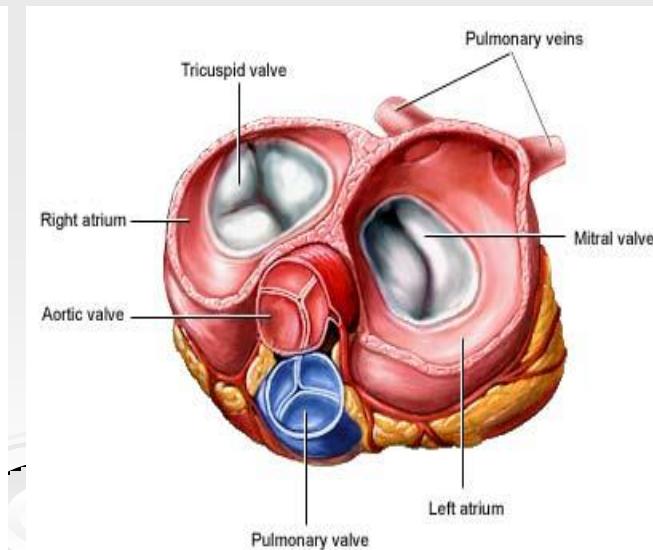


Energija potrebna za istiskivanje krvi u krvotok dobija se kontrakcijom mišića atrijuma, odnosno ventrikula.

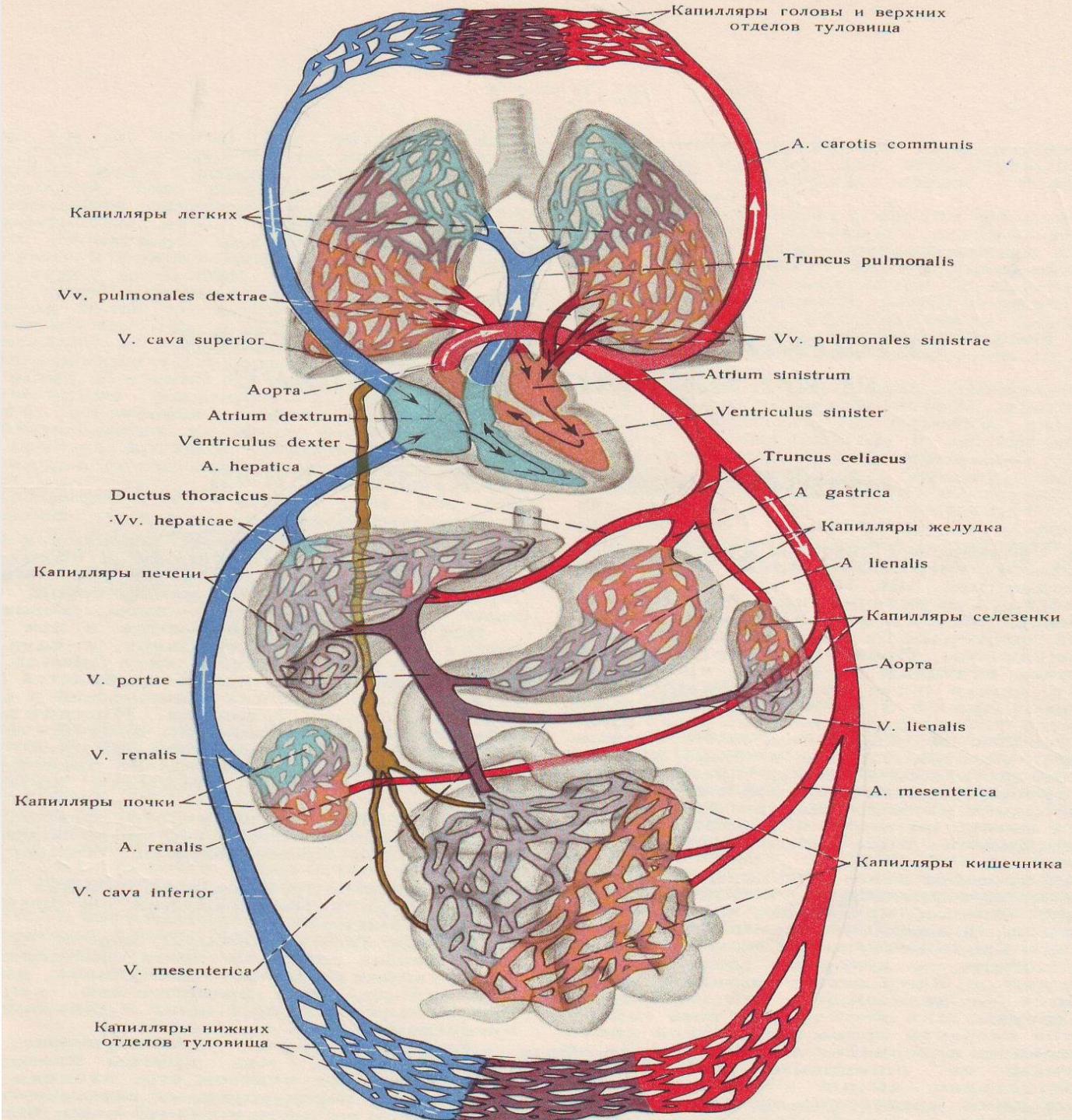
Smjer kretanja krvi obezbeđuju srčani zalisci (valvule), od kojih se jedan par nalazi između atrijuma i ventrikula (mitralna i triskupidna valvula), a drugi je između ventrikula i aorte, odnosno pulmonalne arterije.



adam.com



adam.com



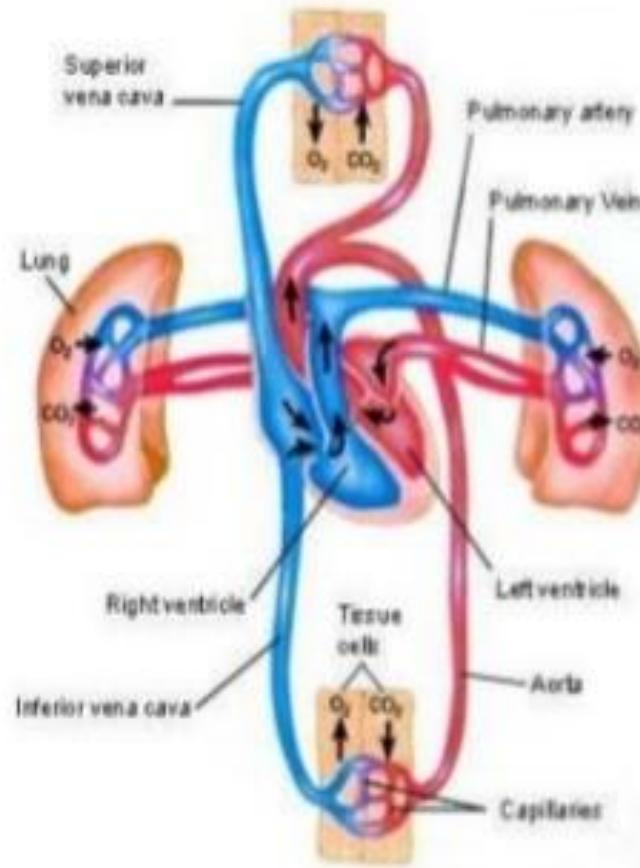
# КРВОТОК

## Велики крвоток:

- Лева комора
- Аорта
- Артерије
- Капилари
- Вене
- Г. и д. шупља вена
- Десна преткомора

## Мали крвоток:

- Десна комора
- Плућна артерија
- Плућни капилари
- Плућна вена
- Лева преткомора



# Kardiovaskularni sistem

## **Veliki ili sistemski krvotok**

*Srce, aorta, arterije, arteriole, kapilari, venule, vene*

## **Mali ili plućni krvotok**

*Srce, plućne arterije, kapilari, plućne vene*

# Veliki ili sistemska krvotok



# Mali ili plućni krvotok

**srce** → **truncus pulmonalis** (2plućne arterije),  
**manje grane**

Desna  
komora



Leva  
predkomora

**plućni kapilari**

**4 plućne vene**

**srce**

# Glavna funkcija

**Transport**

**Snabdevanje tkiva** kiseonikom hranljivim i drugim potrebnim materijama

**Odnošenje produkata** metabolizma

**Humoralna komunikacija** tkiva i organa (hormoni i druge bioaktivne supstance, IL1...)

**Održavanje telesne temperature**

# Srce



# Srčani mišić

*Poprečno prugasti*

Srčana mišićna vlakna su **niz srčanih mišičnih  
ćelija** serijski vezanih jedna za drugu.  
**Vlakna se dele i prepliću medjusobno**

Ćelijske membrane spojene mostovima gde je  
**400 puta manji električni otpor**

# HISTOLOŠKA SLIKA SRČANOG MIŠIĆA



Slika 9-2. »Sincijumska« priroda srčanih mišićnih vla-kana

# Srčani mišić

Povezanost mišićnih ćelija čini

**funkcionalni sincicijum**

**Pretkomora**

i

**funkcionalni sincicijum**

**Komora**

*koji su međusobno odvojeni fibroznim tkivom*

# Srčani mišić

Zbog povezanosti ćelija **akcioni potencijal** se  
**širi na sve mišićne ćelije i**  
**srčani mišić pretkomora/komora**  
**funkcioniše kao sincicijum** (jedna ć.),  
**po zakonu “sve ili ništa”**

Permisivna sposobnost srca-autoregulatorni mehanizmi koji obezbedjuju da se bez povećanja frekvence poveća minutni volumen (odstupanje od zakona “sve ili ništa”)

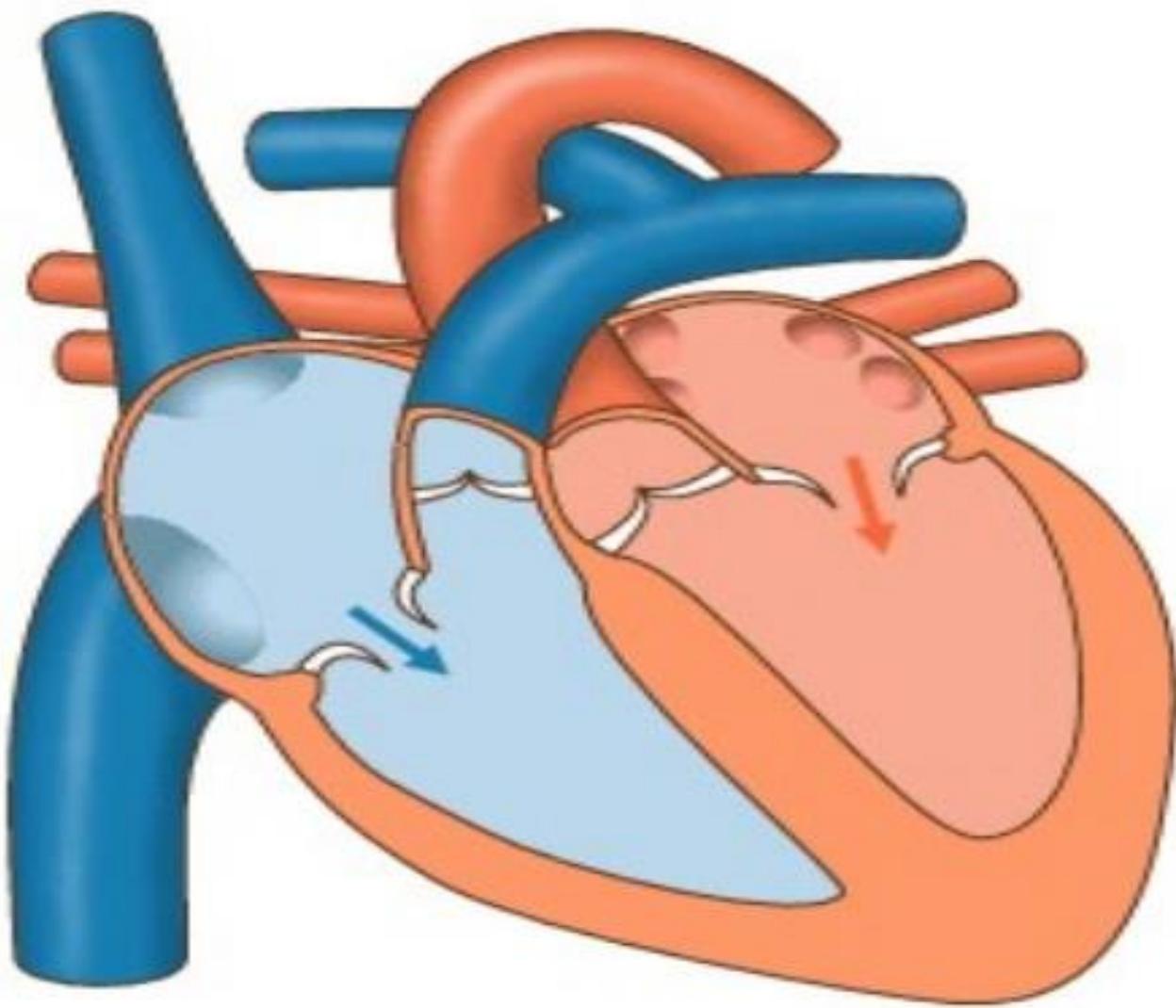
# Anatomija srca

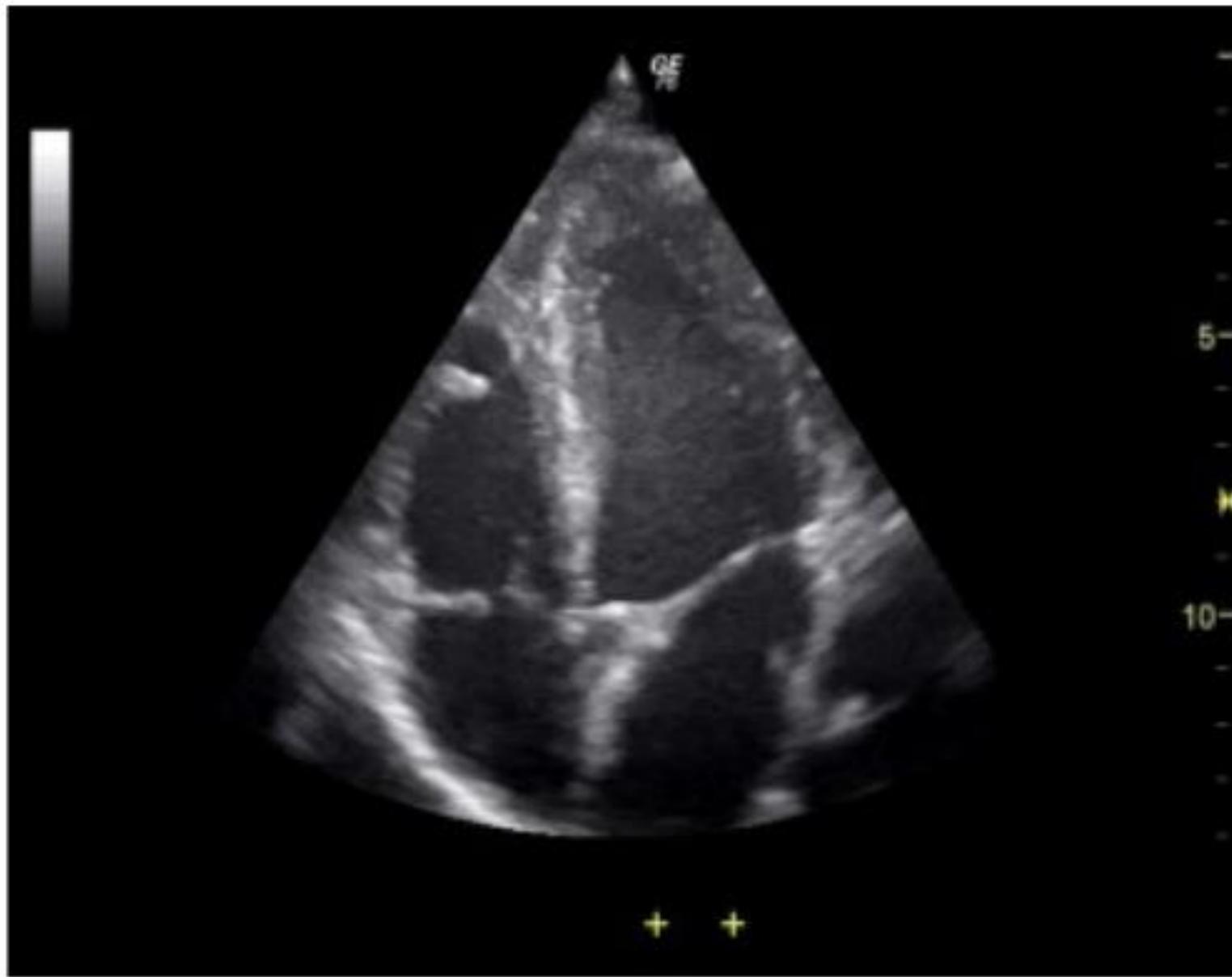
## **Leva i desna pretkomora**

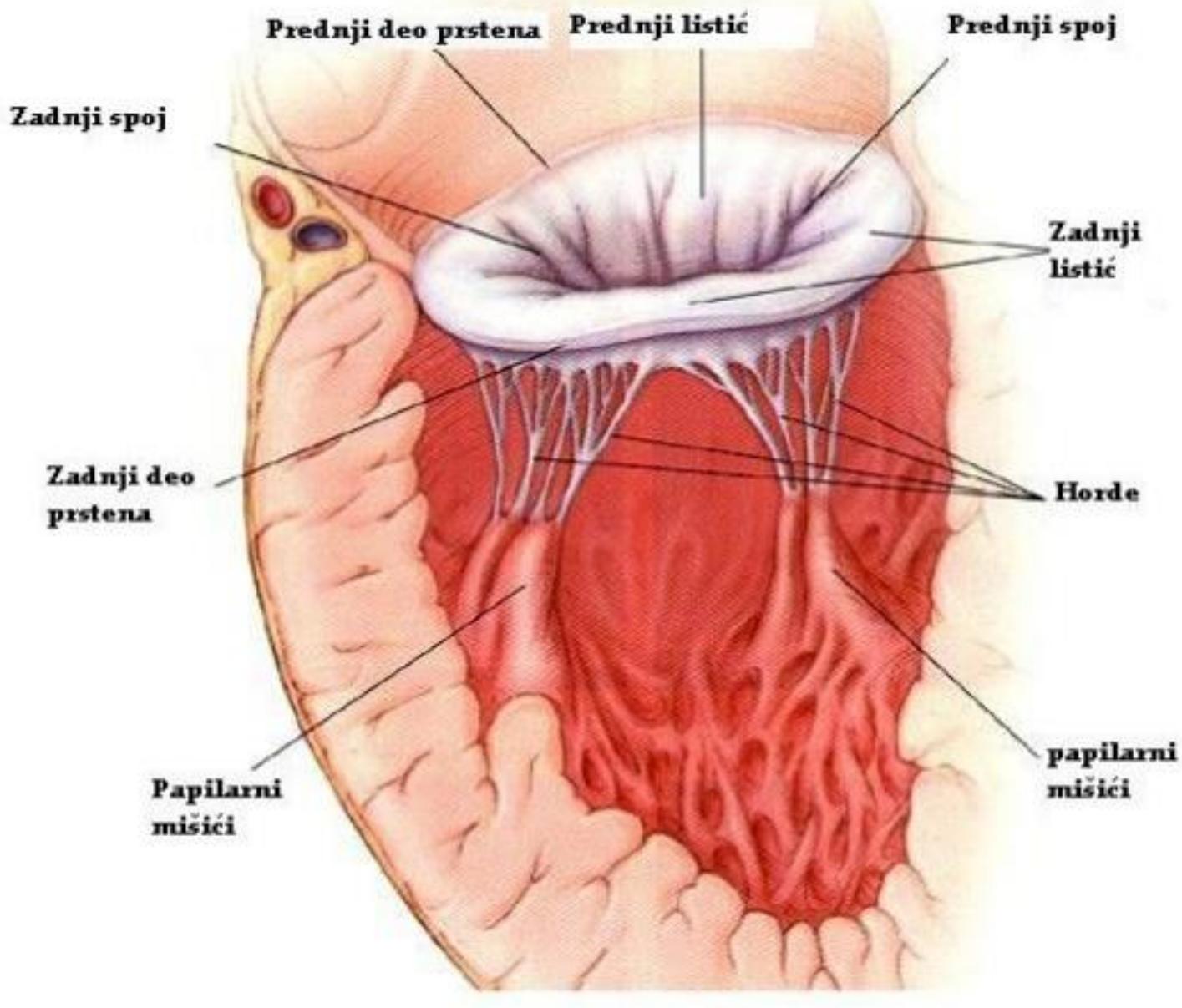
Fibrozni prsten izmedju komora i pretkomora sa  
**atrioventrikularnim zaliscima**  
(levo bikuspidalni, desno trikuspidalni)

## **Leva i desna komora**

**Semilunarni zalisci aorte i plućnih arterija**







# **REGULACIJA RADA SRCA**

- a) Autoregulacija srčanog rada (Frank-Starlingov zakon)



Otto Frank 1865 - 1944



Ernest Henry Starling 1866 – 1927

- b) Autonomni nervni sistem (simpatički i parasimpatički nervi)

## **Autoregulacija srčanog rada**

### **Frank-Starlingov zakon:**

U fiziološkim granicama srce će ispumpati svu krv koja u njega dođe, ne dozvoljavajući da se prevelika količina krvi nakuplja u venama.

- Kod povećanog dotoka krvi mišić se više istegne a istegnuti mišić (u fiziološkim granicama) će se kontrahovati jačom silom, zato što su onda aktinski i miozinski filamenti u optimalnom stepenu preklapanja za razvoj kontrakcije.
- Istezanje zida desne prekomore povećava srčanu frekvenciju čak za 10-20%.

## **Autonomni nervni sistem**

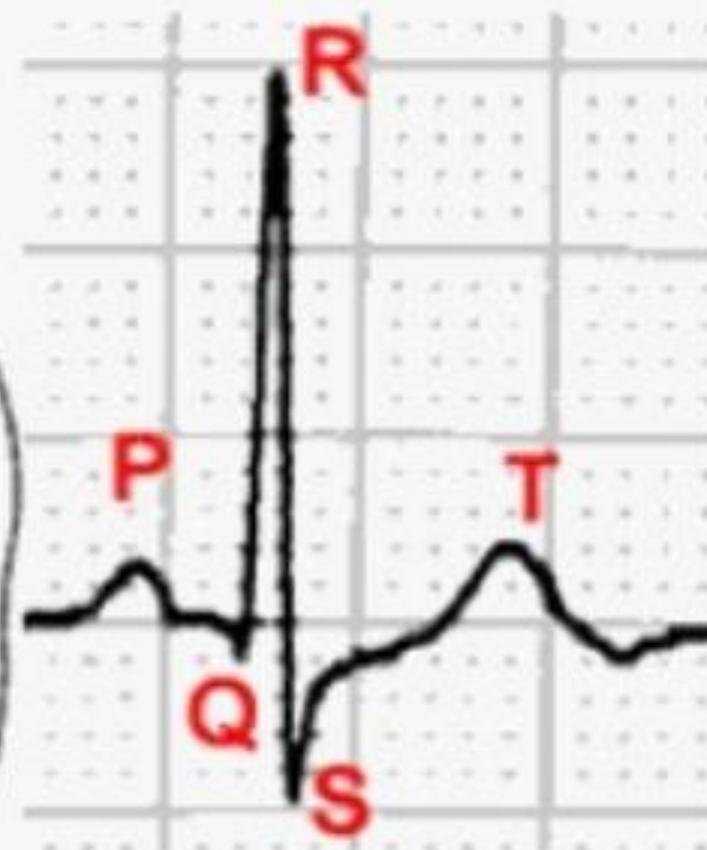
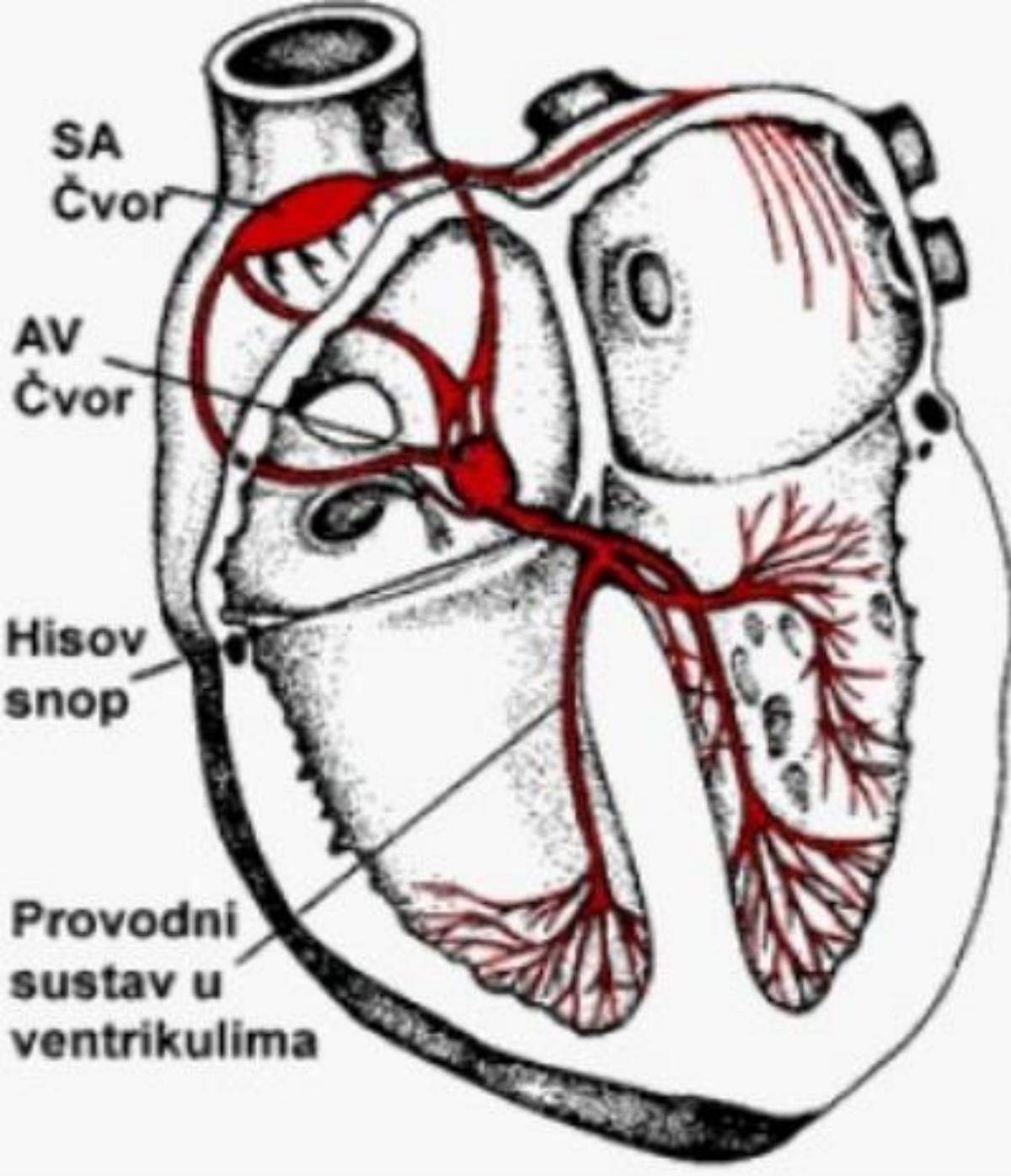
(simpatički i parasimpatički nervi)

- kontrola frekvencije i snage srčane kontrakcije

## **Спроводни систем срца**

Срце ради самостално (автоматски) јер има ћелије које имају посебну улогу у стварању и преносу импулса, у које спадају:

1. Ћелије сопственог специфичног аутономног система за стварање и спровођење импулса,
2. Ћелије радне мускулатуре миокарда преткомора и комора



# Anatomija srca

Funkcionalno:

Pretkomorski

i

komorski sincicijum

Funkcionalnu povezanost celog srca  
obezbedjuje sprovodni sistem

# Sprovodni sistem srca

## 1. Sinoatrijalni čvor (SA)

**spontana podražljivost**

- **obezbedjuje automatizam**
- **predvodnik srčanog ritma**

# Sprovodni sistem srca

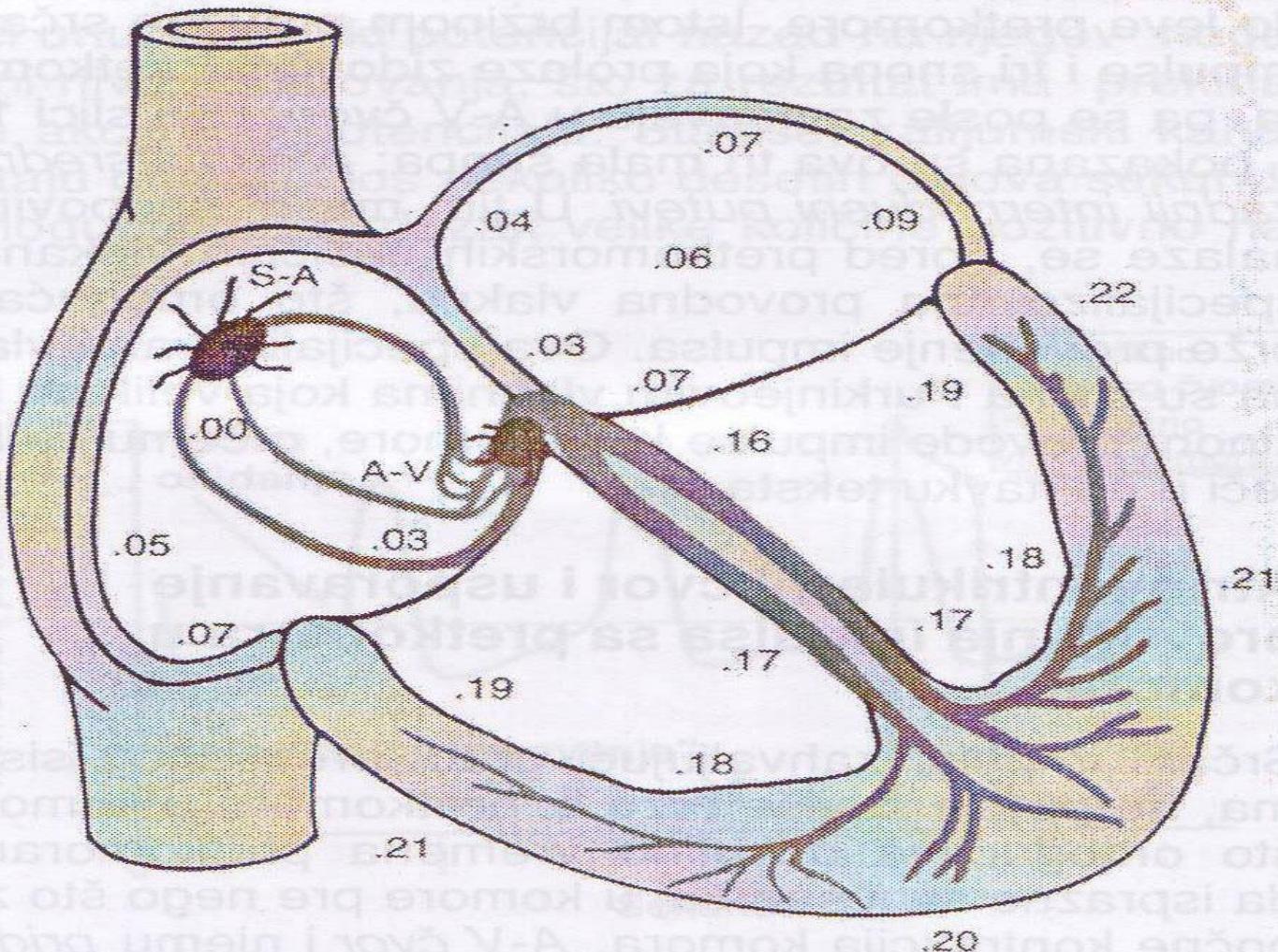
**2. Internodusna vlakna** - veza SA i atrioventrikulanog (AV) čvora

**3. AV čvor AV snop**

**4. Leva i desna grana Hisovog snopa**

**5. Purkinjeva vlakna**

# Sprovodni sistem srca



**Slika 10-4.** Prenošenje impulsa kroz srce; pokazano je vreme pojavljivanja (u delovima sekunde nakon inicijalne pojave u S-A čvoru) u različitim delovima srca

# Normalno provođenje implusa

Sinoatrijalni čvor



AV čvor



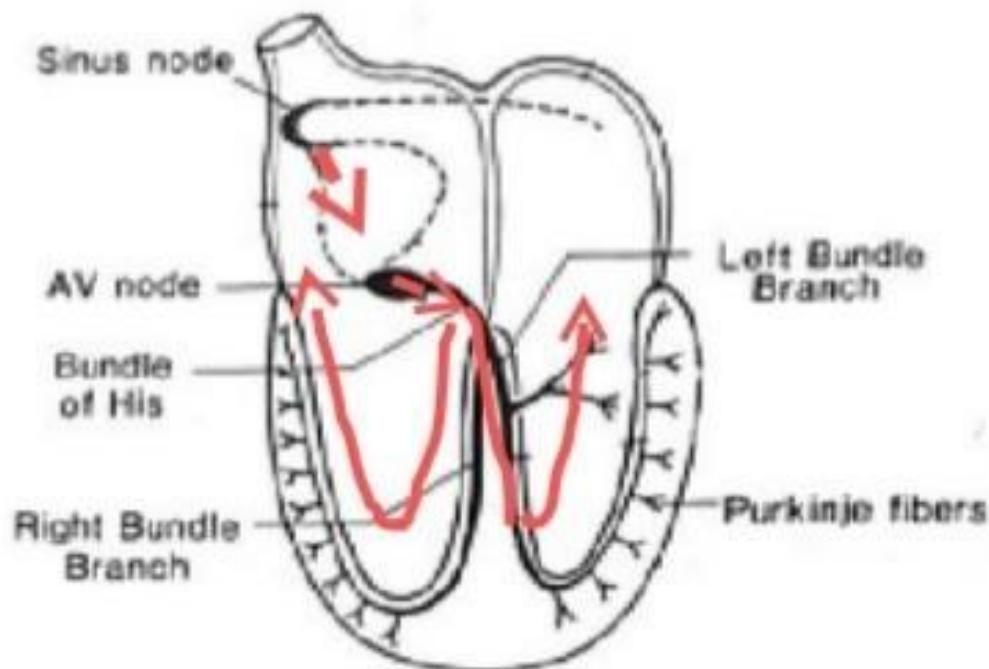
Hisov snop



Grane snopa



Purkinijeva vlakna



# Kontrakcija srčanog mišića

Energija za rad s. mišića  
**95% iz ATP-a**, koji potiče  
**iz razgradnje masnih kiselina (75%)**  
i ugljenih hidrata (25%)

# Sprovodjenje akcionog potencijala

- Brzina sprovodjenja akcionog potencijala u mišićima pretkomora i komora je 30-40cm/sec
- **10 puta sporije nego u skeletnom mišiću**, oko 300 puta sporije nego u mijelinskim n. vlaknima.

# Srčani ciklus

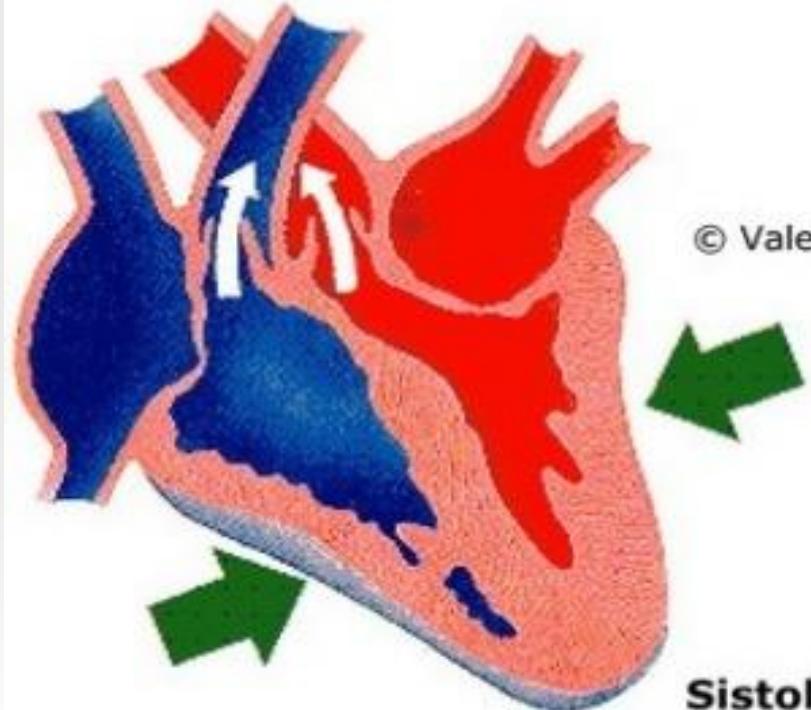
Period izmedju **dva uzastopna početka** ili dva uzastopna završetka **kontrakcije** srčanog mišića

Sastoji se od faze kontrakcije (**sistola**) i faze dekontrakcije (**dijastola**)

Odredjen je **frekvencijom**, sa porastom frekvencije ciklus se skraćuje na račun dijastole

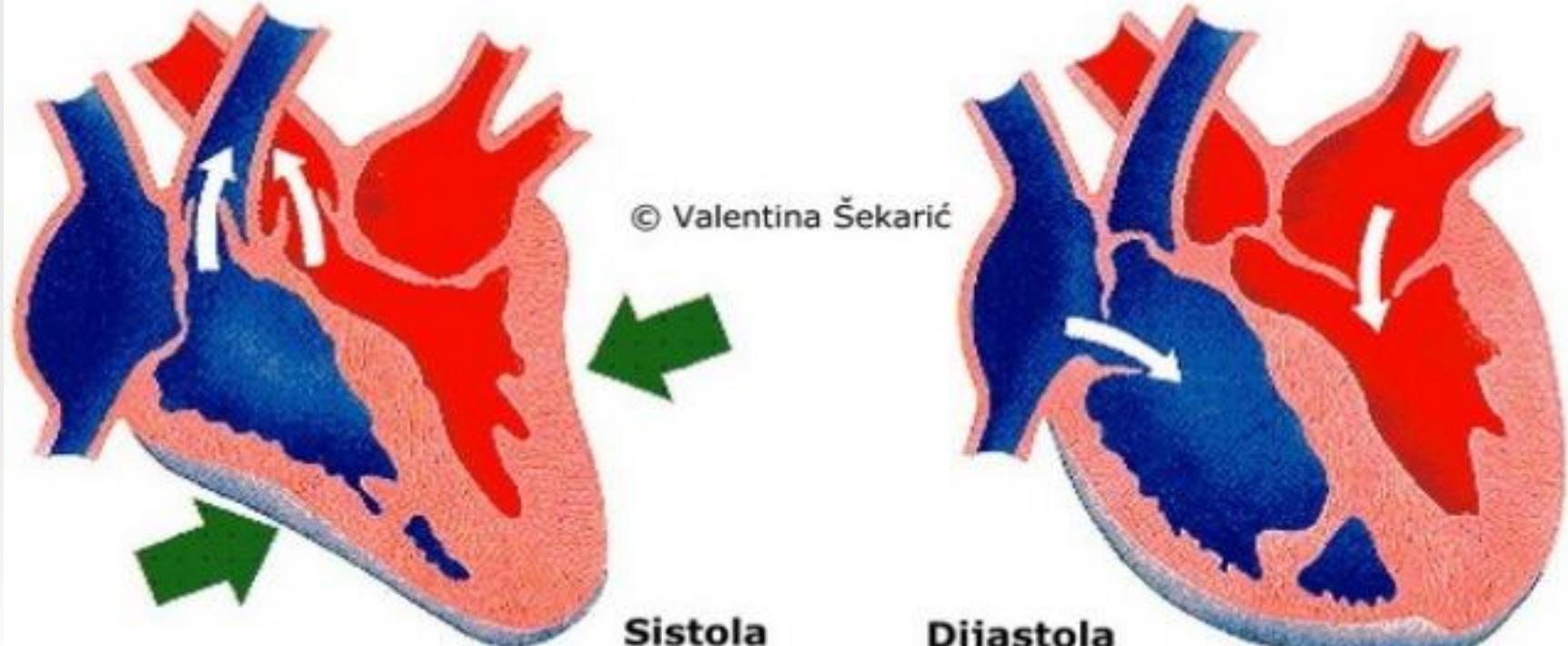
# Srčani ciklus – period od početka jedne kontrakcije do početka druge kontrakcije

Sastoji se od:



© Valentina Šekarić

**Sistola**



**Dijastola**

Kontrakcija srca

Opuštanje srca

# Srčani ciklus

**Srčana frekvencija:** broj kontrakcija u minuti  
**(65 – 75/min)**

Recipročna vrednost frekvencije je srčani ciklus  
**( $60'' / 75 = 0.8 \text{ sec.}$ )**

*( $75 / \text{min} ; \text{min} / 75 = 60'' / 75$ )*

# RAZVOJ FS

- NN 120-130/min
- Opada na 75/min

# Puls

**Periferni odraz srčane aktivnosti**

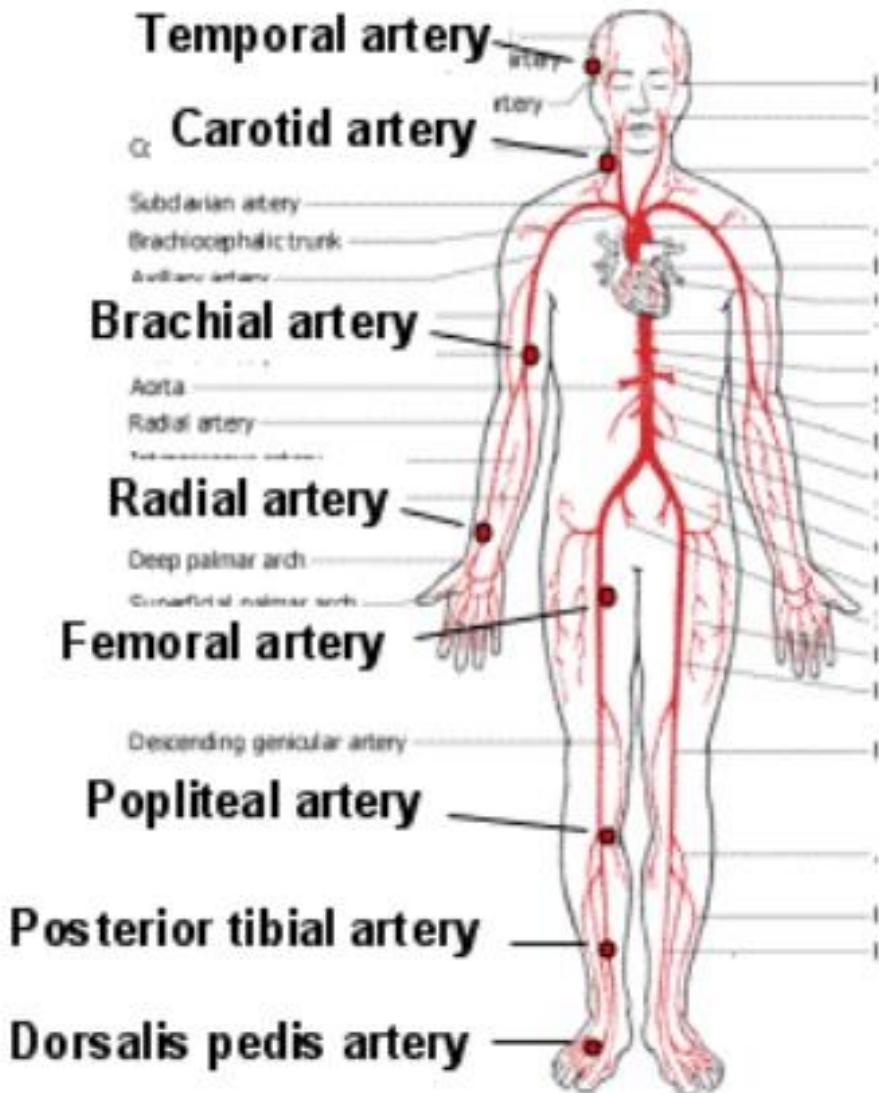
(odraz oscilacija arterijskih zidova, koje su posledica pumpne aktivnosti srca)

**Frekvenca**

**Ispunjenošć**

**Arterijski pritisak**

## Arterial Pulse Points



Shematski  
prikaz  
određivanja  
pulsa na  
najznačajnijim  
mestima

Fiziološki opseg pulsa 60 -100 / minut

< 60 – bradikardija

>100 – tahikardija

### Kvaliteti pulsa:

1. Frekvenca ( pulsus rarus / frequentum)
2. Ritam ( p. irregularis / regularis)
3. Veličina ( p. magnus / parvus)
4. Tvrdoća ( p. durus / mollis)
5. Brzina ( p. celer / tardus)



© Healthwise, Incorporated

**Klinički značaj!!!**

# Procena funkcije srca

- Zvučne pojave - **srčani tonovi**
- Električne pojave - **EKG**
- Mehaničke pojave:  
**Pumpna sposobnost**  
**Kontraktilnost srčanog mišića**

# Srčani tonovi

**Nastaju pri zatvaranju valvula**  
(vibracija zalistaka i krvi koja ih okružuje)

I ton, sistolni

***zatvaranje AV zalistaka, mišićno valvularnog  
porekla***

- U petom medjurebarnom prostoru (mitralne valvule)
- Nad spojem tela sternuma i ksifoidnog nastavka (trikuspidalne valvule)

# Srčani tonovi

## II ton, dijastolni **zatvaranje semilunarnih valvula**

- Na drugom rebru i drugom medjurebarnom prostoru **desno (aortne)**
  - U drugom medjurebarnom prostoru levo (pulmonalne)

# **Srčani tonovi**

**III ton- ton brzog punjenja**

**IV ton, pretkomorski u toku sistole pretkomora**

# **ELEKTROKARDIOGRAFIJA (EKG)**

**Grafički zapis električnih  
potencijala srčanog mišića**



# Elektrokardiografija

- Stvaranje impulsa u SA čvoru
- Transmisija impulsa sprovodnim sistemom
  - Depolarizacija miokarda
  - Repolarizacija miokarda

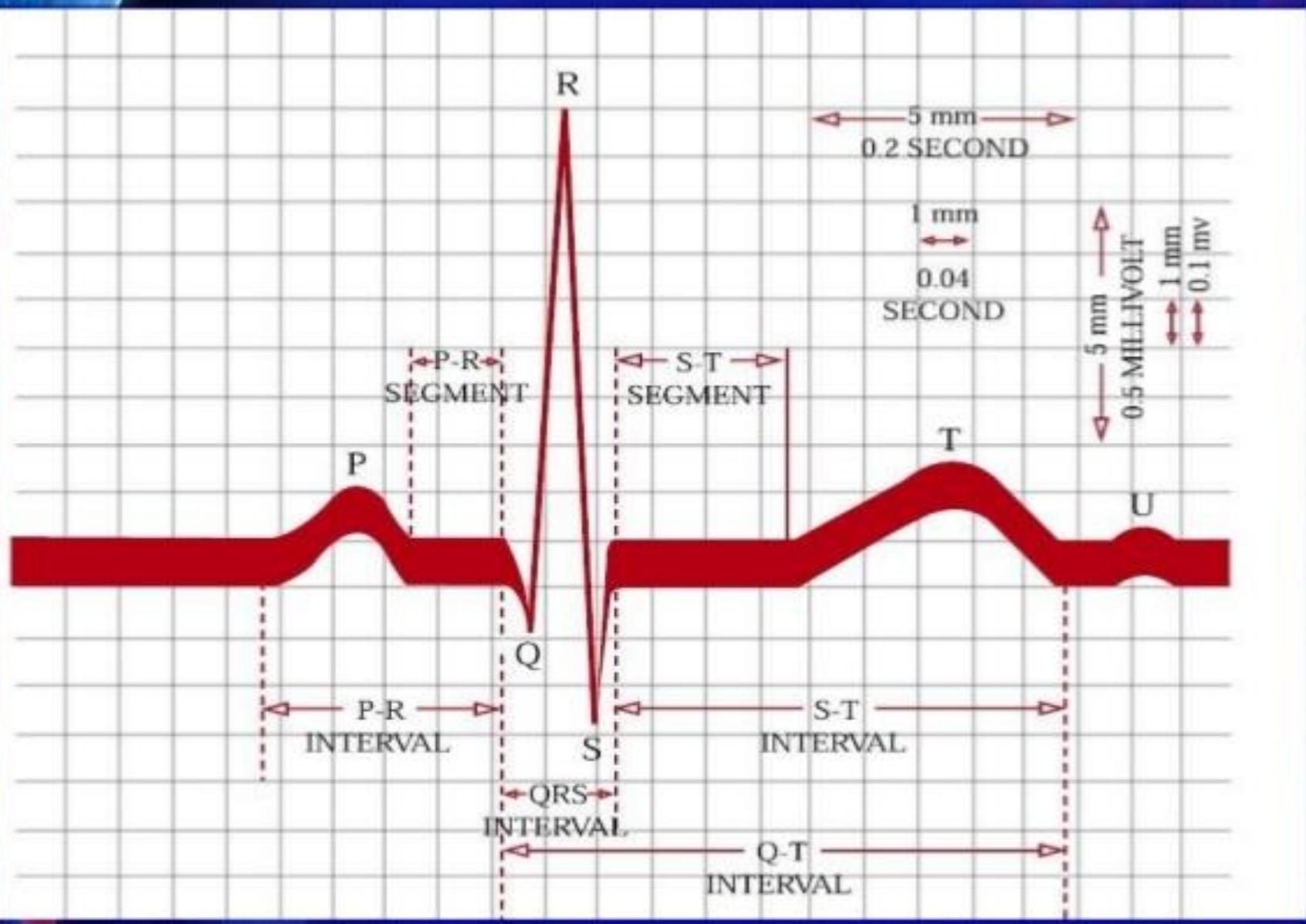
# Elektrokardiografija

**P - talas depolarizacija pretkomora**

**QRS - talas depolarizacije komora**

(pokriva talas repolarizacije pretkomora)

**T - talas repolarizacije komora**



# Regulacija srčane aktivnosti

## Intrakrdijalni (autoregulatorni)

- Heterometrijski Frank-Starlingov zakon: *Srce će ispumpati svu krv koja u fiziološkim granicama dodje u njegove šupljine* (prema zakonu “sve ili ništa
  - homeometrijski

## Ekstrakardijalni

- nervni
- humoralni

# **NERVNA REGULACIJA**

*Postganglijska vlakna  
simpatikusa i parasimpatikusa*



# Sympathicus

vlakna relativno ravnomerno rasporedjena po srcu

deluje pozitivno

**hronotropno** (frekvenca),

**inotropno** (snaga),

**dromotropno** (provodljivost),

**batmotropno** (razdražljivost)

# Parasympathicus

**desni vagus SA čvor, levi AV čvor,  
nema ga u komorama**

deluje negativno

**hronotropno** (frekvenca),

**inotropno** (snaga),

**dromotropno** (provodljivost),

**batmotropno** (razdražljivost)

# **Humoralna regulacija srčanog rada**

**Adrenalin**

(kao simpatikus)

**Tiroksin**

**direktno, preko metabolizma i tonusa  
simpatikusa**

**Glukagon**

(hormon alfa-ćelija Langerhansovih ostrvaca) -  
**pozitivno inotropno i antiaritmijski**

# Humoralna regulacija srčanog rada

**K<sup>+</sup> u višku u ekstracelularnoj tečnosti**  
izaziva povećanje eksitabilnosti, povećanje  
frekvence, smanjenje snage i na kraju **zastoj u  
dijastoli**

**Ca<sup>2+</sup> u višku**

izaziva sve suprotno od K i **zastoj srca u sistoli**

# **Procena funkcije srca**

## **Pumpna sposobnost**

Sistolni volumen, minutni volumen, sistolni rad, srčani indeks, kriva pritiska leve komore, pritiska punjenja, endijastolni pritisak leve komore...

## **Kontraktilnost srčanog mišića**

Izračunava se u toku koronarografije

# RAZVOJ SRCA

- PERIOD INTRAUTERINOG RAZVOJA  
(nema disanja, DK=LK)
- PERIOD EKSTRAUTERINOG RAZVOJA  
(LKvećaDK)
- Kod odraslog srce je 14puta veće nego kod NN-novorodjenče

# LV (LK)

- Veći prliv krvi-----veća LV (ovaj mehanizam nalazi se i u sklopu sportskog srca)
- Povećava se br mm vlakana (na rodjenju jedno vlakno ima više jedara)

- Kruškoliko, vrh okrenut nadole i napred
- “kapljasto” ili “viseće” srce kod asteničnih  
smanjenje radnih sposobnosti  
labilnost cirkulacije-česti kolapsi  
(često kod dece po ulasku u pubertet i  
naglog porasta u visinu)

# Sistolni-udarni volumen

- Zapremina krvi koja se izbacuje u toku 1 udara iz LV preko aorte
- NN 3,5ml
- Odrasli 60-70ml  
20 puta više

# Minutni volumen

- SV(UV)xFS
- NN 400ml
- Odrasli 4 500ml

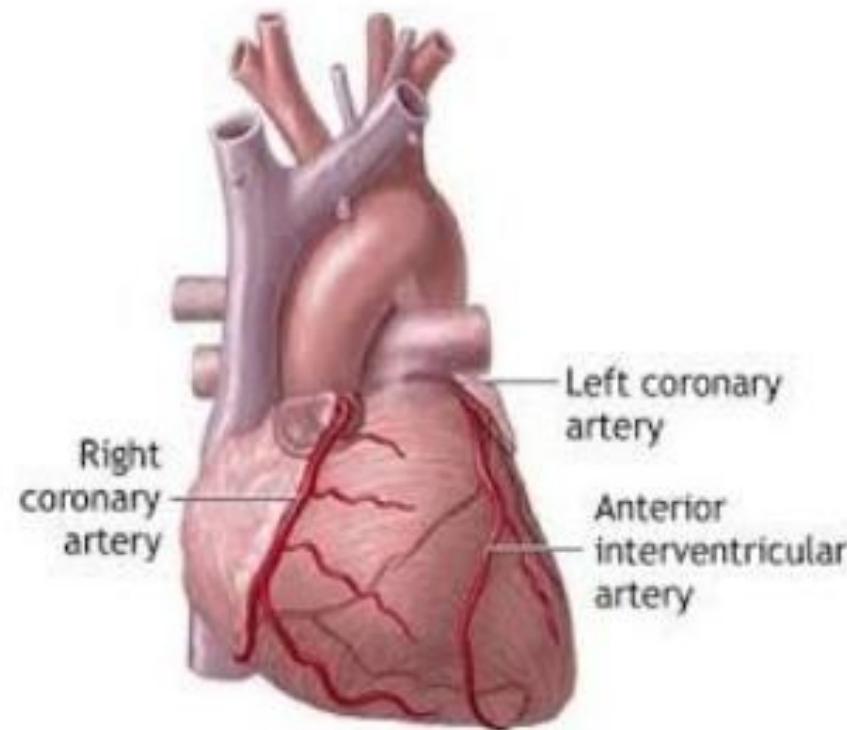
11 puta više



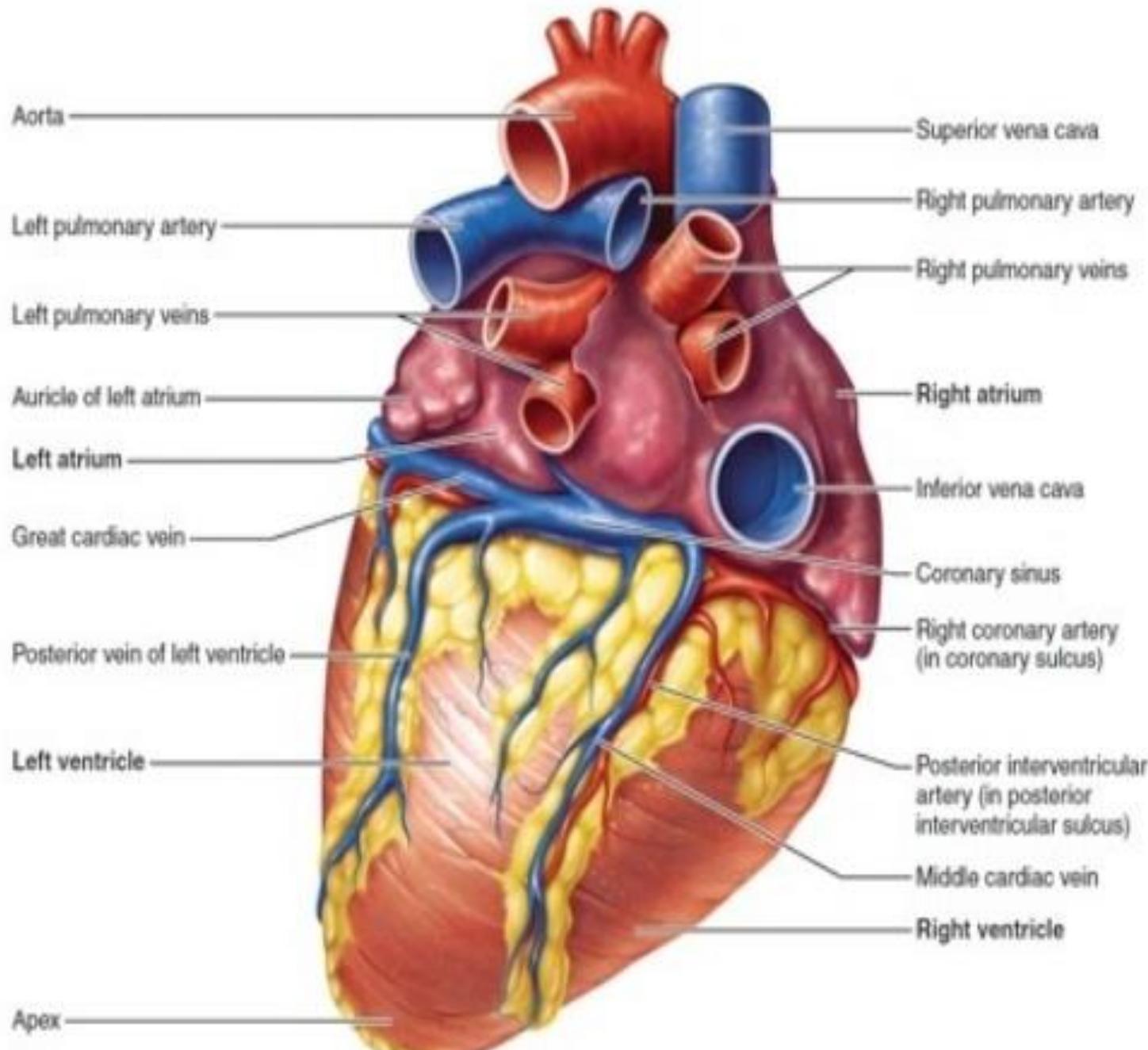
# Koronarni krvni sudovi

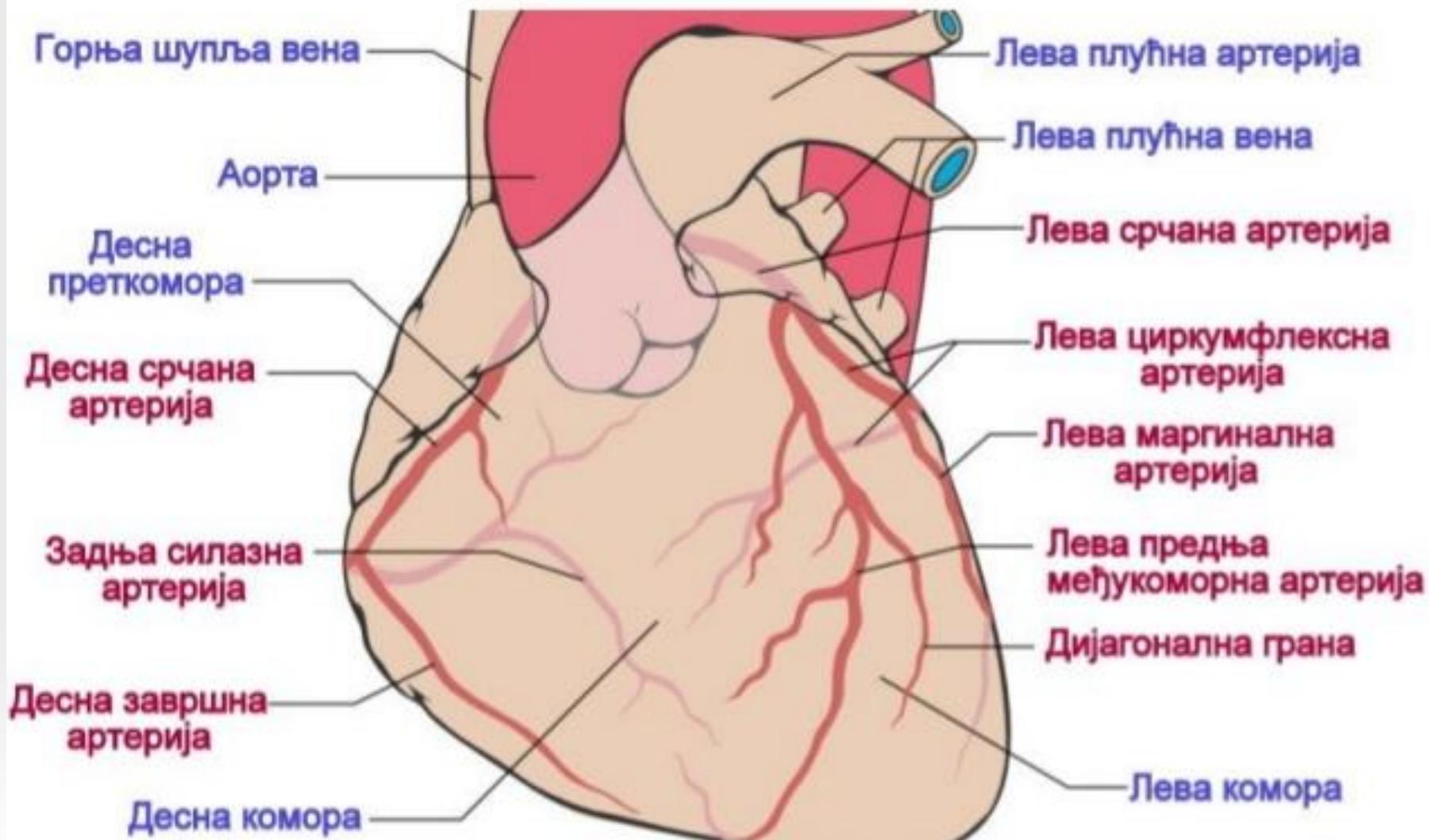
- Opskrbljuju srce sa O<sub>2</sub> hranljivim materijama
- NN 3305 kapilara/mm<sup>2</sup> a na svaki kapilar dolazi 6 ćelija
- Odrasli 3340 kapilara/mm<sup>2</sup> ali na svaki dolazi samo 1 ćelija

# Коронарни крвни судови



- Srčani mišić vaskularizuju leva i desna koronarna arterija (kod oko 50% osoba više krvi teče kroz desnu koronarnu arteriju), koje polaze od početnog dela aorte.
- Leva koronarna arterija deli se na dve grane: kružnu i nishodnu, interventrikularnu.
- Vene srčanog mišića skupljaju se i obrazuju koronarni Štit, koji se uliva u desnu pretkomoru.



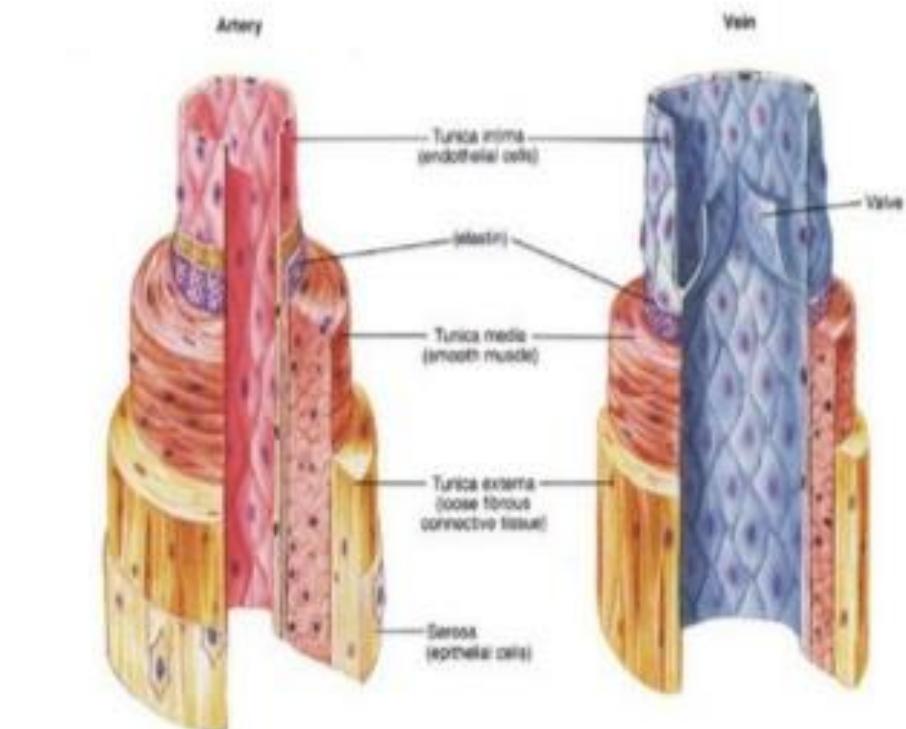
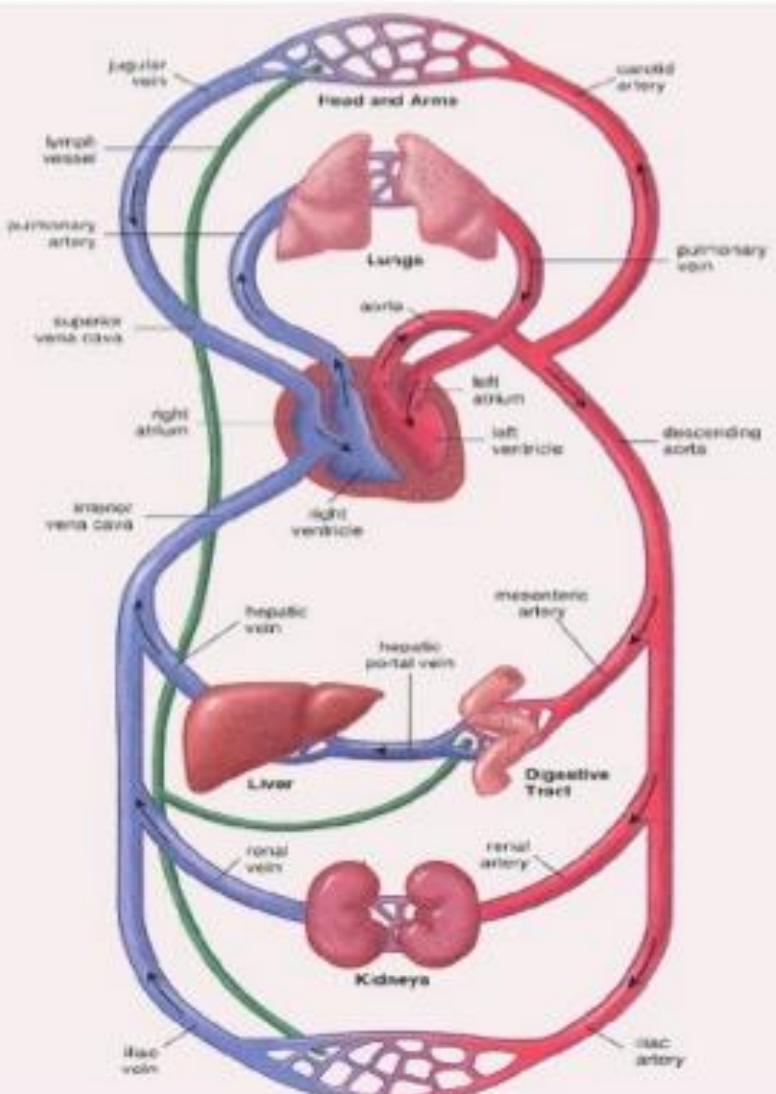


# KRVNI SUDOVI

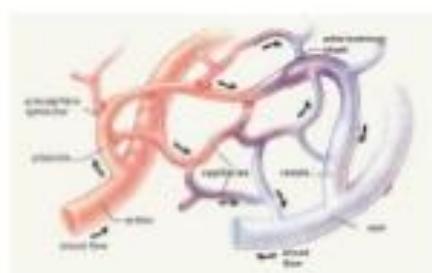


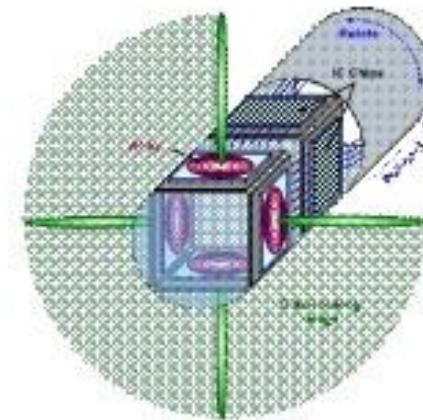
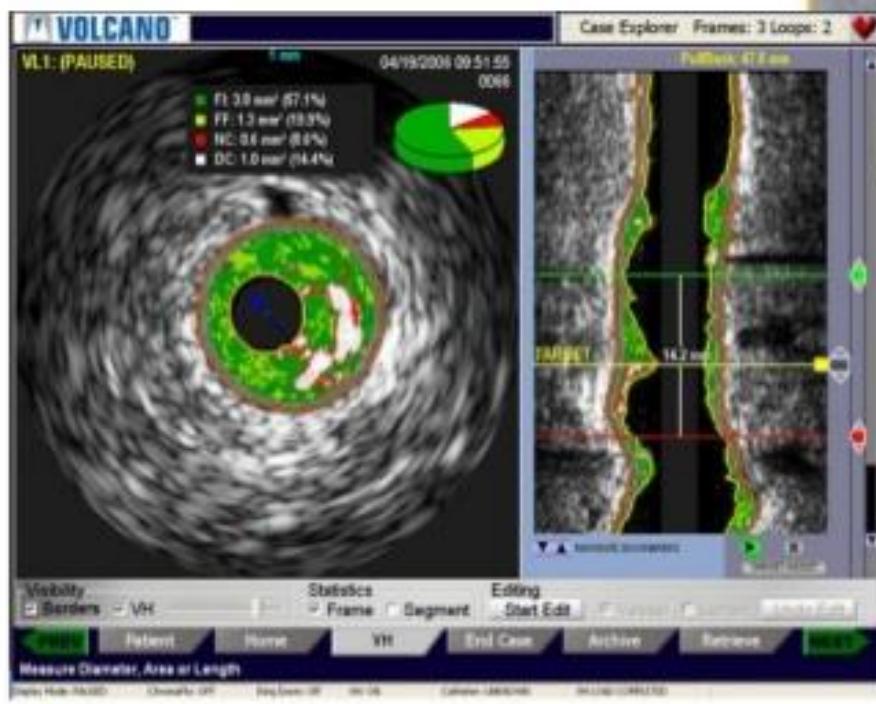
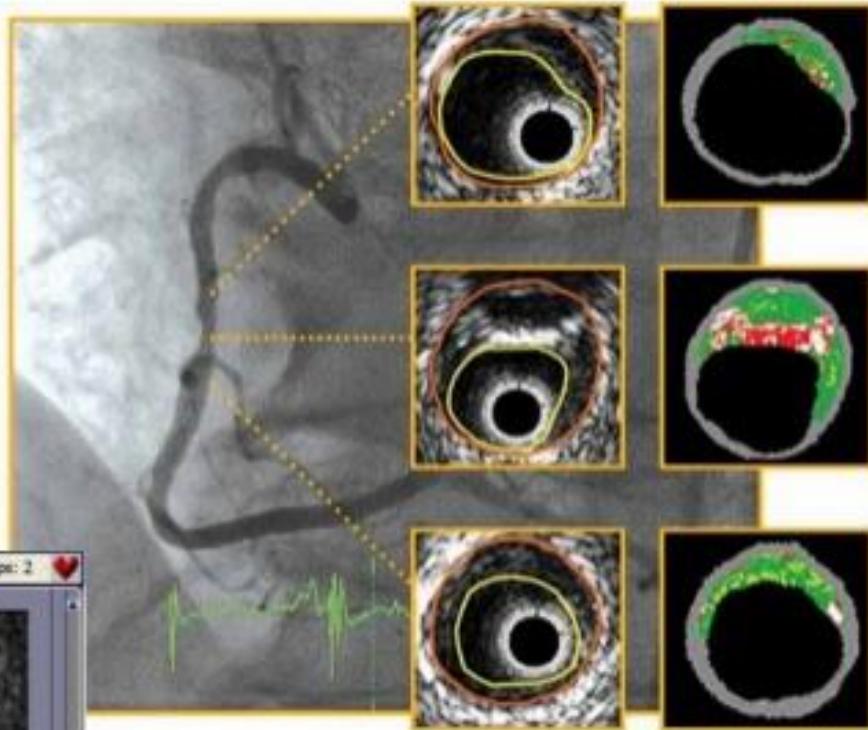
# KRVNI SUDOVI

Krvni sudovi: arterije, arteriole, kapilare, venule, vene. Ako bi nastavili sve krvne sudove jedne na druge, mogli bi smo okružiti **Zemlju 2,5 puta**.



Source: Fix, Stuart. Human physiology, 4<sup>th</sup> edition, Brown Publishers.

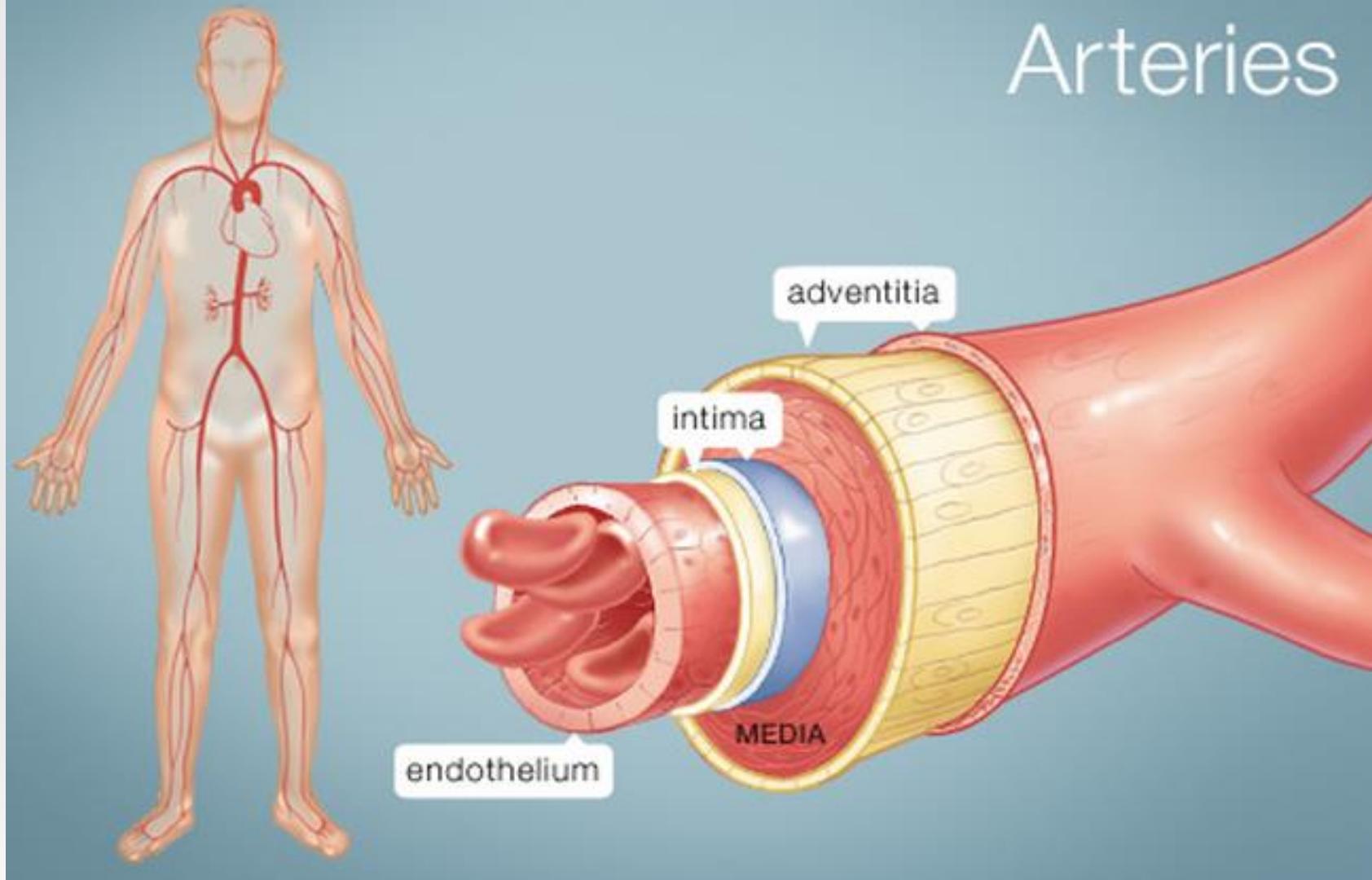




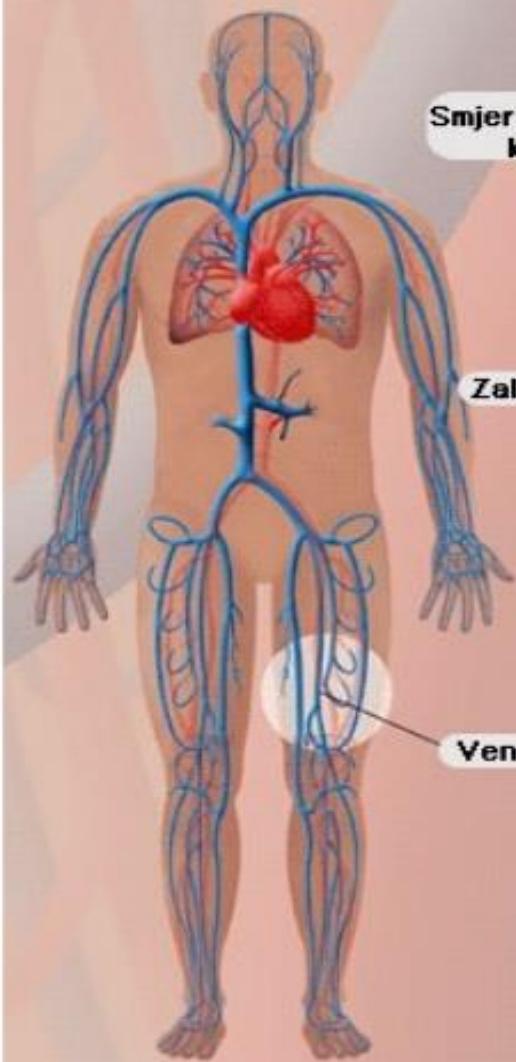
21

21

# Arteries



## Anatomija vena i zalistaka



Smjer protoka  
krvi

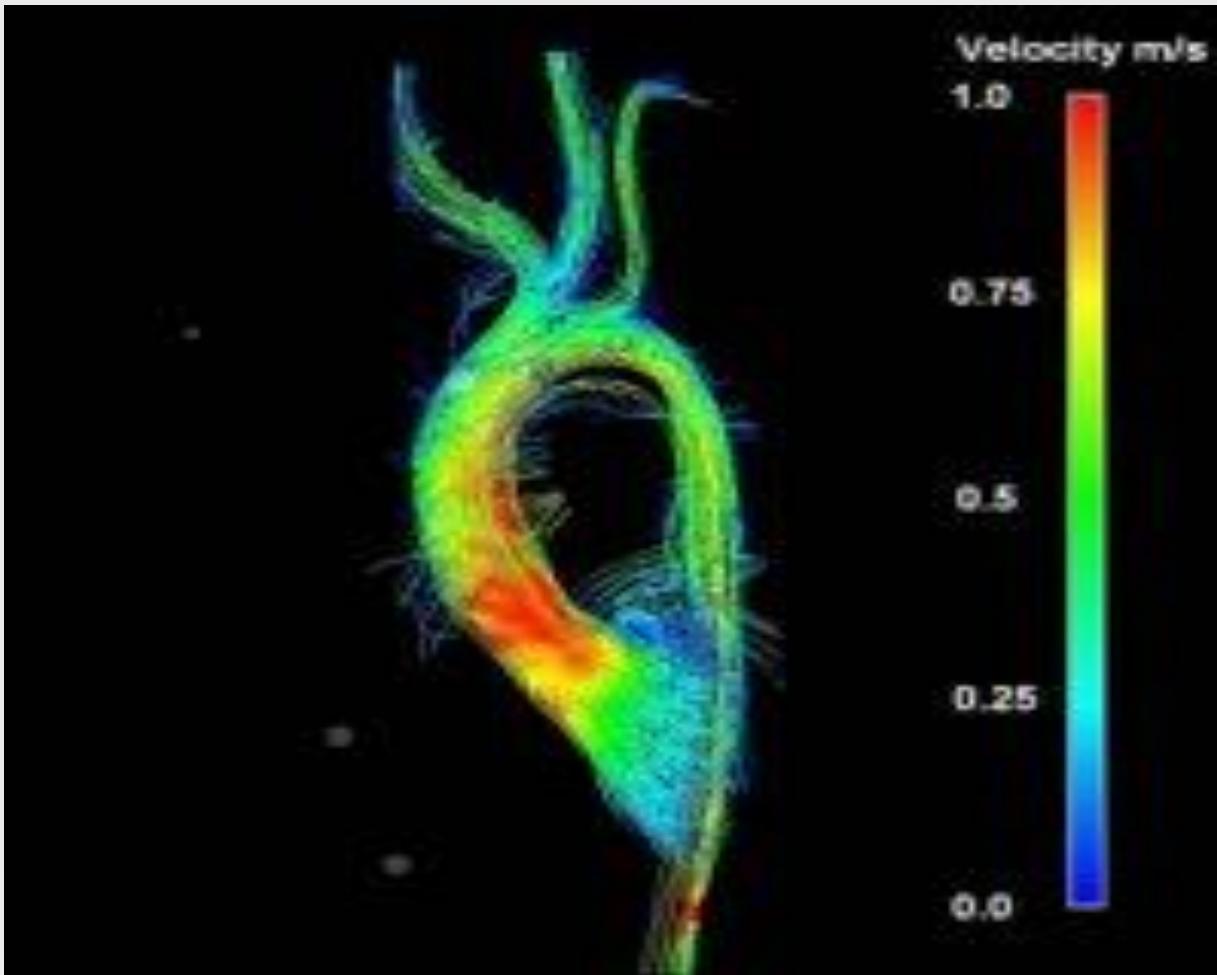
Zalistak

Vena



# Krv cirkuliše u zatvorenom sistemu:

1. veliki krvni sudovi (Aorta, arterije i vene)  
elastični vezivni endotel
2. mali krvni sudovi (arteriole i venule)  
mm vlakna
3. kapilari  
Jednoslojni epitel



# Funkcionalna podela

## 1. Elastična grupa

aorta i njene velike grane

## 2. Prekapilarni sudovi otpora

arteriole

## 3. Prekapilarni sfinkteri

(na metaarteriolama)

# Funkcionalna podela

**4. Sudovi razmene**  
**kapilari**

**5. Sudovi kapaciteta**  
**venule i vene**



# Arterijski

## **Arterije - Elastične**

Odgovorni za pretvaranje ritmičkog u  
kontinuirani tok krvi

## **Arteriole - mišićni krvni sudovi**

**50% perifernog otpora**  
značajan pad krvnog pritiska.

# Arterijski

## Arteriole

Otpor promenljiv

zavisi od regulacije tonusa mišića u zidu  
(jednojedarni glatki mišići)

Regulacija tonusa

lokalna (pH, CO<sub>2</sub>)

humoralna (vasopresin-ADH)

nervna (sympathicus)

# Prekapilarni sfinkter

**određuje širinu površine razmene**

**Vazomocija - zatvaranje i otvaranje  
prekapilarног sfinktera**

(nervni impulsi, vazoaktivne supstance, lokalni faktori : pH, pO<sub>2</sub>, pCO<sub>2</sub>, histamin)

# Sudovi razmene

- u miru funkcionalno aktivno oko 25% kapilara- $760\text{m}^2$

# Venule i vene

Manji deo ukupnog vaskularnog otpora

Promena zapremine zavisi od **mišićnog sloja  
koji je manji nego u arterijskom delu**

Regulacija mišićnog tonusa ista kao kod arterijskog dela

Ekstravenska regulacija zapremine: **aktivnost skeletne mukkulature**

# Protok krvi kroz različite nivoe cirkulacije

Ukupna **količina krvi** koja protekne kroz ove nivoe (od velikih arterija do velikih vena) u **jedinici vremena je ista.**

Ova količina je **jednaka minutnom volumenu**

srca

# Kretanje krvi kroz krvne sudove

Po zakonima hidrodinamike (kretanje vode kroz krute cevi)  
odnosno zakonima ***hemodinamike***

***Tok krvi kroz krvne sudove određuju***

**1. volumen**

**2. pritisak**

razlika pritisaka na krajevima suda

**3. otpor**

trenje o zid suda i viskoznost krvi

# Kretanje krvi kroz krvne sudove

Pritisak i otpor kao dve suprotne sile  
odredjuju ***protok***

U uslovima mirovanja ukupni protok krvi je 5L  
**(5.4L/min)** označava se kao

***minutni volumen srca***

# Kretanje krvi kroz krvne sudove

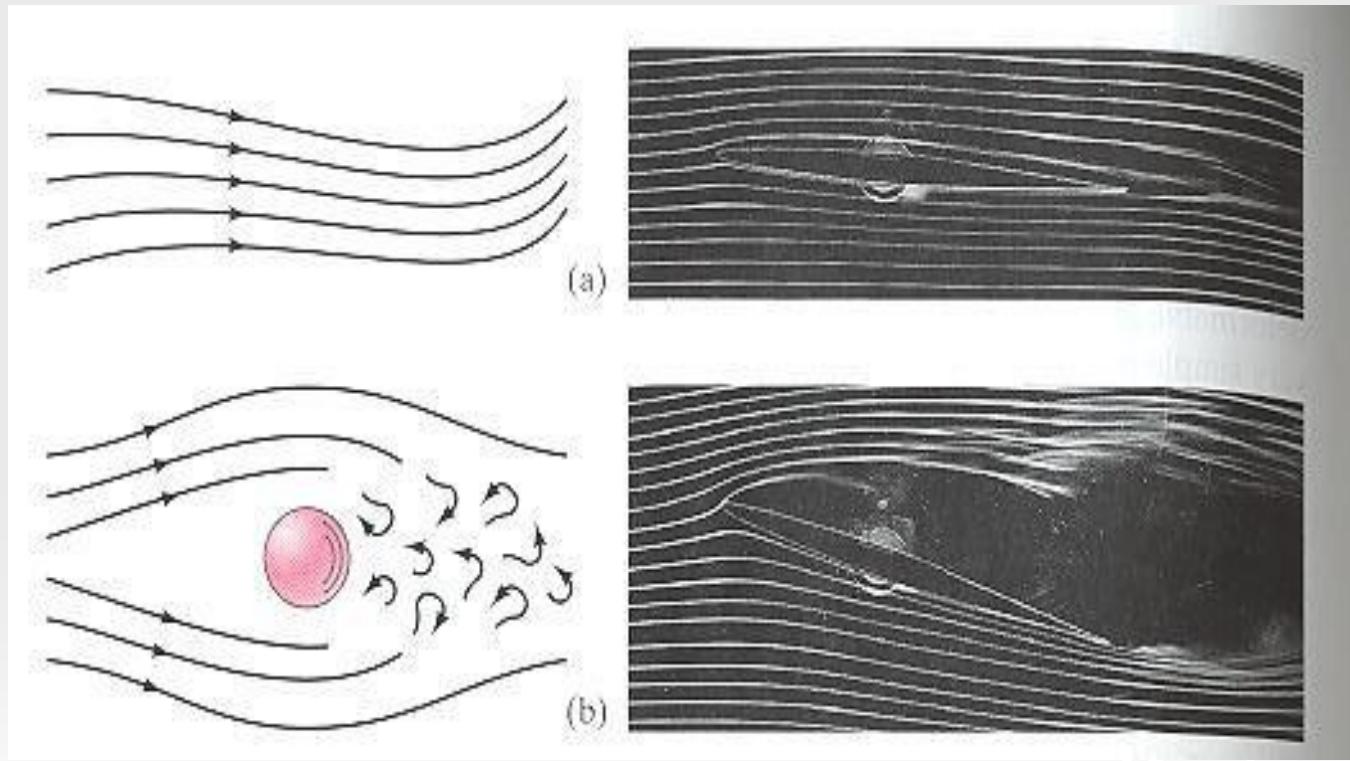
Krv teče

***laminarno***

***turbulentno***

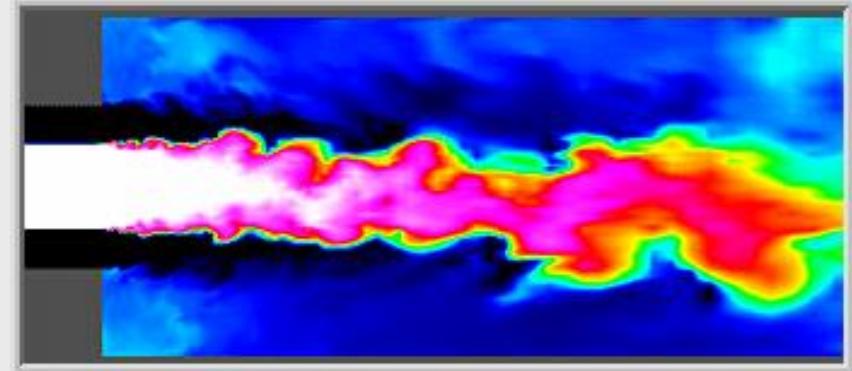
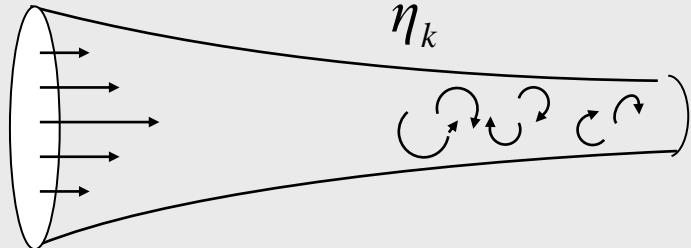
na mestima **suženja ili grananja** arterija

# Laminarni i turbulentni tok

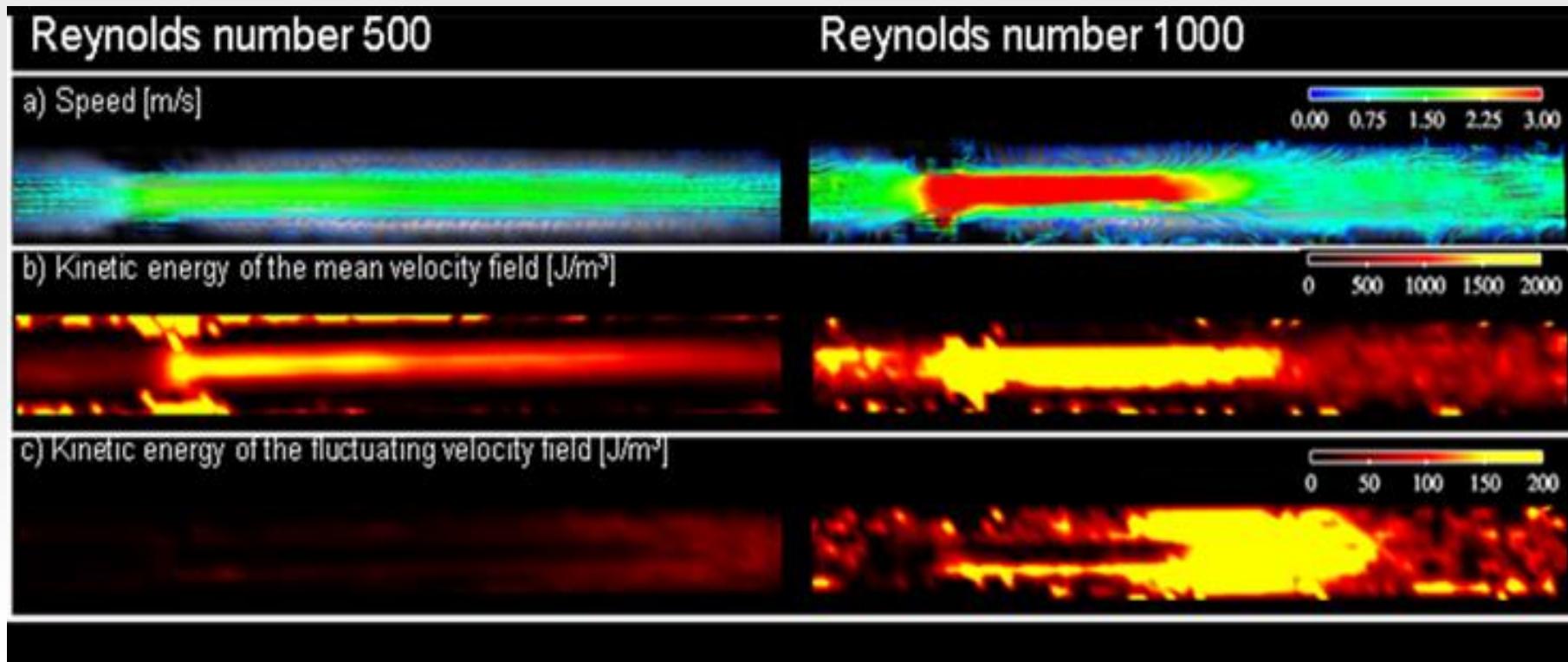


# Laminarno i turbulentno kretanje. Rejnoldsov broj

$$R_e = \frac{2Rv}{\eta_k} \quad R_e = \frac{2QR}{\eta_k S}$$



Prelaz laminarnog u turbulentni tok.



# KRVNI PRITISAK

*Krvni pritisak **je sila kojom krv** deluje na  
jedinicu površine krvnog suda*

# Činioci veličine AT

- 1. Tonus zida krv suda  
(uticaj N i E sistema  
Elastičnost samog zida)
- 2. snaga srčanog mišića
- 3. viskozitet krvi

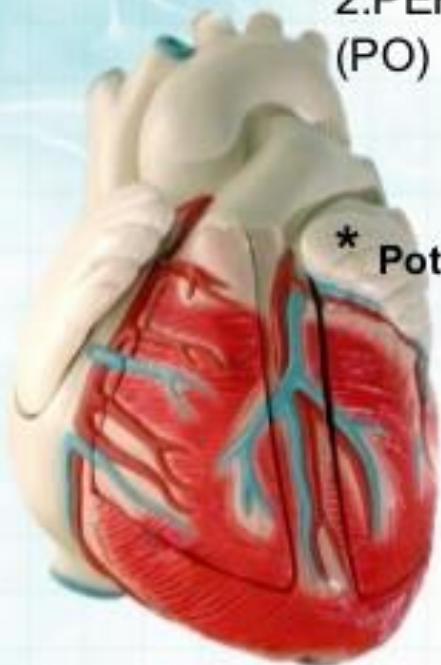
## Arterijski krvni pritisak (TA)

Dva glavna faktora uzrokuju arterijski krvni pritisak:

1. Mehanička aktivnost leve komore srca, čiji je učinak  
**MINUTNI VOLUMEN SRCA (MV)**
2. PERIFERNI OTPOR proticanju krvi, naročito otpor arteriola  
(PO)

$$TA = MV^* \times PO$$

\* Potrebna je normalna količina krvi u cirkulacijskom sistemu



## **Sistolni pritisak –**

vrednost krvnog pritiska koja nastaje u arterijama u trenutku sistole, prilikom izbacivanja udarnog volumena iz leve komore u cirkulaciju (vrednost pritiska pri kojoj se pojavljuje prvi ton nad brahijalnom arterijom tokom merenja krvnog pritiska)

## **Dijastolni pritisak –**

krvni pritisak u arterijama tokom dijastole (vrednost pritiska pri kojoj iščezavaju tonovi nad brahijalnom arterijom)

Povećanje dijastolnog pritiska je (skoro) uvek posledica povećanja PO.



## 2. Snaga srčanog mišića efekat treninga

- Vežbanje umerenog intenziteta, po tipu aerobnog rada
- Povećava snagu mišića-povećava efikasnost

(smanjenje FS-adaptacioni mehanizam na ponavljeni rad istog obima i intenziteta)

- Opterećenje srca: FSxTA
- Trening snage (u mlađim uzrastima) - statickog tipa → blaga hipertenzivna reakcija

# **Arterijski krvni pritisak**

**Normalne vrednosti 120 / 80mmHg**

**100 -140mmHg sistolni**

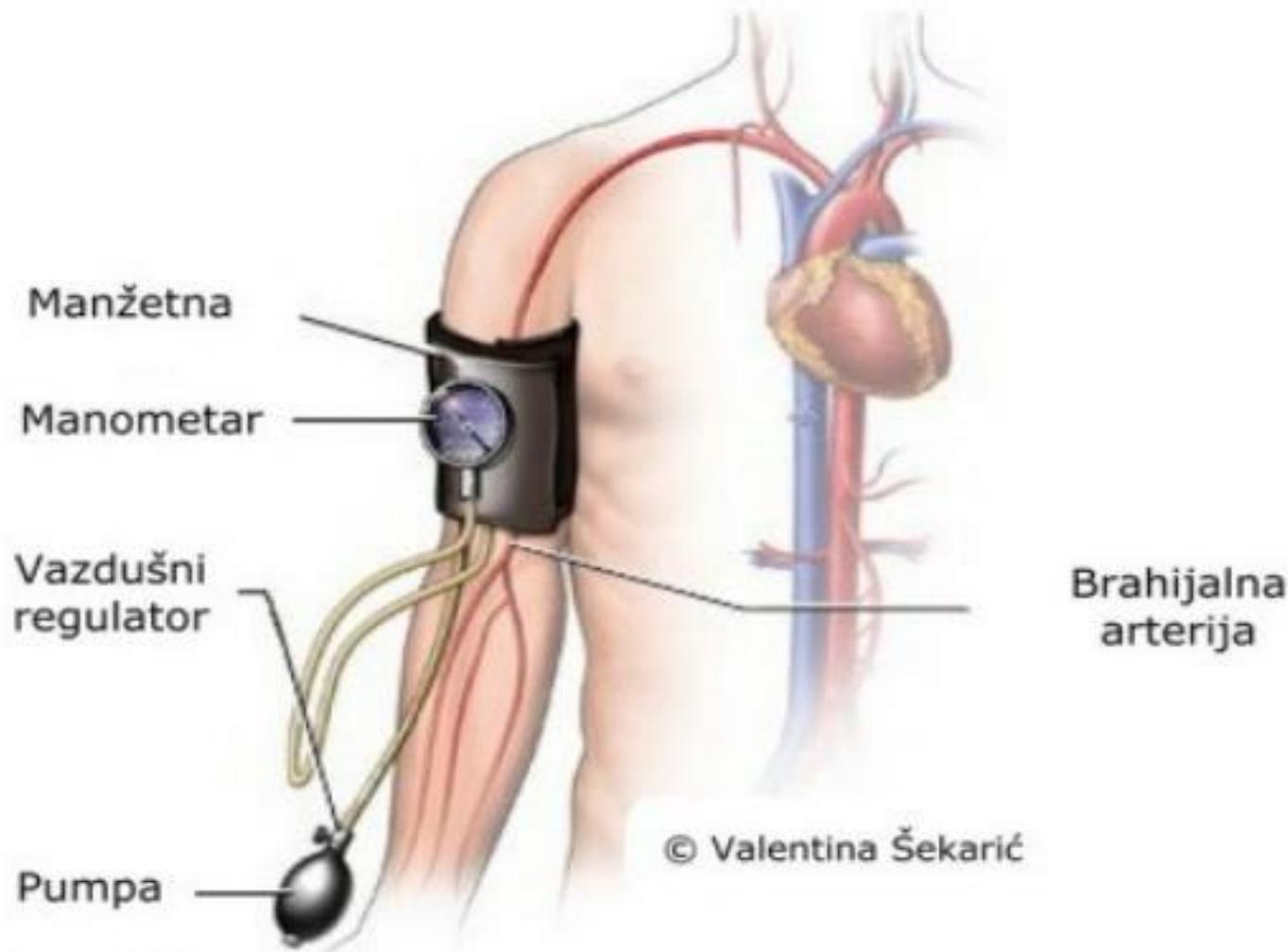
**60 - 90mmHg dijastolni**

## Venski pritisak

**70% krvi** se nalazi u venama

**Vene vraćaju krv u srce i služe kao depo krvi**

## MERENJE ARTERIJSKOG PRITISKA

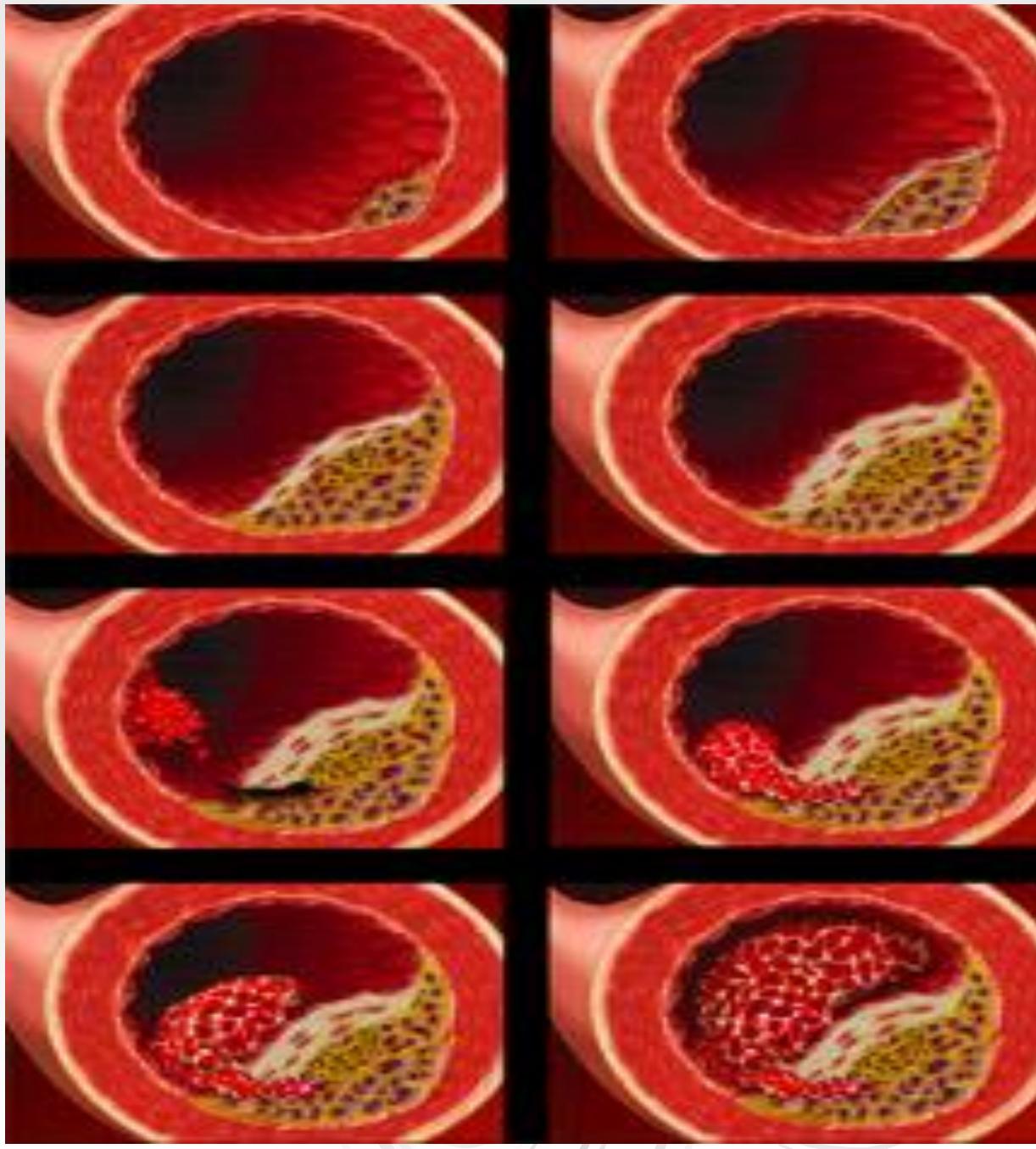


- Sa starenjem na endotelu arteriosklerotične naslage

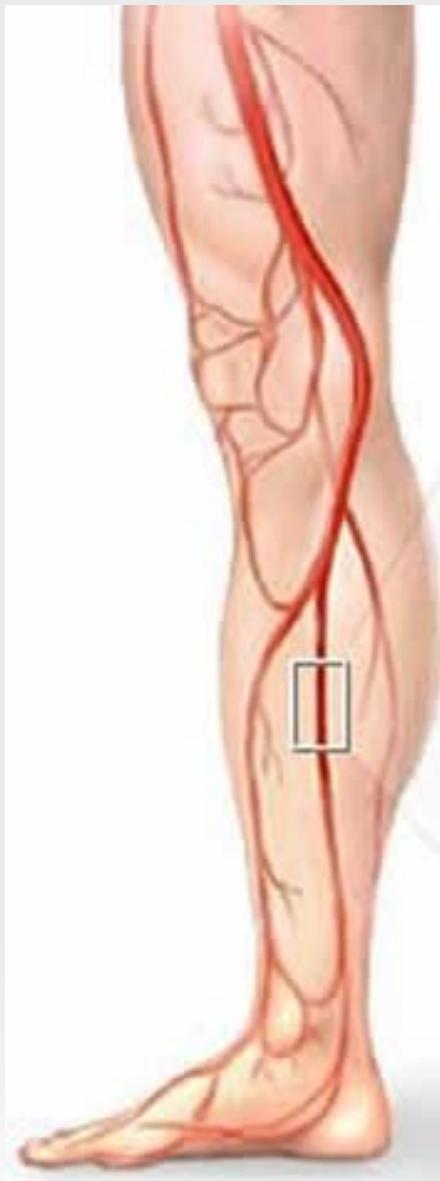
Sužavaju lumen + Smanjuju elastičnost

- Povećava se AT

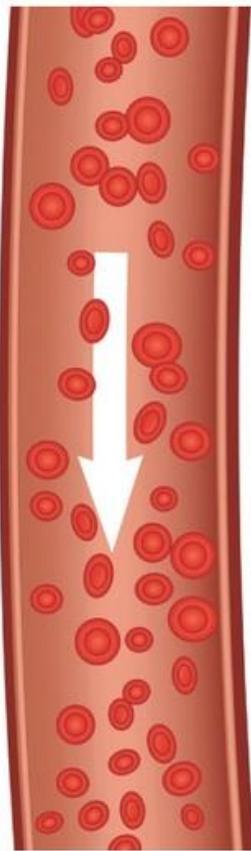
- Elastičnost krvnih sudova povećava se do 12-14 godine, a onda počinje sa smanjivanjem
- Pubertetski šampioni: odnos lumen/otpor najpovoljniji





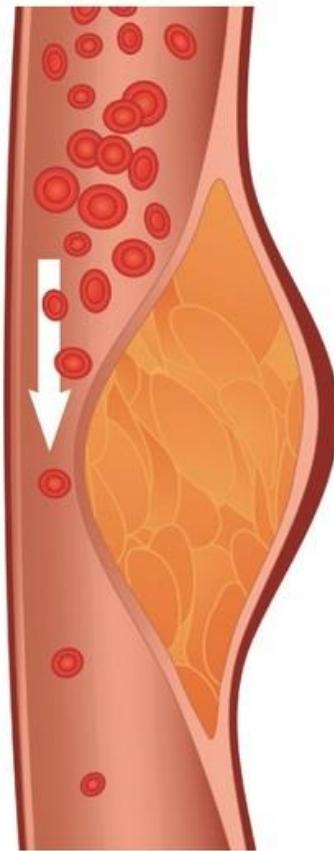


## TIHI UBIJALEC - PERIFERNA ARTERIJSKA BOLEZEN



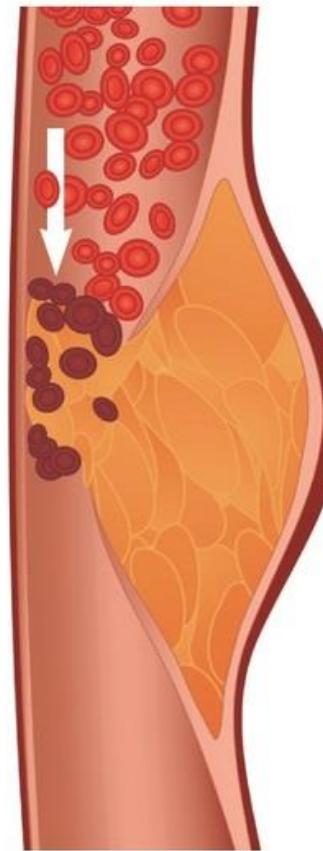
### 1. FAZA:

ARTERIJA JE PREHODNA,  
NIČ NE OVIRA PRETOKA  
KRVI



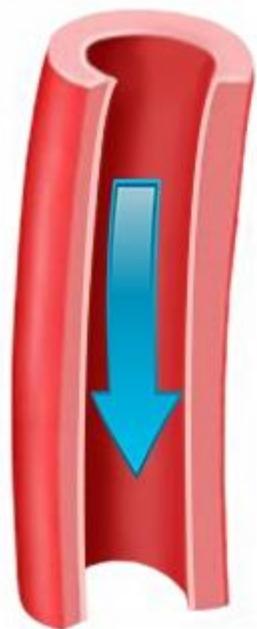
### 2. FAZA:

NA STENAH ARTERIJ SE  
NALAGAJO PLAKI, KI ŽILO  
OŽAO - ZOŽITEV ARTERIJE

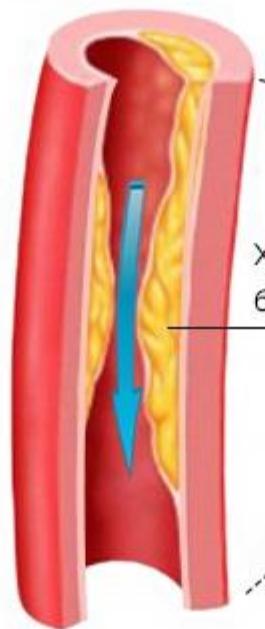


### 3. FAZA:

ZAPORA ARTERIJE - HUDA BOLEZEN,  
KI LAHKO POVZROČI SRČNI INFARKT  
ALI MOŽGANSKO KAP

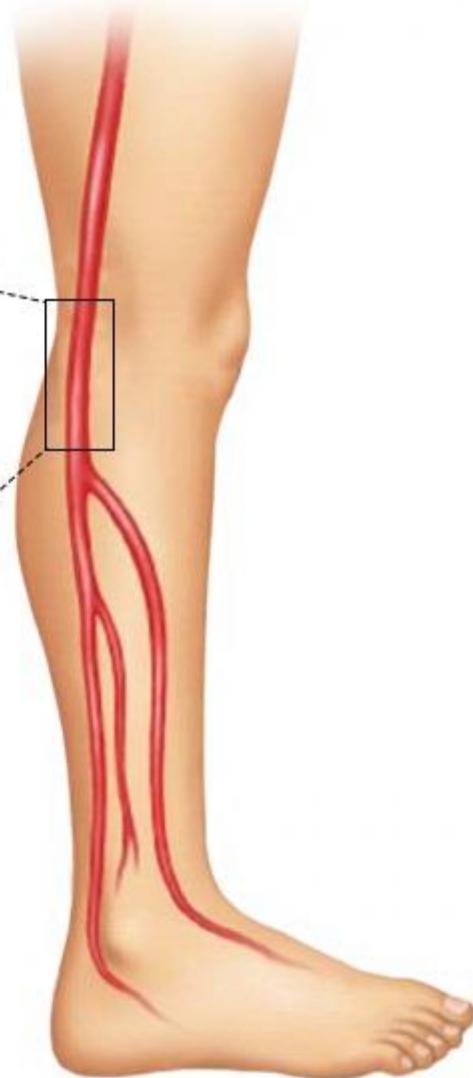


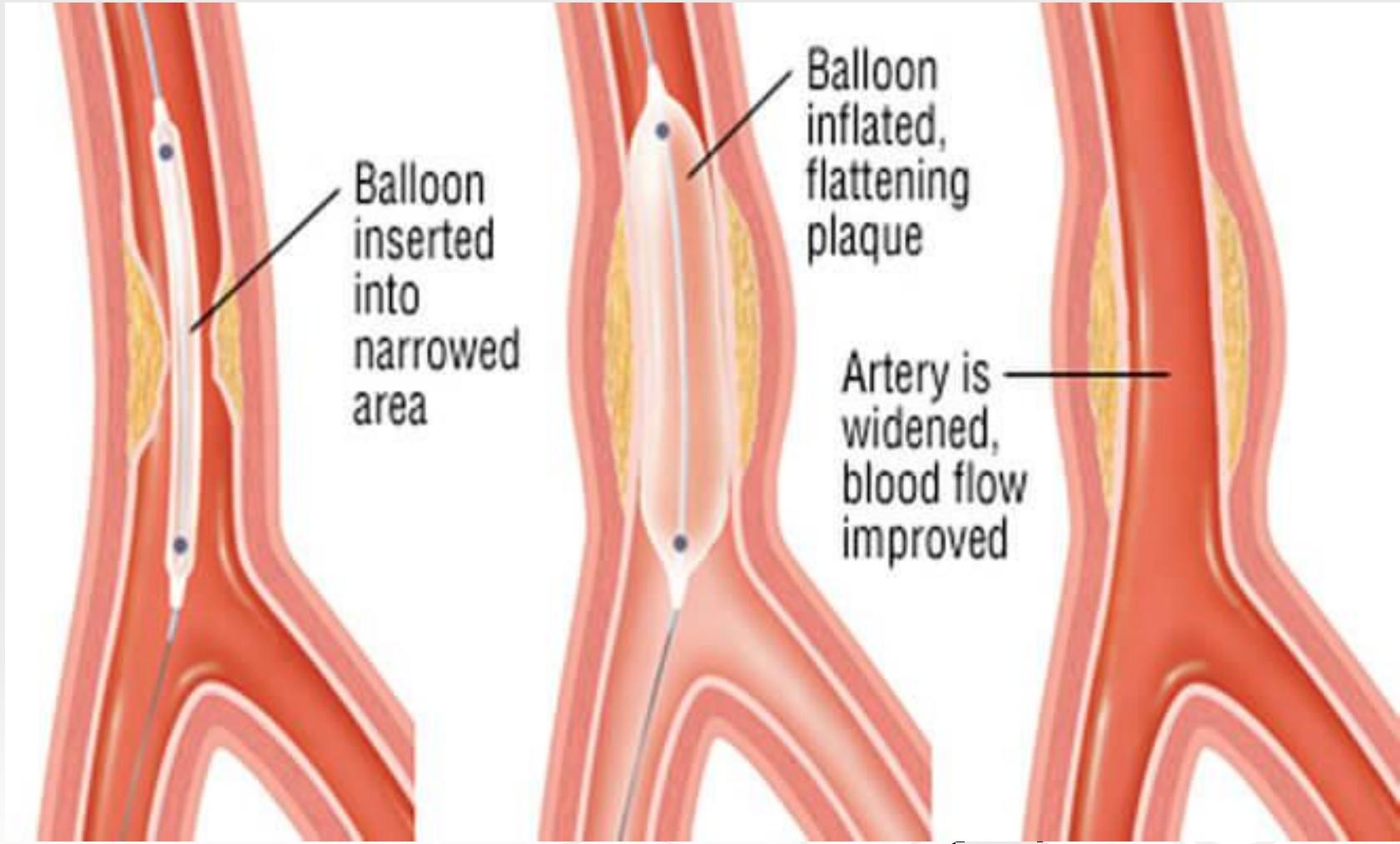
Нормальная  
артерия



Артерия с суженным  
просветом

Холестириновая  
бляшка



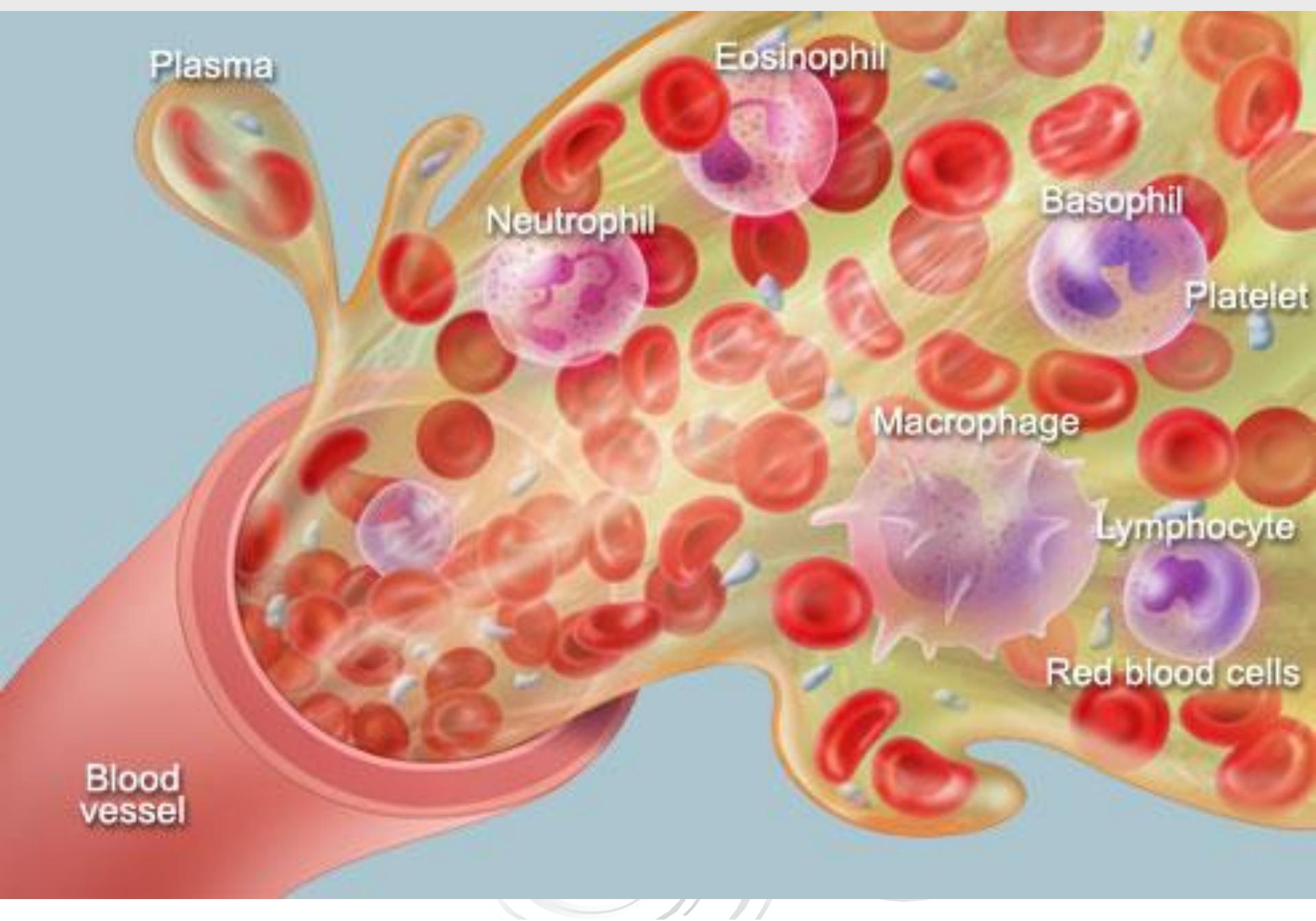


- Gojaznost povećava dužinu krvnih sudova, odn mreže
- Vremenom dovodi do hipertenzije kao još jednog od rizika za srčana obolenja (infarkt)



KRV





## Formed Elements of Blood



Red Blood Cells



Platelets



Monocyte



Lymphocytes



Eosinophil



Basophil



Neutrophil

White Blood Cells

## Componentele sangelui



Eritrocite



Monocite



Eozinofile



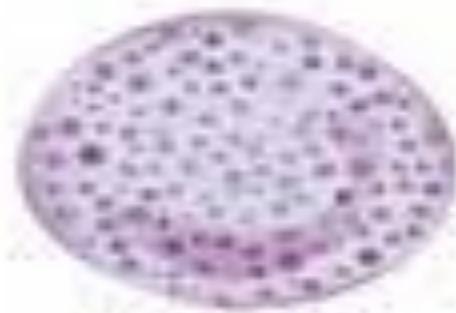
Trombocite



Limfocite



Neutrofile



Bazofile

- tečnost važna za funkcionisanje tela i održavanje života,
- Brzina kretanja krvi u arterijama je 10-15 cm/sec. , u venama 20 cm/sec. a u kapilarima 0.5-1 mm/sec.
- Vreme kruženja krvi kod čoveka je 23 sec., kod psa 16.7 sec. dok je kod konja je 31.5 sec.

- sastoji od tečnog dela i uobličenih elemenata.
  - Uobloženi elemenati su:
    - eritociti
    - leukociti
    - trombociti
- suspendovani u tečnom matriksu, krvnoj plazmi

- Volumen krvi odrasle osobe iznosi 6-8% od njene telesne mase

- Sastav krvi zavisi od brojnih faktora, fizioloških i patoloških.
- Fiziološki faktori su: genetski faktori, pol, starost, životna sredina, fiziološko stanje (menstruacija, graviditet, težak fizički rad), doba dana

- Različita oboljenja imaju daleko veći uticaj na sastav krvi od fizioloških faktora.

- **Krvna plazma** je tečnost složenog sastava, odnosno to je vodeni rastvor organskih i neorganskih sastojaka.

- Koncentracije njenih sastojaka se homeostatskim mehanizmima održavaju u fiziološkim granicama

- Plazma se može izdvojiti centrifugiranjem krvi kojoj je dodato antikoagulantno sredstvo.

#### SASTAV KRVI



- Normalna plazma je transparentna i svetložute boje.
- Njen pH se kreće u uskim granicama od 7.35 do 7.45. a

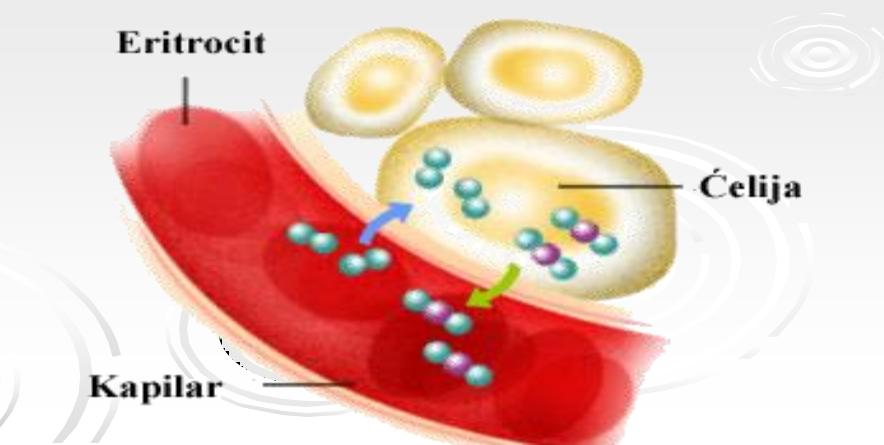
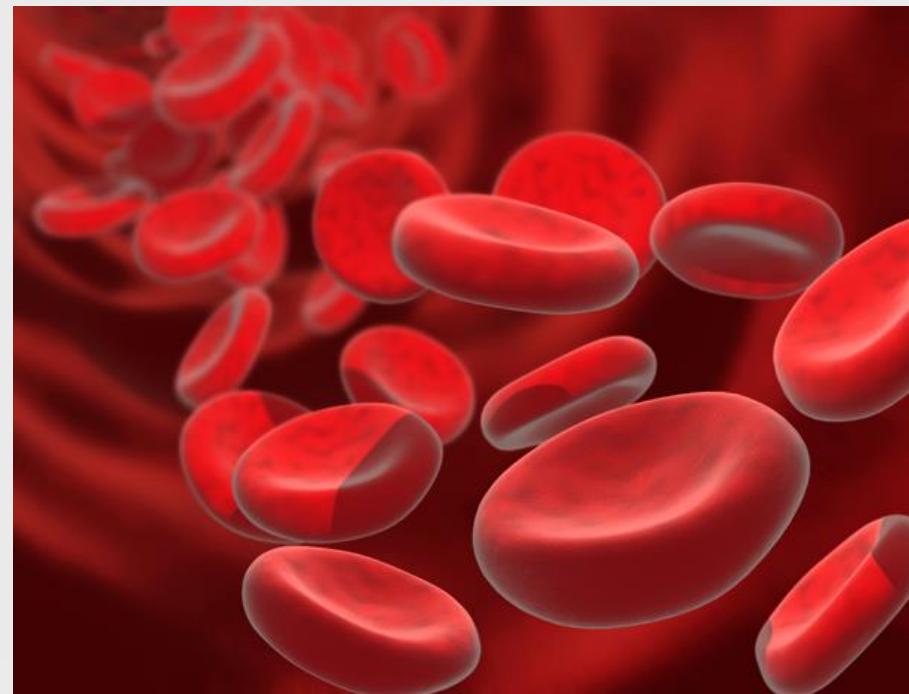
# U njoj su rastvoreni

- >elektroliti (9g/l Na<sup>+</sup>, Cl<sup>-</sup>)
- proteini (60-80g/l; albumini,globulini,enzimi)
- lipidi
- ugljeni hidrati (glukoza 2.5 do 4.7 mmol/l krvi ili 80-120mg/100 ml)
- aminokiseline
- vitamini
- produkti metabolizma koji sadrže azot(urea, mokraćna kiselina, kreatinin, bilirubin)
- gasovi - kiseonik, ugljendioksid i azot
- 90-92% plazme čini voda

# Eritrociti-crvena krva zrnca

- uobičeni elemnti krvi
- Imaju oblik bikonkavnog diska koji omogućava visok odnos zapremine i površine.
- Nemaju jedro i većinu organela. Veoma su elastični.
- Kvalitativno i kvantitativno najzastupljeniji sastojak eritrocita je hemoglobin poznat i kao krni pigment.

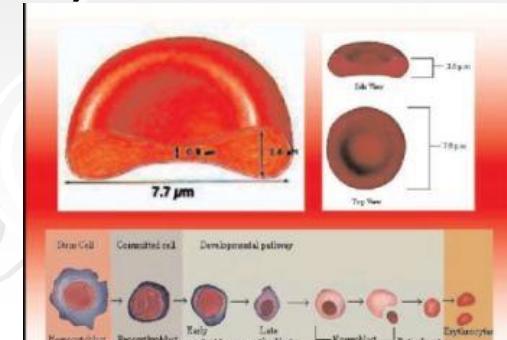
# Eritrociti-crvena krva zrnca



- Prosecan dijаметар им је 7.5 микрометара, а дебљина 2 микрометра.
- Број еритрочита зависи од пола, узраста, циркадијалних ритмова, лактације, мишићног рада.
- Физиолошке границе броја еритроцита:  
За жене:  $3.5 - 5.5 \times 10^{12}/\text{l}$
- За мушкарце:  $4-6 \times 10^{12}/\text{l}$

# Eritropoeza-stvaranje eritrocita

- *U prenatalnom životu* odvija se redom u jetri,slezini,limfnim čvorovima.
- *Do 5.godine* života u eritropoezi učestvuje koštana srž svih kostiju.
- *Posle puberteta* eritropoetično tkivo je **koštana srž** i to: pljosnatih kostiju (pršljenovi, sternum, rebra, karlica) i epifiza dugih kostiju.

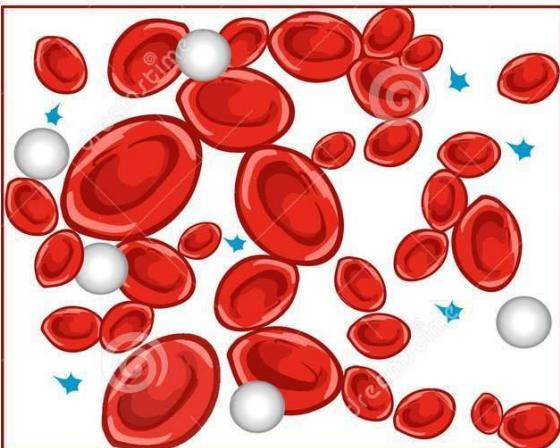


- Prosečan vek eritrocita je oko **120 dana** posle čega ih preuzimaju makrofage RES-a slezine, jetre, koštane srži.
- Tu se hemoglobin razlaže na Fe i hem. Gvožde se transferinima transportuje do koštane srži ili jetre, a hem se preko bilirubina izlučuje u žuči.



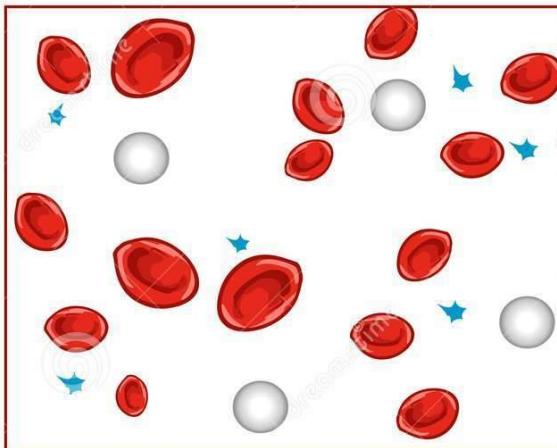
- Svako smanjnjje broja eritrocita se definiše kao anemija

Normal amount of red blood cell



Normal blood

Anemic amount of red blood cell



Anemia



Normal red blood cell



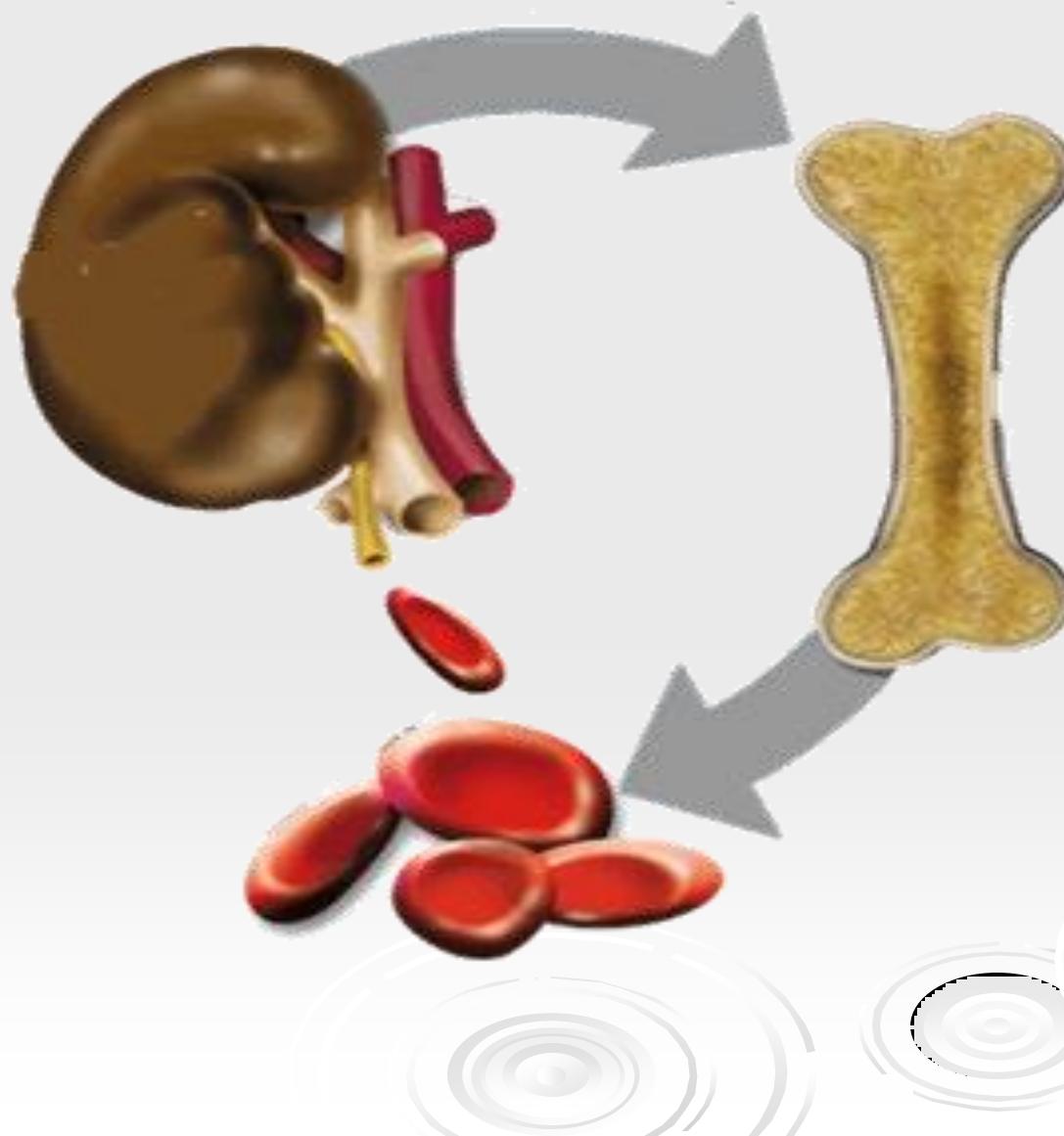
Sickled red blood cell

# Eritropoetin (*eritropoetin*, *hemopoietin*, *EPO*)

- glikoproteinski hormon koji kontroliše eritropoiezu, produkciju crvenih krvnih zrnaca.
- On je citokin (proteinski signalni molekul) za prekursore eritrocita u koštanoj srži.
- Ljudski EPO ima molekulsku težinu od 34,000.

- Eritropoietin proizvode interstinalni fibroblasti u bubrežima zajedno sa peritubularnim kapilarima i tubularnim epitelnim ćelijama.
- On se takođe formira u perisinusoidnim ćelijama u jetri. (produkcija u jetri predominantna u fetalnom i perinatalnom periodu, renalna produkcija je predominantna kod odraslih osoba)

**Eritropetin se proizvodi u bubrežnom tkivu, prelaskom u cirukaciju stimuliše proces sazrevanja nezrelih eritrocita u koštanoj srži**



# Visinske pripreme

- Trening na umerenoj nadmorskoj visini se sprovodi u cilju sticanja adaptacionih promena koje dovode do poboljšanja sportskih performansi. Smatra se da je **optimalna nadmorska visina koja dovodi do pozitivnih fizioloških promena između 2.100 i 2.500 metara.**

- Trebalo bi **bar 4 nedelje** boravka i treninga na nadmorskoj visini da bi se **pojavile značajne hematološke adaptacione promene** (porast koncentracije hemoglobina, transportnog kapaciteta za kiseonik, kao i broja eritrocita).

- Eritropoietin je hormon koji prvenstveno reguliše produkцију crvenih krvnih zrnaca, ali ima i niz drugih bioloških funkcija.
- Na primer on učestvuje u moždanom odgovoru na povredu neurona.
- EPO takođe učestvuje u procesu zarastanja rana.<sup>[1]</sup>

# Leukociti

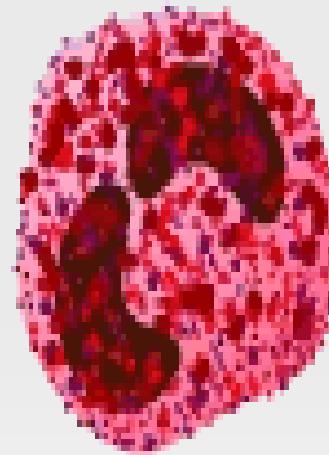
- nalaze u krvi, limfi, limfnim čvorovima, vezivnom tkivu i tkivnim tečnostima .



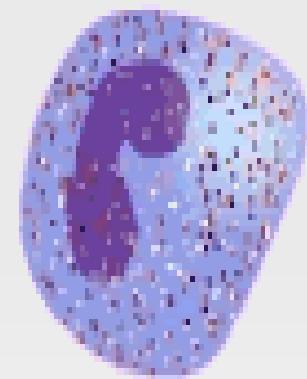
Limfocit



Monocit



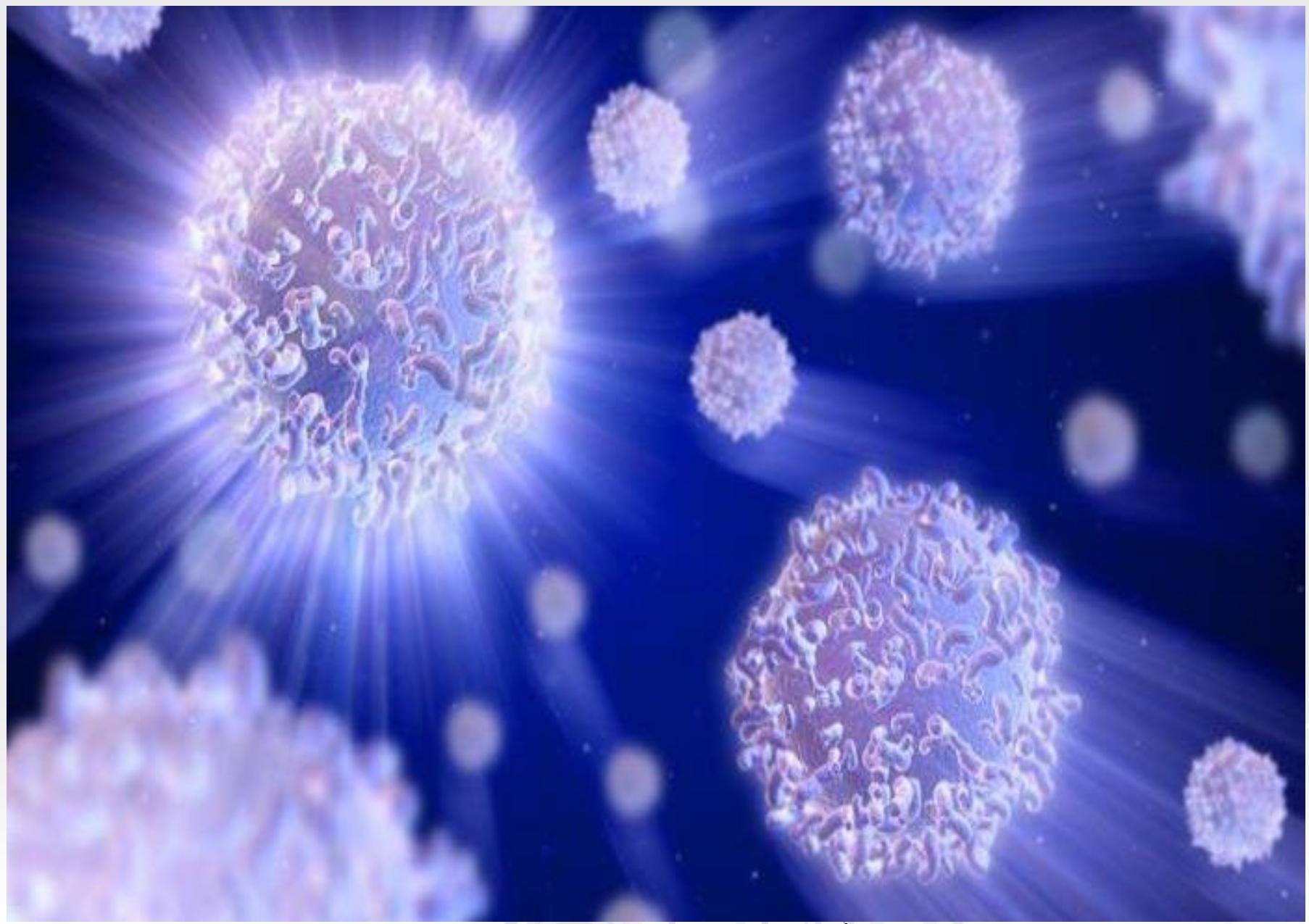
Eozinofil



Bazofil



Neutrofil



- Za razliku od eritrocita, leukociti su kompletne ćelije jer imaju jedro i ćelijske organele.

- Životni vek im je kraći nego kod eritrocita i iznosi oko 10 dana,a istrošene ćelije fagocitiraju makrofazi u slezini.

- Njihova uloga je zaštitna i zasniva se na njihovoj sposobnosti fagocitoze, ameboidnog kretanja i dijapedeze .

- *Dijapedeza* označava proces kada leukociti zahvaljujući sposobnosti ameboidnog kretanja mogu napustiti krvotok prolazeći kroz ćelije kapilara i smestiti se u perivaskularno vezivno tkivo
- Kreću se hemotaksično.

- Normalne vrednosti su  $4-10 \times 10^6/l$  krvi.
- **Leukocitoza** je povećan broj leukocita. Fiziološka  $10-20 \times 10^9/l$  se javlja kod novorođenčadi, pri laktaciji, trudnoći, menstruaciji, posle obilnog obroka, teškog fizičkog rada.
- **Leukopenija** predstavlja smanjen broj leukocita.



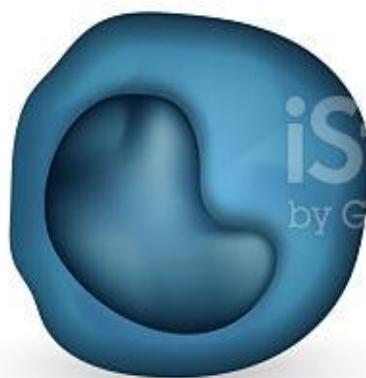
**Neutrophil**



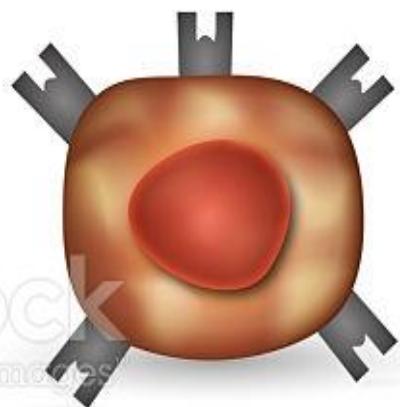
**Eosinophil**



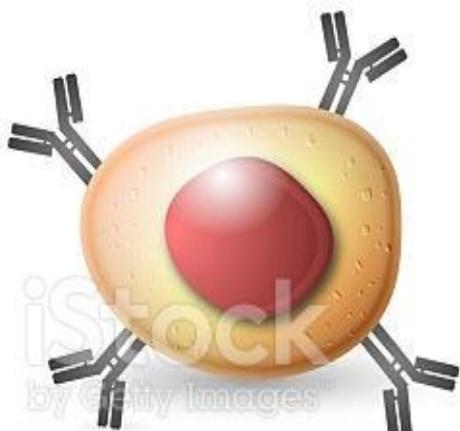
**Basophil**



**Monocyte**



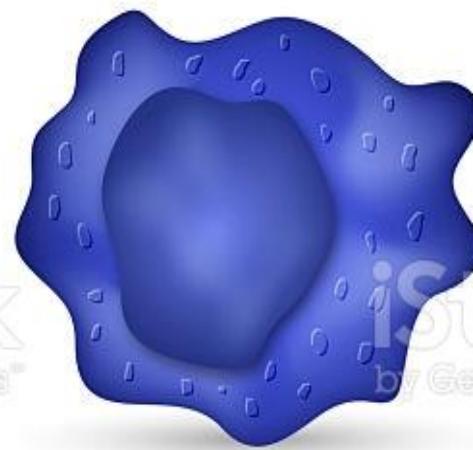
**T Cell**



**B Cell**

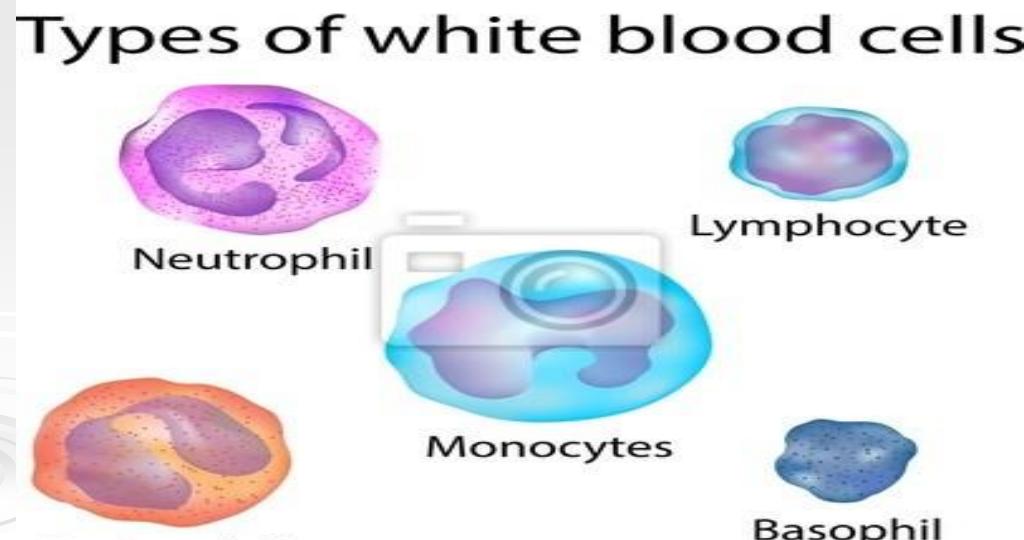


**Natural killer**



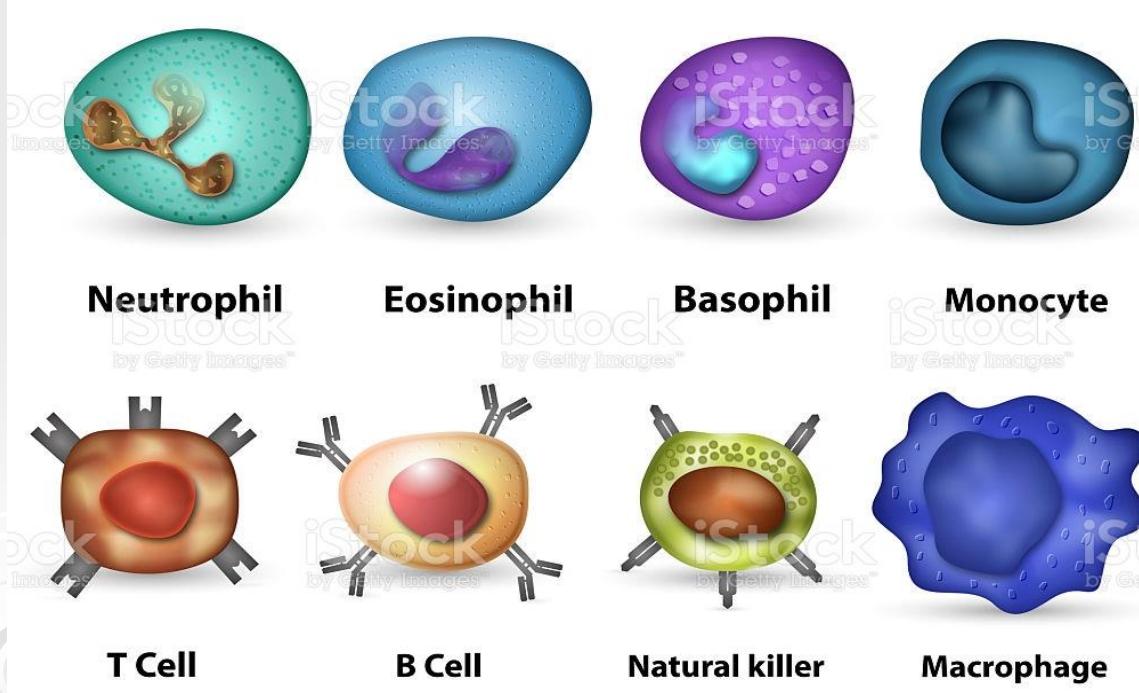
**Macrophage**

- Na osnovu granuliranosti citoplazme i segmentiranosti jedra leukociti se dele u dve grupe:
- **1. agranulirani leukociti -**
- 2. granulirani leukociti (granulociti),**



➤ **1. agranulirani leukociti** - nemaju granulisanu citoplazmu i jedro im nije segmentisano te nazivaju i *mononukleari*, a pripadaju im:

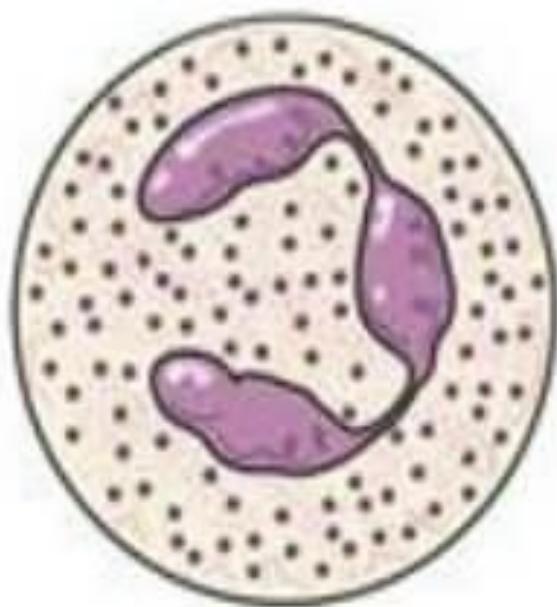
- *limfocit*
- *monocit*



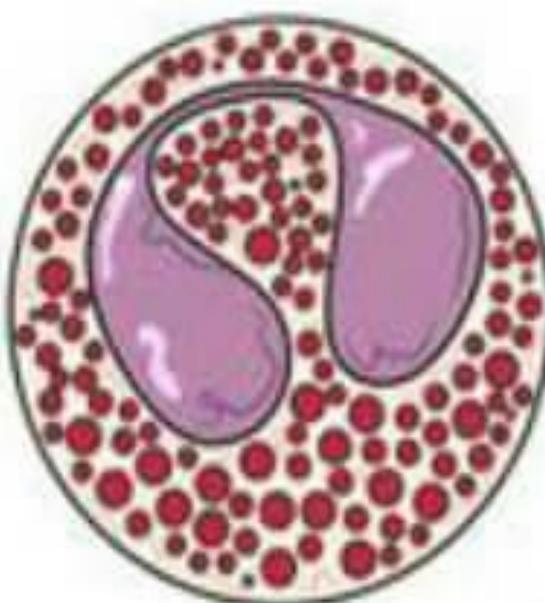
- 2. **granulirani leukociti** (granulociti), imaju granulisanu citoplazmu i segmentisano jedro, zbog čega se nazivaju i *polimorfonukleari* .

- . U ovu grupu spadaju :
  - *neutrofilni granulociti* - citoplazmatične granule ne boje se ni kiselim ni baznim bojama
  - *eozinofilni granulociti* - citoplazmatične granule boje se kiselim bojama
  - *bazofilni granulociti* - citoplazmatične granule boje se baznim bojama

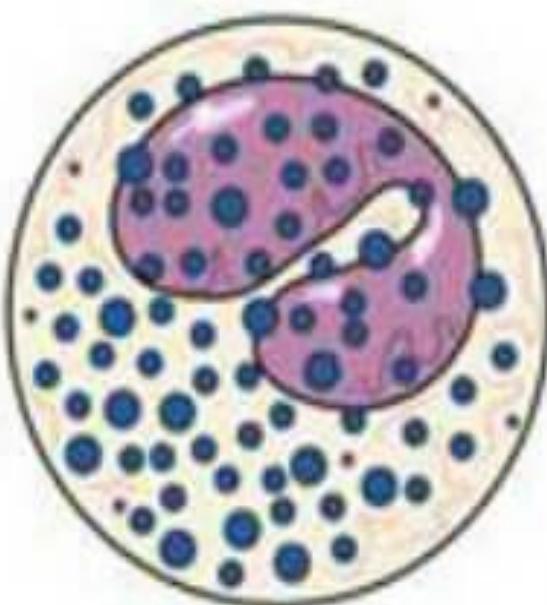
granulociti



neutrofilni

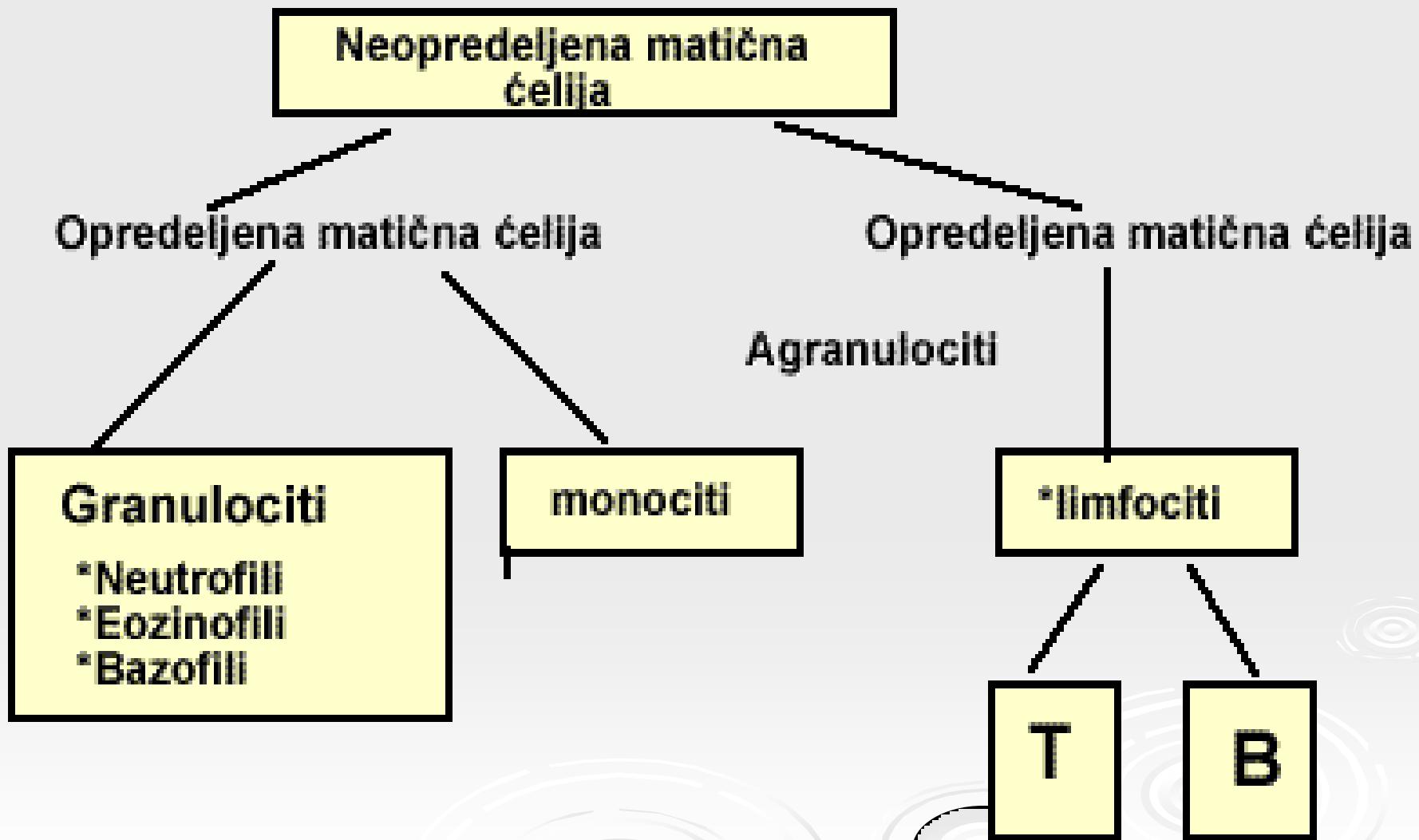


eozinofilni



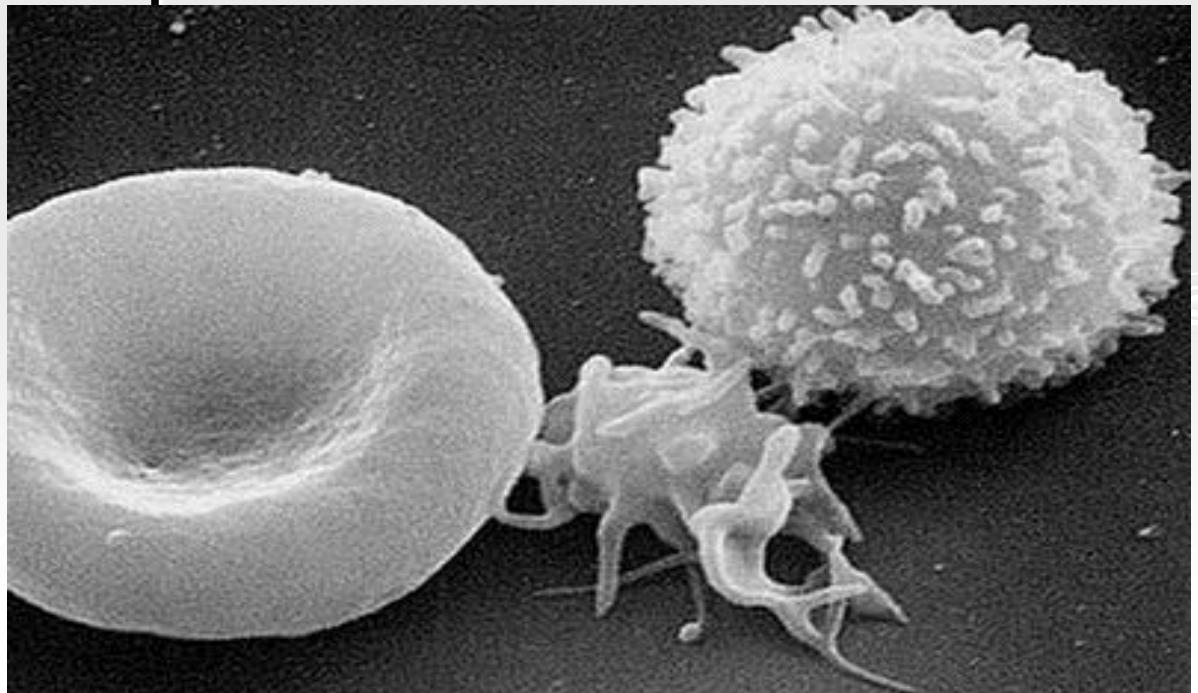
bazofilni

# Leukopoeza



# Trombociti

- male, diskoide strukture bez jedra. Oni nastaju fragmentacijom džinovske ćelije iz crvene kosne srži, megakariocita tokom procesa trombopoeze.



- Njihov broj se kreće od  $150 \times 10^6$  do  $300 \times 10^6/l.$
- U krvotoku žive 7 dana nakon čega bivaju fagocitirani od strane makrofaga u slezini ili plućima.

- Povećan broj trombocita je **trombocitopoeza**
- smanjen broj **trombocitopenija.**

- Trombociti imaju izuzetno složenu građu.

- U citoplazmi trombociti sadrže dva tipa granula.
- Jedan tip granula sadrži neproteinske supstance: serotonin, ATP i ADP.
- Drugi tip granula sadrži različite proteine., svetlige je boje i nema organela osim perifernog prstena mikrotubula koji održavaju oblik trombocitima.

- Glavnu ulogu trombociti imaju u procesu zaustavljanja krvavljenja (hemostaza) u kičmenjaka.
- Oni formiraju trombocitni čep koji može privremeno da zaustavi krvavljenje iz male rane.

- Zahvaljujući faktorima koagulacije koje sadrže, trombociti imaju ulogu i u procesu koagulacije.

- Ovaj proces se odvija u saradnji faktora koagulacije koji se nalaze u:
  - trombocitima (fosfolipidni faktor),
  - tkivima krvih sudova (tkivni tromboplastin) i u
  - krvoj plazmi (fibrinogen, protrombin i krvni tromboplastin)

- Rezultat toga je stvaranje krvog ugruška, tromba na mestu povrede krvnog suda.

- **hemostaza** je proces sprečavanja isticanja krvi iz povređenog krvog suda, a sastoji u prevođenju krvi u stanje gela, pihtijastu masu koja se naziva krvni koagulum.
- Krajnji efekat procesa je prevođenje solubilnog proteina plazme fibrinogena u nesolubilni fibrilarni protein fibrin.

# **Uloge krvnog sistema**

- Održavanje homeostaze (unutrašnje ravnoteže)
- Transportna uloga
- Zaštitna uloga
- Uloga u termoregulaciji

# Transportna uloga

- - kiseonik i hranljive materije do ćelija u telu;
- - ugljen - dioksid i druge materije koje su proizvodi ćelijskog metabolizma do pluća i organa za izlučivanje;
- - hormone do organa na koje deluju;
- - odvodi suvišnu vodu i reguliše pH (omogućava homeostazu);

# Zaštitna uloga

- od virusnih i bakterijskih infekcija koju ostvaruju bela krvna zrnca (leukociti)

# Uloga u termoregulaciji

- ostvaruje se cirkulacijom krvi kroz kožu.
- Termoregulacija predstavlja sposobnost održavanja stalne telesne temperature, (organizmi koji tu sposobnost imaju nazivaju se homeotermi)

- Smatra se da prosečne vrednosti treba da izgledaju ovako:
- 1% bazofila;
- 1 do 3% eozinofila;
- 0 do 9% monocita;
- 25 do 30% limfocita;
- 54 do 62% neutrofila.

# Referentne vrednosti za odrasle

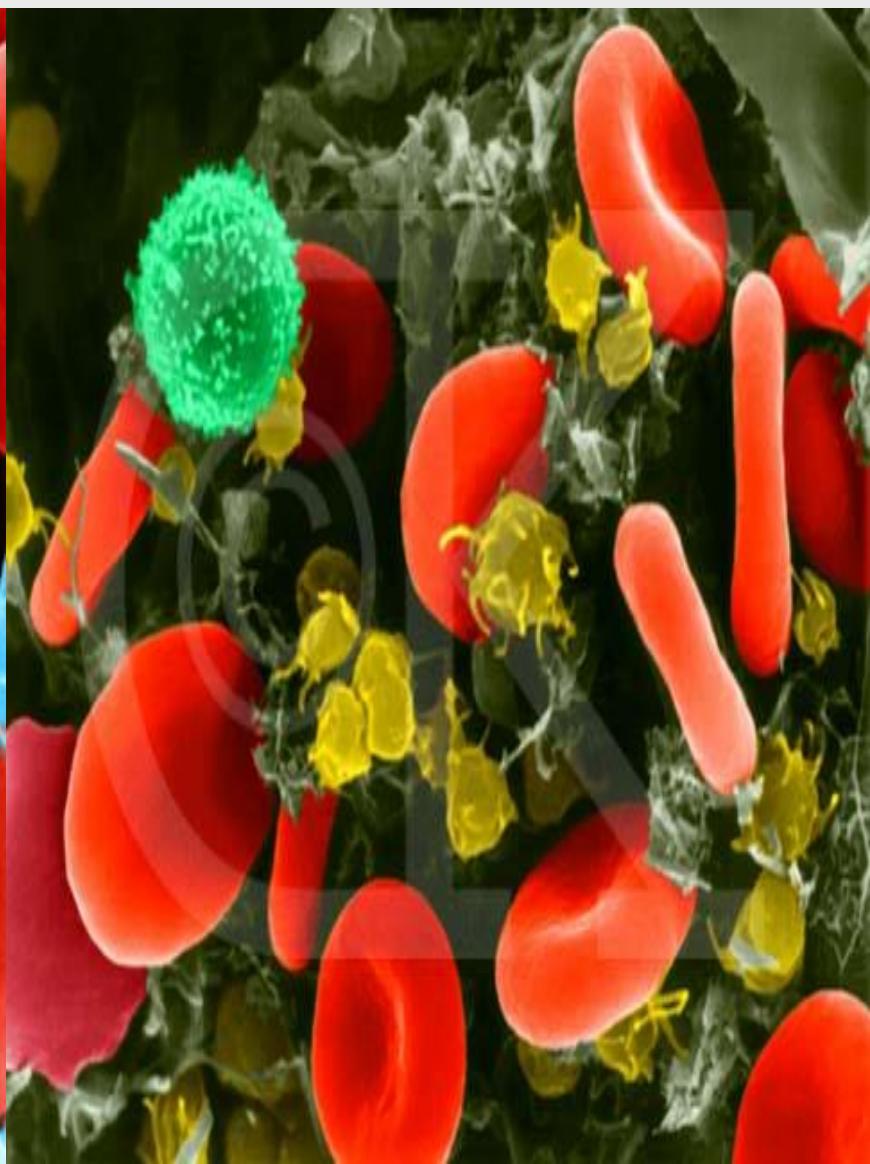
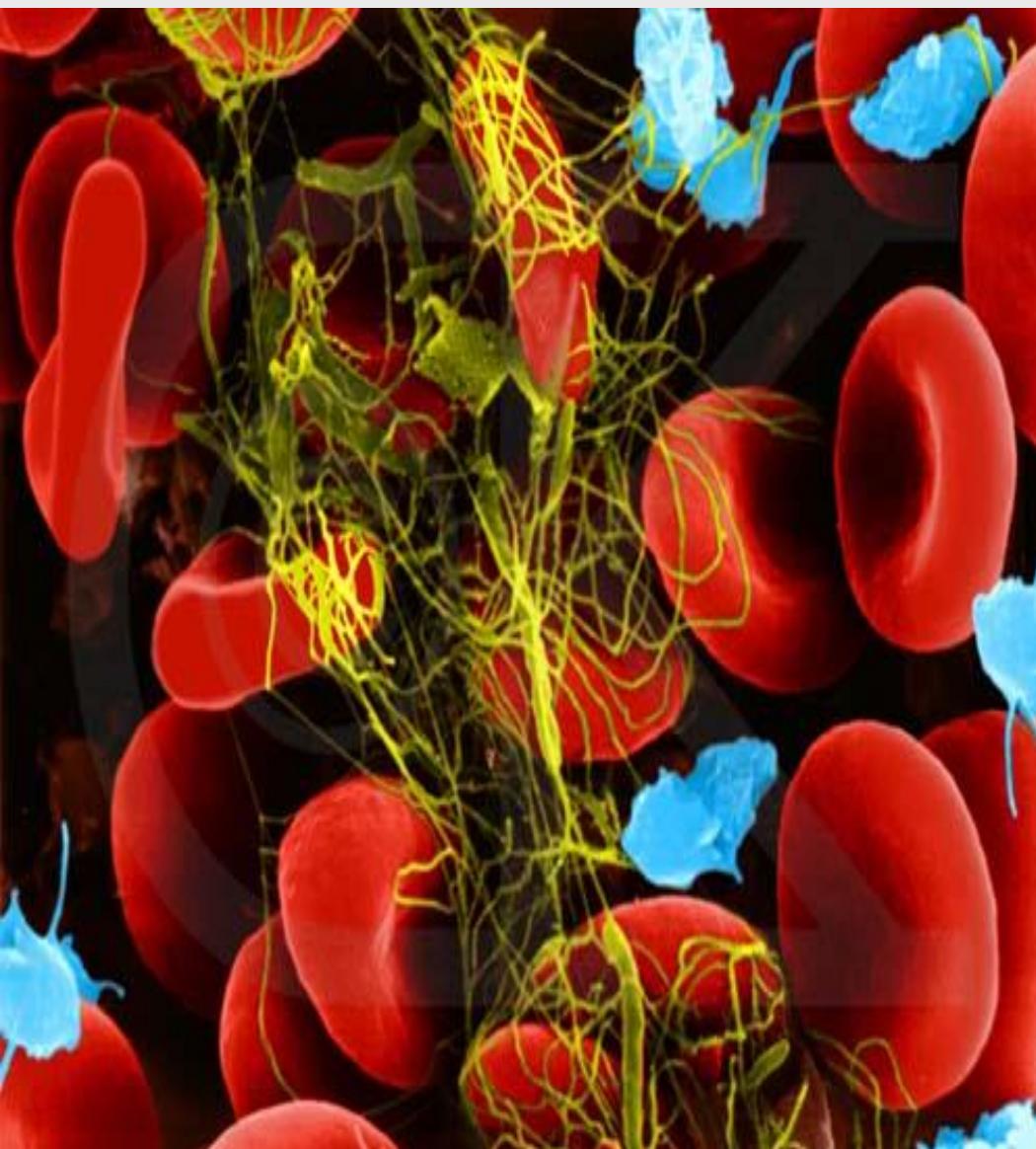
- ukupan broj leukocita od 4 do 11 po  $10^9/l$
- neutrofila od 2.5 do 7.5 po  $10^9/l$ ,
- monocita od 0.2 do 0.8 po  $10^9/l$ ,
- eozinofila od 0.04 do 0.4 po  $10^9/l$ ,
- bazofila od 0.01 do 0.10 po  $10^9/l$  i
- limfocita od 1.5 do 3.5 po  $10^9/l$ .

- NN 275ml krvi i tada je odnos V/TM najveći
- Pubertet –odrasli
  - 3800 žene
  - 4500 muškarci

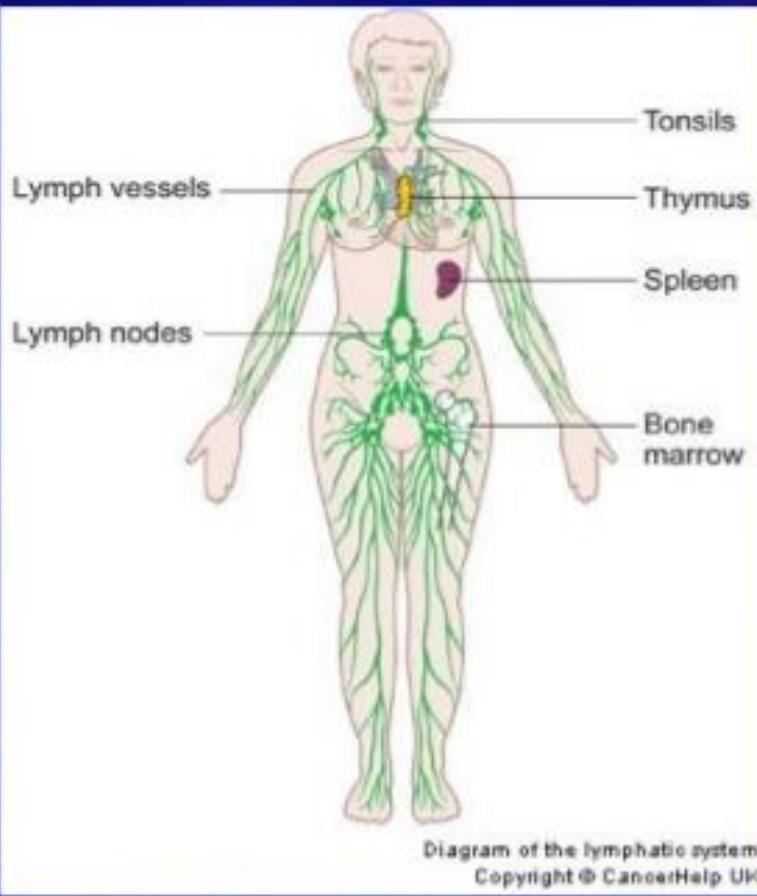
# eritrociti

- Hb raste od rođenja do puberteta podjednako
- Odrasli muškarci imaju veću količinu (140g/l, tj 125g/l)

- Sportovi izdržljivosti
- Bazične pripreme u uslovima relativne hipoksije
- Više od 2000m nadmorske visine
- duže od 3 nedelje
- Prvi rezultati nakon 100 do 120 dana



# Limfni sistem i limfa



- Limfa teče samo jednim smerom tj .
- Od perifernih tkiva prema velikim venama (zalisci!)
- Najveći limfni vodovi su ductus thoracicus (grudni limfovod) i ductus lymphaticus dexter (desni limfovod)
- Oba utiču u stecište potključne i unutrašnje jugularne vene tj. Venski ugao.

## Uloga limfe

- Neprekidno odnošenje belančevinskih molekula iz međućelijskog prostora (ako ne = nagomilavanje)
- Prenos masti – nakon apsorpcije iz crevnih resica izravno ulaze u nju
- Imunosna uloga
- Limfna crpka – stezanje glatkih mišićnih vlakana u zidu limfne žile i pritisak spolja(npr. mišić)

