

# FIZIOLOGIJA SRCA

*dr Danijela Kirovski*

profesor

Katedra za fiziologiju i biohemiju

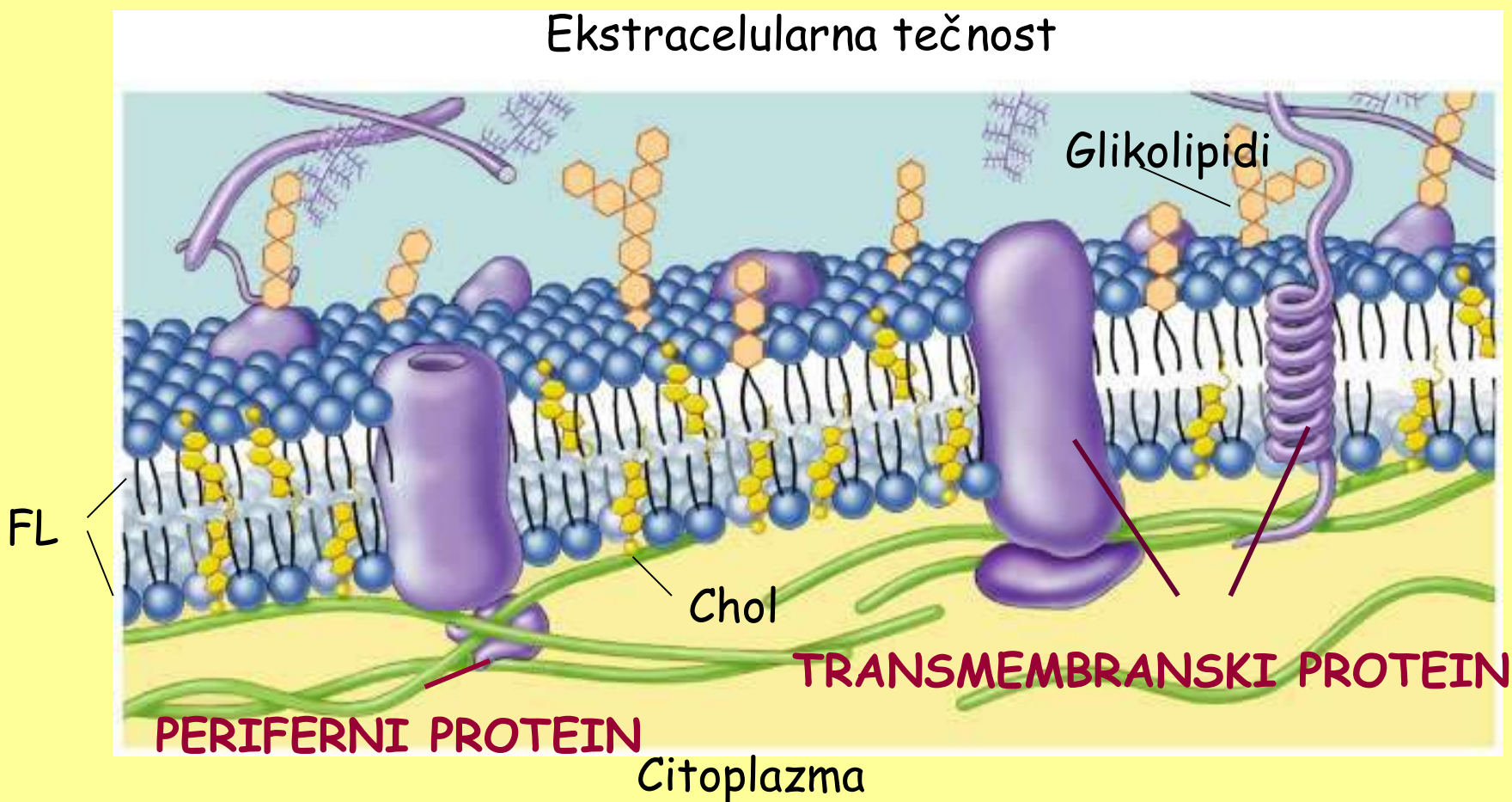
Fakulteta veterinarske medicine

Univerziteta u Beogradu

Pre detaljnog opisa fizilogije srca  
Fiziologija ćelijske membrane

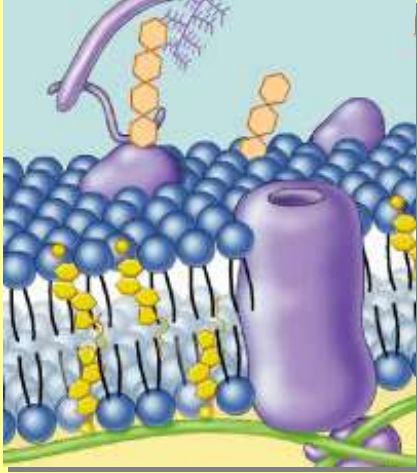
# Fiziologija ćelijske membrane

Dvosloj lipida i proteini (funkcija membrane!)



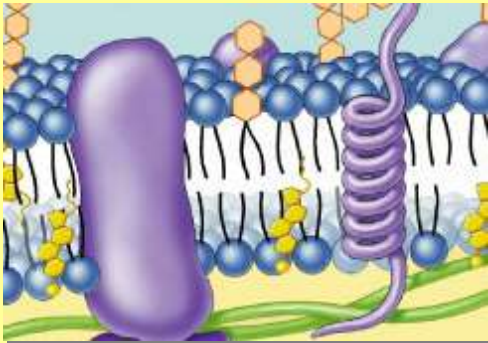
# Proteini ćelijske membrane

## PERIFERNI PROTEIN



Identifikacija ćelije, enzimi

## TRANSMEMBRANSKI PROTEINI

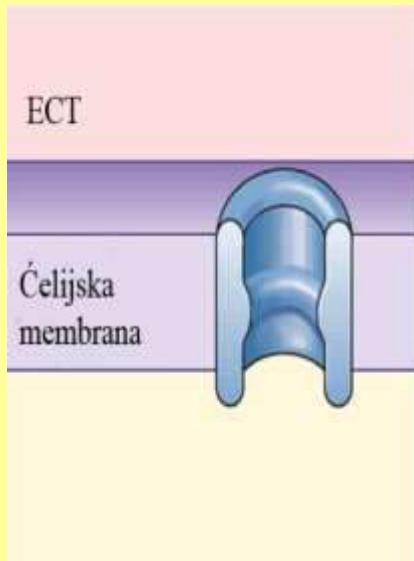


Kanali, pumpe, nosači, receptori

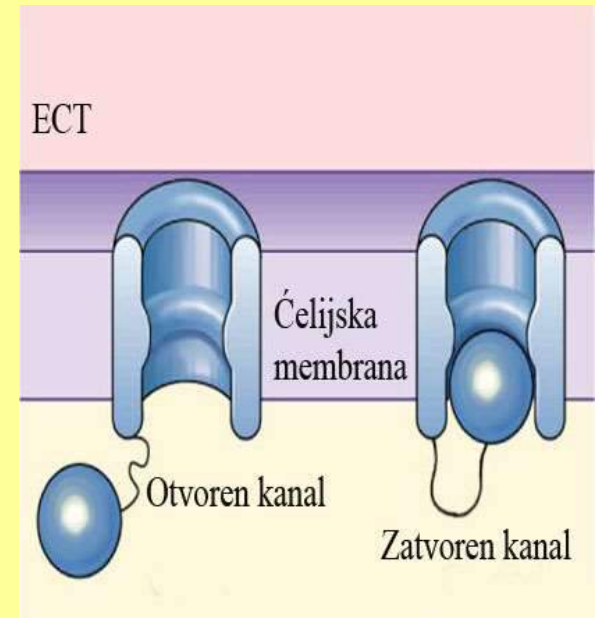
# TRANSMEMBRANSKI PROTEINI

## Kanali

### Pasivan kanal



### Aktivan kanal

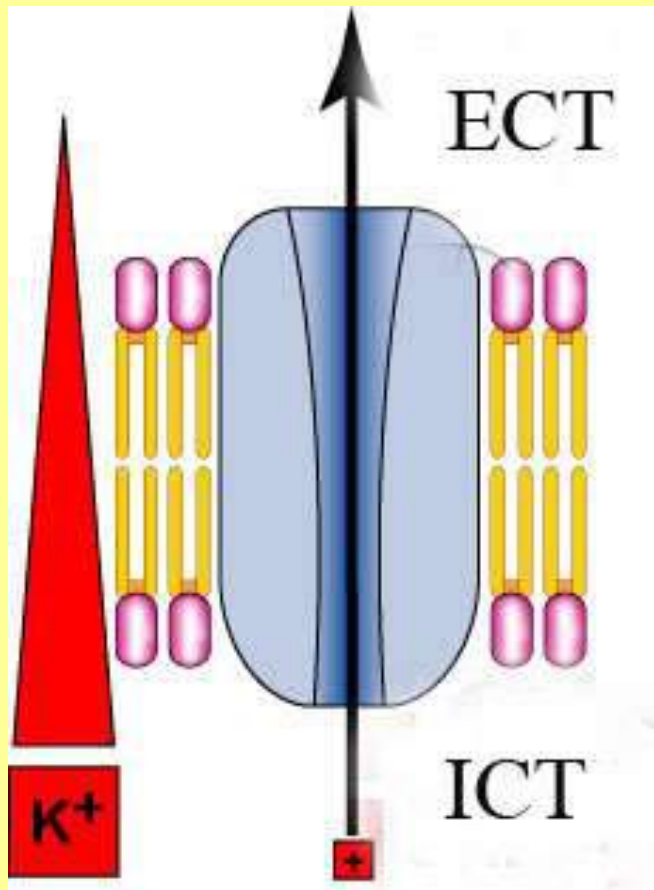


Kanali za jone (K, Na, Ca...)...vodu

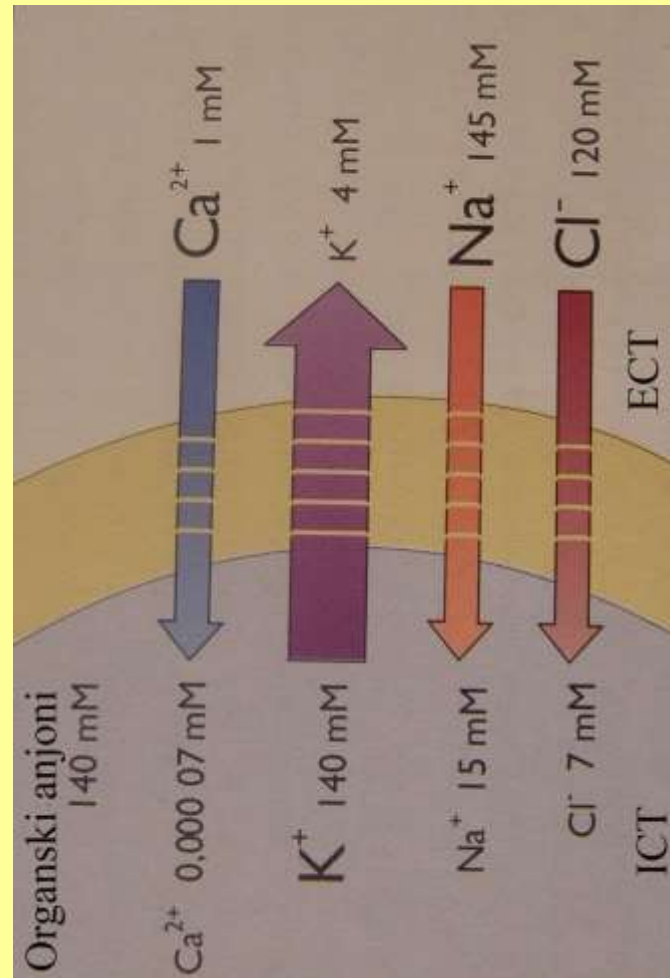
Kroz njih joni prolaze difuzijom - sa mesta veće na mesto manje koncentracije

## Pasivan kanal

### 1. Kalijumov kanal



### 2. Natrijumov kanal

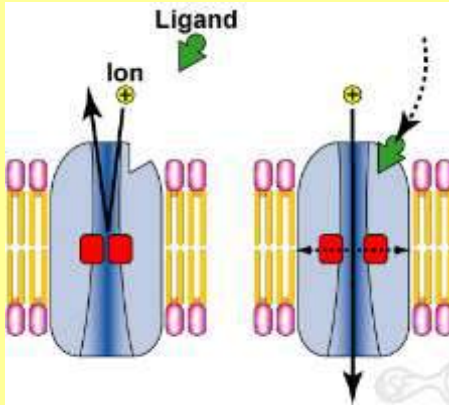


# TRANSMEMBRANSKI PROTEINI

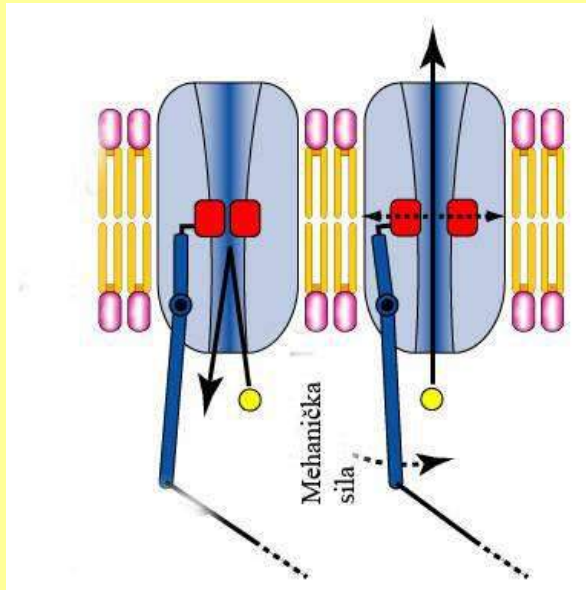
# Kanali

## Aktivan kanal

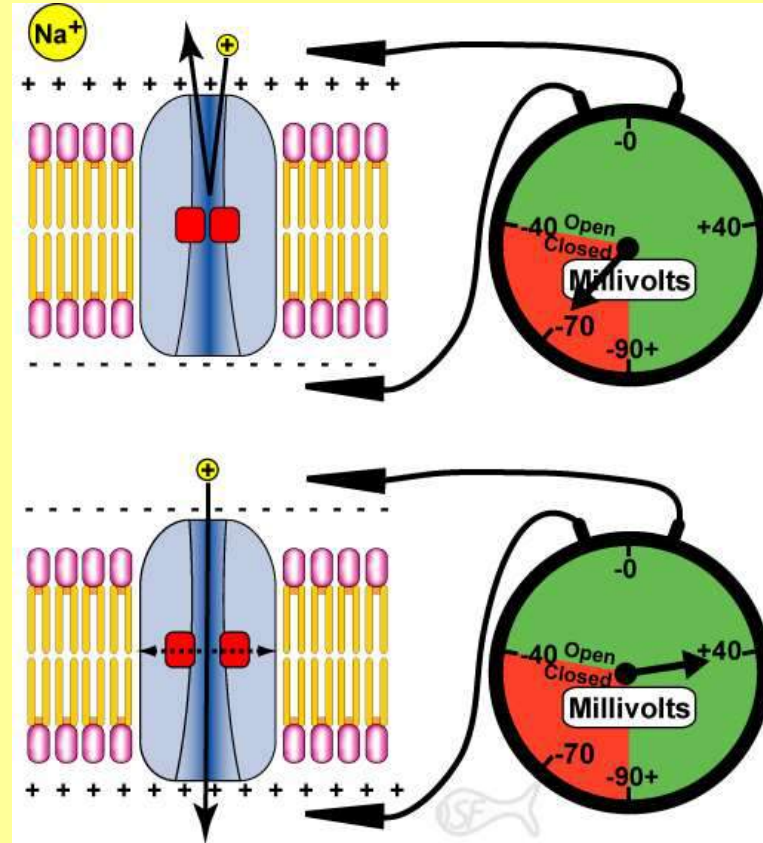
### 1. Ligand zavistan



### 2. Strečing kanal



### 3. Voltažno zavistan

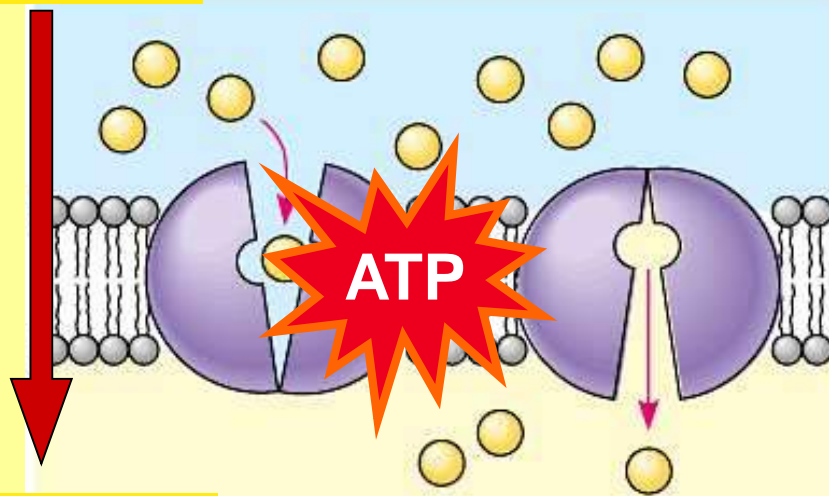


# TRANSMEMBRANSKI PROTEINI

## Pumpe

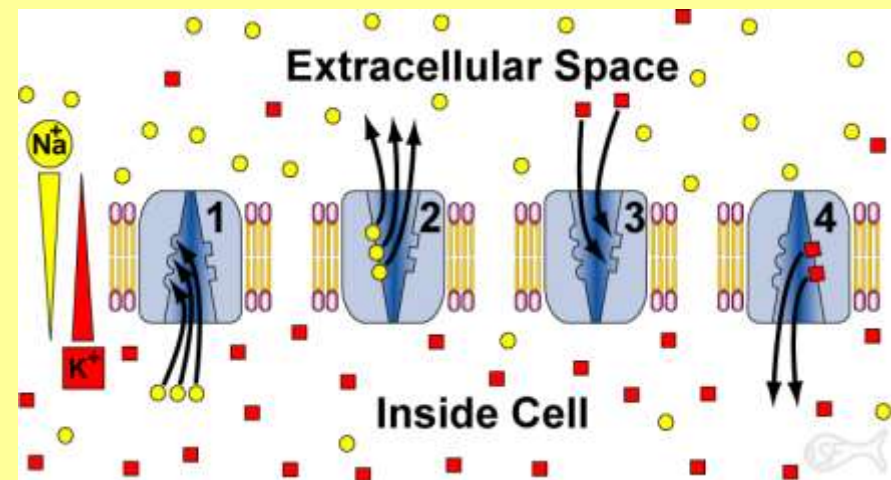
Na/K pumpa

Niska conc



Visoka conc

“PUMPA”



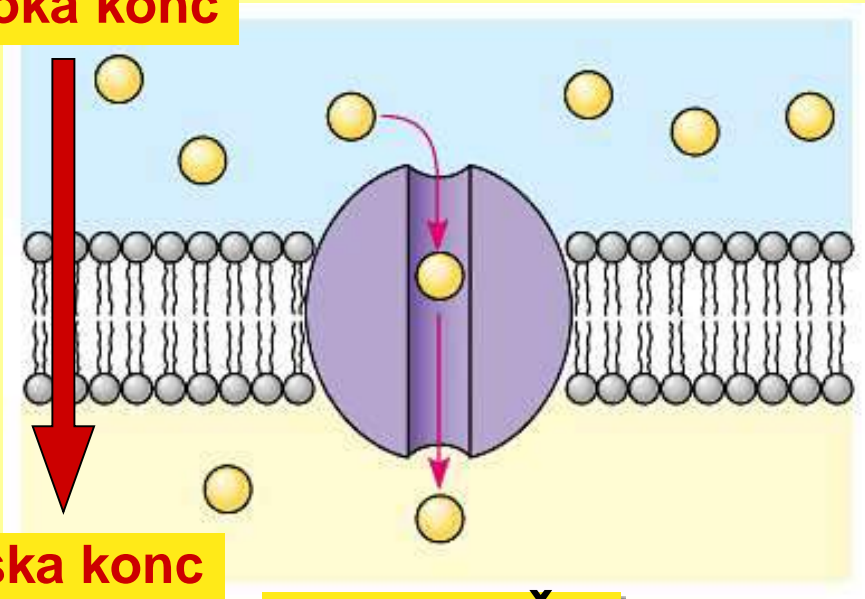


# TRANSMEMBRANSKI PROTEINI

## Nosači

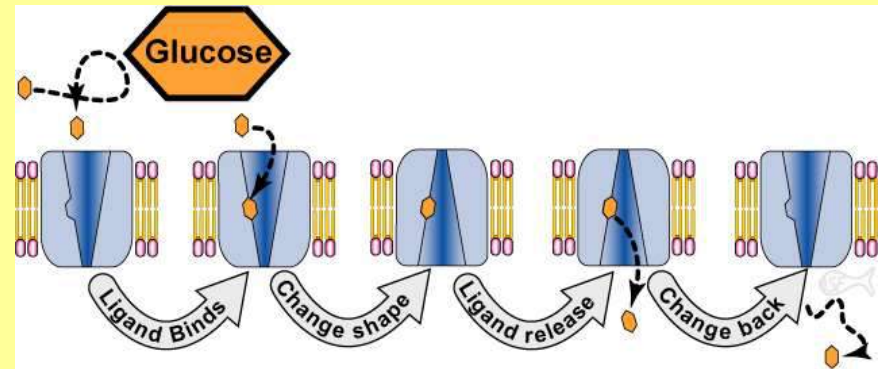
GLUT

Visoka konc

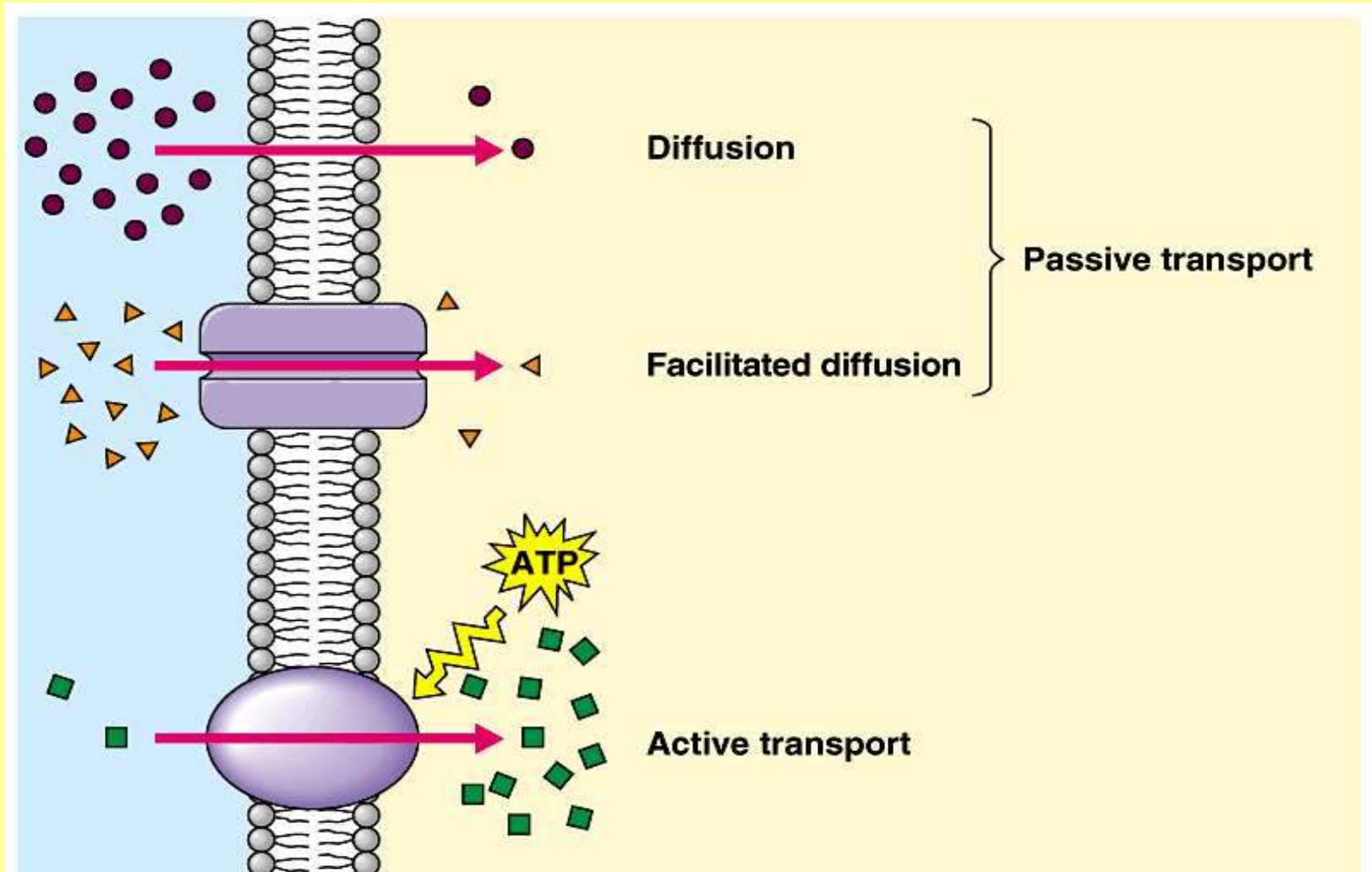


Niska konc

“NOSAČ”

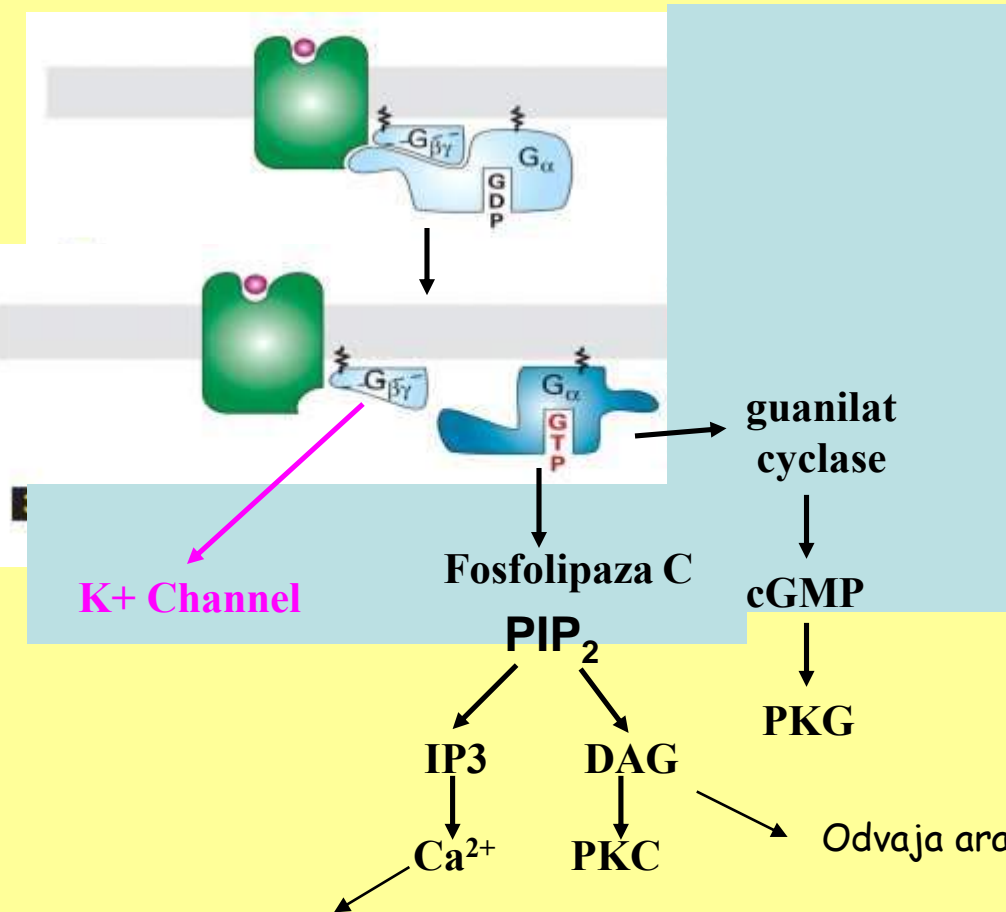


# ISTI JON MOŽE DA SE TRANSPORTUJE NA RAZLIČITE NAČINE



# TRANSMEMBRANSKI PROTEINI

## Receptori (proteinski)



### Sekundarni glasnici:

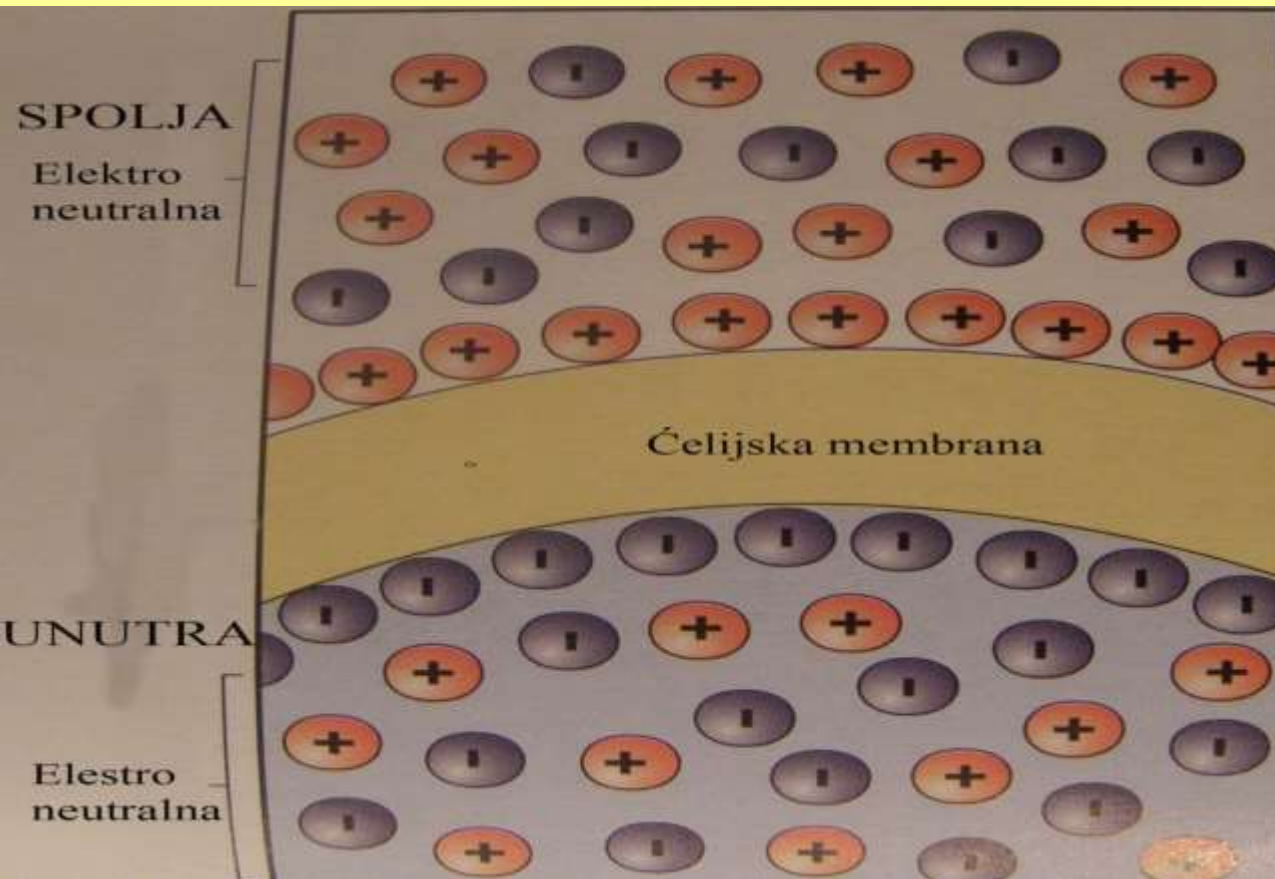
- cAMP
- Inozitol trifosfat (IP<sub>3</sub>)
- Diacilglicerol (DAG)
- cGMP

Odvaja arahidosnku kiselinu

Aktivira enzima ili otvara Ca kanale

# Fiziologija ćelije ekcitolabilnog tkiva

## Membranski potencijal mirovanja - MPM (Kalijumov potencijal)



Natrijumovi joni  
Hloridi

**KATJONI**

**MPM** **Neuroni**  
(od -60 do -70 mV)  
debeli -90 mV

**ANJONI**

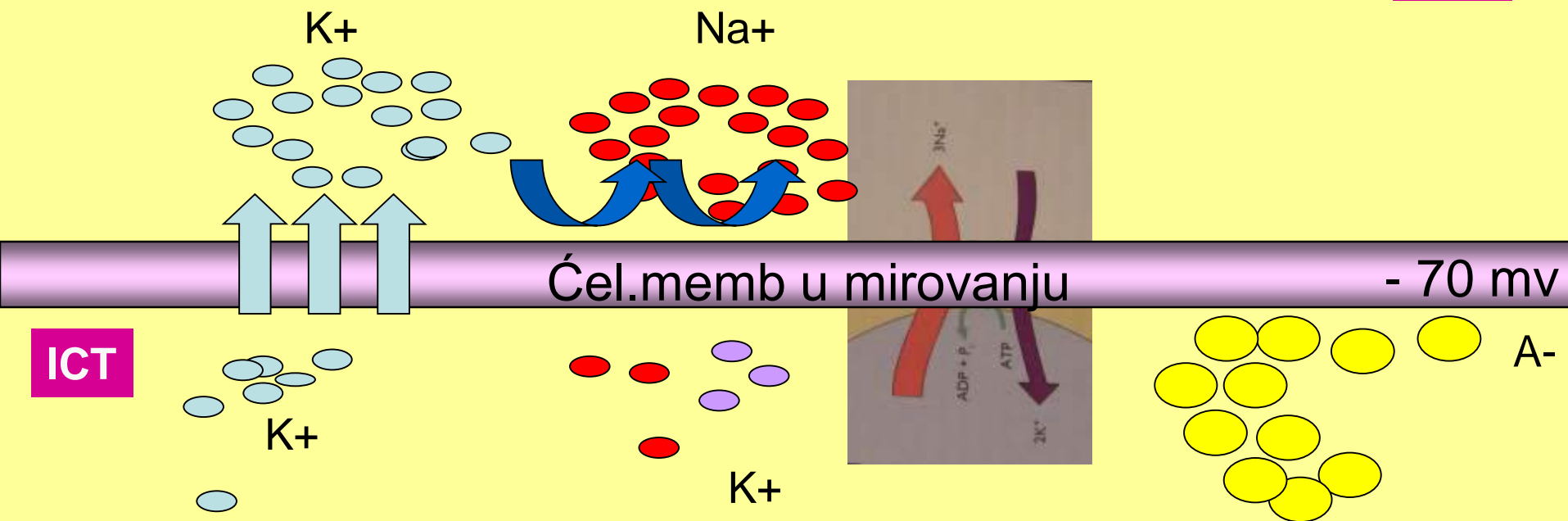
Kalijumovi joni  
Organski joni

## Membrana u mirovanju

# Ekscitabilna tkiva

## Membranski potencijal mirovanja - MPM (Kalijumov potencijal)

ECT



ICT

K+

Ćel.memb u mirovanju

- 70 mv

A-

K+

1. Pasivni kalijumovi kanali

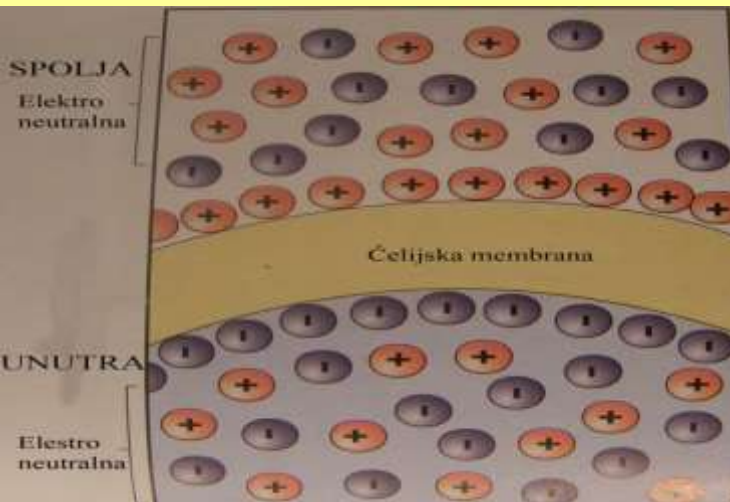
2. Na/K pumpa

3. Donanov efekat

# Ekscitabilna tkiva

## HIPOPOLIRASANOST I HIPERPOLARISANOST MEMBRANE

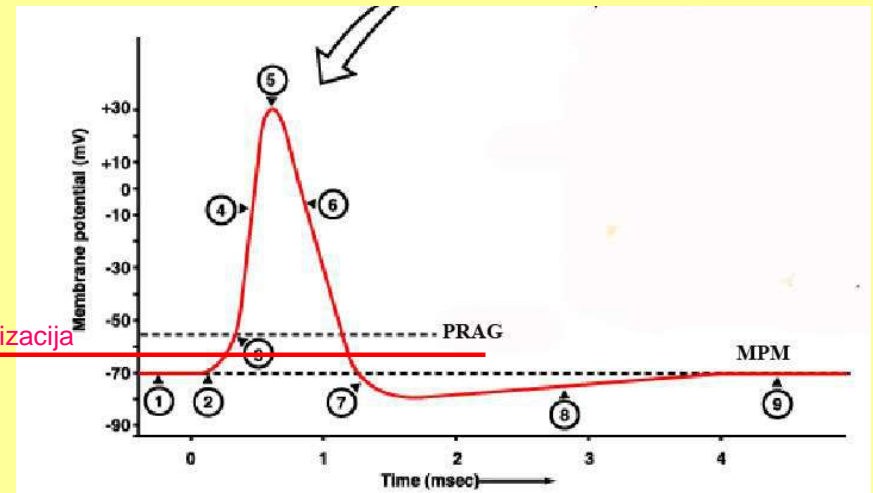
**HIPOPOLARISANOST** - smanjena polarisanost membrane  
(smanjena razlika između spoljašnje i unutrašnje strane membrane)  
Zbog povećane propustljivosti Na i/ili Ca



Na/Ca



Hipopolarizacija

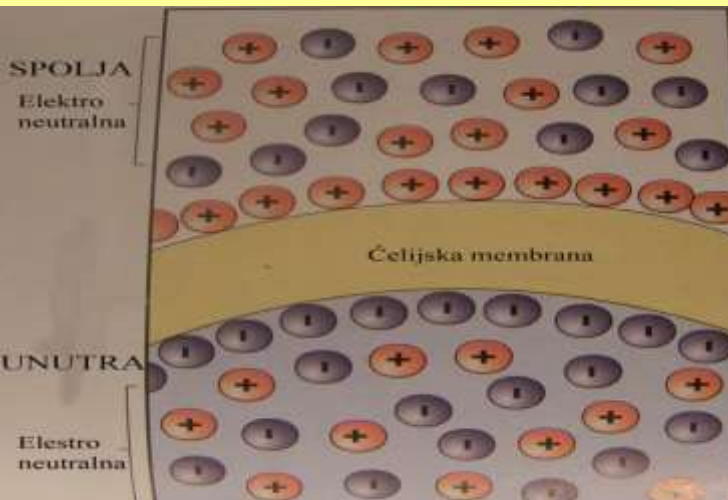


**MPM** Neuron  
(od -60 do -70 mV)  
debeli -90 mV

# Ekscitabilna tkiva

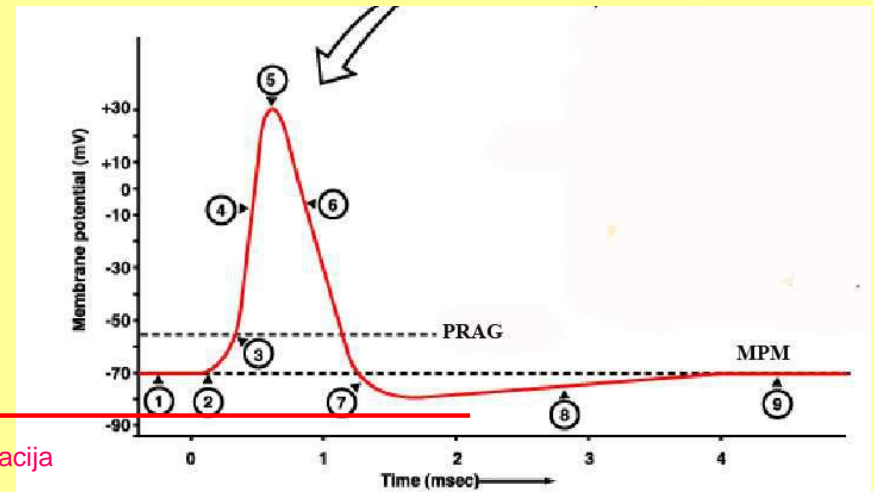
## HIPOPOLIRASANOST I HIPERPOLARISANOST MEMBRANE

**HIPERPOLARISANOST** - povećana polarisanost membrane  
(povećana razlika između spoljašnje i unutrašnje strane membrane)  
Zbog povećane propustljivosti  $K^+$  i/ili  $Cl^-$



$Na/Ca$   
 $Cl$   
 $K$

Hiperplarizacija

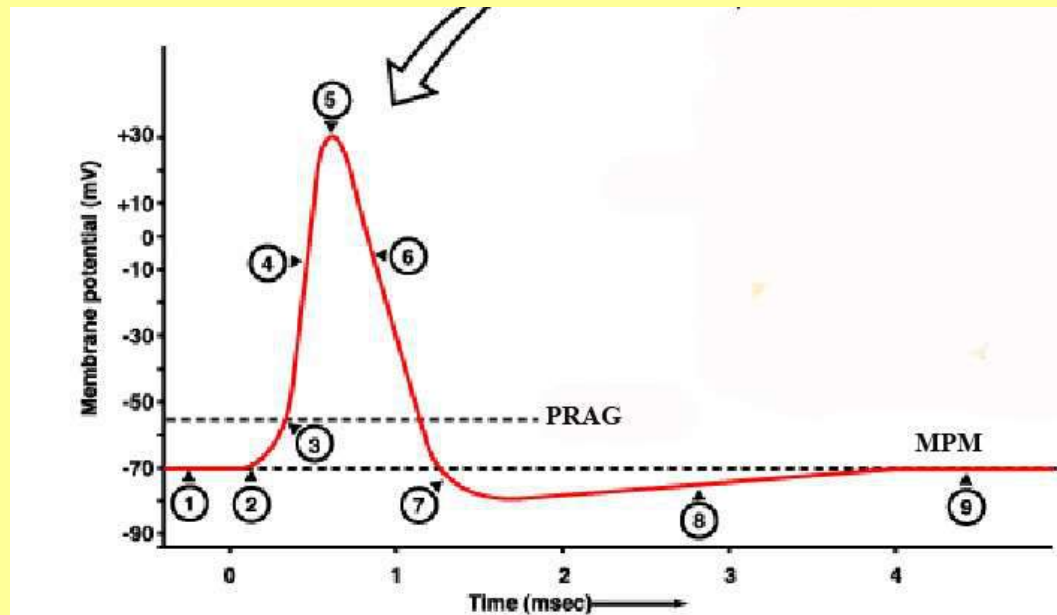


**MPM** Neuroni  
(od -60 do -70 mV)  
debeli -90 mV

# Kada se ekcituju desi se

## $A_p = \text{impuls} = \text{biostruja}$

1. MPM
2. Stimulus koji dovodi do **HIPOPOLARIZACIJE** (otvara kanale za Na/Ca i ulaz Na/Ca)
3. Ulaskom Na jona dostiže se **PRAG** i otvaraju se voltažno zavisni kanali za Na (-55 mV)
4. Ulaze Na joni - **DEPOLARIZACIJA**
5. Zatvaraju se Na/Ca kanali a otvaraju voltažno zavisni K kanali (+15 mV)
6. Kalijum izlazi iz ćelije - **REPOLARIZACIJA**
7. Kalijum i dalje izlazi i preko MPM - **HIPERPOLARIZACIJA**
8. Zatvaraju se kanali za K
9. MPM

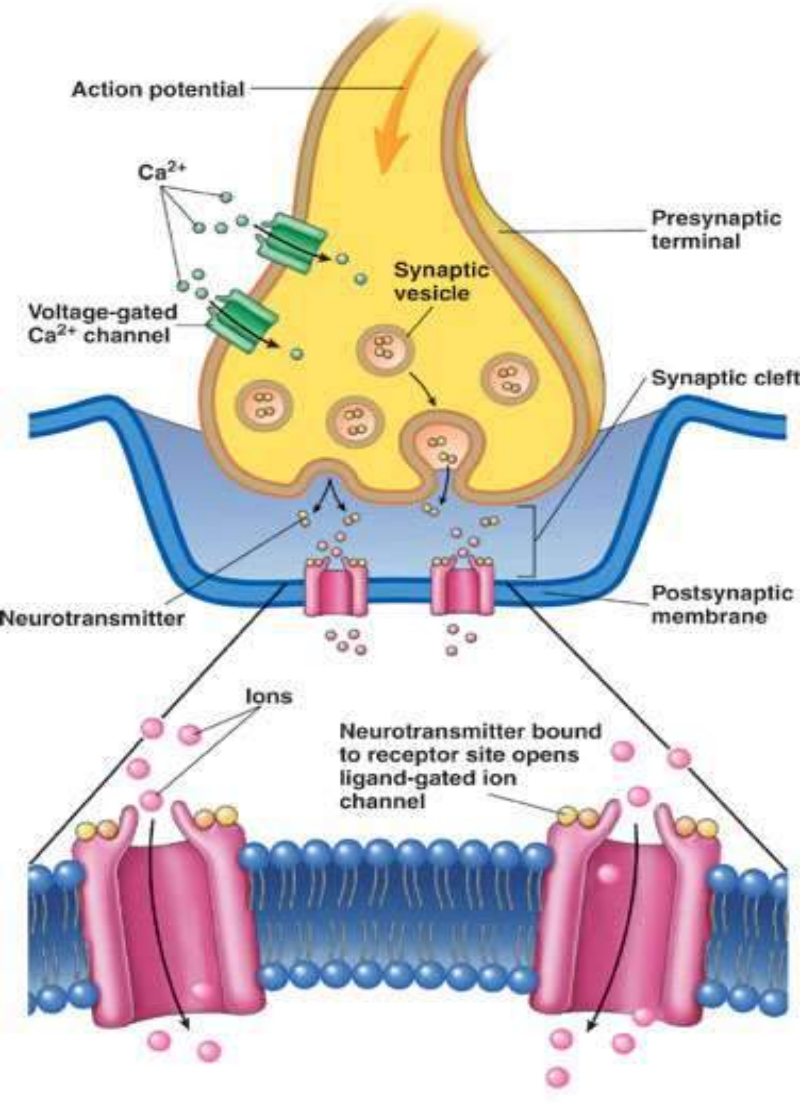




# Sinapsa (fiziološke komunikacije među ćelijama)

## 1. Hemijske sinapse (centralne i periferne)

Copyright © The McGraw-Hill Companies, Inc. Permission required for reproduction or display.



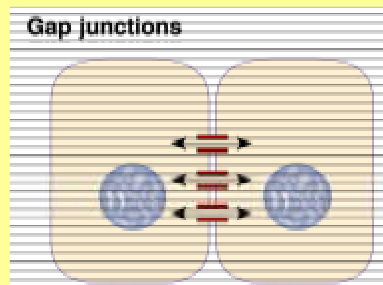
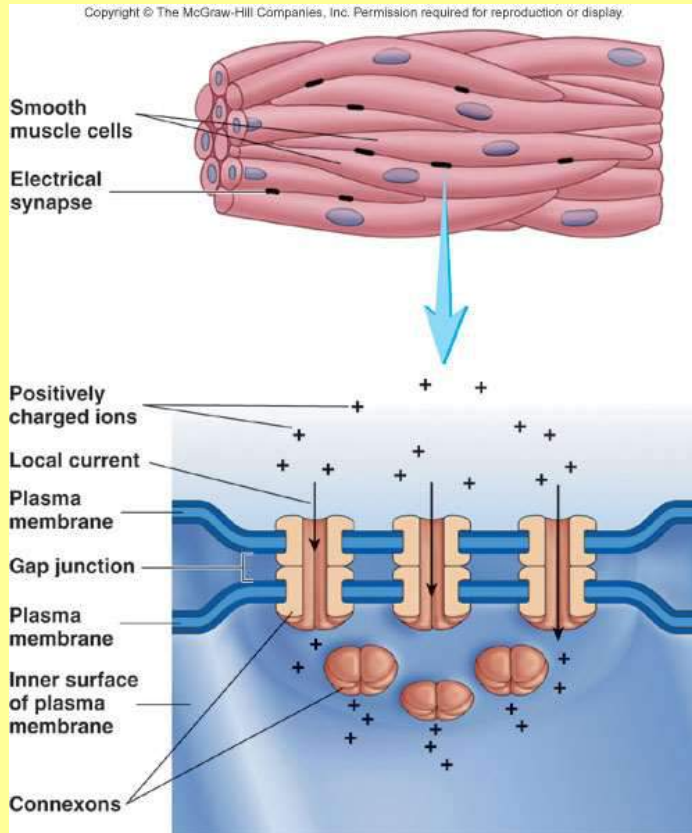
- Ostvaruju se uz posredstvo **NEUROTRANSMITERA** (oslobođen od presinaptičke ćelije)
- Obavijene su glija ćelijama (izolacija)

### SASTOJI SE OD

- Presinaptičke membrane
- Sinaptičke pukotine
- Postsinaptičke membrane

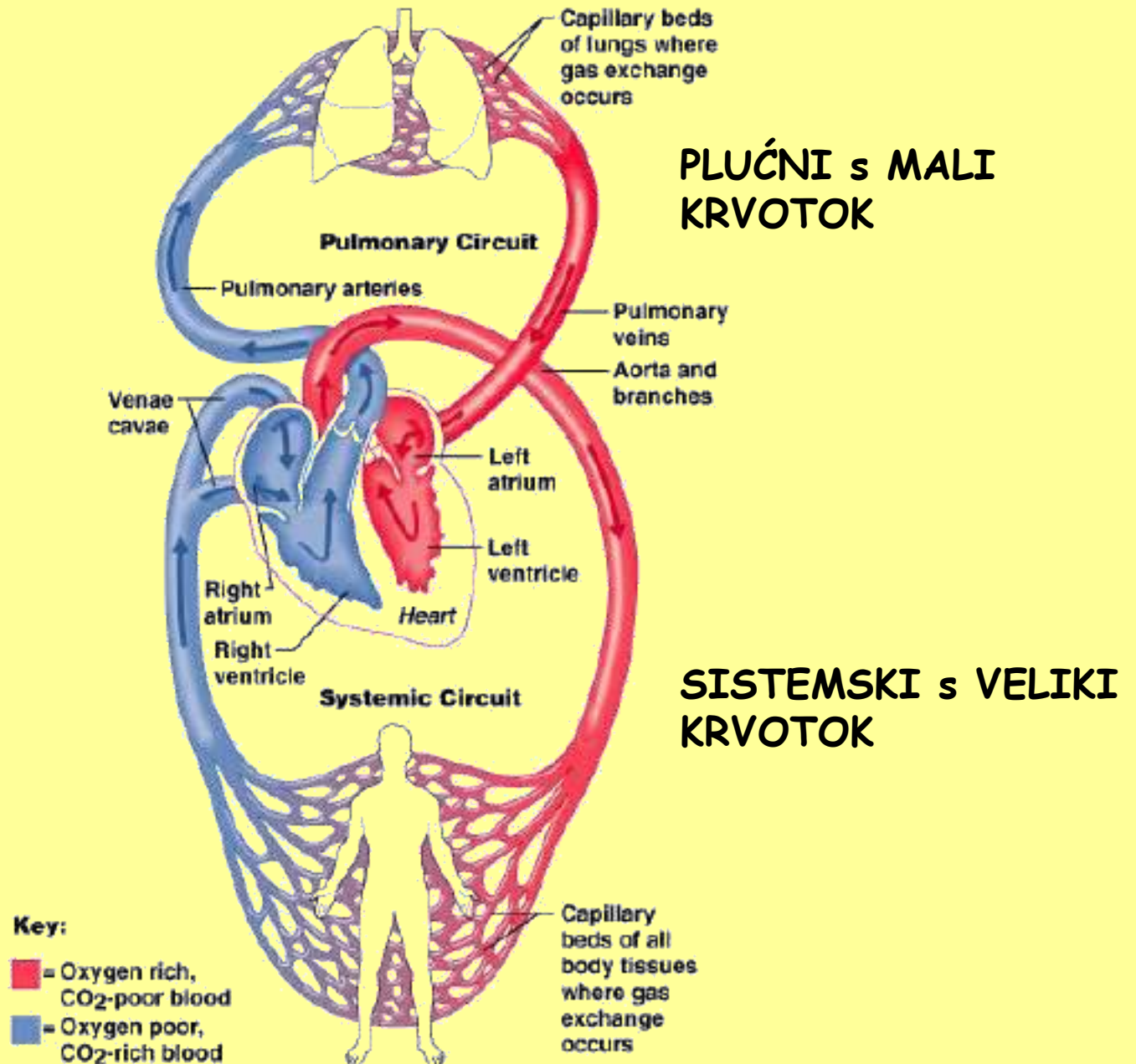
# Sinapsa (fiziološke komunikacije među ćelijama)

## 2. Električne sinapse (centralne i periferne)

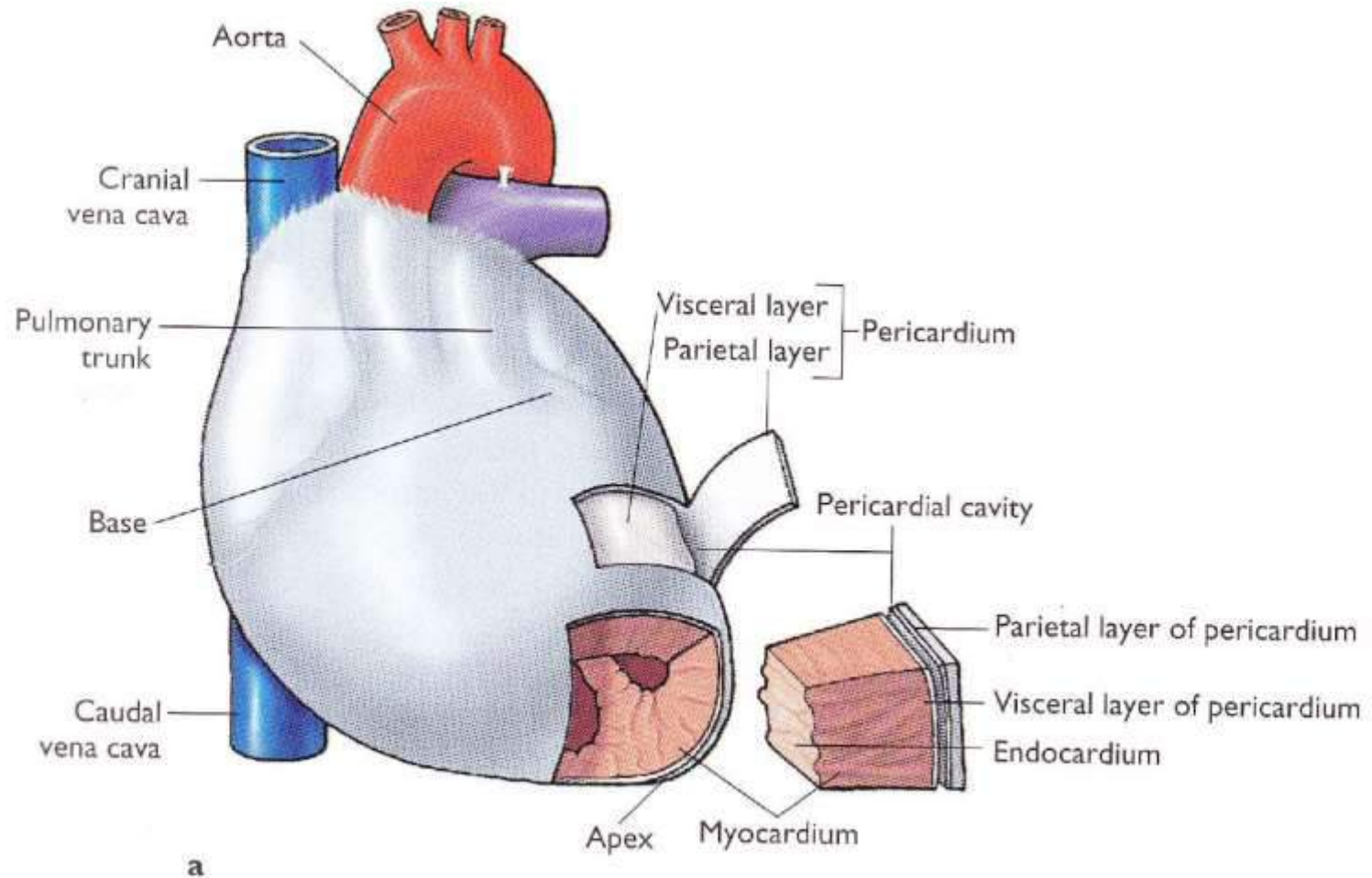


- Pre- i postsinaptički neuron vezan **gap junctions**
  - Dozvoljava direktan protok jona među susednim ćelijama. **Koneksoni**: proteinski tuneli u ćelijskoj membrani.
- Centralni: Retki u CNS
- Periferni: ima ih u srčanom i mnogim glatkim mišićima. Trenutni prenos akcionog potencijala.
- Nisu neophodni neurotransmiteri (nema sinaptičkog zadržavanja)
- Prenos signala je dvosmeran
- Mogu biti samo ekscitacijske

# Srce

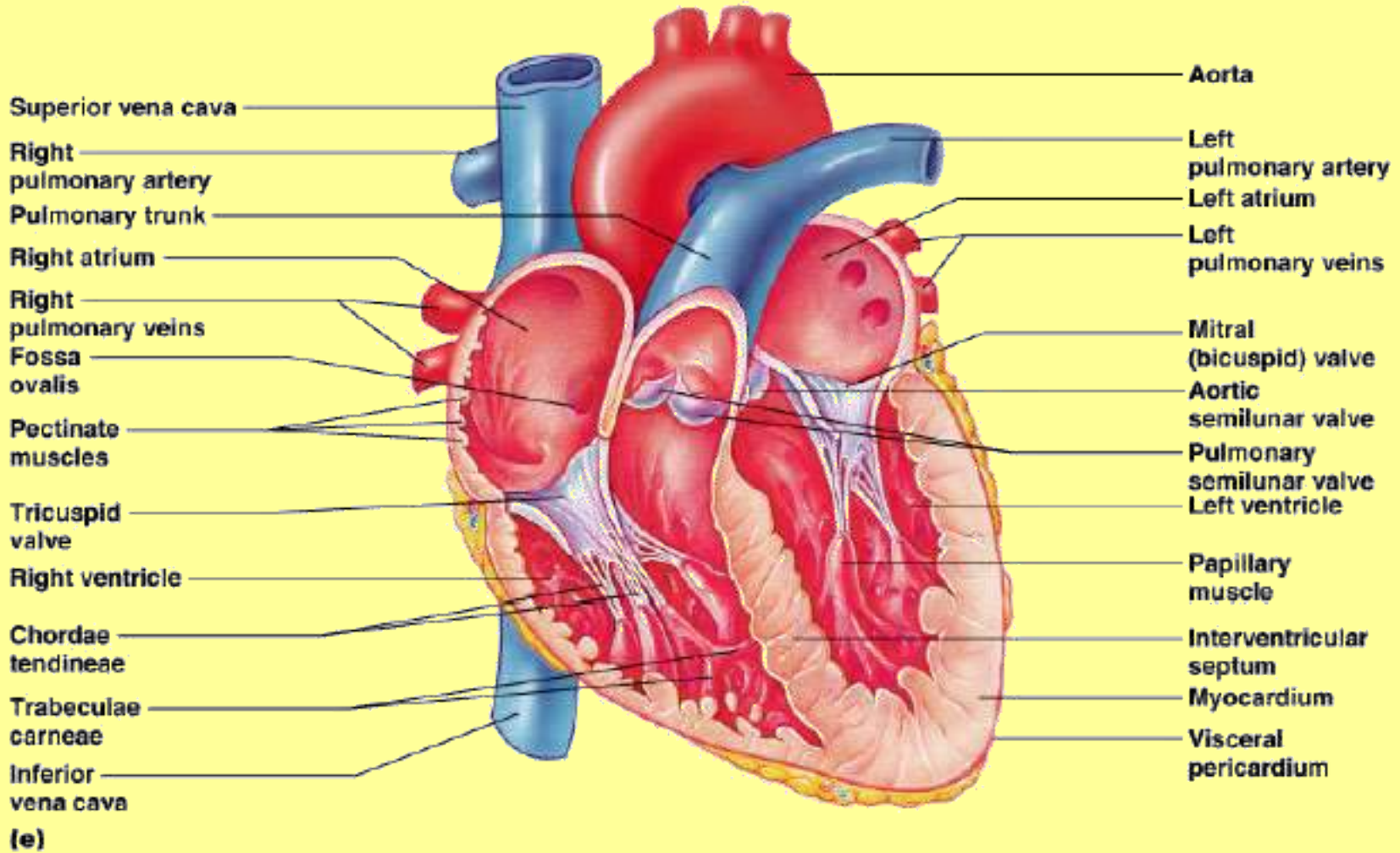


# Srce - građa

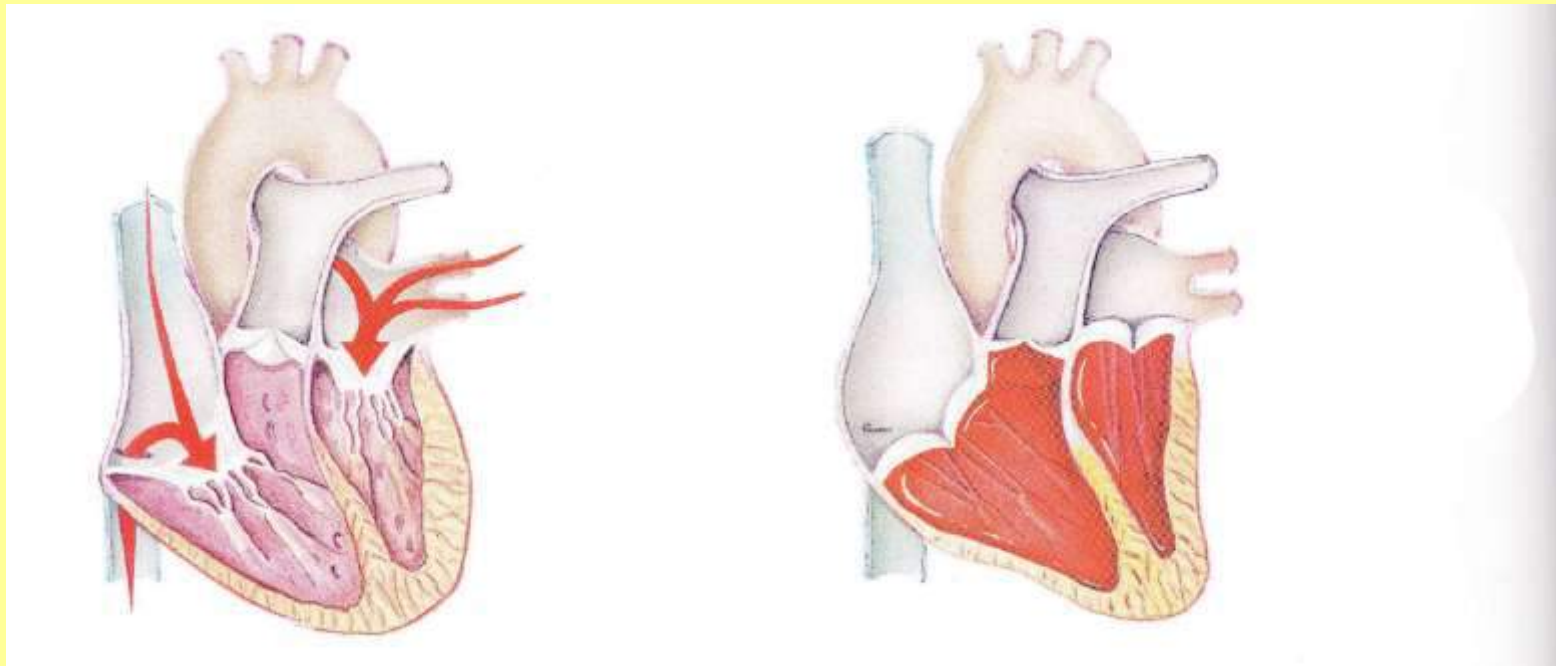


# Valvule - zalisci

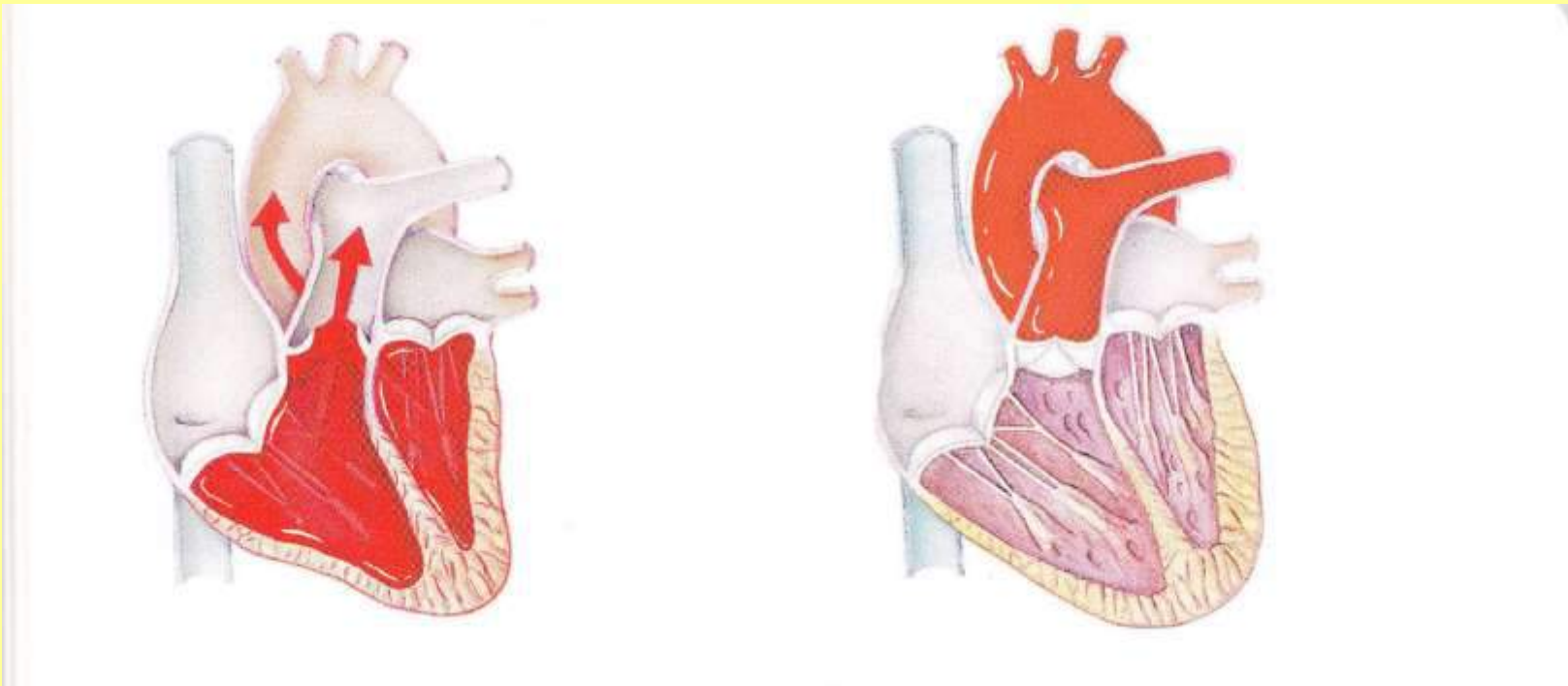
Na ušću vv. cave i vv. pulmonales – nema zalistaka



# Zalisci atrioventrikularni



# Zalisci semilunarni



# MIOKARD

## MIOKARD pretkomora - 2 mm

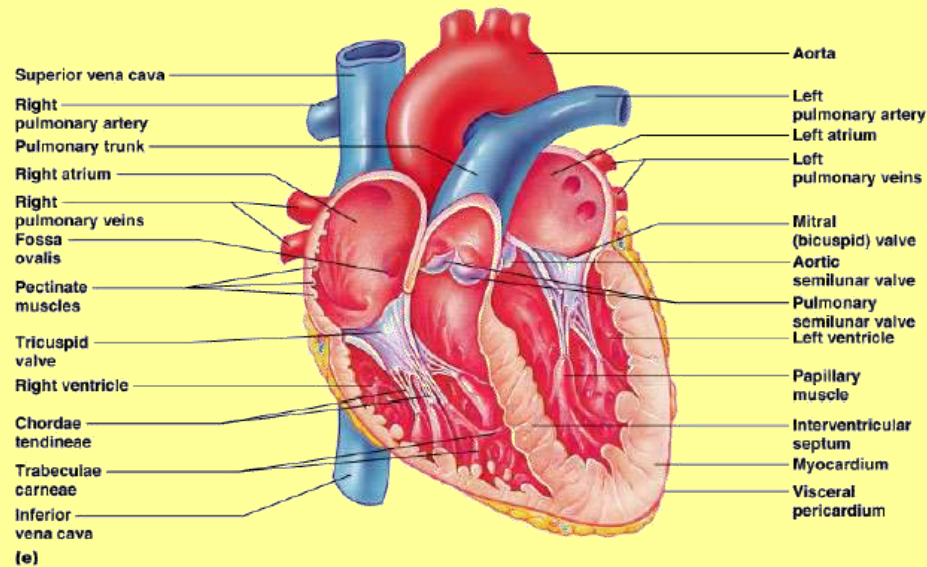
Unutrašnji – longitudinalni sloj (poseban za svaku pretkomoru)

Spoljašnji – cirkulatorni (zajednički) – istovremena kontrakcija pretkomora

## MIOKARD komora

Deblja jer između dva longitudinalna ima cirkularni

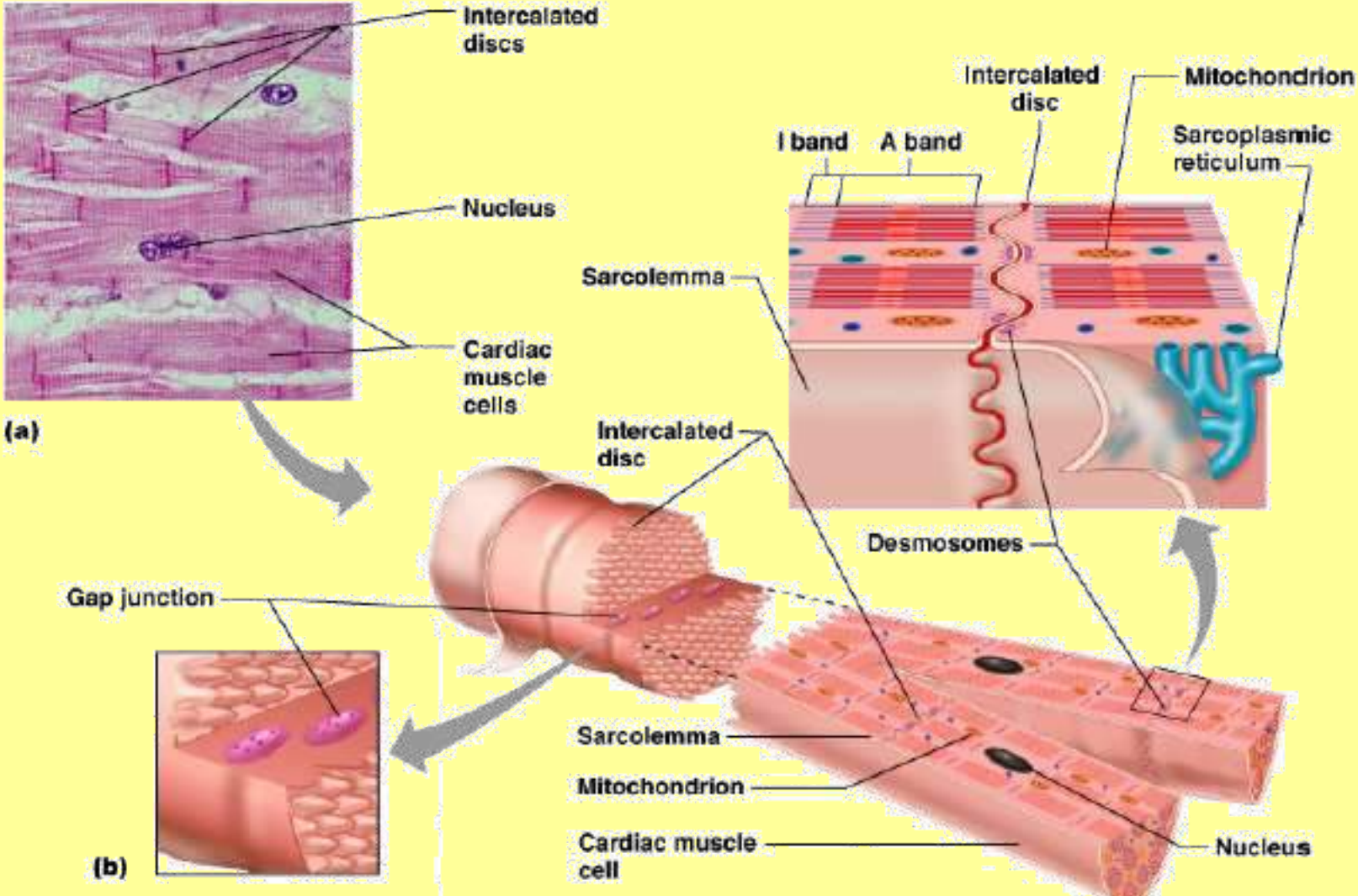
Leva komora – deblji – veći pritisak (17 kPa)



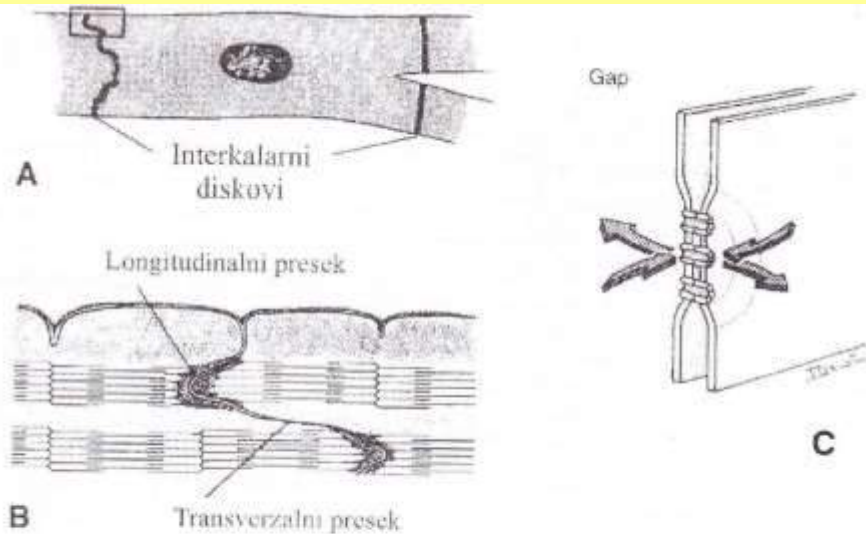


# Srčani mišić - osobine glatkog i poprečno prugastog mišića

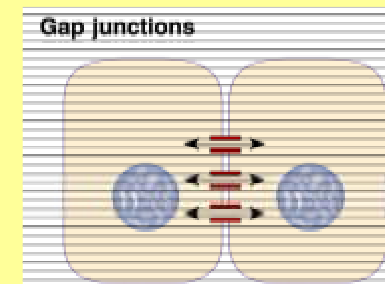
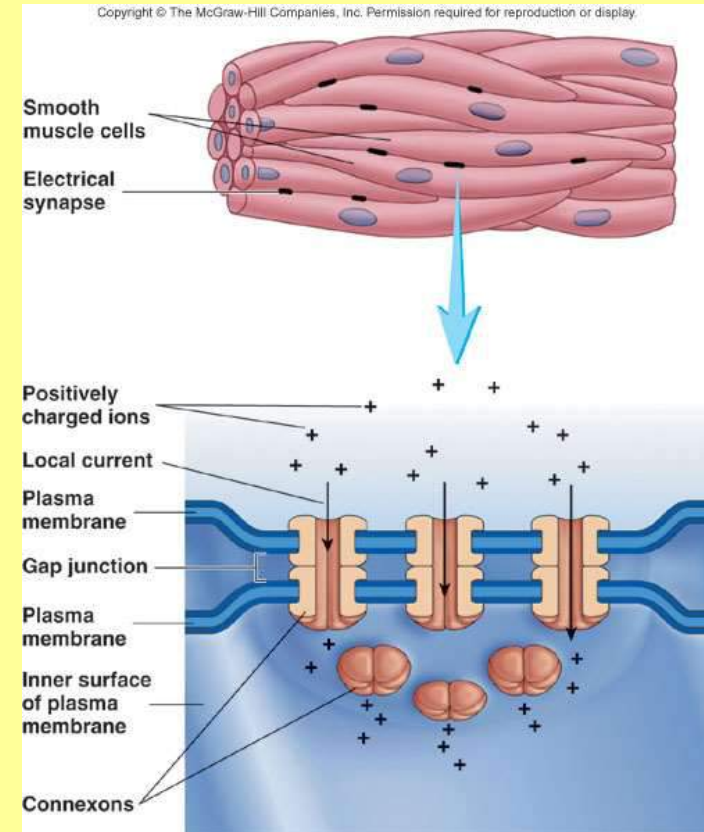
Poprečno prugasti - građa i mehanizam kontrakcije  
Glatki - načini komunikacije između ćelija (ELEKTRIČNE SINAPSE)



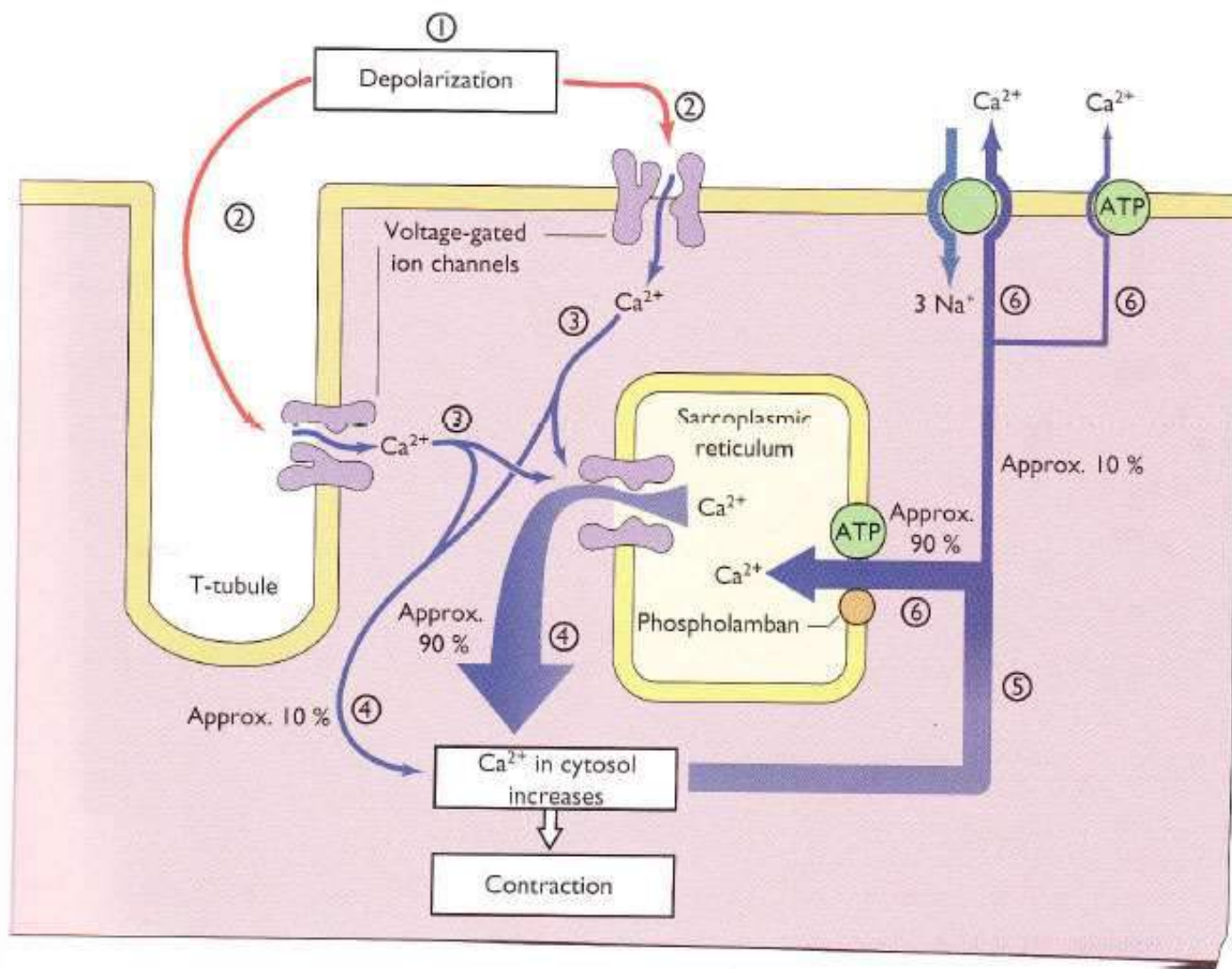
# ĆELIJA MIOKARDA

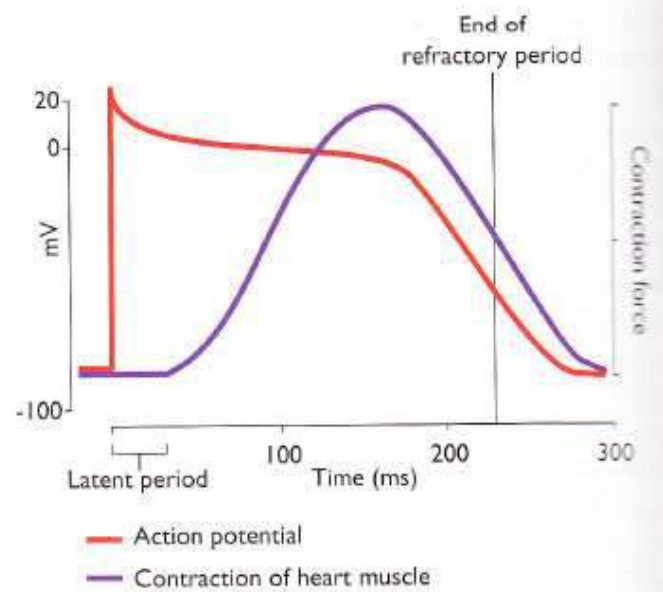
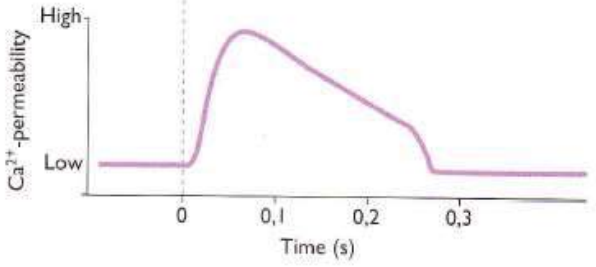
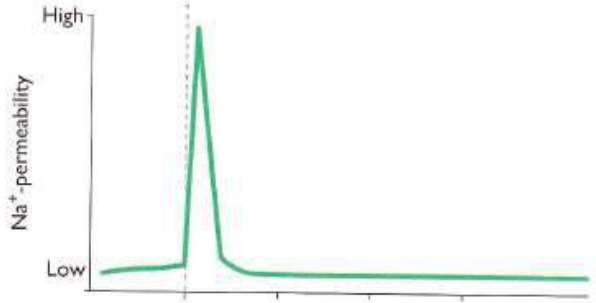
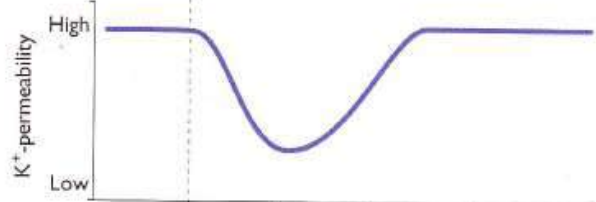
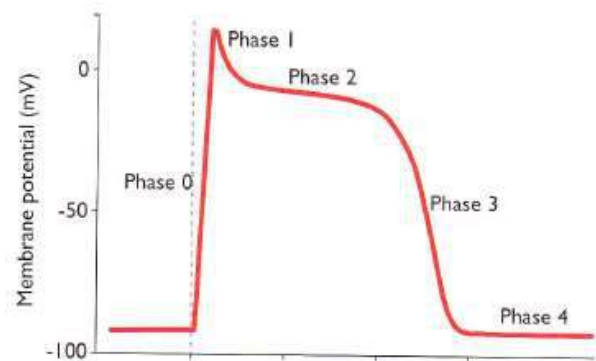


Slika 4.3. A – Shema mišićnog vlakna miokarda sa interkalarnim diskovima; B – Transverzalni i longitudinalni delovi interkalarnog diska; C – Shematski prikaz jedne porozne veze (large gap junction)



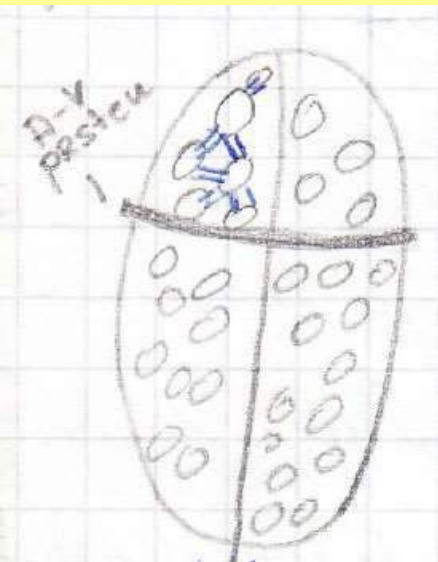
# Prenošenje biološke struje sa ćelije na ćeliju





— Action potential  
— Contraction of heart muscle

# Prenošenje biološke struje sa ćelije na ćeliju



## ZAKON SVE I NIŠTA U KONTRAKCIJI

MIOKARD PRETKOMORA je jedan električni sincicijum  
MIOKARD KOMORA je drugi električni sincicijum

# Energija za rad miokardskih ćelija

1 do 2 jedra

Mitohondrije (oksidacioni procesi i dobijanje ATPa)

65 % E - metabolizam masnih kiselina

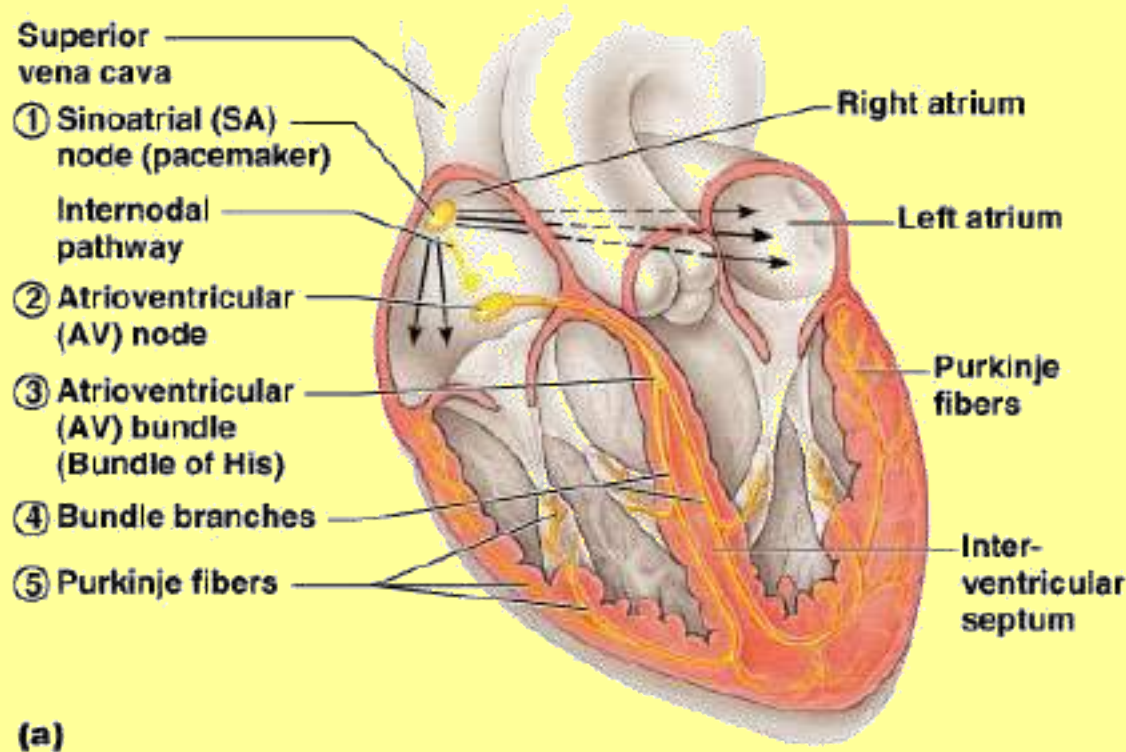
30 % E - metabolizam glukoze

5 % E - od drugih metabolita (npr mlečna kiselina...može na ketonska tela)

**PEĆ NA SVA GORIVA** (npr mozak samo na glukozu)

# AUTOMATIZAM SRČANOG RADA

SSSI - sistem za stvaranje i sprovođenje impulsa  
(SA čvor, AV čvor, Hisov snop)  
Internodusni putevi (SA do AV čvor)

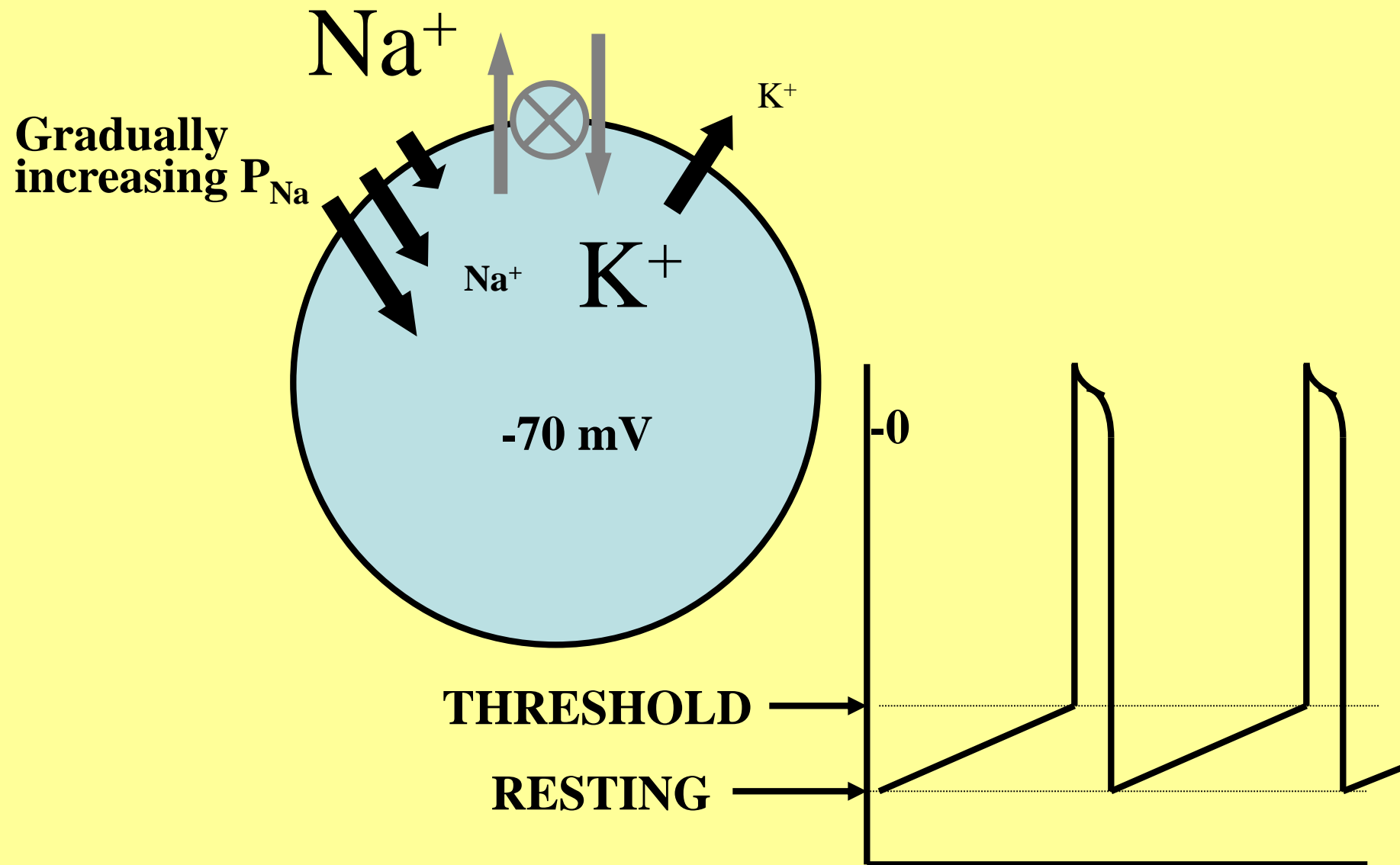


Purkinijeve ćelije

# Purkinijeve ćelije

## AUTOMATIZAM PURKINIJEVIH ĆELIJA

PASIVNI KANALI ZA NATRIJUM

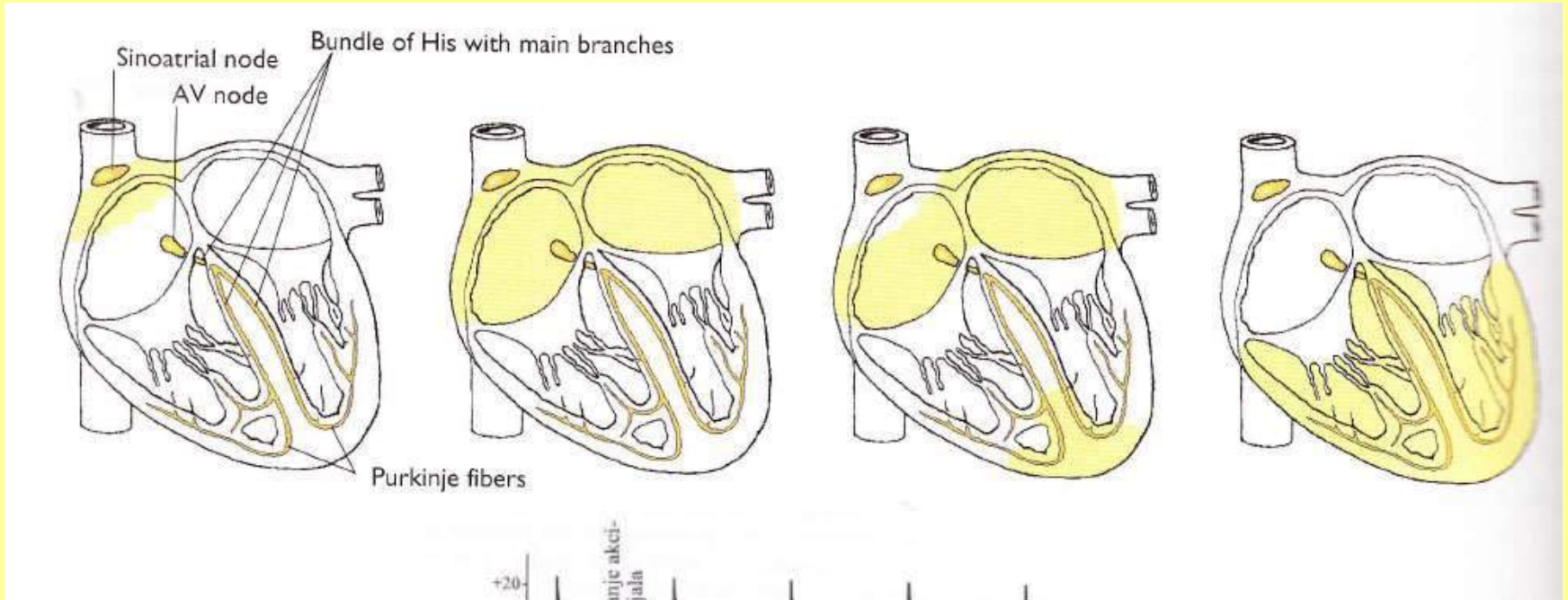




# SA čvor

Subendokardno u zidu desne pretkomore

Primarni vodič ritma srčanog rada (60 impulsa u minuti)



Slika 4.7. Ritmičko slanje impulsa iz jednog vlakna SA čvora

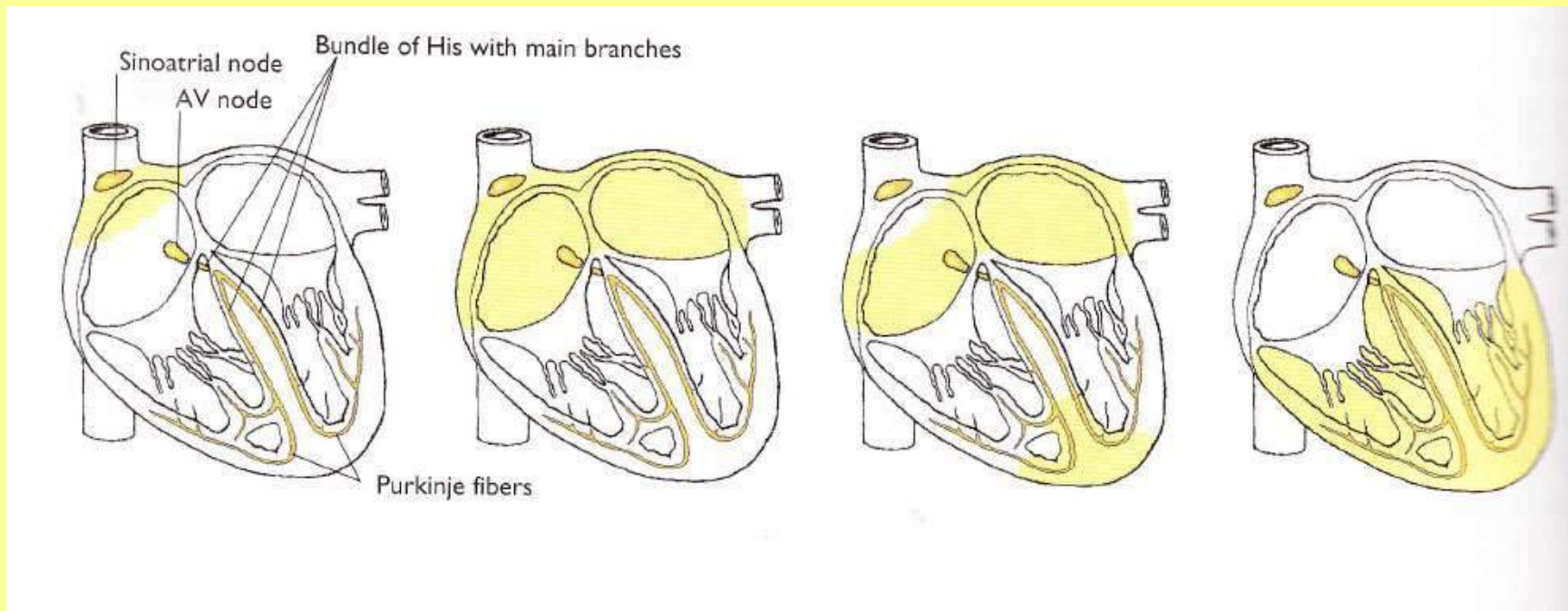
# AV čvor

Atrioventrikularna pregrada (pored valvula u desnoj pretkomori)

Sekundarni vodič ritma srčanog rada

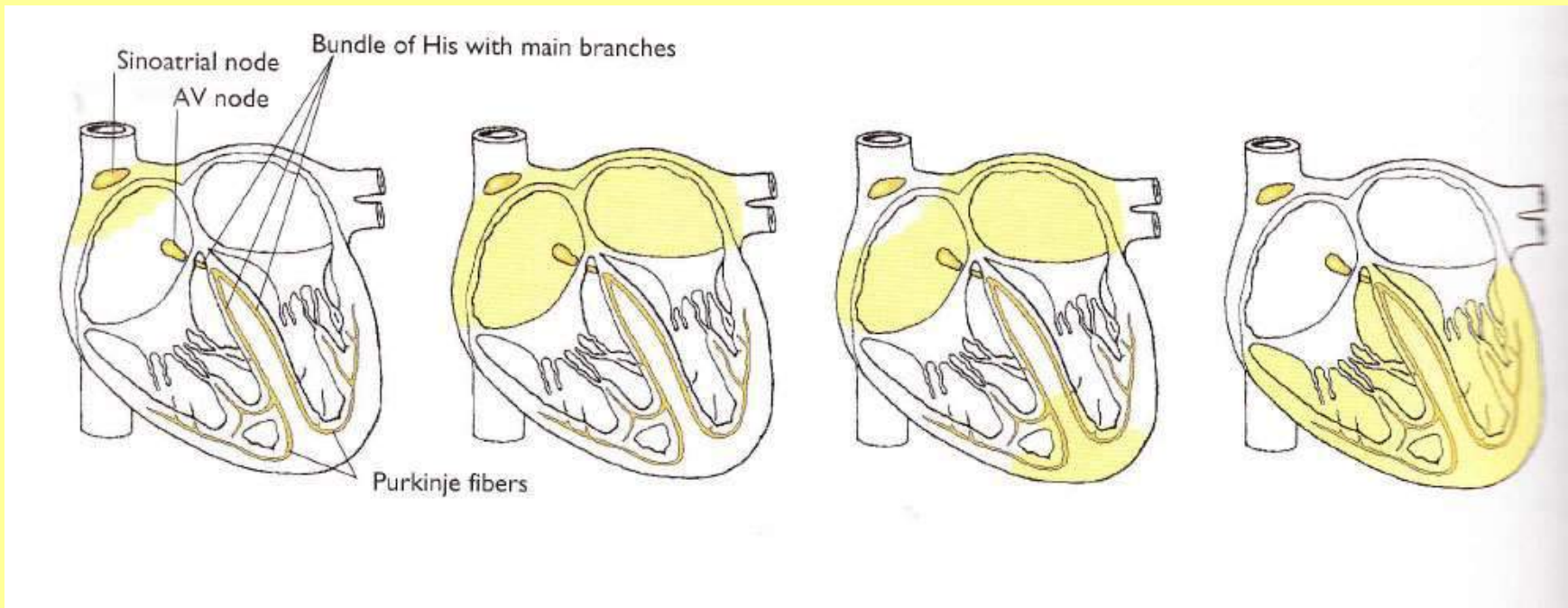
Prenosi impuls sa pretkomore na komoru (četiri internodusna puta od SA)

Usporava impuls (završetak sistole PK pre sistole K)



# Hisov snop

Međukomorna pregrada pa dve Tawarine grane (subendokardno)  
pa Purkinijeva vlakna  
Prenosi impuls od AV čvora do miokarda K (najbrže putuju)  
Tercijalni vodič ritma

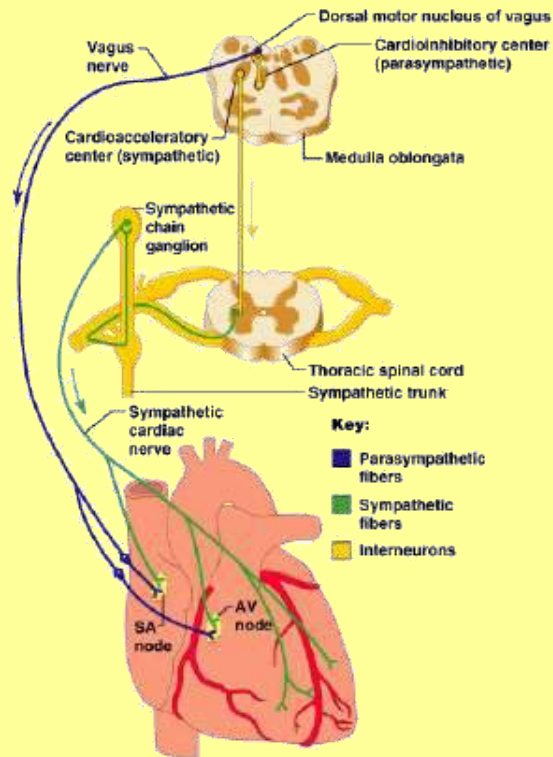


# INERVACIJA SRCA

## Dejstvo simpatikusa i parasimpatikusa na srce

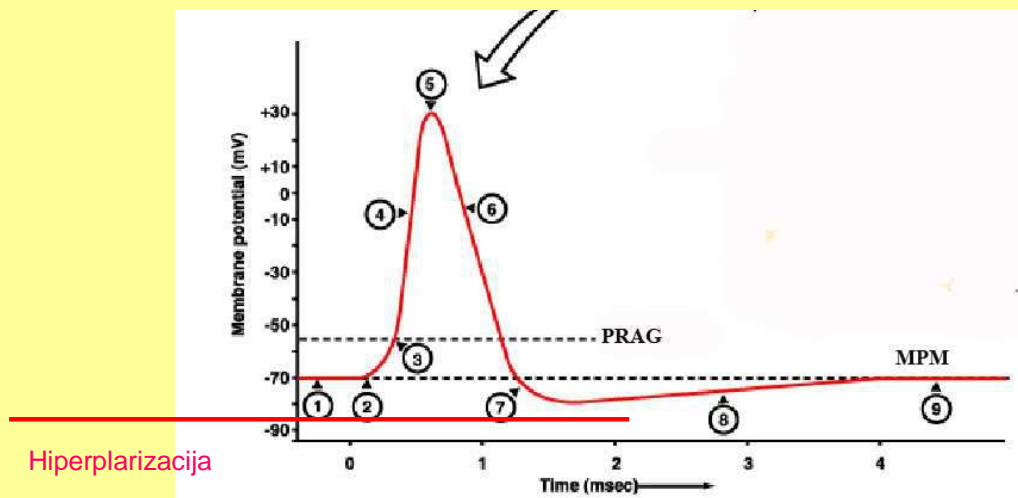
### Heart Physiology

- **Modifying the Basic Rhythm: Extrinsic Innervation of the Heart**

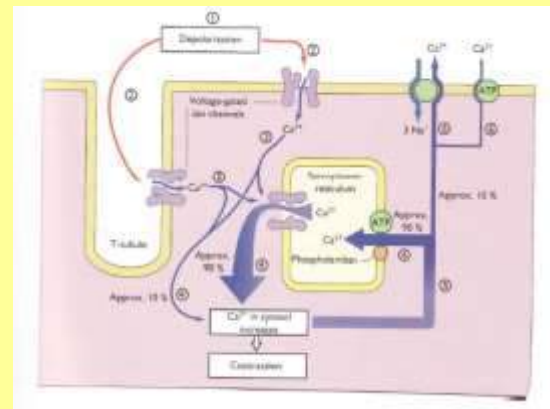


# DEJSTVO PARASIMPATIKUSA (KI centar u PM)

1. **Negativno hronotropno dejstvo (BRADIKARDIJA)**...Tokom sna  
ACh povećava propustljivost za K za vreme mirovanja – K izlazi - hiperpolarizacija



2. **Negativno inotropno dejstvo (smanjena snaga)**  
ACh smanjuje količinu kalcijuma u ćeliji



# DEJSTVO PARASIMPATIKUSA

**3. Negativno batmotropno dejstvo** (smanjena razdražljivost miokarda)

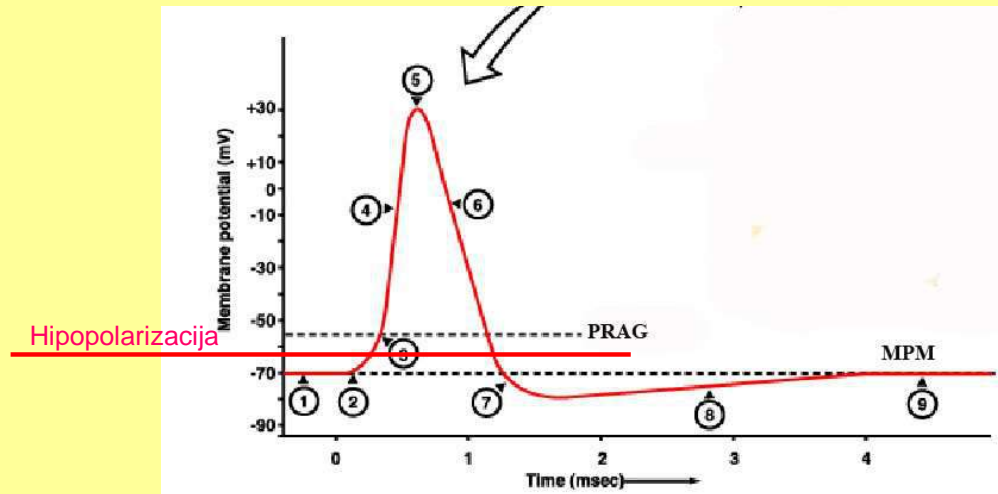
**4. Negativno dromotropno dejstvo** – smanjena provodljivost impulsa

**GOLCOV OGLED**

# DEJSTVO SIMPATIKUSA (KA centar u PM)

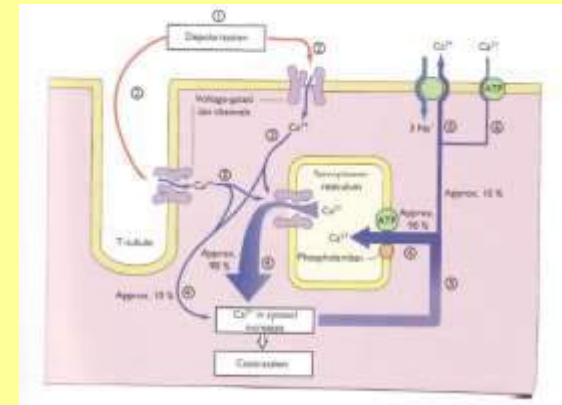
## 1. Pozitivno hronotropno dejstvo (TAHIKARDIJA)...

Noradrenalin povećava ulazak Na i Ca - hipopolarizacija



## 2. Pozitivno inotropno dejstvo (povećana snaga)

Nor povećava količinu kalcijuma u ćeliji



# DEJSTVO SIMPATIKUSA

**3. Pozitivno batmotropno dejstvo** (povećana razdražljivost miokarda)

**4. Pozitivno dromotropno dejstvo** – povećana provodljivost impulsa

**DEJSTVO SIMPATIKUSA je kod rada  
(koronarna vazodilatacija)**



# i.....DEJSTVO..

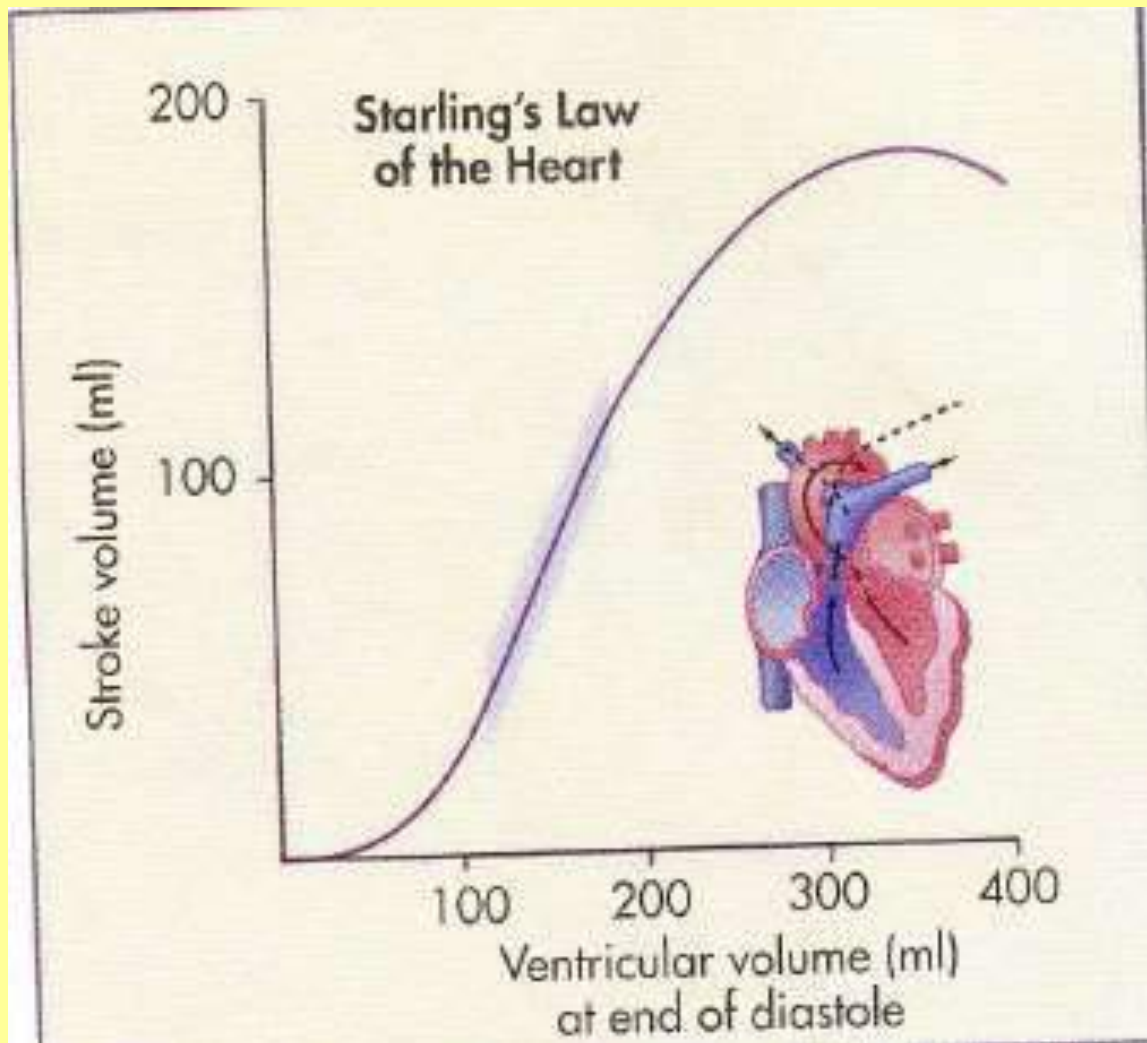
**Adrenalin, noradrenalin nadbubrega (imitiraju simpatikus)**

Tireoidni hormoni (pozitivno inotropno) - pojačava ekspresiju Ca-aktivirane ATPaze sarkoplazmatskog retikuluma

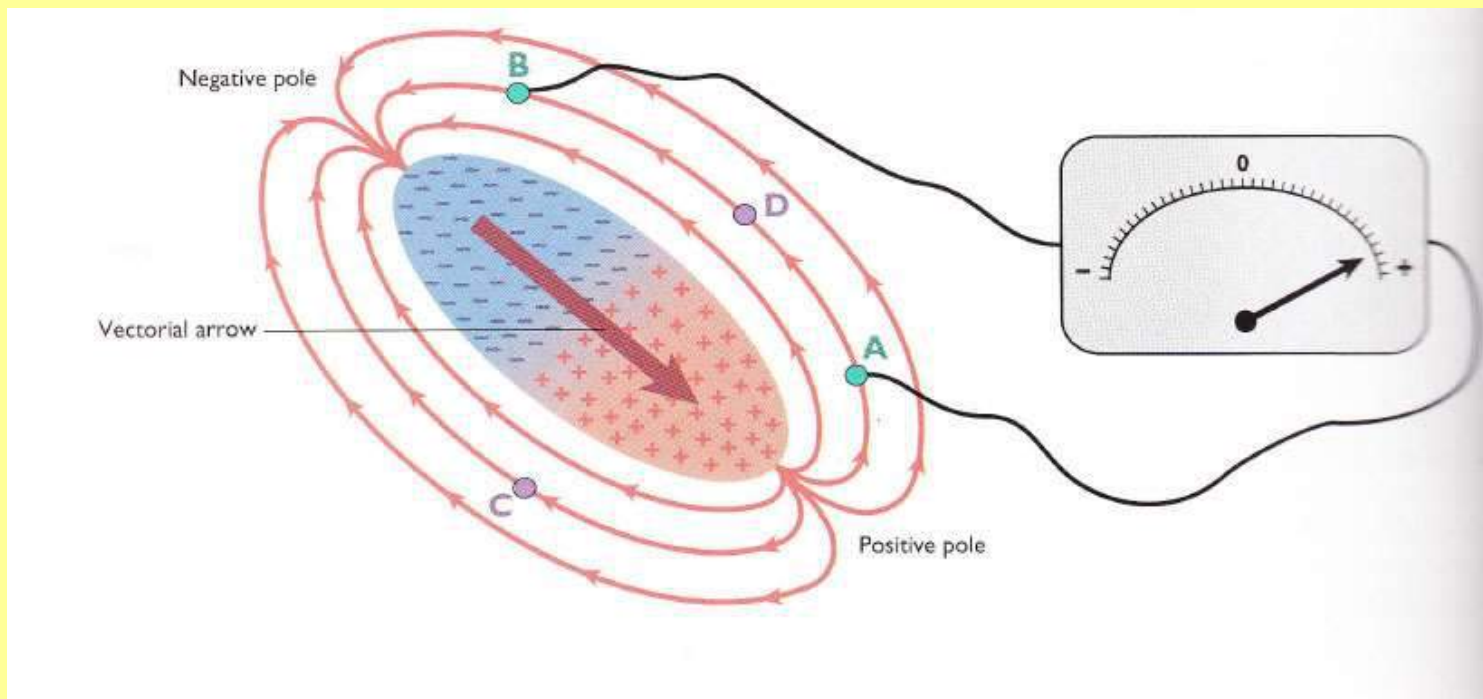
Glukagon (pozitivno inotropno dejstvo) - aktivira adenilat ciklazu i tako prevodi ATP u cAMP

Digitalis....pojačava snagu ...lek (nije u organizmu...) - pospešuje ulazak Ca u ćeliju

# Starlingov zakon



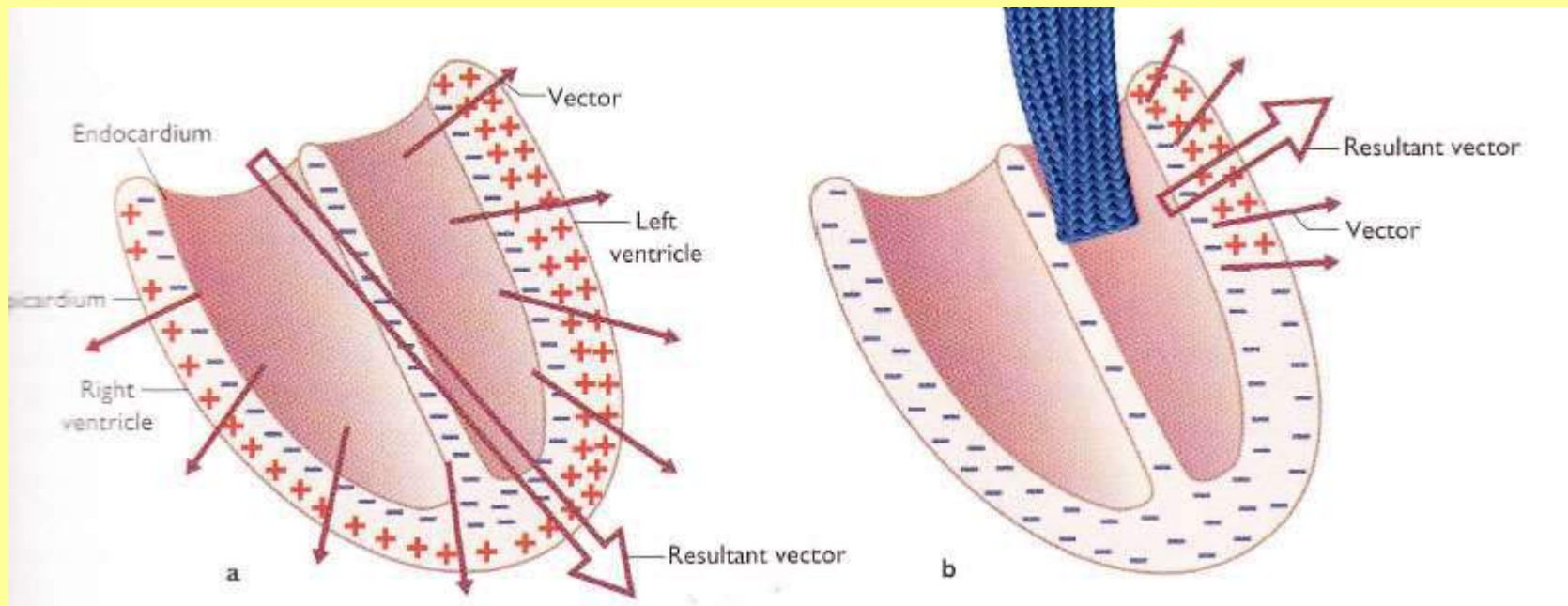
# ELEKTROKARDIOGRAFIJA (EKG)



Merimo voltažu tj razliku u potencijalu između negativnog i pozitivnog pola postavljanjem elektroda

# ELEKTROKARDIOGRAFIJA (EKG)

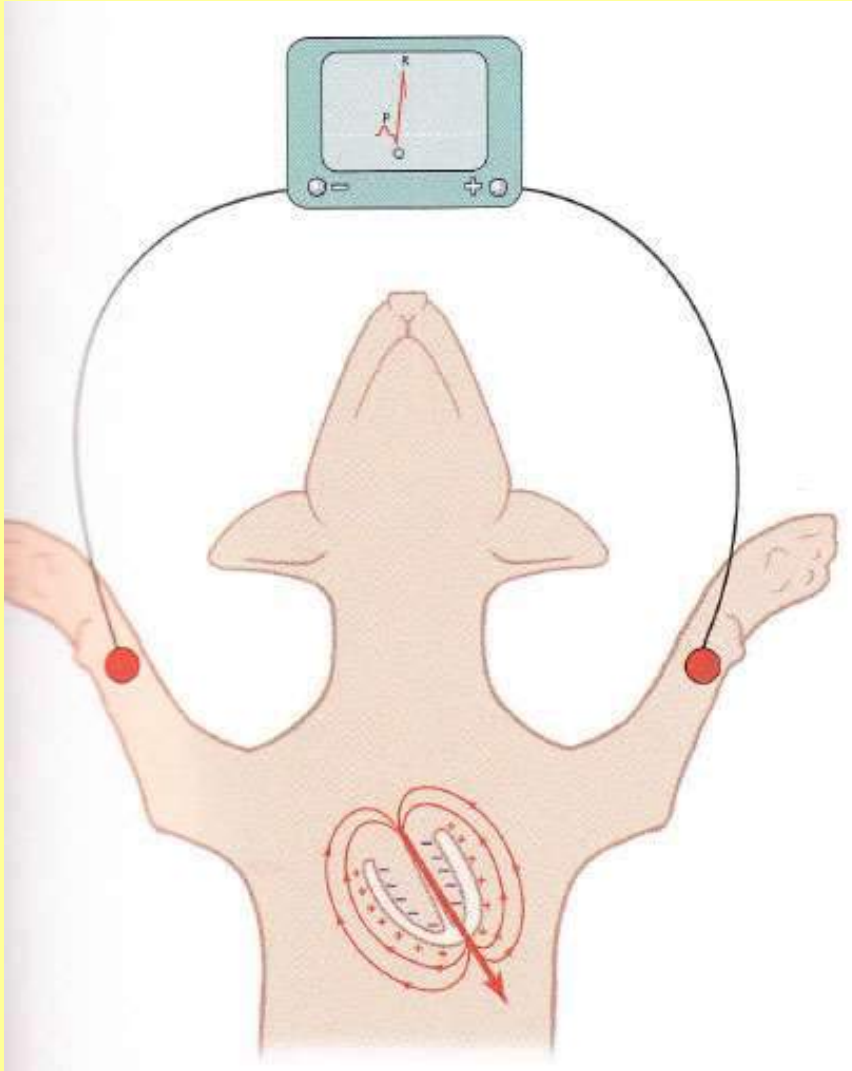
Metoda registrovanja razika u električnom potencijalu nastalih u toku procesa depolarizacije i repolarizacije (Ap) prekomora i komora



Zajednički vektor

# ELEKTROKARDIOGRAFIJA (EKG)

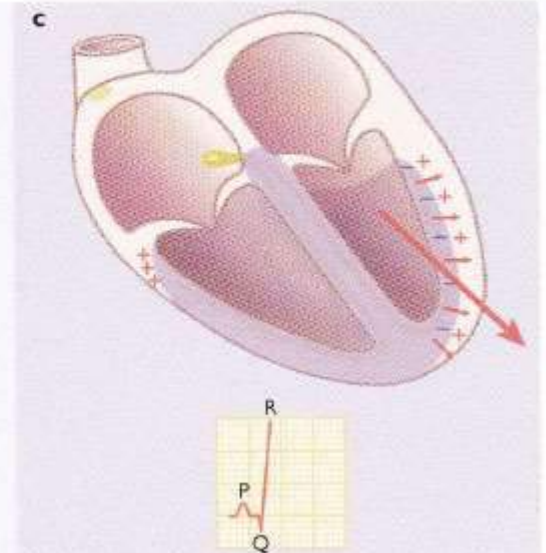
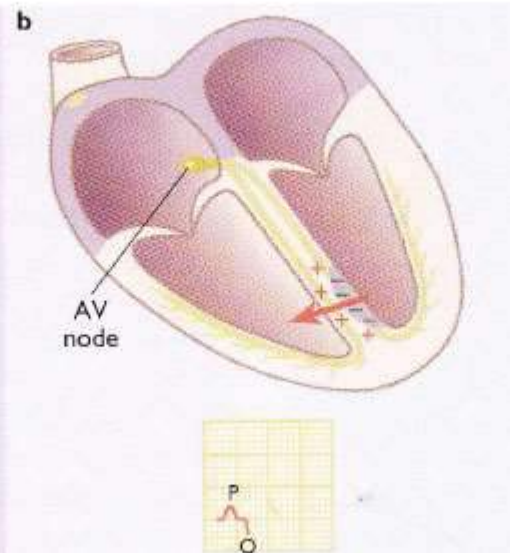
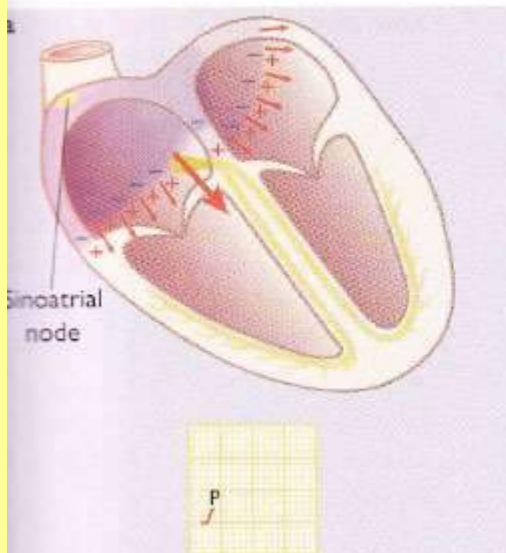
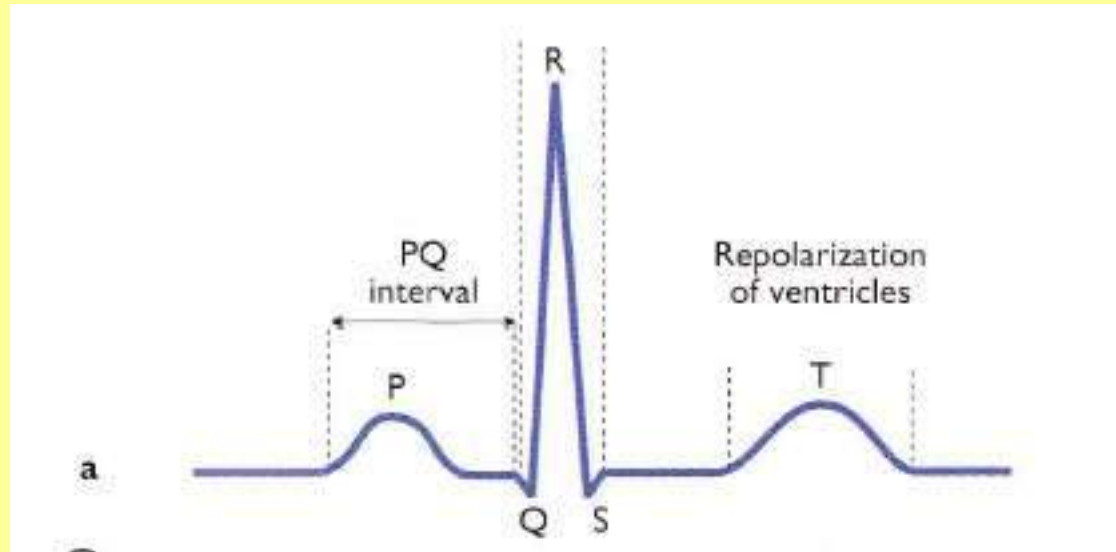
Registrovanje se vrši sa površine tela životinje



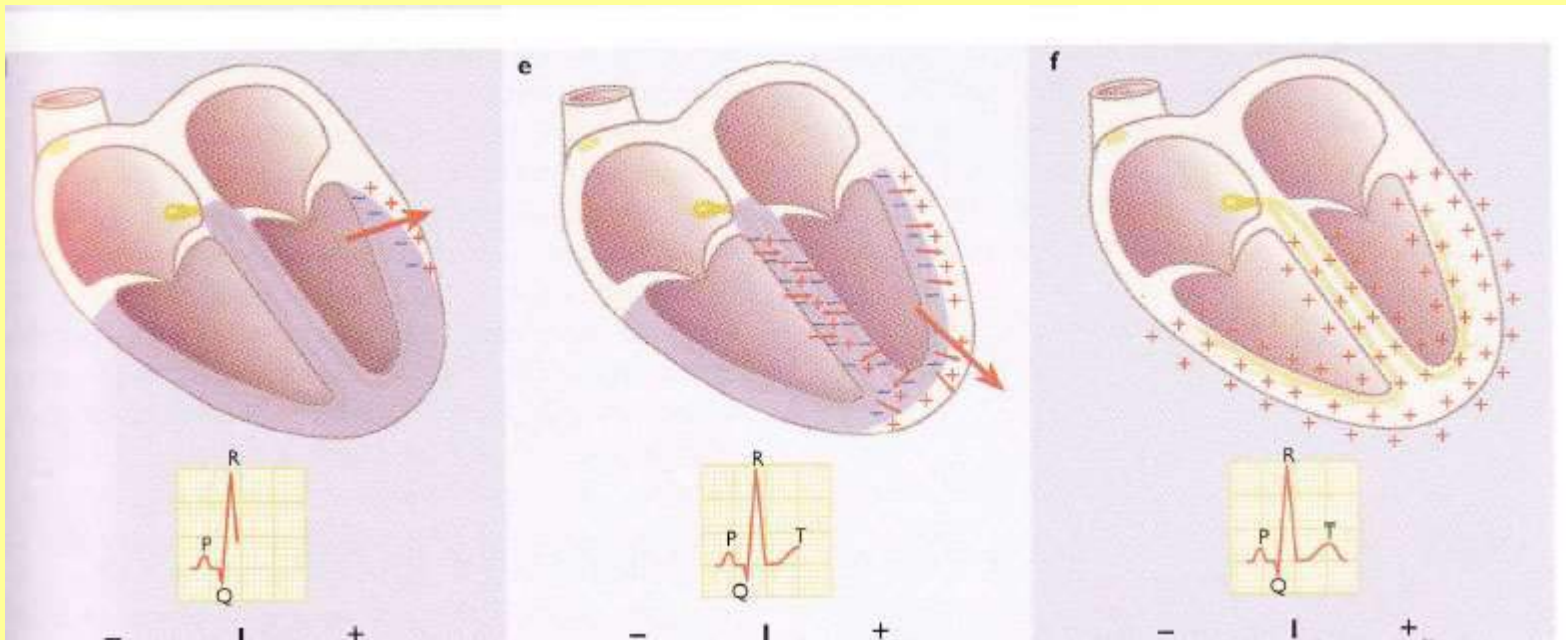
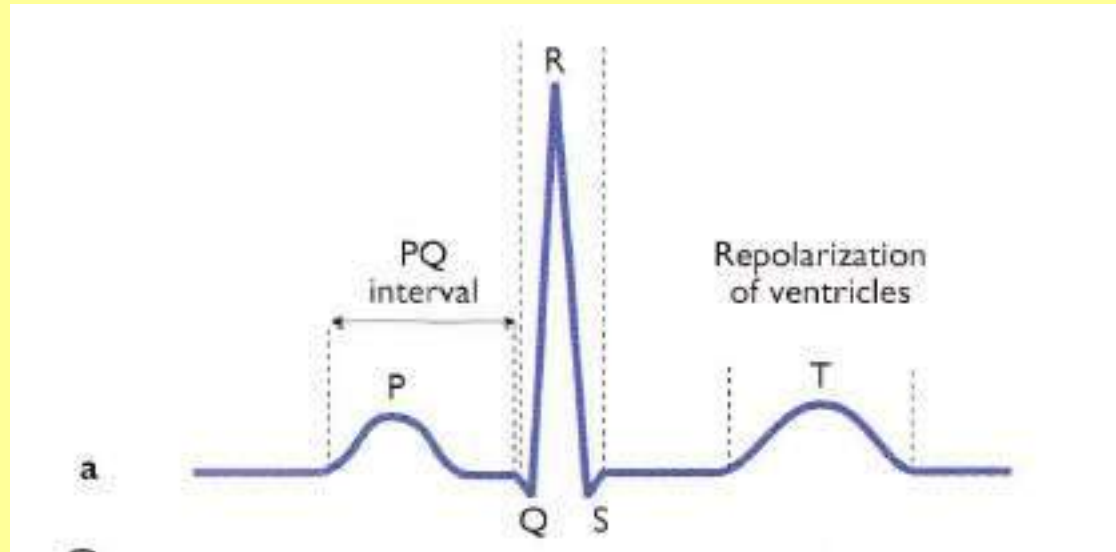
Elektrokardiograf

Elektrokardiogram

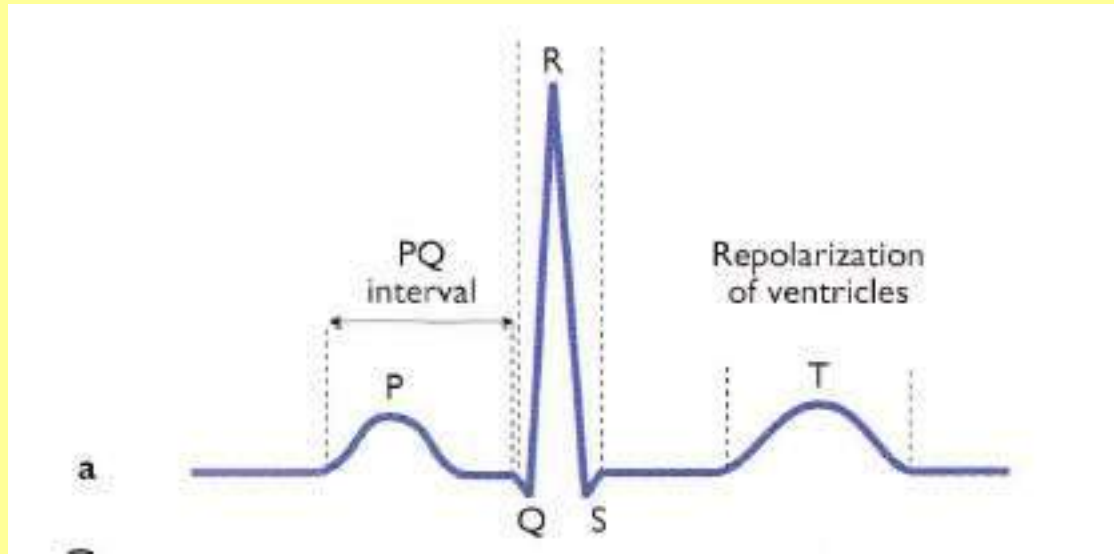
# ELEKTROKARDIOGRAM



# ELEKTROKARDIOGRAM



# ELEKTROKARDIOGRAM



+ zubac U





# REGISTROVANJE EKG

1. BIPOLARNO REGISTROVANJE

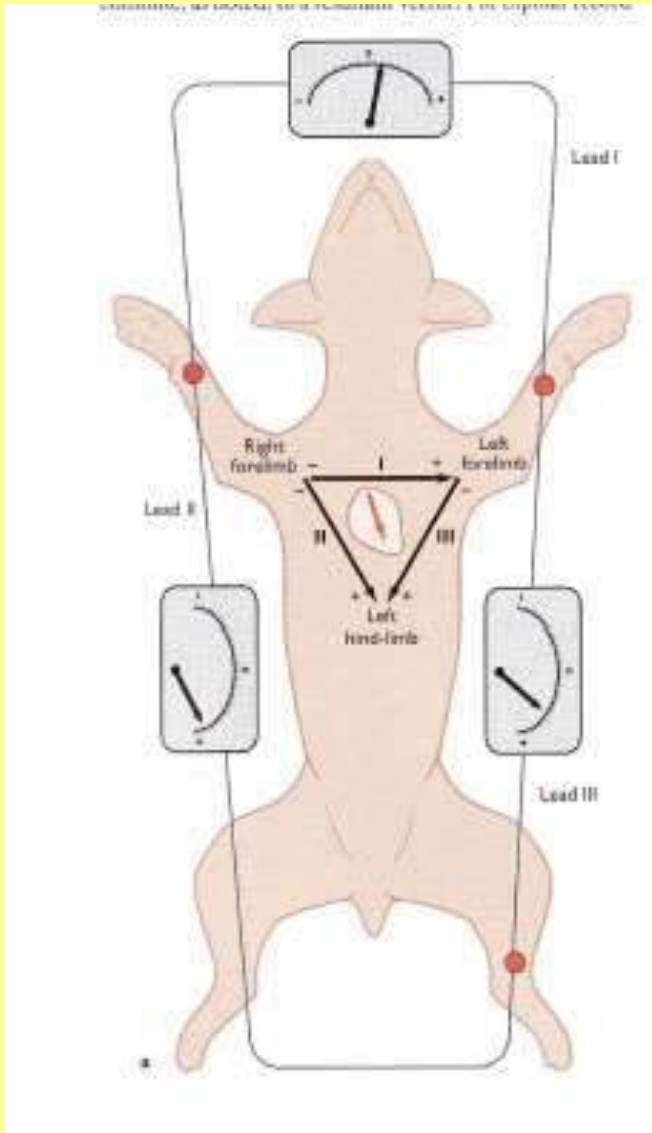
2. MONOPOLARNO REGISTROVANJE

a. POJAČANI ODVODI SA EKSTREMITETA

b. PREKORDIJALNI ODVODI

# REGISTROVANJE EKG

## 1. BIPOLARNO REGISTROVANJE



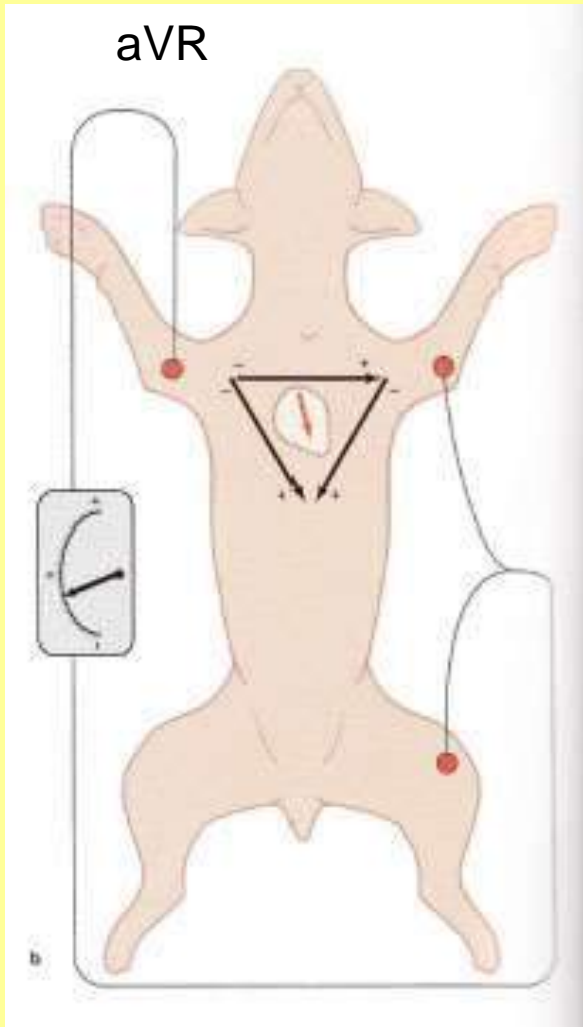
I odvod (D1 derivacija) – desna ruka (-) leva ruka (+)

II odvod (D2 derivacija) – desna ruka (-) leva noga (+)

III odvod (D3 derivacija) – leva ruka (-) leva noga (+)

# REGISTROVANJE EKG

## 2. MONOPOLARNO REGISTROVANJE (pojačan odvod sa ekstremiteta)



aVR – desna ruka (+)

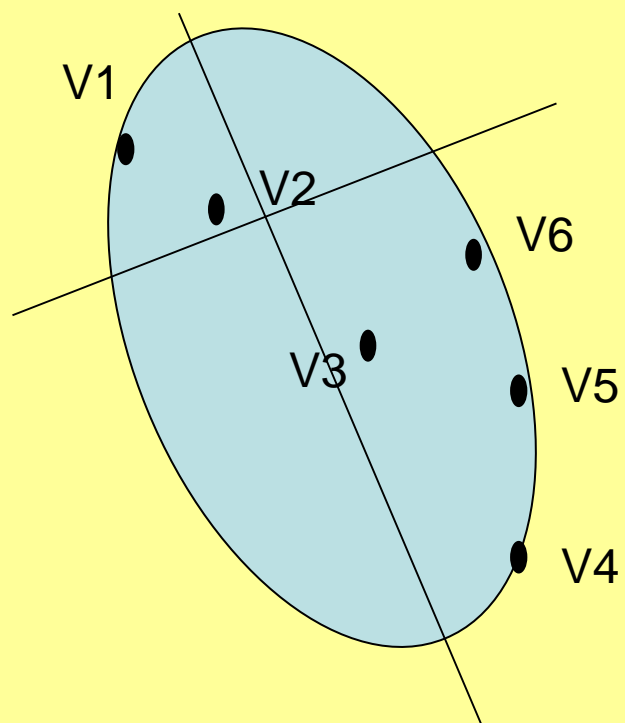
aVL – leva ruka (+)

aVF – leva noga (+)

# REGISTROVANJE EKG

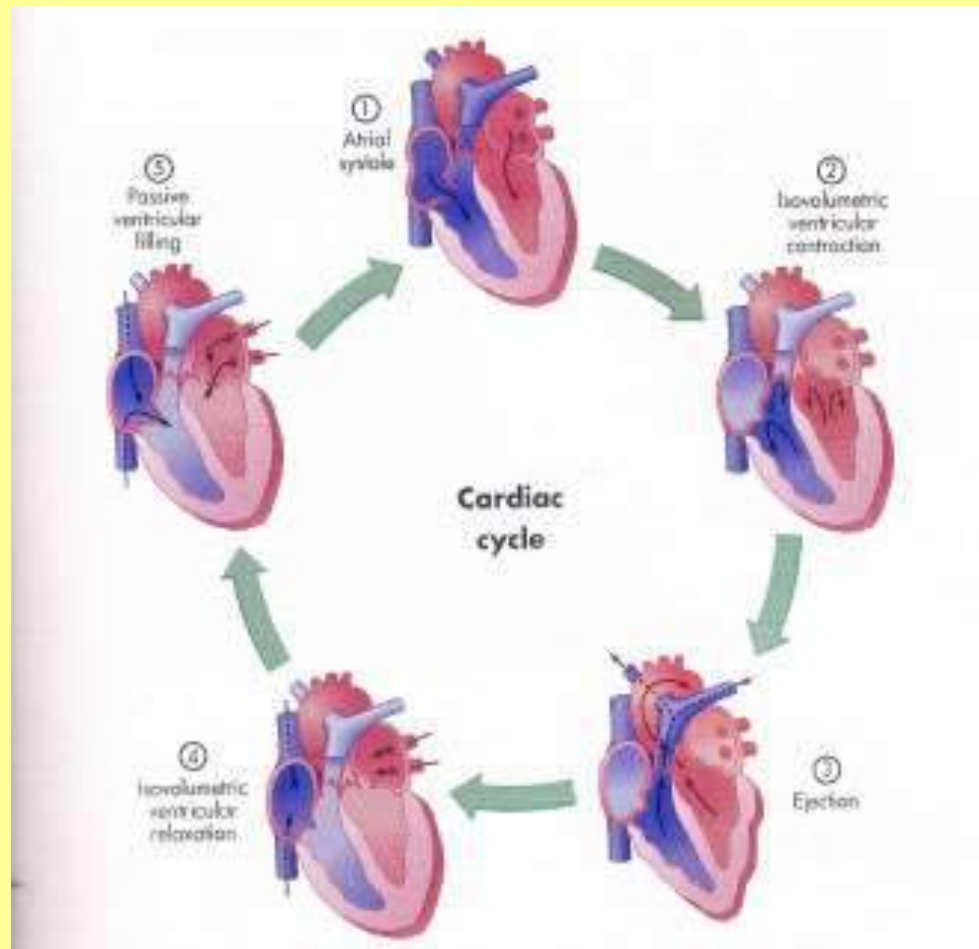
## 2. MONOPOLARNO REGISTROVANJE (prekordijalni odvodi)

Elektroda je gumena pumpica



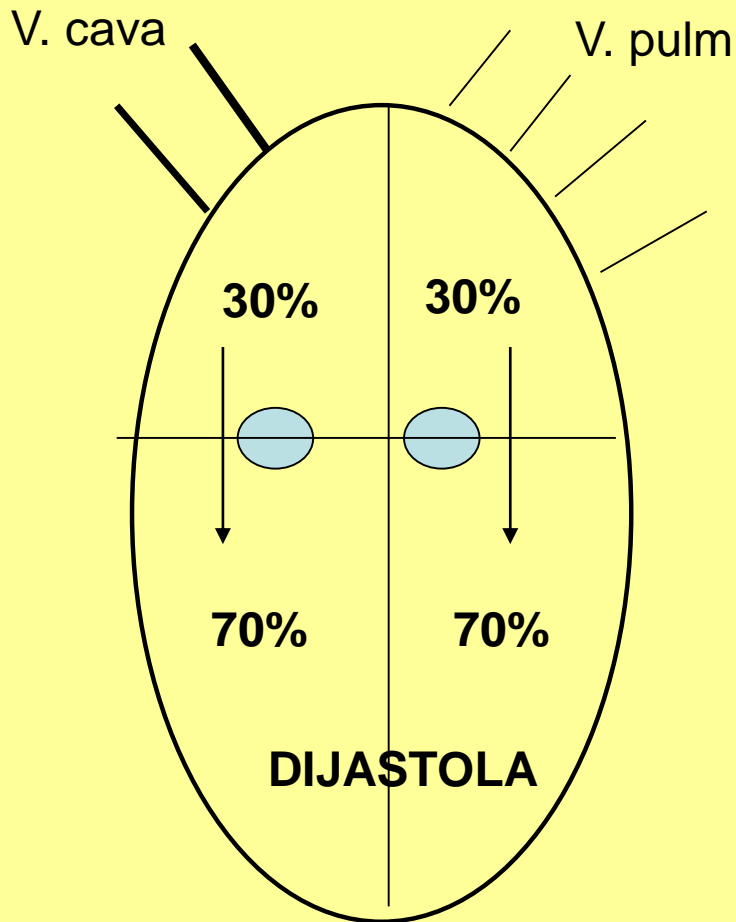
# SRČANA REVOLUCIJA - mehanički događaji

Sve što se desi u srcu za vreme jednog otkucaja srca tj kao posledica širenja jednog Ap. Čine je sistola i diastola pretkomora i komora.

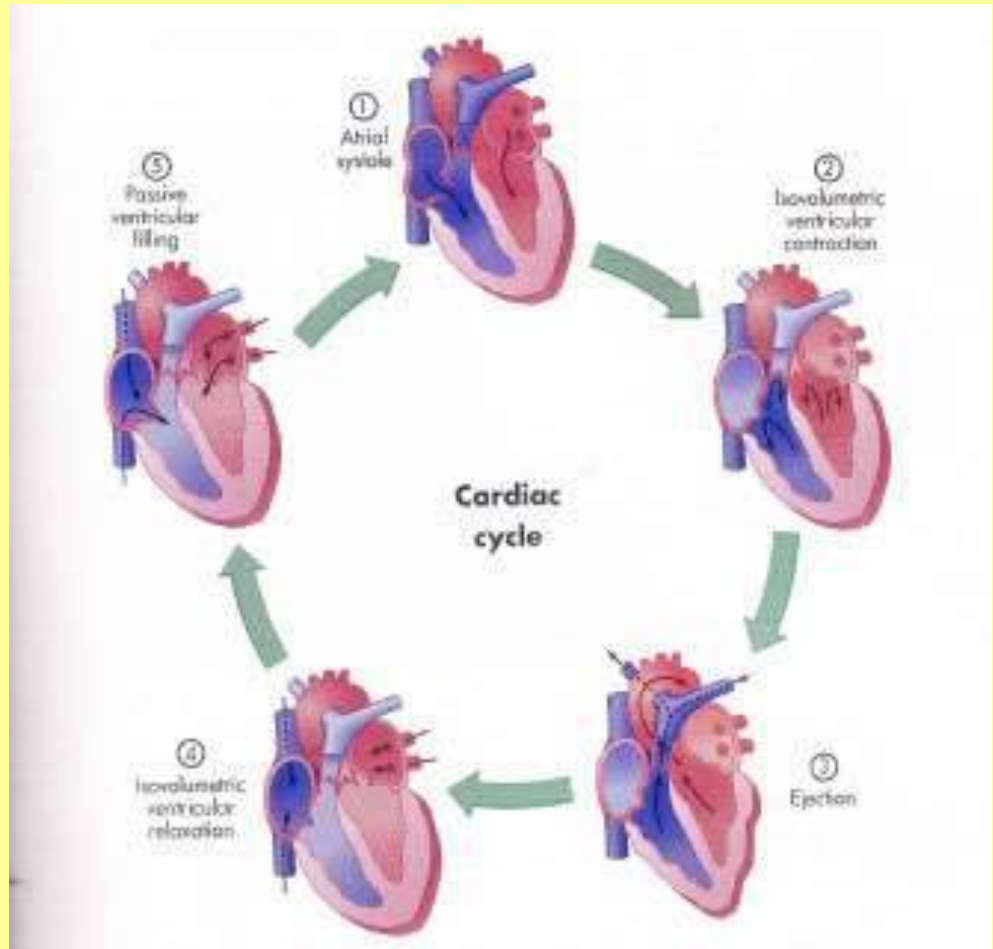


# SRČANA REVOLUCIJA - sistola pretkomora

Miokard oko ušća vena je cirkularan i kod kontrakcije se steže  
AV zalisci se otvaraju.



Zatvorene  
Semilunarne valvule



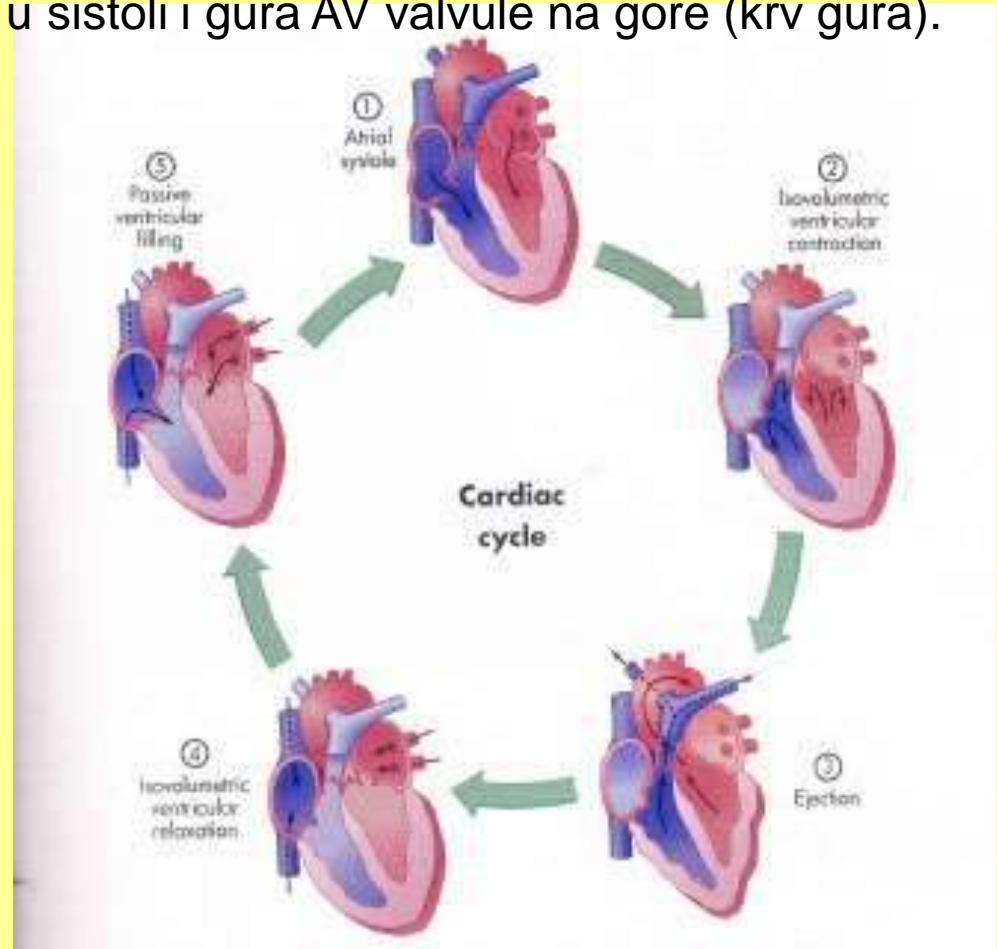
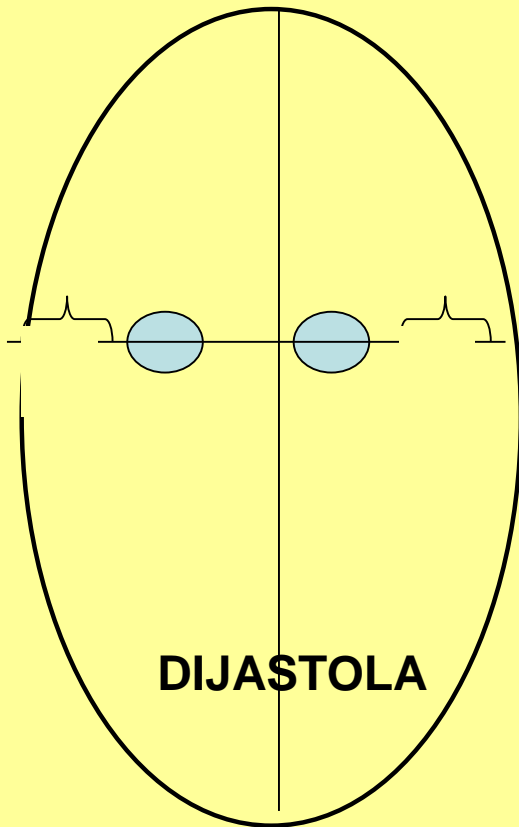
# SRČANA REVOLUCIJA - dijastola pretkomora

## MALA SRČANA PAUZA

Venska ušća su raširena – pune se PK mada slabo

Na početku dijastole PK i komore su u dijastoli – mala srčana pauza (prolaz impulsa AV)

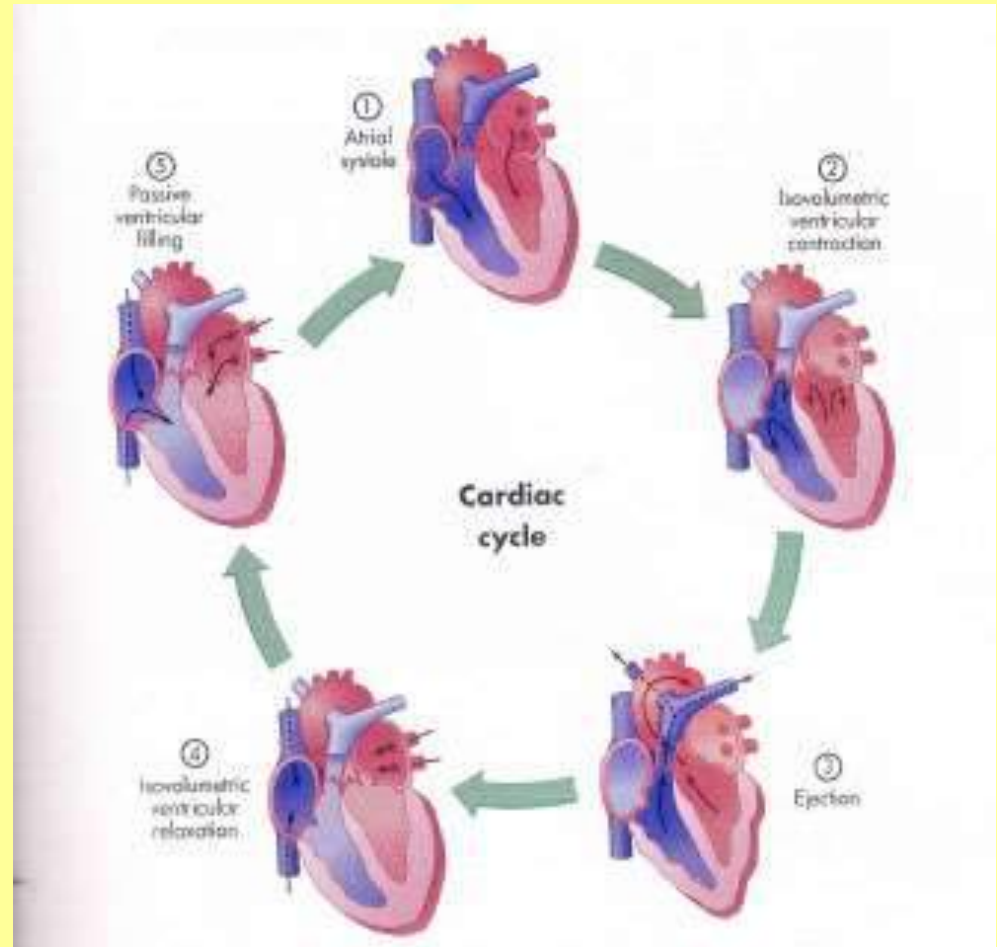
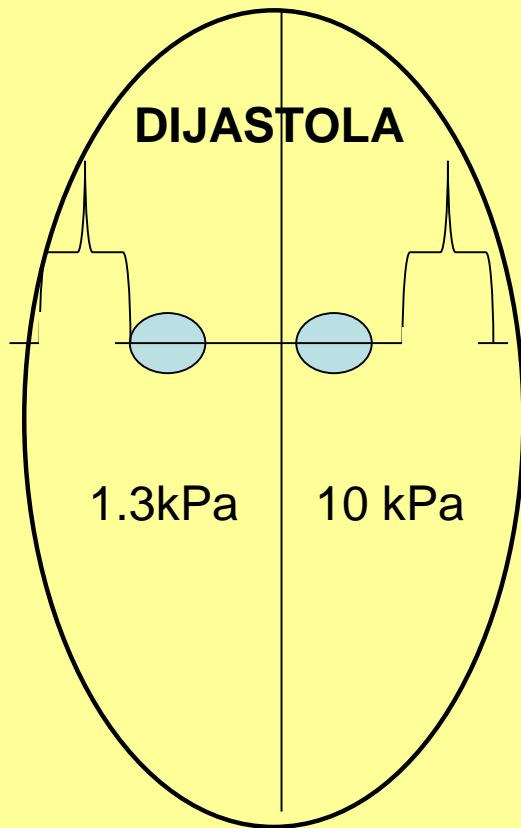
AV zalisci su zatvoreni jer je komora u sistoli i gura AV valvule na gore (krv gura).



# SRČANA REVOLUCIJA - sistola komora

## 1. Izovolumetrijska faza

I dalje dijastola PK ali ušća slabo raširena

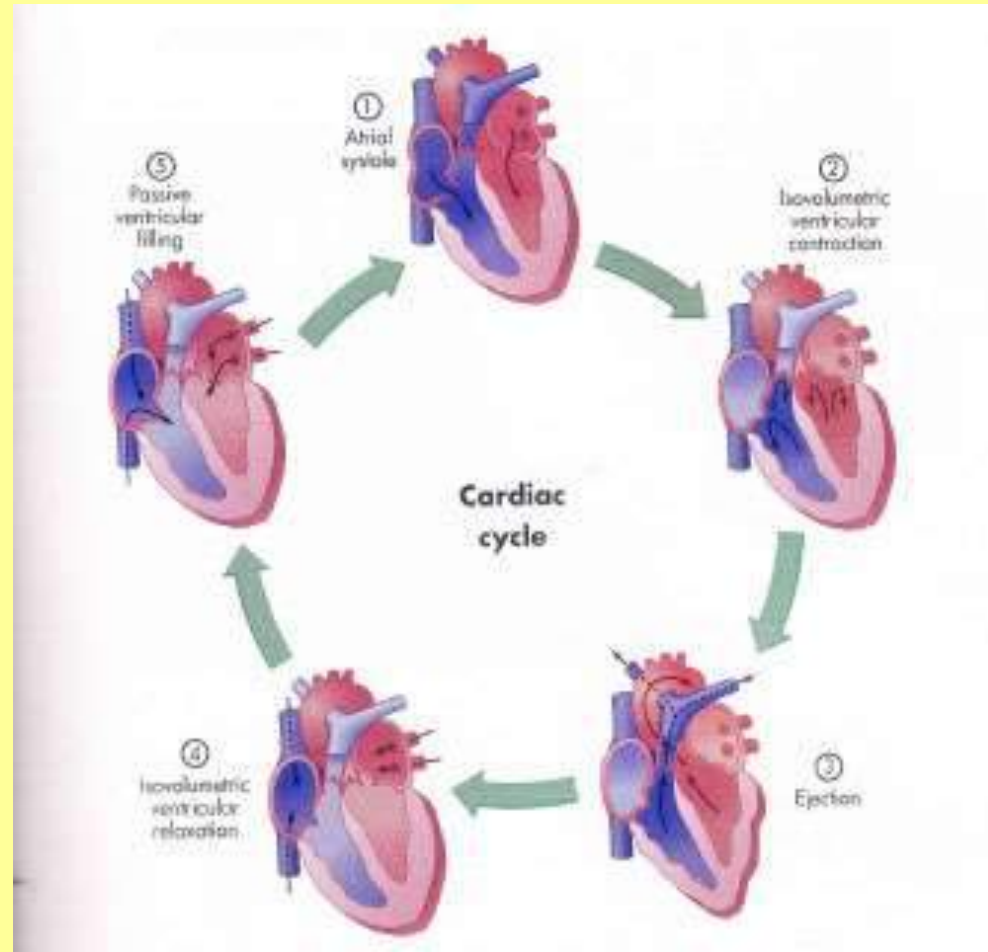
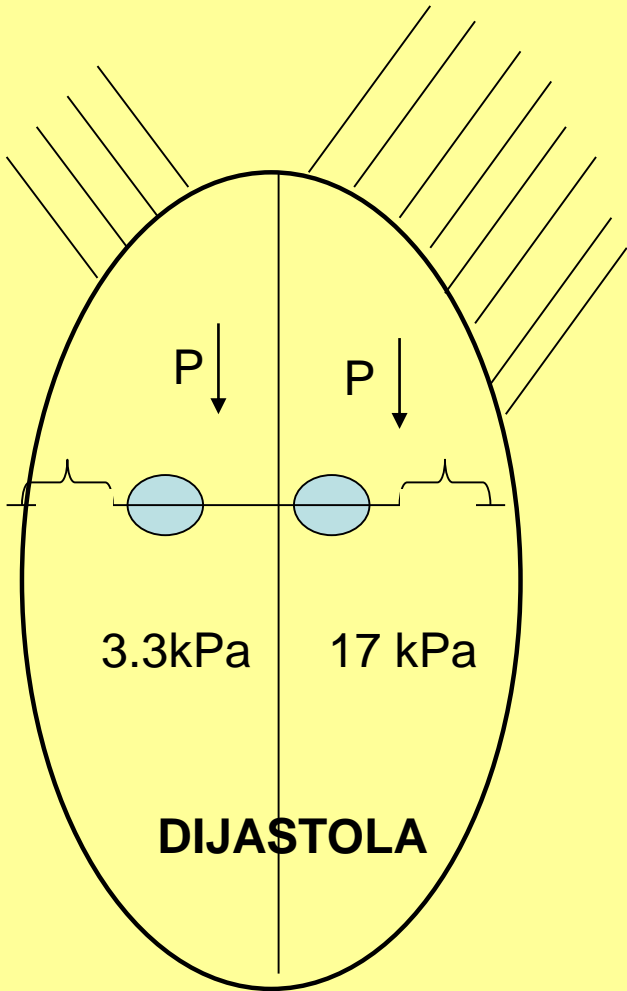




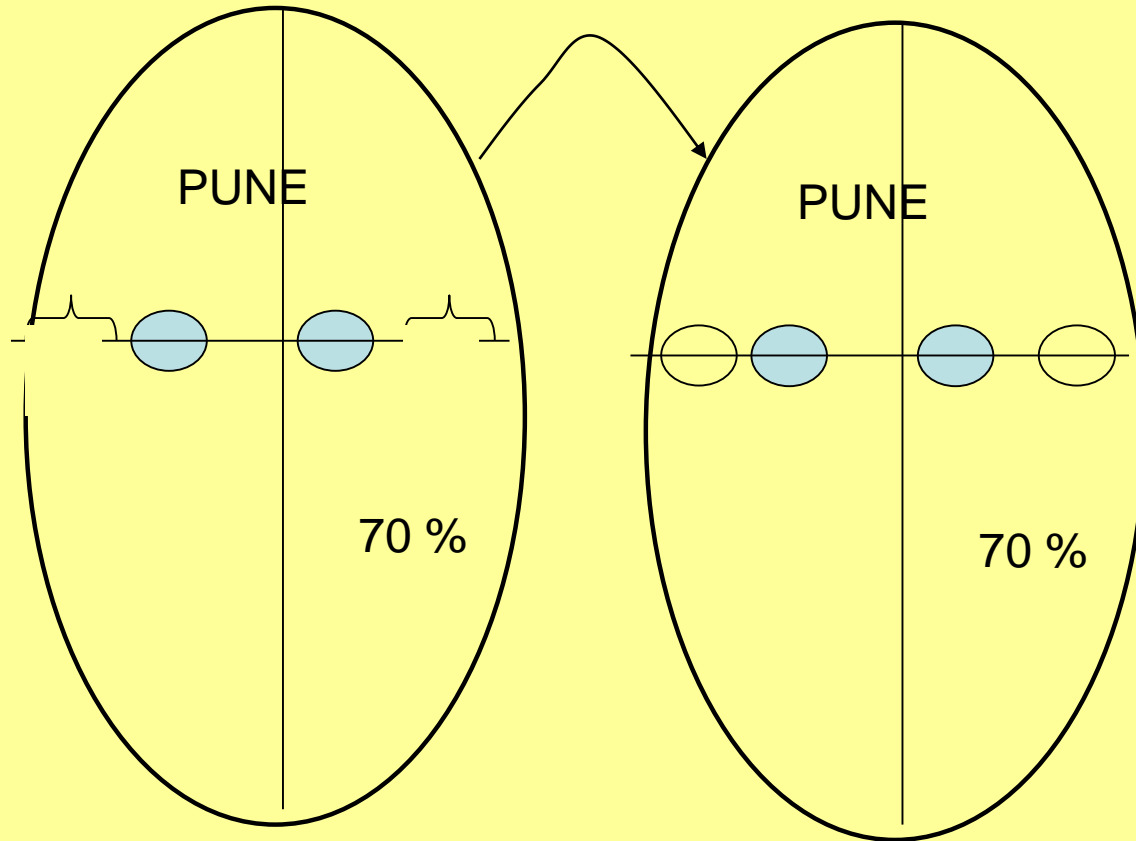
# SRČANA REVOLUCIJA - sistola komora

## 2. Izotonusna faza

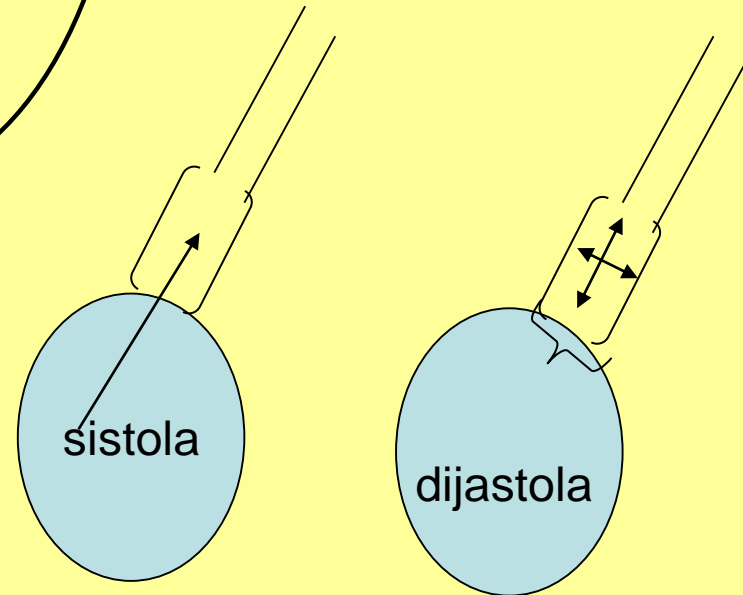
Kv izlazi, AV valvule se spuštaju, usisavanje krvi u PK  
Komore izbace 60 % krvi a u radu do 90 %.



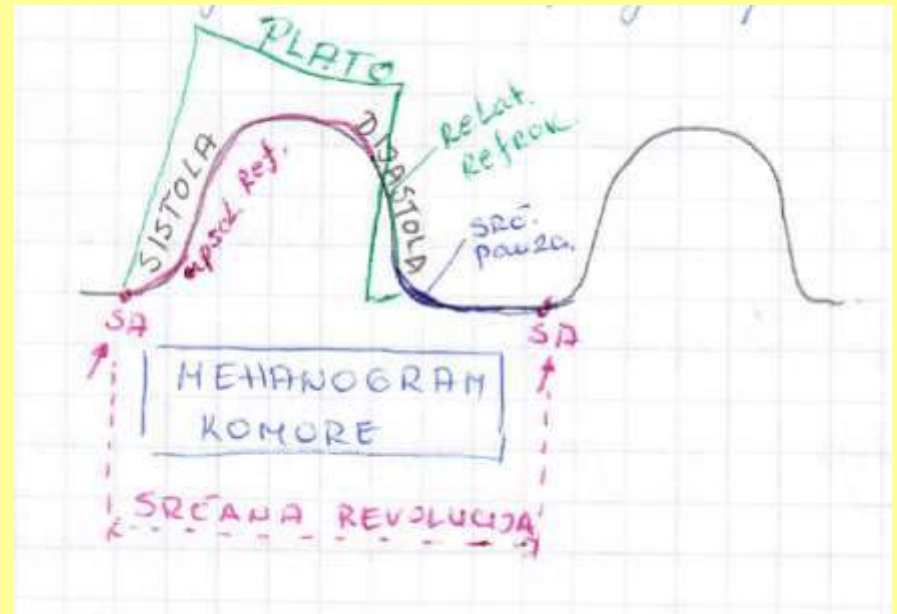
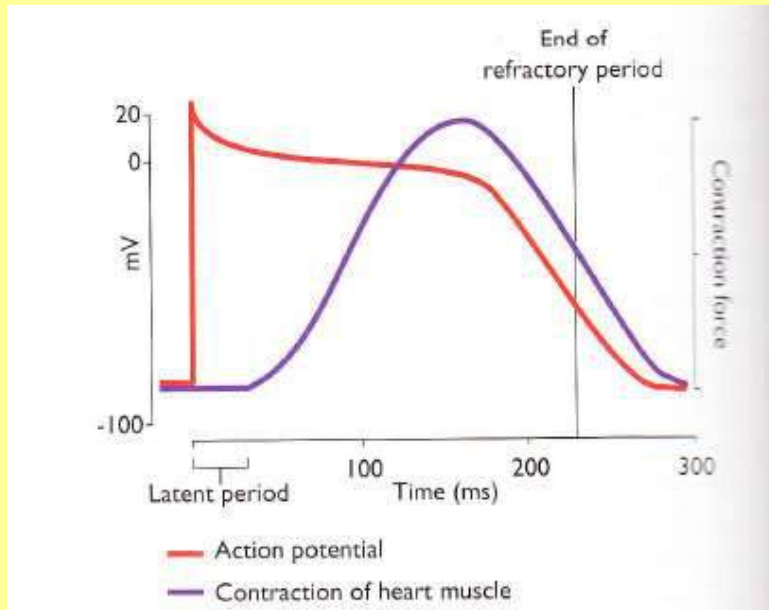
# SRČANA REVOLUCIJA - dijastola komora



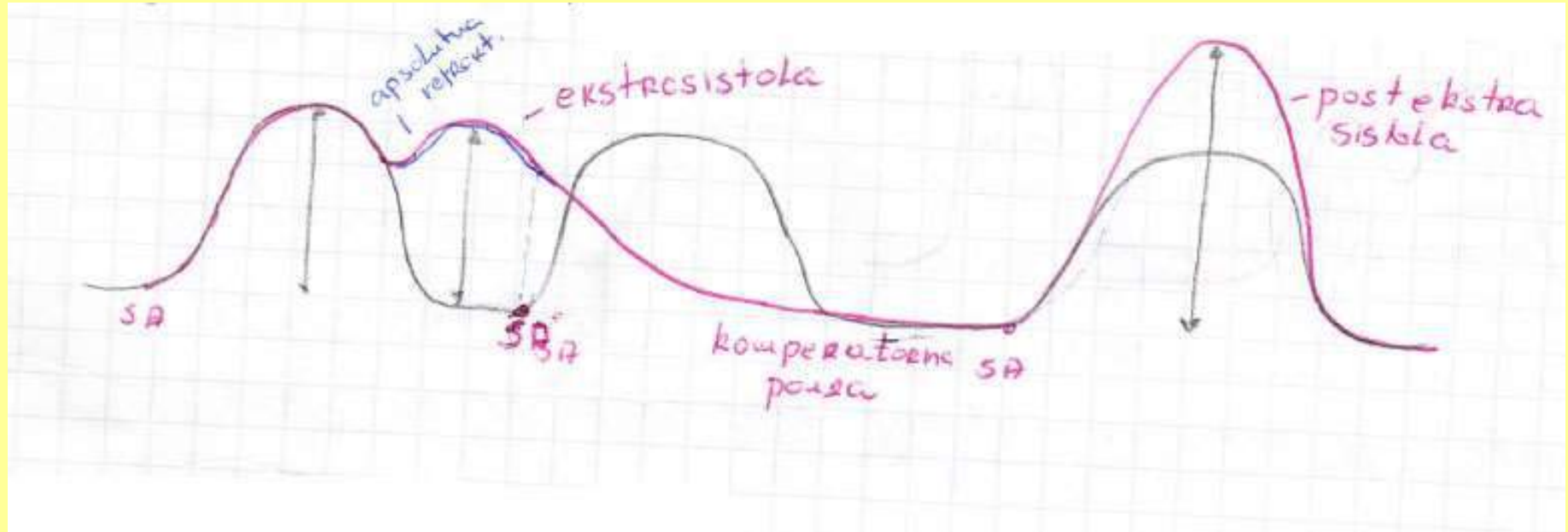
Faza brzog punjenja  
Faza sporog punjenja  
Sistola PK



# MEHANOGRAM SRČANOG RADA



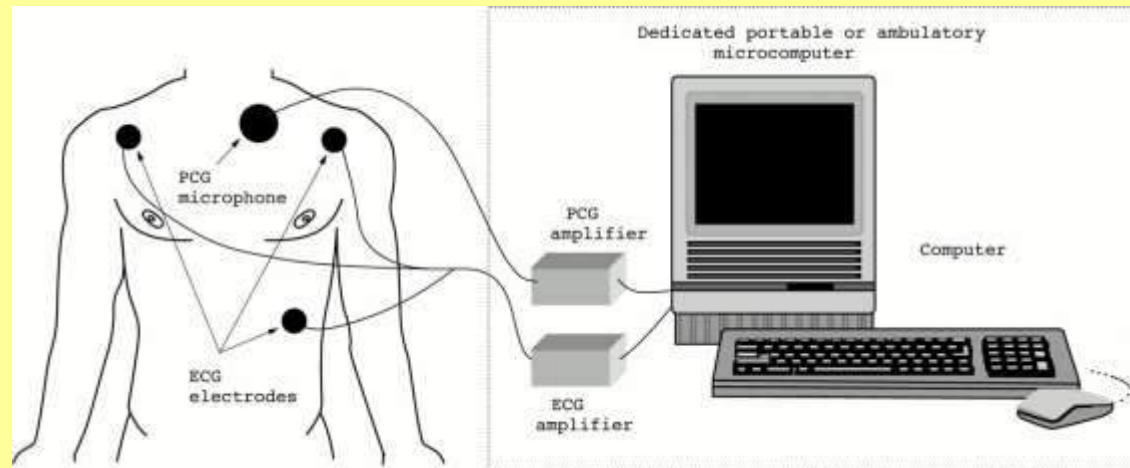
# EKSTRASISTOLA



# SRČANI TONOVI

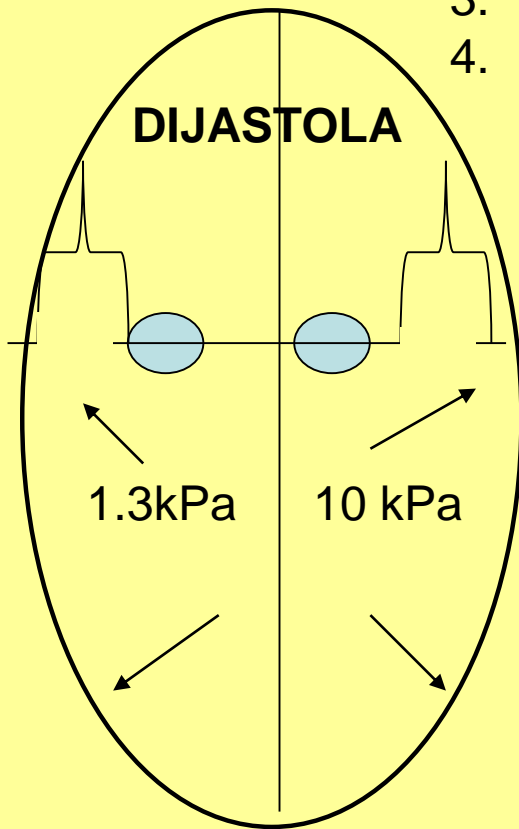
1. Prvi srčani ton – sistolni
2. Drugi srčani ton - dijastolni
3. Treći srčani ton – mezodijastoličan
4. Četvrti srčani ton - presistolničan

Auskultacija i fonokardiografija  
PUNCTA OPTIMA s MAXIMA



# SRČANI TONOVI

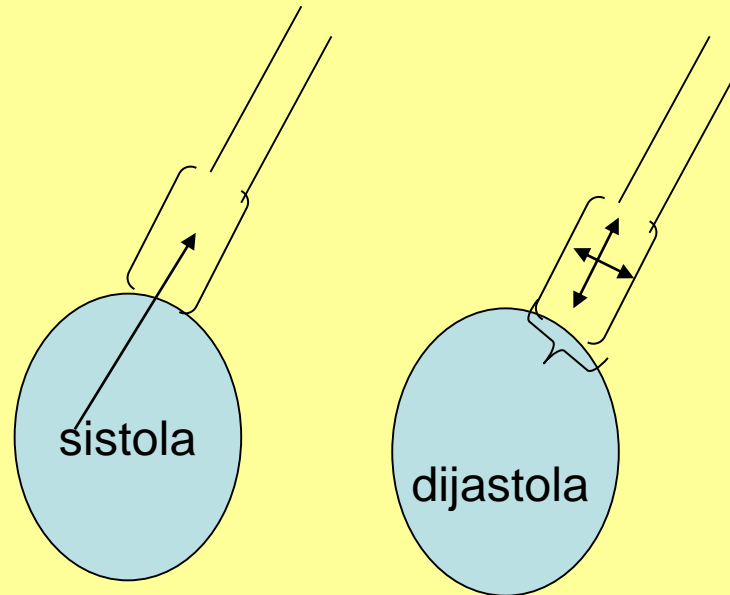
1. Prvi srčani ton – sistolni
2. Drugi srčani ton - dijastolni
3. Treći srčani ton – mezodijastoličan
4. Četvrti srčani ton - presistoličan



Auskultacija i fonokardiografija

# SRČANI TONOVI

1. Prvi srčani ton – sistolni
2. **Drugi srčani ton - dijastolni**
3. Treći srčani ton – mezodijastoličan
4. Četvrti srčani ton - presistoličan



Auskultacija i fonokardiografija

# SRČANI TONOVI

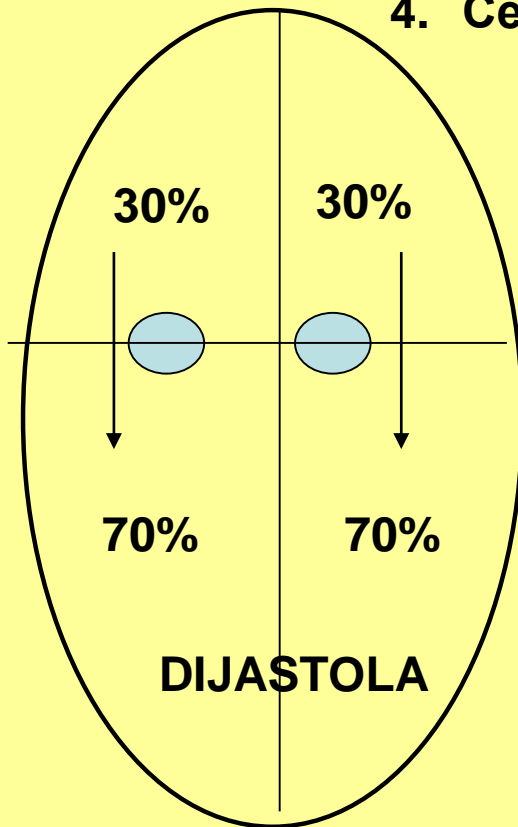
1. Prvi srčani ton – sistolni
2. Drugi srčani ton - dijastolni
3. **Treći srčani ton – mezodijastoličan**
4. Četvrti srčani ton - presistoličan

fonokardiografija



# SRČANI TONOVI

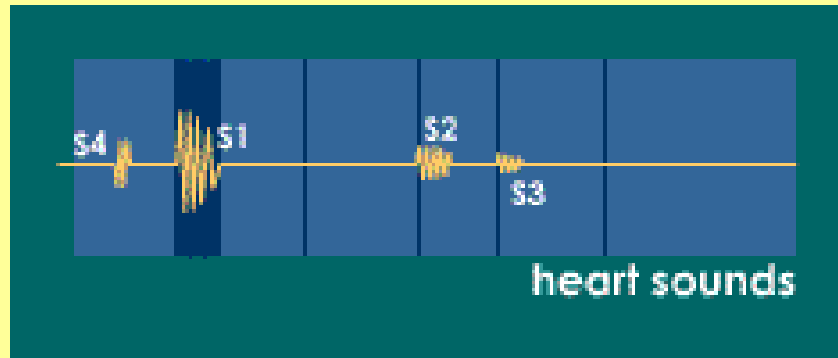
1. Prvi srčani ton – sistolni
2. Drugi srčani ton - dijastolni
3. Treći srčani ton – mezodijastoličan
4. **Četvrti srčani ton - presistoličan**



fonokardiografija

# SRČANI TONOVI

1. Prvi srčani ton – sistolni
2. Drugi srčani ton - dijastolni
3. Treći srčani ton – mezodijastoličan
4. Četvrti srčani ton - presistoličan



Auskultacija i fonokardiografija  
GALOPNI TONOVI

SISTOLNI VOLUMEN  
MINUTNI VOLUMEN

# FIZIOLOGIJA CIRKULACIJE

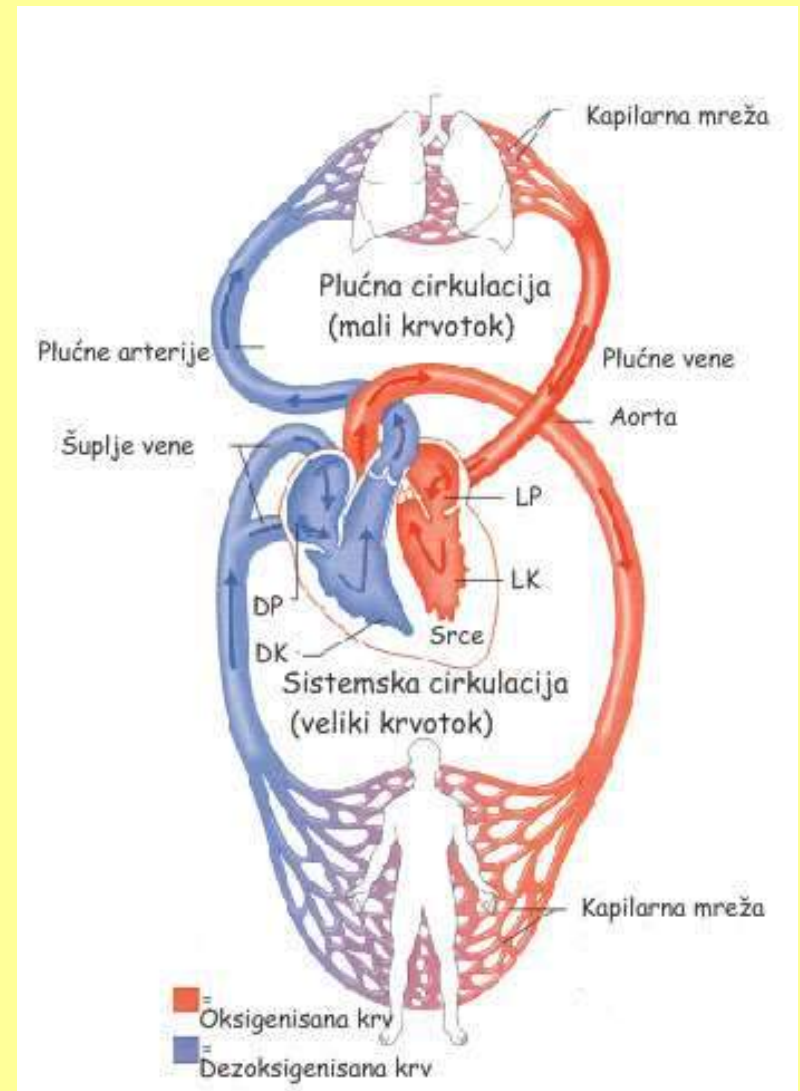
# KRVOTOK - CIRKULACIJA

## MALI KRVOTOK (PLUĆNA CIRKULACIJA)

mali pritisak i mala variranja pritiska  
rastegljivi krvni sudovi - mali otpor

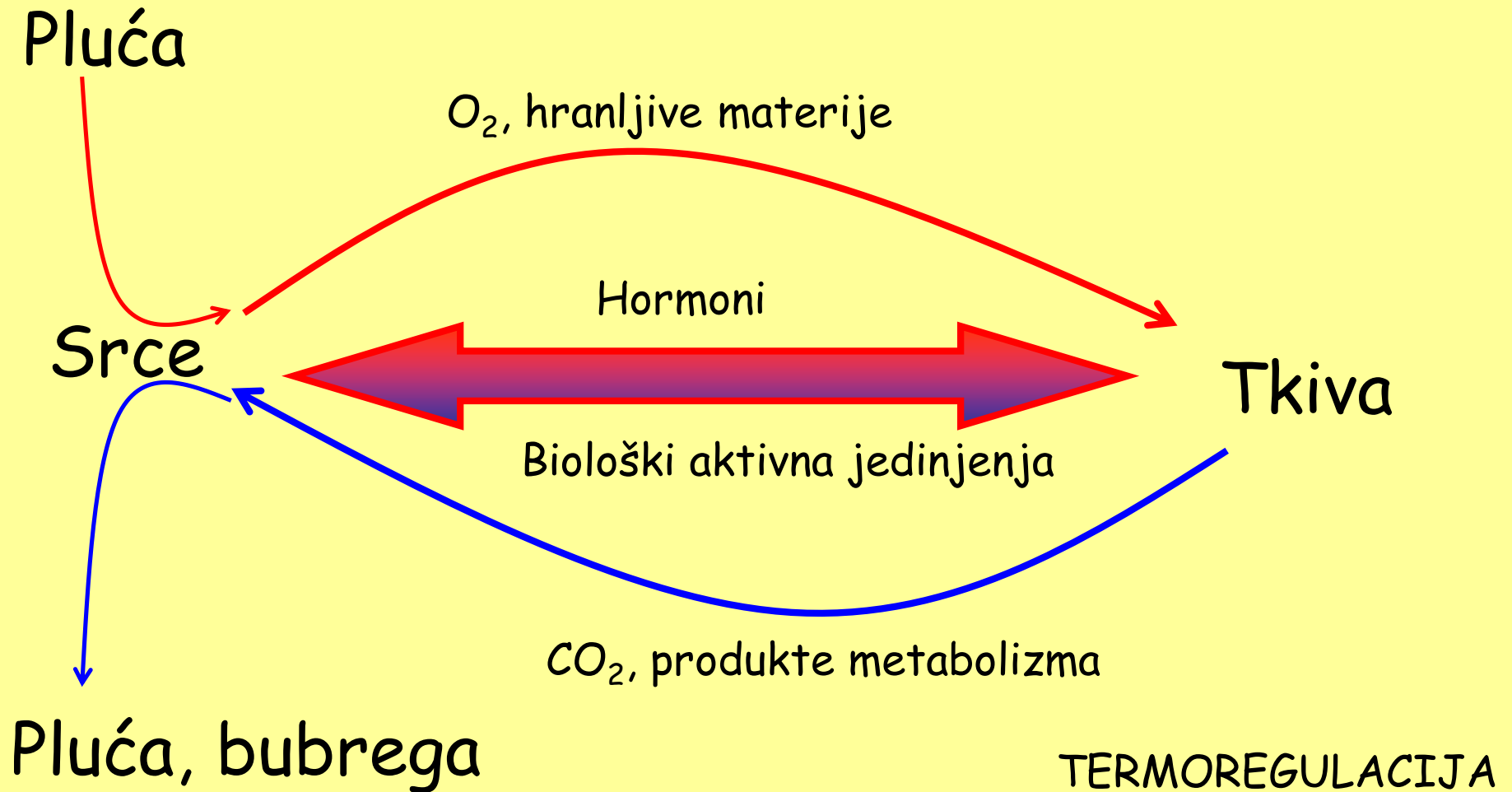
## VELIKI KRVOTOK (SISTEMSKA CIRKULACIJA)

visok pritisak



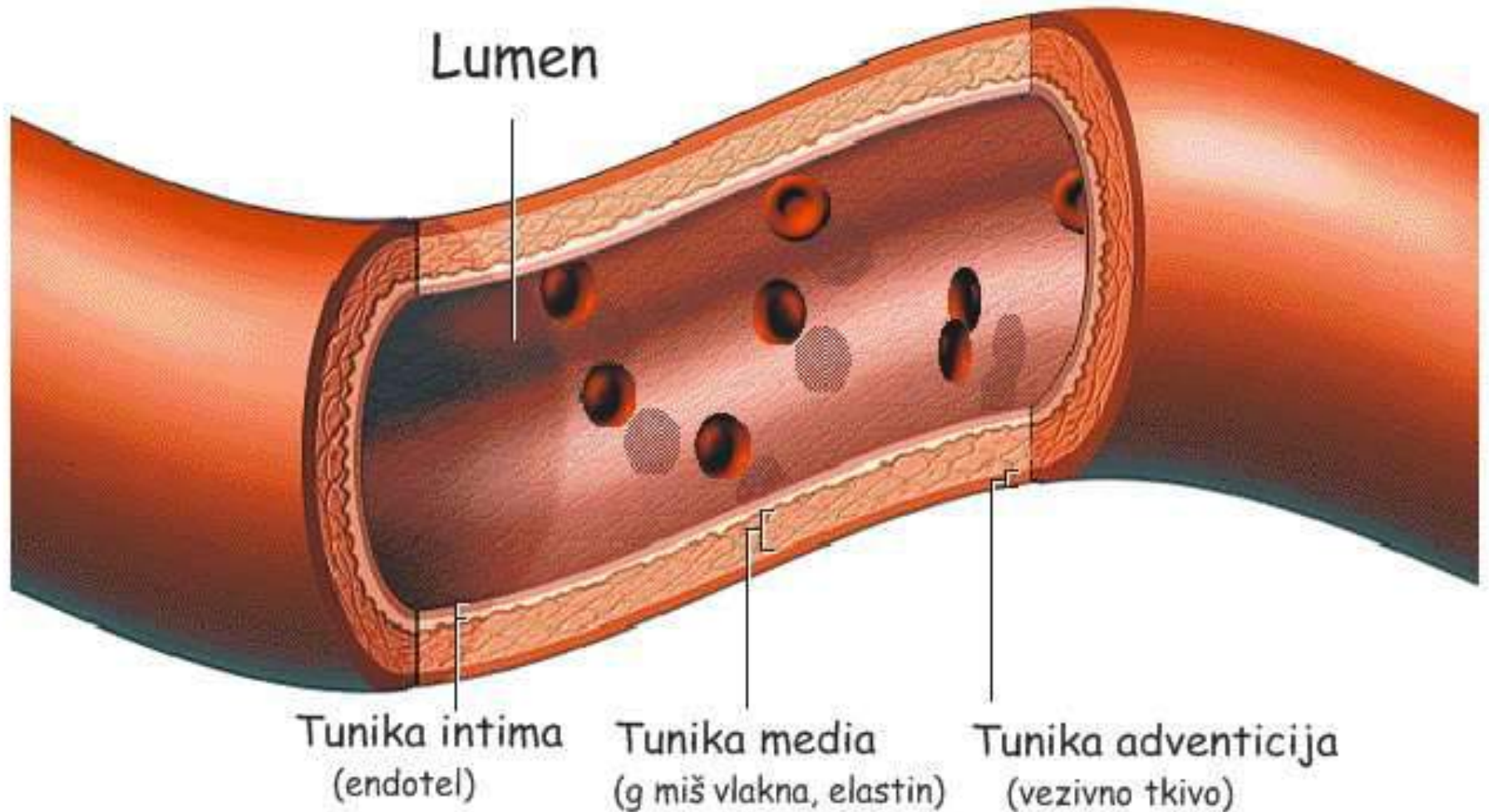
# KRVOTOK - CIRKULACIJA

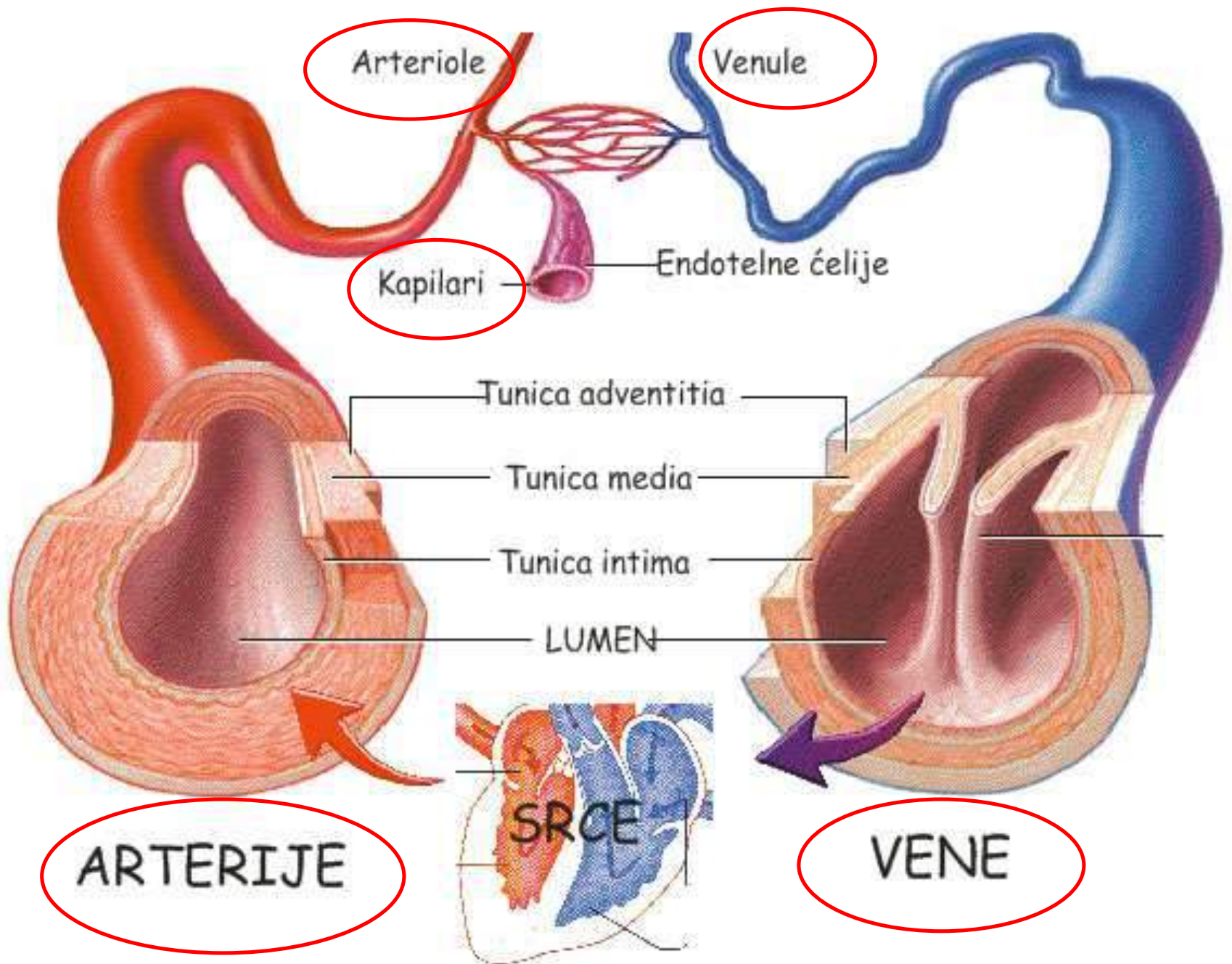
Transportni sistem unutar organizma



# GRAĐA KRVNIH SUDOVA

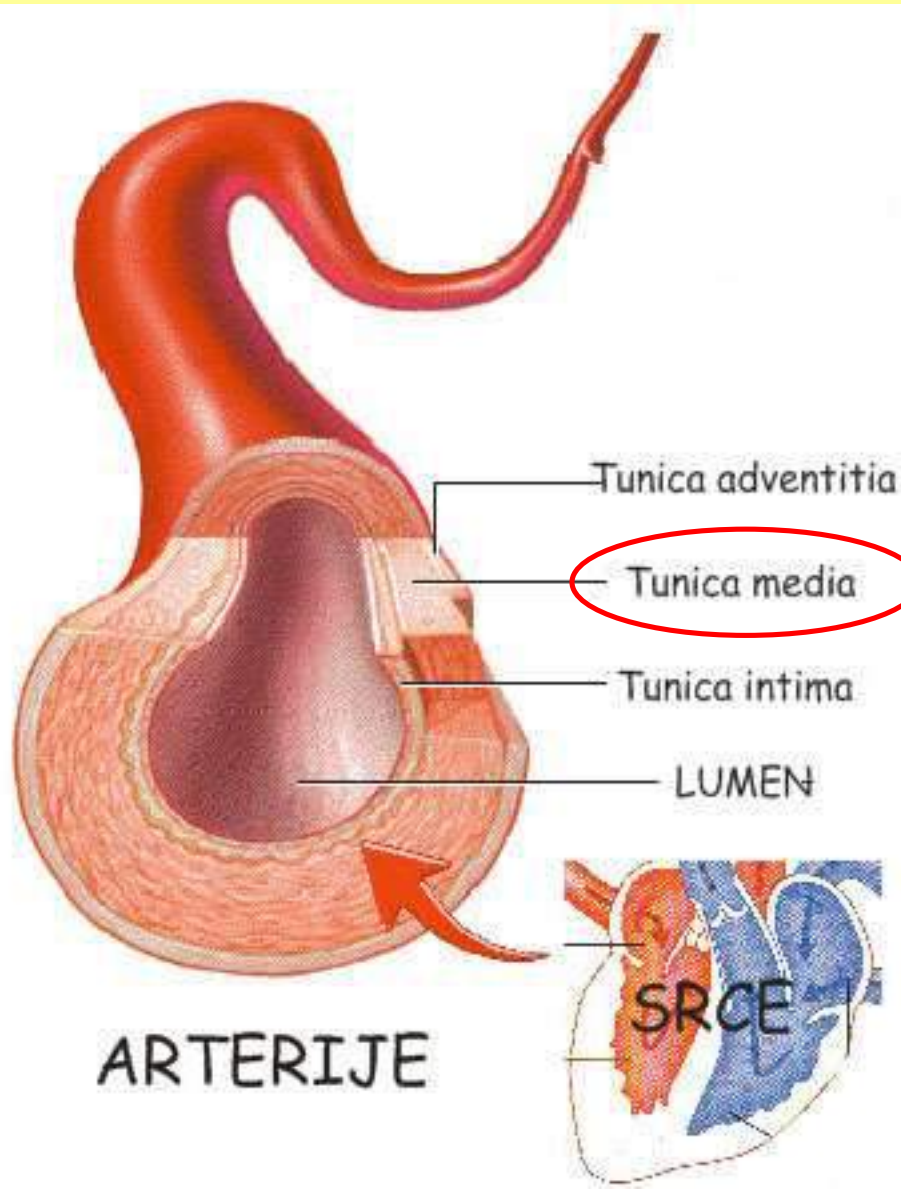
## FIZIOLOGIJA







# ARTERIJE



visok pritisak

Film CV4

elastični krvni sudovi

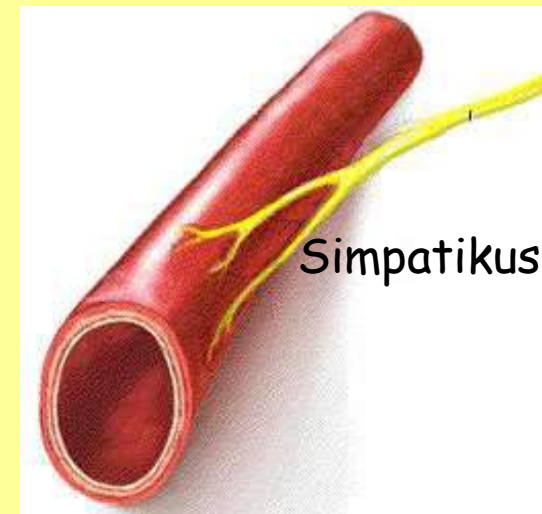
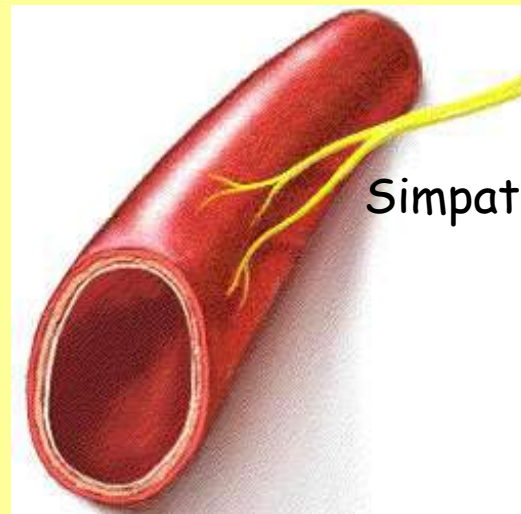
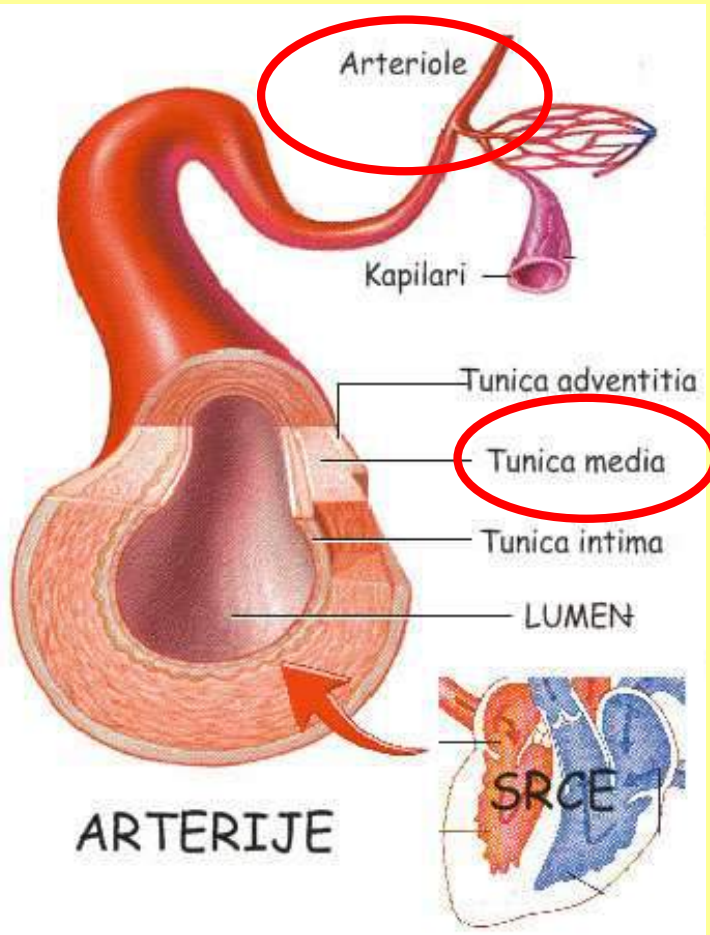
TRANSPORT KRVI

# ARTERIOLE

Debeo mišićni zid

Dilatacija  
VAZODILATACIJA

Kontrakcija  
VAZOKONSTRIKCIJA



Vazomotori

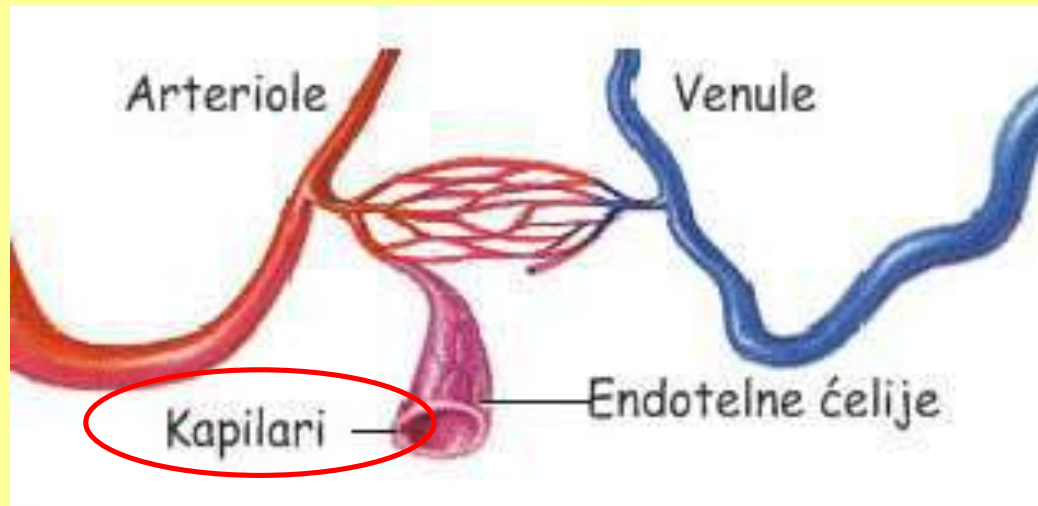
UTIČU NA KRVNI PRITISAK

# KAPILARI

## Funkcionalni deo krvotoka

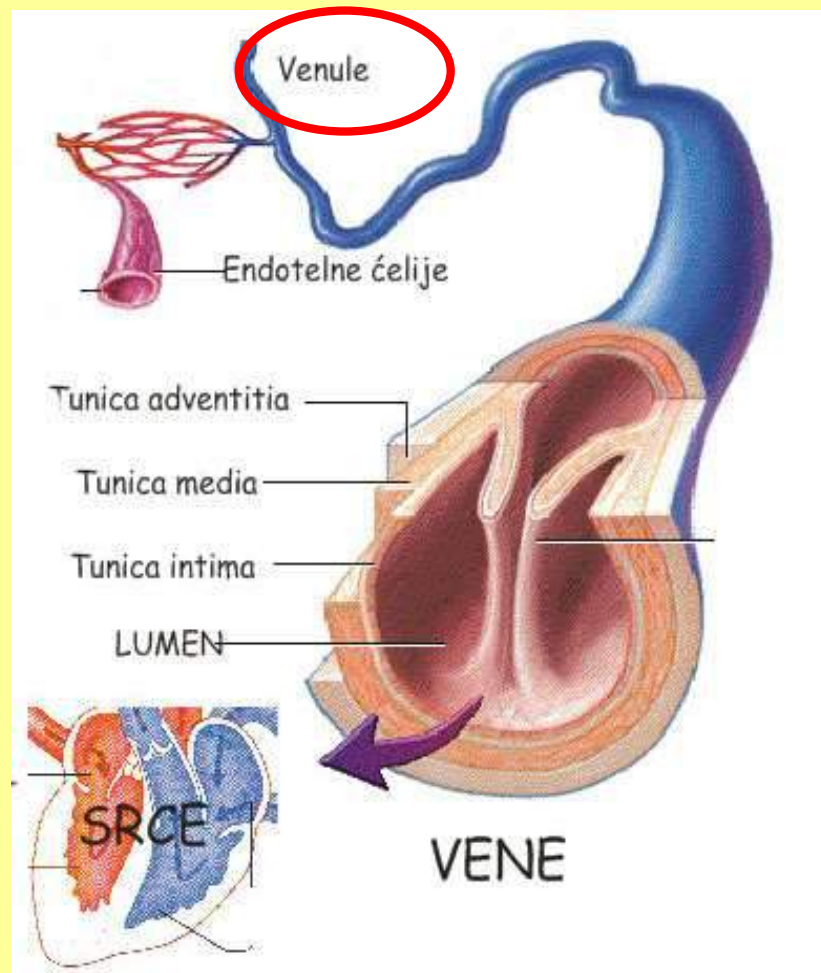
razmena materija

visoka permeabilnost



# VENULE

Vazomotori  
slabiji od arteriola



# VENE

veći lumen a tanji zid od arterija

nizak pritisak

film CV5

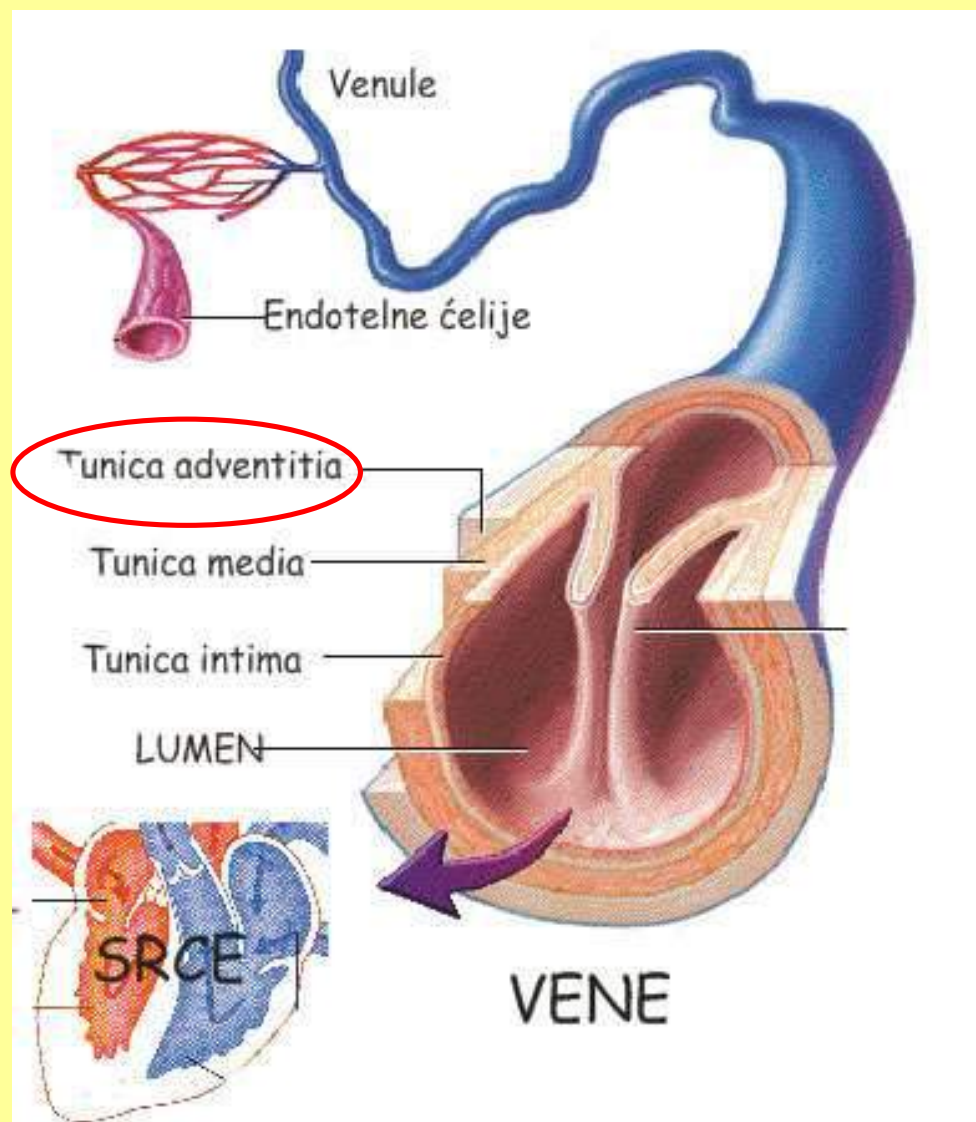
rastegljivi krvni sudovi



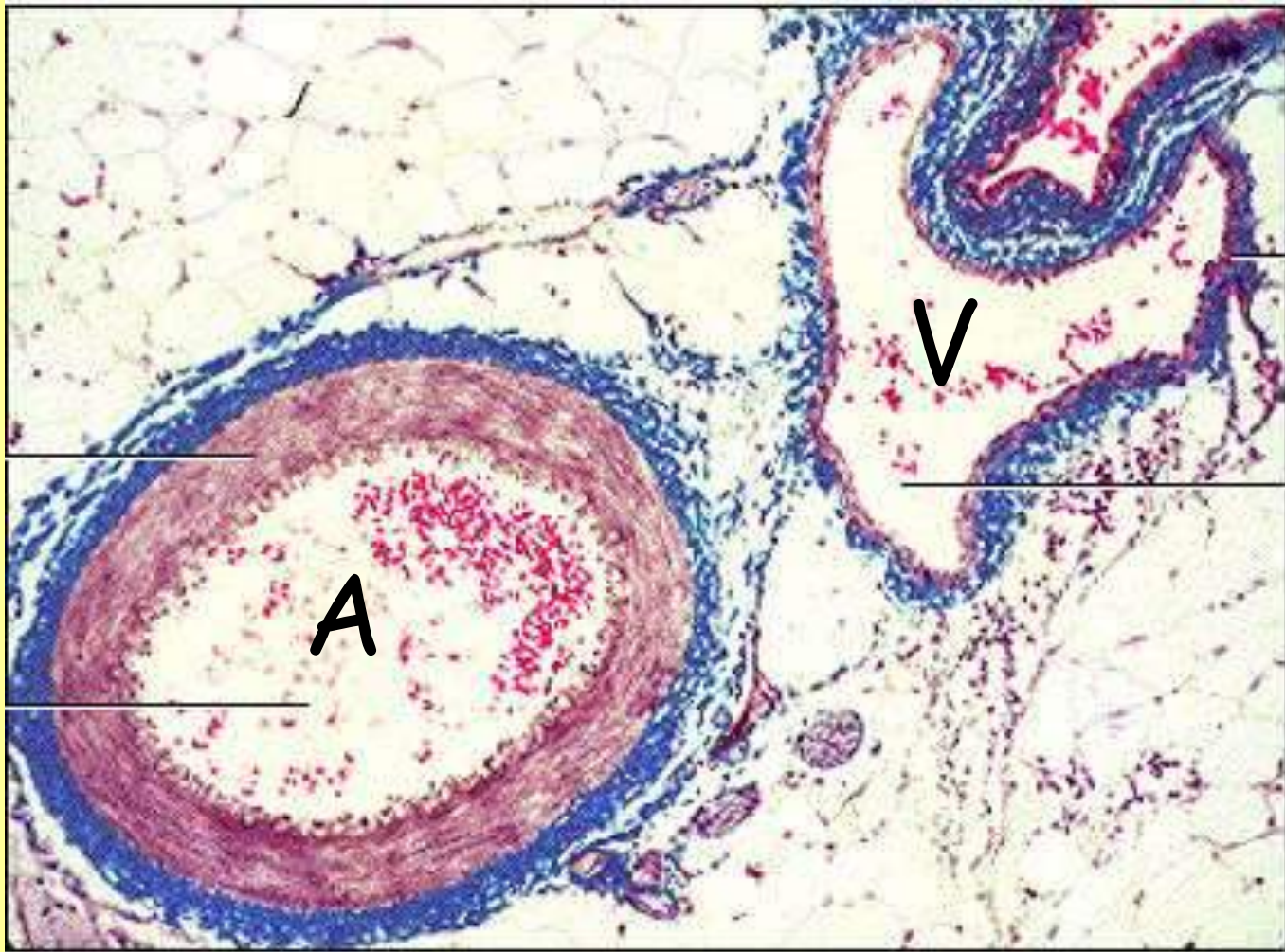
Rezervoar krvi



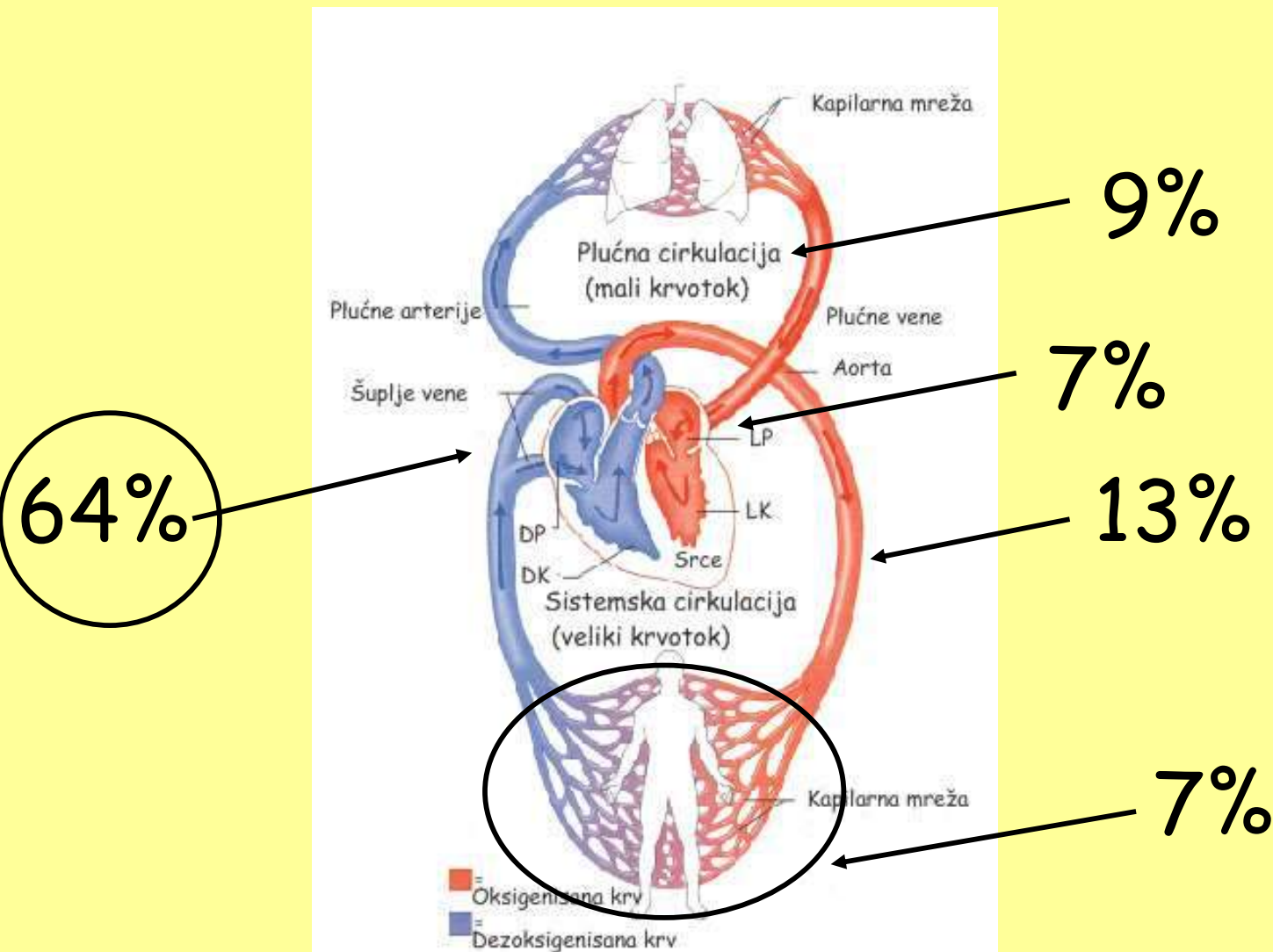
**KAPACITATIVNI KRVNI SUDOVI**



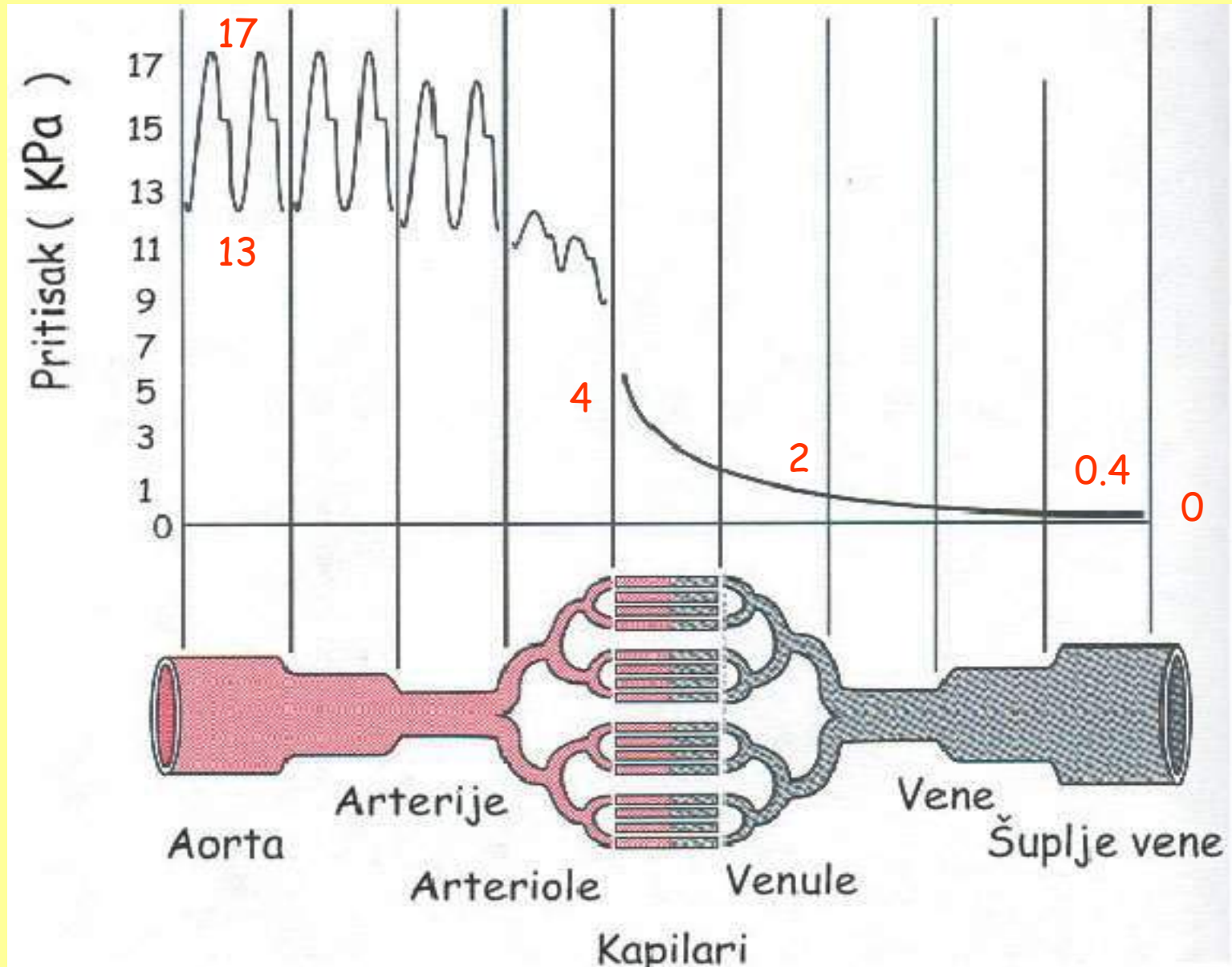
# PORPEČNI PRESEK ARTERIJA I VENA



# VOLUMEN KRVI U RAZLIČITIM DELOVIMA CIRKULACIJE

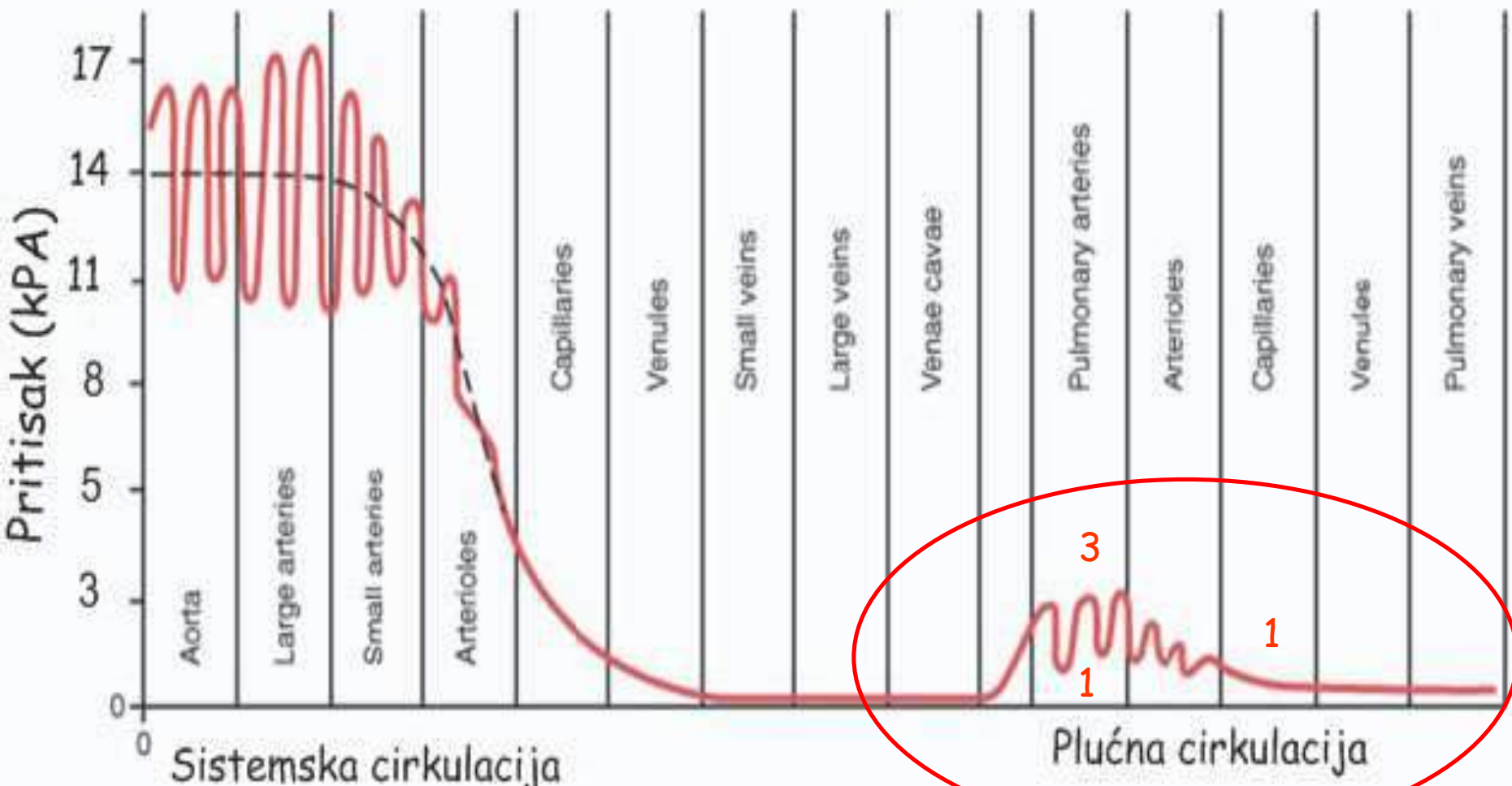


# PRITISCI U SISTEMSKOJ CIRKULACIJI



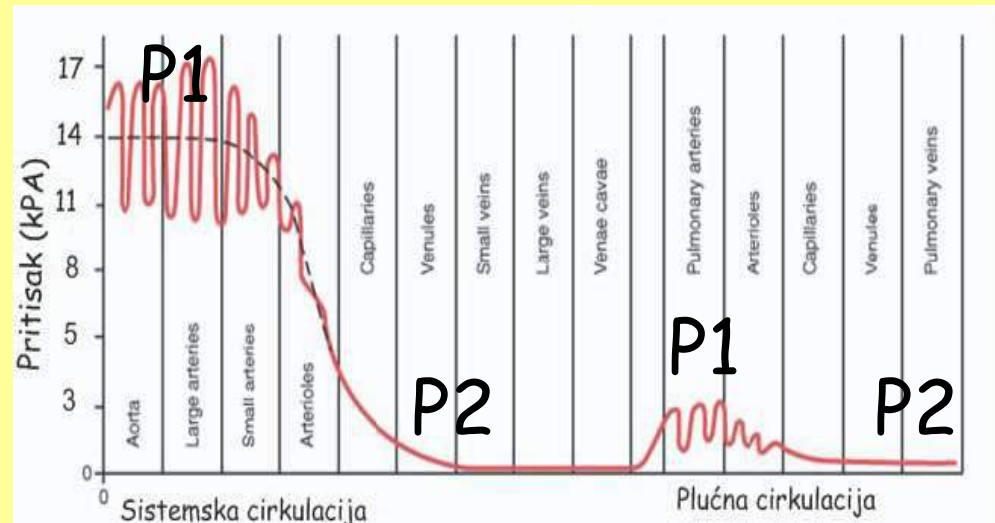
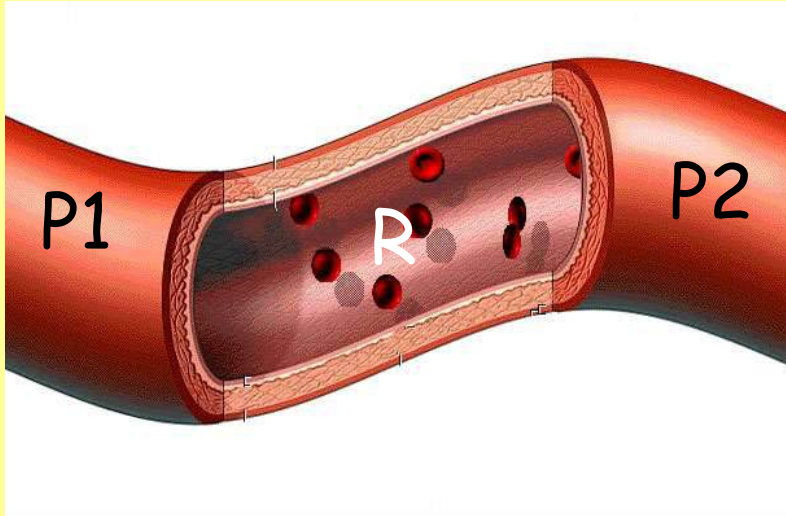


# PRITISCI U PLUĆNOJ CIRKULACIJI



# KRETANJE KRVI KROZ KRVNE SUDOVE

**PROTOK (Q)** – zapremina krvi koja prođe kroz krvni sud u jedinici vremena



$$\text{PROTOK (Q)} = \frac{P1 - P2 \text{ razlika u pritisku}}{R \text{ otpor}}$$

Const za ceo cirk.sistem  
5000 ml/min (min vol srca)

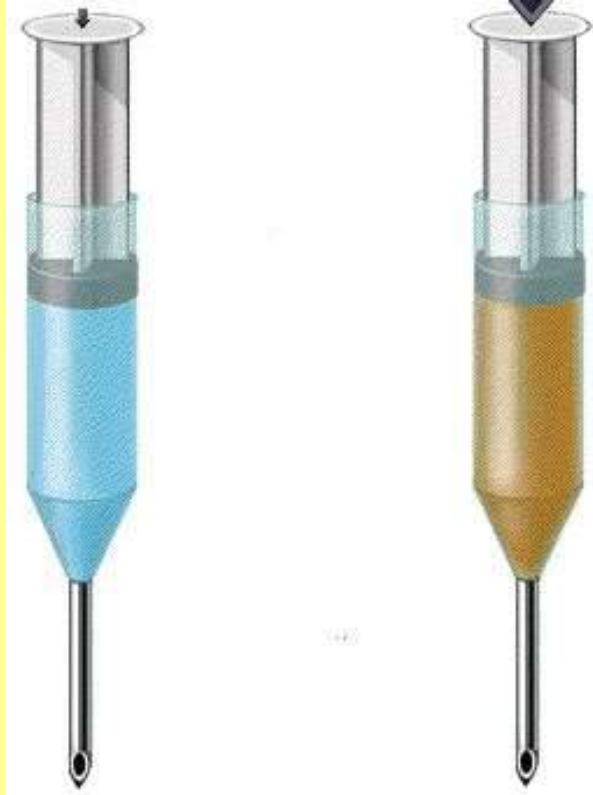
# KRETANJE KRVI KROZ KRVNE SUDOVE

## OTPOR (R)

$$\text{OTPOR (R)} = \frac{8\mu l}{\pi r^4}$$

viskoznost      dužina sistema

poluprečnik krvnog suda

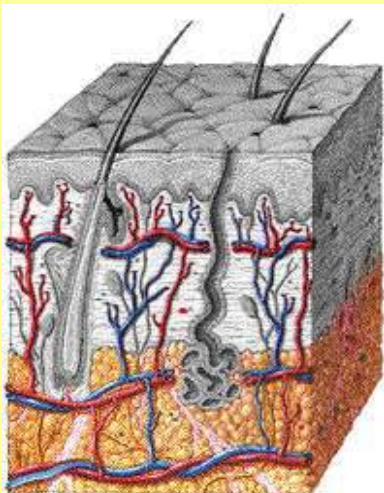


viskoznost

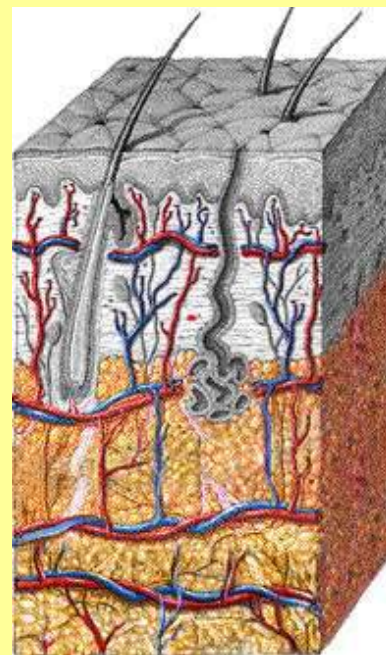


$$\text{OTPOR (R)} = \frac{8\mu l}{\pi r^4}$$

viskoznost (circled in red)      dužina sistema  
 poluprečnik krvnog suda



dužina sistema



$$\text{OTPOR (R)} = \frac{8\mu l}{\pi r^4}$$

viskoznost

dužina sistema

poluprečnik krvnog suda

$$\text{OTPOR (R)} = \frac{8\mu l}{\pi r^4}$$

viskoznost      dužina sistema

poluprečnik krvnog suda



$$\text{PROTOK (Q)} = \frac{P_1 - P_2 \text{ razlika u pritisku}}{R \text{ otpor}}$$

$$\text{OTPOR (R)} = \frac{8\mu l}{\pi r^4}$$

Poiseuille-ov zakon

$$\text{PROTOK (Q)} = \frac{(P_1 - P_2) \pi r^4}{8\mu l}$$

# KRETANJE KRVI KROZ KRVNE SUDOVE

## LINERARNA BRZINA KRETANJA KRVI (V)

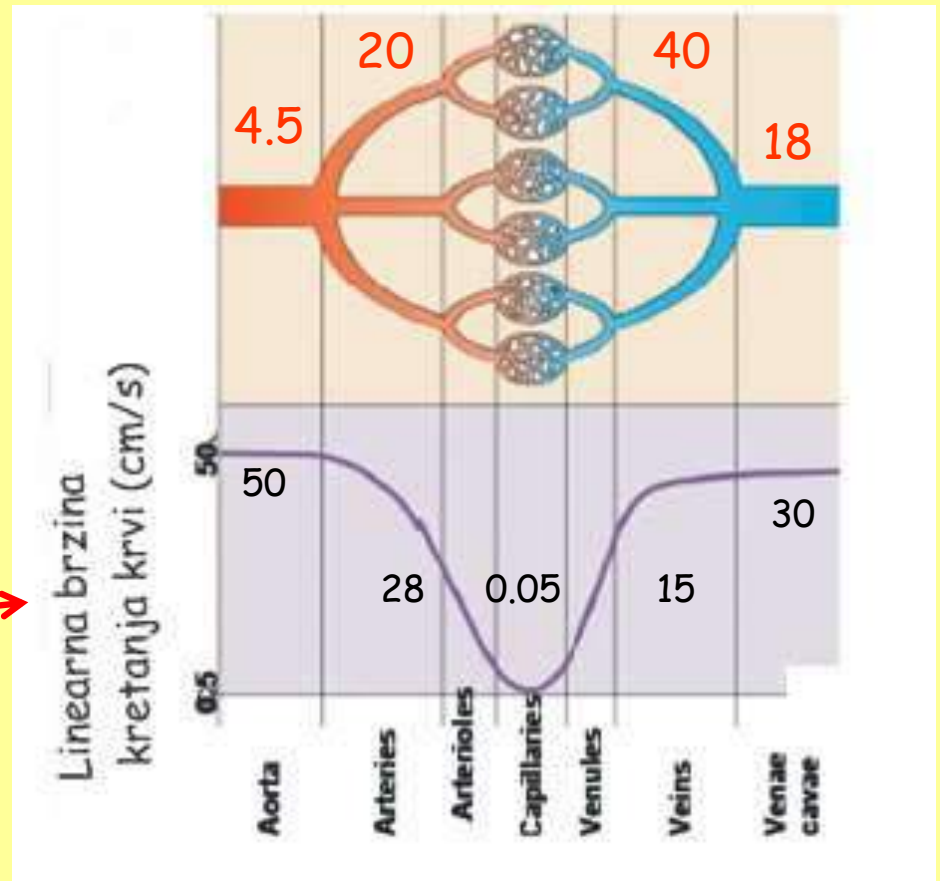
pomeranje krvi u jedinici vremena (cm/min)

$$V = \frac{Q}{A}$$

(veličina protoka krvi) **const**  
(uk P pop pr krvnog suda)

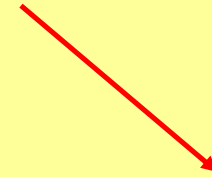
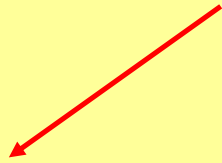
A - uk P presek ks (cm<sup>2</sup>)

4500





# KRETANJE KRVI KROZ KRVNE SUDOVE



Laminarno (nečujano)



Turbulentno (čuje se)



Rejnoldsov broj

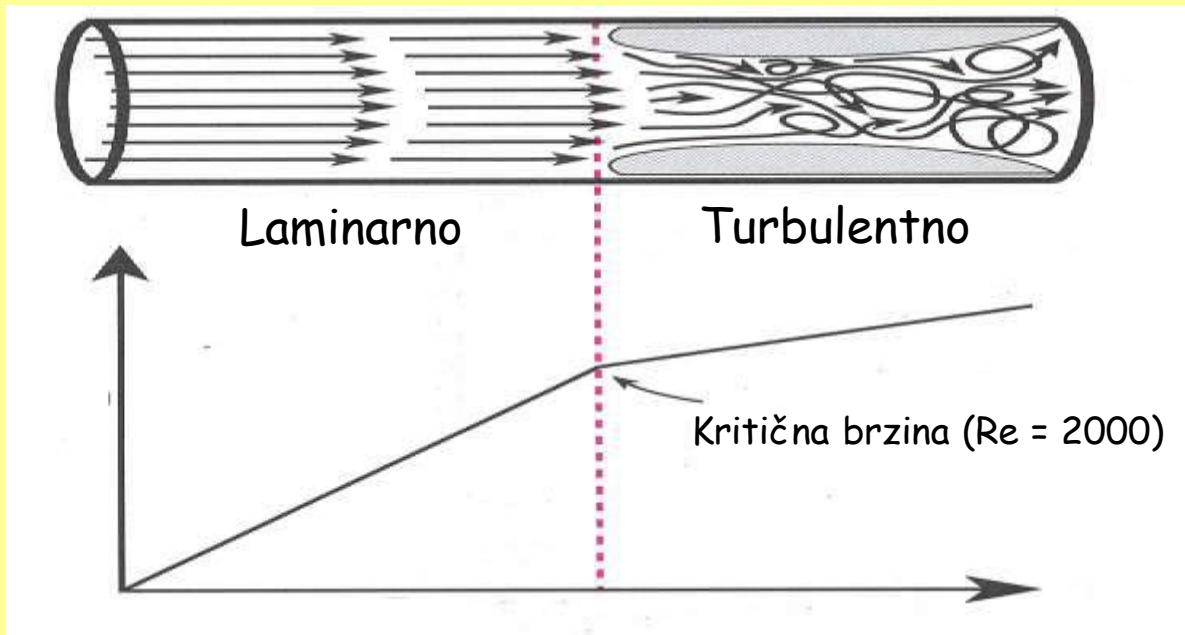
$$Re = \frac{r D V}{h}$$

r - gustina krvi

D - dijаметar krvnog suda

V - brzina kretanja krvi

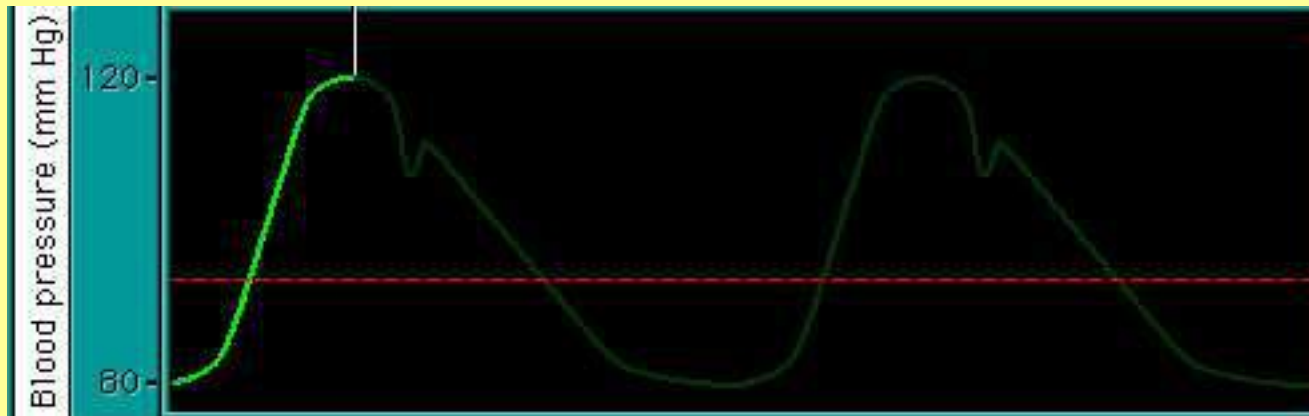
h - viskoznost krvi (anemija)



# CIRKULACIJA U ARTERIJAMA

Krvni (arterijski) pritisak – omogućava protok krvi

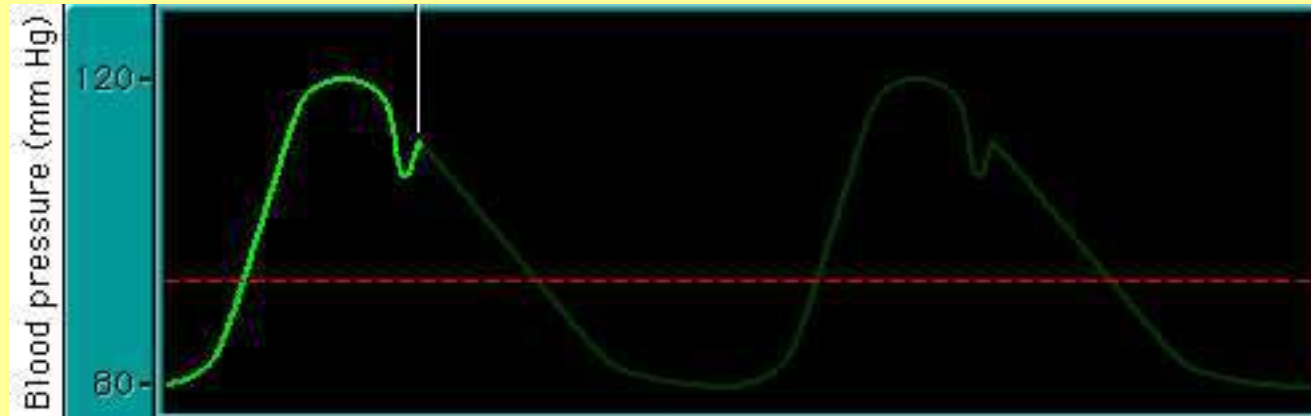
Sistolni pritisak



# CIRKULACIJA U ARTERIJAMA

## Krvni (arterijski) pritisak

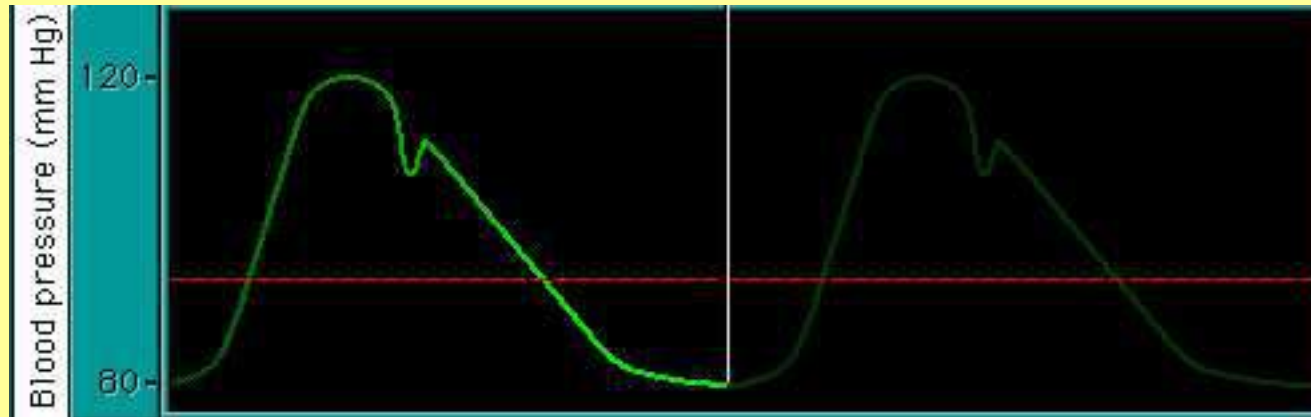
Dikrotni zubac



# CIRKULACIJA U ARTERIJAMA

## Krvni (arterijski) pritisak

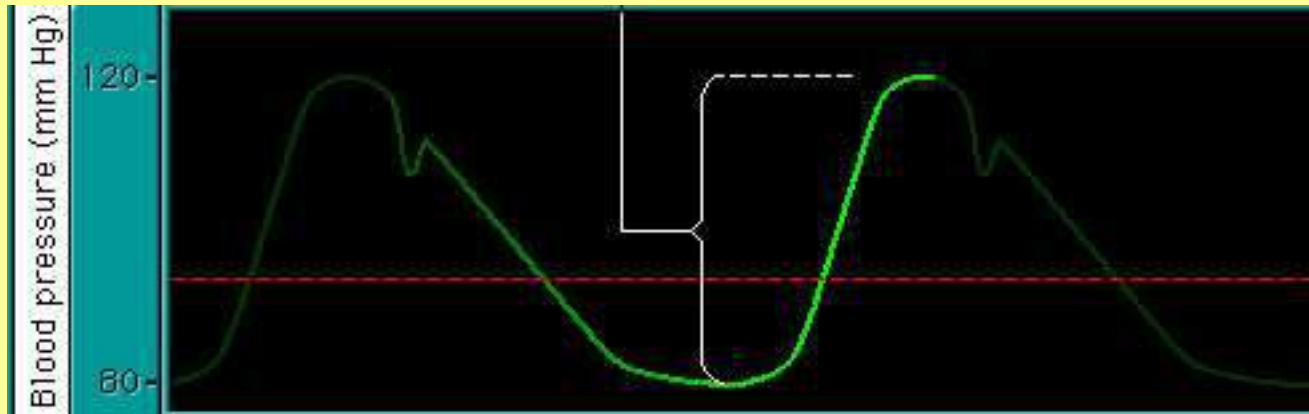
Dijastolni pritisak



# CIRKULACIJA U ARTERIJAMA

## Krvni (arterijski) pritisak

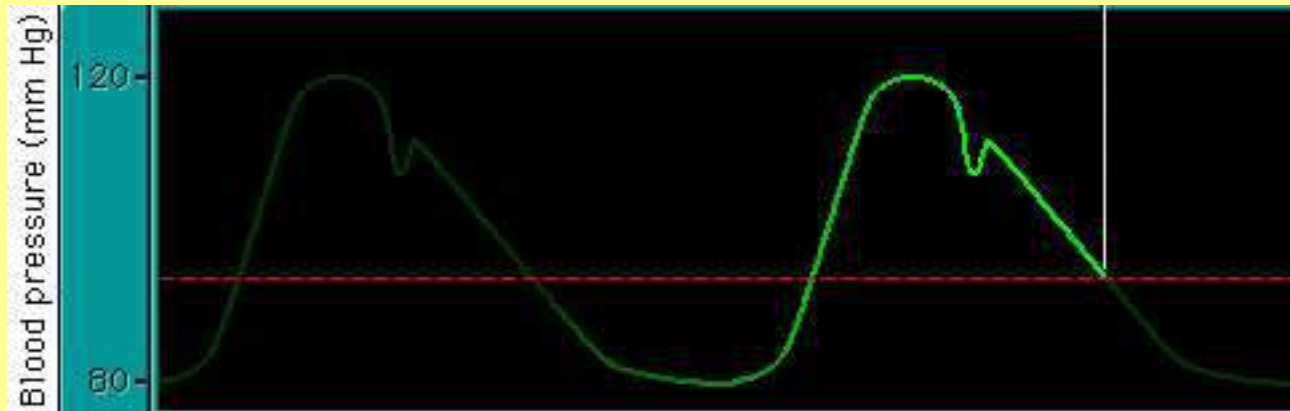
### Pulsni pritisak



# CIRKULACIJA U ARTERIJAMA

## Krvni (arterijski) pritisak

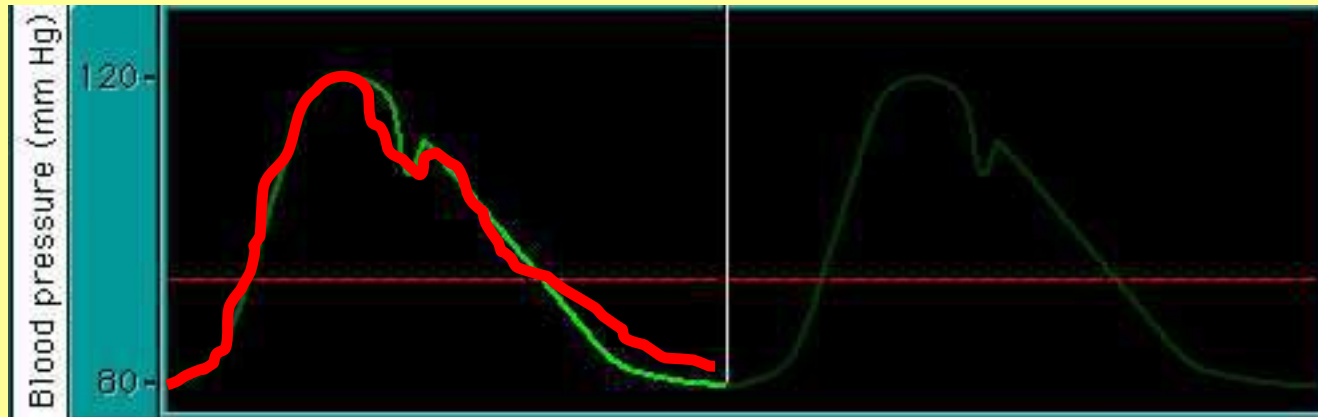
Srednji pritisak



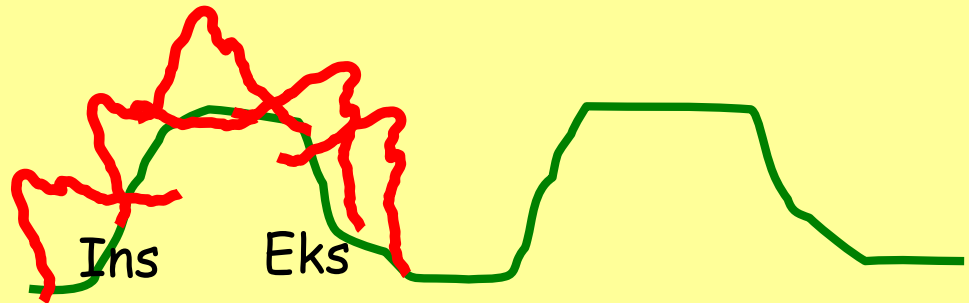
# CIRKULACIJA U ARTERIJAMA

## OSCILACIJE

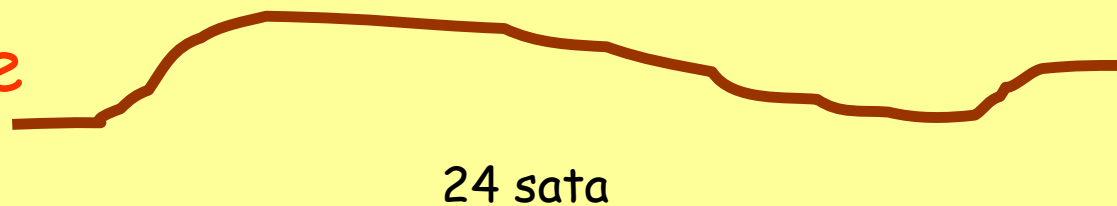
Pulsne oscilacije



Respiratorne oscilacije



Vazomotorne oscilacije

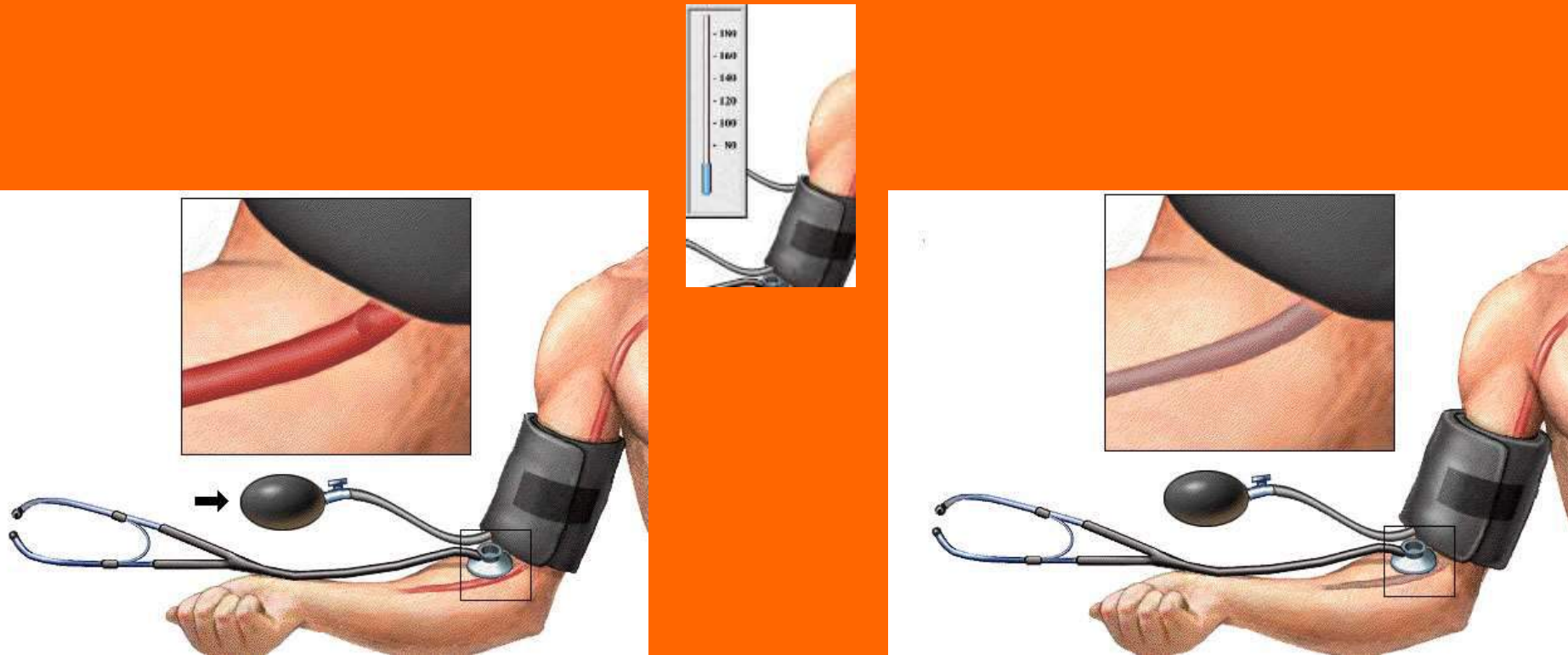


# METODE MERENJA KRVNOG PRITISKA

## Direktno merenje - eksperimentalno

Film VNYKUTYV.AVI

## Indirektno merenje - kliničko





# REGULACIJA ARTERIJSKOG KRVNOG PRITISKA

## Sistem dugoročne regulacije

I - bubrezi

II - volumen telesne tečnosti

## Sistem brze regulacije

I - nervni sistem - putem refleksnog luka

arterijski baroreceptori - barorecetorski refleks

arterijski hemoreceptori

ishemijska reakcija CNSa

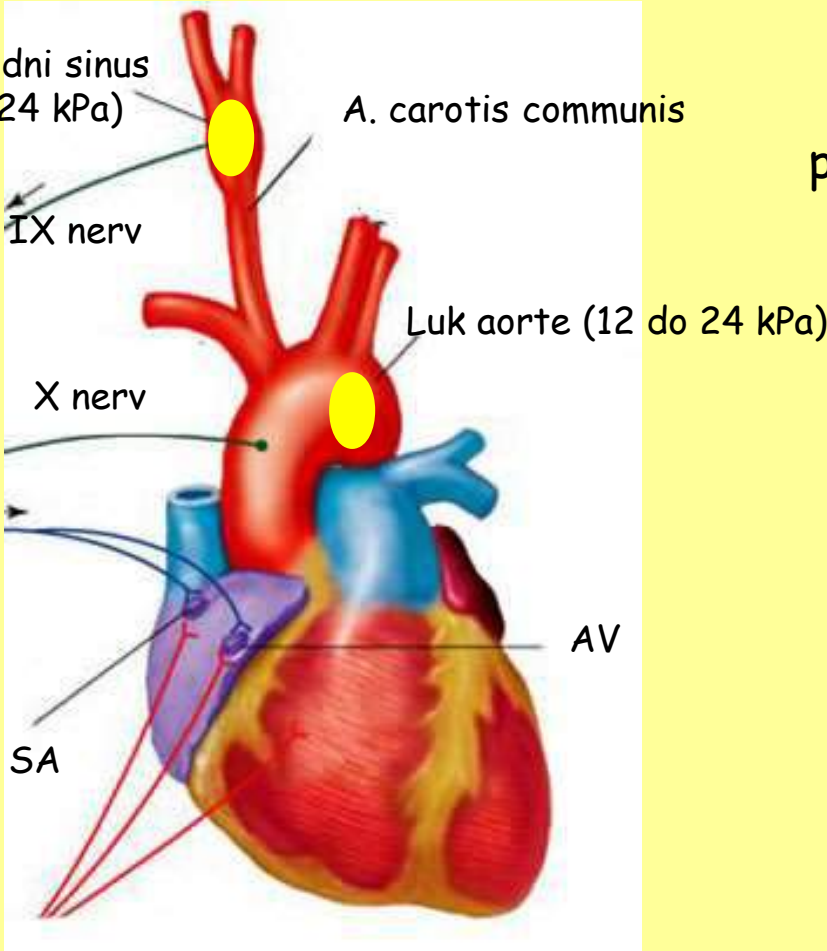
II - humoralni sistem

Hemijske materije

(vazokonstriktori i vazodilatatori)

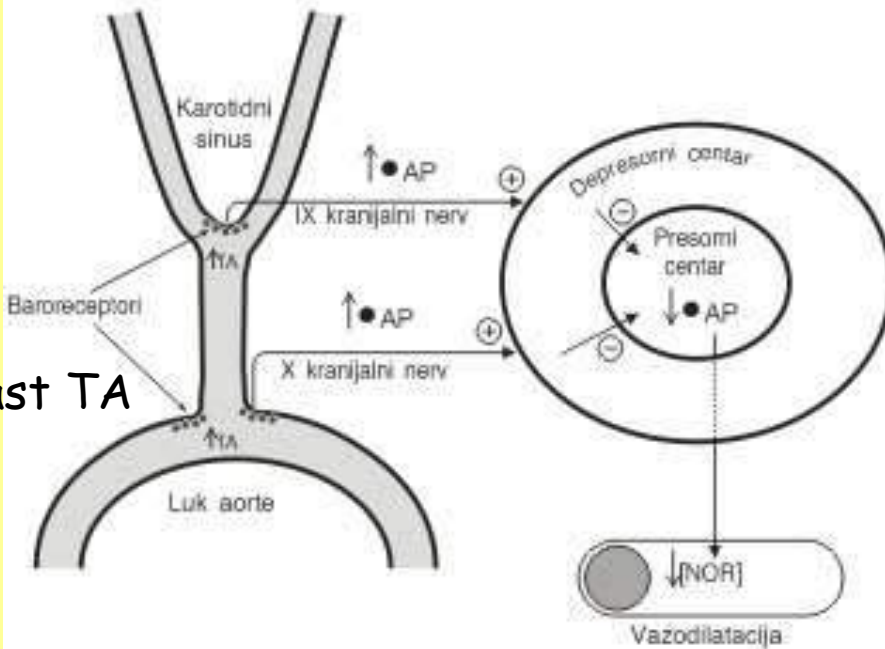
# Arterijski baroreceptori

presoreceptori, streč receptori

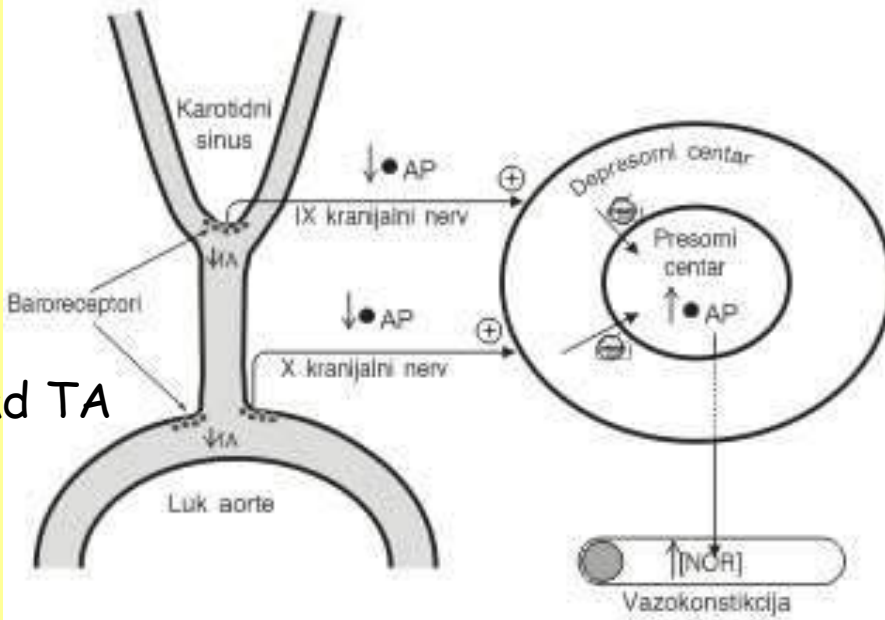


brza adaptacija

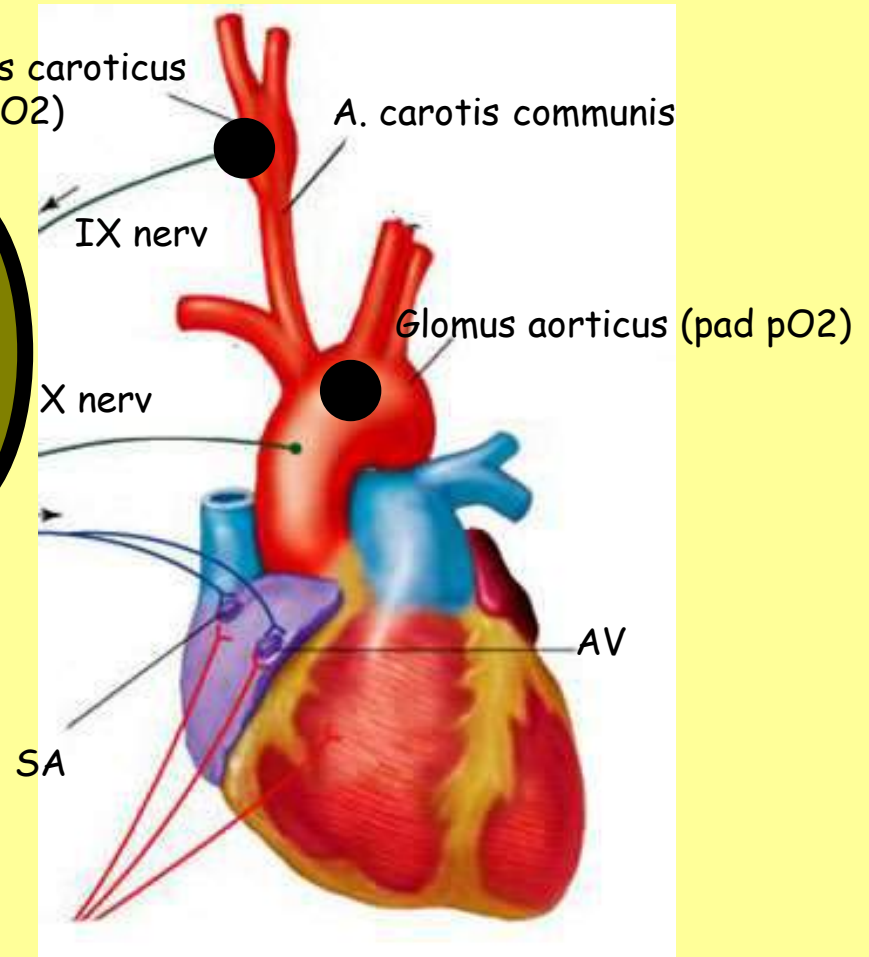
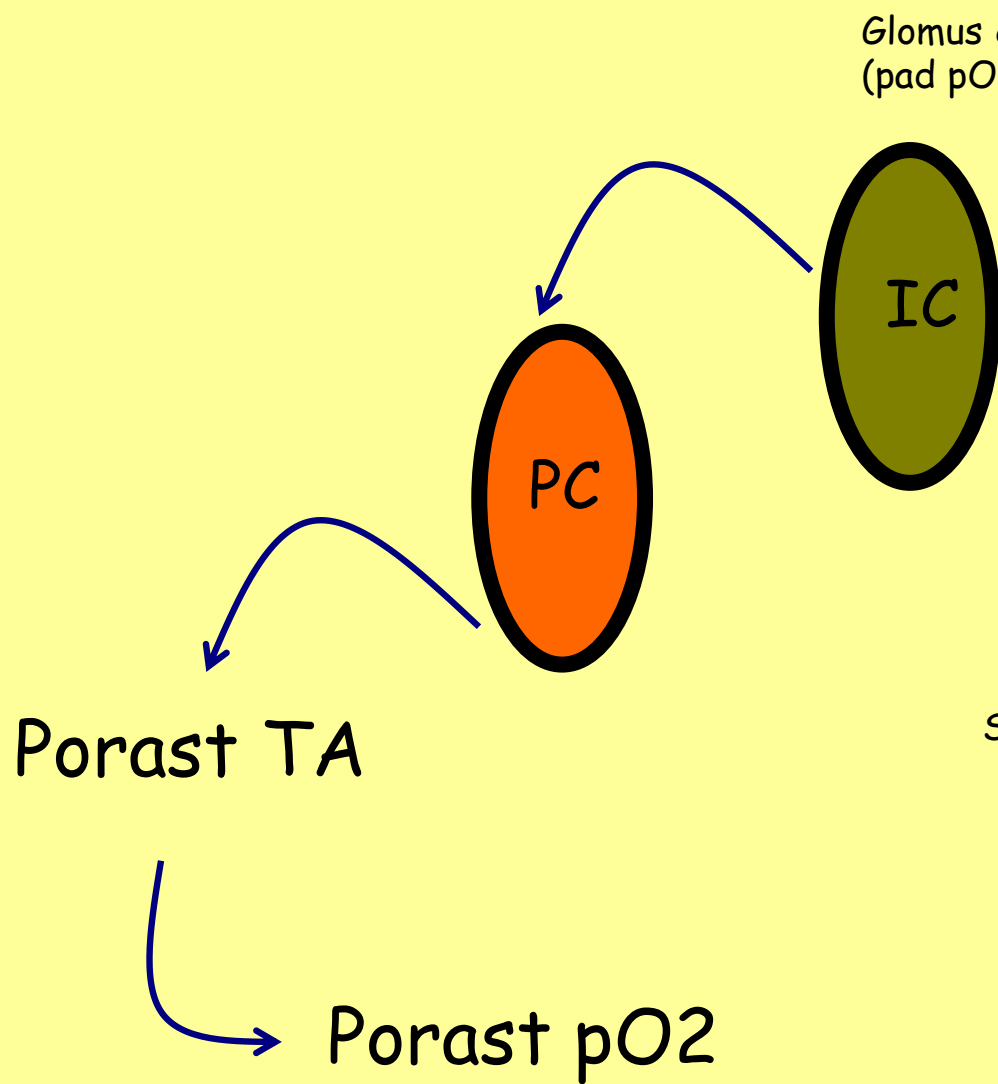
porast TA



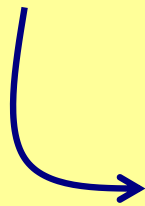
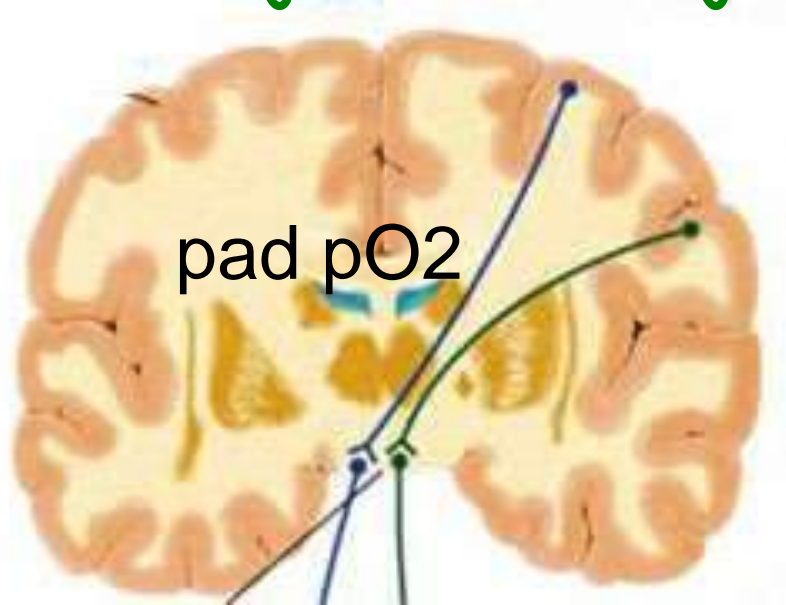
pad TA



# Arterijski hemoreceptori



# Ishemijska reakcija CNSa



aktivacija i porast TA

poslednji rov odbrane

# Hemijske materije

## Vazokonstriktori

Noradrenalin (preko  $\alpha 1$ )

Adrenalin ( $\alpha 1$ )

Endotelini - najjači vazokonstriktori

Angiotenzin II

ADH (vazopresin)

TXA2

Ca

u vazomotorima

## Vazodilatatori

Adrenalin ( $\beta 2$ )

Ach

Histamin

Serotonin

Bradikinin

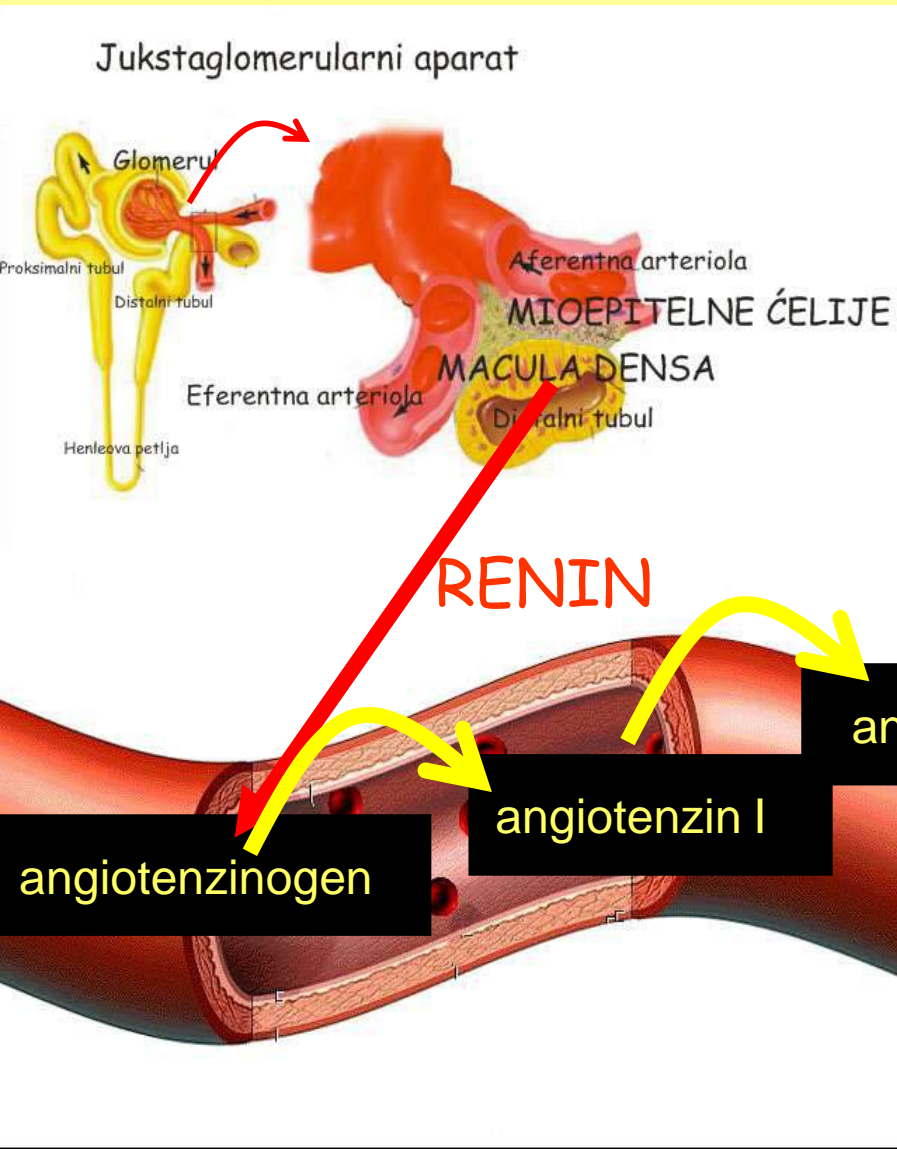
Acidoza - porast pH

CO<sub>2</sub>, adenzin, K

Prostaciklini

# Sistem dugoročne regulacije krvnog pritiska

## RENIN-ANGIOTENZIN-ALDOSTERON SISTEM



VAZOKONSTRIKTOR

STIMULIŠE OSLOBAĐANJE  
KATEHOLAMINA  
IZ SRŽI NADBUBREGA

STIMULIŠE OSLOBAĐANJE  
ALDOSTERONA  
IZ KORE NADBUBREGA

POVEĆAVA SNAGU  
KONTRAKCIJE  
MIOKARDA

OSLOBAĐA  
NORADRENALIN

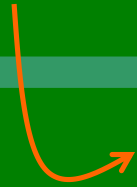
OSLOBAĐA  
ADH

RENIN



angiotenzin II

STIMULIŠE OSLOBAĐANJE  
**ALDOSTERONA**  
IZ KORE NADBUBREGA



STIMULIŠE OSLOBAĐANJE  
**ANTIDIURETIČNOG HORMONA**  
IZ NEUROHIPOFIZE

**ALDOSTERON**



Stimuliše reapsorpciju Na u bubrezima  
Na povlači vodu nazad u cirkulaciju  
**Raste krvni pritisak**

**ANTIDIURETIČNI HORMON  
II VAZOPRESIN**



1. Stimuliše reapsorpciju vode u bubrezima  
**Raste krvni pritisak**

2. Izaziva vazokonstrikciju  
**Raste krvni pritisak**

# CIRKULACIJA U ARTERIJAMA

Film CVL 3

**Arterijski puls** – ritmičke oscilacije zida arterijskog krvnog suda (aorta 3-5 m/s, male arterije 35 m/s; smanjivanje amplitude)



čovjek – **a. metacarpica**

konj, goveda – **a. facialis** (incisura vasorum)

pas, mačka, mali preživar – **a. femoralis**

Visina, tvrdoća, ritam, frekvencija

**SFIGMOGRAM** – kriva arterijskog pulsa



## FREKVENCIA PULSA

konj – 28-44/min

čovjek – 60-70/min

perad – 200/min

goveče – 60-80/min

pas, mačka – 80-100/min



# Arterijski puls – ritmičke oscilacije zida arterijskog krvnog suda

FREKVENCA PULSA *pulsus frequens* - kod tahikardija  
*pulsus rarus* - kod bradikardije

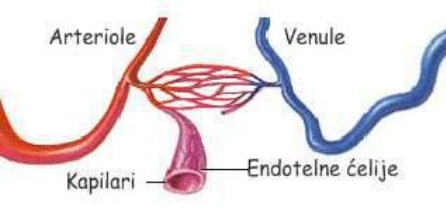
VISINA PULSA *pulsus magnus* - kod jače kontrakcije leve komore  
*pulsus altus* - kod slabijeg punjenje leve komore

TVRDOĆA PULSA *pulsus durus* - kod visok TA  
*pulsus molis* - kod niskog TA

RITAM PULSA *pulsus ritmicus*  
*pulsus aritmicus* - kod srčanih aritmija

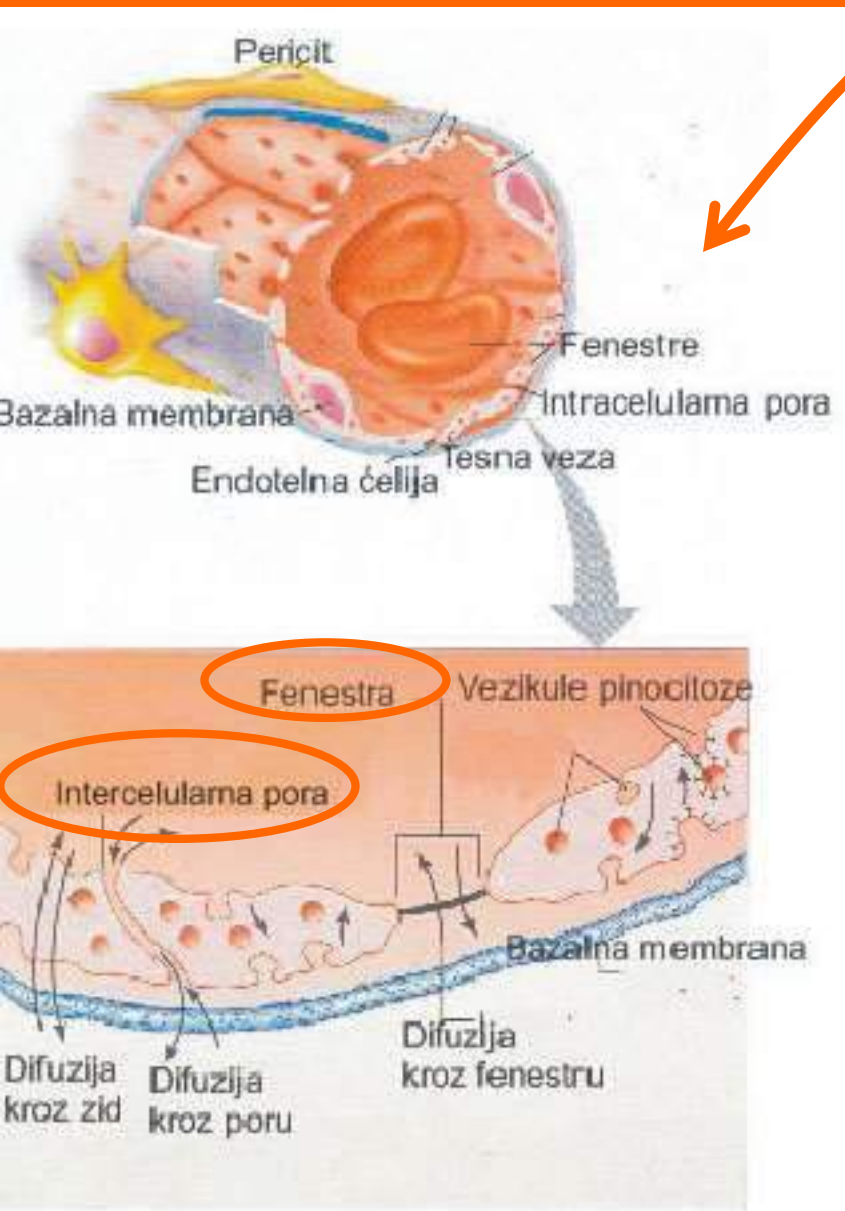
BRZINA PULSA *pulsus celer* (brzo nastane i brzo nestane pulsni talas) -  
oštećenje semilunarnih zalistaka aorte

*pulsus tardus* (sporo nastane i sporo nestane pulsni talas) -  
smanjena elastičnost arterijskih krvnih sudova



# CIRKULACIJA U KAPILARIMA

(MIKROCIRKULACIJA-razmena materija)



## Grada kapilarnog zida

Pericit - fagocitna uloga

dužina kapilara - 0.5 mm  
prečnik kapilara - 8  $\mu\text{m}$   
debljina zida - 0.3-0.5  $\mu\text{m}$

# Podela kapilara na osnovu građe kapilarnog zida



## Kontinuirani kapilari

Mišići, srce, pluća, poprečno - prugasti mišići



## Disontinuirani kapilari - fenestrirani

Bubrezi, pljuvačne žlezde, endokrine žlezde

500 x propustljiviji od kontinuiranih



## Disontinuirani kapilari - sinusoidni

Koštana srž, slezina, jetra

Intercelularne pore 6 - 7 nm

# CIRKULACIJA U KAPILARIMA

## Transport kroz kapilarni zid

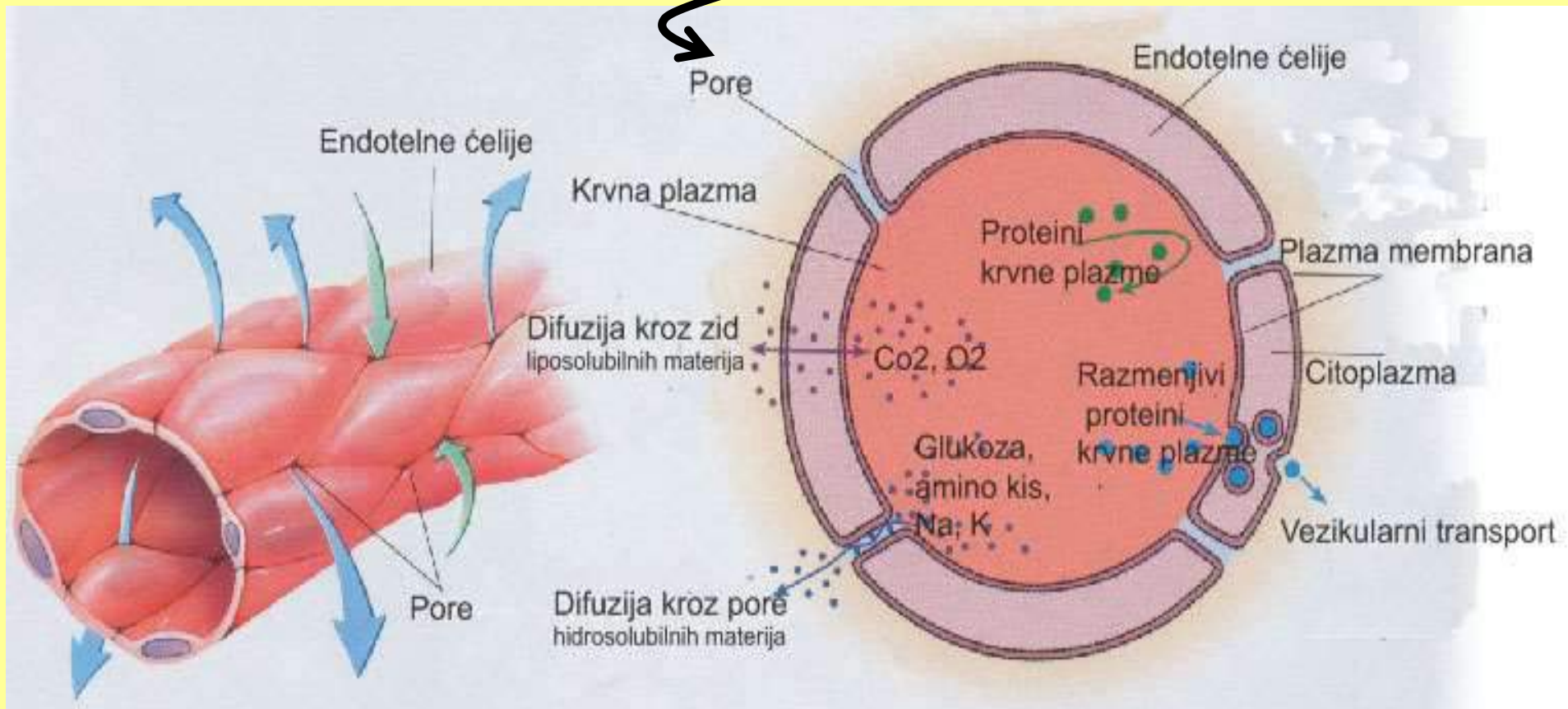
### 1 DIFUZIJA

NUTRITIVNE MATERIJE I PRODUKTI METABOLIZMA  
.."individualni prolaz" - razlika u koncentraciji

### 2 VEZIKULARNI TRANSPORT

### 3 FILTRACIJA i resorpcija

VODA .."grupni prolaz" - pod uticajem Hp  
voda i sve rastorene materije (sem proteina)



# Transport kroz kapilarni zid

## 3. FILTRACIJA

### Hidrostatski pritisak ( $H_p$ )

gura tečnost iz kapilara u tkivo

### Gradijent $H_p$

$$\Delta H_p = H_p(k) - H_p(\text{tkiva})$$

Na početku kapilara

$$\Delta H_p = 4.9 \text{ kPa} - 0.1 \text{ kPa} = 4.8 \text{ kPa}$$

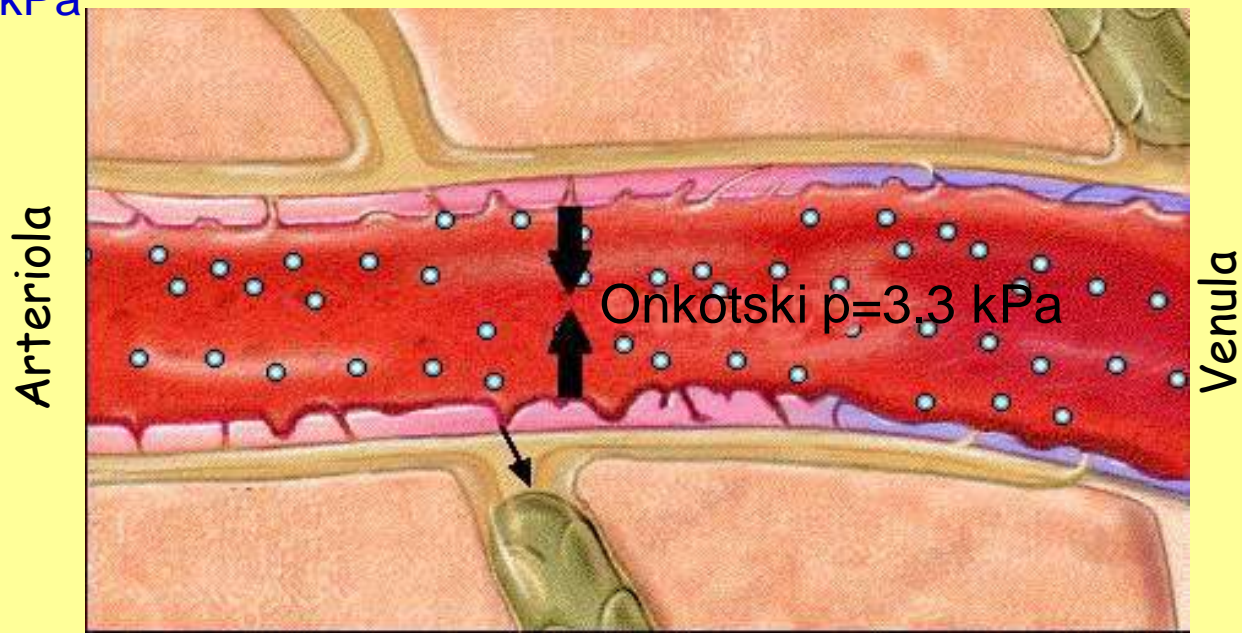
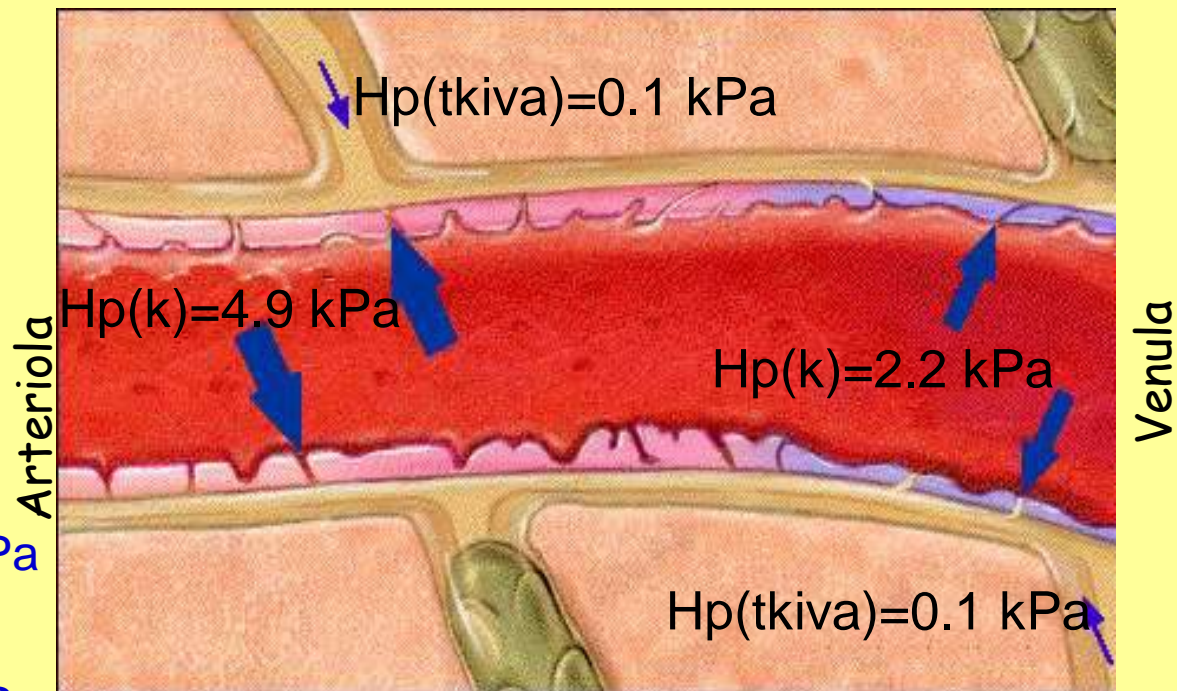
Na kraju kapilara

$$\Delta H_p = 2.2 \text{ kPa} - 0.1 \text{ kPa} = 2.1 \text{ kPa}$$

### Onkotski pritisak ( $O_p$ )

zadržava tečnost u kapilarima

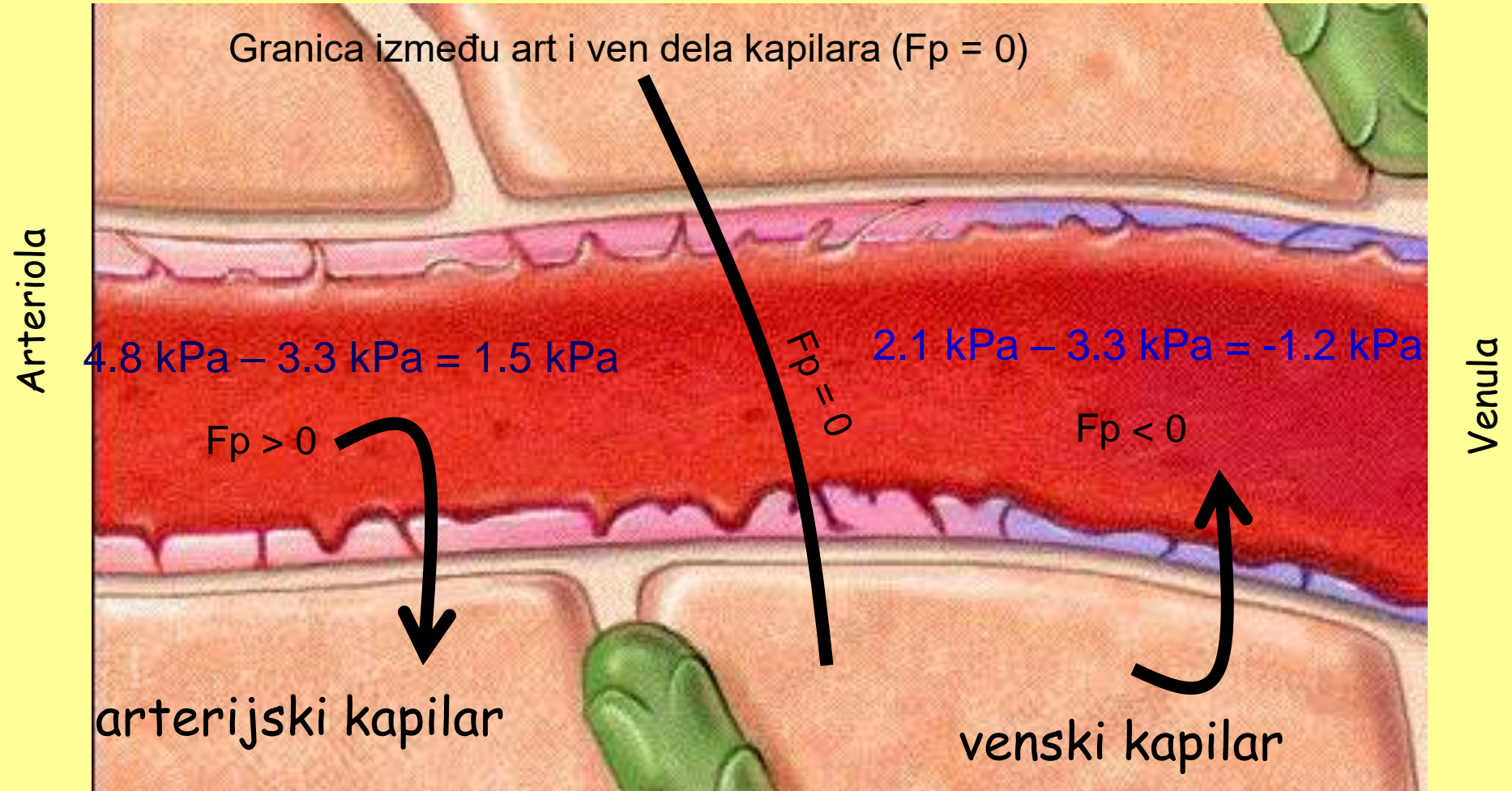
Onkotski p krvi = 3.3 kPa



# Transport kroz kapilarni zid

## 3. FILTRACIJA

$$\underline{\Delta H_p} - \underline{O_p} = \text{FILTRACIONI PRITISAK (Fp)}$$



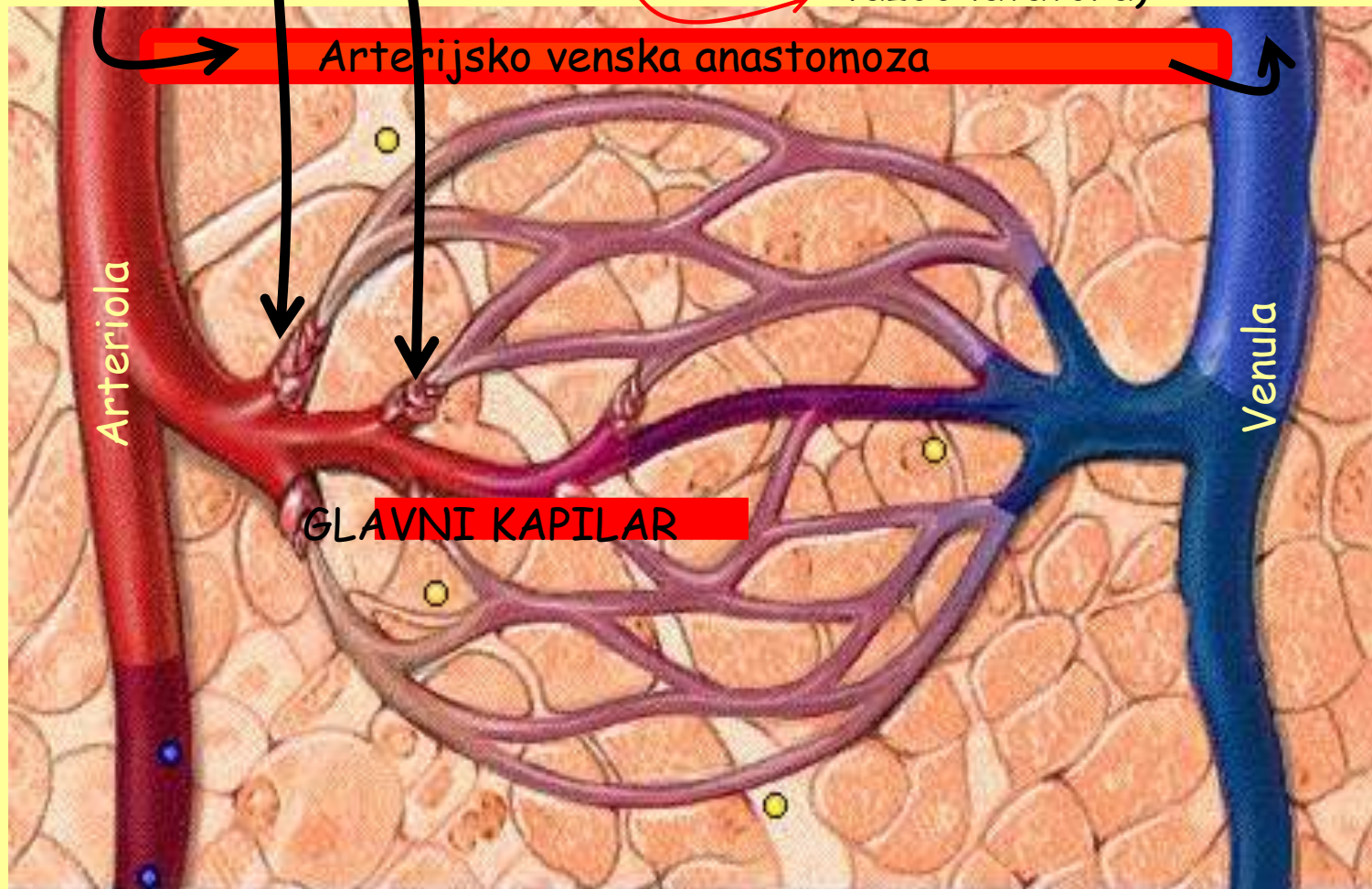
Filtracija značajna za održavanje volumena krvi –  
iskrvarenje (dominira resorpcija) a povišen pritisak (dominira filtracija)

# REGULACIJE CIRKULACIJE U KAPILARIMA

Prekapilarni sfingteri (vazomocija)

Otvoreni (rast  $CO_2$ , pad  $O_2$  rast vazodilatatora -  $H_2$ , K, laktat, adenzin)

Zatvoreni (rast  $O_2$ , pad vazodilatatora)



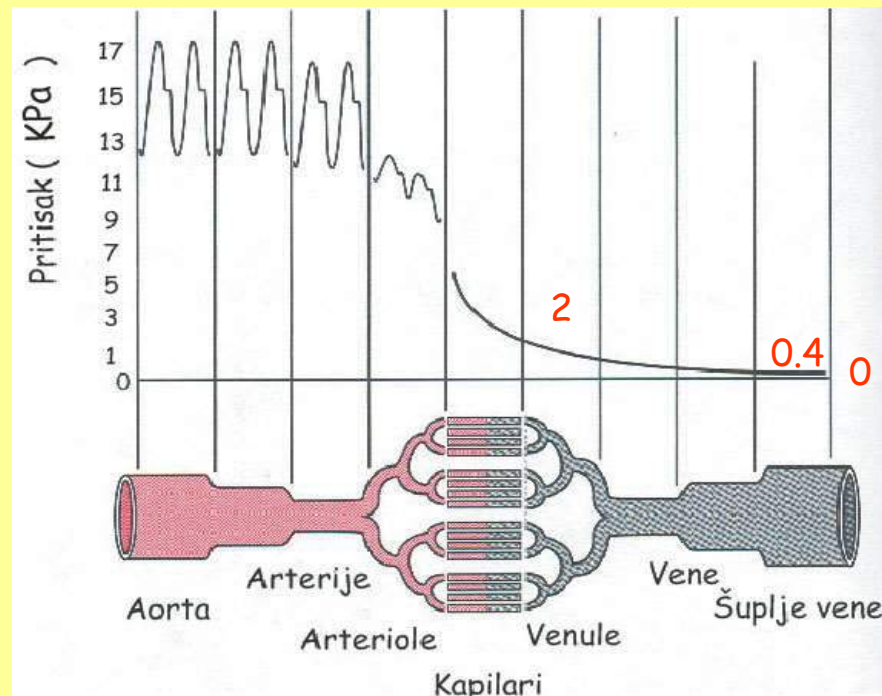
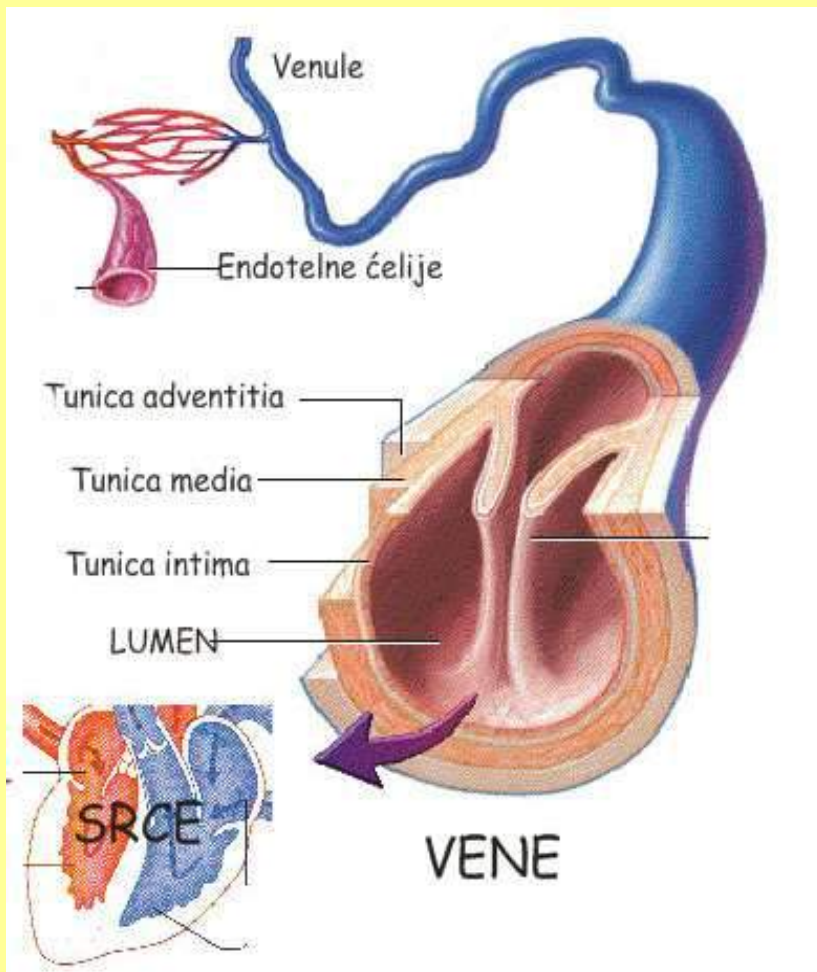
# REGULACIJE CIRKULACIJE U KAPILARIMA

Prekapilarni sfingteri (vazomocija) - **KRATKOTRAJNA REGULACIJA**

**ANGIOGENEZA** - stvaranje novih krvnih sudova - **DUGOROČNA REGULACIJA**



# CIRKULACIJA U VENAMA



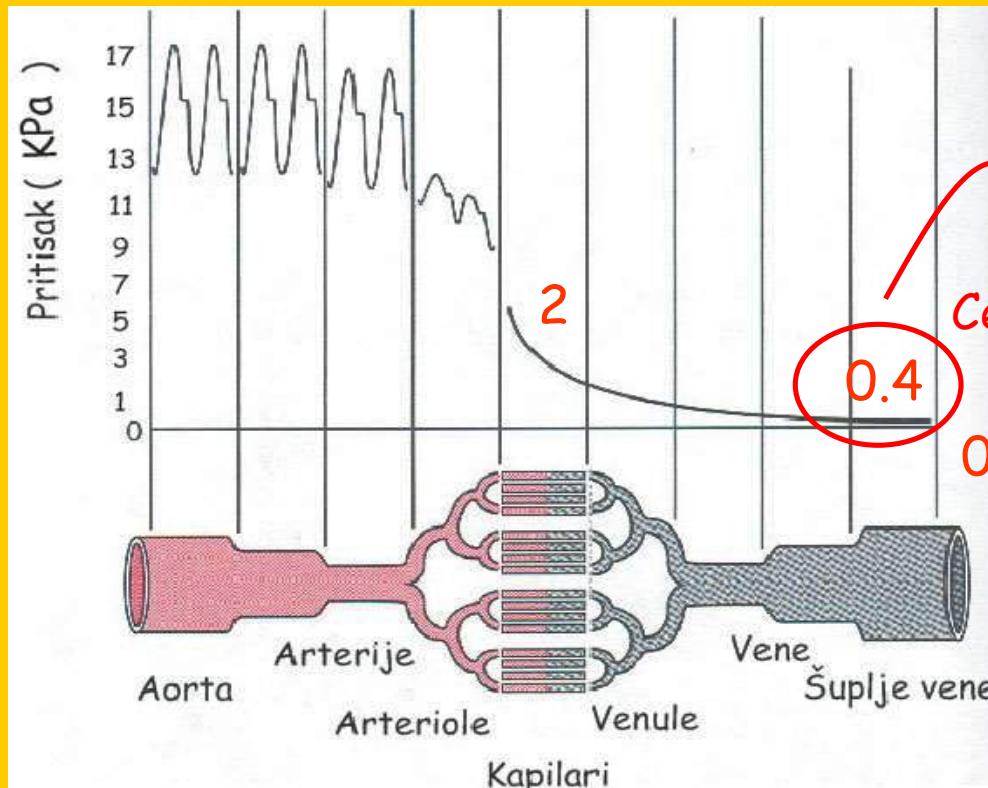
Faktori venske drenaže ?

Kapacitativni krvni sudovi

# Faktori venske drenaže

## 1. Venski pritisak

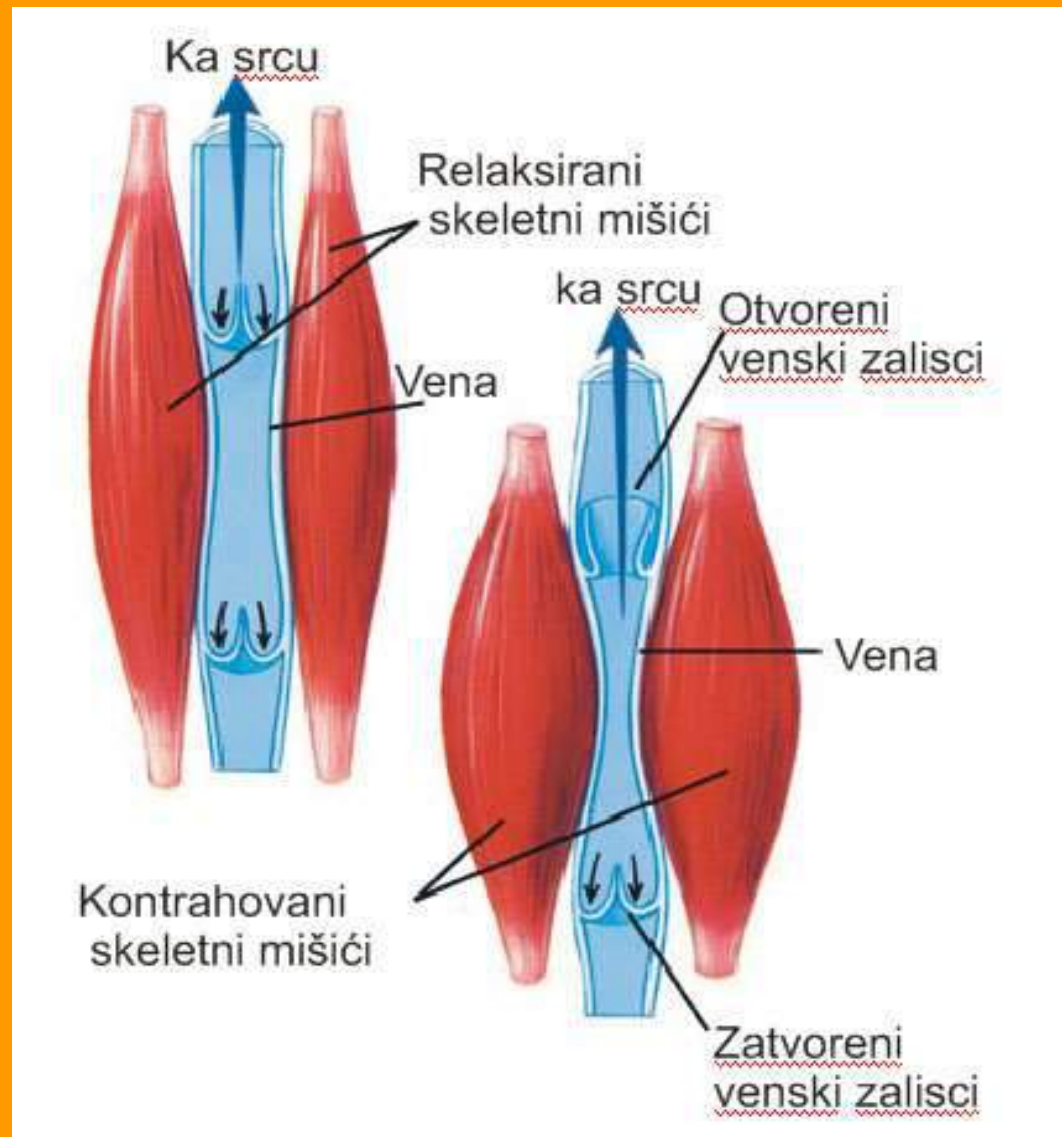
Gradijent pritiska:  
 $2 \text{ kPa} - 0.4 \text{ kPa} = 1.6 \text{ kPa}$



Centralni venski pritisak

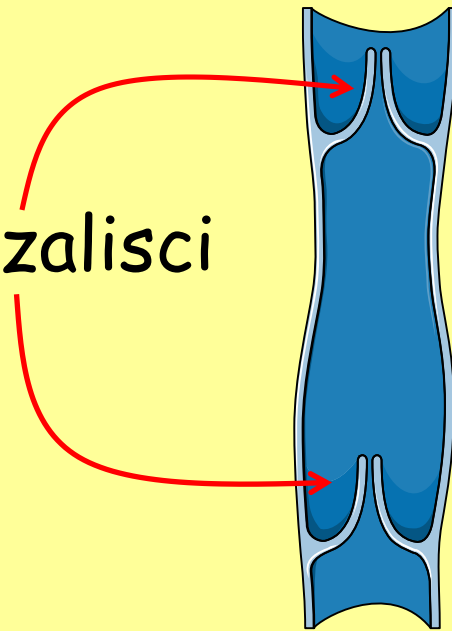
# Faktori venske drenaže

## 2. Mišićna pumpa

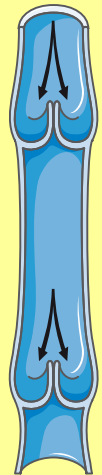


# Faktori venske drenaže

## 3. Venski zalisci



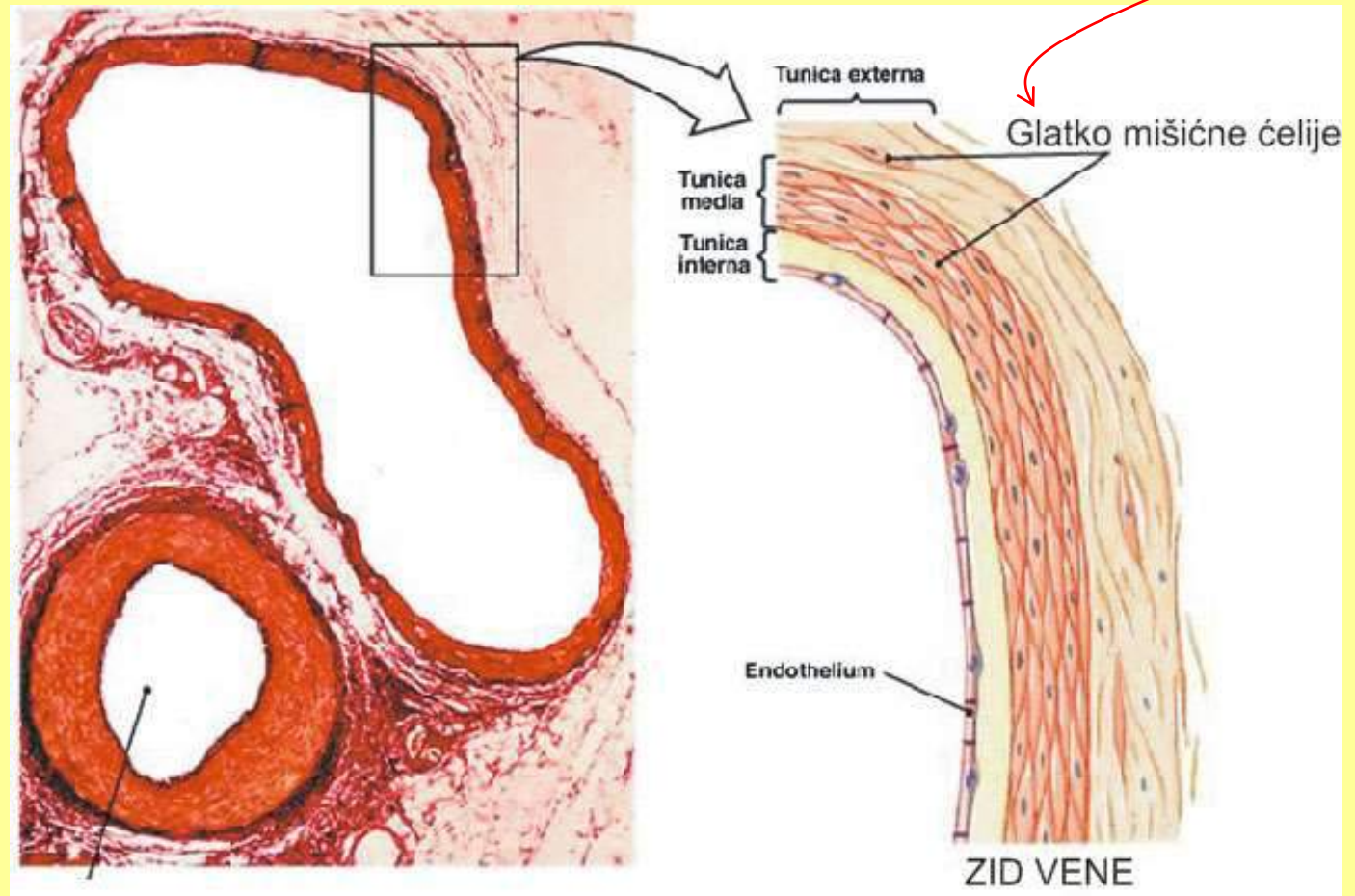
Zatvoreni



Otvoreni

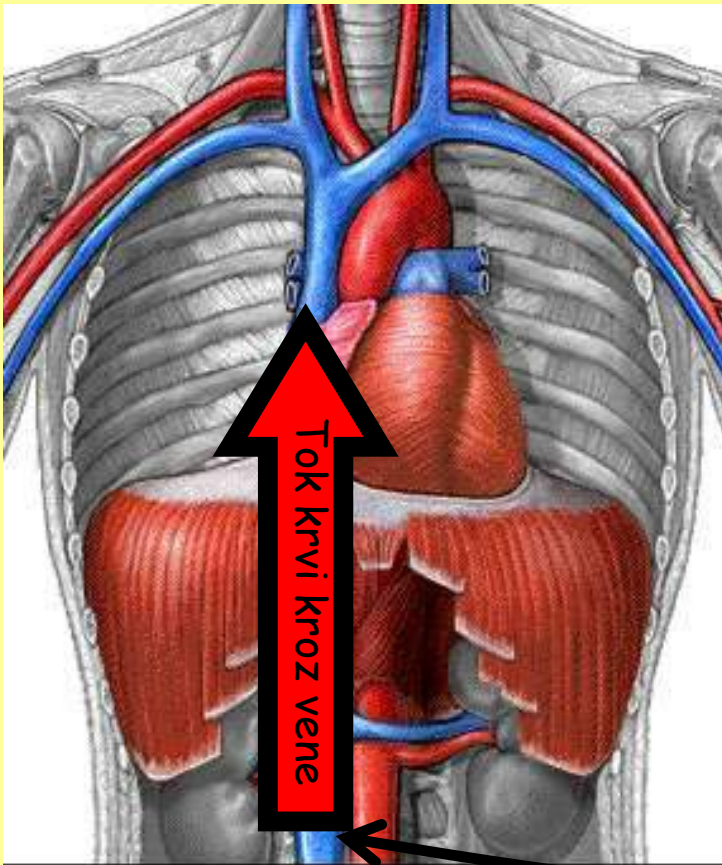
# Faktori venske drenaže

## 4. Glatki mišići u zidu vena



# Faktori venske drenaže

## 5. Toraklna pumpa



UDISAJ

Pad pritiska u torakalnoj duplji

+

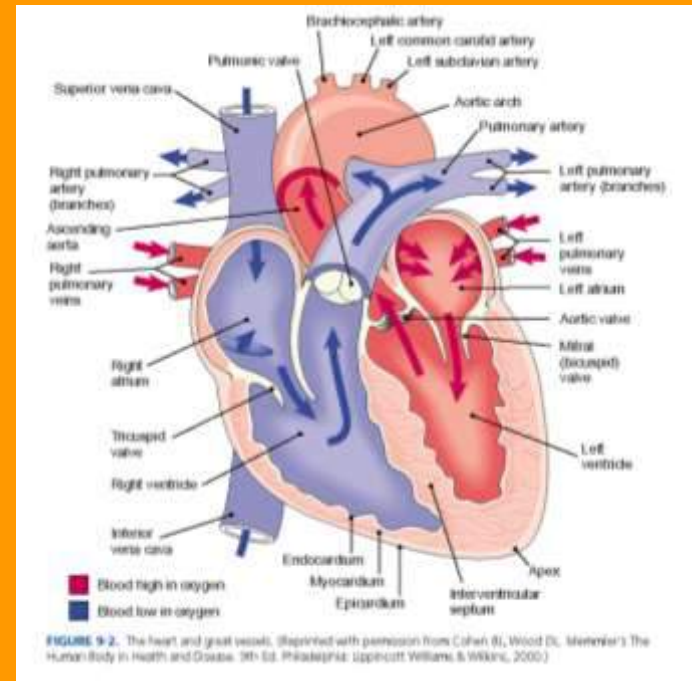
Porast pritiska u abdominalnoj duplji



# Faktori venske drenaže

## 6. Izotonusna sistola komora

“Usisavanje krvi u srce”



# Faktori venske drenaže

## 7. Koža

Debala koža domačih životinja

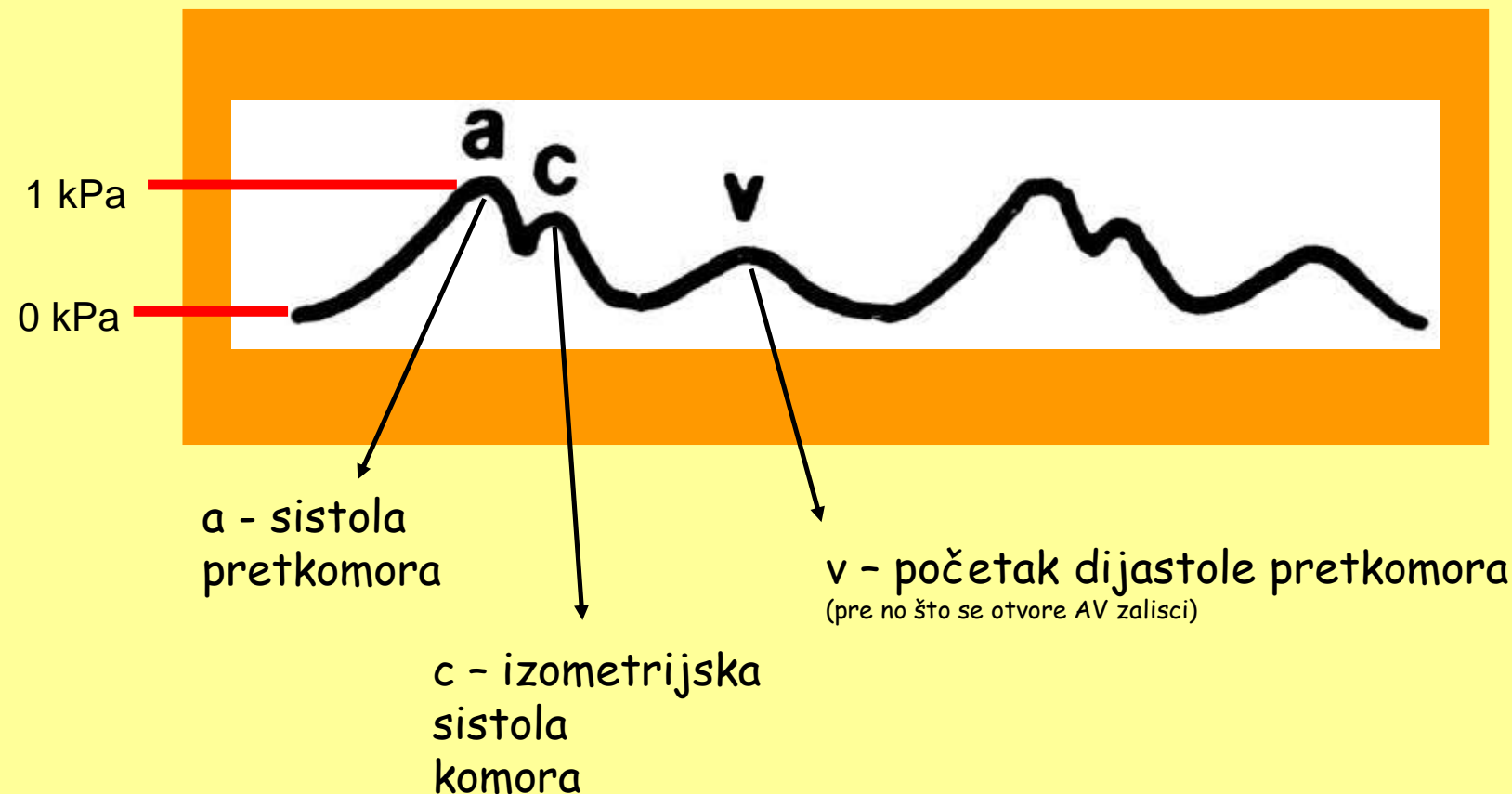


# VENSKI PULS

ritmičke oscilacije torakalnih vena u skladu sa promenom pritiska desne pretkomore - ne prostire se mnogo

Registruje se direktnim putem - flebografom

**FLEBOGRAM** – kriva venskog pulsa

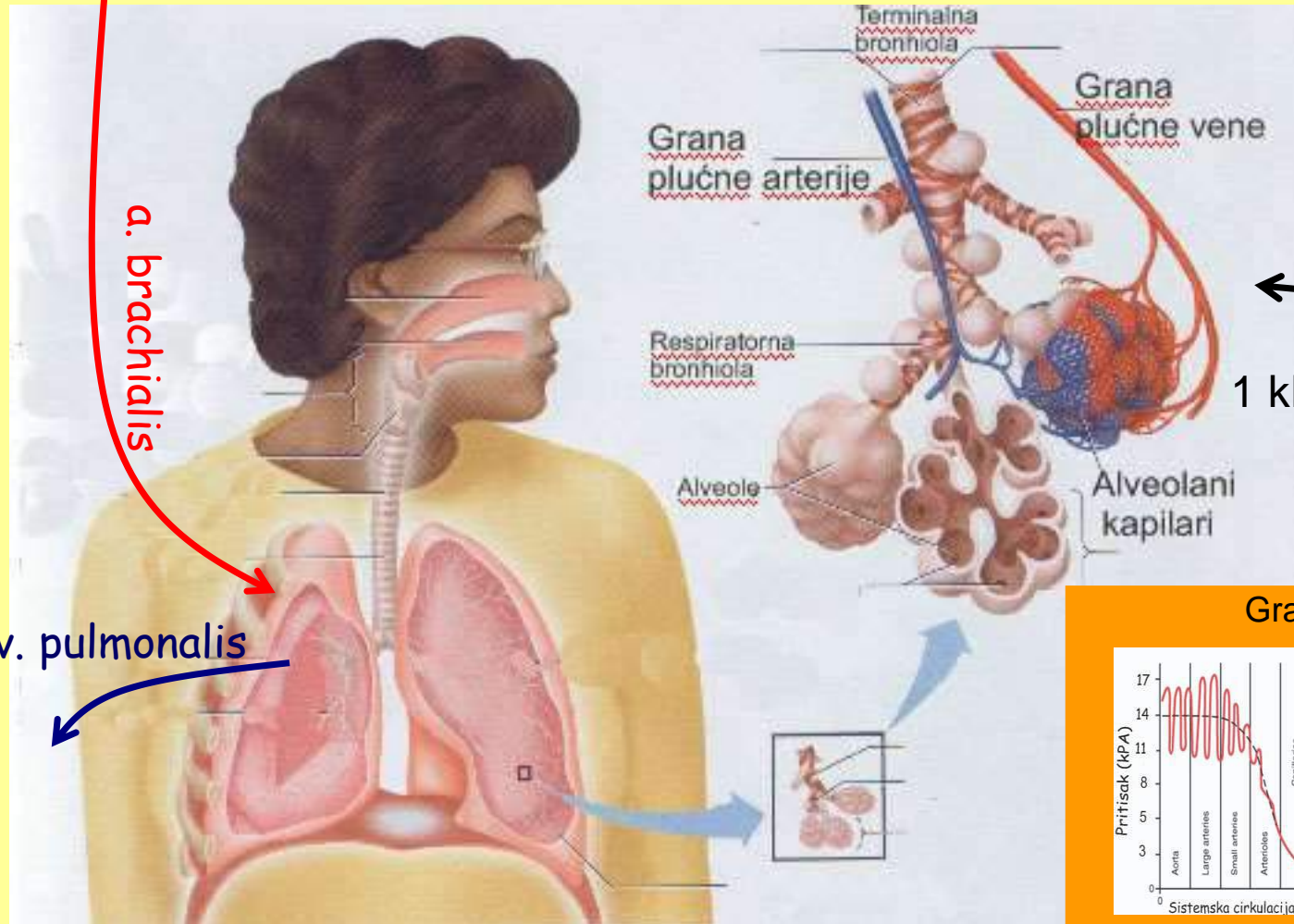


asinchron je sa arterijskim pulsom – **NEGATIVAN VENSKI PULS**

# KARAKTERISTIKE PLUĆNOG - MALOG KRVOTOKA

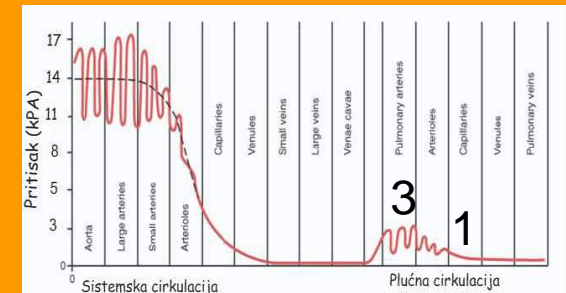
Nutritivni krvotok pluća

Funkcionalni krvotok pluća



1 kPa TA nizak TA

Gradijent pritiska:



# KARAKTERISTIKE KRVOTOKA BUBREGA

Nutritivni krvotok bubrega

Funkcionalni krvotok bubrega

autoregulacija TA

Porast TA u sist. cirku

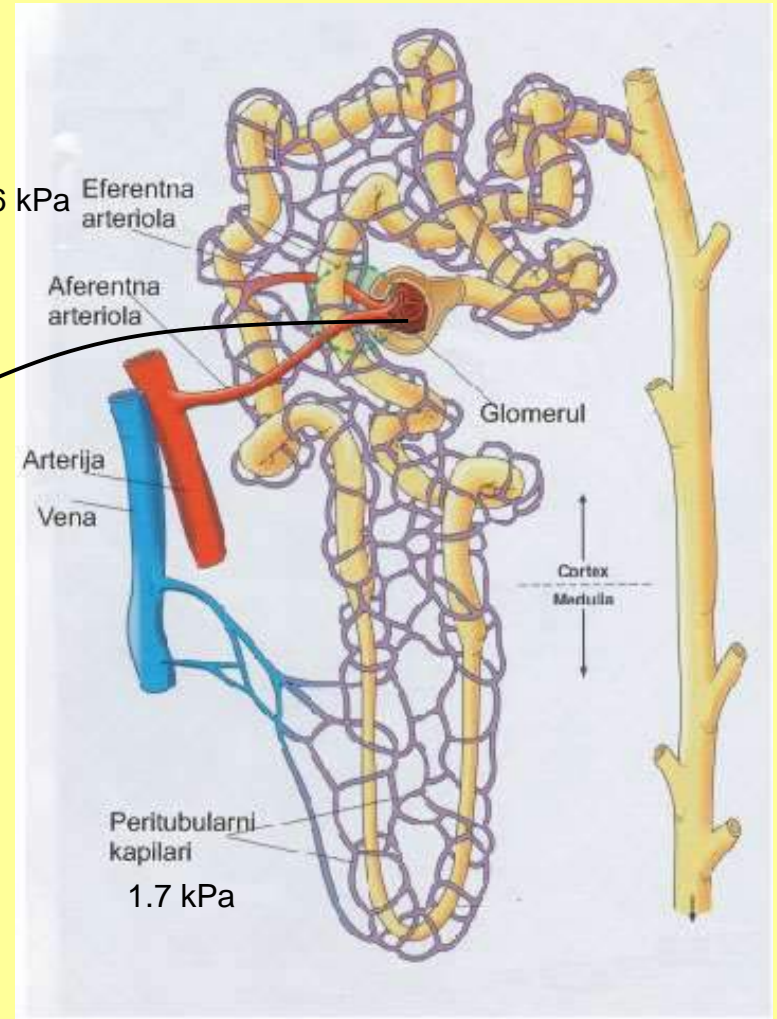
pad TA u sist. cirku

V.K vas afferens

V.D vas afferens

V.D vas efferens

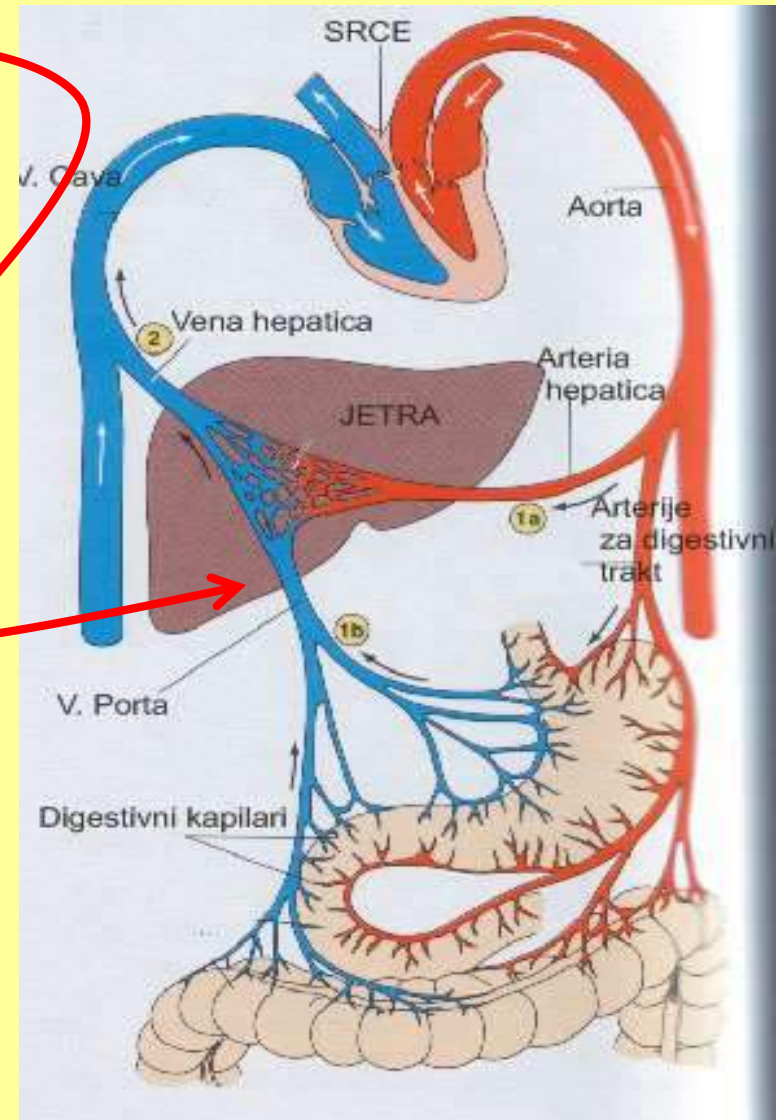
V.K vas efferens



# KARAKTERISTIKE PORTALNOG KRVOTOKA

Krvni sud počinje i završava kapilarnom mrežom

1. jetra
2. hipotalamus-hipofiza
3. bubrezi



SLEZINA

# SLEZINA

-depo krvi  
(pri radu se kontrahuje)

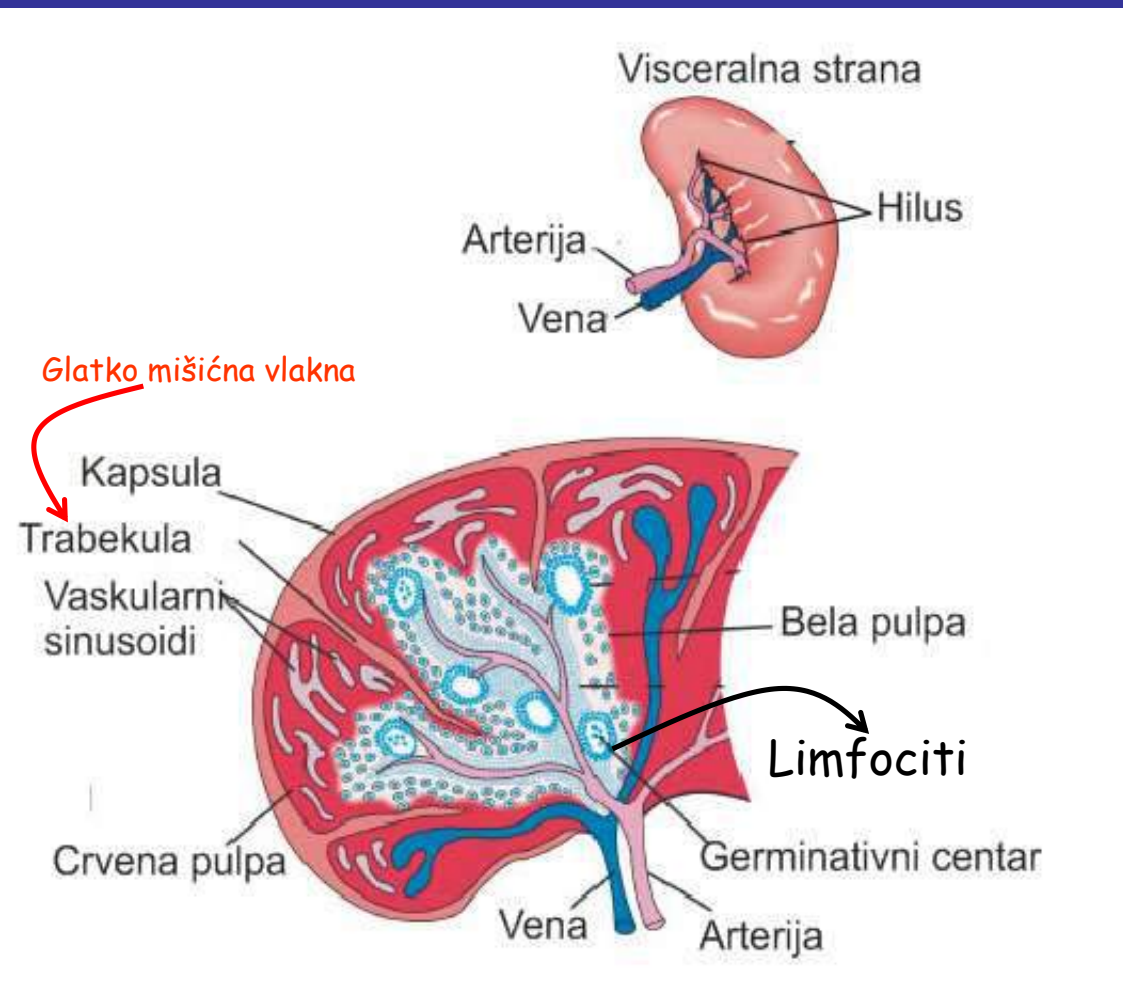
-mesto  
intravitalne hemolize

-mesto  
eritropoeze (kod fetusa)

-depo gvožđa

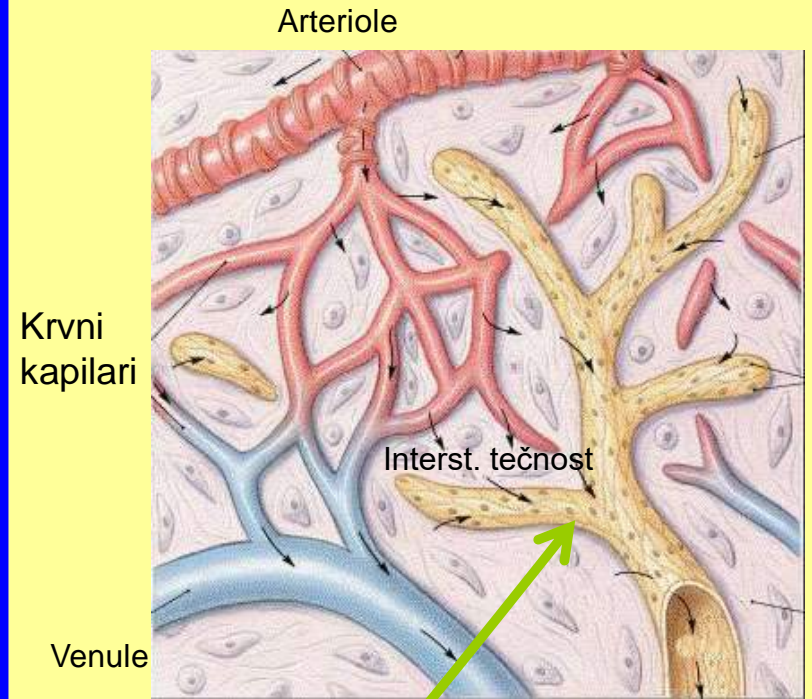
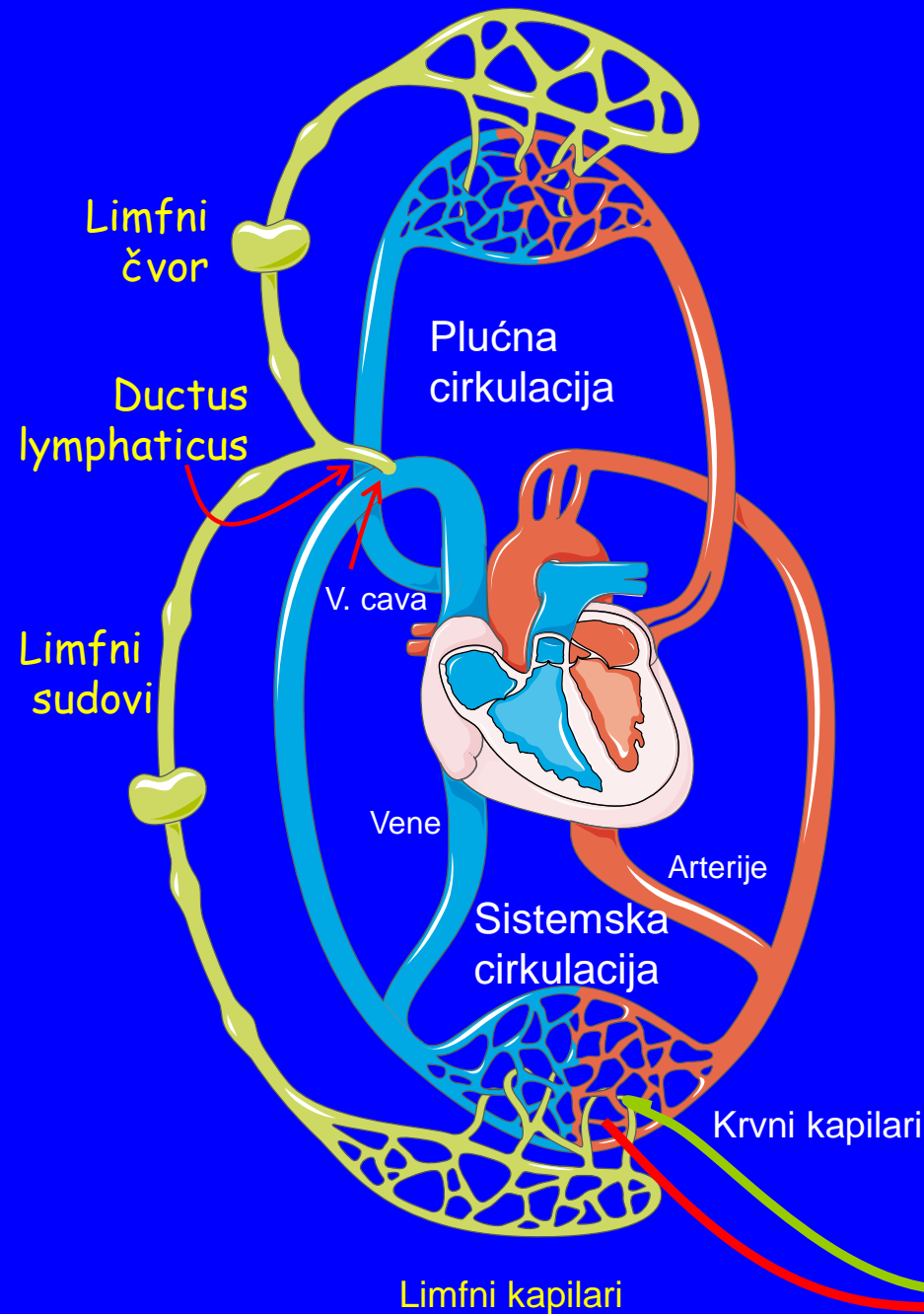
- PREČIŠČAVANJE KRVI –  
sekundarni organ imuniteta  
(kontakt antigena i limfocita)

Bez slezine je moguć život



LIMFA I LIMFOTOK

# LIMFOTOK

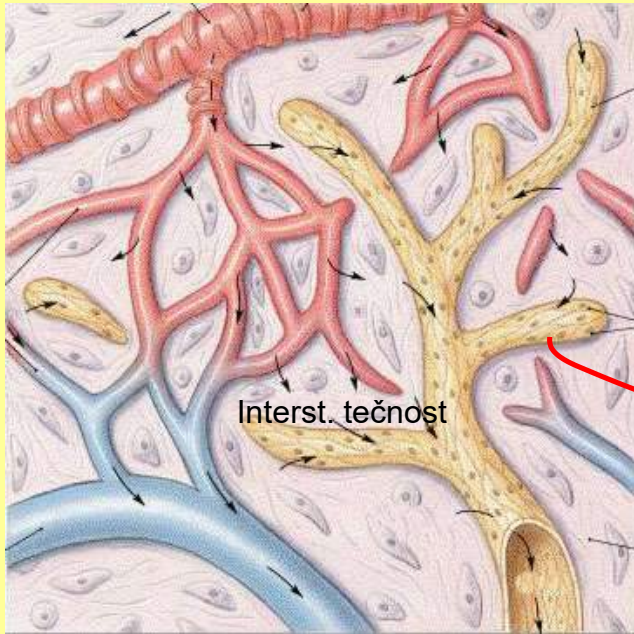


Limfni kapilari

90% se vraća u vene  
10% ide u limfotok  
Filtrira se 0.3% krvne plazme



Arteriole

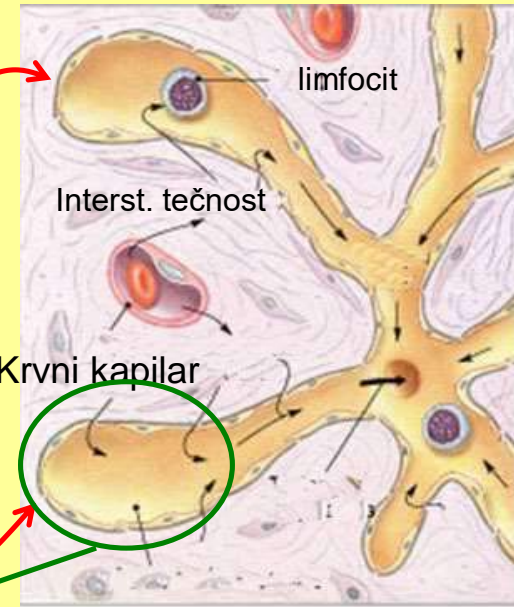


Krvni kapilari

Interst. tečnost

Venule

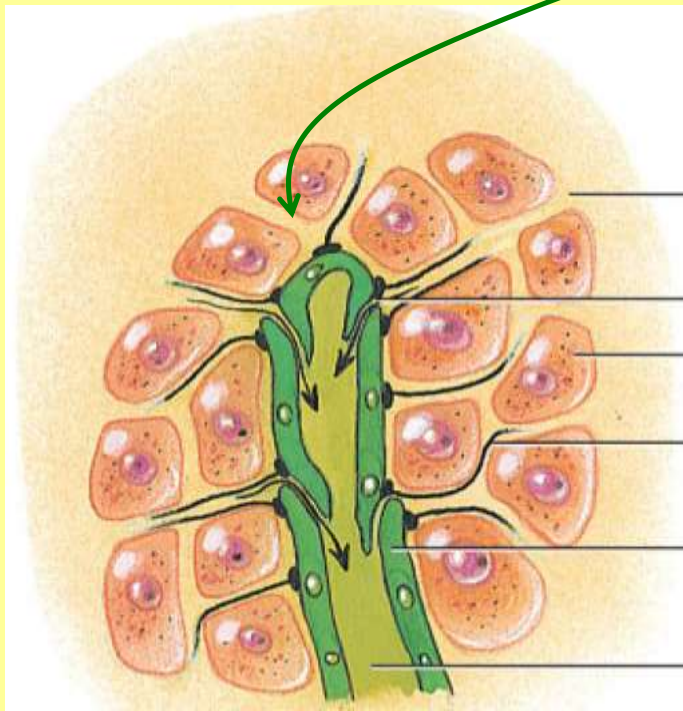
Limfni kapilari



limfocit

Interst. tečnost

Krvni kapilar



Intersticijalna tečnost

Zalisci (otvori)

Ćelije tkiva

Sidrene niti

Endotelne ćelije

Limfa

# Limfa

pH 7.4 – 7.6

## Sastav limfe

– u odnosu na krv nema eritrocite, trombocite i deo proteina  
voda 95%

neorganske soli (Na, K, Ca..) 1%

belančevina 3% (30 – 40 g/l)

glukoza

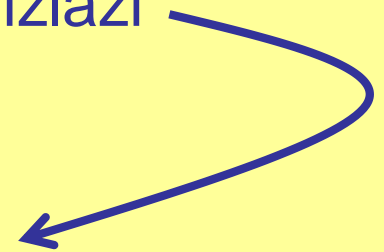
lipidi

amino kiseline

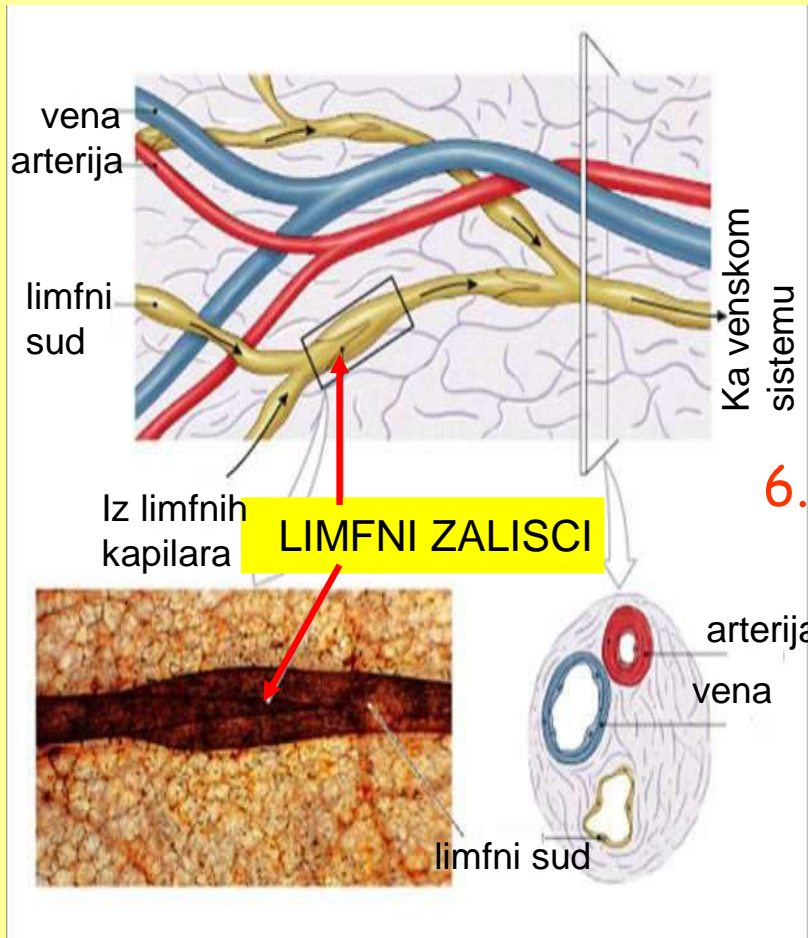
LIMFOCITA

– sastav varira u odnosu na organ iz koga izlazi

JEDNA KRV A VIŠE LIMFI U ORGANIZMU



# FAKTORI LIMFNE DRENAŽE



1. LIMFNI ZALISCI - valvule

2. Glatki mišići u zidu vena

3. Kontrakcija poprečno prugastih mišića

4. Torakalna pumpa

5. Izotonusna sistola komora

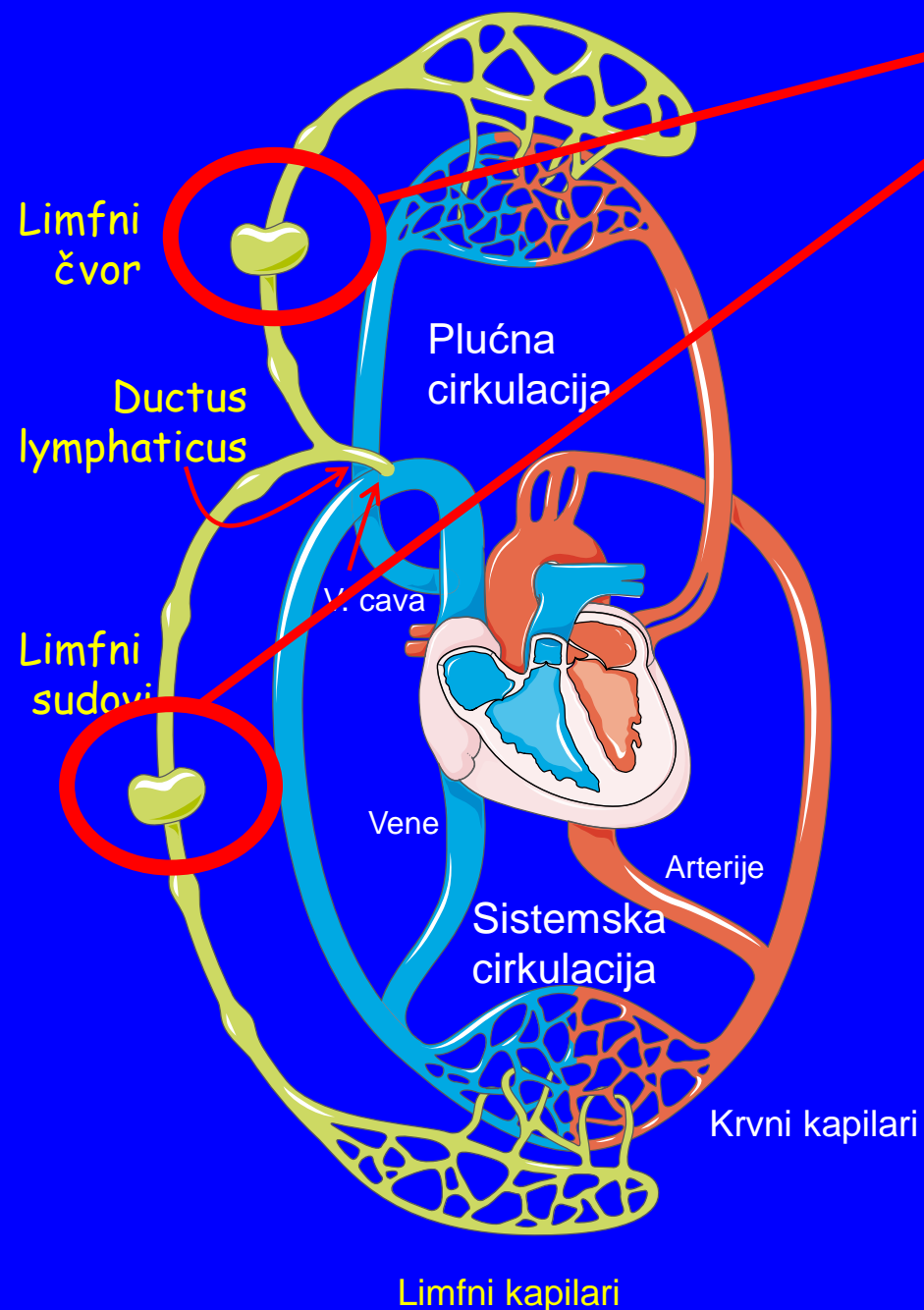
6. Pulzacija okolnih arterijskih krvnih sudova

# LIMFNI ČVOROVI

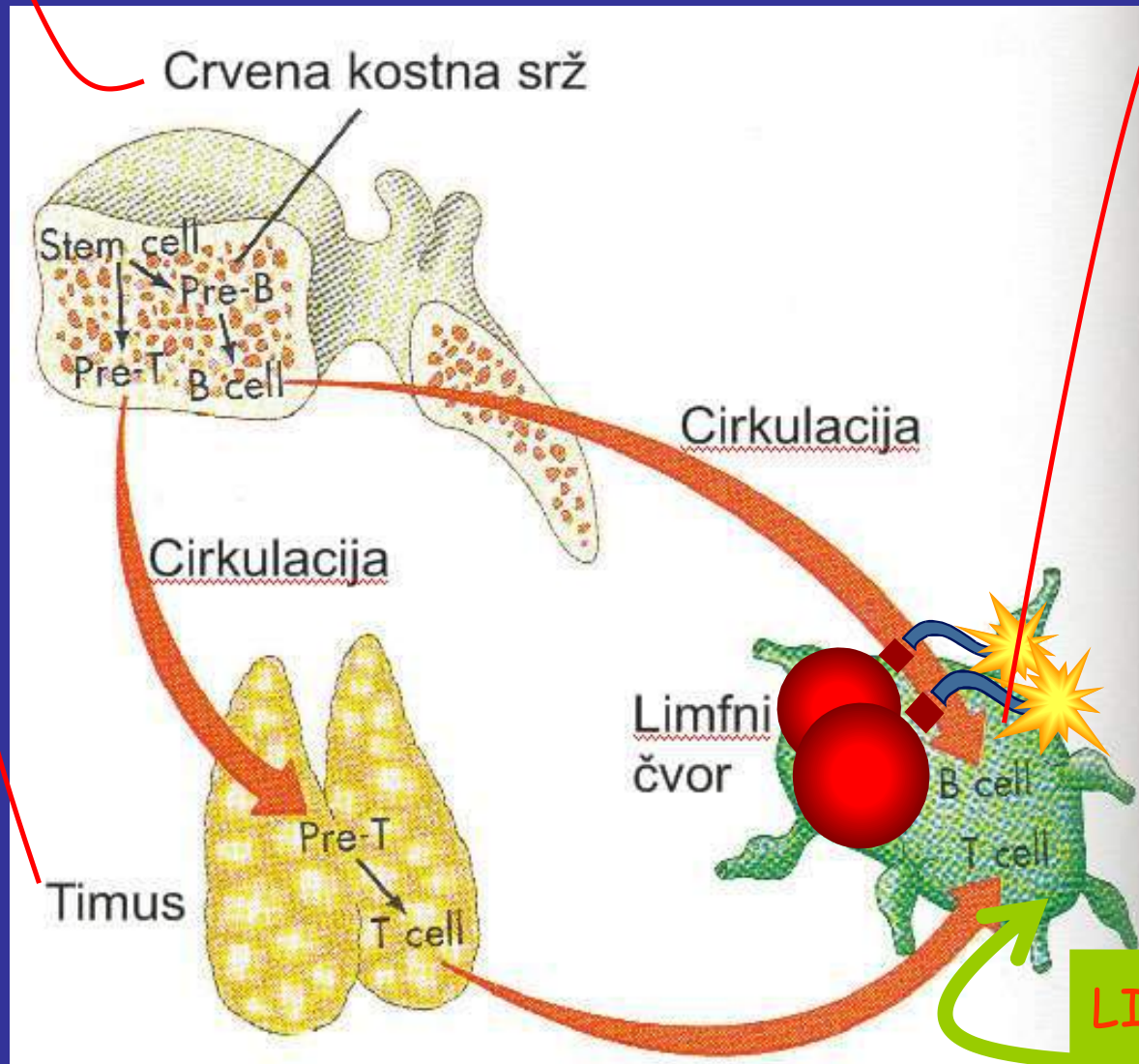
NALAZE SE NA PUTU LIMFE KA VENI

USPORAVAJU PROTOK LIMFE

PREČIŠČAVANJE LIMFE –  
sekundarni organ imuniteta  
(kontakt antigena i limfocita)



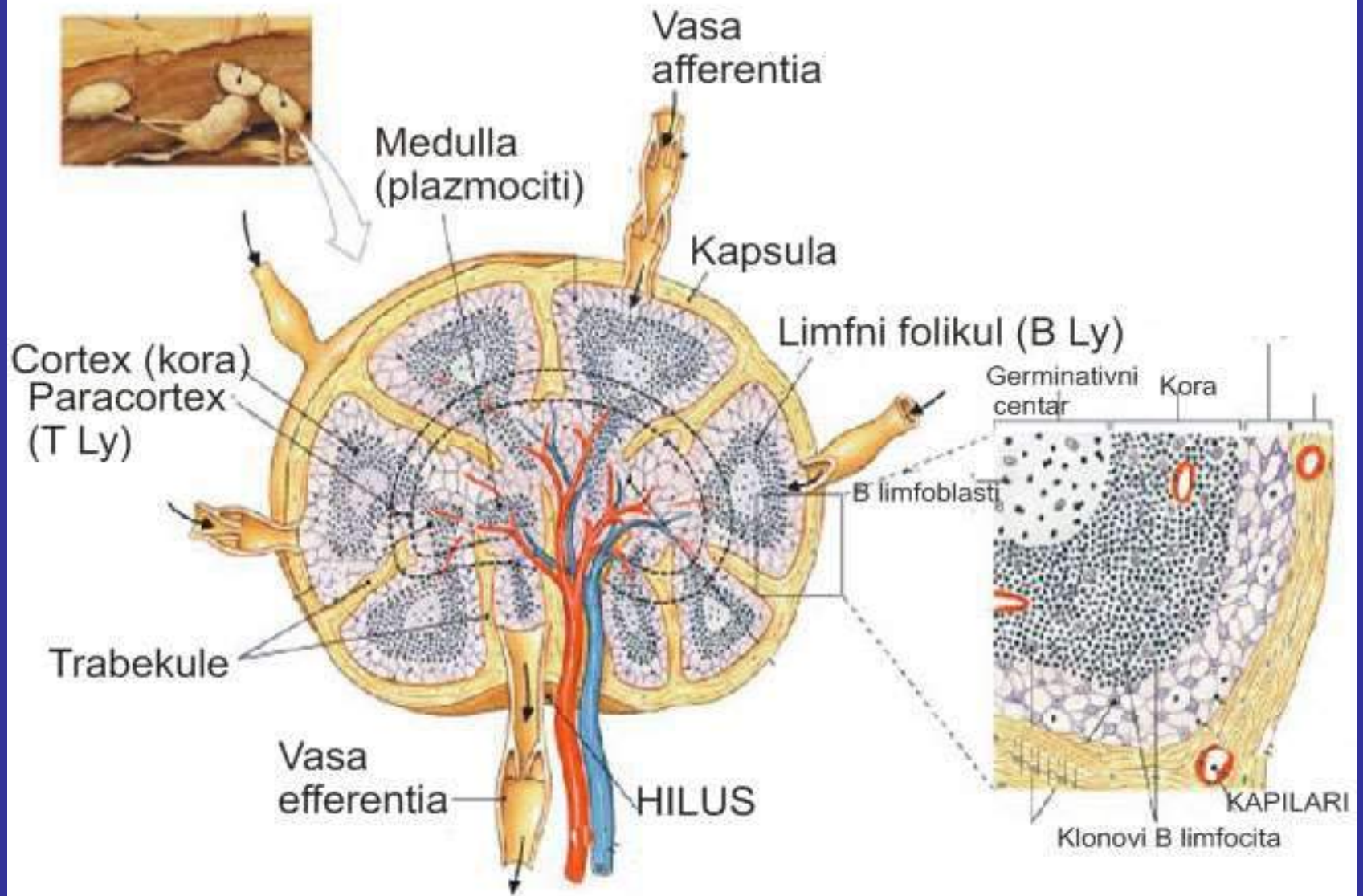
**PRIMARNI ORGANI IMUNITETA**  
(imunokompetentni Ly)



**SEKUNDARNI ORGANI IMUNITETA**  
(imunokomp. Ly + Ag)

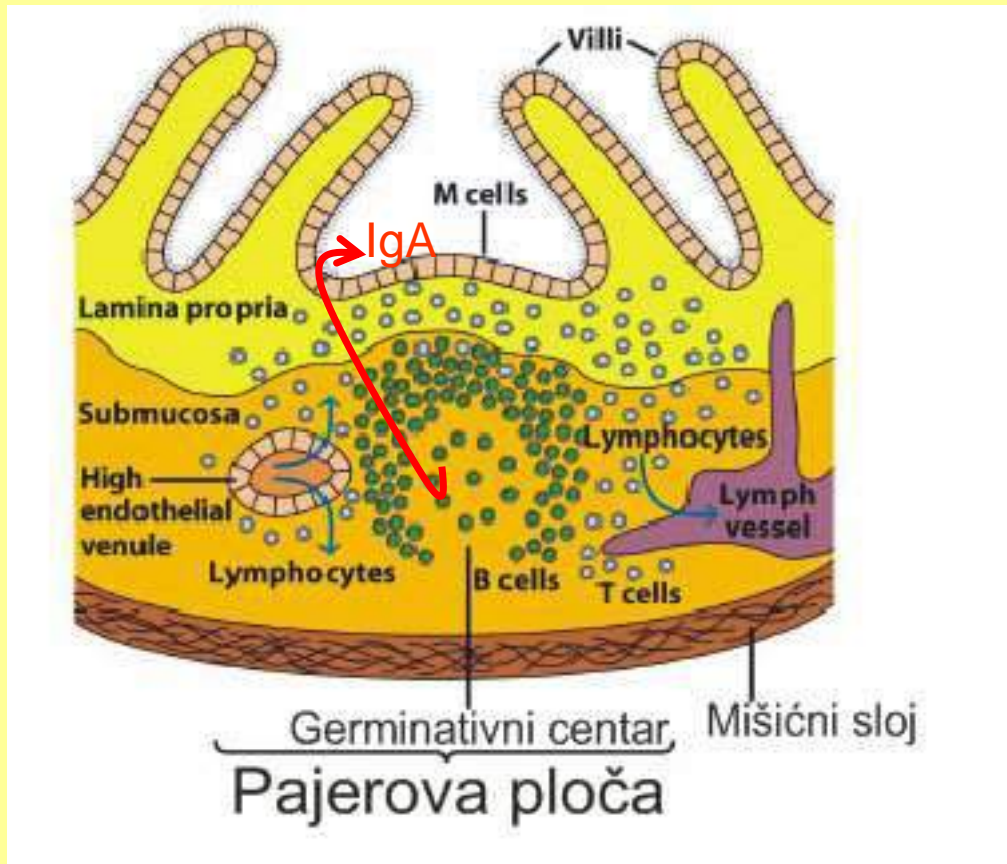
1. Limfni čvor
2. Slezina
3. Tonzile
4. MALT

# LIMFNI ČVOROVI



# MALT mucosal associated lymphoid tissue

GALT - gut associated lymphoid tissue  
(Pajerove ploče)



# ULOGA LIMFOTOKA

1. Prenos Ag iz tkiva do regionalnog limfnog čvora
2. Drenaža tkiva
3. Vraćanje filtrovanih proteina ponovo u krv





Pitanja :

Chicago, 2005