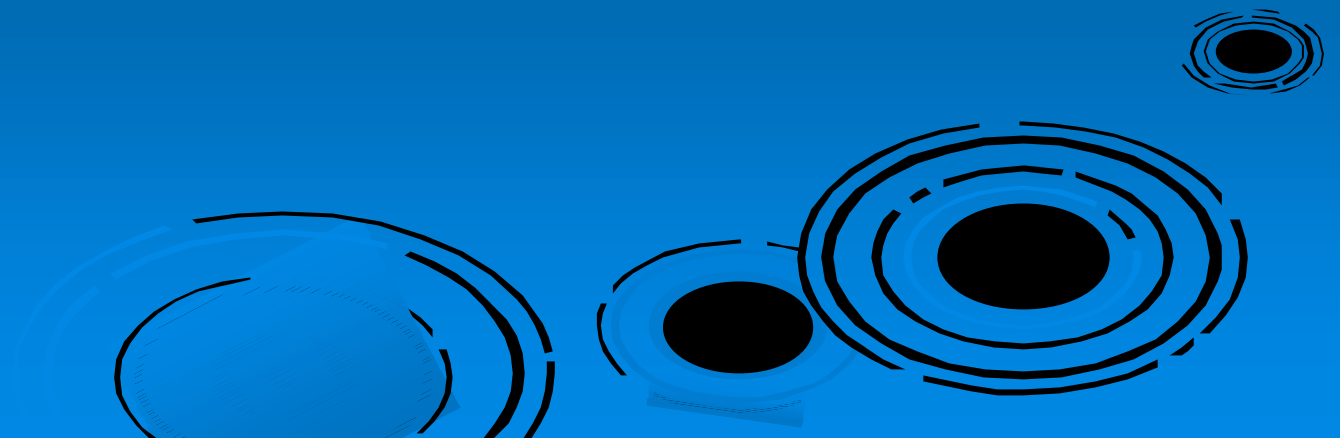


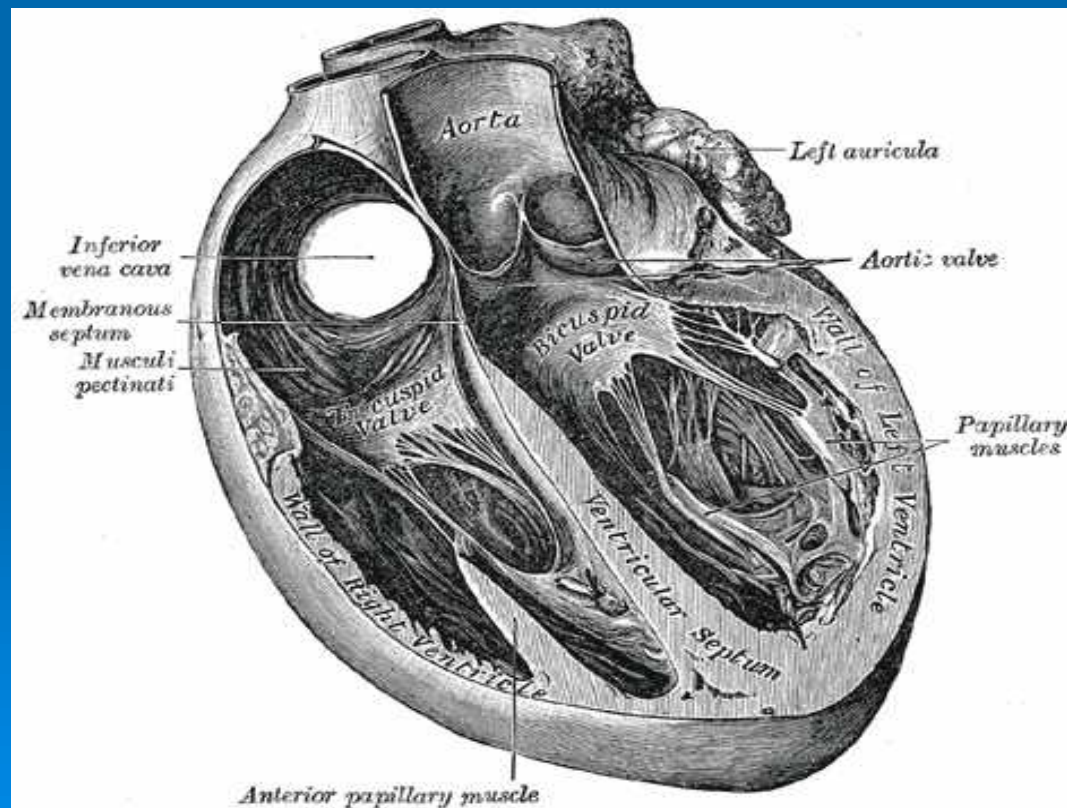
MINUTNI VOLUMEN SRCA I REGULACIJA

HORMONI SRCA



Minutni volumen srca - definicija

- MINUTNI VOLUMEN SRCA JE KOLIČINA KRVI KOJU LEVA KOMORA IZBACI U AORTU ZA JEDAN MINUT I ONA JE ZA OKO 2% VEĆA OD MINUTNOG VOLUMENA DESNE KOMORE



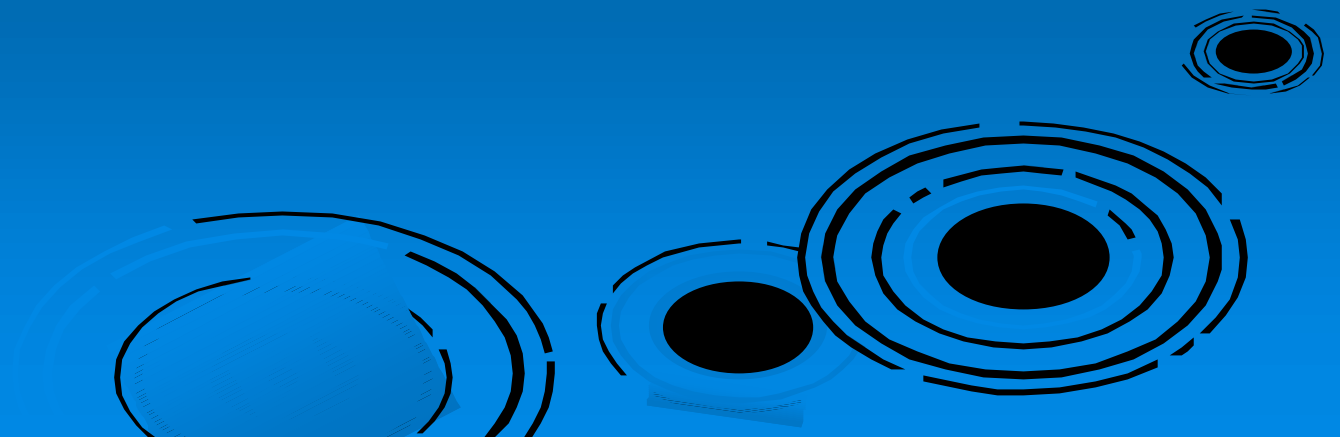
Source: Wikipedia commons. faithful reproduction of a lithograph plate from Gray's Anatomy, originally published in 1918. its copyright has expired

Minutni volumen je proizvod srčane frekvence i udarnog volumena

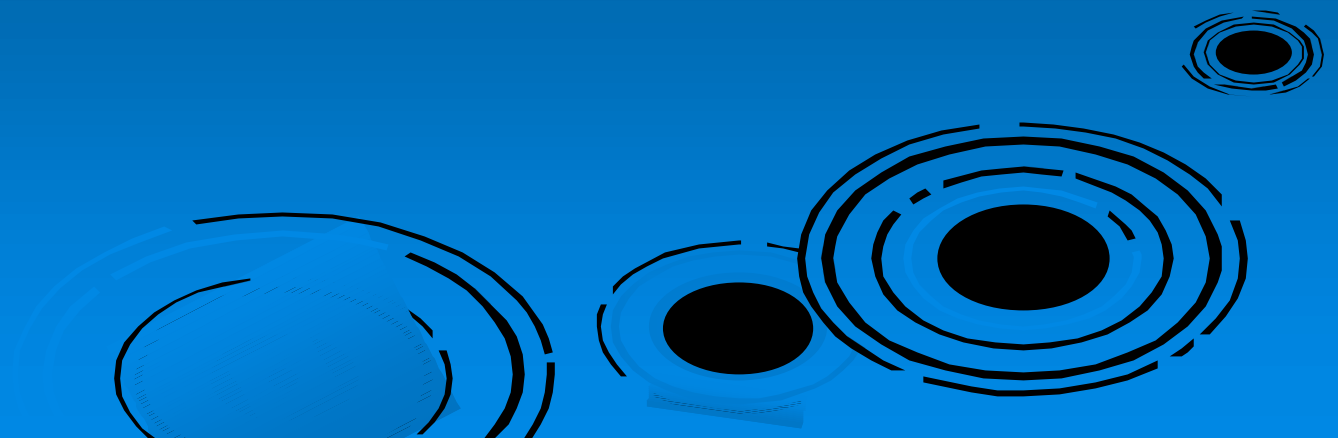
$$MV = UV \times HR$$

UV - udarni volumen srca

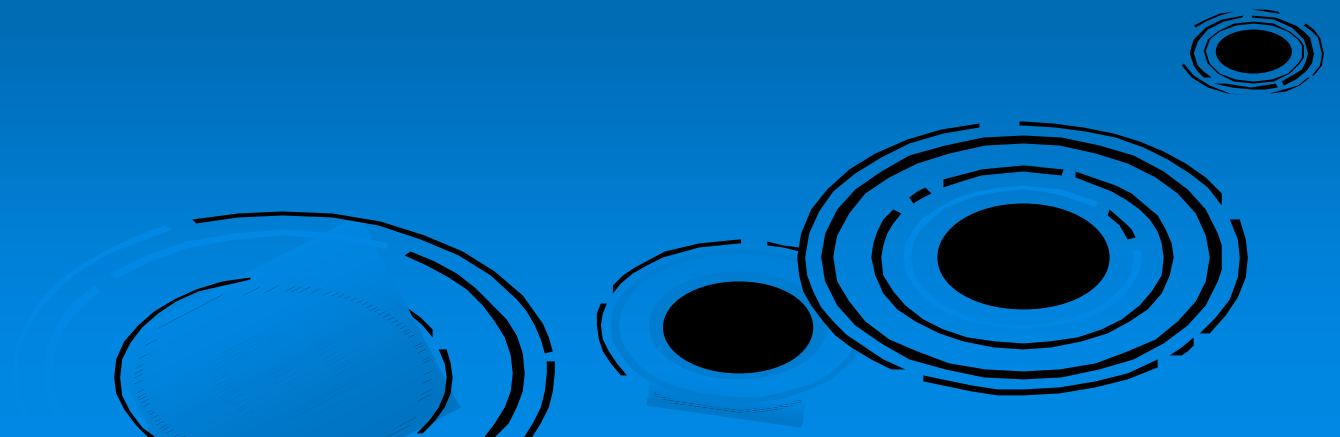
HR - frekvencija srca



- Normalan MV iznosi oko 5 L (naj eš e oko 5,6L)
- Kod muškaraca je za oko 10% ve i nego kod žena
- U fizi kom optere enju, MV može porasti i 5-6 puta na 30-35L, a kod treniranih osoba i znatno više

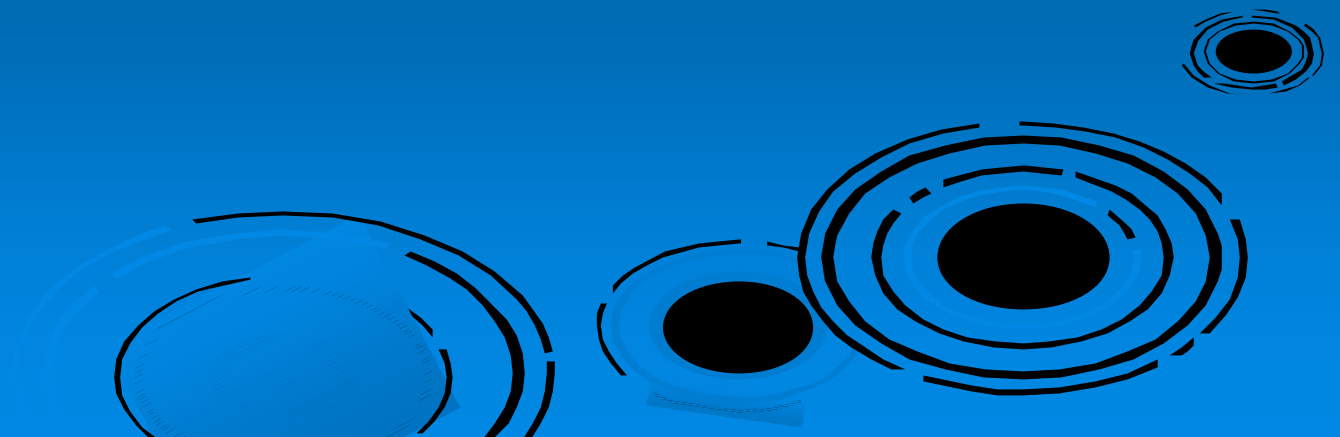


- Minutni volumen srca zavisi od telesne mase i visine, pa se često izražava po jedinici površine tela
- Srčani indeks je količina krvi koju srce ispumpa za 1 min/m^2 površine tela i približno iznosi 3 L



Regulacija minutnog volumena srca

- Minutni volumen se reguliše u cilju dopremanja adekvatne količine krvi tkivima prema njihovim potrebama



- Minutni volumen određuju dva faktora:
 - a) venski priliv, odnosno srednji cirkulacijski pritisak
 - b) sposobnost srčanog mišića da odgovori na promenu venskog priliva
- Heterometrijska i homeometrijska regulacija



Frank-Starlingov zakon srca

(heterometrijska regulacija)

- Srce je u stanju da ispumpa svu krv koja dotekne u njegove šupljine
- U fiziološkim uslovima, sposobnost srca da ispumpa krv je veća od količine krvi koja u njega pritiče
- U stanju mirovanja, srce može ispumpati do 15L krvi bez promene frekvence (permisivna uloga srca)
- U fizičkom naporu “permisivna vrednost” iznosi 30L a ostvaruje se uz učestale simpatičke stimulacije koja povećava radnu sposobnost srca i, uticajem na periferne krvne sudove, povećava venski priliv



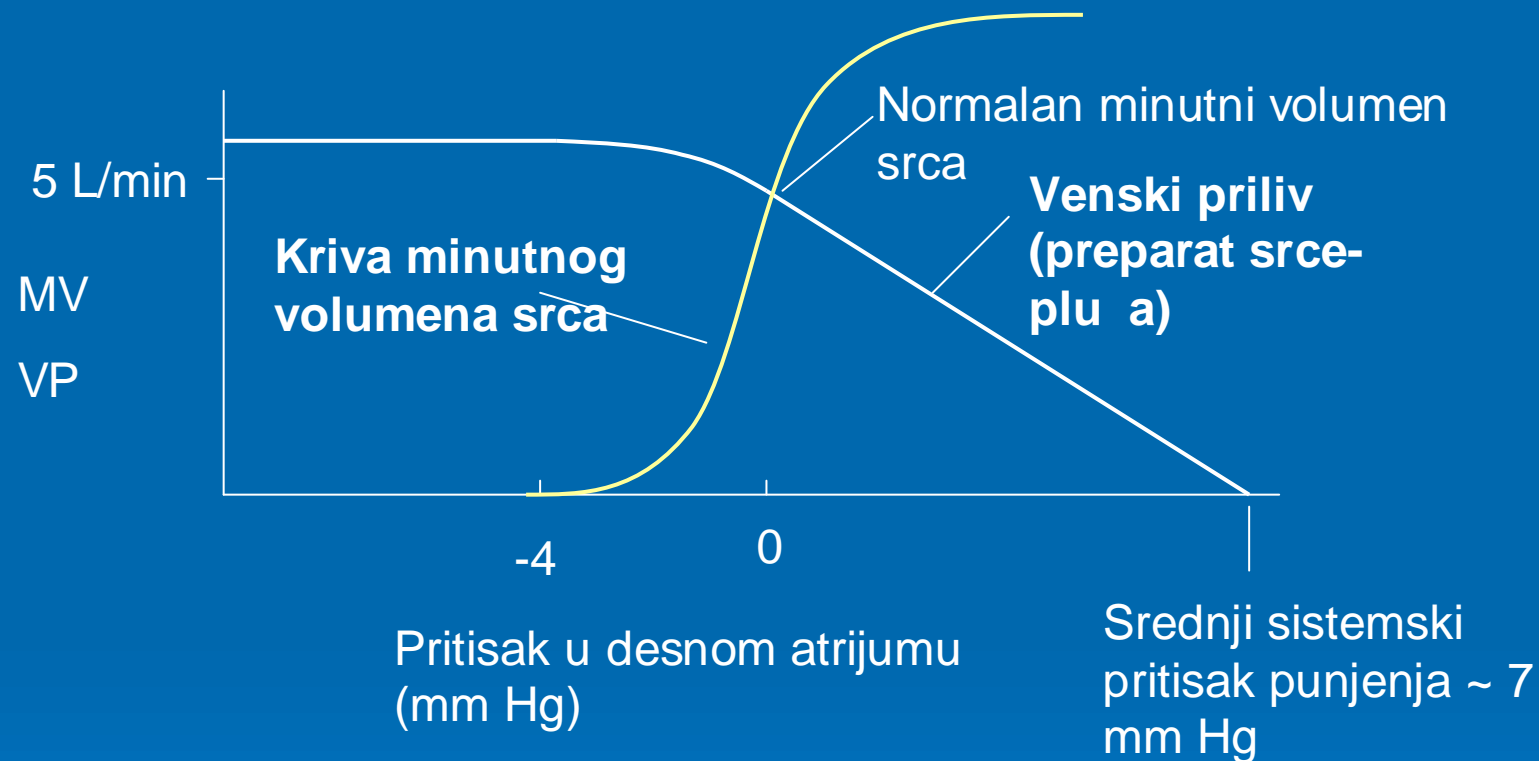
Venski priliv i minutni volumen

- Venski priliv zavisi od periferne cirkulacije, jer je je jednak zbiru svih protoka krvi kroz tkiva
- Periferna cirkulacija u tkivima reguliše se u skladu sa potrebama tkiva za krvlju, odnosno kiseonikom

To znači da sama tkiva kontrolišu priliv krvi u srce u zavisnosti od svojih potreba



Normalna kriva venskog priliva



- Minutni volumen srca se povećava kada se povećava atrijalni pritisak (u fiziološkim granicama)
- Normalan minutni volumen je u tački gde kriva venskog priliva preseca krivu minutnog volumena srca

MV i srednji cirkulacijski pritisak

- Srednji cirkulacijski pritisak je mera napunjenosti krvnih sudova i normalno iznosi 7mm Hg
- Zavisi od količine krvi i stepena simpatičke stimulacije
- MV srca se povećava sa povećanjem srednjeg cirkulacijskog pritiska



Miši ni rad i minutni volumen

- U toku miši nog rada, potrošnja kiseonika u organizmu može se povećati i do 20 puta, a minutni volumen 5-6 puta
- Povećanjem minutnog volumena srca postiže se
 - a) stimulacijom simpatikusa koja povećava srčanu aktivnost, i koja dejstvom na krvne sudove povećava venski priliv i dovodi do preraspodele krvi u organizmu
 - b) vazodilatacijom u mišima, na početku miši nog rada, putem simpatičkih vazodilatatornih (neadrenergičkih) vlakana, uz aktivaciju motorne kore i hipotalamusa
 - c) Delovanjem metaboličkih faktora (smanjen pO_2 , višak CO_2 , histamin, bradikinin, ATP, ADP i naročito adenozin)

Prema tome, u naporu, ulogu u regulaciji minutnog volumena srca igraju i neurogeni i humoralni faktori



Autonomni nervni sistem i regulacija minutnog volumena srca

➤ Simpatička ekscitacija:

- uzrokuje povećan minutni volumen srca

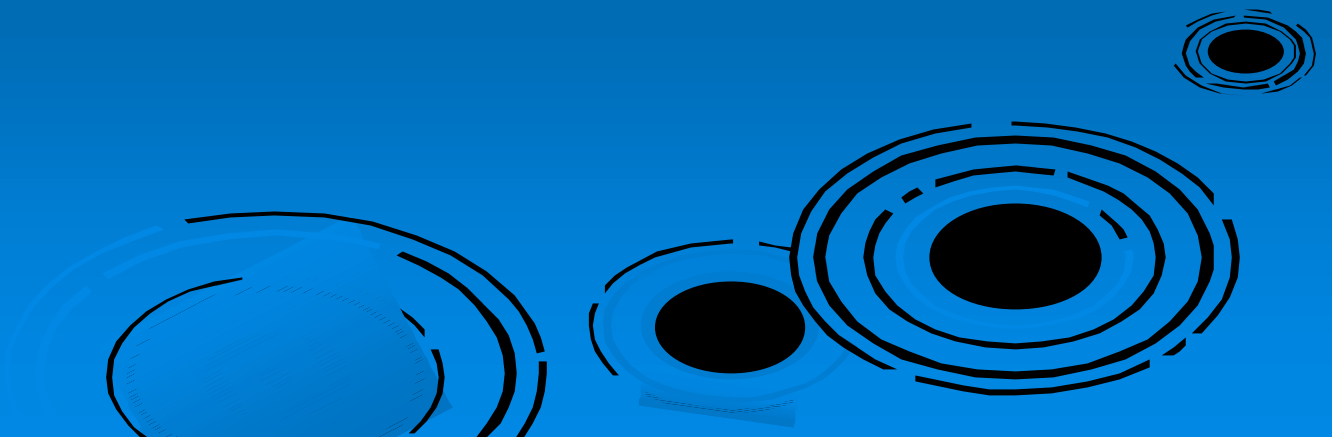
- uzrokuje vensku konstrikciju u toku fizičkog rada

- uzrokuje redistribuciju krvi u toku fizičkog rada (konstrikcija sudova splanhničke oblasti)



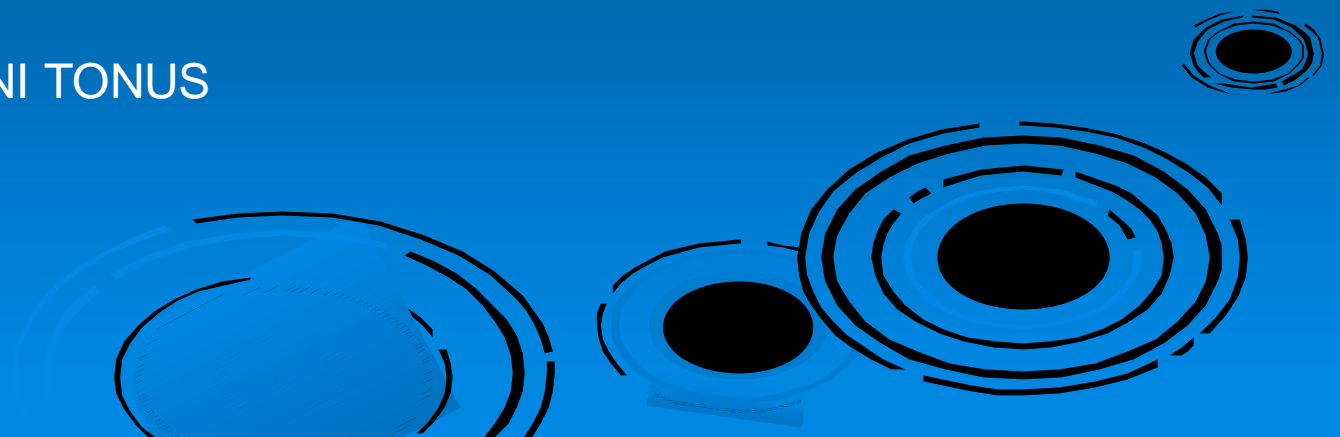
Efekti simpatičke stimulacije

- Povećana kontraktilnost srca
- Smanjenje volumena vena njihovom kontrakcijom
- Povećan pritisak punjenja
- Povećan vaskularni otpor



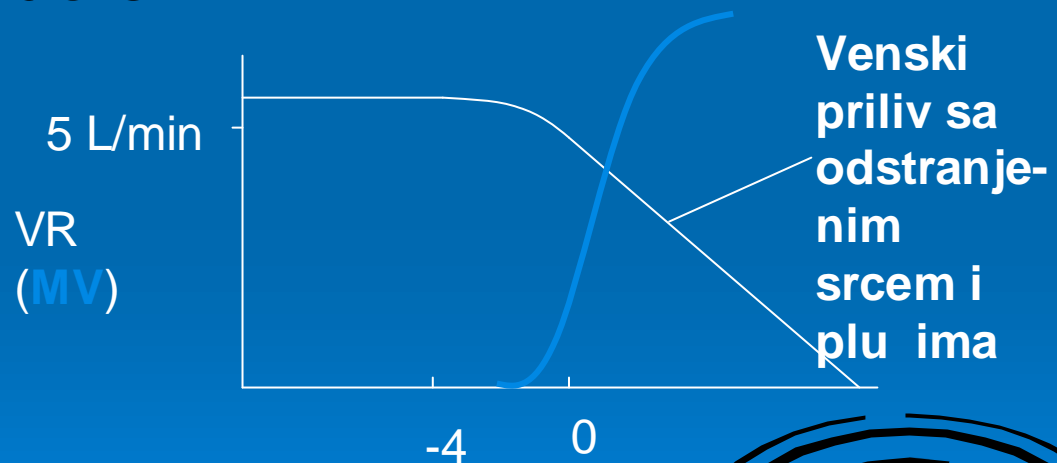
Nervni centri i regulacija MV

- VAZOMOTORNI CENTAR U
PRODUŽENOJ MOŽDINI I
DONJOJ TEJINI PONSA
- VIŠI NERVNI CENTRI
- SIMPATIČKI VAZODILATATORNI
SISTEM
- VAZOKONSTRIKTORNI TONUS



Efekti simpatičke inhibicije

- Pomeri krivu MV udesno
- Pomeri krivu venskog priliva dole i ulevo
- Smanjuje MV



Pritisak u desnom atrijumu
(mm Hg)

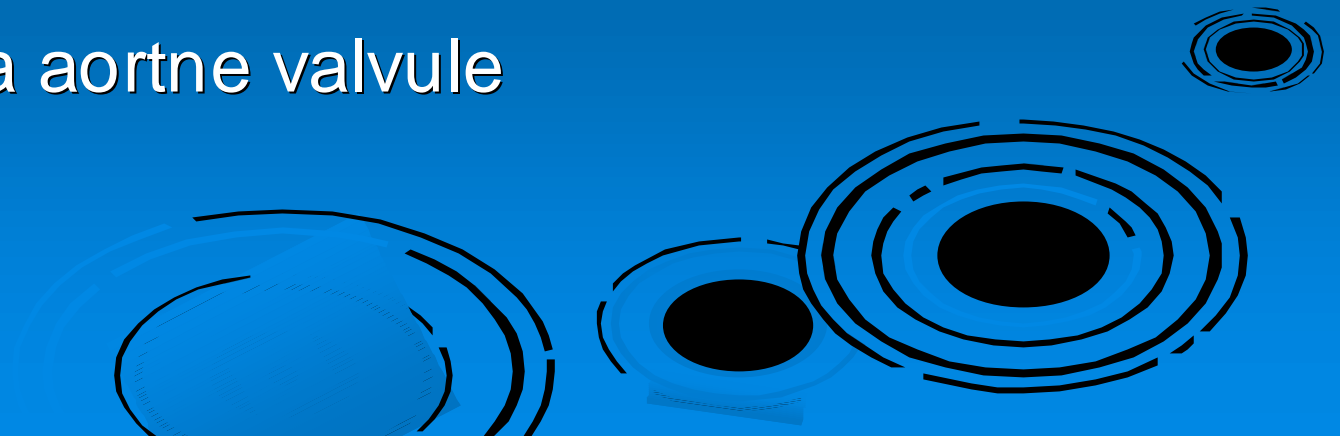
Hiperefektivno srce

➤ Nastaje kao rezultat:

1. Nervne ekscitacija

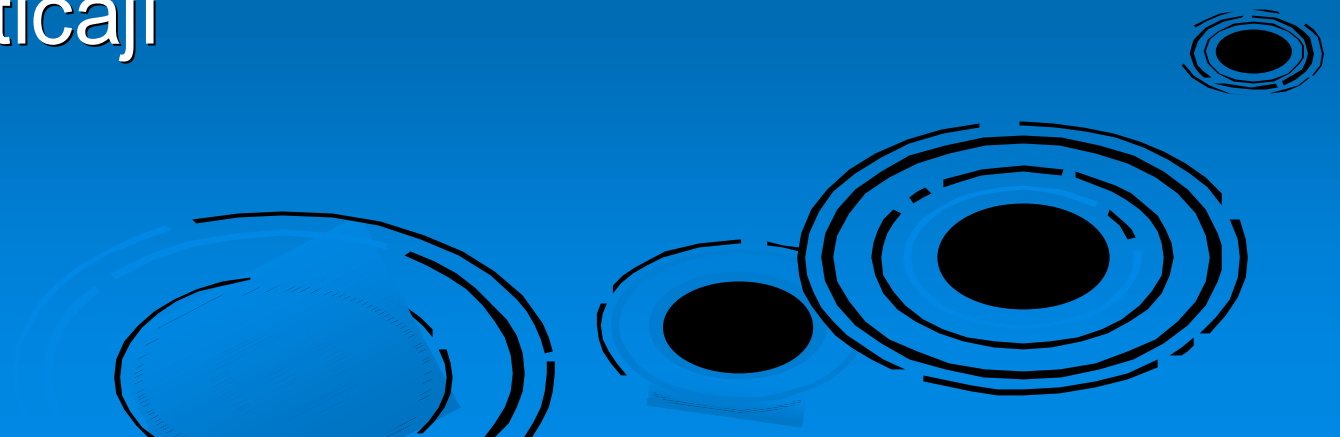
2. Srčane hipertrofije

- Fizička aktivnost – trka i maratona mogu imati minutni volumen srca 30 to 40 L/min
- Stenoza aortne valvule



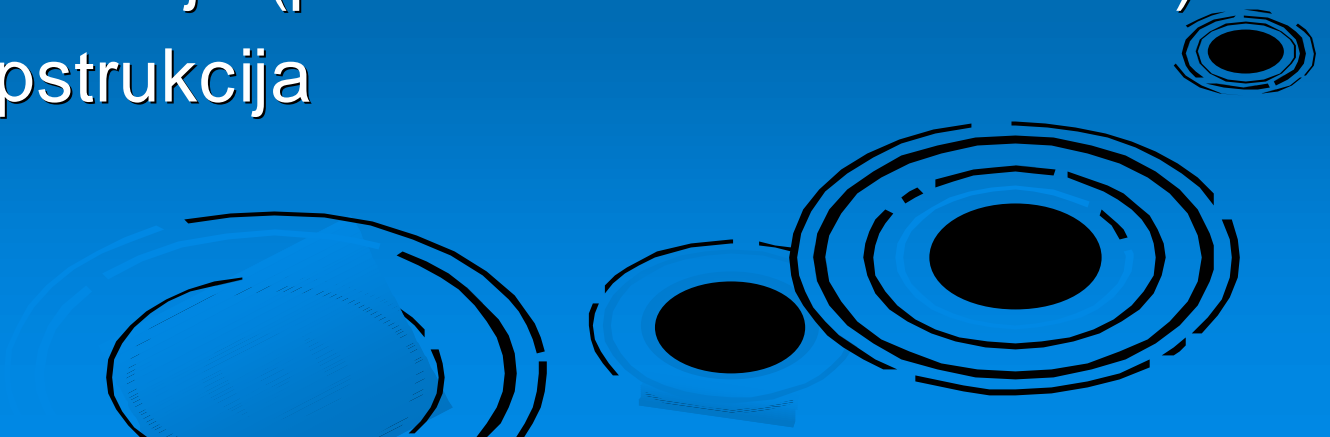
Hipoefektivno srce

- Valvularna boleš
- Povišen arterijski krvni pritisak
- Kongenitalna boleš srca
- Miokarditis
- Kardijalna anoxia
- Toksi ki uticaji



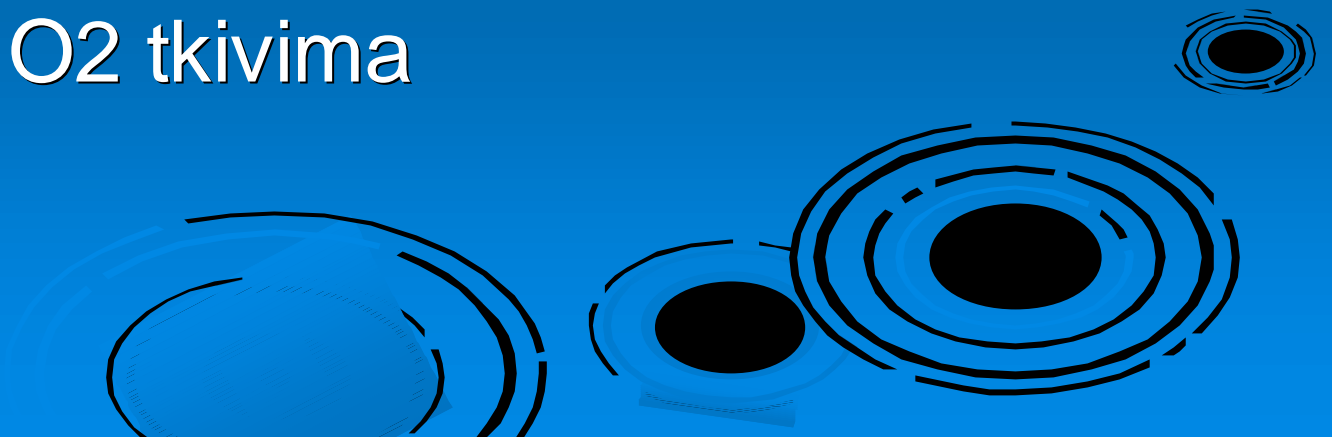
Bolesna stanja koja smanjuju minutni volumen srca

- Srčani udar, valvularna bolest, miokarditis, tamponada srca
- **Šok:** Smanjena perfuzija tkiva
- Smanjen venski priliv uzrokovan:
 - Smanjenim volumenom krvi
 - Venska dilatacija (povećan cirkulacijski volumen)
 - Venska opstrukcija



Bolesna stanja koja smanjuju ukupni periferni otpor

- Beri-beri: manjak tiamina
- AV fistula
- Hipertireoza: Smanjen periferni otpor
usled pojačanog metabolizma tkiva
- Anemija - efekti promene viskoznosti krvi i
transporta O₂ tkivima

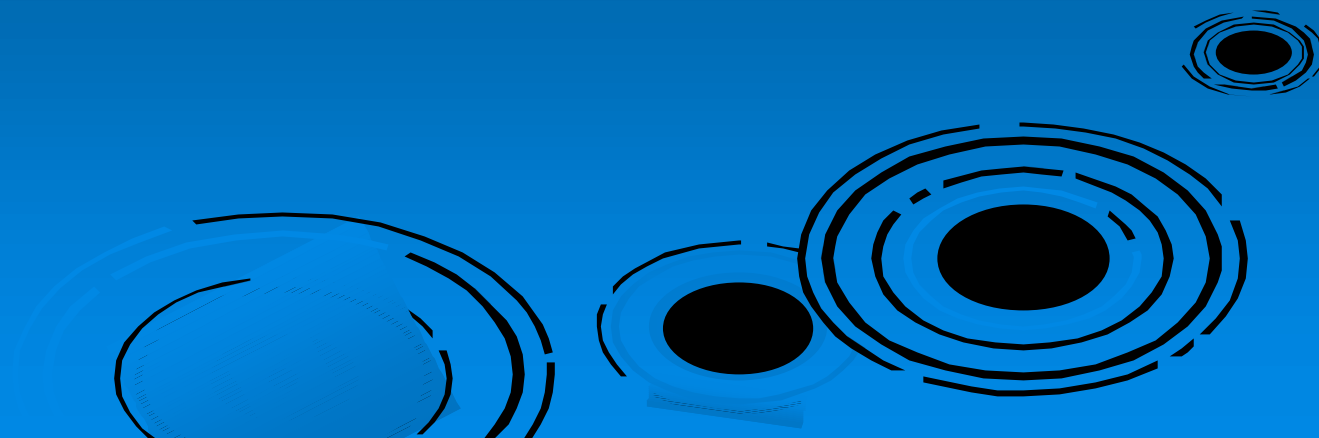


Merenje MV

- Elektromagnetni / ultrasonični (transitno vreme) floumetar
- **Oksigen-Fick-ov metod:**
- $MV = \frac{\text{velikina of utrošenog } O_2}{[O_2]_{la} - [O_2]_{rv}}$
- **Indikator-dilucioni metod:**
- Ubrizgavanje hladnog 0,9% NaCl (ili boje) u desni atrijum, a zatim merenje temperature (ili koncentracije) u aorti



HORMONI SRCA



Natriuretski peptidi - familija

Stimulus za lučenje:

- porast krvnog pritiska
- porast zapremine plazme (ECT)


narušena
homeostaza

Efekat: pojačano izlučivanje Na^+ i vode

Rezultat:

- pad zapremine plazme (ECT)
 - pad krvnog pritiska
- homeostaza

uklonjen poremećaj
ponovo uspostavljena

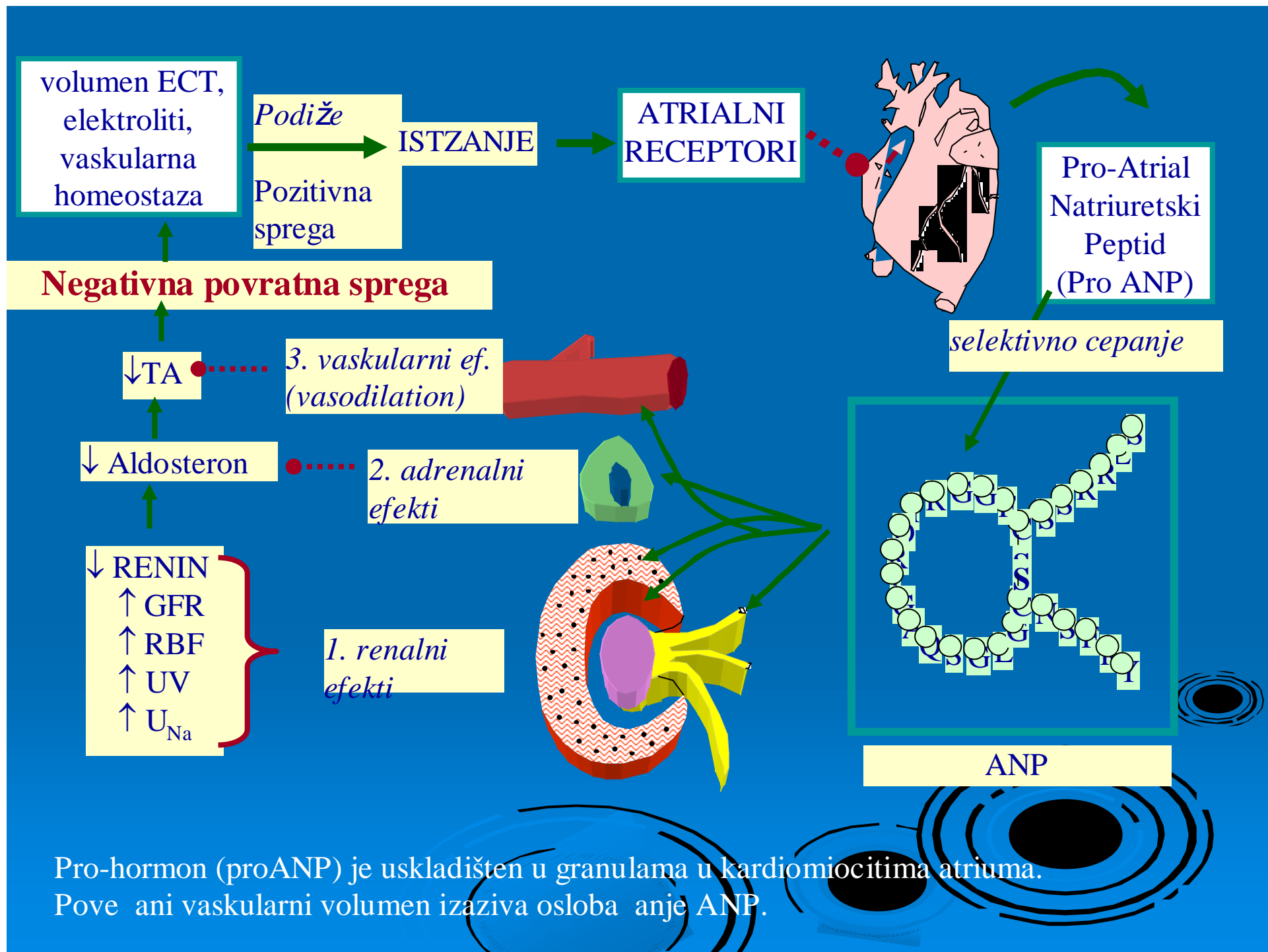
1. **Atrijalni natriuretski peptid (ANP)** – stvaraju ga srčane miši i oslobađaju se u zidu desne pretkomore u odgovoru na preterano istezanje zida pretkomore – kad postoji porast zapremine tečnosti i porast krvnog pritiska.
 2. Brain natriuretic peptide (BNP)
 3. C-tip
 4. Urodilatin
 5. Guanilin i uroguanilin (GIT)
- 

Efekti natriuretskih peptida

Smanjuju zapreminu plazme (ECT) i krvni pritisak, tako što:

1. Povećavaju ekskreciju jona natrijuma putem bubrega
2. Povećavaju gubitak vode iz tela, tako povećavaju zapreminu urina
3. Smanjuju žeđ
4. Smanjuju lučenje: ADH, aldosterona, adrenalina, noradrenalina.
5. Stimulišu perifernu vazodilataciju krvnih sudova

Svi ovi faktori smanjuju zapreminu krvi i krvni pritisak, istezanje zida pretkomore srca se smanjuje, i prestaje dalje lučenje ANP-a (negativna povratna sprega!).



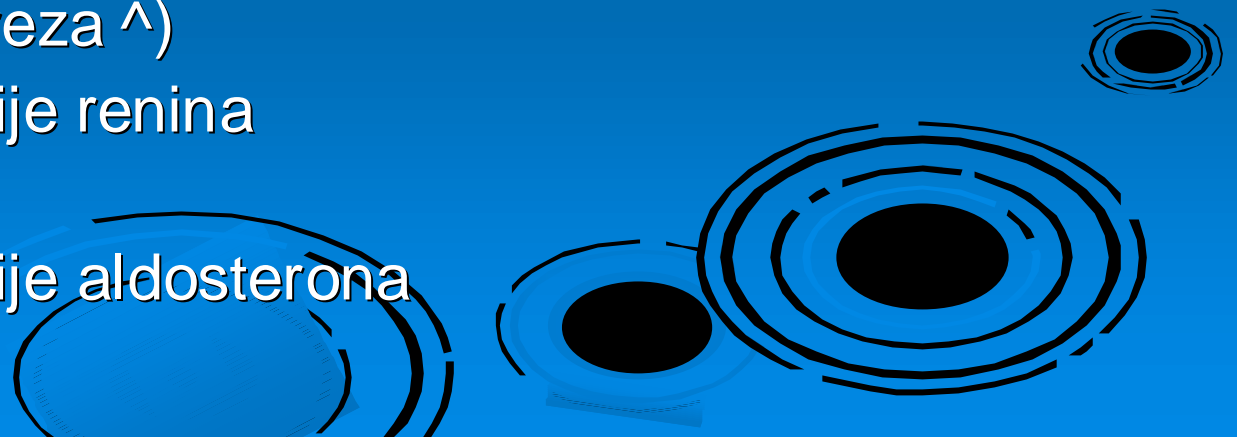
Renalni efekti ANP

➤ Direktni

- Dilatacija aferentne arteriole
- Konstrikcija eferentne arteriole
- Povećanje hidrostatskog pritiska u glomerulskim kapilarima
- Povećanje glomerulske filtracije
- Smanjenje tubularnog transporta Na^+ i vode
- Povećanje ekskrecije natrijuma i vode (natriureza[^], diureza[^])
- Inhibicija sekrecije renina

➤ Indirektni

- Inhibicija sekrecije aldosterona



Vaskularni efekti ANP

1. Relaksacija glatkih mišića arteriola i venula
(vazodilatacija)
1. Smanjenje preloada; smanjenje afterloada
2. Povećanje MVS
3. Smanjivanje zahteva miokarda za O₂

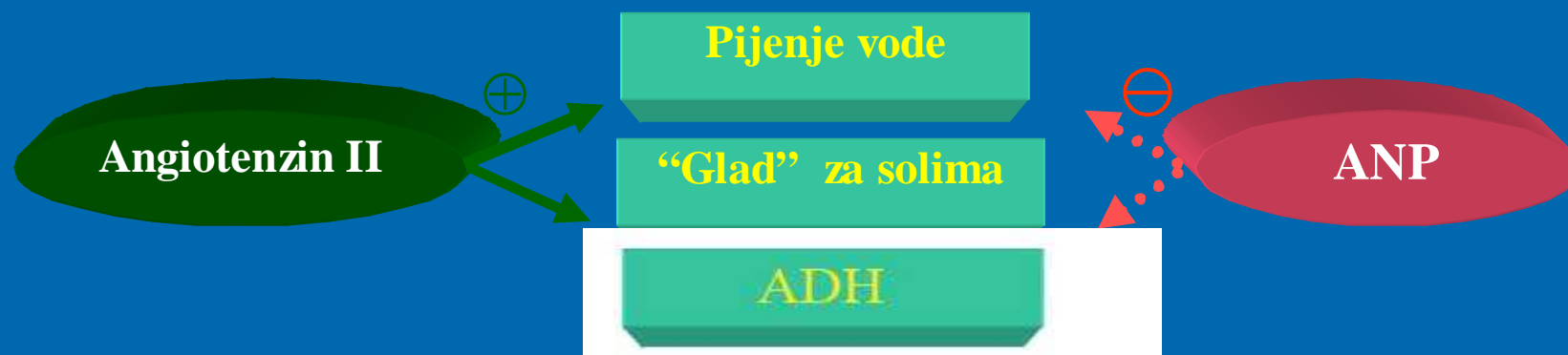


Efekti ANP na CNS

Inhibicija:

- Centra za že
- Centra “potrebe za unos soli”
- Lu enja ADH
- SY- tonus

Neuropeptid u mozgu



Hormon na perifriji



Fiziološki antagonisti

unutar dva organa (srce i bubrež)

ANP

- aktivni pri porastu krvnog pritiska i povećanju zapremine plazme i ECT
- dovode do izlučivanja Na^+ i vode
- Rezultat: smanjivanje volumena plazme (ECT) i pad TA – korekcija narušene homeostaze

RAAS

- aktivni pri padu krvnog pritiska i smanjenju zapremine plazme i ECT
- reapsorpcija Na^+ zajedno sa vodom
- Rezultat: povećanje volumena plazme (ECT) i porast TA – korekcija narušene homeostaze

Teze

- Minutni volumen srca - definicija
- Frank-Starlingov zakon
- Venski priliv i minutni volumen
- Uloga autonomnog nervnog sistema u regulaciji minutnog volumena
- Minutni volumen u toku fizičkog rada
- Hormoni srca

