



FAKULTET ZA SPECIJALNU EDUKACIJU I REHABILITACIJU
Medicinska fiziologija - predavanja

Telesne tečnosti

Doc. dr Maja Milovanović

Uloga vode u organizmu

- Rastvarač – skoro univerzalni
- Određuje strukturu i funkciju proteina, nukleinskih kiselina, kompleksnih ugljenih hidrata i ćelijskih membrana
- Omogućava nastanak jona u organizmu
- Nastanak protona i funkcionisanja sistema za sintezu energije ATP
- Transport hranljivih materija
- Izlučivanje krajnjih produkata metabolizma
- Regulacija acido-bazne ravnoteže
- Regulacija temperature tela
- Lubrikacija (podmazivanje zglobova i membrana)
- Sredina za varenje hrane

Najvažnije uloge vode

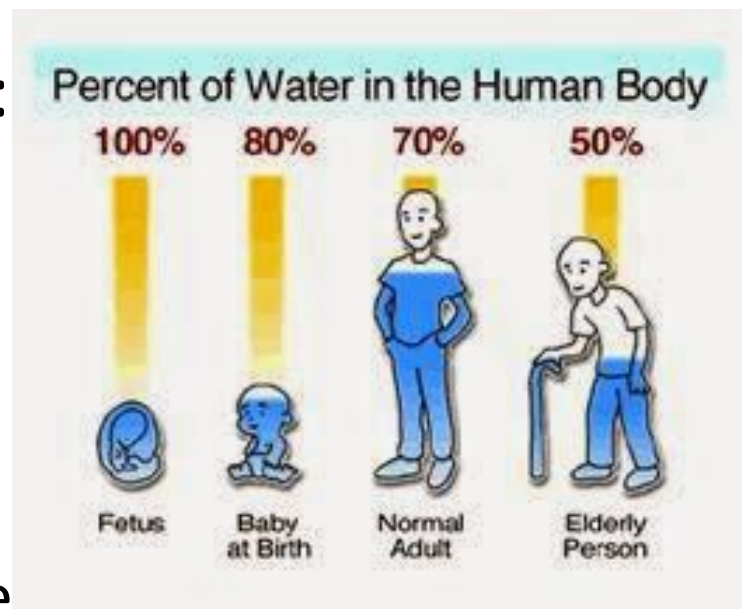
- Svi metabolički procesi se odvijaju u vodenoj sredini
- Održavanje telesne osmolarnosti koja predstavlja pogodnu sredinu za ćelijske aktivnosti
 - 280-300 mosmol/kg vode
- Održavanje volumena krvi i zadovoljavajuće perfuzije svih telesnih tkiva
- Termoregulacija

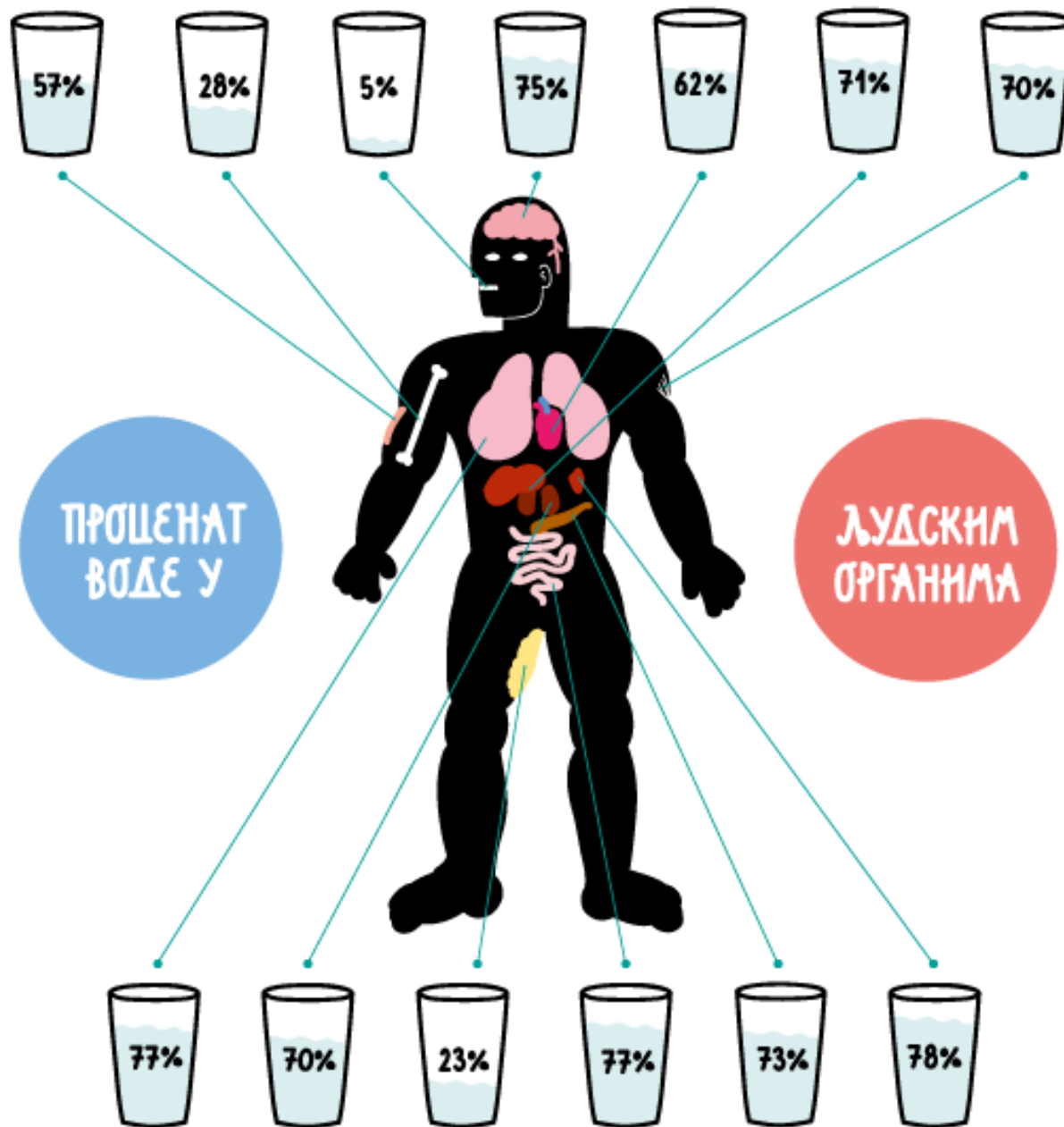


Gubitkom više od 10% ukupne tečnosti nastaje smrt

Voda u organizmu čoveka

- Ukupna količina je određena:
 - Uzrastom
 - **sa starenjem se smanjuje**
 - Polom
 - Stepenom uhranjenosti
- Srednja životna dob:
 - voda čini 50-60% telesne mase
- Žena - 50% vode
 - manji procenat zbog većeg sadržaja masti
- Muškarac - 60% vode





Dnevna potreba

- Odrasla osoba 35-40 ml/kg telesne mase
- Deca 50-100 ml/kg telesne mase:
 - 2-3 puta veće bazalno stvaranje toplote
 - Nezrela funkcija bubrega

Bilans vode: unos

- Hranom 800 ml
- Pijenjem 1300 ml
- Endogena voda 300 ml

Bilans vode: gubitak

- Urinom 1500 ml
- Preko kože 450 ml
- Respiratornim sistemom preko 350 ml
- Fecesom 100 ml

Unošenje i gubitak vode iz organizma (oko 2400 ml)

UNOS

Tečnosti hrane i vode

2100 ml

Metabolička voda

300 ml

KAKO SE GUBI

koža

450 ml

pluća

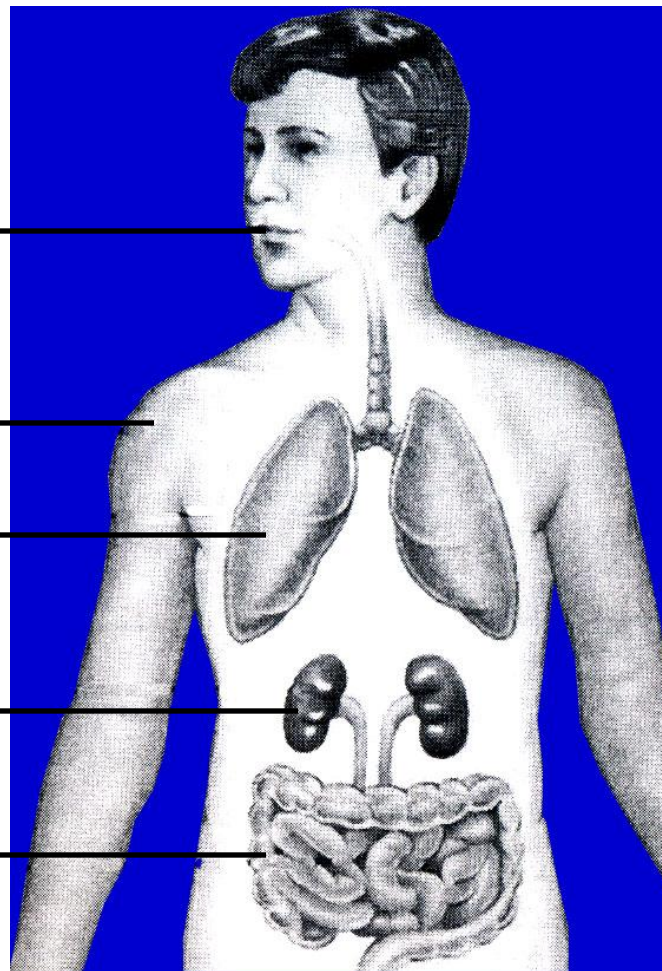
350 ml

Bubrezi (urin)

1500 ml

feces

100 ml



Faktori koji utiču na konstatnost zapremine tečnosti

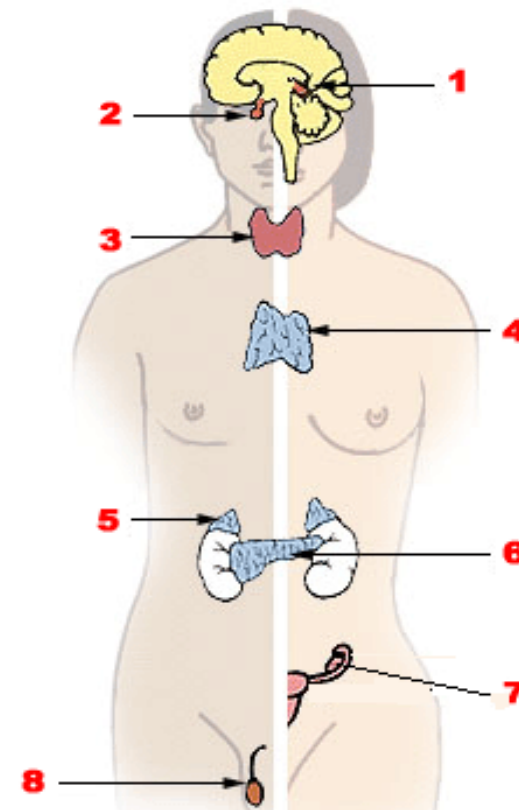
- Ravnoteža kontinuiranog gubitka i povremenog unosa
- Navike:
 - Količina unosa vode
 - Vrsta odeće

Sistemi organa koji regulišu konstatnost zapremine tečnosti

- Funkcija **bubrega**
 - izlučivanje vode i soli urinom
- Funkcija **gastrointestinalnog trakta**
 - tokom 24 časa fecesom se izluči 100-150ml vode
 - U GIT se nalazi 12l:
 - 2l se unese pijenjem
 - 10l nastaje sekrecijom
- Funkcija **respiratornog sistema**
 - disanjem se gubi 350 ml vode dnevno
- Funkcija **kože**
 - Perspiracija (znojenje) zavisi od temperature i vlažnosti vazduha sredine i od stepena fizičke aktivnosti u tim uslovima

Hormoni koji su uključeni u regulaciju količine vode

- Antidiuretski hormon (vazopresin) koji luči **neurohipofiza** pod uticajem sledećih stimulusa:
 - Mentalni stres
 - Hiperosmolalnost telesnih tečnosti
 - Hipovolemija
 - Pad krvnog pritiska
- Adrenalin – **nadbubrežna žlezda**
- Aldosteron – **nadbubrežna žlezda**
 - Hormon koji povišava reapsorpciju jona natrijuma i vode u bubregu
 - Povećava volumen krvi i povišava krvni pritisak.



Muškarac levo; žena desno

1. Epifiza
2. Hipofiza
3. Štitna žlezda (tireoidna)
4. Grudna žlezda (timus)
5. Nadbubrežna žlezda
6. Gušterača (pankreas)
7. Jajnik
8. semenik

OSMOLALNOST TELESNIH TEČNOSTI

Osmolalnost telesnih tečnosti

- **Osmoza** je neto difuzija molekula vode kroz polupropusnu membranu
- **Osmotska aktivnost rastvora** – zavisi od broja čestica u njemu
- **Osmol**: broj mola supstance koja ne disocira u litru rastvarača (rastvor 1 mol/l NaCl = 2 Osm/l (1mol Na⁺ i 1mol Cl⁻))
- **Osmolalnost**: broj osmola rastvorene materije na kg rastvarača - vode
- **Osmolarnost**: broj osmola rastvorene materije po litru rastvora
- **Osmotski pritisak**: pritisak koji je potreban da zaustavi osmozu

Osmolalnost telesnih tečnosti

- Količina osmotski aktivnih čestica po kilogramu telesne tečnosti.
- ICT i ECT nemaju isti osmotski sastav **ali imaju istu osmolalnost.**
- Osmolalnost je ista jer voda slobodno difunduje kroz membrane iz oblasti više ka nižoj koncentraciji vode.

Osmotski pritisak

- Raspodela vode primarno je određena raspodelom osmotski aktivnih supstanci
- Distribucija osmotski aktivnih supstanci između ćelija i međućelijske tečnosti određena je:
 - procesima difuzije
 - olakšanog i aktivnog transporta jona i molekula kroz ćelijsku membranu
 - metaboličkom aktivnošću ćelija

Podsećanje: ćelijski transpotni mehanizmi

Difuzija

- kretanje molekula iz oblasti sa većom koncentracijom u oblast sa manjom koncentracijom (duž koncentracionog gradijenta); primeri: gasovi O_2 i CO_2

Osmoza

- difuzija vode kroz selektivno propustljive membrane

Olakšana difuzija

- kretanje molekula za koji membrana nije propusna, iz mesta gde je koncentracija veća ka mestu gde je koncentracija manja. Glukoza se kroz membranu kreće uz pomoć nosača – proteina u membrani, za koje se vezuje, time postaje rastvorljiva u fosfolipidima membrane i lako prolazi kroz nju.

Aktivni transport

- kretanje protiv koncentracionog gradijenta, uz pomoć energije iz ATP-a; primer: natrijumska pumpa koja izbacuje jone Na iz ćelije, nasuprot višku Na u vanćelijskom prostoru.

Filtracija

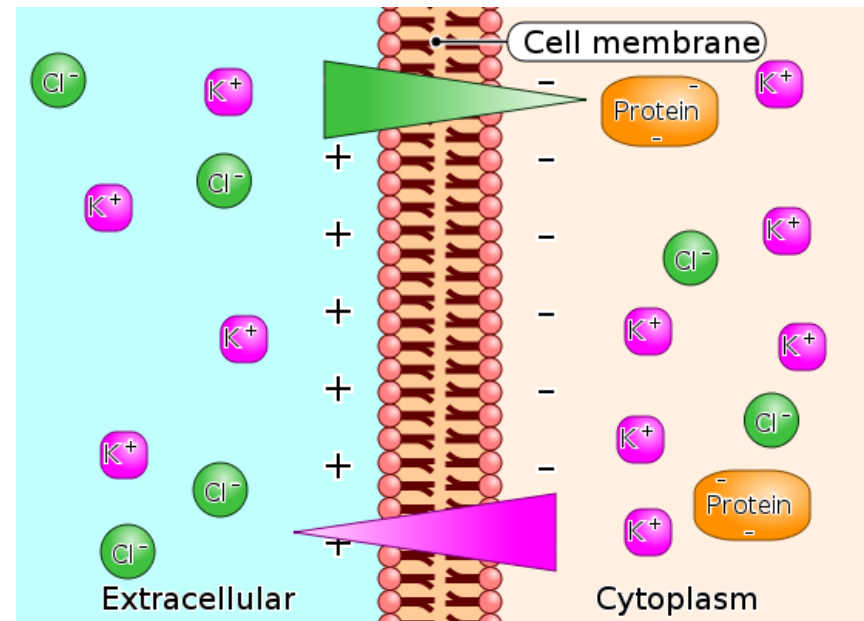
- Kretanje plazme i rastvorenih materija kroz zid kapilara uz pomoć krvnog pritiska.

Fagocitoza i pinocitoza

- Preuzimanje bakterija od strane leukocita.

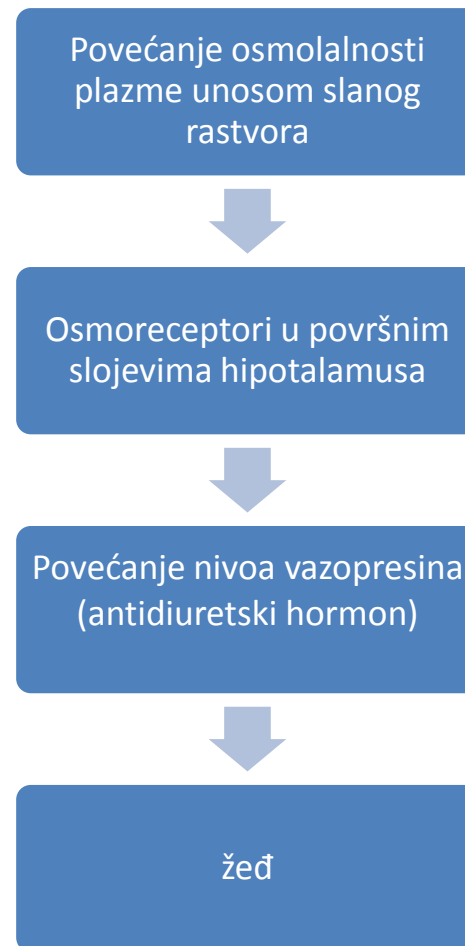
Donanova ravnoteža

- Kada biološke membrane dele dva rastvora elektrolita od kojih jedan sadrži jon koji ne prolazi membranu - npr. anjon proteina.
- Difuzibilni joni se pasivno raspoređuju sa obe strane membrane tako da je posle uspostavljanja dinamične ravnoteže **produkt difuzibilnih jona katjona i anjona sa obe strane membrane isti**.
- **Veliki anjon proteina privlači male difuzibilne katjone**, čija koncentracija postaje veća sa te strane membrane, i potom difuzionim gradijentom dovodi do ulaska anjona u ćeliju.



Regulacija telesne osmolalnosti

- Osmolalnost plazme se održava u okviru konstatne vrednosti
 - **280 – 290mOs/kg vode ±2%**
- Dva mehanizma:
 - Mehanizam žeđi
 - Antidiuretski hormon



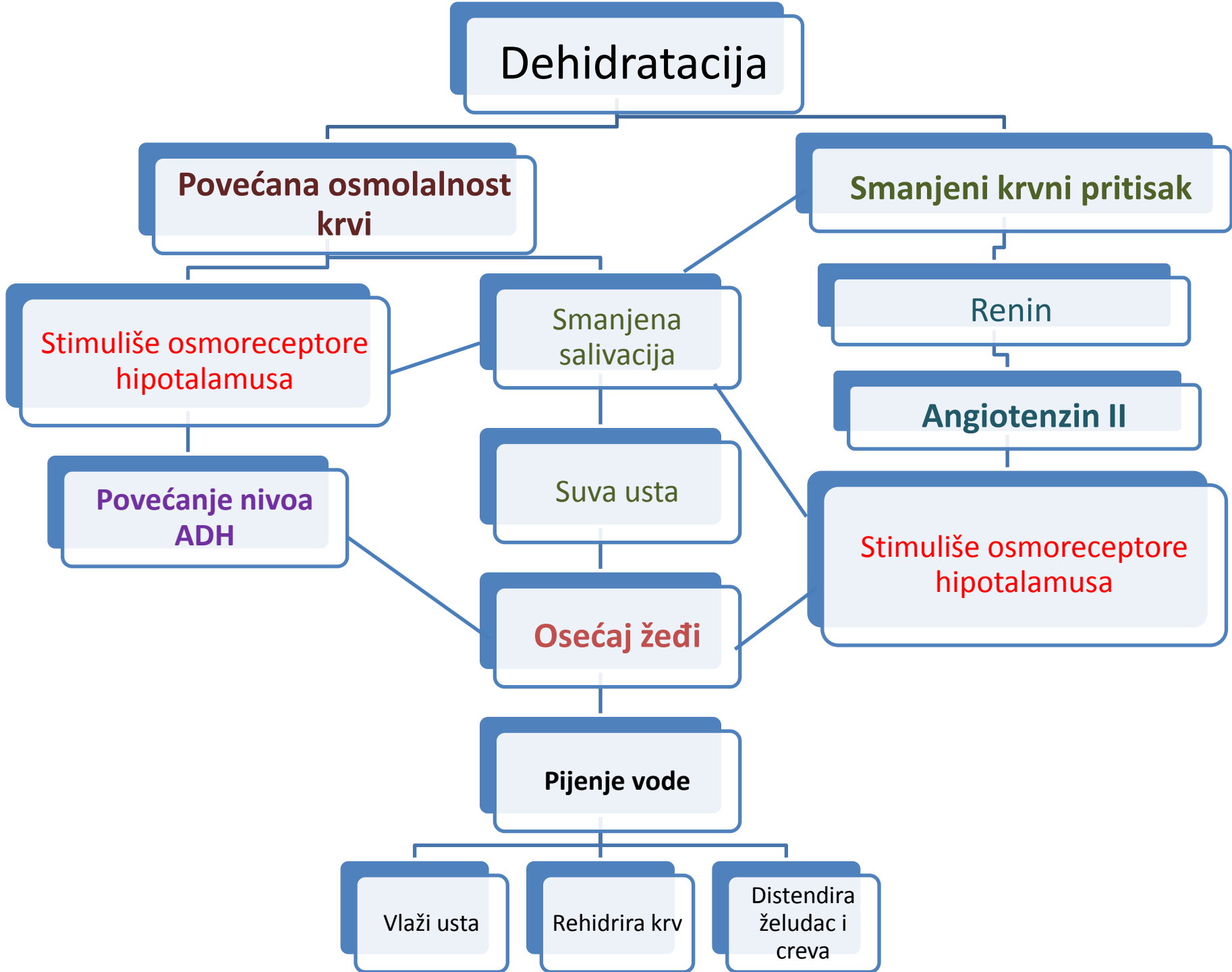
Regulacija zapremine telesnih tečnosti

1. Preko **osmoreceptora hipotalamusa**:

- Povećanje osmolalnosti plazme ih aktivira
- Posledica je povećanje lučenja hormona neurohipofize – antidiuretskog hormona (ADH),
- ADH smanjuje količinu urina reapsorpcijom vode iz urina u krv, čime se smanjuje osmolalnost odnosno povećava volumen plazme.

2. Aktivacija **sistema renin-angiotenzin-aldosteron**

- Smanjenje zapremine krvi ili protoka aktivira senzorne ćelije bubrege
- Posledica je pojačanje lučenja aldosterona iz nadbubrežne žlezde.
- Pod uticajem aldosterona bubrezi zadržavaju Na^+ (a sa njim i vodu) i time povećavaju volumen plazme.



Moždane ćelije

- Sposobnost adaptivnog odgovora na promene u osmolalnosti plazme.
- U situaciji hronične hiperosmolalnosti ćelije menjaju saržaj osmotski aktivnih čestica da bi održale normalnu veličinu ćelije, tj da bi sprečile bubrenje ćelija:
 - Nagomilavanje **programiranih osmola**.

Klinički simptomi i znaci

Deficit vode

- Zamor
- Razdražljivost
- Ataksija
- Tremor
- Hronični spazam
- Epileptični napadi
- Respiratorni zastoje
- Korekcija postepena da ne bi došlo do edema, do oslobađanja programiranih osmola

Višak vode

- Jaka žeđ
- Anoreksija
- Mišićni grčevi
- Slabost
- Letargija
- Umor
- Konfuzija
- Delirijum
- smrt

ELEKTROLITI U TELESNIM TEČNOSTIMA

Natrijum

- Najveća količina u ECT
- Normalan unos: 5g
- Koncentracija u plazmi: **138-146 mmol/l**
- Izlučuje se uglavnom preko bubrega
- Uloga:
 - Obezbeđuje osmolalnost ECT
 - Održavanje pH (uz anjon HCO_3^-)
 - Vitalna uloga za ćeliju – učestvovanje u akcionom potencijalu
- Višak – edem tkiva
- Manjak – dehidratacija

Kalijum

- Uglavnom se nalazi unutar ćelije
- Koncentracija u plazmi **4-5 mmol/l**
- Unos 4-8 g dnevno
- Uloga:
 - Određuje i kontroliše membranski mirovni potencijal - ekscitabilnost tkiva
- Eliminacija putem bubrega, kontrolisana od strane aldosterona – hormona nadbubrežne žlezde
- Hipokalijemija (ispod 3,5mmol/l)
 - mišićna slabost (paraliza)
 - opasan poremećaj srčanog ritma

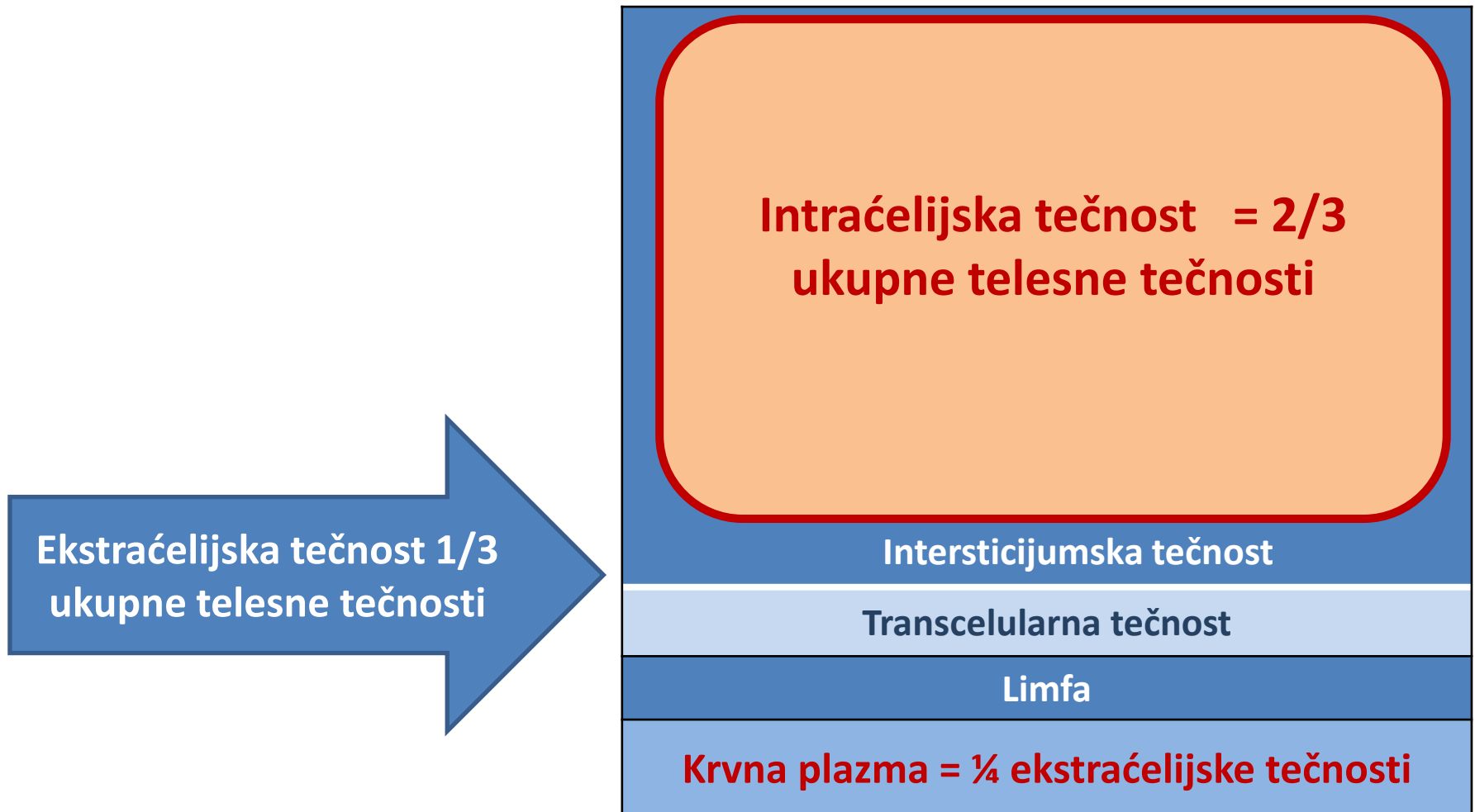
Kalcijum

- Najprisutniji katjon u telu
- Hranom se unese 1 g, resorpcija u gornjem GIT (1/10)
- Koncentracija u plazmi **2,2 do 2,7 mmol/l**
 - 60% jonizovani
 - 40% fiziološki aktivan
- Zavisi od ravnoteže resorpcije u crevima, ulaska u kosti, demineralizacije kosti - kontrola parathormonom i vitaminom D, bubrežne eliminacije.
- Hiperkalcijemija:
 - povećano izlučivanje **paratireoidnog hormona**, maligna oboljenja, Intoksikacija vitaminom D, sarkoidoza
- Hipokalcijemija:
 - nedostatak vitamina D, smanjeno izlučivanje paratireoidnog hormona, povećan gubitak kalcijuma zbog bolesti bubrega.

Magnezijum

- Glavni intraćelijski jon
- Uloga:
 - Posrednik u mnogim intraćelijskim enzimskim reakcijama
- Dnevni unos 350mg
- Koncentracija u plazmi: **0,8 - 1,2mmol/l:**
 - 75% jonizovani oblik
 - 25% ugrađeno u proteine.
- Mnogo češća hipomagnezijemija

Distribucija vode u organizmu: odeljci telesnih tečnosti



- Voda u telu se neprekidno kreće
- Intraćelijska tečnost – voda unutar ćelija (oko 65%)
- Estraćelijska tečnost – ostala voda (oko 35%)

Pitanje:

- Ako telo muškarca telesne mase 70kg sadrži 42 l vode, kako je ona distribuirana?
- Odgovor:

Intraćelijska: $2/3 =$ oko 28 l

Vanćelijska: $1/3 =$ oko 14 l

Krvna plazma
=3l

Međućelijska
oko 10l

Transćelijska -
oko 1l

Intraćelijska tečnost (ICT)

- Sastav:
 - Bogata jonima K^+ i Mg^{2+}
 - Siromašna jonima Na^+ i Cl^-
 - Proteini i organski fosfati
- Različit sastav ćelija razdražljivih (ekscitabilnih) i nerazdražljivih tkiva
- **Na^+ - K^+ ATP-aza** u ćelijskoj membrani reguliše sastav jona Na^+ i K^+ u ICT.

Ekstraćelijska tečnost (ECT)

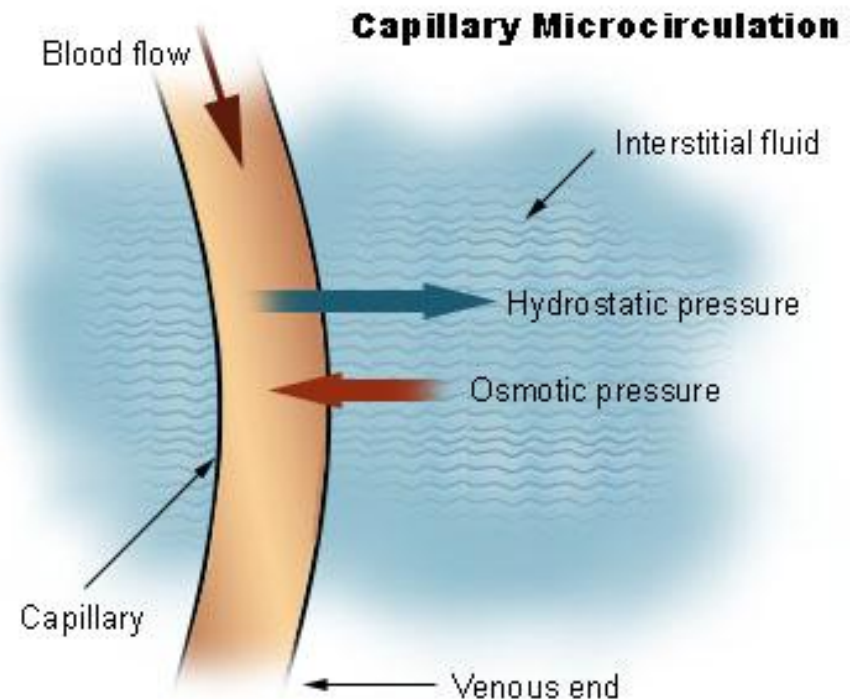
1. Krvna plazma – voda unutar krvnog suda
2. Međćelijske tečnosti (intersticijska):
 - 1/6 tečnosti
 - Limfa je deo intersticijske tečnosti
 - Ultrafiltrat plazme bez proteina:
 - 11,5 l: slobodno oko 1,5l (mobilno kod hipovolemije, krvavljenja itd.), ostalo u vidu gela
3. Transćelijske tečnosti

Krvna plazma

- Veliki sadržaj proteina
- Veliki protok tečnosti (funkcija transporta)
- Predstavlja intersticijsku tečnost krvi
- Glavni katjon: Na^+
- Glavni anjoni: Cl^- , HCO_3^- , proteini
- Zbir svih katjona 150mmol/l:
 - Na^+ 138-146mmol/l
 - ostali oko 11mmol/l
- Zbir svih anjona 150mmol/l:
 - Cl^- 98-110mmol/l
 - HCO_3^- 27mmol/l
 - proteini 16 mmol/l.

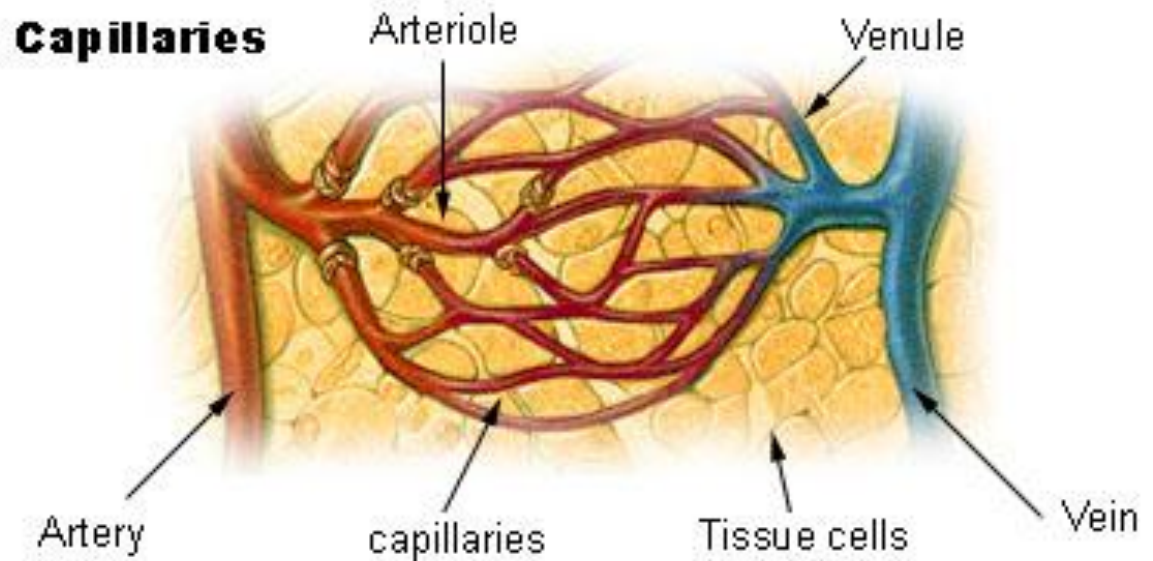
Razmena između krvne plazme i interćelijskog prostora

- Osnovna funkcija krvotoka se obavlja a nivou membrane kapilara.
- Određuje je hidrostatski i osmotski pritisak na nivou kapilara.
- Obavlja se:
 - Filtracijom
 - Difuzijom
 - Aktivnim transportom



Kapilarna razmena

- 9/10 tečnosti koja se filtrira na arterijskom kraju kapilara **reapsorbuje** se na venskom kraju kapilara.
- **1/10 ulazi u limfne kapilare** i preko limfnih sudova ulazi ponovo u cirkulaciju (proteini)
- Dnevno se stvara 2-3l limfe.
- Limfotok je paralelan venskom sudovnom sistemu



Limfa i limfotok

- Limfa je intersticijska tečnost koja se nalazi u limfnim sudovima.
- Preko limfnih sudova limfa se odvodi u venski sistem.
- Uloga limfe je da **uklanja velike čestice iz intersticijske tečnosti** (zato što se one ne mogu reapsorbovati kroz zid kapilara):
 - **Proteine**
 - **Lipide**
 - **Bakterije (do limfnih čvorova gde se uklanjaju)**
- **Uloga limfe je zadržavanje tečnosti i krvnim kapilarima.**

Transćelijske tečnosti

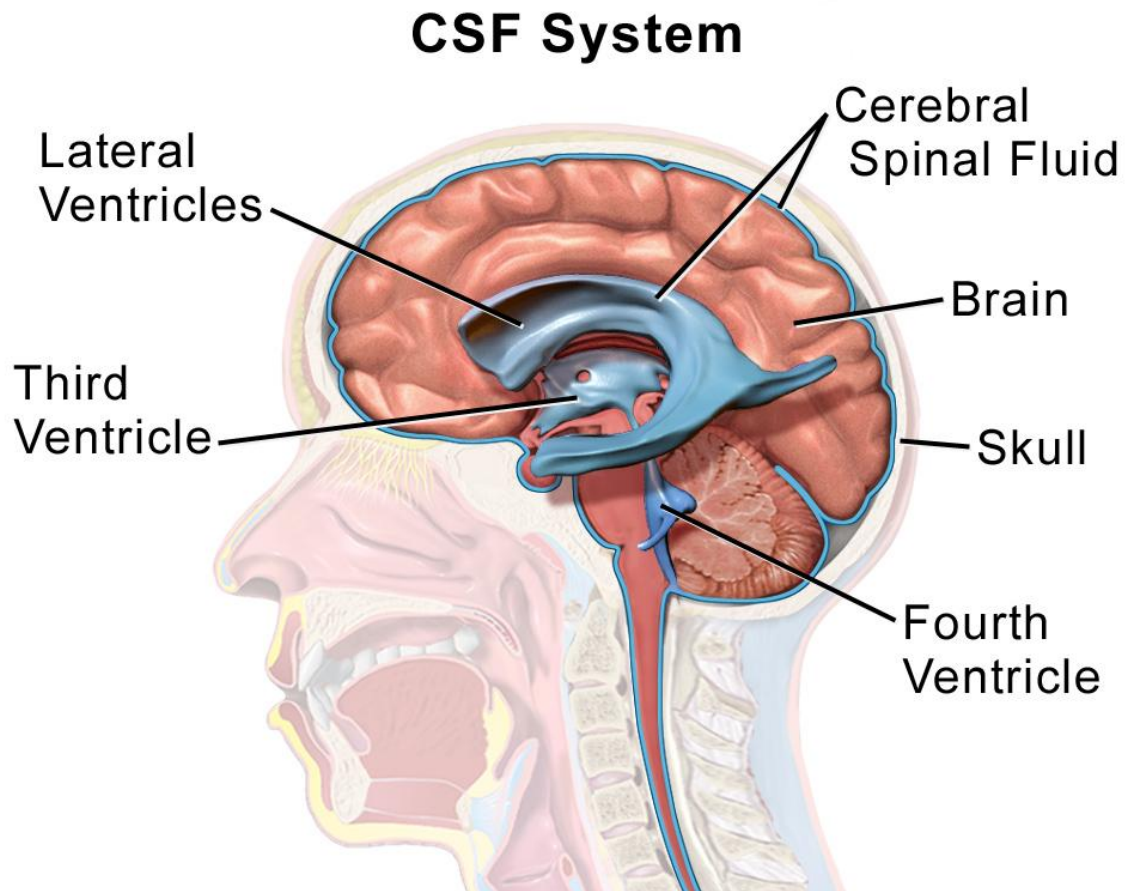
- Tečnosti koje se stvaraju iz transportne aktivnosti ćelija
- Nalaze se u prostorima okruženim epitelom:
 - Cerebrospinalna tečnost – likvor
 - Očna vodica
 - Urin
 - Tečnosti gastrointestinalnog trakta
 - Tečnosti zglobnih kapsula
 - Tečnosti u potencijalnim prostorima tela: pleuralna, perikardna i peritonealna šupljina
- Specijalizovane funkcije

Ekstracelularna tečnost mozga

- Zapremina mozga (ćelije i ekstracelularna tečnost) je ograničena lobanjom.
- Ako volumen ICT ili ECT raste postoji rizik od porasta intrakranijalnog pritiska i smanjenja perfuzije mozga.
- **Volumen ECT mozga je strogo kontrolisan!**
- Tri odeljka:
 - Krvna plazma (70ml)
 - Intersticijska tečnost (250ml) – u kontaktu sa nervnim ćelijama i glijom
 - Cerebrospinalna tečnost-likvor (150ml)

Cerebrospinalna tečnost - likvor

- Bistra tečnost koja ispunjava:
 - subarahnoidalni prostor mozga i kičmene moždine (120ml)
 - moždane komore (30ml)
 - Cisterne
- Ukupna zapremina: 150ml
- Pritisak: $10 \pm 4 \text{ mmHg}$



Uloge likvora

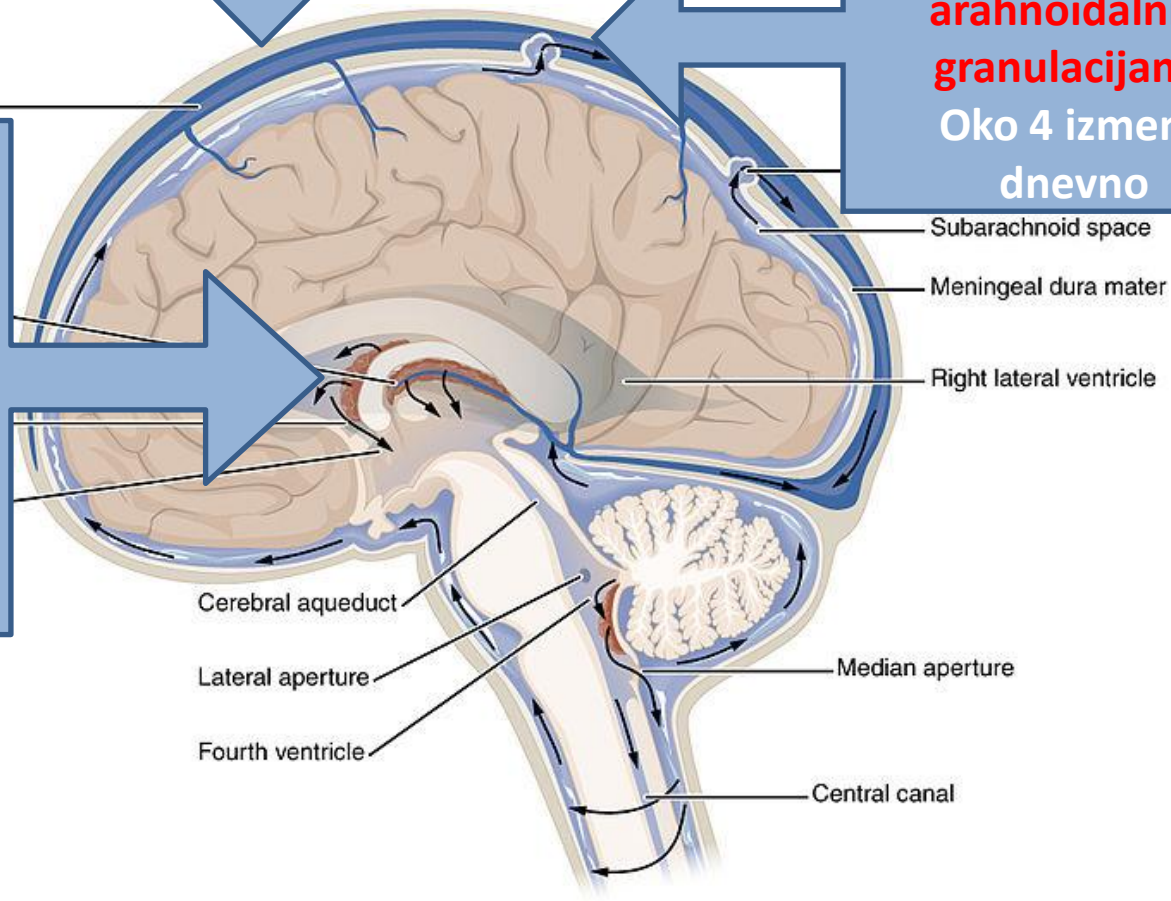
- Apsorbuje udarce i štiti mozak od kontakta sa lobanjom u toku pokreta;
- Pomaže održavanje unutrašnje sredine CNS-a relativno stalnom;
- Obezbeđuje put za eliminaciju štetnih produkata iz mozga.

Sekrecija i apsorpcija

Teče preko površine mozga i kičmene moždine

Apsorbuje se nalaz u venski sistem u **arahnoidalnim granulacijama**
Oko 4 izmene dnevno

Stvara se u **horioidnim pleksusima** - visoko prokrvljena srž i niz epitelnih ćelija koje ulaze u lumen komora
500 ml dnevno



Superior sagittal

Subarachnoid space

Meningeal dura mater

Right lateral ventricle

Cerebral aqueduct

Lateral aperture

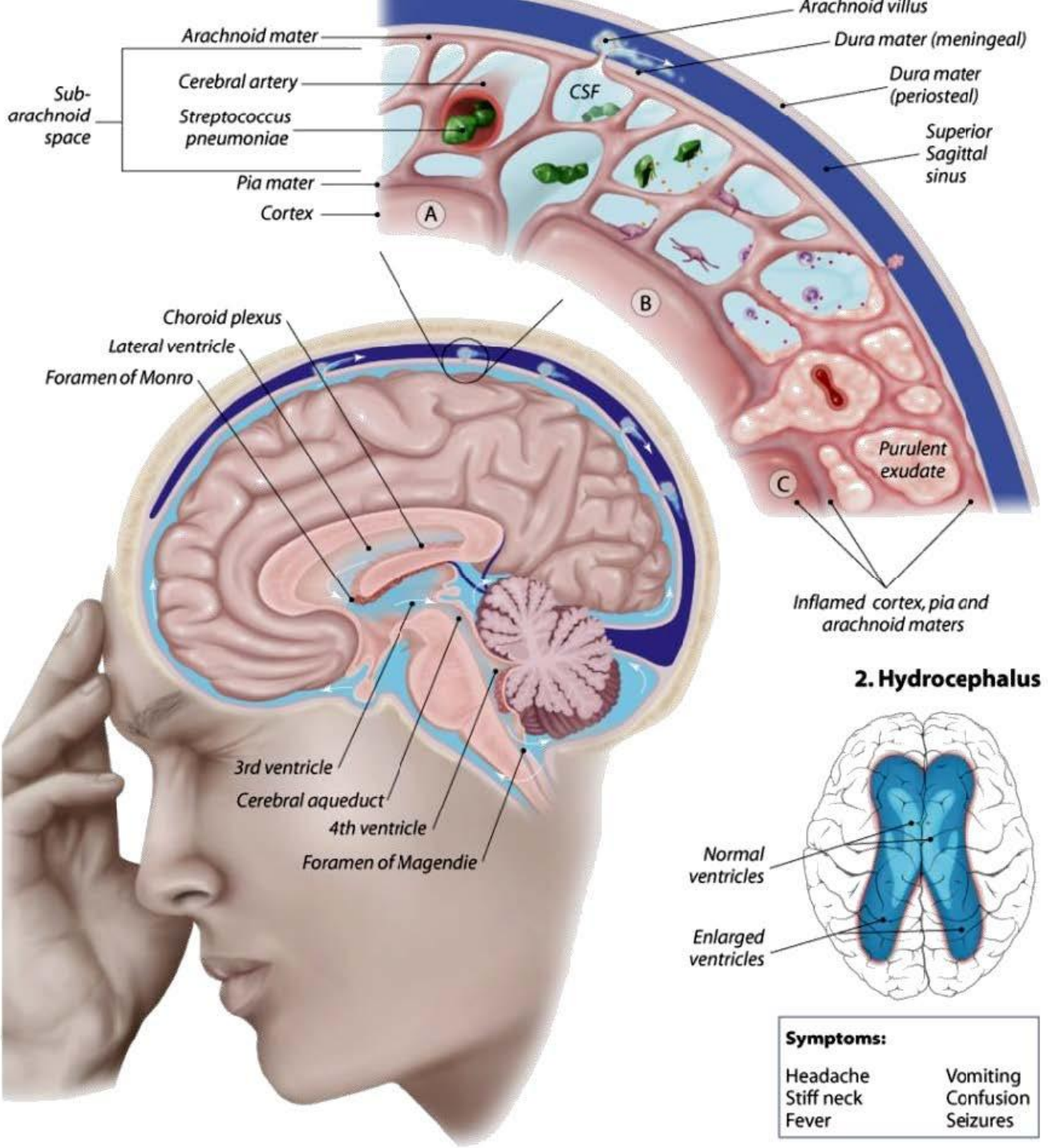
Fourth ventricle

Median aperture

Central canal

Kominikantni hidrocefalus:
pojačano stvaranje likvora

Nekomunikantni hidrocefalus:
opstrukcija protoka likvora



Barijere između krvi, mozga i likvora

- **Krvno likvorna barijera:**
 - Preko tesnih spojeva epitelnih ćelija horiodnog pleksusa
- **Krvno moždana barijera:**
 - Kapilarne endotelne ćelije formiraju barijeru između intersticijuma mozga i krvi
 - Prolaze je liposolubilne supstance: O_2 , CO_2 , urea, nikotin, etanol
 - Ne prolaze: elektroliti
 - Glukoza ulazi u mozak preko olakšane difuzije

Da li postoje zone mozga bez krvno moždane barijere?

- Da, nekoliko malih moždanih zona:
 - area postrema, zadnji deo hipofize, subfornikalni organ, srednja eminencija, pinealna žlezda
- Zašto?
 - Ova situacija omogućava da neki neuroni budu izloženi rastvorima iz krvi – neuroendokrine funkcije i regulacije

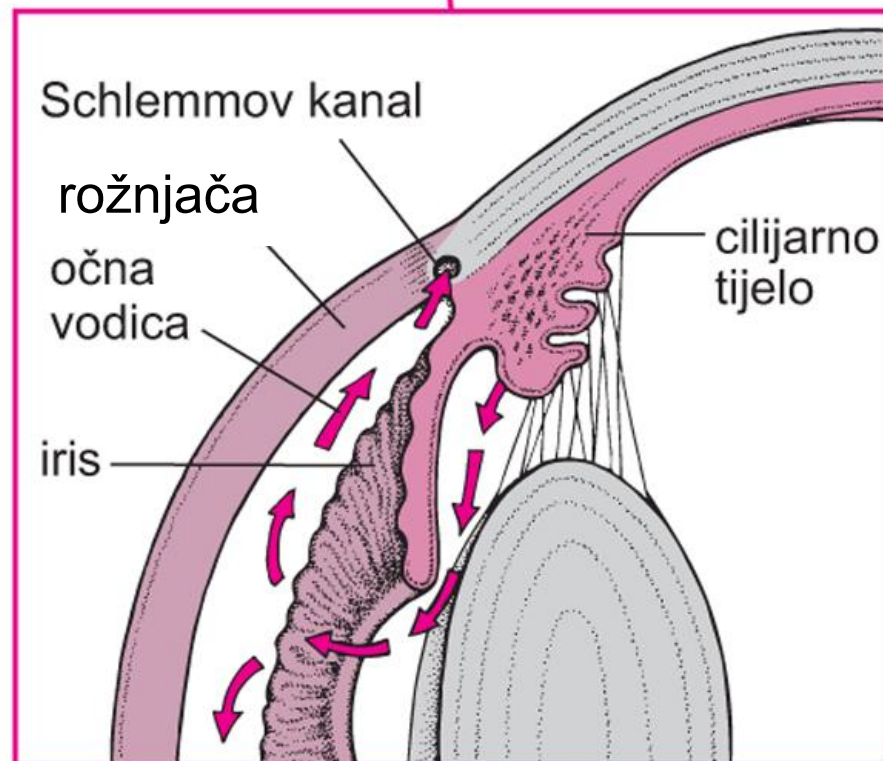
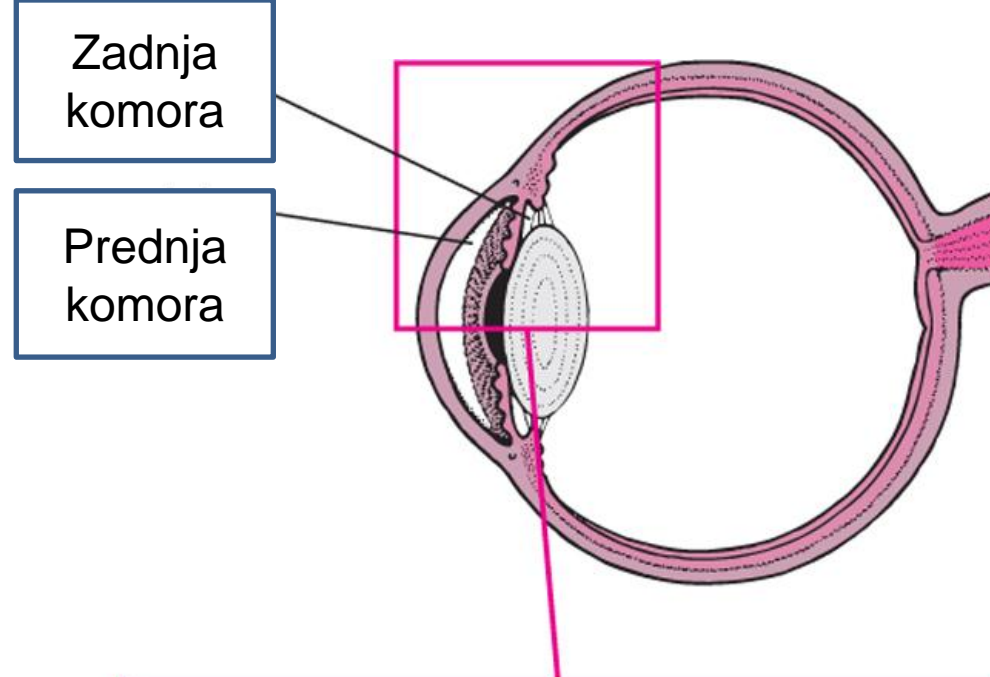
Sastav cerebrospinalne tečnosti

- Sadrži malo proteina: 0,2-0,3 g/l
- Osmotski pritisak približno jednak pritisku krvi
- Koncentracija jona
 - Na⁺ slična kao u krvnoj plazmi
 - Cl⁻ za 15% veća nego i plazmi
 - K⁺ za 40% manja nego u plazmi
- Koncentracija glukoze za 30% manja nego u plazmi
- Do 4 ćelije u ml likvora

Očna vodica

- Ispunjava prednju i zadnju komoru oka
- Ukupna zapremina 300 μ l:
 - zadnje očne komore 50 μ l
 - prednje 250 μ l
- Intraokularni pritisak: 15 \pm 3mmHg

- **Stvara** se u produžecima cilijarnog tela u zadnjoj očnoj komori
 - Aktivna sekrecija Na^+ , Cl^- i HCO_3^-
 - To povećava osmolalnost očne vodice u prednjoj komori, te dovodi do difuzije vode
- **Protiče** kroz zenicu u prednju očnu komoru
- **Otiče** kroz Šlemov kanal u ekstraokularne vene



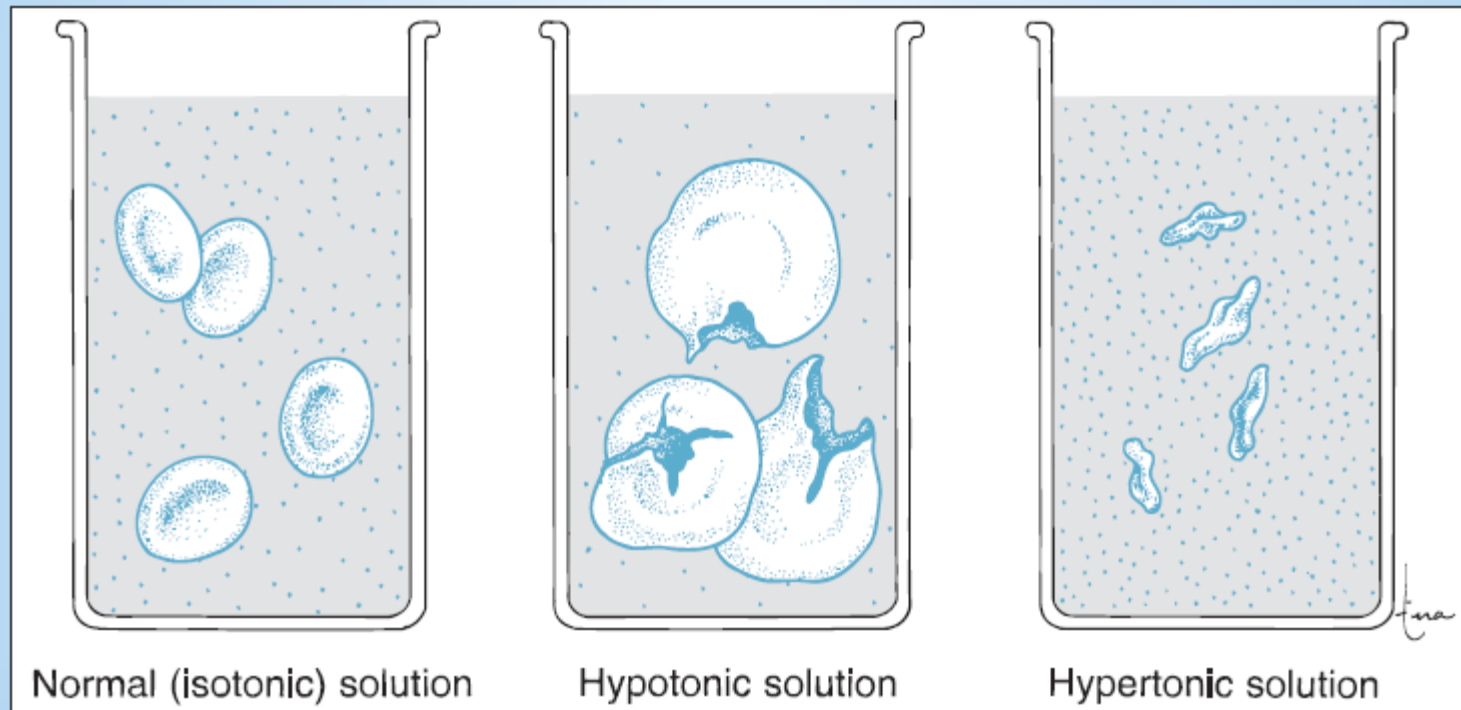
Nadoknada telesnih tečnosti

- Fiziološki rastvori služe za nadoknadu tečnosti, elektrolita i hranljivih materija.
- Klasifikacija fizioloških rastvora:
 - Prosti rastvori – zadovoljavaju uslov izotoničnosti*
 - **0,9% NaCl**
 - **5% glukoza**
 - Složeni rastvori – pored uslova izotoničnosti, ispunjavaju i uslove izojonije, izohidrije i izotermije
 - **Ringerov rastvor**
 - **Ringer laktat, itd.**

Šta je toničnost?

- **Toničnost** je pritisak koji rastvor vrši na određenu membranu, tj. sposobnost rastvora da zadrži vodu van ćelije.

- Rastvor je:
 - Izotoničan sa plazmom ako eritrociti zadržavaju istu veličinu - ne bubre.
 - Hipertoničan – vrši veći pritisak na membranu eritrocita nego krvna plazma.
 - Hipotoničan - vrši manji pritisak na membranu eritrocita nego krvna plazma.



Zaključak

- Fiziološki se regulišu:
 1. Volumen ekstracelularne tečnosti – pritisak
 2. Osmolalnost ECT
 3. Jonski sastav
- Sve telesne tečnosti su u dinamičkoj ravnoteži:
 - ICT i ECT (plazma, intersticijska tečnost, transćelijske tečnosti)
- Unos tečnosti:
 - Kroz usta i GIT
- Gubitak
 - Preko bubrega, GIT, kože i pluća

Sastav intraćelijske/ekstraćelijske tečnosti

- Jonski sastav u kvalitativnom smislu (Na^+ , K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Cl^- , HCO_3^- , PO_4^{3-} ..) je veoma različit;
- Osmolalnost je skoro identična – princip izoosmolalnosti
- Zbir svih anjona uvek je jednak zbiru svih katjona sa jedne strane membrane - princip elektroneutralnosti

Osnova homeostaze