

Eläinfysiologia ja histologia

3122243 5 op

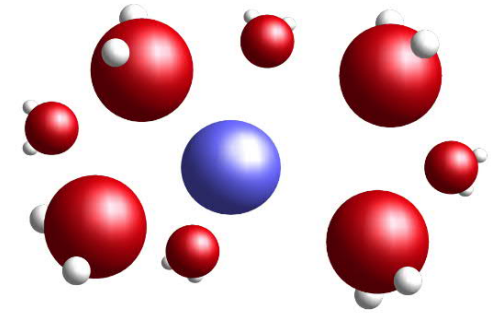
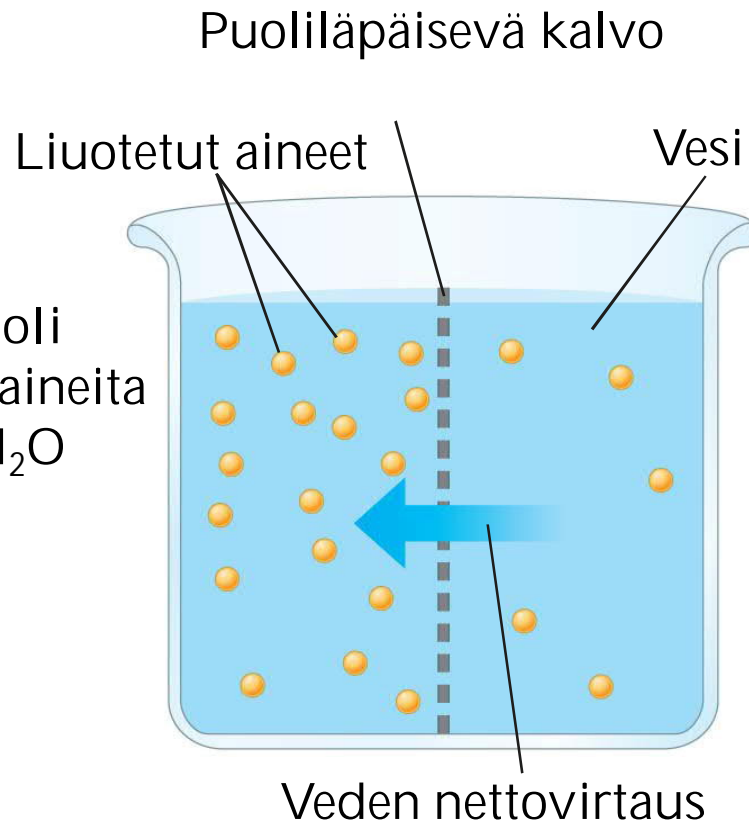
Eritys

Vesa Paajanen

UEF // University of Eastern Finland

Osmoosi

- Hyperosmoottinen puoli
- enemmän liuenneita aineita
 - vähemmän vapaita H_2O molekyylejä



- Hypo-osmoottinen puoli
- vähemmän liuenneita aineita
 - Enemmän vapaita H_2O molekyylejä

Miten albatrossi
pääsee eroon
ylimääräisestä
suolasta?

iso-osmoottinen
kalaravinto

Hyperosmoottinen
merivesi



Homeostasian ylläpito

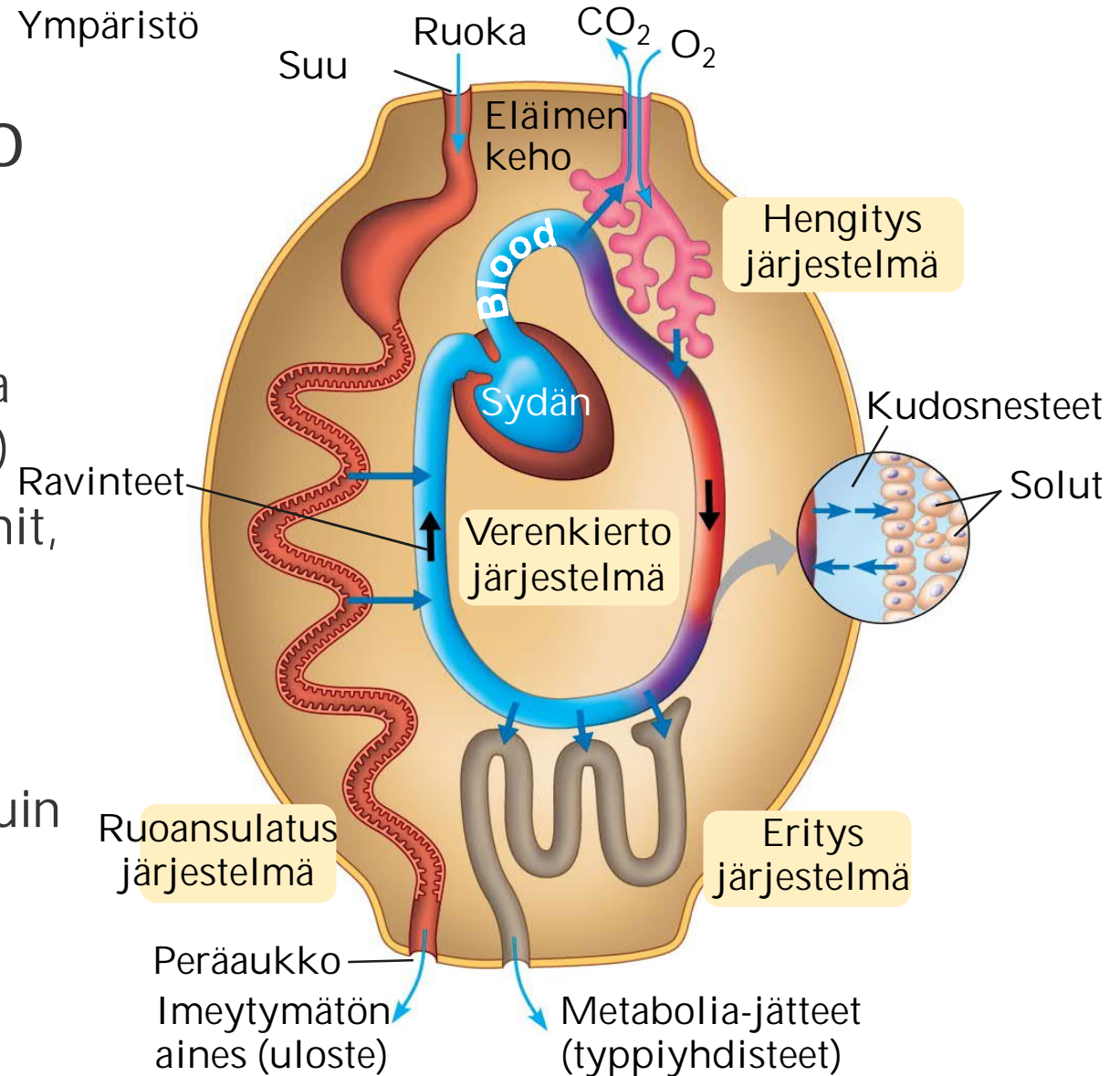
Ruoansulatus auttoi ottamaan mahdollisimman paljon ravinto-aineita elimistöön (ei valikointia/rajoittamista)

- Sokerit, rasvat, aminohapot, vitamiinit, hivenaineet, ionit
- Molekyylit energiantuotantoon ja biomolekyylien rakennusaineeksi

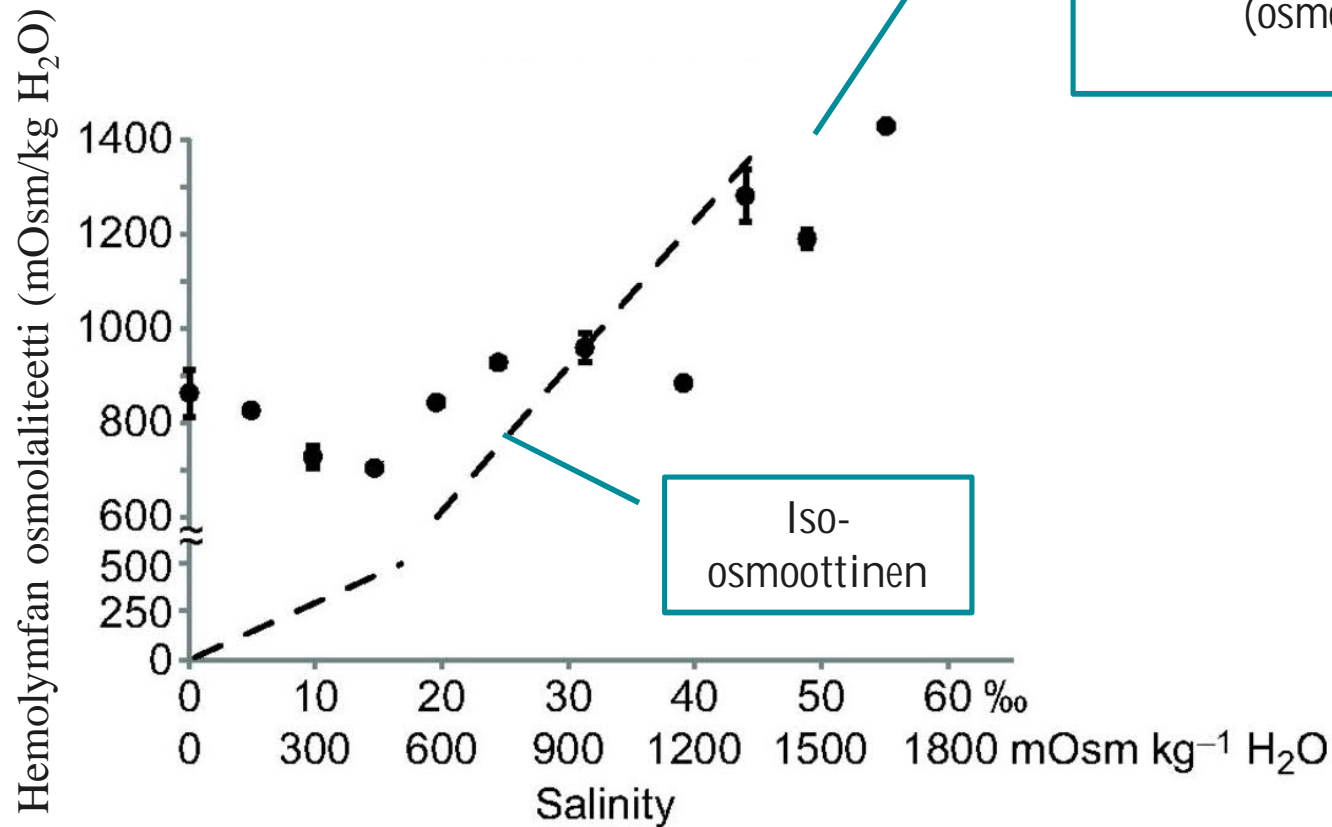
Ravinnossa on atomeja eri suhteessa kuin elimistössä

- Miten ylimääräisistä atomeista päästään eroon?

UEF // University of Eastern Finland



Osmoregulaatio

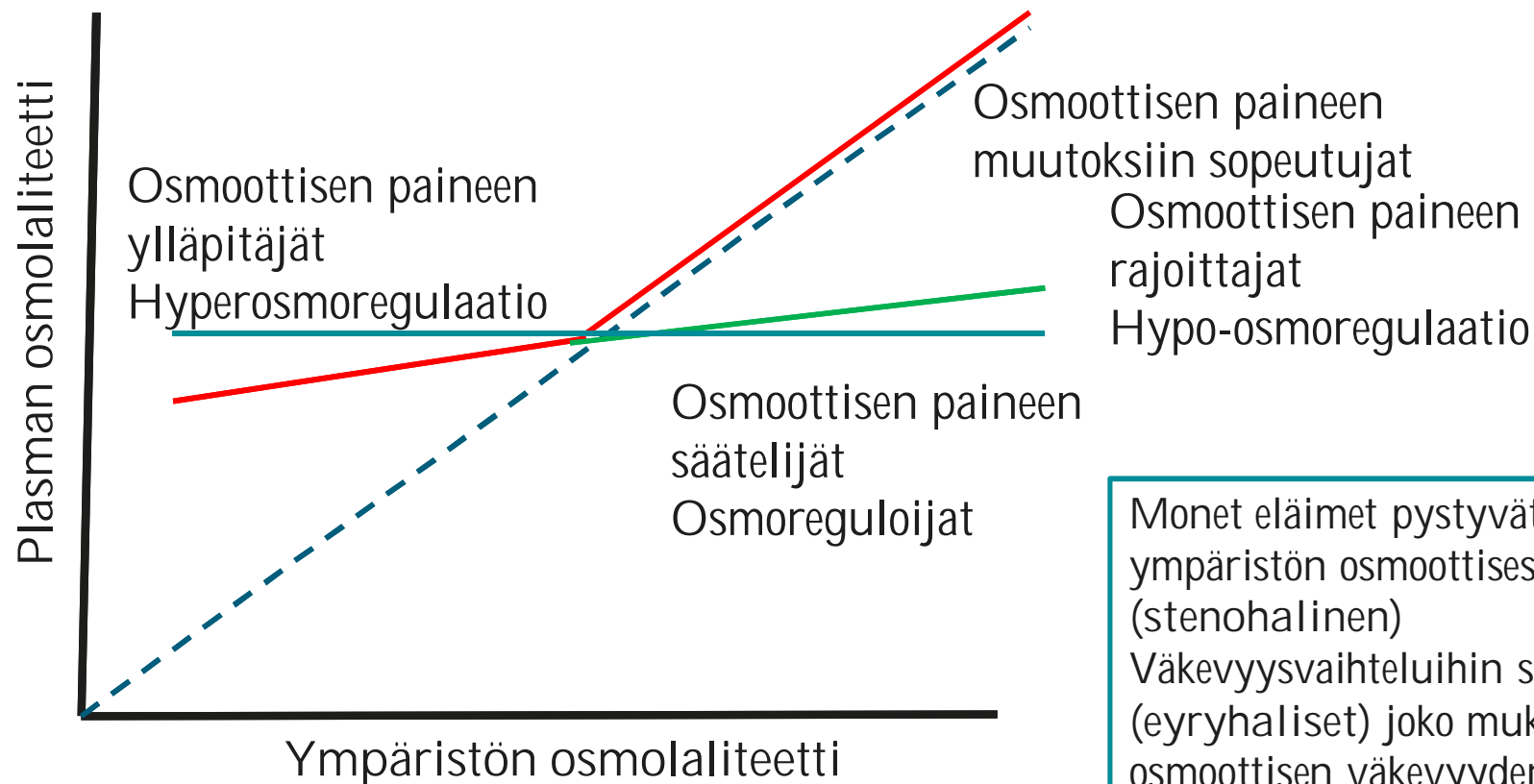


Havajilainen katkarapu
Halocardidina rubra on
osmottiseen paineeseen mukautuja
(osmokonformeeri)

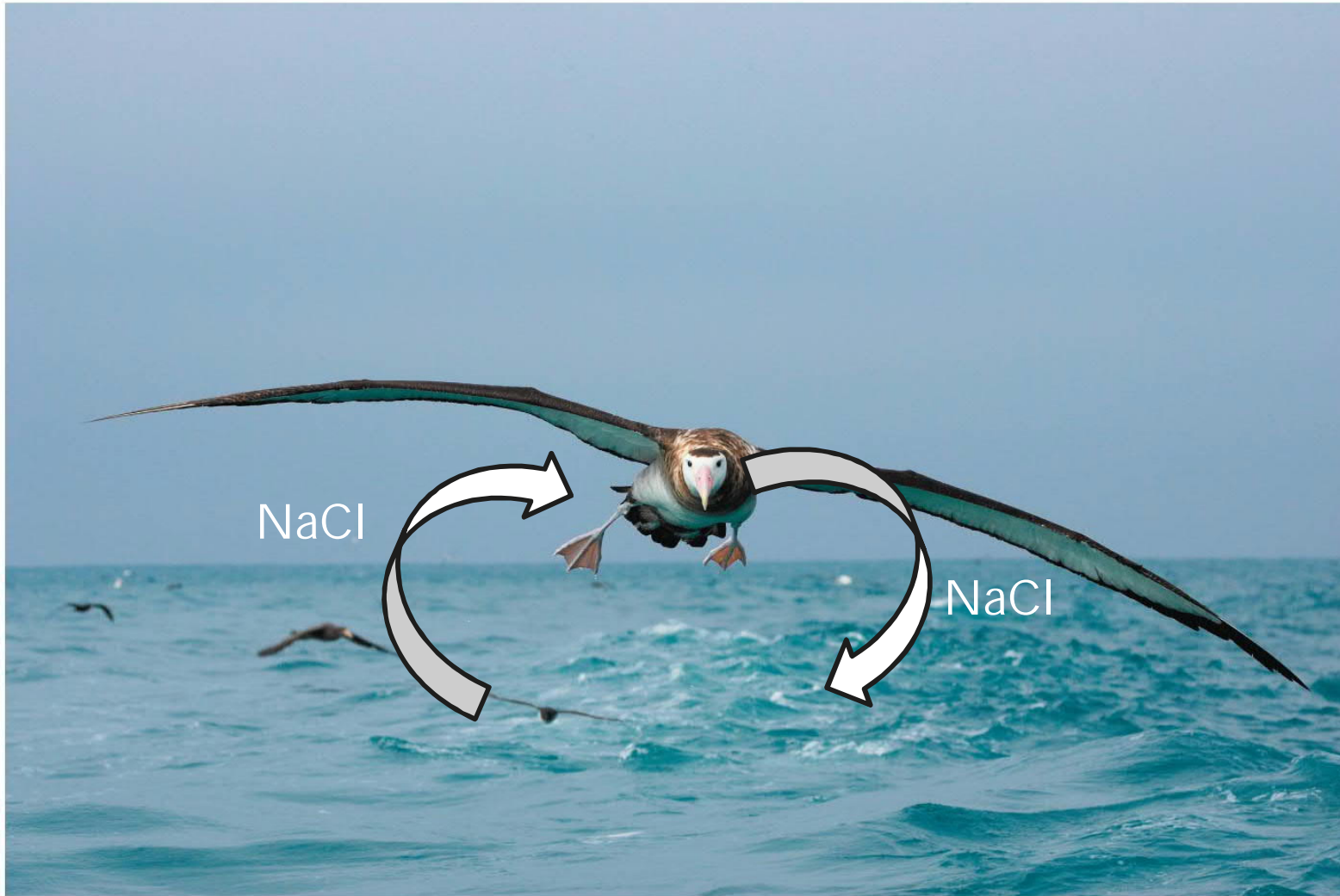
Iso-
osmoottinen

Havird et al. 2014 J.Exp.Biol. 217: 2309-20

Säätelijät ja mukautujat



Monet eläimet pystyvät elämään vain tietyssä ympäristön osmoottisessa väkevyydessä (stenohalinen)
Väkevyyssvaihteluihin sopeutujat (eyryhaliset) joko mukauttavat elimistön osmoottisen väkevyyden tai säätelevät sitä aktiivisesti





Kalat ja useimmat muut selkärangaiset ovat osmoottisen paineen säätelijöitä

Makeassa vedessä ne estävät suolan poistumista ja veden kertymistä

Merivedessä ne estävät suolan kertymistä ja veden poistumista

Kiitos!



UNIVERSITY OF
EASTERN FINLAND

uef.fi



Eläinfysiologia ja histologia

3122243 5 op

Osmoregulaatio

Vesa Paajanen

UEF // University of Eastern Finland

Erityselimistön tehtävät

N_2

- Typen erityys

H_2O

- Vesitasapaino

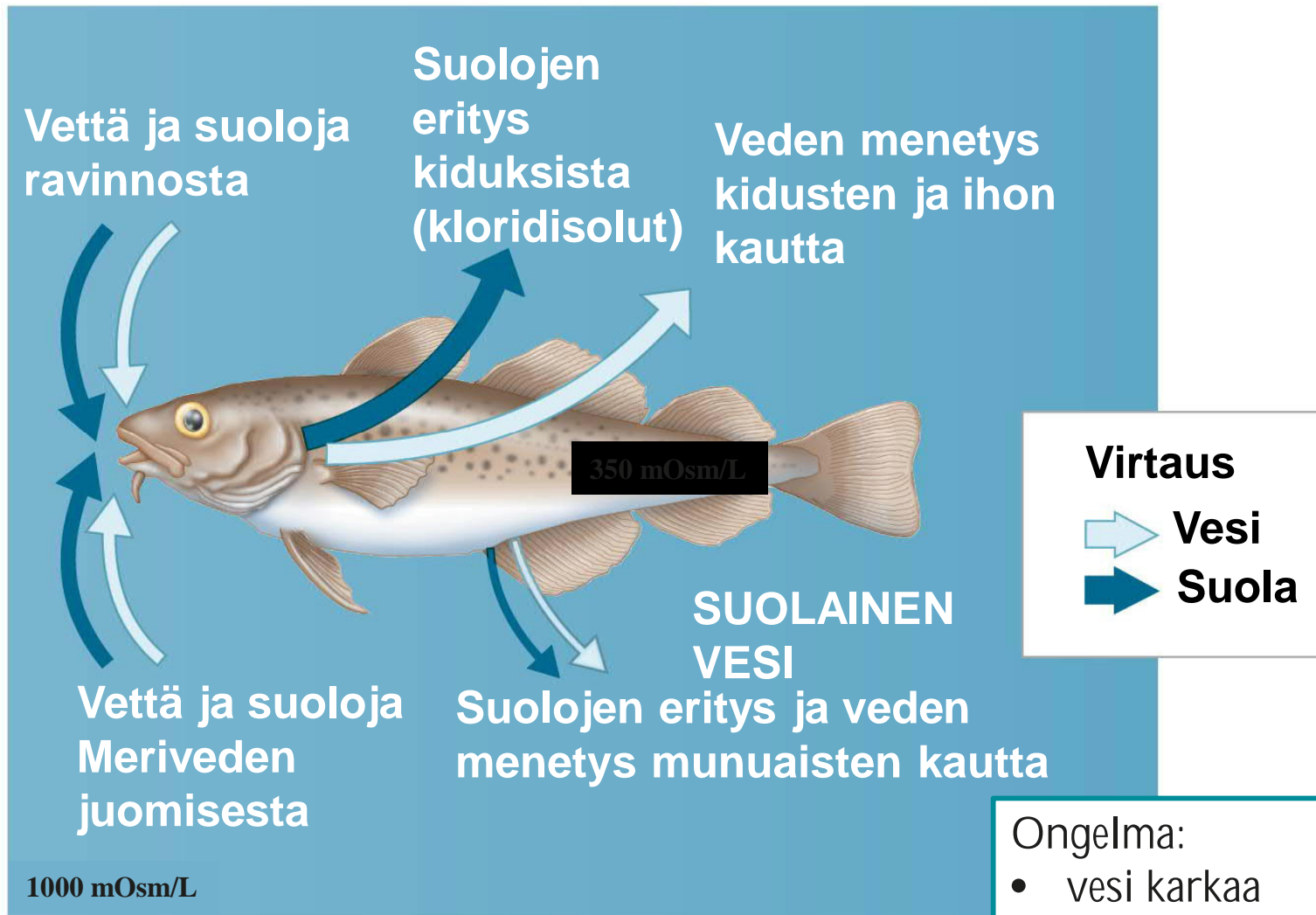
Na^+, Cl^-

- Suolatasapaino

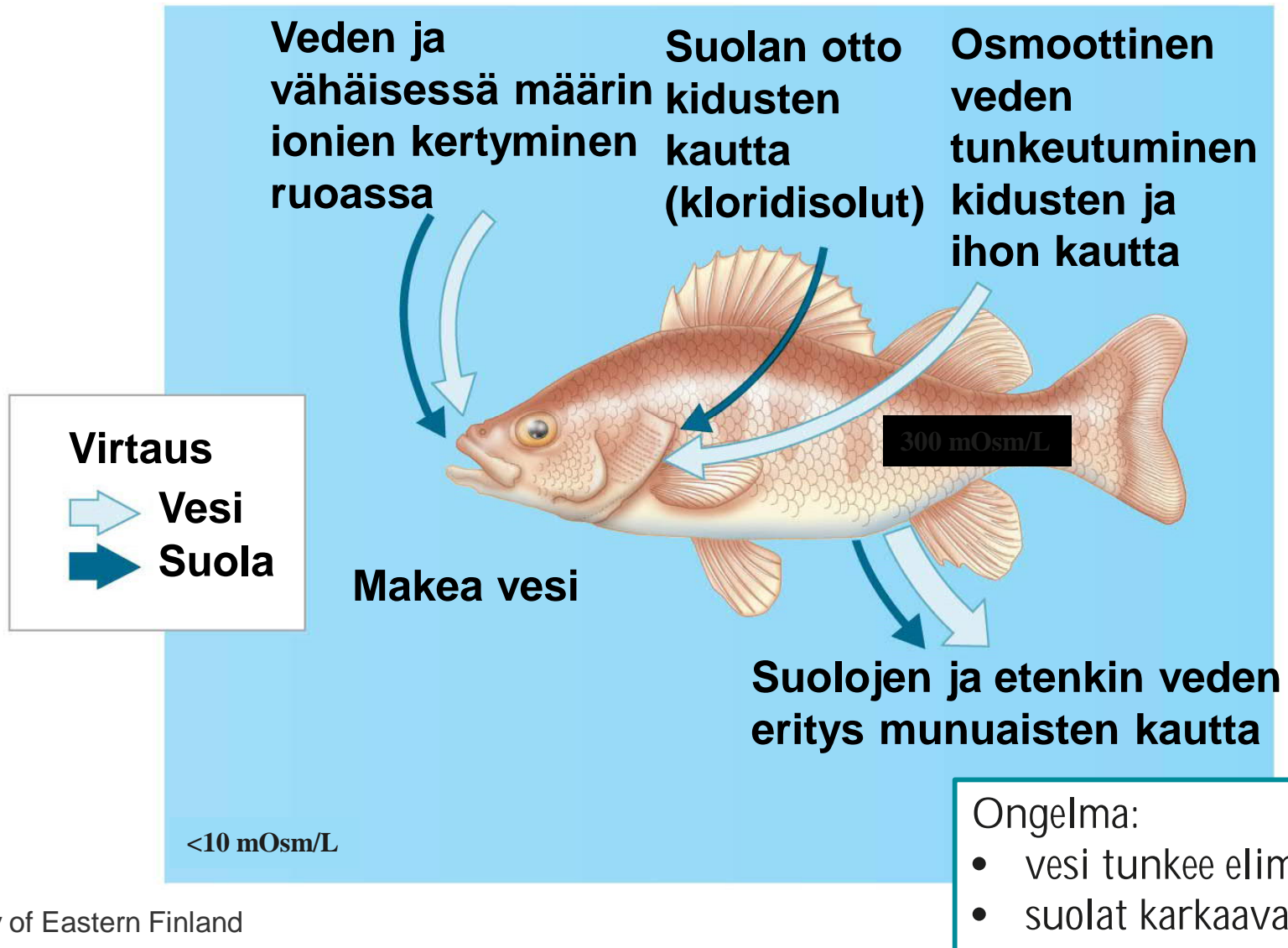
poison

- Myrkyt ja kuona-aineet

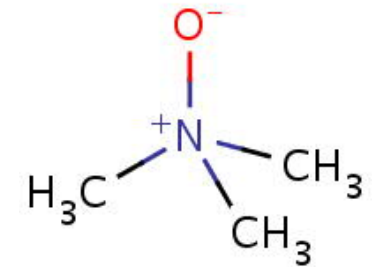
Merikalojen osmoregulaatio



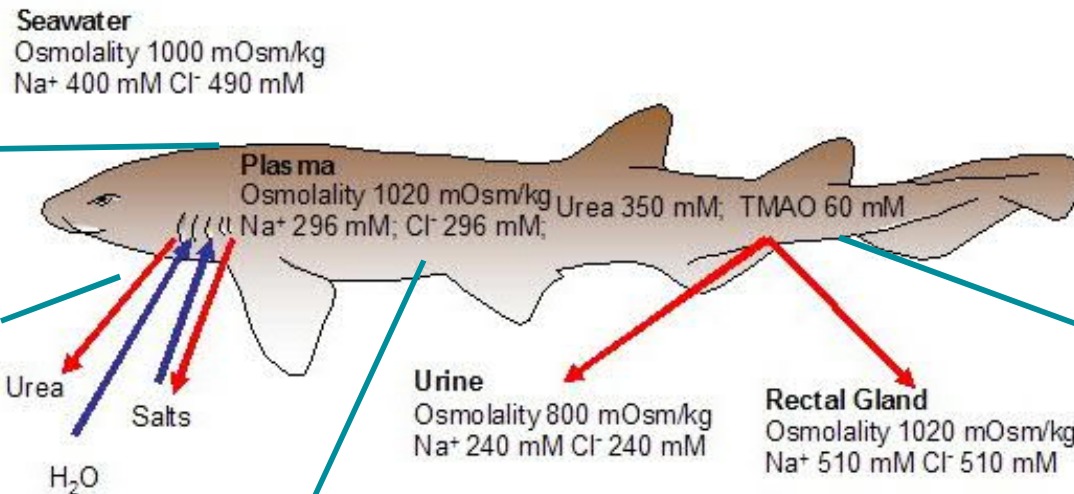
Makean veden kalojen osmoregulaatio



Rustokalat ovat poikkeus



Summary of osmolyte regulation in a typical elasmobranch



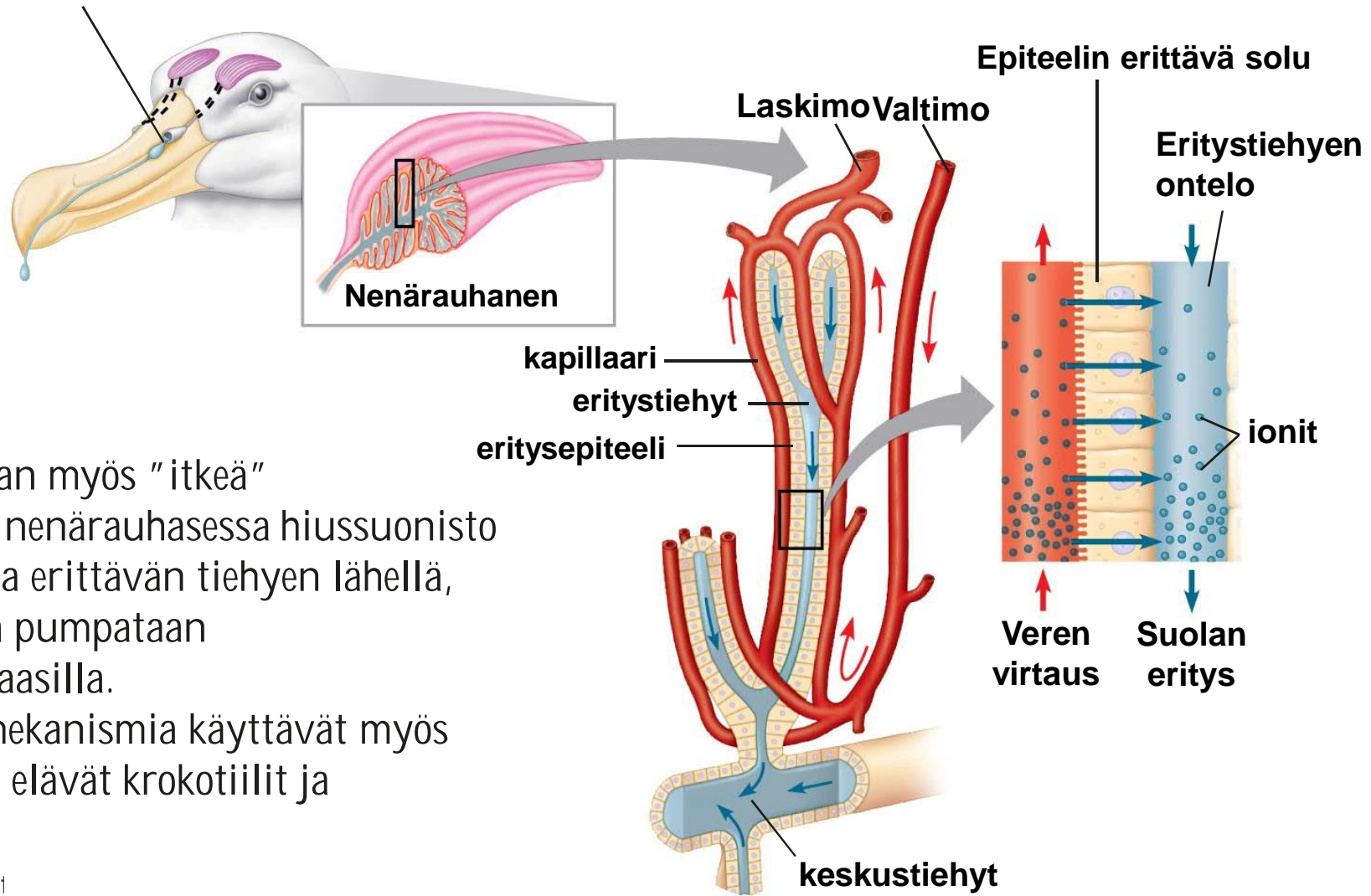
Lähes iso-osmoottisia meriveden kanssa

$[Na^+]_{hai} \neq [Na^+]_{meri}$
Tarvitaan aktiivista ionisäätelyä

Korkea [Na⁺], [Cl⁻] ja [UREA]

Trimetyyliaminioksidi
TMAO suojaa proteiineja urean denaturoivalta vaikutukselta

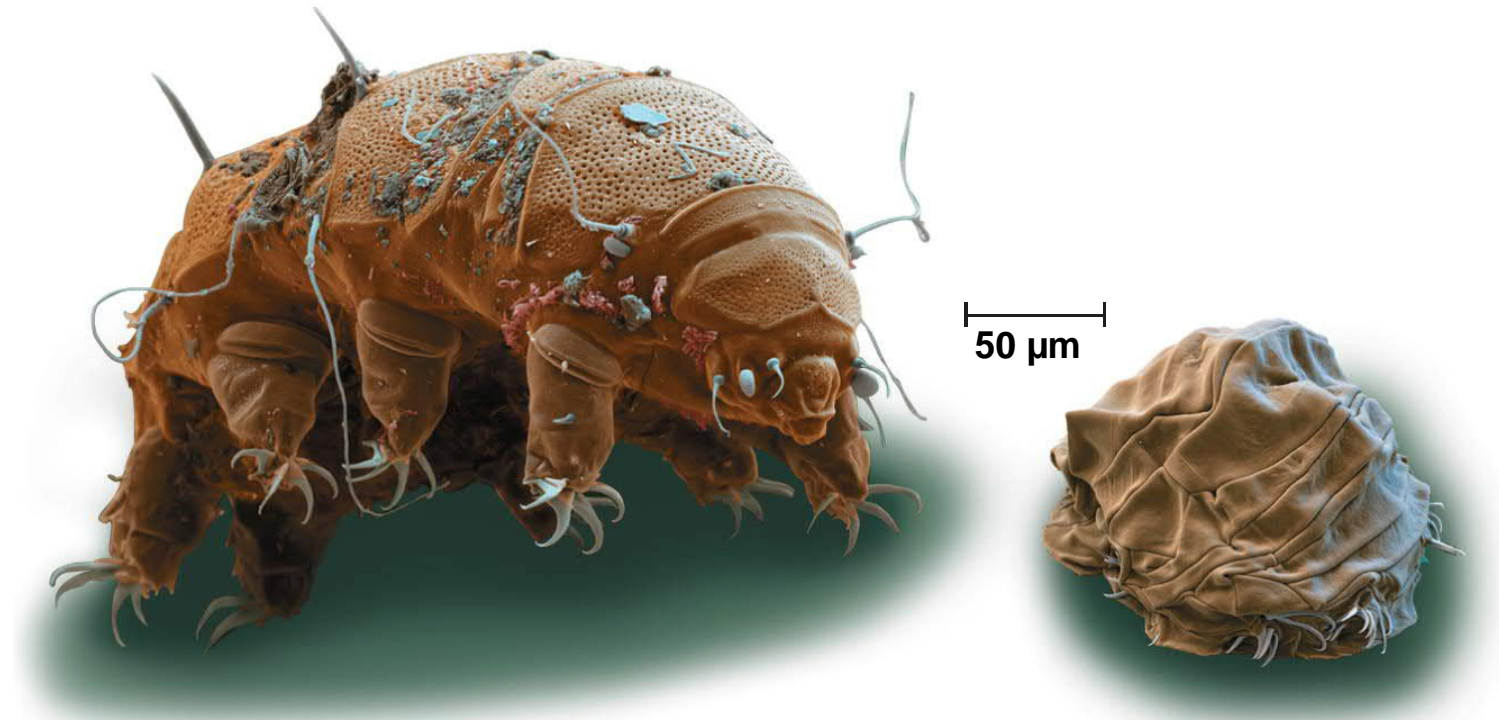
Albatrossin nenärauhanen



Suola voidaan myös "itkeä"
Albatrossin nenärauhassa hiussuonisto kulkee suolaa erittävän tiehyen lähellä, jolloin suola pumpataan Na^+/K^+ ATPaasilla.

Vastaavaa mekanismia käyttävät myös merivedessä elävät krokotiilit ja alligaattorit

Kuivumisen sieto (anhydrobioosi)



Karhukainen vedessä

Karhukainen kuivassa ympäristössä

Kiitos!



UNIVERSITY OF
EASTERN FINLAND

uef.fi



Eläinfysiologia ja histologia

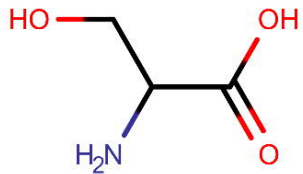
3122243 5 op

Tyypijätteet

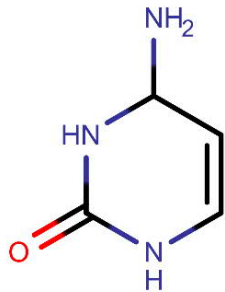
Vesa Paajanen

UEF // University of Eastern Finland

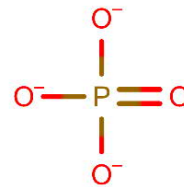
aminohapot



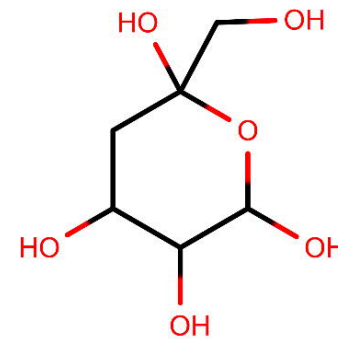
Nukleiinihappojen
typpiätkset



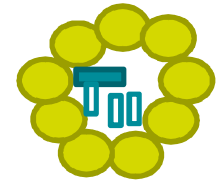
Nukleiinihappojen
fosfaattiryhmät



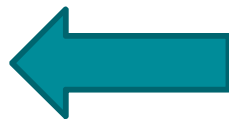
sokerit



sappisuolarakkulat



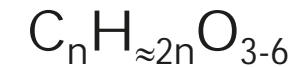
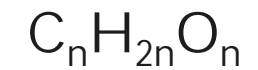
Typpiäte



Biomolekyylien rakennus



Sokeri ja
rasva-varastot



Typen erityismuodot

ammoniakki

Vesiliukoinen

Helposti eritettävissä

Hyvin myrkyllinen

urea

Vesiliukoinen

Syntesointi maksassa,
eritys munuaisissa

Vähän myrkyllinen

virtsaahappo

Huonosti
vesiliukoinen

Eritys vaatii vähän
vettä



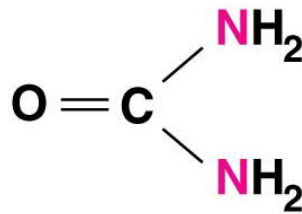
useimmat
vesieläimet,
kuten luukalat



Ammoniakki



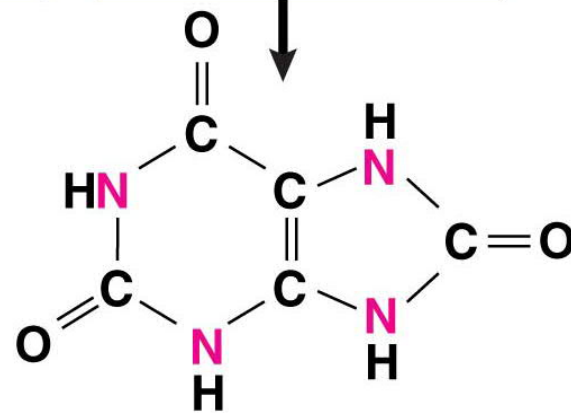
nisäkkäät, useimmat
sammakkoeläimet,
hait, jotkut
luukalat



Urea



monet matelijat,
linnut
hyönteiset,
maaetänat

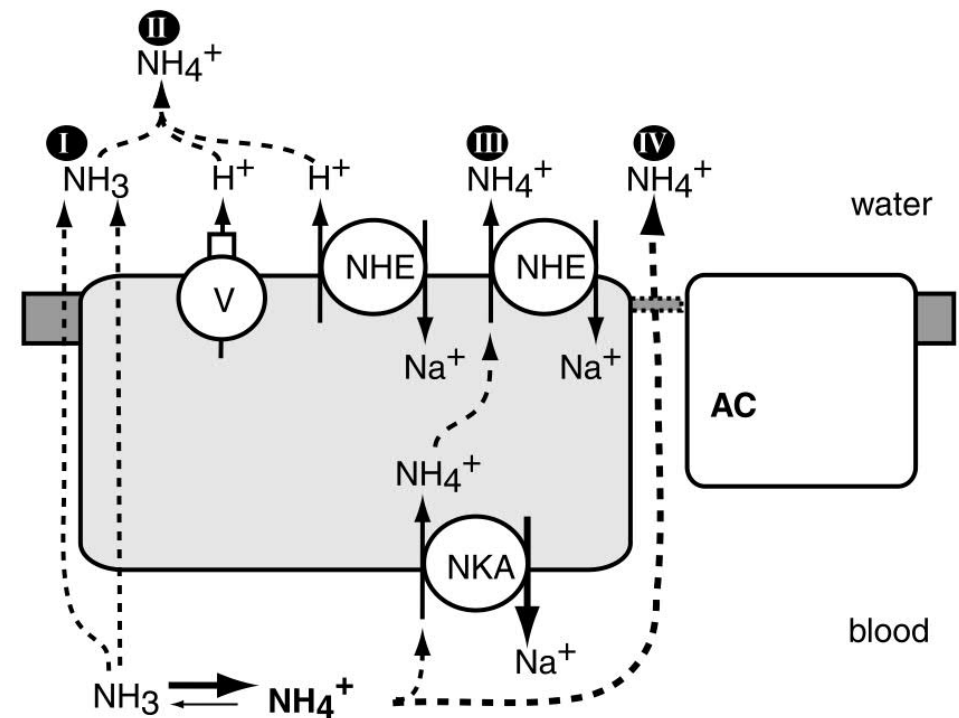


virtsaahappo

Ammoniakin erityys

Ammoniakki on paitsi vesiliukoinen, myös pieni molekyyli.

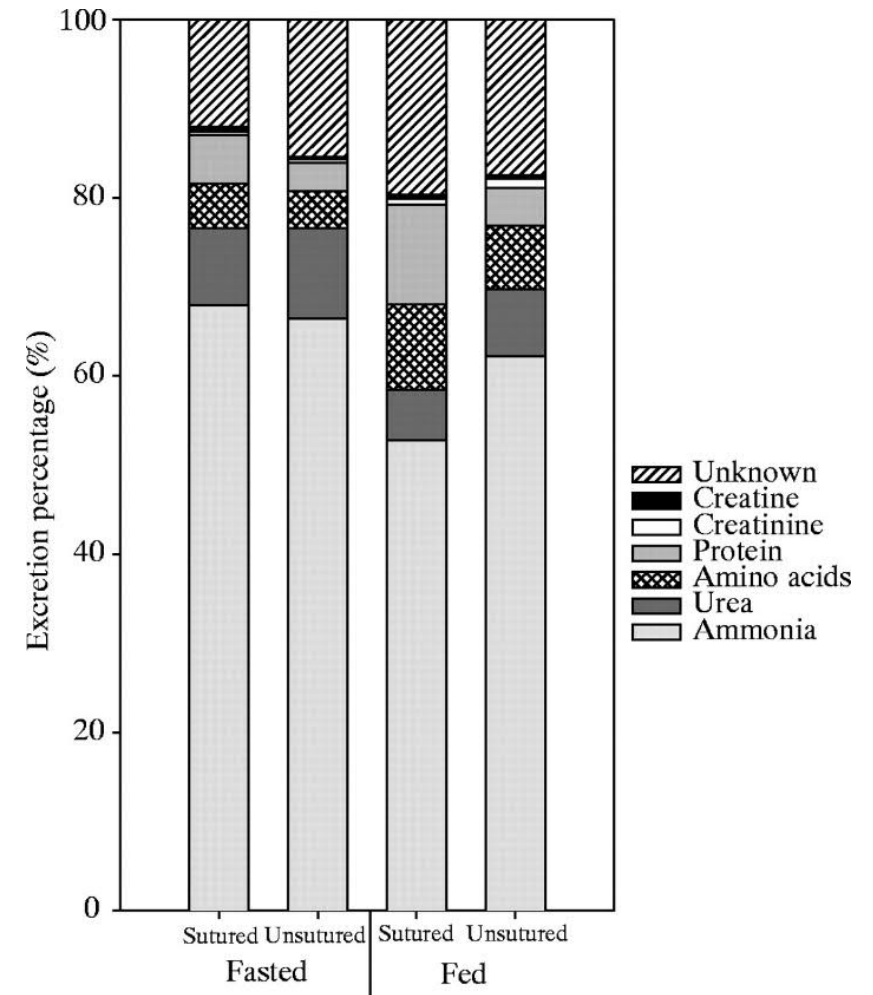
- Kuljetettavissa proteiinien sisällä ($\text{NH}_4^+/\text{Na}^+$ vaihdin NHA ja -pumppu NKA)
- Siirtyy luultavasti myös diffusiolla sekä varautumattomana (NH_3) että merikalojen epiteelissä varautuneena (NH_4^+)



Typpijätettä on useita

Myös luukalat erittävät myös muita typpiyhdisteitä ammoniakin lisäksi.

- Ammoniakin osuus 70 %
- Ruokinta ja peräaukon kirurginen sulkeminen vaikuttavat typpijätteen laatuun.



Kiitos!



UNIVERSITY OF
EASTERN FINLAND

uef.fi



Eläinfysiologia ja histologia

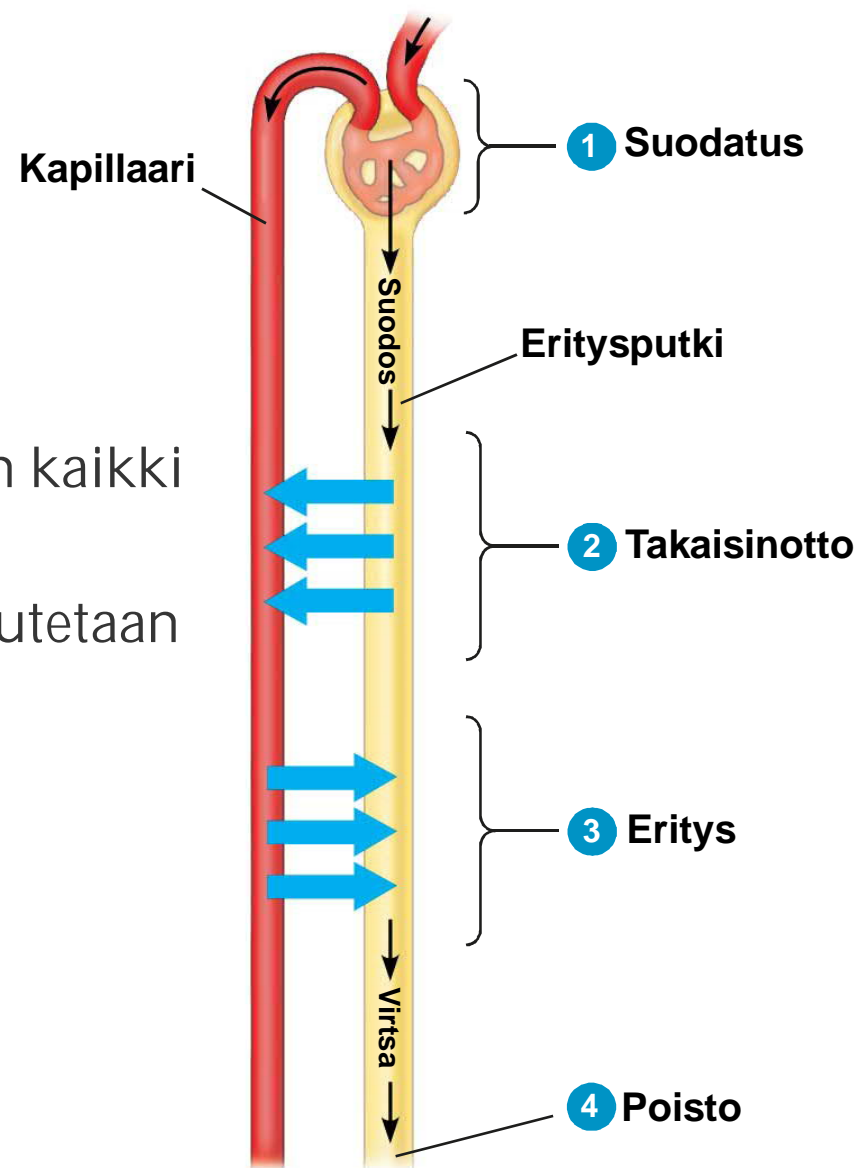
3122243 5 op

Kuona-aineiden erityys

Munuaisen toimintaperiaate

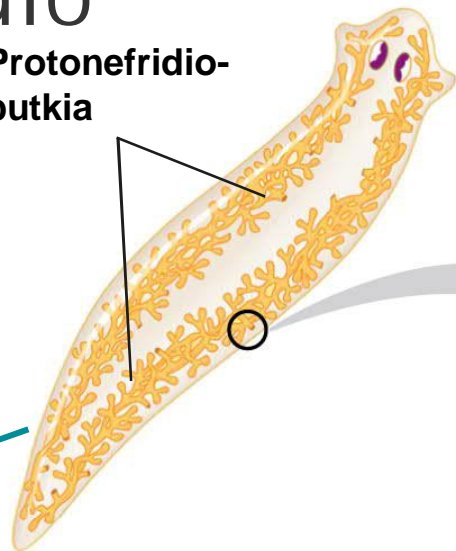
Munuaisen toiminnassa on 4 vaihetta:

1. Suodatus (mekaaninen siivilä, jolla eritetään kaikki vereen liuennut)
2. Takaisinotto (aktiivinen prosessi, jossa palautetaan verenkiertoon kaikki tarpeellinen)
3. Eritys (aktiivinen prosessi, jossa siirretään suodokseen eritettäviä aineita)
4. Poisto (kuona-aineiden erityys)



Protonefridio

Protonefridio-putkia



Laaka-madoilla ja rataseläimillä on protonefridiot, jotka osallistuvat vesitasapainon ylläpitoon

Laimaa neste poistuu nefridioaukosta ja eritetään suuaukon kautta

Neste tiikuu tiehyeen poimujen kautta

Liekkihattu

Soluvälineste

Korkki-solu

ripsi

putki-solu

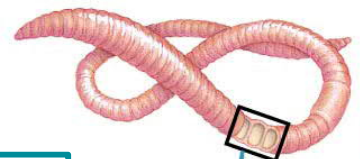
putki

nefridioaukko

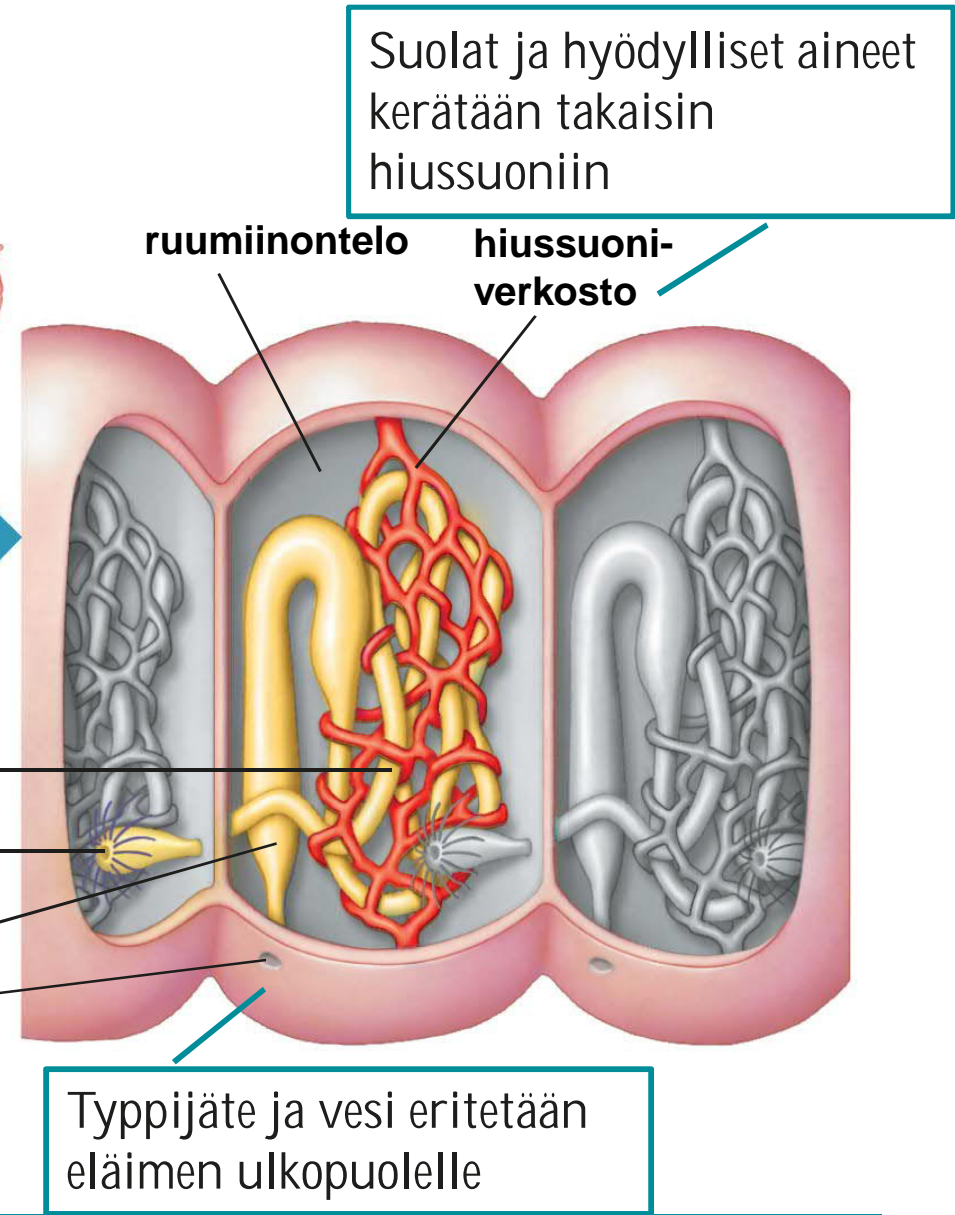
Metanefridio

Kastemadon jokaisessa jaokkeessa on metanefridio

Avopäinen suppilo (nefrosomi) kerää nestettä ruumiinontelosta munuaiseen



kokoojaputki
nefrosomi
rakko
nefridiaukko



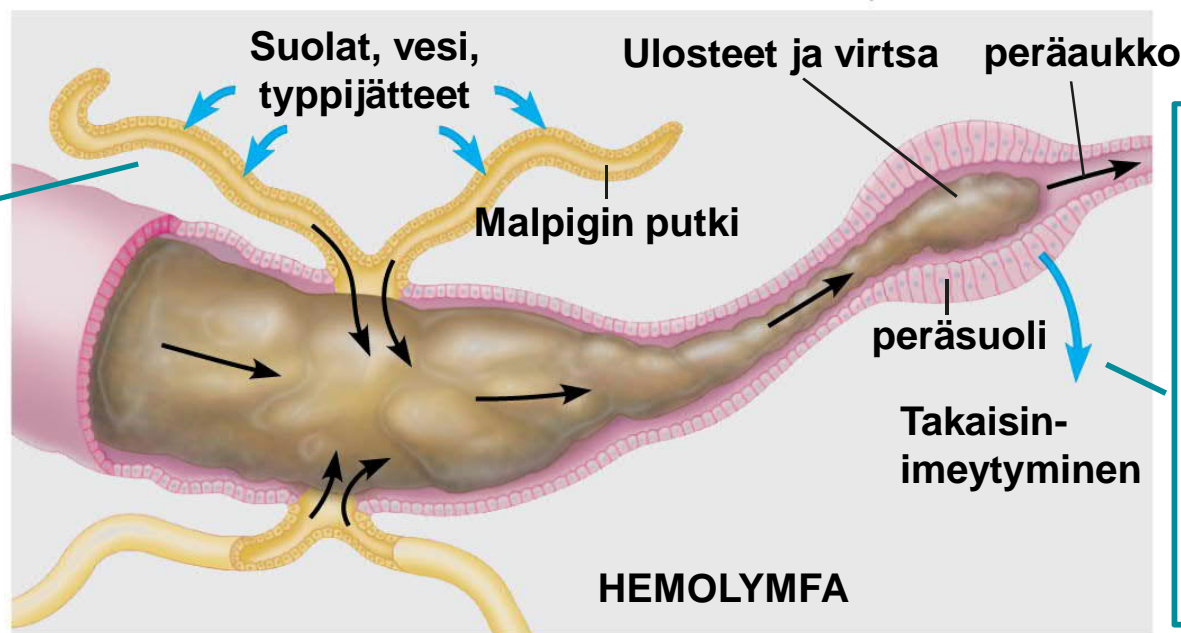
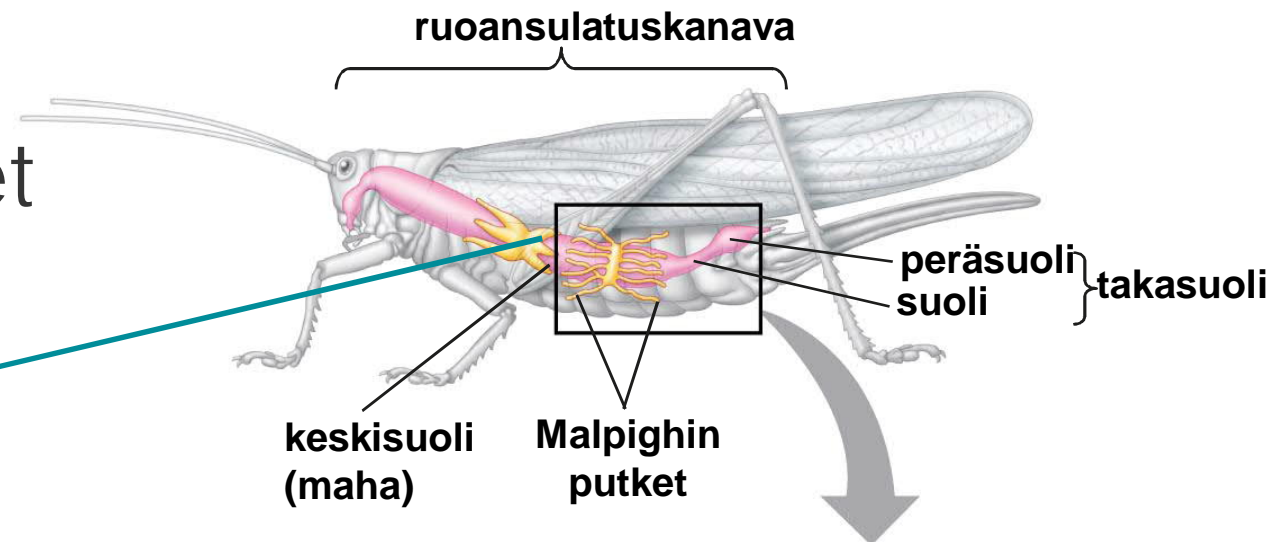
Suolat ja hyödylliset aineet kerätään takaisin hiussuoniin

Typpijäte ja vesi eritetään eläimen ulkopuolelle

Malpighin putket

Niveljalkaisilla ja hyönteisillä on suolistoon yhtyvät Malpighin putket

Typpijätteet siirretään putkiin, jolloin vesi seuraa osmoottisesti perässä

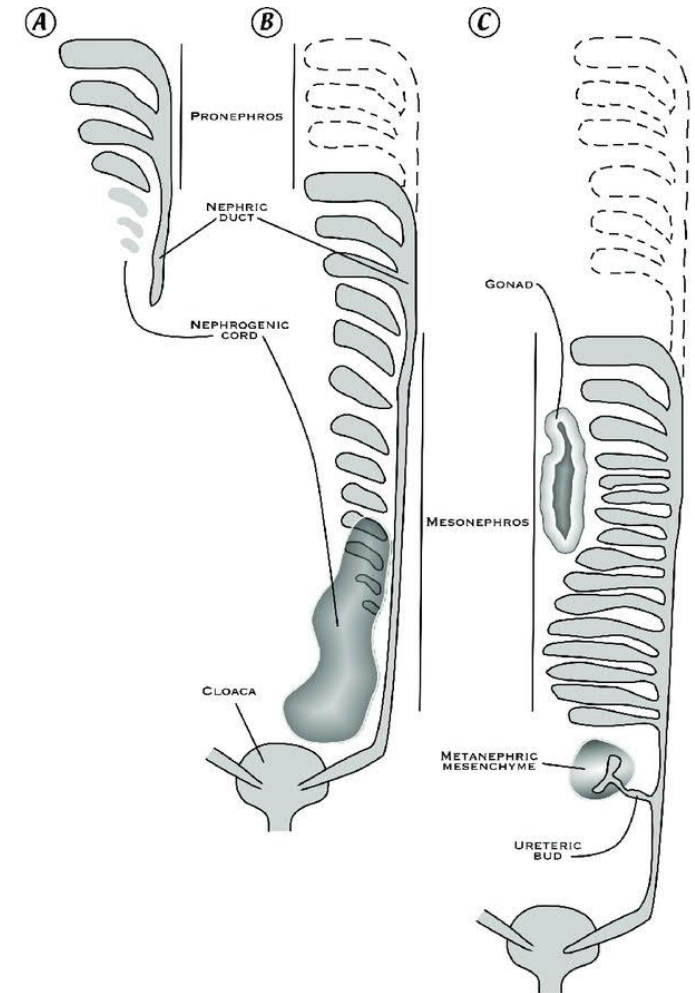


Vesi, suolat ja tarpeelliset orgaaniset aineet otetaan takaisin elion käyttöön peräsuolessa.

Selkärankaisten esimunuaiset

Protonefridio ja metanefridio menevät termeinä helposti sekaisin selkärankaisten esimunuaisten kanssa

- Pronefros, lyhyt viemärisuoleen tyhjenevä munuainen, toimii aikuisena nahkiaisella
- Mesonefros, edellistä pidempi viemärisuoleen tyhjenevä munuainen, toimii aikuisena kaloilla ja sammakkoeläimillä
- Metanefros, lopullisen munuaisen aihio, samalla muodostuu virtsatiet



Kiitos!



UNIVERSITY OF
EASTERN FINLAND

uef.fi

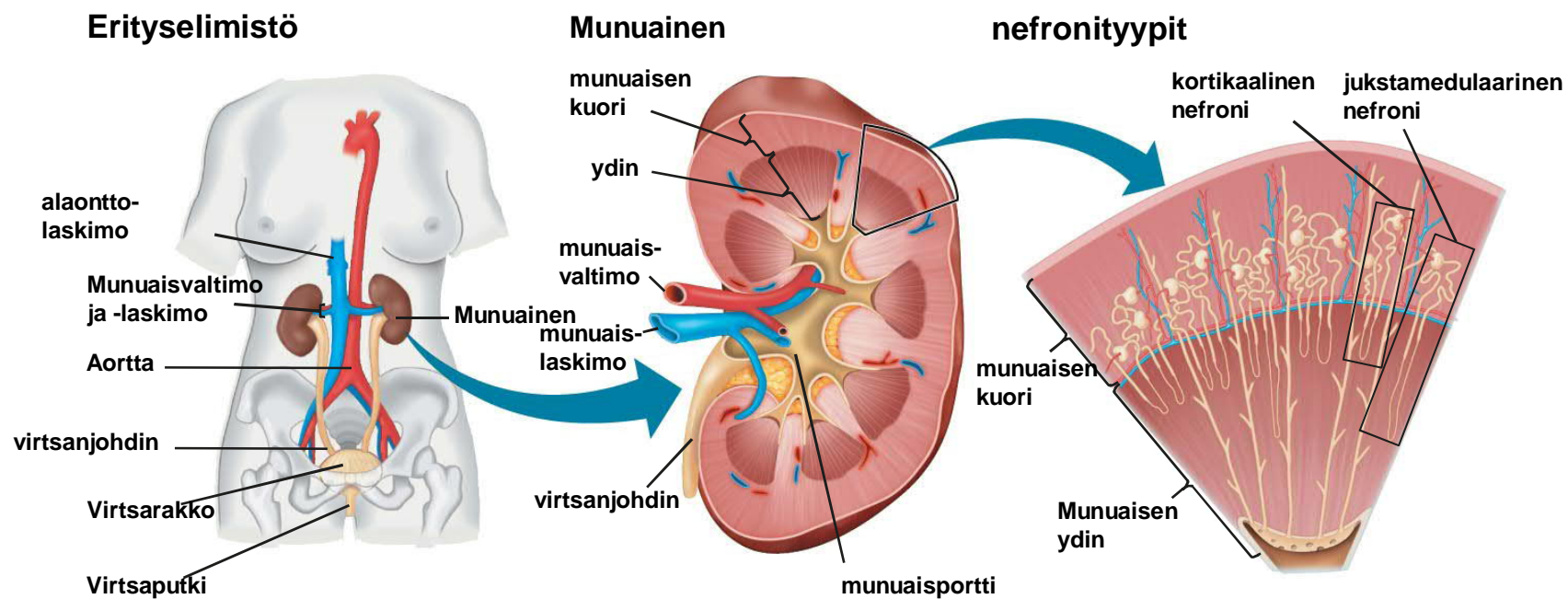


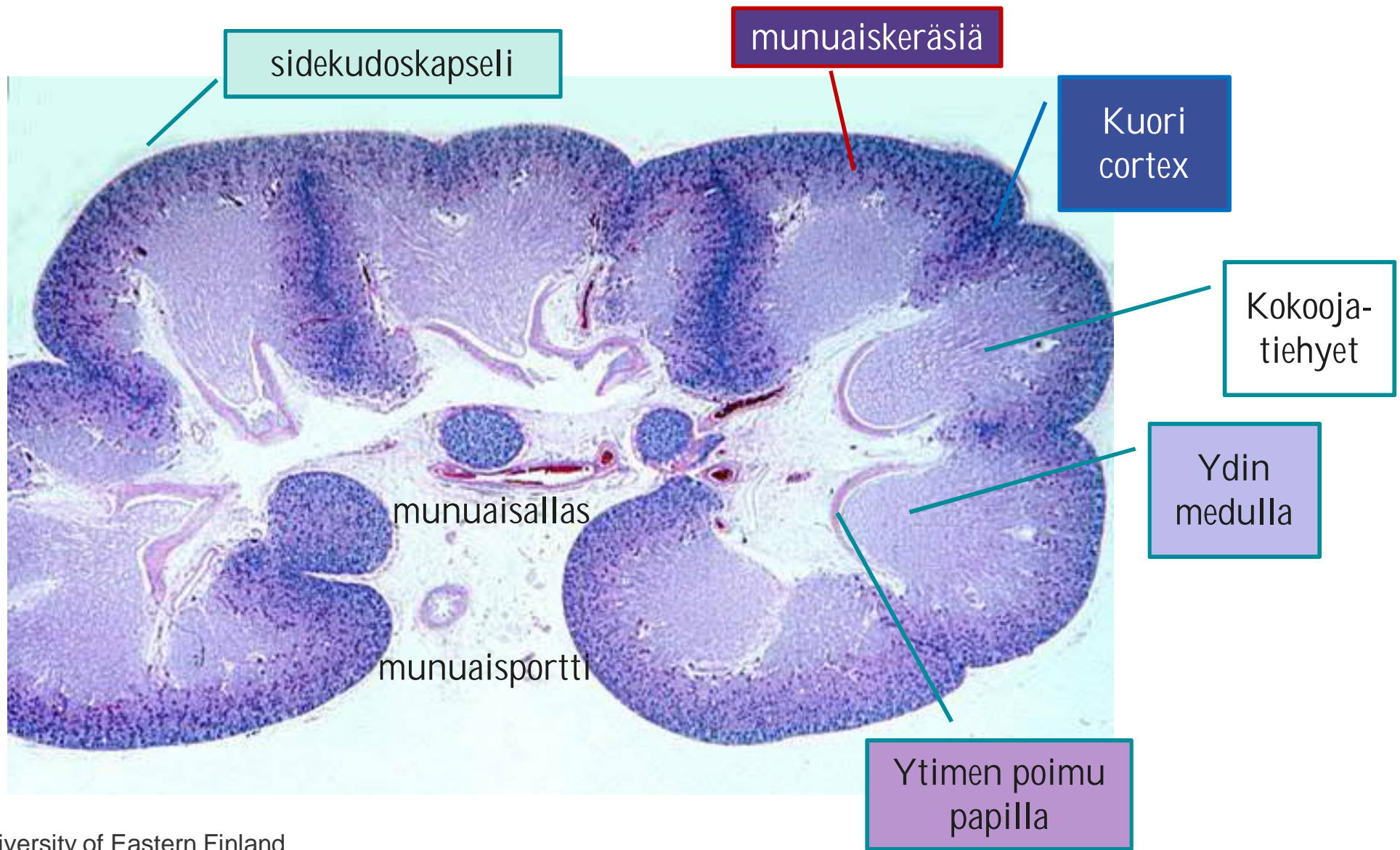
Eläinfysiologia ja histologia

3122243 5 op

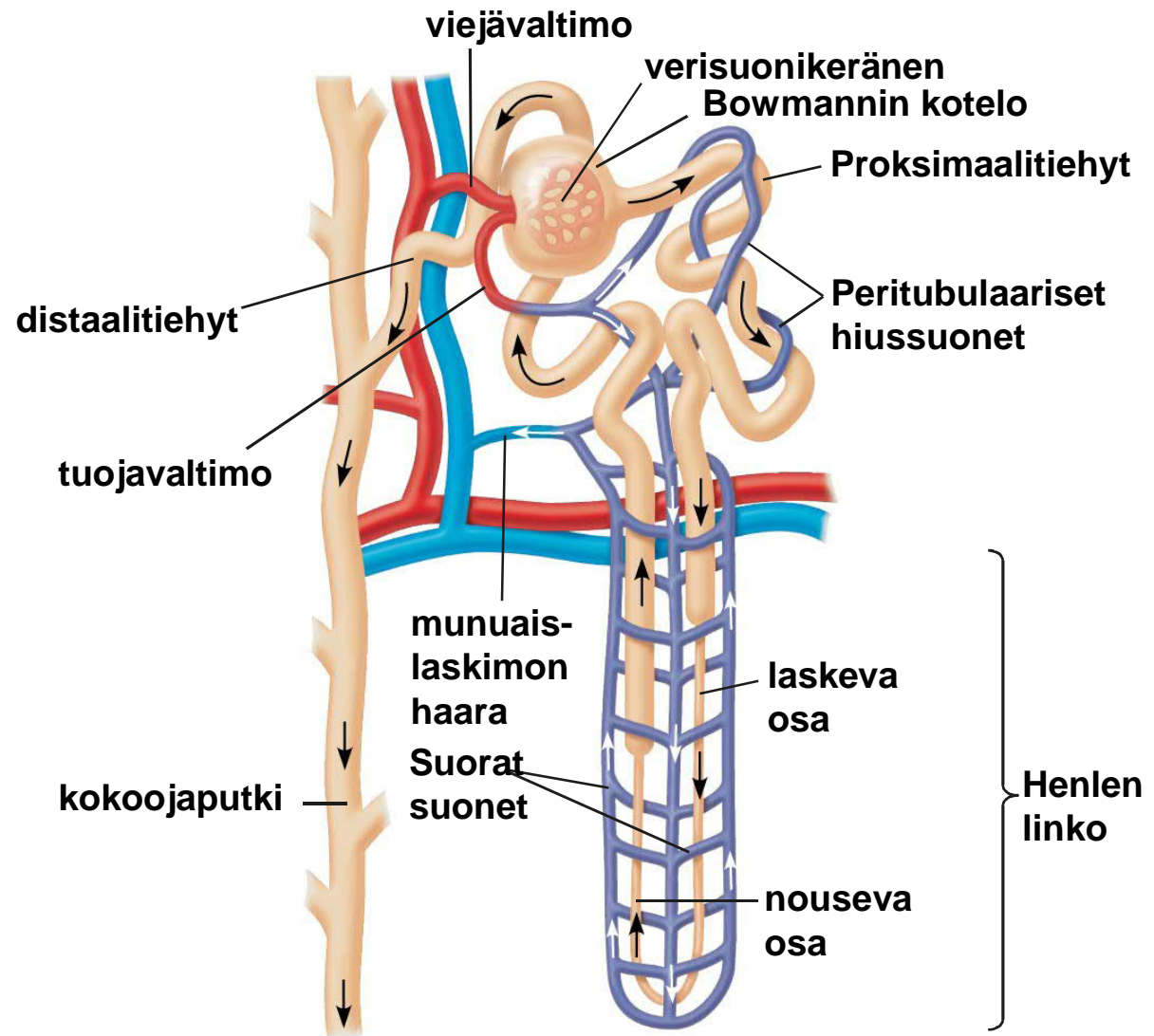
Munuainen, suodatus

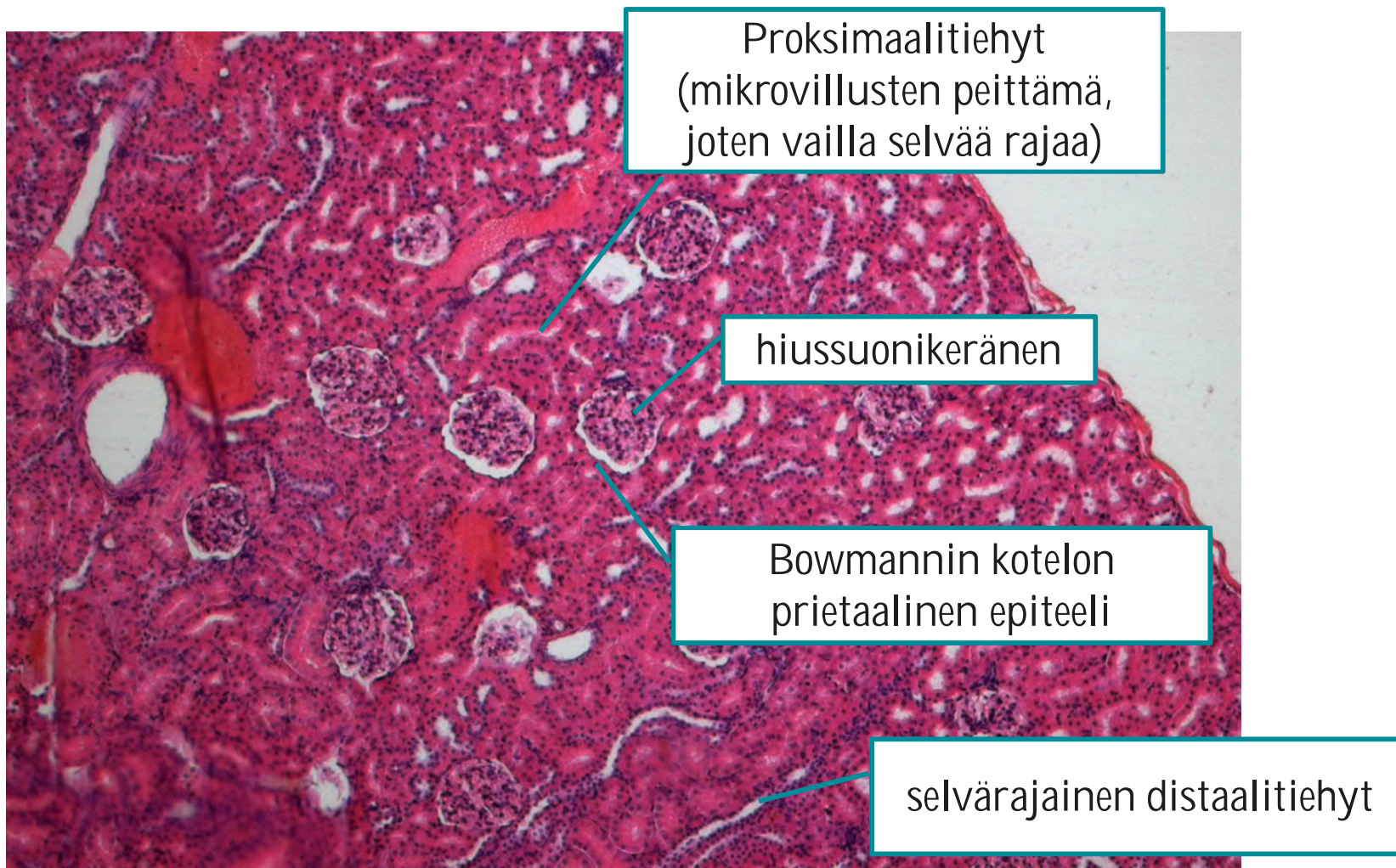
Erityselimestö





Nefronin osat





Munuaisten verisuonet

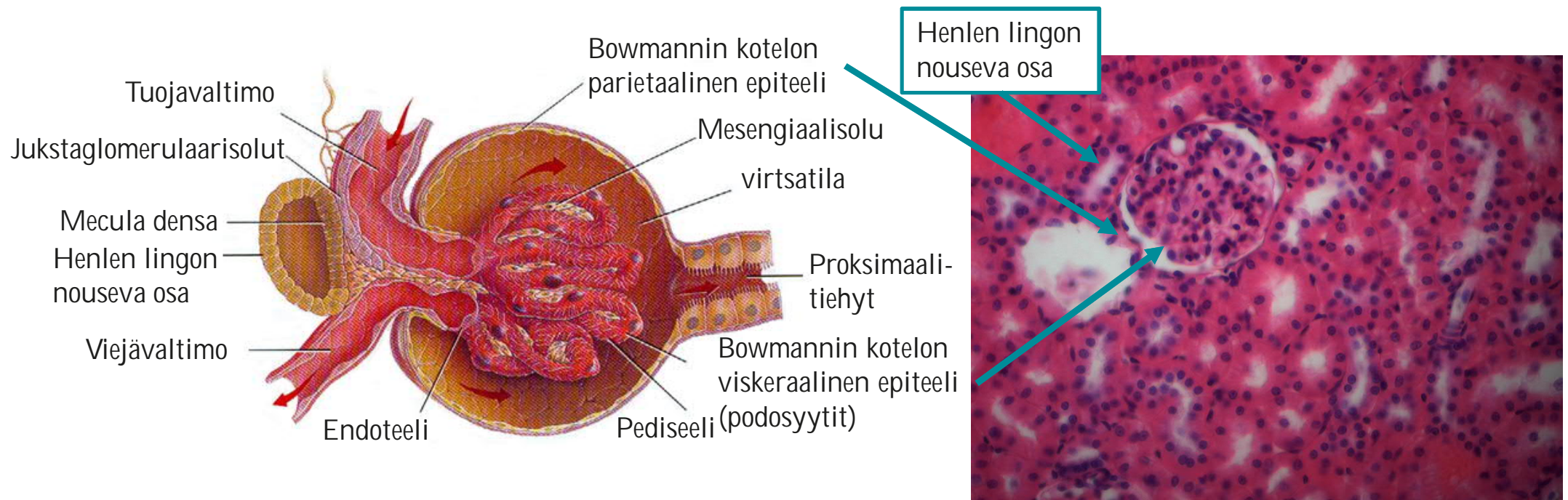
Munuainen suodattaa verta munuaiskeräsen avulla.

- Keräsessä hiussuonen epiteeli on huokoista, jolloin vereen liuenneet aineet pääsevät suodattumaan epiteelisolujen raoista
- Keräsessä on kuitenkin kerroksia, jotka estävät proteiinien ja muiden makromolekyylien suodattumista.



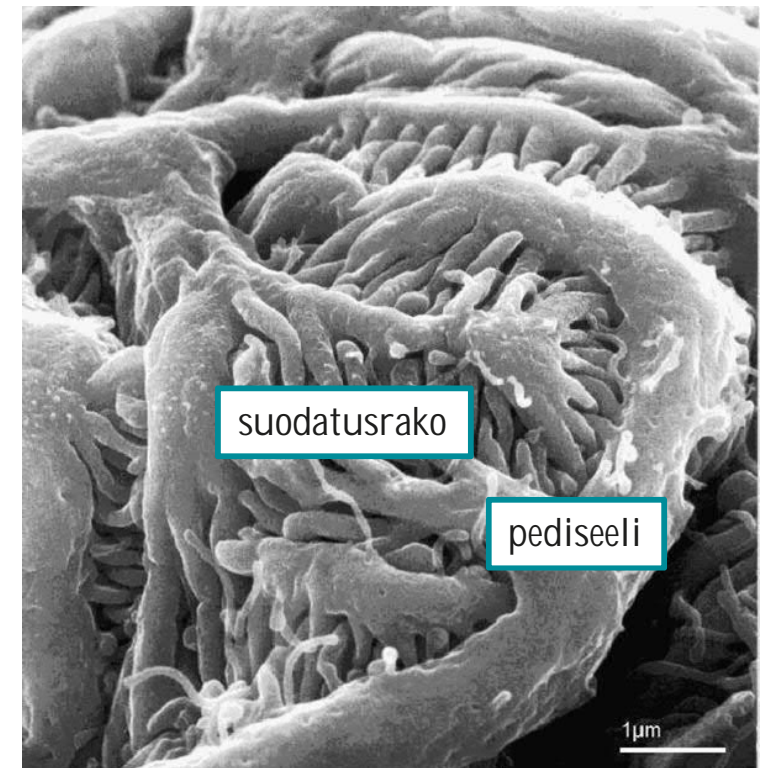
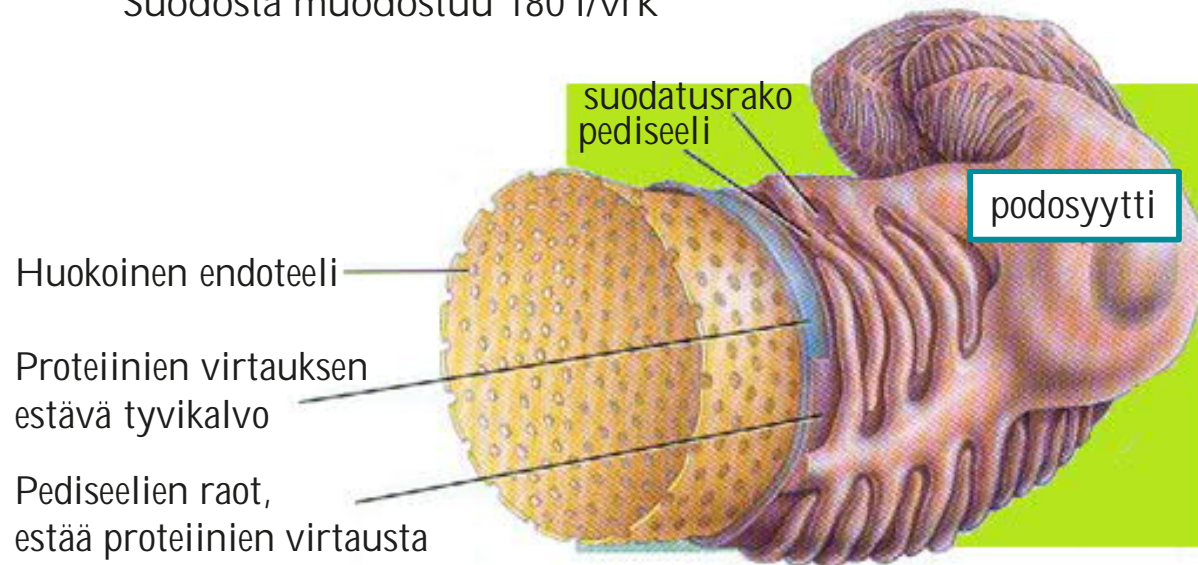
Ohuet valtimot ja hiussuonet punainen, hiussuonikeräsen keltainen

Bowmannin kotelo

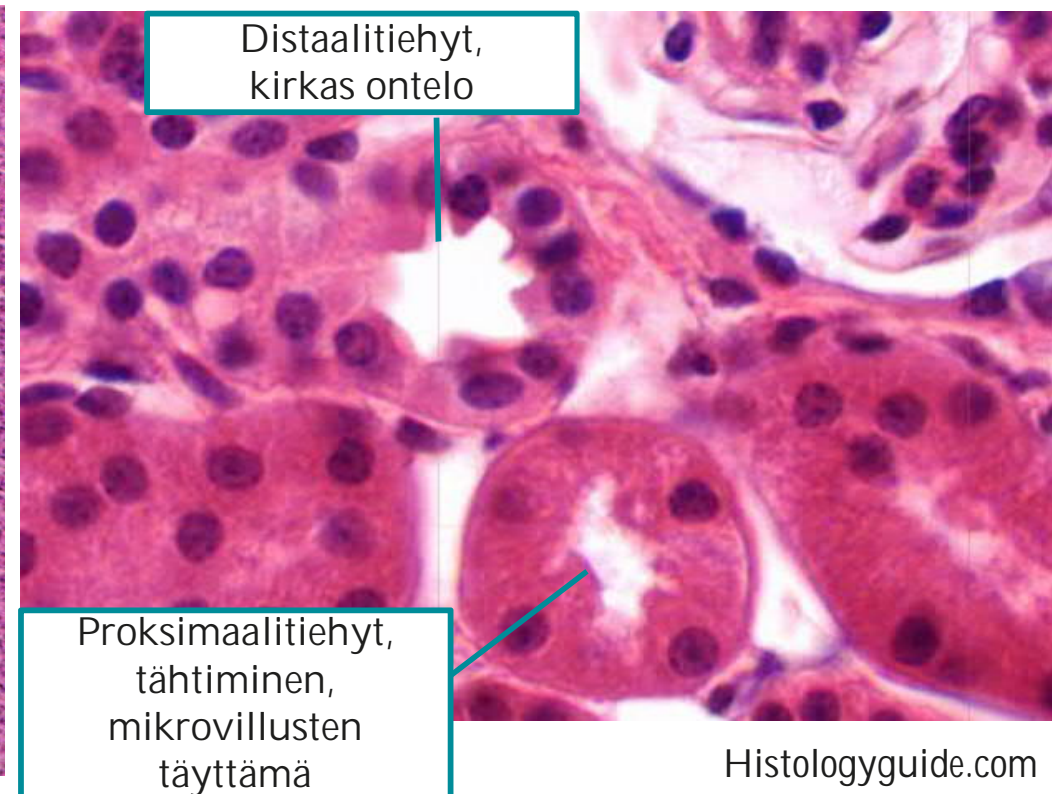
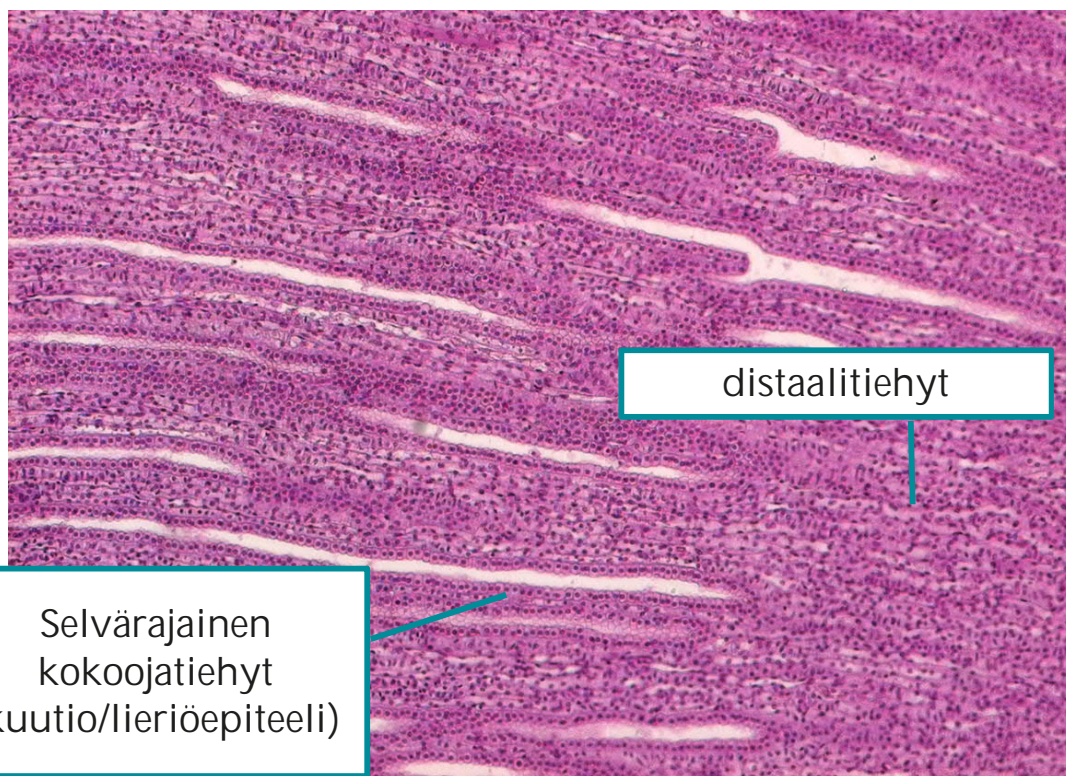


Moninkertainen suodatus

Suodosta muodostuu 180 l/vrk



Munuaisen putkistot



Histologyguide.com

Kiitos!



UNIVERSITY OF
EASTERN FINLAND

uef.fi



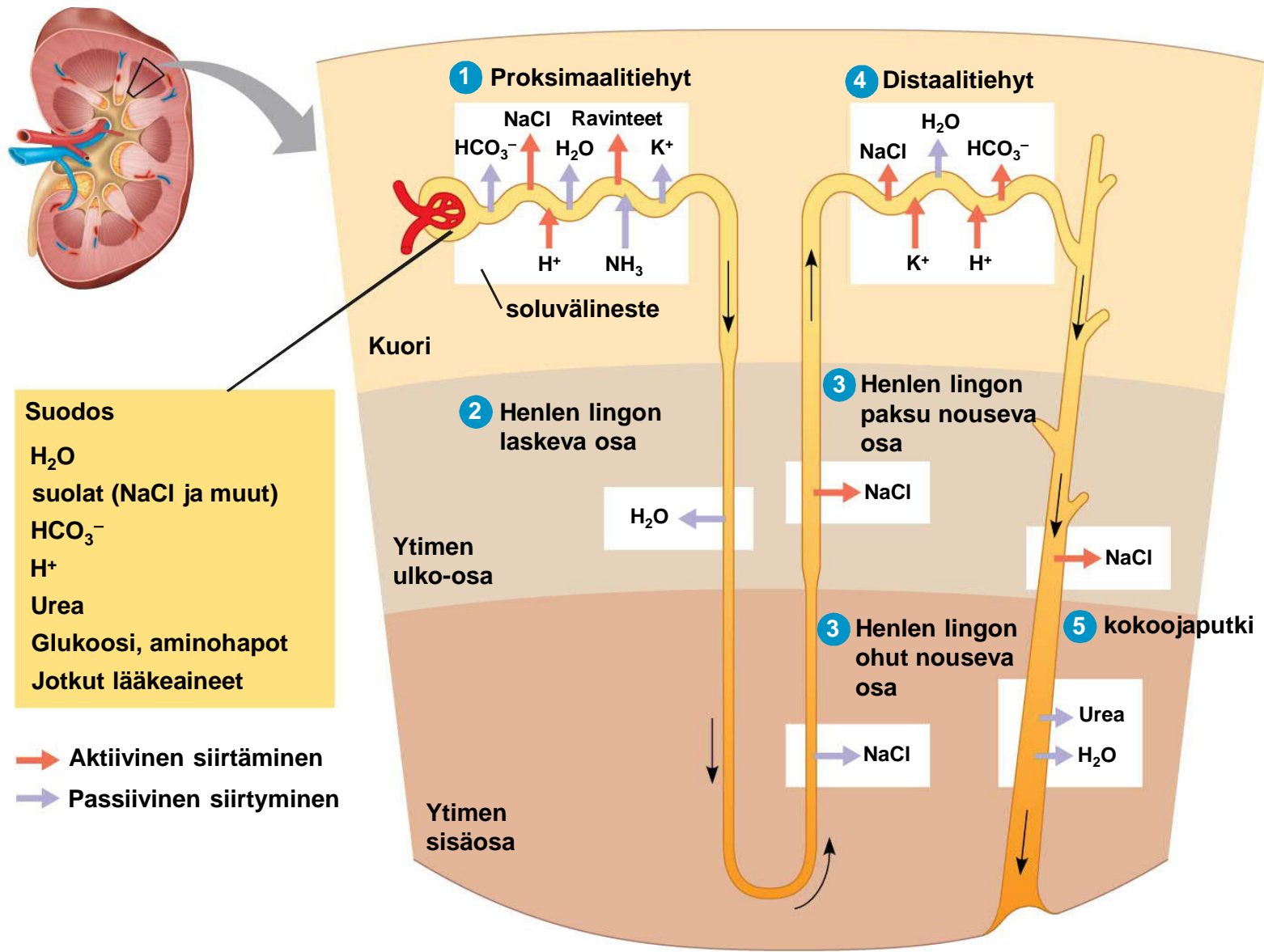
Eläinfysiologia ja histologia

3122243 5 op

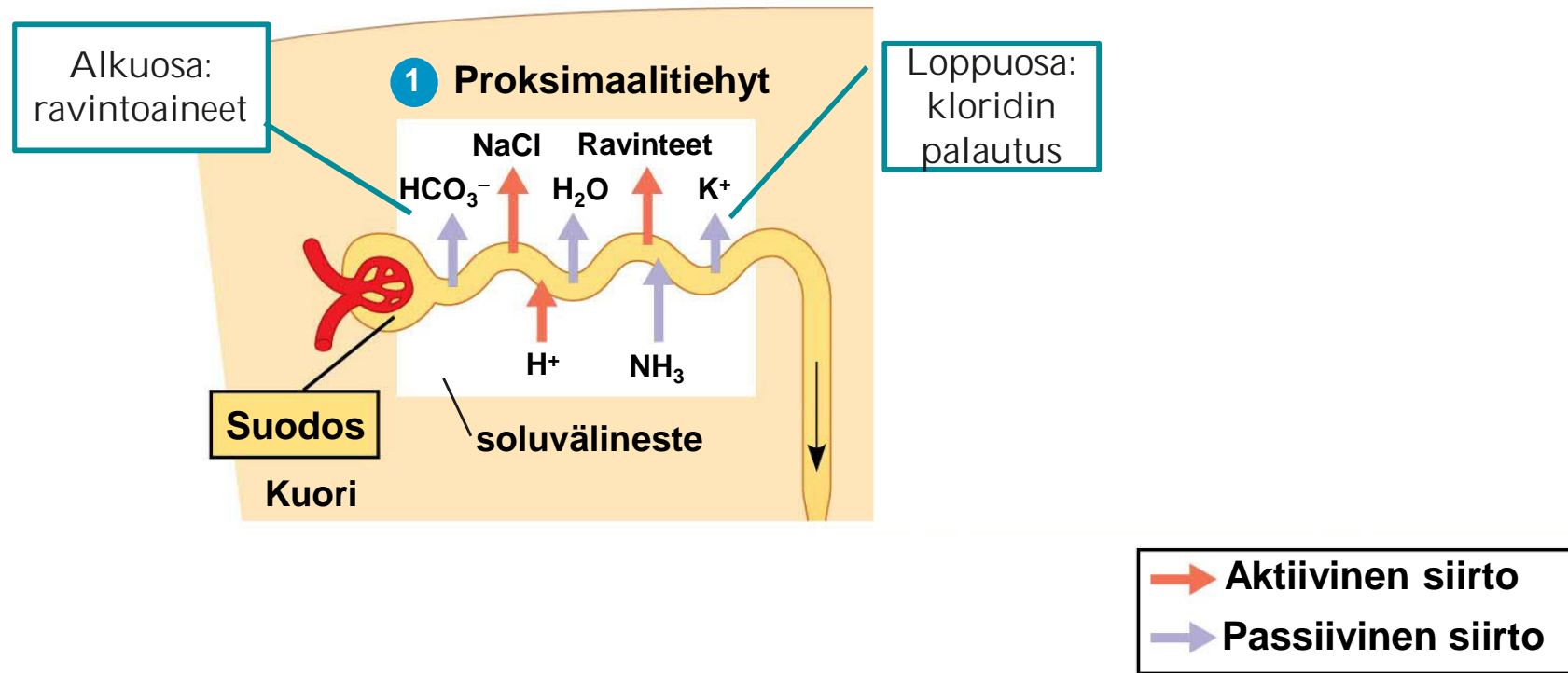
Munuainen, takaisinkeruu ja erityys

Vesa Paajanen

UEF // University of Eastern Finland



Proksimaalitiehyt



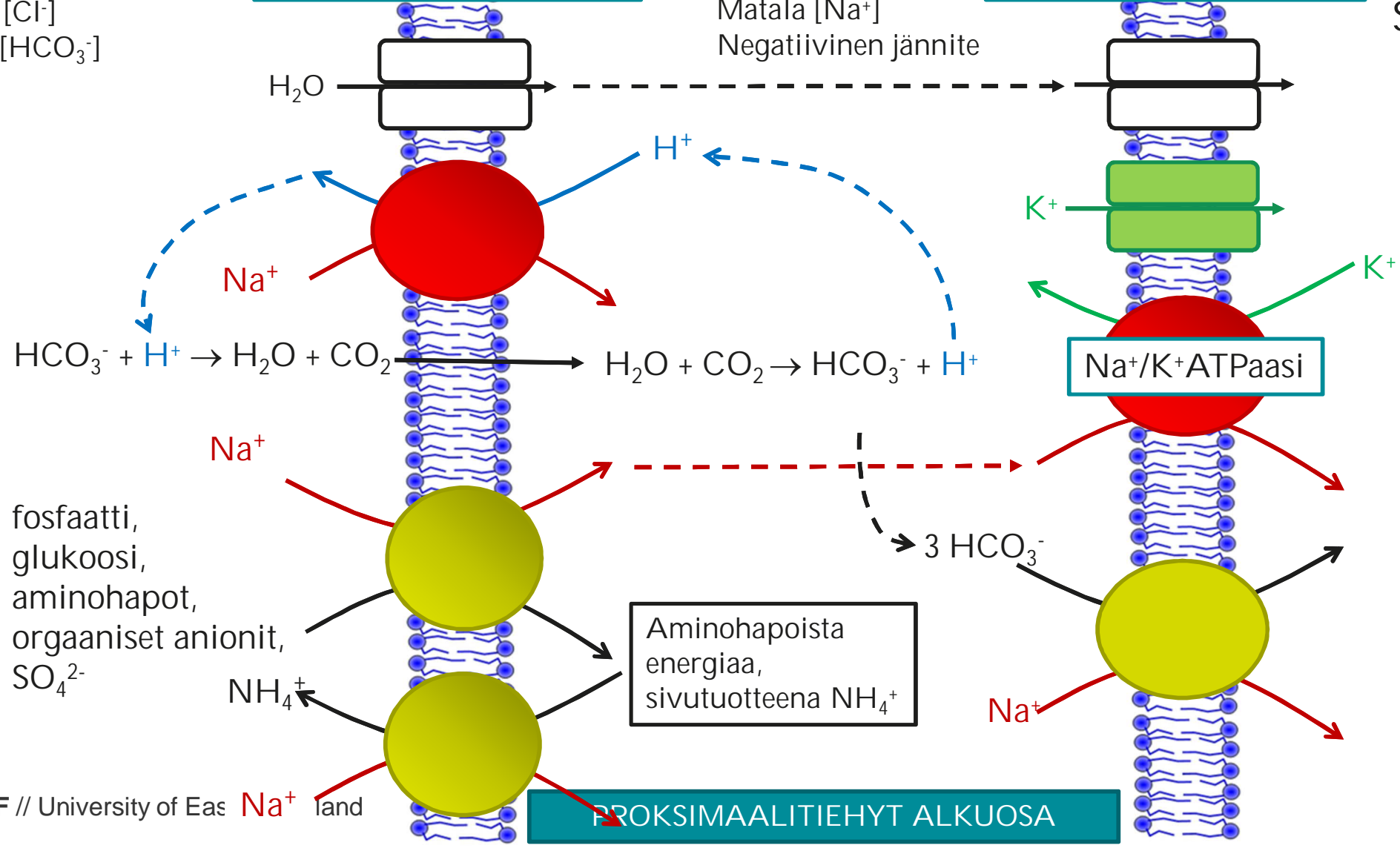
SUODOS
Korkea [Cl⁻]
Matala [HCO₃⁻]

APIKAALIKALVO

EPITEELISOLU
Matala [Na⁺]
Negatiivinen jännite

BASAALIKALVO

VERI-SUONI



SUODOS
Korkea [Cl⁻]
Matala [HCO₃⁻]

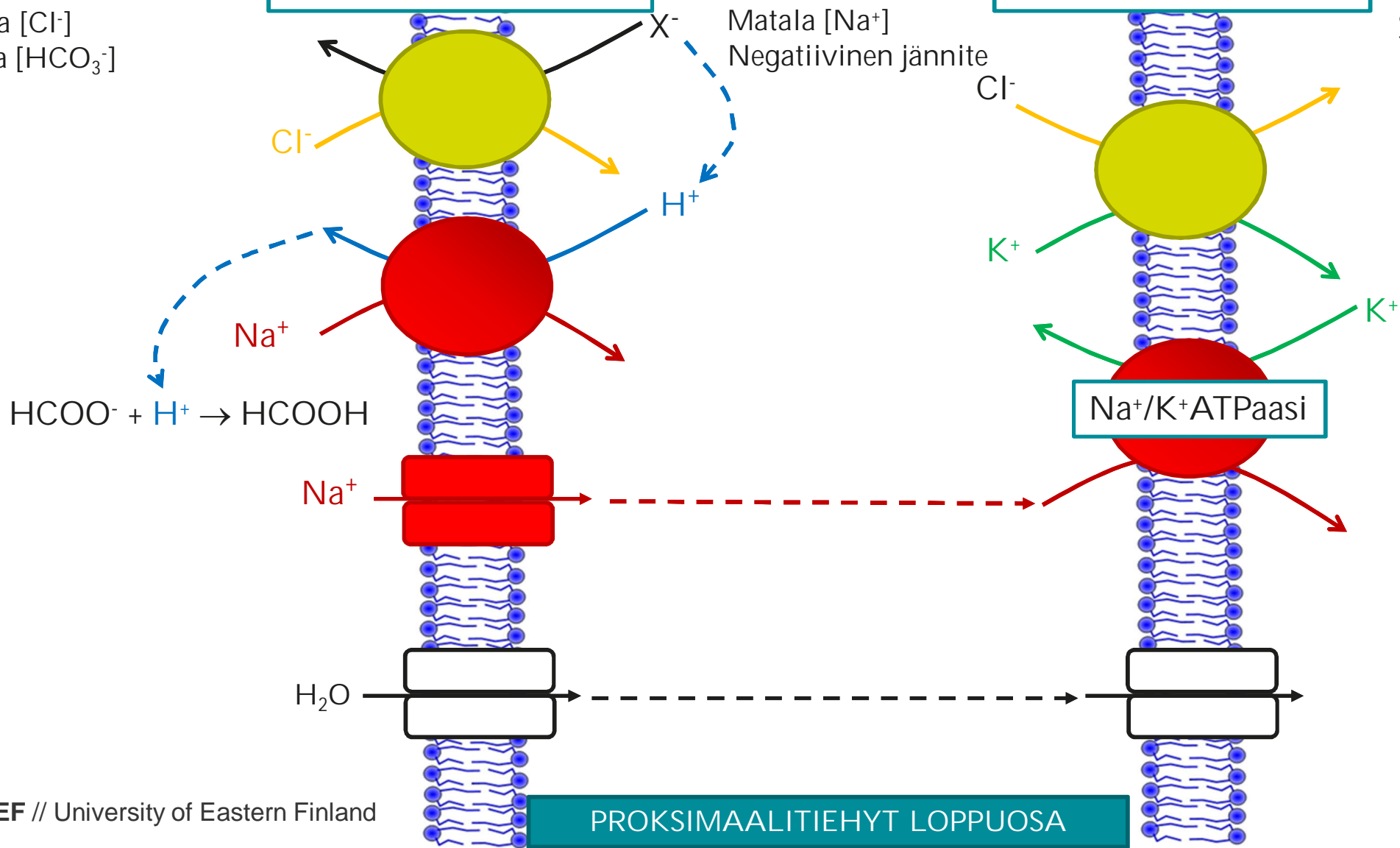
APIKAALIKALVO

EPITEELISOLU

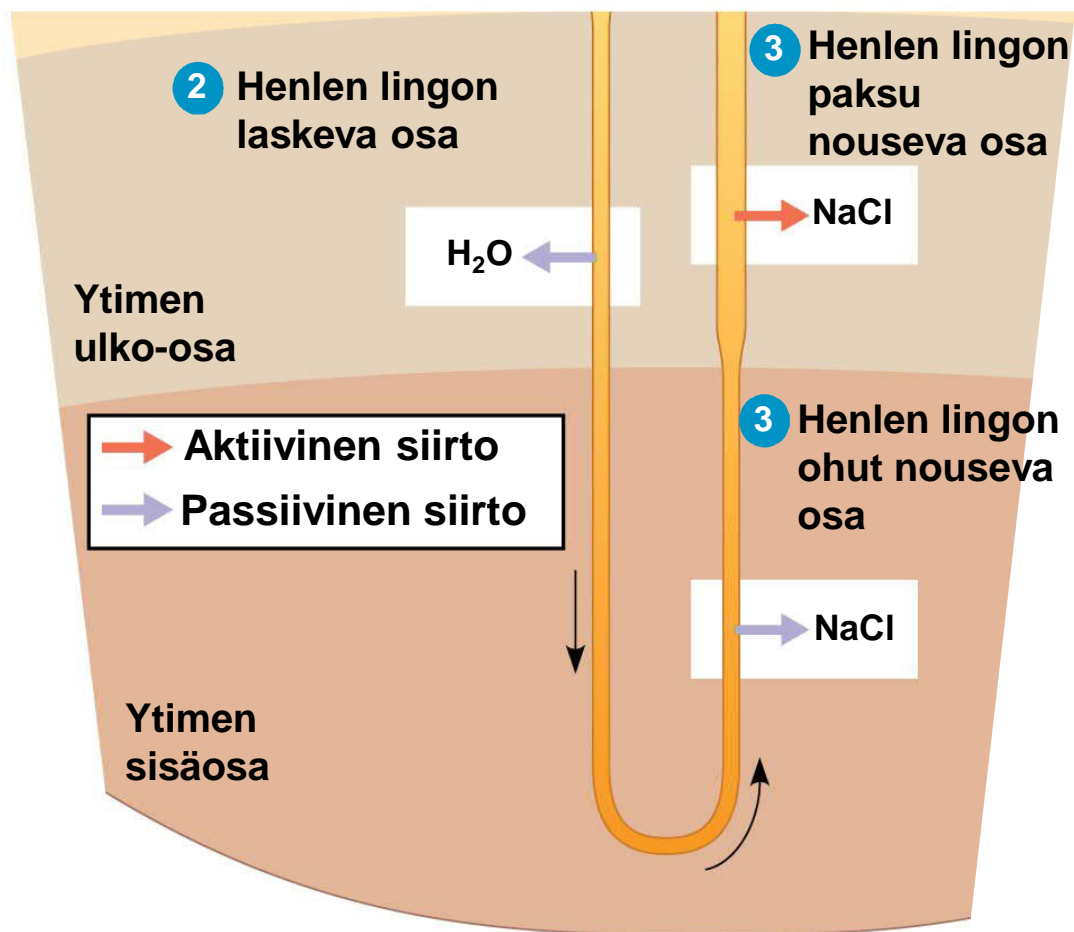
BASAALIKALVO

VERI-
SUONI

Matala [Na⁺]
Negatiivinen jännite



Henlen linko



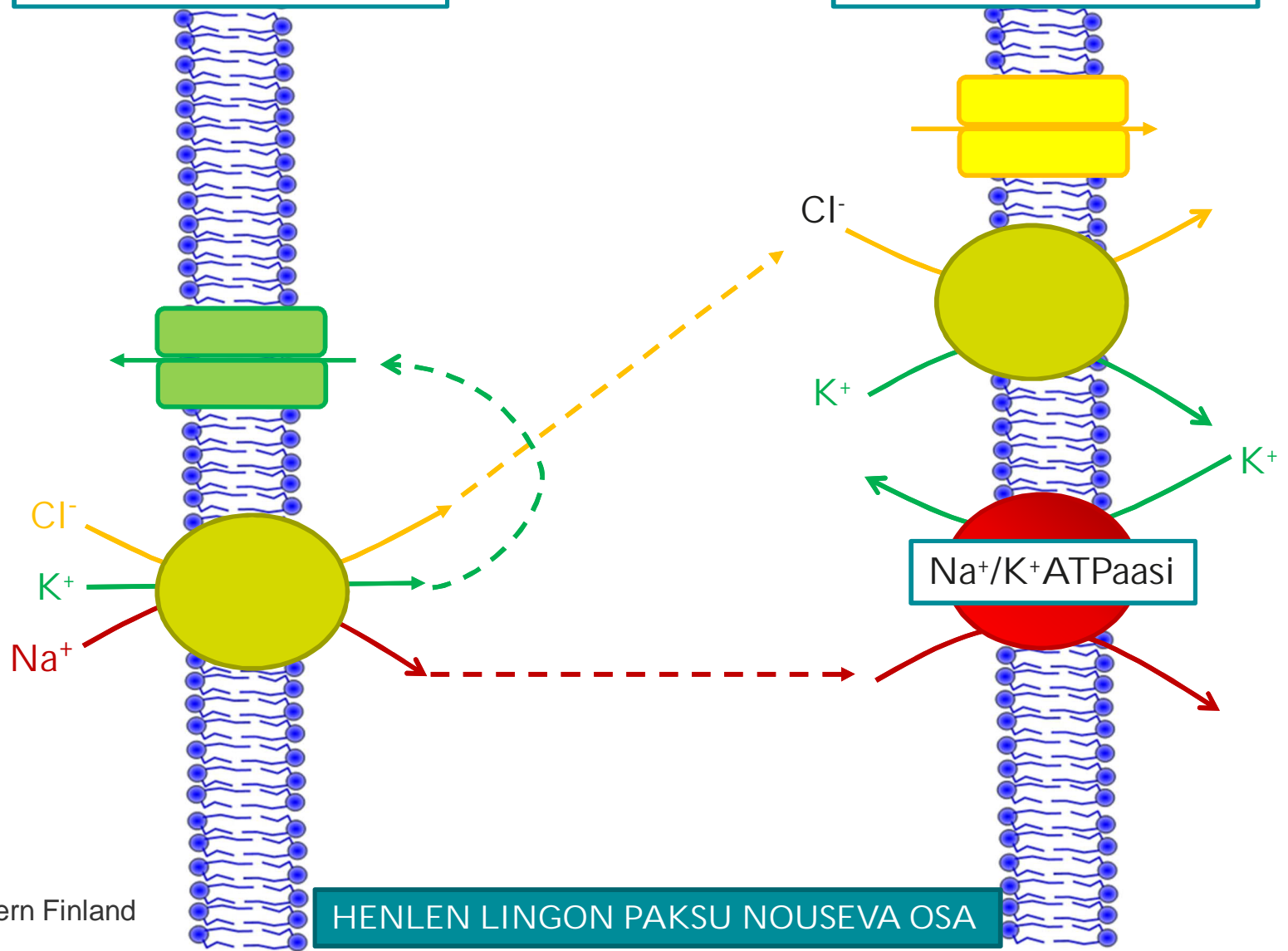
SUODOS

APIKAALIKALVO

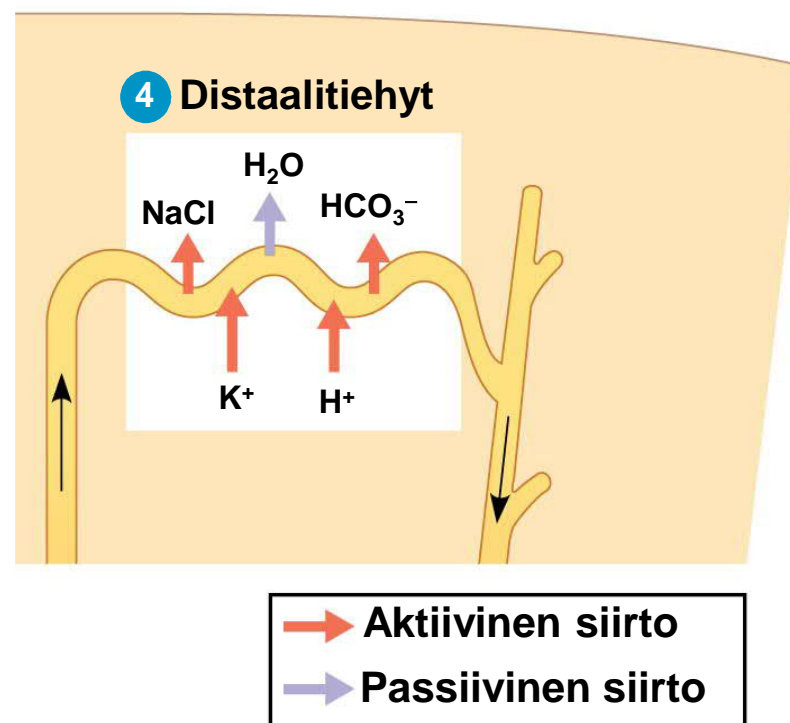
EPITEELISOLU

BASAALIKALVO

VERI-SUONI



Distaalitiehyt



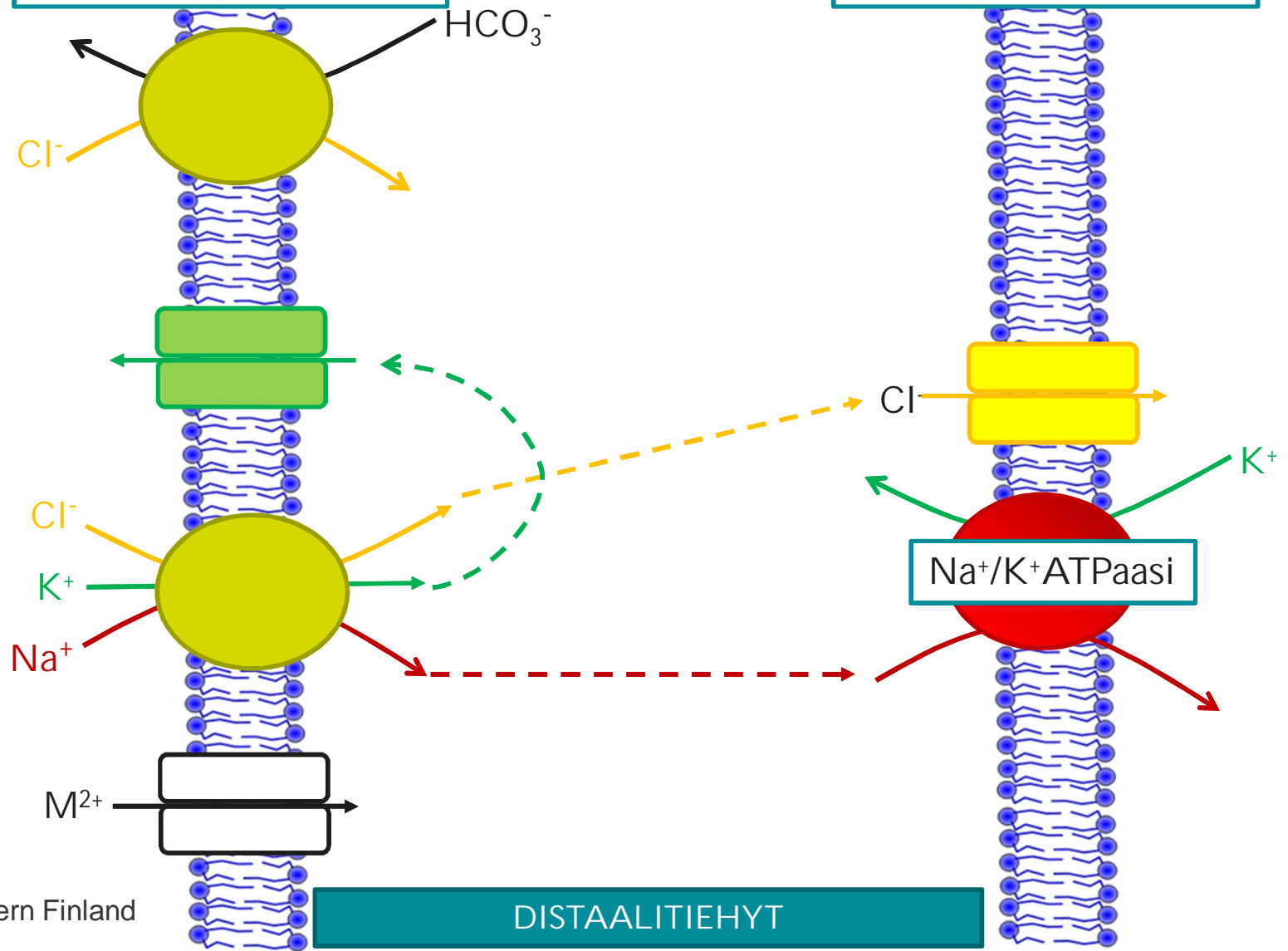
SUODOS

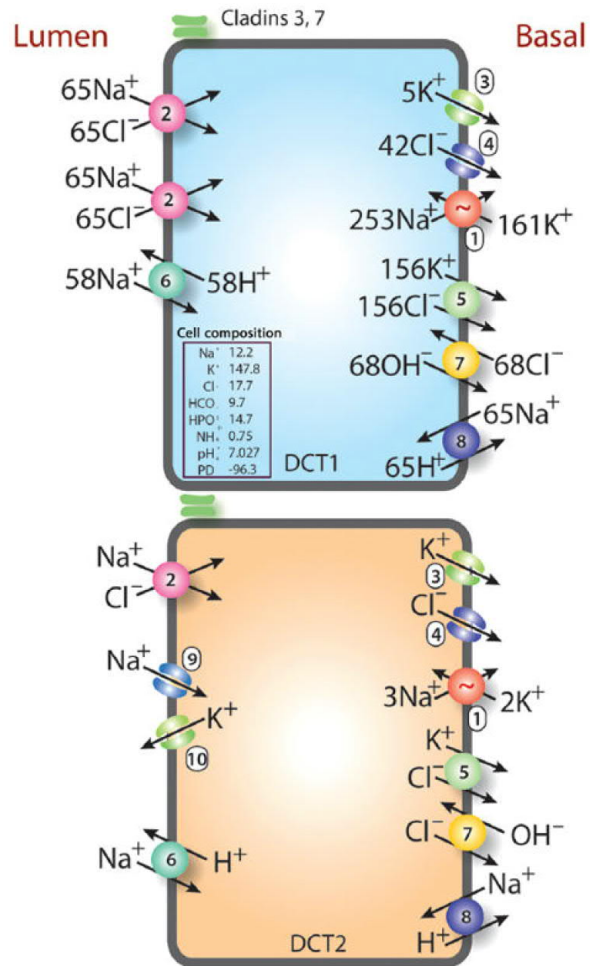
APIKAALIKALVO

EPITEELISOLU

BASAALIKALVO

VERI-SUONI





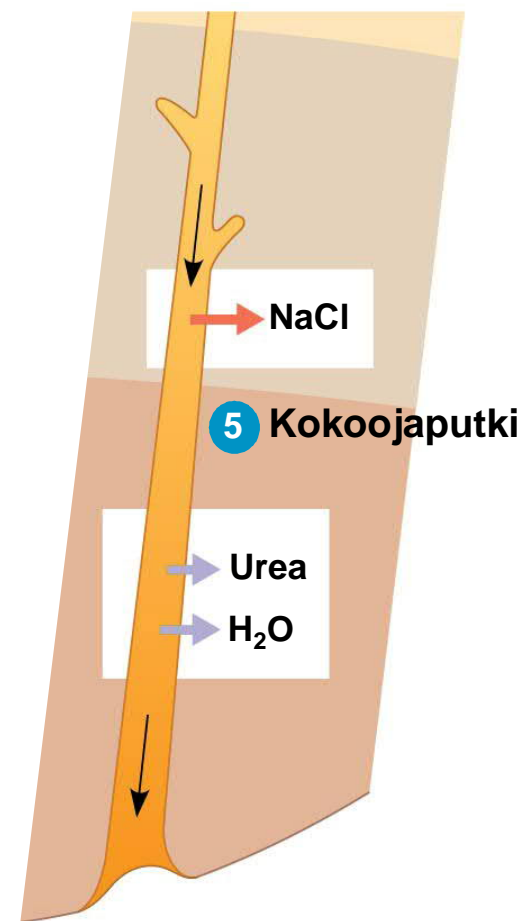
Predominant transported ions

NaCl	NaCl	Na ⁺ /H ⁺
Na ⁺ /H ⁺	Na ⁺ /H ⁺	Na ⁺ /H ⁺
Mg ²⁺	Na ⁺ /K ⁺	Na ⁺ /K ⁺
	Mg ²⁺	Ca ²⁺
	Ca ²⁺	Ca ²⁺

Cell type	DCT1	DCT2	CNT
Apical	NCC	NCC	ENaC
	NHE2	NHE2	NHE2
	TrpM6	TrpM6	TrpV5
	Kv1.1	Kv1.1	Kv1.1
	ROMK*	ROMK	ROMK
Basolateral	Na/K ATPase	Na/K ATPase	Na/K ATPase
	KCC4	KCC4	KCC4
	CLC-NKB	CLC-NKB	CLC-NKB
	KCNJ10/ KCNJ16	KCNJ10/ KCNJ16	KCNJ10/ KCNJ16
		NCX	NCX
Cell	parvalbumin	Calbindin 28k	Calbindin 28k
		PMCA	PMCA

Predominant transport proteins

Kokoojaputki

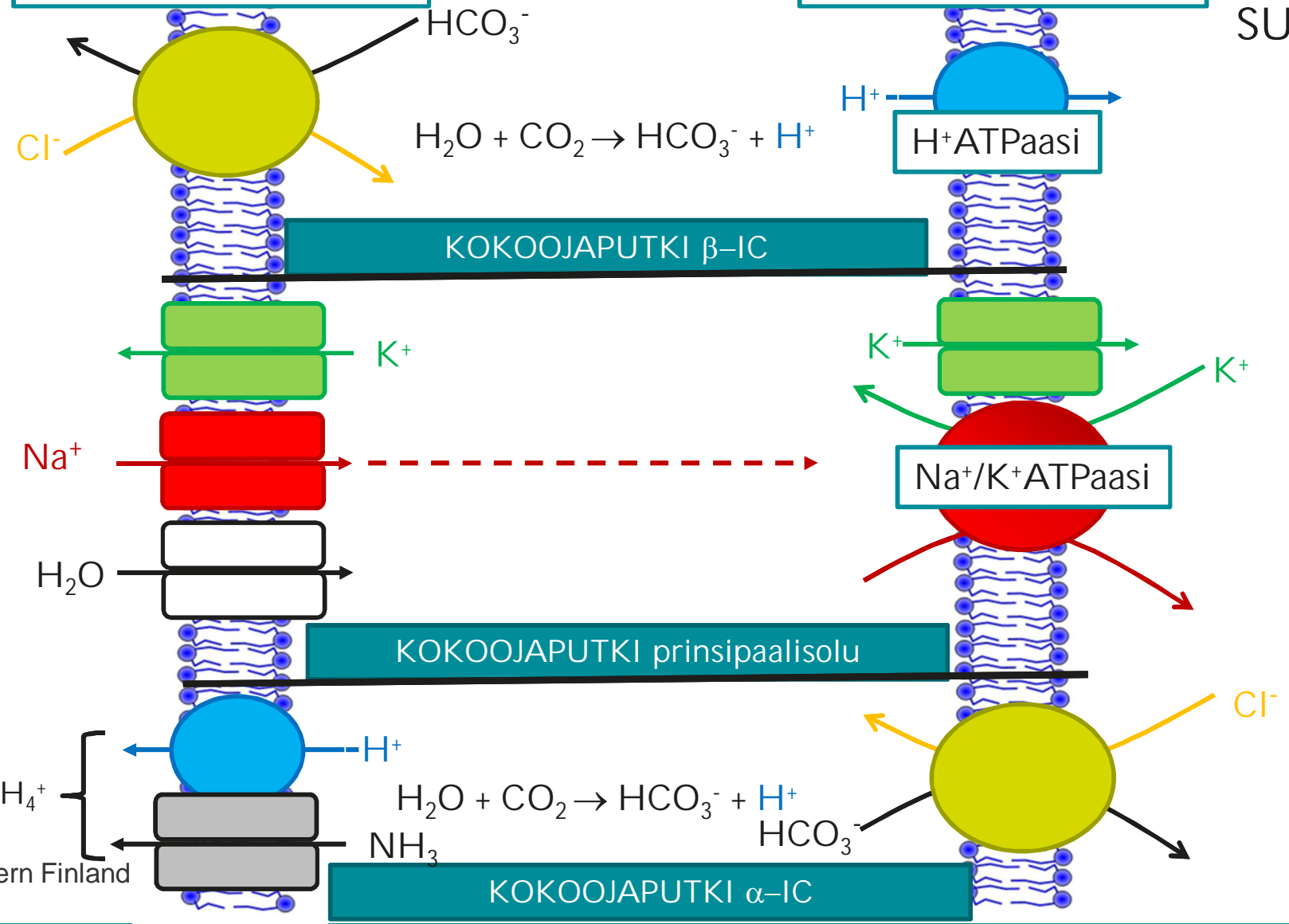


SUODOS

APIKAALIKALVO

BASAALIKALVO

VERI-SUONI



Kaikki nefronit eivät ole samanlaisia

	Kortikaalinen	Jukstamedulaarinen
Yleisyys	85 %	15 %
Keräsen sijainti	Kuorikerroksen pinta	Kuoren ja ytimen rajalla
Keräsen koko	pieni	Suuri
Henlen linko	Lyhyt, ytimen pinnassa	Pitkä, ytimen sisäosiin
Suodatus	hidas	Nopea
Viejävaltimo	Leveä, nefronia kiertävät kapillaarit	Kapea, poikittaiset suorat suonet (vasa recta)
Merkitys	Jätteen poisto	Virtsan tiivistäminen

Kiitos!



UNIVERSITY OF
EASTERN FINLAND

uef.fi



Eläinfysiologia ja histologia

3122243 5 op

Munuainen ja osmoosi

Vesa Paajanen

UEF // University of Eastern Finland

SUODOS

APIKAALIKALVO

BASAALIKALVO

VERI-
SUONI
tai
PLASMA

H₂O

Osmoottinen paine Π

$$\Pi_{suodos} < \Pi_{plasma}$$

HENLEN LINGON LASKEVA OSA, KOKOOJAPUTKI

SUODOS

APIKAALIKALVO

BASAALIKALVO

VERI-
SUONI
tai
PLASMA

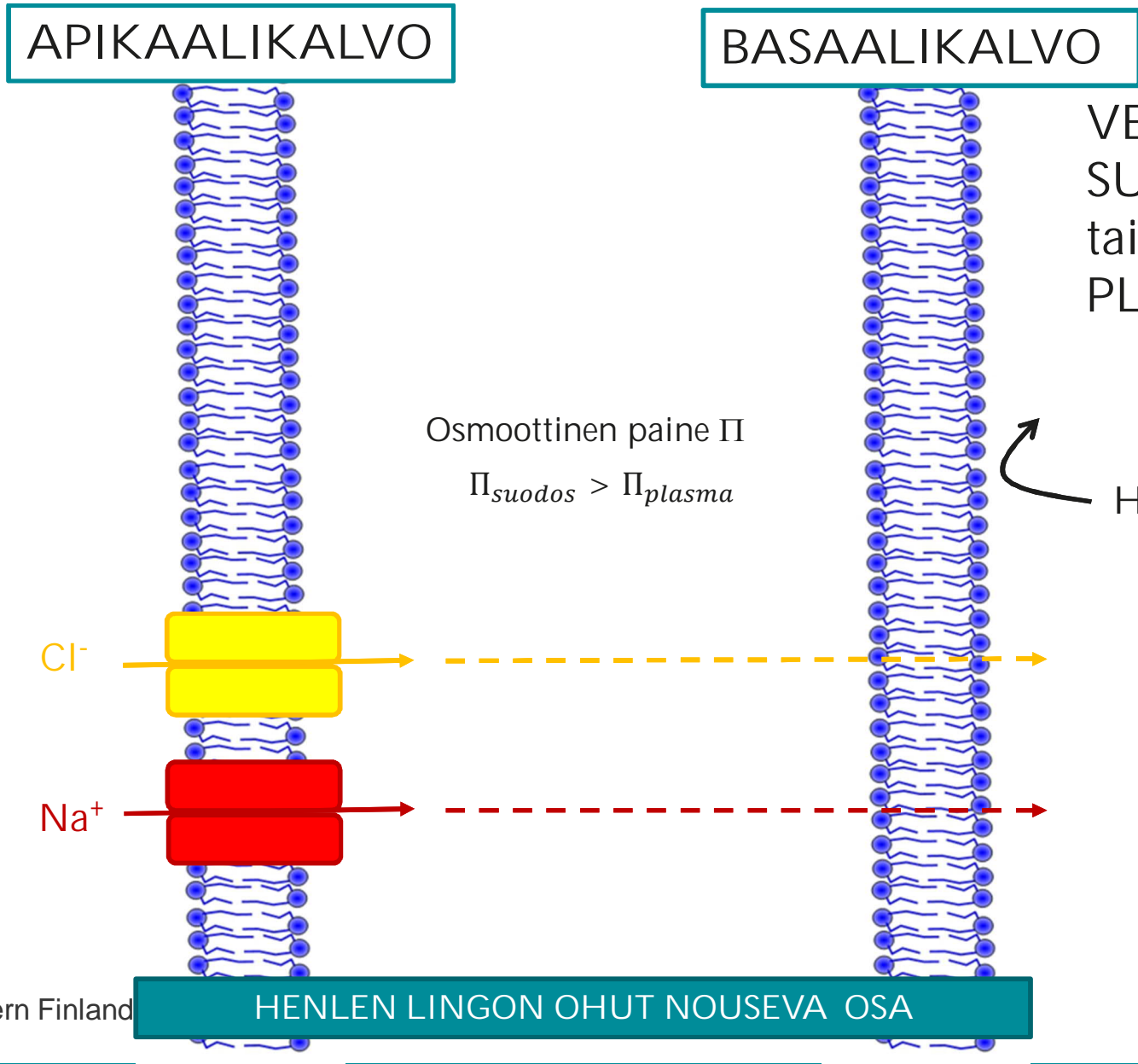
Osmoottinen paine Π
 $\Pi_{suodos} > \Pi_{plasma}$

H₂O

Cl⁻

Na⁺

HENLEN LINGON OHUT NOUSEVA OSA



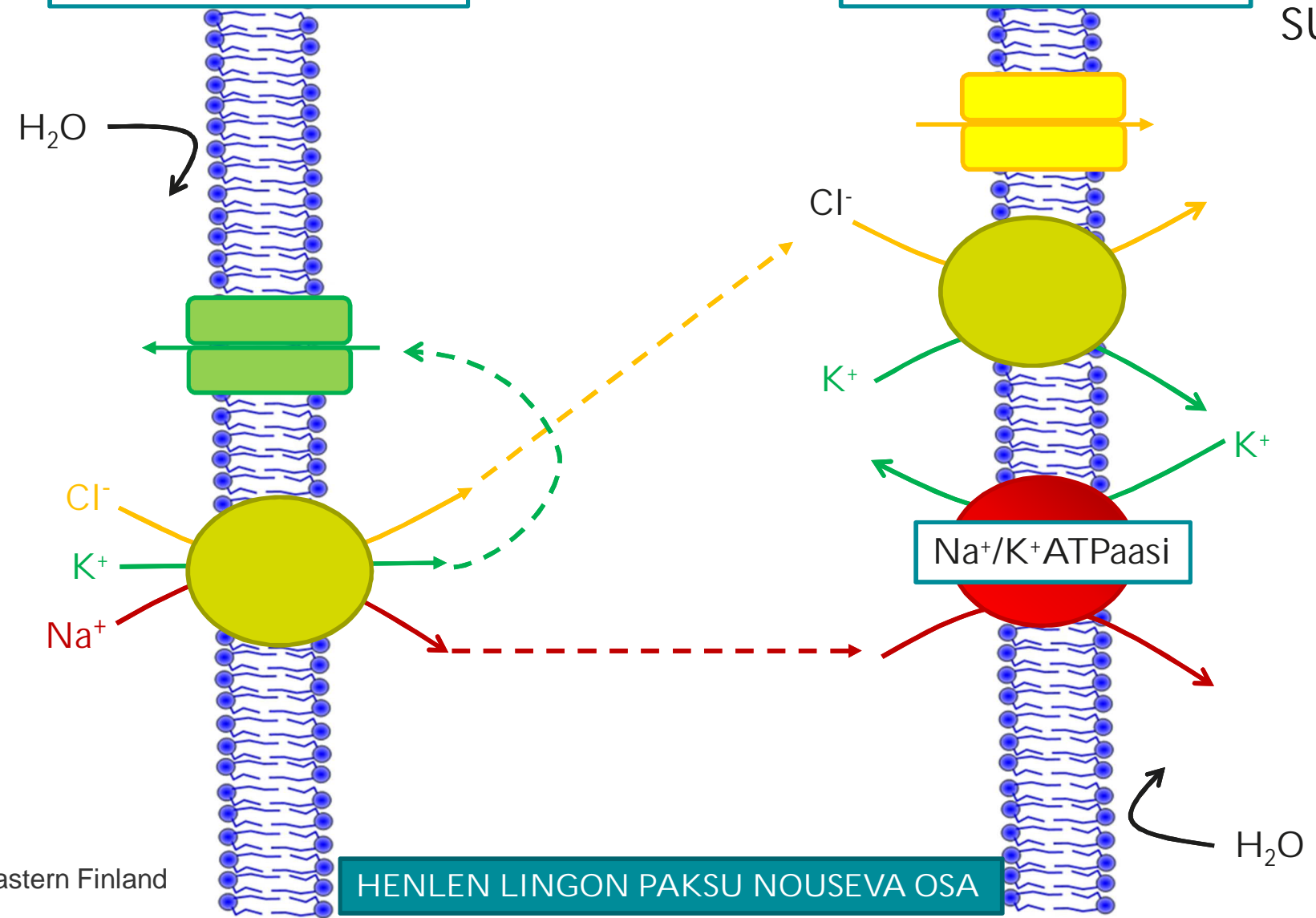
SUODOS

APIKAALIKALVO

EPITEELISOLU

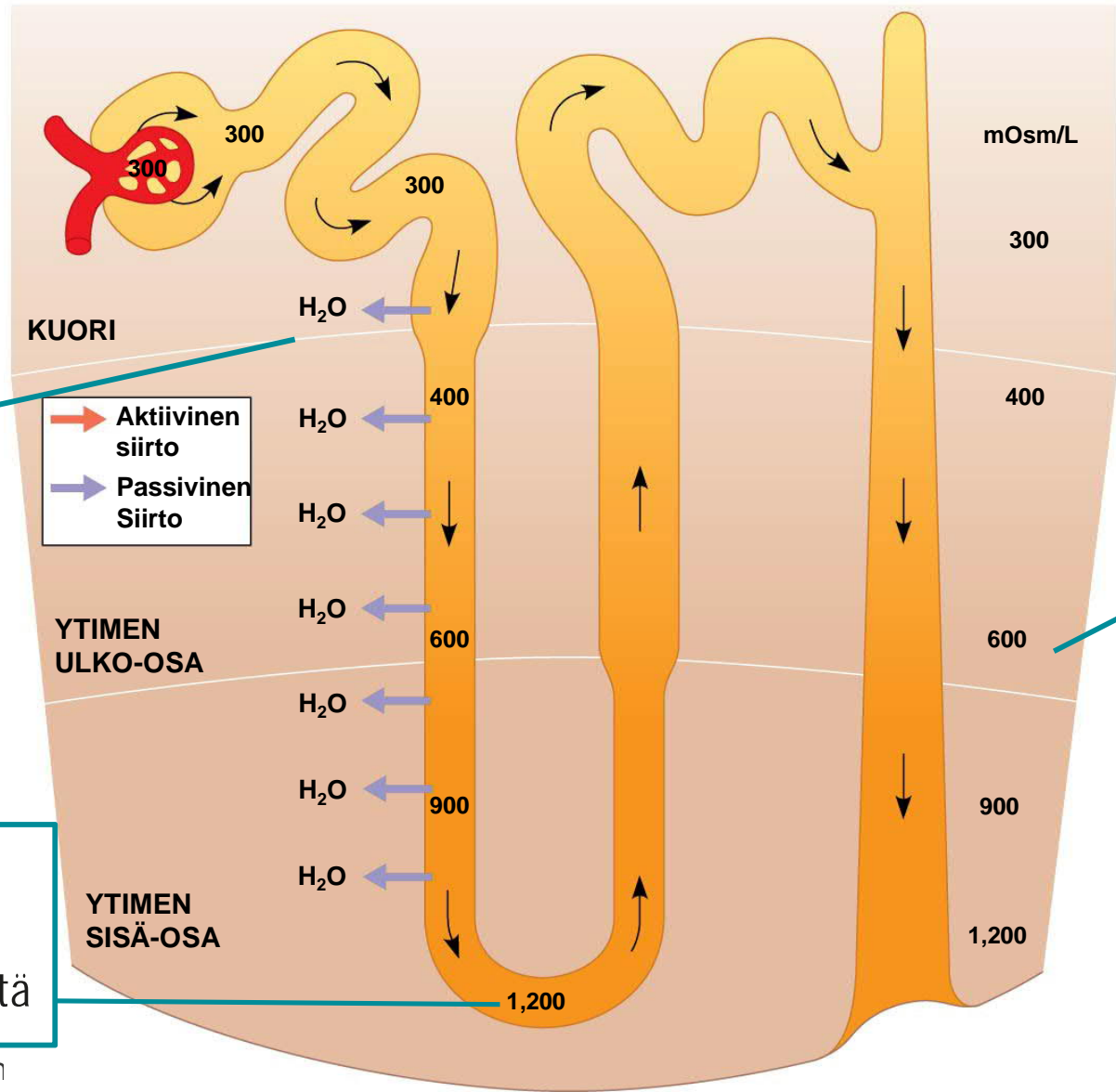
BASAALIKALVO

VERI-SUONI

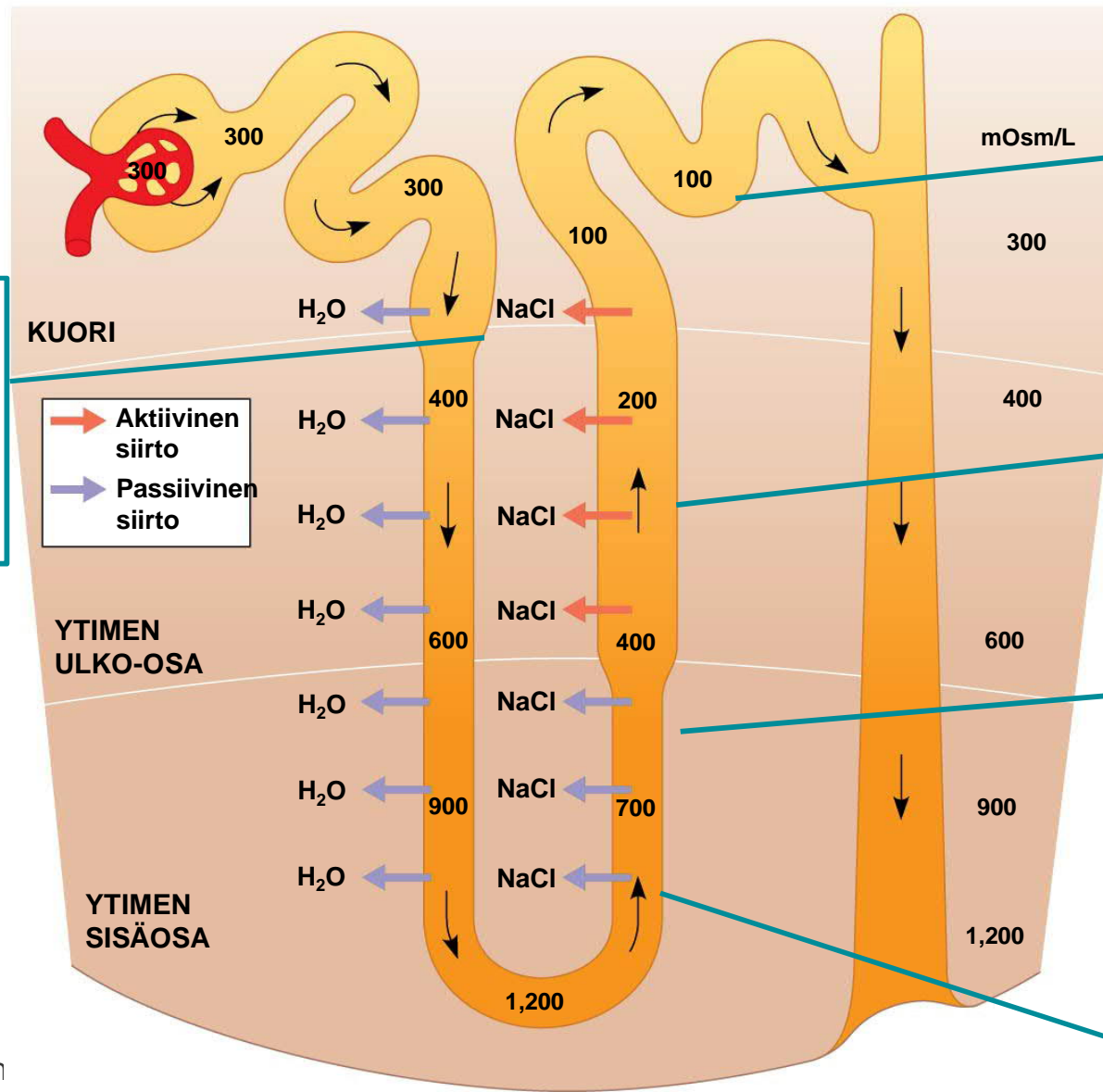


Henlen lingo laskeva osan seinämät päästävät vesimolekyylit virtaamaan lävitseen.

Veden poistuminen kasvattaa suodoksen osmoottista väkevyyttä



Munuaisytimessä kudoksen osmoottinen paine kasvaa, jolloin vesi pyrkii pois suodiksesta



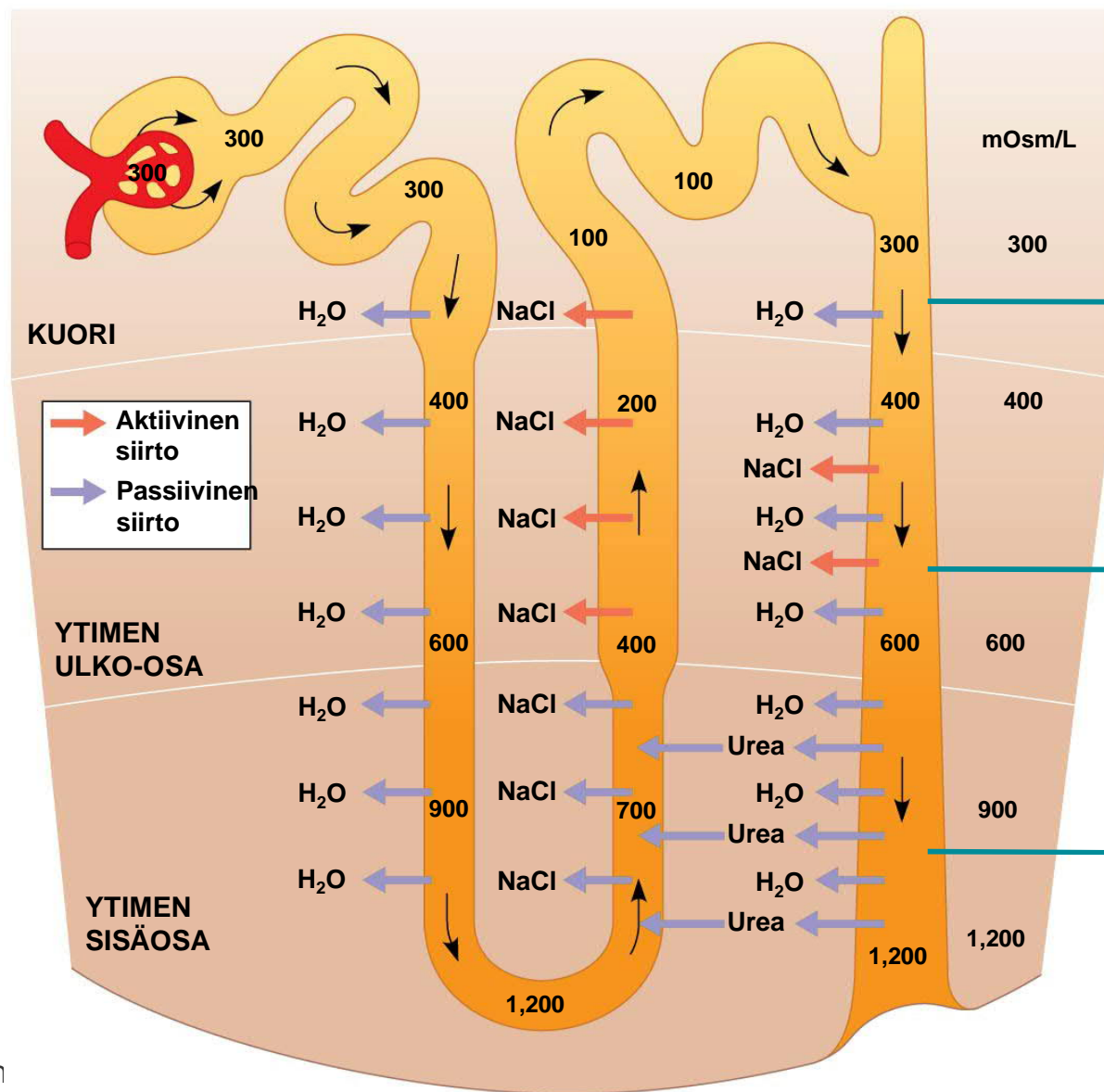
Distaalitiehdyssä suodos on hypo-osmoottista

Henlen lingon paksussa nousevassa osassa suola pumpataan pois suodoksesta

Kudosnesteiden paineen aleneminen ajaa suolaa pois suodoksesta

Väkevä suodos virtaaminen pois sisäosasta Henlen lingon nousevassa osassa

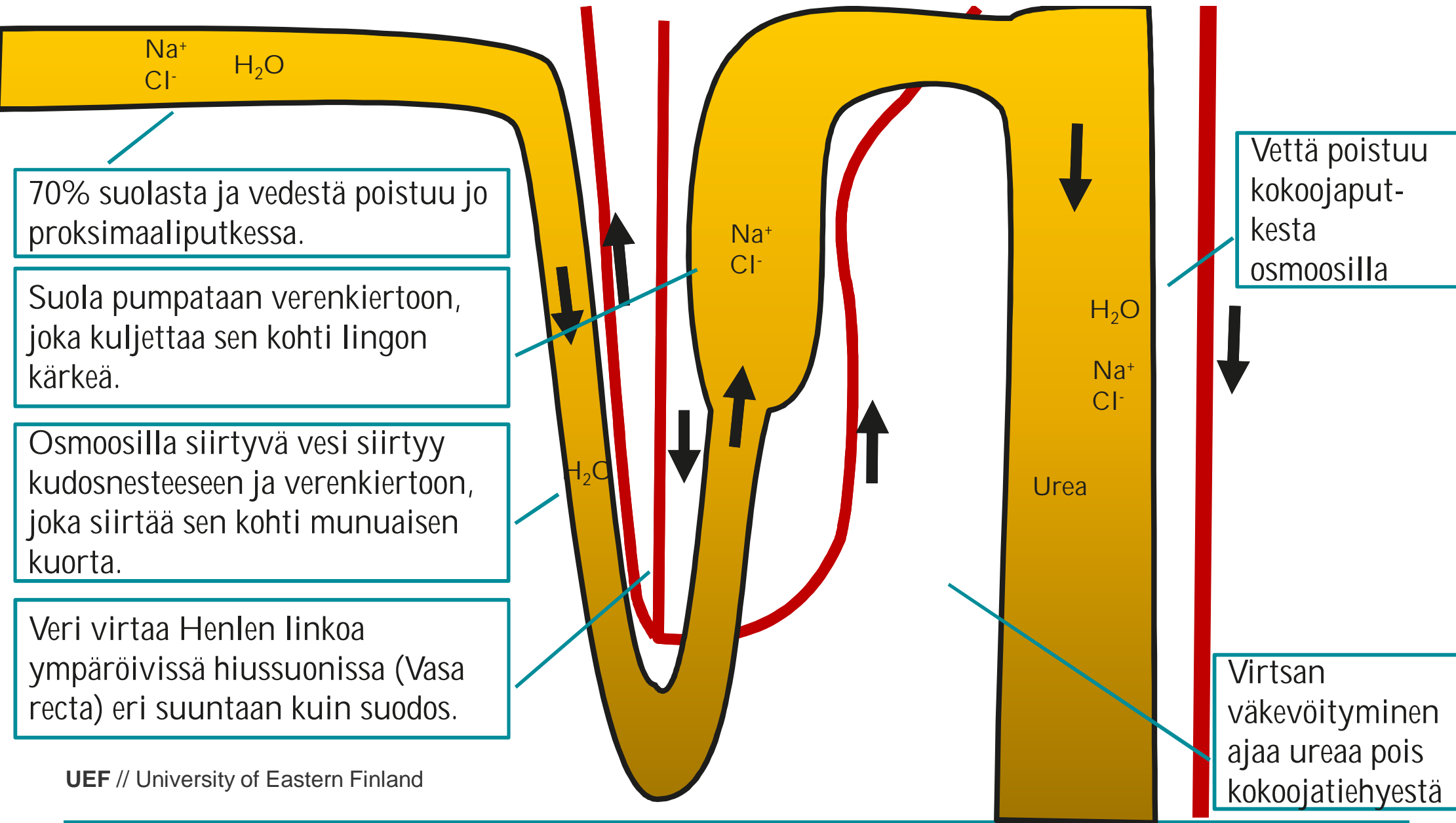
Pumppaaminen nostaa kudoksen osmoottista painetta ja ajaa veden pois laskevasta osasta



Kokoojatiehyen kulkeminen ytimen sisäosaan ajaa vettä pois suodoksesta

Osmoosia voidaan tehostaa pumppaamalla suolaa kudospnesteseen...

...ja kierrättämällä ureaa passiivisesti takaisin Henlen linkoon.



Kiitos!



UNIVERSITY OF
EASTERN FINLAND

uef.fi



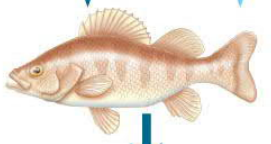
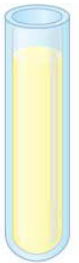
Eläinfysiologia ja histologia

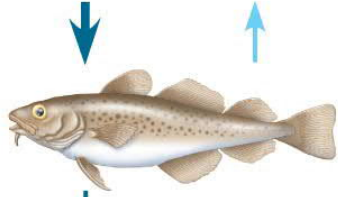

3122243 5 op

Vesitasapaino ja evoluutio

Vesa Paajanen

UEF // University of Eastern Finland

Eläin	Sisään-/ulosvirtaus	Virtsa
<p>Makeaveden kala. Ympäristö hypo-osmoottinen Eläimeen kertyy helposti vettä ja eläin menettää suoloja.</p>	<p>Ei juo vettä Suola sisään aktiivisella siirtämisellä kiduksissa</p> <p>H₂O sisään</p>  <p>Suola ulos</p>	 <ul style="list-style-type: none"> ▶ Virtsan määrä suuri ▶ Virtsa hypo-osmoottista

Eläin	Sisään-/ulosvirtaus	Virtsa
<p>Merikala. Ympäristö hyperosmoottinen Eläin menettää vettä ja siihen kertyy suolaa.</p>	<p>Juo vettä Suola sisään H₂O ulos</p>  <p>Suola ulos aktiivisella siirtämisellä kiduksissa</p>	 <p>▶ Vähän virtsaa</p> <p>▶ Virtsa hieman hypoosmoottista</p>

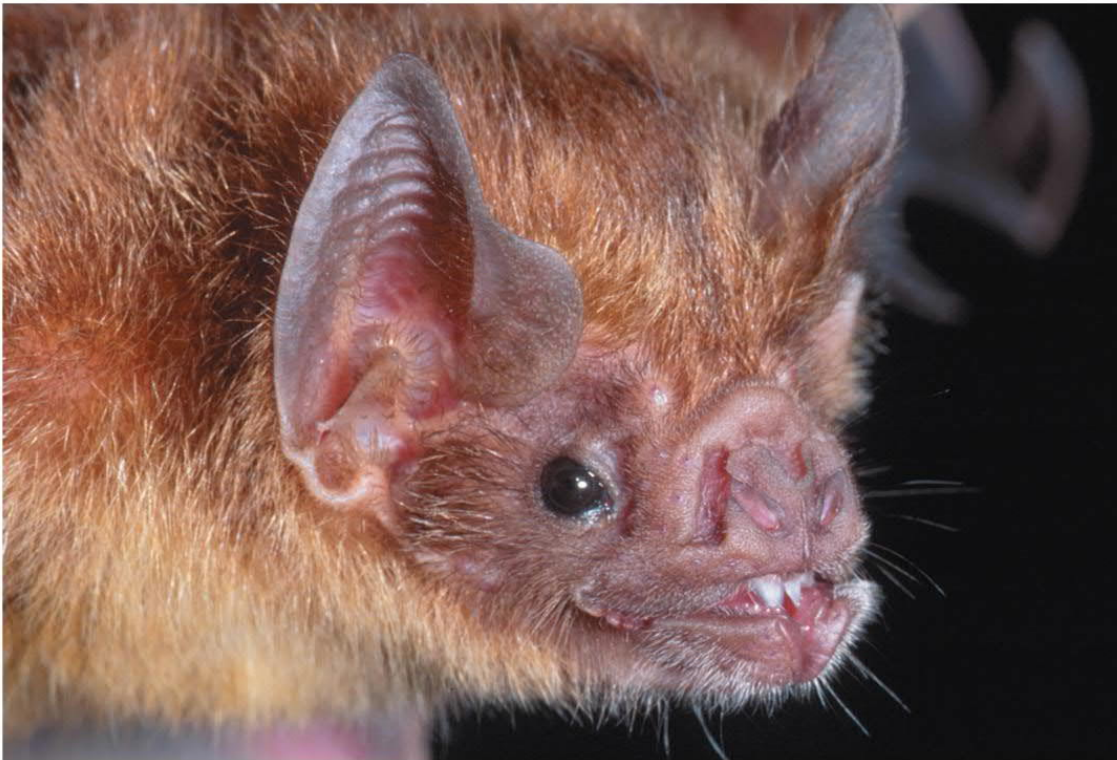
Eläin

**Maaselkärangaiset.
Maaympäristö, jossa
menetetään vettä
ympäröivään ilmaan**

Munuaisten sopeumat

eliöryhmä	Munuaisten sopeuma
Makean veden kalat	Distaaliputki kerää suolan talteen
Merikalat	Vain pieniä hiussuonikeräsiä, joissa suodatus hidasta.
Sammakkoeläimet	Samalla tavalla kuin makean veden kaloilla, mutta vesi kerätään virtsarakossa talteen.
Liskot	Ainoastaan kortikaalisia nefroneita, veden takaisinkeruu yhteissuolessa.
Nisäkkäät	Pitkä Henlen linko veden keräämiseen.
linnut	Lyhyt Henlen linko, mutta veden erityis vähäinen (virtsahappo)

Virtsan väkevyyden säätely



Etelä-Amerikkalainen vampyyrilepakko on yöeläin on yöeläin, joka pystyy säätelämään munuaisilla virtsan koostumusta.

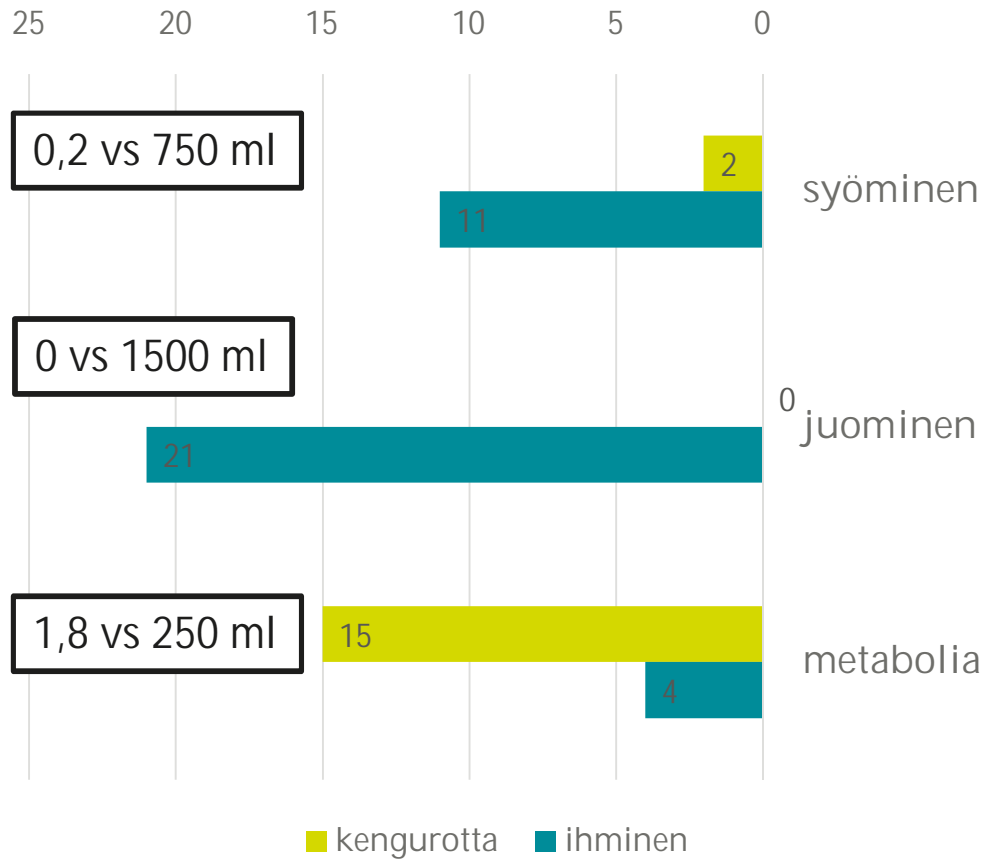
Se voi halutessaan erittää runsaasti laimeaa virtsaa tai hyvin vähän hyperosmoottista pissaa.



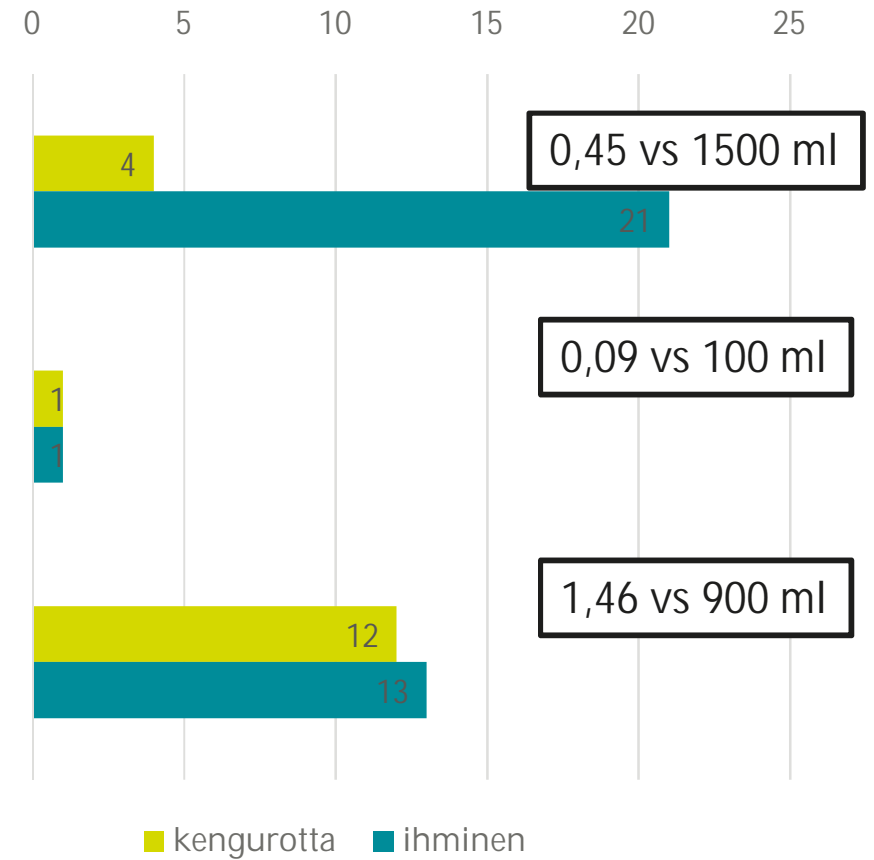
Kengurotta on Pohjois-Amerikkalainen jyrsijä, joka pienestä koostaan (n. 120 g) pystyy hyppäämään yli 2 m loikkia

Jyrsijä elää aavikkolla ja saa kaiken tarvitsemansa veden syömistään siemenistä.

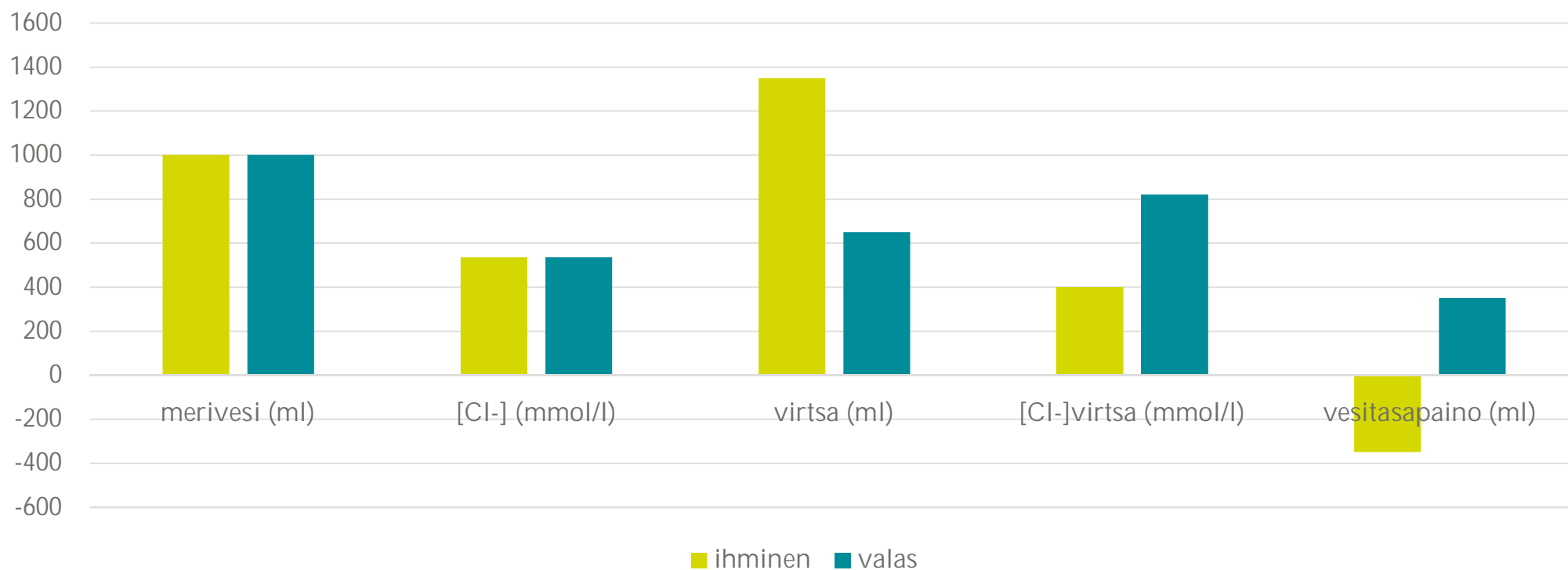
Veden saanti (ml/kg/vrk)



Veden poistuminen (ml/kg/vrk)



Miksi emme pysty juomaan merivettä, vaikka valas voi?



Kiitos!



UNIVERSITY OF
EASTERN FINLAND

uef.fi



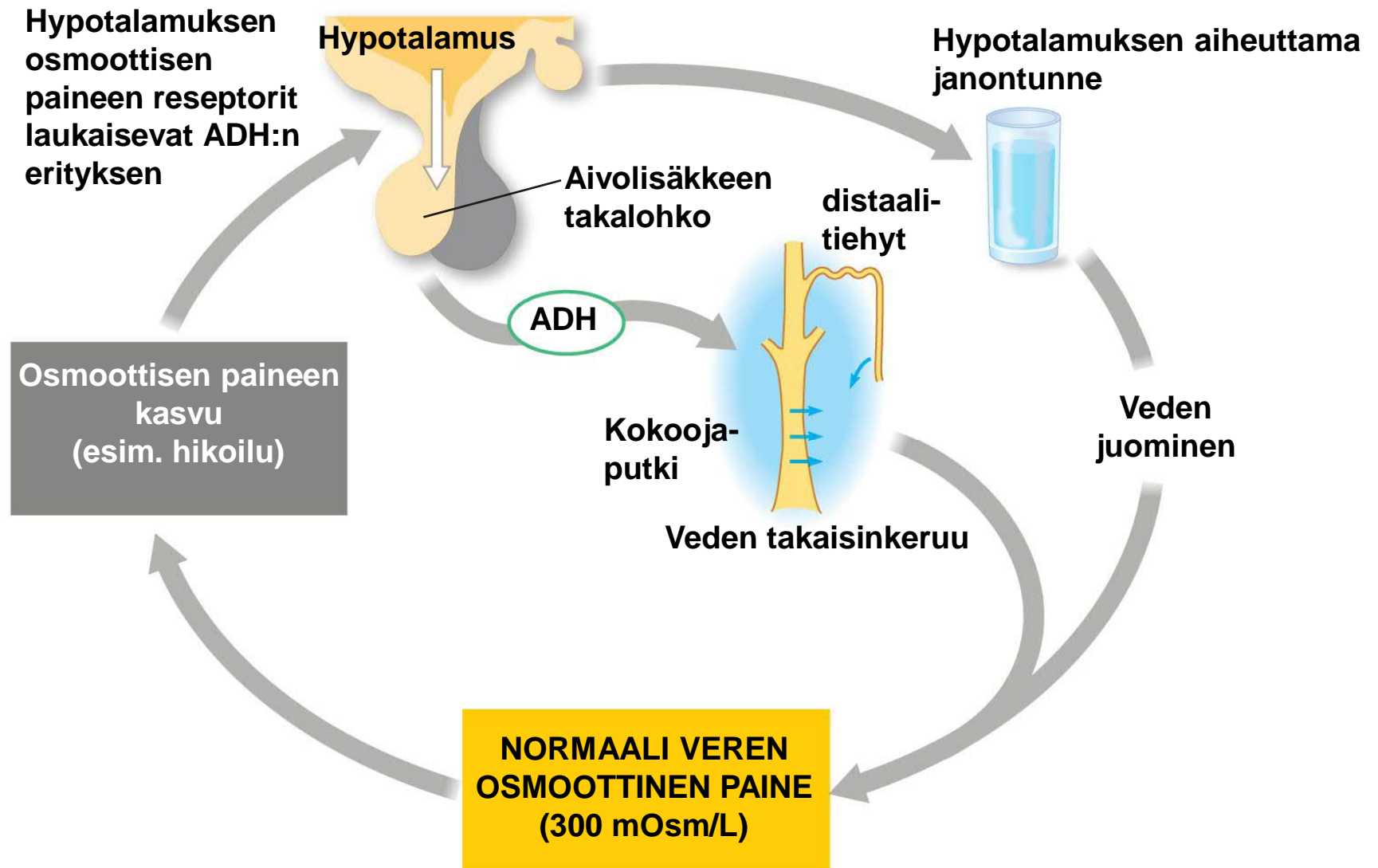
Eläinfysiologia ja histologia

3122243 5 op

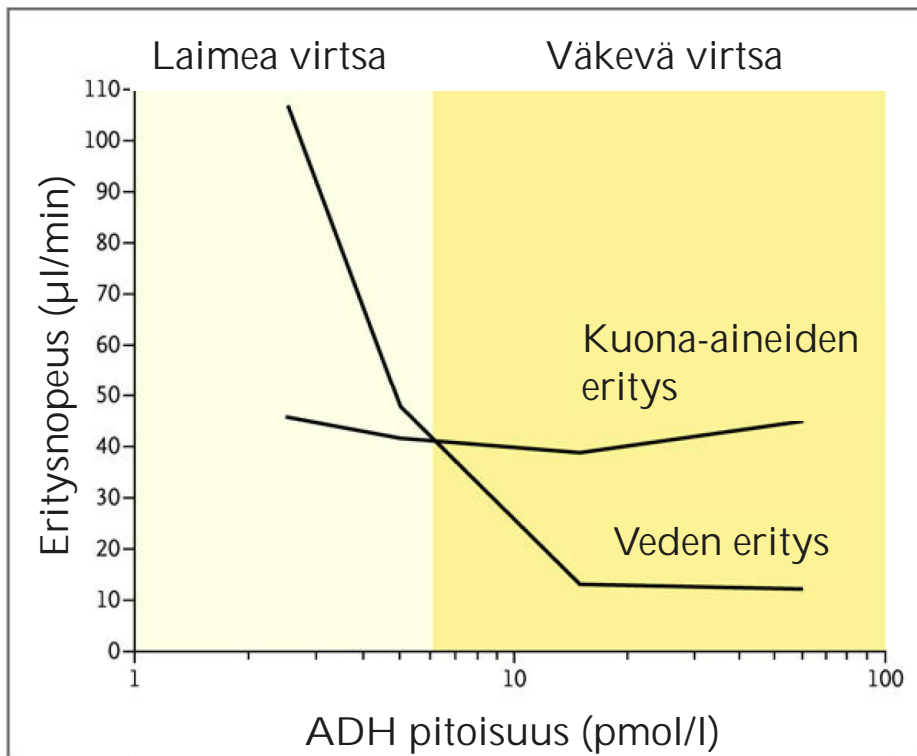
Virtsanerityksen säätely

Vesa Paajanen

UEF // University of Eastern Finland



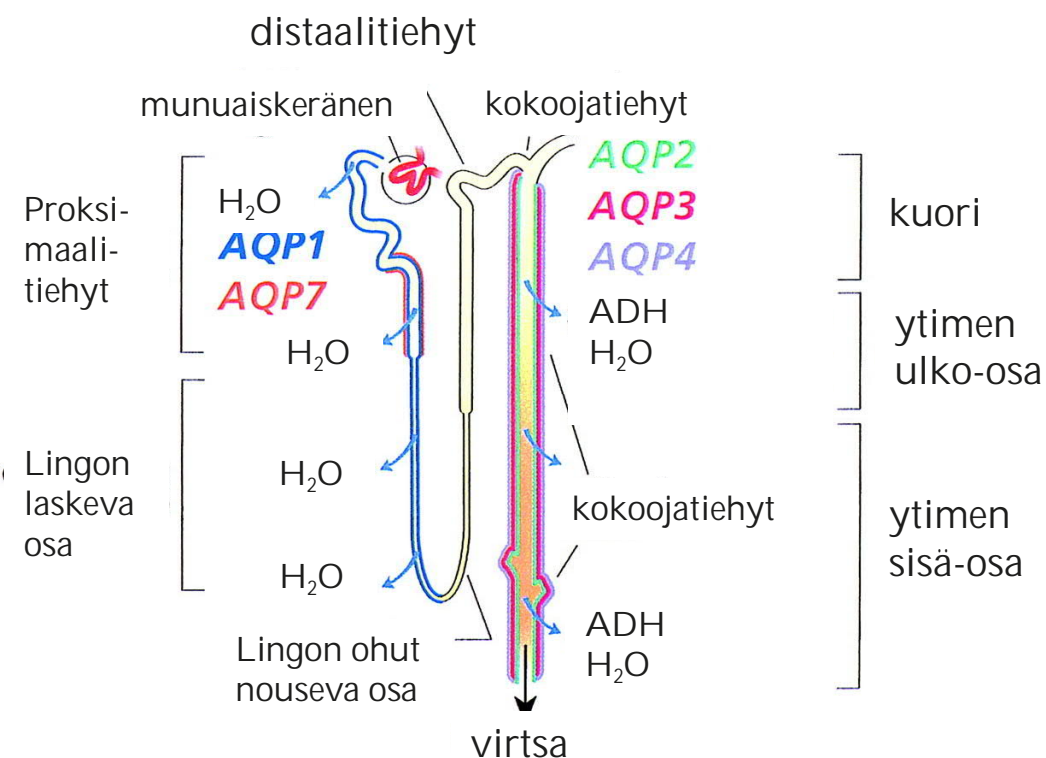
Vasopressiini ja virtsan koostumus



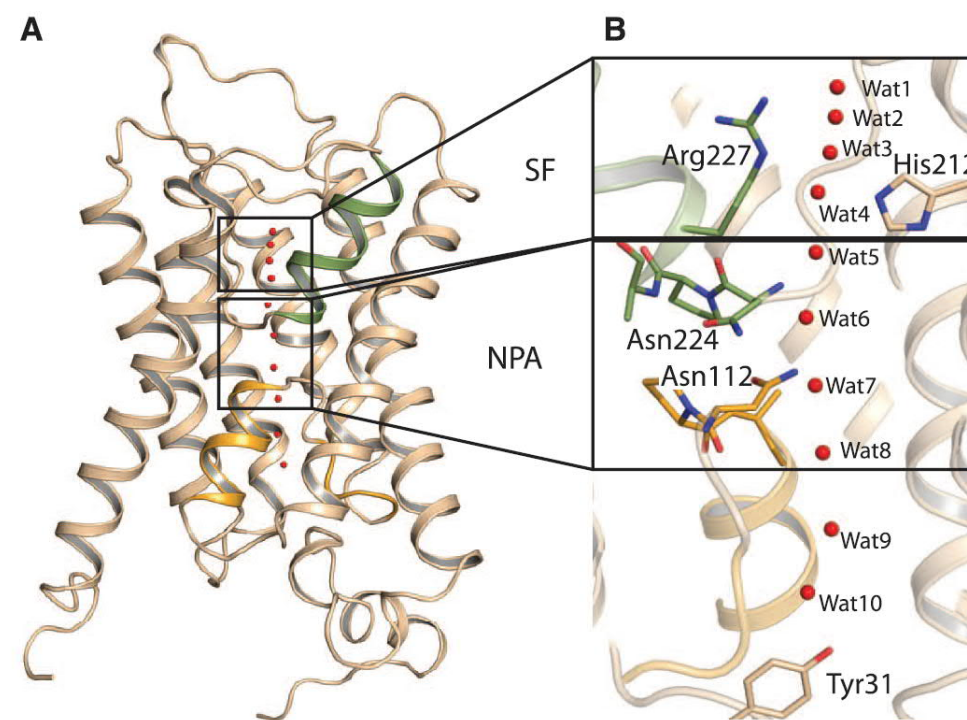
Antidiureettinen hormoni vaikuttaa voimakkaasti eritettävän veden määrään.

- muiden eritettävien aineiden määrä pystyy jokseenkin vakiona hormonimääristä riippumatta.

Akvaporiinit eli solukalvon vesikanavat

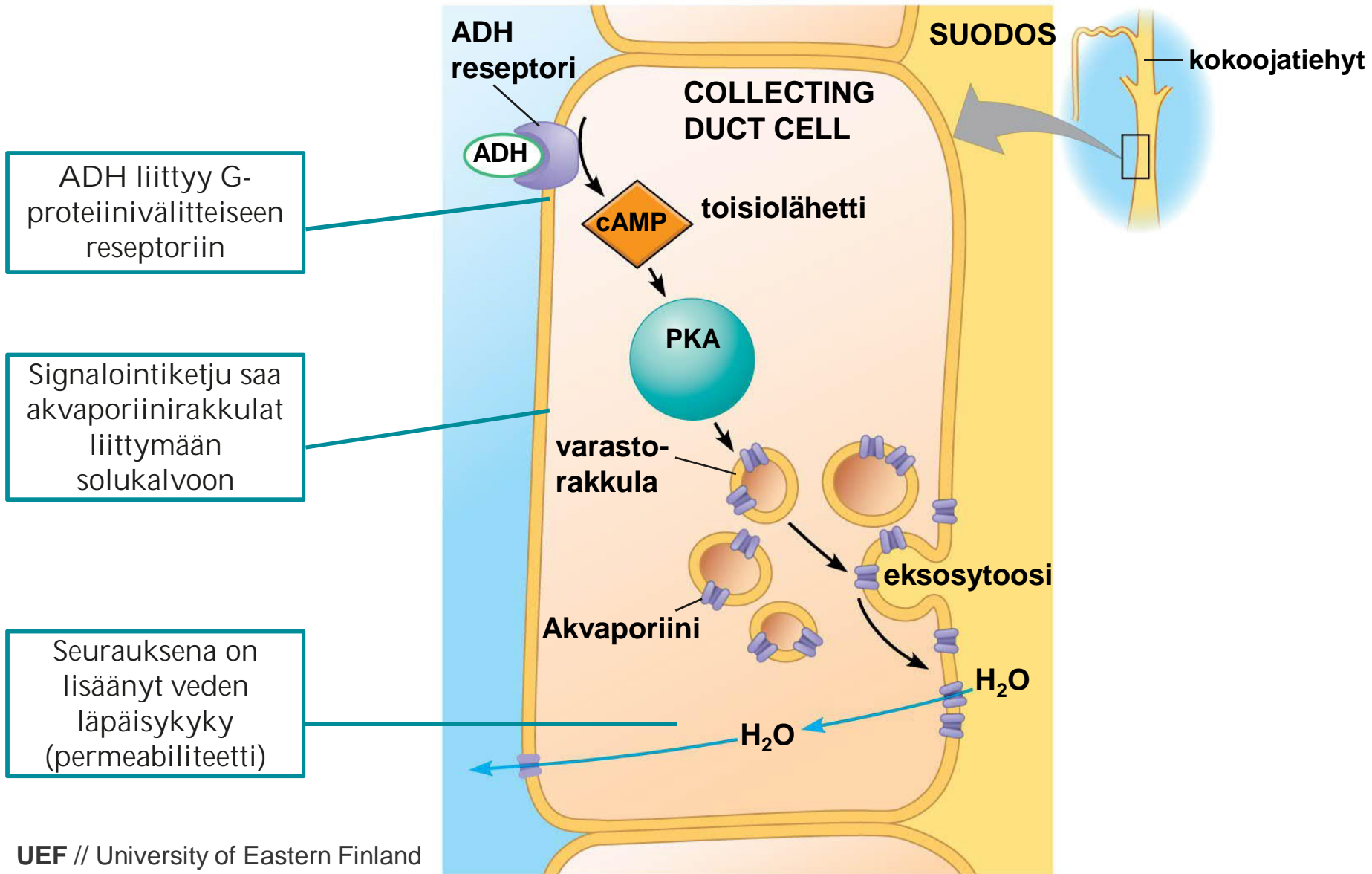


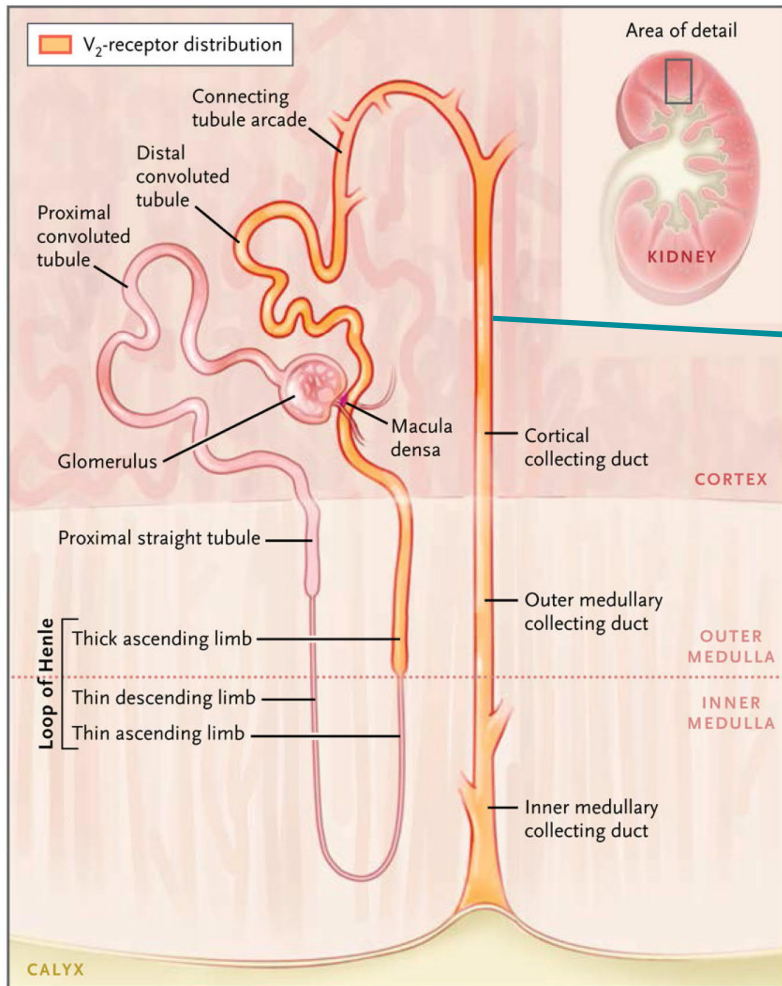
Nielsen 2002 Phys.Rev. 82: 205-44



Eriksson et al 2013 Science 340: 1346-9

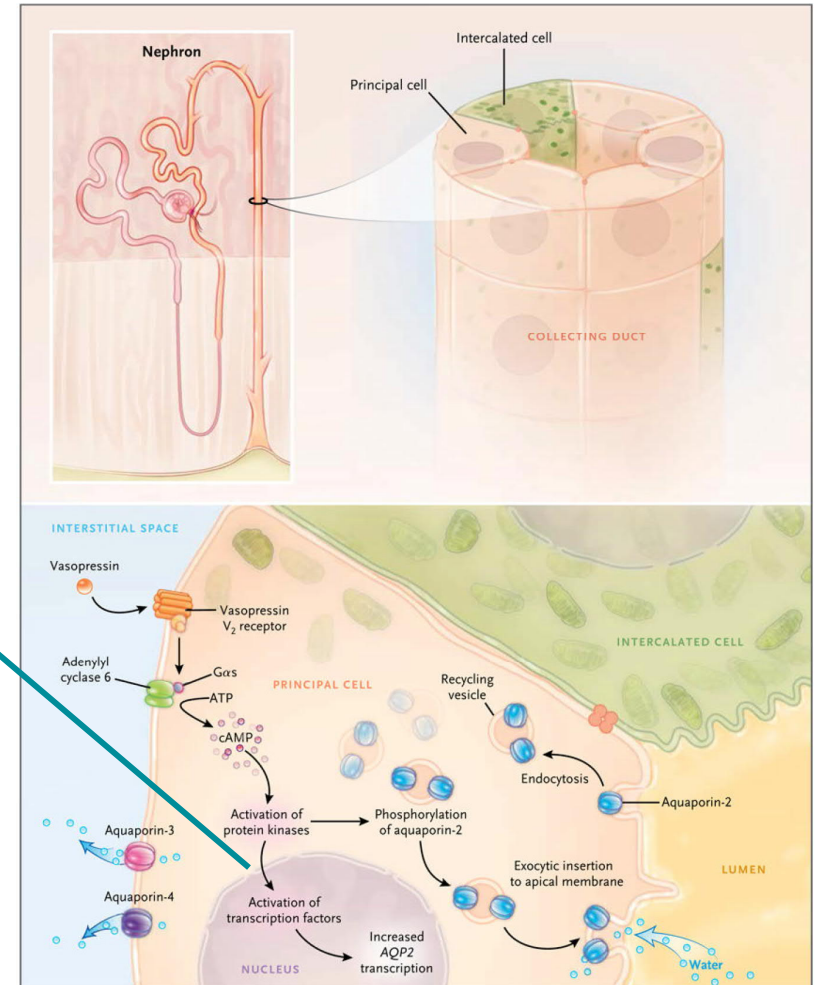
- Binding of ADH to receptor molecules leads to a temporary increase in the number of aquaporin proteins in the membrane of collecting duct cells
- This reduces urine volume and lowers blood osmolarity





ADH sitoutuu V_2 reseptoreihin, joita sijaitsee linnon paksussa nousevassa osassa, distaalitiehyessä ja kokoojatiehyessä

Eksosytoosin lisäksi V_2 reseptori lisää myös akvaporiniinien tuotantoa



- Alcohol is a diuretic as it inhibits the release of ADH
- Mutation in ADH production causes severe dehydration and results in diabetes insipidus

Kiitos!



UNIVERSITY OF
EASTERN FINLAND

uef.fi



Eläinfysiologia ja histologia

3122243 5 op

Munuainen verenpaineen säätelijänä

Vesa Paajanen

UEF // University of Eastern Finland

**NORNAALI
VERENPAINEN JA
-TILAVUUS**

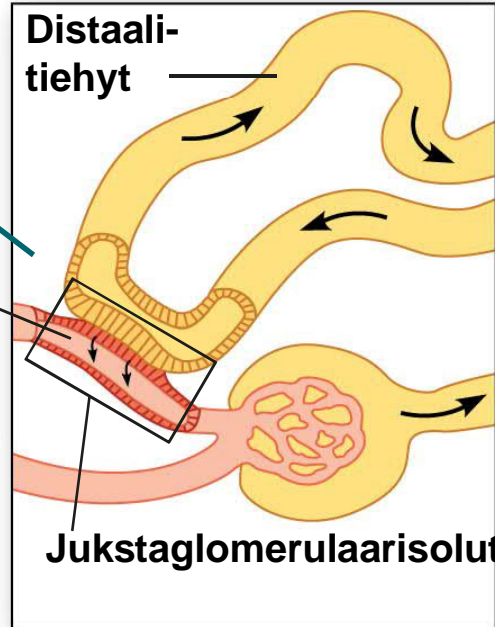


**Verenpaine tai tilavuus
laskee (esim. kuivuminen
tai verenmenetys)**

**NORNAALI
VERENPAIN
-TILAVUUS**

Verenpaine tai tilavuus laskee (esim. kuivuminen tai verenmenetyks)

Munuaisen reseptorit ovat ensimmäinen askel pitkässä reniini-angiotensiini-aldosteroni-järjestelmässä (RAAS)



Jukstaglomerulaarisolut havaitsevat muutoksen

Reniinin erityys

Reniini

Angiotensinogeeni



**NORNAALI
VERENPAIN
-TILAVUUS**



Verenpaine tai tilavuus laskee (esim. kuivuminen tai verenmenetyks)

Renniini pilkkoo angiotensinogeenin angiotensiiniksi

Angiotensiini II

ACE

Angiotensiini I

Reniinin erityys

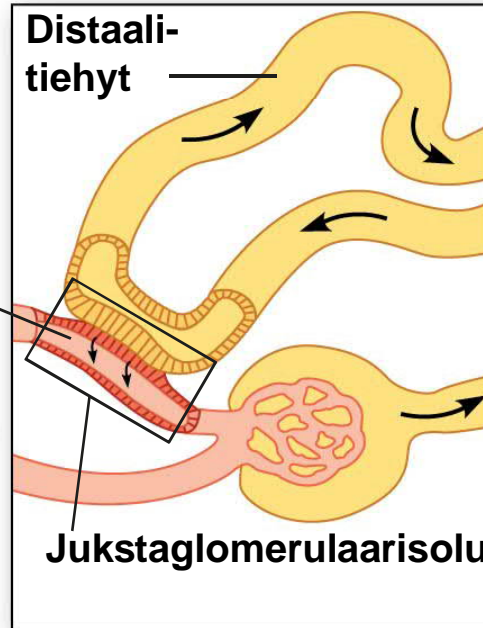
Reniini

Angiotensinogeeni

Angiotensiinikonvertaasi keuhkoista ja munuaisten endoteelistä



Maksa



Jukstaglomerulaarisolut havaitsevat muutoksen

Suora vaikutus
Na⁺/H⁺ vaihtimeen,
ADH:n erityys

Na⁺ & H₂O takaisinkeruu

**NORNAALI
VERENPAIN
JA
-TILAVUUS**

Verenpaine tai tilavuus
laskee (esim. kuivuminen
tai verenmenetyys)

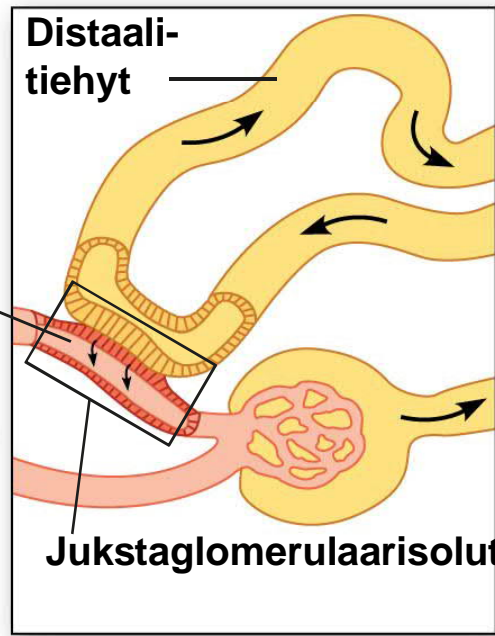


Aldosteroni

Pienten valtimoiden
supistuminen

Lisämunuaisen kuori

Angiotensiini II



Jukstaglomerulaarisolut
havaitsevat
muutoksen

Angiotensiinikonvertaasi
keuhkoista ja munuaisten
endoteelistä

ACE

Angiotensiini I

Reniinin
erityys

Reniini

Angiotensinogeeni



Maksa

Verentilavuuden ja osmoottisen paineen säätely

ADH

Antidiureettinen
hormoni

Hypotalamus

Veren osmoottinen
paine

Vesikanavat/veden
takaisinkeruu ↑

RAAS

Reniini-angiotentiini-
aldosterone-systeemi

Munuaisen
jukstaglomerulaarisolut

Veren tilavuus laskee

Veden takaisinkeruu ↑,
verisuonten supistus

ANP

A-tyypin natriureettinen
peptide (atrial)

Sydämen eteissolut

Eteisen venyminen,
natriumin kohonnut määrä

Reniini ↓, suodatus ↑ ja Na⁺
takaisinkeruu ↓

Kiitos!



UNIVERSITY OF
EASTERN FINLAND

uef.fi

