

Eläinfysiologia ja histologia

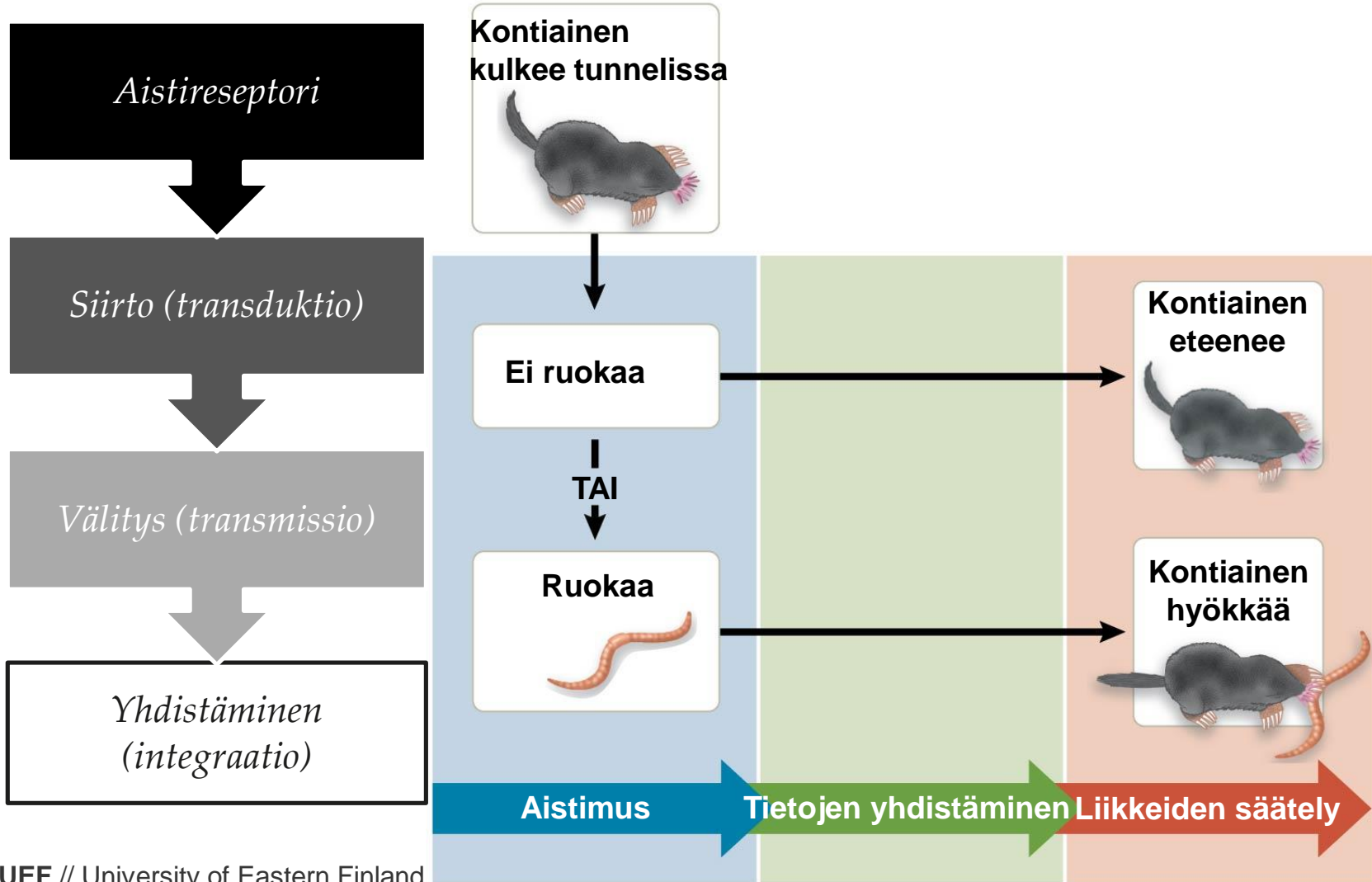
3122243 5 op

Aistit

*Tähtikonttiainen pystyy saalistamaan
hyönteisen täydellisessä pimeydessä
120 ms:ssa*



*Eläin käyttää nenän ulokkeita
saaliin löytämiseksi*



Keskushermostoon

Viejähermo

*Hermo-
reseptorit
ovat
erilaistuneita
hermosoluja*

Aistireseptori

Ärsyke

*Molemmissa
tapauksissa ärsyke
voi olla joko
ulkopuolinen tai
eläimen sisäinen*

Keskushermostoon

Viejä-
hermo

Reseptori-
proteiini

Hermovälittäjäaine

Ärsyke
aiheuttaa
hermo-
välittäjäaineen
erityksen

Aisti-
reseptorisolu

Ärsyke

*Monet reseptorisolut
ovat muita soluja,
jotka pystyvät
erittämään
hermovälittäjäainetta
viejähermolle.*

Aistireseptori

Energian tai aineen havaitseminen



Siirto (transduktio)

*Havainnon muuttaminen kalvojännitteeksi
Reseptorijännite summautuu, joten jännite muuttuu sitä
enemmän, mitä voimakkaammin reseptorit reagoivat*



Välitys (transmissio)

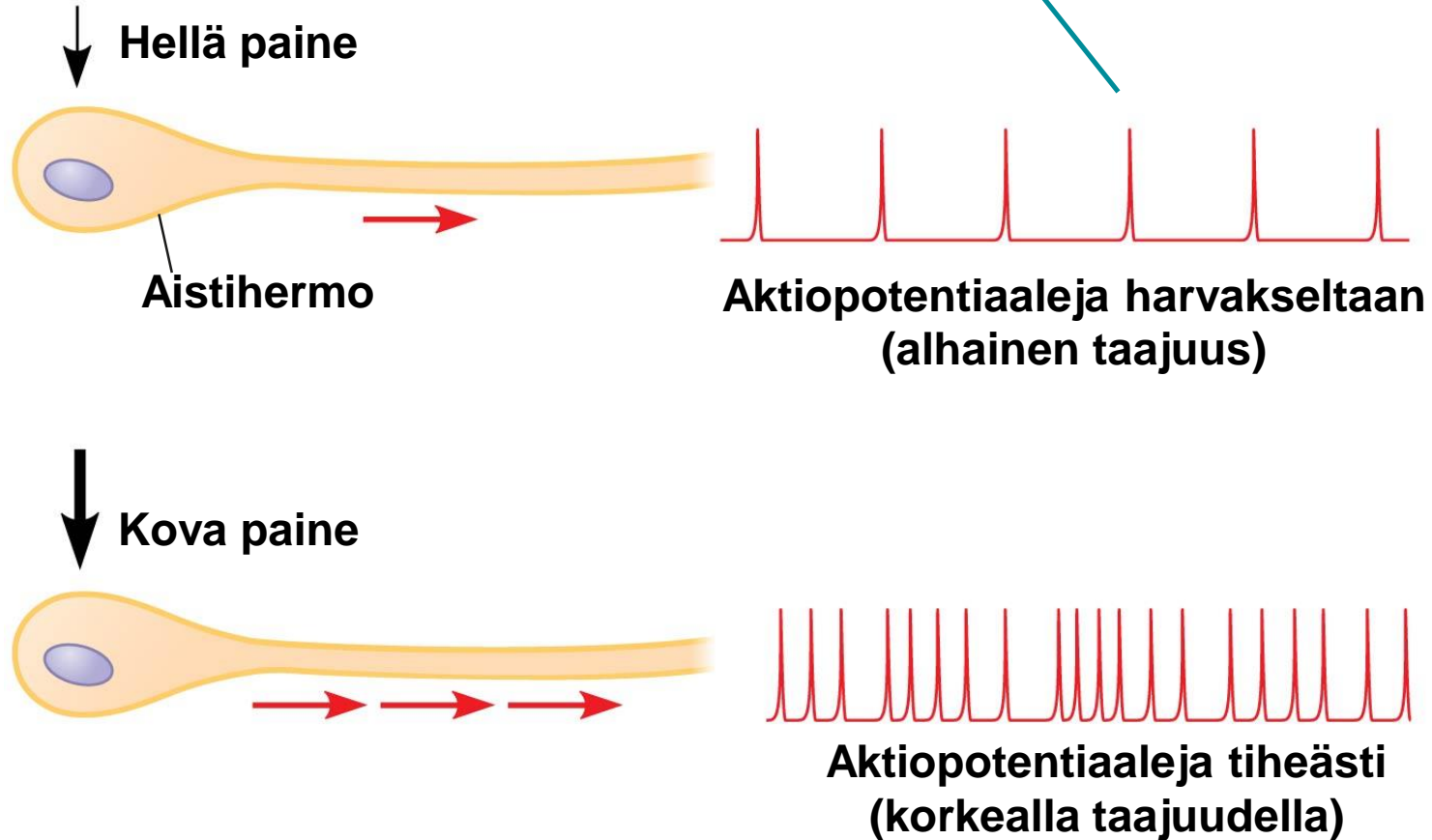
*Reseptorijännite muutetaan aktiopotentiaaleiksi joko aistisolussa tai sen
säätelössä viejähermossa.
Aistihermot laukaisevat aktiopotentiaaleja korkealla taajuudella, muut
aistisolut erittävät enemmän hermovälittäjäainetta*



*Yhdistäminen
(integraatio)*

*Aistimusta voidaan vahvistaa tai vaimentaa lähellä
aistisolua tai yhdistämällä se muihin havaintoihin
keskushermostossa.*

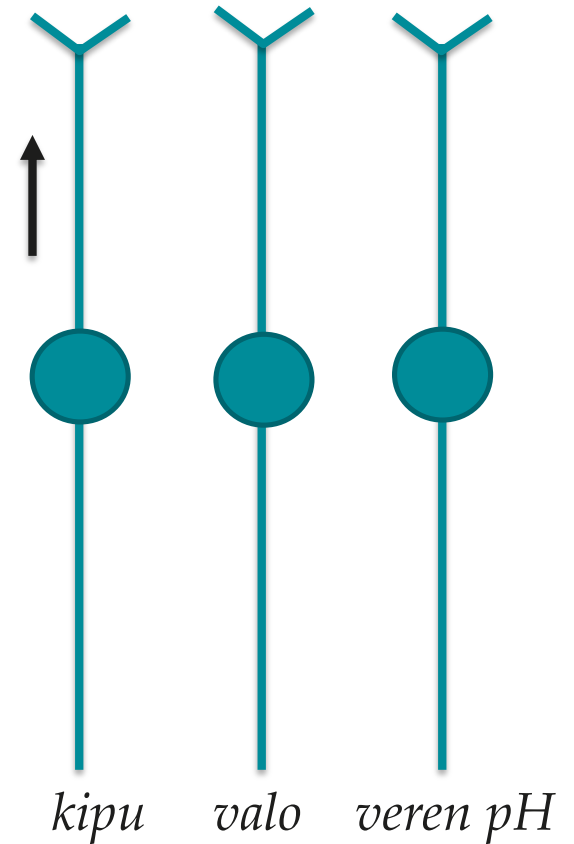
Transmissio



Aistiminen

Aktiopotentialit etenevät keskushermostoon samanlaisina aistista riippumatta. Varsinainen aistiminen tehdään vasta keskushermostossa

- Hermoradat vievät informaation aivojen eri alueille, jolloin aistimme peukalossa olevan kivun eri tavoin kuin valoilmion*
- Hermoimpulssia usein vahvistetaan: fotonin aiheuttama energianmuutos on 100,000 pienempi kuin sen laukaiseman aktiopotentialin energia*
- Inhibitoriset yhteydet mahdollistavat aistimukseen turtumisen (adaptaation)*



Kiitos!



UNIVERSITY OF
EASTERN FINLAND

uef.fi

Eläinfysiologia ja histologia

3122243 5 op

Aistinreseptorit

Reseptorit

Mekano-

- Paine, venytys, liike, ääni
- Fyysinen reseptorin aktivointi

Kemo-

- Maku, haju
- Ligandi + reseptori

Elektromagnettiset

- Valo, sähkö, magneettikenttä
- Valokemia, sähkökentän havaitseminen

Termo-

- Lämpö, kylmä
- Lämpötilan vaikutus ionikanavan avautumiseen

Kipu-

- Voimakas mekaaninen muutos
- Fyysinen reseptorin aktivointi

Reseptorit

Mekano-

- Venytysherkät ionikanavat

Kemo-

- cGMP/cAMP (↑)

Elektromagnettiset

- Näkö: cGMP (↓)

Termo-

- TRP ionikanavat

Kipu-

- Venytysherkät ja TRP ionikanavat

**Maisnerin keräsiä,
Kevyen paineen, värinän
ja lämpötilan aistiminen**

sidekudos

Karva

Kipureseptorit

Mekanoreseptoreita on sekä erillisinä reseptorisoluina (esim. venytysherkät muuntuneet lihassolut) että hermosolujen muuntuneina dendriiteinä

Mekanoreseptorit toimivat venytysherkillä ionikanavilla, jotka avautuvat venytettyinä

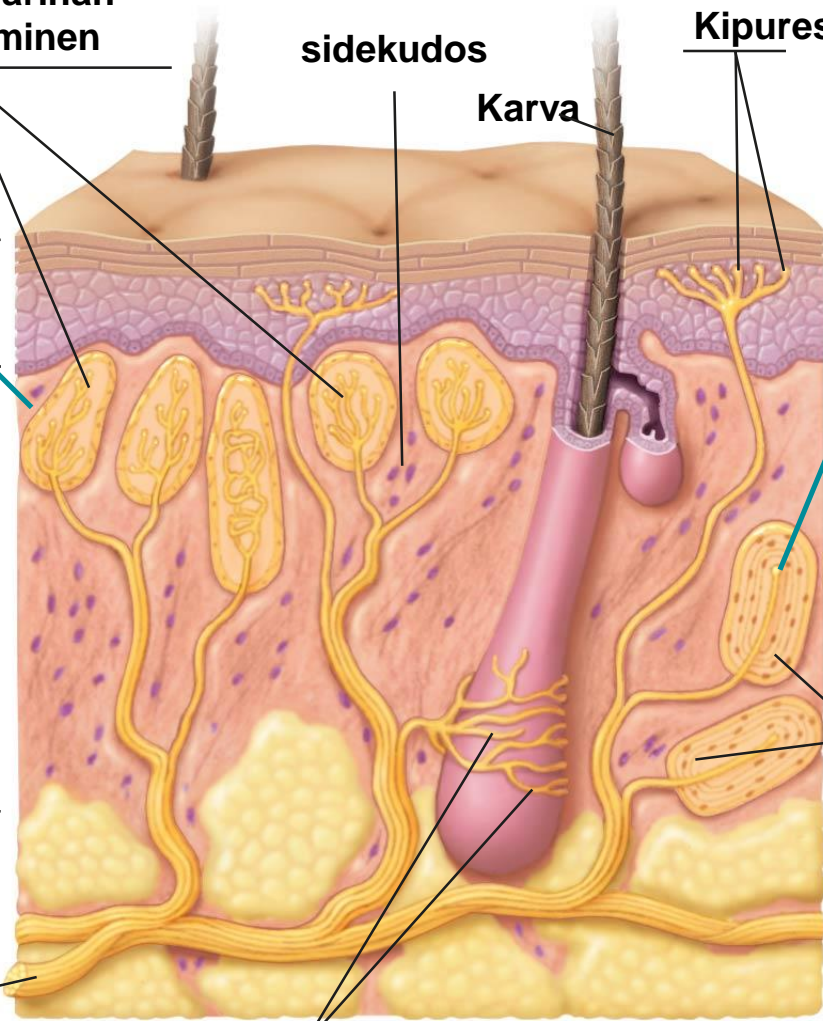
**Verinahka,
dermis**

Ihonalaiskudos

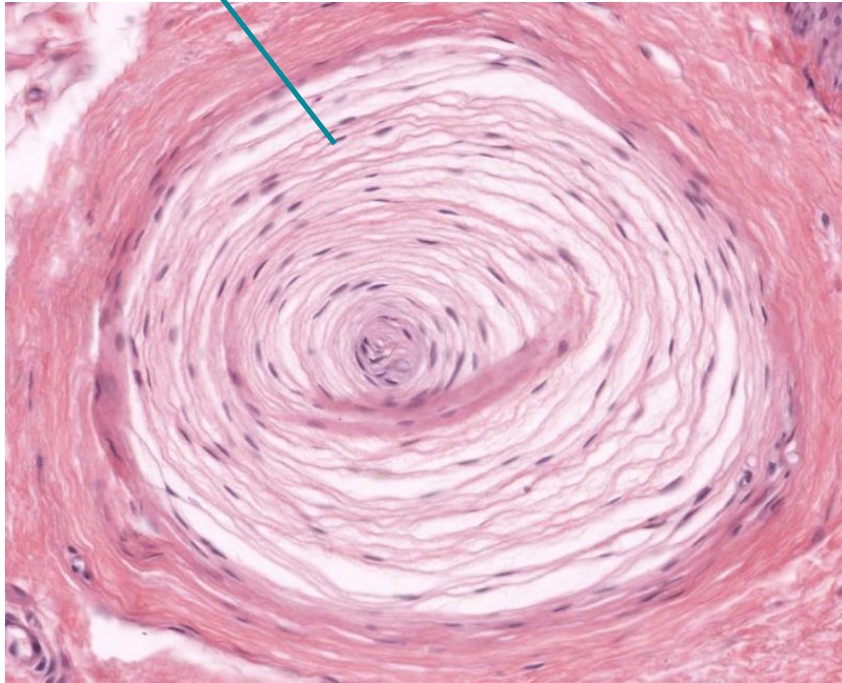
Hermo

**Pacinin keräsiä,
painereseptorit**

Karvankohottajalihasen säätely

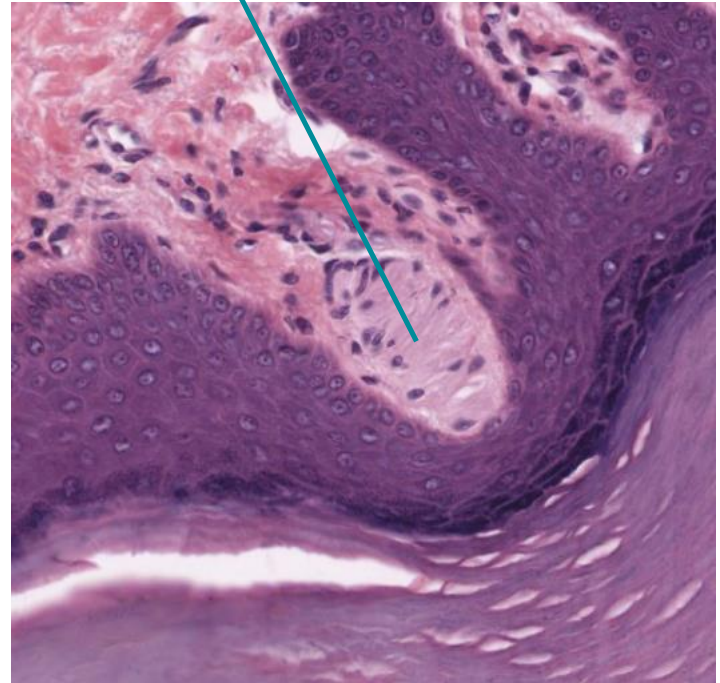


*Pacinin keränen,
Keskellä myelinisoimaton
aksoni ja ympärillä monta
kerrosta Schwannin soluja*

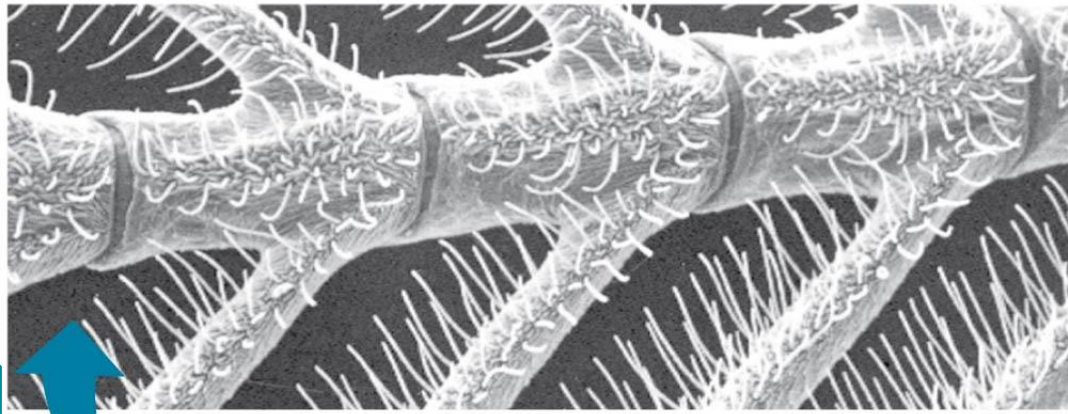


500 μm

*Maisnerin keränen,
Keskellä myelinisoimaton
aksoni ja ympärillä
Schwannin soluja vierekkäin*



100 μm



*Esimerkiksi
silkkiperhosen
antennit ovat hyvin
herkkiä
tunnistamaan
feromonimolekyylejä.*



*Kemoreseptorit
viestivät
informaatiota
ympäristön
kemiallisesta
koostumuksesta.
Reseptorit ovat
usein hyvin
erikoistuneita tietyn
molekyylin
tunnistamiseksi.*

Sähkömagneettisiin reseptoreihin kuuluu myös sähkö- ja magnetisiaistit. Sähköaistia tavataan monilla kaloilla ja magnetismin avulla esim. maitovalaat suunnistavat



Maitovalaita

Monet käärmeet aistivat näkyvän valon aallonpituuksien lisäksi lämpösäteilyä.



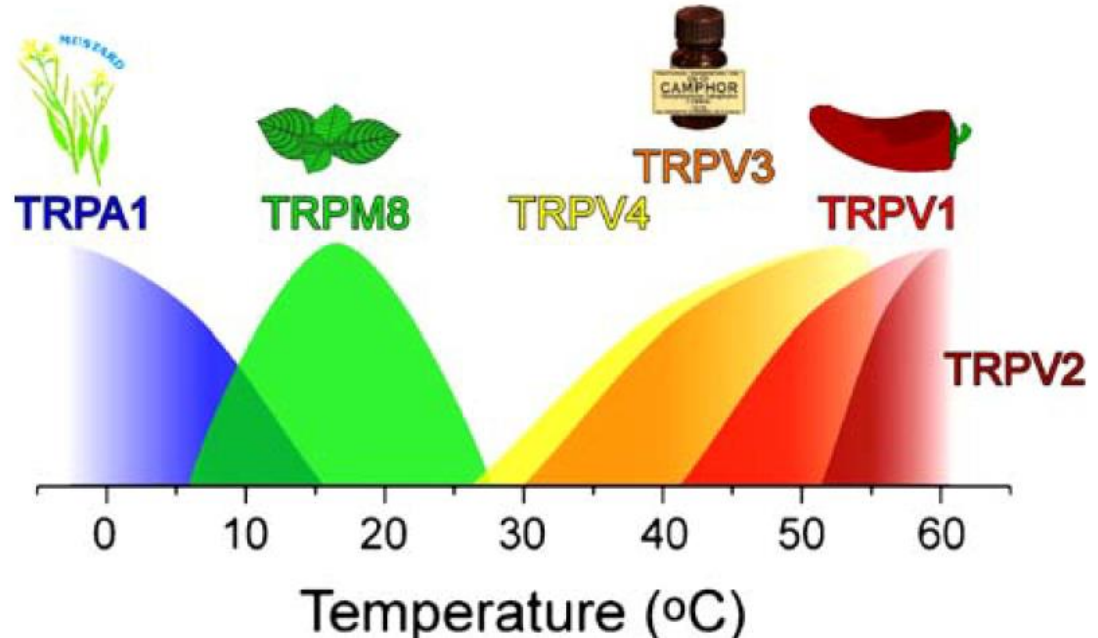
Silmä

Lämpöä aistiva elin

Termoreseptorit

Lämpöreseptorit reagoivat lämpöön ja auttavat ruumiinlämmön säätelyssä.

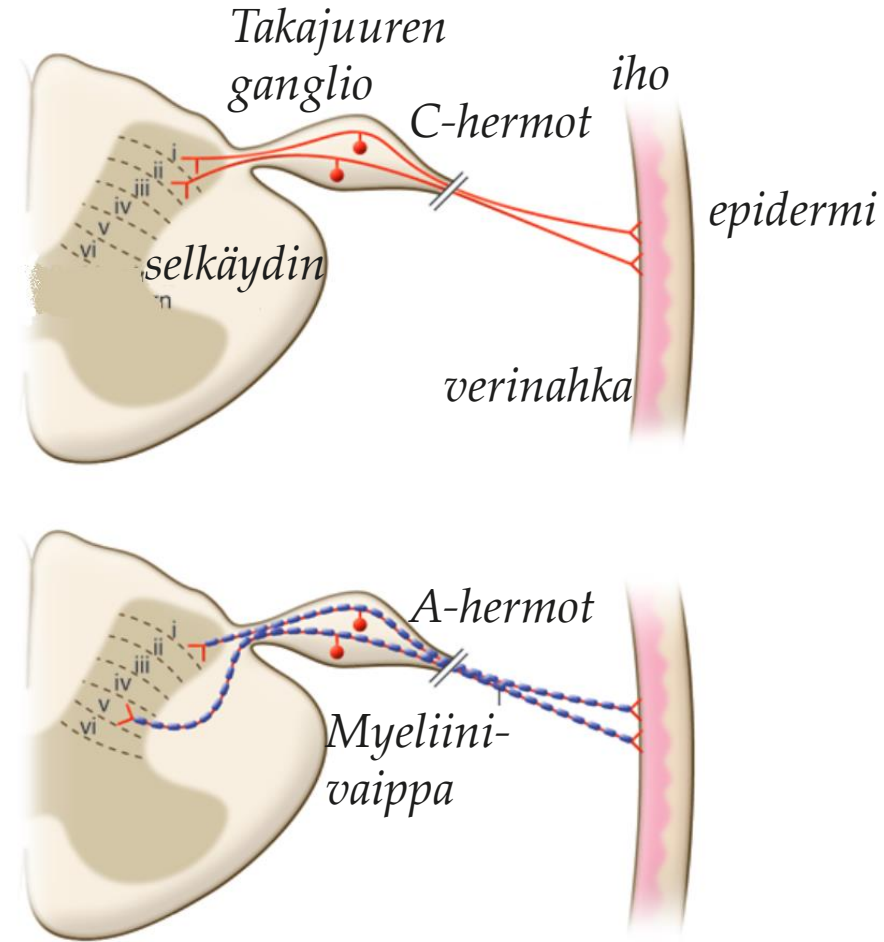
- Aistiminen tapahtuu TRP kanavilla, jotka avautuvat kukin omalla lämpötila-alueellaan.
- Kanavat ovat avattavissa myös useilla kemikaaleilla, jotka aistimme joko kuumina tai kylminä.
- Ääriämpötilojen reseptorit aktivoituvat myös kipuaistimuksessa.



Kipureseptorit

Kipuaisti koetaan pääasiassa ihossa olevilla ohuilla ja myeliini-vaipattomilla hermoilla.

- *Aistimista tapahtuu myös myeliini-vaipallisilla A-hermoilla, jotka ohjataan selkäytimessä hieman eri alueelle.*
- *Varsinainen aistiminen tapahtuu paljolti kuumuuden, paineen tai erilaisten kudonvaurioissa eritettävien kemiallisten aineiden aistimisena.*



Kiitos!



UNIVERSITY OF
EASTERN FINLAND

uef.fi

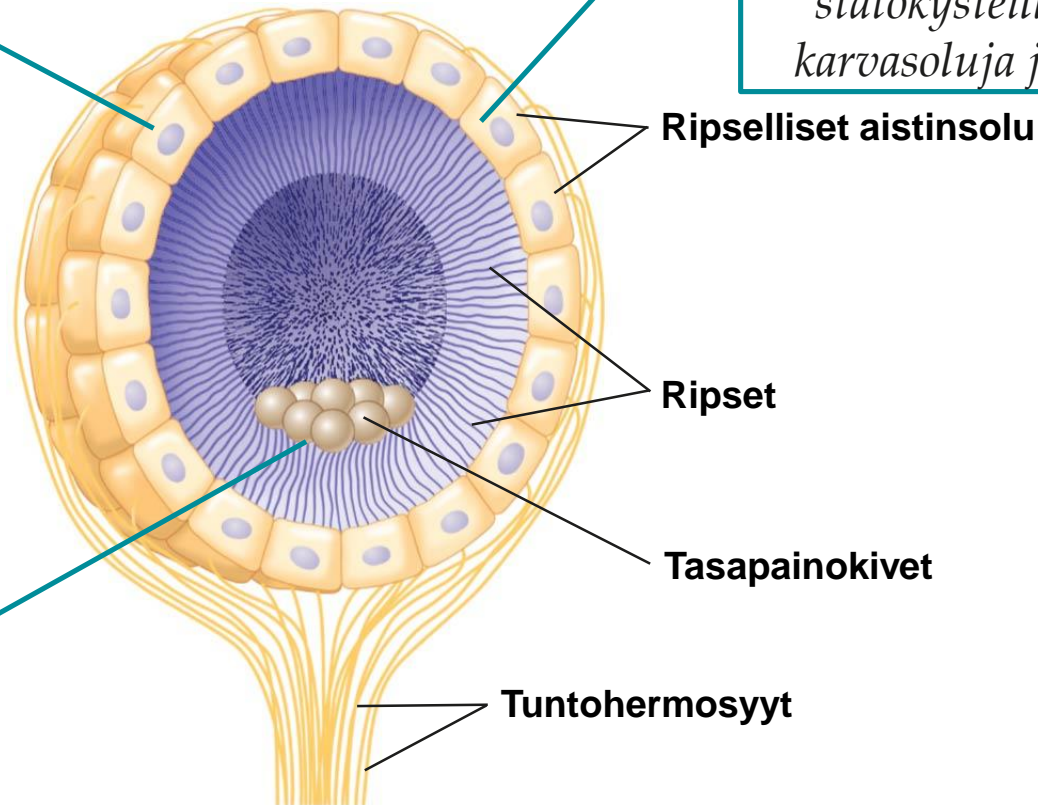
Eläinfysiologia ja histologia

3122243 5 op

Kuulo ja tasapainoasti

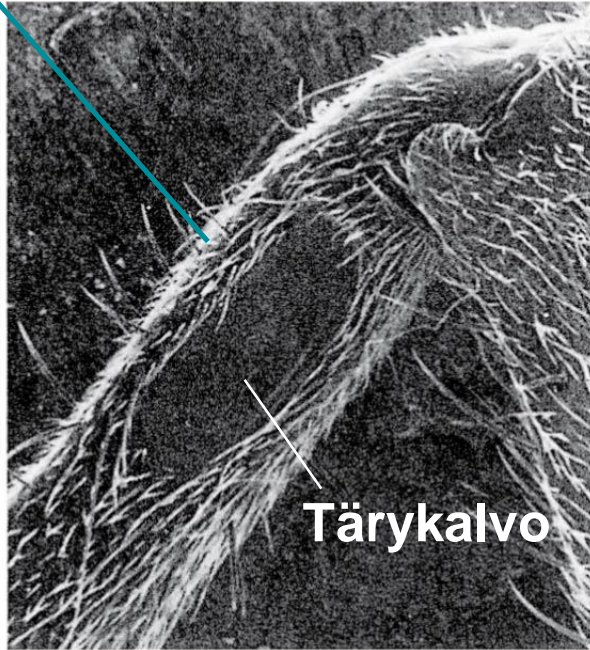
Ravuilla ja hummereilla (äyriäisillä) statokystat sijaitsevat antennien tyvellä.

Monilla selkärangattomilla tasapainoa ylläpidetään statokysteillä. Ne sisältävät karvasoluja ja tasapainokiviä.



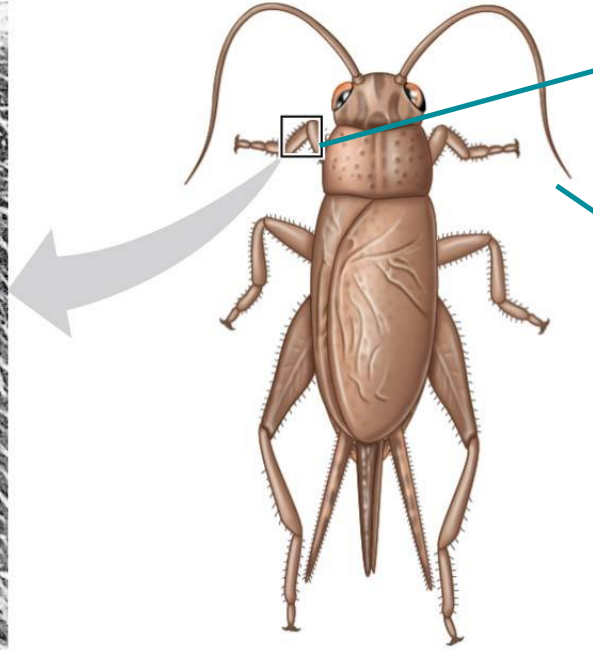
Tasapainokivien asema vaihtelee eläimen asennon mukaan ja ärsyttää karvasoluja.

Monet niveljalkaiset aistivat ääniaaltoja värisevillä karvoilla, jotka liikkuvat eläimen sisällä olevan tärykalvon värähdellessä



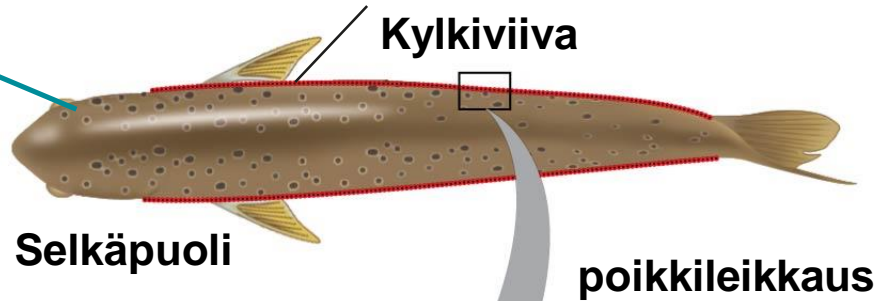
1 mm

Esim. sirkoilla korvat sijaitsevat raajoissa

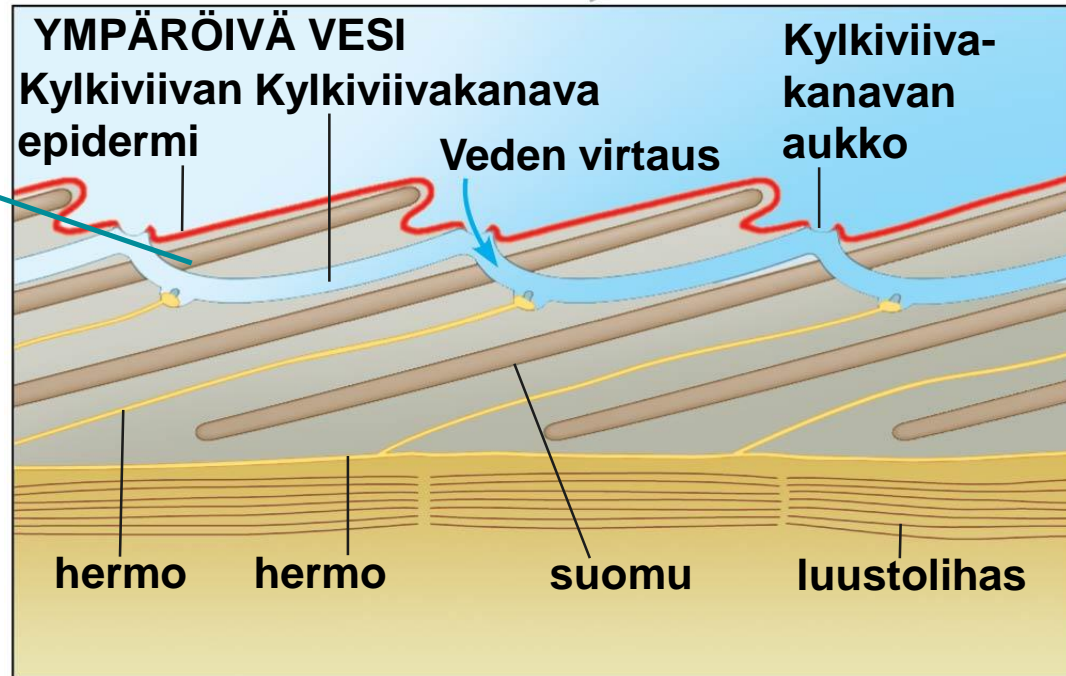


Ääntä voidaan aistia myös tuntokarvoilla: hyttyskoiraan tuntokarvat ovat eri pituisia ja aistivat ääniä eri taajuuksilla.

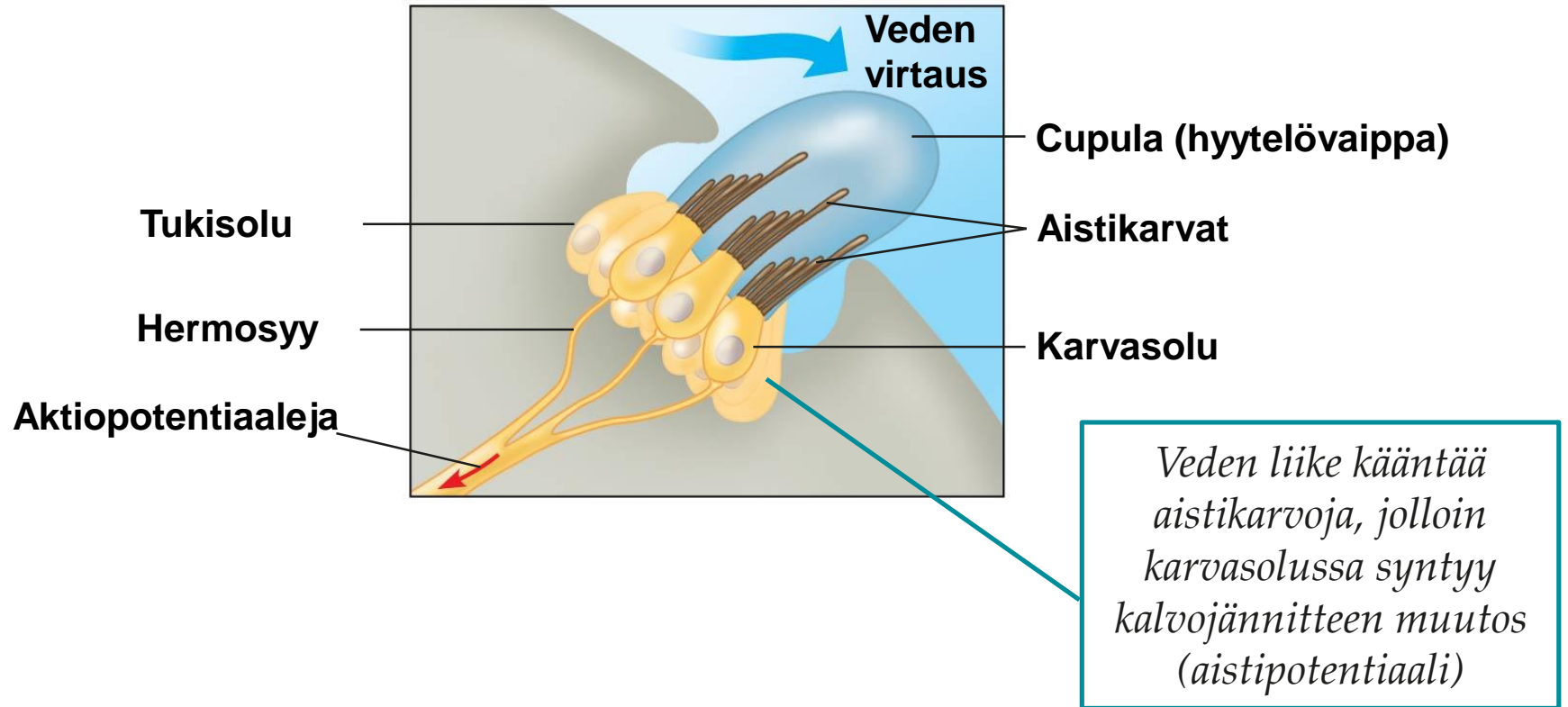
Kaloilta puuttuu sisäkorvan simpukka, äänet välittyvät korvaan kallon luiden tai uimarakon kautta



Kalat ja monet sammakkoeläimet aistivat kylkiviiva-aistilla veden liikkeen.



*Aistiminen tapahtuu
neuromasteissa*

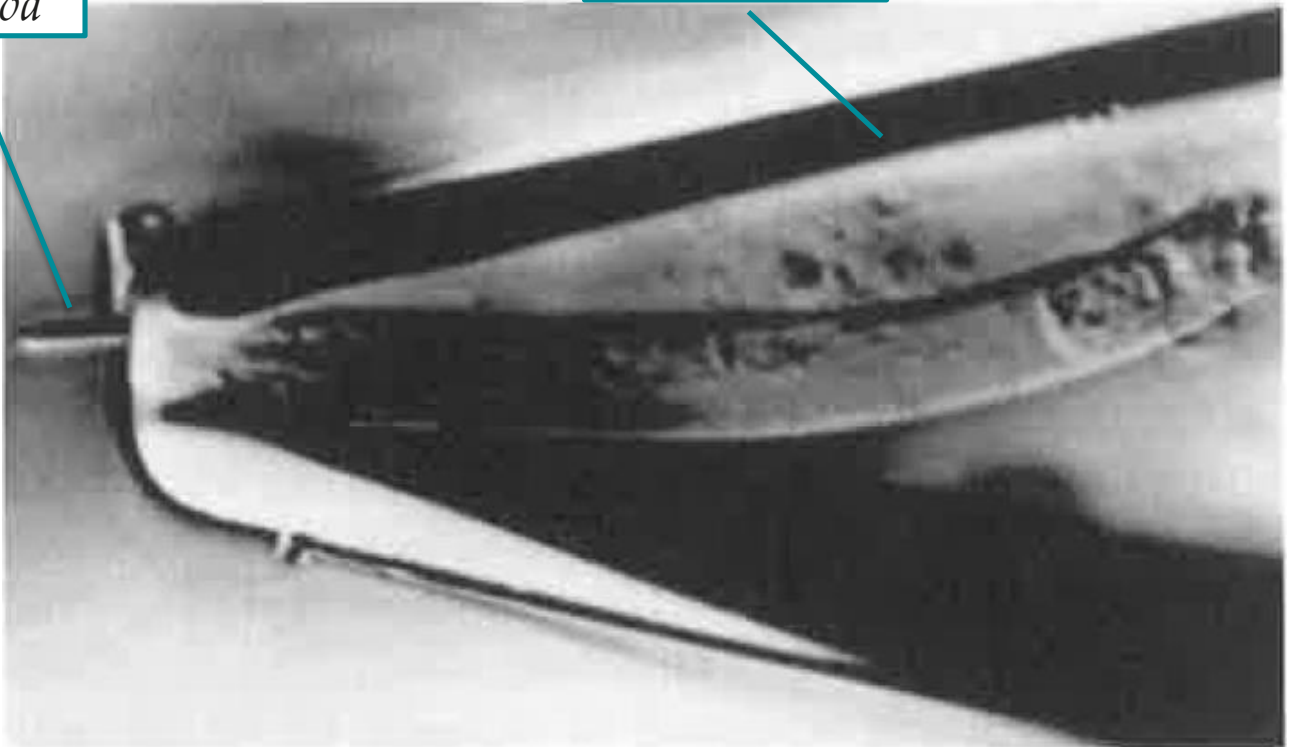


Karvasolu ja sen toiminnan selvittäminen

*Karvasolun
aistinkarva*

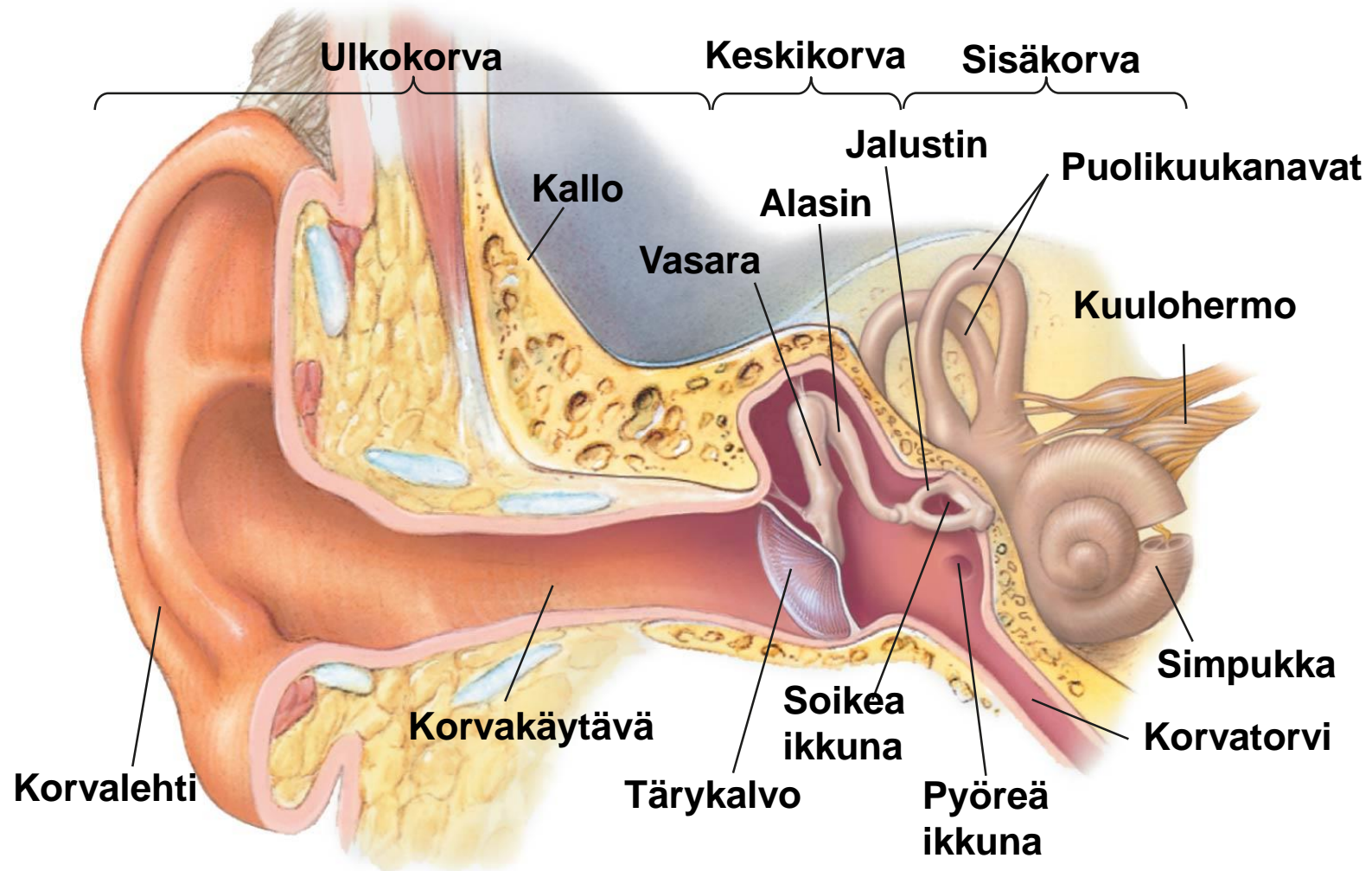


*Patch-clamp
pipetti*



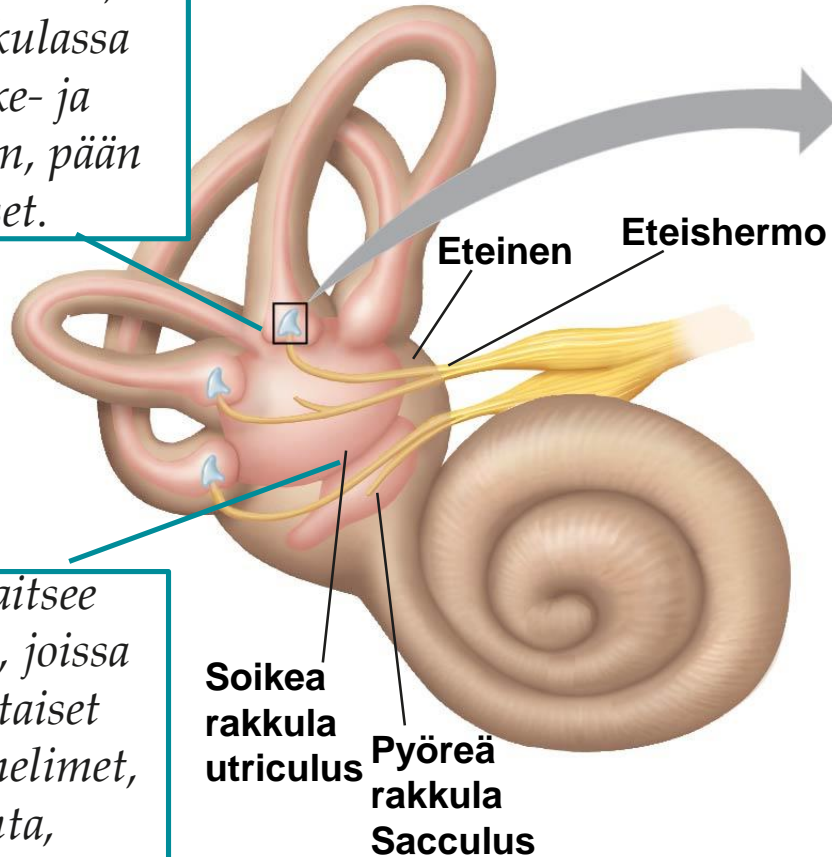
Maaselkärankaisten kuulo ja tasapainoasti



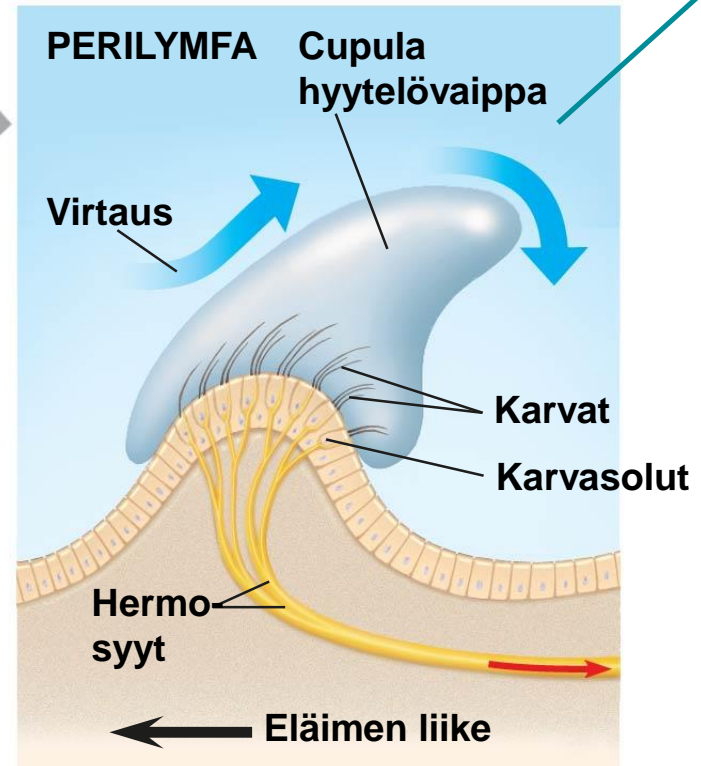


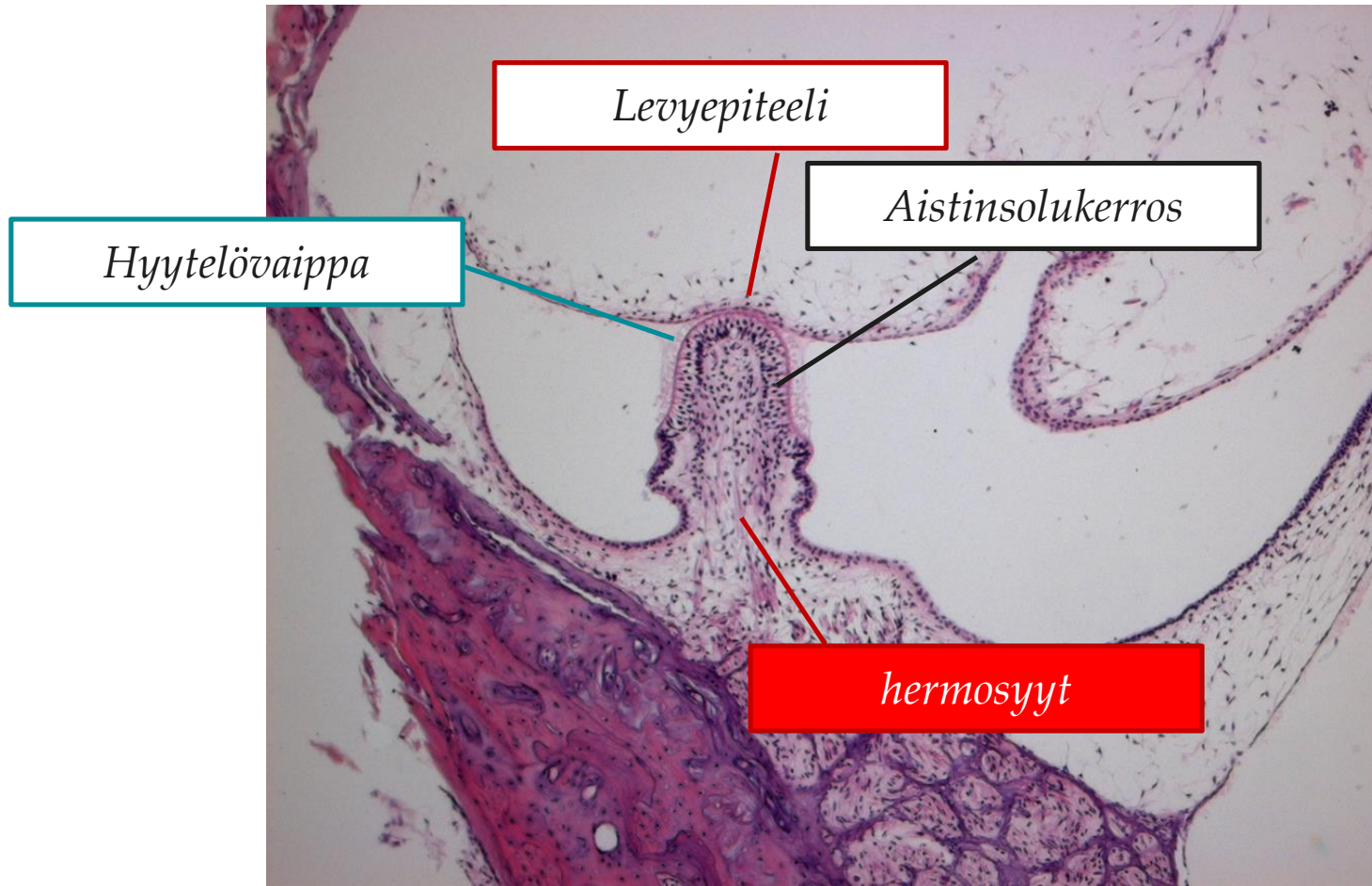
Kolme puolikuukanavaa joiden päässä pullistuma, rakkula. Rakkulassa sijaitsee liike- ja tasapainoastin, pään käännökset.

Puolikuukanavien perilymfa ja simpukan endolymfa sisältävät normaaliplasmasta poikkeavat ionipitoisuudet



Eteisessä sijaitsee kaksi rakkulaa, joissa on samankaltaiset tasapainoastinelimet, pystysuunta, liikesuunta





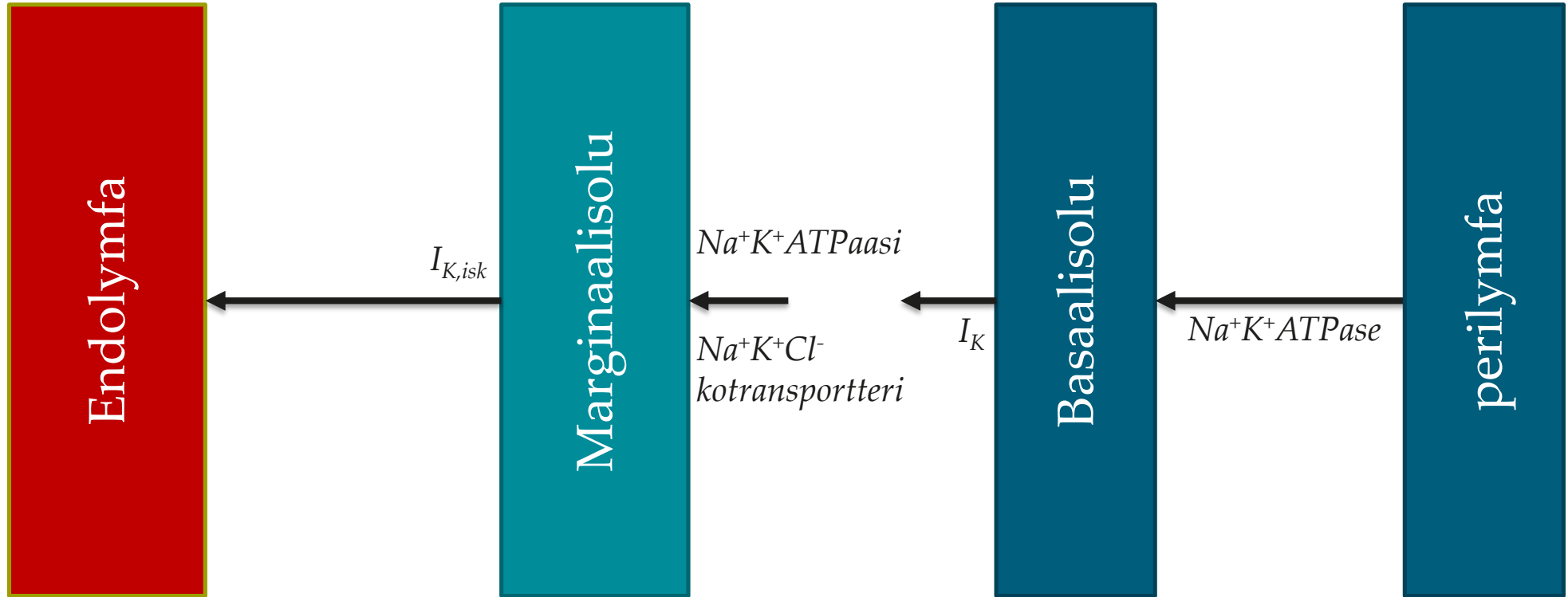
Peri- ja endolymfa

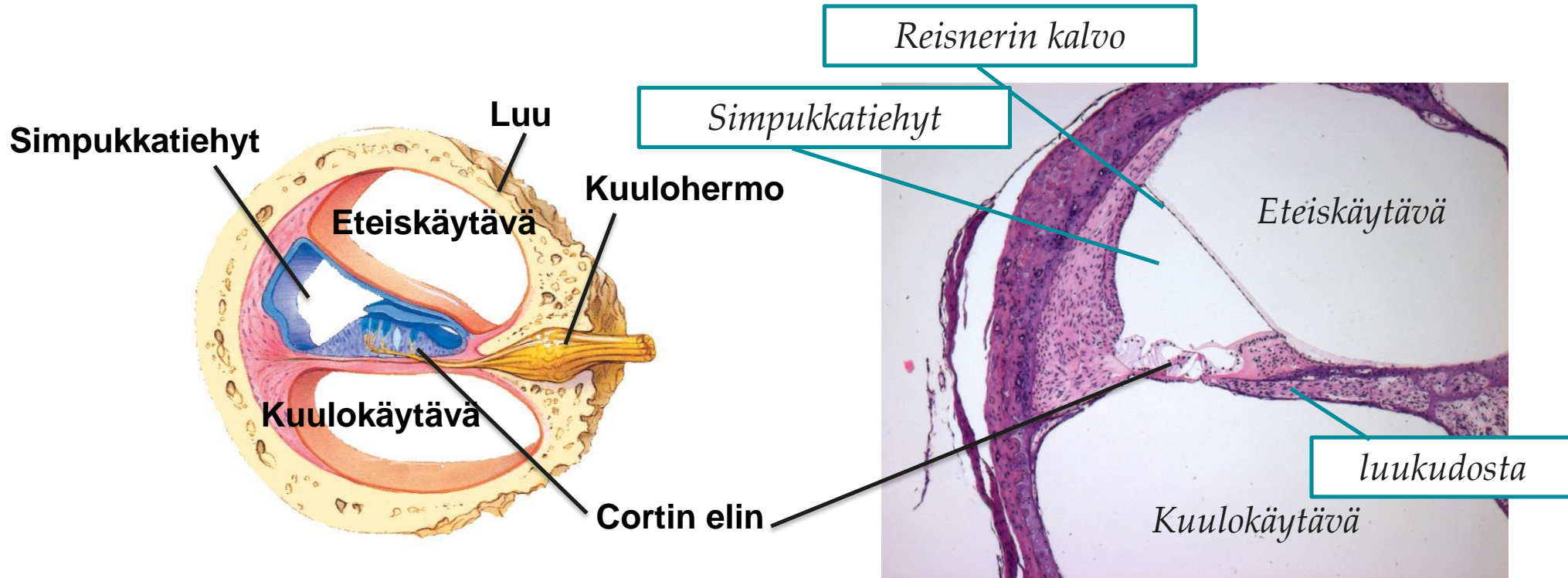
Paljon kaliumia ja proteiineja, vähän natriumia ja kalsiumia

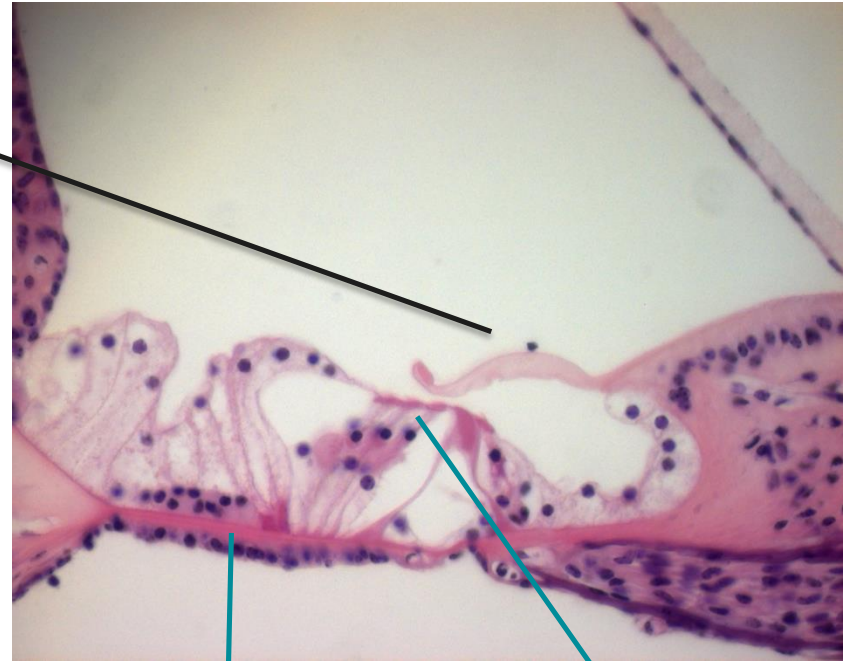
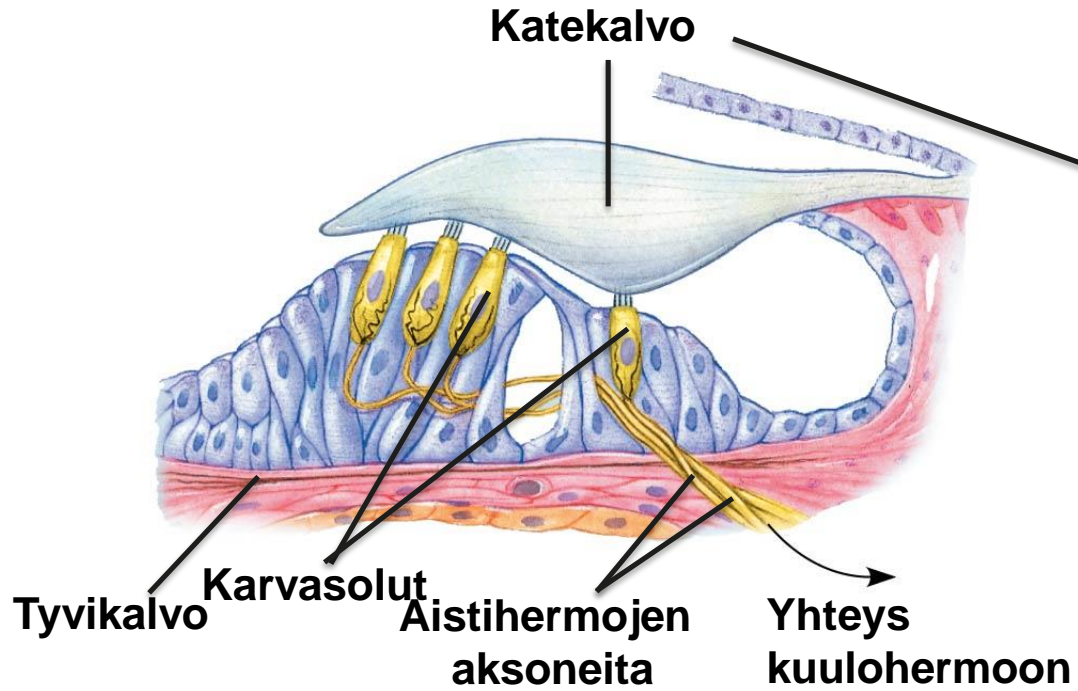
	Sytoplasma	Plasma	Endolymfa	Perilymfa
K ⁺ (mM)	139	5	137	4.2
Na ⁺ (mM)	12	145	1.2	138
Ca ²⁺ (mM)	0,0001	1	0.02	1.3
Cl ⁻ (mM)	10	145	132	119
HCO ₃ (mM)	12	27	31	21
protein (mM)	200g/l	1	38	178
pH	7,2	7,4	7,5	7,3
Jännite plasmaan verrattuna (mV)	-80		+80	0

Paljon proteiineja

Kaliumin kertyminen endolyymfaan







tyvikalvo

karvasolut

Tärykalvon liikkeet
johdetaan simukan
endolymfan
paineenvaihteluiksi

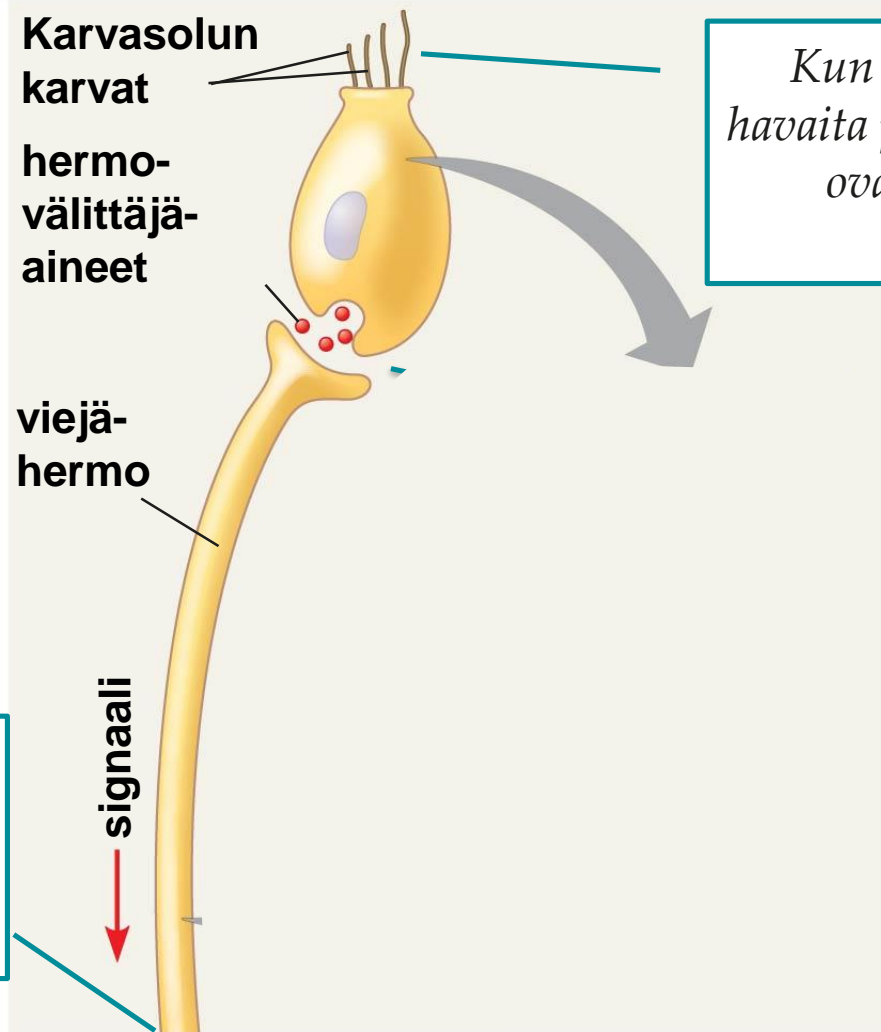
1 μm

Aistinkarvat



Aistinkarvojen rivi
töröttää yksittäisestä
karvasolusta

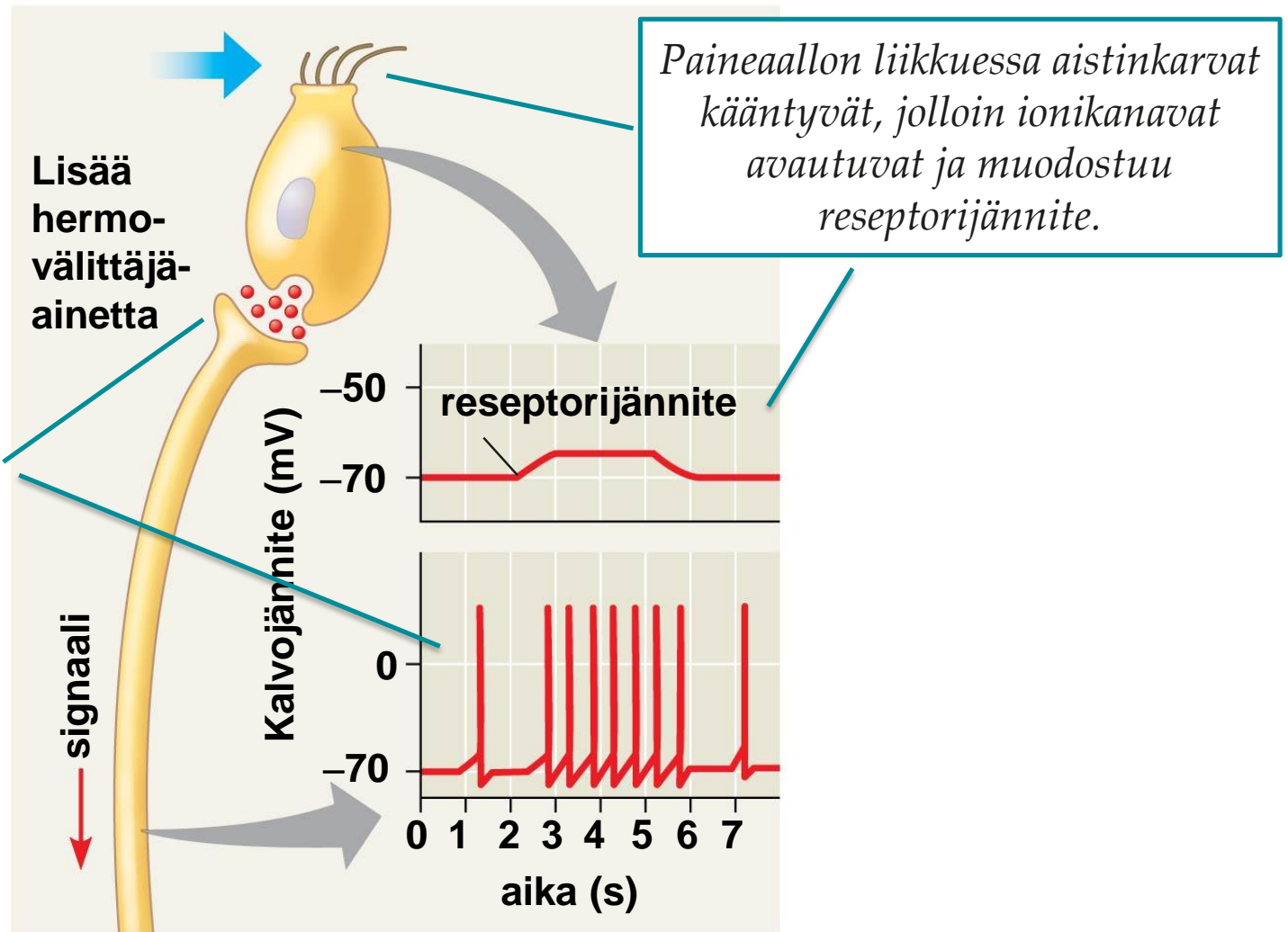
Paineenvaihtelut
liikuttavat
karvojen, mikä
aistitaan
äänisingnaalina

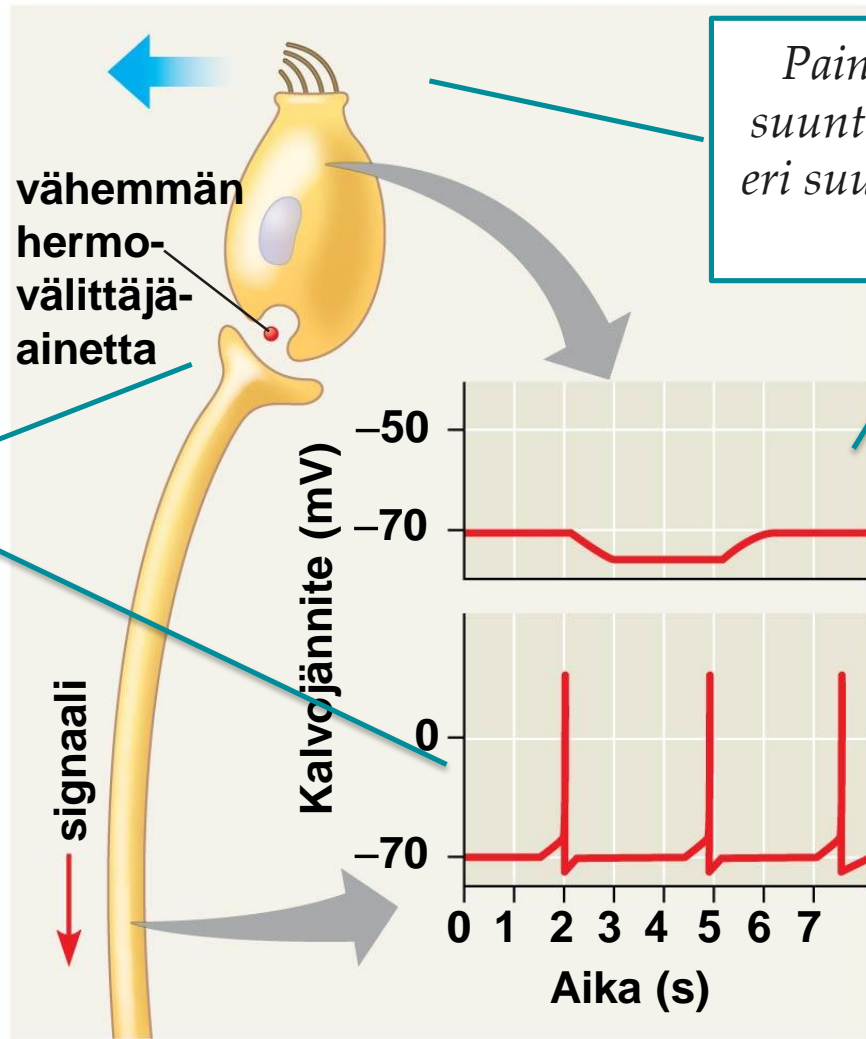


Kun endolymfassa ei havaita paineenvaihteluita, ovat aistinkarvat paikallaan

Hermovälittäjäaineita eritetään ja viejähermossa muodostetaan aktiopotentiaaleja

Käyttö on välttämätöntä mm. synapsien ylläpitämiseksi.

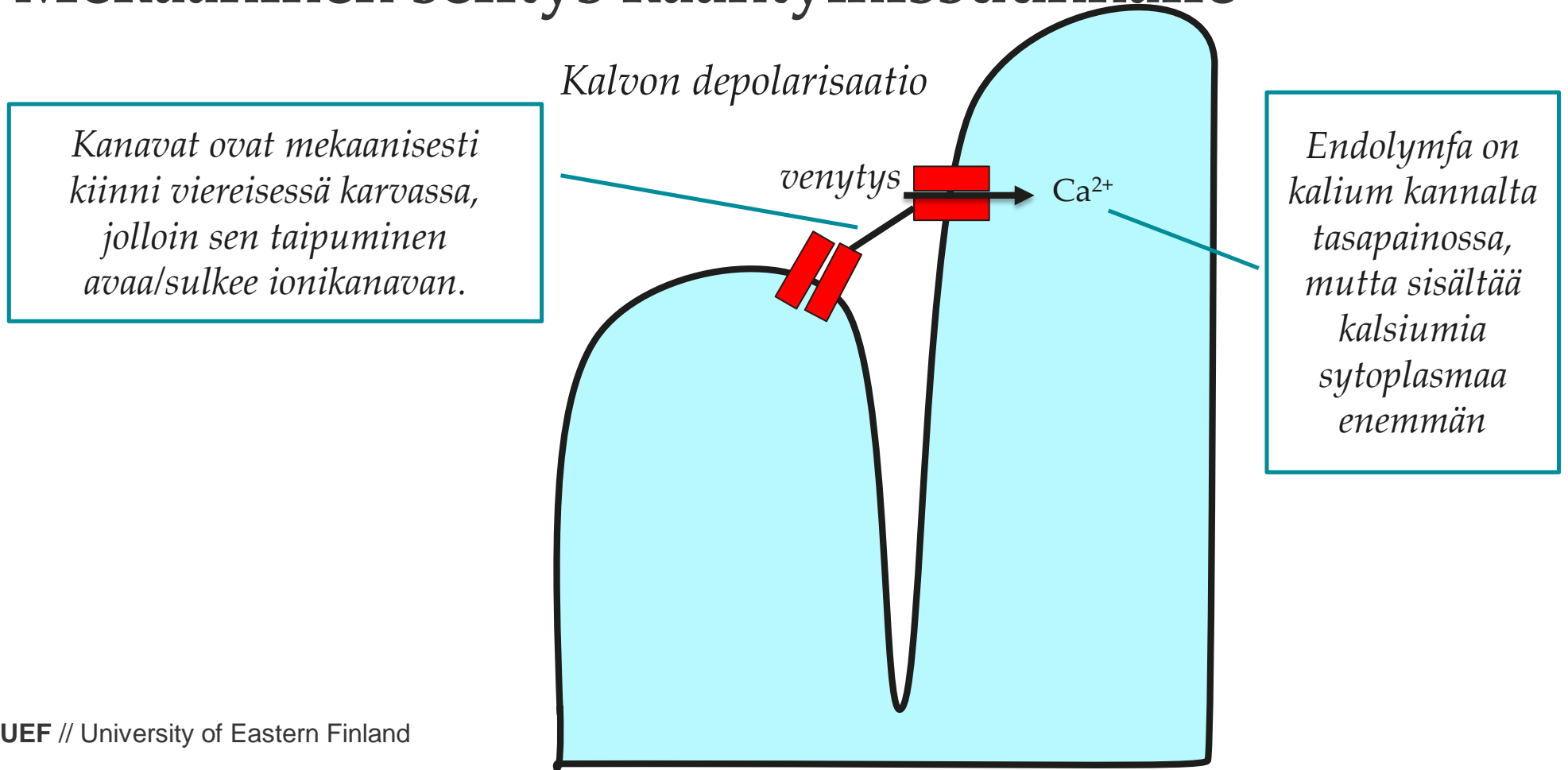


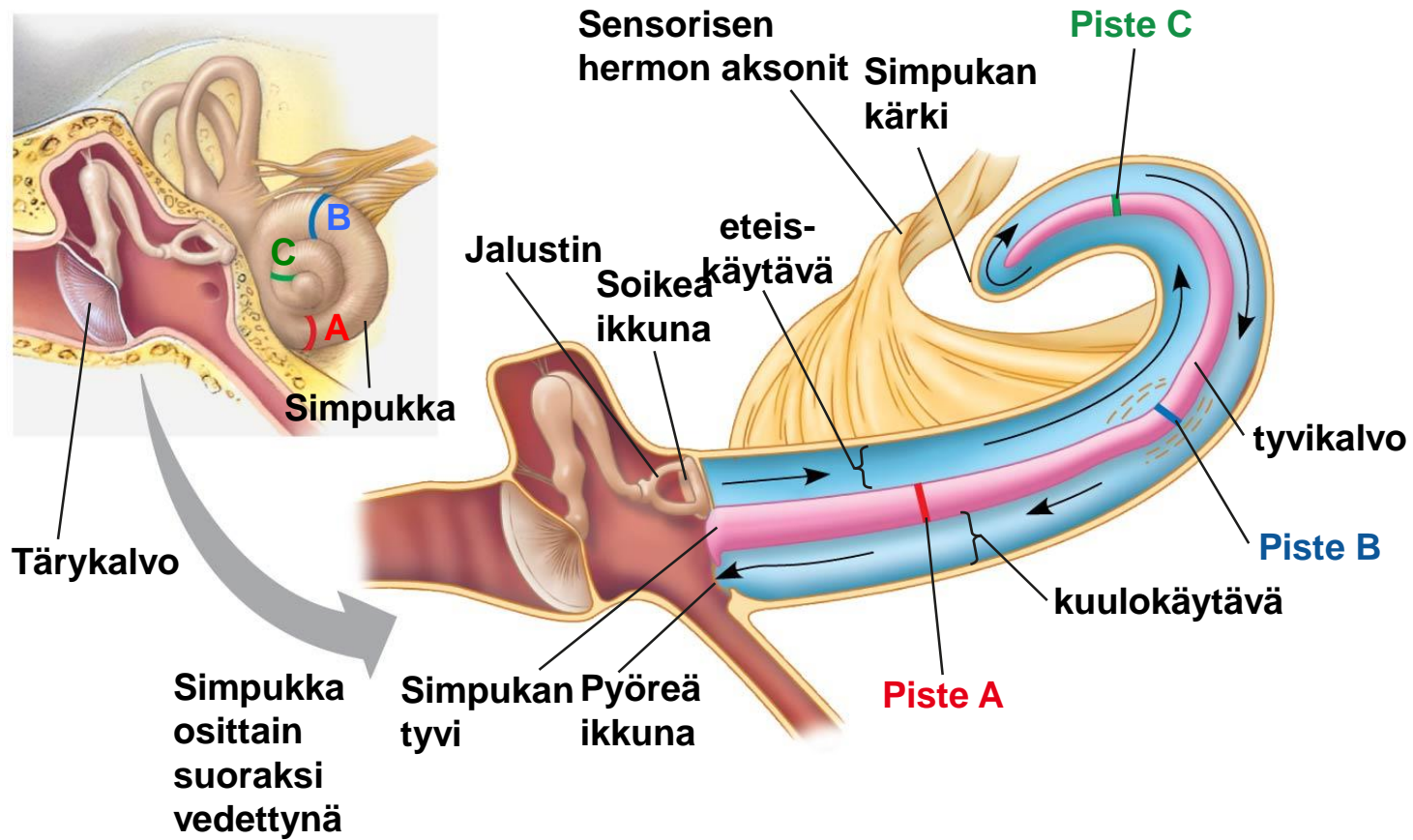


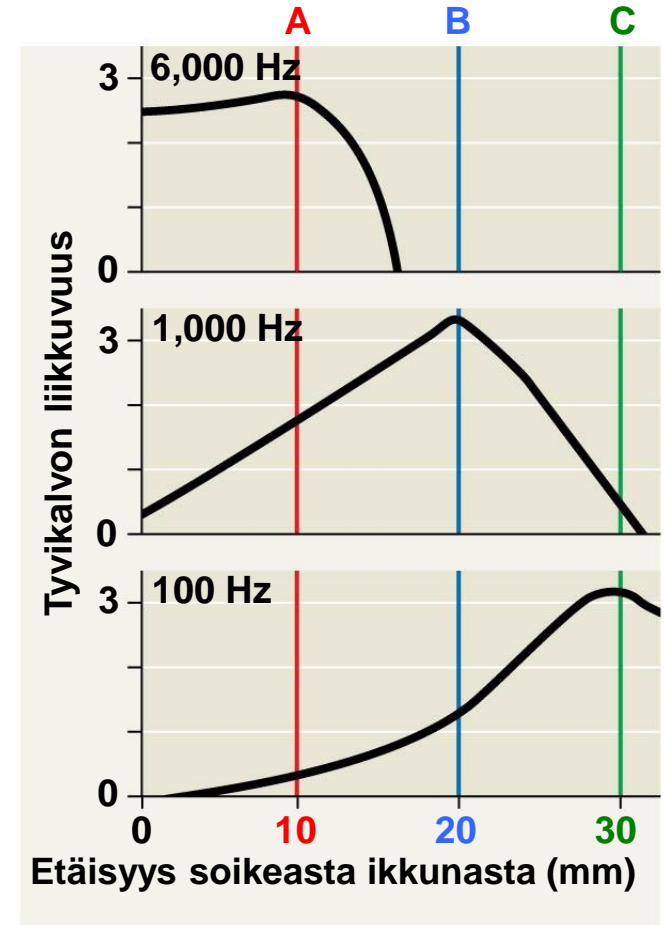
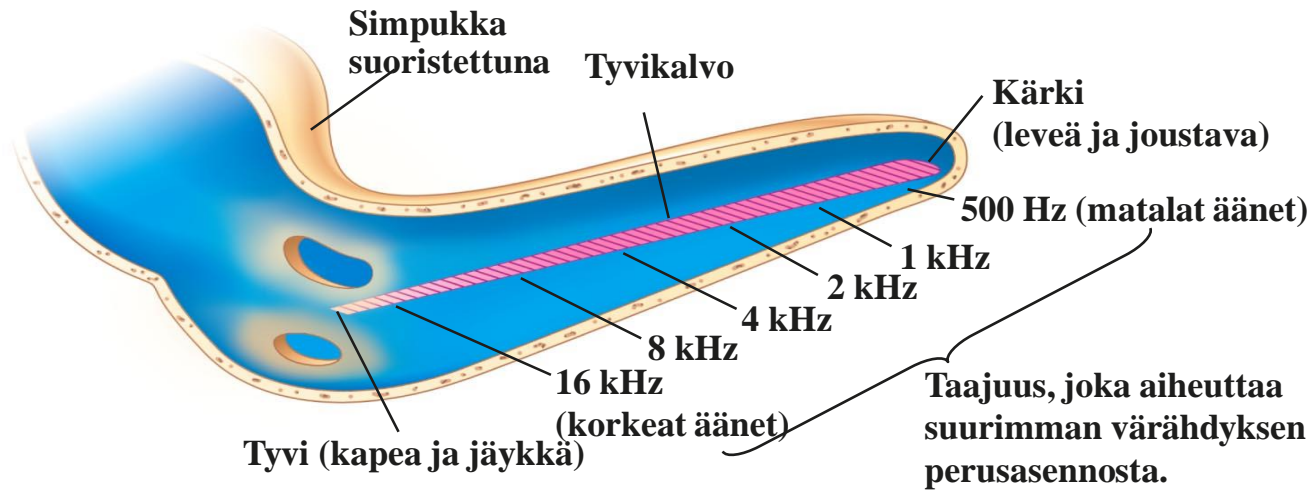
Paineaallon liikuessa toiseen suuntaan aistinkarvat kääntyvät eri suuntaan, mikä hyperpolarisoi reseptorijännitettä.

Hermovälittäjäainetta eritetään erittäin vähän, jolloin aktipotentiaaleja syntyy hyvin harvoin

Mekaaninen selitys kääntymissuunnalle







Kiitos!



UNIVERSITY OF
EASTERN FINLAND

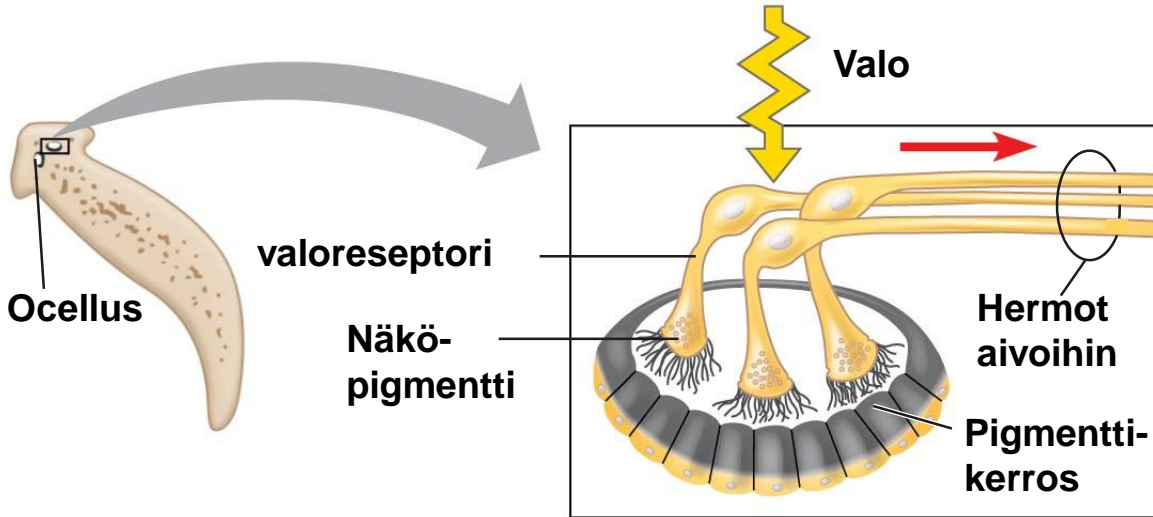
uef.fi

Eläinfysiologia ja histologia

3122243 5 op

Näköaisti

*Lattana aistii
valon
tulosuunnan ja
voimakkuuden.
Suunnistaa
poispäin
valosta*



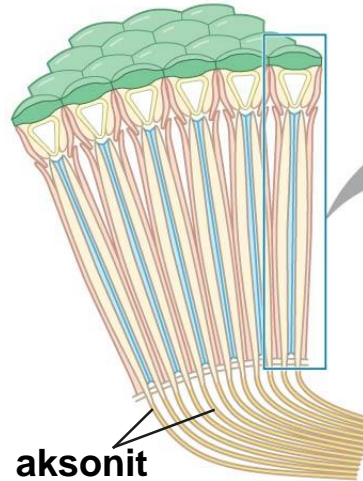
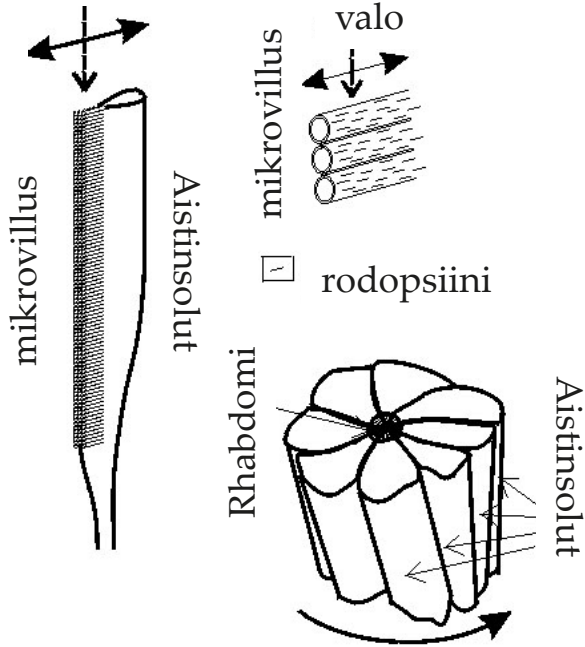
Verkkosilmä on hyvä liikkeen havaitsemisessa - 300 Hz (elokuvat 24 Hz)



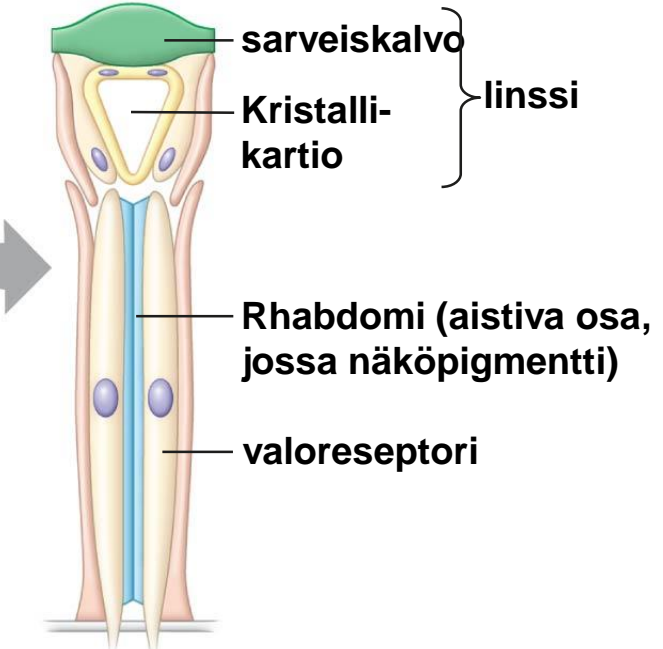
Verkkosilmiiä hyönteisillä, äyriäisillä (Arthropoda), ja joillain monisukkamadoilla (Annelida)

Kärpäsen silmät

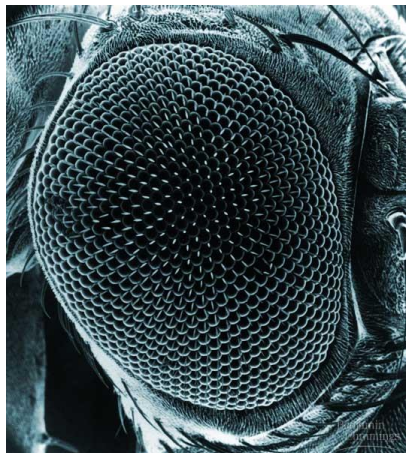
2 mm



Ommatidia



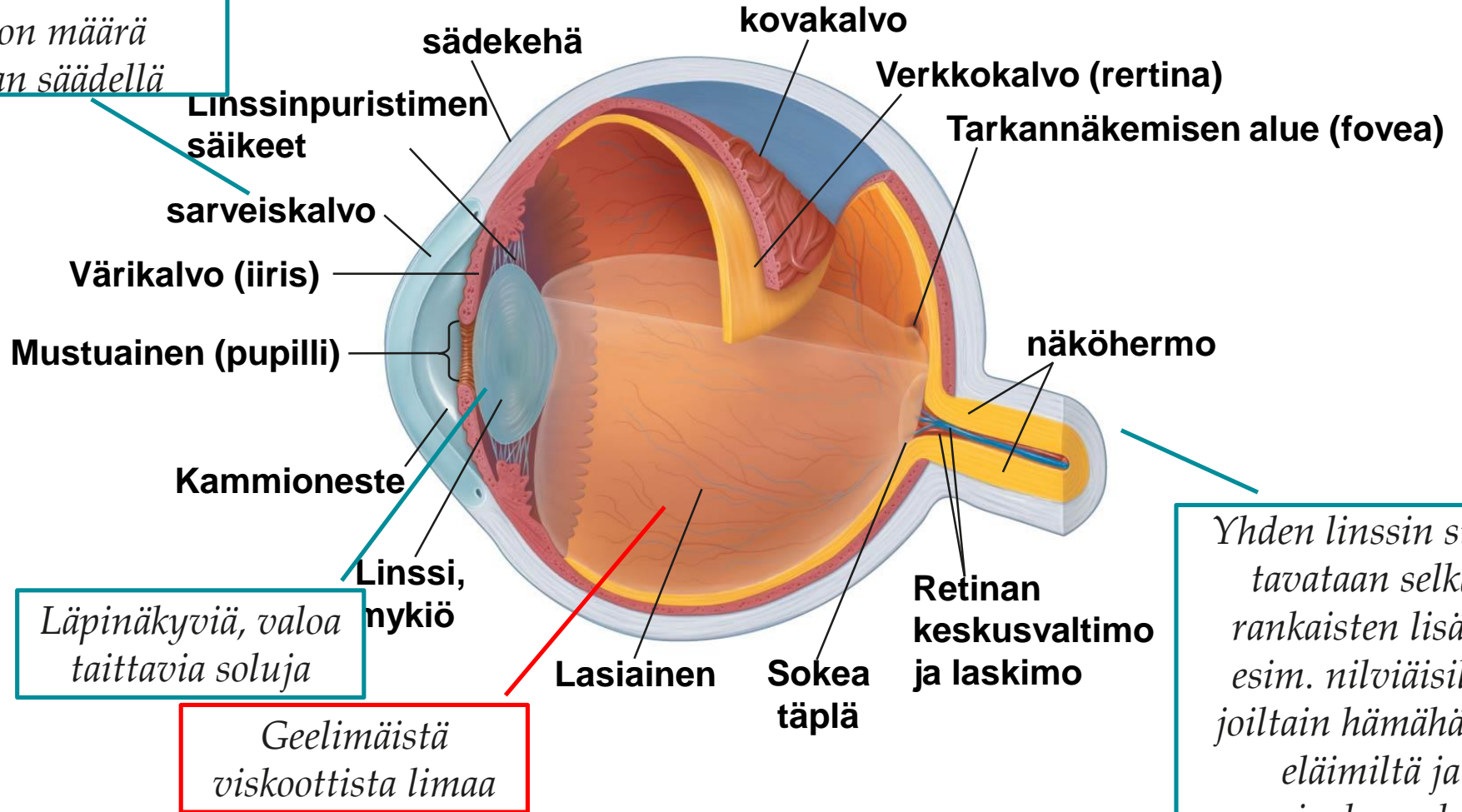
Ommatidi



Joidenkin verkkosilmien värinäkö on UV-alueella.



Yhden linssin silmä toimii kameran tavoin – valon määrä voidaan säädellä

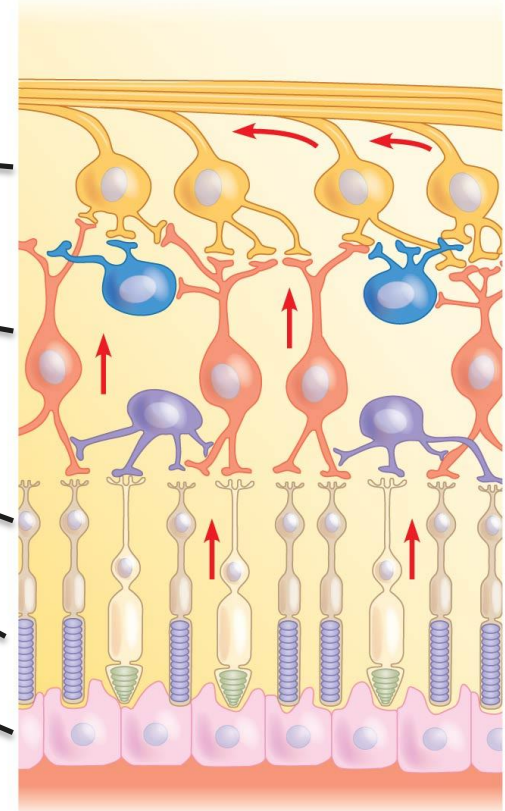
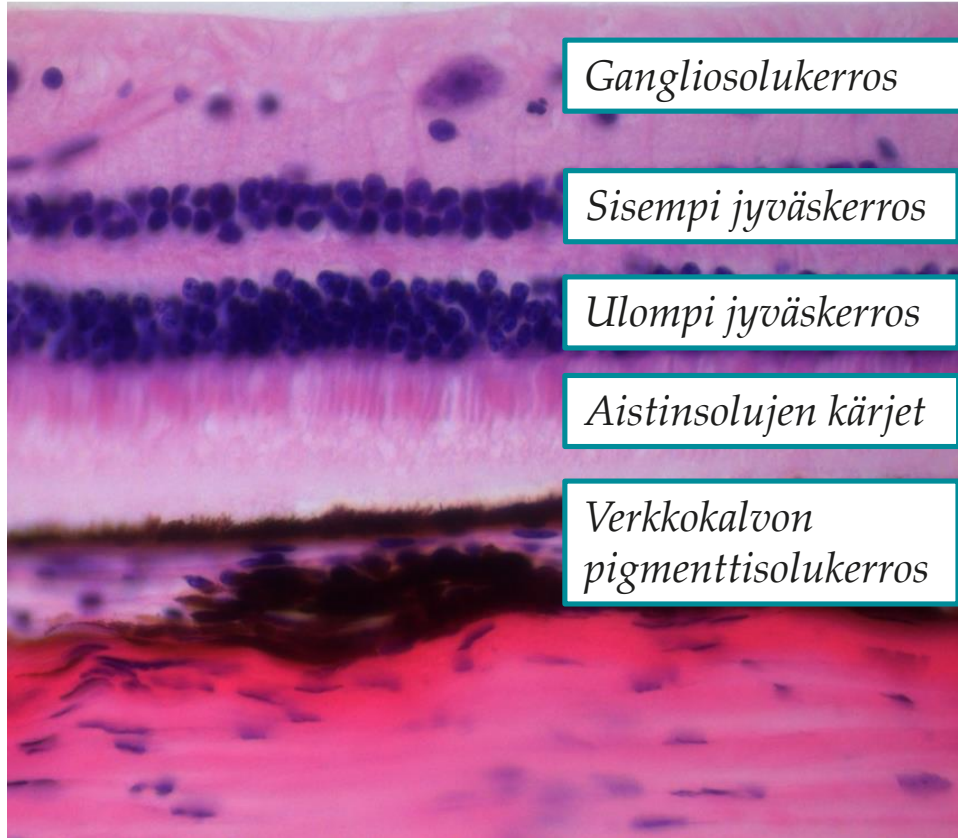


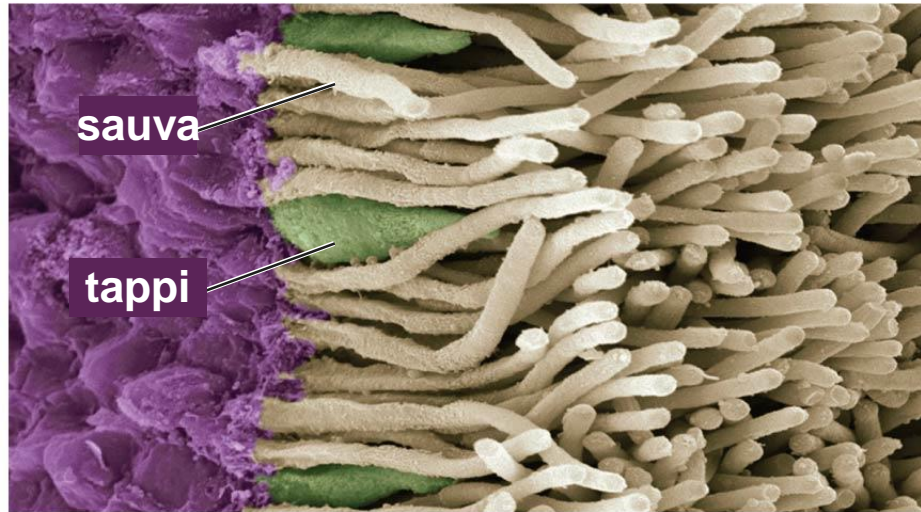
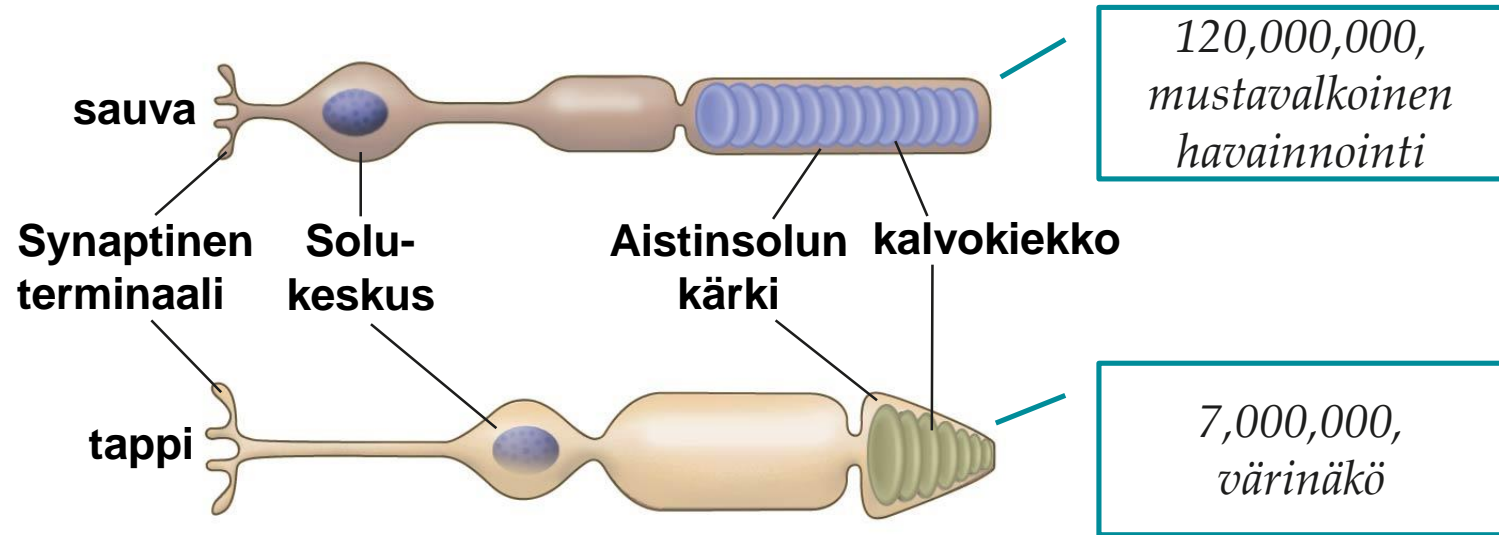
Läpinäkyviä, valoa taivuttavia soluja

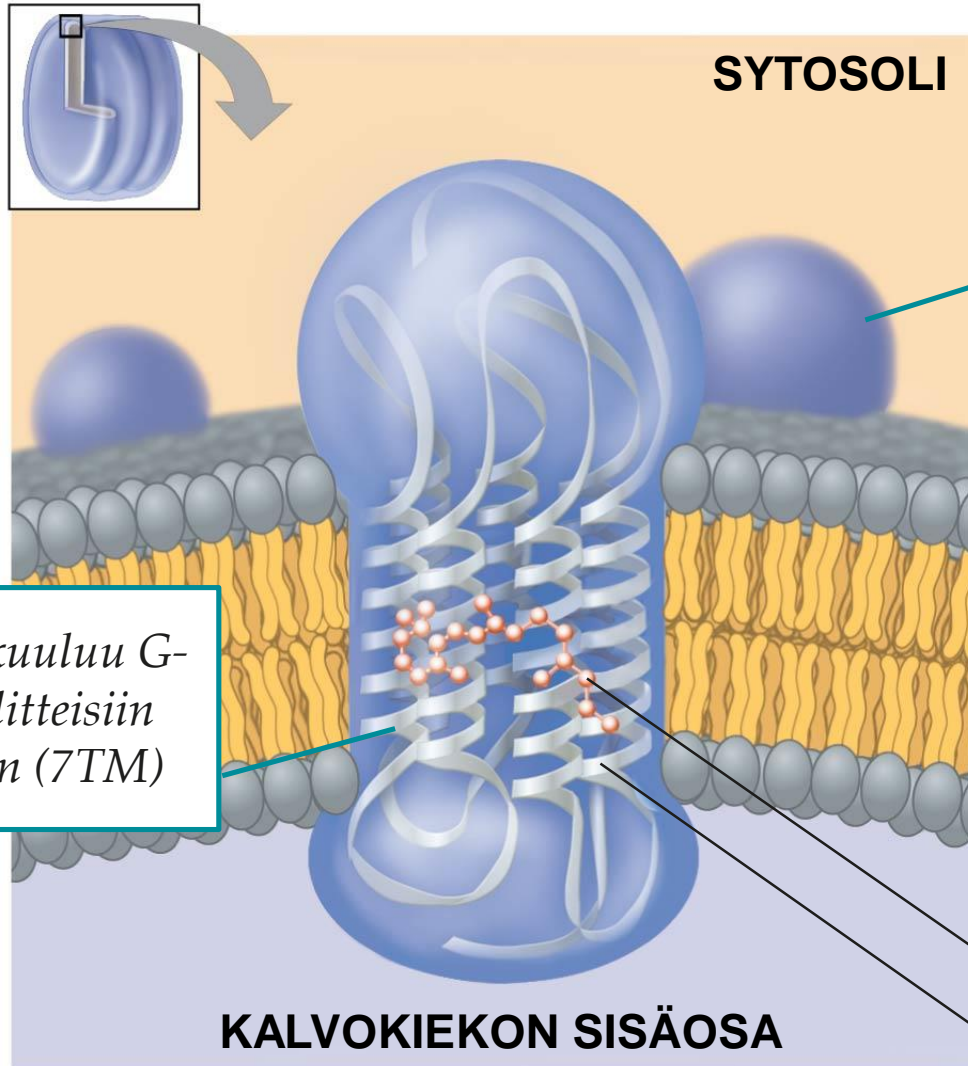
Geelimäistä viskoottista limaa

Yhden linssin silmä tavataan selkärankaisten lisäksi esim. nilviäisiltä, joiltain hämähäkkieläimiltä ja monisukamadoilta

Verkkokalvo

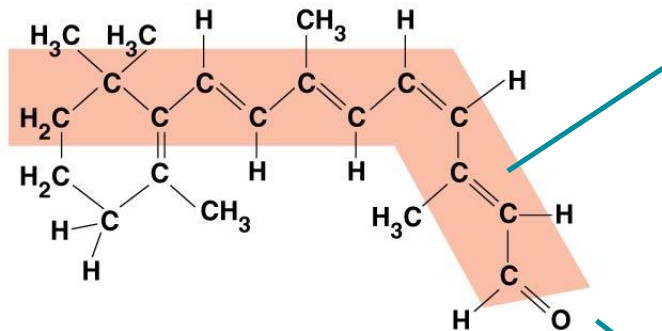






Retinaali on valon kanssa reagoiva molekyyli

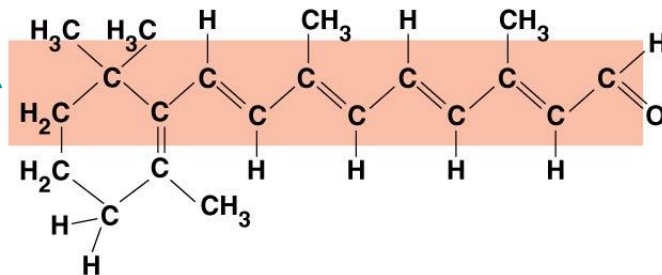
Trans-muoto on energettisesti edullisempi, joten retinaali kääntyy ennen kuin elektroni ehtii palata takaisin normaalille orbitaalilleen



Retinaali: *cis* isomeeri

valo ↓

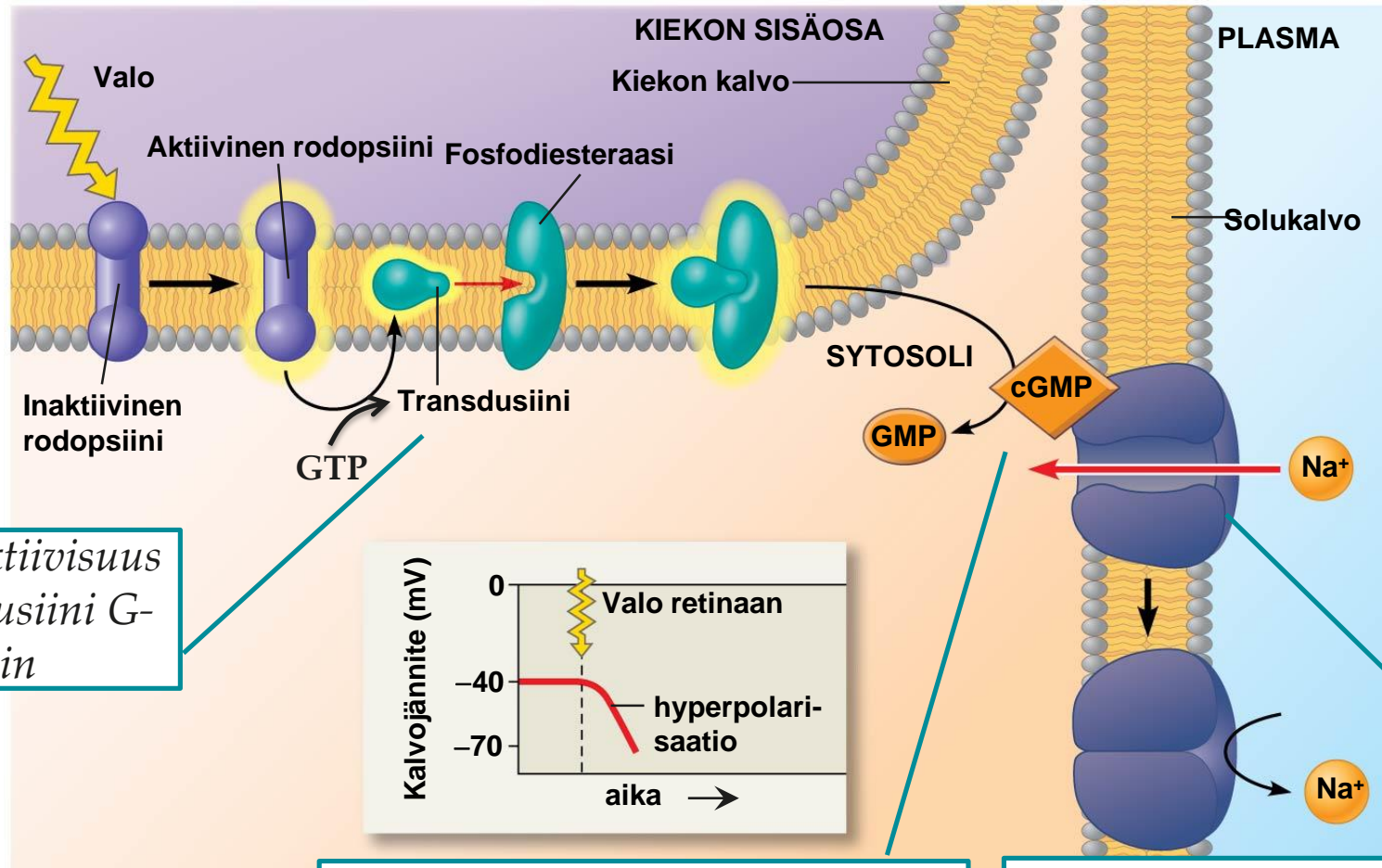
↑
entsyymit



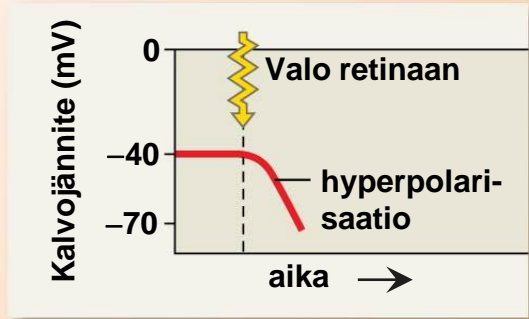
Retinaali: *trans* isomeeri

Molekyylissä on 6 kaksoissidosta konjugoituina

Valo virittää retinaalin molekyyliorbitaalilla yhden elektronin, jolloin kaksoissidos pääsee katkeamaan



Rodopsiinin aktiivisuus aktivoi transdusiini G-proteiinin



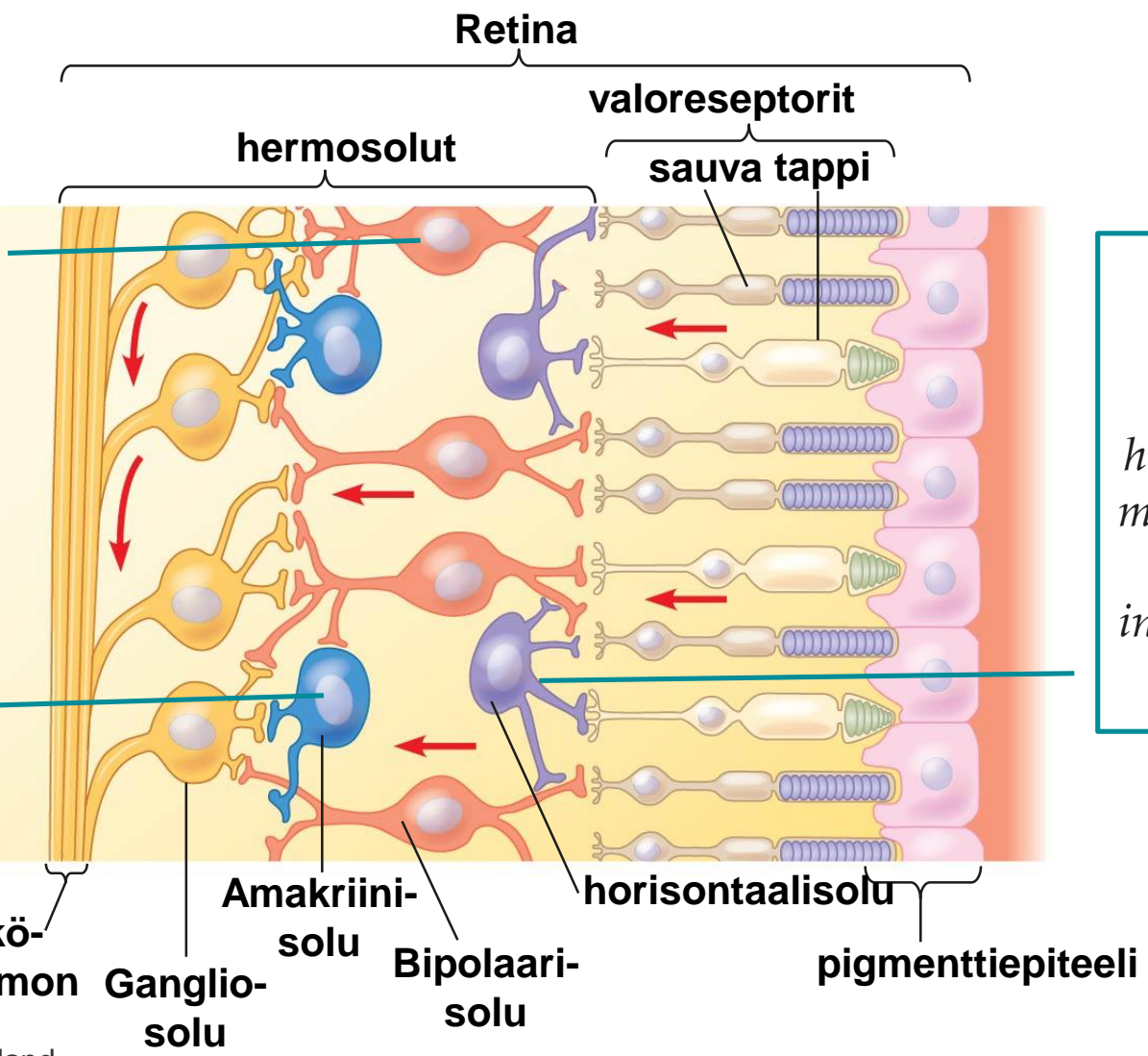
G-proteiinin aktivoima fosfodiesteraasi pilkkoo cGMP:tä

cGMP:n hajoaminen sulkee solukalvon natriumkanavat

Gangliosolut vievät informaation aivoihin bipolaarisoluista.

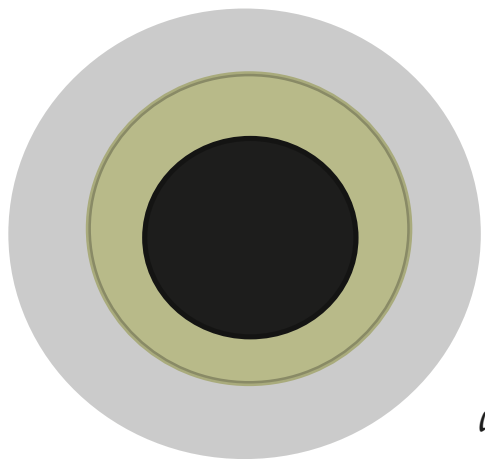
Huomaa, että horisontaalisolut estävät sekä aisti että bipolaarisolujen toimintaa.

Amakriinisolut inhiboivat signaalia useilla eri hermovälittäjäaineilla.

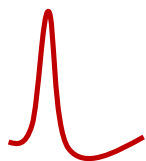


valaistut aistinsolut stimuloivat horisontaalisoluja, minkä seurauksena jälkimmäiset inhiboivat viereisiä soluja

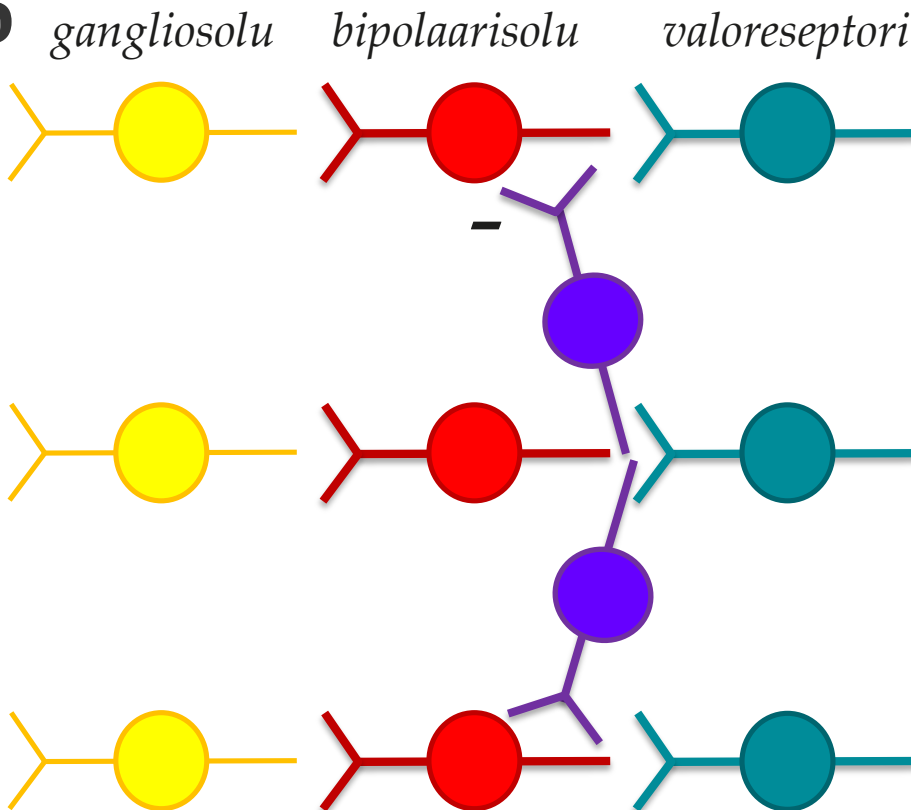
Lateraali inhibitio



Rajat epätarkat



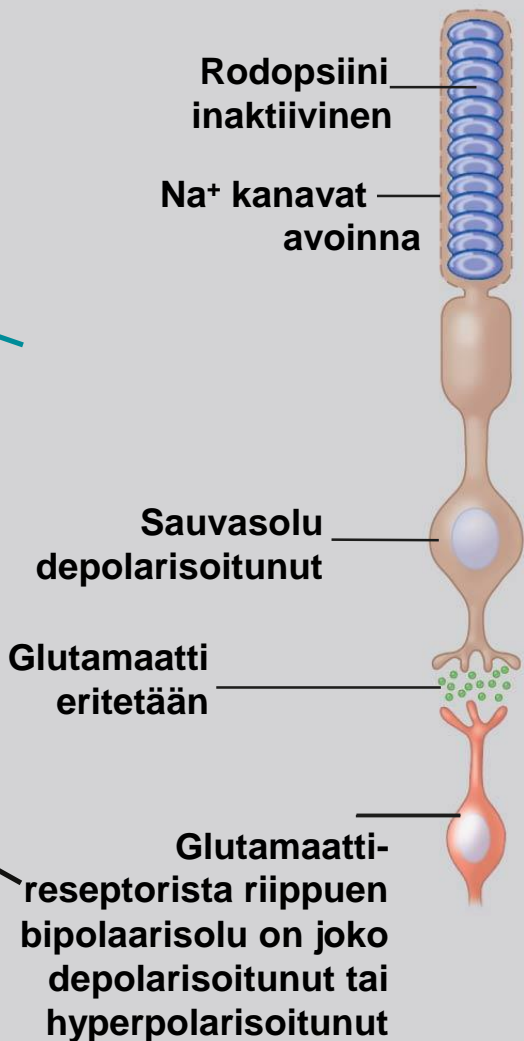
aktiopotentialiaali



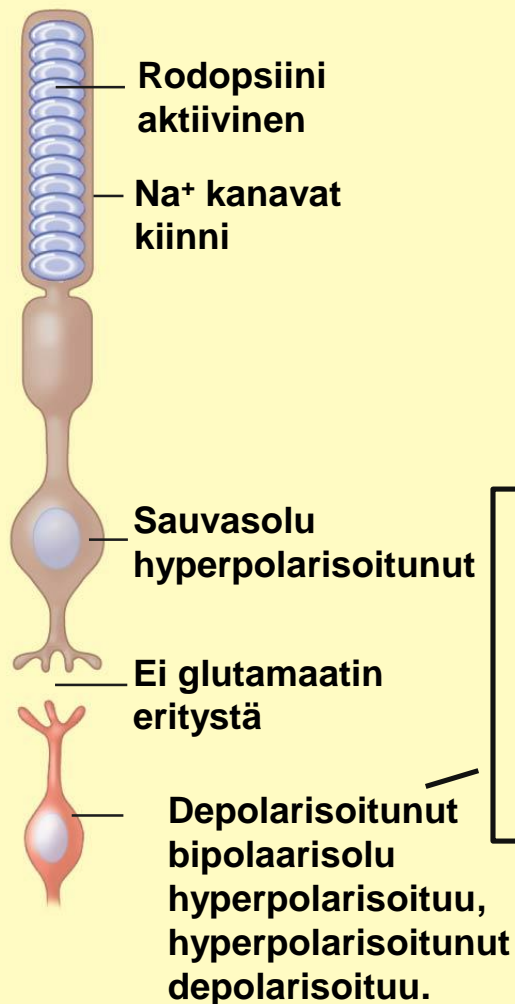
Vastakkaisten vasteiden seurauksena on OFF-center ja ON-center vasteita, mikä havaitaan erona tumien ja vaaleiden kohteiden tarkastelussa

Sauvasolu voi välittää informaatiota useammalle bipolaarisolulle, joista osa on aktiivisia pimeässä

Pimeävaste



Valovaste



Pimeässä aktiiviset bipolaarisolut inaktivoituvat ha valoaktiiviset aktivoituvat

Kiitos!



UNIVERSITY OF
EASTERN FINLAND

uef.fi

Eläinfysiologia ja histologia

3122243 5 op

Näköinformaation muokkaus

Oikeanpuoleinen
näkökenttä



Oikea silmä

Vasen
silmä

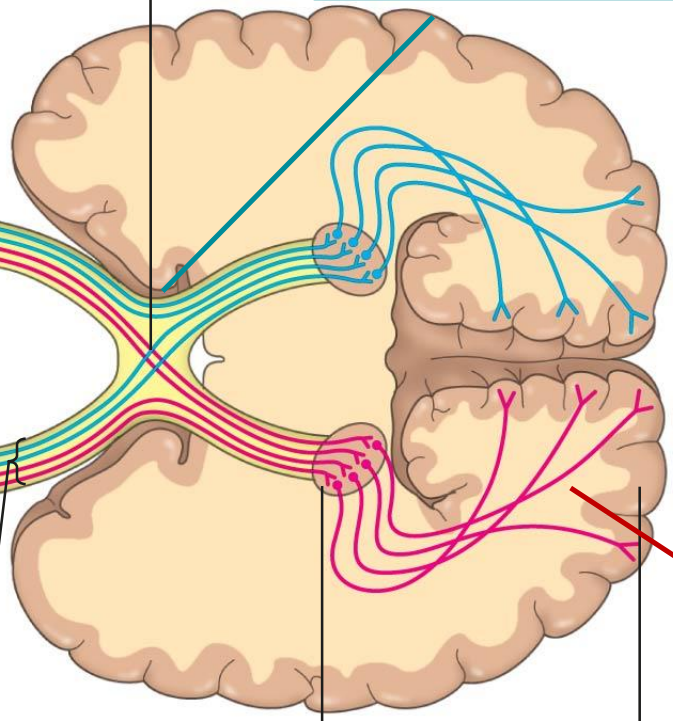
Vasenmmanpuoleinen
näkökenttä



näköhermo

Optinen kiasma

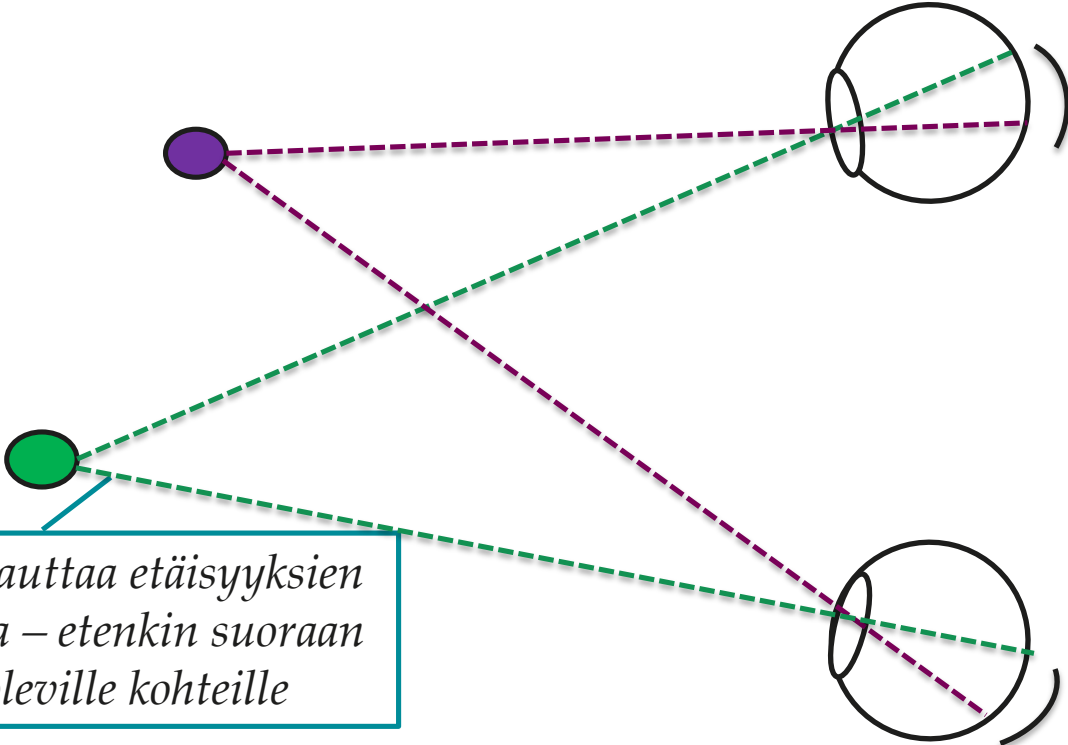
Näköhermojen aksonit ohjataan
optisessa kiasmassa isoaivojen
eri puolille



Vasen
aivopuolisko
käsittelee
oikealla
puolella
olevat
kohteet

Talamuksen
ulompi
poltitumake

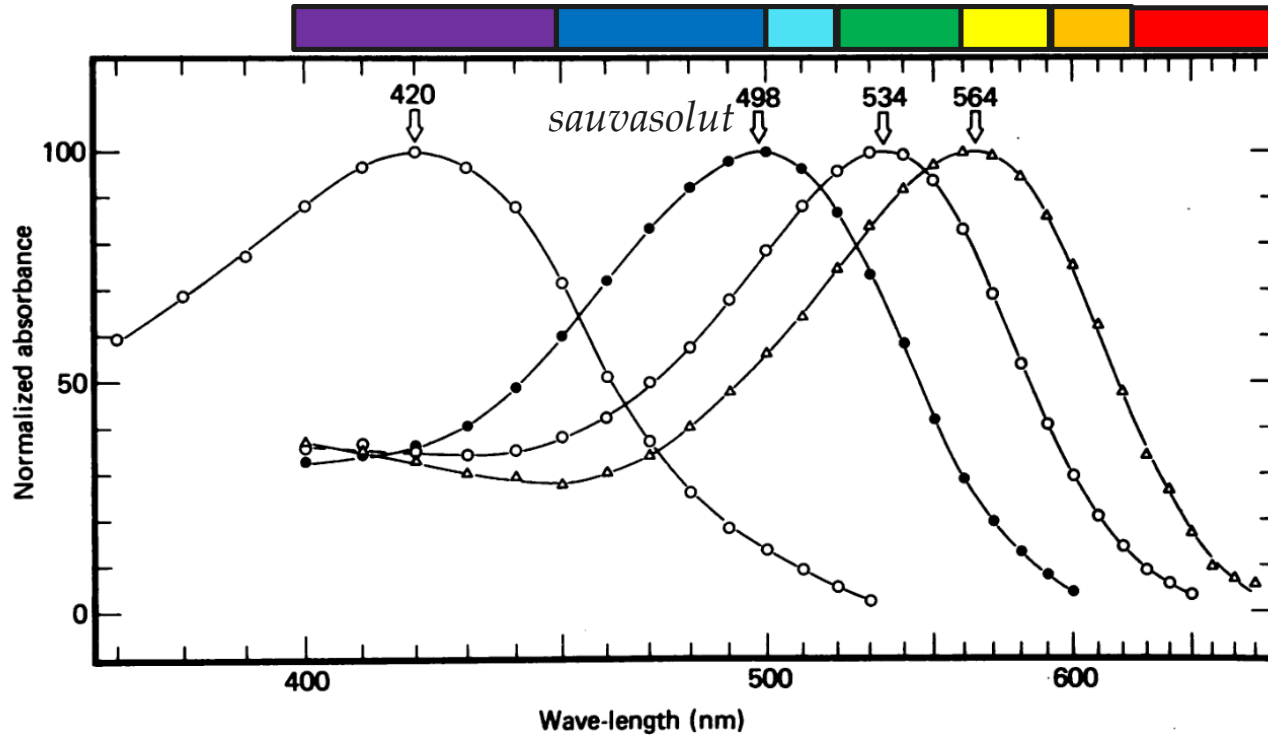
Primaarinen
näköaivokuori



Stereonäkö auttaa etäisyyksien arvioinnissa – etenkin suoraan edessä oleville kohteille

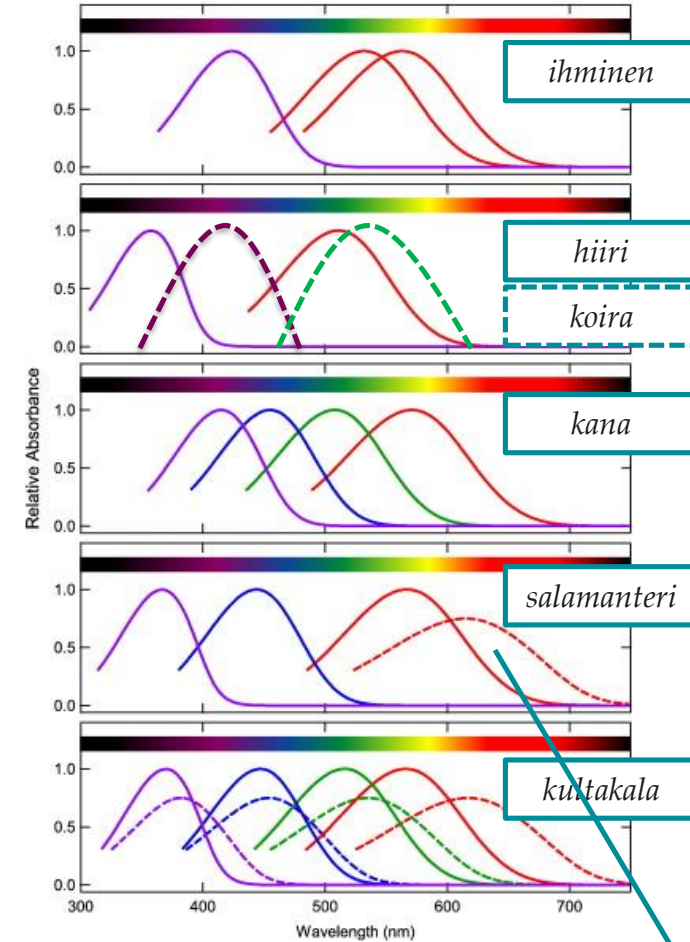
Arvioimme kohteiden etäisyyttä eri silmissä tehdyissä havainnoissa

Väriäkö



Bowmaker & Dartnall 1980 *J.Physiol* 298: 501-551

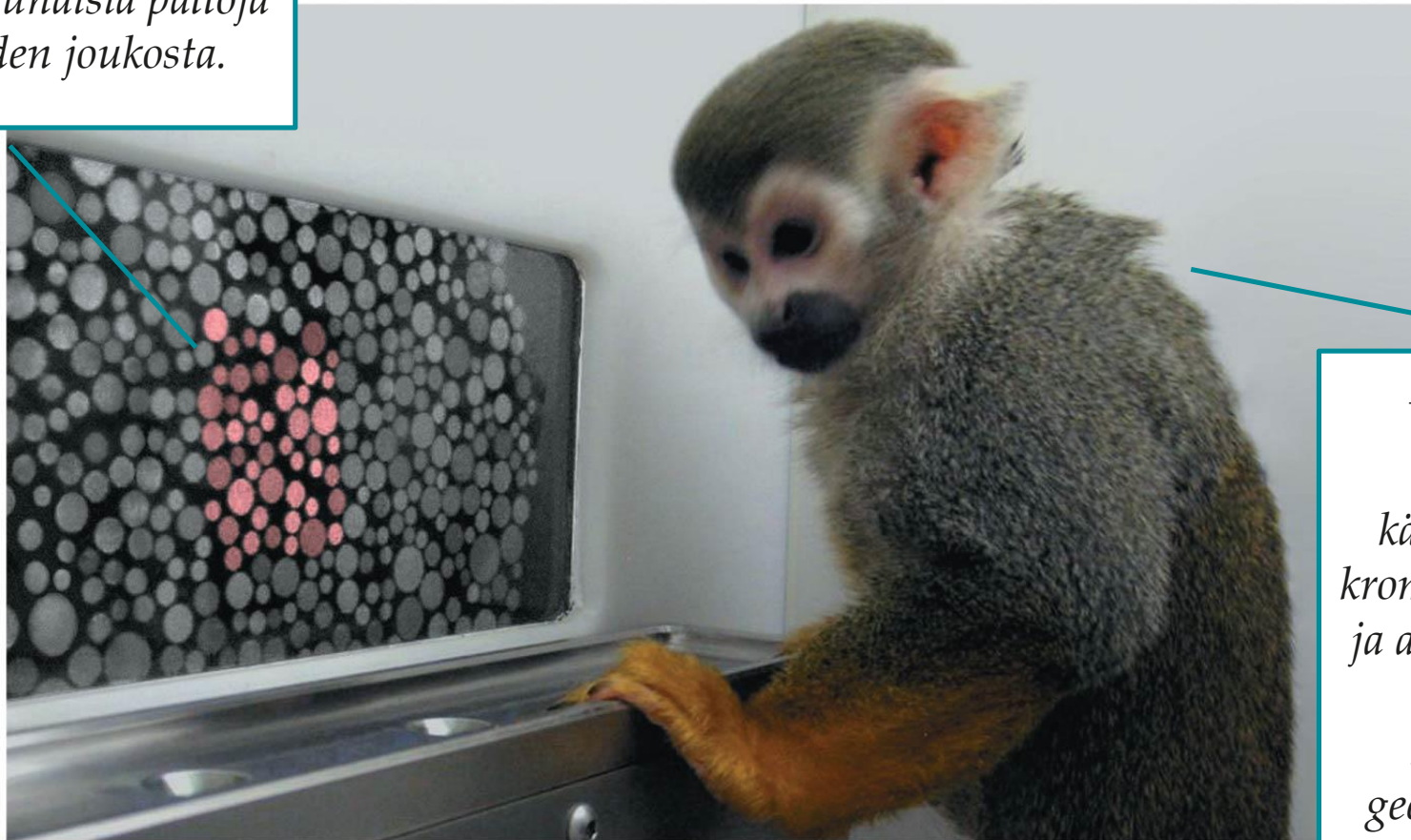
UEF // University of Eastern Finland



Imamoto & Shichida 2014 *BBA* 1837: 664-673

Retinaalin A_2 muoto, siirtää
absorbanssin punaiselle

*Värisokea apina ei
havaitse punaisia palloja
harmaiden joukosta.*



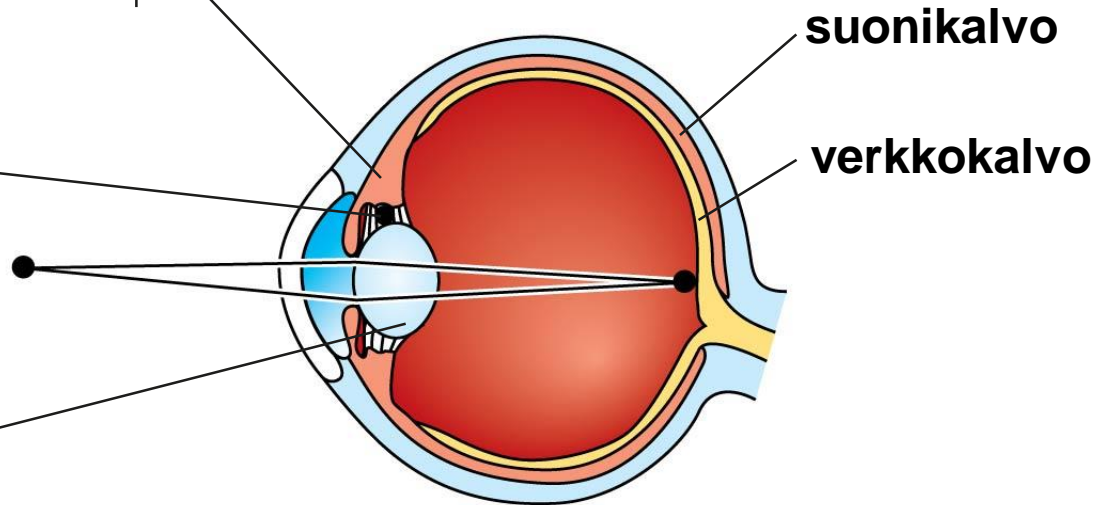
*Värisokeus
periytyy
kädellisillä X-
kromosomaalisesti
ja apinoilta se on
pystytty
hoitamaan
geeniterapialla.*

Lähinäkö (akkomodaatio)

Ripustimen lihakset supistuvat
ja vetävät suonikalvon reunan
lähemmäs linssiä

Ripustimen säikeet
löystyvät, jolloin
linssiin ei kohdistu vetoa

Linssi paksunee
ja pyöristyy.
Taittovoima
lisääntyy

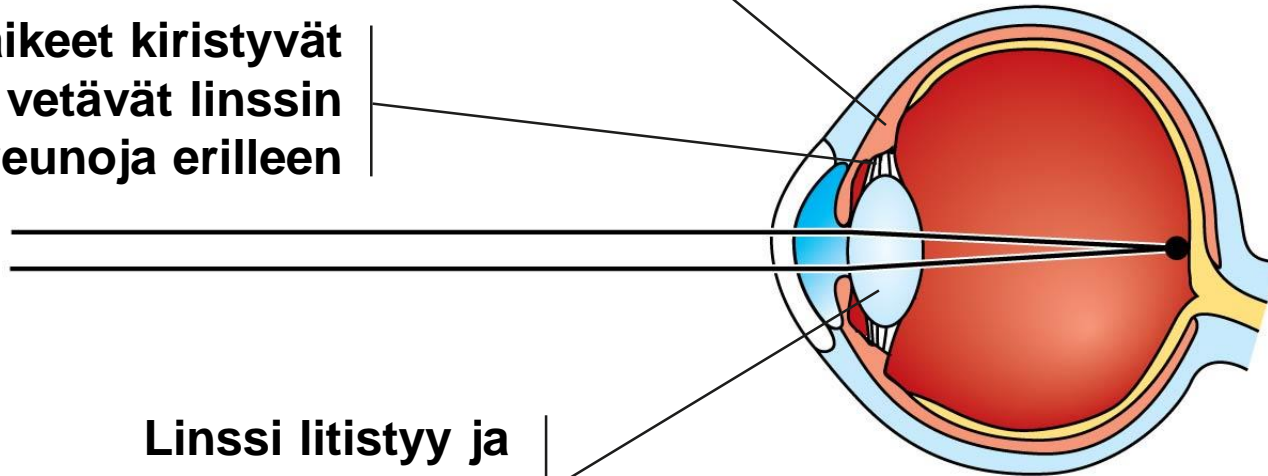


Kaukonäkö

Ripustimen lihakset rentoutuvat
ja suonikalvon reuna
loitontuu linssistä.

Ripustimen säikeet kiristyvät
ja vetävät linssin
reunoja erilleen

Linssi litistyy ja
sen taittovoima
vähenee.





KATSE LÄHELLE



KATSE KAUAS

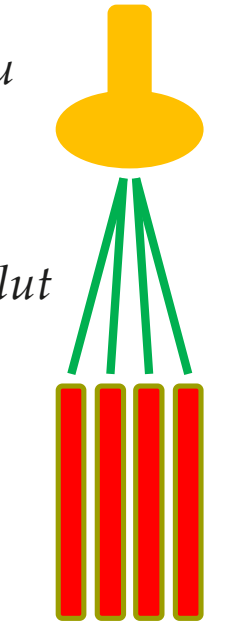
Reseptiivinen kenttä

Reseptiivinen kenttä, yhden gangliosolun informaatio

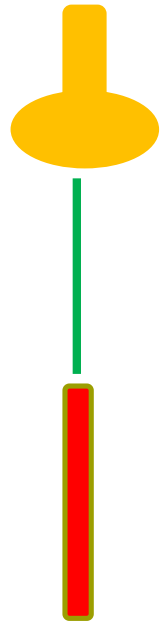
Gangliosolu

Bipolaarisolut

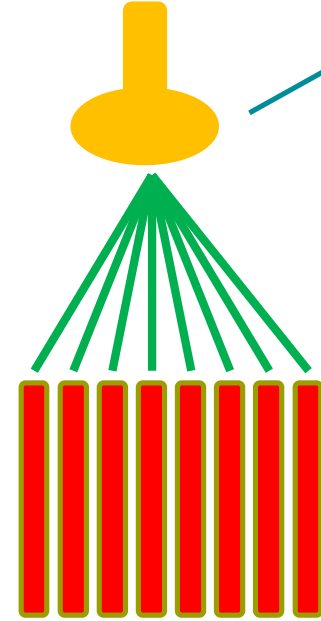
Aistinsolu



Keskitalarkka



Tarkka

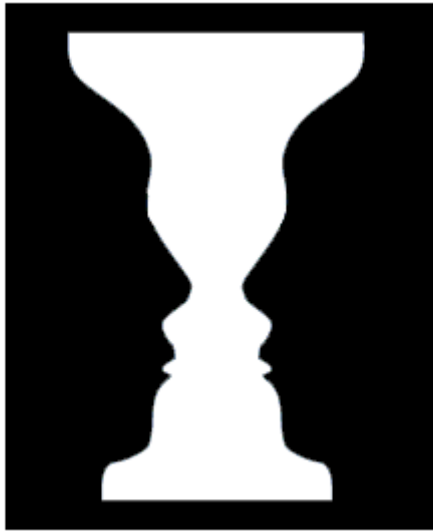


Epätarkka

Mitä vähemmän aistinsoluja on kytketty yhteen gangliosoluun, sitä terävämpi on näkökyky sillä verkkokalvon alueella.

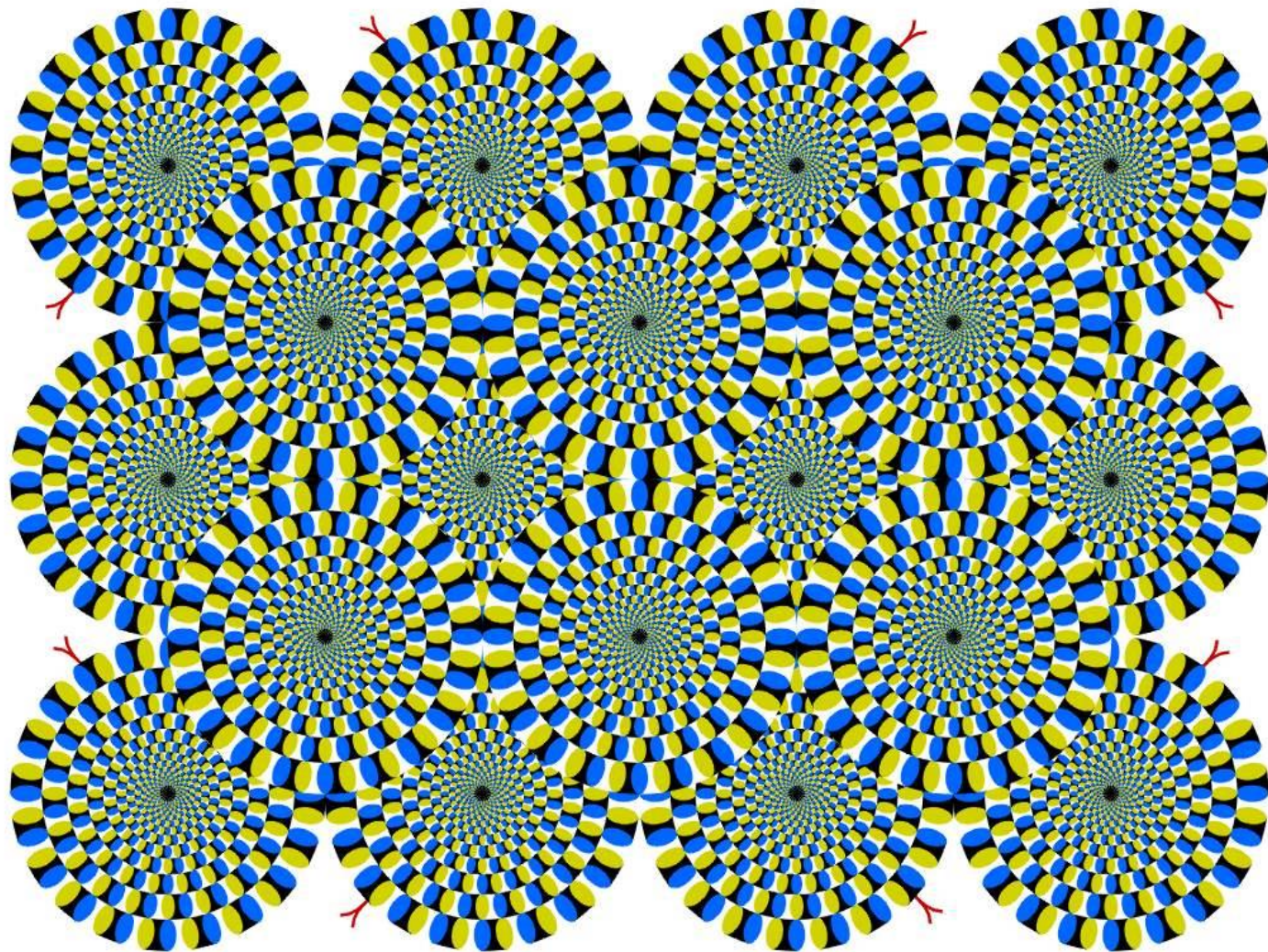
Pelkästään tappisoluja

Havainto tehdään keskushermostossa



*Silmän ja
näköaivokuoren
kannalta kuvat ovat
hyvin selkeitä,
assosiaatiokuori ja
otsalohko rakentavat
niille merkitykset*





Kiitos!



UNIVERSITY OF
EASTERN FINLAND

uef.fi

Eläinfysiologia ja histologia

3122243 5 op

Kemialliset aistit: maku- ja hajuaisti

Kemoreseptorit aistivat kemiallisia aineita joko eläimen ulkopuolelta tai sisäpuolelta

Reseptorin aktiivisuus riippuu ligandin (mitattavan aineen) pitoisuudesta ja kiinnittymishalukkuudesta



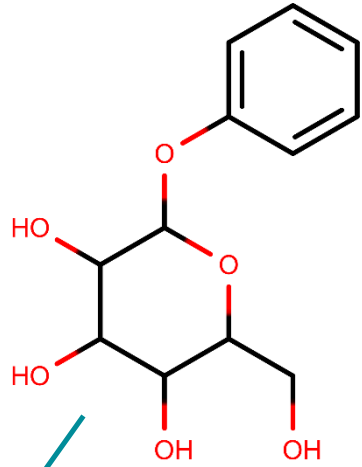
Aisteissa kemoreseptoreita käytetään hajuaistissa (olfactory) ja makuaistissa (gustation)

Reseptorit välittävät signaalin usein G-proteiini-välitteisesti

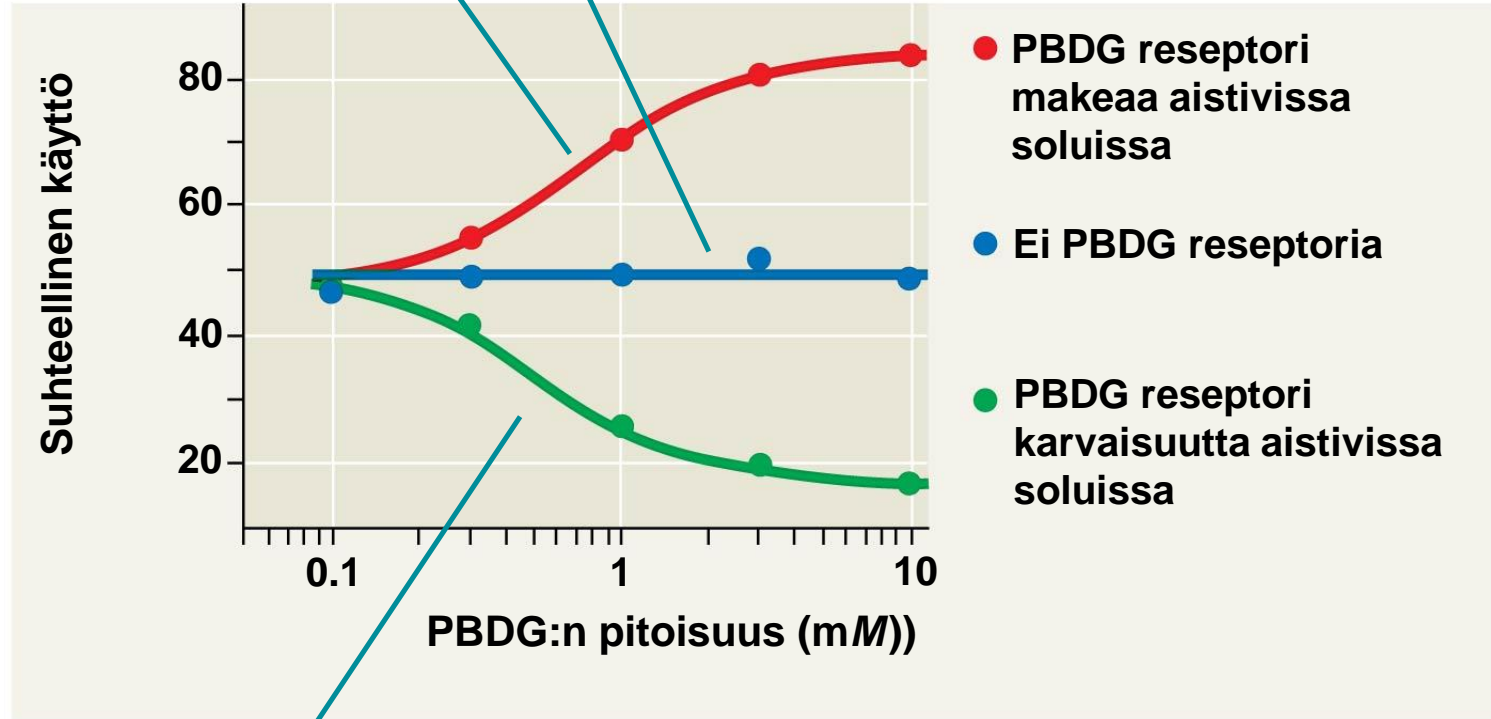
Jos reseptori ekspressoitiin makeaa aistivissa soluissa, PBDG koettiin miellyttäväksi.

Tällöin hiiret juovat PBDG:tä sisältävää vettä yhtä paljon kuin tavallista vettä

Maku aistitaan aivoissa



Ihminen aistii PBDG kemikaalin äärimmäisen karvaana. Hiirellä ei tälle ole reseptoria

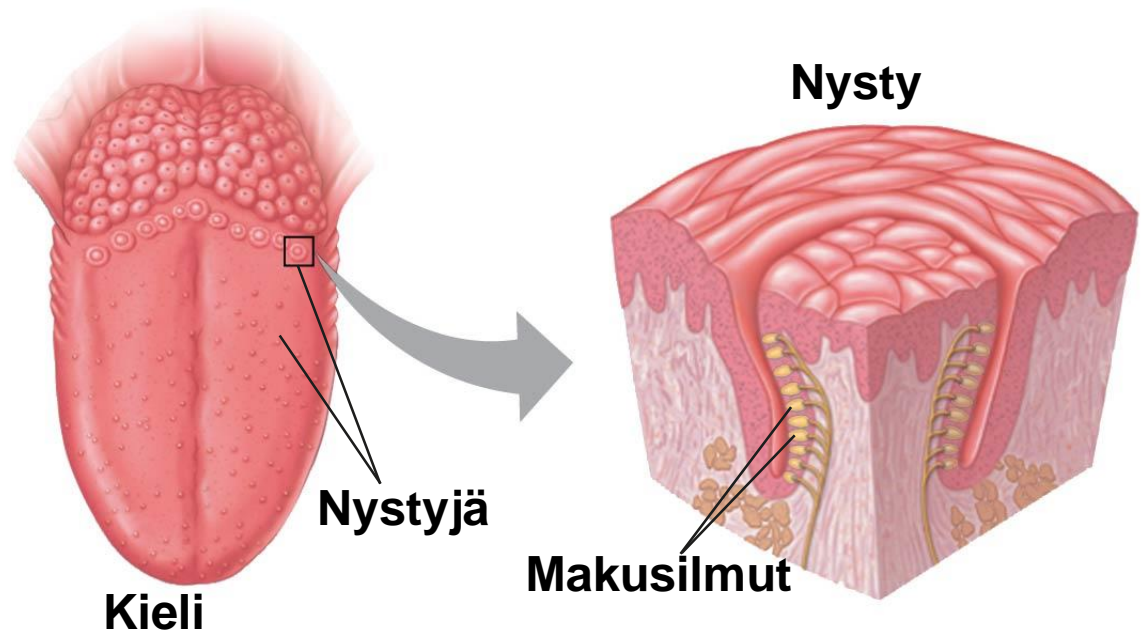


Hiiret, joilla PBDG-reseptori a koodaava geeni ekspressoitiin karvaisuutta aistivissa aistinsoluissa, lopettivat PBDG:n juomisen.

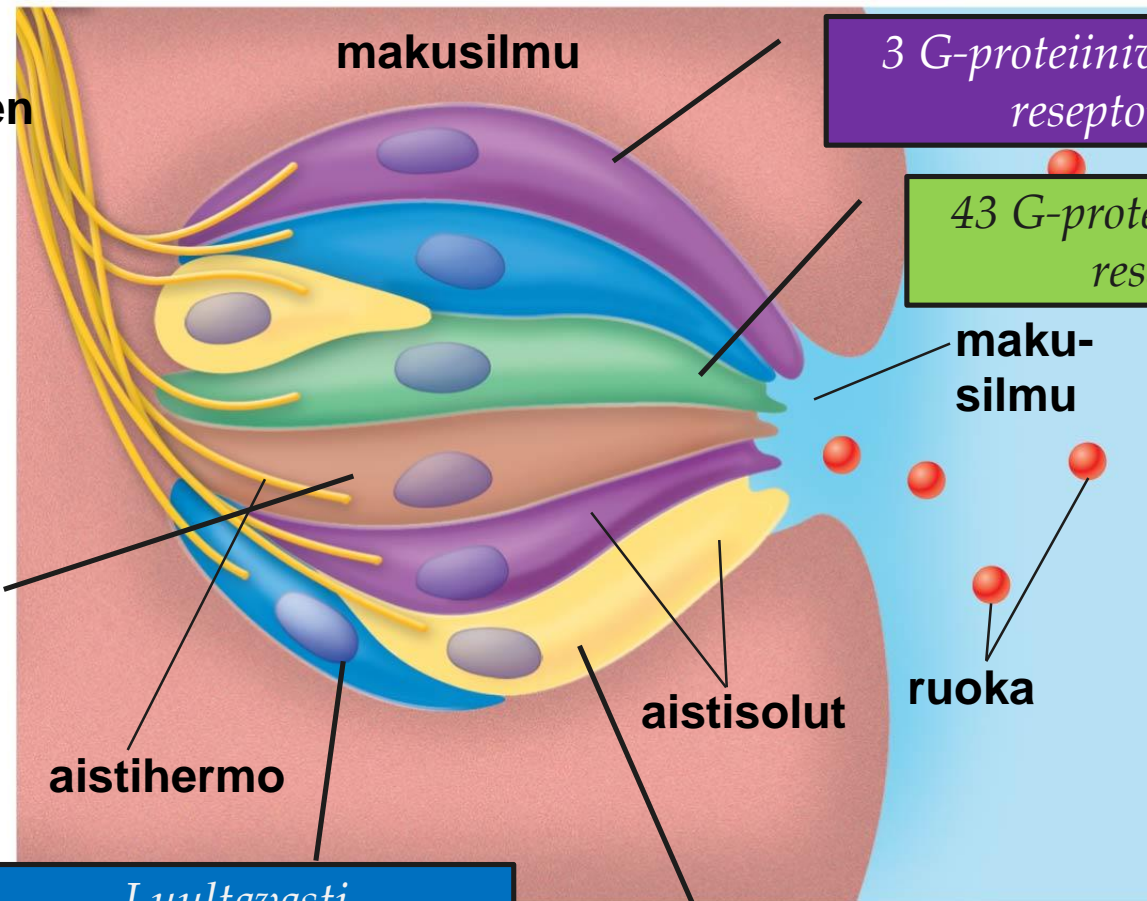
Makuaistin reseptorit

Ruoansulatuksen yhteydessä käytiin läpi kielen nystyissä olevia makusilmuja

- *Nystyjä on 4 tyyppiä, joista 3:ssa on makuaistinsoluja*
- *Makuja aistitaan koko kielen pinnalla eli käsitys makean tai karvaisen aistimisen alueesta on vanhentunut.*



- Makea
- Suolainen
- Hapan
- Karvas
- Umami



3 G-proteiinivälitteistä reseptoria

43 G-proteiinivälitteistä reseptoria

G-proteiinivälitteistä glutamaattireseptoreita

Luultavasti natriumkanavat

Alhainen pH ja taustalla olevat kaliumkanavat

Makusilmut

Tyyppi I

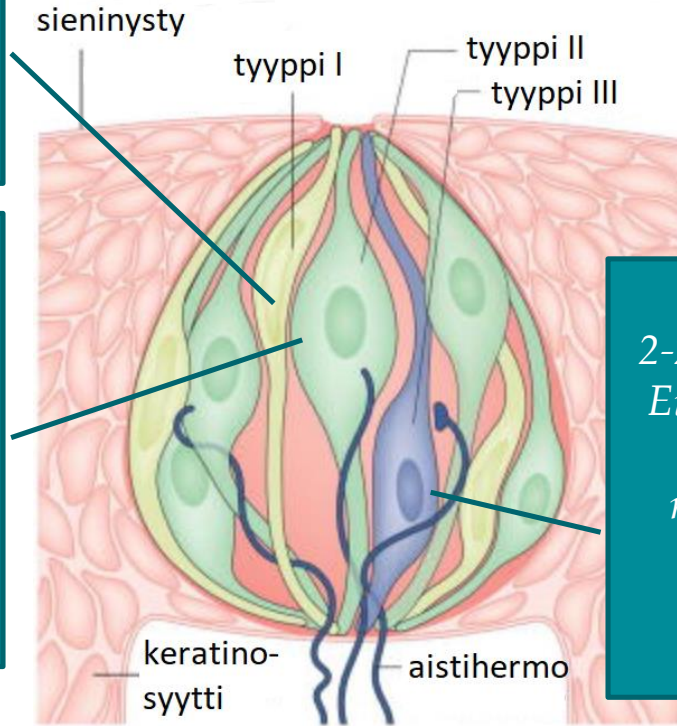
50 % soluista,
apusolu (tuhoaa
hermovälittäjä-
aineita)

Tyyppi II

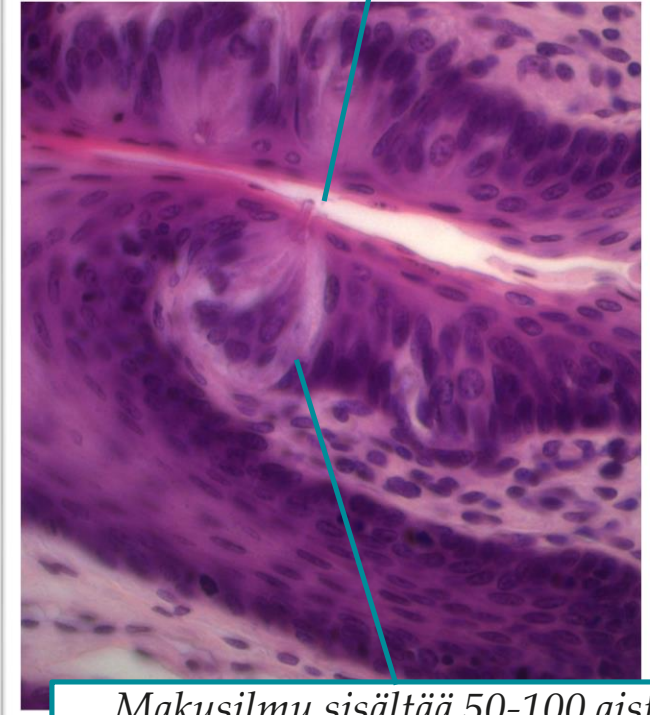
30% soluista
Makuaisti-
reseptorit (G-
proteiinivälitteis-
iä), aistivat joko
yhtä tai
muutamaa
makua

Tyyppi III

2-20% soluista,
Ei G-proteiini-
välitteisiä
reseptoreita,
aistivat
luultavasti
hapanta



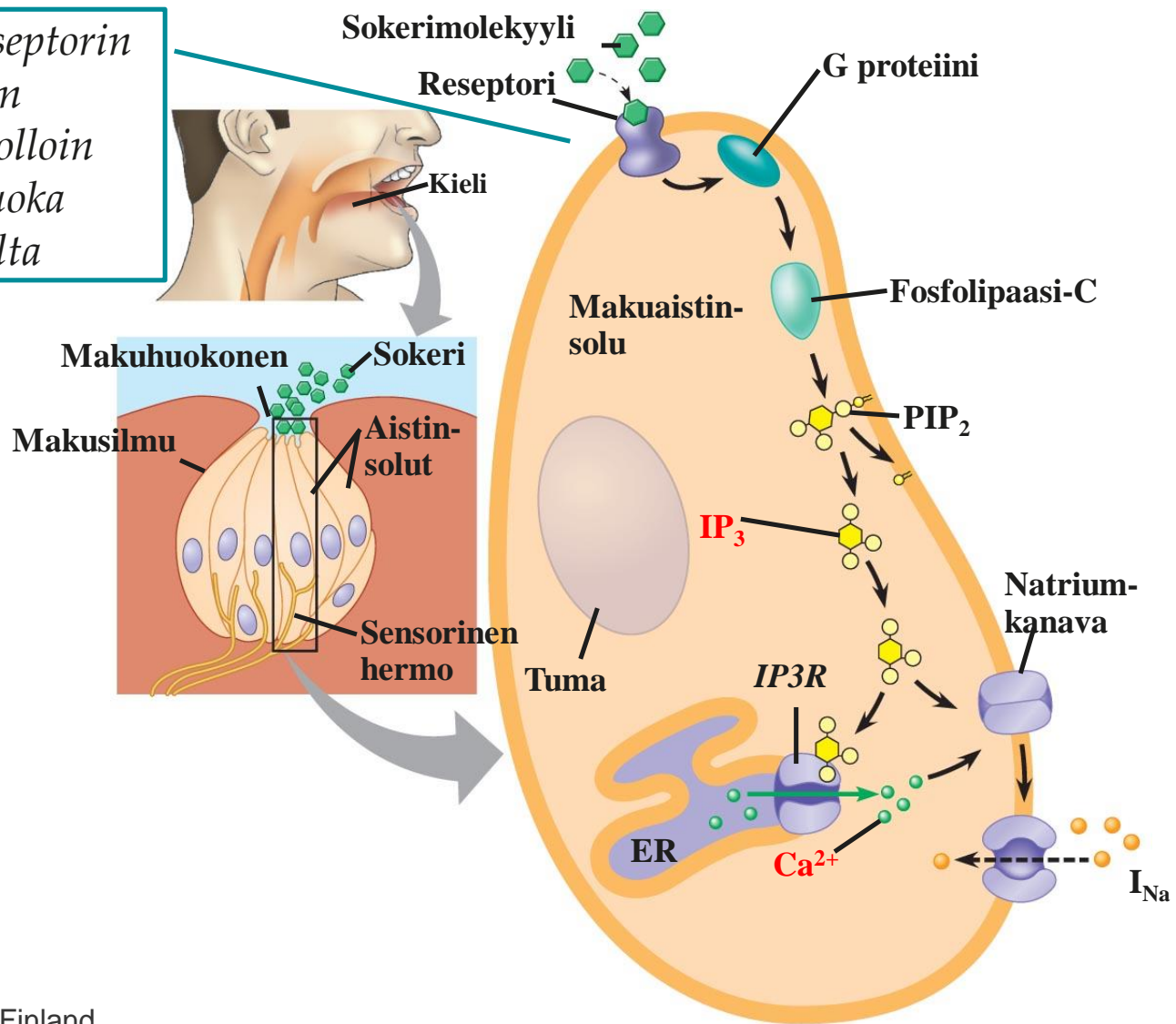
Makusilmun aukko
(makuhuokonen)



Makusilmu sisältää 50-100 aistin ja
tukisolun, 10% silmuista uusiutuu
päivittäin

Roper & Chaudhari 2018

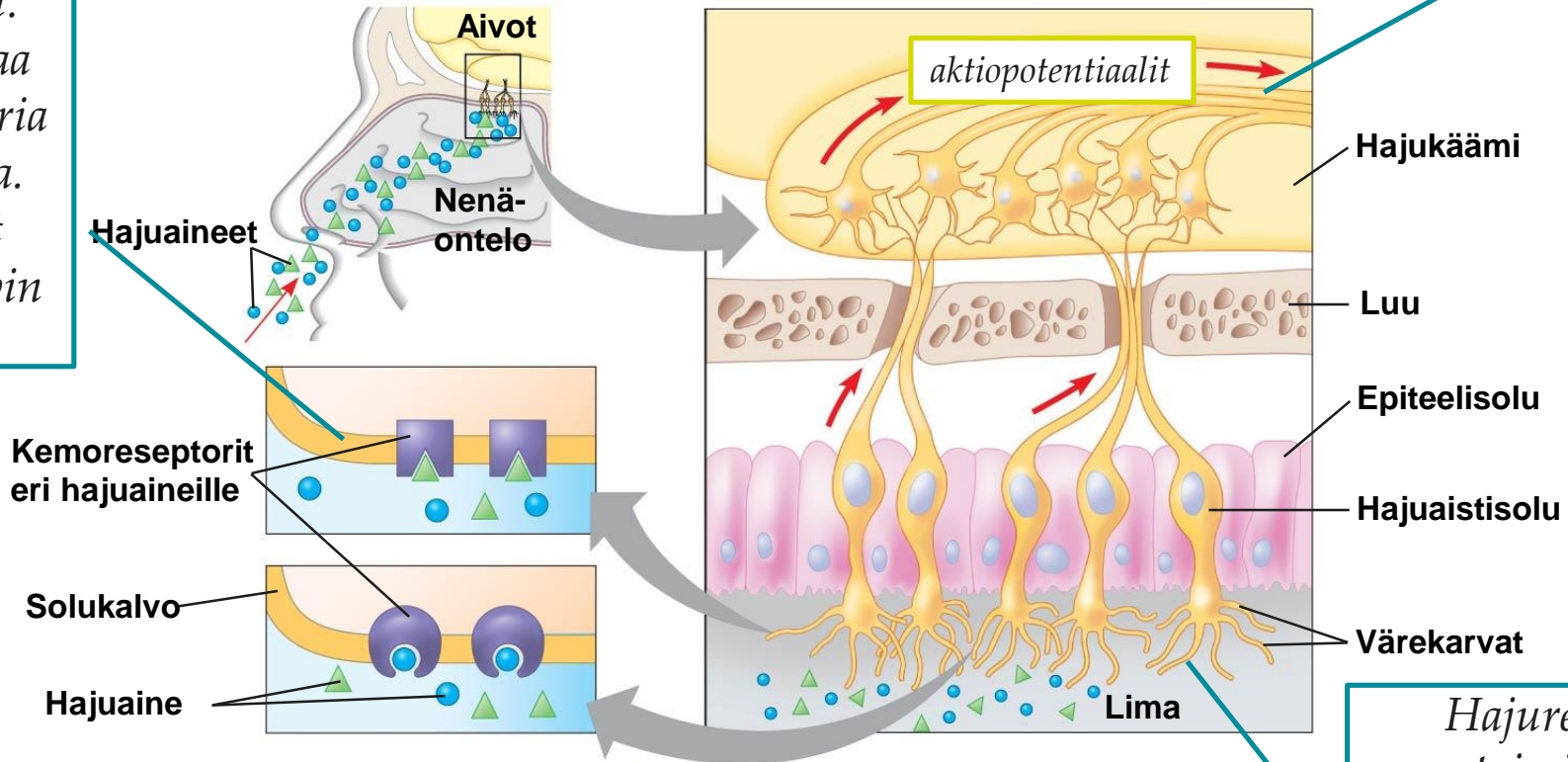
Lämpötila vaikuttaa reseptorin ja sokerin väliseen vuorovaikutukseen, jolloin kylmä ja lämmin ruoka maistuvat erilaiselta



Hajuasti

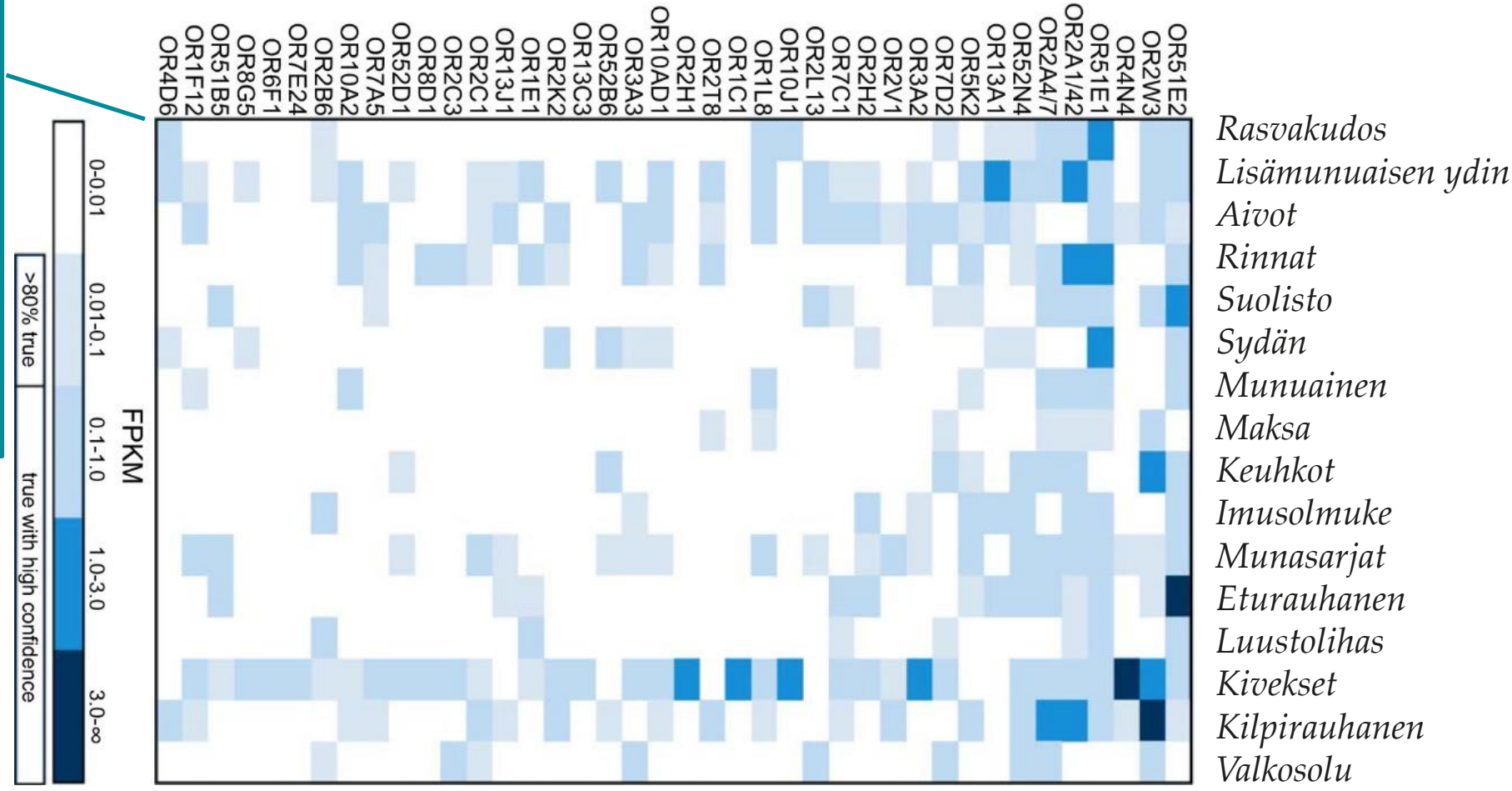
Ihmisellä n. 400 toimivaa kemoreseptoria hajuaistissa. Reseptorit eivät ole kovin tarkkoja

Hajusignaali prosessoidaan hajukäämissä ja kuljetetaan suoraan hajuaistinkuorelle



Hajureseptorit toimivat G-proteiinivälitteisesti

Hajue-
reseptoreita
käytetään
solujen
kemiallisessa
säätelystä
paljon myös
hajuaistin
ulkopuolella



Kiitos!



UNIVERSITY OF
EASTERN FINLAND

uef.fi