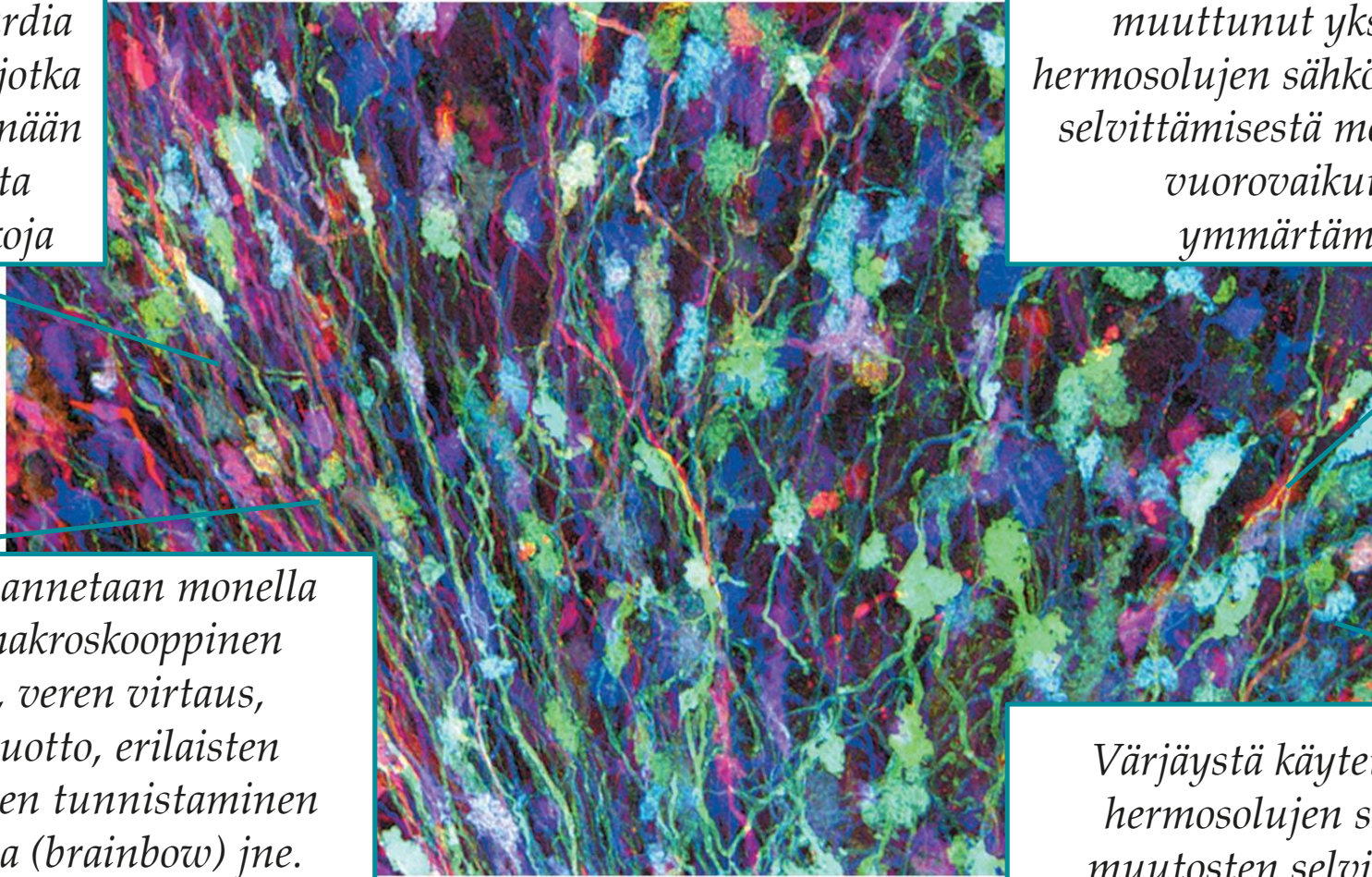


Eläinfysiologia ja histologia

3122243 5 op

Hermosto

Ihmisen aivoissa on 100 miljardia hermosolua, jotka tekevät keskenään mutkikkaita hermoverkkoja



Hermoverkkojen tutkimus on muuttunut yksittäisten hermosolujen sähköisen säätelyn selvittämisestä monisoluiden vuorovaikutusten ymmärtämiseen

Aivoja kuvannetaan monella tasolla: makroskooppinen rakenne, veren virtaus, lämmöntuotto, erilaisten hermosolujen tunnistaminen väriaineilla (brainbow) jne.

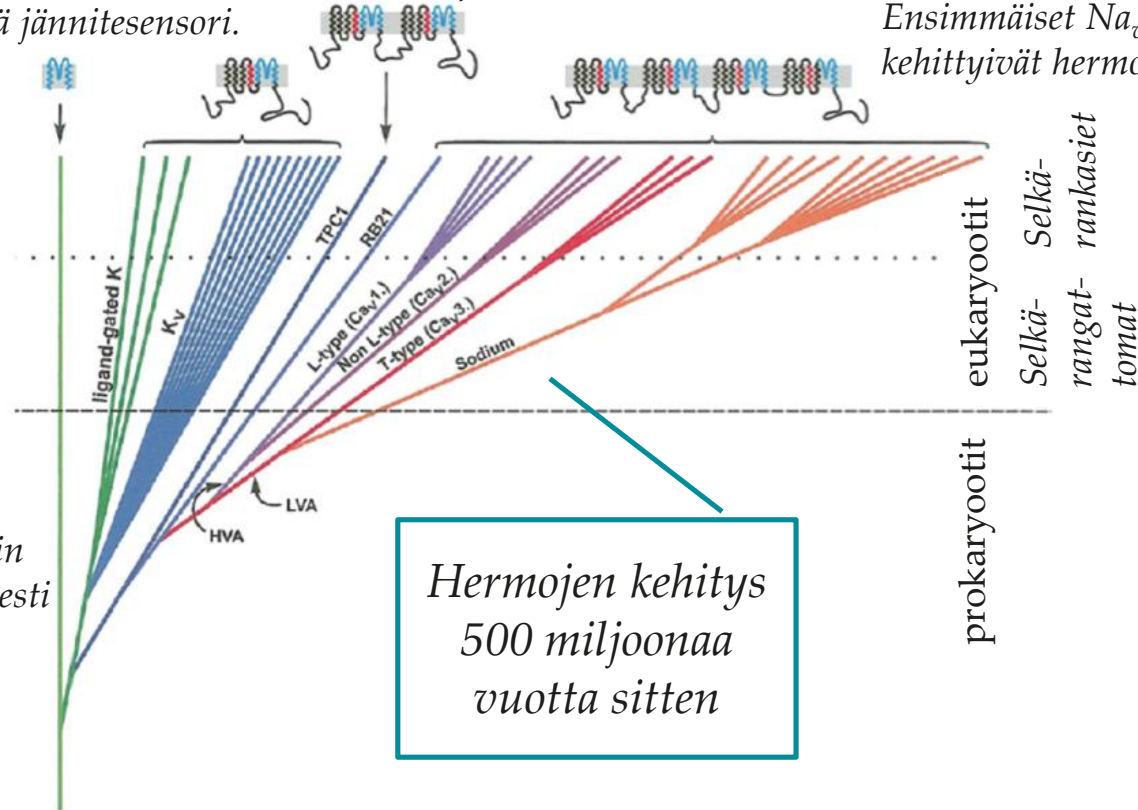
Värjäystä käytetään myös hermosolujen sähköisten muutosten selvittämisessä

Ionikanavat ja evoluutio

Jänniteherkkyys saadaan aikaan lisäämällä jännitesensori.

Mikäli kaksi segmenttiä linkitetään yhteen, voidaan niiden säätelyä monipuolistaa.

Luultavasti jänniteherkät Ca_v ja Na_v kanavat kehittyivät yhteenliittyneistä K^+ kanavista. Niillä edelleen on samat ankkurointimotiivit. Ensimmäiset Na_v kanavat kehittyivät hermoston kehittyessä.



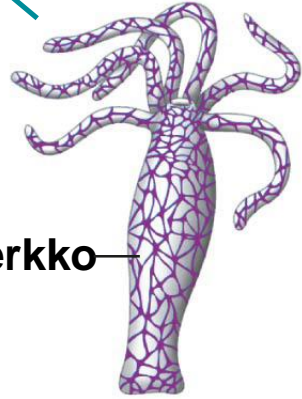
Varhaisin ionikanava on hyvin spekulatiivinen. Todennäköisesti se oli yksinkertainen kaliumkanava tapainen tetrameeri

Hermostojen kehitys
500 miljoonaa
vuotta sitten

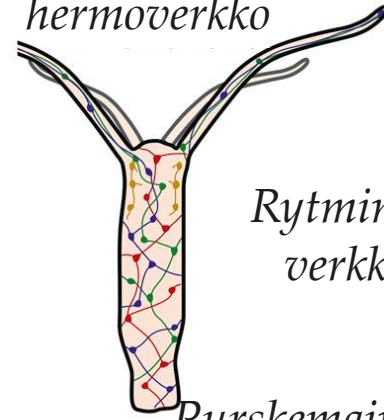
Polttaiseläimillä on yksinkertainen hermoverkko (2 solukerrosta)

Hermoverkko

Hydra (polttaiseläimet)



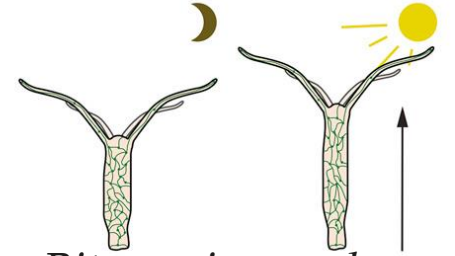
Hydran hermoverkko



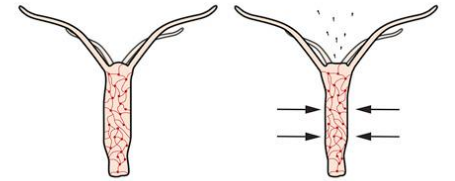
Rytminen verkko

Purskemainen verkko

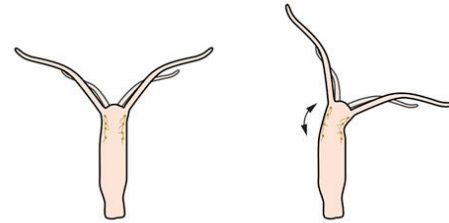
Lonkeroverkko



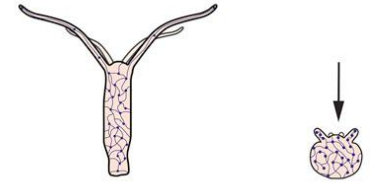
Piteneminen valossa



Supistuminen leveyssuunnassa



Kääntäminen

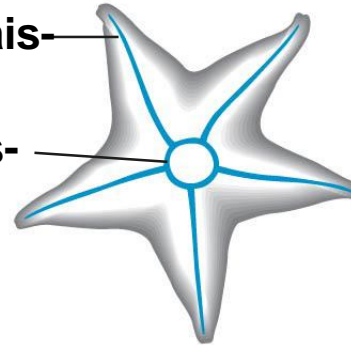


Supistuminen

*Meritähdillä ja muilla
piikkinahkaisilla on aivojen
tilalla hermoverkko, joka
mahdollistaa paitsi ympäristön
astimisen myös **liikkumisen**.*

**Säteittäis-
hermo**

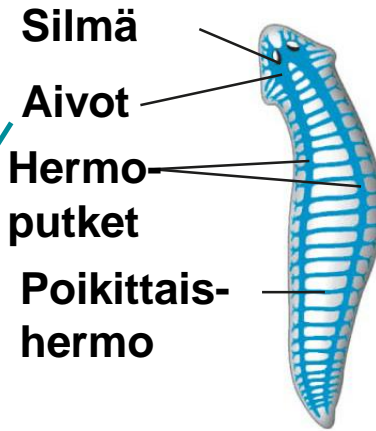
**Rengas-
hermo**



**Meritähti
(piikkinahkaiset)**

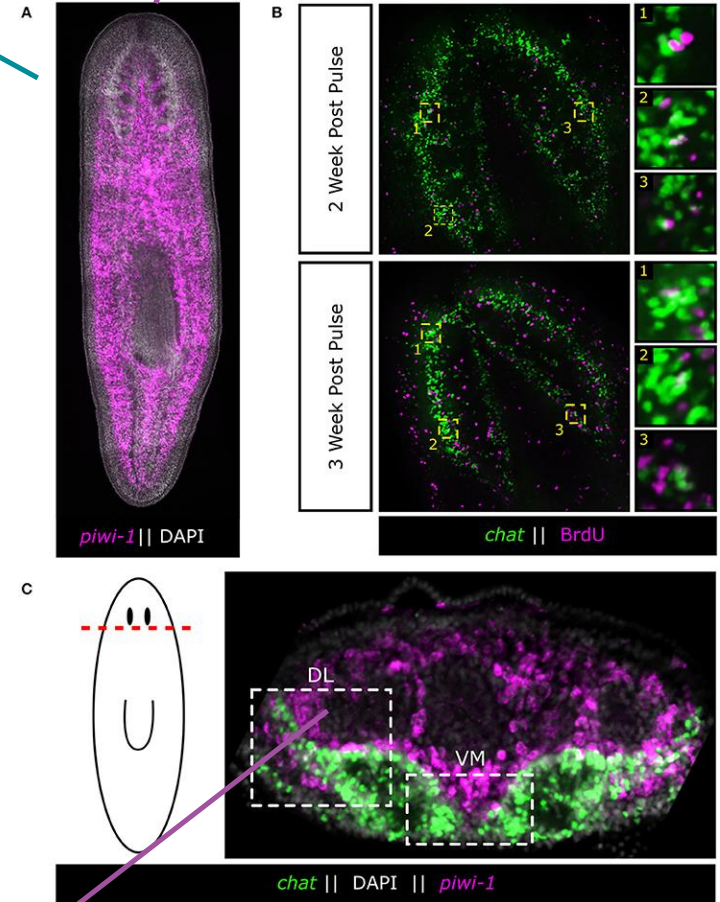
Laakamadon aivot ovat poikkeuksellisen joustavat. 25% hermosoluista uusiutuu viikoittain, aivojen kokoa voidaan muuttaa 10-kertaisesti ja vaurioituneet aivot korjata viikossa.

Laakamadot ovat alkeellisin ryhmä, joilla on keskushermosto (aivot ja hermoputket). Keskushermosto sisältää 1000-10,000 neuronia



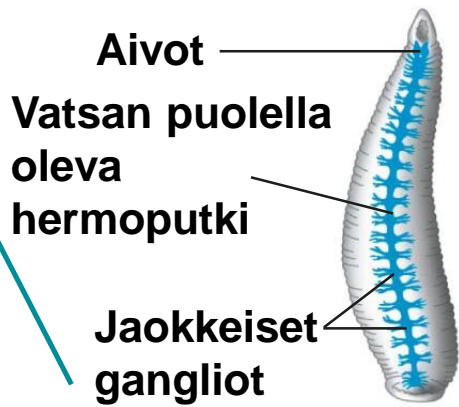
Lattana (laakamadot)

Hermosolujen kantasolut



Uusissa hermosoluissa näkyvä BrdU

Juotikkaat ja hyönteiset keräävät kehosta tulevat hermot ganglioihin.

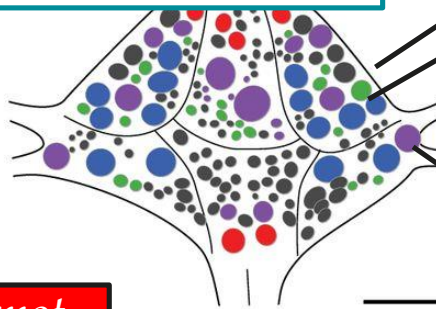
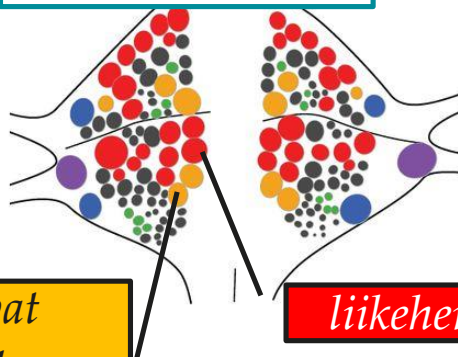


Juotikas (nivelemadot)



dorsaaliganglio

ventraaliganglio



välihermot

aistihermot

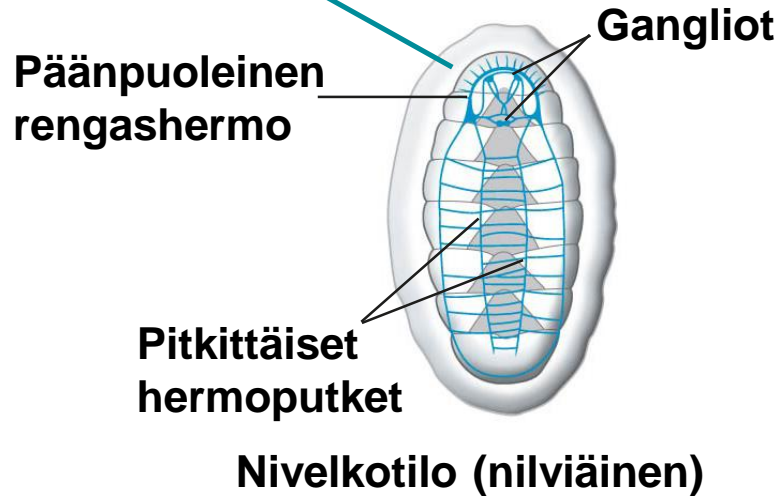
Erittävät hermot

Inhibiivat hermot

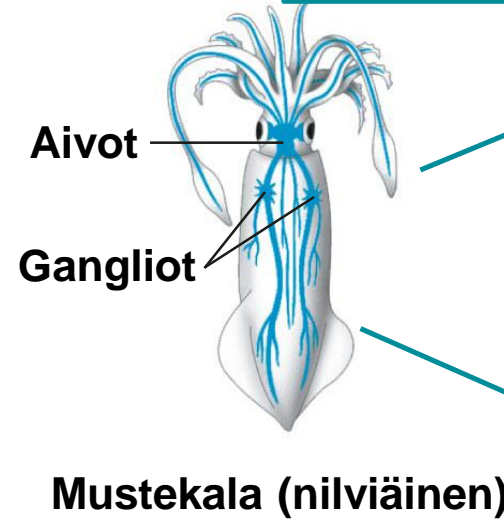
liikehermot

Nilviäisillä hermoston rakenne vaihtelee.

Yksinkertaisimmillaan se on rengashermo, mutta suuremmilla eläimillä on aivot.



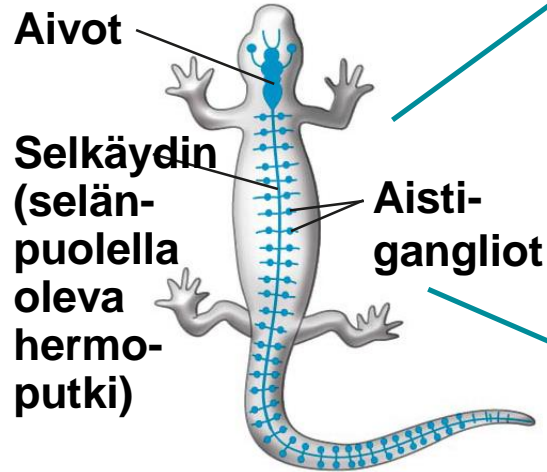
Yksinkertaisuus ei ole haitaksi. Merietana on nilviäinen, jonka avulla on pystytty osoittamaan oppimisen biologia.



Myöskään hermoimpulssin etenemistä ei olisi pystytty selvittämään ilman mustekalan jättiläishermosoluja.

*Selkärankaisilla hermosto
jakautuu selkeästi
keskushermostoon ja
ääreishermostoon*

*Keskushermosto (CNS) sisältää
aivot ja selkäytimen*



Salamanteri (selkärankainen)

*Ääreishermosto (periferinen
hermosto, PNS) sisältää muut
hermot sekä gangliot*

Kiitos!



UNIVERSITY OF
EASTERN FINLAND

uef.fi

Eläinfysiologia ja histologia

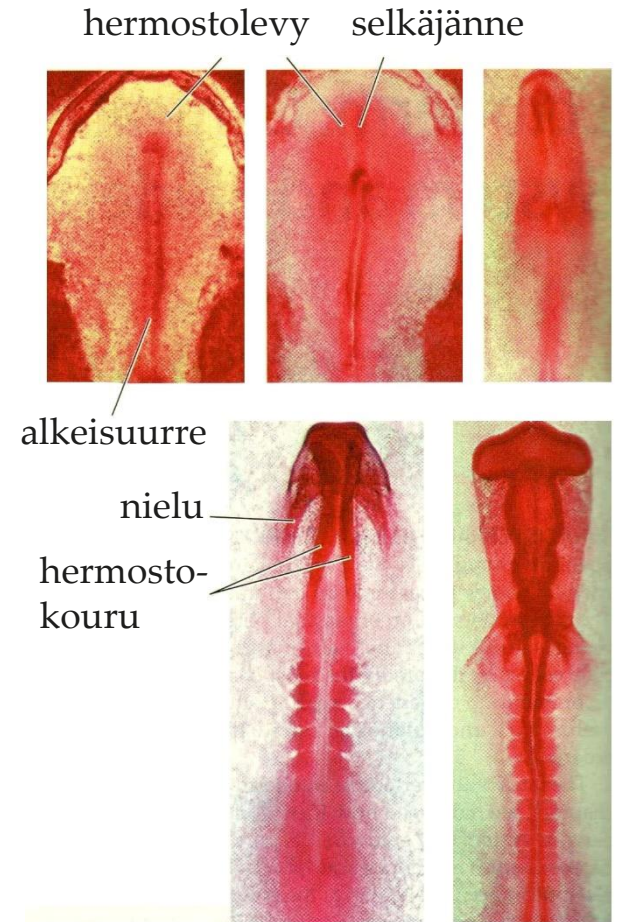
3122243 5 op

Hermoston rakenne

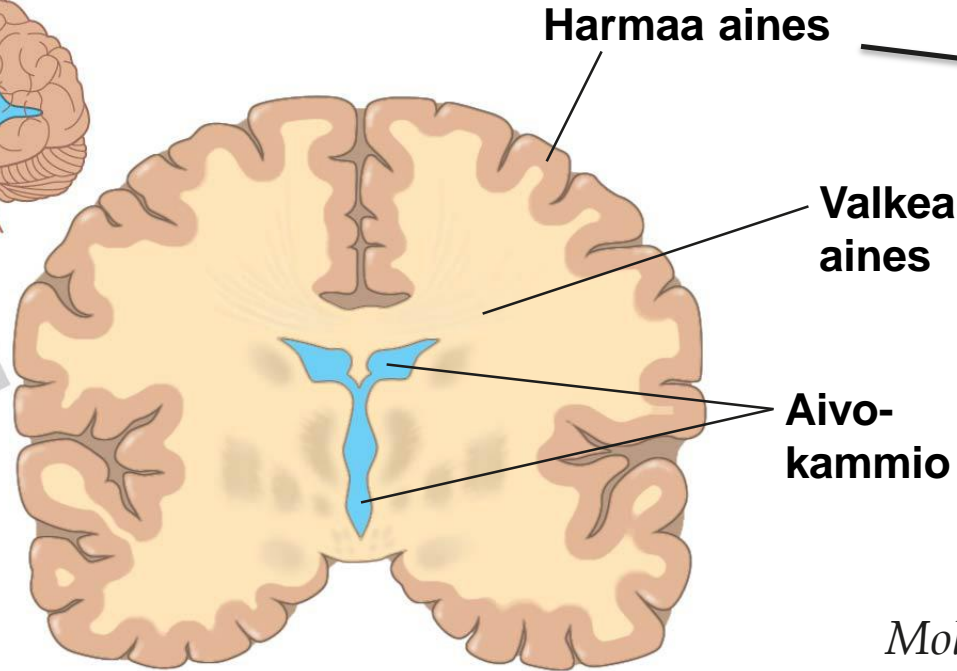
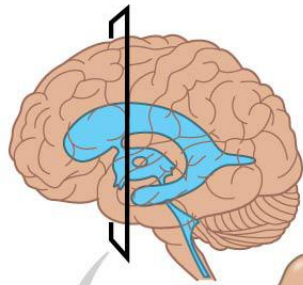
Selkärankaisten hermosto

Keskushermosto kehittyy kaareutuvan hermostoputken päänpuoleisina laajentumina.

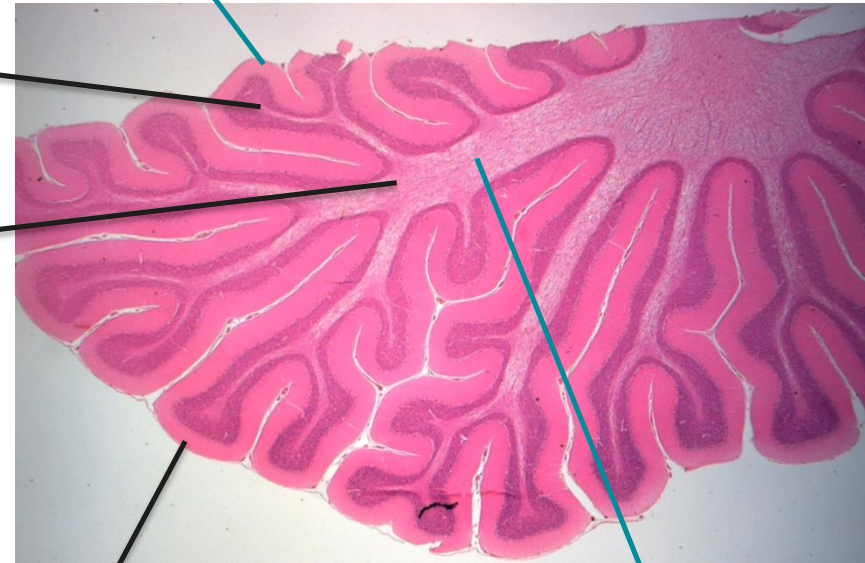
- *Putken sisään jäävä tyhjä tila muodostaa selkäytimen keskusputken sekä aivokammiot*
- *Putkissa ja kammiossa kulkee aivo-selkäydinnestettä, joka antaa keskushermostolle ravinteita ja hormoneita sekä poistaa kuona-aineita.*



Aivojen rakenne



*Harmaa aines (kuorikerros, cortex)
Sisältää jyväskerroksen (neuroneiden solukeskukset)
ja molekulaarikerroksen (synapsit)*



Molekulaarikerros

*Valkea aines
myeliinivaipallisia
aksoneita (vaalea väri
johtuu lipidikalvoista)*

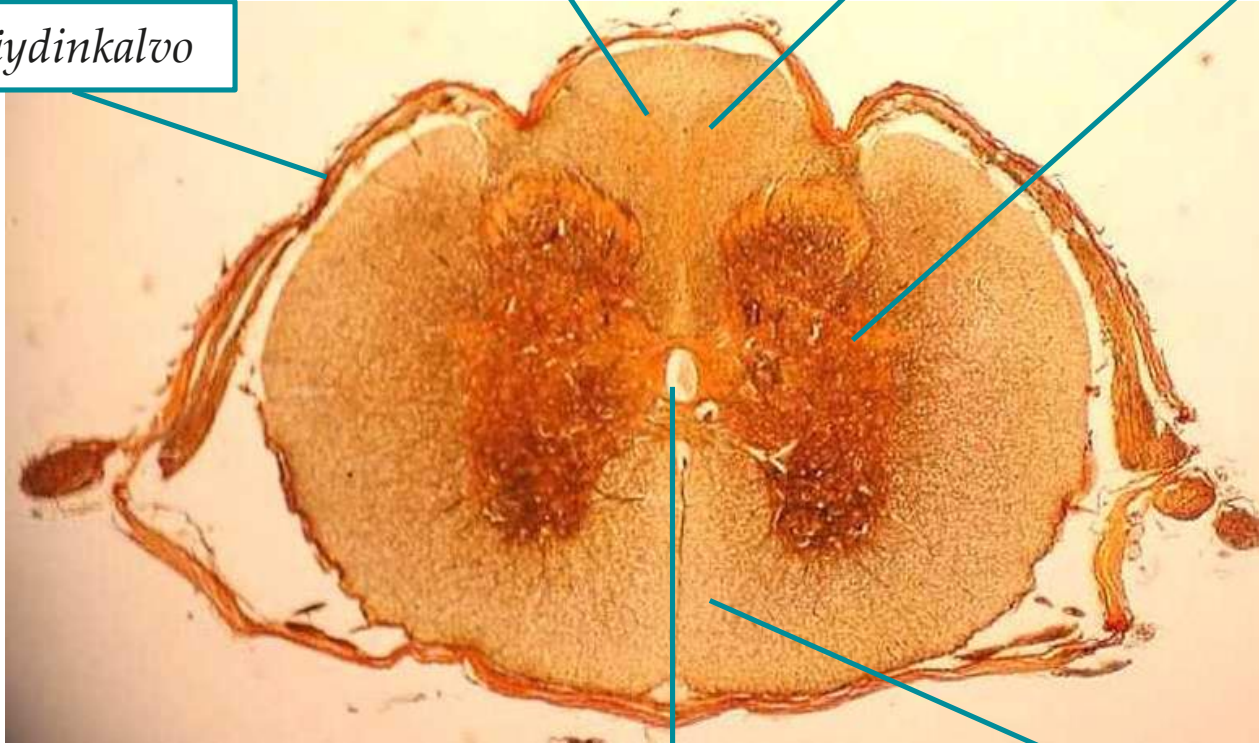
Selkäytimen rakenne

Valkea aines,
hermosäikeet

Harmaa aines,
solukeskukset

takapylväs

Pehmyn selkäydinkalvo



Selkäydinkanava

etupylväs

100 miljardia hermosolua, 10 miljoonaa saa viestiä kehosta ja ympäristöstä

Keskus-hermosto (CNS)

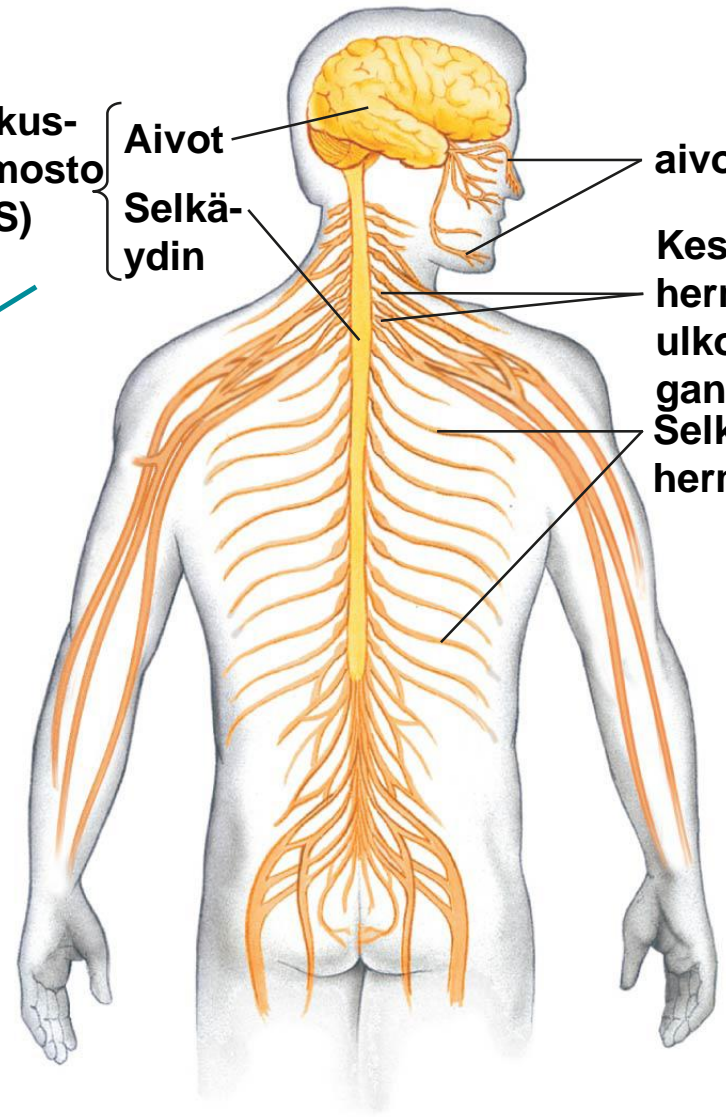
Aivot
Selkäydin

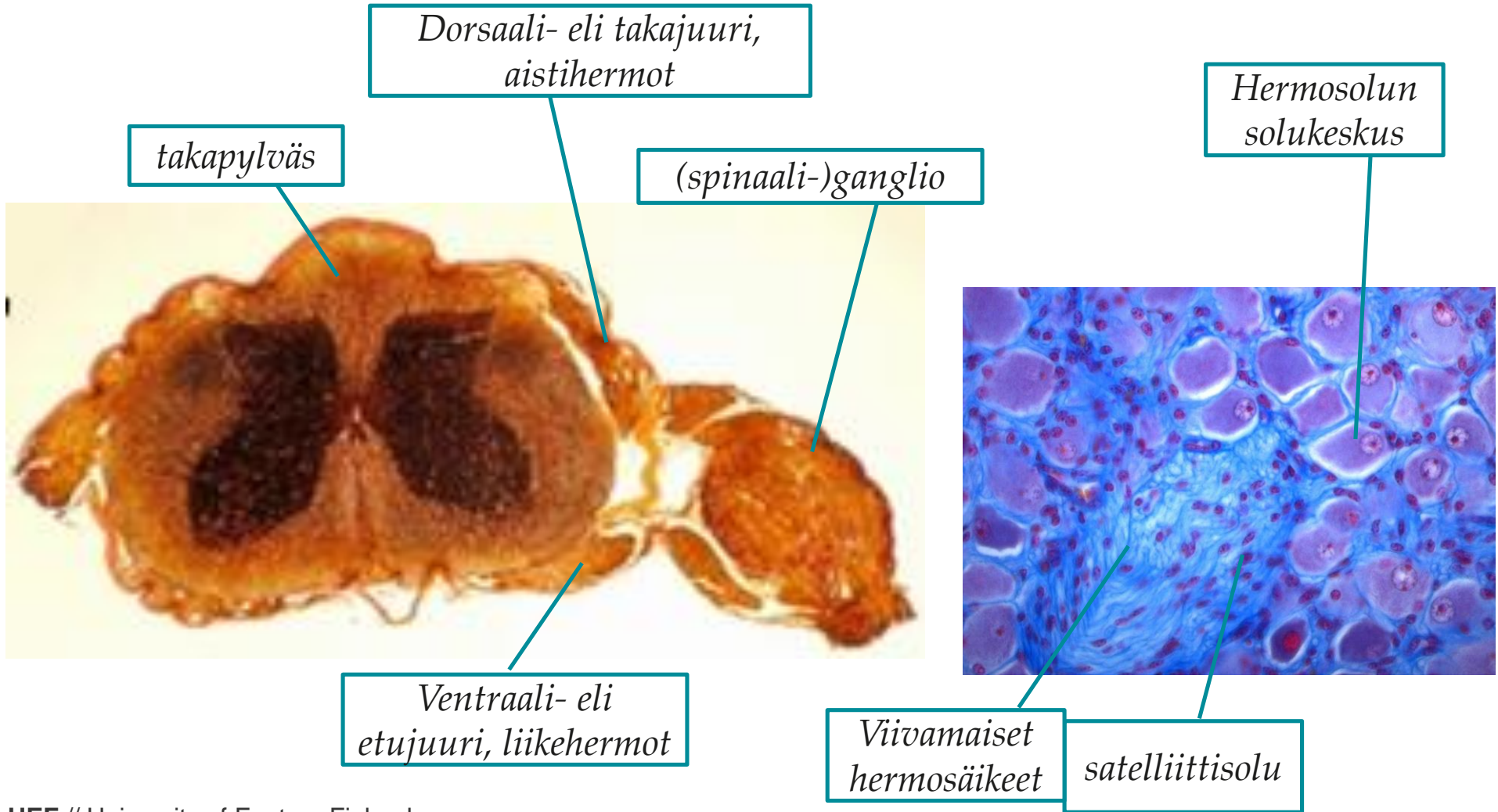
aivohermot
Keskus-hermoston ulkopuoliset gangliot
Selkäydinhermot

12 paria

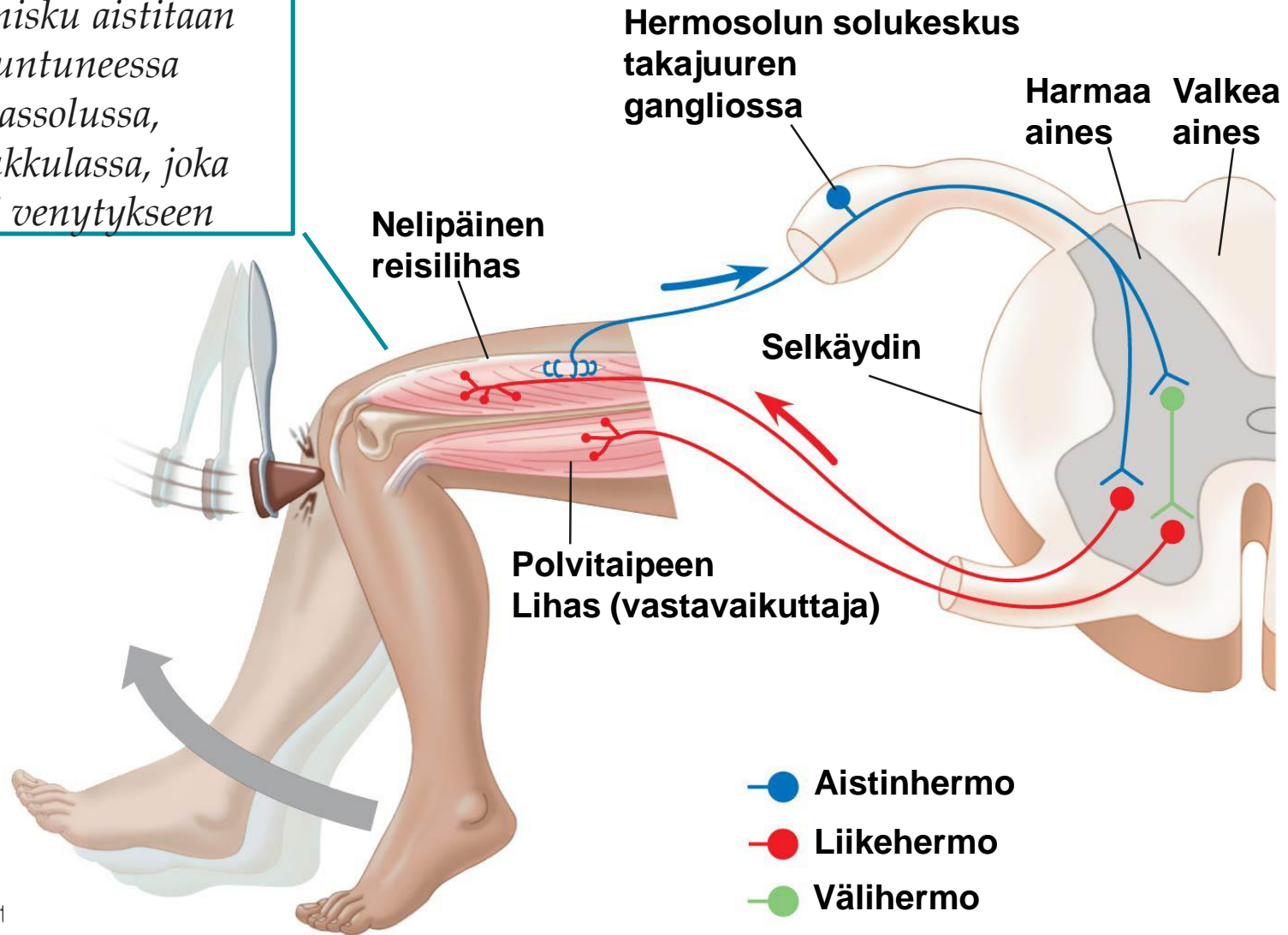
Periferinen hermosto (PNS)

31 paria





*Vasaranisku aistitaan
muuntuneessa
lihassolussa,
lihassukkulassa, joka
reagoi venytykseen*



Kiitos!



UNIVERSITY OF
EASTERN FINLAND

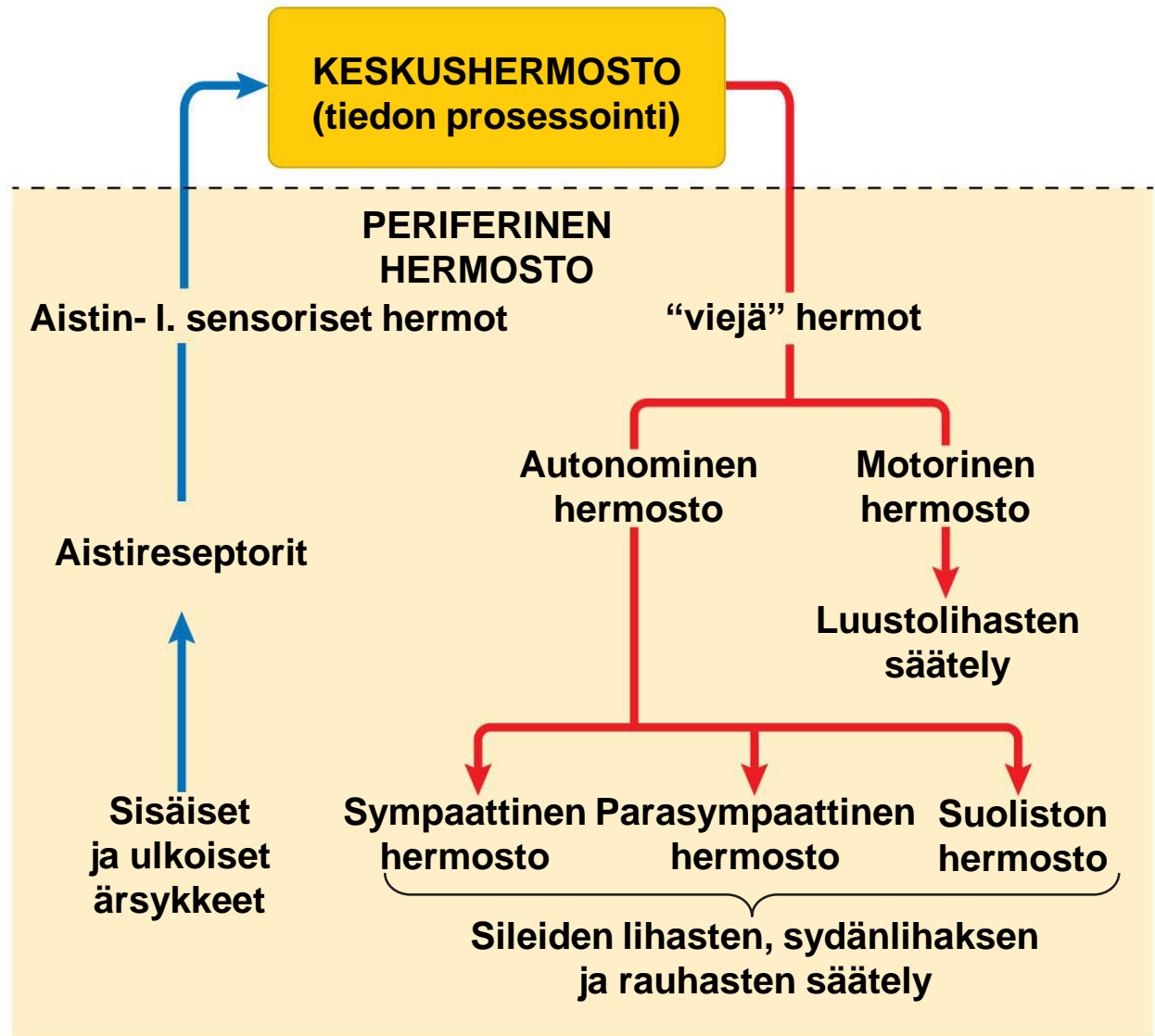
uef.fi

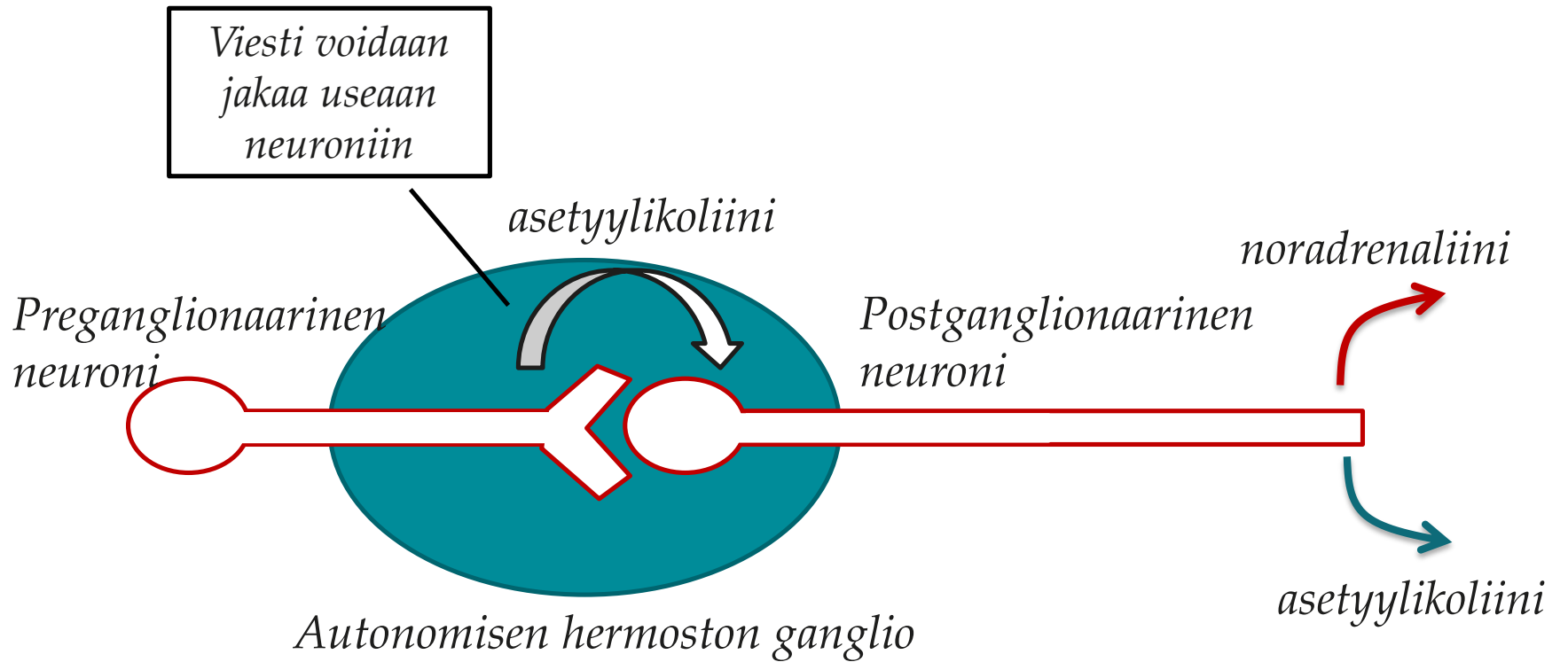
Eläinfysiologia ja histologia

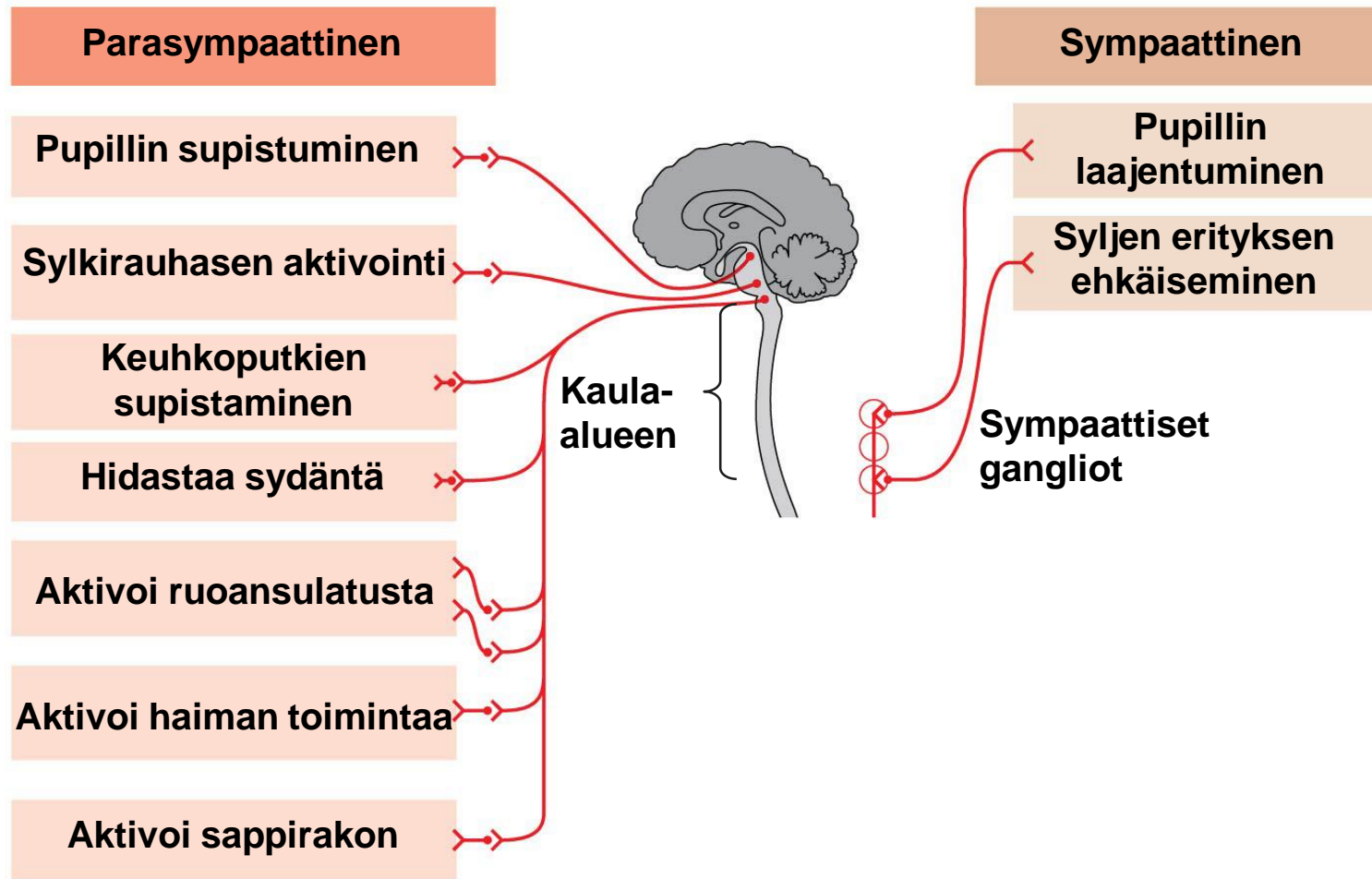
3122243 5 op

Periferinen hermosto

Periferinen hermosto tuo keskushermostoon tietoa ympäristöstä ja auttaa toteuttamaan keskushermoston "päätökset toiminnasta"

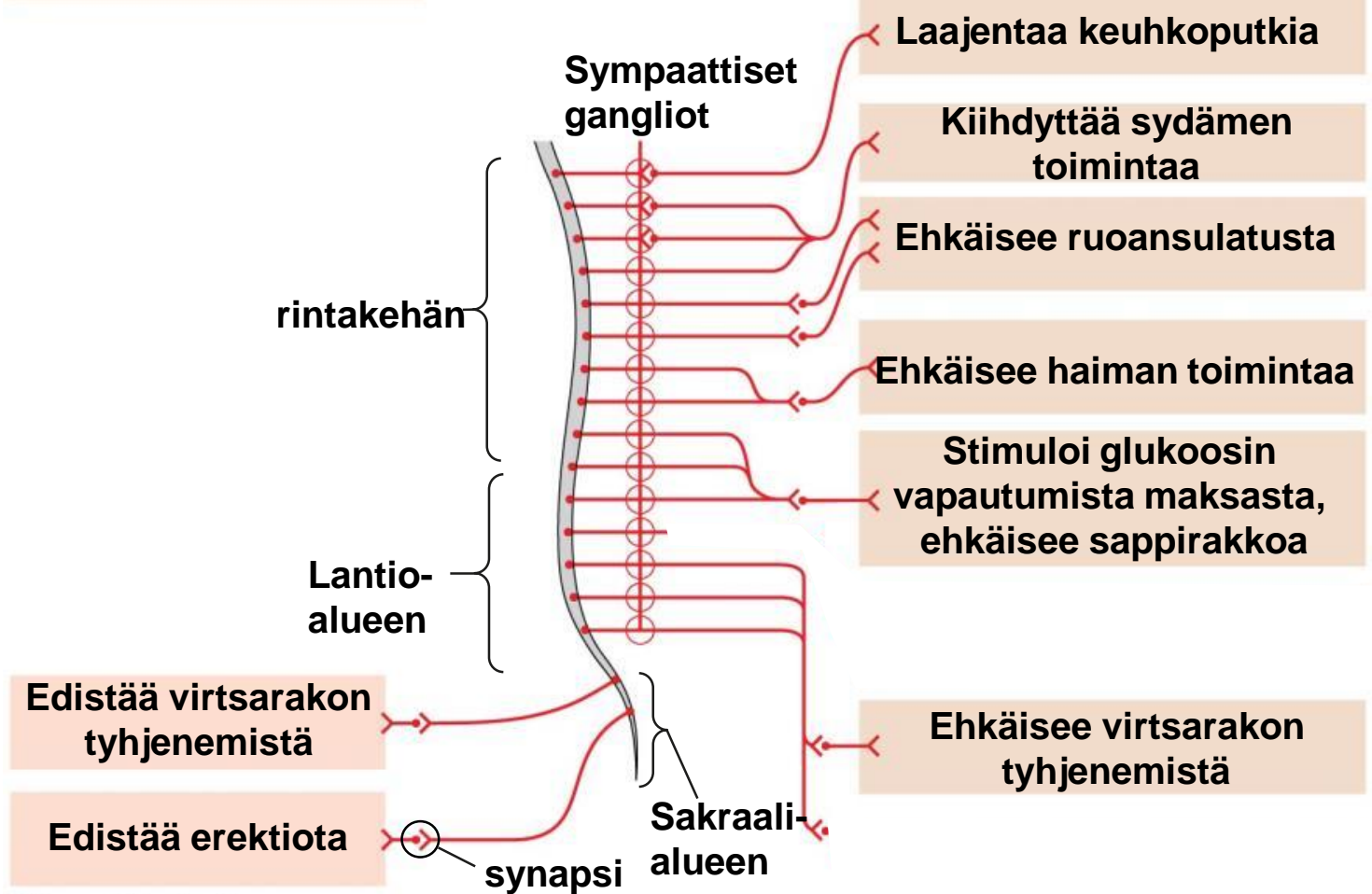






Parasympaattinen

Sympaattinen



Kiitos!



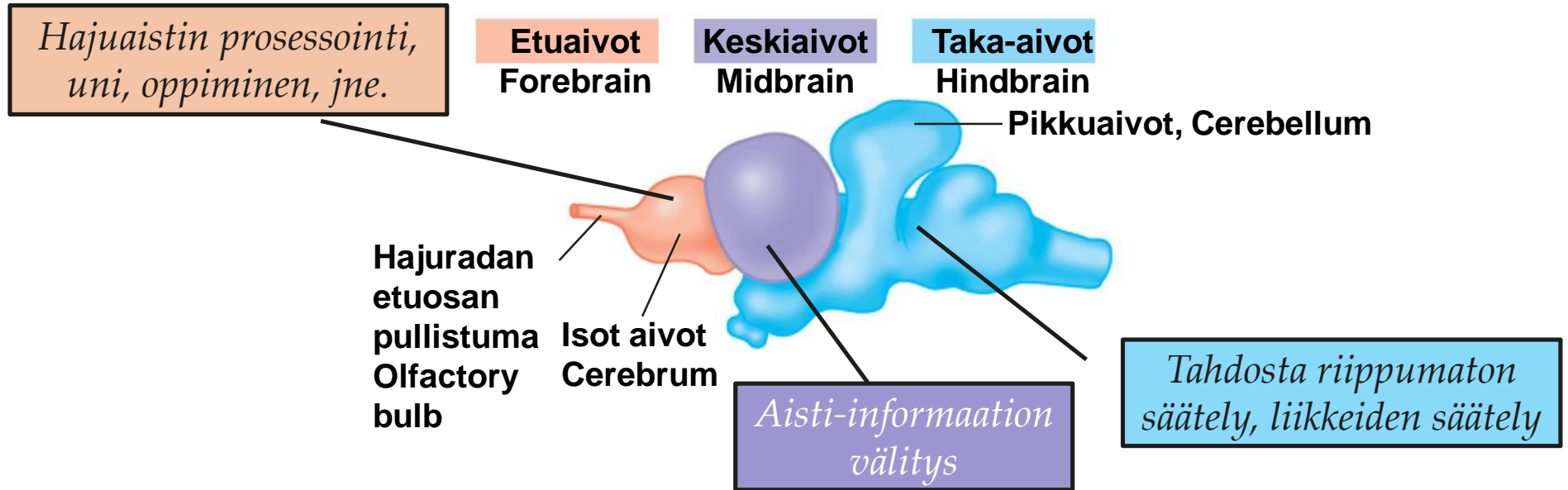
UNIVERSITY OF
EASTERN FINLAND

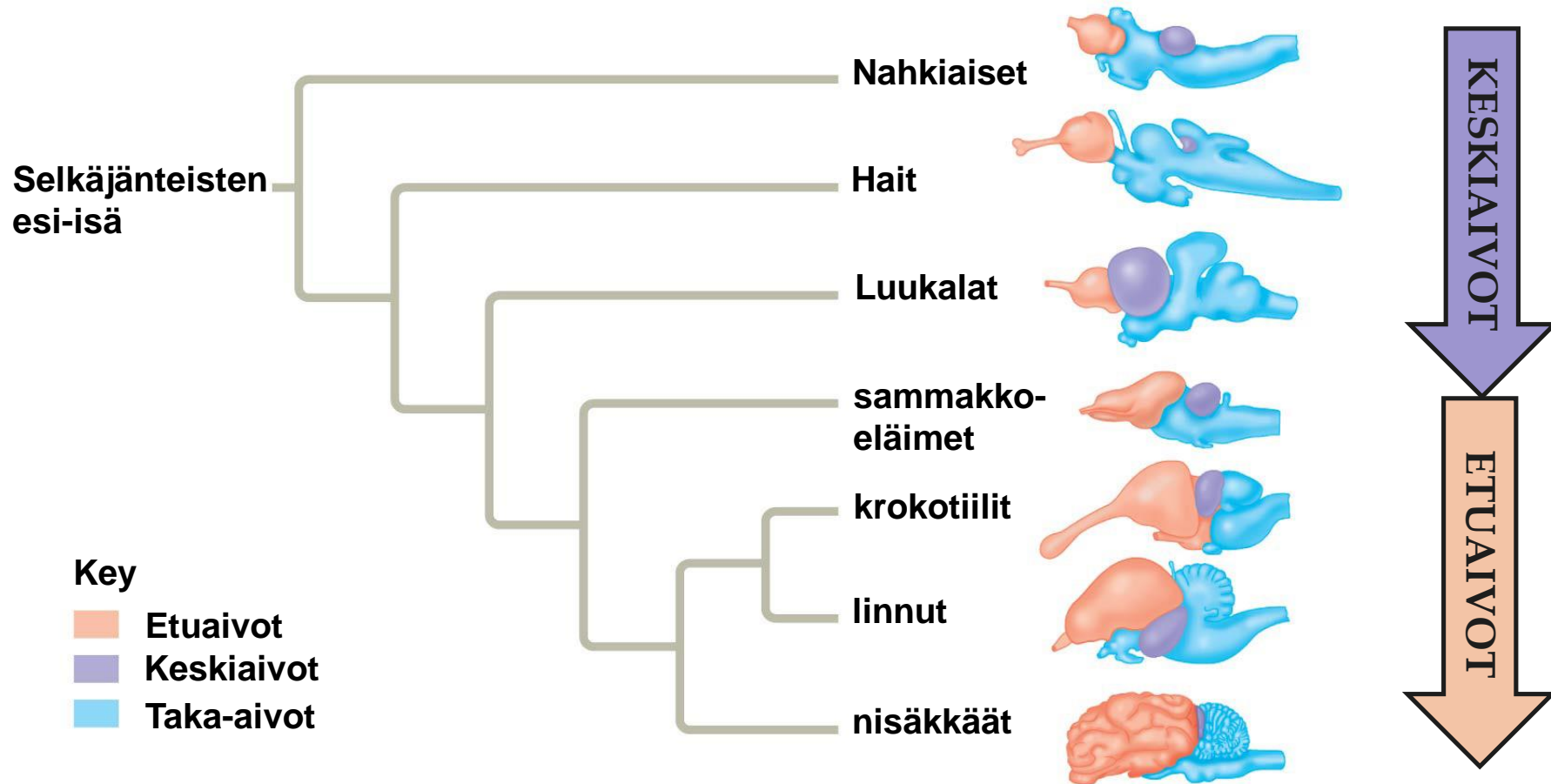
uef.fi

Eläinfysiologia ja histologia

3122243 5 op

Keskushermosto



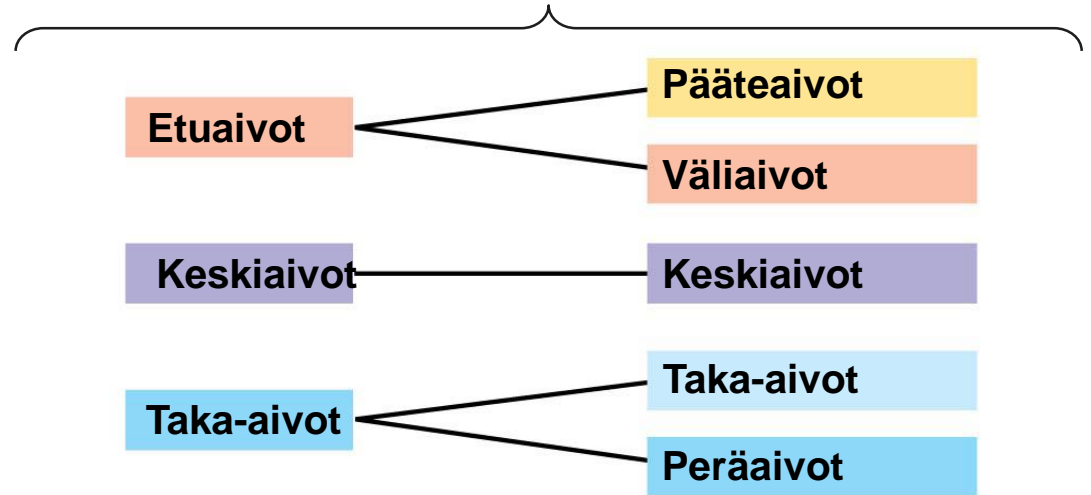


Aivojen kehitys

Aivot kehittyvät erilaistumalla, jolloin kolmiosaiset aivot jakautuvat useampaan osaan.

- *Samalla hermosolujen ja synapsien määrä vähenee (puolet hermosoluista kuolee sikiöaikana)*
- *Kehittyessä isojen aivojen kuorikerros (neocortex) muuttuu vallitsevaksi, paksuus 5 mm, pinta-ala 0,5 m², kattaa 80% aivojen massasta*

Alkion aivokerrokset



Lasten ja aikuisten aivokerrokset

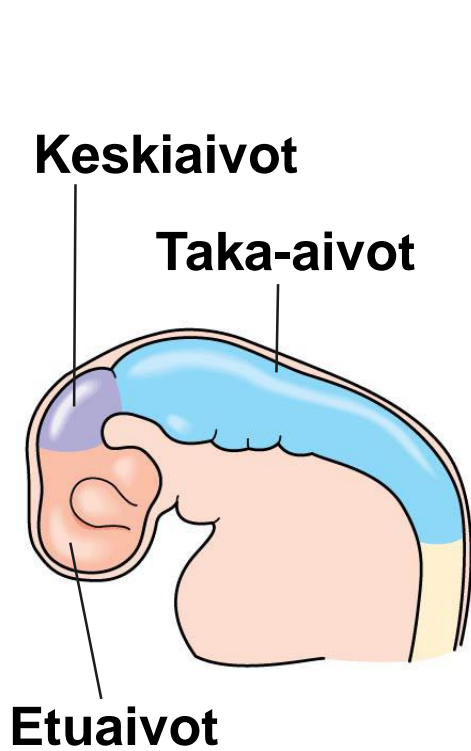
isoaivot (isoaivokuori, valkea aines, tyvitumakkeet)

Väliaivot (thalamus, hypotalamus, epitalamus)

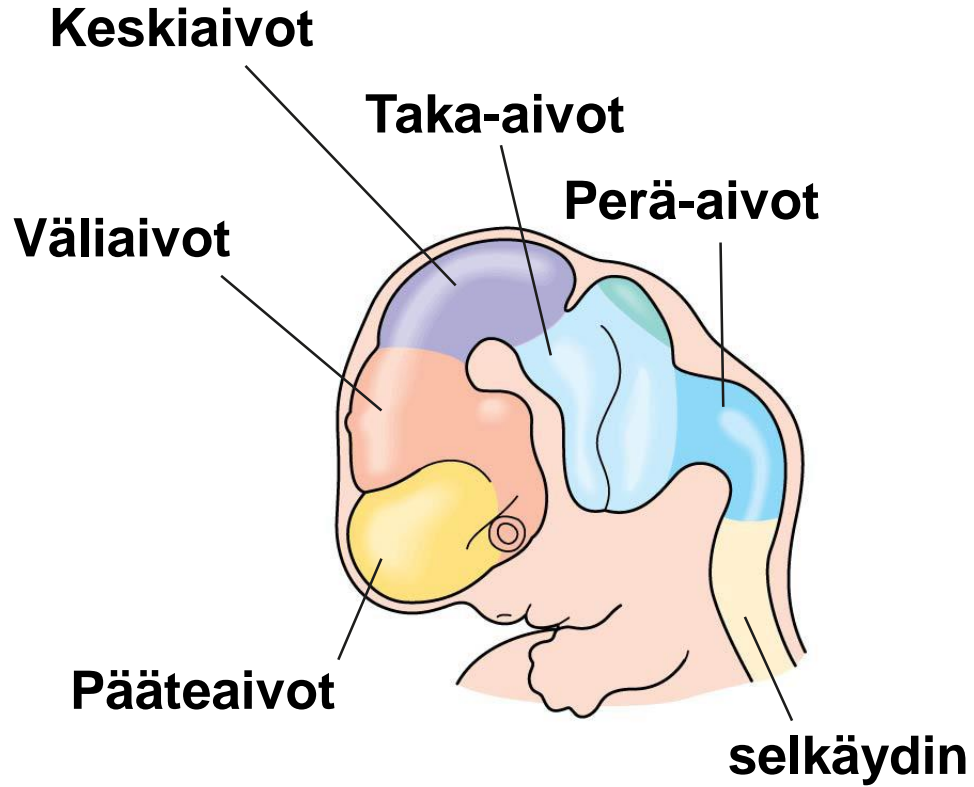
Keskiaivot (osa aivorunkoa)

Aivosilta (osa aivorunkoa), pikkuaivot

Ydinjatkos (osa aivorunkoa)



Alkio 4 viikkoa



Alkio 5 viikkoa

*Aisti-informaation kuljetus, tunteet,
vireystila hormonaalinen säätely*

**Iso-aivot,
Cerebrum**

**Väliaivot,
Diencephalon**

*Aisti-informaation
käsittely:*

*Inferior colliculi (kuulo)
Superior colliculi (näkö)*

*Toteuttavat isoaivojen päättämät
liikkeet.
Vastaavat liikkeiden sulavuudesta*

*Homeostaasin ylläpito
(hengitys, verenkierto),
liikkeiden koordinaatio,
informaation välitys
korkeampiin
aivokeskuksiin*

Keskiaivot, Midbrain

Aivosilta, Pons

**Ydinjatkos,
Medulla oblongata**

aivorunko

Pikkuaiivot, Cerebellum

Selkäydin, Spinal cord

*Hengityskeskus
Vasomotorinen
keskus (verenkierto)*

Lapsi

Osia hengityskeskuksesta

Puhe, kieli, laskutoimitusten prosessointi

Vasen aivopuolisko

Oikea aivopuolisko

Avaruudellinen hahmotus, kasvojen tunnistaminen, luova toiminta, kokonaisvaltaiset toiminnot, tunteiden käsittely

Isoaivojen kuori, Cerebral cortex

Aivokurkiainen, Corpus callosum

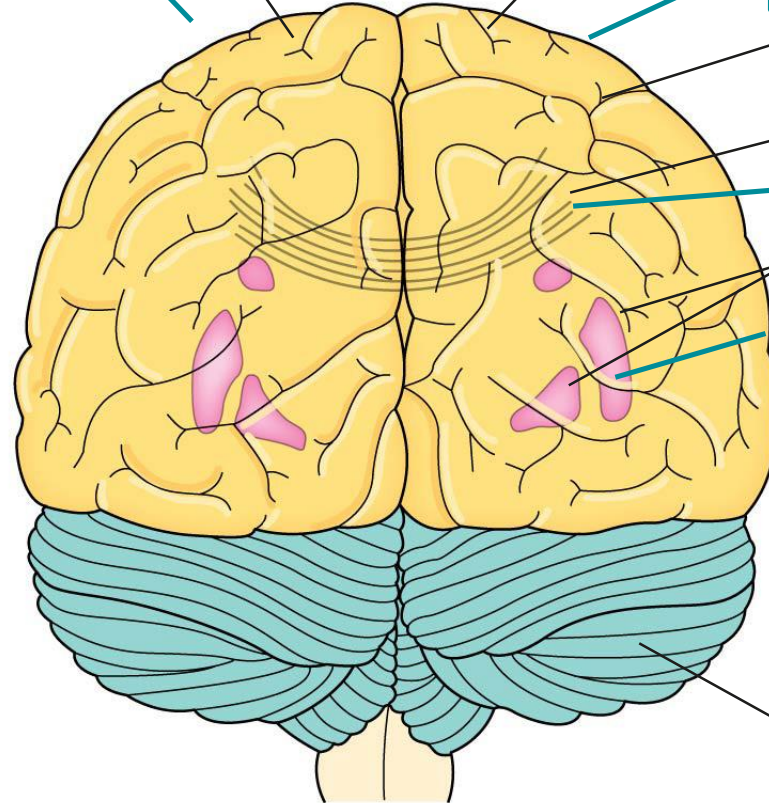
Aivopuoliskojen yhdistäminen

Tyvitumakkeita

Liikkeiden koordinaatio (dopamiinin puute täällä aiheuttaa Parkinsonin taudin)

ISOAIVOT

PIKKUAIVOT



AIKUISEN AIVOT TAKAA

Kiitos!



UNIVERSITY OF
EASTERN FINLAND

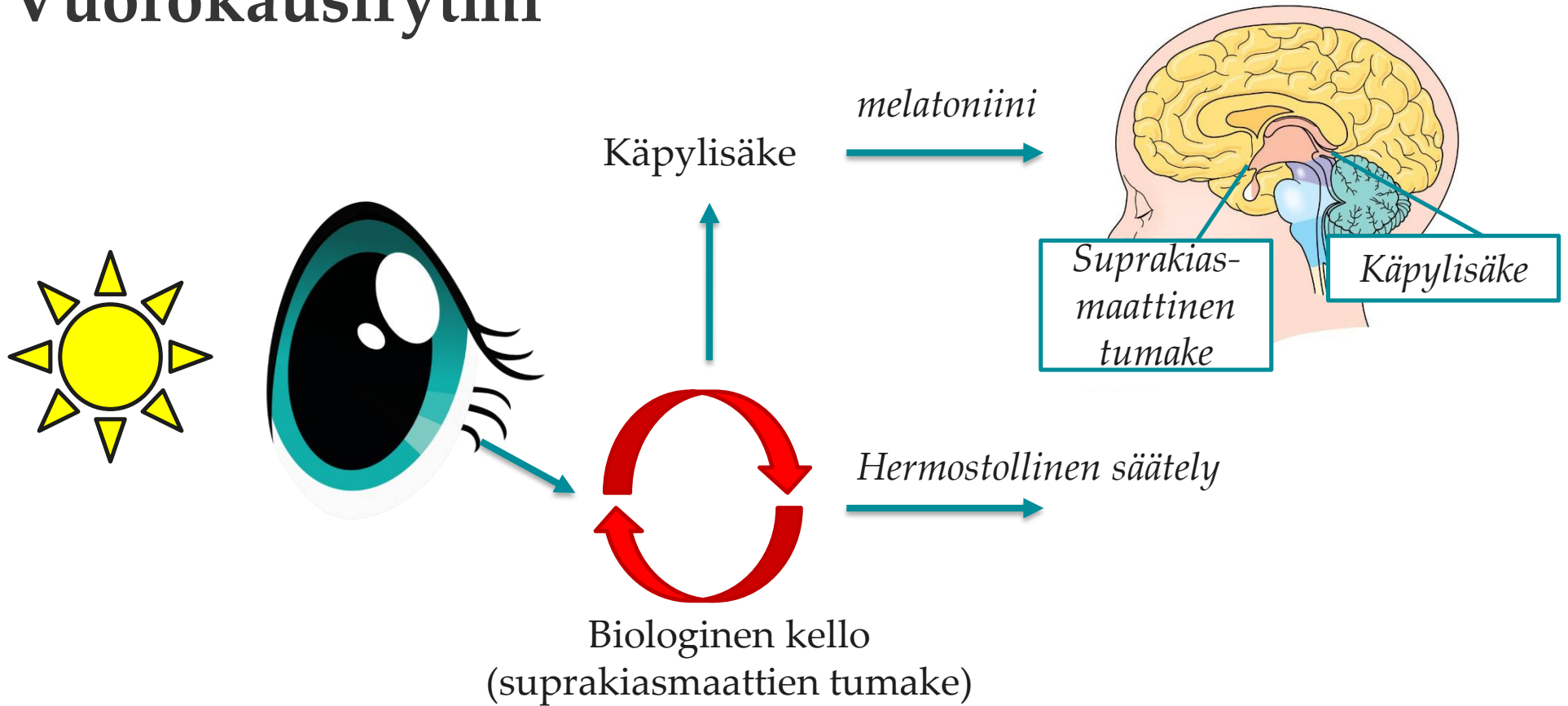
uef.fi

Eläinfysiologia ja histologia

3122243 5 op

Biologisten rytmien säätely

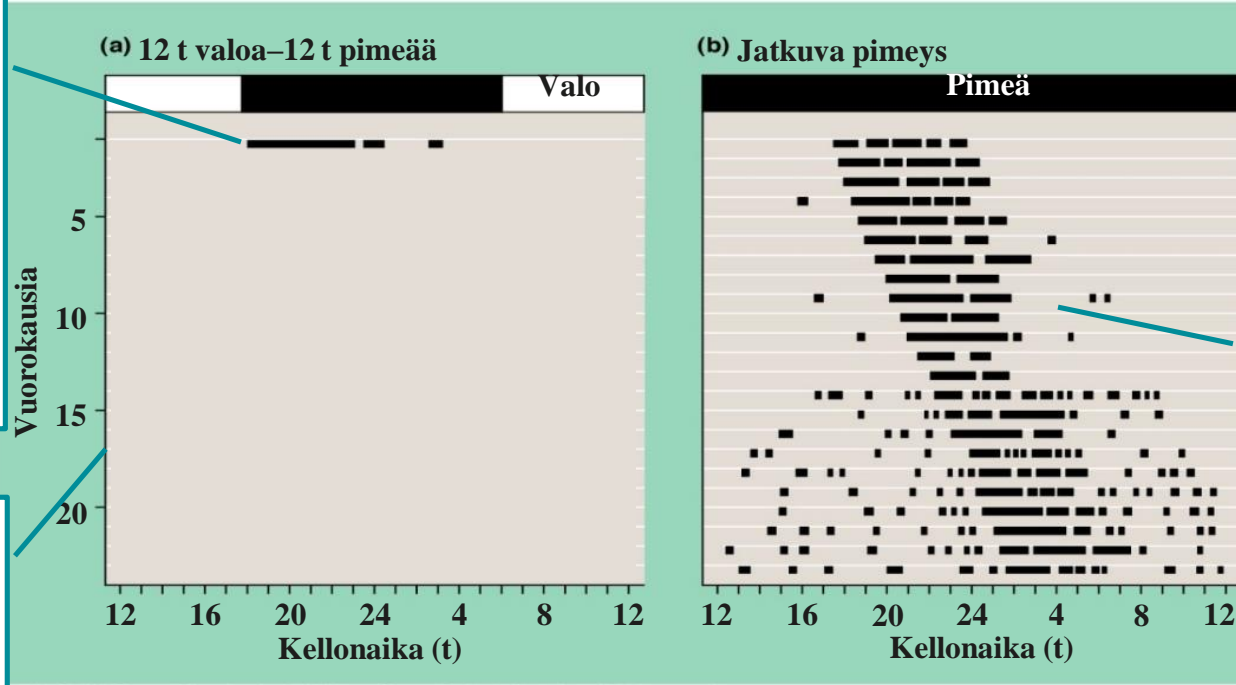
Vuorokausirytm



Valon tahdittava vaikutus

Liito-oravan
(*Glaucomys
sabrinus*) (yöeläin)
biologinen kello:
Suprakiasmaattisen
tumakkeen säätely
muuttuu pimeyden
koitaessa.

Muutos näkyy
säännöllisenä myös
seuraavina päivinä

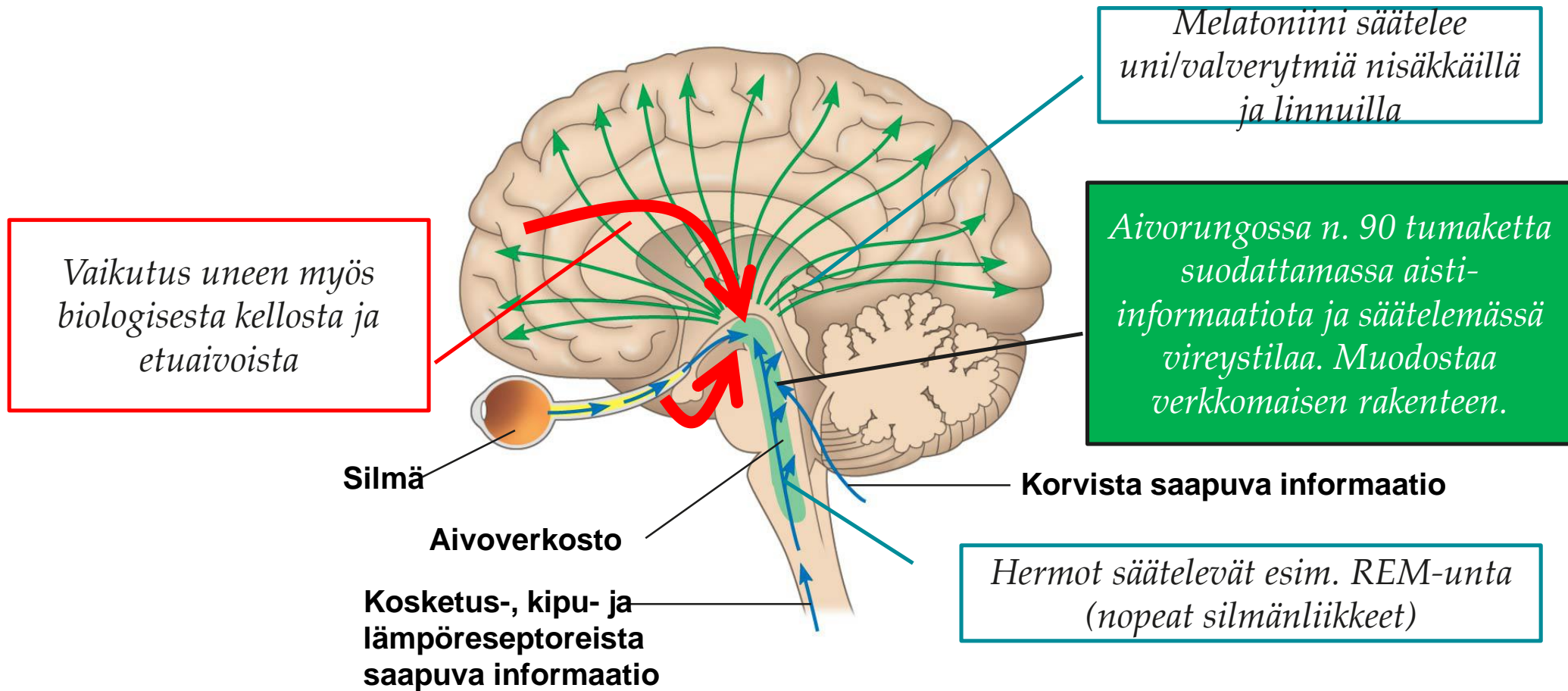


Copyright © 2005 Pearson Education, Inc. Publishing as Pearson Benjamin Cummings. All rights reserved.

Mikäli eläin on
jatkuvässä
pimeydessä
kello toimii, mutta
silloin
vuorokauden
pituus on 24 t 21
minuuttia (kello
siis jätättää)

Vuorokausirytmien mittaaminen ei edellytä monimutkaisia laitteita





Aivosähkökäyrä (electroencephalogram, EEG)



Uni / valvetila

Aivosähkökäyrä EEG on sitä säännöllisempää, mitä vähemmän aivotoimintaa on käynnissä.

- *Valveilla hitaat alfa-aallot sekä beta-aallot*

nREM

Syvä ortouni

Hidas pulssi ja hengitys

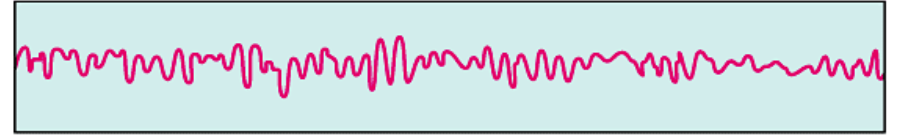
Unet loogisia

REM

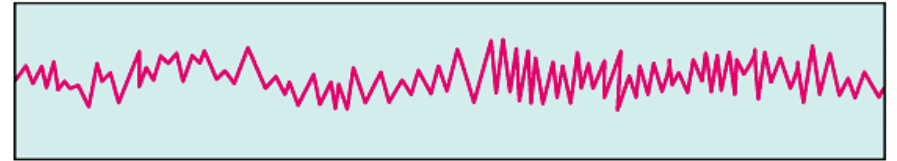
Vilke/parauni

Lihakset veltot

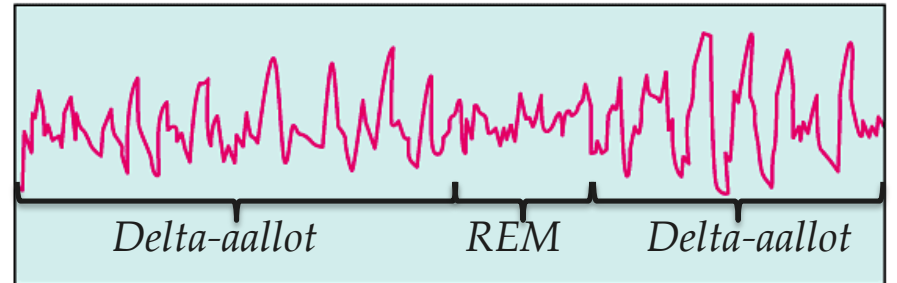
Unet surrealistisia



Hereillä mutta levossa (alfa aallot)



Keskittymistä vaativaa työtä tehdessä (beta aallot)



Unessa

Delfiinin uni



Hitaat aallot (uni)



Nopeat aallot (valvetila)

Aivoalue	Aika: 0 h	Aika: 1 h
Vasen aivopuolisko		
Oikea aivopuolisko		

Kiitos!



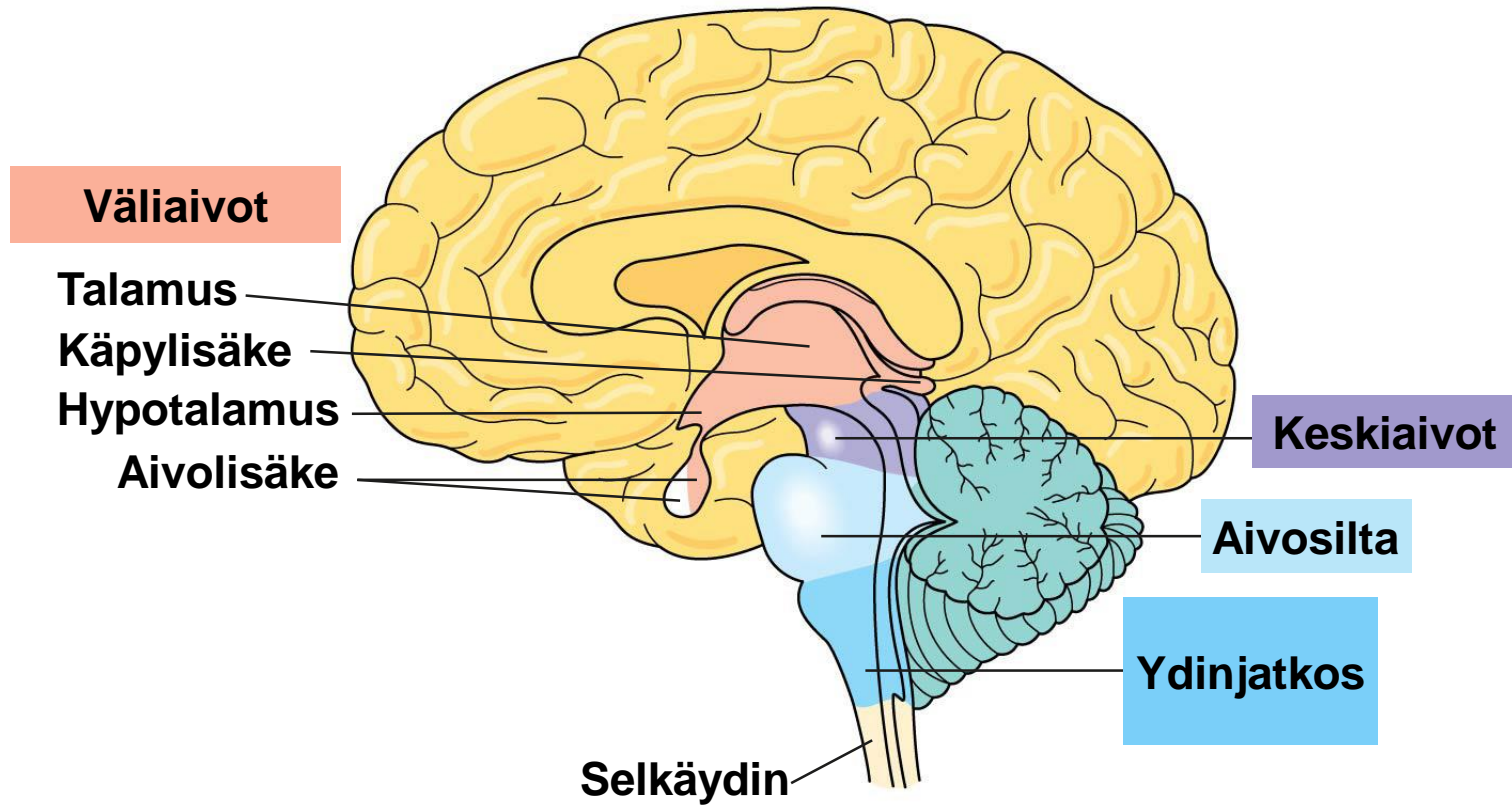
UNIVERSITY OF
EASTERN FINLAND

uef.fi

Eläinfysiologia ja histologia

3122243 5 op

Aivot, tunteet ja kuvantaminen



*Aisti-informaation reitti aivokuorelle.
Osallistuu tunteiden ja vireystilan säätelyyn.*

Limbinen järjestelmä

Hypotalamus

*Homeostaasin säätelykeskus ja
hormonitoiminnan säätely
Jano ja nälkä, sukupuolivietti,
mielihyvä, pako- ja
taisteluvietit, vuorokausirytmii
(suprakiasmaattinen tumake)*

Haiukäämi

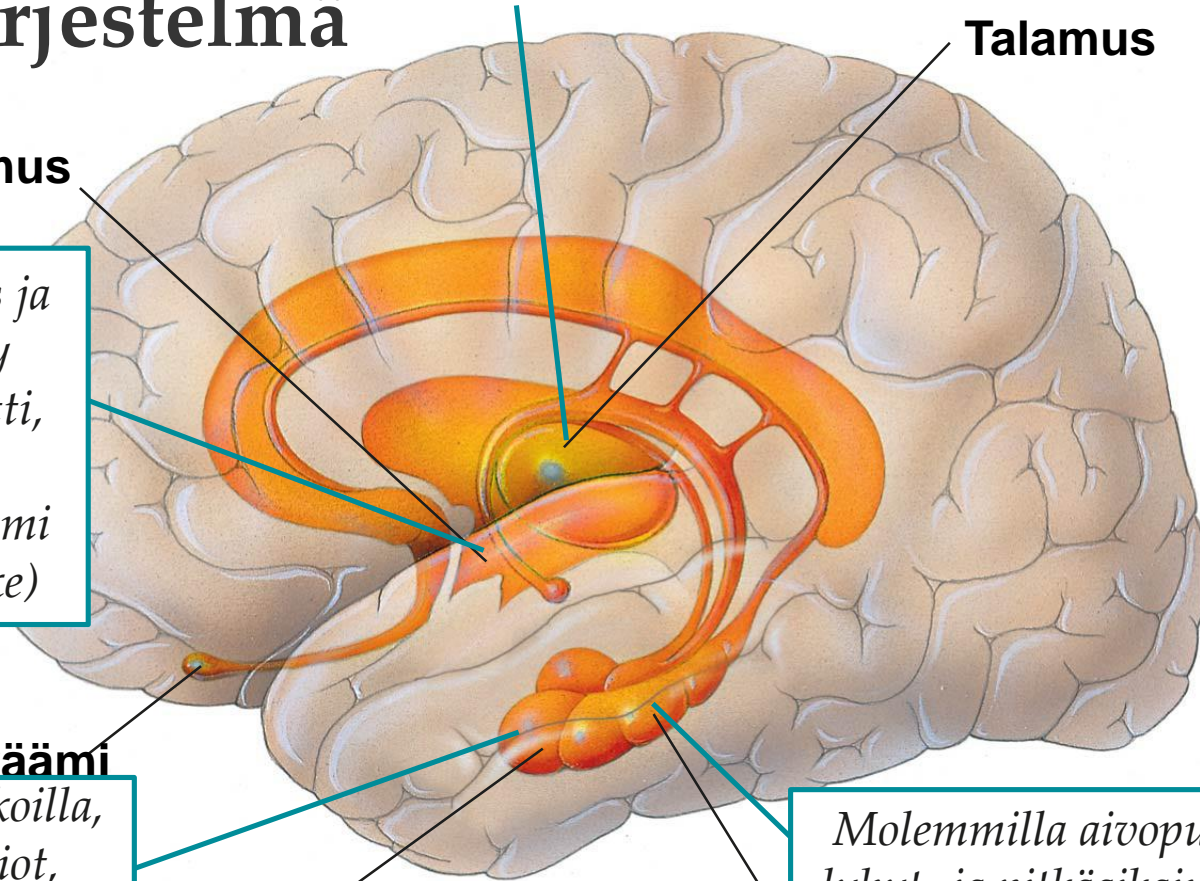
*Molemmilla aivopuoliskoilla,
tunne muisti, aggressiot,
seksuaalisuus, eroa urosten
ja naaraiden välillä.*

**Mantelitumake,
Amygdala**

Hippokampus

*Molemmilla aivopuoliskoilla,
lyhyt- ja pitkäaikainen muisti.*

Talamus



Aivojen kuvantaminen

PET

- Positroniemissio-
tomografia
- gammasäteily
- Radioaktiivinen
jodi (glukoosissa,
110 min) tai
happi (2 min)

fMRI

- Toiminnallinen
magneettinen
resonanssi
- Magneettiset
ominaisuudet
- Hapen
liittyminen
hemoglobiiniin

MRI

- Vesimolekyylien
magneettinen
resonanssi
- Pehmeiden
kudosten
rakenteet
näkyvissä

CT

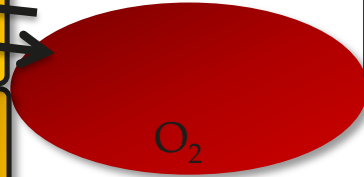
- Tietokonetomo-
grafia
- Röntgenkuvien
yhdistelmä
- verisuonitukokset
vuodot

TOIMINNALLINEN MAGNEETTINEN RESONANSSI fMRI

GLUKOOSI JA HAPPI
OTETAAN SITÄ MUKAAN
KUN NE KÄYTETTÄÄN

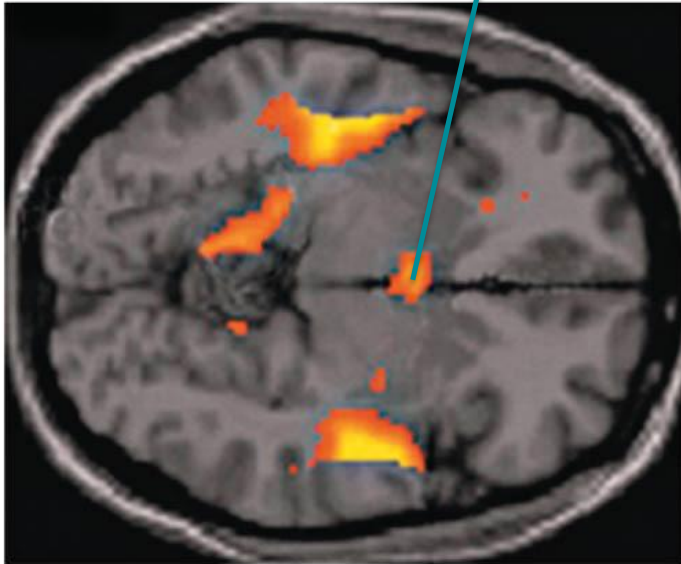
HEMOGLOBIININ
ERILAISET
OMINAISUUDET
HAPEN LIITTYESSÄ
JA ILMAN HAPPEA

EI GLUKOOSIVARASTOA



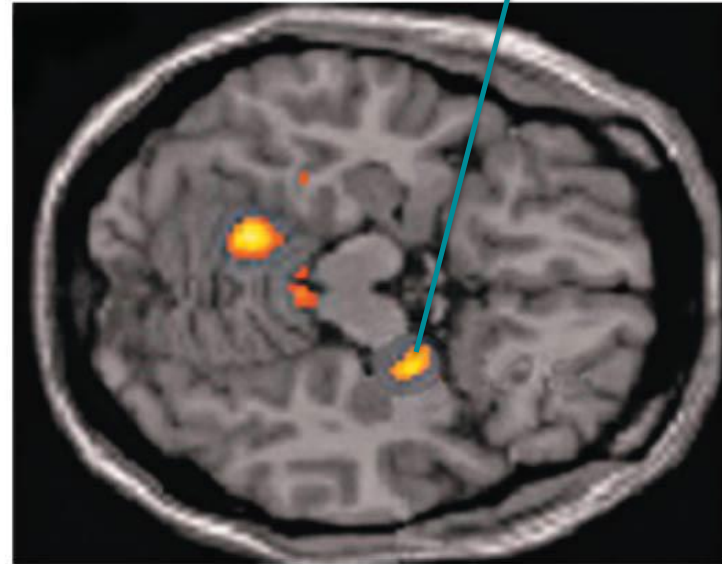
Aivoalueiden aktiivisuus ja tunnetilat

Nucleus accumbens



Iloinen musiikki

Amygdala



Surullinen musiikki

Kiitos!



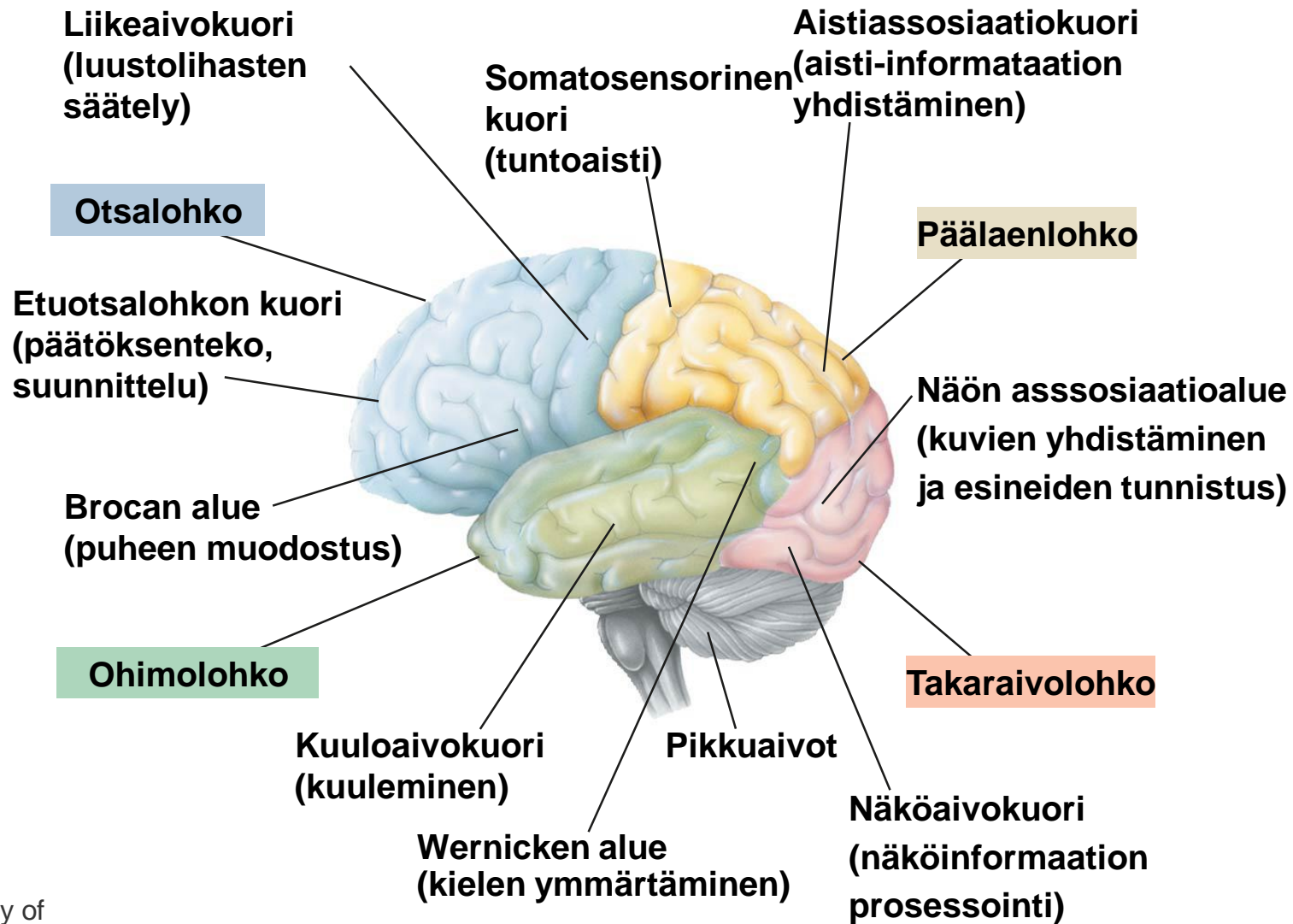
UNIVERSITY OF
EASTERN FINLAND

uef.fi

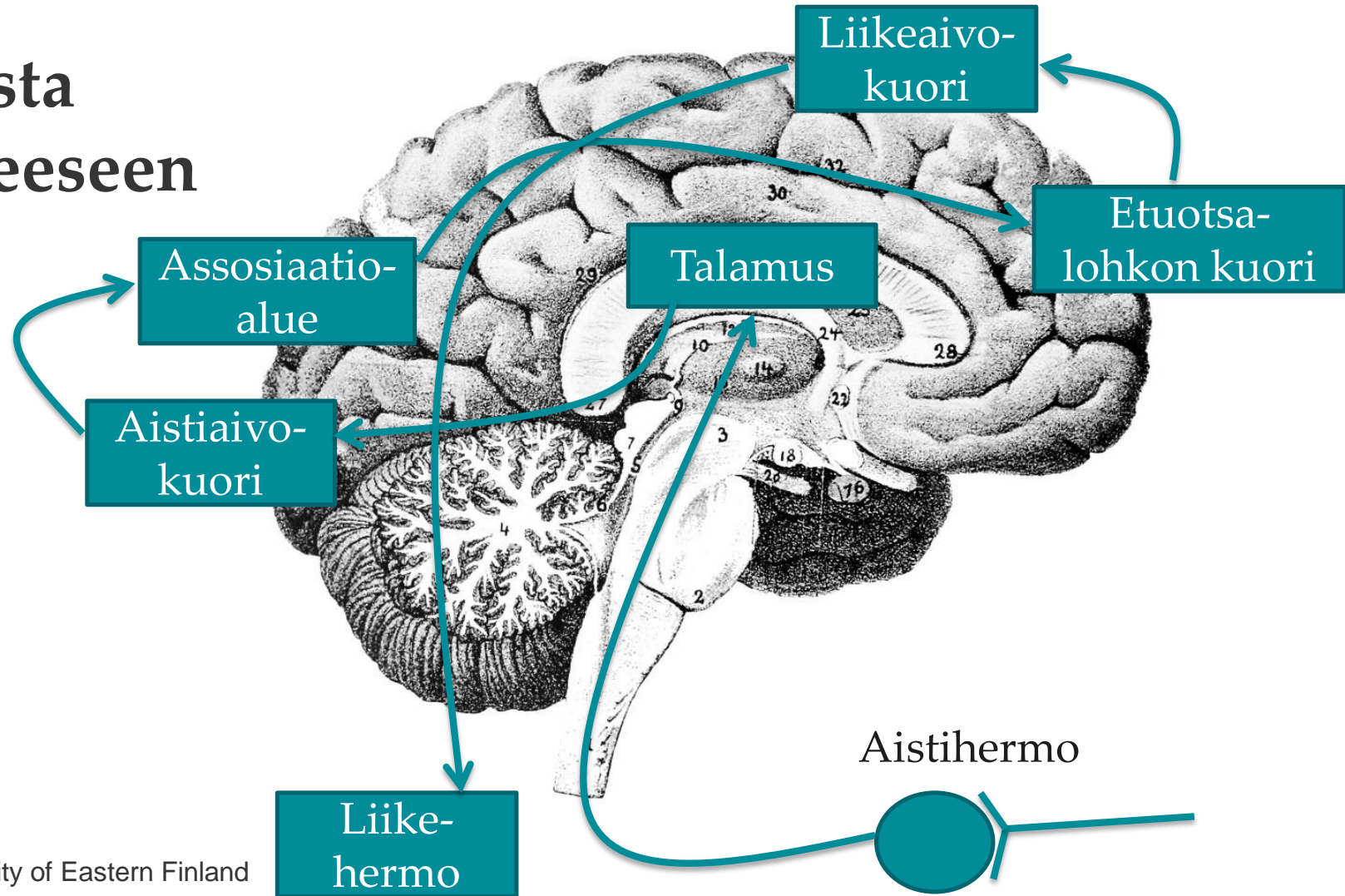
Eläinfysiologia ja histologia

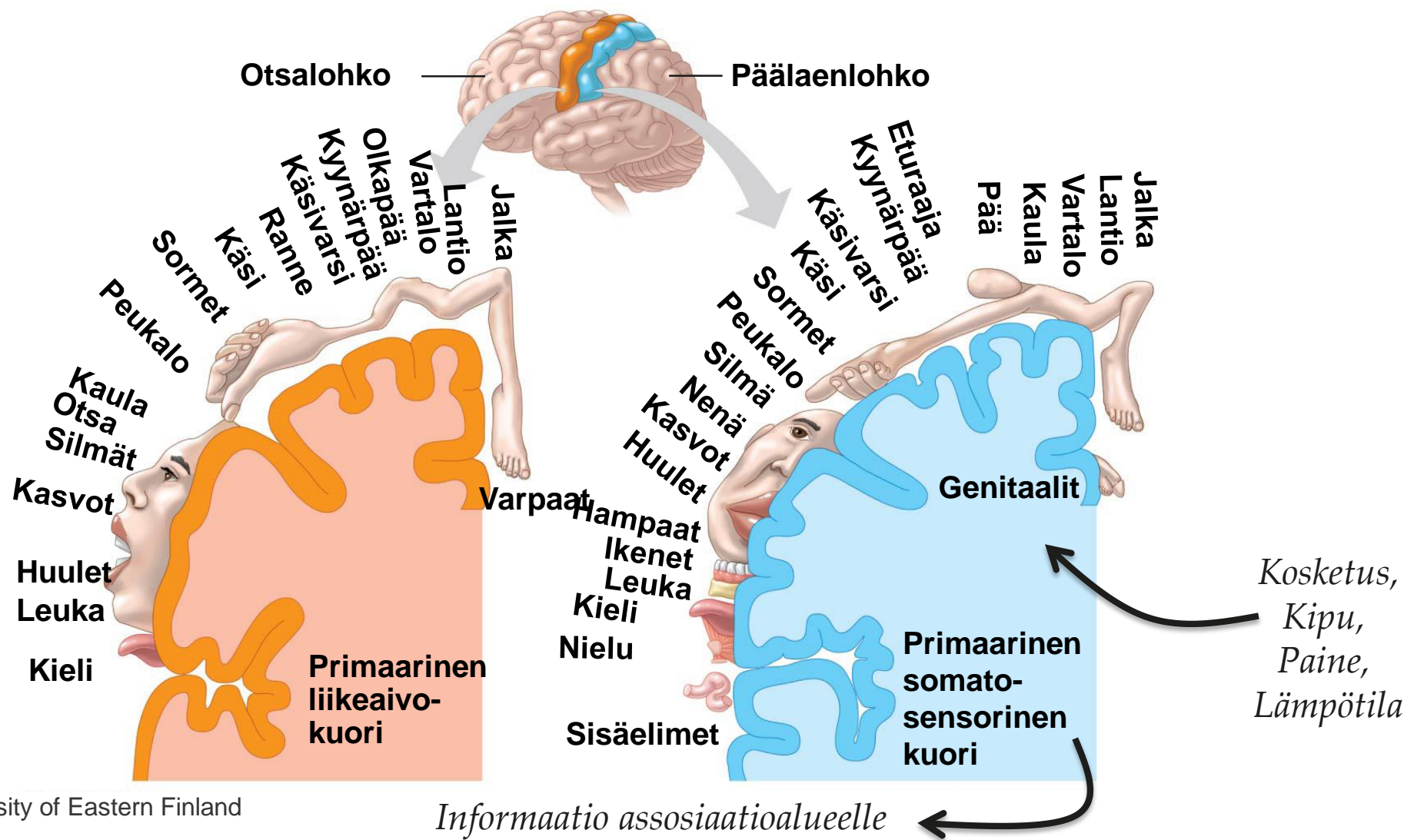
3122243 5 op

Isoaivojen toiminta



Aistista liikkeeseen

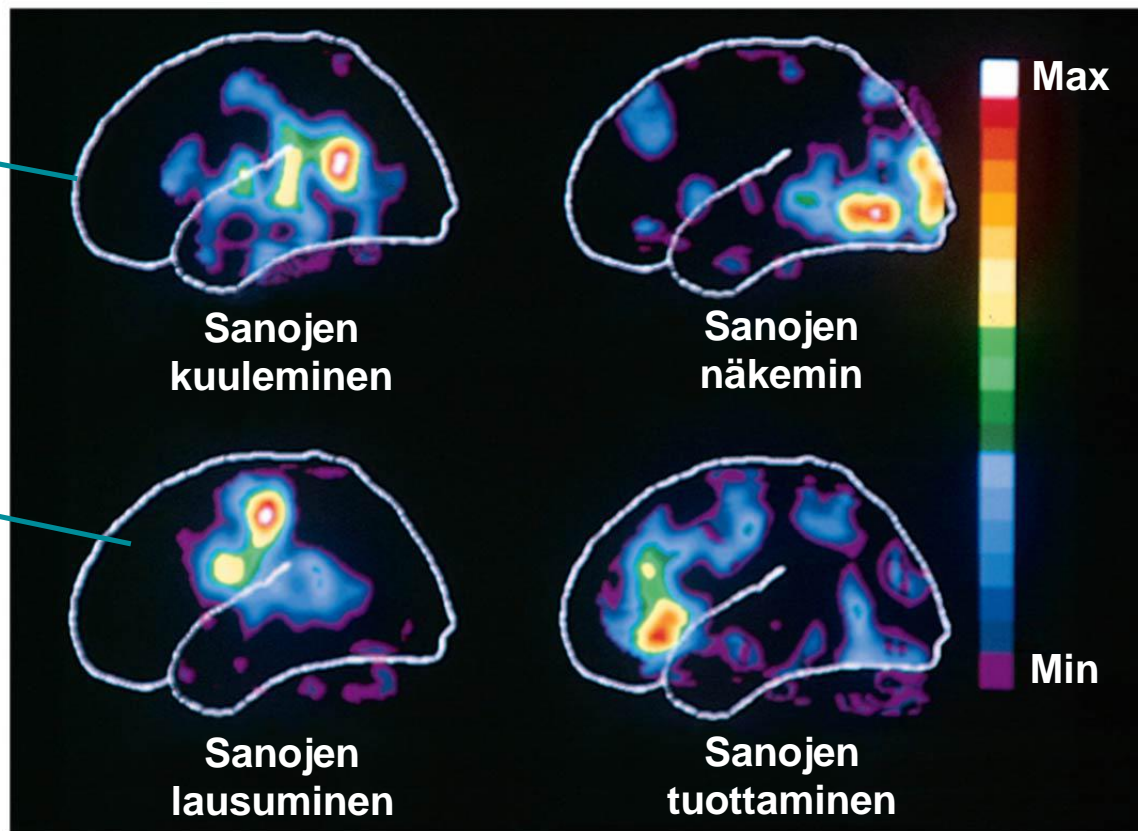




Puhe ja kieli

Aivojen eri alueet ovat aktiivisia kielen prosessoinnissa

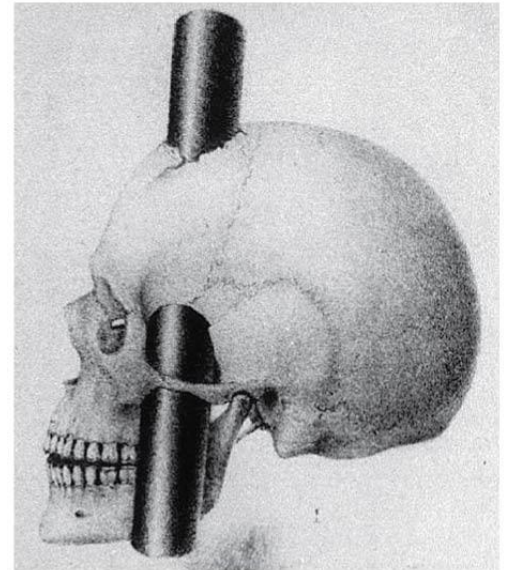
Vauriot Wernicken tai Brockan alueilla vaikuttavat puheentuottamiseen tai kuulonymmärrykseen



Otsalohkon tehtävät

Phineas Gage sai vuonna 1848 onnettomuudessa rautakangen kallonsa läpi.

- *Onnettomuus tuhosi hänen otsalohkonsa, mutta hän jäi henkiin.*
- *Päätöksenkyky ja emotionit heikkenivät, kärsimättömyys lisääntyi.*
- *Vastaavaa käytettiin "lääketieteellisenä" 1900-luvulla skitsofrenian hoidossa (Lobotomia, Nobel 1949)*



Kiitos!



UNIVERSITY OF
EASTERN FINLAND

uef.fi

Eläinfysiologia ja histologia

3122243 5 op

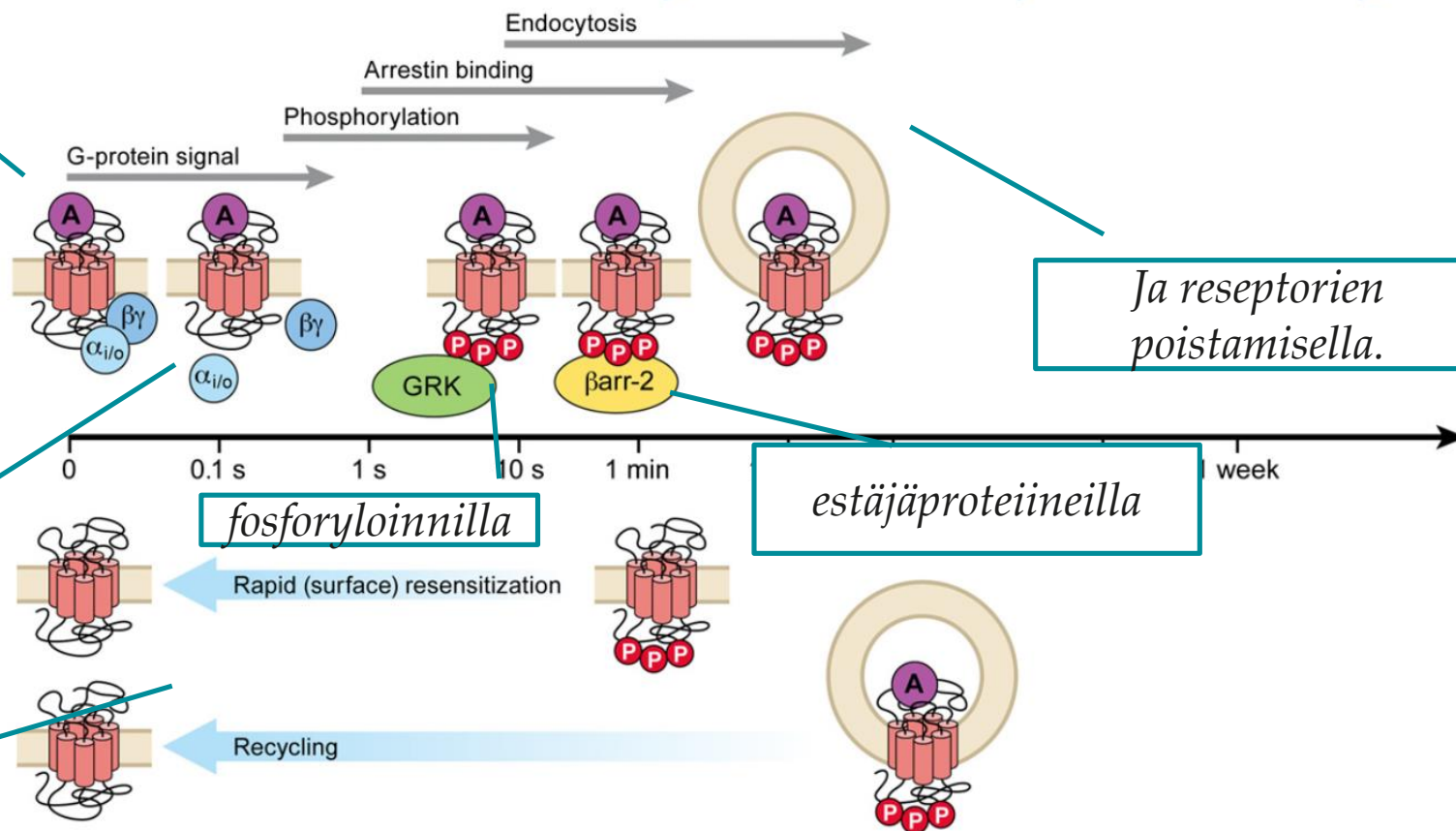
Synaptinen joustavuus

Opioidireseptorit menettävät herkkyyttä nopeasti, jolloin lääke-/huumausaineen teho alenee.

Rapid desensitization

Short term tolerance

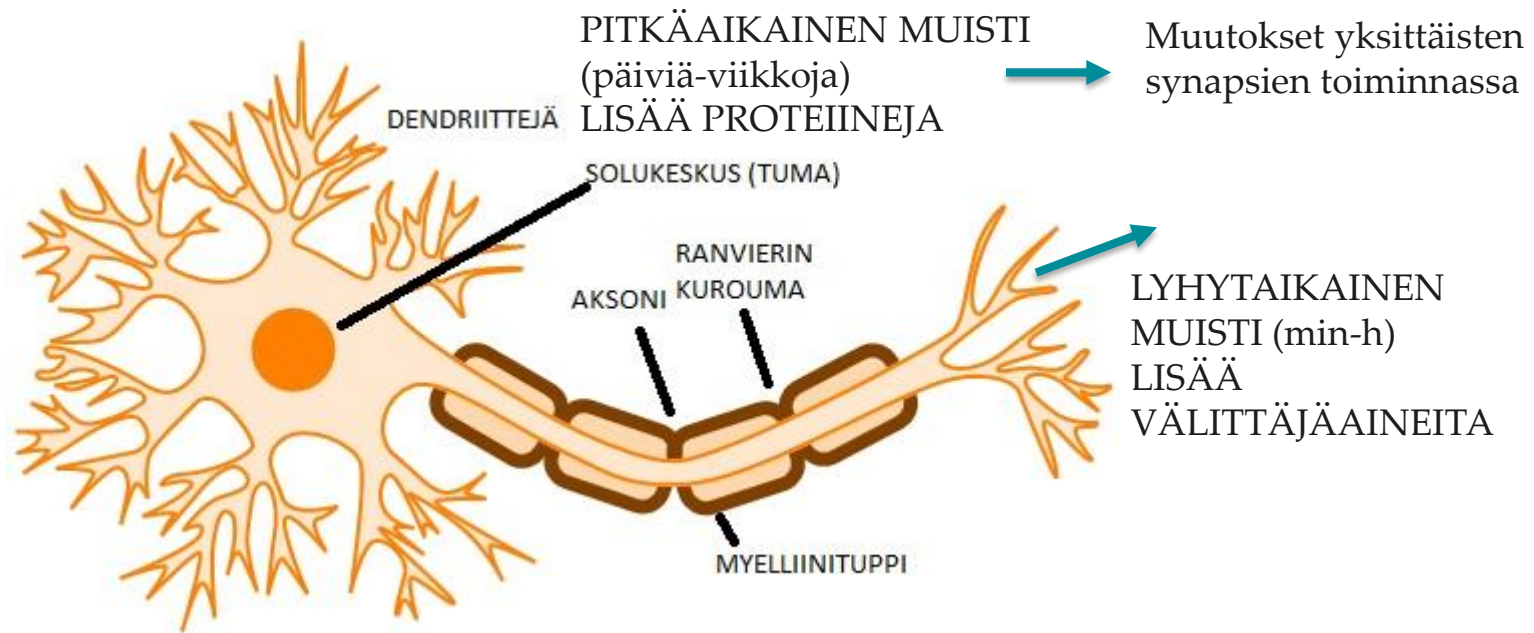
Long term tolerance

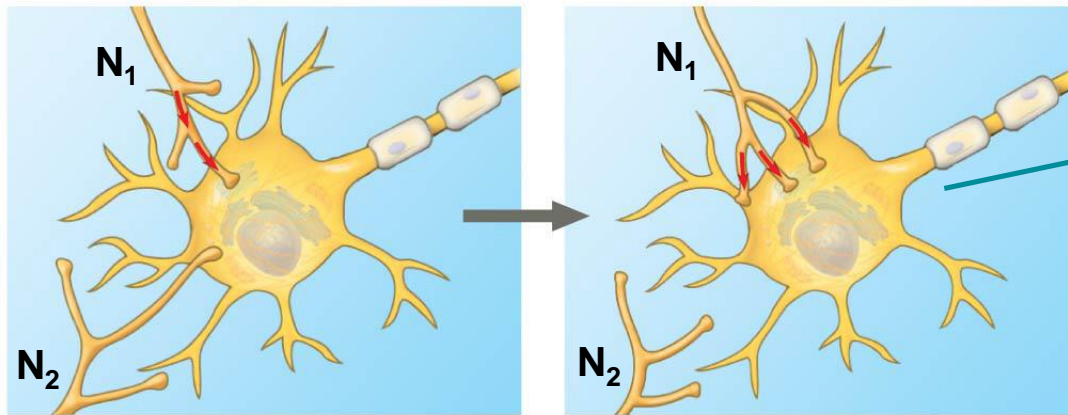


Ja reseptorien poistamisella.

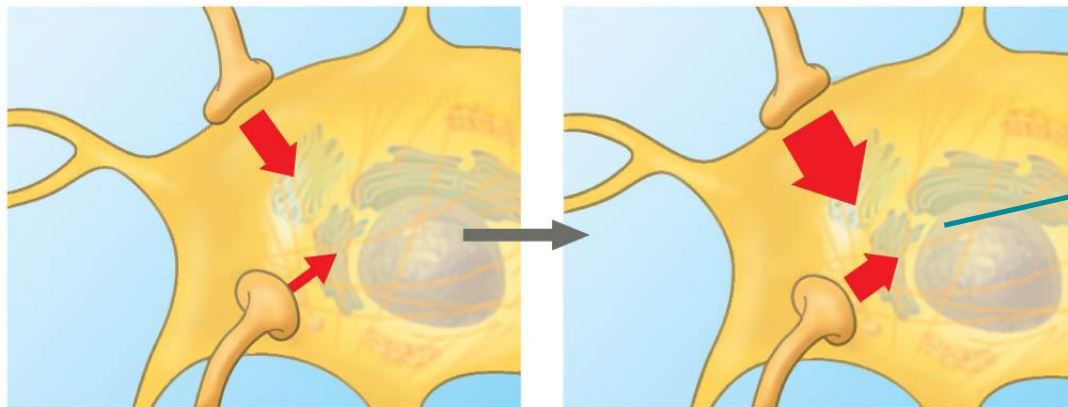
Herkkyyttä vähennetään G-proteiinivälitteisen reitin muutoksilla

Palautuminen voi kestää joko vähän tai kauan aikaa





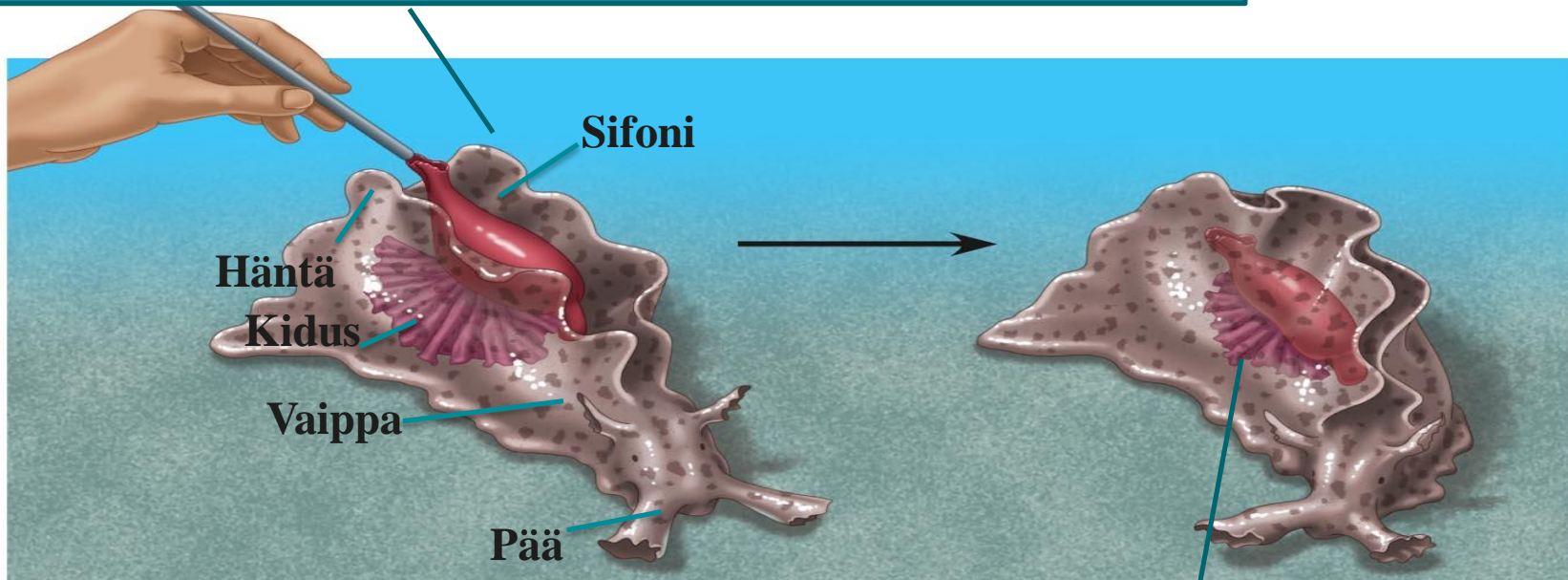
Jos hermoyhteyttä käytetään se vahvistuu, jos ei, se heikkenee



Jos kahta synapsia käytetään usein yhtäaikaisesti, ne molemmat vahvistuvat.

Muistin biologia

Merietana (Aplysia californica) koe-eläimenä, jolla on yksinkertainen hermorakenne (Eric Kandel, Nobelin palkinto v. 2000).

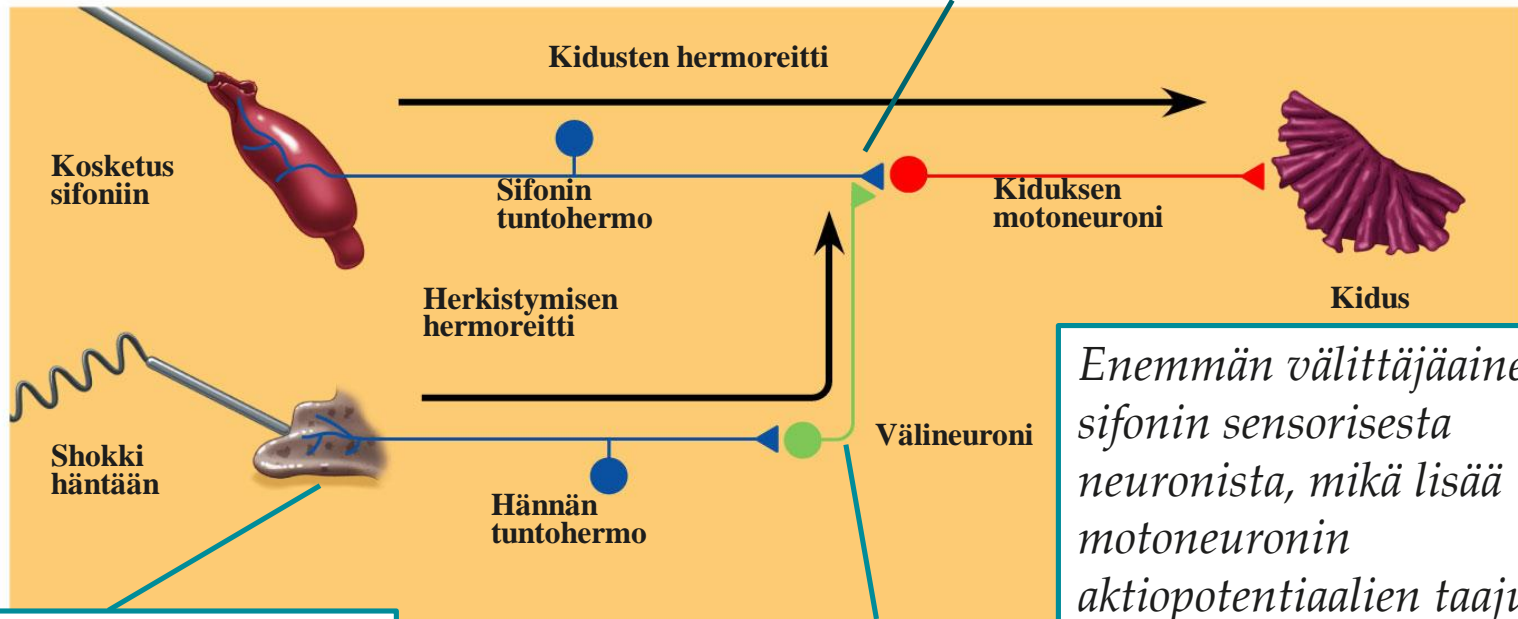


(a)

Copyright © 2005 Pearson Education, Inc. Publishing as Pearson Benjamin Cummings. All rights reserved.

Merietanan oppiminen

Serotoniini depolarisoi sifonin sensorisen neuronin sulkemalla kalvon K^+ -kanavia \rightarrow aktiopotentiaalin kesto kasvaa \rightarrow enemmän kalsiumia soluun.



Enemmän välittäjäainetta sifonin sensorisesta neuronista, mikä lisää motoneuronin aktiopotentiaalien taajuutta

Jos nilviäisen "häntää" ärsytetään ennen sifoniin koskemista, vetäytymisrefleksi on voimakkaampi.

"Hännän" koskettaminen aktivoi välineuronin, joka tuottaa serotoniinia.

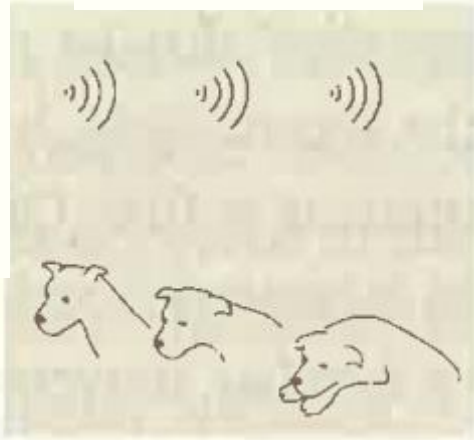
Ärsyke

))) Kello

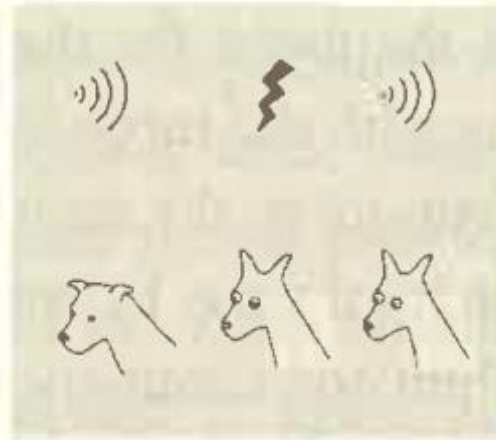
⚡ Shokki

Vaste

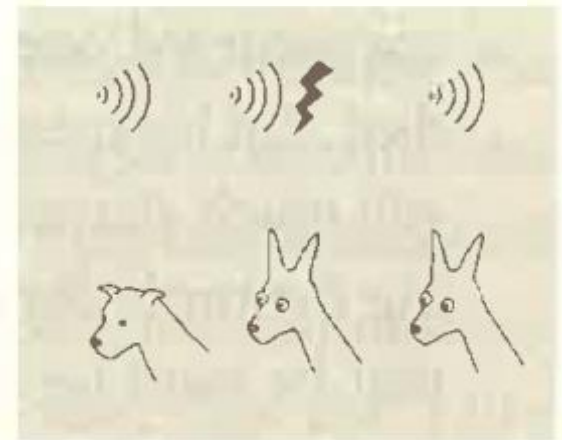
Tottuminen



Herkistyminen

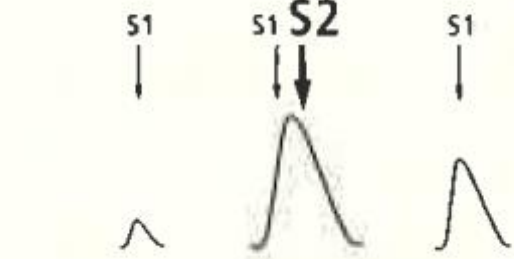
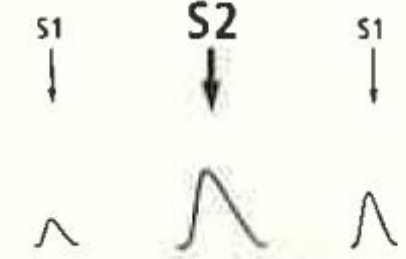
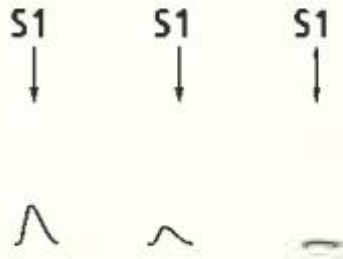


Klassinen ehdollistuminen

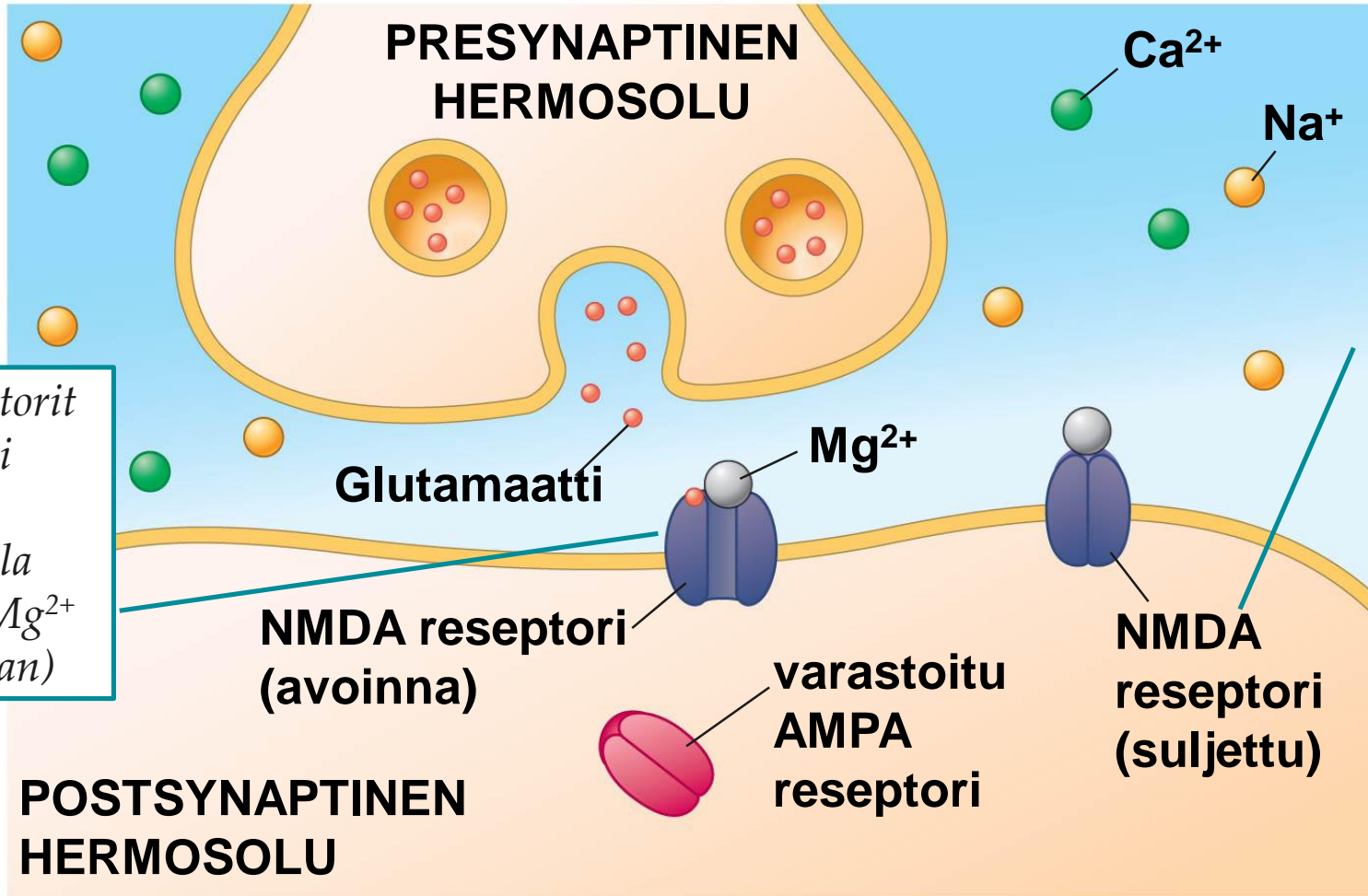


Stimulus

S1 Alku
S2 Shokki



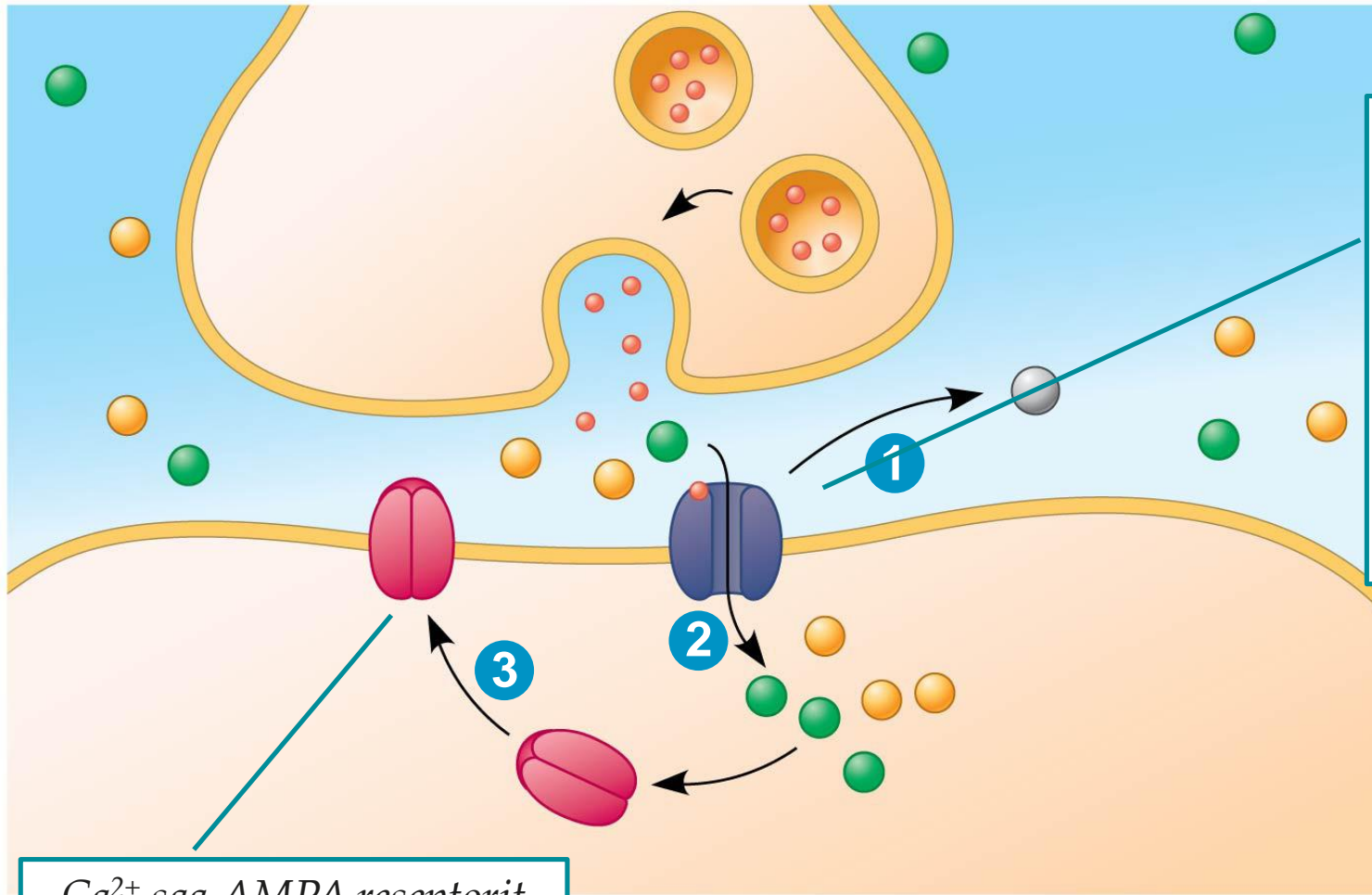
Solujen ärtyvyys



NMDA reseptorit eivät toimi yksinään negatiivisilla jännitteillä (Mg^{2+} tukkii kanavan)

Post-synaptisessa neuronissa on AMPA ja NMDA reseptoreita

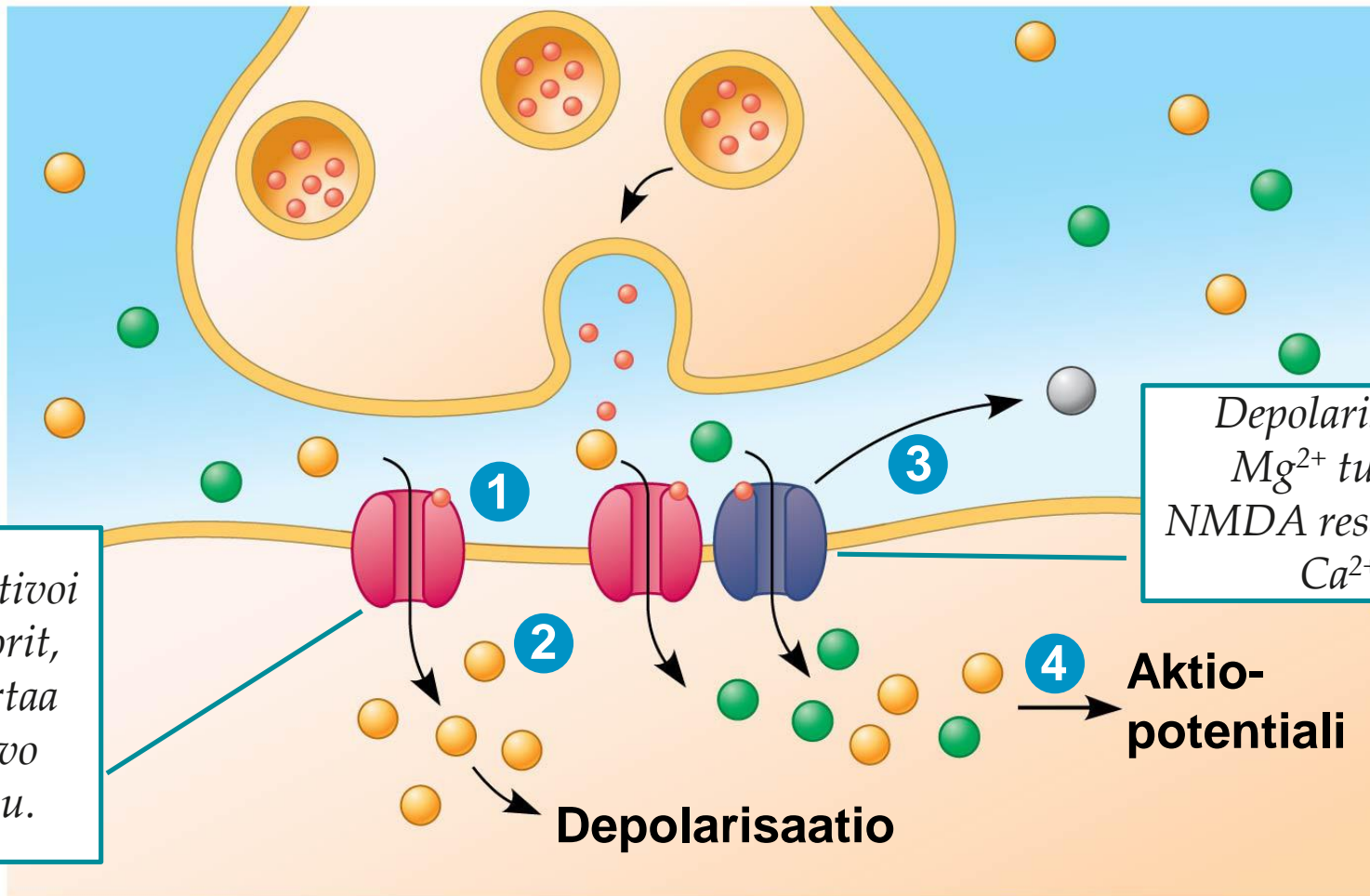
Synapsi ennen pitkäkestoista vahvistumista (LTP:tä)



Magnesiumin poisto poistaa Mg²⁺ tulpan, jolloin NMDA reseptori päästää Ca²⁺:n virtaamaan soluun.

Ca²⁺ saa AMPA reseptorit siirtymään solukalvolle

Glutamaatti aktivoi AMPA reseptorit, jolloin Na⁺ virtaa soluun ja kalvo depolarisoituu.



Depolarisaatio poistaa Mg²⁺ tulpan, jolloin NMDA reseptoreista virtaa Ca²⁺ soluun.

Depolarisaatio

**Aktio-
potentiali**

Kiitos!



UNIVERSITY OF
EASTERN FINLAND

uef.fi