

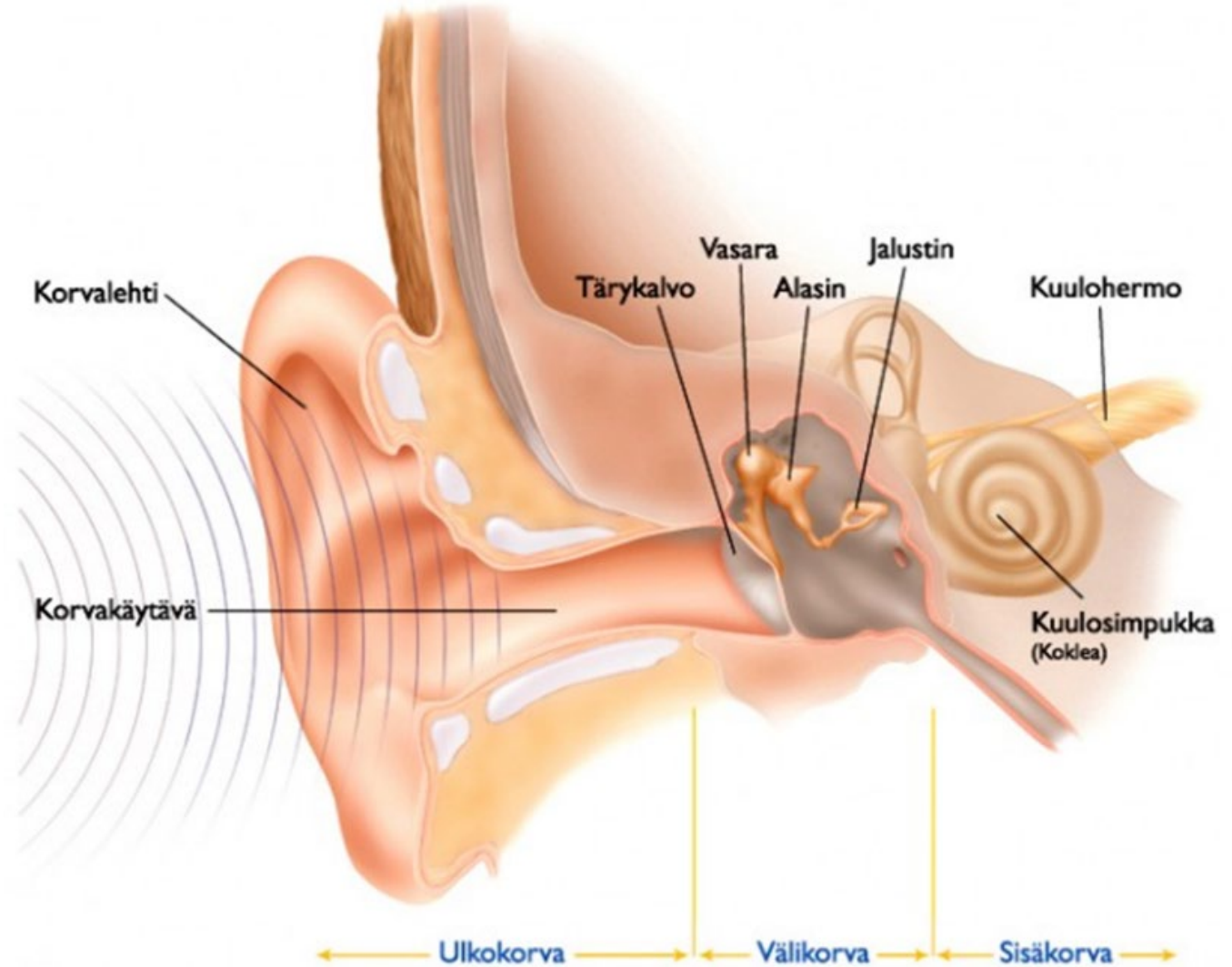
Aistit: Kuulo, näkö,
haju, maku

14.2.2023



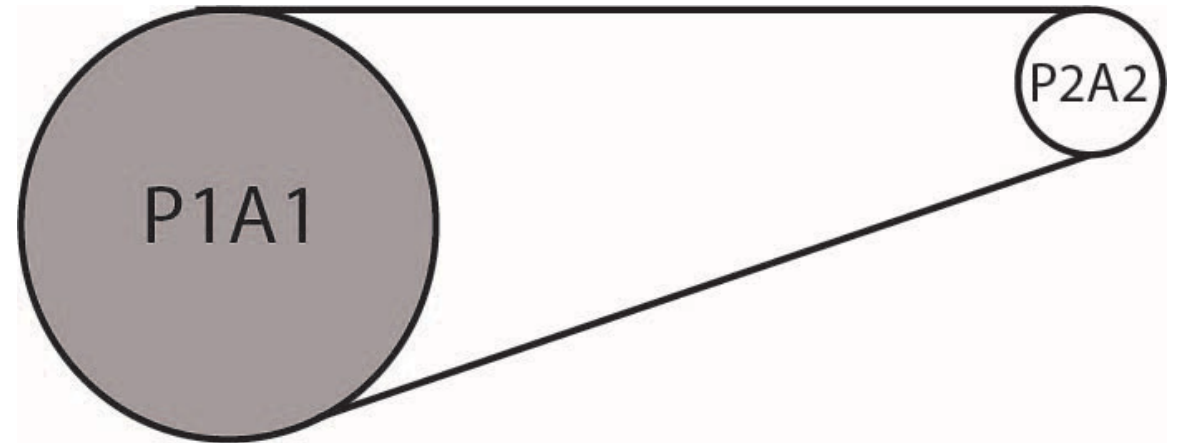
Kuuloaisti

- 20-20 000 Hz
- Reseptorit sisäkorvan simpukassa, jonne ääniaallot kulkevat ulko- ja välikorvan kautta
- Värähtelyn eteneminen:
Tärykalvo → välikorvan kolme kuuloluuta (vasara, alasin, jalustin) → soikea ikkuna sisäkorvan suulla → sisäkorvan simpukan neste → simpukan tyvikalvo → hermoimpulssit VIII aivohermossa aivorunkoon ja talamuksen kautta aivokuorella



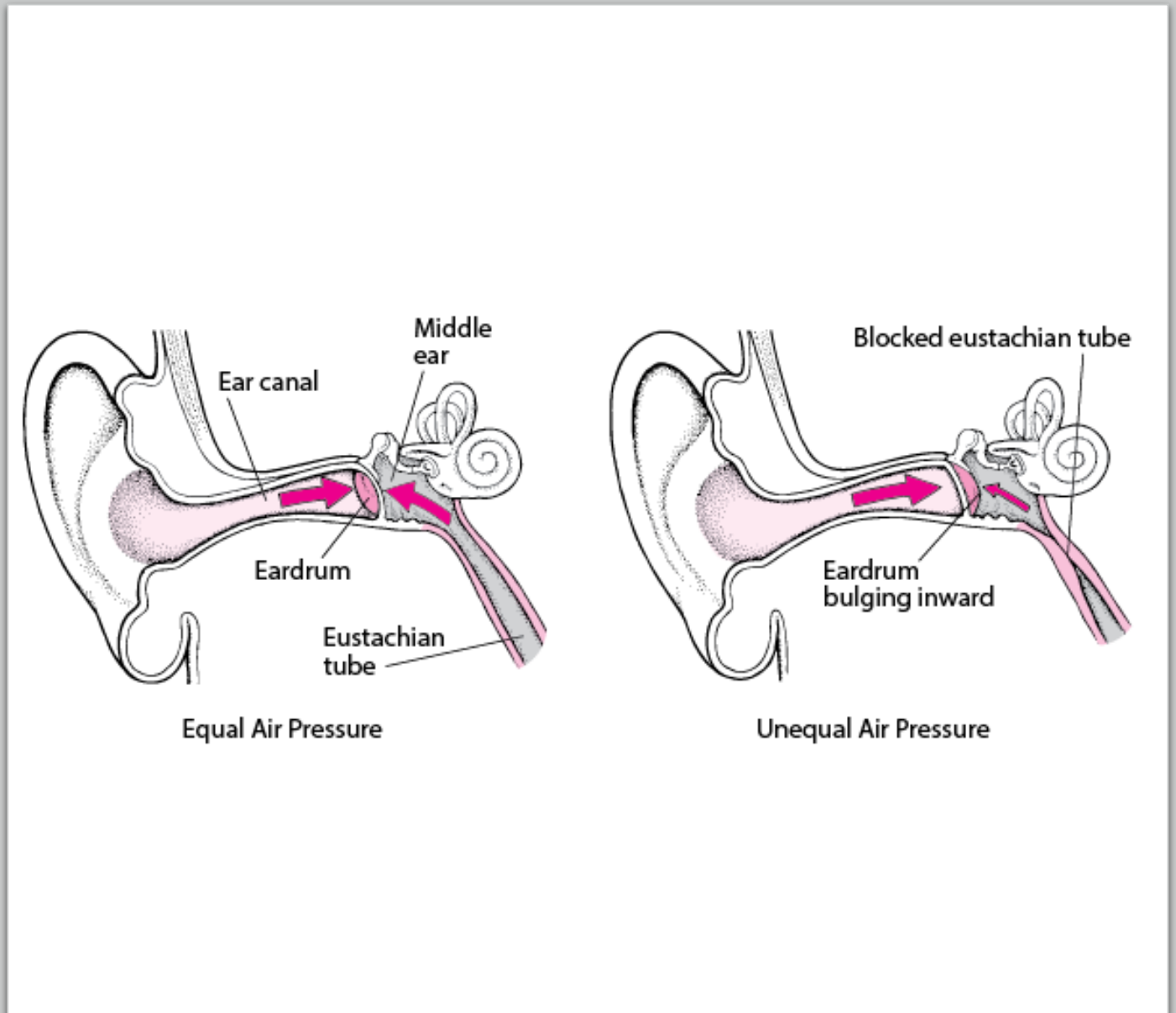
Ulko- ja välikorva keräävät ja vahvistavat ääntä

- Nesteen vastus \gg ilman vastus \rightarrow Tarvitaan suurempi äänenpaine, jotta ääni etenee nesteessä
- $P = F/A$
- Soikean (eteis-)ikkunan pinta-ala 3 mm^2 , tärykalvon $50 \text{ mm}^2 \rightarrow P_2 \approx 17 \times P_1$
- Vasara on $1.3 \times$ pidempi kuin alasin (vipuvarsi) $\rightarrow F$ kasvaa
- Tärykalvo liikkuu vähemmän keskellä, minne vasara kiinnittyy $\rightarrow F$ kasvaa



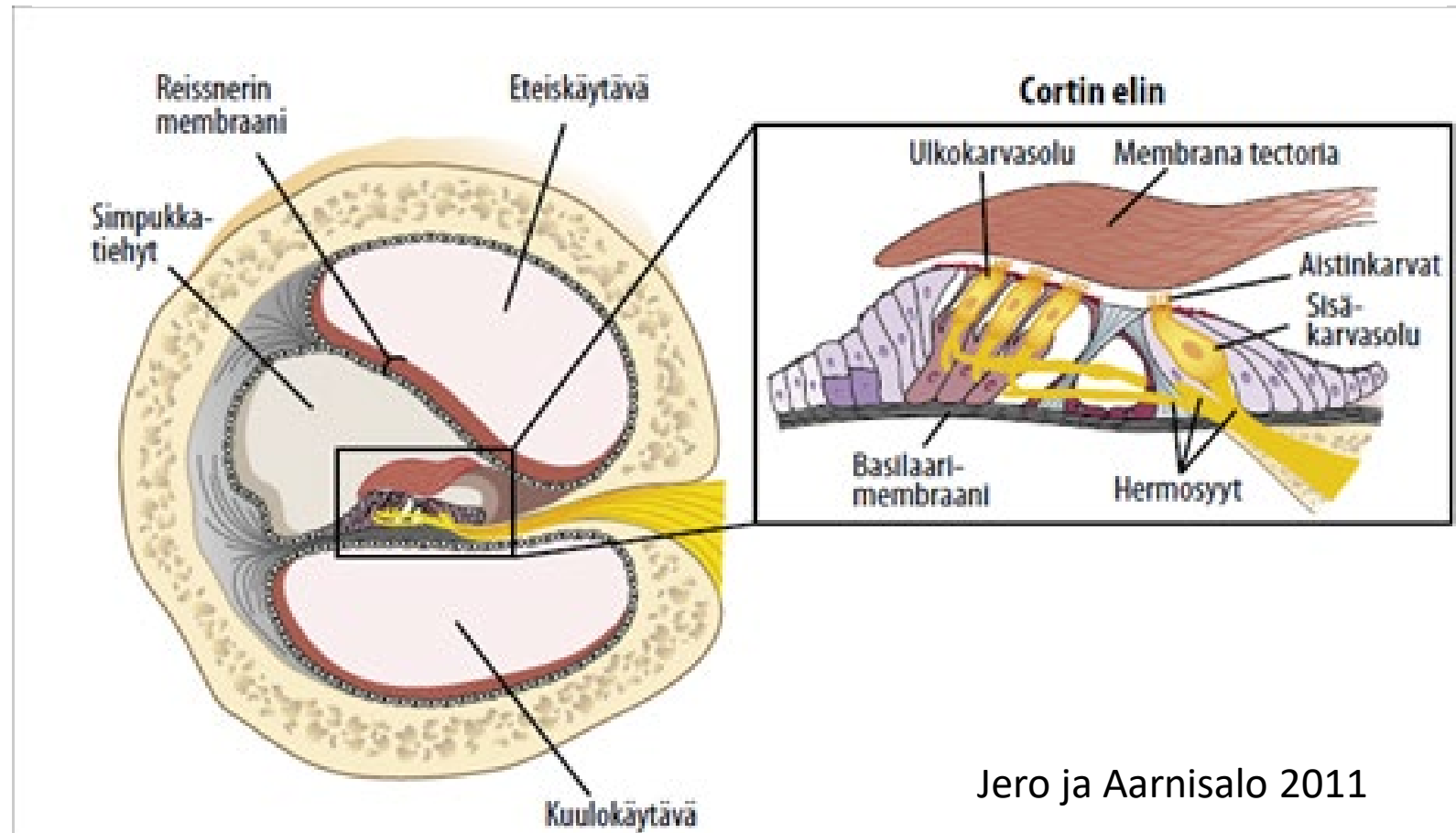
Korva “lukossa”

- Korvatorvi johtaa välikorvasta nieluun ja tasaa välikorvan painetta
- Paine-ero esim. korvatorven tukkeutuessa flunssassa johtaa tärykalvon ja kuuloluuketjun jäykistymiseen



Herkät kuuloreseptorit ovat sisäkorvassa

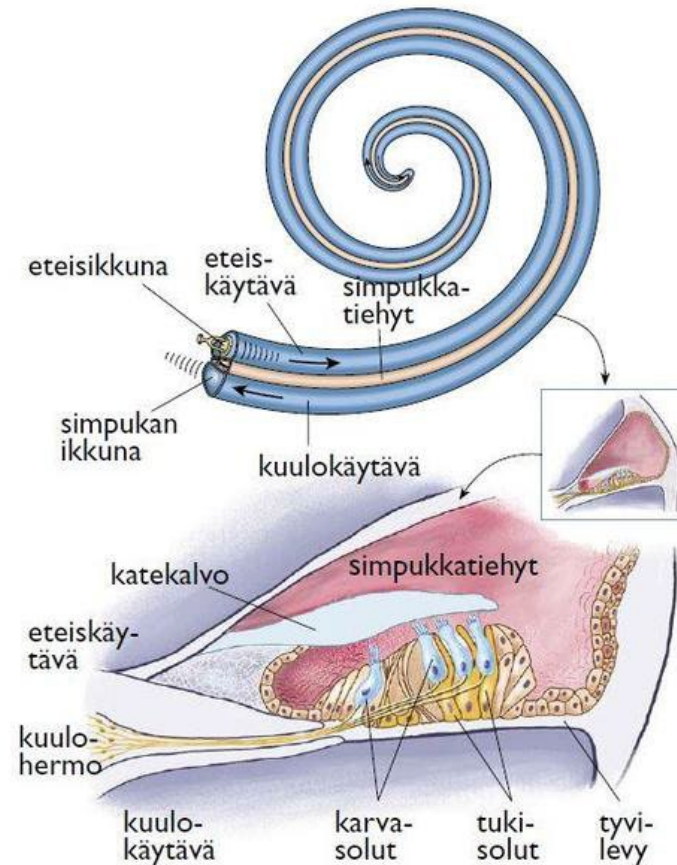
- Eteisikkunan värähtely → simpukan ulkonesteen (perilymfa) värähtely
- Eteis- ja kuulokäytävän välissä sisänesteen (endolymfan) täyttämä simpukkatiehyt
- Kuuloelin eli Cortin elin simpukkatiehyen ja kuulokäytävän välissä
- Ulkonesteen värähtely → tyvikalvo liikkuu



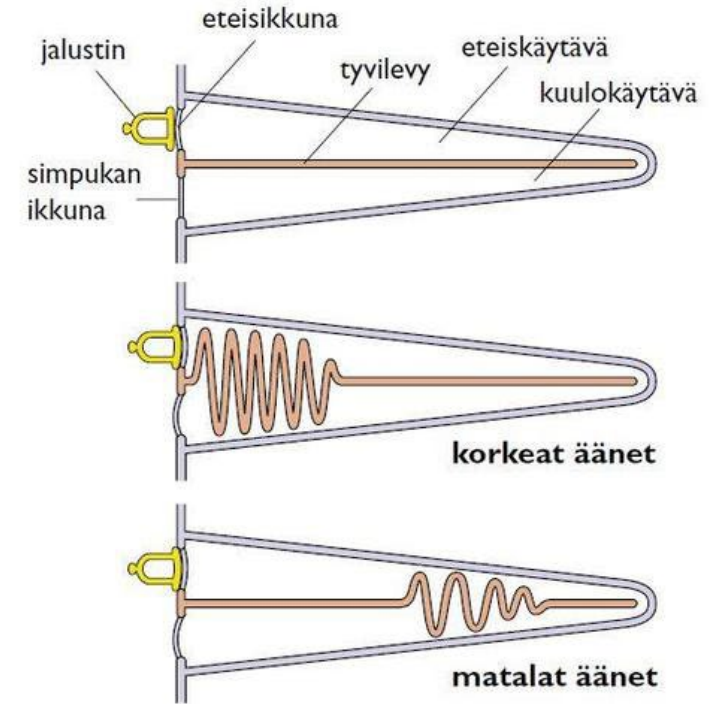
Äänen korkeuden koodaaminen: Paikka- ja aikateoriat

Simpukan käytävien poikkileikkaus

- Korkeat äänet aistitaan simpukan tyvessä ja matalat simpukan kärjessä → paikkateoria (esim. Helmholtz, 1863)
- Myös hermosolujen värähtelynopeus seuraa äänenkorkeutta 4000 Hz saakka

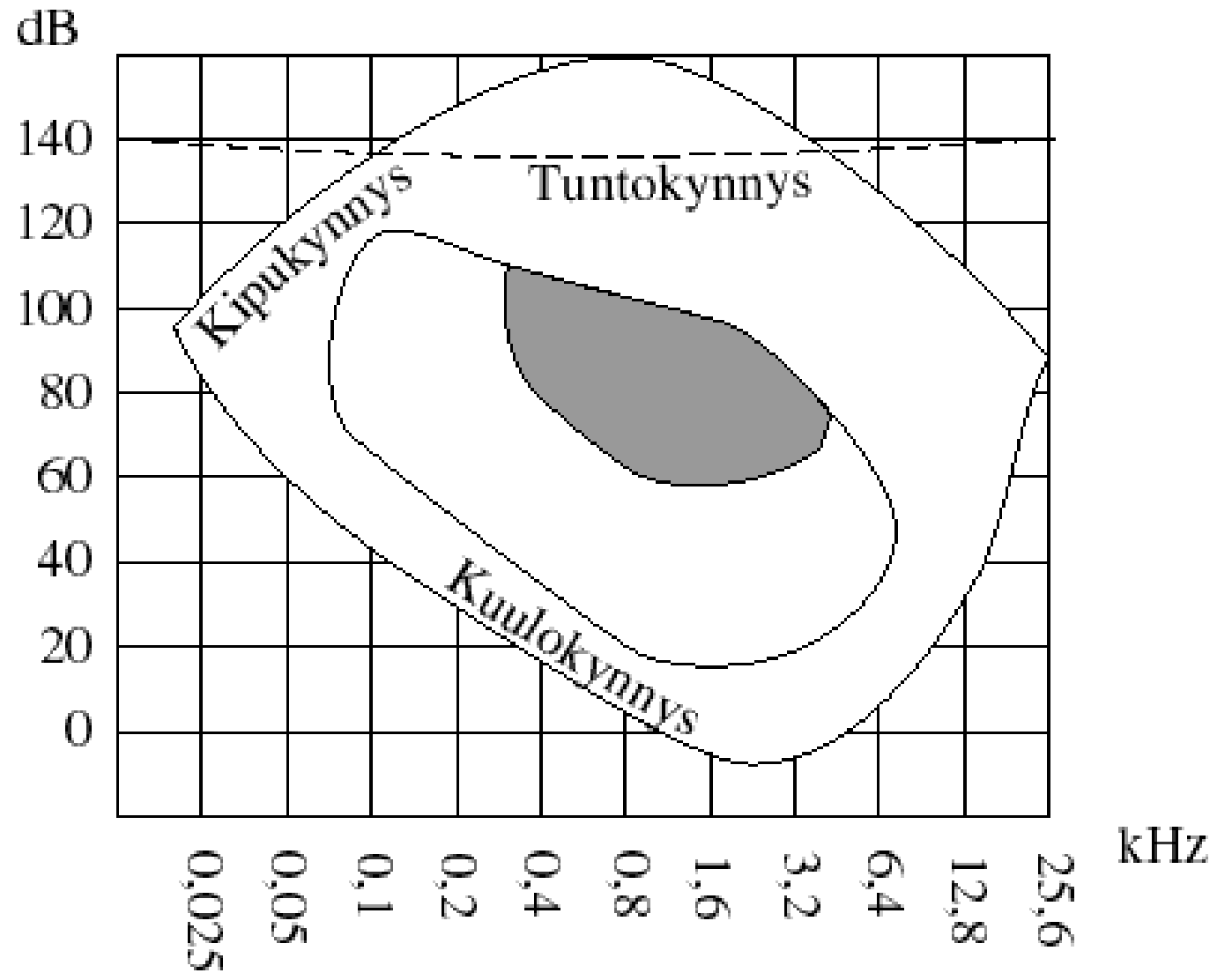


Simpukan toiminta

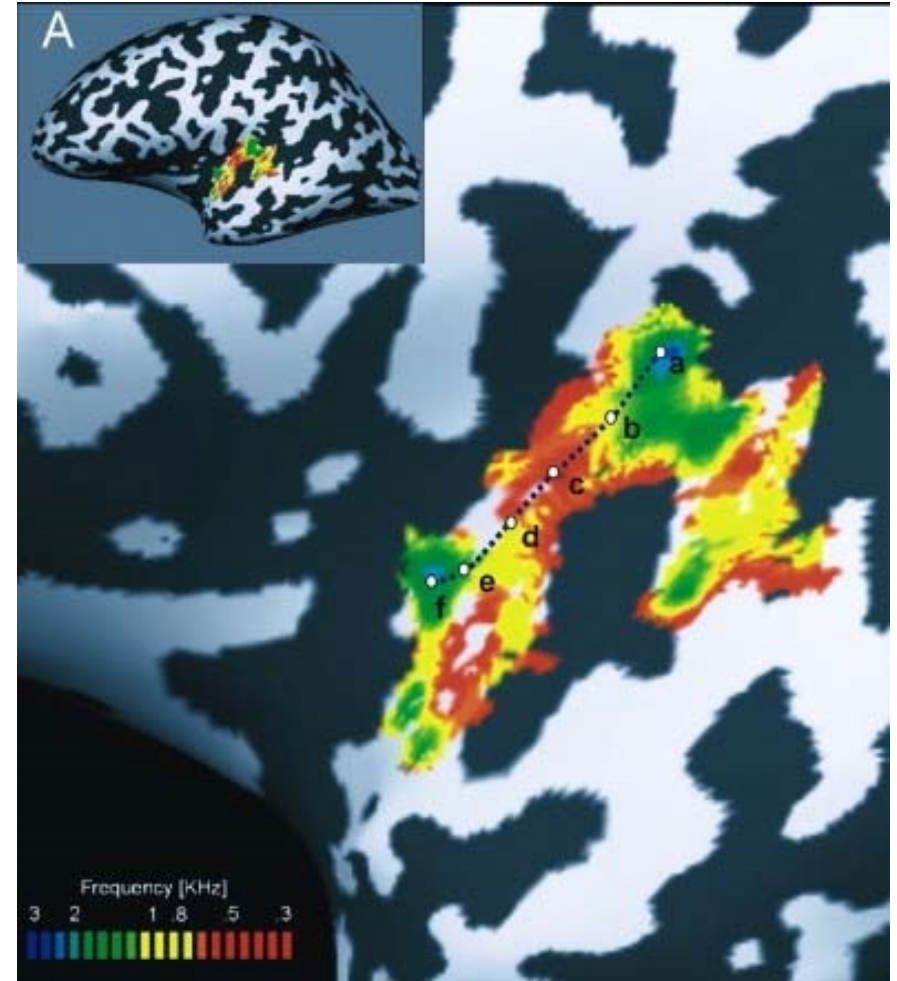
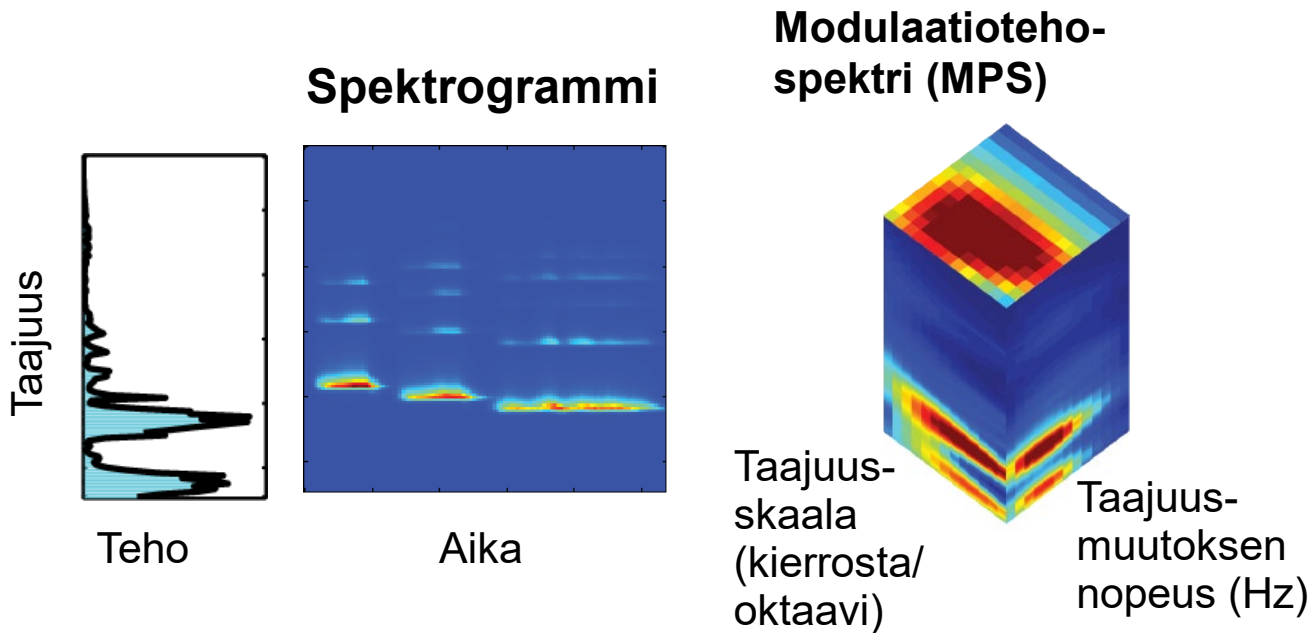


Ihmisen kuuloalue

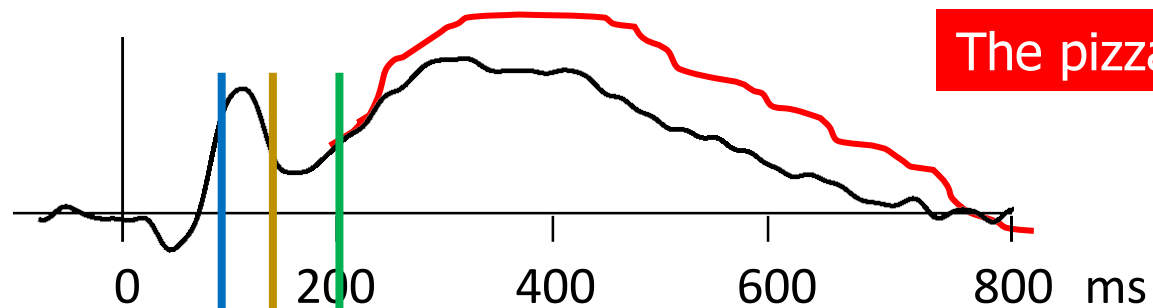
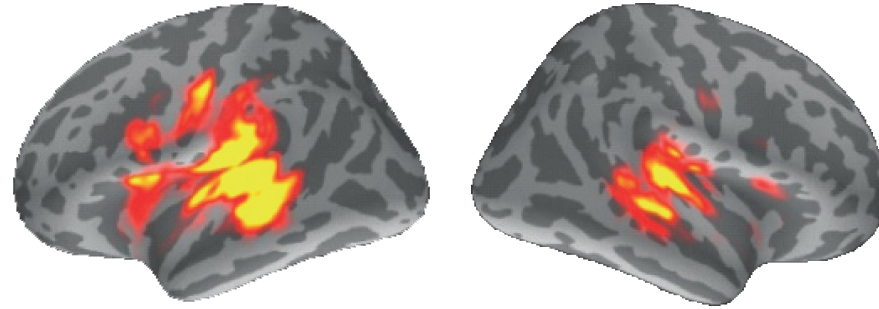
- N.1500 kuuloreseptori-solua/korva
- Herkkiä melulle
- Ikäkuulo



Äänten akustinen analysointi jatkuu kuulohermossa ja kuuloaivokuorella



Puheen havainnointi ajassa

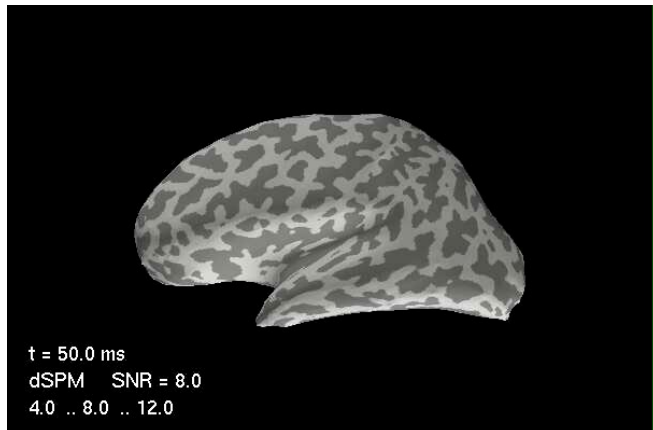


The pizza was too hot to SING.

Sanan merkitys

Äänne-erottelu

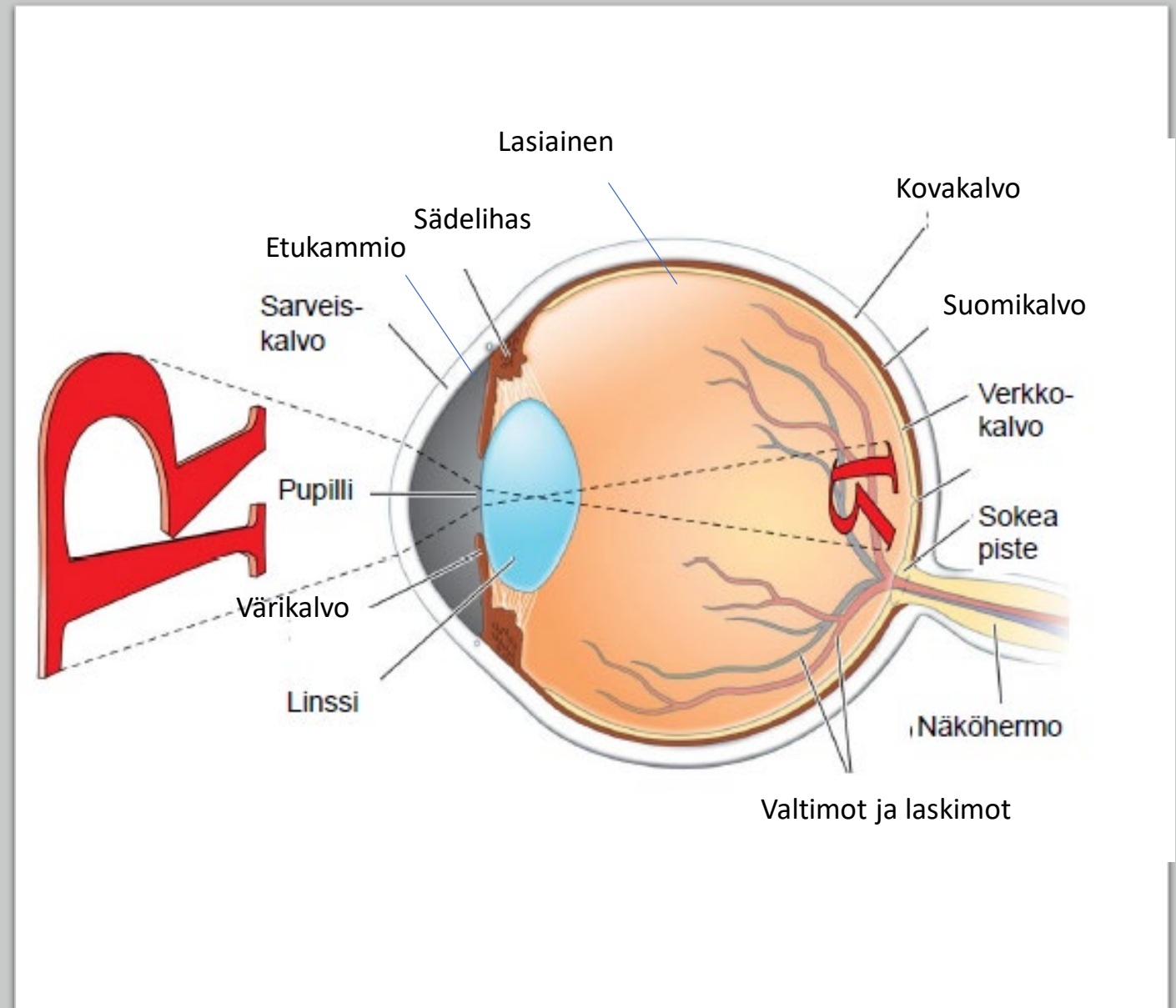
Akustiikka



Salmelin 2007
Uusvuori ym. 2008
Helenius ym. 2002
Näätänen ym. 1997

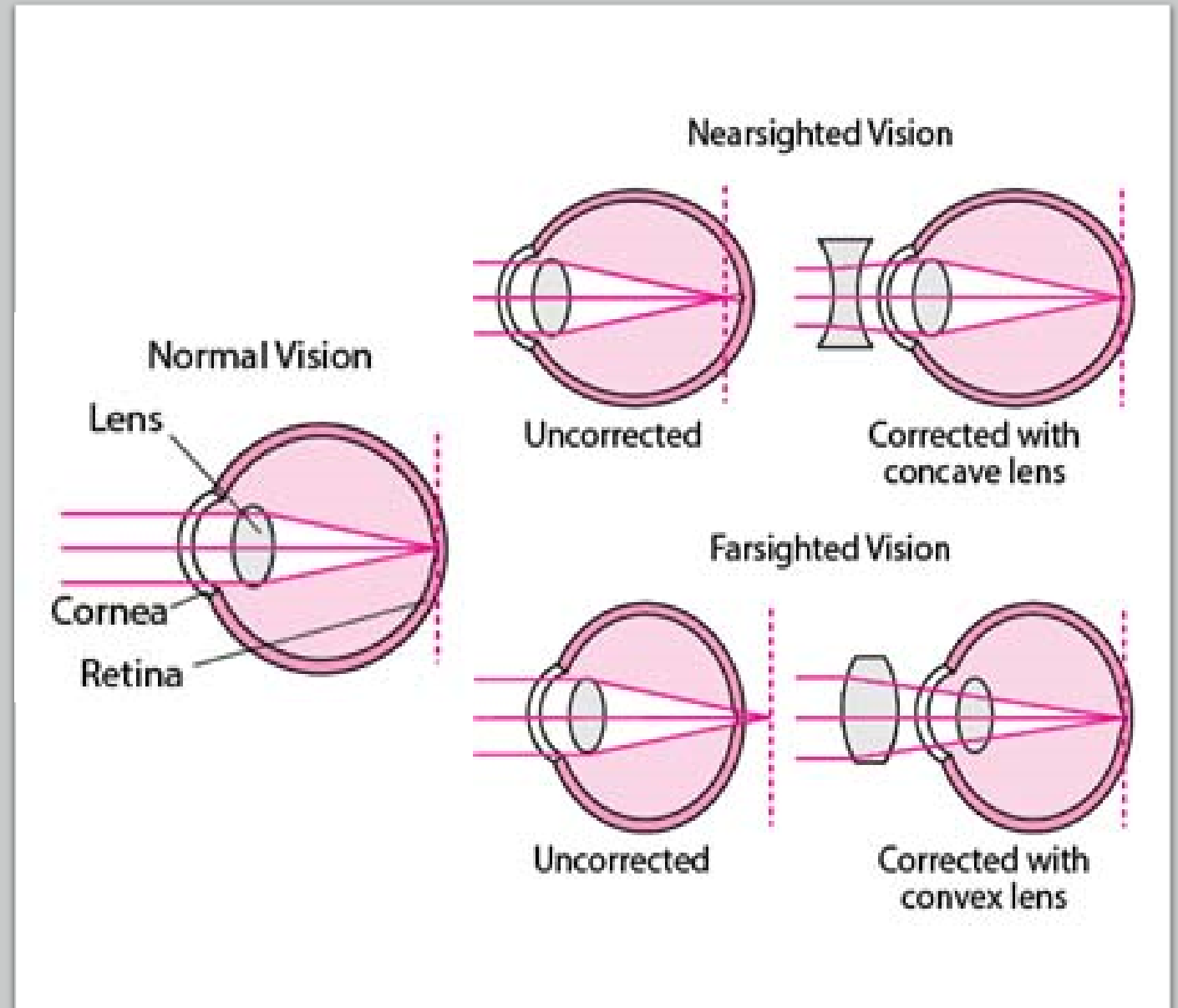
Näköaisti

- Valo taittuu silmän sarveiskalvon, etukammion, linssin ja lasiaisen läpi verkkokalvolle, jossa reseptorisolut sijaitsevat ja lähettävät hermoimpulsseja näköhermoa pitkin näköaivokuorelle



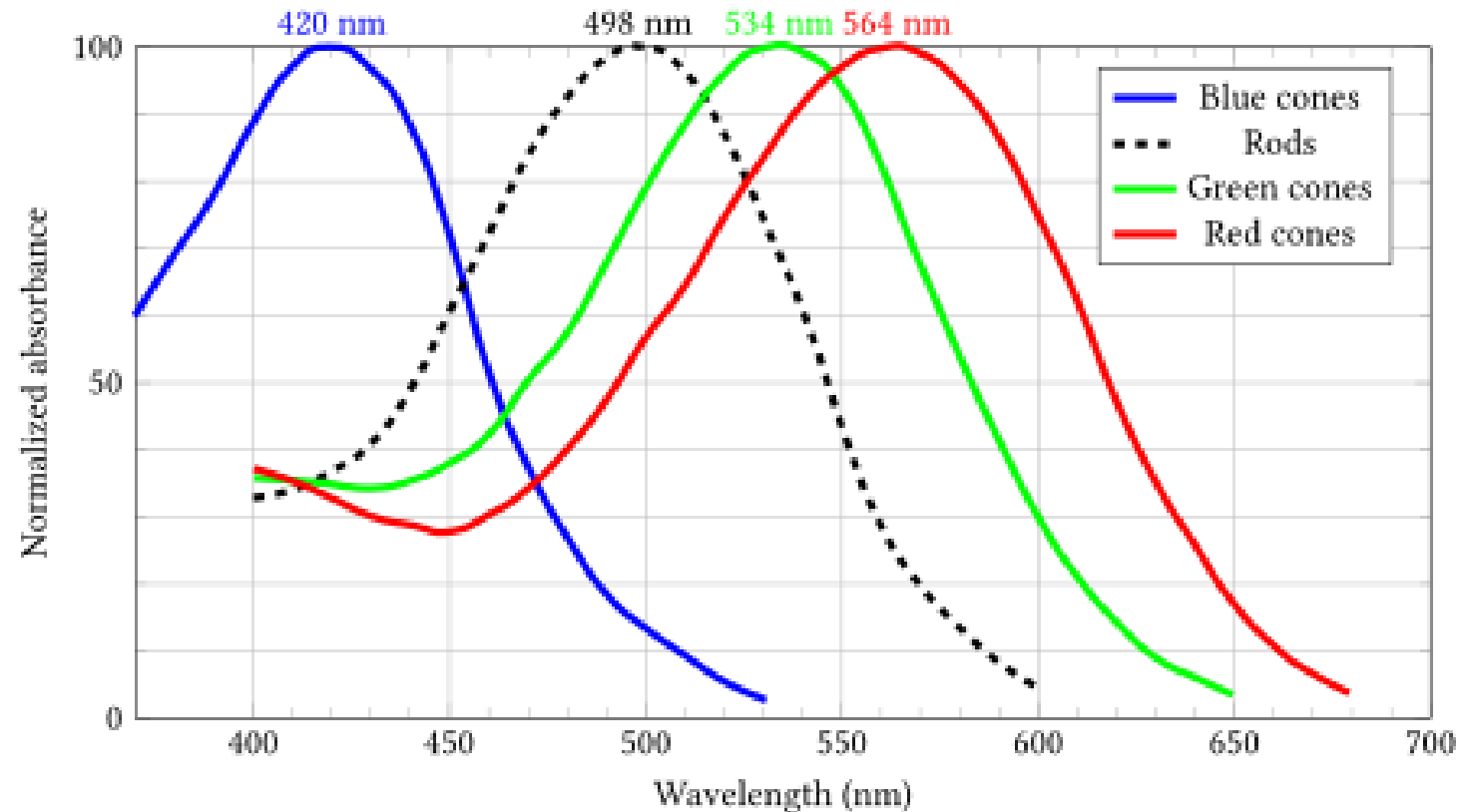
Silmän optiikan rooli kuvanmuodostuksessa

- Valonmäärää säätelevät värikalvossa sij. pupillin kuroja- ja laajentajalihakset
- Valon taittumista säätelee sädelihas linssin taitto-ominaisuuksia muuttamalla
- ✓ akkomodaatio = sädelihas supistuu/veltostuu lähelle/kauas katsottaessa
- ✓ Myopia
- ✓ hyperopia
- Sarveiskalvo ja linssi verisuonettomia



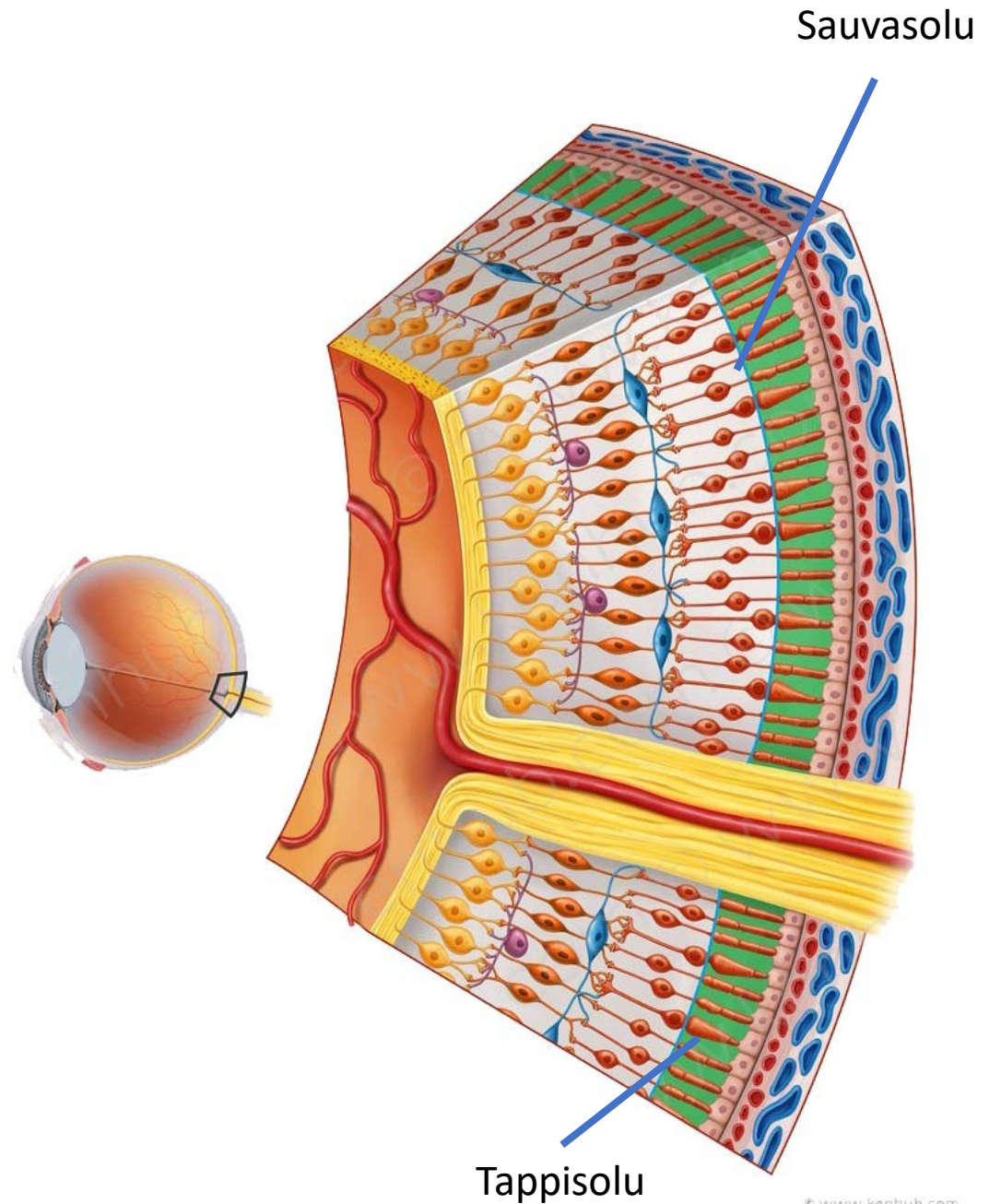
Verkkokalvon rakenne ja toiminta

- Ihmisen verkkokalvon fotoreseptorit herkkiä näkyvälle valolle (n. 400-700 nm)
- Verkkokalvossa fotoreseptorien lisäksi muita hermosoluja ja tukisoluja → näköinformaatio muokkautuu jo verkkokalvossa



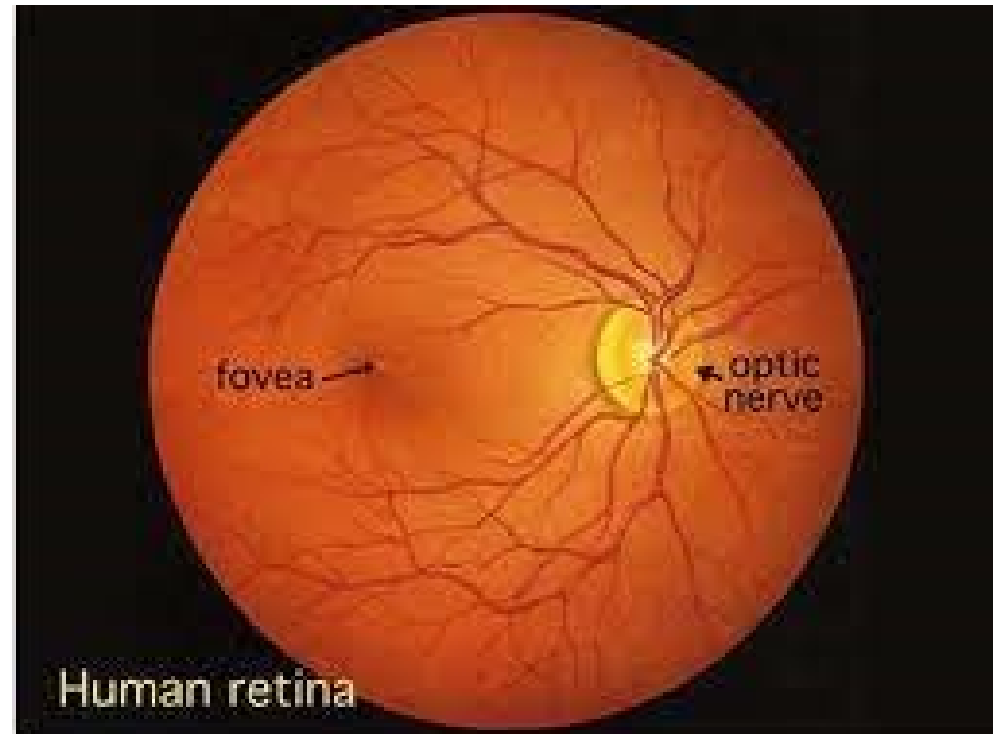
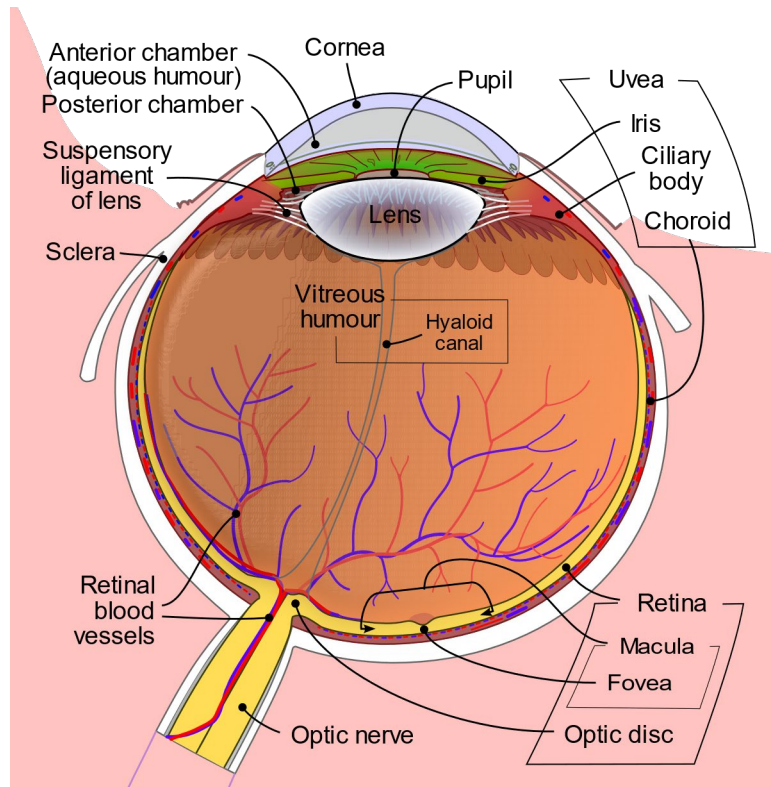
Sauva- ja tappisolut

- Kummassakin silmässä n. 125 milj. sauvasolua
- ✓ Hämäränäkö: n. 5 ftonia riittää näköhavaintoon
- Tappisoluja n. 5 milj. per silmä
- ✓ Väriäkö
- Verkkokalvossa pohjimmaisina



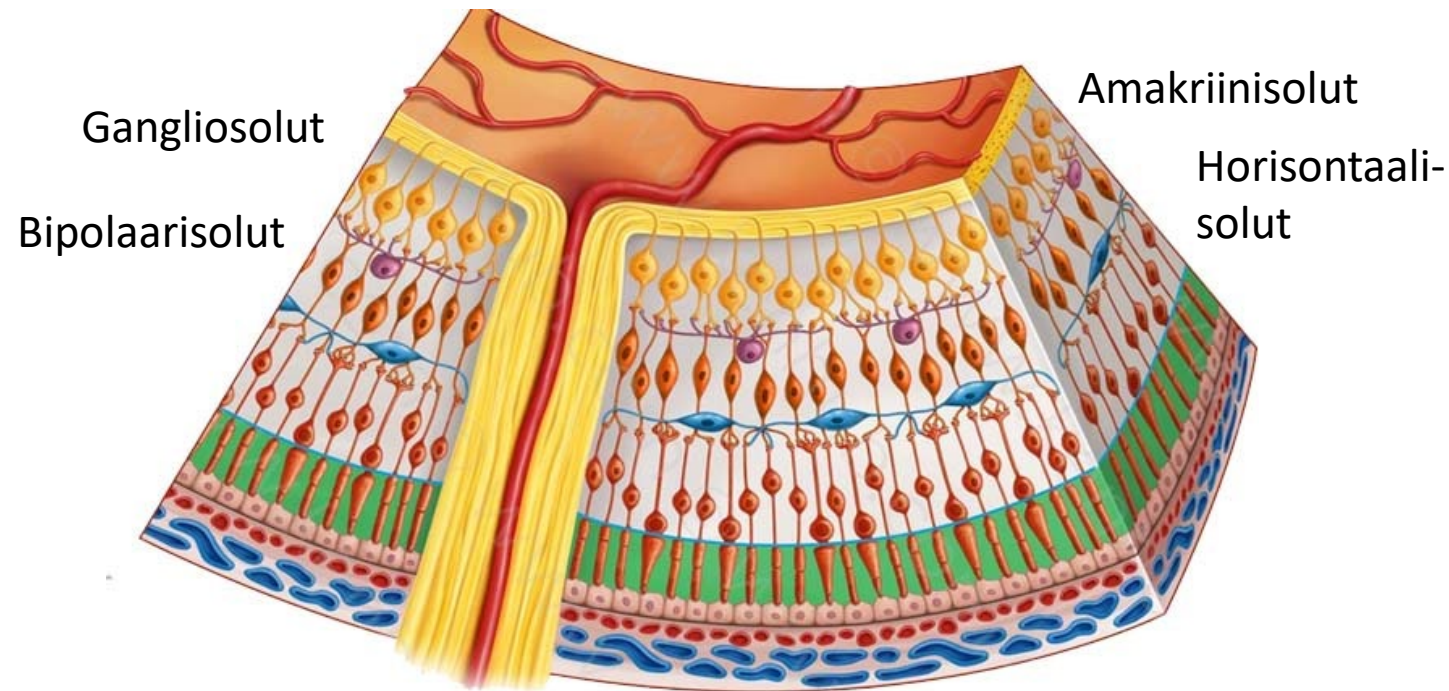
Tarkan näkemisen alueella on runsaasti tappeja

- Keltatäplä eli makula
- Verkkokalvon keskikuoppa eli fovea
- Näköhermon nysty: ei reseptorisoluja, ns. 'sokea piste'



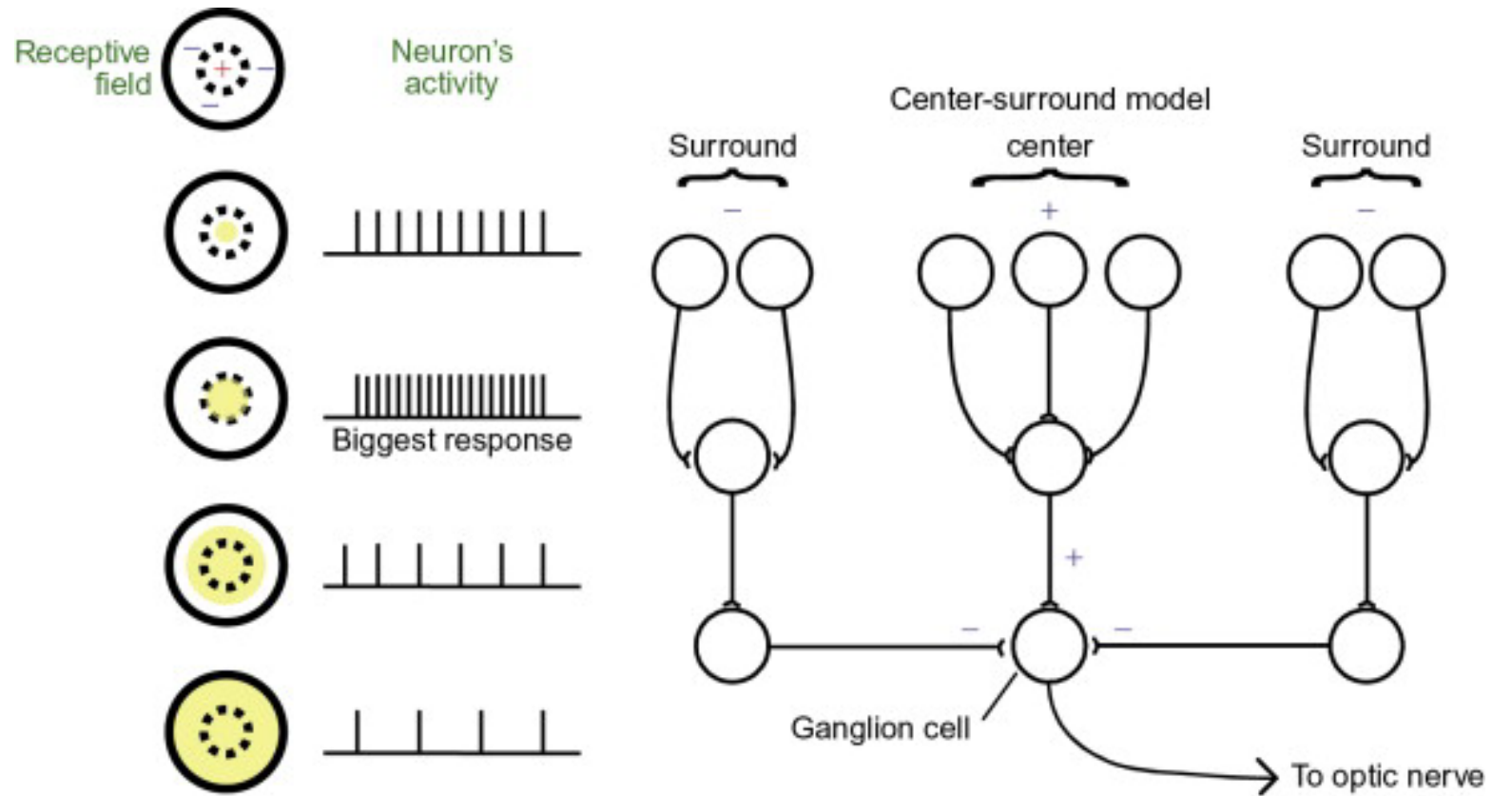
Valo aiheuttaa fotoreseptoreissa väriaineiden kemiallisen muutoksen

- Sauvojen väriaine näköpurppura (rodopsiini)
- Tapeissa kolmenlaisia pigmenttejä (sin, vihr, pun)
- Väriaineiden muutos johtaa hyperpolarisaatioon
- Kolme näköradan ensimmäistä neuronit sijaitsee verkkokalvossa: sauva/tappi → bipolaarisolu → gangliosolu
- Lisäksi amakriini- ja horisontaalisoluja



Gangliosolujen reseptiiviset kentät tehostavat kontrastien havaitsemista

- Solun reseptiivisen kentän ON-keskusta ja OFF-ympäristö aiheuttaa maksimaalisen vasteen, kun se aistii valon ja varjon rajaa





Gage ja Barns, 2018

Hämärä- ja valoadaptaatio

Hämärässä

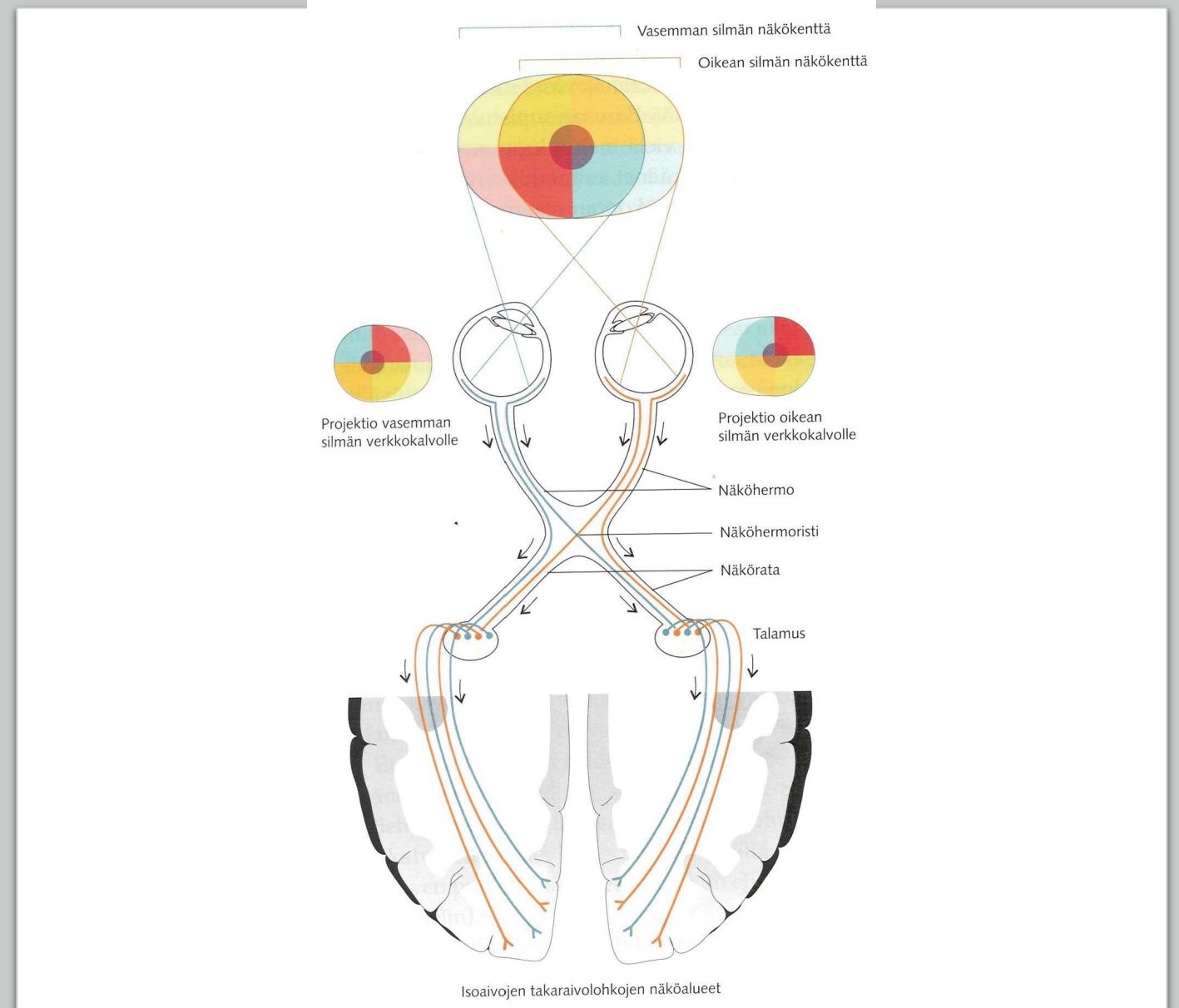
- ✓ Mustuainen suurenee
- ✓ Rodopsiini ja muut näköpigmentit muodostuvat uudelleen (> 5-10 min)
- ✓ Horisontaalisolujen avulla kerätään impulsseja isommasta sauvajoukosta

Kirkkaassa valossa

- ✓ Mustuainen pienenee
- ✓ Näköpigmentti hajoaa nopeasti

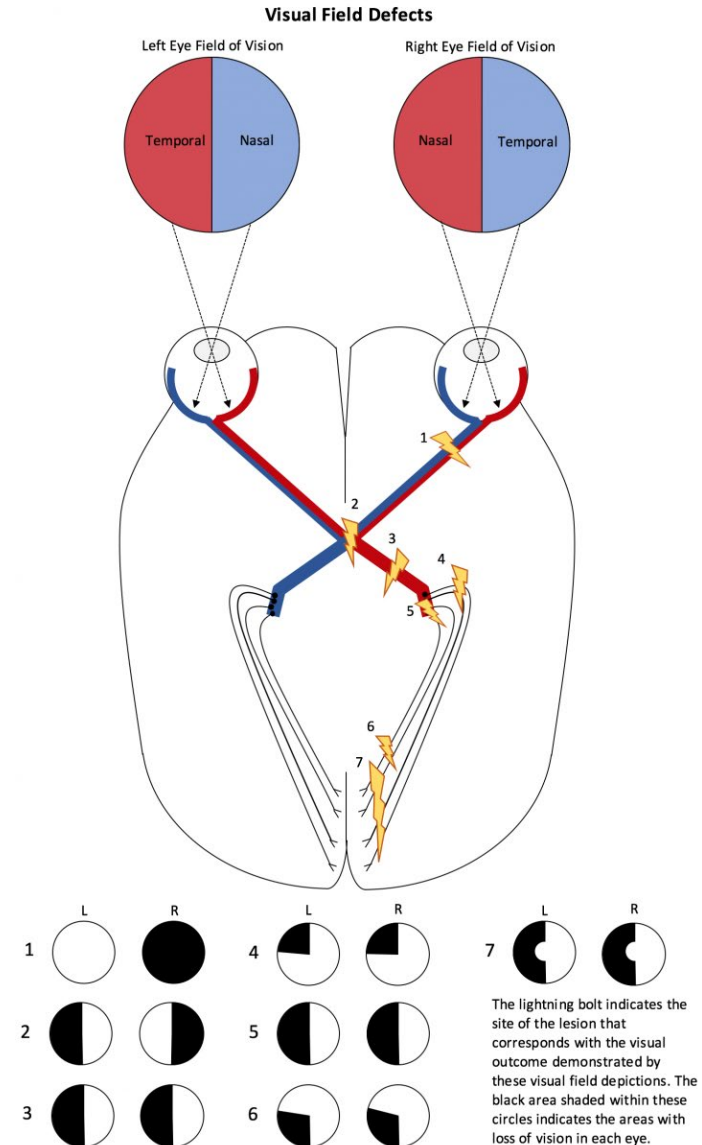
Näkörata

- Näköhermot risteävät näköhermoristissä (optinen kiasma)
- 4. solu talamuksesta näköaivokuorelle
- Vasen isoaiivopuolisko saa tietoa vain oikeasta näkökentästä: eri näkökentän puolista saatu tieto yhdistetään myöhemmin



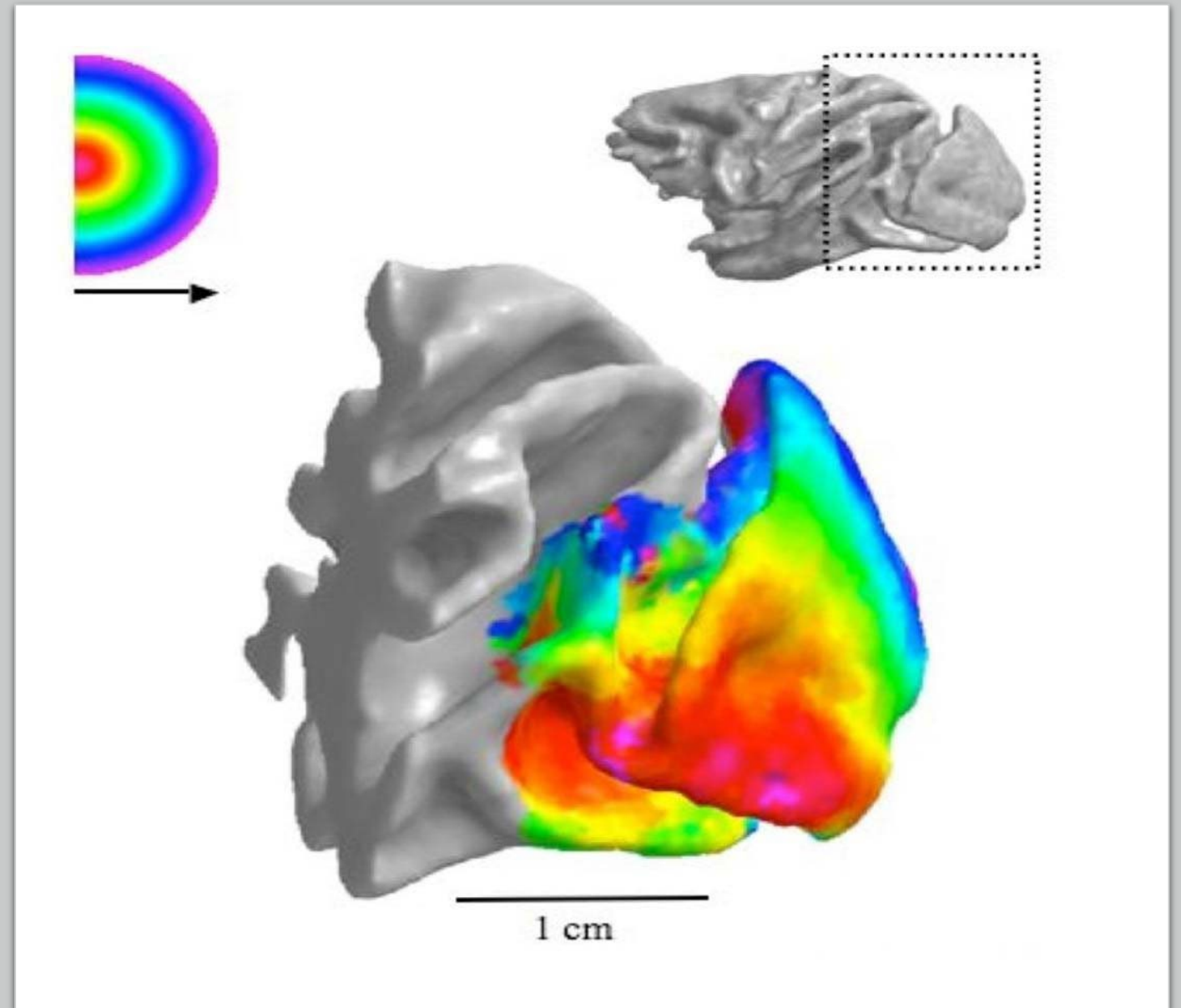
Näkörata

- Näköhermot risteävät näköhermoristissä (optinen kiasma)
- 4. solu talamuksesta näköaivokuorelle
- Vasen isoaiivopuolisko saa tietoa vain oikeasta näkökentästä: eri näkökentän puolista saatu tieto yhdistetään myöhemmin



Näköaivokuori

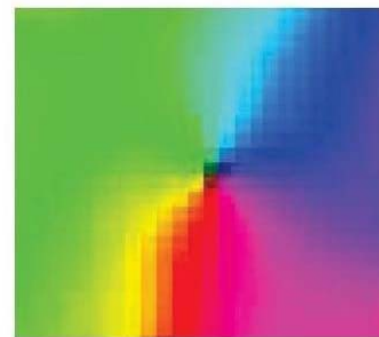
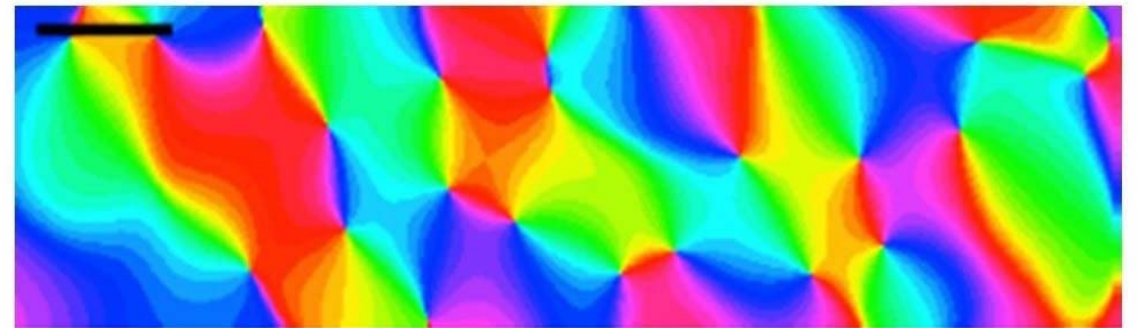
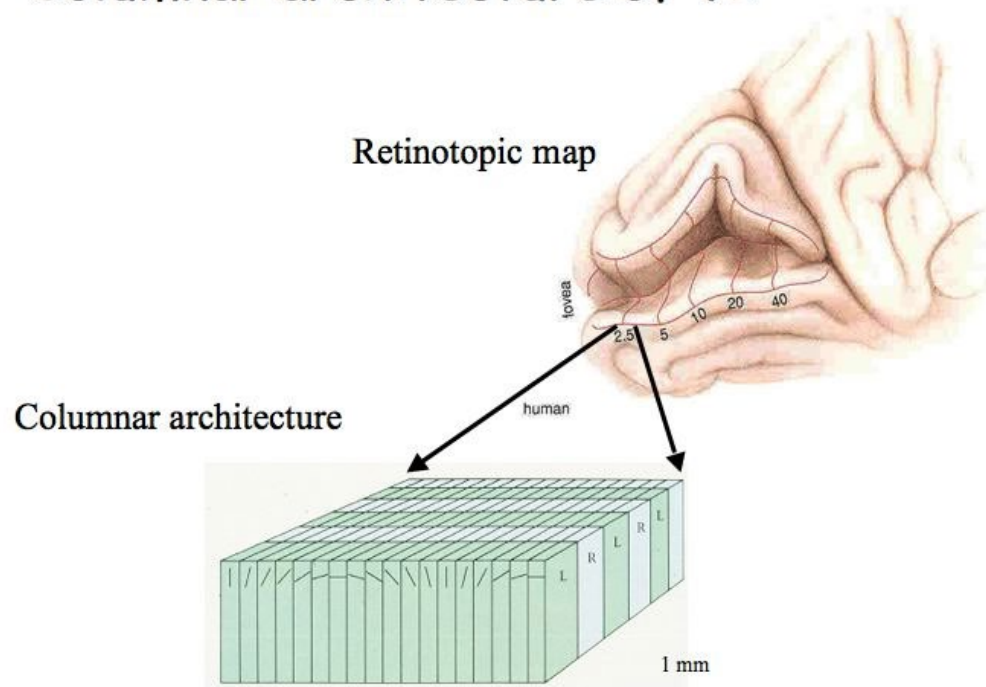
- Reseptiiviset kentät ja informaationkäsittely monimutkaistuu
- Retinotopia: Vierekkäiset pisteet näkökentässä projisoituvat vierekkäisille alueille aivokuorella



Näköaivokuori

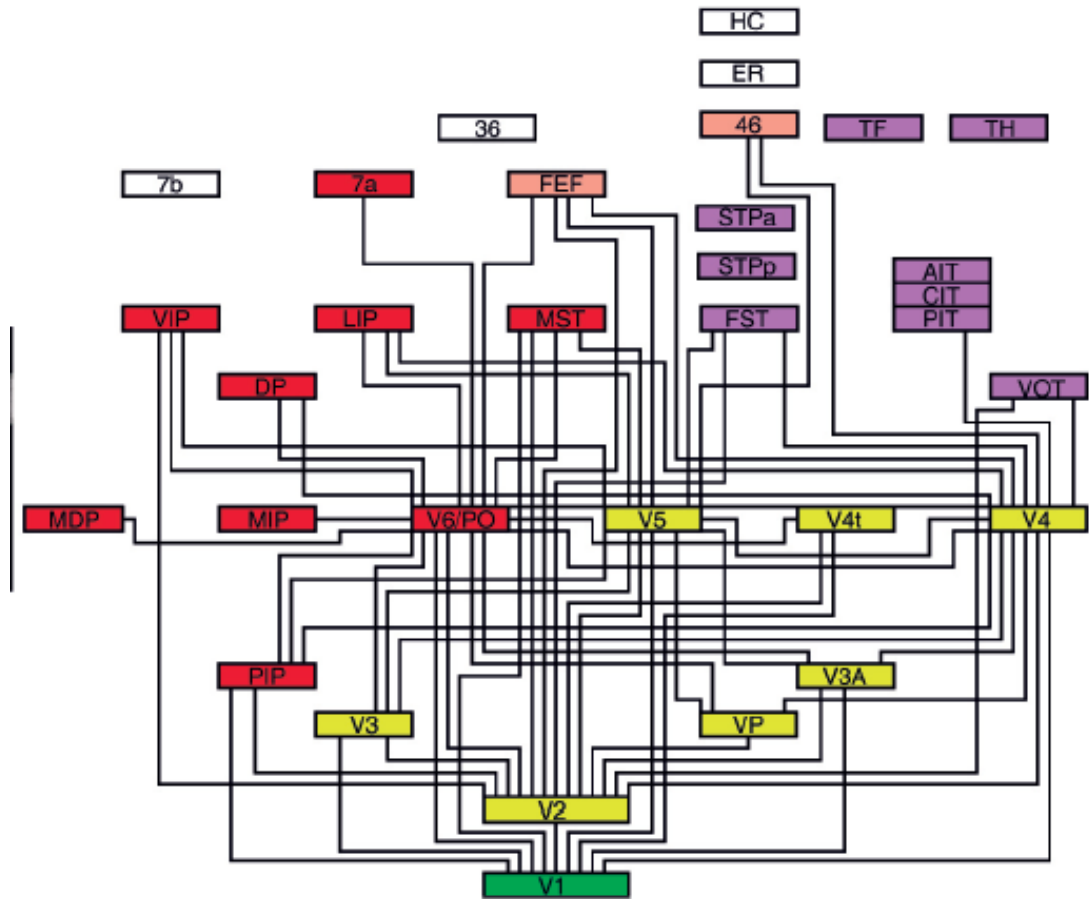
- Orientaatioselektiivisyys
- Okulaariset kolumnit: silmien edustusalueet vuorottelevat aivokuorella

Columnar architecture of V1



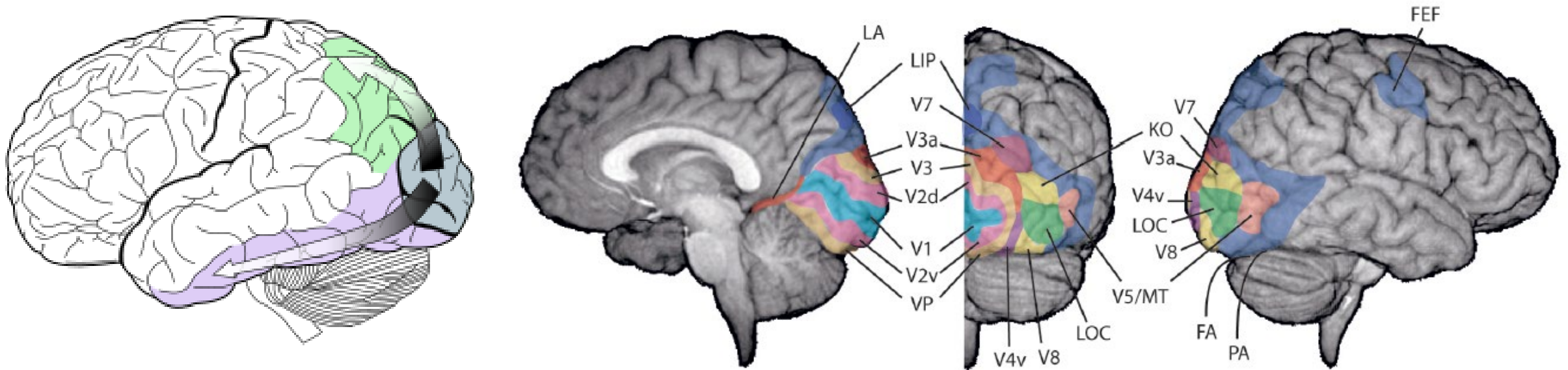
Näköjärjestelmä aivokuorella on pitkälle erikoistunut

- Esimerkiksi apinoilla esitetty olevan 10 hierarkista käsittelytasoa



Näköjärjestelmä
aivokuorella on
pitkälle erikoistunut

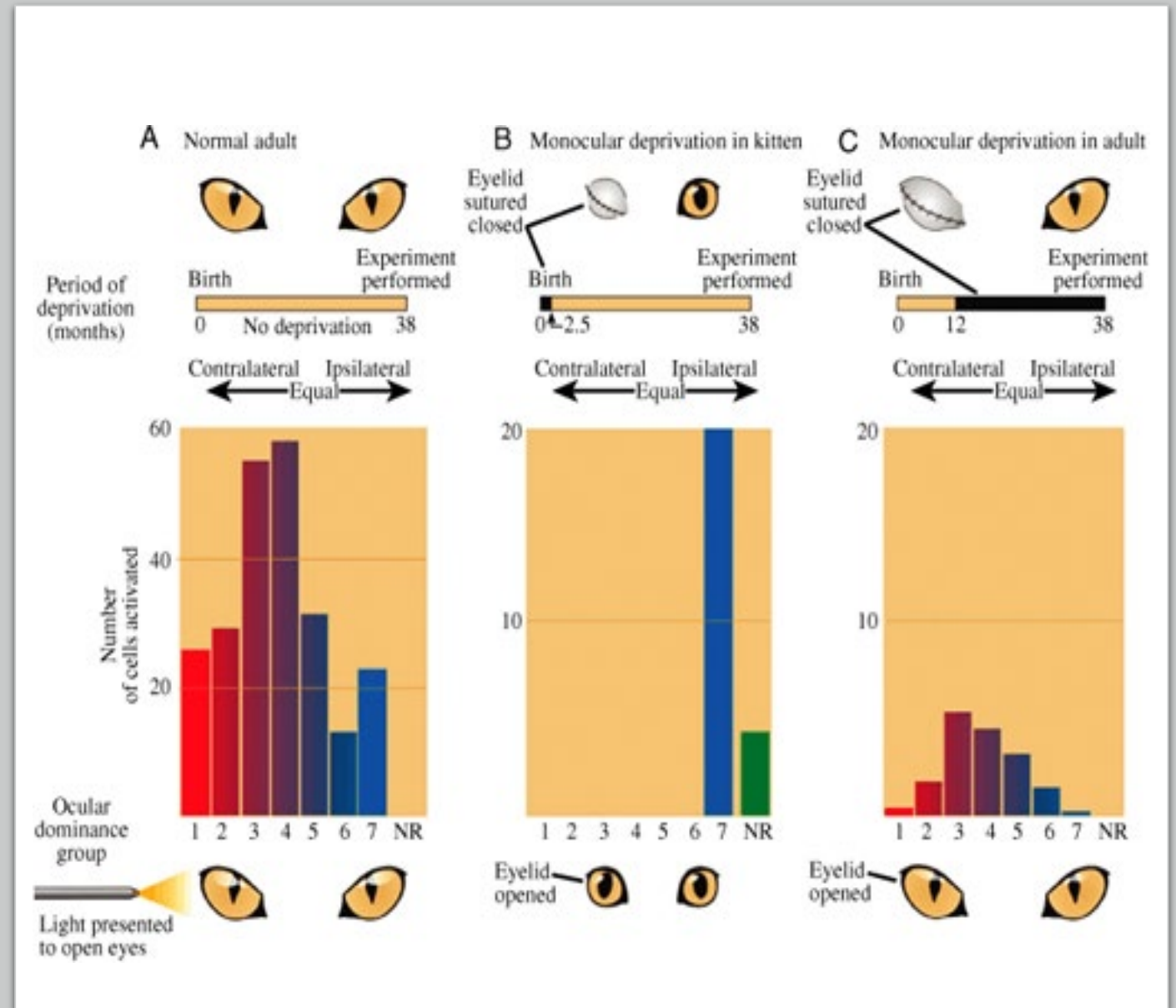
- “Mitä”- ja “missä”-radat
- Esim. värien hahmottamiseen, liikkeen tunnistamiseen, kasvojen tunnistamiseen erikoistuneet näköaivokuoren alueet



Wikipedia, Vanni 2004

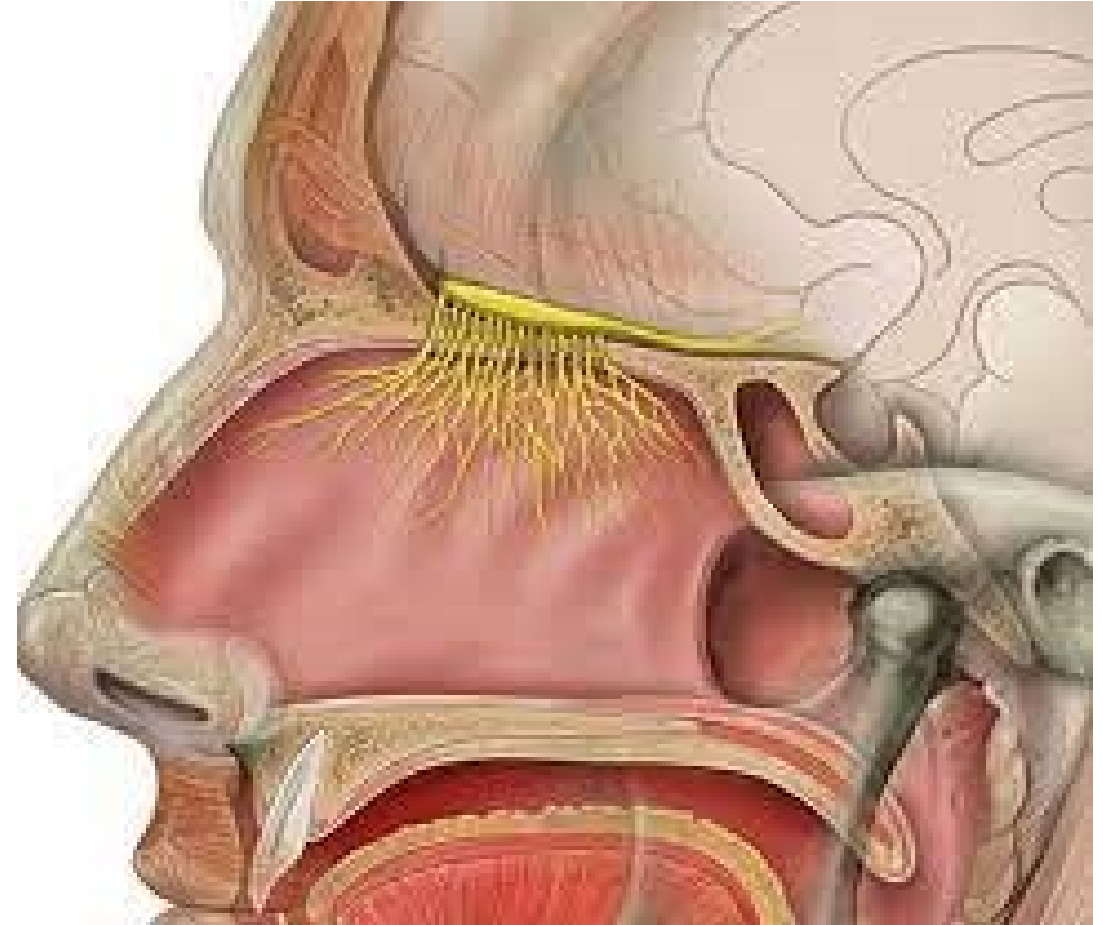
Näköjärjestelmän kriittiset ajankohdat

- Wiesel ja Hubel, Nobelin palkinto 1981
- Karsastuksen hoito lapsena

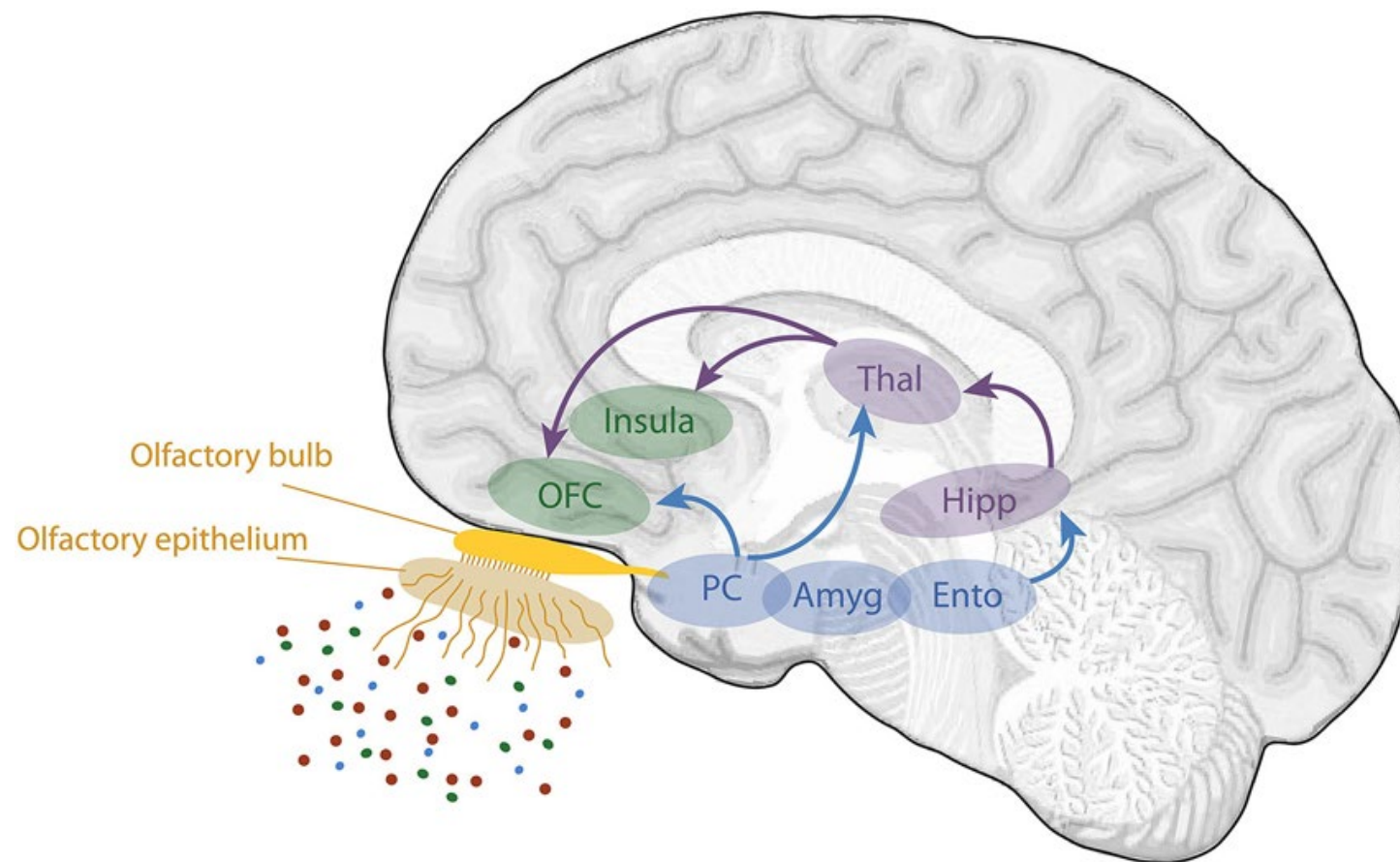


Hajuaisti

- Hermosolut toimivat värekarvareseptoreina
- Yltävät nenäontelon yläosan limakalvolta seulaluun läpi isoaivojen hajukäämiin
- Ihmisellä hyvä: jopa miljardi erilaista hajua eroteltavissa (Bushdid ym. 2014)!
- ~ 1000 geeniä koodaa hajureseptoreita (Buck ja Axel, 1991)

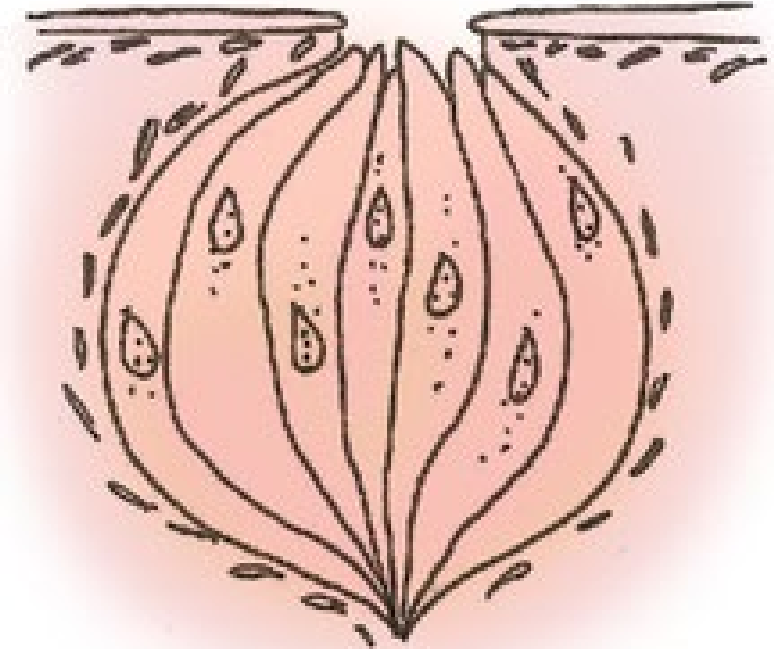


- Hajutieto välittyy hajuhermoa pitkin hajukäämistä suoraan aivokuorelle (ei talamuksen kautta)
- Laajat anatomiset yhteydet muistin ja tunne-elämän aivoalueille
- Nopea adaptaatio hajuille



Makuaisti

- Reseptorisoluja kielessä, suuontelossa, nielun ja kurkunpään seinämissä
- Makea, suolainen, hapan, karvas, umami
- Makusilmuissa makusolut, jotka uusiutuvat koko elämän
- Sylkeen liunneet aineet reagoivat makusolujen kanssa → VII, IX, X aivohermot
- Aivoissa edustusalue tuntoaivokuorella



Wikipedia

Makuaisti

- Reseptorisoluja kielessä, suuontelossa, nielun ja kurkunpään seinämissä
- Makea, suolainen, hapana, karvas, umami
- Makusilmuissa makusolut, jotka uusiutuvat koko elämän
- Sylkeen liunneet aineet reagoivat makusolujen kanssa → VII, IX, X aivohermot
- Aivoissa edustusalue tuntoaivokuorella

