



Miksi emme näe

Ihminen havaitsee sähkömagneettisen säteilyn aallonpituuksista vain kaistaleen, jota kutsumme näkyväksi valoksi. *Science*-lehdessä kesäkuussa julkaistu tutkimus antaa uutta tietoa siitä, miksi silmä on niin rajoittunut.

TEKSTI MIKKO SUOMINEN

Viime vuosina tähtiharrastajat ovat muokanneet digikameroitaan poistamalla niistä infrapunasuotimen. Entistä laajempi spektri-alue paljastaa taivaalta uusia yksityiskohtia ja antaa samassa ajassa enemmän valovoimaa.

Hubble-avaruusteleskooppiakin sai viimeisessä huollossaan entistä paremmat infrapunahavaintolaitteet. Sen seuraajaksi valmisteilla oleva James Webb -kaukoputki toimii kokonaan infrapunassa.

Herää kysymys, miksei ihmissilmä näe infrapunaa?

Tarkemmin tarkasteltuna kysymys on laajempi, sillä se koskee myös eläinkuntaa. Tois-
taiseksi ei ole tiedossa lajia, joka pystyisi näkemään infrapunaa aallonpituuksia.



infrapunassa?

Näköalueen toisen pään rajoittuneisuus on ehkä paremmin ymmärrettävissä: evoluutio ei liene suosinut silmien kehityksessä ultraviolettisäteiden aallonpituuksien hyödyntämistä, koska UV-säteily on elämälle vaarallista.

Nyt kesäkuussa tutkijat esittivät *Science*-lehdessä tutkimustuloksia ja tulkintoja siitä, miksi emme pysty havaitsemaan silmille vaaratonta lähi-infrapuna.

60 VUOTTA VANHA ARVOITUS

”Ihmisen näkemä aallonpituusalue määräytyy näköaistinsolujen pigmenttimolekyyliden mukaan”, aloittaa vastauksen neurotieteen tutkija **Petri Ala-Laurila**. Ala-Laurila on vii-

meiset kymmenen vuotta työskennellyt näköaistiin liittyvässä tutkimuksessa sekä Suomessa että Yhdysvalloissa.

”Maalla elävien lajien osalta keskeisin tekijä evoluutiossa on ollut Auringosta tulevan valon sekä Kuun heijastaman valon säteilyjakauma yhdessä ilmakehän suodatusominaisuuksien kanssa”, Ala-Laurila arvioi.

Hänen mukaansa Kuun valo on punaisempaa kuin auringonvalo, joten siksi hämäränään luulisi olevan herkempi juuri punaisessa valossa.

Jostain syystä asia on kuitenkin juuri päinvastoin. ”Siirtymä on siksi paradoksaaliseen suuntaan fotonien pyydystyksen kannalta”, Ala-Laurila toteaa.

Ensimmäisen hypoteesin ongelman selittämiseksi esitti **Horace Barlow** 1950-luvun lopulla. Hän arvioi, että näön punertavassa spektripäässä lämpökohina saattaisi selittää sen, miksi luonto ei ole kehittänyt infrapuna-näköä. Barlowin ajatusta ei kuitenkaan voitu mitenkään todistaa käytännössä.

”Ongelma on ollut pinnalla pysyen kuitenkin

Ensimmäinen hypoteesi ongelman selittämiseksi esitettiin 1950-luvun lopulla.

Miksi emme näe infrapunassa?

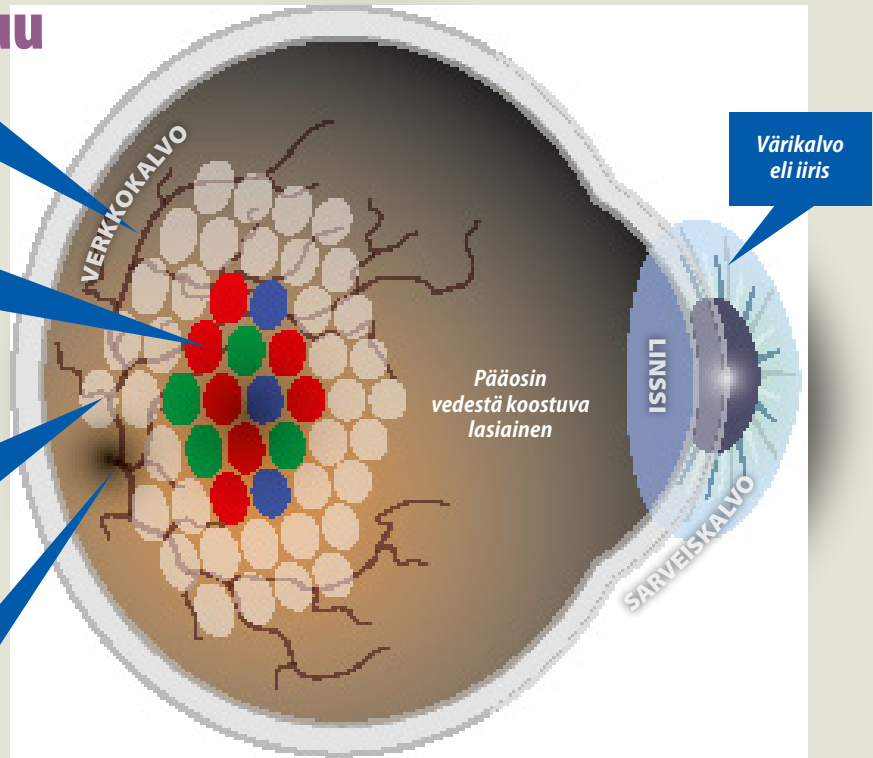
Näistä silmä rakentuu

Kaikki näkösolut sijaitsevat verkkokalvolla. Tarkan näön alue on vain nuppeineulanpään kokoinen alue keskikuopassa (fovea).

Päivällä näöstä vastaavat etupäässä tappisolut, joita on silmässä 5 miljoonaa. Ne ovat keskittyneet tarkan näön alueelle. Tappisoluja on kolmelle eri väriskanavalle (punainen, vihreä ja sininen, ks. oikealla).

Sauvasolut (120 miljoonaa) ovat valoherkempiä kuin tappisolut, mutta niillä ei näe värejä. Sauvasoluja ei ole tarkan näön pisteessä. Siitä johtuen heikot kohteet taivaalla erottaa parhaiten katsomalla niistä vähän ohi.

Näkösoluja on verkkokalvolla kaikkialla muualla paitsi kohdassa, josta näköhermo ja verkkokalvon verisuonet lähtevät. Tätä kutsutaan sokeaksi pisteeksi.



Kuva Heikki Laurila / Ilusia

kin arvoituksena 60 vuoden ajan”, kertoo Ala-Laurilan kanssa työskennellyt neurotieteen tutkija **King-Wai Yau** Johns Hopkinsin yliopistosta. Yau on jo 35 vuoden ajan tutkinut näön ja hajuaistin toimintaa.

”Vihdoin tänä vuonna pystyimme osoittamaan vastauksen käytännössä”, Yau tulkitsee. ”Näköpigmenttien aktivoiminen valon avulla on kemiallisesti samanlainen kuin pelkästään lämpöenergialla.”

Kesäkuussa *Science*-lehdessä julkaistussa tutkimuksessa tarkkailtiin eläinten tappisoluja, joiden reaktioita ärsykkeisiin pystyttiin ensimmäistä kertaa mittaamaan tarkasti yksittäisen solun tasolla.

”Yksittäinen sauvasolun pigmenttimolekyy-

li tuottaa ”väärän hälytyksen” keskimäärin vain kerran muutamassa tuhannessa vuodessa”, Ala-Laurila tiivistää. ”Koska pigmenttimolekyyliä on pakattu satoja miljoonia yhteen sauvasoluun, tapahtuu näitä vääriä hälytyksiä ihmisen sauvasoluissa minuuttien aikaskaalalla.”

Kaikkialla esiintyvä lämpökohina kuitenkin kasvaa huomattavasti, jos silmän näköpigmentti imisi myös pidempiä aallonpituuksia. ”Siksi infrapunaherkät pigmentit olisivat hyvin epäluotettavia”, Ala-Laurila kertoo.

PUNAVALO YÖSSÄ AVUKSI

Tähtihavaintoja tehdessä ratkaisevassa asemassa ovat heikossa valaistuksessa toimivat sauvasolut. Silmän totuttelu pimeään vaatii aikaa kymmeniä minuutteja. Jotain valoa pitäisi kuitenkin käyttää, jotta pystyy säätämään havaintolaitteita, mutta samalla ei halua pilata sauvasolujen pimeään sopeutumista.

”Punainen valo on näköfysiologiaa ajatellen hieno valinta”, arvioi Ala-Laurila. ”Ihmisen näköjärjestelmässä voimme käyttää punaherkkiä tappisoluja punaisen havaitsemiseen ja pitää täten sauvasolut lähes pimeään adaptoituneessa tilassa tähtikarttojen tarkastelun ajan.”

Toinen mahdollisuus hämäränäön säilyttämiseksi on käyttää silmälappua, kuten osa suunnistajistakin tekee. Sen avulla voi säilyttää hämäränäön toisessa silmässä, vaikka

välillä täytyisi käyttää valoa tai käydä sisällä keinovalaistuksessa.

”Minua on vuosikaudet kiehtonut kysymys siitä, mikä lopulta määrää, montako fotonia minimissään tarvitaan näköhavainnon perustaksi ja miten verkkokalvon hermoverkko on optimoitu äärimmäisen heikkojen valopulssien prosessointiin”, paljastaa Ala-Laurila. ”Vastaava ongelma tulee eteen kaikissa muissa havaintolaitteissa, kuten CCD-kameroissa sekä aisteissa niiden toimiessa suorituskäytännössä ääriarajoilla.”

Käytännössä muutamien fotonien pyydystäminen riittää ihmisen silmässä aistihavainnon pohjaksi silloin kun ne tulevat sauvasoluihin. Hämäränäön sauvasoluja ei ole tarkan näön pisteessä, joten heikkoa kohdetta kannattaakin katsoa hieman syrjäsilmillä.

”On silti epäselvää, missä ja miten näköjärjestelmässämme havaintokynnyksen määräytyy”, jatkaa Ala-Laurila. ”Oma työni on viime aikoina keskittynyt pääosin juuri tämän kysymyksen ratkaisemiseen.”

HAASTEITA RIITTÄÄ

Millaisia löytöjä näköaistin tutkimuksessa on luvassa tulevaisuudessa?

”Eräs mielenkiintoisimmista asioista on, miten aivot käsittelevät näköinformaatiota antaen meille näköaistin, kuten esimerkiksi kasvoja tunnistettaessa. Tämän tutkimussuunnan eteneminen on hidasta, mutta silmäkin alueella edetään”, King-Wai Yau vastaa.

King-Wai Yau on tutkinut ihmisaistin toimintaa jo 35 vuoden ajan.



Kuva Johns Hopkins University

Eläimet näkevät enemmän

■ Eri eläinlajeilla esiintyy hyvinkin erilaisia värinäön tyyppjejä. Ihmisen näkökyky jää myös monin tavoin toiseksi.

”Selkärangkaisilla silmän päätyypissä on neljä värikanavaa: UV, sininen, vihreä ja punainen sijoittuen noin 100 nanometrin päähän toisistaan”, kertoo eläintieteen tutkija **Jussi Viitala** Jyväskylän yliopistosta. ”Nisäkkäillä värinäkö taantui pääasiallisesti kahteen väriin dinosaurusten aikaan, kun piileskeltiin yöllä ja tarvittiin hämäränäköä.”

Yleensä lajit, jotka ovat pitkään viettäneet aikaa maan alla tai yöelämää, kadottavat UV-näön. Näin on käynyt pöllöille ja käärmeille. Esimerkin kaksivärinäköstä tarjoaa hirvenmetsästyksen. Metsästäjät voivat käyttää punaista varoitusliiviä, sillä hirvi näkee punaisen ja vihreän samalla väripigmentillä eikä erota niitä toisistaan.

Kädellisillä uusmutaatio tapahtui arviolta 40 miljoonaa vuotta sitten. Ensin geenit, jotka tuotti vihreää aistivaa pigmenttiä kahdentui. Sitten toinen niistä mutatoitui uudestaan ja sen havaitsema aallonpituusalue siirtyi 30 nanometriä. ”Sen ansiosta punaisia hedelmiä pystytään käyttämään hyväksi”, Viitala sanoo.

Nisäkkäiden herkkyyksmaksimien ero on pieni verrattuna muille selkärangkaisille tyyppilliseen 100 nanometrin eroon. Joskus kädellisillä tapahtuu mutaatiota takaisin ja sen seurauksena syntyy puna-vihersokeita. Käytännössä värisokeus vain edustaa nisäkkäiden perustyyppiä.

Näkemisessä myös silmän koolla on merkitystä, aivan kuten suuremmalla peilillä varus-

tettu teleskooppi kokoaa pientä enemmän valoa. Eläinkunnan kuningas silmän kanssa voi olla jopa 30 senttiä.

”Kaikkein monipuolisin ja monivivahteisin värinäkö on sirrkaäyriäisillä, jotka voivat nähdä jopa 16 eri perusväriä”, selittää Viitala. ”Vaikea sanoa mitä hyötyjä niin monesta on, mahdollisesti se auttaa lajin sisäisessä viestinnässä.”

Eläimet hyödyntävät infrapuna, mutta eri aisteilla kuin näön avulla. Kuristaja- ja kalkkarokäärmeillä on päässään kaksi lämpöaistikuoppaa, joilla ne voivat aika tarkkaan määrittää suuntia. Niiden avulla käärmeet pystyvät myös arvioimaan kohteensa kokoa. Pieniä saalistetaan, suuria mennään karkuun.

Ihmisten ja muiden eläinten tuottama infrapunasäteily on kuitenkin keski-infrapunassa ja siten hyvin kaukana näkyvästä valosta. Tässä artikkelissa on tarkasteltu lähi-infrapuna eli vain hieman näkyvää valoa pidempiä aallonpituuksia. Niitä tulee Auringosta ja heijastuu eri kappaleista.

Infrapun lisäksi myös ultravioletinääköstä olisi ihmiselle hyötyä – erityisesti loppukesällä ja syksyllä marjametsällä. Mustikat, juolukat ja katajanmarjat heijastavat ultraviolettia huomattavasti enemmän kuin näkyvää valoa.

”Väriä ei filosofisesti ajatellen oikeastaan ole edes olemassa, vaan se on vain aivojen muodostama mielikuva”, Viitala pohtii. ”Tämä voidaan osoittaa sillä, että sama väriäistimus saadaan aikaan hyvin erilaisilla aallonpituusjakauksilla.”

Sirrkaäyriäiset omaavat eniten värikanavia, jotkut lajit jopa 16.



Kuva Creative Commons

Eläimet hyödyntävät infrapuna, mutta eri aisteilla kuin näön avulla.

Ihmisen näkemät värit sähkömagneettisen säteilyn spektrissä.

Entä voisiko kenties olla mahdollista suunnitella ihmissilmän pigmentin tilalle keinotekoinen molekyyli, joka aiheuttaisi vähemmän kohinaa ja mahdollistaisi pidempien aallonpituuksien näkemisen?

”Kyllä se varmasti olisi mahdollista”, Yau arvioi. ”Yleisesti ottaen kuitenkin luonto on melko kekseliäs, evoluutio on ollut käynnissä ikuisuuksia, joten nykyiset järjestelmät ovat pitkän kokeilun ja kehityksen lopputuote. Siksi luontoa ei ole helppoa päihittää.”

”Hauskoja havaintoretkiä! Nauttikaa saava ja tappisolujen luomista mahdollisuuksista tähtitaivasta ihaillessanne”, Ala-Laurila toivottaa *Tähdet ja avaruuden* lukijoille. ●

Petri Ala-Laurila on erikoistunut neurotieteeseen ja on kiinnostunut etenkin silmän heikkojen signaalien erottamiseen taustakohinasta.



Kuva University of Washington