

Lisähuomioita sivunumeroittain

PUOLIKAS OPPI

Aivot eivät ole ajattelua varten

- 10 *Suikulaiset elivät valtamerissä noin 550 miljoonaa vuotta sitten:* Näitä myös lanseleiteiksi kutsuttuja muinaisia eliöitä esiintyy vielä nykypäivänäkin. Tällä tavoin suikulaiset ovat meidän evoluutio-naarisia serkkujamme: Ihmiset ovat selkärankaisia eli meillä on selkäranka ja päähermo, jota nimitämme selkäyttimeksi. Suikulaiset eivät ole selkärankaisia, mutta niillä on hännästä päähän kulkeva päähermo. Niillä on myös eräänlainen selkärankaa muistuttava, säikeinen ja lihaskudoksesta, ei luista, muodostunut tukiranka nimeltä selkäjänne. Suikulaiset ja selkärankaisten kuuluvat isompaan eläinten ryhmään nimeltä selkäjänteiset, ja meillä on yhteinen esivanhempi. (Siitä lisää tuonnempana.)

Suikulaisilta puuttuvat kaikki piirteet, jotka erottavat selkärankaisten selkärangattomista. Niillä ei ole sydäntä, maksaa, haimaa eikä munuaisia eikä näihin elimiin liittyviä kehon sisäisiä järjestelmiä. Niillä on kyllä joitakin soluja, jotka säätelevät vuorokausirytmiiä ja nukkumisen ja valvomisen vuorottelua.

Suikulaisilla ei ole erillistä päätä eikä erillisiä näkyviä aistinelimiä, kuten silmiä, nenää ja niin edelleen, joita selkärankaisten päässä on. Aivan suikulaisten ruumiin etuyläosassa on toisella puolella pieni solujen rykelmä, jota kutsutaan valoistimeksi. Nuo pie-

net solut ovat valoherkkiä ja pystyvät tunnistamaan karkeita valoisuuden muutoksia niin valossa kuin pimeässäkin. Suikulainen pystyy siis nopeasti siirtymään pois, jos sen päälle lankeaa varjo. Suikulaisen valoistimen soluissa on joitakin samoja geenejä kuin selkärankaisten silmän verkkokalvossa, mutta suikulaisilla ei ole silmiä, eivätkä ne pysty näkemään.

Suikulaiset eivät myöskään pysty haistamaan eivätkä maistamaan. Niiden ihossa on joitakin soluja, jotka pystyvät tunnistamaan vedestä kemiallisia aineita. Näissä soluissa on joitakin geenejä, jotka ovat samanlaisia kuin selkärankaisten hajukäämin geenit, mutta ei ole selvyyttä, toimivatko ne samalla tavalla. Suikulaisella on myös värekarvoja sisältäviä soluja, joiden avulla se pystyy suunnistamaan ja tasapainottamaan ruumiinsa vedessä ja ehkäpä aistimaan vauhdin nopeutta, kun se ui. Suikulaisella ei kuitenkaan ole sisäkorvaa eikä äänten aistimiseen tarvittavia karvasoluja, kuten selkärankaisilla on.

Suikulaiset eivät myöskään pysty paikantamaan mitään syötäväksi kelpavaa eivätkä lähestymään sitä, vaan ne syövät mitä tahansa eliöitä merivirrat niiden kohdalle kuljettavat. Niissä on soluja, jotka pystyvät tunnistamaan ruoan *puuttumisen* ja joiden avulla ne pystyvät kiemurtelemaan sattumanvaraisesti sellaiseen suuntaan, josta ruokaa toivottavasti löytyy (solut oikeastaan viestittävät, että *mikä tahansa paikka on parempi kuin tämä*). Lue lisää sivulta 7half.info/amphioxus.

- 11 *pieni solujen rykelmä, jota ei voi nimittää aivoiksi*: Tutkijat väittelevät yhä, onko suikulaisilla aivot. Kyse on viime kädessä siitä, mihin kukakin vetää rajan sen välillä, mitkä ovat aivot ja mitkä eivät. Evoluutiobiologi Henry Gee on todennut näin: ”Vaippaeläimissä (meritupeissa) eikä suikulaisessa ole mitään selkärankaisten aivojen

kaltaistakaan, vaikka jälkiä aivojen perusrakenteesta voidaankin nähdä – – jos katsotaan riittävän tarkasti.”

Tutkijat ovat jokseenkin yhtä mieltä siitä, että sukulaisten selkäjänteen etupäässä on selkärankaisten aivojen geneettisten suuntaviivojen karkea malli ja että suuntaviivat ovat ainakin 550 miljoonaa vuotta vanhat. Tämä ei välttämättä tarkoita sitä, että selkäjänteen etupäässä olevat geenit toimivat samalla tavalla tai tuottavat samanlaisia rakenteita kuin selkärankaisten aivot. (Lisätietoja siitä, mitä tarkoittaa, että kahdella lajilla on samanlaisia geenejä, katso tämän liitteen lähdeviite ensimmäisen esseen lauseeseen ”matelijoilla ja muilla nisäkkäillä kuin ihmisillä on samanlaiset hermosolut.”) Tästä tieteellinen väittely alkaa. Suikulaisilla on joitakin niistä molekyylimalleista, jotka järjestävät selkärankaisten aivot keskeisiin segmentteihin, mutta tutkijat kiistelevät siitä, minkä segmenttien kaavat malleihin sisältyvät ja mitkä segmenttiohjeet puuttuvat. Kiistanalaista myös on, ovatko tosiasialliset segmentit olemassa suikulaisissa. Samaan tapaan suikulaisissa on tarvittava alkeellinen geneettinen perusta päälle, vaikka niillä ei ole päätä.

Yksityiskohtaisemmin suikulaisesta voi lukea Henry Geen kirjasta *Across the Bridge: Understanding the Origin of the Vertebrates* sekä evoluutiivisen neurotieteen tutkijoiden Georg Striedterin ja Glenn Norhtcuttin kirjasta *Brains Through Time: A Natural History of Vertebrates*. Lue lisää sivulta 7half.info/ amphioxus-brain.

- 11 *näkee hyvin samankaltaisen olion, jollainen aikoinaan valtamerissä vaellellut ikiaikainen pikkuruinen esi-isämme oli:* Tutkijat uskovat, että suikulaisten kanssa yhteinen esi-isämme muistutti hyvin pitkälle modernia suikulaista, koska suikulaisten elinympäristö (ekologinen lokero) ei ole juurikaan muuttunut viimeksi kulunei-

den 550 miljoonan vuoden aikana, joten sukulaisilla ei ole ollut erityistä tarvetta mukautua. Selkärankaisten ovat sitä vastoin kokeneet valtavia evoluutiivisia muutoksia, aivan kuten muutkin selkäjännteiset, kuten meritupit. Tämän vuoksi tutkijat olettavat, että tutkimalla nykyaikaisia selkäjännteisiä voimme oppia kaikkien selkäjännteisten yhteisestä esi-isästä.

Silti jotkut tutkijat jatkuvasti kiistävät nämä oletukset – on epätodennäköistä, että sukulaiset eivät olisi muuttuneet *lainkaan* puolessa miljardissa vuodessa! Esimerkiksi sukulaisen selkäjänne (niiden keskushermosto) ulottuu niiden ruumiin hännästä päähän, kun taas selkärankaisten selkäydin päättyy siihen, mistä aivot alkavat. Tutkijat kiistelevät siitä, oliko yhteisellä esi-isällämme sukulaisen selkäjännteen kaltainen selkäjänne, joka lyheni samassa tahdissa kuin selkärankaisten aivot kehittyivät, vai oliko niillä lyhyt selkäjänne, joka piteni evoluution myötä. Tutkijoiden kesken on useita saman tyyppisiä kiistoja (esimerkiksi hajuaistin evoluutiosta).

Yksityiskohtaisemmin sukulaisen kaltaisista muinaisista edeltäjistämme voi lukea Henry Geen kirjasta *Accross the Bridge*. Lue lisää sivulta 7half.info/ancestor.

- 11 *Miksi ihmisäivot kehittyivät sellaisiksi kuin ne ovat: Väittämät, joissa aivojen sanotaan kehittyneen jotakin tiettyä tehtävää varten, ovat esimerkkejä teleologiasta. Teleologia tulee kreikan kielen sanasta "telos", joka tarkoittaa lopputulosta, tarkoitusta tai päämäärää. Teleologian monista eri muodoista keskustellaan tieteen ja filosofian parissa. Yleisin teleologian muoto on väittämä, että jokin asia on tarkoituksellisesti suunniteltu jotakin tiettyä tavoitetta varten, jolla on jokin lopullinen päämäärä, mutta tätä muotoa tutkijat ja filosofit eivät yleensä puolla. Esimerkkinä voidaan mainita väit-*

tämä, että aivojen evoluutio on ollut jonkinlainen nouseva kehityskaari – esimerkiksi vaistonvaraisesta järkevään tai alkeellisesta eläimestä kehittyneeseen. Tätä teleologian muotoa en minäkään käytä tässä esseessä.

Toinen teleologian muoto, jota itsekin olen käyttänyt tässä esseessä, on väittämä, että jokin on *prosessi, jolla on tavoite, mutta ei mitään lopullista päämäärää*. Kun esitän, että aivot eivät ole ajattelua varten vaan kehon säätelyä varten tietyssä ekologisessa lokerossa, en väitä, että kehobudjetin säätelyllä – allostaasilla – on jokin lopullinen päämäärä. Allostaasi on ennakoiva prosessi, joka käsittelee jatkuvasti muuttuvasta elinympäristöstä tulevia ärsykeitä. Kaikki aivot ohjaavat allostaasia. Ei ole olemassa mitään järjestelmällistä etenemistä huonosta tavasta kohti hyvää tapaa.

Psykologit Bethany Ojalehto, Sandra R. Waxman ja Douglas L. Medin tutkivat, kuinka ihmiset eri kulttuureissa puhuvat luonnonympäristöstä. Heidän tutkimuksistaan on selvinnyt, että tässä esseessä esitetyn kaltaiset teleologiset väittämät kertovat elävien olentojen ja niiden ympäristön välisten suhteiden arvostuksesta. He nimittävät sitä ”kontekstuaaliseksi, suhteelliseksi kognitioksi.” Väittäjä, kuten ”aivot eivät ole ajattelua varten”, on luonnostaan suhteellinen (se viittaa aivojen, kehon eri järjestelmien ja ympäristötekijöiden väliseen suhteeseen) eikä siihen sisälly olettamusta, että aivot luotiin tarkoituksellisesti jotakin tavoitetta varten, jolla on jokin lopullinen päämäärä.

Olen käyttänyt valitsemiani sanamuotoja (esimerkiksi ”ihmisäivot eivät ole ajattelua varten”) tietyssä asiayhteydessä – ei-teknisessä esseessä, jossa kuvaillaan aivojen toiminnan eri puolia. Sanamuoto saa täyden merkityksensä vain siinä yhteydessä, jossa sitä käytetään. Jos asiayhteys poistetaan, väittämää voi helposti erehtyä pitämään teleologian ensimmäiseen, ongelmalliseen muotoon kuuluvana.

Allostaasi ei tietenkään ole aivojen evoluution ainoa aiheuttaja, eikä se johtanut evoluutiota millään järjestelmällisellä tavalla. Aivojen evoluutio on pitkälti luonnonvalinnan seurausta, ja luonnonvalinta on sattumanvaraista ja opportunistista. Aivojen evoluutioon voi myös vaikuttaa kulttuurievoluutio, jota olen käsitellyt seitsemännessä esseessä. Lue lisää sivulta 7half.info/teleology.

- 17 *Tieteessä kehon resurssien budjetoinnista käytetään nimitystä allostaasi:* Allostaasi ei ole ainoa tekijä, joka vaikuttaa aivojen evoluutioon ja toimintatapaan, mutta sillä on iso rooli. Allostaasi on ajan mittaan tapahtuva ennakoiva ja tasapainottava prosessi. Se ei tavoittele mitään tiettyä, vakaata kehon tilaa (se ei ole kuin termos-taatti). *Homeostaasi* on sana, jolla kuvataan tiettyä vakaata kehon tasapainotilan tavoittelua. Lue lisää sivulta 7half.info/allotstasis.
- 17 *Taloudellisesta näkökulmasta liikkumisen pitäisi olla ponnistelun arvoista:* Ajatusta vaivan arvoisesta liikkumisesta on tutkittu paljon taloustieteessä, jossa sitä kutsutaan *arvoksi*. Lue lisää sivulta 7half.info/value.
- 18 *elimistön järjestelmät eriytyivät:* Kehon sisäisten toimintojen suorittajia, kuten sydäntä, mahalaukkuja ja keuhkoja, kutsutaan sisäelimiksi (*viskera*). Ne kuuluvat laajempiin kaulan alapuolella sijaitseviin sisäelinten järjestelmiin, kuten sydän- ja verenkiertojärjestelmään, ruoansulatusjärjestelmään ja hengitysjärjestelmään. Sydämessä, suolistossa, keuhkoissa ja muissa sisäelimissä tapahtuvia liikkeitä kutsutaan *viskeromotorisiksi* liikkeiksi. Aivot hallitsevat ihmisen sisäelinjärjestelmiä (toisin sanoen viskeromotorinen kontrolli on aivojen hallinnassa). Samaan tapaan kuin aivoissa on primaarinen motorinen aivokuori ja iso joukko aivokuoren alapuolisia järjestelmiä lihasten liikkeiden kontrolloimiseksi, aivoissa on myös primaarinen viskeromotorinen aivokuori ja iso joukko

aivokuoren alapuolisia järjestelmiä sisäelinten toiminnan säätelämiseksi. Keuhkot ovat esimerkki sisäelimestä, joiden toiminta edellyttää aivoja. Sydämellä ja suolistolla on sitä vastoin omat rytminsä, joita aivojen viskeromotorinen järjestelmä hienosäätää. Lisähuomiona todettakoon, että ihmiskehossa on myös järjestelmiä, jotka eivät ole kytköksissä mihinkään sisäelimeen. Tällaisia ovat esimerkiksi immuuni- ja umpieritysjärjestelmät, ja niiden muutoksista puhuttaessa käytetään yleensä myös ilmaisua viskeromotorinen.

Samaan tapaan kuin käsivarsien, jalkojen, pään ja vartalon motoriset liikkeet tuottavat aisti-informaatiota, joka välittyy hermorataa pitkin aivoihin (tarkemmin sanottuna somatosensoriseen järjestelmään), viskeromotoriset liikkeet tuottavat sensorisia muutoksia. Niitä kutsutaan *interoseptiiviseksi* aistitiedoksi, jota välitetään aivoille (niiden interoseptiiviseen järjestelmään). Kaiken tämän aistitiedon avulla aivot pystyvät säätelemään motorisia ja viskeromotorisia liikkeitä yhä paremmin.

Parhaiden käytettävissä olevien tieteellisten arvioiden mukaan selkärankaisten sisäelinjärjestelmä ja viskeromotorinen järjestelmä kehittyvät samaan aikaan sensoristen järjestelmien kanssa. Hedelmöitymisen jälkeen alkio alkaa rakentaa aivojaan ja elimistöään. Sisäelinjärjestelmä ja sensorinen järjestelmä muodostuvat samasta solujen keskittymästä nimeltään hermostopiena. Hermostopienasta muodostuu myös selkärankaisten aivojen segmentti, joka sisältää sekä viskeromotorisen että interoseptiivisen järjestelmän. Tätä segmenttiä kutsutaan etuaivoiksi. Hermostopiena on yksinomaan selkärankaisilla ja kaikilla selkärankaisten lajeilla ihminen mukaan luettuna.

Molemmilla järjestelmillä – viskeromotorisella ja interoseptiivisellä – on keskeinen rooli kaikkien liikkeiden arvon arvioi-

misessä, mutta emme voi sanoa, että ne kehittyivät sitä varten. Muut valintapaineet – kuten suuremmaksi kasvaneiden kehojen tarve uudelleenlaiseen hoivaan ja ylläpitoon – vaikuttivat kehon sisäelinjärjestelmien ja aivojen viskeromotorisen järjestelmän evoluutioon. Esimerkiksi useimmat planeettamme eläimet ovat läpimitaltaan pieniä. Niiden ruumiista vain muutamat solut ulottuvat kehon sisältä ulkomaailmaan. Tämä järjestely helpottaa tiettyjä fysiologisia toimintoja, kuten kaasujen vaihtoa (hengitettäessä) ja kuona-aineiden poistoa. Isompikokoisessa kehossa kehon sisus on kauempana ulkomaailmasta, joten uusia järjestelmiä on kehittynyt, esimerkiksi järjestelmä, joka pumppaa vettä kiduksien päältä kaasujenvaihdon turvaamiseksi, sekä munuaiset ja pitkä suolisto jätteiden poistamiseksi. Näiden uusien järjestelmien ansiosta selkärangkaisista tuli aiempaa tehokkaampia uimareita ja samalla myös taitavampia saalistajia. Lue lisää sivulta 7half.info/visceral.

ENSIMMÄINEN OPPI

Ihmisellä on yhdet aivot (ei kolmet)

- 21 *Platon kirjoitti, että ihmisen psyykessä on:* Platon kirjoitti psyykestä, joka eroaa siitä, miten me tätä nykyä ymmärrämme mielen. Noudatan yleiskielen perinteistä linjaa ja käytän psyykeä ja mieltä synonyymeinä. Lue lisää sivulta 7half.info/plato.
- 22 *ovat mallintaneet Platonin psyykenkuvauksen aivoihin:* Kolmiaivo-teoria sulautui neurotieteeseen Platonin ihmisen psyykeä koskevien kirjoitusten takia. 1900-luvun alussa fysiologi Walter Cannon esitti, että välittömästi rationaaliseksi aivokuoreksi väitetyn alueen alapuolella sijaitseva talamus laukaisee tunteet ja hypothalamus vastaa niiden ilmaisusta. (Nykyään tiedämme, että talamus välittää aivokuorelle valtaosan aistitiedosta lukuun ottamatta kemiallista

aistitietoa, joka muuttuu hajuiksi. Hypotalamus on verenpaineen, sydämen sykkeen, hengitysrytmin, hikoilun ja muiden fysiologisten muutosten säätelyn pääkeskus.) 1930-luvulla neuroanatomisti James Papez esitti, että aivokuorella on tunteiden säätelyyn liittyvä ”rata”. Talamuksen ja hypotalamuksen lisäksi Papez otti rataansa mukaan aivokuoren alueita, jotka ovat aivan aivokuoren alapuolisten alueiden rajalla (pihtipoimu) ja joiden sen vuoksi oletettiin olevan ikivanhoja. Viisikymmentä vuotta aiemmin neurologi Paul Broca oli nimennyt tämän aivokuoren segmentin limbiseksi lohkoksi. (Hän käytti termiä *limbinen*, joka perustuu latinan kielen rajaa tarkoittavaan sanaan *limbus*. Pihthipoimu sijaitsee aivojen sensoristen järjestelmien sekä käsivarsia, jalkoja ja muita ruumin osia liikuttavan motorisen järjestelmän rajalla. Broca ajatteli, että limbisessä lohkoksa olivat primitiiviset henkiinjäämisen kyvyt, kuten hajuaisti.) 1940-luvun lopulla neurotutkija Paul MacLean muutti Papezin radan kokonaiseksi limbiseksi järjestelmäksi ja upotti siihen kolmikerroksisten aivojen mallin, jonka hän nimesi *kolmiavoteoriaksi*. Lue lisää sivulta [7half.info/triune](#).

Uloimman, aivojen kuorikerrokseen kuuluvan kerroksen: Moniin aivoja koskeviin termeihin sisältyy sana *aivokuori* (*korteksi*), ja se voi olla hämmäntävää. Aivokuori on kerroksittain järjestäytyneiden hermosolujen kerros, joka peittää subkortikaaliset (aivokuoren alapuoliset) alueet. Yleisesti uskotaan, että osa aivokuoresta on evolutiivisesti vanha ja kuuluu limbiseen järjestelmään (esimerkiksi pihthipoimu) ja osa on evolutiivisesti uutta, minkä vuoksi sitä kutsutaan neokorteksiksi. Tämä erottelu kumpuaa väärinymmärryksestä koskien aivokuoren evoluutiota, ja se on tämän esseen aihe.

24 *on yksi tieteen menestyneimmistä ja laajimmalle levinneistä virheistä:* Tutkijat pyrkivät yleensä välttämään sanomasta, että mikään olisi tosiasia tai että jokin on ehdottomasti totta tai väärin. Realistisesti katsottuna tosiasiat ovat todennäköisesti tosia tai vääriä tiettyssä asiayhteydessä. (Kuten Henry Gee sanoo kirjassaan *The Accidental Species: Misunderstandings of Human Evolution*, tiede on prosessi epäilysten kvantifioimiseksi.) Kolmiaivoteoriasta on kuitenkin perusteltua puhua ehdottomin sanakäantein. Kun MacLean vuonna 1990 julkaisi pääteoksensa *The Triune Brain in Evolution: Role in Paleocerebral Functions*, jo tuolloin todisteet olivat hyvin selvät, että kolmiaivoteoria oli virheellinen. Teorian yhä nykypäivään asti jatkunut suosio on esimerkki ideologiasta eikä tieteellisestä tutkimuksesta. Tutkijat työskentelevät lujasti välttääkseen sortumasta ideologiaan, mutta me tutkijat olemme myös ihmisiä ja joskus uskomus ohjaa ihmisiä enemmän kuin asiantiedot. (Lue lisää Richard Lewontinin kirjasta *Biology as Ideology: The Doctrine of DNA*.) Virheet ovat osa normaalia tieteen harjoittamista, ja virheiden tunnustaminen antaa suurenmoisen mahdollisuuden löytää jotakin uutta. Lue lisää Stuart Firesteinin kirjoista *Failure: Why Science Is So Successful* ja *Ignorance: How It Drives Science*. Lue lisää sivulta 7half.info/triune-wrong.

26 *genejä sisältäviä samanlaisia hermosoluja oli myös viimeisellä yhteisellä esi-isällämme:* Tämä oletus perustuu siihen, että vertailun kohteena olevien eläinten soluissa ei ole ollut paljon evolutiivista muutosta.

Geenit eivät ylipäätään ole ainoita, joiden perusteella päätellään, onko kahden eläimen aivoissa ominaisuuksia, jotka voidaan jäljittää yhteiseen esi-isään, vaikka kyseiset ominaisuudet näyttäivät paljain silmin katsottuna erilaisilta. Joskus geenit voivat ol-

la harhaanjohtavia. Jotkut tutkijat hyödyntävät muita biologisen informaation lähteitä, kuten hermosolujen välisiä yhteyksiä, sen määrittämiseksi, onko kahdella aivorakenteella yhteinen esi-isä. Tätä homologiaksi kutsuttua aihetta käsitellään lähemmin George Striedterin kirjassa *Principles of Brain Evolution* sekä Striedterin ja Northcuttin kirjassa *Brains Through Time*. Lue lisää sivulta 7half.info/homology.

- 26 *kun aivojen koko evoluution myötä kasvaa, aivot järjestäytyvät uudelleen*: Tämä idea tulee neurobiologi Georg Striedteriltä. Hän on verrannut aivoja yrityksiin, jotka järjestäytyvät uudelleen sitä mukaa kuin yritys kasvaa. Lue lisää Striedterin kirjasta *Principles of Brain Evolution*. Aivojen monimutkaisuus voi evoluution vaiheissa tai kehityksen aikana myös lieventyä, kuten vaippaeläimillä (meritupeilla) on käynyt. Lue lisää sivulta 7half.info/reorg.
- 27 *eriytyminen ja integroituminen*: Tällä analogialla vahvistan vertailuani rottien ja ihmisten primaarisesta somatosensorisesta aivokuoresta. Kirjailija ja kokki Thomas Keller selostaa, että jos kattilassa keittää erilaisia vihanneksia yhtä aikaa, keitinliemeen muodostuu näistä vihanneksista sekoittunut yhtenäinen aromi. Mikään yksittäinen ainesosa ei erotu. Keller selostaa, että on myös parempi ja maukkaampi tapa valmistaa vihannesruoka: keitä jokainen vihannes erikseen ja yhdistä lopuksi liemet. Näin jokainen lusikalinen on erilainen useiden aromien yhdistelmä. Näiden kahden menetelmän välinen ero vastaa pohjimmiltaan eroa rottien aivojen ja ihmisaivojen primaarisen somatosensorisen aivokuoren välillä. Rotan yksi aivoalue vastaa yhtä kattilaa, jossa ovat kaikki ainekset. Ihmisen neljä aivolohkoa vastaavat neljää eri kattilaa, joissa kussakin on eri ainekset. Toisen esseen sanamuotoja käyttäen neljän

kattilan tekniikka edustaa suurempaa kompleksisuutta. Lue lisää sivulta 7half.info/keller.

- 27 *matelijoilla ja muilla nisäkkäillä kuin ihmisillä on samanlaiset hermosolut kuin ihmisillä.* Tällä tarkoitan, että hermosoluilla on sama molekyyli-identiteetti – tietty geeni tai geenisekvenssi – joka suorittaa samoja geneettisiä toimintoja (esimerkiksi valmistaa samoja proteiineja). Tietty geeni ei välttämättä valmista samoja proteiineja jokaisessa eläimessä, jossa geeni on. Kahdella eläimellä voi olla samat geenit, mutta ne voivat toimia eri tavalla tai tuottaa erilaisia rakenteita. Samassa eläimessäkin geenien verkko voi suorittaa erilaisia geneettisiä toimintoja kehityksen eri vaiheissa. (Tätä selostetaan tarkemmin ja esimerkkien avulla Henry Geen kirjassa *Across the Bridge*.) Tärkeä havainto tässä yhteydessä on, että kahdella olenolla voi olla hermosoluja, joissa on joitakin samoja geenejä, jotka toimivat samalla tavalla molemmissa olennoissa. Hermosolujen järjestäytyminen voi silti poiketa toisistaan, ja lopputuloksena voi olla hyvin erinäköiset aivot. Lue lisää sivulta 7half.info/same-neurons.
- 29 *Nisäkkäiden aivojen rakentuminen:* Tämä tutkimus on peräisin lajinkehitykseen ja yksilönkehitykseen erikoistuneelta neurotutkijalta Barbara Finlayltä, joka kutsuu sitä ”translating time” -malliksi. Finlay rakensi matemaattisen mallin, joka ennustaa 271 tapahtuman ajoittumisen kehittyvän eläimen aivoissa. Tapahtumia voivat olla esimerkiksi hermosolujen syntyminen, aksonien kasvaminen, yhteyksien muodostuminen ja tarkentuminen, myeliinin muodostuminen aksonien päälle ja aivojen tilavuuden muuttuminen ja laajeneminen. Finlayn malli laskee minkä tahansa kehitystapahtuman vastaavan vuorokausimäärän kahdeksassatoista tutkitussa nisäkäslajissa ja jopa joissakin eläinlajeissa, jotka eivät sisältyneet

alkuperäiseen malliin. Jos verrataan hänen mallinsa ajoitusnusteita kehittymässä olevien aivojen toteutuneisiin tapahtumiin, vastaavuussuhde on ällistyttävä 0.993 (asteikolla -1.0–1.0). Tämä tarkoittaa sitä, että tapahtumien järjestys on lähes identtinen kaikilla tutkituilla lajeilla, koska niitä kaikkia voidaan kuvata yhdellä mallilla.

Lisäksi eri nisäkkäiden aivosoluista löydetystä geneeistä saadaan molekyylogeneettistä näyttöä, joka on yhdenmukainen Finlayn matemaattisen ajoitusmallin kanssa. Myös leukakalojen aivosoluissa on noita genejä. Jotkin geenit juontavat juurensa sukulaiseen asti ja hyvin todennäköisesti sen ja ihmisen yhteiseen esi-isään. Pelkästään geneettisen näytön perusteella voidaan siis kohtuullisesti päätellä, että nisäkkäiden aivojen rakentuminen noudattaa samaa (tai osittain samaa) kaavaa kaikilla leuallisilla selkärankaisilla. Lue lisää sivulta 7half.info/manufacture.

- 30 *Ihmisen aivoissa ei siis ole minkäänlaisia uusia osia:* Neurotutkijana olen vakuuttunut todisteista, jotka tukevat Finlayn hypoteesia aivojen yhteisestä rakentumiskaavasta. Aiheesta kiinnostuneiden lukijoiden on kuitenkin syytä olla tietoisia siitä, että jotkut tutkijat pitävät edelleen kiinni ajatuksesta, että ihmisaivojen tietyt piirteet, kuten prefrontaalinen aivokuori, ovat evoluutiossa kehittyneet suuremmiksi kuin kädellisten aivojen kasvulta odotettaisiin. Näkemykseni on, että osa ihmisaivojen erityisistä kyvyistä johdetaan yhdistelmästä, joka koostuu suuresta aivokuoresta ja tietyissä aivokuoren osissa, kuten prefrontaalisen aivokuoren ylemmissä kerroksissa, sijaitsevien hermosolujen välisistä tiheistä yhteyksistä. Ihmisaivojen aivokuori ei siis ole odotettua suurempi aivojen kokonaisuuteen nähden, se vain on absoluuttisesti mitattuna suuri. Jotkut tutkijat minä mukaan luettuna olettavat, että nämä

ominaisuudet antavat ihmisille kyvyn ymmärtää asioita niiden toiminnan mukaan eikä niiden fyysisen muodon mukaan. Tätä käsittelem tämän kirjan seitsemännessä esseessä sekä aiemmassa kirjassani *How Emotions Are Made: The Secret Life of the Brain*. Lue lisää sivulta 7half.info/parts.

- 31 *tunteisiin keskittynyttä limbistä järjestelmää ei ole olemassakaan:* Vaikka limbinen järjestelmä on myytti, ihmisaivoissa on limbiseksi piiriksi nimetty hermoverkko. Limbisen piirin hermosolut ovat yhteydessä aivorungon tumakkeisiin, jotka säätelevät autonomista hermostoa, immuunijärjestelmää, hormonitoimintaa ja muita järjestelmiä, joiden aistitiedot luovat interoseptiota, aivojen herätevasteita kehon aistimuksista. Limbiset piirit eivät liity yksinomaan tunteisiin, vaan ne ovat jakautuneet useisiin eri aivojärjestelmiin. Limbiisiin piireihin kuuluu subkortikaalisia rakenteita, kuten hypothalamus ja mantelitumakkeen sentraalitumake, allokortikaalisia rakenteita, kuten hippokampus ja hajukäämi, sekä aivokuoren osia, kuten pihtipoimu ja aivosaaaren etuosa. Lue lisää sivulta 7half.info/limbic.
- 32 *Kolmiaivoteoria ja siihen pohjautuva suunnaton kamppailu tunnepohjaisen, viettien varaisen ja järjellisen toiminnan välillä on moderni myytti:* Kolmiaivoteoria kuuluu tieteessä pitkään vallinneisiin myytteihin. Muitakin huvittavia myyttejä on. 1700-luvulla vakavasti otetut tutkijat uskoivat, että lämpö syntyy myyttisestä nesteestä nimeltä kalorikki ja että palamisen aiheuttaa kuvitteellinen aine nimeltä flogiston. 1800-luvun fyysikot väittivät, että maailmankaikkeus oli täynnä näkymätöntä ainetta, jota kutsuttiin valoeetteriksi ja joka mahdollisti valoaaltojen etenemisen. Heidän lääkärikollegansa puolestaan uskoivat, että ruton kaltaiset sairaudet johtuivat haisevista höyryistä, joita kutsuttiin yhteisni-

mityksellä miasma. Jokainen näistä myyteistä säilyi ja korvasi teolliset tosiasiat vähintään sadan vuoden ajan, ennen kuin myytti kumottiin. Lue lisää sivulta 7half.info/myths.

- 32 *Ihminen on vain kiinnostava eläinlaji*: Tämä ajatus tulee Henry Geen kirjasta *The Accidental Species*. Lue lisää sivulta 7half.info/interesting.

TOINEN OPPI

Aivot ovat verkosto

- 38 *Aivot ovat verkko*: Aivoverkko koostuu toisiinsa yhteydessä olevien hermosolujen muodostamista pienemmistä verkoista tai aliverkoista. Kukin aliverkko on löyhä kokoelma hermosoluja, joita liittyy verkkoon ja poistuu siitä verkon toimiessa. Ajattele koripallojoukkuetta, jossa on 12–15 pelaajaa, mutta vain viisi heistä on kerrallaan pelikentällä pelaamassa. Pelaajat pelaavat vuorollaan, mutta me silti näemme pelikentällä olevien ihmisten muodostavan yhden ja saman joukkueen. Samaan tyyliin aliverkko pysyy, vaikka sitä ylläpitävät varsinaiset hermosolut välillä kytkeytyvät verkkoon ja siitä pois. Tämä vaihtelevuus on esimerkki degeneraatiosta, jossa rakenteellisesti erilaiset elementit (kuten hermosolujen ryhmät) suorittavat samaa tehtävää. Lue lisää sivulta 7half.info/network.
- 38 *128 miljardin – – hermosolun – – verkko*: Ihmisaivojen hermosolujen lukumäärästä käyttämäni 128 miljardia on suurempi kuin mitä lukija kenties löytää muista lähteistä, joissa lukumääräksi yleensä annetaan 85 miljardia. Ero johtuu siitä, että hermosolujen lukumäärän voi laskea monella tavalla. Yleensä tutkijat arvioivat aivojen hermosolujen lukumäärän stereologisista menetelmistä, joissa käytetään todennäköisyyttä ja tilastotiedettä hermosolujen kol-

miulotteisen rakenteen arvioimiseksi kaksiulotteisista aivokudoskuvista. Luku 128 miljardia on peräisin artikkelista, jossa käytettiin optiseksi fraktiointimenetelmäksi kutsuttua stereologista menetelmää. Menetelmällä laskettiin ihmisen isoavoissa olevan noin 19 miljardia hermosolua, mukaan lukien aivokuori, hippokampus ja hajukäämi. Pikkuavoissa laskettiin olevan noin 109 miljardia jyväsolua ja noin 28 miljoonaa Purkinjen solua. Tavallisimmin mainittu 85 miljardia hermosolua saadaan isotrooppisella fraktiointilla, joka on yksinkertaisempi ja nopeampi menetelmä, mutta se systemaattisesti jättää huomiotta osan hermosoluista. Lue lisää sivulta 7half.info/neurons.

- 39 *Aivoverkko ei ole vertauskuva*: Aivot eivät ole symbolisesti kuin verkko – aivot todellakin *ovat* verkko eli aivot toimivat samalla tavalla kuin muutkin verkot. Termi *verkko* on tässä esseessä käsite, ei vertauskuva. Asian ymmärtämistä auttaa, kun palauttaa mieleensä muita tuntemiaan verkkoja. Näin pystyy ymmärtämään, millainen aivoverkko on ja miten se toimii.
- 39 *Yleistäen voidaan sanoa, että yksi hermosolu on kuin pieni puu*: Ihmisavoissa on tyypiltään, muodoltaan ja kooltaan erilaisia hermosoluja. Tässä esseessä olen kuvannut aivokuoren pyramidisoluja.
- 39 *Yksinkertaisuuden vuoksi nimitän tätä järjestelmää aivojen ”kytketytykseksi”*: Valitsemani yksinkertainen termi *kytketyminen* tarkoittaa tiettyjä rakenteellisia yksityiskohtia. Yleisesti ottaen hermosolu koostuu solukeskuksesta, jonka yläosassa on puun oksaa muistuttavia rakenteita, joita kutsutaan dendriiteiksi (lukija voi ajatella puun latvusta), sekä yhdestä pitkästä, hoikasta ulokkeesta, jonka alaosassa on juurta muistuttava rakenne, jota kutsutaan aksoniksi. Kukin aksoni on paljon ohuempi kuin ihmisen hius, ja aksonin päässä on kemiallisia aineita sisältäviä pieniä palloja,

joita kutsutaan päätehaarakkeiksi. Dendriitit puolestaan vilisevät reseptoreita, jotka ottavat vastaan kemialliset aineet. Tyypillisesti yhden hermosolun päätehaarakkeet ovat lähellä tuhansien muiden hermosolujen dendriittejä, mutta ne eivät kosketa toisiinsa. Niiden välistä tilaa kutsutaan synapsikuiluksi. Kun hermosolun dendriitit havaitsevat kemiallisten aineiden läsnäolon, hermosolu ”laukeaa” lähettämällä sähköisen signaalin aksonia pitkin kohti aksonin päätehaaraketta, joka vapauttaa välittäjäainetta synapsikuiluun. Välittäjäaineet sitoutuvat toisen hermosolun dendriittien reseptoreihin. (Muut solut, joita kutsutaan gliasoluiksi eli hermotukisoluiksi, auttavat ja tukevat prosessia ja estävät kemiallisten aineiden vuodot.) Näin välittäjäaineet kiihdyttävät tai estävät vastaanottavia hermosoluja ja muuttavat hermoimpulssien laukeamisnopeutta. Prosessin aikana yksi yksittäinen hermosolu vaikuttaa tuhansiin muihin ja tuhannet hermosolut voivat vaikuttaa yhteen – samanaikaisesti. Tätä tarkoittaa, että aivot ovat koko ajan toiminnassa. Lue lisää sivulta 7half.info/wiring.

- 45 *tätä aluetta kutsutaan yleisesti näköaivokuoreksi:* Mitä ”näkeminen” on? Tietoinen kokemuksesi maailman asioista, kuten vaikkapa se, että näet kätesi tai puhelimesi, syntyy osittain aivokuoren takarai-
volohkon hermosolujen avulla. Liikkuminen maailmassa on kuitenkin mahdollista, vaikka nämä hermosolut olisivat vaurioituneet. Jos asetat esteen sellaisen henkilön eteen, jonka primaarinen näköaivokuori on vaurioitunut, henkilö ei näe estettä tietoisesti, vaan kävelee sen ympäri. Tätä ilmiötä kutsutaan sokeanäöksi. Lue lisää sivulta 7half.info/blindsight.
- 45 *Jos normaalisti näkevien ihmisten silmät peitetään siteellä:* Tutkimus, jossa näkevät ihmiset silmät sidottuina oppivat pistekirjoitusta, on toinen osoitus siitä, että hermosoluilla on useita tehtäviä.

Kun tutkijat häiritsivät primaarisen näköaivokuoren (V1) hermosolujen toimintaa transkraniaaliseksi magneettistimulaatioksi kutsutulla tekniikalla, silmät sidottujen koehenkilöiden kyky lukea pistekirjoitusta vaikeutui. Vaikeus hävisi vuorokauden kuluttua siitä, kun silmät peittävä sidos oli poistettu ja V1:n oli jälleen mahdollista käsitellä visuaalista aistitietoa. Lue lisää sivulta [7half.info/blindfold](#).

- 48 *Järjestelmän kompleksisuuden aste on sidoksissa siihen:* Kompleksisuus ei tarkoita aivojen järjestäytyneitä kehityskulkua jonkin polveutumishistorian kaavion tai *olemassaolon hierarkkisen ketjun* mukaan vähemmän monimutkaisesta monimutkaisempaan, niin että kehityksen huipentumana ovat ihmisaiivot. Myös muiden eläinten, kuten apinoiden ja matojen, aivoissa on monimutkaisuutta. Lue lisää sivulta [7half.info/complexity](#).
- 49 *Lihamurekeaiivot:* Sain inspiraation tämän termin käyttöön psykologi Steven Pinkerin kirjasta *The Blank Slate*. Siinä hän kuvaa ”yhdenmukaisen lihamurekkeen” kaltaista mieltä ”homogeeniseksi palloksi, jolla on yhtenäiset voimat”. Lue lisää sivulta [7half.info/meatloaf](#).
- 50 *Linkkuveitsiaivot:* Tähän termiin sain inspiraation evoluutiopsykologeilta Lea Cosmidesilta ja John Toobyilta, jotka ovat kuvanneet ihmismielen olevan kuin Sveitsin armeijan monitoimitaskuveitsi. Lue lisää sivulta [7half.info/pocketknife](#).
- 50 *Oikean, esimerkiksi 14-osaisen monitoimilinkkuveitsen:* Seuraavassa on muutamia matemaattisia yksityiskohtia 14-osaisesta monitoimilinkkuveitsestä. Kun linkkuveitsen työkalut ovat tietyssä asennossa, jota nimitän asetelmaksi, jokaisella työkalulla on kaksi mahdollista tilaa: käytössä tai ei käytössä. Neljätoista työkalua,

joilla kullakin on kaksi tilaa, tarkoittaa noin 16 000 mahdollista asetelmaa koko taskuveitselle:

$$2 \times 2 \times 2 \times 2 \times 2 \times 2 \times 2 \times 2 \times 2 \times 2 \times 2 \times 2 \times 2 \times 2 \times 2 = 2^{14} = 16\,384$$

Jos monitoimilinkkuveitseen lisätään viidestoista työkalu, asetelmien lukumäärä kaksinkertaistuu:

$$2 \times 2 \times 2 \times 2 \times 2 \times 2 \times 2 \times 2 \times 2 \times 2 \times 2 \times 2 \times 2 \times 2 \times 2 = 2^{15} = 32\,768$$

Jos kullekin työkalulle annetaan lisätoiminto, työkaluilla on silloin kolme mahdollista tilaa kahden sijasta – ensimmäinen tila, toinen tila tai ei käytössä. Näin linkkuveitselle saadaan paljon enemmän asetelmia:

$$3 \times 3 \times 3 \times 3 \times 3 \times 3 \times 3 \times 3 \times 3 \times 3 \times 3 \times 3 \times 3 \times 3 \times 3 = 3^{14} = 4\,782\,969$$

Neljän toiminnon työkaluista tulisi 4^{14} tai 268 435 456 kuviota ja niin edelleen.

- 53 *Hermosolut eivät ole kirjaimellisesti kytkeytyneitä toisiinsa:* Tämä havainto on kollegaltani Dana Brooksilta Northeastern University -yliopiston sähkö- ja tietotekniikan laitokselta.
- 53 *Fyysikot sanovat joskus, että valo kulkee aaltolina:* Tällä vertauskuvalla en viittaa aalto-hiukkasdualismiin, vaan myyttiin valovoimaisesta eetteristä, jota olen kuvannut liitemaininnassa ensimmäisen esseen kohdalla. Lue lisää sivulta 7half.info/wave.

KOLMAS OPPI

Lapsen aivot kytkeytyvät ympäristöönsä

- 55 *monet vastasyntyneet eläinvauvat ovat paljon kyvykkäämpiä kuin vastasyntyneet ihmisvauvat:* Toki monet vastasyntyneet eläinvauvat ovat myös vähemmän kyvykkäitä kuin vastasyntyneet ihmisvauvat. Esimerkkinä voidaan mainita rottien ja muiden jyräjoiden sokeat ja kaljut pienet poikaset.

58 ”Mitä useammin jotakin hermosoluyhteyttä käytetään, sitä vahvempi ja nopeampi siitä tulee”: Tämä sanonta on peräisin neurotutkija Donald Hebbiltä, ja ilmiö tunnetaan virallisemmin nimellä Hebbin teoria tai hebbiläinen plastisuus. Tarkkaan ottaen hermoimpulssin laukeaminen ei ole samanaikaista – yksi hermosolu laukeaa juuri ennen toista. Lue lisää Hebbin kirjasta *The Organization of Behavior: A Neuropsychological Theory*. Lue lisää sivulta 7half.info/hebb.

61 *voi ajatella olevan kuin lyhty*: Tämä ihastuttava vertauskuva ”huomion lyhdystä” on psykologi Alison Gopnikilta, joka tutkii lasten kognitiivista kehitystä. Lue lisää hänen kirjastaan *The Philosophical Baby: What Children’s Minds Tell Us About Truth, Love, and the Meaning of Life*.

Huomion jakamisen lisäksi muutkin kyvyt ovat todennäköisesti tärkeitä huomion valokeilan kehittämisessä. Yksi niistä on pään hallinta aivojen avulla – kyky, joka kehittyy ensimmäisten elinkuukausien aikana. Toinen on silmän lihasten hallinta, niin sanottu okulomotorinen hallinta, joka paranee ensimmäisten elinkuukausien aikana.

On myös syytä huomauttaa, että tutkijat kiistelevät yhä siitä, kuinka paljon ja minkälaista tarkkaavaisuuskapasiteettia vauvoilla syntyessään on. Monet yksilönkehitystä tutkivat tutkijat ovat sitä mieltä, että vastasyntyneet on geneettisesti ohjelmoitu kiinnittämään huomiota tiettyihin asioihin maailmassa (kuten siihen, onko jokin elossa vai ei), ja että myöhempi kehitys tukeutuu näihin synnynnäisiin taitoihin.

Lue lisää sivulta 7half.info/lantern.

69 *tulisi paljon halvemmaksi poistaa köyhyys kuin käsitellä sen seurauksia vuosikymmeniä myöhemmin*: Lapsiköyhyys maksaa Yhdysvalloille lähes biljoona dollaria vuodessa, sanotaan National Acade-

mies of Sciences, Engineering, and Medicine -tutkimuslaitoksen vuonna 2019 julkaisemassa lapsiköyhyysraportissa *A Roadmap to Reducing Child Poverty*. Lasten auttaminen pois köyhyydestä on raportin mukaan paljon halvempaa kuin köyhyyden seurauksista maksettava hinta lasten vartuttua. Kollegani psykologi Isaiah Picens huomauttaa ironisesti, että alamme kulttuurissamme kohdella ihmisiä vastuullisina teoistaan juuri silloin, kun köyhyyden ja vastoinikäymisten haittavaikutukset ilmenevät vakavammin. Lue lisää sivulta 7half.info/poverty.

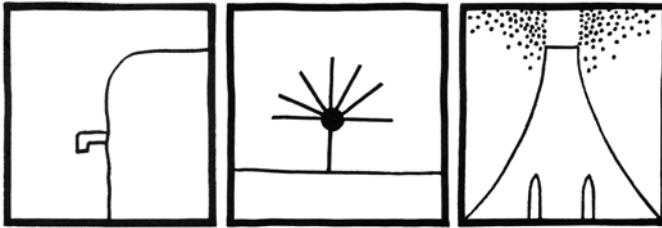
NELJÄS OPPI

Aivosi ennakoivat (lähes) kaiken tekemäsi

- 71 *mieheltä, joka oli palvellut Rhodesian eli nykyisen Zimbabwen armeijassa*: Kerron tästä sotilaasta myös vuonna 2018 pitämässään TEDx Talk -puheessa ”Cultivating Wisdom: The Power of Mood”, jonka voi katsoa sivulta 7half.info/tedx.
- 72 *näillä tulkinnanvaraisilla tiedonpalasilla*: Aistitiedot ovat paitsi epäselviä myös epätäydellisiä. Maailmaa ja kehoa koskevaa tietoa menetetään, kun verkkokalvo, sisäkorva ja muut aistinelimet käsittelevät tietoa ja lähettävät sitä aivoihin. Tutkijat kiistelevät yhä siitä, kuinka paljon tietoa varsinaisesti menetetään, mutta kaikki ovat yhtä mieltä siitä, että hermosolut välittävät maailmasta ja kehosta vähemmän aistitietoa kuin mitä on käytettävissä havaittavaksi. Lue lisää sivulta 7half.info/incomplete.
- 73 *Aivot kokoavat näitä palasia muistoiksi*: Ajatus siitä, että aivot antavat saapuvalle aistitiedolle merkityksen käyttämällä aiempia kokemuksia, on osittain samankaltainen kuin immunologi ja neurotutkija Gerald Edelmanin ehdotus, jonka mukaan ihmisen jatku-

va tietoinen kokemus on ”muistettu nykyisyys”. Lue lisää sivulta 7half.info/present.

- 74 *viivapiirrosta*: Kolme piirrosta ovat vesiputouksen alta lipuva sukellusvene, hämähäkki käsilläseisonnassa ja mäkihyppääjä ennen hyppyä katsomassa kaukana alhaalla olevaa yleisöä. Piirroksat ovat kirjasta *The Ultimate Doodles Compendium — The Absurdly Complete Collection of All the Classic Zany Creations of Roger Price*, © 2019 Tallfellow Press, Inc. Luvalla käytetyt kuvat SUBMARINE, GOING OVER A WATERFALL; SPIDER DOING A HANDSTAND; SKI JUMP AND SPECTATORS SEEN BY JUMPER. Lue lisää sivulta Tallfellow.com.



- 75 *”katsojan osuudeksi”*: Ajatus taideteoksen hahmottamisesta tulee taidehistorioitsija Alois Riegliltä, joka nimitti sitä ”katsojan osallistumiseksi”. Taidehistorioitsija Ernst Gombrich loi myöhemmin käsitteen *katsojan osuus*. Lue lisää sivulta 7half.info/art.
- 77 *arkipäivän hallusinaatioista*: Useiden vuosien ajan viittasin tietoiseen havainnointiin ja kokemiseen arkipäivän hallusinaationa, kunnes huomasin, että filosofi Andy Clark ilmaisee saman asian lennokkaasti kutsumalla tietoista kokemusta ”hallituksi hallusinaatioksi”. Lue lisää hänen kirjastaan *Surfing Uncertainty: Prediction, Action, and the Embodied Mind*. Nykyään muutkin tutkijat

käyttävät tätä samaa ilmaisua, etenkin neurotutkija Anil Seth hurmaavassa TED Talk -esityksessään ”Your Brain Hallucinates Your Conscious Reality”. Lue lisää sivulta 7half.info/hallucination.

- 85 *kuka kantaa vastuun, jos käyttäytyi huonosti*: Osa tähän aiheeseen liittyvästä tausta-aineistosta on peräisin omasta TED Talk -esityksestäni vuodelta 2018 ”You Aren’t at the Mercy of Your Emotions – Your Brain Creates Them”. Se on katsottavissa sivulta 7half.info/ted.

VIIDES OPPI

Aivosi työskentelevät salaa muiden aivojen kanssa

- 92 *kokeita, jotka osoittavat sanojen vaikutuksen*: Tutkimuslaboratoriossani on toteutettu tutkimuksia, joissa osallistujat kuuntelevat kuvauksia ja kuvittelevat niiden tapahtumia samalla, kun heidän aivojaan kuvataan. Tutkimuksista on raportoitu useissa tutkimusjulkaisuissa. Lue lisää sivulta 7half.info/words.
- 93 *monet kieltä prosessoivat aivoalueet* hallitsevat myös sisuksiamme: Aivoalueet, joita tutkijat kutsuvat ”kielialueeksi”, ovat suurelta osin päällekkäisiä ”oletusverkoksi” kutsutun verkon kanssa erityisesti aivojen vasemmalla puolella. Oletusverkko on osa laajempaa järjestelmää, joka ohjaa kehon sisäisiä järjestelmiä. Niihin kuuluvat muun muassa autonominen hermosto (joka puolestaan ohjaa sydän- ja verisuonijärjestelmää, hengitysjärjestelmää ja muita elinjärjestelmiä), immuunijärjestelmä ja umpieritysjärjestelmä (joka ohjaa hormonitoimintaa ja aineenvaihduntaa). Lue lisää sivulta 7half.info/language-network.
- 94 *Se voi näkyä esimerkiksi fyysisenä ongelmakäyttäytymisenä, hyökkäävänä kielenkäyttönä*: Hyökkäävä kielenkäyttö, ainakin lievässä muodossaan, on sidoksissa asiayhteyteen. Kaikki pillkaavat

ilmaukset eivät ole verbaalista aggressiota. Esimerkiksi naiset joskus kutsuvat toisiaan *muijaksi* ystävyyydenosoituksena tai jopa voimaannuttamiskeinona. Samoin sanat, jotka ovat yhdessä asia-yhteydessä myönteisiä, voivat toisessa tilanteessa olla aggressiivisia. Jos sanot jotakin romanttista kumppanillesi, joka reagoi sanomalla ”tule tänne ja sano se”, aivosi saattavat ennustaa suudelmaa. Jos taas pidät puoliasi kiusaajaa vastaan, joka reagoi sanomalla ”tule tänne ja sano se”, aivosi saattavat ennustaa uhkaa. Lue lisää sivulta 7half.info/aggression.

- 95 *pitkäaikainen krooninen stressi voi vahingoittaa ihmisaivoja*: Tutkimukset osoittavat, että krooninen stressi syö aivoja ja kehoa pitkällä aikavälillä riippumatta siitä, johtuuko stressi jatkuvasta fyysisestä, seksuaalisesta tai sanallisesta väkivallasta. Tällaiset tieteelliset tulokset ovat yllättäviä ja epämieluisia, joten on hyödyllistä tarkastella niitä lähemmin. Kerron tässä vain pienen osan, lisätietoja on verkkosivulla 7half.info/chronic-stress.

Ensinnäkin krooninen stressi aiheuttaa aivojen surkastumista. Se vähentää aivokudosta erityisesti aivojen osissa, jotka ovat tärkeitä kehobudjetoinnin (allostaasi), oppimisen ja kognitiivisen joustavuuden kannalta.

Mikä tarkalleen ottaen aiheuttaa surkastumista stressaantuneissa aivoissa? Ja miten nämä aivomuutokset liittyvät fyysisten sairauksien todennäköisyyden lisääntymiseen ja eliniän lyhenemiseen? Tutkijat tutkivat yhä biologisia yksityiskohtia. Tutkimuksia hankaloittaa se, että emme voi tarkastella elävän ihmisen aivojen mikroarkkitehtuuria riittävän yksityiskohtaisesti saadaksemme selville, millaisia muutoksia tarkalleen tapahtuu. Tämän vuoksi tutkijat tutkivat stressin vaikutusta muihin eläimiin kuin ihmisiin ja yleistävät sen jälkeen havaintonsa varovasti ihmisiin, sikäli kuin

se on mahdollista. Lue lisää esimerkiksi neuroendokrinologi Bruce McEwenin tutkimuksista.

Lapsuudessa tapahtuvalla kroonisella sanallisella väkivallalla on pitkäaikaisia vaikutuksia. Esimerkiksi 554 nuorta aikuista käsitäneessä tutkimuksessa tutkijat pyysivät osallistujia arvioimaan lapsuudenaikaista altistumistaan vanhempiensa tai ikätovereidensa sanalliselle väkivallalle. Tutkijat havaitsivat, että henkilöt, jotka kertoivat altistuneensa sanalliselle väkivallalle lapsuudessa, kokivat todennäköisemmin ahdistusta, masennusta ja vihaa nuorina aikuisina. Uskomatonta kyllä, nämä syy-yhteydet olivat yleisempiä kuin ne, jotka havaittiin perheenjäsenen harjoittamasta fyysisestä hyväksikäytöstä ilmoittaneilla henkilöillä. Kyseiset syy-yhteydet olivat myös verrattavissa niihin, jotka havaittiin perheen ulkopuolisen henkilön harjoittamasta seksuaalisesta hyväksikäytöstä ilmoittaneilla henkilöillä. Nämä havainnot ovat yhdenmukaisia sen hypoteesin kanssa, että lapsuuden aikainen krooninen sanallinen väkivalta altistaa mielialahäiriöille varhaisaikuisuudessa. Toisaalta vaihtoehdoisen tulkinnan mukaan mielialahäiriöistä kärsivät ihmiset muistavat enemmän hyväksikäyttöä, myös sanallista hyväksikäyttöä. Uudet tutkimukset ovat sen vuoksi tärkeitä, jotta pystymme määrittämään, kumpi näistä kahdesta hypoteesista on todennäköisimmin oikea.

Eräässä tällaisessa tutkimuksessa tutkijat mittasivat, millaisia biologisia vaikutuksia on sillä, että ihminen kasvaa rankassa tai kaoottisessa perheessä, jossa on paljon sanallista kritiikkiä ja konflikteja. Tutkijat mittasivat tulehduksen merkkiainetta (interleukiini 6) sekä aineenvaihdunnan häiriöiden merkkiainetta (kortisoliresistenssi) 135 naispuoliselta nuorelta. Osallistujia haastateltiin neljä kertaa kahdeksantoista kuukauden aikana. Osallistujilla, jotka kertoivat kasvaneensa rankassa perheympäristössä, jossa oli ollut paljon

sanallista väkivaltaa, ilmeni ajan myötä enemmän immuunijärjestelmän ja aineenvaihdunnan toimintahäiriöitä. Keskimääräisesti altistuneilla osallistujilla sitä vastoin ei ilmennyt muutoksia näissä merkkiaineissa, ja vähiten sanalliselle väkivallalle altistuneet olivat terveempiä. Muissa tutkimuksissa on havaittu samankaltaisia tuloksia – jatkuvalla aggressiolla altistuminen ajaa nuoret kehityspolulle, joka voi johtaa fyysisiin ja psyykkisiin sairauksiin.

Yhä useammassa tutkimuksessa osoitetaan johdonmukaisesti, että jatkuva sosiaalinen stressi, johon yleensä liittyy sanallista väkivaltaa, on yhteydessä psykiatristen ja fyysisten sairauksien esiintyvyyden lisääntymiseen. On esimerkiksi näyttöä siitä, että sanallinen väkivalta voi muuttaa immuunivastetta niin paljon, että piilevät herpesvirukset aktivoituvat uudelleen, tavallisista rokotteista saatava hyöty vähenee ja haavojen paraneminen hidastuu. Näissä tutkimuksissa ei tutkittu haavoittuvassa asemassa olevia ihmisiä vaan keskivertoihmisiä poliittisen kentän eri puolilta. On myös syytä huomauttaa, että nämä tulokset pitävät paikkansa riippumatta siitä, ilmoittavatko koehenkilöt *kokeneensa* voimakasta stressiä vai eivät. Lue lisää sivulta 7half.info/chronic-stress.

- 96 *stressin vaikutuksia syömiseen*: Mainitsin kaksi tutkimusta stressistä ja siitä, miten ihmisen elimistö sulattaa ruokaa. Molemmat tutkimukset ovat psykologi Janice K. Kiecolt-Glaserin ja hänen kollegoidensa toteuttamia. Viiden kilon vuosittainen painonnousu perustuu oletukseen, että on stressaantunut ennen yhtä ateriaa joka päivä – 104 kaloria kertaa 365 päivää jaettuna 3 500 kalorilla puolta kiloa kohti. Tarjoan mielelläni tällaisia tieteellisiä nippelitietoja, kun illanistujaisten tunnelma on lässähtämässä ja tarvitaan piristysruiske. Lue lisää sivulta 7half.info/eat.

KUUDES OPPI

Aivot synnyttävät monenlaisia mieliä

- 101 *Kun Indonesiaan kuuluvan Balin saaren ihmisiä pelottaa, he vaipuvat uneen:* Lainasin tämän esimerkin psykologeilta Batja Mesquitalta ja Nico Frijdalta. He siteeraavat vuonna 1942 julkaistua etnografista tutkimusta *Balinese Character*, jossa antropologit Gregory Bateson ja Margaret Mead havaitsivat, että balilaisilla on taipumus vaipua uneen, kun he joutuvat kohtaamaan jotakin vierasta tai pelottavaa. Heidän tulkintansa mukaan balilaiset karttoivat sitä, minkä he kokivat pelottavana, aivan kuten ihmiset saattavat tehdä sulkemalla silmänsä karmean tai jännittävän elokuvan aikana. Batesonin ja Meadin mukaan uneen vaipuminen oli sosiaalisesti hyväksytty reaktio pelkoon. Balilaiset käyttävät siitä ilmaisua *takoet poeles*, joka tarkoittaa suomeksi ”pelossa nukkua”. Lue lisää sivulta 7half.info/sleep.
- 102 *Thunbergin mieli toimii autismikirjon pohjalta:* Greta Thunbergilla on omien sanojensa mukaan Aspergerin oireyhtymä, mutta tätä nykyä oikea diagnostinen termi on *autismikirjon oireyhtymä*. Lue lisää sivulta 7half.info/thunberg.
- 103 *Hildegard Bingeniläinen:* Hildegard Bingeniläinen uskoi, että hänen näkynsä, joita hän kutsui ”valossa elämisen varjoksi”, olivat ohjeita Jumalalta. Vuosien mittaan hän dokumentoi näkynsä sekä kirjoittamalla että kuvataiteen keinoin. Selvyiden vuoksi haluan todeta, että *en* diagnosoi Hildegard Bingeniläisellä olleen skitsofreniaa tai mitään muutakaan vakavaa mielenterveyden häiriötä. Totean pikemminkin yleisellä tasolla, että mikä on yhdelle ihmiselle mystinen kokemus voi olla toiselle sairauden oire sen mukaan, millaisesta historiallisesta tai kulttuurisesta kontekstista on kyse. Useat tutkijat ovat jälkikäteen diagnosoineet Hildegard Bingeni-

läisellä olleen erilaisia sairauksia, mutta tällaiseen toimintaan on suhtauduttava äärimmäisen varovaisesti. Lue lisää sivulta 7half.info/bingen.

- 103 *Sellainen mieli voisi syntyä linkkuveitseen rinnastetusta kuvitteellisesta aivorakenteesta*: Kun linkkuveitsivertauksen ja lihamurekevertauksen vastakkainasettelua sovelletaan (aivojen sijasta) mieleen, vastaa se ehkä parhaiten nativismin ja empirismin keskinäistä vastakkainasettelua. Tässä filosofisessa kiistassa on kyse siitä, onko tieto synnynnäistä vai kokemuksen kautta opittua. Ja kiista on riehunut jo tuhansia vuosia. Psykologien keskuudessa tässä yhteydessä väitellään toisinaan mielen modulaarisuudesta ja assosioinnista. Lue lisää sivulta 7half.info/nativism.
- 104 *Vaihtelu on elintärkeää lajin selviytymiselle*: Charles Darwin esitti kirjassaan *Lajien synty*, että lajin yksilöiden välinen vaihtelu on edellytys luonnonvalinnalle evoluution aikana. Laji on monimuotoinen joukko yksilöitä. Parhaiten tiettyyn ympäristöön sopeutuneet yksilöt selviytyvät todennäköisemmin hengissä ja siirtävät geeninsä jälkeläisilleen (jotka myös todennäköisemmin selviytyvät ja lisääntyvät). Darwinin ajatus vaihtelusta tunnetaan nimellä *populaatioajattelu*, ja se on evoluutiobiologi Ernst Mayrin mukaan yksi Darwinin suurimmista innovaatioista. Mayr alustaa aiheesta kirjassaan *What Makes Biology Unique* Mayr. Perusteellisempi katsaus löytyy hänen kirjastaan *Toward a New Philosophy of Biology*. Lue lisää sivulta 7half.info/variation.
- 105 *Myers–Briggsin persoonallisuustyyppi-indikaattori*: MBTI:llä ja monilla muilla persoonallisuustesteillä ei ole sen kummempaa tieteellistä pätevyyttä kuin horoskoopeillakaan. Vuosien saatossa saadut todisteet osoittavat, että MBTI ei täytä väitteitään eikä ennusta johdonmukaisesti työsuoritusta. Siitä huolimatta tällaiset persoon-

nallisuustestit houkuttelevat muutoin niin kyvykkäitä johtajia tekemään päätöksiä, jotka eivät hyödytä työntekijöitä eivätkä yritystä. Miksi testitulokset tuntuvat niin totuudenmukaisilta, kun ne saa? Koska testissä kysytään, mitä ihminen *uskoo* itsestään. Testin tuloksissa nämä uskomukset on tiivistetty, ja kun ne annetaan takaisin testattavalle, ei ole mikään ihme, että ne sopivat niin hyvin! Asian ydin on tämä: Ihmisten käyttäytymistä ei voi mitata kysymällä ihmisiltä heidän mielipiteitään heidän omasta käyttäytymisestään. Käyttäytymistä on tarkkailtava useissa eri yhteyksissä. (Lisäksi samat ihmiset voivat olla rehellisiä joissakin yhteyksissä ja epärehellisiä toisissa, introvertteja joissakin yhteyksissä ja ekstrovertteja toisissa ja niin edelleen.) Lue lisää sivulta 7half.info/mbti.

- 107 *Affektiiviset kokemukset vaihtelevat miellyttävistä epämiellyttäviin ja rauhoittavista kiihdyttäviin*: Affektiivista kokemusta kuvataan sivulla 108 esitetyllä matemaattisella kaaviolla, jota kutsutaan *kehämalliksi (circumplex)*. Sen esitteli ensimmäisenä psykologi James A. Russell. Kehämallilla kuvataan suhteita geometriaan kuuluvan ympyrän muodossa. Tässä tapauksessa kuvataan affektiivisten tunnekokemusten välisiä suhteita ja osoitetaan, että kyseisille tunnekokemuksille on ominaista samanaikaisesti vähintään kaksi psykologista ulottuvuutta: kiihdyttävä (korkea energiataso) ja rauhoittava (matala energiataso) sekä miellyttävä ja epämiellyttävä. Kehältä näkyvä tunnekokemusten samankaltaisuus eli esimerkiksi miellyttävällä affektiivisellä kokemuksella on korkea energiataso ja se saa ihmisen toimimaan ja päinvastoin. Lue lisää sivulta 7half.info/circumplex.
- 109 *jokin sovelluksen tai älykellon tapainen, jonka avulla voisimme säätää kehubudjettia*: Kerron tästä myös vuonna 2018 pitämässäni TEDx Talk -esityksessä ”Cultivating Wisdom: The Power of Mood”, joka on katsottavissa verkkosivulla 7half.info/tedx2.

SEITSEMÄS OPPI

Aivomme osaavat luoda todellisuuden

- 114 *Sosiaalisen todellisuuden ja fyysisen todellisuuden raja on huokoinen:* Tämä huokoinen raja paljastuu helposti makuaistia koskevissa kokeissa, kuten tässä esseessä mainitsemissani viiniä ja kahvia koskevissa tutkimuksissa. Vakavammin otettava esimerkki löytyy kolmannelta esseeltä, jossa käsiteltiin köyhyyden noidankehää. Yhteiskunnan asenteet köyhyydessä eläviä ihmisiä kohtaan ovat sosiaalista todellisuutta, ja ne vaikuttavat aivojen kehityksen fyysiseen todellisuuteen. Tämä lisää todennäköisyyttä, että näistä lapsista kasvaa aikuisia, jotka elävät köyhyydessä. Lue lisää sivulta 7half.info/porous.
- 115 *uskomme sen olevan yhteydessä seuraavien viiden kyvyn yhteisvaikutukseen:* Ne kehittyvät yhdessä vahvistaen toisiaan ja antavat ihmisille kyvyn luoda sosiaalista todellisuutta laajassa mittakaavassa. Neljä näistä – luovuus, kommunikaatio, matkiminen ja yhteistyö – ovat saaneet inspiraationsa evoluutiobiologi Kevin Lalandin tutkimuksista, ja selostukseni perustuu pitkälti hänen kirjaansa *Darwin's Unfinished Symphony: How Culture Made the Human Mind*. Laland ei käsittele sosiaalisen todellisuuden roolia ihmisen evoluutiossa, mutta hän käsittelee siihen liittyvää kulttuurievoluution käsitettä. Lue lisää sivulta 7half.info/5C.
- 116 *1800-luvun tutkimusmatkailijoista:* Esimerkki tutkimusmatkailijoista, jotka tekivät yhteistyötä alkuperäiskansojen kanssa, on peräisin antropologi Joseph Henrichin kirjasta *The Secret of Our Success: How Culture Is Driving Human Evolution, Domesticating Our Species, and Making Us Smarter*. Lue lisää sivulta 7half.info/explore.

117 *Tarvitaan vielä viides tekijä*, tiedon pakkaaminen: Aistitiedon pakkaamista tapahtuu aivojen eri osissa. Tässä yhteydessä tarkoitetaan aivokuorella tapahtuvaa pakkaamista etenkin aivokuoren kerroksissa II ja III. Hermoratayhteydet näissä kriittisissä kerroksissa ovat erittäin tehokkaasti kytkeytyneet, mikä edistää pakkaamista.

Suuret, monimutkaiset ja pakkaamiseen kykenevät aivot eivät kuitenkaan todennäköisesti yksinään riitä siihen, että pienet sosiaalisen todellisuuden palaset voivat liittyä yhteen sivilisaatioksi. Tarvitaan myös oikeat aineenvaihduntaolosuhteet, mukaan luettuna maataloutta, jotta saadaan riittävästi energiaa ihmisen aivojen rakentamiseen ja ylläpitämiseen tehostettuine hermora-takytkeytymisineen. Hyödyllistä keskustelua aiheesta on Kevin Lalandin kirjassa *Darwin's Unfinished Symphony*. Voit lukea lisää myös evoluutiobiologi Richard Wranghamin kirjasta *Catching Fire: How Cooking Made Us Human*. Lue lisää sivulta 7half.info/metabolic.

118 *aistitietoa silmistä, korvista ja muista aistinelimistä*: Silmät, korvat, nenä ja muut kehon aistinelimet keräävät aistitietoa, joka muunnetaan aivojen käyttämiksi hermosignaaleiksi. Aistitieto kulkee yleensä useiden väliasemien kautta, ennen kuin se saavuttaa aivot. Esimerkiksi silmän verkkokalvon (silmämunan takaosaa reunustavan ohuen kerroksen) aistinsoluja kutsutaan fotoreseptoreiksi, ja ne muuttavat valoärsykkeet hermosignaaleiksi. Nämä signaalit kulkevat näköhermoksi kutsuttua hermosäiekimppua pitkin. Suurin osa näköhermon hermosäikeistä kulkee ulompaan polvitumakkeeseen, joka on osa talamusta. Talamuksen päätehtävänä on välittää kehosta ja ulkomaailmasta tuleva aistitieto aivokuorelle. Aivokuorelta hermosignaalit kulkevat aivokuoren takarai-volohkossa sijaitseviin hermosoluihin, joiden muodostamaa aluet-

ta kutsutaan myös primaarisiksi näköaivokuoreksi. Pieni määrä aksoneja haarautuu näköhermosta ja kulkee muihin aivokuoren alapuolisiin rakenteisiin, kuten hypotalamukseen, joka on tärkeä kehon sisäisten järjestelmien säätelyssä.

Useimmat aistijärjestelmät toimivat samalla tavalla lukuun ottamatta olfaktorisia järjestelmiä, jotka muodostavat hajuaistin. Solut, jotka muuttavat ilmassa olevat kemikaalit hermosignaaleiksi, sijaitsevat rakenteessa nimeltä hajukäämi. Nämä solut lähettävät tietoa suoraan aivokuorelle talamuksen ohi. Hermosignaalit tuovat hajuaistitietoa primaariselle hajuaivokuorelle, joka on osa aivosareksi nimettyä aivoaluetta. Aivosaaari on aivokuoren osa ohimo- ja otsalohkojen välissä. Lue lisää sivulta 7half.info/sense-data.

- 119 *Pakkaamisen ansiosta aivot kykenevät abstraktiin ajatteluun:* Tutkijat yrittävät yhä päästä yksityiskohtaisesti selville siitä, miten aivot pakkaavat tietoa ja miten tiedon pakkaaminen johtaa abstraktioihin. Pitkään on käyty kiivasta keskustelua siitä, kuinka paljon aisti- ja liiketietoa säilyy hyvin pakatuissa abstraktioissa. Jotkut tutkijat ovat esittäneet, että abstraktiot ovat *multimodaalisia* eli ne sisältävät tietoa kaikista aisteista. Toiset taas ovat sitä mieltä, että abstraktiot ovat *amodaalisia* eli ne eivät sisällä mitään aistitietoa. Minun näkemykseni mukaan todisteet puoltavat multimodaalista hypoteesia. Esimerkiksi kaikkein tiiviimmin pakatut yhteenvedot luodaan aivokuoren alueilla, joita neurologit ja neuroanatomistit kutsuvat *heteromodaaliseksi*. Nämä alueet käsittelevät useista aisteista peräisin olevaa aistitietoa sekä motorista tietoa.

Oletettavasti aivot voivat luoda abstraktioita muillakin keinoilla kuin pakkaamalla, koska muut eläimet, joilla ei ole valtavia aivoja (kuten koirat) tai joilla ei ole aivokuorta (kuten mehiläiset),

voivat pitää kahta asiaa samankaltaisina niiden toiminnan perusteella. Toisin sanoen ne pystyvät jossain määrin abstrahoimaan havaintojensa sisältöainesta. Lue lisää sivulta 7half.info/abstract.

- 122 *kaikki viisi kykyä ovat punoutuneet yhteen ja vahvistavat toisiaan:* Tästä ajatuksesta ja sen merkityksestä ihmisen evoluutiolle käydään jatkuvaa tieteellistä väittelyä. ”Synteettisen evoluutioteorian” nimellä tunnetussa evoluutionäkökulmassa yhdistetään perinnöllisyystiede (alkaen Mendelin genetiikasta) ja Darwinin luonnonvalintateoria ja oletetaan, että geenit ovat ainoa vakaa tapa siirtää tietoa sukupolvelta toiselle. Esimerkkinä voidaan mainita evoluutiobiologi Richard Dawkinsin esittämä itsekkäiden geenien hypoteesi. ”Laajennetun evolutiivisen synteessin” nimellä tunnettu näkökulma sisältää käsitellyt viisi kykyä ja perustuu havaintoihin, joissa tunnistetaan muita sukupolvien yli vakaina pysyviä tiedonsiirtolähteitä (esimerkiksi visuaalisesta ympäristöstä peräisin olevat aistitiedot, jotka rakentavat aivojen hermosolukytkentöjä evoluution aikana, sekä kulttuurinen tiedonsiirto). Laajennetussa evolutiivisessa synteessissä otetaan huomioon evolutiivinen ja yksilönkehityksen neurotiede (”evodevo”) ja ehdotetaan muitakin tiedonsiirtokeinoja, kuten epigenetiikkaa ja ekologisten lokeroiden rakentamista sekä kulttuurievoluutiota ja geenien ja kulttuurin yhteisevoluutiota. Esimerkkejä ovat Barbara Finlayn ja Kevin Lalandin näkemykset. Tämän tieteellisen keskustelun laajuus ei mahdu tämän esseen puitteisiin, mutta lukulista löytyy verkko-osoitteesta 7half.info/synthesis.
- 123 *kyseiselle tikulle annettaisiin erillinen itsenäinen merkitys, joka on enemmän kuin pelkkä fyysinen tikku:* Simpansseilla ja monilla muilla eläimillä kuin ihmisillä on valta-asemahierarkioita, mutta niitä ei ole luonut sosiaalinen todellisuus, eikä sosiaalinen todelli-

suus myöskään ylläpidä niitä. Jos kaikki ryhmän simpanssit ovat yksimielisiä siitä, kuka ryhmän jäsenistä on alfauros, se johtuu siitä, että alfauros tappaa ne, jotka haastavat sen. Tappaminen on fyysistä todellisuutta. Useimmat ihmisjohtajat pysyvät nykyään vallassa murhaamatta vastustajiaan. Lue lisää sivulta 7half.info/sticks.

124 ”*Me emme luo fantasiamaailmaa paetaksemme todellisuutta. Me luomme sen selviytyäksemme maailmassa.*” Tämä kirjailija ja sarjakuvapiirtäjä Lynda Barryn sitaatti fantasiamaailmoista on hänen kirjastaan *What It Is*. Lue lisää sivulta 7half.info/barry.

125 *fyysisiä ominaisuuksia, kuten ihonväri*: Ihon pigmentaatio on kehittynyt suhteessa ympäristön ultraviolettivalon määrään. Vaaleat ihonvärit ovat sopeutuneet ympäristöihin, joissa ultraviolettivalon (UV-valon) määrä on vähäinen. Vaalean pigmentaation ansiosta iho pystyy imemään auringonsäteitä ja tuottamaan D-vitamiinia, joka on tärkeää luiden kasvun, luun lujuuden ja terveen immuunijärjestelmän kannalta. Tummemmat ihonvärit ovat sitä vastoin sopeutuneet ympäristöihin, joissa UV-valoa on runsaasti, koska tumma pigmentaatio estää ihoa imemästä liikaa auringonsäteitä. Tämä puolestaan hidastaa solujen kasvun ja aineenvaihdunnan kannalta tärkeän B9-vitamiinin eli folaaatin tuhoutumista, mikä on erityisen tärkeää raskauden alkuvaiheessa (koska auringonvalo hajottaa folaattia). UV-säteilyn voimakkuus riippuu siitä, kuinka lähellä päiväntasaajaa on, mutta ihon läpi tunkeutuvan UV-valon määrä riippuu ihon pigmenttisydestä. Asiaa käsitellään lähemmin antropologi Nina Jablonskin kirjassa *Living Color: The Biological and Social Meaning of Skin Color*. Lue lisää sivulta 7half.info/skin.

Lue lisää sivustolta sevenandahalflessons.com!