

Kai Kaila

## Sosiaalisen tietoisuuden evoluutiosta

**B**iologian tärkein selityskehys on evoluutio-  
teoria. Theodosius Dobzhansky on kiteyt-  
tänyt: ”In biology nothing makes sense  
except in the light of evolution.” Biologia kuu-  
luu luonnontieteisiin, mutta se on lisäksi syväl-  
lisellä tavalla historiatiede. Jo Charles Darwin  
sovelsi evoluutioteoriaansa ihmisen ja muiden  
olentojen psyykkisten ominaisuuksien tarkaste-  
luun sekä vertailuun, ja suurelta osin nykyisen  
tietoisuuden tutkimuksen valtavan volyymin  
voidaan ajatella heijastavan evolutiivisen lähes-  
tymistavan toista aaltoa. Koska tietoisuus ei ole  
jostain toisesta todellisuudesta ihmisaivoihin  
tipahtanut ominaisuus tai kyky, on sille haetta-  
va evolutiivinen selitys.

Mihin eliö tarvitsee tietoisuuttaan? Mitä  
hyötyä on tietoisuudesta? Ensi kuulemalta, var-  
sinkin vuosituhantisen ontologisen pohdinnan  
rinnalla, nämä kysymykset voivat kuulostaa  
latteilta tai naiiveilta, mutta biologiassa ne ovat  
syntyneet samalla välttämättömyyden pakolla  
kuin kosmologiset kysymykset fysiikassa. Ke-  
hityshistorian lisäksi tietoisuudelle on haettava  
mekanistisia, aivojen toimintaan liittyviä seli-  
tyksiä. Tietoisuuden tutkimuksessa evolutiivi-  
set ja mekanistiset selitykset tarvitsevat ja täy-  
dentävät toisiaan. Mutta ennen kuin niitä voi-  
daan etsiä, on tutkimuskohde rajattava selvästi.

Tietoisuus (consciousness) on yksilön kyky  
luoda sisäisiä mielikuvia ja subjektiivisia koke-  
muksia maailmasta. Se, että on tietoinen jostain  
(awareness), on tämän kyvyn ilmentymä. Tie-  
toisuutta voidaan pitää jonkinlaisena rajallise-  
na, sarjallisiin operaatioihin kykenevänä men-  
taalisenä ”työtilana” tai ”alustana” (platform),  
jonka sisältönä voi olla aistihavainto ulkomaail-  
masta taikka kuvitelma, uni, muisto tai muu  
subjektiiviseen maailmaamme liittyvä seikka.

Samassa työtilassa tapahtuvat myös yksilön toi-  
minnan suunnittelu ja ohjaus sekä toiminnan  
menestyksellisuuden arviointi. Tietoisuus jos-  
takin merkitsee usein myös verbaalista rapor-  
toitavuutta.

### Preadaptaatio: aivojen ”esitieto” reaalimaailmasta

Tietoisuuden sisällön jako ”ulkoiseen” ja ”si-  
säiseen” maailmaan on kaikkea muuta kuin di-  
kotominen. Hetkittäiset aistimuksemme eivät  
sellaisenaan synnytä havaintoja: ne ainoastaan  
päivittävät aivojemme rakentamaa mallia to-  
dellisuudesta. Tämän sisäisen mallin rakenne-  
ainekset ovat syntyneet kehityshistoriamme  
aikana, johon kuuluvat sekä vuosimiljoonainen  
evoluutiomme että yksilönkehityksemme.

Eliöissä syntyy evoluution aikana erilaisia  
sopeutumia ympäristöön, niin fysikaaliseen  
kuin sosiaaliseenkin. Tämä merkitsee ihmisen  
yksilönkehityksessä sitä, että kukin yksilö on  
jo syntyessään monella tavalla sopeutunut ympä-  
röivään todellisuuteen. Kalojen evien ja ruu-  
miin muoto ovat sopeutumia, joissa rakentei-  
den anatomia ja fysiologia heijastavat vesiym-  
päristön ominaisuuksia. Ei myös ole sattumaa,  
että valoaistinsolujemme näköpigmentit ovat  
virittyneet sähkömagneettisen säteilyn spekt-  
rin sille alueelle, jolla sijaitsee auringon säteilyn  
vettä ja ilmaa läpäisevien sekä kiinteistä kappaleista osin (niiden värit määräävällä tavalla) hei-  
jastuva aallonpituuksien kaista.

Kaikkien elävien olentojen – niin bakteerien  
kuin ihmistenkin – biologiset rakenteet ja funk-  
tiot ovat evoluution seurauksena preadaptoitu-  
neet siihen todellisuuteen, johon uudet yksilöt  
syntyvät. Evoluution ja yksilönkehityksemme

aikana rakentuneita ”ontologisia oletuksia” ja ”esitietoa” ulkomaailman ominaisuuksista liittyvät kaikkiin havaintoihimme, abstraktiin ajatteluun, jopa sosiaaliseen tietoisuuteemme.

Missä määrin ihmisen monimutkaisimmat kognitiiviset aivotoiminnot, esimerkiksi sosiaalinen tietoisuus, heijastavat evolutiivista preadaptoitumista? Usein tehdään se perustavanlaatuisen virhe, että opittu ja ”synnynnäinen” asetetaan vastakohtiksi. Jokaisella lajilla on sille tyypillinen valikoima erilaisia oppimisen muototyyppisiä (muun muassa habituaatio, ehdolliset heijasteet, assosiativinen oppiminen), ja jokaisen tällaisen muototyypin sisällä on havaittavissa lajispesifisiä rajoituksia. Eri lajien erilaiset oppimiskyvyt ovat synnynnäisiä. Oppimisen erilaiset muototyypit ovat syntyneet lajin kehityshistorian tuloksena.

Usein kuvitellaan, että matkiminen on alkeellinen oppimisen muoto, siinä vain toistetaan toisen yksilön teko tai ilme. Kun vastasyntynyt vauva, muutaman tunnin kuluessa syntymästään, työntää kielensä ulos nähdessään äitinsä tai isänsä tekevän niin, herää luonnollisesti kysymys, miten vauva voi tietää, että sen toiminta tuottaa tietyn tuloksen – siis tässä tapauksessa ilmeen matkimisen. Vastasyntynyt ei ole koskaan edes nähnyt itseään sen enempää kuin kenenkään kieltä!

Toteamus, että kysymyksessä olisi heijaste tai etologiasta tuttu kiinteä liikemalli, ei selitä tätä käyttäytymistä. Ainoa mahdollisuus on olettaa, että vastasyntyneen matkimiseen tarvitsema tieto on esitiedon luonteista. Matkiminen liittyy olennaisesti sosiaalisen tietoisuuden varhaiskehitykseen. Se ei kuitenkaan ole tietoista toimintaa siinä mielessä kuin puhumme omasta tietoisesta arkipäivän käyttäytymisestäämme.

## Aivojen neurobiologisen ja kognitiivisen toiminnan ilmiöt

Ihmislajien evoluution erityispiirre on aivojen nopea kasvu viimeksi kuluneen vuosimiljoonan aikana. Nykyihmisen aivojen anatomia on

40 000–100 000 vuotta vanha eli evolutiivisesti nuori. Aivojen monimutkaistuminen on johtanut tehokkaaseen positiiviseen takaisinkytkentään, jossa esivanhempamme ovat joutuneet vuorovaikutussuhteeseen yhä rikkaamman ja monimuotoisemman ulkomaailman kanssa, niin fyysisen kuin sosiaalisenkin. Tämä puolestaan on synnyttänyt nopeasti uudenlaisia valintapaineita, jopa täysin uudenlaisia valinnan ulottuvuuksia, joissa nimenomaan sosiaaliset

vuorovaikutukset ovat olleet keskeisiä.

Aivomme eivät pintapuolisesti tarkasteltuna vaikuta kovinkaan merkilliseltä



kudokselta: puolentoista kilon verran hytelömää, jossa risteilee tiheä verisuonten verkosto. Se on kuitenkin paljastunut maailmanlaajuisuuden mutkikkaimmaksi järjestelmäksi. Aivomme koostuvat noin  $10^{11}$  hermosolusta, joista kukin käsittelee tietoa ja johtaa signaaleja muihin soluihin. Yhdellä ainoalla hermosolulla voi olla kymmeniä tuhansia kytkentöjä muihin hermosoluihin, ja näiden yhteyksien kokonaismääräksi on arvioitu  $10^{14}$ – $10^{15}$ .

Muutama kuutiomillimetri aivokuorta sisältää kilometrien verran hermosoluhaarakkeita. Näiden yhteydet (synapsit) syntyvät millimetrin tuhannesosien tarkkuudella, ja niiden toiminnalle on ominaista muovautuvuus (plasticisuus), joka on välttämätön ominaisuus aivotoiminnan kehityksessä ja muuntuvuudessa. Hermosolut ja niiden keskinäiset kytkennät järjestäytyvät dynaamisiksi hermoverkoiksi, jotka puolestaan muodostavat rinnakkaisia sekä hierarkkisesti rakentuneita järjestelmiä.

Kun aivoja tarkastellaan järjestelmänä, silmiin pistävät elementtien ja niiden kytkentöjen valtava määrä sekä rinnakkainen tietojenkäsittely. Tähän aivojen neurobiologiseen ilmiösuun verrattuna kognitiivisen toiminnan ilmiö on täysin erilainen: tietoisuutemme sisällön elementit ovat varsin harvalukuisia, ja tietoisuuden prosessoinnin luonne on sarjallinen, ei rinnakkainen. Vaikka pystymme tekemään joitain asioita rinnakkain, esimerkiksi ajamaan pyörällä ja keskustelemaan, on toinen toimintoista tietoisuutemme kohteena

(keskustelu), jolloin toinen on suurelta osin automatismi (pyöräily). Jälkimmäinen saa täyden huomionsa, mikäli jotain odottamatonta tapahtuu – esimerkiksi kun vastaan tulee ajokinsa hallinnan menettänyt autoilija.

## Aistihavainnot ja niiden rinnakkainen käsittely

Vain erittäin pieni osa aivotoiminnastamme osallistuu välittömästi tietoisten mielikuvien ja tekojen syntyyn. Tälle osalle on vaikeaa antaa selkeää kvantitatiivista ilmaisua, mutta esimerkki puhukoon puolestaan: Katselemme tennisottelua, jolloin seuraamme tarkasti pallon vaihtelevaa kulkurataa. Miten aivojemme näköjärjestelmä prosessoi silmämme verkkokalvolle lankeavan pallon optiseen projektiioon liittyvää nopeasti vaihtelevaa informaatiota?

Jo verkkokalvolla tämä tieto hajotetaan useaan rinnakkaiseen reittiin, josta kukin käsittelee pallon piirteitä. Näistä tärkeimmät ovat kohteena olevan kappaleen muoto, väri ja liike. Kutakin näistä käsitellään rinnakkaisesti, samaan aikaan, näköradan ja aivokuoren asianomaisiin tehtäviin erikoistuneilla alueilla.

Tämä aistintiedon hajottamisen ja rinnakkaisen käsittelyn strategia ei päde ainoastaan liikuvien kappaleiden seuraamiseen, vaan periaate pätee kaikkiin havaintomekanismeihimme: aistinten välityksellä saamamme tieto ulkomaailmasta hajotetaan erilaisiksi ja eri objekteihin liittyviksi ominaisuuksiksi tai piirteiksi. Aivot muodostavat sisäisen representaation kustakin kappaleesta siten, että nämä piirteet yhdistyvät reaali maailman kappaleita ja niiden ominaisuuksia simuloivalla tavalla, ja muodostavat näin osan ulkomaailman jatkuvasti päivittyvästä subjektiivisesta mallista.

## Elämmekö virtuaalitodellisuudessa?

Havaitsemiseen liittyvä monimutkainen toiminta, aistininformaatioon liittyvien piirteiden analyysi ja aktiivinen kokoaminen havainnoiksi johtavat kysymykseen, ovatko havaintomme ”tosia” vai elämmekö virtuaalitodellisuudessa. Tietoisuuden tutkimuksen biologisesta näkökulmasta on tärkeää muistaa Jakob von Uexkül-

lin korostama seikka: vaikka ulkoinen todellisuus on sama kaikille, jokainen laji elää lajispesifisessä maailmassa. Sen piirteet vastaavat reaali maailman niitä ominaisuuksia, jotka ovat evoluution aikana olleet lajin kehityshistorian kannalta merkittäviä.

Suurin osa havaintomaailmamme aineksista on sisäsyntyistä, ja aistininformaatio ainoastaan päivittää aivojen tuottamaa mallia ulkomaailmasta. Aivojen synnyttämän ulkomaailman mallin validiteetti on jatkuvan testauksen kohteena: mallin validiteettia koettelee elion toiminta. Epävalidi malli johtaa virheelliseen toimintaan ja siten lisää todennäköisyyttä karsitua luonnonvalinnan seurauksena. Aivojen muodostama ulkoisen todellisuuden sisäinen malli rakentuu siten pragmaattiselle perustalle.

## Valintapaineet: energia ja toiminnan nopeus

Miksi rinnakkainen tietojenkäsittely on eräs kaikkein keskeisimmistä aivotoiminnan perusominaisuuksista? Yksinkertainen vastaus on nopeus. Evoluution ”valuuttana” toimivat rajalliset tilaan, materiaan ja energiankäyttöön liittyvät resurssit niin aivoissa kuin muissa elinjärjestelmissä. Planeettamme historian aikana valtaosa, ehkäpä yli 99,99 % kaikista lajeista on kuollut sukupuuttoon. Kilpailu eloonjäämisestä on vaatinut jatkuvaa resurssien käytön optimointia.

Vaikka nykyihmisen aivot ovat suuret, niiden paino on vain noin 2–3 % ruumiin kokonaispainosta. Levossa olevan aikuisen aivojen energiankulutus on siitä huolimatta 20 % kehon kokonaiskulutuksesta, vastasyntyneellä jopa 60%! Nämä luvut kuvaavat sitä valtavaa investointia, joka kehityshistoriassamme on uhrattu evolutiivisen kelpoisuuden keskeiseksi perustaksi nousseen aivotoiminnan ylläpitämiseen.

Aivojen toiminnan solutasoinen tutkimus on myös osoittanut, että hermosolujen viestinnässään käyttämä koodaus minimoi tiedon käsittelyyn ja siirtoon tarvittavan energian. Jos kaikki hermosolumme toimisivat samanaikaisesti enimmäiskapasiteetilla, energia-aiheen vaihdunnasta syntyvä lämpö tappaisi aivokudoksen.

Rinnakkainen tietojenkäsittely on ilmeisesti ollut ekonomisin strategia, joka nopeuttaa yksilön reagoivia ulkomaailman tapahtumiin ja mahdollistaa tarkan motorisen säätelyn. Neuraalisesta prosessoinnista ja siihen liittyvästä ulkomaailman mallin päivittämisestä ei olisi mitään hyötyä, jos tällä käsittelyllä voitaisiin laskea lähestyvän kiven tai petoeläimen liikeraata tarkasti, mutta hitaasti. Kriittisissä tilanteissa se merkitsisi hermostollisen prosessorin nopeaa loppua.

Valintapaine on suosinut yhä nopeammin reagoivia rakenteita ja käsittelystrategioita. On ilmeistä, että tiedonkäsittelyn nopeus on ollut kaikkein voimakkaimmin aivojen evoluutiota muokannut tekijä. Tietoisesti kontrolloidun motoriikan, muun muassa peukalon ja etusormen tarkkuusotteen, tarkan heittoliikkeen ja muun (visuo)motorisen koordinaation kehittyminen sekä jatkuva muovautuvuus ovat olleet esivanhempiemme henkiinjäämisen kannalta ratkaisevia kilpailuvaltteja.

## Sosiaalinen tietoisuus

Suuri osa kädellisten aivokuoren toiminnasta liittyy näköinformaation käsittelyyn – apinat ja ihminen elävät lajispesifissä maailmassa, joka on hyvin visuaalinen. Visuaalisen informaation lisäksi sosiaalisen todellisuuden hahmottaminen ja sosiaalinen vuorovaikutus vaativat erityisen suuren osan aivokuoren resursseista.

Sosiaalinen vuorovaikutus vaatii yksilötasolla tietoa ja oletuksia muiden yksilöiden tietoisuuden (”mielen”) ominaisuuksista ja tilasta: Mitä aikeita toisella on? Onko toisen yksilön aie todellinen vai tarkoituksellista huijausta? Ihmisen aivojen kasvua selittävissä sosiaalisen älyn teorioissa korostetaan vaihtelevasti yhteistyötä, parisuhteiden muodostamista tai machiavellistisia näkökohtia, mutta on selvää, että sosiaalisen todellisuuden hahmottaminen ja oman toiminnan sopeuttaminen siihen on ihmisaivojen vaativin tehtävä. Ei ole sattumaa, että suurin osa ahdistuksestamme liittyy juuri sosiaaliseen vuorovaikutukseen: menneeseen, nykyiseen ja myös odotettavissa olevaan.

Kädellisten evoluutiossa sosiaalisen ryhmän laajenemisen rinnalla on havaittavissa saman-

aikainen aivojen koon kasvu, joka liittyy erityisesti isoaivojen kuorikerrokseen ja sen etumaisiin alueisiin. Nämä ovat evoluutiivisesti nuorimmat rakenteet aivoissamme, ja ihmisen yksilönkehityksessä ne saavuttavat täyden kypsytyensä vasta noin 25 ikävuoden jälkeen. Lääketieteen historian traagisiin virheisiin kuuluva lobotomia, jolla tähdättiin muun muassa skitsofreniaan liittyvän sietämättömän ahdistuksen ja harhaisuuden hoitamiseen, merkitsi ennen kaikkea prefrontaalisen aivokuoren kytkentöjen kirurgista poistamista.

## Mielen teoria

Ihmisyksilön sosiaalisen tietoisuuden kehityksessä on monta rajapyykkiä, joista kiinnostavimpiin kuuluu ”mielen teoria”. Sillä ei tarkoiteta mitään tieteellistä teoriaa, vaan varhaislapsuudessa asteittain kehittyvää sosiaalisen tietoisuuden perustavanlaatuista piirrettä. Yksi mielen teorian piirteistä on lapselle kolmen vuoden ikään mennessä kehittyvä kyky ymmärtää, että muilla yksilöillä on omia tietoja, oletuksia ja uskomuksia maailmasta. Se merkitsee kykyä myös ymmärtää, että tietoisuuden sisältöä ei toinen yksilö voi suoraan havaita.

Tätä piirrettä voidaan testata varsin yksinkertaisesti. Lapselle näytetään kuvasarja, jossa Sofia asettaa nukun vaunuihin. William piilottaa nukun komeroon sillä aikaa kun Sofia on hetken poissa. Sen jälkeen koehenkilöltä kysytään, mistä Sofia palattuaan etsii nukkea: komerosta vai vaunuista? Kolme vuotta nuoremmat lapset vastaavat säännöllisesti ”komerosta”, mutta heitä vanhemmat antavat yleensä oikean vastauksen, ”vaunuista” – eihän Sofia voi tietää, mitä William oli tehnyt.

Onko muilla kädellisillä mielen teoriaa? Tästä nähtävästi kysymykset jakavat tutkijat kahteen jyrkkään puolesta tai vastaan -sektioon, mutta kuten Darwin huomautti, yleensä ihmisen ja muiden kädellisten evoluutiossa ei ole kysymyksessä niinkään paljon kvalitatiivisista kuin kvantitatiivisista eroista. Ihmisapinoiden käyttäytymisessä on havaittu piirteitä, joiden on tulkittu vaativan tietoista eläytymistä toisen yksilön asemaan.

## Peilisolut

Ihmisen ja muiden kädellisten biologiaan kuuluu olennaisesti yhteisöllisyys. Minua ei ole ole-massa ilman sinua, meitä ja heitä. Tämä on yksi niistä syistä, jotka asettavat koneiden ”tietoisuuden” tutkimuksen historiattomaan ja jopa koomiseen valoon.

Miten pystymme ymmärtämään toisten yksilöiden tarkoitushakuista toimintaa ja siihen liittyviä intentioita ja emotioita? Peilisolujen löytyminen kolme vuosikymmentä sitten tarjoaa esimerkin siitä, miten ongelmaa lähestytään neurobiologian kautta. Giacomo Rizzolatti työtovereineen osoitti, että apinoiden aivoissa on hermosoluja, jotka eivät ainoastaan osallistu yksilön omien tarkoitushakusten liikkeiden suorittamiseen. Ne reagoivat myös voimakkaasti silloin kun yksilö tarkkailee toisen yksilön tarkoitushakuista toimintaa!

Näitä soluja kutsutaan peilisoluiksi. Ne eivät perusta toimintaansa visuaalisen informaation konseptuaaliseen käsittelyyn – ne toimivat tavalla, jossa tahdonalaisen toiminnan piirteet ”tunkeutuvat” havainnoitsijan peilisoluihin. Monet tutkijat olettavat, että peilisolujen avulla pystymme havaitsemaan tekoihin liittyviä intentioita ja emotionaalisia vivahteita.

”Peilitoimintaa” on havaittu myös rotan aivokuoren alueilla, jotka aktivoituvat kipua aistivissa järjestelmissä, kun se näkee toisen yksilön kokevan kipua. Peilisolujärjestelmämme muodostavat osan yksilöitä toisiinsa liittävästä sosiaalisesta sillasta, jonka kautta saamme elämyksellistä tietoa toistemme mielen sisällöstä.

## Tietoisuus, minuus, muisti ja aika

Mielen teorian kehittymisen lisäksi 3–4 vuoden ikään liittyy toinenkin merkittävä käännekohta ihmisen kognitiivisessa kehityksessä. Tätä varhaisemmista lapsuuden tapahtumista meillä ei ole selkeitä muistikuvia. Sigmund Freud antoi tälle kehityspsykologiselle ilmiölle nimen varhaislapsuuden amnesia. Se, että aikuinen ihminen ei kykene muistamaan varhaislapsuutensa

tapahtumia, ei johdu kuluneen ajan määrästä: sama tilanne pätee myös seitsemänvuotiaaseen lapseen. Varhaislapsuuden amnesia ei tietenkään tarkoita, että alle kolmevuotiaiden lasten muisti ei toimisi. Tämän näennäisen ristiriidan ymmärtämiseksi on lähdettävä liikkeelle siitä, että meillä on käytössämme erilaisia muistin lajeja.

Muistimekanismien muototyyppit voidaan luokitella monella tavalla, joista yksi on jako proseduraaliseen ja deklaratiiviseen muistiin.

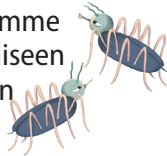
Ensin mainittu on käytössä, kun opimme ajamaan pyörää, käyttämään ruuvimeiseliä tai tekemään solmuja. Jälkimmäinen tarkoittaa kykyä oppia tosiasioita ulkomaailmasta.

Kun rotta oppii muistamaan oikean reitin labyrinttikokeessa, on kyseessä deklaratiivinen muisti. Ihmisen on mahdollista ilmaista verbaalisesti eli deklaroida deklaratiivisen muistinsa piirissä olevat asiat. Kirjallisuudessa on kuvattu neurologisia potilastapauksia, jossa deklaratiivinen muisti on käytännössä kadonnut isoaivojen ohimolohkovaurioiden vuoksi, mutta proseduraalinen muisti on jäänyt toimintakykyiseksi. Tällaisen vaurion saanut henkilö ei muista mitään tapahtumia edes edelliseltä päivältä, ja hänelle perheenjäsenetkin ovat päivittäin uusia tuttavuuksia.

Erityisesti virolaissyntyinen psykologi Endel Tulving on kiinnittänyt huomiota siihen, että deklaratiivinen muisti jakautuu edelleen kahteen kategoriaan. Episodiseen muistiin kuuluvat alkuperäisiä kokemuksiamme kertaavat subjektiiviset muistikuvat omasta menneisyydestämme. Autobiografisen muistin välttämättömänä ehtona toimii semanttinen muisti. Se käsittelee kaikkea oppimaamme faktatietoa, esimerkiksi sellaista, jota on hankittu lukemalla kirjoja tai päivälehtiä.

Semanttisen muistini avulla tiedän, että Norja ja Ruotsi ovat naapurimaita tai että neliö on suorakaide, jonka kaikki sivut ovat yhtä pitkät, mutta minulla ei ole aavistustakaan (toisin sanoen subjektiivista, elämyksellistä muistoa) siitä, milloin ja miten olen oppinut nämä seikat. Se, että ainoastaan tietää jonkin määrätyn

Ei ole sattumaa, että suurin osa ahdistuksestamme liittyy juuri sosiaaliseen vuorovaikutukseen

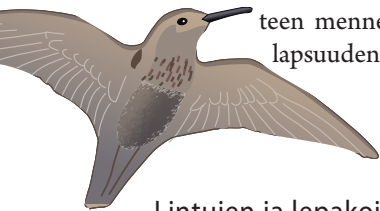




tosiasian omasta menneisyydestään, ei sinänsä vielä tarkoita, että kysymyksessä olisi autobiografisen muistin toiminta. Voin esimerkiksi tietää löytämäni postikortin perusteella, että vietin saaristossa osan kesästä viisikymmentä vuotta sitten, mutta en välttämättä muista autobiografisella tavalla, missä tilanteessa sain tuon postikortin tai että näin ylimalkaan tapahtui.

Autobiografinen muisti merkitsee aiemmin koetun tapahtuman uudelleen kokemista tietoisuutemme sisäisessä maailmassa. Sana ”muisteleminen” viittaa usein juuri tähän, ja autobiografista muistia voidaan pitää eräänlaisena minän aikamatkailuna. Autobiografisen muistin spontaania, yllättävän voimakasta aktivoitumista tapahtuu usein, kun koemme jonkin tutun hajun – ehkäpä tämä liittyy siihen, että monet muistille tärkeät aivojen alueet ovat evoluutiossamme palvelleet juuri hajuaistiin liittyviä toimintoja.

On mahdollista, että autobiografinen muisti on ihmisen tietoisuuden makrotason nuorin piirre. Tämä kehityshistoriallinen nuoruus on sopusoinnussa sen kanssa, että autobiografinen muisti tulee toiminnalliseksi vasta 3–4 ikävuoteen mennessä. Näin myös varhaislapsuuden amnesia saa selityksensä.



Lintujen ja lepakoiden siipien kehittyminen on klassinen esimerkki konvergoivan evoluution tuloksesta



## Tietoisuuksien konvergoiva evoluutio

Lintujen ja lepakoiden siivet ovat kehittyneet eturaajoista evoluution aikana erilaisilla tavoilla. Tämä on klassinen esimerkki konvergoivan evoluution tuloksesta. Olisiko mahdollista, että samankaltaisia tietoisuuksia on myös

syntynyt eri eläinlajeilla eri tavoin?

Vertaileva lähestymistapa on yksi biotieteiden perinteisimmistä ja tehokkaimmista strategioista, ja monien kädellisten (esimerkiksi makakien ja simpanssien) tutkimuksen rinnalle on hiljattain syntynyt runsaasti kiinnostusta sosiaalisten lintujen (varislinnut ja papukaijat) kognitiivisiin toimintoihin.

Samoin kuin kädellisillä, myös monilla sosiaalisilla linnuilla aivojen suhteellinen osuus ruumiin painosta on suuri. Niiden aivot vastaavat suhteelliselta kooltaan simpanssin aivoja. Nisäkkäiden ja erityisesti kädellisten aivojen kehitystä on hallinnut isoaivojen kuorikerroksen voimakas kasvu levymäiseksi kuusikerroksiseksi rakenteeksi, aivokuoreksi, jota linnuilla ei ole. Lintujen isoaivojen evoluutio on tuottanut monimutkaisen mutta makroanatomisesti erilaisen rakenteen, joka myös palvelee tietoisia toimintoja. Lintujen aivot eivät vastaa matelijoiden aivoja, kuten vielä hiljattain oletettiin.

Tutkimusaihe, joka on erityisen paljon valottanut sosiaalisten lintujen kognitiivisia toimintoja, on kohdistunut ravinnon varastointiin. Sinitöyhtönärhillä tehdyt kokeet ovat osoittaneet, että ne eivät ainoastaan pysty muistamaan mitä ruoka-aineksiä ne ovat piilottaneet mihinkin paikkoihin ympäristössään, vaan hyvin tarkasti myös sen, milloin yksittäinen varastointikerta on tapahtunut. Erilaiset ravintoaineet pilaantuvat eri nopeuksilla, ja nämä linnut pystyvät joustavasti muuttamaan varastojensa käyttöä sen mukaan, millaisia kokemuksia niillä on erilaisten ruokien ”parasta ennen -ajasta”.

Niiden käyttäytymiseen kuuluu lisäksi monimutkaisia strategioita, joiden tavoitteena on joko varastaa ruokaa toisen yksilön varastosta tai suojella omia varastojaan varkailta. Kuvaavaa on, että suojelustrategioita ryhtyvät kehrittelemään ainoastaan ne yksilöt, jotka ovat itse varastaneet: kyllä varas varkaan tuntee! Kyseessä on jatkuva kilpavarustelu varastointi- ja varkausmenetelmien välillä, ja käyttäytymisen monimutkaisuus on siten saavuttanut tason, joka on ollut viime vuosikymmeniin asti tuttua vain kädellisiä koskevista havainnoista.

Ilmeisesti monet varislinnut pystyvät muistointiin, joissa täyttyy autobiografisen muistin mitä-missä-milloin-ehto. Varislinnut

pystyvät myös alkeelliseen työkalujen valmistamiseen ja käyttöön puhtaasti oivalluksen kautta, ilman yritykseen ja erehdykseen perustuvaa oppimista.

Tietoisten toimintojen vertaileva tutkimus on osoittanut, että sosioekologiset tekijät ovat luoneet sekä linnuille että kädellisille samanlaisia evoluution valintapaineita, jotka ovat johtaneet konvergoivan evoluution kautta hyvin samantapaiseen sosiaaliseen tietoisuuteen, vaikka aivojen rakenteet ovat erilaisia.

## Ihmisen ainutlaatuisuus?

Darwinin mukaan ihmisen ja alempien eläinten mentaaliset kyvyt eivät eroa laadultaan, mutta valtavan suuresti määrältään. Tämä toteamus sisältää historiallisen merkityksensä lisäksi hegeliläisen ongelman: miten erottaa laadullinen määrällisestä? On myös epäselvää, missä määrin apinoiden sosiaalinen käyttäytyminen perustuu mielen teoriaan tai sen rudimentaarisin muotoihin. Paljon huomiota saanut ihmisen kognitiivista ainutlaatuisuutta puoltava argumentti lienee Tulvingin väite, että autobiografinen muisti on ainoastaan ihmisen tietoisuuden piirre.

On selvää, että ihmisen subjektiivinen ajantaju johtaa välttämättömyyden pakosta tietoisuuteen yksilötason olemassaolon ajallisesta rajallisuudesta. Lajitoverien hautaamiseen liittyvät seremoniat saivat alkunsa noin 100 000 vuotta

sitten, joka vastaa nykyihmisen aivojen makroevoluution viimeisintä vaihetta. Ovatko siis iäisyyskysymykset kirjaimellisesti näin vanhoja?

Ihmisen lajityypilliseen biologiaan liittyy keskeisesti kulttuurievoluutio, jonka perimmäinen merkitys yksilötasolla on huolehtiminen jälkeläisten ja oman yhteisön tulevaisuudesta oman kuoleman jälkeen. Vastaavanlaisia käyttäytymispiirteitä ei ole havaittu muun kuin ihmislajin piiristä. Argumentit, joilla halutaan osoittaa, että juuri ihminen on tekojensa kautta syyllistymässä lajimme ja ehkä kaiken elävän tuhoutumiseen, ovat pohjimmiltaan ilmaisuja, joissa toteutuu huoli oman eksistenssin jälkeisistä olosuhteista.

Prefrontaalinen aivokuoremme askartelee jatkuvasti menneiden tekojen vaihtoehtojen punnitsemisessa, niiden motiiveissa, oikeutuksissa ja seurauksissa. Darwinin mukaan ”Vain moraalinen olento pystyy mietiskelemään menneitä tekojaan ja niiden motiiveja; ja se että vain ihminen ansaitsee tulla nimetyksi tässä, on varmasti suurin osoitus hänen ja alempien eläinten eroista”. ■

Varhaisempi versio kirjoituksesta on julkaistu Suomen Tiedeseuran Sphinx-vuosikirjassa 2004–2005.

### KAI KAILA, FT, professori

Neurobiologian laboratorio, molekulaariset ja integratiiviset biotieteet (MIBS) sekä Neurotieteen tutkimuskeskus (HILIFE), Helsingin yliopisto

### KIRJALLISUUTTA

1. Buzsáki G, Kaila K, Raichle M. Inhibition and brain work. *Neuron* 2007;56:771–83.
2. Carrillo M, Han Y, Migliorati F. Emotional mirror neurons in the rat's anterior cingulate cortex. *ELife* 2019;29:1301–12.e6.
3. Darwin C. The descent of man, and selection in relation to sex. New York: Appleton 1871.
4. Diamond J. Quantitative evolutionary design. *J Physiol* 2002;542:337–45.
5. Edgin JO, Liu Y, Hughes K, ym. The “eyes have it” but when in development? *Hippocampus* 2020;30:815–28.
6. Emery NJ, Clayton NS. The mentality of crows: convergent evolution of intelligence in corvids and apes. *Science* 2004;306:1903–7.
7. Hayne H. Infant memory development: implications for childhood amnesia. *Developmental Rev* 2004;24:33–73.
8. Iacoboni M, Rizzolatti G. Grasping the intentions of others with one's own mirror neuron system. *PLoS Biol* 2005;3:e79.
9. Jarvis ED, Güntürkün O, Bruce L. Avian brains and a new understanding of vertebrate brain evolution. *Nat Rev Neurosci* 2005;6:151–9.
10. Kaila K. Hermoston ja käyttäytymisen biologiaa. Helsinki: Otava 1985.
11. Lorenz K. Die Rückseite des Spiegels. Versuch einer Naturgeschichte menschlichen Erkennens. München: R. Piper & Co 1973.
12. Mithen S. The prehistory of the mind. The cognitive origins of art and science. London: Thames and Hudson 1996.
13. Neubauer S, Hublin JJ, Gunz P. The evolution of modern human brain shape. *Science Advances* 2018;4:eao5961.
14. Nieder A, Wagener L, Rinnert P. A neural correlate of sensory consciousness in a corvid bird. *Science* 2020;369:1626–9.
15. Premack D, Premack A. Original intelligence. New York: McGraw-Hill 2003.
16. Stacho M, Herold C, Rook N, ym. A cortical canonical circuit in the avian forebrain. *Science* 2020;369:eabc5534.
17. Tulving E. Episodic memory and auto-noesis: uniquely human? Kirjassa: Terrace HS, Metcalfe J, toim. The missing link in cognition: origins of self-reflective consciousness. Oxford: Oxford University Press 2005, s. 3–56.

Kai Kaila on neurobiologian ja fysiologian tutkija ja opettaja Helsingin yliopistossa. Hän haluaa jouluartikkelinsa yhteydessä kiittää lapsenlapsiaan Sofiaa ja Williamia vuosien tiiviistä ja vuorovaikutteisesta yhteistyöstä ihmisen sosiaalisen tietoisuuden kehityksessä.