

Erottava tekijä

PAULI BRATTICO

1 Johdanto

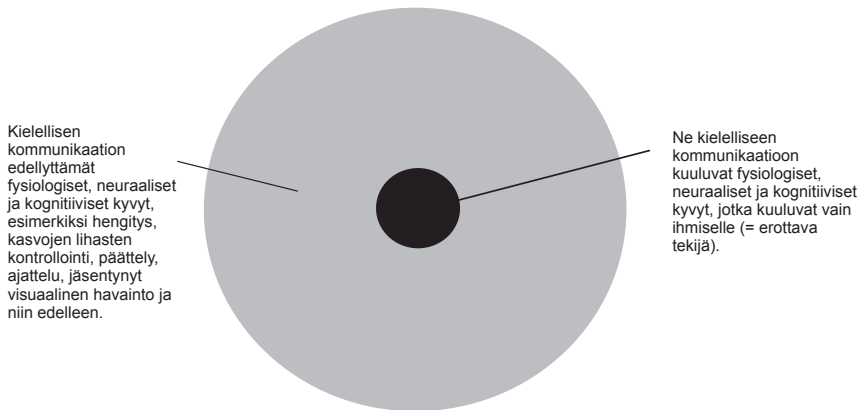
Ihmisten kielellinen kommunikaatio poikkeaa muista tunnetuista kommunikaatiojärjestelmistä. On olemassa geneettinen ja aivoperäinen tekijä, joka erottaa ihmiset muista eläimistä ja yhdessä muiden kognitiivisten rakenteiden kanssa mahdollistaa luonnollisen kielen oppimisen ja käyttämisen terveiden ihmislasten, mutta ei minkään muun eläinlajin tapauksessa. Tätä ”erottavaa tekijää” ja sen liittymäkohtia muun kognition kanssa voidaan tutkia aivokuvantamisen, genetiikan, psykolingvistiikan, eläintieteen ja kielitieteen keinoin, jotka yhdessä muodostavat biolingvistisen tutkimusohjelman (Lenneberg 1967; Jenkins 2001; Chomsky 2005; Brattico 2008). Biolingvistinen tutkimus täydentää muita kielentutkimuksen suuntauksia eikä ole niille vastakkainen.

Erottava tekijä liittyy ihmisen kykyyn omaksua luonnollinen kieli. Lapsi oppii luonnollisen kielen spontaanisti. Kun monet kulttuurin kehityksen tasosta herkästi riippuvat representaatiojärjestelmät, kuten kirjoittaminen, matematiikka, koulufysiikka, Suomen poliittinen järjestelmä, liikennesäännöt tai kielitieteen teoriat täytyy vaihtelun tuloksin pakottaa lapsen tai nuoren muistiin tämän saavutettua riittävät kognitiiviset valmiudet, kolmevuotias lapsi omaksuu puhutun tai viitotun kielen ilman systemaattista pakotusta. Uusi luonnollinen kieli voi syntyä ilman ulkopuolisia vaikutteita tai ylivertaisia kognitiivisia valmiuksia yhdessä sukupolvessa (Sandler, Meir, Padden & Aronoff 2005; Pinker 1994).¹ Kieli on kaikkia ihmisiä yhdistävä tekijä, toisin kuin useimmat kulttuuriset sääntöjärjestelmät. Kieli on kognitiivinen universaali. Voidaan ajatella, että erottava tekijä tarjoaa ihmislapselle kognitiivisen työkalupakin, joka avaa oven kielen maailmaan samalla tavalla kuin hänen näköjärjestelmänsä avaa oven visuaaliseen, näkemisen maailmaan. Tämän kyvyn varaan lapsi rakentaa oman kielensä ja omintakeisen tapansa käyttää sitä. Jos työkalupakki puuttuu, kielellisen kommunikaation maailma ei avaudu.

Kieli ihmisen käyttäytymismuotona on paitsi tämän erottavan tekijän niin myös monien muiden kognitiivisten kykyjen tulosta. Tällaisia kognitiivisia kykyjä ovat muun muassa muisti, päättely, havaitseminen ja mielikuvat. Jos erottava tekijä on määritelty

1. Laadullisesti samantapainen ilmiö on tavattu muualta eläinmaailmasta. Esimerkiksi linnut, jotka eivät altistu lainkaan aikuisten lintujen laululle, konvergoivat samaan laulukieloppiin muutamassa sukupolvessa (Fedér, Wang, Mitra & Tchernichovski 2009).

neurokognitiiviseksi järjestelmäksi, joka erottaa ihmisen muista eläimistä, niin sama ei päde ilman lisäolettamuksia niihin kognitiivisiin rakenteisiin, joita kielelliseen kommunikaatioon tarvitaan erottavan tekijän lisäksi. Esimerkiksi simpansseilla on pitkäkestoinen ja lyhytkestoinen muisti sekä monia kognitiivisia valmiuksia. Toisin sanoen on mahdollista, että luonnollisessa kielessä näkyy paljon sellaisia piirteitä, jotka periytyvät evolutiivisesti kaukaa ja esiintyvät näin ollen myös muilla eläimillä. Juuri tällä kumulatiivisella mallilla biologiassa selitetään uusien ominaisuuksien ilmaantumista (Phillips 2008; Whiting, Bradler & Maxwell 2003; Fisher & Marcus 2006). ”Luonto ei juuri keksi täysin tyhjästä”, kirjoittaa Sean Carroll, vaan ”[p]ikemminkin se muotoilee uudelleen olemassa olevia rakenteita työkalupakin geneeillä, jotka ovat jo käytettävissä” (Carroll 2005: 182). Esimerkiksi niveljalkaisten mitä moninaisimmat raajalisäkkeet perustuvat yhteiseen, evolutiivisesti muinaiseen rakenteeseen. Uudet innovaatiot ovat vanhojen järjestelmien muunnoksia, ja todennäköisesti sama pätee kieleen. Idea on havainnollistettu kuvassa 1.



Kuva 1.

Kielelliseen kommunikaatioon liittyvät fysiologiset, neuraaliset ja kognitiiviset prosessit voidaan jakaa kahteen kategoriaan. Toiseen kategoriaan kuuluvat kaikki ne henkiset toiminnot, jotka vaaditaan kielellisen kommunikaation toteuttamiseen. Tämän alapätkänsä ovat sellaiset toiminnot, jotka liittyvät vain ihmisiin. Erottava tekijä yhdessä muiden evolutiivisesti vanhempien rakenteiden kanssa tuottaa kielen siinä hyvin poikkeavassa olomuodossa, jossa se esiintyy ihmisillä. Tässä artikkelissa pohditaan erottavan tekijän olemusta kognitiivisena, neuraalisena ja evolutiivisena ilmiönä. Kuva on mukaelma lähteestä Hauser, Chomsky & Fitch (2002).

Kielen omaksumiseen tarvittava kognitiivinen työkalupakki kokonaisuudessaan on synnynnäinen järjestelmä siinä mielessä, että se käynnistää ja mahdollistaa kielen oppimisen olemalla itse oppimisen ennakkoehto.² Se voidaan käsittää oppimisalgorit-

2. Artikkelin arvioija huomautti arviossaan, että tällöin ”ihmisyhteisön sosiaalinen ja kulttuurinen kehitys selittävänä tekijänä suljetaan pois” sen sijaan, että ”varhaisenkin yhteisöllisyyden, ympäristön ja kulttuurin tekijät” otettaisiin huomioon. Jos kulttuurisen kehityksen hypoteesi asetetaan synnynnäisyshypoteesia vastaan, se ennustaa, että erottava tekijä ei voi siirtyä perimän kautta sukupolvelta toiselle. Näinhän on laita esimerkiksi monien matemaattisten taitojen ja tietojen kohdalla. Esimerkiksi alkuluvun käsite ei välity sukupolvelta toiselle ilman kulttuurisia tukirakenteita ja pedagogisia ponniste-

miksi, jonka etsintäaavaruus on rajoittunut. Millainen oppiminen tahansa vaatii tällaiset rajoitukset (Nowak, Komarova & Niyogi 2002, 2001; Brattico 2008: 27–47). Jopa monet konnektionistiset hermoverkkomallit, jotka esiintyvät vahvasti oppimista painottavina teorioina, ovat kapeasti rajattuja sen suhteen, millaisia lainalaisuuksia ne voivat periaatteessa oppia. Ne perustuvat poikkeuksellisen vahvalle synnynnäisyshypoteesille. Näin määriteltynä emme ole vielä ottaneet kantaa siihen, ovatko synnynnäiset rajoitukset kielellisiä (Chomsky 1965), päättelyä koskevia (Itkonen 2005; Tomasello 2003) vai kenties hermoston fysiologisia ominaisuuksia (Chomsky 2005). Ne voivat olla sekoitus eri tekijöitä.

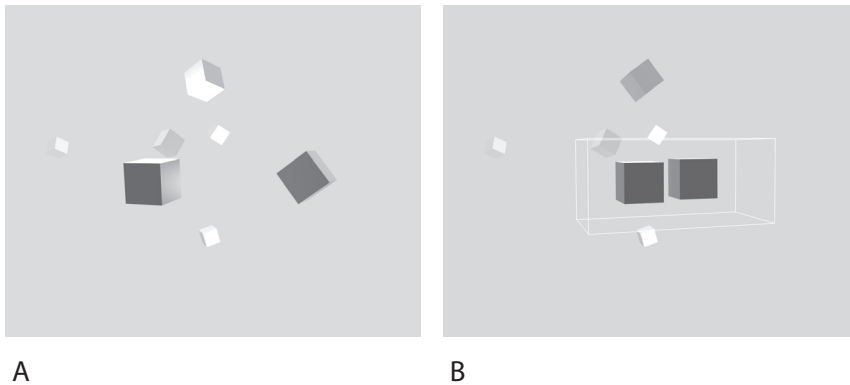
Jos synnynnäinen oppimismekanismi määrää omaksumisen ennakkoehdot, niin kielen omaksuminen tuottaa jokaisen kielenpuhujan ainutkertaisen ja ainutlaatuisen kielen. Tähän kuuluvat kaikki ne kielelliseen käyttäytymiseen kuuluvat prosessit ja representaatiot, joita yksittäisellä puhujalla on käytössään. Niinpä jokaisella meistä on itse asiassa oma kieliensä, kun kieli ymmärretään kielellisenä käyttäytymisenä, ihmisen muistiin painamina kielen normatiivisina sääntöinä tai ilmaisujoukkoina. Kun jonkin ryhmän käyttämät kielet ovat riittävän samankaltaisia, voimme tehdä erotteluja murteiden ja varsinaisten kielten, kuten suomen tai saamen, välillä. Koska murrerajat eivät ole selväpiirteisiä, nämä rajanvedot ovat käytännöllisiä ja sopimuksenvaraisia. Toisinaan niiden taustalla vaikuttaa erilaisia kielestä riippumattomia pyrkimyksiä, kuten kansallishenkisyys. Biolingvistiikassa kaikki kielet, murteet, tyylit ja puhutavat nähdään saman biologisen tekijän ilmentyminä. Yksittäisen ihmisen, ryhmän tai kansan käyttämää kieltä voidaan kuvata autonomisen kielentutkimuksen näkökulmasta.

2 Komputationaalinen järjestelmä

Ihmisen synnynnäiseen kielikykyyn kuuluu jokin läpitukenava kognitiivinen järjestelmä, jota muilla eläimillä ei joko ole lainkaan tai se esiintyy täysin toisenlaisessa, ehkäpä heikommassa muodossa (Genter, Fenn, Margoliash & Nusbaum 2006; Michelsen 1999). Luonnollinen kieli on ominaisuuksiltaan ainutlaatuinen, muiden eläinten kommunikaatiojärjestelmistä merkittävästi poikkeava ilmiö. Mikä tämä läpitukenava kognitiivinen ominaisuus on? Jo Descartes huomasi yhden merkittävän poikkeavuuden: luovuuden. Ihmiset yhdistelevät sanoja ja lausekkeita monimutkaisten rekursiivisten sääntöjen mukaan, eikä vastaavaa luovuutta ole vielä havaittu muilla eläimillä. Melko yleisen uskomuksen mukaan erottavaan tekijään kuuluu tämän perusteella diskreetti kombinatorinen representaatiojärjestelmä (Chomsky 2008; Brattico & Liikkanen 2009; Brattico 2010; Friederici 2004; Friederici, Bahlman, Heim, Schubotz & Anwander 2006). Tällä tarkoitetaan representaatiojärjestelmää, jossa representaatioita tuotetaan

luja. Sama ei päde kielikykyyn. Kielikyvyn reaalistuminen ei vaadi minkäänlaisia kulttuurisia kehitysaskeleita, ainoastaan alkeellisen, laajalti eläinmaailmastakin tavattavan kommunikaatio- ja sosialisatioprosessin. Niinpä kielikyky yhdessä erottavan tekijän kanssa välittyy mitä suurimmalla todennäköisyydellä sukupolvesta toiseen perimän välityksellä.

kombinoimalla niitä diskreetteistä osista (Corballis 1991; Fodor 1975; Fodor & Pylyshyn 1988). Järjestelmän olemusta on hahmotettu kuvassa 2.

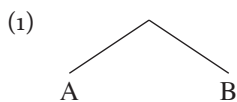


Kuva 2.

Kielen taustalla vaikuttaa kombinatorinen liitostamisoperaatio, joka rakentaa monimutkaisia representaatioita (B) yhdistelemällä niitä primitiivisistä osista (A). Prosessi on iteratiivinen, jolloin kompleksinen representaatio (B) voidaan liittää toisiin representaatioihin uudestaan ja uudestaan.

Jos erottavaan tekijään kuuluu diskreetti kombinatorinen järjestelmä, vastaavaa neurokognitiivista mekanismeja ei pitäisi voida todentaa muulta lajilta kuin ihmiseltä. Käsitteiseni mukaan väite pitää nykytiedon valossa paikkansa. Hypoteesi on kumottavissa koejärjestelyllä, jossa jonkin muun lajin osoitetaan kykenevän käsittelemään kombinatorisia representaatioita ja ärsykeitä. Toiseksi hypoteesi sisältää olettamuksen, että ihmisen aivoissa todella on tällainen järjestelmä. Itse en keksi mitään järkiperusteista tapaa kiistää tätä olettamusta. Jos pystyt hahmottamaan merkkijonoihin ab, aabb, aaabbb, aaaabbbb jne. kätkeytyvän säännön, olet läpäissyt testin.

Biolingvistiikassa kombinatorista järjestelmää mallinnetaan liitostamisprosessina (engl. *merge*), joka yhdistää kaksi mentaalista objektia uudeksi kokonaisuudeksi, ja rekursiivisesti uudestaan. Näin voidaan muodostaa vaikkapa lauseke *ruskea lehmä* yhdistämällä toisiinsa sanat *ruskea* ja *lehmä*. Järjestelmän lähtöelementteinä ovat morfeemit ja kieliopilliset piirteet. Morfeemit ovat formaaleja symboleita, joilla on liittymäpinta merkitykseen ja puheen tuottoon tai ymmärtämiseen. Sanojen liittäminen yhteen luo representaatioita, joilla on osia eli konstituentteja. Esimerkiksi lauseen konstituentteja ovat ainakin sen sanat. Brattico (2008) kutsuu operaatiota liitostamiseksi (engl. *merge*). Kielentutkimuksessa liitostamisessa syntyneitä yksiköitä merkitään puurakentein, jotka kuvaavat syntyneitä epäsymmetrisiä konstituenttirelaatioita.



Näennäisestä itsestäänselvyydestään huolimatta representaation (1) luonne on yhä arvoitus sekä komputationaalisen että neuraalisen tason kuvauksina. Eri mallit ansaitsevat oman artikkelinsa (ks. Boeckx 2008; Chomsky 1995; Carnie 2008). Kombinatorisen järjestelmän täytyy kuitenkin olla sopivassa vuorovaikutuksessa vähintään merkityksen (eli ajattelun, päättelyn jne.) ja muodon eli aivojen motoristen ohjelmien (äänteiden, viittomien) kanssa. On kuviteltavissa tilanne, jossa simpanssien kombinatorinen järjestelmä tai sellaisen mahdollistava neuraalinen organisaatio on olemassa simpanssin aivoissa, mutta sitä ei voi yhdistää puheen tuottamiseen tai ajatteluun. Se voisi toimia muiden kognitiivisten mekanismien yhteydessä, esimerkiksi navigaatiossa tai sosiaalisessa kognitiossa (Cheney & Seyfarth 2007). Ihmisten tapauksessa on siis lähdeittävä siitä, että kombinatorinen järjestelmä on yhteydessä toisaalta merkityksestä vastaaviin neuraalisiin järjestelmiin ja toisaalta puheen tuottoon ja aistimiseen. Myös muunlaisia kosketuspintoja on kuviteltavissa. Ei ole poissuljettua, että sama järjestelmä toimisi myös musiikin tuottamisen ja kuulemisen taustalla ja näin ollen vuorovaikuttaisi musiikista vastaavien hermojärjestelmien kanssa (Brattico & Liikkanen 2009; Brattico 2010).

Ihmisen puhe-elimistön anatomisia ominaisuuksia on toisinaan pidetty erottavana tekijänä. Viittomakielten olemassaolo osoittaa, että tätä näkemystä on tarkennettava. Viittomakielet ovat ilmaisuvoimaltaan täysin verrannollisia puhuttuun kieleen, ne eivät muistuta eläinten kommunikaatiomuotoja ja lapset voivat oppia viittomakielen ensikielensä siinä missä he voivat oppia puhutunkin kielen. Molemmat kielet ovat yhtä luonnollisia. Puhuttuun kieleen liittyvät anatomiset piirteet eivät näin ollen ole välttämättömiä luonnollisen kielen omaksumiselle ja käytölle. Ratkaisevampaa on, että kieli-kyky pääsee vuorovaikutukseen jonkin motorisen järjestelmän ja sitä ylläpitävien neuraalisten järjestelmien kanssa. Näin ollen on täysin mahdollista, että nämä sensoris-motoriset järjestelmät eivät edes kuulu erottavaan tekijään.

Ei ole olemassa ”paikannettavaa” aivopoimua, joka yhdistyisi merkitykseen kognitiivisena ilmiönä. Merkitykseen liittyviä tehtäviä on joka puolella aivoja. Merkitys liittyy myös ei-kielellisiin tehtäviin ihmisillä, ja sitä esiintyy myös eläimillä (Cheney & Seyfarth 1990, 2007; Goodall 1964, 1986). Tämän artikkelin kannalta kiinnostavaksi muodostuu kysymys siitä, mitkä erityisesti merkitykseen liittyvät käyttäytymispiirteet kuuluvat erottavaan tekijään. Nojaan seuraavassa Cheneyyn ja Seyfarthin katsausartikkeliin (Cheney & Seyfarth 1999).

Merkityksen suhteen alhaisimpaan kategoriaan kuuluvat ilmaisut, jotka voidaan käsittää eläimen sisäisten tilojen välittöminä ulkoisina indikaattoreina. Ihmisten tapauksessa tähän kategoriaan kuuluvat esimerkiksi nauraminen, itkeminen sekä erilaiset välittömiä tunnetiloja heijastelevat jokapäiväiset huudahdukset ja voimasanat. Suurin osa eläinten kommunikaatioon liittyvistä viesteistä on luettavissa tähän kategoriaan, ja ne näyttävät syntyvän sekä eläinten että ihmisten tapauksessa aivokuorenalaisissa järjestelmissä. Oleellista on, ettei tällaisiin viesteihin liity referentiaalisuutta eli semanttista viittaavuutta: äännähdys on sisäisen tilan kausaalinen vaste. Sisäinen tila on aina olemassa yhtä aikaa ilmaisun kanssa.

Seuraavaksi voidaan tarkastella viestejä, jotka liittyvät kausaalisesti jonkin ulkoisen ärsykkeen olemassaoloon. Tässäkin tapauksessa on ongelmallista puhua referentiaa-

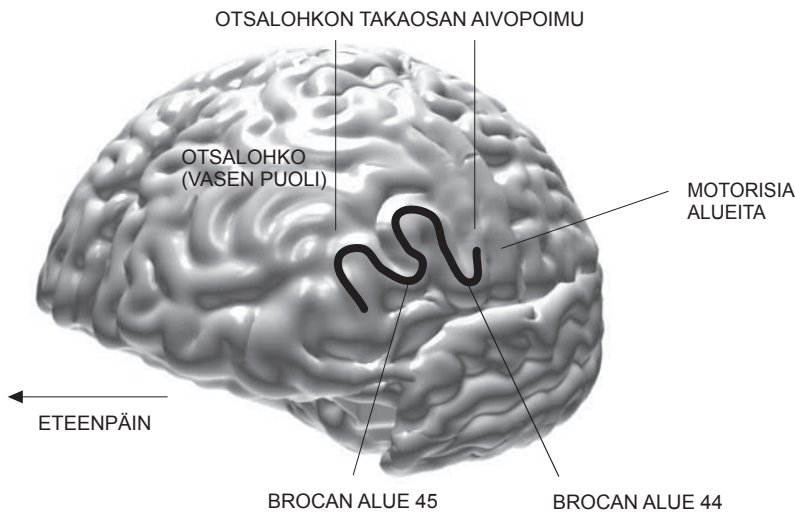
lisuudesta tai ihmisen kielelle tyypillisestä merkityksestä, sillä ilmiö voidaan selittää kausaalisesti: tietty ärsyke laukaisee ääntelyn. Jotkin kädelliset toisaalta reagoivat tällaisiin ääntelyihin niiden merkityksen, ei pelkästään fysikaalisten ominaisuuksien perusteella. Jos paviaanilauma opetetaan olemaan välittämättä jonkin paviaanin päästämästä varoitushuudosta, yleistyy tämä käyttäytyminen myös saman paviaanin fysikaalisesti toisenlaiseen varoitushuutoon. Keskeistä tässä on nähdäkseni se, että kuulijoiden kannalta tottuminen liittyy pikemminkin kyseisen varoitushuudon perimmäiseen funktioon toimia varoituksena kuin sen fysikaalisiin ominaisuuksiin. Vastaavasti kun tietyn fysikaalisesti samanlaisen huudon kontekstia muutetaan, lauma tulkitsee sen eri tavoin. Kun ääntelyn funktio siirtyy konkreettisista ärsykkeistä tai välittömistä tunnetiloista ärsykkeiden representaatioiden tasolle, on mahdollista puhua merkityksestä. Aitojen referentiaalisten suhteiden tapauksessa ilmaisun ja siihen liittyvän viittauskohteen välillä ei ole minkäänlaista yhtäaikaisuusvaatimusta. Aivan kuin ilmaisu toimitaisi viittauskohteensa virkaa kuvittelun maailmassa, ei todellisessa maailmassa. Ihmisen kielellistä merkitystä luonnehtii aito referentiaalisuus. Cheney ja Seyfarth (1999) kuitenkin argumentoivat, että paviaanien ja muiden kädellisten kommunikaatiossa esiintyy sellaista alkeellista referentiaalisuutta, jossa äänimerkit liittyvät niitä vastaavien ärsykkeiden sisäisiin representaatioihin. Niinpä tämä ominaisuus ei kuuluisi erottavaan tekijään.

Kysymys referentiaalisuuden olemassaolosta ja sen ominaisuuksista muualla eläinmaailmassa on siis kiistanalainen. Täysin ainutlaatuisena ilmiönä luonnolliseen kieleen liittyvää referentiaalisuutta ei voitane pitää, vaikka sen käyttö on ihmisten tapauksessa saavuttanut rajattomat mittasuhteet. Oleellista on sen sijaan se, miten referentiaalisuus vuorovaikuttaa diskreetin kombinatoriikan kanssa. Tuloksena on järjestelmä, jossa monimutkaisen ilmaisun viittauskohde määräytyy systemaattisesti sen osien viittauskohteiden perusteella. Kielijärjestelmä voi siis luoda rajattomasti uusia viittauskohteita. Tätä suhdetta on perinteisesti kuvattu kompositionaalisuuden avulla. Kompositionaalisuusperiaatteen mukaan monimutkaisen kielellisen rakenteen viittauskohde määräytyy sen osien viittauskohteiden perusteella,³ ja tällainen kompositionaalinen merkitysilmio on yhtä tuntematon eläinmaailmassa kuin sen syntaktinen vastine, diskreetti liitostaminen. Se kuuluu siis selvästi erottavaan tekijään. Niinpä pidän kompositionaalisuuden ja referentiaalisuuden yhdistelmää selvimpänä merkitysilmionä, joka kuuluu erottavaan tekijään.

3. Toisinaan sanojen yhdistelmä käyttäytyy kuin se olisi uusi morfeemi. Esimerkiksi ilmaisu *potkaista tyhjää* viittaa kuolemiseen osittain samalla tavalla kuin sana *kuolla* viittaa siihen. Tämä merkitys täytyy erikseen tallentaa muistiin yhdessä representaation (1) kanssa. Tällöin kyse on kognitiivisen psykologian termein mielleyksiköstä, joka on "valmiiksi pakattu kokonaisuus, jota puhuja voi käyttää automaattisesti ja ilman konstruktivistista vaivaa" (Leino 1989: 167). Tyypillisemmin kokonaisuuden merkitys haetaan tietoisuuteen tutkimalla sen osia ja tekemällä niiden keskinäisistä suhteista päätelmiä, toisin sanoen puhujalta ja kuulijalta vaaditaan "konstruktivistista panosta" (mts. 180). Näin saadaan aikaan kirjaimellinen merkitys, tyhjän potkaiseminen. Juuri tätä prosessia kutsutaan konstituentirelaatiota pitkin kanavoituvaksi tai niitä seurailevaksi kompositionaaliseksi merkitykseksi.

3 Komputationaalinen järjestelmä aivoissa

Kieleen liittyvällä kombinatorisella järjestelmällä ja siihen liittyvällä kompositionaalis-referentiaalisella merkitysilmiöllä on aivoperustainen selitys. Monet selitykset ovat toistaiseksi keskittyneet erityisesti ns. Brocan alueeseen ja otsalohkoon laajemminkin kyseisen prosessin paikantamisessa ja sen ominaisuuksien paljastamisessa. Keskityn tässä artikkelissa näihin kahteen tekijään ja esitän lopussa hypoteesin niiden roolista erottavan tekijän selittämässä. Keskeiset tässä kappaleessa mainitut aivojen anatomiset alueet on esitetty kuvassa 3. Brocan alue sijaitsee otsalohkon alaosassa ja takana sijaitsevassa aivopoimussa (Brodmannin luokittelussa BA44 ja BA45).



Kuva 3.

Ihmisen aivojen vasen aivopuolisko. Kuvassa näkyy otsalohko sekä sen takaosassa sijaitseva aivopoimu, jonka päällä Brocan alue sijaitsee siten, että BA44 sijaitsee taaempana motoristen alueiden lähellä, kun taas BA45 on edempänä. Todennäköisesti BA44 syöttää motoriselle järjestelmälle korkean tason motorisia ohjelmia, jotka viime kädessä vastaavat kielen puhutusta tai viitotusta olomuodosta. Alueen B45 rooli saattaa liittyä kielellisten representaatioiden palauttamiseen muistista. Otsalohko ja siihen yhteydessä olevat aivokuorenalaiset järjestelmät vastaavat korkeammista henkisistä toiminnoista, kuten suunnittelusta, työmuistista, motivaatiosta ja käyttäytymisen sosiaalisesta kontrollista.

Brocan alueen jäljille päästiin aivovaurioiden perusteella. Vauriot tällä alueella vaikeuttavat puheen tuottamista ja monimutkaisempien rakenteiden ymmärtämistä. Aivokuvantamistutkimukset ovat tuottaneet näyttöä siitä, että Brocan alue (BA44, BA45) erityisesti vasemmalla aivopuoliskolla liittyisi hierarkkisten representaatioiden (Friederici 2004; Friederici ym. 2006; Tettamanti & Weniger 2006) sekä universaalien kieliopin sääntöjen (Musso, Moro, Glauche, Rijntjes, Reichenbach, Büchel & Weiller 2003; Embick, Marantz, Miyashita, O'Neil & Sakai 2000) prosessointiin sekä puhutun että viitotun kielen tapauksessa (MacSweeney, Woll, Campbell, McGuire, David, Williams, Suckling, Calvert & Brammer 2002; Bavelier, Corina, Jezzard, Clark, Karni, Lalwani,

Rauschecker, Braun, Turner & Neville 1998). Nämä tutkimukset yhdessä monien muiden kanssa viittaavat siihen, että Brocan alueella on jokin kieleen ja erityisesti liitostamiseen liittyvä rooli. Mikä?

Brocan alue sijaitsee otsalohkolla. Ihmisen otsalohko (runsaine kytkentöineen eri puolelle muita aivoja) toimii korkeampien kognitiivisten prosessien toteutusperustana (Cummings & Miller 2007). Jos erottavaa tekijää pitäisi etsiä jostain aivoista, niin juuri otsalohkolta. Korkeammat kognitiiviset prosessit voidaan määritellä ennen kaikkea niiden vastakohtaan kautta. Kun ihmisen otsalohkon toiminta häiriintyy, hän alkaa käyttäytyä ärsykeriippuvaisesti ja impulsiivisesti. Tämä impulsiivisuus voi näkyä sosiaalisissa, kognitiivisissa tai motivationaalisissa toiminnoissa riippuen häiriön tai vaurion paikasta (mt.). Otsalohkon toiminta mahdollistaa pitkän kantaman tavoitteellisen suunnittelun ja päätöksenteon sekä käyttäytymisen ohjaamisen ärsykkeiden representaatioiden perusteella itse ärsykkeistä riippumatta; se laajentaa ihmisen kokemaa aikaikkunaa, jonka suhteen hän tekee päätöksiä toiminnastaan. Brocan alue sijaitsee otsalohkon takaosassa ja alhaalla motorisen aivopuoliskon vieressä molemmilla aivopuoliskoilla, joskin alueen rajaaminen ei ole yksikäsitteistä ja siihen liittyy vaihtelevuutta eri ihmisten kesken (Amunts, Bürgel, Mohlberg, Uylings & Zilles 1999). Käyttäen epämääräistä funktionaalista kieltä voidaan sanoa, että kielen tuottamiseen elimellisesti liittyvät hermojärjestelmät ovat korkeampien henkisten toimintojen ja motoristen järjestelmien välissä; kieli on nähtävissä korkeamman kognition ulkoistettuna muotona. Esimerkiksi Grafman (2006) esittää, että otsalohko kokonaisuutena ylläpitää eräänlaisia rakenteellisia tapahtumarepresentaatioita (”structured event complex”), jotka saavat kielen välityksellä ulkoistetun esityksen. Lisäksi Brocan alueen läheisyydessä otsalohkon keskiosissa on alueita, jotka liittyvät työmuistin toimintaan. Työmuisti on supramodaalinen kognitiivinen järjestelmä, jonka toiminta näyttää edellyttävän, että siinä pystytään tallentamaan ja prosessoimaan merkityksiä symbolisessa muodossa. Tämä sopii hyvin yhteen sen käsityksen kanssa, että myös kieleen kuuluu tällainen mekanismi (Wynn & Coolidge 2009; Reuland 2009).⁴

Aivojen plastisuuden eli muovautuvuuden perusteella voidaan todeta, että synnynäisten, geneettisten tekijöiden lisäksi aivokuoren toiminnot erikoistuvat myös yksilönkehityksen myötä.⁵ Osa aivokuoresta voi puuttua ja ihminen silti elää normaalia tai lähes normaalia elämää (Brattio 2001; Borgstein & Grootendorst 2002). Niinpä kielellisetkin toiminnot voivat saada toteutuksensa anatomisesti toisessa paikassa kuin siellä,

4. Toisaalta ei ole selvää, liittyykö työmuistiin aidosti kombinatorisia, rekursiivisia prosesseja. Koechlin ja Hyafil (2007) argumentoivat, että aivan otsalohkon etuosissa sijaitsevat hermoverkot mahdollistaisivat luovan kognitiivisen haarautumisen (engl. *cognitive branching*), jonka avulla ihminen pystyy keskeyttämään parhaillaan suoritettavien toimintojen sarjan, käynnistämään uuden ja palaamaan takaisin ensimmäisen tehtävän suorittamiseen. He kuitenkin argumentoivat, ettei tämä järjestelmä kykene rekursiiviseen kognitiiviseen haarautumiseen, ja nostavat esille mahdollisuuden, että rekursiivinen haarautuminen nojaisi muihin kognitiivisiin järjestelmiin, kuten spatiaaliseen navigaatioon tai kieleen. On lisäksi pidettävä mielessä, että kieleen liittyvät kognitiiviset mekanismit voidaan dissosoida muista kyvyistä, esimerkiksi matemaattisesta päättelystä (Varley, Klessinger, Romanowski & Siegal 2005). Näyttääkin siltä, että lopullinen luova kombinatorinen käyttäytyminen edellyttää supramodaalisten sekä modulaaristen järjestelmien vuorovaikutusta.

5. Rakic (2009) toteaa, että eri puolilla vaikuttavien hermosolujen geneettiset erot näkyvät hyvin varhaisessa vaiheessa jo sikiöaikana, ennen kuin solut vaeltavat lopullisille paikoilleen.

missä Brocan alue valtaväestöllä sijaitsee. Joidenkin tutkijoiden mukaan aivokuori (yhdessä subkortikaalisten hermoverkkojen kanssa) muistuttaakin korkean tason supramodaalista tietovarastoa (Grafman 2006) tai raakaa laskennallista konetta, jossa on alkuutilassaan varsin vähän informaatiota (Panskepp 2009) ja joka erikoistuu kehityksen ja geneettisten tekijöiden yhteisvaikutuksen myötä. Kokonaisuuden kannalta oleellista näyttää olevan, että Brocan alue pystyy yhdistämään korkeampia kognitiivisia toimintoja puheentuojojärjestelmien kanssa. Alueen tarkka anatominen lokaatio on ehdon vallitessa vähemmän oleellista.

Keskeinen tutkimuslinja Brocan alueen ratkaisun avaamiseksi on ollut selvittää, missä määrin muilla eläimillä on Brocan alueita vastaavia aivoalueita. Nojaan tässä esityksessä Petrideksen katsaukseen (Petrides 2006), jossa vertaillaan ihmisen ja makakiapinan aivokuoren ominaisuuksia. Katsausartikkelin mukaan makakiapinoilta voidaan paikantaa ihmisen Brocan aluetta vastaavat aivoalueet.⁶ Tämä tarkoittaa käytännössä sitä, että vasemmalta aivopuoliskolta jokseenkin samalta makrotason anatomiselta alueelta, jossa ihmisenkin Brocan alue sijaitsee, voidaan osoittaa alueita, joiden hermoverkkojen organisaatio täyttää Brocan alueen tunnusmerkit. Koska makakiapinat eivät pysty käyttämään kieltä, jää ainoaksi mahdollisuudeksi, että näiden alueiden funktio on evoluution aikaisemmassa vaiheessa ollut jokin muu kuin kielen prosessointi, minkä jälkeen ne ovat saaneet uusia kieleen liittyviä tehtäviä. Petrides esittää, että BA44 liittyisi yleisemmin kasvojen ja käsien kontrollointiin ja voi muualle otsalohkolle ulottuvien yhteyksien avulla altistaa nämä motoriset ohjelmat korkeampien kognitiivisten prosessien käyttöön. Ihmisen evoluutiossa alueen BA44 funktio on siten laajentunut kontrolloimaan puheen tuottamista. Alue 45 liittyisi puolestaan muistista hakuun ja rajoittuisi eläinten tapauksessa nonverbaalisiin muistoihin. Ihmisen tapauksessa alue 45 aktivoi myös kielellisiä representaatiota.

Kahden edellisen luvun perusteella Brocan alueen roolista voidaan muodostaa seuraavanlainen hypoteesi (ks. tarkemmin Brattico & Helsing 2011). Ihmisen koko otsalohkolle on tyypillistä ärsykkeiden varassa toimimisen korvaaminen ärsykkeiden representaatioiden varassa toimimisella. Brocan alue BA44 on yhteydessä järjestelmiin, jotka ihmisen tapauksessa muodostavat viitotun tai puhutun puheen motorisen perustan. Motoristen järjestelmien orkestroiminen puheen tuottamisessa ja ymmärtämisessä vaatii kielellisten representaatioiden palauttamisen muistista ja motoristen ohjelmien aktivoimista. Tämä tehtävä on havaittu erityisesti alueella BA45. Voidaan siis arvela, että Brocan alue vastaa ainakin kielellisten symbolien muistista (BA45) ja niiden prosessoinnista (BA44) erityisesti puheen tuoton valmistelussa ja lopullisessa toteutuksessa. Myös monimutkaiset muistitoiminnot sekä hierarkkinen kombinatorinen

6. Aivokuoren neuraalinen organisaatio on samanlaista lajista toiseen. Evoluutiivinen linja hiiren ja ihmisen yhteisestä kantamuodosta kohti ihmistä näyttää johtaneen aivokuorella sijaitsevien alkeellisten laskenta-yksiköiden määrän kasvuun ja tätä kautta funktionaalisesti uusien alueiden syntymiseen (Rakic 2009). Aivokuorelta ei myöskään ole löydetty mitään suurta neuraalista organisaatiota, jota voitaisiin pitää erottavan tekijän välittömänä neuraalisena toteutusperustana. Toisaalta aivokuoren kypsymisprosessiin liittyy joitakin prosesseja ja solutyyppejä, joita ei ole toistaiseksi tavattu muilta eläimiltä ja jotka liittyvät funktionaalisesti korkeampiin kognitiivisiin toimintoihin (Allman, Hakeem, Erwin, Nimchinsky & Hof 2001; Nimchinsky, Vogt, Morrison & Hof 1995; Nimchinsky, Gilissen, Allman, Perl, Erwin & Hof 1999; Rakic 2009: 729–730).

prosessointi lisäävät aktiivatiota näillä alueilla. Tämä viittaa siihen, että ihmisen aivojen kombinatorinen järjestelmä nojaa jollakin tavalla nimenomaan kielikykyyn liittyvien formaalien symbolien yhdistelyyn. Näin ollen Brocan alue yhdessä symbolisen muistin kanssa toimisi ainakin yksilönkehityksen varhaisessa vaiheessa ihmisen aivojen ”Turingin koneena”, mistä mekanismi vähitellen laajenisi eri modalityettien piiriin.

4 Komputaationaalinen järjestelmä ja evoluutio

Jos kombinatorisen liitostamisprosessin ajatellaan kuuluvan erottavaan tekijään, sen on täytynyt syntyä niiden 5–7 miljoonan vuoden aikana, jolloin ihminen on erkaantunut omaksi lajikseen. Mikään muu evolutiivinen haara ei ole johtanut vastaavan mekanismin syntyyn.

Kyky on ensinnäkin varsin viimeaikaisen evolutiivisen kehityksen tulos. Nykyihmiseen liittyvä luova, kombinatoriikkaan perustuva käyttäytymisprofiili näyttää syntyneen vain noin 200 000–50 000 vuotta sitten. Tätä aikaisemmat löydökset eivät viittaa innovatiiviseen käyttäytymiseen (Ambrose 2001). Saattaa olla, että ihmisen kognitiivinen evoluutio oli tätä aikaisemmin paljon hitaampaa. Ackermann ja Cheverud (2004) argumentoivat kallojen piirteitä eri aikakausilta ja lajeilta vertailemalla, että *Homo*-suvun erkaannuttua omaksi haarakseen noin 2,5 miljoonaa vuotta sitten ihmisen sukuhaarassa ei olisi miljoonaa vuoteen tapahtunut lainkaan kasvonpiirteisiin vaikuttaneita adaptiivisia muutoksia, vaan pelkästään satunnaista, geneettiseen otantavirheeseen perustuvaa evoluutiota. Weaver (2009) pitää Neandertalin ihmisen tyyppillisiä piirteitä samanlaisen geneettisen ajautumisen tuloksena. Ihmisen ja simpanssin yksityiskohtainen perimän vertailu on osoittanut, että osa eroista lajien perimässä on geneettisen ajautumisen tulosta (Fisher & Marcus 2006; The Chimpanzee Sequencing and Analysis Consortium 2005). Lajit saattavat pysyä pitkänkin aikaa stabiileina, uusien lajien ja sukupuuttojen tapahduttua evoluution mittakaavassa äkkinäisesti (Reznick & Ricklefs 2009; Gould 2002). Adaptiivinen evoluutio näyttääkin kiihtyneen vasta 40 000 viime vuoden aikana (Hawks, Wang, Cochran, Harpending & Moyzis 2007). Voidaan siis ajatella, että kombinatorinen järjestelmä on syntynyt jonkin melko nopean ja poikkeavan tapahtumasarjan seurauksena aivan ihmisen lähimenneisyydessä. Mutta jos melko yleisen konsensuksen mukaan jotain ratkaisevaa tapahtui 200 000 viime vuoden aikana, niin se, mitä tapahtui, missä ja milloin, on avoin ongelma.

Kiistan ytimessä on paleontologinen ja paleoantropologinen evidenssi. Nykyihmisen modernia käyttäytymismallia vastaavia kiistattomia arkeologisia jäännöksiä löydetään Euroopasta 40 000 vuoden takaa (Hoofecker 2009). Tätä melko nopeaa kulttuurista räjähdystä, johon liittyivät esimerkiksi ensimmäiset tunnetut luolamaalaukset, on kutsuttu paljonpuhuvasti esimerkiksi luovaksi räjähdykseksi (”creative explosion”, Pfeiffer 1982) tai suureksi askeleeksi (”great leap forward”, Diamond 1992). On lähes täysin varmaa, että tähän vaiheeseen liittyviä artefakteja tuottaneet ihmiset olivat käyttäytymiseltään ja kielellisiltä kyvyiltään modernin ihmisen kaltaisia. Kun ajassa mennään taaksepäin, empiirinen näyttö muuttuu harvemmaksi ja vaikeammaksi tulkita. Relevantteja löydöksiä on vain vähän, ja niistäkin on vaikea päätellä, ovatko ne synty-

neet jonkin luonnollisen prosessin myötä ja jos eivät, niin onko niiden tuottamiseen vaadittu nykyihmisen kognitiivisia kykyjä (Wynn & Coolidge 2009). Lisäksi löydöksen ajoittaminen ei ole yksikäsitteistä (Henshilwood, d’Errico & Watts 2009; Klein & Edgar 2002). Otan tässä yhteydessä esille kolme erityyppistä skenaariota.

Henshilwood ym. (2009), Henshilwood, d’Errico, Marean, Milo ja Yates (2001) sekä McBrearty ja Brooks (2000) argumentoivat Etelä-Afrikasta löytyneiden kaiverusten ja muiden oletettujen artefaktien perusteella, että nykyihmiseen viittaavaa symbolista ajattelua esiintyi tällä mantereella jo n. 150 000 vuotta sitten. Ambrose (2001) ja McBrearty ja Brooks (2000) arvelevat, että ratkaisevat ”innovatiivisuuteen” johtaneet geneettiset muutokset tapahtuivat noin 250 000–300 000 vuotta sitten, kun nykyihminen anatomisessa mielessä syntyi Afrikassa (Mounier, Marchal & Condemi 2009). McBrearty ja Brooks (2000) esittävät, että kulttuuri kehittyi pitkään hitaasti eikä hypäyksenomaisesti. Suuri askel selittyisi tässä mallissa ympäristötekijöillä.

Kielitieteilijä Dereck Bickerton (2007) uskoo suureen askeleeseen tarvittavan kognitiivisen valmiuden (johon kuuluu keskeisesti nykykielen kaltainen luonnollinen kieli) olevan peräisin noin 140 000–90 000 vuoden takaa. Hänen mukaansa täydellinen syntaktinen kieli on kehittynyt eräänlaisesta ”minä-Tarzan-sinä-Jane” -protokielestä. Toisaalta Bickerton ei usko, että kombinatorisen järjestelmän kristallisoituminen olisi yksin riittänyt. Hänen mukaansa ”mikään yksittäinen mutaatio ei voi yksinään tuottaa kaikkia luonnollisen kielen syntaksin hienouksia” (mts. 520). Bickerton siis olettaa, että erottavaan tekijään kuuluu useita luonnolliseen kieleen liittyviä neurokognitiivisia mekanismeja, jotka eivät palaudu suoraan kombinatoriseen järjestelmään tai sen vuorovaikutukseen erottavan tekijän ulkopuolisten kognitiivisten rakenteiden kanssa.

Kaikkein myöhäisimpään ajankohtaan erottavan tekijän syntymisen sijoittavat Klein ja Edgar (2002), Klein (1999) sekä Diamond (1992), jotka argumentoivat, että kyky liittyi pistemäiseen, aivojen organisaatioon vaikuttaneeseen mutaatioon noin 50 000 vuotta sitten. Tämä kyky antoi kantajalleen kyvyn innovaatioiden tekemiseen. Evans, Gilbert, Mekel-Bobrov, Vallender, Anderson, Vaez-Azizi, Tishkoff, Hudson ja Lahn (2005) esittävät geneettistä evidenssiä tämän hypoteesin puolesta. Hypoteesi liittyy kulttuuristen innovaatioiden räjähdysmäisen kasvun juuri tähän aikaan, ja se voidaan yhdistää kombinatorisen järjestelmän kristallisoitumiseen (Chomsky 2008; Wynn & Coolidge 2009; Brattico 2009, 2010).

Hadgood ja Franklin (2008) käsittelevät modernin käyttäytymismallin syntymistä ja sen jättämää arkeologista evidenssiä. He tutkivat nykyisen Australian mantereen asuttamista noin 50 000 vuotta sitten. Tälle mantereelle saapuneiden ihmisten täytyi edustaa nykyihmistä sekä kognitiivisten valmiuksiensa että anatomiansa puolesta, vaikka toisaalta he eivät tuoneet alueelle välittömästi kaikkea sitä symbolisen ajattelun kirjoa, johon suuri harppaus johti esimerkiksi Euroopassa samoihin aikoihin. Niinpä tämän mantereen asuttaminen tarjoaa ikkunan siihen, miten nykyihmiseen liittyvä kulttuurinen paletti todellisuudessa rakentuu vaihe vaiheelta. Kirjoittajat argumentoivat, että symbolisen käyttäytymisen koko kirjon rakenteluun kului 30 000 vuotta. Toisin sanoen anatomisesti ja kognitiivisilta kyvyiltään moderneilta ihmisiltä kuluu tuo aika saavuttaakseen sellaisen kulttuurisen tason, jolla modernin ihmisen käyttäytymismalli arkeologiassa määritellään ja johon kuuluu esimerkiksi taide-esineiden laajamit-

tainen valmistaminen. Tästä voidaan päätellä, että jos koko nykyihmisen kulttuurinen käyttäytymismalli esiintyi Euroopassa n. 40 000 vuotta sitten, se on ehkä saanut alkusysäyksensä joitakin kymmeniä tuhansia vuosia aikaisemmin. Jos suuri harppaus on syntynyt myöhäisen biologisen mutaation seurauksena, niin tämän muutoksen olisi täytynyt tapahtua noin 70 000 vuotta sitten.

Mitä ihmisen evoluutiossa kyseisenä ratkaisevana hetkenä tapahtui? Aivojen koon kasvu ei selitä muutosta. Aivojen absoluuttinen koko alkoi kasvaa systemaattisesti 2,5 miljoonaa vuotta sitten samaan aikaan, kun kivityökälyt ilmestyvät arkeologiseen aineistoon. Tämä aivojen kasvu ei vaikuttanut dramaattisesti kantajiensa kognitiivisiin kykyihin, eikä luovaan räjähdykseen toisaalta liity minkäänlaista anatomista muutosta. Tämän vuoksi on luontevaa olettaa, että kognitiivinen muutos on ollut seurausta aivojen organisaation muutoksesta. Muutosta voi tarkastella hypoteettisesti tämän artikkelin teemana olevan kombinatorisen järjestelmän emergoitumisena (Hauser 2009; Hooecker 2009; Brattico & Liikkanen 2009; Chomsky 2008; Brattico 2010). Tämä yhteinen nimittäjä selittäisi yksinkertaisella tavalla innovatiivisuuden ja kielen syntyminen. Muut ihmisen kielessä ja kognitiivisessa näkyvät erityisominaisuudet (motoristen ohjelmien kytkeytyminen korkeamman kognition alaisuuteen, referentiaalisuus jne.) saattavat olla vanhempaa perua.

Neuraalisen tason kuvauksena tällainen järjestelmä voi syntyä melkein miten tahansa siitä syystä, että kombinatorisen järjestelmän ja aivojen suhteesta tiedetään vähän. Esimerkiksi pelkästään aivojen aineenvaihdunnan tehostuminen voisi johtaa tällaisen järjestelmän emergoitumiseen ilman, että neuraaliset kytkennät sinänsä muuttuvat (ks. Sherwood, Stimpson, Raghanti, Wildman, Uddin, Grossman, Goodman, Redmon, Bonar, Erwin & Hof 2006). Kun FOXP2-säätelygeenin tiedetään vaikuttavan sekä Brocan alueen kypsymiseen ja toimintaan (Liégeois, Baldewegm Connolly, Gadian, Mishkin & Varga-Khadem 2003) että kielellisiin kykyihin ja kun siinä lisäksi on tapahtunut evolutiivisia ja selektiivisiä muutoksia ihmisen lähimenneisyudessa (Enard, Przeworski, Fisher, Lai, Wiebe, Kitano, Monaco & Pääbo 2002; Hannenhalli & Kaestner 2009), voitaisiin tästä geenistä etsiä yhtä ratkaisua (Reuland 2009). Silloin kyse olisi vähintään jonkinlaisesta Brocan alueen neuraalisesta uudelleenorganisaatiosta. Tämä hypoteesi sopii yhteen sen kanssa, että erityisesti aivokuoren organisoitumisesta vastaavat geeniverkostot ovat muuttuneet ihmisen evoluutiossa simpanssiin nähden, aivokuorenalaisten järjestelmien muuttuessa vain vähän (Oldham, Horvath & Geschwind 2006). Sean Carrollin mukaan mitkään todisteet eivät viittaa siihen, että ero näkyisi aivojen makro-ominaisuuksista, vaan pikemminkin toistaiseksi tuntemattomista mikrorakenteista, kuten ”aivokuoren alueiden välisistä kytkennöistä, paikallisten piirien arkkitehtuurista tai aivokuoren neuronien järjestyksestä” (Carroll 2005: 258).

Pelkästään kombinatorisen järjestelmän asteittainen käynnistyminen lapsen aivoissa on omiaan tuottamaan muitakin neuraalisen tason organisaatiomuutoksia sen valossa, että aivojen ominaisuuksien tiedetään riippuvan niiden pitkistä kehitysprosessista. Vaikutus voi luonnollisesti asettua myös toiseen suuntaan, jolloin jokin muu poikkeavuus aivojen kehityksen alkutaipaleella saa aikaa kombinatorisen järjestelmän kristallisoitumisen myöhemmin. Evoluution ja lopulliseen muottiinsa kehittyneiden aivojen välissä on siis vielä monivaiheinen kehitysprosessi.

5 Päätelmiä

Luonnollista kieltä ja sen taustalla piileviä neurokognitiivisia prosesseja ja kykyjä voidaan tarkastella biologian näkökulmasta. Tällöin tutkimuksen kohteeksi valikoituvat kielellisen kommunikaation mahdollistavat kognitiiviset prosessit ja representaatiot. Nämä mekanismit mahdollistavat kielen omaksumisen ja käytön ihmisten, mutta ei minkään muun lajin, tapauksessa. Tässä artikkelissa tarkasteltiin diskreettiä kombinatorista järjestelmää. Ainakin tämä kielen toimintaan liittyvä ydinominaisuus on tyyppillistä nimenomaan ihmiselle, ja se saattaa riittää erottavan tekijän kuvaamiseksi. Mekanismin aivoperusta sekä biologinen evoluutio ovat nousseet biolingvistiikassa tärkeäksi teemaksi. Koska kyseiset ilmiöt liittyvät kieleen, niitä voidaan tutkia kielitieteen keinoin. Voi olla yllättävää, että kielitieteellä on niin paljon annettavaa biologialle ja toisinpäin.

Kieli on paljon muutakin kuin rekursiivinen diskreetti kombinatoriikka varustettuna kompositionaalisella referentiaalisuudella. Erottava tekijä on yksi kielen komponentti; sen ulkopuolelle jäävät yhdistävät tekijät. Jos tämä näkemys erottavasta tekijästä on oikeansuuntainen, silloin kielen muut aspektit tulisi selittää meitä ja (monia) muita eläimiä yhdistävillä mekanismeilla.

Lähteet

- ACKERMANN, REBECCA ROGERS – CHEVERUD, JAMES M. 2004: Detecting genetic drift versus selection in human evolution. – *PNAS* 101 s. 17946–17951.
- ALLMAN, JOHN M. – HAKEEM, ATIYA – ERWIN, JOSEPH M. – NIMCHINSKY, ESTHER – HOF, PATRICK 2001: The anterior cingulate cortex. The evolution of an interface between emotion and cognition. – *Annals of New York Academy of Sciences* 935 s. 107–117.
- AMBROSE, STANLEY H. 2001: Paleolithic technology and human evolution. – *Science* 291 s. 1748–1753.
- AMUNTS, KATRIN – SCHLEICHER, AXEL – BÜRCEL, ULI – MOHLBERG, HARTMUT – UYLINGS, HARRY B. M. – ZILLES, KARL 1999: Broca's region revisited. Cytoarchitecture and intersubject variability. – *Journal of Comparative Neurology* 412 s. 319–341.
- AMUNTS, KATRIN – SCHLEICHER, AXEL – ZILLES, KARL 2004: Outstanding language competence and cytoarchitecture in Broca's speech region. – *Brain and Language* 89 s. 346–353.
- BAVELIER, DAPHENE – CORINA, DAVID – JEZZARD, PETER – CLARK, VINCE – KARNI, AVI – LALWANI, ANIL – RAUSCHECKER, JOSEF P. – BRAUN, ALLEN – TURNER, ROBERT – NEVILLE, HELEN J. 1998: Hemispheric specialization for English and ASL. Left invariance-right variability. – *NeuroReport* 9 s. 1537–1542.
- BICKERTON, DEREK 2007: Language evolution. A brief guide for linguists. – *Lingua* 117 s. 510–526.
- BOECKX, CEDRIC 2008: *Bare syntax*. Oxford: Oxford University Press.
- BORGSTEIN, JOHANNES – GROOTENDORST, CAROLINE 2002: Half a brain. – *Lancet* 359 s. 573.
- BRATTICO, PAULI 2008: *Biolingvistiikka. Johdatus kielen biologiaan, evoluutioon ja kognitii-*

- visiin perusteisiin*. Helsinki: Gaudeamus.
- 2009: A biolinguistic framework. – *Biolinguistica Fennica Working Papers* 1 s. 1–21.
- 2010: Recursion thesis considered as a research program for cognitive science. – *Minds and Machines* 20 s. 213–241.
- BRATTICO, PAULI – LIIKKANEN, LASSI 2009: Rethinking the Cartesian theory of linguistic productivity. – *Philosophical Psychology* 22 s. 251–279.
- BRATTICO, PAULI – HELSKYAHO, RAINE 2011: Brocan alue. Komputaationaalinen ja neurobehavioaraalinen näkökulma. Käsikirjoitus, Jyväskylän yliopisto.
- BRATTIO, A. M. 2001: *Half a brain is enough. The story of Nico*. Cambridge: Cambridge University Press.
- CARNIE, ANDREW 2008: *Constituent structure*. Oxford: Oxford University Press.
- CARROLL, SEAN B. 2005: *Loputtoman kauniit muodot. Evodevon uusi tiede*. Suomentanut Kimmo Pietiläinen. Helsinki: Terra Cognita.
- CHENEY, DOROTHY L. – SEYFARTH, ROBERT M. 2007: *Baboom metaphysics. The evolution of a social mind*. Chicago: Chicago University Press.
- CHENEY, DOROTHY L. – SEYFARTH, ROBERT M. 1990: *How monkeys see the world*. Chicago: Chicago University Press.
- 1999: Mechanisms underlying the vocalizations of nonhuman primates. – Marc D. Hauser (toim.), *The design of animal communication* s. 629–643. Cambridge, MA.: MIT Press.
- CHOMSKY, NOAM 1965: *Aspects of the theory of syntax*. Cambridge, MA: MIT Press.
- 1995: *The minimalist program*. Cambridge, MA: MIT Press.
- 2005: Three factors in language design. – *Linguistic Inquiry* 36 s. 1–22.
- 2008: On phases. – Carlos P. Otero, Roger Freidin & Maria L. Zubizarreta (toim.), *Foundational issues in linguistic theory* s. 133–166. Cambridge, MA: MIT Press.
- CORBALLIS, MICHAEL 1991: *The lopsided ape. Evolution of the generative mind*. Oxford: Oxford University Press.
- CROFT, WILLIAM – CRUSE, D. ALAN 2004: *Cognitive Linguistics*. Cambridge: Cambridge University Press.
- CUMMINGS, JEFFREY L. – MILLER, BRUCE L. 2007: Conceptual and clinical aspects of the frontal lobes. – Bruce L. Miller & Jeffrey L. Cummings (toim.), *The human frontal lobes. Functions and disorders* s. 12–21. New York: The Guilford Press.
- DIAMOND, JARED 1992: *The third chimpanzee. The evolution and future of the human animal*. New York: Harper & Collins.
- EMBICK, DAVID – MARANTZ, ALEC – MIYASHITA, YASUSHI – O’NEIL, WAYNE – SAKAI, KUNIYOSHI 2000: A syntactic specialization for Broca’s area. – *PNAS* 97 s. 6150–6154.
- ENARD, WOLFGANG – PRZEWORSKI, MOLLY – FISHER, SIMON E. – LAI, CECILIA S. L. – WIEBE, VICTOR – KITANO, TAKASHI – MONACO, ANTHONY P. – PÄÄBO, SVANTE 2002: Molecular evolution of FOXP2, a gene involved in speech and language. – *Nature* 418 s. 869–872.
- EVANS, PATRICK D. – GILBERT, SANDRA L. – MEKEL-BOBROV, NITZAN – VALLENDER, ERIC J. – ANDRESON, JEFFREY R. – VAEZ-AZIZI LEILA M. – TISHKOFF, SARAH A. – HUDSON, RICHARD R. – LAHN, BRUCE T. 2005: Microcephalin, a gene regulating brain size, continues to evolve adaptively in humans. – *Science* 309 s. 1717–1720.
- FEDÉR, OLGA – WANG, HAIBIN – MITRA, PARTHA P. – TCHERNICHOVSKI, OFER 2009: De novo establishment of wild type song culture in the zebra finch. – *Nature* 459 s. 564–568.
- FISHER, SIMON E. – MARCUS, GARY F. 2006: The eloquent ape. Genes, brains and the evolu-

- tion of language. – *Nature Reviews: Genetics* 7 s. 9–20.
- FODOR, JERRY A. 1975: *The language of thought*. Cambridge, MA.: MIT Press.
- FODOR, JERRY A. – PYLYSHYN, ZENON 1988: Connectionism and the cognitive architecture. A critical analysis. – *Cognition* 28 s. 3–71.
- FRIEDERICI, ANGELA D. 2004: Processing local transitions versus long-distance syntactic hierarchies. – *Trends in Cognitive Science* 8 s. 245–247.
- FRIEDERICI, ANGELA D. – BAHLMANN, JÖRG – HEIM, STEFAN – SCHUBOTZ, RICARDA I. – ANWANDER, ALFRED 2006: The brain differentiates human and non-human grammars. Functional localization and structural connectivity. – *PNAS* 103 s. 2458–2463.
- GENTER, TIMOTHY Q. – FENN, KIMBERLY M. – MARGOLIASH, DANIEL – NUSBAUM, HOWARD C. 2006: Recursive syntactic pattern learning by songbirds. – *Nature* 440 s. 1204–1207.
- GOODALL, JANE 1964: Tool-using and aimed throwing in a community of freeliving chimpanzees. – *Nature* 201 s. 1264–1266.
- 1986: *The chimpanzees of Gombe. Patterns of behavior*. Cambridge, MA.: Belknap Press.
- GOULD, STEPHEN JAY 2002: *The structure of evolutionary theory*. Cambridge, MA.: Harvard University Press.
- GRAFMAN, JORDAN 2006: Human prefrontal cortex. Processes and representations. – Jarl Risberg & Jordan Grafman (toim.), *The frontal lobes. Development, function and pathology*. s. 69–91. Cambridge: Cambridge University Press.
- HADGOOD, PHILLIP J. – FRANKLIN, NATALIE R. 2008: The revolution that didn't arrive. A review of Pleistocene Sahul. – *Journal of Human Evolution* 55 s. 187–222.
- HANNENHALLI, SRIDHAR – KAESTNER, KLAUS H. 2009: The evolution of Fox genes and their role in development and disease. – *Nature Reviews: Genetics* 10 s. 233–240.
- HAUSER, MARC D. 2009: The possibility of impossible cultures. – *Nature* 460 s. 190–196.
- HAUSER, MARC D. – CHOMSKY, NOAM – FITCH, W. TECUMSEH 2002: The faculty of language. What is it, who has it, and how did it evolve? – *Science* 298 s. 1569–1579.
- HAWKS, JOHN – WANG, ERIC T. – COHRAN, GREGORY M. – HARPENDING, HENRY C. – MOYZIS, ROBERT K. 2007: Recent acceleration of human adaptive evolution. – *PNAS* 104 s. 20753–20758.
- HENSHILWOOD, CHRISTOPHER S. – D'ERRICO, FRANCESCO – MAREAN, CURTIS W. – MILO, RICHARD G. – YATES, ROYDEN 2001: An early bone tool industry from the Middle Stone Age at Blombos Cave, South Africa. Implications for the origins of modern human behavior, symbolism and language. – *Journal of Human Evolution* 41 s. 631–678.
- HENSHILWOOD, CHRISTOPHER S. – D'ERRICO, FRANCESCO – WATTS, IAN 2009: Engraved ochres from the Middle Stone Age levels at Blombos Cave, South Africa. – *Journal of Human Evolution* 57 s. 27–47.
- HOOFHECKER, JOHN F. 2009: The spread of modern humans in Europe. – *PNAS* 106 s. 16040–16045.
- ITKONEN, ESA 2005: *Analogy as structure and process. Approaches in linguistic, cognitive psychology, and philosophy of science*. Philadelphia: John Benjamins.
- JENKINS, LYLE 2001: *Biolinguistics. Exploring the biology of language*. Cambridge: Cambridge University Press.
- KLEIN, RICHARD G. 1999: *The human career. Human biological and cultural origins*. 2. laitos. Chicago: University of Chicago Press.
- KLEIN, RICHARD G. – EDGAR, BLAKE 2002: *The dawn of human culture*. New York: John Wiley & Sons.

- KOECHLIN, ETIENNE – HYAFIL, ALEXANDRE 2007: Anterior prefrontal function and the limits of human decision-making. – *Science* 318 s. 594–598.
- LEINO, PENTTI 1989: Paikallissijat ja suhdessäntö. Kognitiivisen kieliopin näkökulma. – *Viritäjä* 93 s. 161–216.
- LENNEBERG, ERIC 1967: *Biological foundations of language*. New York: JohnWiley & Sons.
- LIÉGEOIS, FRÉDÉRIQUE – BALDEWEG, TORSTEN – CONNELLY, ALAN – GADIAN, DAVID G. – MISHKIN, MORTIMER – VARGHA-KHADEM, FARANEH 2003: Language fMRI abnormalities associated with FOXP2 gene mutation. – *Nature Neuroscience* 6 s. 1230–1237.
- MACSWEENEY, MAIRÉAD – WOLL, BENCIE – COMPELL, RUTH – MCGUIRE, PHILIP K. – DAVID, ANTHONY S. WILLIAMS, STEVEN C. R. – SUCKLING, JOHN – CALVERT, GEMMA A. – BRAMMER, MICHAEL J. 2002: Neural systems underlying British Sign Language and audio-visual English processing in native users. – *Brain* 125 s. 1583–1593.
- MCBREARTY, SALLY – BROOKS, ALISON S. 2000: The revolution that wasn't. A new interpretation of the origins of modern human behavior. – *Journal of Human Evolution* 39 s. 453–563.
- MICHELSSEN, AXEL 1999: The dance language of honeybees. Recent findings and problems. – Marc D. Hauser & Mark Konishi (toim.), *The design of animal communication* s. 111–131. Cambridge, MA.: MIT Press.
- MOUNIER, AURÉLIEN – MARCHAL, FRANCOIS – CONDEMI, SILVANA 2009: Is Homo heidelbergensis a distinct species? New insight on the Mauer mandible. – *Journal of Human Evolution* 56 s. 219–246.
- MUSSO, MARIACHRISTINA – MORO, ANDREA – GLAUCHE, VOLKAM – RIJNTJES, MICHEL – REICHENBACH, JÜRGEN – BÜCHEL, CHRISTINA – WEILLER, CORNELIUS 2003: Broca's area and the language instinct. – *Nature Neuroscience* 6 s. 774–781.
- NIMCHINSKY, ESTHER A. – GILISSEN, EMMANUEL – ALLMAN, JOHN M. – PERL, DANIEL P. – ERWIN, JOSEPH M. – HOF, PATRICK R. 1999: A neuronal morphologic type unique to humans and great apes. – *PNAS* 96 s. 5268–5273.
- NIMCHINSKY, E. A. – VOGT, B. A. – MORRISON, J. H. – HOF, P. R. 1995: Spindle neurons of the human anterior cingulate cortex. – *Journal of Comparative Neurology* 355 s. 27–37.
- NOWAK, MARTIN A. – KOMAROVA, NATALIA L. – NIYOGI, PARTHA 2001: Evolution of Universal Grammar. – *Science* 291 s. 114–118.
- NOWAK, MARTIN A. – KOMAROVA, NATALIA L. – NIYOGI, PARTHA 2002: Computational and evolutionary aspects of language. – *Nature* 417 s. 611–495.
- OLDHAM, MICHAEL C. – HORVATH, STEVE – GESCHWIND, DANIEL H. 2006: Conservation and evolution of gene coexpression networks in human and chimpanzee brains. – *PNAS* 103 s. 17973–17978.
- PANSKEPP, JAAK 2009: The emotional antecedents to the evolution of music and language. – *Musicae Scientiae Special Issue 2009–2010* s. 229–259.
- PETRIDES, MICHAEL 2006: Broca's area in the human and nonhuman primate brain. – Yosef Grodzinsky & Katrin Amunts (toim.), *Broca's Region* s. 31–46. Oxford: Oxford University Press.
- PFEIFFER, JOHN E. 1982: *The creative explosion*. New York: Harper and Row.
- PHILLIPS, PATRIK C. 2008: Epistasis—the essential role of gene interactions in the structure and evolution of genetic systems. – *Nature Reviews: Genetics* 9 s. 855–867.
- PINKER, STEVEN 1994: *The language instinct*. New York: William Morrow.
- RAKIC, PASKO 2009: Evolution of the neocortex. A perspective from developmental biology. – *Nature Reviews: Neuroscience* 10 s. 724–735.

- REULAND, ERIC 2009: Imagination and recursion. Issues in the emergence of language. – Sophie A. De Beaune, Frederick L. Coolidge & Thomas Wynn (toim.), *Cognitive archaeology and human evolution* s. 129–144. Cambridge: Cambridge University Press.
- REZNICK, DAVID N. – RICKLEFS, ROBERT E. 2009: Darwin's bridge between microevolution and macroevolution. – *Nature* 457 s. 837–842.
- SANDLER, WENDY – MEIR, IRIT – PADDEN, CAROL – ARONOFF, MARK 2005: The emergence of grammar. Systematic structure in a new language. – *PNAS* 102 s. 2661–2665.
- SHERWOOD, CHET C. – STIMPSON, CHERYL D. – RAGHANTI, MARY ANN – WILDMAN, DEREK E. – UDDIN, MONICA – GROSSMAN, LAWRENCE I. – GOODMAN, MORRIS – REDMOND, JOHN C. – BONAR, CHRISTOPHER J. – ERWIN, JOSEPH M. – HOF, PATRICK R. 2006: Evolution of increased glia-neuron ratios in the human frontal cortex. – *Science* 103 s. 13606–13611.
- TETTAMANTI, M. – WENIGER, D. 2006: Broca's area. A supramodal hierarchical processor? – *Cortex* 42 s. 491–494.
- The Chimpanzee Sequencing and Analysis Consortium 2005: Initial sequence of the chimpanzee genome and comparison with the human genome. – *Nature* 437 s. 69–87.
- TOMASELLO, MICHAEL 2003: *Constructing a language. A usage-based theory of language acquisition*. Cambridge, MA.: Harvard University Press.
- VARLEY, ROSEMARY A. – KLESSINGER, NICOLAI J. – ROMANOWSKI, CHARLES A. J. – SIEGAL, MICHAEL 2005: Agrammatic but numerate. – *PNAS* 102 s. 3519–3524.
- WEAVER, TIMOTHY D. 2009: The meaning of Neandertal skeletal morphology. – *PNAS* 106 s. 16028–16033.
- WHITING, MICHAEL F. – BRADLER, SVEN – MAXWELL, TAYLOR 2003: Loss and recovery of wings in stick insects. – *Nature* 421 s. 264–267.
- WYNN, THOMAS – COOLIDGE, FREDERICK L. 2009: Implications of a strict standard for recognizing modern cognition in prehistory. – Sophie A. De Beaune, Frederick L. Coolidge & Thomas Wynn (toim.), *Cognitive archaeology and human evolution* s. 117–127. Cambridge: Cambridge University Press.

The distinguishing factor

The language used by humans is markedly different from the communication systems seen in the animal world. The human brain contains a ‘distinguishing factor’, which makes it possible for human children to learn natural languages spontaneously, whereas such a feat is not possible for other animals. This article presents an assessment of what such a distinguishing factor may be, how it is actualised in the human brain and how it is born out of biological evolution. Sources consulted for this article include neuroscientific research, evolutionary theory, genetics, comparative zoology and linguistics. By way of a conclusion, the article posits that a series of mutations has occurred in recent human evolution which has changed the organisation of the brain (notably in and around the Broca’s area, a change which enables the capacity within our linguistic abilities for the recursive processing of formal symbols in the early stages of development and which, at a later developmental stage, results in the boundlessly creative, supramodal, cognitive behavioural profile common to modern humans.

Kirjoittajan yhteystiedot:
etunimi.j.sukunimi@jyu.fi