

IRMA JÄRVELÄ JA TIMO LEISIÖ

Musikaalisuuden biologinen evoluutio

Musikaalisuus on ihmislajin kyky hahmottaa ja toteuttaa rytmiin ja sävelkorkeuksiin sekä äänien voimakkuuteen ja väriin liittyviä tapahtumia. Se on monimuotoinen ominaisuus, jonka perinnöllisyydestä on saatu todisteita suku- ja kaksos-tutkimuksissa. Eläinten ääntelyä voidaan pitää alkukantaisena lauluna vastakkaisen sukupuolen hurmaamiseksi ja viestien lähettämiseksi. Ihmisellekin musikaalisuus antaa mahdollisuuden kommunikoida äänillä ilman kieltä. Musiikin vaikutus nykyihmiseen johtaneessa evoluutiossa on mysteeri. Musikaalisuuden on hiljan todettu kytkeytyvän arginiini-vasopressiiniin geenin reseptorin 1A (AVPR1A) alleeleihin. AVPR1A-geenin ja sen homologioiden on raportoitu liittyvän kiintymykseen, kykyyn sitoutua lajitovereihin ja hyväntahtoisuuteen. Löydöksen perusteella oletetaan, että musikaalisuuden säilymistä evoluutiossa tuki musikaalisuuden kyky edistää sosiaalisesti positiivista kommunikaatiota.

Musiikin tuottaminen, harjoittaminen ja kuunteleminen ovat aivojen monimutkaista toimintaa, jonka biologista perustaa on tutkittu vähän, vaikka musiikki kuuluu jokaisen ihmisyhteisön kulttuuriin. Koska musiikillisissa äänissä on lukemattomia mm. sävyn, korkeuteen, kestoon ja voimakkuuteen liittyviä eroja, niiden monimuotoisuus antaa mahdollisuuden tehokkaaseen viestintään ilman sanoja. Musiikin kuuntelu voi herättää laajan kirjon tunne-elämyksiä, joihin kuuluvat mm. nostalgiaa, melankoliaa tai eroottisuutta herättävät tunteet (Suoniemi 2008, Zentner ym. 2008).

Musikaalisuuden biologista taustaa tukevat tutkimukset

Evoluutiotutkimukset. Musiikin alkuperän pohdiskelu synnytti 1800-luvulla ja 1900-luvun alussa toistakymmentä syntyteoriaa. 1900-luvun aikana lähtökohtana oli, että musiikki oli erkaantunut kielestä, ja 1990-luvulla päädyttiin siihen, että musiikki syntyi evoluution merkityksettömänä sivutuotteena kielen kehityksen rinnalla. Nykytutkimus on kuitenkin tuonut esiin tyystin uutta tutkijoiden seurattessa, miten eläimet kommunikoivat äänillä (Wallin ym. 2000). Yhteydet eläinten ääntelyn ja ihmislaulun välillä ovat selkeät: kummallakin on jokin sanoma, päämäärä, joka liittyy sisäiseen tunnetilaan (varautumiseen, pelkoon, yhteydenottoon, iloon, suruun, miellyttämiseen) ja jonka jopa eri lajit saattavat tulkita oikein. Sen sijaan yhä vallitsee tietämättömyys siitä, minkälaisen evoluutioprosessin seurauksena nykyinen musiikkimme oli kehittynyt ja miksi. Kielen synnyn prosesseja voidaan oikeastaan ratkoa vasta, kun näitä seikkoja on alettu ymmärtää paremmin, ja tässä työssä molekyylibiologialla on keskeinen asema.

Musiikilla on aina oma paikallinen rakennepiirinsä eli syntaksi. Kielelläkin on, mutta musiikki on kaksiulotteinen: aivoissa syntyy muistijälki soivasta sävelestä, mutta kummallakaan ei ole yhteyttä kielelliseen merkitykseen, kuten käsitteisiin kukka, sadekuuro tai poikamies. Sen sijaan kieli on kolmiulotteinen, koska siinä jokainen äänisyksikkö on muistissa sanahahmona, joka viittaa tiettyyn kohteeseen. Sana on siis symboli, jolla on merkityksensä. **2567**

Sävelellä ei ole merkitystä, jos kohta sävelsarjalla voi olla. Ero on siis liukuva. Poliitikko saattaa puhua niin hämärästi, että onnistuu välttämään sanomasta mitään. Toisaalta joidenkin eläinten tietynlaisilla äänneyhdistelmillä saattaa olla opittu merkitys. Tansanian verveteillä (marakateilla) on kolme selkeästi erilaista ”lausetta”, joista yksi varoittaa kotkasta, toinen käärmestä ja kolmas leopardista, ja kunkin seurauksena lauma reagoi heti oikein. Tällainen esikielellinen äännekommunikatio muodostaa kaukaa lähteneen sillan sekä kolmiulotteiseen kieleemme että musiikkiin, joilla on selkeä viittaussuhde, kuten on kansallislaululla, uutisten tunnussävelellä tai ambulanssin hälytyksäänellä. Onkin herännyt ajatus, että kielen täsmällinen semantiikka olisi alkanut kehkeytyä mm. kädellisten musiikillisesti ilmaisemista intentioista: eläimen sisäinen tila purkautui ääniin ja eleisiin, joilla se halusi viestittää, mihin se pyrki ja mitä se ei missään tapauksessa halunnut.

Ihmisen musiikillisen kyvyn kehittyminen käynnistyi ilmeisesti Afrikassa *Homo*-suvun erkaannuttua ihmisapinoiden eli hominidien heimosta, ja ratkaisevia muutoksia tapahtui noin 1,8 miljoonaa vuotta sitten ilmaantuneen *Homo ergasterin* ja sen jälkeläisten perimässä, yhteisöissä ja kulttuureissa. On olemassa viitteitä sen melodis-rytmisestä viestinnästä. Toisaalta varhaisin todiste nykyihmisen symbolisesta ajattelusta on vasta liki 80 000 vuoden takaa, joten se on samalla ensimmäinen todiste kielen olemassaolosta. Onkin oletaminen, että musiikki jatkaa kadonneilta sukulaislajeilta perittyä sanatonta tunnekkommunikaatiota, kun taas kielenkäyttö tuli mahdolliseksi vasta oman lajimme keskuudessa (Freeman 2000).

Musiikin kehityksessä on lukuisia tekijöitä, joista vasta osa tunnetaan ja jotka ovat yhtäältä geneettisiä ja fysiologisia ja toisaalta kulttuurisia (sosiaalisia). Monet seikat tunnetaan huonosti – esimerkiksi se, milloin kehittyi taito hahmottaa tietoisesti aikaa ja etenkin sykkivää aikaa. Syyt löytynevät geeneistä, joita ei vielä ole tunnistettu, mutta selvää on, etteivät yhteislaulu ja tanssi luonnistu ilman pulsaatiota. Paljon ennen ihmisapinoiden heimon (hominidien) ilmaantumista mm. laululinnuissa ja

valaissa oli tapahtunut ääniviestinnän huikeaa musiikillistuminen. Kysymykseen siitä, mikä käynnisti saman kehityksen myöhemmin myös hominideja seuranneissa ihmislajeissa, voidaan toistaiseksi vastata lähinnä oletuksin. On mielenkiintoista, että eläinten ja ihmisten fysiologiat ovat muillakin alueilla ajastuneet; ajatellaanpa vaikka uni-valverytmiä, verenpaineen vuorokausivaihtelua tai kuukautiskiertoa.

Jos tarkataan suuria linjoja, musiikki kehittyi nykyiselleen toista miljoonaa vuotta ennen kaikkea geenimutaatioiden käynnistämänä biologisena evoluutiona ja arvatenkin sukupuolivalinnan kautta. Musiikin evoluutioon johtaneet geenimuutokset ovat vaikuttaneet paljolti muuhun kuin kuulokeskukseen ja tapahtuneet ihmisen välittömien sukulaislajien keskuudessa ja nykyihmisen kehityshistorian aikana. Ylisummaan voidaan sanoa, että nykyihmisen musiikkiin liittynyt ja liittyvä luovuus yksilötaiteesta kansainväliseen musiikkiteollisuuteen on muotoutunut ihmisen aivojen kehittymisen seurauksena. Tämän kehityksen takana on todennäköisesti kymmeniä geenejä, joista osa ilmenee vain eurooppalaisilla, osa afrikkalaisilla.

Inhimillistymisprosessin selvittäminen on kesken, mutta kun Walter Freeman (2000) määritteli musiikin ja tanssin ”ryhmäistymisen bioteknologiaksi” hän käsitteli tätä kysymystä aivojen biologian kannalta. Musiikki vapauttaa oksitosiinia, joka avaa synapseja ottamaan vastaan ja siirtämään uutta toisiin ihmisiin liittyvää tietoa (Grape ym. 2003). Musiikki ja tanssi auttavat aivoja kehittymään samalla, kun aivot kehittävät yhä tehokkaampia tapoja yksilön toimia yhdessä muiden kanssa. Tässä mielessä musiikin ja aivojen evoluutio ovat olleet erottamaton osa ihmisen kehitystä.

Musiikin biologista merkitystä evoluutiossa on perusteltu sillä, että musikaaliset kyvyt kehittyvät varhain: sikiöt ja vastasyntyneet pystyvät tunnistamaan melodiakulkuja ja tulkitsemaan äänenvärien vaihtelun merkityksiä (Trehub ja Hannon 2005, Huotilainen ja Fellman tässä numerossa). Aivojen toiminnallisissa magneettitutkimuksissa on osoitettu, että musiikillisten ilmiöiden tunnistaminen tapahtuu

osittain samoilla aivoalueilla kuin kielellisten. Yhteisiä ovat muun muassa Brocan ja Wernickin alueet (Drayna ym. 2001). Viimeisten 10 000 vuoden aikana musiikki on muuntunut suuresti, mutta kyse on ollut jatkuvasta kulttuurievoluutiosta. Kielen käyttö laulussa ei sinänsä ole vaikuttanut melodian kulkuihin, mutta sen on täytynyt vakiinnuttaa säännöllisiä säe- ja säkeistörakenteita, joita ilman (runo)kieltä ei olisi kulttuureihin ilmaantunut.

Musiikki ja kaikki taide juontaa juurensa ihmisen tietoisuuden kolmesta pääpiirteestä: mielenteoriasta eli kyvystä ymmärtää toisen ihmisen mielenliikkeitä, kyvystä yhdistellä elementtejä lähes rajoituksetta ja abstraktista ajattelusta, joka on välttämätön edellytys uuden keksimiselle ja ankarissa olosuhteissa selviytymiselle. Säveltämistä ja improvisaatiota voidaan pitää kognitiivisen joustavuuden ja sovittamista taas aivojen tarkkaavuuden ja suorituskyvyn harjoitteluna tai evoluution näkökulmasta mentaalisen ja emotionaalisen joustavuuden ja kyvyn merkinä. Esi-isämme näyttivät vastakkaiselle sukupuolelle fyysisiä taitojaan ja luovaa mieltä laulamalla ja tanssimalla läpi yön – taitoja, jotka ovat tarpeellisia uhkaavissa olosuhteissa ja herättävät ihailua (Levitin ja Tivorolas 2009).

Musiikilla on ainutlaatuinen kyky herättää laaja kirjo tunteita, muun muassa nostalgiaa ja melankoliaa. Neurotieteellinen tutkimus on kohdistunut totunnaisesti negatiivisten tunteiden (neuropsykiatristen sairauksien) tai keinotekoisesti aiheutettujen positiivisten tunteiden (mm. lääkeriippuvuuden) tutkimiseen. Musiikki voi aiheuttaa voimakkaita positiivisia tunteita ja mielihyvää luonnollisella tavalla, ja niiden kokemiseen liittyy myös fysiologisia reaktioita (sydämen ja hengityksen rytmin nopeutumista), joiden aiovasteista on jo runsaasti tietoa (Koelsch ym. 2002). Tähän saattaa osaltaan perustua musiikin hoitava vaikutus.

Musikaalisuuden perinnöllisyyttä koskevat tutkimukset

Musikaalisuuden periytyminen selittää näitä biologisia mekanismeja, joilla musiikki on



Kuva: Österbottens traditionsarkiv, samling 232

säilynyt evoluutiossa. Musikaalisuuden eri ilmentymien perinnöllisyydestä on saatu tietoa suku- ja kaksostutkimuksilla. Synnynnäinen amusia on poikkeavuus, jonka vuoksi henkilö kuulee musiikin puheena. Kanadalaisen tutkimuksen mukaan sitä esiintyy noin 4 %:lla väestöstä. Perhetutkimusten perusteella synnynnäisen amusian riski on sisaruksilla noin kymmenkertainen (Peretz ym. 2007). Myös absoluuttiseen sävelkorvaan, jolla tarkoitetaan kykyä tunnistaa sävelkorkeus ilman referenssisäveltä, on todettu liittyvän perinnöllinen komponentti: esiintymistodennäköisyys on sisaruksella 8–15 %, kun ympäristön ja perheen vaikutus on eliminoitu (Baharloo ym. 2000). ”Distorted tunes” -testillä (DTT) mitataan kykyä tunnistaa väärät sävelet tutuissa melodioissa (Drayna ym. 2001). Testituloksen korrelaatioksi on saatu identtisillä kaksosilla 0,67 ja epäidenttisillä 0,44. Suomalaisissa suvuissa on tutkittu suomalaisen Kai Karman kehittämän musikaalisuustestin pistemäärien ja yhdysvaltalaisen Carl Seashoren sävelkorkeuden ja sävelen keston eroja mittaavan musikaalisuustestin pistemäärien periytymistä. Karman testin pistemääristä noin 40 %, Seashoren sävelkorkeustestin pistemääristä jopa 67 % ja sävelen keston pistemääristä noin 20 % selittyi

perinnöllisellä komponentilla (Pulli ym. 2008, Ukkola ym. 2009).

Kun suomalaisissa suvuissa suoritettiin perimän haravointi yli 1 000 geenimerkin avulla ja geenimerkkien alleelien periytymistä verrattiin musikaalisuustestien pistemäärien kanssa, perimästä voitiin paikantaa useita alueita, joista tilastollisesti merkitsevin sijaitsee kromosomin 4 pitkässä haarassa. Paikannetuilla alueilla sijaitsee geenejä, jotka liittyvät muun muassa hermosolujen kehitykseen ja migraatioon, muistiin ja liikeratojen toimintaan (Pulli ym. 2008).

Evoluutiossa hyvin säilynyt arginiini-vasopressiinigeeni (AVR) vaikuttaa moniin aivotoimintoihin, kuten muistiin ja oppimiseen, sosiaalisuuteen, emootioihin ja käyttäytymiseen, kuten parinmuodostukseen, sisarushteisiin, sitoutumiseen ja hyväntahtoisuuteen. AVR:n vastine linnuilla on vasotosiini, joka lisää lintujen ääntelyä ja reviirin puolustusta. AVR syntetisoituu hypotalamuksessa, ja sen aivovaikutukset ihmisellä välittyvät AVPR-reseptori 1A:n avulla. Tuoreessa suomalaisessa tutkimuksessa AVPRIA-geenin alleelien todettiin olevan yhteydessä erityisesti Karman musikaalisuustestin pistemääriin suomalaisissa suvuissa (Ukkola ym. 2009). Tämän geenin on yhdessä serotoniininkuljettajageenin kanssa raportoitu liittyvän ammattitanssijoiden luovaan esittämiseen. On mahdollista, että ammattitanssijoiden taiteellinen luovuus välittyy musikaalisuuden kautta; tanssillahan tulkitaan musiikkia.

Musiikin evoluutiota koskevat tutkimukset ravisuttavat käsitystämme luonnonvalinnasta: on ajateltu, että luonnonvalinta perustuu kilpailuun, jossa heikot häviävät vahvojen tieltä. AVPRIA-geenin pitkät alleelit liittyvät elämänsuojaaviin ominaisuuksiin, parinmuodostukseen, kykyyn sitoutua ja hyväntahtoisuuteen mutta miehillä myös aggressiivisuuteen, jota käytetään partnerin puolustamiseen (parisuhteen säilyttämiseen). Preeriamyyrillä tehdyissä tutkimuksissa on saatu selville, että yksiaivoisella myyrälajilla AVPRIA-geeni ilmentyy eri aivoalueilla kuin moniaivoisilla (Donaldson ja Young 2008). Parinmuodostus ja lisääntyminen ovat evoluution perusta. Parisuhteessa

elävien ihmisten on todettu haastattelututkimuksissa olevan onnellisempia ja heidän sairastavuutensa vähäisempää. Musiikki on sosiaalista kommunikaatiota, joka ilmenee muun muassa kehtolauluissa ja kuorolaulussa. AVPRIA-geenin liittyminen musikaalisuuteen viittaa siihen, että musiikilla on elämää säilyttävä tehtävä evoluutiossa. Hyvän tekeminen siis kannattaa – muulloinkin kuin jouluna.

Musikaalisuuden biologian tutkimus voi antaa uutta tietoa ihmisaivojen toiminnasta, äänen ja puheen kehitykseen liittyvistä tekijöistä ja sosiaalisen kommunikaation biologiasta. Musikaalisuuteen liittyvien geenivarianttien tunnistaminen saattaa auttaa ymmärtämään, millä mekanismeilla musiikkiterapian vaikutukset välittyvät. Vertaamalla musikaalisuuteen liittyvien perimämuutosten esiintymistä eri eläinlajeilla voidaan myös saada tietoa muutosten iästä ja säilymisestä evoluution aikana.

Miksi joululla on musiikkinsa?

Musiikin sosiaaliset ulottuvuudet ovat luoneet erilaisia musiikkikulttuureja eri ihmis-yhteisöissä. Niihin liittyy jokaiselle yhteisölle ominaisia rituaaleja, joilla on omat musiikilliset symbolinsa, ja sen vuoksi me emme laula joululauluja vappuna. Ihmisellä rituaaliin kuuluu aina myytti, joka todistaa rituaalin oikeutuksen, ja myytti esitetään laulaen ja soittaen. Vuosittain toistuvat tutut joululaulut, joita lauletaan ja kuunnellaan yhdessä ja erikseen, ovat esimerkki traditiosta, joka vahvistaa läheisyyden ja yhteenkuuluvuuden tunnetta. ■

IRMA JÄRVELÄ, dosentti, erikoislääkäri
lääketieteellisen genetiikan osasto
Helsingin yliopisto, Biomedicum

TIMO LEISIÖ, professori
musiikintutkimuksen laitos
Tampereen yliopisto

KIRJALLISUUTTA

- Baharloo S, Service SK, Risch N, Gitschier J, Freimer NB. Familial aggregation of absolute pitch. *Am J Hum Genet* 2000;67:755–8.
- Donaldson ZR, Young LJ. Oxytocin, vasopressin, and the neurogenetics of sociality. *Science* 2008;322:900–4.
- Drayna D, Manichaikul A, de Lange M, Snieder H, Spector T. Genetic correlates of musical pitch recognition in Humans. *Science* 2001;291:1969–71.
- Freeman W. A neurobiological role of music in social bonding. Teoksessa: Wallin NI, Merker B, Brown S, toim. The origin of music. Cambridge, Massachusetts, London. The MIT Press 2000, s. 411–22.
- Grape C, Sandgren M, Hansson LO, Ericson M, Theorell T. Does singing promote well-being: An empirical study of professional and amateur singers during a singing lesson. *Integr Physiol Rev Sci* 2003; 38:67–74.
- Koelsch S, Gunter TC, v Cramon DY, Zysset S, Lohmann G, Friederici AD. Bach speaks: a cortical language network serves the processing of music. *Neuroimage* 2002;17: 956–66.
- Levitin DJ, Tirovolas AK. Current advances in the cognitive neuroscience of music. *Ann NY Acad Sci* 2009;1156:211–31.
- Peretz I, Cummings S, Dubé MP. The genetics of congenital amusia (tone deafness): a family-aggregation study. *Am J Hum Genet* 2007;81:582–8.
- Pulli K, Karma K, Norio R, Sistonen P, Göring HH, Järvelä I. Genome wide scan for musical aptitude in Finnish families: significant evidence for a major locus at 4q22. *J Med Genet* 2008;45:451–6.
- Solon M. The music of ancient Greece. London: Faber ja Faber Limited 1978.
- Suoniemi, K. Havaintokyky, musiikailisuus ja musiikinkuuntelukokemukset. Tampereen yliopisto 2008.
- Trehub SE, Hannon EE. Infant music perception: domain-general or domain-specific mechanisms? *Cognition* 2005;100:73–99.
- Ukkola L, Onkamo P, Karma K, Raijas P, Järvelä I. Musical aptitude is associated with AVPR1a haplotypes. *PLoS ONE* 2009;4:e5534.
- Wallin NL, Merker B, Brown S, toim. The origins of music. Cambridge, Massachusetts, London: The MIT Press 2000.
- Zentner M, Grandjean D, Scherer KR. Emotions evoked by the sound of music: characterization, classification, and measurement. *Emotion* 2008;8:494–521.