

# Musiikillisen luovuuden perimänlaajuinen tutkimus

---

Jaana Oikonen, Tuire Kuusi ja Irma Järvelä

## Musiikillinen luovuus ja sen biologia

Luovuus on aivojen biologista toimintaa, jonka taustatekijöitä on toistaiseksi tutkittu vähän<sup>1</sup>. Luovuus voidaan määritellä toiminnaksi, joka vaatii älykkyyttä, peräänantamattomuutta, epätavallista ajattelua ja avoimuutta toimia uudella tavalla. Luovan toiminnan tuloksena syntyy jotain syntytilanteen kannalta olennaista ja samalla uudenlaista (Csikszentmihalyi 1990, Bachner-Melman et al. 2005, Hennessey ja Amabile 2010). Uusien ratkaisujen löytämisessä luovalla toiminnalla onkin tärkeä tehtävä. Ihmisen kehityshistorian näkökulmasta luovuus on elämää ylläpitävä voima, nyky maailmassa luova toiminta vaikuttaa laajasti yhteiskunnassa.

Musiikillinen luova toiminta voidaan jaotella historialliseen ja psykologiseen luovuuteen (Wiggins et al. 2015). Musiikissa historiallista luovuutta edustavat säveltäjät, joiden luovan toiminnan arvo säilyy aikakaudesta toiseen. Psykologinen luovuus musiikissa on yksilöllistä toimintaa, esimerkiksi säveltämistä, soittamista tai improvisointia. Levitin (2012) esittää, että musiikillista luovuutta voidaan pitää osana musikaalisuuden ilmentymistä.

Musiikillisen luovuuden tutkimuksessa on käytetty kehitettyjen luovuustestien (esim. Torrance'n *Test of creative thinking*, Torrance 1981) soveltuvia osia. Niissä on esimerkiksi pyydetty koehenkilöä tuottamaan yhden äänilähteen avulla niin monta erilaista ääntä kuin mahdollista. Myös säveltämistä ja improvisoimista on käytetty testeissä. Meidän tutkimuksessamme musiikillinen luovuus määriteltiin säveltämiseksi, soittamiseksi tai improvisoimiseksi, eikä toimintaa mitattu koeasetelmassa, vaan vastaajat itse arvioivat omaa musiikillista (ja muutakin) luovuuttaan.

Aivojen kuvantamistutkimuksissa on todettu, että useat aivoalueet, esimerkiksi otsalohko, mantelitulake sekä kielen ja motorisen toiminnan alueet aktivoituvat musiikillisen luovan toiminnan (säveltämisen ja improvisaation) aikana (ks. esimerkiksi Dietrich ja Kanso 2010). Kuuloaivokuoren aktivaatioon ei tarvi-

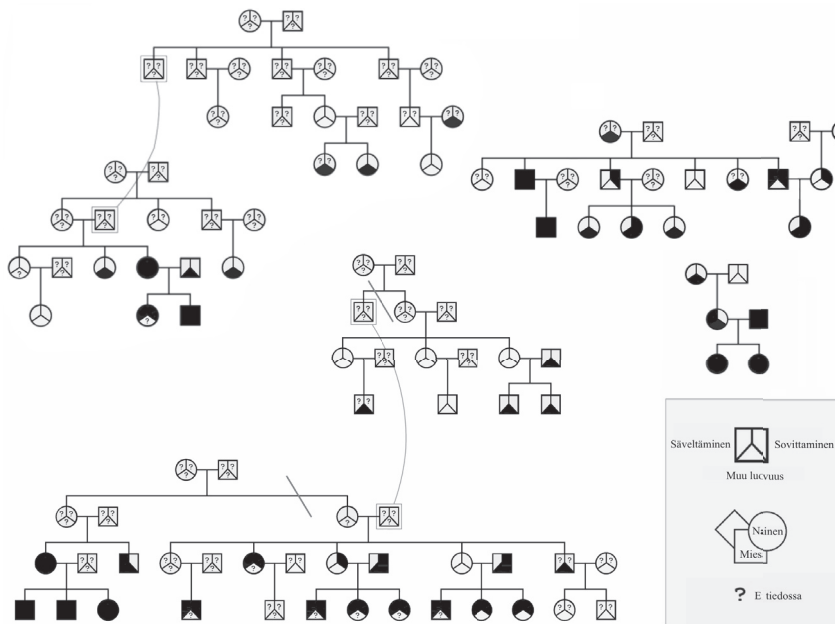
---

<sup>1</sup> Tämä artikkeli on kolmen kirjoittajan muokkaama lyhennetty käännös Plos-ONE:ssa julkaisusta vertaisarvioidusta artikkelista (Oikonen et al. 2016). Olemme tarjonneet tätä *Musiikki*-lehteen, jotta musiikillisen luovuuden geenitutkimuksesta saataisiin tietoa myös suomeksi. Olemme jättäneet tästä pois geenitutkimuksen alan lukijoille suunnatut tekstikatkelmat, taulukot ja kuvat ja pyrkineet suuntaamaan sisällön muusikoille ja musiikintutkijoille.

ta soivaa ääntä, sillä jo tuttuja melodioiden kuvittelun on huomattu aktivoivan sen toimintaa (Herholz et al. 2008). Nämä tutkimukset eivät kuitenkaan kerro (musiikillisen) luovuuden biologisesta taustasta.

Geenitutkimuksilla voidaan tarkastella ominaisuuksia, joiden biologisesta taustasta ei ole mitään tietoa. Luovuuden geenitaustaa on jonkin verran tutkittu ehdokasgeenitutkimuksilla. Aivojen välittäjäaineen, dopamiinin ja muidenkin dopamiiniaineenvaihdunnan geenien on todettu liittyvän luovaan, poikkeavaan ajatteluun (Reuter et al. 2006, Maysless et al. 2013, Murphy et al. 2013). Samoja geenejä on löydetty myös neuropsykiatristen tautien alttiusgeenitutkimuksissa (Reuter et al. 2013, Carson 2014).

Olemme aiemmin tutkineet musikaalisuutta ja musiikillista luovaa toimintaa (säveltäminen, sovittaminen ja improvisointi) suomalaisten sukujen avulla (Ukkola et al. 2009, Oikkonen et al. 2015, Oikkonen et al. 2016). Tutkimuksissa ilmeni, että joissakin suvuissa musiikillista luovaa toimintaa esiintyi erityisen runsaasti (Kuva 1). Sekä musikaalisuus että musiikillinen luovuus vaikuttavat olevan perinnöllisiä ominaisuuksia, mutta myös ympäristötekijöillä on suuri merkitys. Ympäristötekijöiden osuutta on vaikea erottaa, koska musikaalisten vanhempien lapset usein altistuvat musiikille jo sikiöaikana ja saavat musiikillisen toiminnan



Kuva 1. Esimerkkejä tutkimukseen osallistuneista suomalaisista suvuista. Sovittaminen, säveltäminen ja muu luovuus merkitty seuraavasti: musta ”kyllä”, valkoinen ”ei”. Kysymysmerkki tarkoittaa puuttuvaa tietoa. Kahteen kertaan esiintyvät henkilöt on yhdistetty käyrällä. Kuvassa alimpana näkyvä suuri suku analysoitiin kolmessa osassa: katkaisukohtat on merkitty kenoviivalla. Joissakin suvuissa musiikillinen luovuus oli yleistä (alin suku, oikealla keskellä oleva pieni suku), kun toisissa se oli harvinaista (vasen ylälaita).

mallin vanhemmiltaan ja sukulaisiltaan. Pulli et al. (2008) mukaan noin puolet musikaalisuudesta selittyy geneettisillä tekijöillä ja puolet ympäristötekijöillä.

Nyt käsillä olevassa tutkimuksessa selvitimme, voidaanko ihmisen perimästä löytää alueita, jotka liittyvät sekä musiikilliseen että ei-musiikilliseen luovaan toimintaan. Tutkittavat olivat aiemmin osallistuneet musikaalisuustesteihin (Karmaan auditiiviseen strukturointiin perustuva testi, Karma 2007; Seashoren äänenkorkeuseroja ja äänen kestoeroja mittaavat testiosiot, Seashore et al. 1960) ja musikaalisuuden perimän harvointiin sekä kyselytutkimukseen, jossa selvitettiin heidän musiikillista aktiivisuuttaan (muun muassa musiikkikoulutus, musiikin harrastaminen, musiikin kuuntelutottumukset).

## Tutkimuksen suorittaminen

Osallistujat arvioivat omaa musiikillista luovaa aktiivisuuttaan kyselykaavakkeella. Heiltä kysyttiin, säveltävätkö, sovittavatko ja/tai improvisoivatko he musiikkia. Koska tutkimus perustui itsearviointiin, mitään mittausta toiminnan tuloksien laadusta ei ollut mahdollista tehdä. Toiminnot määriteltiin kyselylomakkeessa seuraavasti:

**Säveltämisellä** tarkoitetaan uuden teoksen luomista riippumatta siitä, missä muodossa (nuotteina, lead sheeteinä, äänitteinä tai muussa muodossa) teos voidaan jakaa muille tai minkä kestoinen teos on.

**Sovittamisella** tarkoitetaan uudenlaisten esitysversioiden tekemistä olemassa olevista teoksista siten, että sävellyksen kokonaishahmo säilyy tunnistettavana.

**Improvisoinnilla** tarkoitetaan kaikkea esityshetkellä tapahtuvaa spontaania musiikin keksimistä, koristelua tai muuntelua riippumatta tyylilajista ja instrumentista. Se sisältää virallisen määrittelynsä lisäksi myös esim. omien laulujen lauleskelun, hyräilyä, laulamisen suihkussa tms.

Lisäksi osallistujia pyydettiin arvioimaan muuta luovuuttaan (esimerkkeinä mainittiin visuaalinen, tieteellinen, tekninen, fyysinen ja verbaalinen luovuus), ja tässä käytettiin neliportaista asteikkoa ääripäinään ”erittäin luova” ja ”ei ollenkaan luova”. Tutkimukseen osallistui 474 henkilöä 79 suomalaisesta perheestä sekä 103 näihin perheisiin kuulumatona henkilöä, yhteensä koehenkilöitä oli siis 577. Perimän harvointien kontrolleiksi valittiin osallistujat, jotka olivat harrastaneet musiikkia vähintään kaksi vuotta. Tällä pyrimme varmistamaan, että musiikilliselle luovalle toiminnalle oli edellytykset. Onhan todennäköistä, että henkilöllä, joka ei ole koskaan harrastanut musiikkia, ei ole keinoa säveltää, sovittaa eikä improvisoida musiikkia. Musiikillisen luovuuden geenialueita tutkimme erikseen yksilöillä, jotka sovittivat, yksilöillä, jotka sävelsivät, sekä niillä, jotka harrastivat musiikkia, mutta eivät sovittaneet eivätkä säveltäneet.

Jotta saatiin selville, ovatko musiikillisen luovuuden geenialueet musiikille spesifisiä vai ovatko ne muun luovan toiminnan kanssa yhteisiä, suoritimme

toisen perimän haravoinnin ryhmälle, jonka jäsenet ilmoittivat olevansa muuten luovia (visuaalinen, tieteellinen, tekninen, fyysinen ja verbaalinen).

Osallistujien perimästä analysoitiin 700000 perimän varianttia, joiden kytkeytyminen ja assosioituminen edellä kuvattuihin ominaisuuksiin analysoitiin Merlin (v1.1.2) ja Pseudomarker (2.0) -ohjelmilla. Molempia analyyseja varten analysoitavat perimän vaihtelevat muodot eli variantit valittiin PLINK (1.07) -ohjelman avulla. Geenien yhteisiä aineenvaihduntareittejä tutkittiin IPA-ohjelmalla (Ingenuity Pathway Analysis, QIAGEN Redwood City, [www.qiagen.com/ingenuity](http://www.qiagen.com/ingenuity)).

## Tulokset

Aineistossamme oli mukana yhteensä 473 koehenkilöä, joiden ominaisuudet musiikillisessa ja/tai ei-musiikillisessa luovuudessa saatiin määritettyä. Koehenkilöistä 103 ilmoitti säveltävänsä, 120 sovittavansa ja 178 improvisoivansa musiikkia (kuva 2, kyllä-sarake). Ei-vastauksia oli 183 (säveltäminen), 164 (sovittaminen) ja 105 (improvisoiminen), ja kuten edellä todettiin, ei-vastauksiin sisällytettiin vain niiden koehenkilöiden vastaukset, jotka olivat harrastaneet tai opiskelleet musiikkia vähintään kaksi vuotta (kuva 2, ei-sarake). Sävellys ja sovitus -luokka käsitti sellaiset koehenkilöt, jotka sekä sävelsivät että sovittivat (lukumääräisesti he sisältyvät kahteen edelliseen luokkaan). Heitä oli yhteensä 159 (kyllä-sarake), ja niitä, jotka eivät säveltäneet eivätkä sovittaneet, oli 149 (ei-sarake). Sävellys ja sovitus -luokan vastaajista erityisen kiinnostavia olivat ne, jotka eivät tehneet kumpaakaan, ja jatkossa tarkastellaan nimenomaan tätä ei-luokkaa.

Muuta luovaa toimintaa koskevat vastaukset luokiteltiin siten, että 'erittäin luova' ja 'melko luova' vastaukset luokiteltiin kyllä-vastauksiksi (joita oli 259) kun taas 'hyvin vähän luova' ja 'ei ollenkaan luova' luokiteltiin ei-vastauksiksi (162). Tähän luokitteluun otettiin mukaan kaikki koehenkilöt riippumatta musiikkiharrastuksen kestosta.

Kuvassa 2 ovat myös luovan toiminnan aktiivisuudet sekä arvio siitä, kuinka suuri osa vaihtelusta johtuu geneettisistä tekijöistä (heritabiliteetti). Geneettinen osuus analysoitiin perhemateriaalista, josta esimerkkejä oli kuvassa 1. Muiden tutkittujen ominaisuuksien perinnölliseksi osuudeksi havaitusta vaihtelusta arvioitiin noin 30 %, kun improvisaation osalta arvio jäi 12 %:iin. Tämän takia improvisointi jätettiin pois perimän kartoituksesta. Aiemmissa tutkimuksissa on löydetty musiikkiin liittyviä ominaisuuksia (esimerkiksi amusia eli kyvyttömyys erottaa sävelkorkeuksia), joiden perinnöllinen osuus on näitä suurempi (Theusch et al. 2009).

Tuloksissa katsottiin myös kahden musikaalisuustestin pisteiden yhteys luovuuden arviointeihin. Nämä testit olivat Karman auditiivisen strukturoinnin (Karma 2007) ja Seashoren äänenkorkeuksin erottamisen testi (Seashore ym. 1960). Kuten kuvasta 3 nähdään, musikaalisuustestipisteet olivat korkeampia

Luova toiminta	Kyllä	Ei	Yht.	Perinnöllinen osuus		
	N (%)	N (%)		N	Geneettinen varianssi	Varianssin keskivirhe
Säveltäminen	103 (36,0%)	183 (64,0%)	286	0,499	0,382	33,3%
Sovittaminen	120 (42,0%)	164 (57,7%)	284	0,502	0,367	33,4%
Sekä sävellys että sovitus	159 (51,6%)	149 (48,4%)	308	0,407	0,348	28,9%
Improvisointi	178 (62,9%)	105 (37,1%)	283	0,131	0,344	11,6%
Muu luova toiminta	259 (61,5%)	162 (38,5%)	421	0,520	0,290	34,2%

Kuva 2. Musiikillisen ja muun luovan toiminnan määrät (ja %-osuudet) sekä heritabiliteetit. Musiikillisen luovan toiminnan osalta "ei"-ryhmässä huomioitiin ainoastaan sellaiset vastaajat, joilla musiikin harrastaminen oli kestänyt vähintään kahden vuoden ajan.

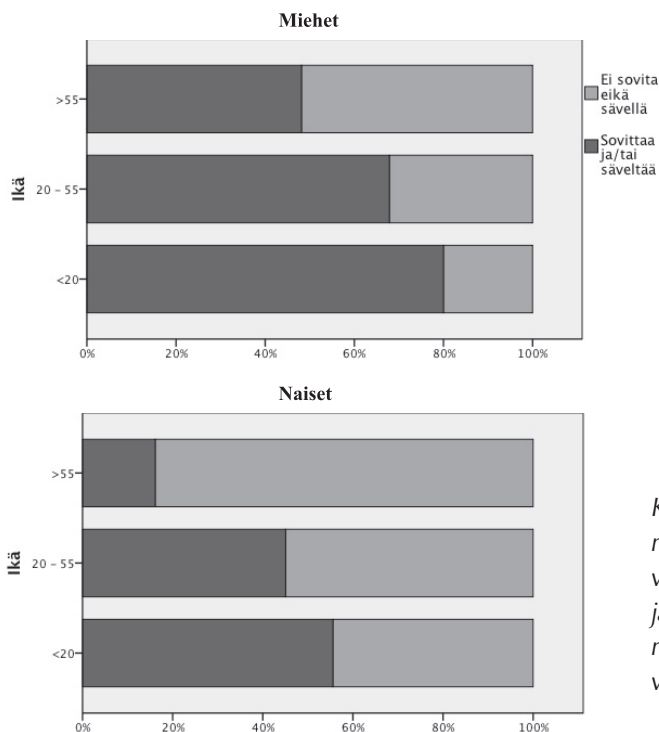
niillä, jotka raportoivat säveltävänsä ja sovittavansa, kuin niillä, jotka vastasivat "ei". Tulos on samansuuntainen aiemman tutkimuksemme kanssa (Ukkola et al. 2009). Lisäksi on huomionarvoista, että musikaalisuus pisteet olivat korkeammat myös niillä, jotka raportoivat olevansa aktiivisia muilla kuin musiikillisen luovuuden alueilla, kuin niillä, jotka eivät pitäneet itseään luovina (kuva 3). Karman testin pisteiden osalta erot olivat tilastollisesti merkitseviä ( $p$ -arvo  $< 0,05$ ) improvisointia lukuun ottamatta.

Miehet raportoivat säveltävänsä, sovittavansa ja improvisoivansa useammin kuin naiset (kuva 3, prevalenssi, kuva 4). Sekä sukupuoli että ikä korreloivat itsearvioitun säveltämisen ja sovittamisen yleisyyteen. Kuva 4 osoittaa, että säveltäminen ja sovittaminen ovat yleisempää nuoremmassa kuin vanhemmissa ikäryhmissä, ja se on yleisempää miesten kuin naisten keskuudessa kaikissa ikäryhmissä. Muussa luovassa toiminnassa ei havaittu sukupuolten välisiä eroja. Kuvasta 3 nähdään lisäksi, että kaikkien luovien toimintojen kohdalla kyllä-vastaajien ikäkeskiarvo on alhaisempi kuin ei-vastaajien, mikä kertoo siitä, että luova toiminta (tai luovan toiminnan tunnistaminen itsessä) on tavallisempaa nuorien kuin iäkkäämpien keskuudessa. Erot olivat suurimmat säveltämisessä ja pienimmät muussa luovassa toiminnassa. Musiikkikoulutuksessa ei vastaajien kesken ollut eroa eri sukupuolten välillä (tulosta ei ole taulukoitu).

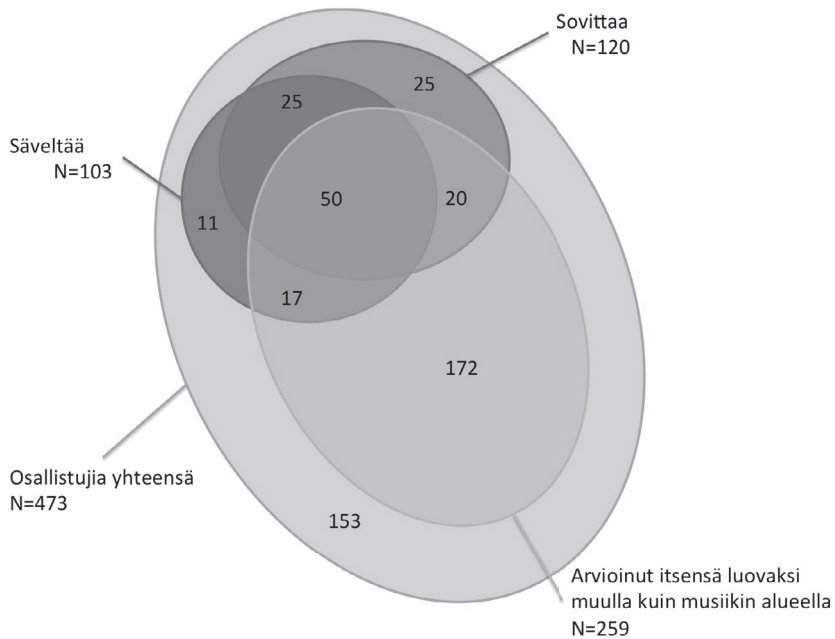
Luovuuden eri lajit näyttivät olevan osin päällekkäisiä, eli samat vastaajat arvioivat itsensä monella tapaa luoviksi (kuva 5). Kaikkiaan 320 osallistujaa piti itseään luovana tai oli aktiivinen luovassa toiminnassa, ja heistä 148 ilmoitti joko säveltävänsä tai sovittavansa. Musiikillisen luovuuden eri osa-alueissa päällekkäisyyttä oli paljon, musiikillisen ja muun luovuuden päällekkäisyyttä vähemmän. Itsensä sekä musiikillisessa luovuudessa aktiiviseksi että muulla tavoin luovaksi arvioi kaikkiaan 87 vastaajaa, ja 50 vastaajaa ilmoitti sekä säveltävänsä, sovittavansa että olevansa luova myös muulla kuin musiikin alalla.

Toiminta		Ikä (KA)	Karman testin pisteet (KA)	Seashore pitch pisteet (KA)	Prevalenssi (%)	
					Miehet %	Naiset %
Säveltäminen	Kyllä	32,7	36,4	46,0	45,0	31,8
	Ei	41,7	34,3	45,1	55,0	68,2
	<i>p-arvo</i>	<i>&lt;0,001</i>	<i>&lt;0,001</i>	<i>0,084</i>	<i>0,019</i>	
Sovittaminen	Kyllä	35,3	36,8	46,4	53,5	33,8
	Ei	40,9	33,9	44,8	46,5	66,2
	<i>p-arvo</i>	<i>0,004</i>	<i>&lt;0,001</i>	<i>0,001</i>	<i>0,001</i>	
Ei sävellys eikä sovitus	Ei	42,0	33,8	44,7	38,4	57,4
	<i>p-arvo</i>	<i>&lt;0,001</i>	<i>&lt;0,001</i>	<i>0,010</i>	<i>0,001</i>	
Improvisointi	Kyllä	38,5	34,7	44,7	72,2	57,1
	Ei	44,2	33,6	45,0	27,8	42,9
	<i>p-arvo</i>	<i>0,008</i>	<i>0,096</i>	<i>0,537</i>	<i>0,012</i>	
Muu luova toiminta	Kyllä	40,3	33,1	43,5	62,3	62,3
	Ei	44,5	31,9	42,1	37,7	37,7
	<i>p-arvo</i>	<i>0,020</i>	<i>0,048</i>	<i>0,027</i>	<i>1,000</i>	
Yhteensä		42,6	35,1	45,4	40,4	59,6

Kuva 3. Luovan toiminnan esiintyminen. Tutkimuksessa huomioitu, ikä, sukupuoli ja kahden musikaalisuustestin tulokset. P-arvot laskettiin kaksipuolisella t-testillä jatkuville muuttujille ja kaksipuolisella Fisherin eksaktilla testillä sukupuoli-eroille. KA = keskiarvo.



Kuva 4. Miesten ja naisten musiikillisen luovuuden (säveltäminen ja sovittaminen) jakaumat kolmessa ikäryhmässä (< 20 vuotta, 20–55 vuotta, > 55 vuotta).

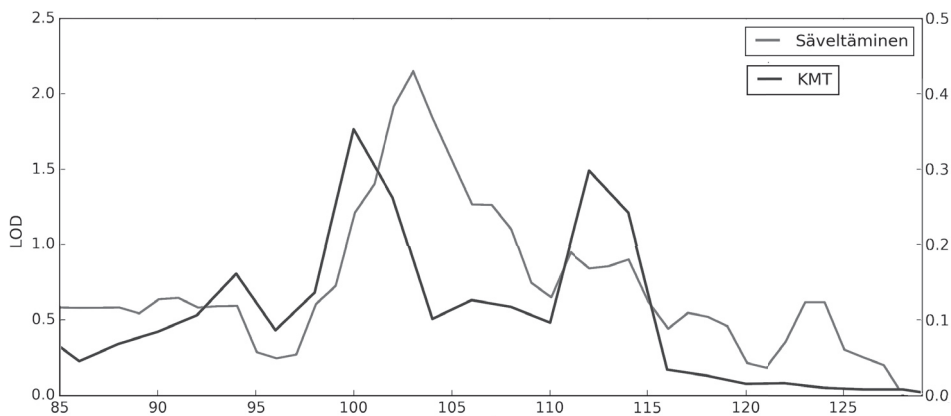


Kuva 5. Musiikillisen luovuuden ja muun luovuuden yhtäaikainen esiintyminen.

### Kytkeytyneet perimän alueet säveltämisessä ja sovittamisessa

Tutkimuksessa saatiin viitettä siitä, että säveltäminen kytkeytyy kromosomin 4q22 alueelle (kuva 6), samalle alueelle, johon musikaalisuudelle (määriteltynä Karman musikaalisuustestillä) on aiemmin saatu kytkentä (Oikkonen et al. 2015, Pulli et al. 2008). Alueella sijaitsee useita aivojen toimintaan vaikuttavia geenejä, joista muun muassa netriineihin kuuluva *UNC5C*-geeni ohjaa hermosolujen kasvua ja solujen liikkumista hermoston kehityksen aikana (Stein ja Tessier-Lavigne 2001). Kyseisellä alueella sijaitsee myös dopamiiniaineenvaihduntaan liittyvä *α-synukleiniinigeeni (SNCA)*, jonka ilmentyminen on liitetty musiikin kuunteluun ja ammattimuusikoiden soittamiseen (Kanduri, Kuusi et al. 2015, Kanduri, Raijas et al. 2015). Lisäksi se aiheuttaa harvinaista Parkinsonin taudin muotoa ja liittyy dementiaan. Melko lähellä sijaitsee myös mongolialaisperheissä löydyntynyt musikaalisuuteen kytkeytynyt alue 4q26, jossa geenin *UGT8* muunnos assosioitui musikaalisuuteen (Park et al. 2012). Kromosomi 4 saattaa näin ollen sisältää laajasti eri musikaalisuuden muotoihin vaikuttavia geenejä ja se onkin tällä hetkellä kiinnostavin perimän alue jatkotutkimuksia ajatellen.

Tutkimuksessa tuli esille pikkuaivojen merkitys musiikilliselle luovuudelle. Aiemmin neurobiologisissa tutkimuksissa on todettu, että pikkuaivot vaikuttavat paitsi motoriseen toimintaan, myös ajatteluun (Buckner 2013). Pikkuaivojen on todettu vaikuttavan musikaalisuuteen (Tölgyesi ja Evers 2014), improvisaatioon (Limb ja Braun 2008, Berkowitz ja Ansari 2008) ja rytmin muistamiseen (Jerde



Kuva 6. Kromosomin 4 q-käsivarren liittyminen Karman testin pistemääriin (KMT) ja itsearvioituun säveltämiseen. Sijainti on ilmoitettu senttimorganeissa X-akselilla, ja Y-akselilla on esitetty KMT-pisteiden ja säveltämisen kytkäytyminen alueelle LOD-arvona (vasemmanpuoleinen asteikko) ja todennäköisyytenä (oikeanpuoleinen asteikko).

et al. 2014). On esitetty, että varhaislapsuudessa tapahtunut musiikin harrastaminen liittyy pienempään pikkuaivojen valkean aineen tilavuuteen heijastaen synapsien lisääntynyttä muovautuvuutta (Baer et al. 2015). Säveltämiseen liittyvien ehdokasgeenialueiden yhteistoimintaa tutkittaessa löytyi hermosoluliitoksen (synapsin) alueella toimiva aineenvaihduntareitti, ns. *long term depression* (LTD), joka on tunnettu pikkuaivojen hermosolujen viestintäkoneisto. LTD heikentää hermosoluliitoksen ärsykevastetta ja helpottaa siten uuden tiedon hankkimista ja aiemmin opitun vanhenneen tiedon eliminoimista. LTD:n tiedetään muokkaavan hermosoluliitosten toimintaa ja muistia (ks. Collinridge et al. 2010). Aineenvaihduntareittiin lukeutuu 141 eri geeniä, joista 17 kaikkiaan kymmeneltä eri perimän alueelta liittyi musiikilliseen luovuuteen (Oikkonen et al. 2016).

Paras sovitukseen kytkeytyvä alue löytyi kromosomista 16. Siellä sijaitsee *GSG1L*-geeni, joka kuuluu ns. AMPA-reseptori-kompleksiin (AMPA). AMPAR vaikuttaa signaalien välitykseen hermosoluissa (Shanks et al. 2012), ja se vaikuttaa myös LTD-aineenvaihduntareitissä.

Paikansimme erikseen perimän alueita siitä ryhmästä koehenkilöitä, jotka raportoivat, että he eivät sävellä eivätkä sovi, mutta olivat opiskelleet tai harrastaneet musiikkia ainakin kahden vuoden ajan. Paras alue löytyi kromosomista 18q21 (Oikkonen et al. 2016). Alueella sijaitsee useita aivojen toimintaan vaikuttavia geenejä, muun muassa kadheriinigeenien perheeseen kuuluvat kadheriinit 7 ja 19 (*CDH7*, *CDH19*). Kadheriinigeenien muutoksia on tunnistettu neuropsykiatrisissa taudeissa (ks. Redies et al. 2012). *CDH7*-geeni vaikuttaa myös laululintujen laulun kehitykseen (Matsunaga ja Okanoya 2008). Kadheriinit voivat olla tärkeitä LTD:n toiminnalle (Mills et al. 2014). Alueelle on aiemmin



paikannettu myös masennukselle altistava perimän muutos (Power et al. 2013). On esitetty, että psykiatrisille taudeille altistavilla geenimuodoilla voi olla myös positiivinen vaikutus aivojen toimintaan, kuten luovuuteen (Carson 2014).

## Pohdinta

Salimpoor et al. (2015) mukaan säveltäjä ”manipuloi musiikin rakenteeseen ja ajankäyttöön liittyviä piirteitä”, esimerkiksi sävelten taajuutta, kestoja, äänen-voimakkuutta ja äänenväriä. Useat musikaalisuustestit, myös meidän käyttämämme, mittaavat kuulijan kykyä erottaa pieniä muutoksia edellä mainituissa piirteissä. Tutkimuksemme mukaan säveltävien ja sovittavien henkilöiden auditiivinen strukturointikyky ja sävelen korkeuksien erotuskyky on parempi kuin niiden, jotka eivät sävellä eivätkä sovita (kuva 3). On mahdollista tulkita, että hyvät musiikilliset perusvalmiudet ovat tarpeellisia musiikillisessa luovuudessa, tai sitten musiikillinen luovuus tarkoittaa henkilön kykyä kohdentaa huomionsa musiikin yksityiskohtiin. Onkin esitetty, että luovuus on osa yleistä älykkyyttä (Keri 2009, Mosing et al. 2014). Joka tapauksessa vaikuttaa siltä, että musiikillinen luovuus korreloi hyvän aivotoiminnan kanssa.

Musiikilliseen luovuuteen liittyen tutkimuksessa paljastui useita synaptiseen aineenvaihduntareittiin (LTD) ja AMPA-reseptorikompleksiin liittyviä genejä. Kaiken kaikkiaan pikkuaivojen LTD, johon AMPAR ja kadheriinit kuuluvat (Mills et al. 2014), on tärkeä hermosoluliitoksen muovautuvuudessa, muistissa ja muissa sellaisissa aivotoinnoissa, joita tarvitaan säveltämisessä ja sovittamisessa. Voidaankin olettaa, että yksilölliset erot LTD-reitin geenien toiminnassa voivat vaikuttaa musiikilliseen luovaan toimintaan.

Musiikillinen luovuus oli yleisempää nuorten keskuudessa: 48 % teini-ikäisistä mutta vain 13 % yli 60-vuotiaista joko sävelsi tai sovitti musiikkia (Oikonen et al. 2016). Tulos heijastanee kulttuurin muutosta ja musiikin harrastamiselle suotuisaa asennetta. Myös esimerkiksi musiikin perusteiden sisällöissä korostuvat nykyään luovuus, kuten improvisointi, sovittaminen ja säveltäminen aiempaa enemmän (SML 2013). Säveltämisessä ja sovittamisessa näkyneet erot sukupuolten välillä saattavat johtua biologiasta, mutta myös sosiokulttuurisilla tekijöillä ja stereotyyppioilla on ajateltu olevan merkitystä luovuuden ilmentymisessä (Baer ja Kaufman 2008, Abraham 2015). Lisäksi sukupuolierojen ajatellaan liittyvän enemmän luovuuden osa-alueiden valintaan kuin kokonaisluovuuden eroihin naisten ja miesten välillä: luovan miehen on ehkä helpompi valita säveltäminen ja luovan naisen tanssiminen.

Tutkimus perustuu kyselytutkimukseen, joka sisältää useita mahdollisia virhelähteitä, kuten väärin muistamista sekä oman toiminnan väheksymistä tai liioittelua. Kyselytutkimus voi olla kuitenkin ainoa tapa saada tietoa tutkittavasta ominaisuudesta silloin, kun objektiivisia testejä ei ole käytettävissä tai niiden käyttäminen suurelle osallistujamäärälle ei ole mahdollista. Kuten alussa todettiin, tutkimuksemme ei arvioitu tuotosten laatua vaan musiikillisen

luovuuden toteutumista, eli toimintaa, joka heijastaa henkilökohtaista halua ja motivaatiota ja joka tukee ominaisuuden biologista (syynnäistä) taustaa. On epäselvää, kuinka suuri osa aktiivisista musiikin amatööreistä tai jopa ammatillisista pitää itseään ei-luovana ja mihin tämä käsitys perustuu. Samalla tämä herättää kysymyksen, onko luovuus biologista vai kulttuurisidonnaista.

Levitinin (2012) mukaan musikaalisuus ilmenee useilla eri tavoilla, eivätkä nämä tavat välttämättä korreloi keskenään. Musikaalisuuden tutkimus onkin jaettava osa-alueisiin ja tutkittava yhtä osa-aluetta kerrallaan; tässä tutkimuksessa kohteena oli musiikillinen luovuus. Kuten aiemmin on todettu, musikaalisuus vaikuttaa osittain periytyvältä ominaisuudelta, ja sellaisia ovat tämän tutkimuksen perusteella myös säveltäminen ja sovittaminen. On todennäköistä, että musiikilliseen luovuuteen liittyy satoja alttiusgeenejä. Geenit näyttivät olevan osittain yhteisiä sekä muun luovuuden alttiusgeenien että musikaalisuuteen liitettyjen geenien kanssa. Toisaalta musikaalisuuteen, säveltämiseen ja sovittamiseen löytyi myös erillisiä geenialueita.

Tutkimuksemme paljastui useita sellaisia geenejä, joiden tiedetään altistavan ihmisiä psykiatrisille sairauksille. Ruotsalaisen laajan epidemiologisen tutkimuksen mukaan luovissa ammateissa toimivien henkilöiden suvuissa on tavallista enemmän neuropsykiatrisia tauteja (Kyaga et al. 2013). Lisäksi tiedetään, että ympäristötekijöillä on vaikutusta geenien säätelyyn (Bohacek ja Mansuy 2015). Epäsuotuisassa ympäristössä tietyt geenimuodot voivat altistaa psykiatriselle sairaudelle, kun taas myönteisessä ilmapiirissä samat geenimuodot voivat liittyä luovaan toimintaan. Tässä tutkimuksessa luoviksi itsensä arvioineet ja ei-luovat edustavat vastakkaista ilmiötä. Voidaan kysyä, sisältyykö mielenterveysongelmille altistaviin geeneihin haitallisten lisäksi hyödyllisiä vaikutuksia, kuten luovuutta, joka voi ihmisen eloonjäämisen kannalta olla ratkaiseva ominaisuus.

## Viitteet

- Abraham Anna. 2015. "Gender and creativity: An overview of psychological and neuroscientific literature". *Brain Imaging and Behaviour*. DOI: 10.1007/s11682-015-9410-8.
- Bachner-Melman, Rachel, Christian Dina, Ada A. Zohar et al. 2005. "AVPR1a and SLC6A4 gene polymorphisms are associated with creative dance performance". *PLoS genetics* 1. DOI: 10.1371/journal.pgen.0010042.
- Baer, John ja James C. Kaufman. 2008. "Gender Differences in Creativity". *Journal of Creative Behavior* 42: 75–105.
- Baer, Lawrence H., Min Tae Matt Park, J. Anne Bailey et al. 2015. "Regional cerebellar volumes are related to early musical training and finger tapping performance." *NeuroImage* 109: 130–139.
- Berkowitz, Aaron L. ja Daniel Ansari. 2008. "Generation of novel motor sequences: the neural correlates of musical improvisation". *NeuroImage* 41: 535–43.
- Bohacek, Johannes ja Isabelle M. Mansuy. 2015. "Molecular insight into transgenerational non-genetic inheritance of acquired behaviours". *Nature Reviews Genetics* 16: 641–652.
- Buckner, Randy L. 2013. "The cerebellum and cognitive function: 25 years of insight from anatomy and neuroimaging". *Neuron* 80: 807–815.

- Carson, Shelley. 2014. "Leveraging the 'mad genius' debate: Why we need a neuroscience of creativity and psychopathology". *Frontiers in human neuroscience* 8: 771.
- Collingridge, Graham L., Stephane Peineau, John G. Howland ja Yu Tian Wang. 2010. "Long-term depression in the CNS." *Nature Reviews Neuroscience* 11: 459–473.
- Csikszentmihalyi, Mihaly. 1990. *Flow: The psychology of optimal experience*. 1st ed. New York: Harper & Row.
- Dietrich, Arne ja Riam Kanto. 2010. "A review of EEG, ERP, and neuroimaging studies of creativity and insight". *Psychological bulletin* 136: 822–848. DOI: 10.1037/a0019749.
- Hennessey, Beth A. ja Teresa M. Amabile. 2010. "Creativity". *Annual review of psychology* 61: 569–598.
- Herholz, Sibylle C., Claudia Lappe, Arne Knief ja Christo Pantev. 2008. "Neural basis of music imagery and the effect of musical expertise". *The European journal of neuroscience* 28: 2352–2360.
- Jerde, Trenton A., Stephanie K. Childs, Sarah T. Handy, Jennifer C. Nagode ja José V. Pardo. 2011. "Dissociable systems of working memory for rhythm and melody". *NeuroImage* 57: 1572–1579.
- Kanduri, Chakravarthi, Tuire Kuusi, Minna Ahvenainen, Anju K. Philips et al. 2015. "The effect of music performance on the transcriptome of professional musicians". *Scientific reports* 5. DOI:10.1038/srep09506.
- Kanduri, Chakravarthi, Pirre Raijas, Minna Ahvenainen, Anju K. Philips et al. 2015. "The effect of listening to music on human transcriptome". *PeerJ*. 3:e830. DOI: doi.org/10.7717/peerj.830.
- Karma, Kai. 2007. "Musical aptitude definition and measure validation: Ecological validity can endanger the construct validity of musical aptitude tests". *Psychomusicology: A Journal of Research in Music Cognition* 19: 79–90.
- Keri, Szabolcs. 2009. "Genes for psychosis and creativity: A promoter polymorphism of the neuregulin 1 gene is related to creativity in people with high intellectual achievement". *Psychological science* 20: 1070–1073.
- Kyaga, Simon, Mikael Landén, Marcus Boman, Christina M. Hultman et al. 2013. "Mental illness, suicide and creativity: 40-year prospective total population study". *Journal of psychiatric research* 47: 83–90.
- Levitin, Daniel J. 2012. "What does it mean to be musical?" *Neuron*. 73: 633–637.
- Limb, Charles J. ja Allen R. Braun. 2008. "Neural substrates of spontaneous musical performance: An FMRI study of jazz improvisation". *PloS ONE* 3. DOI: 10.1371/journal.pone.0001679.
- Matsunaga, Eiji ja Kazuo Okanoya. 2008. "Expression analysis of cadherins in the songbird brain: relationship to vocal system development". *Journal of Comparative Neurology* 508: 329–342.
- Maysless, Naama, Florina Uzefovsky, Idan Shalev, Richard P. Ebstein ja Simone G. Shamay-Tsoory. 2013. "The association between creativity and 7R polymorphism in the dopamine receptor D4 gene (DRD4)". *Frontiers in human neuroscience* 7: 502.
- Mills, Fergil, T. E. Bartlett, Lasse Dissing-Olesen, Marta B. Wisniewska et al. 2014. "Cognitive flexibility and long-term depression (LTD) are impaired following beta-catenin stabilization in vivo". *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 111: 8631–8636.
- Mosing, Miriam A., Nancy L. Pedersen, Guy Madison ja Fredrik Ullen. 2014. "Genetic pleiotropy explains associations between musical auditory discrimination and intelligence". *PloS ONE* 9. DOI: 10.1371/journal.pone.0113874.
- Murphy, Michelle, Mark A. Runco, Selcuk Acar ja Roni Reiter-Palmon. 2013. "Reanalysis of Genetic Data and Rethinking Dopamine's Relationship With Creativity". *Creativity Research Journal* 25: 147–148.

- Oikkonen, Jaana., Yungui Huang, Päivi Onkamo, Liisa Ukkola-Vuoti et al. 2015. "A genome-wide linkage and association study of musical aptitude identifies loci containing genes related to inner ear development and neurocognitive functions". *Molecular psychiatry* 20: 275–282.
- Oikkonen, Jaana, Tuire Kuusi, Petri Peltonen, Pirre Raijas et al. 2016. "Creative activities in music – A genome wide linkage analysis". *PLoS ONE* 11. DOI: 10.1371/journal.pone.0148679.
- Park, Hansoo, Seungbok Lee, Hyun-Jin Kim, Young Seok Ju et al. 2012. "Comprehensive genomic analyses associate UGT8 variants with musical ability in a Mongolian population". *Journal of medical genetics* 49: 747–752.
- Power, Robert A., Sarah Cohen-Woods, Mandy Y. Ng, Amy W. Butler et al. 2013. "Genome-wide association analysis accounting for environmental factors through propensity-score matching: application to stressful life events in major depressive disorder". *American journal of medical genetics Part B, Neuropsychiatric genetics: The official publication of the International Society of Psychiatric Genetics* 162B: 521–529.
- Pulli, Kristiina, Kai Karma, Reijo Norio, Pertti Sistonen, Harald H. Göring ja Irma Järvelä. 2008. "Genome-wide linkage scan for loci of musical aptitude in Finnish families: Evidence for a major locus at 4q22". *Journal of medical genetics* 45: 451–456.
- Redies, Christoph, Nicole Hertel ja Christian A. Hubner. 2012. "Cadherins and neuropsychiatric disorders". *Brain research* 1470: 130–144.
- Reuter, Martin, Sarah Roth, Kati Holve ja Jürgen.Hennig. 2006. "Identification of first candidate genes for creativity: A pilot study". *Brain research* 1069: 190–197.
- Salimpoor, Valorie. N., David H. Zald, Robert J. Zatorre, Alain Dagher ja Anthony Randall McIntosh. 2015. "Predictions and the brain: How musical sounds become rewarding". *Trends in cognitive sciences* 19: 86–91.
- Shanks, Natalie F., Jeffrey N. Savas, Tomohiko Maruo, Ondrej Cais et al. 2012. "Differences in AMPA and kainate receptor interactomes facilitate identification of AMPA receptor auxiliary subunit GSG1L". *Cell reports* 1: 590–598.
- Seashore, Carl E., Don Lewis ja Josef G. Saetveit. 1960. *Seashore Measures of Musical Talents (Manual)*. New York, NY, USA: Psychological Corporation.
- SML 2013. Musiikin perusteiden sisällöt ja suoritusohjeet. Suomen musiikkiopilaitosten liitto, MUPE-työryhmä. <https://drive.google.com/drive/folders/0BwPy3NTmXxqQNUV3TnVneldCYzQ>
- Stein, Elke ja Marc Tessier-Lavigne. 2001. "Hierarchical organization of guidance receptors: silencing of netrin attraction by slit through a Robo/DCC receptor complex". *Science* 291: 1928–1938.
- Theusch, Elizabeth, Anindita Basu, Jane Gitschier. 2009. "Genome-wide study of families with absolute pitch reveals linkage to 8q24.21 and locus heterogeneity". *American journal of human genetics* 85:112–119. doi: 10.1016/j.ajhg.2009.06.010 PMID: 19576568
- Torrance, Ellis P. 1981. *Thinking Creatively in Action and Movement*. Bensenville, IL: Scholastic Testing Service.
- Tölgyesi, Bernadette ja Stefan Evers. 2014. "The impact of cerebellar disorders on musical ability". *J Neurological Sciences* 343: 76–81.
- Ukkola, Liisa T., Päivi Onkamo, Pirre Raijas, Kai Karma ja Irma Järvelä. 2009. "Musical aptitude is associated with AVPR1A-haplotypes". *PLoS ONE* 4. DOI: 10.1371/journal.pone.0005534.
- Wiggins, Geraint A., Peter Tyack, Constance Scharff ja Martin Rohrmeier. 2015. "The evolutionary roots of creativity: Mechanisms and motivations". *Philosophical transactions of the Royal Society of London Series B, Biological sciences*, 370. DOI: 10.1098/rstb.2014.0099.

*FT Jaana Oikkonen (jaana.oikkonen@helsinki.fi) on genetiikan asiantuntija. Hän on tehnyt väitöskirjan musikaalisuuden periytymisestä ja siihen vaikuttavista geeneistä. Tämän lisäksi hän on tutkinut erilaisten ominaisuuksien ja sairauksien geneettistä perustaa sekä ihmisten ja sairauksien evoluutiota. Nykyään hän tutkii syövän genetiikkaa ja evoluutiota.*

*MuT Tuire Kuusi (tuire.kuusi@uniarts.fi) toimii musiikintutkimuksen professorina sekä tutkimuksesta ja tohtorikoulutuksesta vastaavana varadekaanina Taideyliopiston Sibelius-Akatemiassa. Hänen kiinnostuksen kohteensa ovat musiikinteoreettiset käsitteet ja niiden representaatiot musiikissa. Hän on tutkinut non-tonaalisten harmonioiden havaitsemista ja johtaa Koneen säätön rahoittamaa tutkimusprojektia *Unveiling the mystery of harmony*. Tämän lisäksi hän on tutkinut musikaalisuutta ja eksperttilyttä sekä musiikin vaikutuksia ihmisen hyvinvointiin.*

*Irma Järvelä (irma.jarvela@helsinki.fi) on Helsingin yliopiston molekyylogeniikan dosentti ja perinnöllisyyslääketieteen erikoislääkäri. Hänen kiinnostuksen kohteena ovat muun muassa lasten aivojen kehitykseen vaikuttavat geenit. Hän on tunnistanut lukuisia ihmisen tautigeenejä ja niiden muutoksia ja kehittänyt geenitestejä kliiniseen diagnostiikkaan. Hänen aloittamansa musikaalisuuden geenitutkimukset ovat tuottaneet tähän mennessä 13 vertaisarvioitua artikkelia. Ne ovat luoneet uutta tietoa musikaalisuuteen ja musiikin evoluutioon liittyvistä perimän muodoista sekä musiikin kuuntelun ja soittamisen vaikutuksista ihmisen geenien toimintaan.*