

MUSIIKIN HERÄTTÄMÄT EMOOTIOT PSYKOLOGISINA JA NEUROBIOLOGISINA REAKTIOINA

Sara-Alexandra Uusitalo
Kandidaatintutkielma
Musiikkitiede
Musiikin, taiteen ja kulttuurin tutkimuksen laitos
Jyväskylän yliopisto
Kevät 2023

JYVÄSKYLÄN YLIOPISTO

Tiedekunta Humanistis-yhteiskuntatieteellinen	Laitos Musiikin, taiteen ja kulttuurin tutkimuksen laitos
Tekijä Uusitalo, Sara-Alexandra	
Työn nimi Musiikin herättämät emootiot psykologisina ja neurobiologisina reaktioina	
Oppiaine Musiikkitiede	Työn laji Kandidaatintutkielma
Aika Kevät 2023	Sivumäärä 20
Tiivistelmä Tässä tutkielmassa kootaan yhteen aiempaa tutkimusta ja kirjallisuutta musiikin herättämien emootioiden tutkimuksesta. Tutkielmassa tarkastellaan musiikin herättämiä emootioita psykologisina ja neurobiologisina reaktioina, ja keskitytään käsittelemään musiikin herättämien emootioiden taustalla toimivia psykologisia reaktioita sekä aktivoituvia aivorakenteita. Emootioihin liittyviä neuraalisen aktivaation muutoksia tutkimalla voidaan tuottaa tärkeää tietoa emootioiden prosessointiin liittyen, ja tämä saatu informaatio hyödyttää useita tieteenalaja ja esimerkiksi psykiatrisen hoidon kehittämistä. Tutkielmassa tarkastellaan musiikin herättämiä emootioita psykologisina ja neurobiologisina reaktioina seuraavien tutkimuskysymysten avulla: <ul style="list-style-type: none">- Mitkä aivorakenteet ja neuraaliset yhteydet ovat musiikin herättämien emootioiden prosessoinnissa keskeisimmässä asemassa?- Millaisia psykologisia mekanismeja toimii musiikin herättämien emootioiden taustalla? Musiikin herättämien emootioiden neurobiologiset, psykologiset ja fysiologiset ominaisuudet vaativat vielä runsaasti tutkimusta, sillä tieto muun muassa autonomisen hermoston toiminnasta ja emootioita prosessoivien aivorakenteiden välisistä hermoyhteyksistä on vähäistä. Tässä kirjallisuuskatsauksessa tarkastellaan aiemman tutkimuksen löydöksiä musiikin herättämien emootioiden muodostumisesta neurobiologian tasolla.	
Asiasanat Musiikin herättämä emootio, musiikki, vireystila, affekti, limbinen järjestelmä	
Säilytyspaikka Jyväskylän yliopisto	
Muita tietoja	

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	1
2	EMOOTIOT	3
	2.1 Emootio, affekti, tunne ja vireystila.....	4
	2.2 Perusemootio ja tarpeen täytyminen	4
3	MUSIIKIN HERÄTTÄMIEN EMOOTIOIDEN TAUSTALLA TOIMIVAT PSYKOLOGISET MEKANISMIT JA NEURAALINEN AKTIVAATIO.....	7
	3.1 Musiikin herättämien emootioiden prosessoinnin keskeisimmät aivorakenteet ja järjestelmät	7
	3.1.1 Kuulohavaintojärjestelmä ja hermoradat.....	8
	3.1.2 Limbinen järjestelmä.....	10
	3.2 Psykologiset mekanismit musiikin herättämien emootioiden taustalla	14
4	PÄÄTÄNTÖ.....	19
	LÄHTEET.....	1

1 JOHDANTO

Tässä tutkielmassa käsitellään musiikin herättämien emootioiden neurobiologiaa ja niihin vaikuttavia sosiaalisia, psykologisia sekä musiikillisia tekijöitä. Tutkielma koostuu yhteensä kirjallisuutta musiikkitieteen alan aivotutkimuksesta sekä osoittaa useiden tutkimusten avulla neurobiologisten mekanismien aktivaatiota musiikin herättämien emootioiden yhteydessä. Tutkielmassa tarkastellaan emootioiden neurobiologian kannalta keskeisiä aivoyksiköitä, hermoverkostoja ja psykologisia mekanismeja.

Musiikki on tutkimusten mukaan ärsyke, joka aktivoi useita aivojen yksiköitä sekä järjestelmiä samanaikaisesti, ja herättää erityisen voimakkaita kompleksisia emootioita (Koelsch, 2014, 170 - 171; Koelsch ym., 2010, 314 - 315; Trost ym., 2012, 13). Musiikilla on tutkimusten avulla osoitettu olevan kyky vaikuttaa emootioiden merkittävimpiin osatekijöihin, kuten motorisiin vasteisiin, autonomisen hermoston aktivaatioon, toiminnan taipumuksiin, subjektiiviseen kokemukseen sekä fysiologisiin reaktioihin. Tutkimuksessa on osoitettu myös näihin järjestelmiin ja rakenteisiin kohdistuvien vammojen, häiriöiden sekä traumojen selkeä vaikutus emootioiden ja musiikin prosessoimiseen. (Koelsch, 2014, 177 - 178; Trost ym., 2012, 13.) Musiikin hyödyntäminen osana emootioiden neuraalisten korrelaattien tutkimusta on todettu erityisen tehokkaaksi, sillä musiikin kyky herättää voimakkaita kompleksisia emootioita laajassa kirjossa mahdollistaa monimuotoisen fysiologisen ilmiön tarkastelun (Koelsch, 2020, 1; Koelsch, 2014, 170 - 174; Koelsch ym., 2010, 337 - 338; Koelsch, 2012, 203 - 204). Affektiiviset häiriöt ja niiden ilmentyminen neuraalisessa aktivaatiossa ovat myös merkittäviä tutkimuskohteita, ja muun muassa mantelitulmakkeen toiminnassa havaittavia häiriöiden aiheuttamia muutoksia voidaan tutkia musiikin avulla.

Musiikin herättämien emootioiden aktivoimat hermoverkostot ja -yhteydet vaativat osakseen tulevaisuudessakin runsaasti tarkentavaa tutkimusta sekä nykyistä käsitystä selventävää tarkastelua. Muun muassa autonomisen hermoston, vaistomaisen reaktioiden sekä emootioiden prosessoimiseen liittyvien aivoalueiden välisiin yhteyksiin liittyvä ymmärrys on edelleen jokseenkin puutteellista (Koelsch, 2014, 170 - 174; Koelsch, Walter & Fritz, 2010, 337 - 338). Musiikki ja emootiot jakavat myös yhteyden sosiaaliseen käyttäytymiseen sekä vuorovaikutukseen, jolloin musiikkia on mahdollista käyttää tehokkaasti osana emootioiden ja ihmisen sosiaalisen käytöksen tutkimuksen apuvälineenä (Koelsch ym., 2010, 203 - 204). Musiikin herättämien emootioiden neurobiologisen luonteen tutkiminen on erityisen tärkeää, sillä aivovaurioihin, musiikin havaitsemiseen sekä emootioiden prosessoimiseen sidoksissa olevia

häiriöitä voidaan ymmärtää laajemmin, jolloin tutkimus tuo hyötyä myös psykiatrisen hoidon alalle (Koelsch, 2014, 170). Tutkimus avartaa ymmärrystä mahdollisuuksista hyödyntää musiikkia hoidon välineenä esimerkiksi osana psykoterapiaa ja aivo-
vaurioista toipumista edistävää hoitoa.

Musiikin herättämien emootioiden neuraalisten vasteiden tutkimuksessa on hyödynnetty useita neurotieteessä käytettyjä menetelmiä. Tässä tutkielmassa lähteinä käytetyissä tutkimuksissa muun muassa funktionaalisen neurokuvantamisen avulla on saatu tietoa musiikin herättämistä emotionaalista vasteista ja niihin liitettävän neuraalisen aktivaation muutoksista emootioita prosessoivissa aivorakenteissa. Funktionaalisen neurokuvantamisen menetelmien, kuten positroniemissiotietokone-
tomografian (PET) avulla voidaan tarkastella aivoverenkiertoa sekä siinä tapahtuvia muutoksia musiikin kuuntelun yhteydessä (Blood ym., 1999, 382). Aivoverenkierron muutoksia seuraamalla affektiivisen vasteen syntyessä on voitu paikantaa aivorakenteita, jotka ovat osana näiden vasteiden prosessointia. PET-kuvantamista tutkimuksessa hyödynnettäessä on saatu tietoa muun muassa musiikin herättämien emootioiden ja perusemootioiden neuraalisten vasteiden samankaltaisuuksista, ja voitu siten määrittellä osin musiikin kykyä herättää niin kutsuttuja aitoja emootioita. Lisäksi funktionaalisen magneettikuvauksen (fMRI) menetelmää on käytetty vahvistamaan aivorakenteiden kuten limbisen järjestelmän osallisuutta emootioiden prosessoinnissa (Koelsch, 2020, 316). Näitä menetelmiä on käytetty tukemaan toisiaan, ja täydentävin menetelmin on kyetty löytämään neuraalisia yhteyksiä, joita esimerkiksi muilla funktionaalisen neurokuvantamisen menetelmillä ei olla kyetty havaitsemaan.

Aineistona käytetyissä tutkimuksissa sekä kirjallisuudessa materiaalia on kerätty empiirisen tutkimuksen menetelmin sekä koottu yhteen aiempaa tutkimusta kirjallisuuskatsauksien sekä meta-analyysien muodossa. Tiedonhaussa käytettyjä tietokantoja ovat muun muassa JYKDOK, JSTOR, Music Periodicals Database (ProQuest) sekä Google Scholar. Suuri osa aiemmasta tutkimuksesta on toteutettu neurokuvantamisen menetelmin, ja tähän liittyvä sanasto on suurelta osin englanninkielistä. Siksi keskeisiä avainsanoja myös aineiston hakuprosessissa ovat olleet 'functional neuroimaging', 'music-evoked emotions', 'neuroscience', 'neural correlates of music-evoked emotions' sekä 'musical emotion'. Tämä heijastuu tutkielmassa käytetyssä käsitteistössä, ja suomennoksien perään on merkitty englanninkielinen vastine käytetylle termille.

Tutkielmassa tullaan hyödyntämään aiemman tutkimuksen ja kirjallisuuden yhdistämistä teoreettisella tutkimusotteella. Tutkielma toteutetaan kirjallisuuskatsauksena, jonka periaatteena on yhdistellä aiemman tutkimuksen ja kirjallisuuden tarjoamaa teoriaa sekä luoda sen pohjalta uutta teoriaa (Salminen, 2011, 3). Tutkielma on kirjallisuuskatsauksena systemaattisiin menetelmiin nojaava, ja tilastollisesti esitetty tieto sekä postpositivistinen tapa jäsenellä ja tuottaa tietoa on tutkielman tiedon kokoamisessa keskiössä. Tutkielman tavoitteena on esittää katsaus musiikin herättämien emootioiden psykologisiin ja neurobiologisiin ominaisuuksiin, sekä osoittaa musiikin kyky herättää ihmisessä voimakkaita kompleksisia emootioita.

2 EMOOTIOT

Emotion kokonaisuutta on haastavaa tiivistää yhdeksi yksinkertaiseksi määritelmäksi, sillä affektin käsitteen alle sijoittuvat emootiot ja tunteet voidaan luokitella usealla eri tavalla riippuen siitä, millaisesta näkökulmasta ilmiötä käsitellään. Emootiot itsessään omaavat monia erilaisia komponentteja, joihin kuuluvat niin psykologiset kuin fysiologiset ja neurobiologiset osat. Musiikin herättämiä emootioita prosessoidaan eri kognition tasoilla, ja siksi esimerkiksi subjektiivisen kokemuksen osaa emootioiden muodostumisessa ei voida täysin rajata ulos tutkimuksessa. Musiikin herättämät emootiot voidaan määritellä osaksi laajempaa kokonaisuutta, johon kuuluvat muun muassa musiikilliset, sosiaaliset sekä fysiologiset osa-alueet. Musiikin kykyä herättää emootioita on tutkittu myös suhteessa ihmisen selviytymisen kannalta kriittisiin emotionaalisiin prosesseihin sekä arkielämässä esiintyviin perusemootioihin.

Arkielämän emootioita ja musiikin herättämiä emootioita tarkastellaan usein rinnakkain ja vastakkain, ja tutkimuksissa esiintyykin eroja siinä, kuinka musiikin herättämät emootiot käsitetään suhteessa arjessa ilmeneviin ”aitoihin” emootioihin. Varhaisemmassa musiikkia ja sen herättämiä emotionaalisia vasteita tarkastelevassa tutkimuksessa on havaittu emootioiden prosessoinnin kannalta keskeisten aivorakenteiden aktivoitumista (ks. esim. Blood ym., 1999; Blood & Zatorre, 2001). Näitä havaintoja on hyödynnetty myöhemmissä funktionaalisen neurokuvantamisen menetelmiä käyttävissä tutkimuksissa myös tutkittaessa musiikin herättämien emootioiden yhteneväisyyksiä ja eroavuuksia perusemootioihin nähden.

Useat tutkijat ovat perustelleet ja osoittaneet tutkimuksellaan sekä aiemman tutkimuksen avulla musiikin herättämien emootioiden vastaavan neurobiologisilta ominaisuuksiltaan niin kutsuttuja perusemootioita ja ”aitoja” emootioita (ks. esim. Juslin & Västfjäll, 2008; Koelsch, 2020; Bullack ym., 2018; Trost ym., 2012; Lundqvist, Carlsson, Hilmersson & Juslin, 2009; Juslin, Barradas & Eerola 2015). Musiikin herättämien emootioiden kompleksinen luonne on osoitettu mittavalla tutkimusten kirjolla, ja merkittäviä havaintoja emootiotutkimuksen kannalta ovatkin näiden kompleksisten emootioiden yhteneväisyydet arkisten emootioiden kanssa. Tässä tutkielmassa tarkastellaan myös tätä perusteltua olettamusta musiikin synnyttämien neuraalisten vasteiden kautta ja vedetään yhteen aiemman tutkimuksen tuloksia aiheesta.

2.1 Emootio, affekti, tunne ja vireystila

Tutkielman keskeisimpiä käsitteitä ovat affekti (engl. *affect*), emootio (engl. *emotion*) ja tunne (engl. *feeling*) sekä vireystila (engl. *arousal*). Emootion käsitteelle on haastavaa muodostaa yhtä selkeää määritelmää, jossa olisi mahdollista huomioida ilmiön useat osatekijät erityisesti musiikintutkimuksen näkökulmasta. Juslin & Sloboda (2010, 74 - 75) määrittelevät emootion fysiologisten sekä psykologisten prosessien summaksi, lyhytkestoiseksi prosessiluontoiseksi reaktioksi, kun tunteet puolestaan ovat emootioiden subjektiivinen näkökulma ja yksilökohtaisia kokemuksia. Emootiot voidaan sijoittaa affektin kattokäsitteen alle, minne voidaan luokitella myös erilaisia mielialoja sekä persoonallisuuteen liittyviä ominaisuuksia (Eerola, 2015, 282). Vireystilalla puolestaan viitataan neuraalisen aktivaation muutoksiin yhteydessä emootioiden syntyn ja niiden taustalla toimivien neuraalisten prosessien ja aivorakenteiden aktivaatioon (Juslin & Västfjäll, 2008, 561).

Tässä tutkielmassa tarkastellaan emootioita ja erityisesti niiden fysiologisia komponentteja, eikä tunteisiin niiden subjektiivisen luonteen vuoksi perehdytä yhtä syvällisellä tasolla. Emootiosta puhuttaessa tässä tutkielmassa tarkoitetaan edellä annettua määritelmää vastaavia reaktioita, jotka ilmenevät fysiologisina, neurobiologisina sekä osin kognitiivisina prosesseina. Tätä emootion käsitettä ja siihen kuuluvia komponentteja voidaan rinnastaa yksinkertaisempiin emotionaalisiin vasteisiin sekä kompleksisempiin kokonaisuuksiin, joita esimerkiksi musiikin herättämät emootiot ovat.

Emootion ohella affekti on tässä tutkielmassa usein esiintyvä keskeinen käsite, sillä se on määritelty neurobiologiseksi ja fysiologiseksi välittömäksi reaktioksi, jolla on myös subjektiivinen komponentti ja jokin tietoisesti määrätty arvotus toimintamme kannalta (Juslin & Sloboda, 2010, 8). Affektin määritelmään luetaan myös fysiologiset muutokset ja niitä seuraavat emootioita ja tunteita ilmaisevat käytökselliset reaktiot, jotka usein ovat luonteeltaan muuttuviin ympäristön olosuhteisiin sopeuttavia (Lundqvist, Carlsson, Hilmersson & Juslin, 2009, 62). Affektin käsite on siis hyvin laaja, ja annetun määritelmän alle voidaan sijoittaa niin subjektiiviset komponentit kuin fysiologisen määritelmän reaktiot. Lähes kaikki kokemukselliset ilmiöt voidaan siten lukea affektin käsitteen alle, mikä johtaa ilmiön yksiselitteisen määrittelemisen moniin haasteisiin.

2.2 Perusemootio ja tarpeen täytyminen

Tässä tutkielmassa käytetään emootioiden käsittelyn perustana biologista näkökulmaa tukevaa perusemootiot teoriaa, joka on yksi monista musiikkitieteen parissa käytetyistä teorioista. Perusemootiot teoria on saanut osakseen myös perusteltua kritiikkiä,

mutta tutkielman biologisen näkökulman huomioon ottaen tämä kritiikki ei asetu keskiöön. Tämä teoria toimii pohjana käsitykselle emootioiden neurobiologisista ja psykologisista komponenteista, sekä löytyy usean aineistoon kuuluvan tutkimuksen teoreettisista taustoista. Musiikin herättämällä emootioilla on selkeitä neurobiologisia yhteneväisyyksiä niin kutsuttujen perusemootioiden ja aitojen emootioiden kanssa. Perusemootiot ja niihin liittyvien tavoitteiden sekä tarpeiden täytyminen ovat olennainen osa niin ihmisen selviytymistä kuin arkielämää. Musiikin herättämät emootiot ovat luonteeltaan kompleksisia, mutta yhteneväisyys yksinkertaisempiin perusemootioihin löytyy aktivoituvista neuraalisista yhteyksistä sekä perustavanlaatuisen tarpeiden täyttymisestä.

Perusemootioiksi kutsutaan yksinkertaisia emootioita, jotka heräävät tavoitteen tai tarpeen täyttymisestä ja omaavat siten arvoa selviytymisen näkökulmasta (Eerola, 2015, 560; Robinson & Hatten, 2012, 72). Perusemootiot eivät ole luonteeltaan kompleksisia, vaan käynnistävät yksinkertaisia ja välittömiä autonomisen hermoston reaktioita. Autonomisen hermoston pääasiallinen tehtävä on aktivoitua reaktiona ympäristössä tapahtuviin muutoksiin, jotka vaativat käytökseen ja kehontoimintoihin liittyvää mukautumista (Lundqvist, Carlsson, Hilmersson & Juslin, 2009, 63). Esimerkiksi tällaisen perusemootion tarkoitus on toimia nopeana reaktiona ympäristössä tapahtuviin muutoksiin ja johtaa myös mahdollisimman suoriin kehollisiin, fysiologisiin reaktioihin, jotka helpottavat ympäristön tai tilanteen muutokseen sopeutumista (Robinson & Hatten, 2012, 72). Robinson ja Hatten (2012, 73) tiivistävät Paul Ekmanin määritelmän perusemootiolle affektiivisina arviointiperäisinä prosesseina, jotka käynnistävät useita kehollisia ja fysiologisia muutoksia erilaisten mekanismien ja rakenteiden kuten autonomisen hermoston aktivoitumisen kautta. Määritelmän mukaan perusemootioihin liitetään useita kehollisia toimintoja, muun muassa kasvojen ilmeitä, sydämen sykkeessä tapahtuvia muutoksia ja kylmiä väreitä.

Kompleksisemmat emootiot herättävät neuraalista aktivaatiota samoilla aivoalueilla kuin perusemootiot, ja informaatiota molemmista kuljetetaan samojen hermoratojen kautta (Robinson & Hatten, 2012, 73; Koelsch, 2012, 205). Musiikin herättämät emootiot saavat aikaan neuraalista aktivaatiota sekä erilaisten emootioita prosessoivien psykologisten mekanismien aktivoitumista, kuten aivorungon refleksien sekä arviointiperusteisen ehdollistamisen reaktioita (Juslin & Västfjäll, 2008, 562 - 564). Näiden mekanismien aktiivinen toiminta synnyttää muutoksia vireystilassa myös emotionaalisten vasteiden prosessoinnille keskeisimmillä aivoalueilla (Juslin & Västfjäll, 2008, 569). Musiikin herättämiä emootioita prosessoivat mekanismit aktivoivat siis aivojen rakenteita, joilla emootioihin liittyvää informaatiota prosessoidaan riippumatta siitä, millainen ärsyke on emotionaalisen vasteen saanut aikaan. Musiikin herättämien emootioiden neuraalisiin vasteisiin ja prosesseissa aktivoituviin mekanismeihin syvennyttään luvussa 3.1 Musiikin herättämien emootioiden prosessoinnin keskeisimmät aivorakenteet ja järjestelmät.

Eräs perusemootioihin sekä musiikin herättämiin kompleksisiin emootioihin liittyvistä mekanismeista on palkkioverkosto. Musiikin herättämä mielihyvä sekä musiikin tekemisen ja kuuntelemisen sosiaalinen luonne ovat olennaisesti sidoksissa fylogeneettisesti vanhaan palkkioverkostoon, jonka kehittyminen on ollut olennainen osa ihmislajin selviytymistä (Koelsch, 2014, 172 - 174). Osana tätä vanhaa rakennetta toimii myös manteliumake, joka on erityisen keskeinen yksikkö emootioiden ja affektien prosessoinnissa vastaten muun muassa käyttäytymisen säätelystä (Koelsch, 2014, 172). Palkkioverkoston aktivoituminen osoittaa siis myös ihmiselle perustavanlaatuisen mekanismien osallisuuden musiikin herättämien emootioiden muodostumiseen ja tällaisten emotionaalisten vasteiden prosessoinnin samankaltaisuuksiin perusemootioiden prosessoinnin kanssa.

Tarpeen täytyminen ja tavoitteen saavuttaminen ovat emootioiden synnyn kannalta merkittäviä tekijöitä, sillä erityisesti sosiaalisten tarpeiden täytyminen voi herättää erilaisia emootioita (Koelsch, 2012, 240). Palkkioverkoston aktivoitumisen on havaittu johtavan voimakkaaseen vireystilan muutokseen myös makaavan tumakkeen (engl. *nucleus accumbens*) alueella, sekä palkkioverkoston aktivaatioon ennen varsinaisen palkitsevan toiminnon täyttymistä ja toteutumista sekä addiktoivien toimintojen saavuttamista (Banich & Compton, 2018, 376 - 377, Koelsch, 2014, 173). Kuten monet addiktoivat aineet ja toiminnot, myös musiikki saa aikaan voimakkaita emotionaalisia kokemuksia ja reaktioita. Musiikki omaa myös korkean palkkioarvon liittyen palkkioverkoston aktivoitumiseen (Banich & Compton, 2018, 377). Muun muassa miellyttäväksi koetulla musiikilla on yhteys palkkioverkoston ja *nucleus accumbens*-tumakkeen aktivoitumiseen.

Siispä, musiikin herättämällä emootioilla on perustarpeiden täyttymiseen nähden perustavanlaatuinen yhteneväisyys arkiemootioiden ja "aitojen" emootioiden kanssa. Perustarpeiden täyttämiseen pyrkiminen on myös yksi selviytymisvaistoon kytkeytynyt emotionaalinen prosessi, jossa tarpeen täytyessä palkkioverkosto aktivoituu.

3 MUSIIKIN HERÄTTÄMIEN EMOOTIOIDEN TAUSTALLA TOIMIVAT PSYKOLOGISET MEKANISMIT JA NEURAALINEN AKTIVAATIO

Musiikin herättämien emootioiden taustalla toimii useita mekanismeja ja järjestelmiä, jotka usein toimivat samanaikaisesti tai toisiaan sivuten. Näiden mekanismien toimintaan voidaan tarrtua niin psykologisesta kuin neurobiologisesta tai sosiaalisesta näkökulmasta, ja musiikillisilla tekijöillä on myös osansa prosessien muodostumisessa. Emootioiden herääminen voi tapahtua suorana reaktiona musiikkiin itsessään, esimerkiksi äänen akustisiin ominaisuuksiin. Musiikki herättää emootioita myös monen muun mekanismin avulla, ja näihin mekanismeihin lukeutuu myös toimintaperiaatteita, joihin liittyy vahvasti muistoja sekä henkilökohtaisia kokemuksia

Musiikin herättämät emootiot ja ”aidot” emootiot ovat tässä tutkielmassa todettu tutkimusten avulla perustellusti samankaltaisiksi, ja muun muassa Koelsch (2020) painottaa kaikkien musiikin herättämien emootioiden olevan ”aitoja”, sillä keskushermostossa käynnistyvien prosessien ollessa reaktioita aidoiksi katsottuihin tilanteisiin ja muutoksiin, seuraa tällaisia sopeutumista vaativia muutoksia aitoja emootiotason reaktioita.

Musiikin herättämien emootioiden perimmäiset toimintaperiaatteet käsittävät vaihtelevan laajuuden ja vaativuustason prosesseja, joita muun muassa Koelsch (2012) ja Juslin ja Västfjäll (2008) ovat koonneet yhteen toisiaan täydentäen. Tutkimuksien mukaan musiikillisten ärsykkeiden herättämät emotionaaliset vasteet pohjaavat arviointiperusteisiin prosesseihin, joita ilmenee usealla eri neuraalisen aktivaation sekä kognition tasoilla, joita käsitellään seuraavaksi neuraalisen aktivaation ja psykologisten mekanismien avulla.

3.1 Musiikin herättämien emootioiden prosessoinnin keskeisimmät aivorakenteet ja järjestelmät

Musiikki herättää muutoksia emootioiden eri komponenteissa, erityisesti fysiologisessa aktivoitumisessa, subjektiivisessa tunteessa ja motorisessa ilmaisussa. Fysiologiseen aktivoitumiseen ja motoriseen ilmaisuun liittyen esimerkiksi autonomisen hermoston aktivaatio ja aivojen keskeiset emootioiden prosessointiin osallistuvat

aivorakenteet ovat tässä luvussa tarkastelussa. Näitä musiikin herättämien emootioiden syntyyn ja prosessointiin vaikuttavia järjestelmiä ovat musiikin havaitsemiselle olennainen kuulohavaintojärjestelmä (engl. *auditory system*) ja emootioiden prosessoinnin keskeisiin rakenteisiin lukeutuva limbinen järjestelmä (engl. *limbic system*) sekä eri hermoverkostojen avulla näihin yhdistyvät ääreisalueet ja esimerkiksi motorisesta emotionaalisesta ilmaisusta vastaavat rakenteet.

3.1.1 Kuulohavaintojärjestelmä ja hermoradat

Kuulohavaintojärjestelmä koostuu korvan elimistä, jotka havaitsevat ääntä ja värähtelyä, sekä useista aivorungon (engl. *brain stem*), talamuksen (engl. *thalamus*) ja kuuloaivokuoren (engl. *auditory cortex*) alueiden tumakkeista (Banich & Compton, 2018, 155 - 160; Koelsch, 2012, 3; Koelsch, 2014, 170 - 172). Informaatio kulkee kuulohavaintojärjestelmässä alhaalta ylös (korvasta kuuloaivokuorelle) sekä päinvastaiseen suuntaan. Ylhäältä alas kulkeva informaatio mahdollistaa muun muassa (musiikillisen ja sosiaalisen) kontekstin huomioimisen prosesseissa (Banich & Compton, 2018, 158). Kuulohavaintojärjestelmässä rakenteiden ja prosessien järjestäytyminen tapahtuu myöskin tällä tavalla, ja niin sanotut korkeamman tason kognitiiviset prosessit sijoittuvat järjestelmän yläosan rakenteisiin, kun taas automaationa tapahtuvat refleksinomaiset reaktiot toimivat ilman kognition osallisuutta varhaisemmassa auditiivisen informaation prosessoinnin vaiheessa (Banich & Compton, 2018, 158). Vaikka merkittävän suuri osa äänestä havaitaan kuulohavaintojärjestelmän avulla, reagoi ihmiskeho äänen myös muiden kehon havaintojen perusteella, ja musiikillista informaatiota voidaan prosessoida myös sosiaalisessa ja musiikillisessa kontekstissään.

Auditiivista informaatiota prosessoidaan siis monella tasolla, ja ”alhaalta ylös” kulkevassa prosessissa äänestä muunnettu hermoimpulssi tavoittaa hyvin varhaisessa vaiheessa aivorungon ja talamuksen tumakkeet. Informaatio tavoittaa ensin aivorungon simpukkatumakkeet (engl. *cochlear nuclei*), joista niin oikean kuin vasemman korvan informaatio kuljetetaan molempiin ylempiin oliivitumakkeisiin (engl. *superior olive*), jotka käsittelevät saatua informaatiota suhteessa impulssien välisiin voimakkuuseroihin ja suuntiin (Banich & Compton, 2018, 159 - 160). Äänen voimakkuuseroja ja suuntaa käsittävät prosessit ovat myös emootioiden heräämisen kannalta kiinnostavia, sillä äänen tulosuunnan havaitseminen ja etäisyyksien arvioiminen äänen perusteella ovat olleet merkittävässä asemassa myös selviytymisarvoa omaavien toimintojen säätelyssä.

Hermoimpulssin informaatiota prosessoidaan aivorungon alemmissa nelikukkulatumakkeissa (engl. *inferior colliculus*) ja talamuksen alueella keskimmaisissa polvitumakkeissa (engl. *medial geniculate*) ennen kuuloaivokuoren saavuttamista (Banich & Compton, 2018, 160). Näissä tumakkeissa tapahtuvat prosessit ovat osa emootioiden heräämisen taustalla toimivien ei-kognitiivisten, autonomista hermostoa aktivoivien mekanismien, kuten aivorungon refleksien (ks. luku 3.2) toimintaa. Äänen

akustisia ominaisuuksia puolestaan prosessoidaan syvemmin kuuloaivokuorella. Musiikillisten ärsykkeiden ominaisuuksista esimerkiksi sointiväriä ja äänenkorkeutta prosessoidaan tonotooppista rakennetta hyödyntäen erityisesti kuuloaivokuorella (Blood ym., 1999, 382). Kuuloaivokuoren saavuttanutta informaatiota voidaan myös prosessoida jo tietoisesti, ja informaatiota käsitellään usealla eri kognition tasolla.

Merkittävää mainituissa tumakkeissa sekä kuuloaivokuoressa on myös niiden sisältämä tonotooppinen rakenne, joka on osa informaation organisointia sekä tumakkeen solurakennetta. Tonotooppinen rakenne muodostuu siten, että saapuva informaatio organisoidaan värähtelytaajuuden mukaan. Solurakenteessa tämä näkyy solujen järjestyneenä aktivaationa, sillä jokainen tumakkeen solu reagoi tiettyyn taajuuteen ja sen läheisyyteen sijoittuvat samankaltaisiin taajuuksiin vastaavat solut (Banich & Compton, 2018, 155 - 160). Ääni-informaation systemaattinen organisoituminen eri vaiheissa auditiivisten ärsykkeiden prosessointia on eräs emootioiden syntyyn vaikuttava tekijä, ja merkittävä osa äänen akustisiin ominaisuuksiin perustuvaa emotionaalisten vasteiden heräämistä. Esimerkiksi dissonanssin ja konsonanssin havaitsemiseen perustuvien välittömien emotionaalisten vasteiden herääminen nojaa aivorungon tumakkeiden informaation tonotooppisen rakenteen mukaiseen organisoitumiseen (ks. luku 3.2).

Kuulohavaintojärjestelmä sekä sitä sivuavat hermoradat ja hermoimpulsseja välittävät reitit muodostavat laajoja kokonaisuuksia, jotka aktivoituvat reaktiona musiikkiin. Hermoradat yhdistyvät myös selkäyttimeen, jossa sijaitsevat motoriset neuronit reagoivat voimakkaisiin matalataajuuksiin ja yllättäen alkaviin ääniin, ja näiden neuronien aktivoituminen johtaa muun muassa taipumukseen liikkua musiikin rytmisissä (Koelsch, 2014, 170). Lisäksi hermoradat yhdistyvät useisiin rakenteisiin, jotka vastaavat motoriikkatoiminnoista emootioiden prosessoinnin yhteydessä.

Äänen havaitsemiselle ja auditiivisen informaation prosessoinnille merkittäviä hermoratoja ovat kuuloaivokuorta, mantelitumaketta (engl. *amygdala*) ja aivorungon sekä talamuksen tumakkeita yhdistävä auditiivis-limbisen reitti (engl. *auditory-limbic pathway*), primaarin motorisen aivokuoren (engl. *primary motor cortex*), limbisen järjestelmän sekä kuulohavaintojärjestelmän yhdistävä somaattis-motorinen järjestelmä (engl. *somatic motor system*), liikeärsykeitä sisäelimiin johtava nucleus accumbens -tumaketta, limbistä järjestelmää ja kuuloaivokuorta yhdistävä autonominen hermosto (engl. *visceromotor autonomic system*) sekä akustisesti aktivoituva vestibulaarinen reitti (engl. *vestibular pathway*) (Koelsch, 2014, 171 - 172; Koelsch ym., 2010, 319 - 320). Näiden ratojen avulla kuulohavaintojärjestelmään ja limbisen järjestelmän rakenteisiin yhdistyy myös orbitofrontaalinen aivokuori (engl. *orbitofrontal cortex*), missä saapuvan auditiivisen informaation pohjalta kehittyy tunnehavainto (Koelsch, 2014, 172 - 173). Hermoradat ja autonomisen hermoston järjestelmät yhdistävät toisiinsa siis laajasti emootioiden prosessoinnin keskeisiä rakenteita sekä motoriikasta ja kehollisista toiminnoista vastaavia alueita. Näihin hermoratoihin ja reitteihin liittyvää tutkimustietoa on suhteellisen vähän, ja laajempi ymmärrys niiden toiminnasta vajavaista.

Mainittujen hermoratojen, kuulohavaintojärjestelmän sekä selkäytimen motoristen neuronien kyky reagoida ääneen on eräs keskeisistä tekijöistä, jotka vaikuttavat musiikin havaitsemiseen sekä siihen reagoimiseen niin motorisesti kuin emotionaalisesti. Musiikkiin ja sen emotionaaliin vasteisiin liittyvä informaatio kulkee hermoratojen avulla laajalle alueelle aktivoiden niin vaistonomaisia autonomisen hermoston reaktioita kuin motorisia toimintoja, joihin lukeutuvat muun muassa emootioiden motoriset ilmaisevat toiminnot kuten kasvojen ilmeet. Esimerkiksi somaattis-motorista järjestelmää kulkeva informaatio saavuttaa niin emootioiden prosessoinnille keskeiset aivorakenteet kuin motorisen aivokuoren, jolloin musiikin herättämä emotionaalinen vaste ilmenee käytöksen muutoksina sekä motorisina emootioiden ilmaisuina.

3.1.2 Limbinen järjestelmä

Eräs keskeisistä emootioita prosessoivista aivorakenteista on limbinen järjestelmä. Emootioihin ja syntyneisiin tunnehavaintoihin on liitetty neuraalisen aktivaatiotason huomattavia muutoksia erityisesti hippokampuksen (engl. *hippocampus*), mantelitulmakkeen, hypotalamuksen (engl. *hypothalamus*), etummaisten talamustumakkeiden (engl. *anterior thalamus*) sekä etummaisen pihtipoimun (engl. *anterior cingulate cortex*) alueella, ja näiden rakenteiden muodostama alue on nimetty limbiseksi järjestelmäksi (Banich & Compton, 2018, 369). Tämän järjestelmän sisältämät rakenteet ovat yhteydessä muun muassa aivorungon refleksiin (ks. luku 3.2) sekä sosiaalisen kiintymyksen ja palkkioverkoston aktivaatioon. Limbisen järjestelmän rakenteet yhdistyvät myös autonomisen hermoston järjestelmien sekä luvussa 3.1.1 tarkasteltujen auditivista ja emotionaalista informaatiota kuljettavien hermoverkoston avulla useisiin äärisalueisiin sekä aivorakenteisiin, jotka osallistuvat esimerkiksi emootioiden motoriseen ilmaisuun.

Blood ja Zatorre (2001) ovat osoittaneet tutkimuksellaan musiikin aktivoivan samoja neuraalisia yhteyksiä ja rakenteita kuin biologisesti merkittävät ärsykkeet. Näitä rakenteita ovat muun muassa hippokampus ja mantelitulmake, jotka yhdistetään sosiaaliseen kiintymykseen sekä selviytymisen kannalta merkittävään käytöksen säätelyyn. Yhteyksiä vireystilan muutoksissa musiikille altistuttaessa on havaittu niin fylogeneettisesti vanhoissa, selviytymiseen yhdistetyissä rakenteissa, kuin uudemmissa korkeamman kognition tason aivorakenteissa (Blood & Zatorre, 2001, 7). Tästä voidaan johtaa päätelmä emootioiden prosessoinnin monikerroksisuudesta ja eri kognition tasojen osallisuudesta prosesseihin. Musiikki aktivoi siis useita psykologisia sekä fysiologisia reaktioita ohjaavia mekanismeja.

Musiikkiin vahvasti reagoiva hippokampus on yhteydessä muun muassa muistin, oppimisen ja asentotajun prosesseihin, mutta tämän lisäksi myös funktionaalisen neurokuvantamisen metodein on havaittu hippokampuksen olevan keskeisessä roolissa emootioiden prosessoinnissa (Koelsch, 2012, 228). Tällä rakenteella on myös lujat

yhteydet moniin selviytymisvaistoon ja selviytymisen kannalta merkittävien elintointojen ja käytöksen säätelyyn yhdistettyihin aivorakenteisiin, kuten mantelimumakkeeseen, hypotalamukseen ja muihin limbisen järjestelmän rakenteisiin (Koelsch, 2012, 228; Koelsch, 2020, 322 - 323). Tämän lisäksi yhteyksiä on limbiseen järjestelmään ja lukemattomiin muihin rakenteisiin. Hippokampus ja sen läheiset limbiseen järjestelmään kuuluvat rakenteet ovat merkittävässä asemassa musiikin herättämien emootioiden taustalla toimivien psykologisten mekanismien toiminnassa.

Mantelimumake liitetään myös sosiaaliseen toimintaan ja selviytymisarvon omaaviin toimintoihin. Erityisesti kommunikaatio ja siihen viittaavat musiikilliset ominaisuudet johtavat osaltaan mantelimumakkeen neuraalisen aktivaation muutoksiin. Mantelimumake on keskeisessä asemassa useissa erilaisissa emootioihin tiiviisti sidoksissa prosesseissa, ja on myös rakenteellisesti läheisessä yhteydessä moniin limbisen järjestelmän rakenteisiin (Koelsch, 2014, 172). Sen aseman tärkeys korostuu prosessissa, jossa kognitiivista ja emotionaalista informaatiota yhdistellään ja siten rakenne osallistuu emootioiden säätelyyn. Mantelimumake on erikoistunut myös käytöksen säätelyyn, johon myös emootioiden säätely ja muuntelu vaikuttaa selkeästi (Koelsch, 2014, 172; Koelsch, 2012, 220 - 222).

Affektiivisten häiriöiden on havaittu olevan yhteydessä limbisen järjestelmän rakenteiden kuten hippokampuksen ja mantelimumakkeen toiminnan epäsäännöllisyyksiin ja poikkeavuuksiin. Koelsch (2012) tiivistää usean tutkimuksen tuloksista päätelmän hippokampuksen herkkyydestä pysyville emootiotasolla stressiä tuottaville olo-tiloille. Hippokampuksen neuronien on havaittu vahingoittuvan merkittävästi ja kuolevan, ja tämän neuronien vähenemisen johtavan hippokampuksen aivorakenteen koon pienenemiseen sekä rakenteellisiin muutoksiin. Terveillä yksilöillä tällaiselle negatiiviselle stressitekijälle tai ärsykkeelle altistuttaessa hermorojen toiminta estyy osin suojellen hippokampuksen neuroneita mahdollisilta vahingoilta, kun taas affektiivisista häiriöistä kärsivillä tällainen suojausmekanismi ei toimi yhtä tehokkaasti tai ollenkaan. (Koelsch, 2012, 229.) Myös mantelimumakkeen toiminnassa ilmenevät epätavallisuudet voidaan yhdistää affektiivisiin häiriöihin. Merkittävä havainto mantelimumakkeen kyvystä säädellä emootioita tuo tärkeää informaatiota muun muassa musiikkiterapian kehittämiseen siinä, mitä tulee affektiivisten häiriöiden hoitoon (Koelsch, 2012, 221). Siispä masennuksen kaltaisen affektiivisen häiriön ja siihen liittyvien emootiotason stressiä herättävien tekijöiden voidaan todeta olevan näiltä osin yhteydessä hippokampuksen ja mantelimumakkeen rakenteellisiin muutoksiin ja toiminnan häiriöihin, sekä emootioiden prosessoimiseen hippokampaalisen muodostelman ja mantelimumakkeen alueilla.

Tähän liittyy myös hippokampuksen ja mantelimumakkeen tärkeä asema sosiaalisen kiintymyksen prosesseissa. Koelsch (2012) havainnollistaa sosiaalisen kiintymyksen emootioiden olevan yhteydessä positiiviseksi luokiteltuihin emootioihin ja sosiaalisten menetysten sekä eristäytymisen negatiiviseksi luokiteltuihin emootioihin. Näihin tuntemuksiin liittyvä käyttäytymisen säätely tapahtuu osaltaan

mantelitimakkeen alueella, ja mantelitimake onkin kriittisessä asemassa sosiaalisten ja affektiivisten ärsykkeiden tulkinnessa ja tähän liittyvässä käytöksen säätelyssä (Koelsch, 2014, 172). Tutkimustuloksiin nojaten hippokampuksen ja mantelitimakkeen sekä näihin tiiviisti yhteydessä olevien limbisen järjestelmän rakenteiden voidaan katsoa olevan osallisina myös sosiaalisiin toimintoihin, käyttäytymisen säätelyyn, tarpeiden täyttymiseen sekä ihmisen selviytymiseen liittyviin emootioihin. Näiden rakenteiden voidaan todeta saavan informaatiota myös palkkiojärjestelmän viireystilan muutoksista.

Musiikin herättämien emootioiden prosessointiin liittyy myös olennaisesti nucleus accumbens -tumake, joka sijoittuu ventraalin striatumin alueelle. Tämä alue aktivoituu muun muassa erityisen miellyttäväksi luettujen musiikin herättämien vasteiden seurauksena. Nucleus accumbens on keskeisessä osassa käytöksellisten toimintojen ohjaamisessa reaktiona kannustimellisiin ärsykkeisiin, joilla on jokin palkitseva vaikutus (Koelsch, Walter & Fritz, 2010, 325 - 326). Nucleus accumbensin on havaittu aktivoituvan yhteydessä mielihyvän kokemuksiin, ja olevan tiiviisti yhteydessä muun muassa kuuloaivokuoreen ja hippokampuksen toimintaan myös musiikillisiin ärsykkeisiin syntyvien emotionaalisten vasteiden yhteydessä (Koelsch, 2014, 173). Tumake vastaanottaa informaatiota myös limbisen järjestelmän rakenteista, kuten mantelitimakkeesta ja hippokampuksesta, ja aktivoituu osana emotionaalisten vasteiden muodostumisesta (Koelsch, Walter & Fritz, 2010, 326 - 327). Yhteys mantelitimakkeeseen ja hypotalamukseen tukee myös havaintoa nucleus accumbensin aktivoitumisesta osana lähestymiseen ja vetäytymiseen liittyvän käytöksen säätelyn prosesseja. Vaikka nucleus accumbens toimii motivaation ja palkitsevaan toimintaan kannustavien ärsykkeiden parissa, se ei kuitenkaan ole osa hypotalamuksen alueella toimivaa palkkioverkostoa.

Myös palkkioverkoston aktivaatio voidaan sijoittaa osin limbisen järjestelmän rakenteisiin, tarkemmin hypotalamuksen alueelle (Koelsch, 2012, 229). Palkkioverkosto koostuu rakenteellisesti hypotalamuksesta, mediaalisesta etuaivojen kimpusta (engl. *medial forebrain bundle*), mesolimbisesta dopamiinireitistä (engl. *mesolimbic dopamine pathway*) sekä ventraalisesta tegmentaali-alueesta (engl. *ventral tegmental area*), joka välittää informaatiota osin myös nucleus accumbens -tumakkeeseen (Koelsch, Walter & Fritz, 2010, 326 - 327). Palkkioverkoston aktivoituminen sijoitetaan siis aivorakenteisiin, jotka toimivat yhteydessä sosiaalisen kiintymyksen tunteista vastaavan hippokampukseen sekä motivaatioon liitetyn nucleus accumbensin. Vaikka sosiaaliseen toimintaan yhdistyviä emootioita koetaan palkitseviksi, on kuitenkin erotettava varsinaiseen palkkioverkostoon liittyvät tarpeet ja niiden täyttymistä heijastelevat emotionaaliset vasteet. Koelsch (2012, 299) painottaakin sitä, kuinka hellyyteen ja sosiaaliseen kiintymykseen liittyvät emootiot on kuitenkin erotettava palkkioverkoston aktivoitumisesta ja siihen liittyvistä emootioista, vaikka nämä omaavatkin yhtäläisyyksiä sekä esiintyvät usein samanaikaisesti. Palkkioverkosto on osallisena

emootioiden muodostumista esimerkiksi tarpeen täytymisen kautta, ja sen toiminta yhteydessä emotionaalisiin vasteisiin on olennainen peruste perusemootiotieteessä.

Limbiseen järjestelmään lukeutuu myös aivojen etummainen pihtipoimu. Etummainen pihtipoimu säätelee autonomisia selviytymisarvon omaavia kehon toimintoja, kuten sydämen sykettä, hengitystä sekä verenpainetta (Koelsch, Walter & Fritz, 2010, 330). Musiikin herättämiä emootioita prosessoivat aivorakenteet, kuten etummainen pihtipoimu, ovat myös yhteydessä keholliseen hyvinvointiin. Musiikin sosiaalisella luonteella, siihen liittyvillä toiminnoilla ja näitä säätelevillä aivorakenteilla (etummainen pihtipoimu, hippokampus, hypotalamus) on vaikutusta muun muassa immuunijärjestelmän toimintaan, jota etummainen pihtipoimu myös säätelee (Koelsch, Walter, Fritz, 2010, 330; Koelsch, 2012, 216). Etummainen pihtipoimu yhdistyy myös motoriseen aivokuoreen, manteliumakkeeseen ja aivorungon tumakkeisiin somaattis-motorisen järjestelmän avulla (Koelsch, 2014, 172). Edellä mainituille aivorakenteille sijoittuu useita motoriikkatoimintoja sekä käytöksen säätelyyn liittyviä toimintoja. Etummaisen pihtipoimun alue siis säätelee kehollisia autonomisen hermoston aktiivaatiota vaativia välittömiä reaktioita, ja aktivoituu musiikin herättämien emootioiden prosessoinnin yhteydessä.

Limbiseen järjestelmään useiden hermoratojen ja autonomisen hermoston järjestelmien kautta yhdistyvät myös aivorungon aisti- ja motoriikkatoimintoihin erikoistuneet tumakkeet. Tällaisia toimintoja ovat esimerkiksi auditiivisen informaation prosessointi osana kuulohavaintojärjestelmän toimintaa sekä emotionaalisten vasteiden syntyä ja näihin vasteisiin liittyvät motoriset toiminnot (Juslin & Västfjäll, 2008, 564). Näihin toimintoihin kuuluvat muun muassa hengittämiseen, sykkeeseen ja liikkumiseen liittyvät toiminnot, sekä useat kuulohavaintoihin, emootioihin ja keskittymisen suuntaamiseen liittyvät prosessit, jotka voivat käynnistyä autonomisen hermoston aktivoitumisen seurauksena (Juslin & Västfjäll, 2008, 564). Emootioihin liittyvien kehollisten reaktioiden käynnistyminen voidaan siis liittää myös aivorungon alueen muuttuvaan neuraaliseen aktiivaatiotilaan (ks. luku 3.2). Näin ollen muun muassa ilmeikkyyks motorisena tunneilmaisuna ja kehon toimintojen refleksiomainen säätely kuuluvat aivorungon prosessien laukaisemaan toimintaan.

Neuraalisten vasteiden osalta limbisen järjestelmä on eräänlainen musiikin herättämien emootioiden prosessoinnin keskiö, ja näiden rakenteiden laajat yhteydet niin motoriikkasta kuin kognitiivisista prosesseista vastaaviin alueisiin viittaavat musiikin herättämien emootioiden monitasoiseen prosessointiin ja vaikutuksiin useilla kognition tasoilla. Mittavat yhteydet niin emootioiden prosessoinnin keskeisimpiin rakenteisiin kuin aivojen äärialueille sekä auditiivisen informaation prosessoinnin yksiköihin osoittavat myös emotion fysiologisten reaktioiden ja motorisen ilmaisun komponenttien toimintaa. Emootioita prosessoivien yksiköiden kyky säädellä kehon toimintoja, käyttäytymistä sekä motorisia toimintoja viittaa nopeiden, välittömienkin kehollisten ja motoristen reaktioiden mahdolliseen syntyyn.

3.2 Psykologiset mekanismit musiikin herättämien emootioiden taustalla

Emotionaalisia vasteita musiikille syntyy usean mekanismin toiminnan seurauksena, ja useimmiten nämä mekanismit toimivat samanaikaisesti ja toisiaan täydentäen. Tällaisia arviointiperusteisia prosesseja esiintyy isoaiivokuoren (engl. *neocortex*) alueella kognitiivisina prosesseina, joihin liittyy tietoinen osa tietoisuutta; orbitofrontaalisen aiivokuoren alueella automaattisina ja kognitiivisina prosesseina sekä automaattisia ja ei-kognitiivisia prosesseja puolestaan esiintyy aivorungon ja talamuksen alueella (Koelsch, 2012, 213 - 214).

Aivorungon alueella havaittavat vireystilan muutokset synnyttävät laajemmin tiedostamattomia ja välittömiä reaktioita vasteena kuulohavaintojärjestelmään saapuvaan informaatioon. Näitä välittömiä reaktioita ovat esimerkiksi vaaraan viittaavista ärsykkeistä johtuvat pelkoreaktiot. Aivorungon alueen arviointiperusteiset prosessit, aivorungon refleksit (engl. *brain stem reflexes*) ovat eräs emootioiden syntyyn vaikuttavista mekanismeista. Aivorungon refleksit ovat riippuvaisia auditiivisien ärsykkeiden varhaisen vaiheen prosessoinnista ja voivat herättää emotionaalisen vasteen musiikkiin, kun musiikin akustiset ominaisuudet viestivät merkittävistä ja pakottavan tärkeistä muutoksista sekä tapahtumista ympäristössä (Juslin & Västfjäll, 2008, 564). Aivorungon refleksien mekanismi aktivoituu musiikillisista ärsykkeistä ja erityisesti äänen voimakkaista ominaisuuksista kuten äkillisistä äänen puhkeamisista tai terävistä sointiväristä. Tällaiset ärsykkeet saavat aikaan huomattavasti korkeampaa aktivaatiota ja vireystilan nousua keskushermostossa vasteena niiden kantaman informaation potentiaalille viestiä esimerkiksi vaarasta. (Juslin & Västfjäll, 2008, 564; Robinson & Hatten, 2012, 83; Eerola 2015, 287.) Tämän mekanismin muodostamassa verkostossa erotellaan nopealla keskittymisen kohdentamisella järjestelmään saapuvista signaaleista aistinvaraisia ärsykeitä, joiden kantama viesti sisältää potentiaalisesti tärkeää informaatiota.

Esimerkkinä aivorungon refleksien toiminnasta on muun muassa pelkoreaktioiden herääminen. Alempien nelikukkulatunakkeiden kemiallinen stimulaatio voi johtaa puolustuskäyttäytymiseen, ja näissä auditiivisen informaation prosessoinnin varhaisissa vaiheissa esimerkiksi vaaraan yhdistetty ääni-informaatio lähetetään eteenpäin muun muassa motorisista vasteista vastaaville aivoalueille (Juslin & Västfjäll, 2008, 564; Koelsch, 2012, 7). Näin ollen aivorungon refleksit selittävät osaltaan emootioiden syntymistä ääneen ja musiikkiin perustuen, ilman esimerkiksi henkilökohtaisten kokemusten ja muistojen merkittävää vaikutusta.

Aivorungon reflekseistä saatu tutkimustieto ei ole vielä kokonaisuudessaan koko mekanismin toimintaa kattavaa, mutta jo esitetyistä perusteluista voidaan johtaa päätelmä siitä, että aivorungon refleksit mahdollistavat nopean, välittömän reagoinnin saapuviin ärsykkeisiin, joiden potentiaali luokitellaan merkittäväksi, ja

sopeutumisen siten ympäristössä tapahtuviin olosuhteiden muutoksiin. Tällainen nopea ja mittava vireystilan muutos herättää myös emotionaalisia vasteita reaktiona kehon toiminnoissa tapahtuviin muutoksiin sekä informaation potentiaalın prosessointiin.

Juslin ja Västfjäll (2008, 564 - 565) avaavat toisena merkittävänä psykologisena mekanismina arviointiperusteisen ehdollistumisen (engl. *evaluative conditioning*) toimintaperiaatetta. Arviointiperusteiseen ehdollistumiseen liittyvää tutkimusta on vähän, vaikka sen on havaittu olevan yksi selkeästi merkittävistä emootioita synnyttävistä mekanismeista. Tämä mekanismi herättää emootioita ehdollistuneena vasteena tiettyihin musiikillisiin ärsykkeisiin, kun tietty emotionaalinen vaste yhdistetään tähän musiikilliseen ärsykkeeseen tarpeeksi usein (Juslin & Västfjäll, 2008, 565; Koelsch, 2012, 214 - 215). Ehdollistumisessa emotionaalaisella tasolla neutraali musiikillinen ärsyke yhdistetään sellaiseen ärsykkeeseen, jolla on emotionaalista ja affektiivista arvoa, ja tämän yhdistämisen seurauksena ehdollisen vasteen herättävä ärsyke voi herättää samanlaisen emotionaalisen vasteen kuin ärsyke, jolla tällaista affektiivista arvoa on (Juslin & Västfjäll, 2008, 565). Tällöin esimerkiksi tietyn kappaleen soidessa toistuvasti samanlaisessa tilanteessa, johon liittyy esimerkiksi ilon tai surun tunteita, sama emotionaalinen reaktio herää uudelleen kyseisen kappaleen yhteydessä, vaikka sen kuuli täysin erilaisessa tilanteessa.

Arviointiperusteisen ehdollistumisen mekanismin toiminta ei edellytä tietoista prosessointia esimerkiksi emootioita herättävän musiikillisen ärsykkeen havaitsemisen suhteen. Ehdollistuminen ja emotionaalisen vasteen herääminen voi tapahtua yksilön huomaamatta ja tiedostamatta musiikin ja emootion välistä yhteyttä, ja tietoinen prosessointi saattaa jopa haitata ehdollisen vasteen heräämistä (Juslin & Västfjäll, 2008, 565). Ehdollistuminen voi tapahtua jopa yksittäisiin musiikillisiin ääniin, ja ehdollistumiseen liittyvät emootioita herättävät reaktiot ja prosessit ovat riippumattomia musiikin rakenteellisista tai emootioita välittävistä ominaisuuksista (Robinson & Hatten, 2012, 83). Tietyille musiikillisille äänille ehdollistuminen voi olla myös osa selviytymisarvon omaavien mekanismien aktivoitumista, ja esimerkiksi pelkoreaktioiden herääminen ilmenee osana tällaista toimintaa.

Samankaltainen mekanismi on episodiseen muistiin liittyvät toimintaperiaatteet. Eroavuus löytyy kuitenkin siitä, että arviointiperusteisen ehdollistumisen on todettu toimivan tiedostamattomana prosessina. Episodisen muistin toiminta vaikuttaa emootioiden heräämiseen reaktiona musiikkiin henkilökohtaisten muistojen kautta. Yksilö voi liittää tiettyyn musiikkiin moniakin henkilökohtaisia muistoja, jotka palaa- vat mieleen tälle tietyille musiikille altistuttaessa, ja siten herättää muistoihin liitettyjä emootioita (Juslin & Västfjäll, 2008, 567; Koelsch, 2012, 214 - 215). Muistiin palautuminen liitetään myös hippokampuksen alueella lisääntyvään neuraaliseen aktivaatioon. Tutkimuksissa ei kuitenkaan olla voitu osoittaa hippokampuksen aktivaation lisääntymisen johtuvan ainoastaan muistiin palauttamisen ja episodisen muistin prosesseista. (Koelsch, 2020, 3 - 6.) Musiikin on siis osoitettu herättävän emootioita

henkilökohtaisiin kokemuksiin, omaelämäkerrallisiin muistoihin sekä niihin liitettyjen emotionaalisten vasteiden perusteella ehdollistumisen ja muistiin palauttamisen mekanismien kautta.

Emotionaalisia vasteita herää myös sosiaalisissa ympäristöissä ja musiikissa. Havaittujen emootioiden ja niihin liitettyjen motoristen ilmaisujen kopioiminen on yksi tapa, jolla emootioita voidaan herättää. Emootioiden leviäminen (engl. *emotional contagion*) selitetään Juslinin ja Västfjällin (2008, 565) sekä Koelschin (2012, 214) toimesta toimintana, jossa yksilö kopioi motorisia ilmaisuja (kuten hymyä tai muita kasvojen ilmeitä) tai reagoi musiikissa havaitsemiinsa emotionaaliin ilmaisuun motorisesti, jolloin ääreisalueilta saatava palaute motorisista reaktioista saa aikaan emotionaalisen vasteen heräämisen. Siispä emootioiden kopioimisen ja leviämisen mekanismin voidaan päätellä olevan sidoksissa vahvasti myös sosiaaliseen kognitioon. Muita sosiaalisiin tekijöihin liittyviä mekanismeja ovat myös sosiaaliseen toimintaan osallistuminen ja ihmisen tarve toteuttaa sosiaalista luonnettaan.

Ihmisen tarve olla osana sosiaalista toimintaa ja välttää sosiaaliselta eristäytymiseltä toteutuvat muun muassa musiikkia tehdessä. Musiikin kuunteleminen ja tekeminen aktivoi laajoja aivoalueita ja rakenteita, joiden toiminta ja viireystilan muutokset yhdistetään ihmisen sosiaaliseen luonteeseen, sosiaalisen toiminnan taipumuksiin sekä sosiaalisiin tarpeisiin. Musiikkia kuunnellessa yksilöllä on taipumus sopeuttaa omaa mielentilaansa prosessiin, jossa tämä pyrkii poimimaan musiikista musiikkia tehneiden yksilöiden tunteita, uskomuksia ja pyrkimyksiä. Sosiaaliseen kognitioon erikoistuneet aivorakenteet, kuten etulohkon aivokuori (engl. *anterior frontomedian cortex*) ja sosiaaliseen kognitioon yhdistettyihin sosiaalisen kiintymyksen tunteisiin erikoistuneet rakenteet kuten hippokampus aktivoituvat huomattavasti musiikin kuuntelemisen ja sen vaikutuksista johdettavissa olevien prosessien seurauksena (Koelsch, 2012, 209 - 210). Sosiaalisiin toimintoihin osallistuminen on yksi ihmislajin selviytymisen kannalta kriittisen tärkeä tarve, jonka täyttymistä musiikki ja sen kuunteleminen ja tekeminen edistävät (Koelsch, 2014, 175). Esimerkiksi musiikkia tehdessään yksilö asettaa itsensä sosiaaliseen kontaktiin muiden yksilöiden kanssa, ja tällaiseen aktiviteettiin osallistuminen tukee siten sosiaalisten perustarpeiden täyttymistä.

Sosiaalisista kontakteista eristäytyminen on ollut yksilöille ja ihmislajille merkittävä uhka ja riski selviytymisen kannalta, ja siten sosiaaliseen toimintaan osallistuminen musiikkia tehdessä täyttää yhden perustarpeista (Koelsch, 2012, 208 - 210; Koelsch, 2014, 175). Sosiaalisen eristäytymisen on osoitettu myös johtavan hippokampaalisen muodostelman fysiologisiin muutoksiin ja vahingoittumiseen (Koelsch, 2012, 208 - 209). Perustarpeiden täytyessä sekä sosiaalisia taipumuksiaan toteuttaessa musiikin parissa nousevat esille myös tällaisen toiminnan positiiviset vaikutukset terveyteen ja hyvinvointiin. Koelsch (2012, 216) selventää myös musiikin ja sen sosiaalisten ominaisuuksien vaikuttavan positiivisesti ihmisen terveyteen ja esimerkiksi immuunijärjestelmän toimintaan (ks. luku 3.1.2). Sosiaalisessa ympäristössä musiikin tekemiseen

osallistuminen aktivoi siis myös useampia mekanismeja (esimerkiksi kommunikaatio), jotka herättävät emootioita.

Ihmislajille kriittisen tärkeää musiikillista informaatiota niin kuullussa musiikissa, ympäristön äänimaisemassa sekä kommunikaatiossa ovat myös dissonanssi ja konsonanssi, joiden havaitseminen aktivoi osaltaan selviytymisvaistoon liitettyjä välittömiä prosesseja. Kuulohavaintojärjestelmän useiden tumakkeiden (esimerkiksi aivorungon alemmat nelikukkulatumakkeet ja talamuksen keskimmäiset polvitumakkeet) sekä kuuloaivokuoren tonotooppinen rakenne on yksi konsonanssin ja dissonanssin havaitsemisen peruselementeistä, ja dissonoivien äänten havainto on keskeisesti osallisena vaaran tuntemuksen ja pelkoreaktion syntymisessä aivorungon refleksien kautta (Juslin & Västfjäll, 2008, 564; Koelsch, 2012, 7 - 8). Ääni organisoituu siis tällaisissa tonotooppisen kartan omaavissa rakenteissa taajuutensa mukaan systemaattisesti, jolloin impulssin kantavaa informaatiota voidaan jäsenellä ja siihen reagoida nopeasti. Tällöin auditiivisesta informaatiosta, sen akustisista ominaisuuksista sekä taajuuden tonotooppisen järjestyksen rakenteesta voidaan myös johtaa tulkintoja saapuvan informaation mahdollisesta kriittisen tärkeästä arvosta.

Konsonanssin ja dissonanssin havaitseminen tapahtuu muun muassa kriittisen kaistanleveyden (engl. *critical bandwidth*) käsitteen avulla. Kriittinen kaistanleveys merkitsee dissonanssin havaitsemisessa sitä, että havaittujen taajuuksien välisen eron myös tonotooppisen järjestyksen mukaan ollessa tätä leveyttä suurempi tai mahdollisimman pieni, äänet havaitaan konsonoivina (Juslin & Västfjäll, 2008, 564). Luonnossa äänen dissonoiva sointiväri viittaa vaaraan, ja on siten yksi musiikillisen ärsykkeen ominaisuuksista, joka saa aikaan pelkoreaktion heräämisen muun muassa aivorungon refleksien tasolla (Juslin & Västfjäll, 2008, 564). Dissonanssilla ja sen havaitsemisella on siis ihmislajin selviytymisen kannalta merkittävää arvoa. Dissonanssin yhdistäminen vaaraan ja välitöntä reagoitua vaativiin ympäristön olosuhteiden muutoksiin antaa tällaiselle ärsykkeelle selkeän arvon informaation prosessointivaiheessa ja johtaa voimakkaisiin emotionaalisiin vasteisiin. Myös muilla ärsykkeiden musiikillisilla ominaisuuksilla on samankaltaisia emotionaalisia vasteita herättäviä seurauksia.

Musiikillisen odotteen ja jännitteen käsitteet ovat merkittäviä musiikillisia tekijöitä osana musiikin herättämän emotionin syntyä ja prosessointia. Jännitettä voidaan luoda musiikissa akustisen informaation muodon, kuten konsonanssin ja sointivärin sekä voimakkuuden muutoksien lisäksi esimerkiksi sointuasteiden vaihtelevan käytön avulla (Koelsch, 2014, 175 - 176). Muun muassa kadenssit, sointulopukkeet, ovat tapa kasvattaa ja purkaa jännitettä. Musiikillinen odote puolestaan syntyy silloin, kun esimerkiksi tonaalisessa musiikissa harjaantunut kuulija voi lopukkeiden tai sointuasteiden avulla odottaa jonkin jännitteisen soinnun purkamista vakaammalle sointuasteelle (Koelsch, 2014, 175). Näillä musiikillisilla tekijöillä on havaittu olevan myös kehollisia emootioihin liittyviä vaikutuksia. Musiikillisten rakenteiden ja niihin liittyvän jännitteen on havaittu liittyvän merkittävässä määrin tiettyihin emotionaalisiin vasteisiin ja psyko-fysiologisiin reaktioihin, kuten vilunväristyksiin (Koelsch, 2012, 217).

Musiikilliset piirteet ja äänen akustiset ominaisuudet välittävät siis suuria määriä emootioiden heräämiselle ja niiden taustalla toimivien mekanismien aktivoitumiselle tärkeää informaatiota. Tämä informaation kulku ja emotionaalisten vasteiden herääminen aktivoi myös motorisia ja kehollisia reaktioita.

Listatut musiikin herättämien emootioiden taustalla toimivat psykologiset mekanismit ovat tutkimuksen kohteina osoittaneet emootioiden heräämisen olevan monitasoinen prosessi, jossa emootio voi herätä jo ennen tietoista prosessointia. Monet emootioita herättävät ja prosessoivat mekanismit aktivoituvat samoista ärsykkeistä ja johtavat keskushermoston laajaan samanaikaiseen aktivaatioon. Musiikin herättämät emootiot muodostuvat osana useiden neuraalisten prosessien summaa, jossa musiikillisen ärsykkeen havaitsemisesta alkava ketjureaktio laajenee useisiin samanaikaisiin prosesseihin ja neuraalisen aktivaation muutoksiin useissa emootioiden muodostamiselle keskeisissä aivorakenteissa ja yksiköissä. Emootioiden neuraaliset vasteet ja niiden tutkiminen tarjoaa myös emootioita synnyttävien mekanismien toiminnasta arvokasta tietoa, ja musiikki toimii tässä kiinnostavana tutkimuskohteena sekä välineenä herättää tutkimuksen kannalta kiinnostavia emootiotason reaktioita.

4 PÄÄTÄNTÖ

Musiikin on havaittu vaikuttavan emootioiden keskeisimpiin komponentteihin, kuten motoriseen ilmaisuun, subjektiiviseen kokemukseen ja fysiologisiin reaktioihin. Musiikin on osoitettu useaan emootioteoriaan nojaten herättävän voimakkaita, kompleksisia emootioita, jotka käsittävät useita samanaikaisesti aktivoituvia järjestelmiä ja mekanismeja. Tässä tutkielmassa esille nostetun perusemootioteorian mukaan nämä emootiot vastaavat myös neurobiologisilta ominaisuuksiltaan ihmisen arjessa kokeimia emootioita. Musiikin herättämien emootioiden taustalla toimivia psykologisia mekanismeja sekä emootioihin liittyvää neuraalisen aktivaation ja vireystilan muutoksia havainnoimalla on saatu runsaasti tietoa emotionaalisten vasteiden muodostumisesta neurobiologisella tasolla.

Tutkimuksissa on havaittu useiden emootioita prosessoivien aivorakenteiden aktivoitumista myös musiikin havaitsemisen ja sen herättämien emootioiden prosessoinnin yhteydessä. Keskeisimpiä rakenteita ovat muun muassa limbisen järjestelmän ja kuulohavaintojärjestelmän rakenteet kuten aivorunko. Musiikin herättämät emootiot ilmenevät myös motorisena tunneilmaisuna, kehon toimintojen muutoksina sekä toiminnan sopeuttamisena. Näistä toiminnoista vastaavat aivorakenteet ovat yhdistyneet emootioiden prosessoinnin keskeisiin rakenteisiin hermoratojen sekä autonomisen hermoston kautta, ja emootioihin liitettyä informaatiota esimerkiksi automaattisista motorisista vasteista ja kehontoimintojen säätelystä prosessoidaan osana emotionin muodostumista ääreisalueiden palautteen avulla. Useat musiikin herättämien emootioiden prosessointiin liittyvät aivorakenteet säätelevät myös selviytymiselle merkittäviä kehon toimintoja, kuten sydämen sykettä, verenpainetta ja hengitystä. Esimerkiksi refleksinomaisesti toimivat pelkoreaktiot ilmenevät nopeasti autonomisen hermoston aktivaation johdosta myös kehollisesti.

Limbsen järjestelmän rakenteiden alueella havaittuja neuraalisen aktivaation muutoksia on yhdistetty myös perusemootioteoriassa keskeiseksi mekanismiksi havaittuun palkkioverkostoon. Tarpeen täytyminen on yhdistetty erilaisiin alkaviin emotionaalisiin prosesseihin, ja palkkioverkoston aktivoituminen tarpeen täytyessä liitetään myös sosiaalisiin toimintoihin. Palkkioverkoston toiminnasta on vedetty

erilleen palkitseviin toimintoihin motivoivan nucleus accumbensin toiminta, vaikka sekin toimii yhteydessä limbiseen järjestelmään ja kannustimellisiin ärsykkeisiin.

Lisäksi musiikin sosiaalinen luonne on huomioitu tutkimuksissa, ja musiikin tekemiseen liittyvät sosiaaliset toiminnot on havaittu osaksi selviytymisarvoa omaavia toimintoja. Hippokampaalisen muodostelman sekä mantelitumakkeen alueiden neuraalinen aktivaatio ja tämän aktivaation liittäminen sosiaalisiin tarpeisiin ja musiikkiin osoittavat myös sosiaalisen kontekstin merkityksen musiikin herättämien emootioiden muodostumisessa. Kuten useat tutkimukset toteavat, aivojen emotionaalisen prosessoinnin keskeisimpien rakenteiden, limbisen järjestelmän, nucleus accumbensin ja erityisesti hippokampuksen alueen neuraalisen aktivaation merkittävät muutokset musiikin herättämien emotionaalisten vasteiden seurauksena osoittaa musiikin herättämien emootioiden olevan selkeästi yhteydessä muuhunkin emootioiden heräämisen prosessiin kuin esimerkiksi palkkioverkoston aktivoitumiseen. (ks. esim. Koelsch, 2014; Koelsch, 2020; Blood & Zatorre, 2001.) Muun muassa sosiaalisten tarpeiden täytyminen, käyttäytymisen säätely, sosiaaliselta eristäytymiseltä välttyminen ja ympäristöstä poimittuun auditiviseen informaatioon reagoiminen nopeasti tiedostamattomalla tasollakin ovat sidoksissa edellä mainittuihin rakenteisiin.

Musiikin herättämien emootioiden taustalla toimii myös useita psykologisia mekanismeja, joihin luetaan muun muassa episodisen muistin toimintaperiaatteet, emootioiden leviäminen, arviointiperusteinen ehdollistuminen ja aivorungon refleksit. Näiden mekanismien toiminta ilmenee myös vireystilan muutoksina emootioiden prosessoinnin keskeisissä aivorakenteissa, ja toimivat usealla kognition tasolla. Emootioiden prosessoinnin psykologiset mekanismit aktivoituvat myös erillään tietoisesta prosessoinnista, ja tietoinen emootioiden käsittely ja havainnointi saattaa häiritä näiden mekanismien toimintaa. Esimerkiksi aivorungon refleksit aktivoituvat välittömänä reaktiona auditivisesta informaatiosta poimittuihin vaaraan viittaaviin havaintoihin.

Musiikin herättämiä emootioita ja niiden taustalla toimivia mekanismeja sekä neuraalista aktivaatiota tutkimalla on saatu informaatiota muun muassa affektiivisiin häiriöihin liittyen. Limbisen järjestelmän rakenteissa havaitut rakenteelliset muutokset ovat yhteydessä näihin häiriöihin, ja musiikin on havaittu aktivoivan vahingoittuneitakin aivoalueita huomattavasti. Tutkimuksista on saatu siis esimerkiksi musiikki-terapian hoitomenetelmiä kehittävää tietoa, ja hyötyä on saatu myös psykiatrisen hoidon alalle. Musiikki voimakkaana emotionaalisena ärsykkeenä on osoittautunut hyödylliseksi myös monen muun tieteenalan tutkimuksessa.

Musiikin ja sen herättämien emootioiden tutkiminen psykologisina ja neurobiologisina reaktioina on siis osoitettu tärkeäksi usealle tieteenalalle. Musiikin vaikutukset emootioihin ja niiden prosesseihin ilmenevät myös terapiakäytössä, ja tähän liittyvässä tutkimuksessa. Tässä tutkielmassa esitellyt havainnot ja teoriat ovat toimineet pohjana monessa tutkimuksessa, mutta eivät suinkaan ole ainoita perusteita tutkimukselle sekä ihmiskehon toiminnasta tehdyille johtopäätöksille.

LÄHTEET

- Banich, M. T. & Compton, R. J. (2018). *Cognitive neuroscience* (Fourth edition.). Cambridge University Press.
- Juslin, P. N., Barradas, G., & Eerola, T. (2015). From Sound to Significance: Exploring the Mechanisms Underlying Emotional Reactions to Music. *The American Journal of Psychology*, 128(3), 281–304.
<https://doi.org/10.5406/amerjpsyc.128.3.0281>
- Blood, A., Zatorre, R., Bermudez, P. & Evans, A. (1999) Emotional responses to pleasant and unpleasant music correlate with activity in paralimbic brain regions. *Nature Neuroscience*, 2(4), 382-387. DOI: 10.1038/7299
- Blood, A. J., & Zatorre, R. J. (2001). Intensely Pleasurable Responses to Music Correlate with Activity in Brain Regions Implicated in Reward and Emotion. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 98(20), 11818–11823. <http://www.jstor.org/stable/3056798>
- Bullack, A., Büdenbender, N., Roden, I., & Kreutz, G. (2018). Psychophysiological Responses to “Happy” and “Sad” Music: A Replication Study. *Music Perception: An Interdisciplinary Journal*, 35(4), 502–517. <https://www.jstor.org/stable/26417422>
- Juslin, P. N. & Sloboda, J. A. (2010) *Music and Emotion: Theory and Research*. Oxford University Press.
- Juslin, P., & Västfjäll, D. (2008). Emotional responses to music: The need to consider underlying mechanisms. *Behavioral and Brain Sciences*, 31(5), 559-575. DOI: 10.1017/S0140525X08005293
- Koelsch, S., Walter, S. & Fritz, T. (2010) *Functional Neuroimaging*. Teoksessa Juslin, P. (2010) *Handbook of Music and Emotion: Theory, Research, Applications*. Oxford. <https://doi.org/10.1093/acprof:oso/9780199230143.003.0012>
- Koelsch, S. (2012). *Brain and music*. John Wiley & Sons, Incorporated.
- Koelsch, S. (2014). Brain correlates of music-evoked emotions. *Nature Reviews. Neuroscience*, 15(3), 170-180. <https://doi.org/10.1038/nrn3666>

- Koelsch, S. (2020) A coordinate-based meta-analysis of music-evoked emotions. *Neuroimage*. 223, 117350. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2020.117350>
- Lundqvist, L.-O., Carlsson, F., Hilmersson, P. & Juslin, P. (2009). Emotional responses to music: Experience, expression, and physiology. *Psychology of Music*. 37. 61-90. 10.1177/0305735607086048.
- Robinson, J., & Hatten, R. S. (2012). Emotions in Music. *Music Theory Spectrum*, 34(2), 71-106. <https://doi.org/10.1525/mts.2012.34.2.71>
- Salminen, A. (2011) Mikä kirjallisuuskatsaus? Johdatus kirjallisuuskatsauksen tyyppeihin ja hallintotieteellisiin sovelluksiin. Vaasan Yliopisto.
- Trost, W., Ethofer, T., Zentner, M., & Vuilleumier, P. (2012). Mapping Aesthetic Musical Emotions in the Brain. *Cerebral Cortex (New York, NY)*, 22, 2769 - 2783

