

MUSIIKIN VAIKUTUS TUNNE- JA TIEDONKÄSITTELYTOIMINTOIHIN

Alexi Raudasoja
Syventävien opintojen kirjallinen työ
Tampereen yliopisto
Lääketieteen ja biotieteiden tiedekunta
Käyttäytymisneurologian tutkimusryhmä
Tammikuu 2018

Tampereen yliopisto
Lääketieteen yksikkö
Käyttätymisneurologian tutkimusryhmä

ALEKSI RAUDASOJA: MUSIIKIN VAIKUTUS TUNNE- JA TIEDONKÄSITTELYTOIMINTOIHIN

Kirjallinen työ, 18s
Ohjaaja: Dosentti, Kaisa Hartikainen

Tammikuu 2018

Avainsanat: suorituskyky, reaktioaika, uhka, vireystila

Musiikki on iso osa ihmisten kulttuuria ja elämää. Musiikin vaikutukset kognitioon on kuitenkin suurelta osin vielä selvittämättä. Musiikin aikana tapahtuvia suorituskyvyn muutoksia on selitetty vireystilan muutoksilla sekä musiikin häiriövaikutuksella. Tutkimuksessamme ”Musiikin vaikutus tunne- ja tiedonkäsittelytoimintoihin” pyrimme selvittämään musiikin vaikutusta tehtävän kannalta merkityksettömän tunnepitoisen häiriöärsykkeen, uhkärsykkeen, automaattiseen käsittelyyn sekä musiikin vaikutuksia reaktioaikoihin näkö tarkkaavuustehtävässä. Tutkimukseen pyydettiin nuoria terveitä koehenkilöitä ja koehenkilöt toimivat itsensä verrokkeina. Tutkimuksessa käytetty musiikki oli jaettu uhkaavaan ja turvalliseen musiikkiin. Testinä oli tietokoneella suoritettava toiminnanohjaustoimintoja kuormittava Go/NoGo -testi. Koehenkilöt arvioivat musiikin laatua testin aikana. Tuloksissa havaitsimme nopeus-tarkkuusvaihdoksen eli neutraalin musiikin aikana koehenkilöiden reaktioajat lyhenivät, mutta virheet lisääntyivät. Musiikin ja uhkärsykkeen välillä havaittiin interaktio reaktioajoissa. Arvioimme interaktion johtuvan musiikin vireyttä parantavasta vaikutuksesta. Tehtävän kannalta merkityksetön uhkärsyke hidasti reaktioaikoja turvallisen musiikin ollessa päällä. Uhkaavan musiikin ollessa päällä koehenkilöt tekivät vähemmän virheitä uhkaavalla ärsykkeellä kuin neutraalilla. Tutkimuksemme lisää ymmärrystä musiikin vaikutuksista suorituskykyyn. Tarvitsemme lisää tutkimuksia selvittämään miksi musiikki ei lisännyt virheitä uhkaavalla ärsykkeellä.

SISÄLLYS

Kirjallisuuskatsaus	4
Musiikin käsittely aivoissa	4
Musiikki ja tunteet	5
Musiikin vaikutus kognitiiviseen suorituskyykyyn	6
Musiikin vaikutus reaktioaikaan	7
Uhkaavan ärsykkeen vaikutus kognitiiviseen suorituskyykyyn	8
Johdanto	9
Tutkimusasetelma	10
Koehenkilöt	10
Musiikki ja musiikin arviointi	10
Muut arviointilomakkeet	11
Reaktioaikatesti	12
EEG	13
Tilastoanalyysi	13
Tulokset	14
Pohdinta	16
Lähteet	17

Kirjallisuuskatsaus

Musiikki on jo tuhansia vuosia ollut iso osa ihmisten elämää. Viime vuosikymmeninä kiinnostus musiikin tutkimista kohtaan on lisääntynyt ja osana sitä on alettu tutkimaan myös musiikin vaikutusta ihmisen kognitiiviseen toimintaan. Aina on tiedetty, että musiikilla pystyy vaikuttamaan ihmisen tunnekokemuksiin ja se onkin myös yhtenä syynä yksittäisen ihmisen musiikin kuuntelulle (7). Tätä kautta on myös helppo ymmärtää, miksi musiikilla on vaikutusta kognitiiviseen suorituskykyyn. On lähes joka päivä nähtävillä miten erilaiset tunnetilat vaikuttavat kognitiiviseen toimintaan.

Musiikin käsittely aivoissa

Musiikkia kuunnellessa aivoissa aktivoituu monia eri aivoalueita, jotka yhdessä saavat aikaan yksilöllisen kokemuksen musiikista. Musiikin aistimisessa on jonkin verran lateralisaatiota, sillä vasen puolisko on yleensä tärkeämpi rytmien tunnistamisessa, kun taas oikea puolisko keskittyy melodian ja harmonian tunnistamiseen. Ohimolohkon kuuloalueella käsitellään sävelten kestoa, korkeutta ja sointiväriä sekä sävelistä muodostuvia melodioita. Otsalohkon orbitofrontaalinen alue osallistuu samanaikaisesti soivien sävelien muodostaman harmonian tunnistamiseen. Rytmien tunnistaminen ja tuottaminen aktivoivat alueita pikkuaivoissa, basaaliganglioissa, premotorisella ja supplementaarisella motorisella alueella. Motorinen järjestelmä tulee kokonaan mukaan vain musiikkia tehtäessä, esimerkiksi soittaessa tai laulaessa, mutta myös pelkkä musiikin kuuntelukin aktivoi otsalohkon motorisia alueita. Kun musiikin kuunteluun integroidaan vielä kuulo-, näkö- ja tuntoaistien käyttö, sekä tunteiden säätely, niin voidaan todeta, että musiikki aktivoi koko aivot. (1,2)

Kummankin hemisfäärin primaarisella kuuloaivokuorella on tonotooppinen kartta, jossa eri äänenkorkeudet sijaitsevat omalla paikallaan. Samaan tapaan järjestyminen tapahtuu jo korvassa simpukassa. Ihmisellä musiikin aistiminen perustuu absoluuttisen äänien tunnistamisen lisäksi äänien väliseen suhteeseen, mikä erottaa sen suurimmasta osasta eläimiä. Esimerkiksi monet lintulajit eivät pysty tunnistamaan omaa lauluaan, jos se transponoidaan toiseen sävelkorkeuteen. (1) Tunnistaminen jatkuu sekundaarisella

kuuloalueella. Äänen laatua analysoidaan primaarisen kuuloalueen etupuolella ja äänen korkeutta primaarisen kuuloalueen posterisella puolella (3). Moni tutkimus antaa viitteitä siitä, että sävelkorkeus, rytmi ja voimakkuus prosessoidaan aivoissa erikseen ja liitetään vasta myöhemmin yhdeksi kokonaisuudeksi aivoissa. (4,5,6)

Musiikki ja tunteet

Musiikin tärkein tehtävä on herättää kuulijassa tunteita. Musiikin herättämä tunteellinen kokemus saa kuulijan aina uudelleen palaamaan musiikin ääreen. Oli kyseessä sitten rentouttava tai virittävä kokemus, se voi kummassakin tapauksessa saada kuulijan takaisin saman musiikin pariin. Mikä musiikki herättää kuulijassa halutun emotion? Tätä kysymystä on aina mietitty. Barokin aikana säveltäjillä oli listat tietyntyyppisistä sävelkuluista, joilla voitiin saada kuulijassa herätettyä tietyntyyppinen tunne (37). Tätä ns. ”Affektioppia” ei enää niin yleisesti pystykään käyttämään, koska erot ihmisten musiikkimauissa ovat suuret. Musiikin kokeminen on paljolti riippuvaista yksilön aiemmista kokemuksista, kulttuurista jossa hän on elänyt, ja siitä millaiseen musiikkiin hän on tottunut. Tämän pohjalta onkin hiukan helpompi ymmärtää esimerkiksi aasialaista musiikkia, jossa korostuvat aivan eri asiat kuin länsimaisessa musiikissa. Musiikkia, johon ei ole tottunut on hankala ymmärtää.

Musiikin ja tunteiden yhteyttä on vasta parina viime vuosikymmenenä voitu alkaa tarkemmin tutkia. Tämän on mahdollistanut tieteen kehitys tunteisiin liittyvässä neurotieteessä eli affektiivisessä neurotieteessä ja uudet löydökset neurokemian ja kognition välillä. Amygdalavauriosta kärsivä potilas kokee usein vaikeuksia pelottavan musiikin tunnistamisessa. Paljon dissonansseja sisältävä musiikki aiheuttaa aktivaatiota gyrus parahippocampaliksessa, praecuneuksessa, hippocampuksessa, amygdalassa ja ohimolohkojen kärjissä. Tämä aktivaatio saattaa siis liittyä musiikin aiheuttaman epämiellyttävyyden tunteen käsittelyyn. Paljon konsonansseja sisältävä musiikki taas aktivoi aivojen orbitofrontaalista aluetta, gyrus cingulia ja otsalohkojen etuosaa sekä aivosaaressa yläosaa, striatumin alaosa, primaarista kuuloaivokuorta ja rolandon aluetta. Todellisessa tilanteessa musiikkia kuunnellessa dissonanssit ja konsonanssit vaihtelevat toisiinsa nähden mukavalla kuulostavalla tavalla, joten tilanne ei tietenkään ole mitenkään yksiselitteinen. (1,8)

Musiikin vaikutus kognitiiviseen suorituskyykyyn

Musiikin vaikutukset kognitiiviseen suorituskyykyyn ovat monimutkaisia prosesseja ja nykyisen tutkimustiedon valossa ei vielä voida vetää kovin yksiselitteisiä johtopäätöksiä. Niin kuin aikaisemmin on jo todettu, musiikin harrastaminen ja kuuntelu aktivoivat aivoja hyvin laaja-alaisesti. Sen pohjalta ei ole yllättävää, että musiikin kuuntelu ja harrastaminen voisivat parantaa ihmisen abstraktia ajattelua ja kognitiota (9). Joissakin tutkimuksissa on voitu osoittaa selkeää korrelaatio musiikin harrastamisen keston ja kognitiivisen kehityksen välillä (10). Toisaalta paljon riippuu myös siitä, kehen musiikin harrastajia verrataan. Eräässä tutkimuksessa musiikin opiskelijoita verrattiin yhtä pitkään opiskelleisiin yliopisto-opiskelijoihin. Tutkimuksessa yliopistossa opiskelevat saivat paremmat pisteet jokaisessa testin älykkyyttä mittaavassa osaluueessa. (11)

2011 julkaistussa meta-analyysissä taustamusiikin vaikutuksista kognitiivisiin toimintoihin saatiin negatiivinen vaikutus lukutehtäviin ja muistiin. Positiivinen vaikutus tuli esiin tunnereaktioissa ja urheilu suorituksissa. (12) Musiikin vaikutukset ovat kuitenkin hyvin yksilöllisiä. Tiedetään että ainakin sosiaalisen persoonallisuuden tyypillä on vaikutusta kognitiivisen suorituskyykyyn paranemiseen musiikin kuuntelun aikana. (13)

1990-luvun alun jälkeisen Mozart-efekti-ilmiön jälkeen on tutkittu paljon musiikin kuuntelun ja kognitiivisten taitojen hetkellisen paranemisen yhteyttä. 1993 tehdyssä tutkimuksessa, joka aloitti keskustelut Mozart-efektistä, testihenkilöinä olleille opiskelijoille soitettiin Mozartin pianosonaattia (K. 448) ja kontrollina oli joko hiljaisuus tai rentouttamisharjoitukset. 10 minuutin kuuntelun jälkeen Mozartia kuunnellut ryhmä selviytyi visuospatiaalisista päättelytehtävistä verrokkiryhmiä paremmin. (14) Tämä tulos on kuitenkin ollut huonosti toistettavissa (15). Viimeisimmissä meta-analyyseissa Mozart-efekti on tunnistettu, vaikkakin se on osoittanut paljon pienemmäksi, kuin ensimmäisellä kerralla. Mozart-efekti on laajennettu koskemaan kaikkea musiikkia. (16, 17)

Miten musiikin kuuntelu voi vaikuttaa ihmisen suorituskyykyyn? Vaikutusta selitetään yleensä musiikin vaikutuksilla mielentilaan ja vireystilaan (18,19,20,21). Tästä voidaan päätellä, että millä tahansa ihmisen mielentilaa ja vireyttä parantavalla ärsykkeellä voitaisiin saada sama vaikutus kuin musiikilla. Tästä onkin saatu viitteitä monissa tutkimuksissa. (19) Eräässä tutkimuksessa hypoteesia vireystilasta ja mielialasta testattiin midi-äänitteellä Mozartin sonaatista (K. 448). Kokeessa äänityksen tempo ja sävellajia vaihdettiin. Tempon vaihtelulla oli vaikutus koehenkilöiden vireyteen ja sävellajin vaihdos puolestaan vaikutti mielialaan. Lisäksi saatiin yhteys vireystilan vaihtelun ja hyvien testitulosten välillä. Testissä mitattiin kolmiulotteista hahmotuskyykyä. (18)

Taustamusiikin käyttö kognitiivisia tehtäviä tehdessä on varsin yleistä (22). Nykyinen tutkimustieto on taustamusiikinkin kohdalla vielä puutteellista, jotta voitaisiin vetää varmoja johtopäätöksiä (24). Aiemmin oli jo puhetta persoonallisuuden vaikutuksesta kognitiivisen suorituskyvyn paranemiseen musiikin kuuntelun aikana. Moni vaikuttava tekijä on varmasti myös vielä selvittämättä, siihen viittaa jo pelkästään se, että tutkimustulokset aiheesta ovat ristiriitaisia.

Taustamusiikin laadun vaikutusta on tutkittu mm. vertailemalla erilaisia musiikkityyppejä toisiinsa sekä vertailemalla harmonista ja inharmonista musiikkia. Tanor Bonin ja Daniel Smilekn tuoreessa tutkimuksessa vertailtavana oli kahdessa erilaisessa kognitiivisessa testissä harmoninen musiikki, inharmoninen musiikki, sekä hiljaisuus. Tutkimuksessa inharmoninen musiikki häiritsi kognitiivista suorituskykyä selkeästi enemmän. Harmonisen musiikin ja hiljaisuuden välillä ei ollut merkitsevää eroa. (23)

Vuonna 2010 julkaistussa meta-analyysissä taustamusiikin vaikutuksista muistutetaan jakamaan vaikutukset kognition eri osa-alueille. Keskimäärin taustamusiikin vaikutus jää nollavaikutuksen tasolle, mutta sen sisällä vaikutus eri kognition osa-alueilla vaihtelee. Kirjoittajat ehdottavat, että vaihtelu voitaisiin perustella sillä, vaatiiko tietty tehtävä erityistä keskittymistä vai onko tehtävä automaattinen, jolloin musiikin tuoma vireystilan nousu lisää suorituskykyä. Kun kyseessä on keskittymistä vaativa tehtävä, musiikki häiritsee keskittymistä ja näin huonontaa tuloksia. Kirjoittajat myös peräävät tarkempaa tutkimustulosten raportointia, jotta ymmärrys musiikin vaikutuksista suorituskykyyn voi lisääntyä. (24)

Musiikin vaikutus reaktioaikaan

Tutkimustietoa musiikin vaikutuksesta reaktioaikaan on vähän ja olemassa olevat tulokset ovat keskenään ristiriitaisia. Tähän mennessä tiedetään, kuten kognitiivisten taitojen osalta yleensä, että vaikutukset ovat yksilöllisiä ja erilaiset musiikin muodot vaikuttavat eri tavoilla. Samalla tavalla musiikki, joka lisää vireyttä ja positiivista mielialaa parantaa reaktioaikoja (25). Näyttää on myös, että taustamusiikki vähentäisi virheitä visuaalisessa reaktioaikatestissä (26). Stimuloiva musiikki parantaa reaktioaikoja verrattuna rauhoittavaan musiikkiin (27). Magneettikuvannuksella on tutkittu musiikin tempon ja intensiteetin vaikutuksia aivoissa reaktioaikatestin aikana (28).

Angela B. Marti Marca, Tram Nguyen, Jessica Grahn tutkivat vuonna 2014 julkaistussa artikkelissa vireyteen ja mielialaan perustuvaa hypoteesia. Tutkittavia pyydettiin ennen reaktioaikatestiä

arvioimaan useiden kappaleiden vaikutusta vireyteen ja mielialaan ja tämän jälkeen osaa kappaleista käytettiin reaktioaikatestin aikana. Yhtä aikaa vireä ja positiivinen musiikki paransi reaktioaikoja verrattuna hiljaisuuteen. Muut vertailuparit eivät olleet merkitseviä (vireä musiikki – hiljaisuus, positiivinen musiikki – hiljaisuus). (29)

Uhkaavan ärsykkeen vaikutus kognitiiviseen suorituskyykyyn

Uhkan kokemus saa ihmisen toimimaan eri tavalla kuin jos kokemus tilanteesta on turvallinen. Aiemmin oli jo puhetta aisti-informaation käsittelyn lateralisaatiosta. On havaittu, että negatiivinen ärsyke suosii oikean aivopuoliskon prosessointia. Tiedetään myös, että visuaalisen tarkkaavaisuustehtävän suorittaminen vaatii oikean aivopuoliskon prosessointia. On havaittu, että negatiivinen häiriöärsyke hidastaa reaktioaikoja tarkkaavaisuustestissä ja pienentää aivojen herätevasteita kohdeärsykkeisiin, erityisesti näkökentän oikealla puolella oleviin kohdeärsykkeisiin. Näiden tuloksien pohjalta on spekuloitu, että negatiivinen ärsyke kilpailee aivojen oikean puolen käsittelykapasiteetista jolloin kapasiteettia ei riitä samassa määrin suoriutumiseen visuaalisesta tarkkaavaisuustestistä. (30, 31, 32)

Reaktioiden hidastumista on selitetty myös uhkaavan ärsykkeen aiheuttamalla jähmettymisellä (34). Tunnepitöisen ärsykkeen vaikutus liittyy myös siihen, onko ärsyke tehtävän kannalta merkittävä kohdeärsyke tai merkityksetön häiriöärsyke. Zachary Estes ja Michelle Verges tutkivat tätä ilmiötä pyytämällä koehenkilöitä vastaamaan onko näyttöpäätteellä näkyvät sanat negatiivisia vai positiivisia ja toisessa testissä onko näytöllä näkyvä teksti sana vai merkityksetön kirjainyhdistelmä. Tuloksena oli, että koehenkilöt vastasivat nopeammin valenssin arvioinnissa, mikäli sana oli negatiivinen ja sanan merkityksen arvioinnissa hitaammin, mikäli valenssi oli negatiivinen. Tuloksien arvioitiin merkitsevän sitä, että mikäli koehenkilön on reagoitava uhkaärsykkeeseen, suorituskyyky nousee ja mikäli uhkaärsyke on tehtävästä irrallinen niin suorituskyyky laskee. (33) Toisaalta distraктоivan vaikutuksen ollessa vähäinen voisi ajatella, että uhkaava ärsyke vireystilan nousun kautta lisää suorituskyykyä uhkaavan ärsykkeen jälkeen.

Hartikainen K, Siiskonen A ja Ogawa K tutkivat uhkaavan visuaalisen ärsykkeen vaikutusta toiminnanohjaustoimintoihin kuten vasteen estoon. Uhkaava ärsyke aiheutti enemmän vasteenestovirheitä eli koehenkilöt reagoivat virheellisesti silloin kun vaste piti estää. Tulos viittaa siihen, että negatiivinen uhkaärsyke lisää impulsiivisia vasteita (35)

Johdanto

Tässä tutkimuksessa tavoitteena oli selvittää, vaikuttaako uhkaava musiikki tarkkaavuuden automaattiseen ohjaamiseen tehtävän kannalta merkityksettömille uhkaärsykkeille. Hypoteesina on, että uhkaava musiikki lisää tarkkaavuuden automaattista allokoointia ympäristön uhkaärsykkeille. Tarkkaavuuden lisääntynyt ohjaaminen uhkaärsykkeille nähdään uhkaärsykkeiden voimakkaampana häiriövaikutuksena reaktioaikoihin ja virheisiin. Lisäksi hypoteesina on, että miellyttävä musiikki tukee kognitiivista suorituskkyä ja uhkaava heikentää sitä. Musiikin vaikutusta kognitiiviseen suorituskkyyn arvioidaan vertaamalla reaktioaikoja ja virheiden lukumäärää tietokonepohjaisessa toiminnanohjaustoimintoja mittavassa testissä uhkaavan ja miellyttävän musiikin aikana ja välittömästi niiden jälkeen. Positiivinen tulos viittaisi siihen, että musiikilla voitaisiin säädellä tarkkaavuuden suuntaamista muihin uhkaärsykkeisiin ja toisaalta moduloida kognitiivista suorituskkyä. Lisäksi tutkitaan, löytyykö koehenkilön arvioiman suorituskvyn muutoksen ja mitatun suorituskvyn väliltä korrelaatiota. Jos viimeisestä saadaan positiivinen tulos, se viittaisi vahvasti siihen, että musiikin kuuntelijalla on mahdollista itse säädellä suorituskkyään musiikkivalinnoillaan. Tutkimuksessa pyritään aiempaa paremmin ottamaan huomioon muita vaikuttavia tekijöitä. Musiikin vaikutus kognitioon pyritään suhteuttamaan yksilölliseen kokemukseen musiikista pyytämällä koehenkilöitä arvioimaan musiikin uhkaavuutta ja miellyttävyyttä. Lisäksi pyydetään koehenkilöitä arvioimaan subjektiivista arviota musiikin vaikutuksesta suorituskkyyn jokaisen soitetun kappaleen kohdalla.

Musiikin vaikutukset kognitioon ovat vielä suurimmaksi osaksi selvittämättä. Tutkimustuloksissa on paljon hajontaa johtuen mm. tutkimusasetelmien eroista ja musiikin hyvin yksilöllisistä vaikutuksista (16, 24). Tällä tutkimuksella pyritään entistä tarkemmin tutkimaan musiikin vaikutuksia kognitiiviseen suorituskkyyn vertaamalla suorituskvyn muutosta koehenkilöiden omaan subjektiiviseen kokemukseen musiikista ja sen vaikutuksesta suorituskkyyn. Tähän mennessä suorituskvyn muutosta on yleensä verrattu musiikin sisältämiin ominaisuuksiin tai koehenkilön fysiologiseen reaktioon. Mikäli koehenkilön subjektiivinen kokemus musiikista osoittautuu hyväksi arviointitavaksi, se antaa hyvän menetelmän käytettäväksi jatkotutkimuksissa.

Testinä käytetään tietokonepohjaista Go/NoGo –tarkkaavaisuustestiä, johon sisältyy visuaalisia tunnepitoisesti neutraaleja ja uhkaavia ärsykeitä. EEG:tä mitataan myös testin aikana, mutta tästä raportista EEG-tulokset rajataan ulkopuolelle. Hypoteesina oli, että uhkaava musiikki aiheuttaisi enemmän virheitä ja turvallinen musiikki vähemmän. Uhkaava musiikki nostaa kuuntelijan vireystilaa ja näin ollen se voi lisätä suorituskkyä parantamalla reaktioaikoja. Toisaalta odotamme

uhkaavan musiikin myös lisäävän impulsiivisuutta, joka näkyisi suurempana määränä virheitä (35). Toisena hypoteesina on, että uhkaava musiikki lisäisi uhkaavan visuaalisen ärsykkeen vaikutusta ja miellyttävä musiikki vähentäisi. Aiemman tutkimuksen valossa uhkaava ärsyke vaikuttaa tarkkaavaisuuteen sitä huonontavasti. Tarkoituksena onkin selvittää lisääkö uhkaava musiikki käsittelykapasiteetin allokoointia uhkaavalle ärsykkeelle. Useita eri kognitiivisia toimintoja kuormittavassa testissä tutkitaan kognitiivista suorituskkyä musiikin kuuntelun aikana ja heti musiikin kuuntelun jälkeen.

Tutkimusasetelma

Koehenkilöt

20 tervettä koehenkilöä osallistui vapaaehtoisesti tutkimukseen. Tutkittavat olivat iältään välillä 22-35. Tutkimukseen osallistuneet antoivat kirjallisen suostumuksen. Tutkimuksessa noudatettiin Helsingin julistuksen eettistä ohjeistusta lääketieteelliseen tutkimukseen. Tutkimus hyväksyttiin Tampereen yliopistollisen sairaalan Eettisessä lautakunnassa numerolla R14149 ja tutkittavat täyttivät suostumuskaavakkeen.

Musiikki ja musiikin arviointi

Tutkimuksessa käytetty musiikki jaettiin kahteen ryhmään, uhkaava ja turvallinen musiikki. Tutkimukseen valittiin musiikkia, joka tutkimusryhmän mielestä heijasti mahdollisimman hyvin uhkaavaa tai turvallista musiikkia ja joka oli samalla virittävää. Koska kokemus musiikista oli hyvin yksilöllinen, pyydettiin koehenkilöitä itse arvioimaan musiikin uhkaavuutta ja miellyttävyyttä. Asteikkona musiikin arvioon oli erittäin uhkaava – erittäin turvallinen, tätä käytetään apuna selvittämään uhkaavan ja turvallisen musiikin vaikutusta uhkaavaan ja neutraaliin visuaaliseen ärsykkeeseen. Asteikolla erittäin miellyttävä – erittäin epämiellyttävä pyritään arvioimaan, onko koehenkilön kokemuksella musiikin miellyttävyydestä vaikutusta suoritukseen. Lisäksi tutkittavat arvioivat vielä musiikin vaikutusta omaan suorituskkyyn asteikolla paransi suoritusta erittäin paljon – huononsi suoritusta erittäin paljon. Tätä käytetään arvioimaan, onko koehenkilön arviolla omasta suorituskyvystä korrelaatiota mittaustuloksiin. Vertasimme omaa jaotteluamme (uhkaava/turvallinen) koehenkilöiden arvioihin ja koehenkilöiden keskimääräiset

arviot vastasivat täysin tutkimusryhmän tekemää jaottelua. Kuulokkeina oli Sony MDR-EX110LPB EX –nappikuulokkeet.

Soitettu musiikki järjestyksessä:

JS Bach: brandenburg concerto 5 in D, BWV 1050: 3. Allegro

J Haydn: concerto for flute and orchestra in D:

S Prokofiev: Romeo and juliet: Dance of the knights

L Beethoven: Coriolan: overture

FA Mozart: Piano concerto 21 in C: 3. Allegro vivace assai

JCF Bach: Trio sonata in A VII/6: allegro moderato

I Stravinsky: Firebird suite: Infernal dance

G Ligeti: etude book 2 no 12: The devil's staircase

GP Telemann: Oboe concerto in G: Vivace

JS Bach: cantata BWV 191 "Gloria in excelsis deo": 1. Chorale

F Mendelssohn: Symphony no 4 in A Op. 90: 4. Saltarello Presto

L Beethoven: Symphony no 5 in c: 1. Allegro con brio

L Beethoven: piano concerto no 5 in C op. 73: 3. Rondo: Allegro

FA Mozart: Piano concerto no 23 K488 in A: Allegro assai

D Shostakovich: Symphony no 5 Op 47 in d: Allegro non troppo

F Liszt: Totentanz S.126

FJ Haydn: Symphony no 33 in C: 1. Vivace

JS Bach: trio sonata for organ in C BWV 529: Allegro

I Stravinsky: rite of the spring: Sacrificial dance

FA Mozart: Requiem K626 in d: Dies Irae

JS Bach: Violin concerto BWV 1042 in E: Allegro

A Vivaldi: recorder concerto RV444 in C: Allegro non molto

D Shostakovich: String quartet no 7 in f op 108: Allegro

D Sostakovich: Symphony no 10 op 93 in e: Allegro

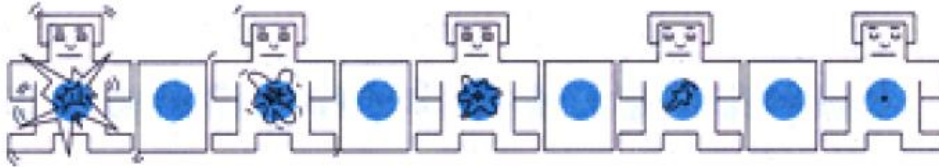
Muut arviointilomakkeet

Arviointiin käytettiin janoja, joihin koehenkilöt merkitsivät sopivaksi kokemansa kohdan.

Jana 2 oli käytössä uhkaavuuden arvioinnissa. Muuten käytettiin janaa 1.



jana 1



jana 2

Erillisellä kyselylomakkeella pyrittiin selvittämään koehenkilöiden harrastuneisuutta ja sen vaikutusta tuloksiin. Harrastuneisuuden on aiemmissa tutkimuksissa havaittu vaikuttavan kokemukseen musiikista. Testin lopuksi koehenkilöltä kysytään vielä, huomasiko hän testin aikana uhkaavaa ja neutraalia kuvaärsykettä (hämähäkki ja kukka), sekä arvioimaan kuvien uhkaavuus.

Reaktioaikatesti

Testit suoritettiin Käyttäytymisneurologian tutkimusyksikössä ja niiden suorittamiseen käytettiin tutkimusyksikön äänieristettyä huonetta. Koehenkilöt asetettiin yhden metrin päähän näyttöpäätteestä. Testinä oli Go/NoGo –visuaalinen tarkkaavaisuustesti, johon liitettiin uhkaavia ja neutraaleja visuaalisia ärsykeitä. Ohjelmistona testissä oli Presentation (Neurobehavioral systems). Go- ja NoGo signaaleja vaihdettiin keskenään testin aikana jokaisen kierroksen jälkeen. Koehenkilön tehtävänä oli valita oikea painettava nappula vastaamiseen käytetystä ohjaimesta sen mukaan osoittaako näytölle ilmaantuva kolmio ylös vai alas. Kolmion jälkeen näytölle ilmestyy joko Go- tai NoGo-signaali. Go-signaalin jälkeen koehenkilö ohjeistettiin vastaamaan ärsykkeeseen niin nopeasti ja tarkasti kuin pystyy. Go/NoGo-signaaleina toimi punainen ja vihreä liikennevalo. Keskellä liikennevalomerkkiä oli uhkaava tai neutraali kuvaärsyke. Uhkaavana ärsykkeenä toimi hämähäkkikuvio ja neutraalina ärsykkeenä kukkakuvio. Go/NoGo-signaalien ja visuaalisten tunneärsykkeiden järjestys satunnaistettiin.

Testi jaoteltiin 24:ään kierrokseen ja niitä edelsi yksi harjoittelukierros. Jokainen kierros alkoi ensin musiikin kuuntelulla. Ohjelma kehottaa koehenkilöä laittamaan silmät kiinni ja kuuntelemaan

musiikkia. 30 sekunnin päästä kuulokkeista kuuluu piippaus ja reaktioaikatesti alkaa pyöriä näytöllä. Puolella välissä testikierrosta musiikki loppuu. Kierroksen jälkeen koehenkilö arvioi musiikkia ja sen vaikutusta arviointilomakkeelle. Kameran välityksellä seurattiin, milloin koehenkilö oli valmis aloittamaan seuraavan kierroksen. Musiikki alkaa joko uhkaavalla tai turvallisella musiikilla, puolella koehenkilöistä se alkoi uhkaavalla ja puolella miellyttävällä. Uhkaavuus vaihtuu aina kahden kierroksen välein. Harjoittelukierroksen aikana soi aina sama miellyttäväksi luokiteltu kappale.



Kierroksen rakenne

a-b: musiikin kuuntelu silmät kiinni - 30s

b-c: Musiikki soi, reaktioaikatesti pyörii - 1,5min

c-d: Musiikki pois päältä, reaktioaikatesti pyörii - 1,5min

EEG

Tutkimuksessa koehenkilöiltä rekisteröitiin myös EEG. Aivojen sähköisen toiminnan ja sen musiikkiin liittyvien muutosten analysointi rajataan tämän raportin ulkopuolelle.

Tilastoanalyysi

Reaktioaikojen analysointiin käytettiin ANOVA:a (Repeated-measure-analysis of variance). Muuttujina analyysissä oli musiikki (pois päältä/uhkaava/turvallinen) ja visuaalinen ärsyke (uhkaava/neutraali). Reaktioaika-analyysiin otettiin mukaan vastaukset, joissa reaktioaika oli yli 150 ms liikennevalon esittämisestä ja vastaus oli oikein. Musiikin vaikutusta neutraalin (kukka) ja uhkaavan (hämähäkki) ärsykkeen käsittelyyn analysoitiin vertaamalla musiikin vaikutusta neutraalin ja uhkaavan ärsykkeen aiheuttamien reaktioaikojen erotukseen. Erotus kuvastaa suoraan uhkaavan ärsykkeen vaikutusta. Näin reaktioaikojen muutokset saatiin lähemmäksi normaalijakaumaa ja täten ANOVA luotettavammaksi. P-arvot korjattiin musiikkityyppien analyysissä Holmin menetelmällä (39). Tilastoanalyysi suoritettiin R:llä.

Virheiden analysointiin käytettiin logistista regressioanalyysiä. Virhemalleja oli 3: väärä vastaus Go-signaaliin, vastaamatta jättäminen Go-signaalilla ja vastaaminen NoGo-signaalilla.

Tulokset

Reaktioaikoja analysoitaessa tulokseksi tuli pääefekti musiikille, $F(2, 30) = 5,59, p = 0,01$.

Verrattaessa uhkaavaa musiikkia musiikki pois -tilanteeseen, reaktioajat olivat lyhyempia uhkaavan musiikin aikana, $F(1, 15) = 9,6, p = 0,02$ (musiikki pois 323ms SD = 40,0, uhkaava musiikki 312ms SD = 38,9). Turvallisen musiikin ja musiikki pois -tilanteen välillä ei ollut eroa, $F(1, 15) = 4,5, p = 0,10$, (musiikki pois 323ms SD = 40,0, turvallinen musiikki 315ms SD = 43,8), kuten ei myöskään musiikkityyppien välillä, $F(1, 15) = 1,21, p = 0,8$, (turvallinen musiikki 315ms SD = 43,8, uhkaava musiikki 312ms SD = 38,9). Emotionaalisella ärsykkeellä ei ollut vaikutusta reaktioaikoihin.

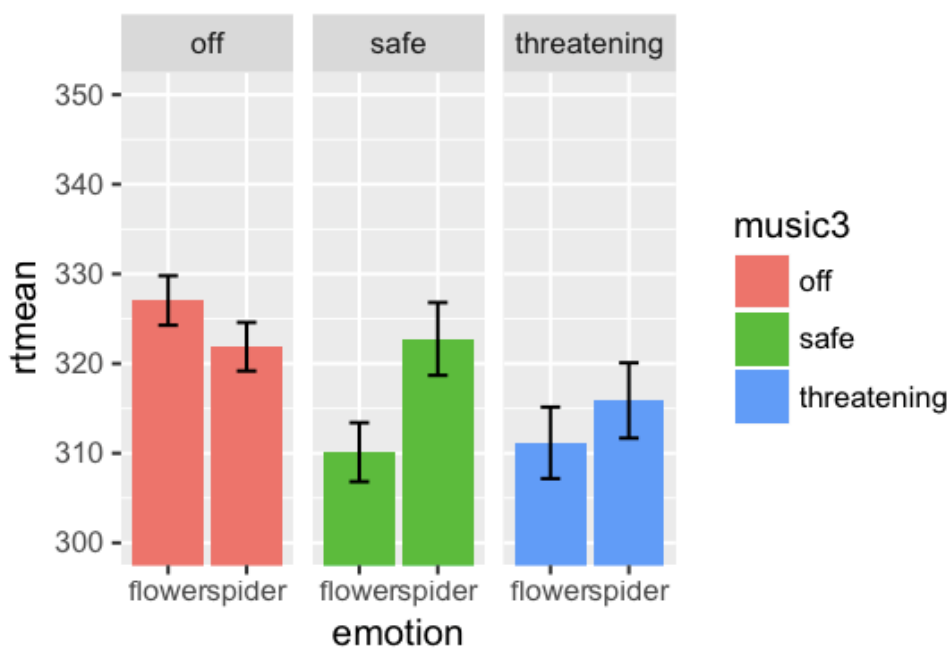
Reaktioaika-analyysissä pääefektin lisäksi tuli musiikki x tunne -interaktio, $F(1, 15) = 4,95, p = 0,02$. Data jaettiin tunteen suhteen kahteen osaan ja musiikki analysoitiin erikseen kummallakin tunteella. Uhkaavalla häiriöärsykkeellä mikään vertailu ei tullut merkittäväksi monivertailukorjauksen jälkeen. Neutraalilla häiriöärsykkeellä verratessa tulokseksi tuli pääefekti musiikille, $F(2, 30) = 7,33, p = 0,006$. Verratessa uhkaavaa musiikkia musiikki pois -tilanteeseen, reaktioajat olivat lyhyempiä uhkaavan musiikin aikana, $F(1, 15) = 8,40, p = 0,027$ (musiikki pois 326ms SD = 40,5, uhkaava musiikki 310ms SD = 40,6). Verratessa turvallista musiikkia musiikki pois -tilanteeseen, reaktioajat olivat lyhyempiä turvallisen musiikin aikana, $F(1, 15) = 9,00, p = 0,027$ (musiikki pois 326ms SD = 40,5, turvallinen musiikki 311ms SD = 43,9). Musiikkityyppien välillä ei ollut eroa, $p = 0,82$. Data jaettiin kolmeen osaan musiikin(musiikki pois/turvallinen/uhkaava) suhteen ja emotionaalisen ärsykeen vaikutus analysoitiin erikseen kunkin musiikkitalanteen suhteen. Musiikki pois -tilanteessa emotionaalinen ärsyke ei vaikuttanut reaktioaikoihin, $F(1, 15) = 2,93, p = 0,11$ (neutraali 326ms SD = 40,5, hämähäkki 320ms SD = 40,9). Turvallisen musiikin tilanteessa emotionaalinen ärsyke hidasti reaktioaikoja, $F(1, 15) = 14,00, p = 0,002$ (neutraali 311ms SD = 43,9, hämähäkki 320ms SD = 44,4). Uhkaavan musiikin tilanteessa emotionaalinen ärsyke ei vaikuttanut reaktioaikoihin, $F(1, 15) = 1,06, p = 0,32$ (neutraali 310ms SD = 40,6, hämähäkki 313 SD = 39,2).

Kokonaisvirheiden analyysissa uhkaavan musiikin ja emotionaalisen ärsykeen välillä havaittiin interaktio, OR = 0,56, 95% CI = 0,35-0,91. Data jaettiin kahteen osaan tunteen suhteen ja musiikin vaikutus analysoitiin erikseen kummankin tunteen suhteen. Emotionaalisella ärsykkeellä mikään vertailu ei tullut merkittäväksi. Neutraalilla häiriöärsykkeellä verratessa uhkaavaa musiikkia musiikki pois -tilanteeseen todennäköisyys tehdä virhe lisääntyi 45% (OR = 1,45, CI = 1,05-2,00), verratessa turvallista musiikkia musiikki pois -tilanteeseen todennäköisyys tehdä virhe ei muuttunut (OR = 1,19, CI = 0,87-1,61). Data jaettiin kolmeen osaan musiikin(musiikki

pois/turvallinen/uhkaava) suhteen ja emotionaalisen ärsykkeen vaikutus analysoitiin erikseen kunkin musiikkitilanteen suhteen. Musiikki pois -tilanteessa (OR = 1,17, CI = 0,90-1,53) ja turvallisen musiikin tilanteessa (OR = 0,82, CI = 0,58-1,17) emotionaalinen ärsyke(hämähäkki) ei vaikuttanut virheiden todennäköisyyteen. Uhkaavan musiikin tilanteessa emotionaalinen ärsyke vähensi virheen todennäköisyyttä 44% (OR = 0,66, CI = 0,45-0,98)

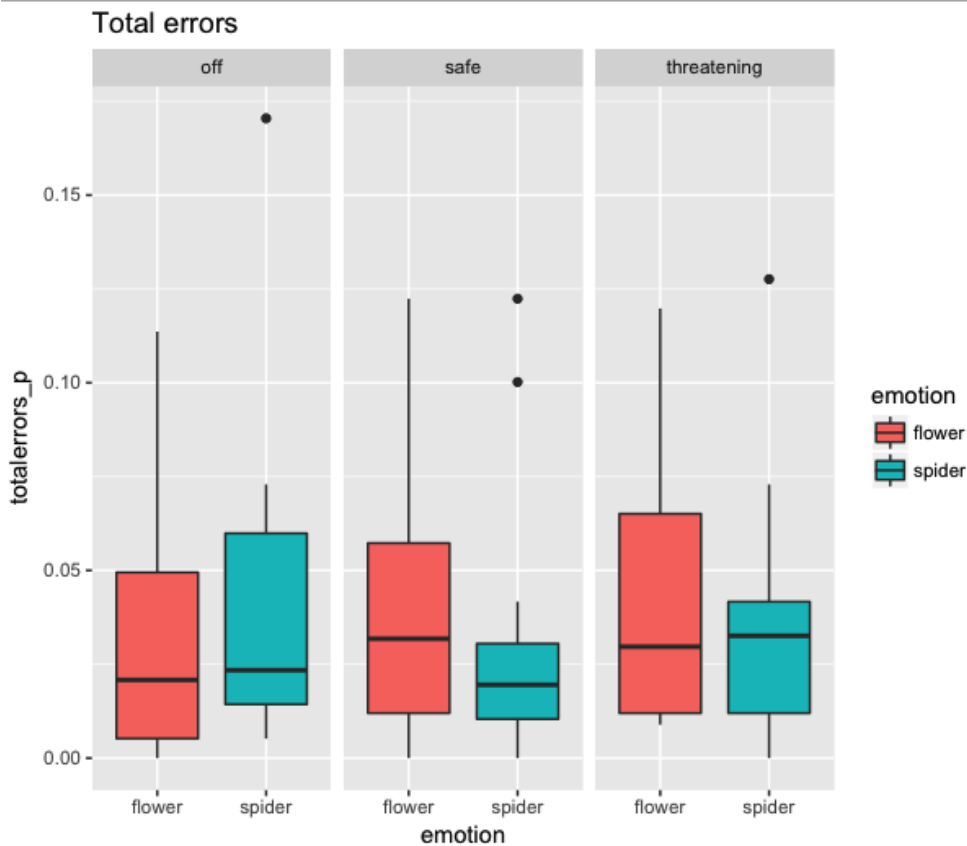
Väärin vastauksien analyysissa musiikki ei vaikuttanut väärin vastausten todennäköisyyteen. Emotionaalinen ärsyke lisäsi väärin vastausten todennäköisyyttä 89%, OR = 1,89, CI = 1,22-2,94. Musiikki tai emotionaalinen ärsyke ei vaikuttanut vasteenestovirheiden määrään. Musiikki tai emotionaalinen ärsyke ei vaikuttanut ohitettujen vastausten todennäköisyyteen.

Koehenkilöiden suorituskyvyn arvion ja suorituksen välillä ei ollut tilastollisesti merkittävää yhteyttä, $p = 0,64$.



Kuvaaja 1: Reaktioajat musiikin ollessa pois päältä, turvallisen musiikin aikana ja uhkaavan musiikin aikana. Musiikille tuli pääefekti, 0,01. Uhkaavalla musiikilla reaktioajat olivat nopeampia kuin musiikin ollessa pois päältä, $p = 0,02$. Musiikin ja emotionaalisen ärsykkeen (flower, spider) välillä oli interaktio, $p = 0,02$. Neutraalilla ärsykkeellä musiikille tuli pääefekti, $p = 0,006$. Neutraalilla ärsykkeellä sekä uhkaava ($p = 0,027$) että turvallinen ($p = 0,027$) musiikki lyhensi reaktioaikoja suhteessa musiikki pois -tilanteeseen. Uhkaavan musiikin ja miellyttävän

musiikin välillä ei ollut tilastollisesti merkitseviä eroja. Luottamusvälien piirtämiseen käytettiin Moreyn 2008 esittämää piirtotapaa (within-variables) (38).



Kuvaaja 2: Kokonaisvirheet musiikin ollessa pois päältä, turvallisen musiikin aikana ja uhkaavan musiikin aikana. Kokonaisvirheiden määrä lisääntyi uhkaavan musiikin aikana neutraalilla ärsykkeellä, CI = 1,05-2,00. Uhkaavan musiikin aikana emotionaalinen ärsyke vähensi virheen todennäköisyyttä, CI = 0,45-0,98. Uhkaavan musiikin ja emotionaalisen ärsykkeen välillä oli interaktio, CI = 0,35-0,91. Koehenkilökohtaiset virheet eivät olleet normaalijakautuneita.

Pohdinta

Tässä tutkimuksessa pyrittiin selvittämään musiikin vaikutusta kognitiiviseen suorituskyykyyn ja erityisesti reaktioaikoihin toiminanohjaustoimintoja laajalti kuormittavassa tietokonepohjaisessa testissä. Lisäksi tutkittiin uhkaavan ja turvallisen musiikin vaikutusta tarkkaavuuden automaattiseen ohjaamiseen tehtävän kannalta merkityksettömille uhkaärsykkeille. Lisäksi pyrittiin selvittämään osaako koehenkilö arvioida omaa suorituskyykyyn muutosta musiikkiin liittyen. Tuloksissa havaittiin nopeus-tarkkaavaisuusvaihdos siten että neutraalilla ärsykkeellä uhkaavan musiikin aikana reaktioajat olivat nopeampia mutta kokonaisvirheiden määrä lisääntyi. Uhkaavan musiikin aikana reaktioajat olivat myös kokonaisuudessaan nopeampia kuin musiikin ollessa pois päältä. Tehtävän

kannalta merkityksetön uhkaärsyke hidasti reaktionopeutta verrattuna neutraaliin häiriöärsykkeeseen turvallisen musiikin aikana ja vähensi virheitä uhkaavan musiikin aikana. Turvallisen musiikin aikana reaktioajat olivat neutraalilla ärsykkeellä lyhyempiä verrattuna tilanteeseen jossa musiikki oli pois päältä.

Tulokset tukevat aikaisempaa käsitystä siitä, että virittävällä musiikilla pystytään lisäämään suorituskykyä tietyillä kognition osa-alueilla. Tulokset viittaavat musiikin reaktioaikoja parantavan vaikutuksen olevan voimakkaampi musiikin kuuntelun aikana kuin heti sen jälkeen. Tulos voi selittyä mm. vireystilan nousulla musiikin kuuntelun aikana ja laskulla musiikin kuulumisen loppuessa. Tulokset sopivat myös Kämpfe J., et al 2010 meta-analyysissä esittämään hypoteesiin, että kognitiivisen tehtävän ollessa riittävän yksinkertainen vireystilan nousu parantaa suoritusta ja musiikin distraктоiva vaikutus ei vielä pääse näkyviin kuten paljon keskittymistä vaativassa tehtävässä. Toisaalta uhkaava musiikki lisäsi koehenkilöiden tekemiä virheitä neutraalilla häiriöärsykkeellä ja näin huononsi suorituskykyä. (24)

Musiikin ja emotionaalisen ärsykeen välillä oli interaktio niin että turvallisen musiikin ollessa päällä emotionaalinen ärsyke (hämähäkki) hidasti reaktioaikaa. Aiemmissä tutkimuksissa on jo havaittu yhteys emotionaalisen ärsykeen ja reaktioaikojen hidastumisen välillä (30,31,32). Tulokset viittaavat siihen, että suorituskyvyn ollessa kokonaisuudessaan parempi (vireystilan nousun myötä?) emotionaalisen ärsykeen vaikutus tulee helpommin esiin.

Tarkkaavaisuusresurssien ollessa optimaalisesti tehtävän käytössä resurssin siirtyminen tehtävästä uhkaärsykkeelle aiheuttaa havaittavan suoritusnopeuden laskun toisin kuin tilanteessa, jossa kaikki tarkkaavuuressurssit eivät ole tehtävän käytössä eikä suoritus ole optimaalisella tasolla. Uhkaavan musiikin aikana koehenkilöt tekivät vähemmän virheitä uhkaavan ärsykeen aikana kuin neutraalin ärsykeen. Tämä voisi viitata käyttäytymismalliin jossa uhkaavassa tilanteessa reaktio uhkaavaan ärsykkeeseen pystytään muodostamaan tarkemmin reaktioajan vielä siitä kärsimättä.

Tutkimuksessa käytettiin uhkaavuuden ja miellyttävyyden arvioinnissa koehenkilöiden omaa arviota musiikin laadusta. Kokemus musiikista on yksilöllinen ja tämän vuoksi pyrittiin kontrolloimaan kokemuksen normalisoinnin tuomaa vinoumaa. Koehenkilöt arvioivat kappaleen laatua vasta jokaisen kierroksen jälkeen eli noin 1 minuutti musiikin päättymisestä, mikä saattoi vaikuttaa arvioinnin tarkkuuteen.

Tutkimuksen tulokset lisäävät ymmärrystä musiikin vaikutuksesta suorituskykyyn. Havaitsimme, että toiminnanohjaustoimintoja kuormittavassa tarkkaavaisuustestissä taustamusiikki paransi reaktionopeutta, mutta lisäsi virheiden määrää. Jatkotutkimusta tarvitaan selvittämään miksi virheet

eivät lisääntyneet uhkaavan ärsykkeen aikana toisin kuin neutraalin häiriöärsykkeen aikana. Tarvitsemme myös lisää tutkimusta jossa musiikin vaikutukset perustuvat koehenkilön omaan kokemukseen musiikista.

Lähteet

1. Levitin Daniel J., Tiravolas Anna K. Current Advantaces in Cognitive Neuroscience of music. *Ann NY Acad Sci* 2009;1156:211-31
2. Seppo Soinila ja Teppo Särkämö; Musiikki aivoinfarktipotilaan hoidossa; Lääketieteellinen aikakauskirja *Duodecim*, 2009;125(23):2585-90
3. Warren, J. D., Uppenkamp, S., Patterson, R. D., et al. (2003). Analyzing pitch chroma and pitch height in the human brain. *Ann. N.Y. Acad. Sci.*, 999, 212–214.
4. Ayotte, J., Peretz, I., Rousseau, I., et al. (2000). Patterns of music agnosia associated with middle cerebral artery infarcts. *Brain*, 123, 1926–1938.
5. Peretz, I. (1990). Processing of local and global musical information by unilateral brain-damaged patients. *Brain*, 113, 1185–1205.
6. Vignolo, L. A. (2003). Music agnosia and auditory ag- nosia. Dissociations in stroke patients. *Ann. NYAS*, 999, 50–57.
7. Juslin, P. N., & Laukka, P. (2004). Expression, perception, and induction of musical emotions: A review and a questionnaire study of everyday listening. *Journal of New Music Research*, 33, 217–238. doi:10.1080/ 0929821042000317813

8. Mari Tervaniemi; Miksi musiikki liikuttaa?; Lääketieteellinen aikakauskirja duodecim; 2009;125(23):2579-82
9. Schellenberg E. G. (2005). Music and cognitive abilities. *Current Directions in Psychological Science*, 14, pp. 322-325.
10. Carlos Santos-Luiz, Daniela Coimbra, and Carlos Fernandes da Silva. (2009). music learning and cognitive performance. <http://www.legacyweb.rcm.ac.uk/cache/fl0020026.pdf>
11. S. Brandler ja T.H. Rammsayer; 2003; Differences in Mental Abilities Between musicians and non-musicians; *Psychology of music*; 31(2): 123-38.
12. Kämpfe J, Sedlmeier P, Renkewitz F. The impact of background music on adult listeners: A meta-analysis. *Psychology of music*. October 2011, vol 39, No. 4, 424-448
13. Furnham, A., & Allass, K. (1999). The influence of musical distraction of varying complexity on the cognitive performance of extroverts and introverts. *European Journal of Personality*, 13, 27–38.
14. Rauscher, F. H., Shaw, G. L., & Ky, K. N. (1993). Music and spatial task performance. *Nature*, 365, 611.
15. Stough, C., Kerkin, B., Bates, T., & Mangan, G. (1994). Music and spatial IQ. *Personality and Individual Differences*, 17, 695.
16. Pietschnig, J., Voracek, M., & Formann, A. K. (2010). Mozart effect! Shmozart effect: A meta-analysis. *Intelligence*, 38, 314!323.
17. Hetland, L. (2000b). Listening to music enhances spatial-temporal reasoning: Evidence for the “Mozart effect”. *Journal of Aesthetic Education*, 34(3/4), 105!148.
18. Husain, G., Thompson, W. F., & Schellenberg, E. G. (2002). Effects of musical tempo and mode on arousal, mood, and spatial abilities. *Music Perception*, 20, 151!171.
19. Nantais, K. M., & Schellenberg, E. G. (1999). The Mozart effect: An artifact of preference. *Psychological Science*, 10, 370!373.
20. Schellenberg, E. G., & Hallam, S. (2005). Music listening and cognitive abilities in 10- and 11-year-olds: The Blur effect. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1060, 202!209.
21. Schellenberg, E. G., Nakata, T., Hunter, P. G., & Tamoto, S. (2007). Exposure to music and cognitive performance: Tests of children and adults. *Psychology of Music*, 35, 5!19.
22. Dolegui, A. S. (2013). The Impact of Listening to Music on Cognitive Performance. *Student pulse*;5:9
23. Bonin, T., Smilek, T.; Inharmonic music elicits more negative affect and interferes more with a concurrent cognitive task than does harmonic music; 2015; internet-julkaisu; Department of Psychology, University of Waterloo

24. Kämpfe J, Sedlmeier P, Renkewitz F. The impact of background music on adult listeners: A meta-analysis. *Psychology of Music* October 2011 vol. 39 no. 4 424-448
25. Marti Marca A, Nguyen T, Grahn J. The effects of musical mood and musical arousal on visual attention. (2014). Undergraduate Honors theses. Paper 18.
26. Chraif M, Burtaverde V, Andreea A. The effects of music in reaction time to multiply stimuli. *Romanian journal of experimental applied psychology*. Vol. 4, issue 4
27. Mertes A, Myers A, Reed J, Thering J. The effects of stimulative vs. sedative music on reaction time
28. Daniel T. Bishop, Michael J. Wright, Costas I. Karageorghis. Tempo and intensity of pre-task music modulate neural activity during reactive task performance. *Psychology of music*. Vol. 42, issue 5, 2014
29. Marca A, Nguyen T, Grahn J. The effects of musical mood and musical arousal on visual attention. Undergraduate Honors theses. University of Western Ontario. Paper 18. 2014
30. Hartikainen K M, Ogawa K H, Soltani M, & Knight R T: Emotionally arousing stimuli compete for attention with left hemispace. *Neuroreport*. 18(18):1929-1933, December 3, 2007.
31. Hartikainen K M, Ogawa K H, Knight R T: Transient interference of right hemispheric function due to automatic emotional processing, *Neuropsychologia* 2000; 12:1576 – 15.
32. Hartikainen Kaisa M., Ogawa Keith. H., Knight Robert T. Trees over forest: Unpleasant stimuli compete for attention with global features. *Neuroreport*. 2010 Mar 31;21(5):344-8.
33. Estes Zachary, Verges Michelle. Freeze or flee? Negative stimuli elicit selective responding. *Cognition*. Volume 108, Issue 2, August 2008, Pages 557-565
34. Roelofs Karin. Freeze for action: neurobiological mechanisms in animal and human freezing. *Phil. Trans. R. Soc. B* 2017 372 20160206; DOI: 10.1098/rstb.2016.0206.
35. Hartikainen Kaisa M., Siiskonen A., Ogawa Keith H. Threat interferes with response inhibition. *Neuroreport*. 2012 May 23(7), 447-450.
36. Verbruggen Frederick, De Houwer Jan. Do emotional stimuli interfere with response inhibition? Evidence from the stop signal paradigm. *Cognition and emotion*. Volume 21, 2007, Issue 2, Pages 391-403.
37. Mansnerus Sara. Barokin affekti-ilmaisuu – seconda prattican tavoitteet ja keinovarvat. https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/100796/Mansnerus_Sara.pdf?sequence=1
38. Morey Richard. Confidence Intervals from Normalized Data: A correction to Cousineau (2005). 2008. <http://tqmp.org/Content/vol04-2/p061/p061.html>
39. https://en.wikipedia.org/wiki/Holm–Bonferroni_method

