

TRANSKRANIAALISEN TASAVIRTASTIMULAATION YHTEYS VÄLTTÄMISMOTIVAATIOON

Laura Honkanen  
Pro gradu -tutkielma  
Psykologian laitos  
Jyväskylän yliopisto  
Kevät 2021

JYVÄSKYLÄN YLIOPISTO

Psykologian laitos

Honkanen, Laura: Transkraniaalisen tasavirtastimulaation yhteys välttämismotivaatioon

Pro gradu -tutkielma, 27 s., 2 liite.

Ohjaaja: Jan Wikgren

Psykologia

Helmikuu 2021

---

## Abstrakti

Transkraniaalinen tasavirtastimulaatio (tDC-stimulaatio) on non-invasiivinen aivojen sähköisen toiminnan muokkausmenetelmä, jota käytetään masennuksen ja ahdistuksen hoidossa. Tasavirtastimulaation vaikutusmekanismi solun toiminnan tasolla tiedetään, mutta laajempi vaikutuksia välittävä neuropsykologinen mekanismi ei ole selvillä. Tässä tutkimuksessa selvitettiin, vähentääkö tasavirtastimulaatio välttämismotivaatiota säpsähdysreaktiolla mitattuna. Oletus tasavirtastimulaation välttämismotivaatiota vähentävästä vaikutuksesta perustuu siihen, että tasavirtastimulaatio lievittää ahdistusta ja ahdistukseen puolestaan liittyy voimistunut välttämismotivaatio. Lisäksi oletus sopii Grimshawin ja Carmelin asymmetrisen inhibition malliin, jossa motivaation suuntaa selitetään aivojen hemisfäärien aktiivisuuden epätasapainon ja havaintotoimintojen vinoutumisen yhteydellä. Lisäksi selvitettiin, miten persoonan ahdistus- ja pelkoherkkyys vaikuttavat tasavirtastimulaation ja välttämismotivaation yhteyteen. Tutkimuksen tuloksia voi hyödyntää kohdennettaessa tDCS-hoidon kohdentamiseen siitä parhaiten hyötyville. Tutkimukseen osallistui 49 koehenkilöä (29,2% miehiä ja 70,8% naisia). Koeryhmä sai anodaalista tasavirtastimulaatiota ja kontrolliryhmä plasebo-stimulaatiota dorsolateraalille prefrontaalikorteksille, minkä jälkeen koehenkilöiden säpsähdysreaktioiden voimakkuutta mitattiin heidän katsellessaan tunteita herättäviä kuvia. Tulosten mukaan tasavirtastimulaatiota saaneilla oli kauttaaltaan voimakkaammat säpsähdysreaktiot kontrolliryhmään verrattuna. Säpsähdysreaktion habituatioissa tai eri tunnetilojen aikaisissa säpsähdysreaktioissa ei ollut eroja stimulaatioryhmien välillä. Tasavirtastimulaatio ei siis vaikuta välttämismotivaation voimakkuuteen, vaikka tasavirtastimulaatio lisäikin koehenkilöiden reaktiivisuutta. Lisäksi tDCS:n ja välttämismotivaation yhteys ei muuttunut, kun huomioitiin koehenkilöiden ahdistus- ja välttämisherkkyys. Tämä tutkimus ei osaltaan tue asymmetrisen inhibition mallia. Toisaalta tutkimus antaa kohtalaista tukea käyttäytymisen aktivaatio-inhibiitio -mallille.

Avainsanat: Transkraniaalinen tasavirtastimulaatio, välttämismotivaatio, säpsähdysreaktio, EMS, dlPFC.

## Abstract

Transcranial direct current stimulation (tDCS) is a non-invasive brain stimulation technique, which is used in treatment of depression and anxious diseases. The action mechanism of direct current stimulation is known in a cell level. Still the wider psychological mechanism has not been fully uncovered. In the current study it was examined, if tDC-stimulation reduces the avoidance motivation measured by startle reaction. The assume, tDCS would diminish the avoidance motivation, is based on the asymmetric inhibition model by Grimshaw and Carmel, which explain the direction of motivation with coaction of brain hemispheric imbalanced activity and biased perception. Also, it was examined, how the trait related anxiety and fear sensitivity modulate the connection of tDCS and avoidance motivation. The results can be used to allocate the tDCS-treatment for patient who are most likely to benefit from it. There were 49 participants (29,2% if men and 70,8% of women). The anodal direct current stimulation was applied to the left dorsolateral prefrontal cortex of the test group, whereas the sham-stimulation as placebo-stimulation was applied to the same area of the control group. After stimulation both groups underwent the emotion modulated startle (EMS) paradigm. The results show that participants, who received tDC-stimulation, had higher startle reflexes overall compared to the control group. There were no differences in the habituation profile of startle reflexes neither in emotion modulated startle reflexes. As a conclusion, the direct current stimulation did not reduce avoidance motivation even though the stimulation increased participants' reactivity. Also, the anxiety and fear sensitivity did not modulate the connection of tDCS and avoidance motivation. This study contrasts with the asymmetric inhibition model. However, the study provides fair support for the behaviour activation-behaviour inhibition model.

**KEYWORDS:** Transcranial direct current stimulation, avoidance motivation, startle reaction, EMS, dlPFC

## SISÄLLYS

1. JOHDANTO .....	1
1.1. Välttämismotivaation neuropsykologinen perusta .....	1
1.2. BI- ja FFF-systeemit .....	2
1.3. Emootioiden säätelemä säpsähdyksireaktio .....	3
1.4. Transkraniaalinen tasavirtastimulaatio.....	4
1.4.1. Transkraniaalinen tasavirtastimulaation vaikutus käyttäytymiseen .....	5
1.5. Tutkimuksen tarkoitus ja hypoteesit .....	6
2. AINEISTO JA METODIT .....	9
2.1. Koehenkilöt.....	9
2.2. RST-Kysely.....	9
2.3. tasavirtastimulaatio .....	10
2.4. Säpsähdyksireaktion mittaaminen.....	10
2.5. Datan käsittely ja tilastolliset analyysit.....	11
3. TULOKSET.....	12
3.1. Puuttuvien havaintojen käsittely ja RST-kyselyn validointi.....	12
3.2. Tasavirtastimulaatio ja säpsähdyksireaktion habituaatio .....	12
3.3. Tasavirtastimulaatio ja emootioiden vaikuttama säpsähdyksireaktio .....	14
4. POHDINTA.....	17
4.1. Tulosten pohdintaa .....	17
4.1.1. Säpsähdyksirefleksin muutokset.....	17
4.1.2. Pelko- ja ahdistusherkyyden vaikutus .....	21
4.2. Kliinisen ja teoreettisen sovellutukset.....	22
4.3. Jatkotutkimusaiheet.....	23
4.4. Tutkimuksen rajoitteet .....	23
4.5. Yhteenveto .....	24

## LIITTEET

# 1. JOHDANTO

## 1.1. Välttämismotivaation neuropsykologinen perusta

Välttämis- ja lähestymismotivaation on esitetty olevan ihmisen toimintaa ja muita motivaatioita ensisijaisesti säätelevä tekijä (Elliot & Covington, 2001). Välttämismotivaation neuropsykologista perustaa on selitetty sekä aivolohkojen aktivaation epäsymmetrisyydellä että prefrontaalikorteksin kognitio-emootio -yhteisvaikutuksella. Grimshaw ja Carmel (2014) ovat yhdistäneet nämä kaksi teoriaa asymmetrisen inhibition malliksi. Asymmetrisen inhibition malli käsittelee motivaation suuntaa toiminnanohjauksen ja sen toimintaan vaikuttavien tunnekokemusten kautta. Mallin mukaan vasemman prefrontaalikorteksin aktivaatio estää harhauttavia negatiivisia ärsykejä häiritsemästä päätöksentekoa. Oikean prefrontaalikorteksin aktivaatio puolestaan estää harhauttavien positiivisten ärsykkeiden häiritsemästä päätöksentekoa. Tarkkaavuuden ja motivaation suunnan yhteyttä on kuvattu myös mallilla, jonka mukaan puolustautuvan motivaation ja lähestymismotivaation hermoverkko kohdistaa tarkkaavuuden niihin ärsykeisiin, jotka ovat relevantteja kulloistenkin tarpeiden kannalta (Lang, Bradley, & Cuthbert, 1997). Esimerkiksi uhattuna oleva henkilö kiinnittää tarkkaavuuden herkemmin vaarasta vihjaaviin ärsykeisiin.

Motivaation suunnan neuraalista perustaa on selitetty eri tavoin, ja hemisfäärien aktiivisuuden epätasapaino on paljon käytetty selitysmalli. Esimerkiksi motivoituneen tarkkaavuuden toimintaan on liitetty vasemman aivopuoliskon aktivaatio erityisesti negatiivisen tunnesisällön käsittelyssä (O'Hare, Atchley & Young, 2017). Grimshawin ja Carmelin (2014) mukaan välttämis- ja lähestymismotivaatio sekä niiden mukainen vasemman hemisfäärin ja oikean hemisfäärin voimakkaampi aktiivisuus ovat toisensa poissulkevia. Poissulkevuus on mahdollista, sillä aivokurkiainen välittää aivopuoliskojen vastavaikutteisesta aktivaatiota (Schutter & Harmon-Jones, 2013). Toisin sanoen vasemman aivopuoliskon aktiivisuudesta seuraa oikean aivopuoliskon matala aktiivisuus ja tätä kautta lähestymismotivoitunut käyttäytyminen voimistuu. Tämän tutkimuksen tarkoituksena oli selvittää, miten vasemman prefrontaalikorteksin aktivaation lisääminen tasavirtastimulaatiolla vähentää välttämismotivoitunutta reagoitua. Samalla tässä tutkimuksessa selvitettiin, miten persoonan ahdistus- ja pelkoherkkyys vaikuttavat vasemman prefrontaalikorteksin aktivaation ja välttämismotivaation voimakkuuden yhteyteen.

## 1.2. BI- ja FFF-systeemit

Välttämismotivaation neuropsykologista perustaa ovat tutkineet myös Gray ja McNaughton (2003). Heidän esittelemä vahvistusherkkyyden teoria (The Reinforcement sensitivity theory) ja siihen sisällytetty käyttäytymistä inhiboiva systeemi tarjoavat mielenkiintoisen teoriataustan tasavirtastimulaation ja välttämismotivaation yhteyksien tutkimiselle. Gray ja McNaughton esittivät, että käyttäytymistä vaimentava systeemi (behavioural inhibition system, BIS) toimii käyttäytymistä aktivoivan systeemin (behavioural activation system, BAS) ja pakene-taistele-jähmety-systeemin (flight-fight-freeze system, FFFS) välillä. Käyttäytymistä inhiboivan systeemin tehtävä on auttaa ihmistä ratkaisemaan ristiriidan kahden tavoitteen, FFFS:ään liittyvän rangaistuksen välttämisen tavoitteen ja BAS:iin liittyvän palkkion lähestymisen tavoitteen, välillä. Grayn ja McNaughtonin (2003) mukaan käyttäytymistä inhiboivan systeemin toiminnan käynnistyminen liittyy uhkaavaan tilanteeseen saapumiseen. Näin ollen käyttäytymistä inhiboiva systeemi liittyy enemmän ahdistukseen ja passiiviseen välttämiseen kuin pelkoon. Pakene-taistelu-jähmety -systeemi puolestaan vastaa aktiivisesta välttämisestä ja pelon tunteesta. Grayn ja McNaughtonin (2003) mukaan BI-systeemin aktivointi nostaa virittäytyneisyyttä ja tarkkaavuutta, ja Grimshawin ja Carmelin (2014) hemisfäärisen inhibition mallin mukaan havaintojen negatiivinen vääristyminen altistaa välttämismotivaatiolle. Tasavirtastimulaatiolla voisi ehkäistä vireystilan nousua ja negatiivisten ärsykkeiden havaitsemisen tehostumista negatiivisessa tunnetilassa.

Vaikka defensiivinen käyttäytyminen on pitkälle automaattista motorisen ja autonomisen hermoston ohjaamaa vastetta uhkaaville ärsykkeille (Kozłowska, Walker, McLean, & Carrive, 2015), ihmisissä on erillaisia herkkyyksiä reagoida lähestyvään vaaraan tietyllä tavalla (Corr & Cooper, 2016; Erdle & Rushton 2010). Tämä herkkyys välittyy ihmisen persoonaan kuten psyykkiseen hyvinvointiin. Esimerkiksi BIS-sensitiivisyys sekä FFFS-sensitiivisyys olivat yhteydessä sosiaaliseen ahdistukseen itsenäisesti (Kramer & Rodriguez, 2016) sekä välittävänä tekijänä ujouden ja sosiaalisen ahdistuksen välillä (Ran, Zhang, & Huang, 2018).

Useissa tutkimuksissa on löydetty yhteys BAS-, BIS-, ja FFFS-taipuvaisen käyttäytymisen ja aivojen hemisfäärisen aktivaation epäsymmetrisyyden välille. Korkeita BAS-pisteitä saavilla oli voimakkaampaa vasemman kuin oikean frontaalikorteksin aktivaatiota lepotilan aikana. Sen sijaan BIS-taipuvuuden ja oikean frontaalikorteksin suhteellisesti voimakkaamman aktivaation yhteys ei ollut merkitsevä. (Harmon-Jones & Gable 2018.) Korkeita FFFS-pisteitä saaneilla koehenkilöillä oli taas vasenta puolta voimakkaampaa oikean prefrontaalikorteksin aktivaatiota (De Pascalis, Sommer,

& Scacchia, 2018). Vahvistusherkkyyden teoria ja sen mukaiset taipumukset ihmisten kesken tukevat asymmetrisen inhibition mallia, vaikka näyttö on jossain määrin vaihtelevaa.

### **1.3. Emootioiden säätelemä säpsähdysreaktio**

Säpsähdysärsyke on poikkeava stimulus, esimerkiksi voimakas ääni tai kirkas valo, jota herättää välttämisyreaktion eli säpsähdysreaktion (Vrana, Spence, & Lang, 1988). Säpsähdysreaktion voimakkuutta säätelevät amygdala ja sen säätelypiirit, erityisesti aivorunkoon ulottuva efferentti rata (Davis, Falls, Campeau, & Kim, 1993). Mielenkiintoista on, että säpsähdysreaktion tuottamisessa painottuvat eri aivoalueiden oikeanpuoleiset osat (Neuner ym., 2010).

Säpsähdysreaktiota indikoivaan silmänräpsähdyksen voimakkuuteen vaikuttavat emotionaalisen valenssin lisäksi tarkkaavuus, ärsykkeen modaliteetti, pelkoehdollistaminen, vireystila ja kiinnostuneisuus. Korrelaatio emotionaalisen valenssin ja säpsähdysreaktion välillä oli kuitenkin voimakkaampaa kuin muissa säpsähdysreaktioon vaikuttavissa tekijöissä. (Lang, Bradley & Cuthbert 1990.) Tämä emotionaalisen valenssin sekä silmänräpsähdyksen voimakkuuden yhteys on linjassa Vranan ym. (1988) aiemman tutkimuksen kanssa. Molemmissa tutkimuksissa silmänräpsähdys oli voimakkaampi epämiellyttävien kuvien aikana kuin neutraalien tai miellyttävien kuvien aikana.

Lang ym. (1990) ovat ehdottaneet emotionaalisen valenssin teoriaa säpsähdysreaktion muutoksia selittäväksi teoriaksi. Heidän mallinsa perustuu ajatukseen, että tunteet säätelevät käyttäytymistä etupäässä tunteiden valenssin ja voimakkuuden perusteella. Valenssin rooli on pohjustaa eri ärsykkeiden tuottamaa käyttäytymisvastetta. Käyttäytymisvaste puolestaan jäsentyy lähestymis-välttämisyreaktion -ulottuvuuden mukaisesti tunnekokemuksen määräämänä. Valenssi ei kuitenkaan yksi määritä käyttäytymisvastetta, vaan päällä olevan valenssin ja uuden emotionaalisen kokemuksen yhteensopivuus voimistaa käyttäytymisvastetta. Valenssin ja emotionaalisen kokemuksen epäyhteensopivuus puolestaan tuottavat heikomman käyttäytymisvasteen. Näin ollen silmänräpsähdys on voimakkaampi, kun ihminen on ensin ohjattu negatiiviseen tunnetilaan ja sen jälkeen hänelle annetaan säpsähdysärsyke, sillä tällöin negatiivinen valenssi ja ärsykkeen vaatima suojausvastetta ovat yhteneviä. Selitys tälle on, että negatiiviseen valenssiin ja välttämismotivaation tilaan saatetun henkilön herkkyys kiinnittää huomio negatiivisiin ärsykkeisiin on kohonnut (Cuthbert, Schupp, Bradley, MBirbaumer & Lang, 2000). Säpsähdysreaktion ilmenemisessä ei siis ole kyse puhtaasti automaattisista reflekseistä vaan siihen liittyy myös ohjattua säätelyä. Emotionaalisen valenssin lisäksi habituaatio vaikuttaa säpsähdysreaktion voimakkuuteen

merkitsevästi. Säpsähdysreaktion voimakkuus laski lineaarisesti Bradleyyn, Langin ja Cuthbertin (1993) kokeessa. Positiiviset ja negatiiviset kuvat eivät vaikuttaneet habituaatioon, vaikka positiivinen ja negatiivinen valenssi tuottivat tasoeron säpsähdysreaktiossa.

EMS-koeasetelmaa (emotion modulated startle) on käytetty emotionaalisen prosessoinnin tutkimiseen eri kliinisissä ryhmissä kuten masennuksesta (Kaviani ym., 2004), psykopatiasta (Baskin-Sommers, Curtin & Newman, 2013) ja anoreksia nervosasta (Racine ym., 2016) kärsivillä. Masentunuksen anhedonia- tai ahdistusvoittoisuus vaikuttavat siihen, miten valenssien vaikutus näkyy säpsähdysreaktion voimakkuudessa. Masennuksen anhedonia-painottuneisuus latisti säpsähdysreaktioita, kun taas ahdistunspainottuneisuus vahvisti säpsähdysreaktioita, vaikka valenssien vaikutus oli samanlaista kuin muilla. (Kaviani ym., 2004.) Ahdistusoireilun yhteydestä säpsähdysreaktioon on havaittu edellä mainitun kaltainen yhteys, eli affektiiviset kuvat ylipäättään voimistivat ahdistusoireisten reaktiivisuutta (Larson, Nitschke, & Davidson, 2007). Voimistuneet säpsähdysreaktiot ahdistuneilla ovat hyvin yhteydessä siihen havaintoon, että ahdistukseen liittyy voimistunut välttämismotivaatio (Spielberg, Heller, Siltan, Stewart, & Miller, 2011).

#### **1.4. Transkraniaalinen tasavirtastimulaatio**

tDCS eli transkraniaalinen tasavirtastimulaatio on non-invasiivinen aivojen stimuloitintekniikka (Kuo, Paulus & Nitsche, 2014). Siinä kallon läpi johdetaan kahden elektrodin, katodin ja anodin, kautta heikkoa sähkövirtaa. (Nitsche ym., 2008). Motoriselle aivokuorelle annettu tasavirtastimulaatio vaikuttaa hermosolujen toimintaherkkyyteen ihmisillä ja stimulaation polaarisuudella on iso merkitys sen vaikutuksille. Anodaalinen stimulaatio nostaa hermosolujen laukeamisherkkyyttä ja katodaalinen stimulaatio vähentää sitä. (Nitsche & Paulus, 2000). Toisin sanoen tasavirtastimulaatio vaikuttaa siihen, millä todennäköisyydellä hermosolut lähtevät kuljettamaan sähköistä viestiä. Aivojen hermosolujen laukeamisherkkyyks liittyy solukalvon polarisaatioon ja sitä säätelevien ionikanavien toimintaan. Anodaalisen tasavirtastimulaation laukeamisherkkyyttä tehostava vaikutus tapahtuu jännitteestä riippuvien natrium- ja kalsiumkanavien toiminnan kautta. (Nitsche ym., 2003a.) Hermosolujen eksitatorisen toiminnan heikentyminen tai tehostuminen ovat tasavirtastimulaation välittömiä vaikutuksia. Tasavirtastimulaatiolla on myös jälkivaikutuksia, joita on selitetty synaptisten yhteyksien vahvuuksien muutoksilla. Anodaalinen tasavirtastimulaatio johtaa pre-synaptiseen syötteen voimistumiseen sekä post-synaptisen kalvojännitteen depolarisaatioon (Liebetanz, Nitsche, Tergau & Paulus, 2002). NMDA-reseptorit välittävät synaptisen vahvistumisen jälkivaikutuksia



voimistamalla stimulaation jälkeisiä laukeamisherkkyyden muutoksia (Nitsche ym., 2003a; Liebetanz ym. 2002).

Tasavirtastimulaation muutoksen voimakkuuteen vaikuttaa virrantiheys (virran voimakkuus/elektrodien koko) (Nitsche ym., 2007). Nitschen ja Paulusin (2000) mukaan hermosolujen laukeavuuden muutokset riippuvat myös hermosolujen sijainnista suhteessa sähkökentän sijaintiin. Virran voimakkuus ja annetun stimulaation kesto vaikuttavat laukeamisherkkyyden muutosten keston. Muutokset voivat kestää muutamasta minuutista (Nitsche & Paulus, 2000) tuntiin asti. (Nitsche ym. 2003b).

#### **1.4.1. Transkraniaalinen tasavirtastimulaation vaikutus käyttäytymiseen**

Tasavirtastimulaatiolla on todettu olevan vaikutuksia kognitioon (Dedoncker, Brunon, Baeken & Vanderhasselt., 2016) sekä psykiatristen häiriöiden oireisiin (Kuo, ym., 2014). Stimulaation tulokset tosin vaihtelevat ja ovat jopa ristiriitaisia johtuen muun muassa eri stimulaatioprotokollista, koehenkilöistä tai taustamuuttujien kontrolloinnista (Dedoncker, ym., 2016). Non-invasiivisten aivostimulaatiohoitojen vaikutus masennuksen ja ahdistuksen hoidossa perustuu häiriöiden neurofysiologisille perusteille kuten aivojen plastisiteetin heikkenemiselle sekä aivojen sähköisen toiminnan hemisfääriseen epätasapainolle. Oikealla protokollalla toteutettu anodaalinen stimulaatio vähentää masennuksen oireita. Ahdistuksen neuropsykologia on liitetty poikkeavaan aivoalueiden aktiivisuuteen sekä toiminnallisiin yhteyksiin kuten riittämättömään talamuksen säätelyyn ja orbitofrontaalisen alueen sekä pihtipoimun etuosan liialliseen aktiivisuuteen. DC-stimulaation vaikutus ahdistuksen lievittymiseen on vähän tutkittu aihe. (Kuo, ym., 2014.) Steinin, Medeirosin, Caumon ja Torresin (2020) meta-analyysissä ahdistuksen ja tDCS-hoidon yhteyksiä käsittelevät tutkimukset olivat alle 100 koehenkilön tutkimuksia, joissa oli käytetty erilaisia stimulaatioprotokollia. Suurimassa osassa meta-analyysin tutkimuksista stimulaatiota annettiin prefrontaalikorteksille. Tulokset olivat kuitenkin keskenään ristiriitaisia. Joissain tutkimuksissa tDCS helpotti psykiatrisia oireita, kun taas joissain tutkimuksissa ahdistuksen oireet eivät lievittyneet. Kuitenkin tDCS:n tulokset ahdistuksen hoidossa ovat lupaavat erityisesti peilattuna tekniikan suhteelliseen nuoreen ikään.

Tasavirtastimulaatiolla on pystytty vaikuttamaan ihmisten käyttäytymiseen manipuloimalla motivaation suuntaa. Vasemman prefrontaalikorteksin anodaalisen stimuloinnin on havaittu lisänneen lähestymiskäyttäytymistä aggression ja kateellisuuden muodossa (Kelley, Hortensius, Schutter & Harmon-Jones, 2017) ja lisäämällä koehenkilöiden ponnisteluja tehtävissä (Ohmann, Kuper & Wacker, 2018). Lisäksi Kelleyn, Hortensiuksen, Schutterin ja Harmon-Jonesin (2017)

mukaan oikean puolen prefrontaalikorteksin anodaalinen stimulaatio on yhteydessä voimistuneeseen välttämisorientoituneeseen käyttäytymiseen. Prefrontaalikorteksin stimulaatio myös lisää motivaatiota suoraan eikä pelkästään tehostamalla kognitiivisia toimintoja, jotka auttavat tehtävässä suoriutumista (Soutschek, Kang, Ruff, Hare & Tobler, 2018). Aiemmissä tutkimuksissa motivaation suunnan ja määrän sekä tasavirtastimulaation yhteyksistä motivaatiota on mitattu etupäässä tahdonalaisella toiminnalla kuten päätöksenteolla. Tasavirtastimulaation ja välttämisorientoituneen automaattisen toiminnan yhteyksistä ei löytynyt tutkimuksia.

### **1.5. Tutkimuksen tarkoitus ja hypoteesit**

Tämän tutkimuksen tarkoitus on selvittää, miten transkraniaalinen tasavirtastimulaatio vaikuttaa välttämismotivaatioon, ja miten tähän yhteyteen vaikuttavat koehenkilöiden ahdistusherkkyyys ja pelkoherkkyyys palkitsemisherkkyyden teorian mukaan (Gray & McNaughton, 2003). Välttämismotivaatio on tässä tutkimuksessa operationalisoitu säpsähdyksireaktioksi, jota mitataan silmänräpsähdyksen magnitudilla.

Tutkimuskysymykset ovat:

1. Miten tasavirtastimulaatio vaikuttaa säpsähdyksireaktion habituaatioon kontrolliryhmään verrattuna ja miten koehenkilöiden BIS- ja FFFS -pisteet vaikuttavat tähän yhteyteen?
2. Miten tasavirtastimulaatio vaikuttaa emootioiden säätelyyn säpsähdyksireaktioon kontrolliryhmään verrattuna ja miten koehenkilöiden BIS- ja FFFS -pisteet vaikuttavat tähän yhteyteen?

Jos tasavirtastimulaatio vähentää välttämismotivaatiota, pitäisi tutkimustuloksissa näkyä seuraavat ilmiöt: kontrolliryhmään verrattuna tasavirtastimulaatiota saaneilla säpsähdyksireaktion habituaatio on voimakkaampaa ja emootioiden säätelyssä säpsähdyksireaktiot ovat heikommat erityisesti negatiivisen valenssin aikana.

Tasavirtastimulaation vaikutusta ahdistuksen ja masennuksen hoidossa on tutkittu etupäässä neuraalisen tason ja plastisiteetin kautta (Kuo, ym., 2014). Miten tasavirtastimulaatio vaikuttaa häiriöiden behavioraaliseen ja kognitiiviseen puoleen sekä emotionaaliseen prosessointiin, on vielä osittain avoin kysymys. Tämä tutkimus pyrkii osaltaan selvittämään tasavirtastimulaation behavioraalisen tason vaikutuksia välittäviä mekanismeja. Tässä tutkimuksessa kiinnostuksen

kohteena ovat refleksinä näkyvää välttämiskäyttäytymistä säätelevät hermopiirit. Koska ahdistukseen liittyy voimistunut välttämismotivaatio (Spielberg, ym., 2011), ja koska välttämismotivaatioon liitetään dlPFC aktivaation asymmetria (Grimshaw & Carmel, 2014; Schutter & Harmon-Jones, 2013), voisi tasavirtastimulaatio vaikuttaa juuri aivojen välttämiskäyttäytymiseen sääteleviin hermoverkkoihin. On mahdollista, ettei prefrontaalikorteksille annettu tDC-stimulaatio yletä primaaria välttämisrefleksiä säätelevään amygdalaan ja sen piireihin tai suoraan motivaatiosta vastaaville piireille (Sabatinelli, Lang, Keil, & Bradley, 2007). Tasavirtastimulaatio voi kuitenkin vaikuttaa tarkkaavuuden vinoutumien piireihin, jotka ylläpitävät välttämismotivaatiota, kuten Heeren ym (2017) tutkimuksessa todennettiin. Säpsähdyksreaktion habituaatiota tapahtuu sekä positiivisen että negatiivisen valenssin aikana (Bradley ym, 1993). Tästä huolimatta voisi ajatella, että defensiivisessä motivaation tilassa olevilla habituaatio tapahtuu hitaammin, sillä he ovat virittäytyneitä havaitsemaan uhkaavat ärsykkeet. He, jotka eivät ole välttämismotivaation tilassa, tottuvat uhkaavan ärsykkeen läsnäoloon nopeammin. Tasavirtastimulaation vaikutusta säpsähdyksreaktion voimakkuuden muutoksiin ei ole tietääkseni tutkittu aiemmin. Muista neuromodulaatiohoidoista dorsolateraalille prefrontaalikuorelle annetun transkraniaalisen magneettistimulaation on huomattu olevan yhteydessä säpsähdyksreaktion voimakkaampaan habituaatioon mutta ei valenssien vaikutuksen voimakkuuteen (Vennwald ym., 2016). Oletan kuitenkin, että IPFC:lle annettu tasavirtastimulaatio voimistaa säpsähdyksreaktion habituaatiota ja pienentää säpsähdyksreaktiota erityisesti negatiivisen valenssin aikana.

Oletan myös, että säpsähdyksreaktiot ovat voimakkaita koehenkilöillä, jotka ovat pelko- ja ahdistusherkkiä ja, että tasavirtastimulaation vaikutus näkyisi ennen kaikkea heidän joukossaan. Defensiivistä käyttäytymistä selittävät mallit korostavat havaintotoimintojen herkistymisen merkitystä uhkaavaan tilanteeseen saapumisessa (Kozłowska, ym., 2015; Gray & McNaughton 2003), mikä sopii hyvin yhteen sen kanssa, miten Gray & McNaughton kuvaavat BI-systeemin aktivoimisen nostavan vireystilaa. Tasavirtastimulaation vaikutukset voisivat näkyä juuri behavioraalisen inhibition systeemin aktiivisuuteen taipuvaisilla ihmisillä. Aiemmin on huomattu, että palkkio- ja rankaisusensitiivisyys näkyivän EMS-koeasetelmassa (Aluja, Blanch, Blanco & Balada, 2015). Lisäksi ahdistus- ja pelkoherkkyys huomioimalla saadaan näkyviin tDC-stimulaation mahdollinen vaikutus juuri ahdistuksen ja välttämismotivaation välillä, mikä on saatu aiemmin esiin kliinisellä aineistolla (Chrysikou, Gorey & Aupperle, 2017).

Tutkimukseni on luonteeltaan eksploratiivinen ja valottaa reflektiivisen välttämismotivaation ja tasavirtastimulaation yhteyksiä. Tutkimuksen tuloksia voidaan käyttää ohjaamaan

tasavirtastimulaation antamista siitä eniten hyötyville. Tutkimustulosten avulla voidaan myös paremmin ymmärtämään, miten tasavirtastimulaatio vaikuttaa psykiatristen oireiden vähenemiseen.

## 2. AINEISTO JA METODIT

### 2.1. Koehenkilöt

Koehenkilöiden rekrytoiminen tapahtui sosiaalisessa mediassa mainostetun webropol-kyselytyökalun kautta. Webropoliin laitettiin The Reinforcement sensitivity -questionnairen suomennos (LIITE 1), joka oli avoin kaikille täytettäväksi. Kyselyn täyttäjät pystyivät ilmoittamaan kyselyssä halukkuutensa osallistua koehenkilöiksi. Kyselyn täytti (6.4.2020 mennessä) 233 henkilöä. Heistä 71 henkilöä ilmoitti kiinnostuksensa tulla koehenkilöiksi, ja lopulta tästä joukosta pääsi laboratoriakokeeseen 49 henkilöä. Poissulkukriteereinä olivat neurologinen sairaus, pään alueen implantit, beetasalpaaja -, masennus- tai ahdistuslääkitys, pään alueen ihosairaudet sekä raskaus tai sen epäily. Koehenkilöiden sopivuus varmistettiin vielä erikseen tapauskohtaisesti. Samalla koehenkilöt saivat tietoa kokeen kulusta sekä selosteen tietosuojasta. Jokainen koehenkilö teki kirjallisen suostumuksen tutkimukseen ennen koetta. Yhden koehenkilön mittaustulokset jouduttiin jättämään pois lopullisesta aineistosta mittaustulosten teknisten ongelmien vuoksi. Näin tutkimuksen lopullinen N oli 48. Koehenkilöistä 29,2% oli miehiä ja 70,8% naisia. Tutkittavat olivat iältään 20-51 -vuotiaita ja keski-ikä oli 26 vuotta. Koehenkilöille kerrottiin tutkimuksen mahdollisista haitoista (LIITE 2) ja heidän mahdollisuudestaan keskeyttää koe, milloin vain haluaisivat. Tutkimussuunnitelma oli käynyt läpi eettisen ennakoarvion ja sillä oli Jyväskylän yliopiston tutkimuseettisen toimikunnan puoltava lausunto.

### 2.2. RST-Kysely

Tutkimuksessa käytetty RST-kysely oli suomennettu versio Corrin ja Cooperin kehittäämästä RST-Questionnairesta (2016). Kyselyä ei ilmeisesti ole aiemmin suomennettu eikä sitä ole standardoitu suomalaisessa väestössä. Kysely mittaa käyttäytymistä inhibioivaa systeemiä ja pakene-taistelejähmety -systeemiä omina faktoreinaan, joka korreloivat keskenään positiivisesti. Kysely mittaa käyttäytymistä aktivoivaa systeemiä neljällä faktorilla: palkkiokiinnostuneisuus, päämäärään ohjaama sinnikkyys, palkkioon reagoivuus ja impulsiivisuus. Kyselyn tulokset sopivat yhteen muiden jo käytössä olevien persoonallisuuskyselyiden, Carverin ja Whiten BIS/BAS scales, mini-IPIP five-

factor model personality -scale, state-trait anxiety inventory, fear survey schedule, the Eysenck personality questionnaire-revised, tulosten kanssa. Esimerkiksi RST-kyselyn BIS-tyyppisyys korreloi neuroottisuuden, ahdistuneisuuspiirteen ja pelkkoherkkyyden kanssa positiivisesti, ja FFFS-tyyppisyys korreloiva neuroottisuuden kanssa ja BIS-tyyppisyyttä voimakkaammin pelkkoherkkyyden kanssa. (Corr & Cooper, 2016.)

### **2.3. tasavirtastimulaatio**

Koe oli kaksoissokkotutkimus, jossa 29 koehenkilöä sai sham-stimulaatiota ja 19 koehenkilöä sai tasavirtastimulaatiota. 2 mA Tasavirtastimulaatio suunnattiin prefrontaaliseen aivokuorelle Magstim HDCKit-laitteella. Stimulaatiokohta eli dlPFC paikannettiin kansainvälisen 10-20 systeemin mukaan niin, että anodaalinen elektrodi oli kohdassa F3 ja katodaalinen elektrodi kohdassa F4 (DaSilva, Volz, Bikson & Fregni, 2011). Vasemman dlPFC:n anodaaliseen stimulaatioon päädyttiin, sillä aiemmissa tutkimuksissa sen on todettu muun muassa vähentäneen huomion kiinnittämistä sosiaalisesti uhkaavaan stimulusiin (Heeren ym, 2017) sekä valpautta, joka kohdistuu pelottavaan stimulusiin (Ironsides, O'Shea, Cowen & Harmer, 2018). Lisäksi se masennuksen tutkimisessa usein käytetty asetelma ((Kuo ym., 2014). Elektrodit olivat pinta-alaltaan 25 cm<sup>2</sup>, ja sähköjohtavuuden parantamiseksi molemmat elektrodit olivat laitettu NaCl-liuoksella kasteltuihin pesusienitaskuihin. Sähkövirran vastuksen arvo laskettiin alle 10 Ω. Tasavirtastimulaatio käsitti puolen minuutin sähkövirran nostovaiheen, 10 minuutin stimulaatiovaiheen sekä puolen minuutin sähkövirran alasajamisen vaiheen. Sham-stimulaatiossa sähkövirta nostettiin hoitotasolle puolessa minuutissa, mutta tämän jälkeen stimulaation antaminen lopetettiin. Tällaisella lyhyellä stimulaatiolla ei ole vaikutusta hermosolujen viriävyyteen, joten se on toimiva lumestimulaatio kontrolliryhmälle (Nitsche ym, 2008).

### **2.4. Säpsähdysreaktion mittaaminen**

Säpsähdysreaktion voimakkuus mitattiin bipolaarisesti elektromyografilla silmänympäryslihaksen (musculus orbicularis oculi) liikkeestä, niin että elektrodipari oli kiinnitetty vasemman silmän alapuolelle. Referenssielektrodi oli kiinnitettynä koehenkilön otsan keskikohtaan. EMG on usein käytetty tapa mitata säpsähdysreaktiota ihmisellä (Blumenthal ym, 2005). EMG-tuloksia tulkittiin

siten, että isompi jännitevaihtelu säpsähdysärsyksen kuulemisen jälkeen kertoi isommasta välttämisyreaktiosta. Kokeen aluksi koehenkilö sai siis 10 minuutin tasavirtastimulaation tai shamstimulaation. Tämän jälkeen aloitettiin mittausprotokolla, jonka aikana koehenkilö istui 1 metrin päässä tietokoneen näytöstä kuulokkeet päässä. Aluksi koehenkilö kuuli kuulokkeiden kautta kaksi säpsähdysärsykettä, jotka olivat voimakkuudeltaan 95 dB ja kestoltaan 50 ms valkoista kohinaa. Tämä tehtiin, jotta koehenkilö saisi valmistautua koetilannetta varten. Tämän jälkeen koehenkilöltä erikseen varmistettiin halukkuus jatkaa koehenkilönä. Ensimmäisen vaihe sisälsi 10 trialia. Yhden trialin aikana koehenkilö kuuli yhden säpsähdysärsyksen. Toiseen vaiheeseen kuului 40 trialia. Näistä 30 trialin aikana tietokoneen näytöllä näkyi 6 sekunnin ajan International Affective Picture Systemistä valittuja tunteita herättäviä kuvia. Kuvista 12 oli valenssiltaan positiivisia, 12 neutraaleja ja 12 negatiivista. Suurin osa kuvista esitettiin auditiivisen säpsähdysärsyksen kanssa, mutta jokaisesta kuvaluokasta 2 kuvaa esitettiin ilman säpsähdysärsykettä. Toiseen vaiheeseen kuului myös 10 trialia, joiden aikana koehenkilö kuuli säpsähdysärsyksen ilman kuvaa. Kolmannessa vaiheessa oli jälleen 10 trialia, joista kukin sisälsi yhden auditiivisen säpsähdysärsyksen ilman kuvaa. Koehenkilölle ei erikseen kerrottu mittausvaiheen vaihtumisesta. EMG mitattiin 50 ms säpsähdysärsyksen alkamisesta. Mittausvaiheeseen meni yhteensä aikaa 20 minuuttia, minkä jälkeen koehenkilöllä oli mahdollisuus keskustella koetilanteesta.

## **2.5. Datan käsittely ja tilastolliset analyysit**

Säpsähdysreaktiot mitattiin EMG:llä vasemman silmän alapuolelta bipolaarisesti. Signaali digitoitiin 1000 Hz näytteenottotaajudella ja tallennettiin tietokoneelle jatkuvana. Raakadatan jatkokäsittely tehtiin Matlabissa, EMG-signaali ylipäästösuodatettiin ( $>60$  Hz), tasasuunnattiin ja alipäästösuodatettiin ( $<20$  Hz). Signaali jaettiin osiin niin, että jokaisessa osassa oli tallennettu yksi säpsähdysreaktio ja jokainen osa alkoi 100 ms ennen säpsähdysärsyksen kuulumista. Signaali tasokorjattiin vähentämällä jokaisen aikapisteen amplitudiarvosta kaikkien esitasomittausten keskiarvo. Säpsähdysreaktion suuruus määriteltiin sen amplitudin perusteella, joka sai maksimiarvon 50-120 ms säpsähdysärsyksen alkamisen jälkeen. Aineistosta poistettiin sellaiset osat, joissa oli merkittävää aktiivisuutta esitason tai 20 ms ajan säpsähdysärsyksen alkamisen jälkeen. Tilastollisia analyysejä varten säpsähdysreaktiot keskiarvoistettiin koehenkilöittäin ja aika-blokeittain.

### 3. TULOKSET

#### 3.1. Puuttuvien havaintojen käsittely ja RST-kyselyn validointi

Ennen analyysien tekemistä paikattiin RST-kyselyn puuttuvat havainnot laskemalla vastaajakohtaiset keskiarvot BIS-, BAS- ja FFFS-pisteille ja täydentämällä muuttujan puuttuvat arvot vastaajan keskiarvolla. RST-kyselyä ei ole ilmeisesti validoitu Suomessa aiemmin, joten ennen analyysijä selvitettiin kyselyn reliabiliteetti ja muuttujien jakaumat. RST-kyselyn reliabiliteetti oli melko korkea ( $\alpha = .873$ ) ja kysymykset korreloivat hyvin ( $-.005 - .576$ ) mittarin kokonaispistemäärän kanssa. Kaikkien vastanneiden BIS-, BAS- ja FFFS-pisteet ovat myös normaalisti jakauneita (BIS-pisteet (Kolmogorov-Smirnov=.056,  $p > .05$ ), FFFS-pisteet (Kolmogorov-Smirnov=.055,  $p > .05$ ), BAS-pisteet (Kolmogorov-Smirnov=.035,  $p > .05$ )). Varsinaiset koehenkilöt edustivat laajaa aluetta BIS-, BAS-, ja FFFS-pisteiden jakaumilta, joskin koehenkilöissä oli enemmän matalia BIS- ja FFFS-pisteitä sekä korkeita BAS-pisteitä saaneita.

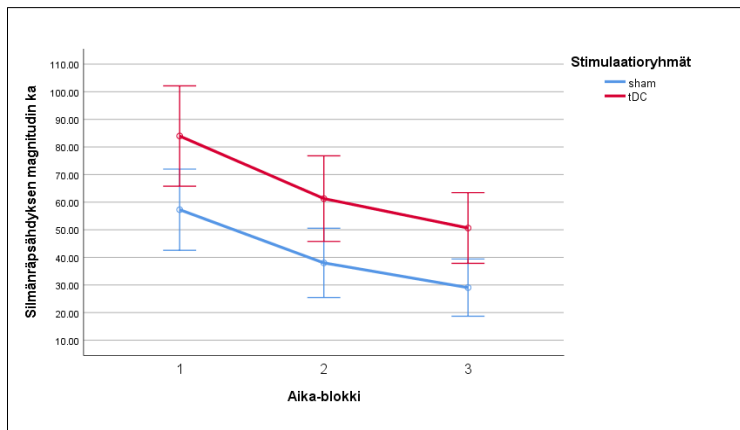
#### 3.2. Tasavirtastimulaatio ja säpsähdyksireaktion habituaatio

Ensimmäinen tutkimuskysymys oli, miten tasavirtastimulaatio vaikuttaa säpsähdyksireaktion habituaatioon, ja onko vaikutus erilainen eri BIS- ja FFFS-ryhmissä. Analyysimenetelmänä käytettiin toistomittausten varianssianalyysiä, jossa luokittelevana muuttujana oli stimulaatioryhmä. Homoskedastisuusoletus ei ollut voimassa ( $p < .05$ ). Myös sfäärisyysoletus ei ollut voimassa ( $p < .05$ ), joten Greenhouse-Geisser -korjattuja vapausasteita käytettiin arvioitaessa merkitsevyytensä. Kolmen eri osan säpsähdyksireaktiot noudattivat kohtalaisesti normaalijakaumaa, vaikka kyseiset jakaumat olivat oikealle vinoja.

Aika-blokki x stimulaatioryhmä -analyysillä ei ollut tilastollisesti merkitsevää yhdysvaikutusta ( $F(1,464;67,336).437$ ,  $p > .05$ ,  $\eta^2 = .009$ ). Toisin sanoen stimulaatio- ja sham-ryhmien habituaation profiilit eivät eronneet toisistaan tilastollisesti merkitsevästi, eli habituaatio eteni kaikilla koehenkilöillä samalla tavalla. Ryhmien välinen vertailu osoitti, että tasavirtastimulaation saaminen tuotti kuitenkin tasoeron niin, että stimulaatiota saaneilla oli säännöllisesti sham-ryhmää voimakkaammat säpsähdyksireaktiot ( $F(1;46) 6,344$ ,  $p = .015$ ,  $\eta^2 = .121$ ). Kuvassa 1 nähdään molempien



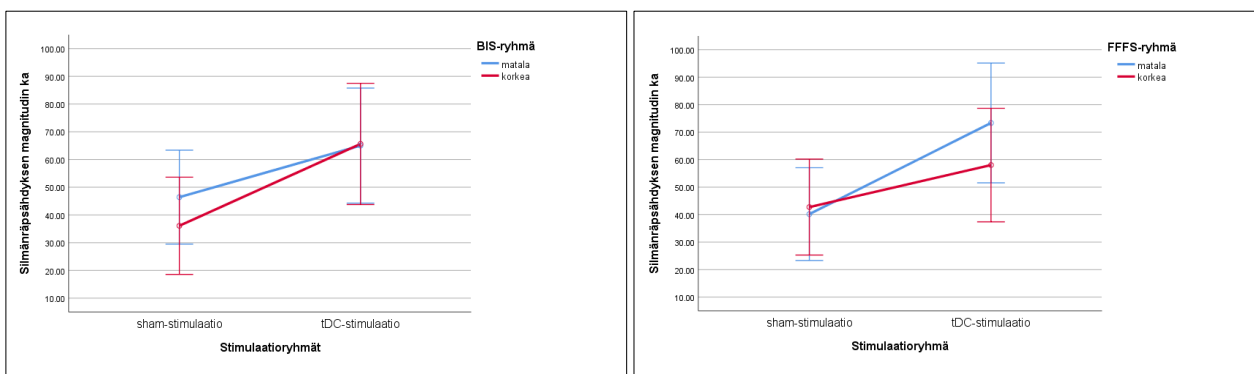
stimulaatioryhmien habituaation profiilit ja tasoero. Tulos oli ennakko-oletuksen vastainen, sillä oletin, että tasavirtastimulaatio nopeuttaisi habituaatiota. Habituaatiota kuitenkin tapahtui koko tutkittavien joukossa tilastollisesti merkitsevästi. Tämä selvisi, kun tarkasteltiin pelkän ajan kulumisen vaikutusta startle-reaktion voimakkuuden muutoksiin ( $F(1,460;68,597) 65,241, p=.000, \eta^2=.581$ ).



KUVA 1. Startle-reaktion habituaatio tasavirtastimulaatio- ja placebo-ryhmissä. Luvut muodostuvat jokaisen aika-blokin silmääräpsähdyksen magnitudin keskiarvosta kummallakin ryhmällä. Habituaation profiili oli molemmissa stimulaatioryhmissä samanlaista, mutta tasavirtastimulaatiota saaneilla oli voimakkaammat reaktiot koko mittauksen ajan. Pystyviiva osoittaa 95% luottamusvälin.

Seuraavaksi tutkittiin, onko säpsähdyksreaktion voimakkuus erilaista vähän tai paljon BIS- ja FFFS-pisteitä saaneiden joukoissa, kun huomioidaan myös stimulaation saaminen. Tätä varten koehenkilöt jaettiin matalien ja korkeiden BIS-pisteiden ryhmiin sekä matalien ja korkeiden FFFS-pisteiden ryhmiin pisteiden mediaaniarvojen kohdilta. Analyysit tehtiin kaksisuuntaisella toistomittaisten varianssianalyysillä niin, että ryhmien väliseksi muuttujaksi laitettiin sekä stimulaatioryhmä että BIS-ryhmä. Sfäärisysoletus ei ollut voimassa ( $p<.05$ ). BIS-ryhmä x stimulaatioryhmä -yhdysvaikutus ei tuottanut tilastollisesti merkitsevää vaihtelua habituaation tasoeroihin ( $F(1;44).322, p>.05, \eta^2=.007$ ). Kuvasta 2 nähdään, että tasavirtastimulaation saaminen toi matalan ja korkean BIS-pisteiden ryhmien reaktiota lähemmäs toisiaan, mutta tämä muutos jäi siis tilastollisesti ei-merkitykselliseksi. BIS-pisteiden omavaikutus katsottiin toistomittausten varianssianalyysillä niin, että ryhmien väliseksi muuttujaksi laitettiin BIS-pisteet. Sfäärisysoletus ei ollut voimassa ( $p<.05$ ). Ryhmien välisten erojen taulukko osoitti, ettei BIS-ryhmillä ollut omaa tilastollisesti merkitsevää vaikutusta, joka erottelisi säpsähdyksreaktioita ( $F(1;46)= 0.398, p>.05, \eta^2=.009$ ). Aika-blokki x BIS-ryhmä osoitti ryhmien sisäisessä vertailussa, etteivät BIS-pisteet tuoneet tilastollisesti merkitsevää eroa habituaation profiiliin ( $F(1.468;67.523).882, p>.05, \eta^2=.019$ ). Pelkoherkkyyden vaikutus habituaatioon laskettiin

samalla tavalla, eli toistomittausten varianssianalyysissä ryhmien väliseksi muuttujaksi määriteltiin stimulaatioryhmä ja FFFS-ryhmä. Sfäärisyysoletus ei ollut voimassa ( $p < .05$ ). FFFS-pisteiden vaikutus oli päinvastainen kuin BIS-pisteiden. Tasavirtastimulaation saaminen näyttää tuottaneen eron säpsähdyksreaktion voimakkuuteen (kuva 2), vaikka tämä tulos jäi tilastollisesti ei-merkittäväksi. FFFS-ryhmä x stimulaatioryhmä -analyysi ei nimittäin tuottanut tilastollisesti merkittävää ja ryhmiä erottelevaa yhdysvaikutusta ( $F(1,44).871$ ;  $p > .05$ ,  $\eta^2 = .019$ ). Lisäksi FFFS-ryhmällä ei ollut omaa vaikutusta habituaation profiiliin ( $F(1.445;66.455).365$ ,  $p > .05$ ,  $\eta^2 = .008$ ) tai tasoeroihin ( $F(1;46).126$ ,  $p > .05$ ,  $\eta^2 = .003$ ). FFFS-ryhmän ollessa ryhmiä erotteleva tekijä sfäärisyysoletus ei ollut voimassa ( $p < .05$ ). BIS-pisteiden osalta tulos oli osittain ennako-oletuksen mukainen, sillä tasavirtastimulaatio muunsi ahdistuspiirteisten koehenkilöiden säpsähdyksreaktiota enemmän kuin ei-ahdistuspiirteisten koehenkilöiden. Toisaalta tulos ei ollut ennako-oletusten mukainen, sillä ahdistuspiirteiset koehenkilöt olivat vähemmän reaktiivisia ilman tasavirtastimulaatiota ja tasavirtastimulaatio lisäsi ahdistuspiirteisten reaktiivisuutta.



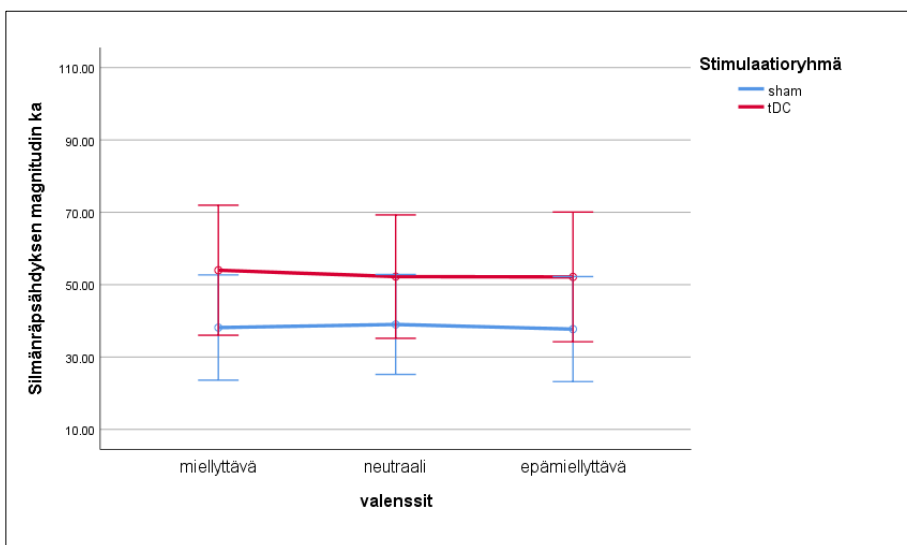
Kuva 2. Säpsähdyksreaktion voimakkuuksien erot BIS- ja FFFS-ryhmien kesken. Silmänräpsähdyksen voimakkuuden keskiarvo tarkoittaa kaikkien aika-blokkien ajalta saatua keskiarvoa. Pystyviiva osoittaa 95% luottamusvälin.

### 3.3. Tasavirtastimulaatio ja emotionoiden vaikuttama säpsähdyksreaktio

Toinen tutkimuskysymys oli, miten tasavirtastimulaatio vaikuttaa säpsähdyksreaktion voimakkuuteen eri emotionaalisissa valensseissa, ja onko vaikutus erilainen BIS- ja FFFS-ryhmissä. Analyysit tehtiin yksi- ja kaksisuuntaisella toistomittausten varianssianalyseillä samoin kuin aiemmin. Boxin testin mukaan ryhmien kovarianssit olivat yhtä suuria ( $p = .069$ ), joten homosgedastisuusoletus oli voimassa. Sen sijaan sfäärisyysoletus ei täyty ( $p < .05$ ), joten tulokset katsotaan Greenhouse-Geisser -korjauksin. Säpsähdyksreaktiot miellyttävien ja neutraalien kuvien aikana olivat likimain normaalisti jakautuneita,

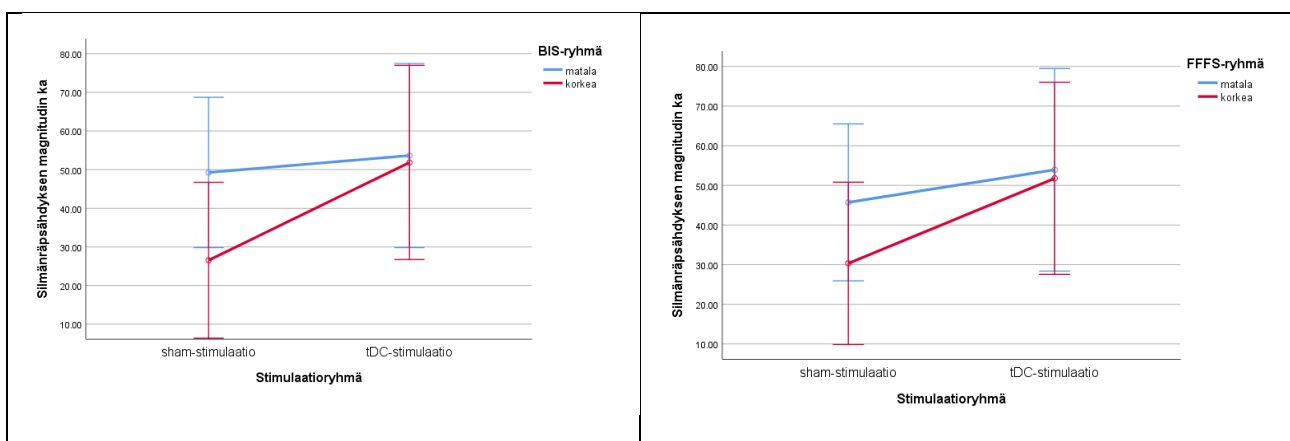
vaikka jakaumat olivat oikealle vinoja. Sen sijaan epämiellyttävien kuvien moduloimat säpsähdyksireaktiot muodostivat oikealle laskevan jakauman.

Kuvasta 3 nähdään, kuinka emotionaaliset valenssit eivät tuottaneet merkitseviä eroja säpsähdyksireaktion voimakkuuksissa ( $F(1.76570; 83.240).215, p>.05, \eta^2=.005$ ). Vaikka erot eri emotionaalisten valenssien kesken ovat kuitenkin pienet, voidaan kuitenkin nähdä, että tasavirtastimulaatiota saaneilla oli voimakkaimmat reaktiot miellyttävien kuvien kohdalla, kun taas sham-stimulaatioryhmällä voimakkaimmat reaktiot olivat neutraalien kuvien kohdalla. Emotionaalinen valenssi x stimulaatioryhmä -yhdysvaikutus jäi tilastollisesti ei-merkitseväksi ( $F(1.765;81.210) .312, p>.05, \eta^2=.007$ ). Valenssien tuottama vaihtelu säpsähdyksireaktioiden voimakkuuteen ei siis ole merkitsevästi erilaista sham- ja tasavirtastimulaatioryhmien välillä. Toisin kuin ensimmäisessä tutkimuskysymyksessä, tällä kertaa tasavirtastimulaatio- ja sham-stimulaatioryhmien välillä ei ollut tasoeroja säpsähdyksireaktion voimakkuudessa ( $F(1;46)1.7, p>.05, \eta^2=.036$ ). Kuvasta 3 nähdään, kuinka tasavirtastimulaatiota saaneilla oli keskiarvoisesti sham-stimulaatiota saaneita voimakkaammat säpsähdyksireaktiot, mutta tämä ero peittyi osittain hajonnan alle. Tulos oli ennako-oletuksen vastainen, sillä tasavirtastimulaation oletettiin tuottavan heikompia startle-reaktioita erityisesti epämiellyttävien kuvien kohdalla. Ylipäätään koehenkilöiden säpsähdyksireaktiot olivat heikkoja epämiellyttävien kuvien kohdalla, mikä poikkeaa aiemmista havainnoista. Tämä voi kertoa koeasetelman ongelmista.



KUVA 3. Startle-reaktioiden voimakkuuden vaihtelu eri emotionaalisissa valensseissa stimulaatioryhmien välillä. Luvut muodostuvat silmänräpsähdyksen magnitudin keskiarvosta jokaisessa valenssissa. Pystyviiva osoittaa 95% luottamusvälin.

Ahdistus- ja pelkoherkkyyden vaikutusta säpsähdyksireaktion voimakkuuteen eri emotionaalisissa valensseissa tutkittiin toistomittausten varianssianalyysillä lisäämällä BIS- ja FFFS-ryhmät vuorotellen ryhmiä erotteleviksi muuttujiksi stimulaation lisäksi. Sfäärisyys-oletus ei ollut voimassa BIS-pisteiden ollessa mallissa ( $p < .05$ ), mutta FFFS-pisteiden mallissa sfäärisyysoletus oli voimassa ( $p = .068$ ). Jälleen korkeiden BIS-pisteiden ryhmällä oli heikompi reaktiivisuus ilman tasavirtastimulaatiota, ja tasavirtastimulaatio muunsi paljon BIS-pisteitä saaneiden säpsähdyksireaktiota samanlaiseksi kuin matalien BIS-pisteiden ryhmällä (kuva 4). Stimulaatioryhmä x BIS-ryhmä -yhdysvaikutus ryhmien välisissä eroissa ei kuitenkaan yltänyt tilastollisesti merkitseväksi ( $F(1;44).896$ ;  $p > .05$ ,  $\eta^2 = .020$ ). Sama ilmiö näkyy myös korkeiden ja matalien FFFS-pisteiden ryhmien välillä (kuva 4) (stimulaatioryhmä x FFFS-ryhmä  $F(1;44).347$ ,  $p > .05$ ,  $\eta^2 = .008$ ). BIS-pisteiden itsenäinen vaikutus säpsähdyksireaktion voimakkuuteen eri emotionaalisissa valensseissa jäi tilastollisesti ei-merkitykselliseksi ( $F(1.770;81.430).003$ ,  $p > .05$ ,  $\eta^2 = .000$ ), eivätkä BIS-pisteiden mukaiset ryhmät tuottaneet tasoeroa säpsähdyksireaktioon ( $F(1;46)1.796$ ,  $p > .05$ ,  $\eta^2 = .038$ ). Tässä sfäärisyysoletus ei ollut voimassa ( $p < .05$ ). Samoin FFFS-ryhmillä ei ollut tilastollisesti merkitsevää omaa vaikutusta säpsähdyksireaktion voimakkuuden vaihteluun ( $F(2;92).579$ ,  $p > .05$ ,  $\eta^2 = .012$ ) eivätkä FFFS-ryhmät tuottaneet tasoeroa säpsähdyksireaktion voimakkuudessa ( $F(1;46).753$ ,  $p > .05$ ,  $\eta^2 = .016$ ) eri emotionaalisissa valensseissa. Tässä sfäärisyysoletus oli voimassa ( $p > .05$ ).



KUVA 4. Säpsähdyksireaktion voimakkuuden vaihtelu BIS- ja FFFS-ryhmien kesken. Silmäräpsähdyksen magnitudin keskiarvo tarkoittaa kaikkien valenssien aikaista yhteisestä keskiarvoa ryhmän kesken. Pystyviiva osoittaa 95% luottamusvälin.

## 4. POHDINTA

### 4.1. Tulosten pohdintaa

Tässä tutkimuksessa selvitettiin, miten vasemmalle prefrontaalikorteksille annettu anodaalinen tasavirtastimulaatio vaikuttaa refleksinä ilmenevään välttämismotivaatioon ja miten behavioraalisen inhibition systeemi sekä taistele-pakene-jähmety -systeemi vaikuttavat tähän yhteyteen. Oletin, että tasavirtastimulaatio heikentää välttämismotivaatiota, mikä näkyy voimakkaampana säpsähdyksirefleksin habituaationa sekä vaimeampana silmänräpsähdyksenä EMS-koeasetelmassa erityisesti negatiivisten kuvien kohdalla. Lisäksi oletin, että tämä vaikutus on voimakkaampaa koehenkilöillä, joilla on voimakkaampi taipumus BI-systeemin sekä FFF-systeemin mukaiseen käyttäytymiseen.

Tutkimuksen päätulokset olivat seuraavat. Ensimmäiseksi tasavirtastimulaatio lisäsi koehenkilöiden reaktiivisuutta. Tämä näkyi voimakkaampina säpsähdyksireaktiona tasavirtastimulaationa saaneilla kaikkien aika-blokkien sekä kaikkien emotionaalisten valenssien aikana. Vastoin alkuoletusta tasavirtastimulaatio ei siis tuottanut pienempiä säpsähdyksireaktioita negatiivisen valenssin tai muidenkaan valenssien aikana. Toiseksi tasavirtastimulaation saaminen ei vaikuttanut säpsähdyksireaktion habituaatioon, vaan habituaatiota tapahtui tasavirtastimulaatio- ja kontrolliryhmässä samalla tavalla. Yhteenvetona näistä tuloksista voidaan todeta, ettei tasavirtastimulaatio vaikuttanut välttämismotivaatioon EMS-tutkimusasetelmalla mitattuna. Kolmanneksi koehenkilöiden ahdistus- tai pelkovirittyneisyys eivät vaikuttaneet tasavirtastimulaation ja säpsähdyksireaktion väliseen yhteyteen.

#### 4.1.1. Säpsähdyksirefleksin muutokset

Se, että tasavirtastimulaatiota saaneilla oli voimakkaammat säpsähdyksireaktiot, voi selittyä top-down -kontrollin tehostumisena dorsolateraalisen prefrontaalikorteksin stimuloinnin myötä. Prefrontaalikorteksi vastaa toiminnanohjauksesta ja tarkkaavuuden kontrollista (Kane & Engle, 2002). Koehenkilöitä pyydettiin katsomaan kuvia näyttöpäätteeltä, joten tasavirtastimulaatiota

saaneet mahdollisesti tekivät tämän intensiivisemmin kuin kontrolliryhmä. Tämä ajatus on osin yhteneväinen sen alkuoletuksen kanssa, että tDC-stimulaatio vaikuttaisi havaintotoimintoihin. Toisaalta alkuoletuksen loppuosaa, että tDC-stimulaatio vähentäisi välttämismotivaatiota havaintotoimintoihin vaikuttamisen kautta, tämä ajatus ei tue.

Tasavirtastimulaatiota saaneilla oli voimakkaammat säpsähdysreaktiot läpi koko mittauksen. Tämä voi selittyä Wackerin, Chavanonin, Leuen ja Stemmlerin (2008) kuvaamalla käyttäytymisen aktivaatio-käyttäytymisen inhibition -mallilla. Heidän mukaan vasemman prefrontaalikorteksin aktivaatio liittyy toiminnan lisääntymiseen motivaation suunnasta riippumatta. Toisin sanoen koehenkilöt olivat valmiimpia reagoimaan vasemman dlPFC:n stimuloinnin myötä. Kuitenkaan tasavirtastimulaatiota saaneiden korkeammat säpsähdysreaktiot eivät yksinään tue käyttäytymisen aktivaatio-käyttäytymisen inhibition -mallia motivaation neutraalista perustaa selittävänä mallina, sillä EMS-koasetelmana ei mittaa lähestymismotivaatiota. Säpsähdysreaktio myös positiivisen valenssin aikana kertoo ennen kaikkea välttämismotivaatiosta. Tämän tutkimuksen perusteella ei siis pysty sanomaan, lisääkö vasemman dlPFC:n stimulointi toiminnan määrää lähestymismotivaation tilassa. Kuitenkin tässä tutkimuksessa ilmi tullut tasavirtastimulaation voimistama refleksi tukee enemmän käyttäytymisen aktivaatio-käyttäytymisen inhibition -mallia kuin asymmetrisen inhibition mallia.

Kohonnut reaktiivisuus ei myöskään osoita, että tasavirtastimulaatio olisi lisännyt koehenkilöiden välttämismotivaatiota. Kohonnut reaktiivisuus välttämismotivaatiosta ei ole suoraan sama asia kuin voimistunut välttämismotivaatio. Jos tasavirtastimulaatio olisi voimistanut välttämismotivaatiota, olisi se näkynyt stimulaatiota saaneiden habituaation hidastumisessa ja voimistuneessa välttämismotivaatiosta negatiivisen valenssin aikana suhteessa neutraaliin ja positiiviseen valenssiin.

Tasavirtastimulaatiota saaneiden korkeammat reaktiot ovat mielenkiintoinen havainto, mutta on oleellista kiinnittää huomiota tämän tutkimuksen toiseen havaintoon: vasemman dlPFC:n aktivaatio ei vaimenna välttämismotivaatiota automaattista reagoimista vaativissa tilanteissa. Tasavirtastimulaatio ei siis näillä parametreilla vaikuta niihin emotionaalisen prosesseihin tai tietoisuuden tarkkaavuuden piireihin, jotka vaikuttavat säpsähdysreaktioon ja motivaation suuntaan. Tämä ei tue asymmetrisen inhibition mallia motivaation suuntaa selittävänä teoriana. Aiemmillä aivotoimintaa manipuloivilla tutkimuksilla ollaan saatu asymmetrisen inhibition mallia tukevia ja horjuttavia tuloksia. Kelley, Hortensius, Schutter ja Harmon-Jones (2017) mukaan useassa tutkimuksessa on havaittu vasemman prefrontaalikorteksin anodaalisen stimuloinnin lisänneen tahdonalaista lähestymiskäyttäytymistä kuten lisääntynyttä aggressiivista toimintaa. Vasemman dlPFC:n stimulointi myös lisäsi koehenkilöiden ponnisteluja tehtävissä (Ohmann, Kuper & Wacker, 2018). Lisäksi Kelley ym,

(2017) mukaan oikean puolen prefrontaalikorteksin anodaalinen stimulaatio oli yhteydessä voimistuneeseen välttämisorientoituneeseen käyttäytymiseen kuten ruminaatioon, tehostuneeseen pelkomuistojen oppimiseen ja vähentyneeseen ruuanhimoon. Lisäksi oikean hemisfäärin aktiivisuuden lisääminen vaimensi lähestymismotivoitunutta päätöksentekoa (Chrysikou ym., 2017; Fecteau ym., 2007). Toisaalta tasavirtastimulaation suorasta vaikutuksesta motivaation voimakkuuteen on myös päinvastaista näyttöä (Ohmann ym, 2018). Asymmetrisen inhibition malli saa kuitenkin tukea näiltä osin. Välttämismotivaation vähenemisestä vasemman prefrontaalikorteksin aktivoinnin myötä on vähemmän näyttöä. Kelley ja Schmeichel (2016) eivät tutkimuksessaan löytäneet yhteyttä vasemman prefrontaalikorteksin aktivoinnin ja välttämis-orientoituneen käyttäytymisen välille. Ylipäätään Kelley ym. (2017) mukaan asymmetrisen inhibition malli on saanut tukea kolmen elementin osalta: oikean hemisfäärin aktivointi lisää välttämismotivaatiota, oikean hemisfäärin aktiivisuuden vähentäminen vähentää lähestymismotivaatiota ja vasemman hemisfäärin aktivointi lisää lähestymismotivaatiota. Kuitenkin mallin neljännen elementin, välttämismotivaation väheneminen vasemman hemisfäärin aktivaation myötä, ei heidän mukaan saa tukea tutkimuksista. Aiemmat vasemman prefrontaalikorteksin stimuloinnin ja välttämismotivaation yhteyksiä tutkineet tutkimukset ovat keskittyneet tahdonalaisesti säädeltyyn välttämismotivaatioon kuten päätöksentekoon. Tämä tutkimus liittyy aiempien tutkimusten joukkoon, jotka eivät ole pystyneet todistamaan asymmetrisen inhibition mallin neljättä osaa. Tämä tutkimus täydentää mallin puutetta osoittamalla, että vasemman dlPFC:n stimulointi ei vähennä myöskään nopeaa ja automaattiseen prosessointiin liittyvää välttämismotivaatiota. Kuten aiemmin pohdin, tDCS ylittää vaikuttamaan havaintotoimintoihin liittyviin korteksin alueisiin mutta ei välttämättä yletä refleksejä säätelevään amygdalaan ja sen piireihin. Hypoteesien mukaan tDCS olisi voinut vaikuttaa välttämismotivaatioon vähentämällä koehenkilöiden tarkkaavuuden suuntaamista negatiivisiin ärsykkeisiin. Näin ei käynyt, sillä välittävä mekanismi, vinoutunut havaitseminen, on ilmeisesti sama sekä tahdonalaisessa että refleksinä näkyvässä välttämiskäyttäytymisessä, ja vasemman prefrontaalikorteksin stimulointi ei vaimenna tätä mekanismia.

Tasavirtastimulaatioon ja EMS-asetelmaan liittyy myös epävarmuutta, joka selittyy niiden teknisillä ominaisuuksilla. Tasavirtastimulaation vaikutukset muuttuvat stimulaation protokollan ja koehenkilöiden mukaan. Kun tasavirtastimulaation vaikutuksia on mitattu behavioraalisella tasolla, on stimulaatioparametrien (stimulaation sähkövirran, tiheyden ja varaustiheyden) vaikutuksista saatu ristiriitaisia tuloksia. Toisaalta on havaittu 2 mA stimulaation parantavan työmuistin toimintaa 1mA stimulaatiota enemmän (Boggio ym, 2006) ja vaikutuksen kestävän pidempään (Hoy, Arnold, Emonson, Daskalakis & Fitzgerald, 2014) kliinisessä aineistossa. Päinvastoin terveillä koehenkilöillä

testattuna 1 mA stimulaatio lisäsi työmuistin tarkkuutta ja reaktioaikaa 2 mA stimulaatiota enemmän (Hoy, Emonson, Arnold, Thomson & Daskalakis, 2013). Emotionaalisesti säädellyn säpsähdysreaktion ilmenemiseen puolestaan vaikuttavat masennuksen ja ahdistuksen ominaispiirteet. Masentuneilla valenssien vaihtelu aiheutti samanlaisia muutoksia säpsähdysreaktion voimakkuudessa kuin terveillä verrokeilla. Kuitenkin masennuspotilailla, joiden masennuksessa korostui voimakas masentuneisuus tai anhedonia, eri valenssien vaikutus säpsähdysreaktioon oli latistunutta. Toisaalta masennuspotilaat, joilla ahdistuneisuus oli korostunutta, reagoivat voimakkaammin säpsähdysärsykkeeseen, vaikka valenssien vaikutus oli samanlaista kuin muilla. (Kaviani ym, 2004.) Kliinisesti todetun ahdistuksen yhteydestä emootioiden muokkaamaan säpsähdysreaktioon ei löytynyt tutkimuksia. Kuitenkin ahdistusoireilun yhteydestä säpsähdysreaktioon on havaittu edellä mainitun kaltainen yhteys, eli affektiiviset kuvat ylipäättään voimistivat ahdistusoireisten reaktiivisuutta (Larson, Nitschke & Davidson, 2007). Mielialaoireilun ja säpsähdysreaktion yhteydet eivät kuitenkaan ole selvät. Kaikissa tutkimuksissa ei ole saatu esiin säpsähdysreaktion eroja ahdistuneiden ja terveiden koehenkilöiden välille (esim. Taylor-Clift, Morris, Rottenberg & Kovacs, 2011). Vaikka tässä tutkimuksessa käytettiin ahdistuksen hoidossa yleisesti käytettyä protokollaa, voisi välttämismotivaation vähenemisen saada näkyviin eri parametreilla ja mittatavalla.

Miksi sitten tasavirtastimulaatio pystyy hoitamaan ahdistusta, jos se ei vähennä välttämismotivaatiota? Yllä kävin läpi teknisiä selityksiä, miksi välttämismotivaation väheneminen ei välttämättä näytä tässä tutkimuksessa. Niiden lisäksi voi olla, että tasavirtastimulaation terapeuttinen mekanismi ei liity välttämismotivaation vähenemiseen. Ensinnäkin tasavirtastimulaation vaikutuksia välittävä tekijä voi olla jokin muu kuin herkkyys uhkaaville ärsykeille. Esimerkiksi epävarmuuden heikko sietokyky selitti osaltaan ahdistukseen liittyvää välttämiskäyttäytymistä, eikä sen muutokset näkyneet säpsähdysreaktio-kokeissa (Hunt, Cooper, Hartnell & Lissek, 2019). Toiseksi tasavirtastimulaation välittävät vaikutukset eivät välttämättä ole suoria muutoksia tietyssä psykologisessa tekijässä. Tasavirtastimulaatio lisää aivojen plastisiteettia, mikä voi lisätä muiden hoitojen vaikuttavuutta. Esimerkiksi Nitschen ym. tutkimuksessa (2009) anodaalinen tasavirtastimulaatio tehosti LTP:tä ja masennuksen hoitoon käytetyt SSRI-lääkkeet voimistivat ja pidensivät tätä vaikutusta. Tasavirtastimulaatio tuotti hyvän vasteen masennuksen hoidossa varsinkin, kun stimulaatio on yhdistetty masennuslääkitykseen. Masennuksen yksi piirre on aivojen plastisiteetin heikentyminen, ja DC-stimulaation masennusta parantava mekanismiksi voi olla juuri synaptisten yhteyksien vahvistaminen. (Kuo ym., 2014.) Sama voisi päteä ahdistuksen hoidossa.



#### 4.1.2. Pelko- ja ahdistusherkkyyden vaikutus

Koehenkilöiden pelko- ja ahdistusherkkyydet eivät muuttaneet tasavirtastimulaation vaikutusta säpsähdyksireaktion voimakkuuteen eri valensseissa eikä säpsähdyksireaktion habituaatioon. Niillä ei myöskään ollut omaa vaikutusta säpsähdyksireaktion voimakkuuden vaihteluun. Koehenkilöiden BIS- ja FFFS-pisteet toimivat päinvastoin, mitä aluksi oletin, vaikka niiden vaikutus jäikin ei-merkitseväksi. Plasebo-stimulaatiota saaneiden ryhmässä korkeita BIS- ja FFFS-pisteitä saaneilla oli matalien BIS- ja FFFS-pisteiden ryhmiä heikommat säpsähdyksireaktiot. Tasavirtastimulaatio toi korkeita BIS- ja FFFS-pisteitä saaneiden reaktioita lähemmäs matalia BIS- ja FFFS-pisteitä saaneiden reaktiota, mikä tässä tarkoittaa reaktioiden voimistumista. Tasavirtastimulaation teho ei siis näkynyt erityisesti pelko- ja ahdistusherkillä koehenkilöillä. Poikkeuksena oli pelkoherkkien koehenkilöiden säpsähdyksireaktion habituaatio, jota tasavirtastimulaatio näytti nopeuttavan matalien FFFS-pisteiden ryhmään verrattuna. Tämä tulos tosin ei ollut tilastollisesti merkitsevää. Kokonaisuudessaan tasavirtastimulaatio lisäsi kaikkien koehenkilöiden reaktiivisuutta, eikä BIS- ja FFFS-pisteiden määrät vaikuttaneet tähän ilmiöön.

Se, että ahdistus- ja pelkoherkkyydet eivät vaikuttaneet välttämismotivaation ja tasavirtastimulaation väliseen yhteyteen, voi selittyä seuraavalla. Greyn ja MacNaughtonin (2003) mukaan BI-systeemin toiminta liittyy ei-väistettävään potentiaaliseen vaaraan, kun taas FFFS-systeemin toimii silloin, kun potentiaalinen vaara on vielä väistettävissä. Bradley, Codispoti ja Lang (2006) esittivät, että affektiiviset kuvat toimivat kuten kaukainen vaara, sillä kuvien katselija tietää, etteivät kuvat ole akuutti uhka. Tässä vaiheessa katsoja pystyy käyttämään tietoisia prosesseja, kuten jähmettymistä, vaaraan varautuessaan. Kuitenkin pitkään jatkuva epämiellyttävien kuvien katselu ajaisi katselijan defensiiviseen tilaan, mikä aiheuttaisi voimakkaamman reagoinnin. (Katso myös Lang ym, 1997 ja Kozłowska ym, 2015). Bradley ym (2006) ovat saaneet tämän ilmiön näkyviin käyttämällä kaksi kertaa enemmän affektiivisiä kuvia kuin mitä tässä tutkimuksessa näytettiin. Tämä voisi selittää, miksi tasavirtastimulaatio ei aiheuttanut eroja korkeiden ja matalien BIS-pisteiden ryhmien välille; kumpikaan ryhmistä ei ehtinyt ajautua voimakkaaseen defensiiviseen tilaan, jonka myötä mahdolliset erot olisivat tulleet esiin. Toisaalta eroja ei näkynyt FFFS-ryhmien välillä, vaikka näiden erojen olisi pitänyt näkyä jo tutkimuksen alkuvaiheessa. Isommalla otannalla olisi voitu saada tilastollisesti merkitsevä ero pelkoherkkien koehenkilöiden vaimeammassa reaktioissa verrattuna ei-pelkoherkkiin koehenkilöihin, mikä sopisi yhteen Bradley ym. (2006) pohdinnan kanssa.

Tässä tutkimuksessa BIS- ja FFFS-herkkyysien ajateltiin toimivan välillisesti tasavirtastimulaation ja välttämismotivaation välillä. Tasavirtastimulaatio vähentää ahdistusta (Stein ym, 2020) ja ahdistus liittyy BIS- ja FFFS-piirteisiin (Kramer & Rodriguez, 2016). FFFS-herkkyudet myös linkittyvät aivojen vasemman puolen vähäiseen aktivaatioon välttämismotivaation tavoin (De Pascalis ym, 2018). Aivojen sähköisen toiminnan manipulaation teho olisi voinut näkyä juuri tässä porukassa, joilla on yleistä taipumusta välttämiskäyttäytymiseen. Ahdistuneisuuden lisäksi ihmisten pelko- ja ahdistusherkyys ovat yhteydessä laajaan joukkoon psykologisia ongelmia, joihin voimistunut välttämismotivaatio mahdollisesti liittyy. Voimakas FFFS-taipumus, eli herkkyys välttää potentiaalista vaaraa, yhdistettynä matalaan BAS-taipumukseen on yhteydessä yksinäisyyden kokemukseen (Clark, Loxton, & Tobin, 2015) ja yksinään FFF-systeemin voimakkuus on yhteydessä postraumaattiseen stressireaktion oireiden voimakkuuteen tunteiden säätelyhäiriön kautta (Hannan & Orcutt, 2013). Voimakas BIS-taipumus on puolestaan yhteydessä haavoittuaiseen narsismiin (Spencer, Foster, & Bedwell, 2017). Persoonaan liittyvä ahdistus- ja pelkoherkyys voi osaltaan selittää psykologisiin ongelmiin liittyvää välttämiskäyttäytymistä, ja tasavirtastimulaation teho juuri tässä porukassa olisi viitannut siihen, että tämä oire on hoidettavissa varsinaisesta häiriöstä riippumatta. Näin ei kuitenkaan käynyt. Ilmeisesti ahdistus- ja pelkoherkyys eivät välitä välttämismotivaation ja psykiatristen häiriöiden välisiä yhteyksiä tarpeeksi, jotta niiden merkittävyys olisi noussut esiin.

#### **4.2. Kliinisen ja teoreettisen sovellutukset**

Tämä tutkimuksen perusteella potilailaat, joiden masennuksessa ja ahdistuksessa korostuu voimistunut välttämismotivaatio, eivät erityisesti hyödy tasavirtastimulaatiosta. Tasavirtastimulaation kohdentamisessa ja hyötyjen pohtimisessa ei siis kannata kiinnittää erityistä huomiota välttämiskäyttäytymiseen. Lisäksi tasavirtastimulaatiota ei kannata kohdentaa erityisesti potilaille heidän ahdistus- ja pelkoherkyyden perusteella. Tulevissa tutkimuksissa EMS-koeasetelmassa käytettyjen affektiivisten kuvien laatu- ja määrävaatimukset riippuvat tutkittavasta ilmiöstä ja affektiivisia kuvia tulisi valita koeasetelmia varten erityisellä huolellisuudella.

### 4.3. Jatkotutkimusaiheet

Tasavirtastimulaation potentiaalisten hyötyjien selvittämistä kannattaa kuitenkin jatkaa, sillä tasavirtastimulaation käytännön vaikutuksista ja välittävistä mekanismeista tiedetään vasta vähän. Jatkotutkimuksissa kannattaisi johtaa hypoteeseja pikemminkin masennuksen kuin ahdistuksen hoidon kautta. DC-stimulaatio on suhteellisen tehokas masennusoireiden hoidossa (Kuo, ym., 2014) ja masentuneilla säpsähdysreaktiot ovat latistuneet EMS-asetelmassa (Kaviani ym., 2004). Näiden tulosten perusteella voi johtaa kysymyksen, liittyykö tasavirtastimulaation masennusoireita lievittävä vaikutus reaktiivisuuden lisääntymiseen. Masennuslääkkeillä on saatu tehostettua masentuneiden koehenkilöiden säpsähdysreaktioita (Liechti, Geyer, Hell & Vollenweider, 2001) ja tuotua esiin valenssien mukaiset muutokset masennuksen latistamiin säpsähdysreaktioihin (Sen, ym. 2019) EMS-koeasetelmalla. Jos halutaan selvittää, liittyykö tDCS:n välittävät mekanismit emotionaaliseen prosessointiin, EMS on toimiva työkalu. Voisi myös selvittää, liittyykö tDCS:n vaikutuksia välittävät prosessit muihin EMS:ään vaikuttaviin komponentteihin kuten prepulse-inhibitioon ja tarkkaavuuteen valenssien ja motivaation suunnan vaikutusten sijaan. (Bradley ym., 2006). Tasavirtastimulaation vaikutusten tutkimuksissa kannattaa ottaa mukaan yhtäaikainen lääke- tai terapiahoito, sillä tasavirtastimulaation käytännön hyöty voi näkyä näiden hoitojen vaikutusten tehostumisessa.

### 4.4. Tutkimuksen rajoitteet

Tämän tutkimuksen luotettavuutta heikentävät affektiivisten kuvien tuottamat tasaiset profiilit säpsähdysreaktiossa, koehenkilöiden sukupuolten epätasainen jakautuminen koe- ja kontrolliryhmän kesken sekä aineiston ei-parametrisuus. Affektiiviset kuvat eivät siis tuottaneet eroja säpsähdysreaktion voimakkuudessa kontrolli- tai tDCS-ryhmissä, mikä on toisin kuin EMS-koeasetelmassa tulisi käydä. Negatiivisten kuvien aikana säpsähdysreaktion olisi pitänyt olla selvästi voimakkaampi muihin kuvatyyppeihin verrattuna. Se, ettei niin käynyt, kertoo tutkimusasetelman epäonnistumisesta tältä osin. Vaikka EMS on paljon käytetty menetelmä emootioiden tutkimuksessa, on affektiivisilla kuvilla, erityisesti positiivisilla kuvilla, heikot psykometriset ominaisuudet. Positiivisten ja negatiivisten kuvien matala sisäisen yhteneväisyys voi näkyä kuvien tuottamien reaktioiden voimakkuuden vaihtelussa koehenkilöiden välillä (Kaye, Bradford & Curtin, 2016). Tämä

satunnaisvaihtelun vaikutus voi olla merkittävä tulosten luotettavuutta heikentävä tekijän varsinkin tässä tutkimuksessa, sillä otos jäi suhteellisen pieneksi ja eri kuvatyyppejä näytettiin vain 12.

Toinen tekijä, joka rajoittaa tutkimuksen luotettavuutta, on koehenkilöiden homogeenisyys. Suurin osa koehenkilöistä oli opiskelijoita, etupäässä psykologian opiskelijoita. Lisäksi tutkittavista iso osa oli naisia ja keski-ikä jäi alhaiseksi. Tämä voi vaikuttaa tutkimuksen tuloksiin, sillä reaktiot affektiivisiin kuviin vaihtelevat iän ja sukupuolen mukaan (Aluja, Rossier, Blanch, Blanco, Martí-Guiu, & Balada, 2015; Pôrto, Bertolucci & Bueno, 2011). Lisäksi voi pohtia, miten sosiaalinen media ja sen tuoma visuaalisuus vaikuttavat ihmisten tapaan tulkita kuvia miellyttäväksi tai neutraaleiksi. IAPL:n kuvat ovat vanhoja, ja ihmiset ovat mahdollisesti tottuneet erityyppiseen visuaalisuuteen sosiaalisen median aikakaudella. Tästä ei kuitenkaan löytynyt tutkimuksia.

Kolmas tutkimuksen luotettavuutta heikentävä asia on aineiston ei-parametrisyys. Parametriset testit eivät pysty tuottamaan ei-parametrisella aineistolla yhtä luotettavia merkitseviä tuloksia kuin parametrisella aineistolla.

#### **4.5. Yhteenveto**

Vasemman dorsolateraalisen prefrontaalikorteksin stimuloinnin seurauksena koehenkilöt olivat reaktiivisempia säpsähdysreaktion kanssa. Voimistunut reagointi voi johtua tDC-stimulaation tuottamasta lisääntyneestä ponnistelusta koetilanteessa tai vasemman prefrontaalikorteksin aktivaation yhteydestä lisääntyneeseen toimintavalmiuteen. Tasavirtastimulaatio ei siis vähentänyt välttämismotivaatiota, mutta tulosten perusteella ei voi myöskään sanoa, että tasavirtastimulaatio olisi lisännyt välttämismotivaatiota. Tasavirtastimulaation ahdistusta lievittävä vaikutus ei siis perustu siihen, että se vähentäisi itsenäisesti ihmisten tarkkaavuutta negatiivisille ärsykeille ja näin vähentäisi välttämismorientoitunutta käyttäytymistä.

## LÄHTEET

Aluja, A., Blanch, A., Blanco, E., & Balada, F. (2015). Affective modulation of the startle reflex and the reinforcement sensitivity theory of personality: The role of sensitivity to reward. *Physiology & Behavior, 138*, 332-339.

Aluja, A., Rossier, J., Blanch, Á., Blanco, E., Martí-Guiu, M., & Balada, F. (2015). Personality effects and sex differences on the International Affective Picture System (IAPS): A Spanish and Swiss study. *Personality and Individual Differences, 77*, 143-148.

Baskin-Sommers, A. R., Curtin, J. J., & Newman, J. P. (2013). Emotion-modulated startle in psychopathy: Clarifying familiar effects. *Journal of abnormal psychology, 122*(2), 458.

Blumenthal, T. D., Cuthbert, B. N., Filion, D. L., Hackley, S., Lipp, O. V., & Van Boxtel, A. (2005). Committee report: Guidelines for human startle eyeblink electromyographic studies. *Psychophysiology, 42*(1), 1-15.

Boggio, P. S., Ferrucci, R., Rigonatti, S. P., Covre, P., Nitsche, M., Pascual-Leone, A., & Fregni, F. (2006). Effects of transcranial direct current stimulation on working memory in patients with Parkinson's disease. *Journal of the neurological sciences, 249*(1), 31-38. <- Täällä hyviä viitteitä kaksoissokkoasetelmalle

Bradley, M. M., Lang, P. J., & Cuthbert, B. N. (1993). Emotion, novelty, and the startle reflex: habituation in humans. *Behavioral neuroscience, 107*(6), 970.

Bradley, M. M., Codispoti, M., & Lang, P. J. (2006). A multi-process account of startle modulation during affective perception. *Psychophysiology, 43*(5), 486-497.

Chrysiou, E. G., Gorey, C., & Aupperle, R. L. (2017). Anodal transcranial direct current stimulation over right dorsolateral prefrontal cortex alters decision making during approach-avoidance conflict. *Social cognitive and affective neuroscience, 12*(3), 468-475.

Corr, P. J., & Cooper, A. J. (2016). The Reinforcement Sensitivity Theory of Personality Questionnaire (RST-PQ): Development and validation. *Psychological assessment, 28*(11), 1427.

- Cuthbert, B. N., Schupp, H. T., Bradley, M. M., Birbaumer, N., & Lang, P. J. (2000). Brain potentials in affective picture processing: covariation with autonomic arousal and affective report. *Biological psychology*, 52(2), 95-111.
- DaSilva, A. F., Volz, M. S., Bikson, M., & Fregni, F. (2011). Electrode positioning and montage in transcranial direct current stimulation. *JoVE (Journal of Visualized Experiments)*, (51), e2744.
- Davis, M., Falls, W. A., Campeau, S., & Kim, M. (1993). Fear-potentiated startle: a neural and pharmacological analysis. *Behavioural brain research*, 58(1-2), 175-198.
- De Pascalis, V., Sommer, K., & Scacchia, P. (2018). Resting frontal asymmetry and reward sensitivity theory motivational traits. *Scientific reports*, 8(1), 1-9.
- Dedoncker, J., Brunoni, A. R., Baeken, C., & Vanderhasselt, M. A. (2016). A systematic review and meta-analysis of the effects of transcranial direct current stimulation (tDCS) over the dorsolateral prefrontal cortex in healthy and neuropsychiatric samples: influence of stimulation parameters. *Brain stimulation*, 9(4), 501-517.
- Erdle, S., & Rushton, J. P. (2010). The general factor of personality, BIS–BAS, expectancies of reward and punishment, self-esteem, and positive and negative affect. *Personality and Individual Differences*, 48(6), 762-766.
- Elliot, A. J., & Covington, M. V. (2001). Approach and avoidance motivation. *Educational Psychology Review*, 13(2), 73-92.
- Clark, D. M. T., Loxton, N. J., & Tobin, S. J. (2015). Multiple mediators of reward and punishment sensitivity on loneliness. *Personality and Individual Differences*, 72, 101-106.
- Fecteau, S., Knoch, D., Fregni, F., Sultani, N., Boggio, P., & Pascual-Leone, A. (2007). Diminishing risk-taking behavior by modulating activity in the prefrontal cortex: a direct current stimulation study. *Journal of Neuroscience*, 27(46), 12500-12505.

Gray, J., & McNaughton, N. (2003-06-05). *The Neuropsychology of Anxiety: An enquiry into the function of the septo-hippocampal system.* : Oxford University Press. Retrieved 18 Nov. 2019, from <https://www.oxfordscholarship.com/view/10.1093/acprof:oso/9780198522713.001.0001/acprof-9780198522713>.

Grimshaw, G. M., & Carmel, D. (2014). An asymmetric inhibition model of hemispheric differences in emotional processing. *Frontiers in Psychology, 5*, 489.

Hannan, S. M., & Orcutt, H. K. (2013). Emotion dysregulation as a partial mediator between reinforcement sensitivity and posttraumatic stress symptoms. *Personality and Individual Differences, 55*(5), 574-578.

Harmon-Jones, E., & Gable, P. A. (2018). On the role of asymmetric frontal cortical activity in approach and withdrawal motivation: An updated review of the evidence. *Psychophysiology, 55*(1), e12879.

Heeren, A., Billieux, J., Philippot, P., De Raedt, R., Baeken, C., de Timary, P., ... & Vanderhasselt, M. A. (2017). Impact of transcranial direct current stimulation on attentional bias for threat: a proof-of-concept study among individuals with social anxiety disorder. *Social cognitive and affective neuroscience, 12*(2), 251-260.

Hoy, K. E., Emonson, M. R., Arnold, S. L., Thomson, R. H., Daskalakis, Z. J., & Fitzgerald, P. B. (2013). Testing the limits: investigating the effect of tDCS dose on working memory enhancement in healthy controls. *Neuropsychologia, 51*(9), 1777-1784.

Hoy, K. E., Arnold, S. L., Emonson, M. R., Daskalakis, Z. J., & Fitzgerald, P. B. (2014). An investigation into the effects of tDCS dose on cognitive performance over time in patients with schizophrenia. *Schizophrenia research, 155*(1-3), 96-100.

Hunt, C., Cooper, S. E., Hartnell, M. P., & Lissek, S. (2019). Anxiety sensitivity and intolerance of uncertainty facilitate associations between generalized Pavlovian fear and maladaptive avoidance decisions. *Journal of abnormal psychology, 128*(4), 315.

Ironside, M., O'Shea, J., Cowen, P. J., & Harmer, C. J. (2016). Frontal cortex stimulation reduces vigilance to threat: implications for the treatment of depression and anxiety. *Biological psychiatry*, 79(10), 823-830.

Kane, M. J., & Engle, R. W. (2002). The role of prefrontal cortex in working-memory capacity, executive attention, and general fluid intelligence: An individual-differences perspective. *Psychonomic bulletin & review*, 9(4), 637-671.

Kaye, J. T., Bradford, D. E., & Curtin, J. J. (2016). Psychometric properties of startle and corrugator response in NPU, affective picture viewing, and resting state tasks. *Psychophysiology*, 53(8), 1241-1255.

Kaviani, H., Gray, J. A., Checkley, S. A., Raven, P. W., Wilson, G. D., & Kumari, V. (2004). Affective modulation of the startle response in depression: influence of the severity of depression, anhedonia, and anxiety. *Journal of affective disorders*, 83(1), 21-31.

Kelley, N. J., & Schmeichel, B. J. (2016). Noninvasive stimulation over the dorsolateral prefrontal cortex facilitates the inhibition of motivated responding. *Journal of Experimental Psychology: General*, 145(12), 1702.

Kelley, N. J., Hortensius, R., Schutter, D. J., & Harmon-Jones, E. (2017). The relationship of approach/avoidance motivation and asymmetric frontal cortical activity: A review of studies manipulating frontal asymmetry. *International Journal of Psychophysiology*, 119, 19-30.

Kozłowska, K., Walker, P., McLean, L., & Carrive, P. (2015). Fear and the defense cascade: clinical implications and management. *Harvard review of psychiatry*, 23(4), 263.

Kramer, S. L., & Rodriguez, B. F. (2016). A comparison of reinforcement sensitivity theory measures: unique associations with social interaction anxiety and social observation anxiety. *Assessment*, 25(5), 627-639.

Kuo, M. F., Paulus, W., & Nitsche, M. A. (2014). Therapeutic effects of non-invasive brain stimulation with direct currents (tDCS) in neuropsychiatric diseases. *Neuroimage*, 85, 948-960



- Lang, P. J., Bradley, M. M., & Cuthbert, B. N. (1990). Emotion, attention, and the startle reflex. *Psychological review*, 97(3), 377.
- Lang, P. J., Bradley, M. M., & Cuthbert, B. N. (1997). Motivated attention: Affect, activation, and action. *Attention and orienting: Sensory and motivational processes*, 97, 135.
- Larson, C. L., Nitschke, J. B., & Davidson, R. J. (2007). Common and distinct patterns of affective response in dimensions of anxiety and depression. *Emotion*, 7(1), 182.
- Liebetanz, D., Nitsche, M. A., Tergau, F., & Paulus, W. (2002). Pharmacological approach to the mechanisms of transcranial DC-stimulation-induced after-effects of human motor cortex excitability. *Brain*, 125(10), 2238-2247.
- Liechti, M. E., Geyer, M. A., Hell, D., & Vollenweider, F. X. (2001). Effects of MDMA (ecstasy) on prepulse inhibition and habituation of startle in humans after pretreatment with citalopram, haloperidol, or ketanserin. *Neuropsychopharmacology*, 24(3), 240-252.
- Miller, J., Berger, B., & Sauseng, P. (2015). Anodal transcranial direct current stimulation (tDCS) increases frontal–midline theta activity in the human EEG: a preliminary investigation of non-invasive stimulation. *Neuroscience Letters*, 588, 114-119.
- Neuner, I., Stöcker, T., Kellermann, T., Ermer, V., Wegener, H. P., Eickhoff, S. B., ... & Shah, N. J. (2010). Electrophysiology meets fMRI: Neural correlates of the startle reflex assessed by simultaneous EMG–fMRI data acquisition. *Human brain mapping*, 31(11), 1675-1685.
- Nitsche, M. A., & Paulus, W. (2000). Excitability changes induced in the human motor cortex by weak transcranial direct current stimulation. *The Journal of physiology*, 527(3), 633-639.
- Nitsche, M. A., Fricke, K., Henschke, U., Schlitterlau, A., Liebetanz, D., Lang, N., ... & Paulus, W. (2003a). Pharmacological modulation of cortical excitability shifts induced by transcranial direct current stimulation in humans. *The Journal of physiology*, 553(1), 293-301.

Nitsche, M. A., Nitsche, M. S., Klein, C. C., Tergau, F., Rothwell, J. C., & Paulus, W. (2003b). Level of action of cathodal DC polarisation induced inhibition of the human motor cortex. *Clinical Neurophysiology*, *114*(4), 600-604.

Nitsche, M. A., Doemkes, S., Karakose, T., Antal, A., Liebetanz, D., Lang, N., ... & Paulus, W. (2007). Shaping the effects of transcranial direct current stimulation of the human motor cortex. *Journal of neurophysiology*, *97*(4), 3109-3117.

Nitsche, M. A., Cohen, L. G., Wassermann, E. M., Priori, A., Lang, N., Antal, A., ... & Pascual-Leone, A. (2008). Transcranial direct current stimulation: state of the art 2008. *Brain stimulation*, *1*(3), 206-223.

Nitsche, M. A., Kuo, M. F., Karrasch, R., Wächter, B., Liebetanz, D., & Paulus, W. (2009). Serotonin affects transcranial direct current–induced neuroplasticity in humans. *Biological psychiatry*, *66*(5), 503-508.

O'Hare, A. J., Atchley, R. A., & Young, K. M. (2017). Valence and arousal influence the late positive potential during central and lateralized presentation of images. *Laterality: Asymmetries of Body, Brain and Cognition*, *22*(5), 541-559.

Ohmann, H. A., Kuper, N., & Wacker, J. (2018). Left frontal anodal tDCS increases approach motivation depending on reward attributes. *Neuropsychologia*, *119*, 417-423.

Pôrto, W. G., Bertolucci, P. H. F., & Bueno, O. F. A. (2011). The paradox of age: an analysis of responses by aging Brazilians to International Affective Picture System (IAPS). *Brazilian Journal of Psychiatry*, *33*(1), 10-15.

Racine, S. E., Forbush, K. T., Wildes, J. E., Hagan, K. E., Pollack, L. O., & May, C. (2016). Voluntary emotion regulation in anorexia nervosa: A preliminary emotion-modulated startle investigation. *Journal of psychiatric research*, *77*, 1-7.

- Ran, G., Zhang, Q., & Huang, H. (2018). Behavioral inhibition system and self-esteem as mediators between shyness and social anxiety. *Psychiatry research*, 270, 568-573.
- Sen, Z. D., Temucin, C. M., Başar, K., Ulug, B. D., Gökçen, O., & Özer, S. (2019). Alteration of the affective modulation of the startle reflex during antidepressant treatment. *Psychophysiology*, 56(2), e13286.
- Sabatinelli, D., Lang, P. J., Keil, A., & Bradley, M. M. (2007). Emotional perception: correlation of functional MRI and event-related potentials. *Cerebral cortex*, 17(5), 1085-1091.
- Schutter, D. J., & Harmon-Jones, E. (2013). The corpus callosum: a commissural road to anger and aggression. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 37(10), 2481-2488.
- Soutschek, A., Kang, P., Ruff, C. C., Hare, T. A., & Tobler, P. N. (2018). Brain stimulation over the frontopolar cortex enhances motivation to exert effort for reward. *Biological psychiatry*, 84(1), 38-45.
- Spencer, C. C., Foster, J. D., & Bedwell, J. S. (2017). Structural relationships among the revised reinforcement sensitivity theory and grandiose and vulnerable narcissism. *Journal of Personality Disorders*, 32(5), 654-667.
- Spielberg, J. M., Heller, W., Siltan, R. L., Stewart, J. L., & Miller, G. A. (2011). Approach and avoidance profiles distinguish dimensions of anxiety and depression. *Cognitive Therapy and Research*, 35(4), 359-371.
- Stein, D. J., Fernandes Medeiros, L., Caumo, W., & Torres, I. L. (2020). Transcranial Direct Current Stimulation in Patients with Anxiety: Current Perspectives. *Neuropsychiatric disease and treatment*, 16, 161–169. <https://doi.org/10.2147/NDT.S195840>
- Taylor-Clift, A., Morris, B. H., Rottenberg, J., & Kovacs, M. (2011). Emotion-modulated startle in anxiety disorders is blunted by co-morbid depressive episodes. *Psychological Medicine*, 41(1), 129-139.

Vennewald, N., Winter, B., Limburg, K., Diemer, J., Notzon, S., Fohrbeck, I., ... & Zwanzger, P. (2016). Emotional processing and rTMS: does inhibitory theta burst stimulation affect the human startle reflex?. *Journal of Neural Transmission*, 123(10), 1121-1131.

Vrana, S. R., Spence, E. L., & Lang, P. J. (1988). The startle probe response: a new measure of emotion?. *Journal of abnormal psychology*, 97(4), 487.

Wacker, J., Chavanon, M. L., Leue, A., & Stemmler, G. (2008). Is running away right? The behavioral activation-behavioral inhibition model of anterior asymmetry. *Emotion*, 8(2), 232.

## LIITTEET

### LIITE 1

#### The Reinforcement Sensitivity Theory Personality Questionnaire (RST-PQ) and Scoring Key - Suomennos

##### Ohje

Alla on lauseita jotka kuvaavat jokapäiväisiä tuntemuksia ja tekemisiä. Ota kantaa kuinka hyvin kukin lause yleensä kuvaa sinua. Ympröi vain yksi vastausvaihtoehto. Älä mieti kysymyksiä turhan pitkään ja hartaasti ja pyri olemaan mahdollisimman rehellinen. Vastauksesi ovat täysin luottamuksellisia.

	Miten hyvin lause kuvaa sinua?	Vastaus			
		Ei yhtään	Vähän	Melko hyvin	Erittäin hyvin
1	Pienetkin vastoinkäymiset saavat minut surulliseksi.	1	2	3	4
2	Epämiellyttävät ajatukset askarruttavat minua usein.	1	2	3	4
3	Saan toisinaan mielihyvää pienistäkin asioista.	1	2	3	4
4	<b>Olen erityisen mielissäni palkkioista.</b>	1	2	3	4
5	Näen paljon vaivaa saavuttaakseni tärkeät tavoitteet elämässäni.	1	2	3	4
6	Olen joskus alakuloinen ilman sen kummempaa syytä.	1	2	3	4
7	Alamaissa ollessani pyrin välttelemään ihmisiä.	1	2	3	4
8	Koen usein mielihyvän puuskan kulkevan vartaloni läpi.	1	2	3	4
9	Jähmettyisin paikalleni jos näkisin käärmeeen tai hämähäkin.	1	2	3	4
10	Olen usein käyttänyt paljon aikaa ”päästäkseni pois tästä kaikesta”.	1	2	3	4
11	Olen hyvin aktiivinen luonne.	1	2	3	4
12	Olen motivoitunut olemaan onnistunut omassa elämässäni.	1	2	3	4
13	Olen aina ”menossa”.	1	2	3	4
14	Kokeilen usein uusia asioita vain katsoakseni nautinko niistä.	1	2	3	4
15	Uudet projektit tempaisevat minut mukaansa.	1	2	3	4
16	Hyvät uutiset saavat minut yli-iloiseksi.	1	2	3	4

17	Minua huolestuttaa ajatus siitä että teen työssäni virheitä.	1	2	3	4
18	Huomaan joskus, että ajatukseni katkeilevat kun olen hermostunut.	1	2	3	4
19	Juoksisin lujaa jos ostoskeskuksen palohälytys alkaisi soida.	1	2	3	4
20	Ylitän usein esteitä saavuttaakseni sen mitä tavoittelen.	1	2	3	4
21	Tunnen usein itseni masentuneeksi.	1	2	3	4
22	Minun pitäisi useammin pysähtyä ajattelemaan eikä vain syöksyä toimimaan liian nopeasti.	1	2	3	4
23	<b>Tunnen usein saavani “kiksejä” jostakin.</b>	1	2	3	4
24	Rakastan kilpailujen voittamista.	1	2	3	4
25	Saan väristyksiä kun minua kehuaan jostain jonka olen tehnyt hyvin.	1	2	3	4
26	Olen hyvin kiinnostunut harrastuksista.	1	2	3	4
27	Minun on joskus vaikea olla puhumatta vaikka tiedän että olisi viisainta pysyä vaiti.	1	2	3	4
28	Tee usein riskialttiita asioita seurauksia miettimättä.	1	2	3	4
29	Tekemäni pahat asiat valtaavat joskus mieleni.	1	2	3	4
30	Olen hyvin innoissani kun saan mitä haluan.	1	2	3	4
31	Olen innokas menestymään valitsemallani uralla.	1	2	3	4
32	Etsin aina uutta ja mielenkiintoista tekemistä.	1	2	3	4
33	Arvioin aina riskejä sille, että elämässäni tapahtuu pahoja asioita.	1	2	3	4
34	Ihmiset usein kehottavat minua olemaan huolimatta.	1	2	3	4
35	Olen hyvin avoin uusille elämäkokemuksille.	1	2	3	4
36	Juhlistan aina sitä kun saavutan jotain tärkeää.	1	2	3	4
37	Huomaan reagoivani voimakkaasti nautinnollisiin asioihin elämässä.	1	2	3	4
38	Toimin usein hetken mielijohteesta.	1	2	3	4
39	Jähmettyisin välittömästi jos oven avatessani huomaisin vieraan ihmisen asunnossani.	1	2	3	4
40	Teen usein heräteostoksia.	1	2	3	4
41	Olen hyvin sinnikäs saavuttakseni päämääräni.	1	2	3	4
42	Huomaan usein jääväni vatvomaan asioita kun pitäisi tehdä päätöksiä.	1	2	3	4

43	Olen usein huolissani siitä että tuotan pettymyksen muille.	1	2	3	4
44	Voisin lähteä lomamatkalle hyvinkin lyhyellä varoitusajalla.	1	2	3	4
45	Juoksisin kovaa jos tietäisin jonkun seuraavan minua iltamyöhään.	1	2	3	4
46	Lähtisin pois puistosta jos huomaisin siellä olisi joukko juoksevia, ihmisiä haukkuvia koiria.	1	2	3	4
47	Huolehdin paljon	1	2	3	4
48	Jähmettyisin paikallani lentokoneessa ilmapuoppien aikana.	1	2	3	4
49	Se mitä olen tekemässä keskeytyy helposti.	1	2	3	4
50	Minun on vaikea saada tiettyjä asioita mielestäni.	1	2	3	4
51	Minun mielestäni parhaat ”viihteellä” vietetyt illat ovat suunnittelemtomia.	1	2	3	4
52	On olemassa asioita joiden lähelle en vain voi mennä.	1	2	3	4
53	Toimin heti, kun näen jotain mitä haluan.	1	2	3	4
54	Mielestäni on edettävä suunnitelman mukaan, jotta saisi elämässä sen mitä haluaa.	1	2	3	4
55	Kun olen hermostunut, minun on vaikea keksiä oikeita sanoja.	1	2	3	4
56	Huomaan ajattelevani toistuvasti samoja asioita.	1	2	3	4
57	Usein herätessäni minulla on monta asiaa mielessäni.	1	2	3	4
58	En pitäisi kädessäni käärmettä tai hämähäkkiä.	1	2	3	4
59	Jähmetyn, jos katson alas korkealta.	1	2	3	4
60	Huomaan usein ”vetäytyväni kuoreeni”.	1	2	3	4
61	Toistuvat ajatukset pyörivät mielessäni.	1	2	3	4
62	Olen sellainen ihminen, joka pelästyessään helposti jähmettyy paikalleen.	1	2	3	4
63	Tarvitsen paljon aikaa tehdäkseeni päätöksiä.	1	2	3	4
64	Jään usein sanattomaksi.	1	2	3	4
65	Teen aktiivisesti suunnitelmia saavuttaakseni päämääriä elämässäni.	1	2	3	4

## LIITE 2

### Tiedote tutkimuksesta

#### Tutkimuksen nimi ja rekisterinpitäjä

Tutkimuksen nimi on Personality and neuromodulation ja rekisterinpitäjä on Jyväskylän yliopisto

#### Pyyntö osallistua tutkimukseen

Sinua pyydetään mukaan tutkimukseen, jossa kehitetään persoonallisuuden piirteitä kartoittavaa kyselyä ja tutkitaan ei-kajoavaa aivotoimintaan vaikuttavaa menetelmää ja sen vaikutusta emotionaalisiin ja kognitiivisiin toimintoihin. Tutkimuksen ensimmäinen vaihe on kyselyyn vastaaminen. Tähän voit vastata joko anonyymisti (mitään tunnistetietoja ei jää talteen) tai jättämällä yhteystietosi siinä tapauksessa, että olet kiinnostunut osallistumaan myös laboratoriomittauksiin. Laboratoriossa tutkimme pään pinnalle asetettujen elektrodien avulla aivokuorelle suunnatun heikon tasavirtastimulaation (transcranial direct current stimulation, tDCS) vaikutuksia. Haemme näihin tutkimuksiin vapaaehtoisia perusterveitä koehenkilöitä, jotka ovat näihin kiinnostuneita osallistumaan. Tämä tiedote kuvaa tutkimusta ja siihen osallistumista. Henkilötietojen käsittelystä on kerrottu erillisessä tietosuojaselosteessa.

Kyselytutkimukseen osallistumisen suhteen ei ole erityisiä edellytyksiä vaan kuka tahansa kiinnostunut suomen kieltä sujuvasti käyttävä, täysi-ikäinen henkilö voi täyttää verkossa olevan lomakkeen. Tämän kyselyn tarkoitus on validoida aiemmin suomentamattoman kyselyn suomenkielinen versio ja samalla toimia ilmoituksena halukkuudesta osallistumaan laboratorionkokeisiin.

Kyselyyn osallistujien määrää ei ole mitenkään rajoitettu. Kyselyn perusteella laboratoriotutkimukseen pyydetään yhteensä 120 tutkittavaa. Kyselyssä kartoitetaan yksilöllisiä tapoja reagoida erilaisiin arkipäiväisiin tilanteisiin ja tapahtumiin. Laboratorionkokeisiin pyydetään yhteystietonsa jättäneitä, tämän kyselyn perusteella eri tavoin vastanneita henkilöitä, joiden ikä on 18-50 vuotta ja joiden kohdalla ei ole seuraavia poissulkukriteereitä:

- Neurologisia ongelmia kuten migreeni, epilepsia tai aivovaurioita
- Depressio-, masennus- tai beetasalpaajälääkitys
- Päänahan alueella olevat ihovauriot
- Raskaana olo tai sen epäily
- Metalliset implantit pään alueella

Soveltuvuus tutkimukseen kartoitetaan lopullisesti vielä henkilökohtaisella yhteydenotolla ennen tutkimusta.

#### Vapaaehtoisuus

Tähän tutkimukseen osallistuminen on vapaaehtoista. Voit kieltäytyä, tai milloin tahansa keskeyttää osallistumisen.

#### Tutkimuksen kulku

Verkkokyselyyn pääsee vastaamaan osoitteessa: [cibr.jyu.fi/en/nemo](http://cibr.jyu.fi/en/nemo). Kyselyssä on väittämiä, joiden paikkansapitävyyttä omalla kohdallaan pitää arvioida. Taustamuuttujia, joita kysytään ovat ikä ja sukupuoli, muita tunnistetietoja ei kysytä.

Verkkolomakkeen lopussa kysytään halukkuudesta osallistua laboratoriotutkimukseen, jossa tutkitaan miten heikko tasavirtastimulaatio vaikuttaa refleksiivisiin toimintoihin. Kyseessä oleva refleksi on ns. säikähäydysrefleksi, joka saadaan aikaan yhtäkkisellä kovalla äänellä kuulokkeiden kautta. Tämä refleksi ilmenee tahattomana silmäniskuna, jonka voimakkuutta mitataan kahden silmän alle asetetun tarraelektrodin avulla. Kokeen aikana on mahdollista, että yhdessä näiden refleksien



aiheuttamien ärsykkeiden aikana esitetään myös erilaisia tunteita herättäviä kuvia. Tässä tapauksessa ruudulle esitetään kokeen aikana muutaman sekunnin ajan kerrallaan joko miellyttäviä, epämiellyttäviä tai neutraaleja kuvia. Mittaamme kokeen aikana myös hengitysrytmiä rintakehän ympärille asetettavalla pannalla ja sykettä kahdella rintakehään kiinnitettävällä tarraelektrodilla.

Ennen koetta annetaan 10 minuutin ajan heikkoa tasavirtaärsytystä kahden pään pinnalle asetetun elektrodin avulla. Stimulaatio aiheuttaa joillakin ihmisillä lievää pistelyä tai kutinaa iholla, mutta kivuliasta sen ei kuulu olla. Jos kipua tuntuu, stimulaatio lopetetaan välittömästi.

Tutkimuksen suorittajat ovat Jyväskylän yliopiston Psykologian laitoksella opinnäytteitään tekeviä psykologian opiskelijoita, jotka on perusteellisesti perehdytetty käyttämään laitteistoja.

Tutkimuksesta mahdollisesti aiheutuvat haitat ja epämukavuudet

Verkkokyselyn täyttämiseen kuluu aikaa arviolta noin 20 min. Tutkimuskäynti laboratoriossa kestää noin tunnin, josta itse kokeen osuus on noin 30 min. Tutkimuksessa käytettävät ärsykkeet ovat luonteeltaan epämiellyttäviä, joskin säpsäyttävään ääneen tottuu melko nopeasti niin, että se ei muutamaa ensimmäistä kertaa lukuunottamatta aiheuta enää yleistä hätkähäysreaktiota vaan pelkän silmänräpäytyksen. Emootioita herättävien kuvien on tarkoituskin aiheuttaa lievää ahdistusta, inhoa ja pelkoa. Yleensä tämä on kuitenkin ohimenevää. Jokaisella on kuitenkin mahdollisuus lopettaa koe missä vaiheessa tahansa, mistä syystä hyvänsä. Palkkioksi osallistumisestaan laboratoriotutkimukseen koehenkilöt saavat elokuvalipun. Uskomme myös, että osallistujat kokevat tutkimuksen kiinnostavana.

Tutkimuksen kustannukset

Tutkimukseen osallistumisesta ei aiheudu sinulle muita kustannuksia kuin mahdolliset matkakulut tutkimuspaikalle. Tutkimuskäynneistä aiheutuvia mahdollisia ansionmenetyksiä ei korvata.

Tutkimustuloksista tiedottaminen ja tutkimustulokset

Tutkimuksesta valmistuu tieteellisiä julkaisuja, opinnäytetöitä, kongressi- ja seminaariesityksiä. Materiaalia voidaan käyttää myös opetuksessa. Yksittäistä tutkittavaa ei ole mahdollista tunnistaa näistä raporteista.

Tutkittavien vakuutusturva

Tutkittavan on hyvä olla tietoinen siitä, että Jyväskylän yliopiston henkilökunta ja toiminta on vakuutettu. Vakuutus sisältää potilasvakuutuksen, toiminnanvastuuvakuutuksen ja vapaaehtoisen tapaturmavakuutuksen. Tutkimuksissa tutkittavat (koehenkilöt) on vakuutettu tutkimuksen ajan ulkoisen syyn aiheuttamien tapaturmien, vahinkojen ja vammojen varalta. Tapaturmavakuutus on voimassa mittauksissa ja niihin välittömästi liittyvillä matkoilla.

