

Tartu Ülikool

Psühholoogia instituut

Elerin Urvak

Nõrkade ja mõõduka tugevusega transkraniaalse magnetstimulatsiooni (TMS) impulsside poolt emotsionaalse laadungiga stiimulite avastamisele avaldatava mõju uurimine

Uurimistöö

Juhendaja: Talis Bachmann

Kaasjuhendaja: Renate Rutiku

Läbiv pealkiri: TMS'i mõju emotsionaalsete stiimulite tajule

Tartu 2015

Kokkuvõte

Käesolevas töös uuritakse nõrga ja mõõduka tugevusega transkraniaalse magnetstimulatsiooni (TMS) poolt emotsionaalsete stiimulite tuvastamisele avaldatavat mõju. Katses kasutati neutraalseid ja vihaseid naiste ning meeste nägusid, mida katseisikud pidid pärast lühiajalist esitust nelja variandi hulgast identifitseerima. Samal ajal stimuleeriti katseisikute esmast visuaalset korteksit (V1) üksikimpulssidega 100 ms pärast stiimuli esitust. On teada, et emotsionaalse informatsiooni töötlus toimub ka subkortikaalsetes aju osades. Seetõttu eeldasime, et tugeva TMS'i puhul langeb õigete vastuste tase neutraalsete nägude jaoks rohkem võrreldes emotsionaalsete nägudega, sest viimaseid töödeldakse ka TMS mõjule raskemini ligipääsetavates ajukeskustes. Tulemused näitasid, et hüpotees TMS'i erinevast mõjust emotsionaalsele infole kinnitust ei leidnud. Seega ei ole TMS'il erinevat mõju emotsionaalsetele stiimulitele.

Abstract

The current study investigates how weak and strong TMS impulses affect recognition of emotional stimuli. For this study, neutral and angry faces of both sexes were used. Subjects had to identify a briefly presented face from four alternatives. Single TMS pulses were targeted at the primary visual cortex (V1) and delivered 100 ms after stimulus onset. It is known that the processing of emotional information is substantially performed in subcortical regions of the brain. Therefore, we expected that strong TMS would produce relatively less correct answers for neutral stimuli compared to emotional stimuli because TMS has a relatively weak effect on subcortex. Results showed that there is no effect on identifying emotional stimuli when using post-stimulus (100ms) TMS impulses. We conclude that there is no differential TMS effect on emotional stimuli with our experimental conditions.

Sissejuhatus

Transkraniaalne magnetstimulatsioon (TMS) on meetod, mis võimaldab selektiivselt mõjutada ajukoore piirkondade tööd. Selle meetodiga tekitatakse poolis magnetväli, mis impulssidena esitatuna mõjutab peaju ja tekitab elektrilise välja otse ajukoores. Selle välja tugevus ja fokaliseeritus sõltub pooli omadustest. Tänapäeval kasutatakse eriti täpse magnetvälja saavutamiseks peamiselt kaheksakujulist pooli. Lisaks TMS`i üksikimpulssidele kasutatakse ka mitmest järjestikusest impulssist koosnevaid stimulatsioonisekventse. Mida rohkem impulsse, seda ajaliselt ebatäpsemaks eksperimentaalne paradigma aga muutub, mistõttu kasutatakse nägemistaju uurimiseks enamasti üksikimpulssi, mis kestab ajaliselt vähem kui millisekund, kuid mille efekt neuronitele võib kesta sekundeid. (de Graaf, Jacobs, Koivisto & Sack, 2014)

TMS`i üksikimpulss aktiveerib valdavalt need ajukoore neuronid, mis on antud hetkel vähem aktiivsed, mistõttu stimuleeritakse neuroneid, mis ei ole stiimuli poolt juba aktiveeritud. Seetõttu saab TMS`i pidada „ebaoluliste“ neuronite aktiveerimise pärast neurofüsioloogilise müra tekitajaks (Filmer & Monsell, 2013). Nõnda tekitatud neurofüsioloogiline müra võib häirida loomulikku informatsioonitöötlust. Häirides aju töötlusprotsesse esmases visuaalses korteksis (V1 piirkond), saab TMS`iga leida olulised ajalõigud, mille raames tekib teadlik visuaalne tajut. Sellise häiriva efekti tekitamist nimetatakse TMS`iga maskeerimiseks. V1 piirkonna TMS`iga maskeerimiseks on klassikaliseks TMS`i rakendusajaks umbes 100 ms pärast stiimulit. (de Graaf, Goebel & Sack, 2012)

100 ms pärast stiimulit rakendatud TMS pole aga ainuke ajaaken, mis võimaldab maskeerimist. Mõningad uurimused on leidnud, et kõige varasem maskeerimine võib toimuda juba 20-40 ms pärast stiimulit. Samuti on leitud tõendeid ka hilisest maskeerimisest – 200 ms pärast stiimulit. Esmase primaarse korteksi ehk V1 TMS`iga stimuleerimisega on leitud efekte ka enne stiimuli esinemist. Näidatud on mõju nii 50 ms kui 10 ms enne stiimulit, põhjendades seda sellega, et TMS impulsid viivad kuklakoores sellisesse seisundisse, mis ei soodusta tulevase informatsiooni töötlemist. Need ajad ei ole siiski universaalsed ning võivad sõltuda eksperimendi parameetritest. (de Graaf et al., 2014)

Klassikalise maskeerimisajana kasutatakse 100 ms pärast stiimulit. Selle aja ümber arvatakse toimuvat visuaalse info tagasisidestamine ehk *feedback*, mil teistest nägemiskeskustest jõuab info uuesti tagasi V1 piirkonda (de Graaf et al., 2014). Seda toetavad anotoomilised uurimused, mis näitavad otsest *feedback* töötlust temporaalsagarast ning ülemisest oimuvaost, mis on inimestel kaasatud muuhulgas ka näoilmete töötlusesse (Petro, Smith, Schyns, & Muckli, 2013). Tagasisidestamine paistab olevat nägemise jaoks funktsionaalselt oluline, kuna tagasisidestamise ajal „kontrollitakse“ töötlustulemust sisendiga vastastades ja lisatakse juurde peenemaid detaile. Samuti arvatakse, et see on oluline ka teadvusliku nägemise tekkeks. Olenemata sellest, milline on õige teooria, on selge, et 100 ms pärast stiimulit toimub V1 piirkonnas oluline infotöötlus, mida annab TMS'iga edukalt maskeerida (de Graaf et al., 2014).

TMS impulsile kaasneb lisaks neurofüsioloogilistele efektidele selge plõksuv heli ja pea piirkonnas tuntav aisting. Nende mitte-neurofüsioloogiliste efektide olemasolu tõttu tekib vajadus luua sobilikud kontrolltingimused. TMS eksperimentid tuleb disainida nii, et käitumuslikud efektid saab omistada TMS impulsi poolt tekitatud otsesele neurofüsioloogilistele mõjutustele (Duecker, de Graaf, Jacobs, & Sack, 2013). Tahtmatuks efektiks võib olla näiteks silmade pilgutamine, mille tekitab TMS impulsiga kaasnev heli. Neid faktoreid saab kontrollida, andes TMS impulssi pärast stiimulit, et võimalik silmade pilgutamine ei saaks segada stiimuli nägemist. Stiimulieelne TMS impulss võib tekitatud heli tõttu toimida hoiatussignaalina ja seetõttu soodustada stiimuli märkamist (Duecker et al., 2013). Mitte-neurofüsioloogiliste efektide kontrollimiseks peab kasutama ka SHAM tingimust ehk platseebo-stimulatsiooni, mille puhul tekivad kõik efektid peale otsese elektrilise välja ajus. Võrdlus SHAM tingimusega võimaldab teha järeldusi selle kohta, kas eksperimendi tulemused on olnud täielikult mõjutatud TMS impulsi poolt või võisid nendes olulist rolli mängida ka teised, kõrvalised efektid.

Visuaalse korteksi stimuleerimisega on võimalik genereerida fosfeeni – lokaliseeritud visuaalset kogemust, mis tekib vastusena visuaalse välja retinotoopsele kaardile vastavalt tehtud mõjutusele. Fosfeen ilmneb tavaliselt väikese, põgusa valgussälvatusena, kuid võib siiski indiviiditi erineda. Fosfeen võimaldab üles leida neid alasid, kus toimub esmane ruumis lokaliseeritud visuaalne töötlus, mille tõttu saab TMS impulsi suunata väga täpselt just konkreetsele alale. Veelgi enam saab fosfeeni tekitamise kaudu lokaliseerida TMS efekti asukoha, mille järel on võimalik stiimulit esitada kindlasse visuaalsesse välja, kus on teada, et

töötlus on mõjutatud TMS impulsi poolt. Üksikud uurimused on isegi näidanud, et kui stimuleerida visuaalset korteksit tugevusega, mis jääb vahetult alla fosfeeni läve, toovad nõrgad TMS impulsid neuronite aktiivsuse stiimuli tuvastamise lävele lähemale, mistõttu toimub visuaalse ülesande soorituse hõlbustamine. (Abrahamyan, Clifford, Arabzadeh & Harris, 2011; de Graaf et al., 2014)

Väga vähe on uuritud TMS`iga maskeerimise mõju just emotsionaalsetele nägudele. Üks vähestest sellistest uurimustest näitas, et kui blokeerida kortikaalne visuaalne tee, häirib see teadvusliku taju teket, kuid ei mõjuta emotsionaalse stiimuli tajumist. Emotsionaalsete stiimulite tajumist seostatakse mitmete subkortikaalsete struktuuride aktiivsusega. Siiski näib stiimulite emotsionaalse sisu tajumine olevat sõltumatu kortikaalsetest aladest (Tamietto & de Gelder, 2010). Käesoleva töö eesmärgiks oligi uurida, kas eelnevalt kirjeldatud efektid tulevad esile TMS manipulatsiooni kasutades ehk kas stiimulite emotsionaalse sisu töötlus jääb sõltumatuks TMS manipulatsioonist.

Üks antud töö jaoks väga oluline uurimus leidis neutraalse ja emotsionaalse kehahoiakuga pilte kasutades erinevuse nende stiimulite visuaalses töötlemises. Uurimuses kasutati neutraalse ja ähvardava kehakeelega isikupilte ning TMS impulssi kohas, kus eelnevalt oli leitud fosfeen. Stiimuleid esitati aegajalt ka niiõelda kontrollpunkti, mis asus teises hemisfääris. Tulemuseks leiti, et kontrollpunkti esitatud stiimulite eristamises ei olnud erinevust. Neutraalsete stiimulite eristamine fosfeeni asukohas TMS`i mõjul aga halvenes ning emotsionaalsete stiimulite eristamisel TMS`il mõju ei olnud. Seetõttu ilmnis, et emotsionaalsete kehahoiakute tuvastamisele ei ole V1 mõjutamisel TMS`iga erilist mõju. Emotsionaalsete ja neutraalsete kehahoiakute töötlemise dissotsiatsioon on kooskõlas ideedega, et emotsionaalse väljundiga stiimulitel on mingisugune ligipääs emotsioonitöötlemise ressurssidele läbi juhtetee, mis ei ole sõltuv V1-s toimuvast töötlemisest (Filmer & Monsell, 2013). See võib kajastada bioloogiliselt oluliste emotsioonide, nagu sotsiaalne ähvardus, privilegieeritud juurdepääsu läbi subkortikaalse tee.

Filmer`i ja Monsell`i (2013) töö on antud uurimuse jaoks väga oluline, kuna on selles vallas ainulaadne. Autorid analüüsisid emotsionaalsete stiimulite töötlust ning esmase visuaalse korteksi maskeeriva mõjutuse efekti ülesande sooritusele. See on ka käesoleva töö eesmärgiks. Käesoleva töö eeliseks Filmer`i ja Monsell`i töö ees on aga eelkõige väiksem kunstlikkus, mis väljendus nende töös õppimisperiodina. Enne katse sooritust õpetati

katseisikuid neutraalseid ja vihaseid kehahoiakuid eristama, mistõttu oli katseisikutel põhikatte ajal kergem mälu järgi stiimuleid eristada. Käesoleva töö teiseks eeliseks on kindlasti veel sotsiaalne tähtsus, mis väljendub sotsiaalselt oluliste stiimulite (vihased näod) kasutamises. Teine oluline töö antud vallas on käesoleva tööga samas laboris varasemalt läbi viidud uurimus, mis keskendus samuti TMS'i ja emotsionaalse sisu interaktsiooni uurimisele (Zoova, 2015). Antud töös kasutati sama katsedisaini, erinevusega impulsi esitamise ajas, mis oli 60 ms enne stiimulit. Töö tulemustena leiti tugeva TMS impulsi puhul maskeeriv efekt, mis ei olnud sõltuv emotsionaalsest sisust. Nõrga TMS impulsi hõlbustavat efekti katses ei esinenud. Seega täiendavad käesolev töö ning Zoova (2015) töö üksteist ning moodustavad kaks osa suuremast uurimisprojektist.

Käesoleva töö eesmärk oli uurida TMS'i mõju emotsionaalsete stiimulite tajule. Katses kasutati vihase ja neutraalse näoilmeega inimeste pilte, mis sähvatasid ekraanil lühiajaliselt. Katseisikute ülesanne oli tuvastada ekraanil sähvatanud nägu nelja variandi hulgast. Visuaalse informatsioonitöötluse mõjutamine toimus TMS impulsi abil 100 ms pärast stiimulit. Kuna eesmärgiks oli uurida nii TMS'i maskeerivat kui ka võimalikku hõlbustavat mõju, kasutati nii tugevat kui ka nõrka TMS impulssi. Kontrolltingimusena kasutati SHAM stimulatsiooni, mille ainuke erinevus päris TMS stimulatsioonist on otsese elektrilise välja puudumine ajus. Töös püstitatud hüpoteeside eelduseks on, et stiimuli emotsionaalse sisu töötlus on sõltumatu TMS-iga V1 piirkonna maskeerimisest. Samuti, tuginedes eelnevatele uurimustustele, peaks nõrgem TMS impulss pigem hõlbustama ülesande sooritamist. Sellest tulenevalt on hüpoteesid sõnastatud järgnevalt:

1. Tugeva TMS'i puhul peaks nägude õigesti tuvastamise protsent langema võrreldes nõrga TMS'i ning SHAM stimulatsiooniga. Tugeva TMS'i maskeeriv efekt peaks olema aga suhteliselt suurem neutraalsete nägude jaoks võrreldes vihaste nägudega.
2. Nõrga TMS'i puhul ei tohiks nägude õigesti tuvastamise protsent langeda võrreldes SHAM stimulatsiooniga ning võib isegi esineda õigesti tuvastamise protsendi tõus ehk TMS'i hõlbustav mõju. Igal juhul ei tohiks aga tuvastamise protsent erineda neutraalsete ja vihaste nägude vahel.

Meetod

Valim

Valimisse kuulusid terved täisealised isikud, kes värvati uuringu läbiviija tutvusringkonnast. Kõik katseisikud vastasid TMS'i jaoks loodud ohutusnõuetele. Valimisse kuulus 12 katseisikut, 8 naist ja 4 meest. Katseisikud olid vanuses 20-26 aastat. Keskmine vanus 23 aastat. Katseisikutest 2 olid vasakukäelised. Kõik katseisikud tutvusid enne katse läbiviimist ohutusnõuetega ning allkirjastasid informeeritud nõusolekulehe. Kõigil oli normaalne või normaalseks korrigeeritud nägemine. Katse on Tartu Ülikooli Eetikakomitee poolt heaks kiidetud ja viidi läbi Helsingi Deklaratsiooni põhimõtteid järgides.

Stiimulid

Stiimulitena kasutati mustvalgeid fotosid nägudest, mis pärinesid Radbound nägude andmebaasist (Langner, 2010). Kokku oli kasutusel 32-e erineva inimese fotod (18 naissoost ja 18 meessoost); iga inimene esines piltidel nii vihase kui neutraalse näoilmega (joonis 1). Stiimulid olid lõigatud võrreldavaks nii, et alles jääks ainult näo siseosa (ilma juusteta). Samuti olid stiimulid ühtlustatud keskmise heleduse ja heleduse standardhälve osas (halli tase 127; graafikakaardi ulatus 0-225 halli taseme astet, 0 on must ja 255 valge). Heleduse standardhälve muutus iga katseisiku puhul sõltuvalt katseisiku eelkatse tulemustest. Heleduse standardhälbe varieeruvus oli 8 astme ulatuses (keskmine standardhälve 22 hallastet). Stiimulite suurus oli 1,5 visuaalset nurgakraadi. Stiimulid esitati katseisikule randomiseeritud järjekorras nii, et igat stiimulit esitati võrdväärse arvul katsekordadest.

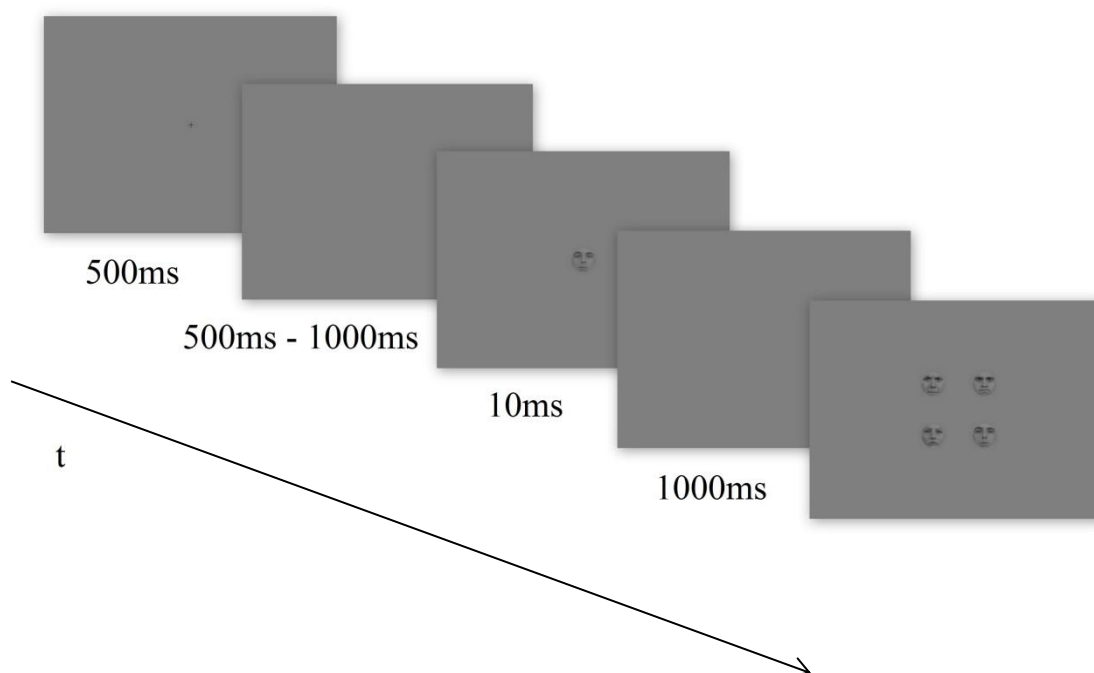


Joonis 1. Katses kasutatud stiimulite näited (ühtlustamata kontrastidega). Tulpadena on välja toodud sama indiviidi (nii mees- kui ka naissoost) neutraalse ning vihase näoilmega pilt.

Katsedisain ja TMS parameetrid

Kõik katsed viidi läbi Tallinnas kognitiivse psühholoogia laboris. Katse toimus hämaras toas, kus katseisikud istusid ekraanist 90 cm kaugusel. Arvuti monitori mudel oli SUN CM751U pildivärskendussagedusega 100 Hz. Katseprogrammid olid kirjutatud kognitiivse psühholoogia labori laborandi poolt Python programmeerimiskeeles, kasutades VisionEgg (<http://www.visionegg.org/>) mooduli funktsioone.

Iga katsekord algas eelkatsega, mille eesmärk oli korrigeerida katses esitatud stiimulite kontrast selliseks, et see oleks katseisiku jaoks piisava raskusastmega (umbes 50% õigeid vastuseid). Eelkatse koosnes 75 katsekorrast, põhikatse koosnes kuuest katseplokist ehk 450st üksikust katsekorrast. Iga 75 katsekorra ehk iga ploki järel oli paus. Katsekord algas ekraani keskele ilmuva fikatsiooniristiga (0,3 nurgakraadi; kestvus 500ms), mis andis katseisikule märku tulevast stiimulist. Katseisikuid juhendati selle ilmudes fikatsiooniristi fikseerima ja mitte enam silmi pilgutama. Pärast fikatsiooniristi ilmumist asendus pilt randomiseeritult 500-1000 millisekundiks tühja ekraaniga, mille järel vilksatas ekraani keskel (kus algselt oli fikatsioonirist) stiimul, mille kestvus oli 10 ms. Seejärel asendus stiimul uuesti 1000 millisekundiks tühja ekraaniga. Järgnevalt ilmusid ekraanile neli vastusevarianti ehk neli näopilti, milles vihane ja neutraalne näoilme ja sugu esinesid võrdsel arvul kordi. Üks vastusevariantidest oli alati õige ehk eelnevalt ekraanil sähvatanud stiimul. Katseisiku ülesanne oli tuvastada ekraanil sähvatanud stiimul. Katseisik andis oma vastuse klõpsates arvutihiire kursoriga valitud pildil. Pärast vastuse esitamist algas koheselt järgmine katsekord. Illustreeriv skeem katse käigust on esitatud joonisel 2.



Joonis 2. Katse ajaline kulg.

Stimulatsioonitingimusi oli kokku neli: tugev TMS, nõrk, TMS, tugev SHAM ja nõrk SHAM. Seega oli iga stimulatsioonitingimus ära määratud kahe faktori poolt: 1) TMS/SHAM 2)Tugev/nõrk impulss. Eksperimendis kasutatud stimulatsioonitingimuste skeemid on esitatud tabelis 1:

| | Plokk 1 | Plokk 2 | Plokk 3 | Plokk 4 | Plokk 5 | Plokk 6 |
|---------|-----------|-----------|------------|------------|-----------|-----------|
| Skeem 1 | Tugev TMS | Nõrk TMS | Tugev SHAM | Nõrk SHAM | Nõrk TMS | Tugev TMS |
| Skeem 2 | Nõrk TMS | Tugev TMS | Nõrk SHAM | Tugev SHAM | Tugev TMS | Nõrk TMS |
| Skeem 3 | Tugev TMS | Nõrk TMS | Nõrk SHAM | Tugev SHAM | Nõrk TMS | Tugev TMS |
| Skeem 4 | Nõrk TMS | Tugev TMS | Tugev SHAM | Nõrk SHAM | Tugev TMS | Nõrk TMS |

Tabel 1: Stimulatsioonitingimuste skeemid

Nagu võib näha tabelist 1, korrati iga tingimust ühe katseisiku jaoks kaks korda. Katsetingimuste järjekord oli katseisikute vahel tasakaalustatud, kusjuures igat järjekorda kasutati 3 katseisiku peal.

TMS`iga stimuleerimiseks kasutati Nexstim süsteemi (Nexstim, Helsinki, Finland), mis esitab magnetimpulsse 8-kujulise magnetpooli ja seda juhtiva impulssgeneraatori abil. Süsteemi maksimumvõimsus on 2,8 Teslat. Tugev ja nõrk SHAM või TMS olid vastavalt tugevusega 60% ja 20% süsteemi maksimumist. Magnetimpulsse anti igal katsekorral 100 ms pärast stiimuli esinemist.

Ühel katseisikul oli olemas anatoomiline ajupilt ja tema puhul kasutati stimulatsiooni juhtimiseks NBS (Navigates Brain Stimulation) süsteemi. Katseisiku ajupildil määrati esmalt V1 asukoht, misjärel suunati katse käigus magnetpool täpselt sellesse kohta. Magnetpooli küljes on reflektorkehad, mis võimaldavad stereoinfrapunakaamera abil pooli suunda ja asukohta jälgida. Reflektorprillide abil oli kaamera jaoks fikseeritud ka katseisiku pea, mistõttu oli kogu katse vältel võimalik selle asukohta ja stiimuli suunda korrigeerida.

Teiste katseisikute jaoks määrati V1 piirkond traditsioonilisel viisil väliste anatoomiliste tunnusmärkide järgi. Stimulatsioon suunati 2 cm inionist kõrgemale, kus eeldatavalt asub V1 piirkond ehk esmane visuaalne korteks.

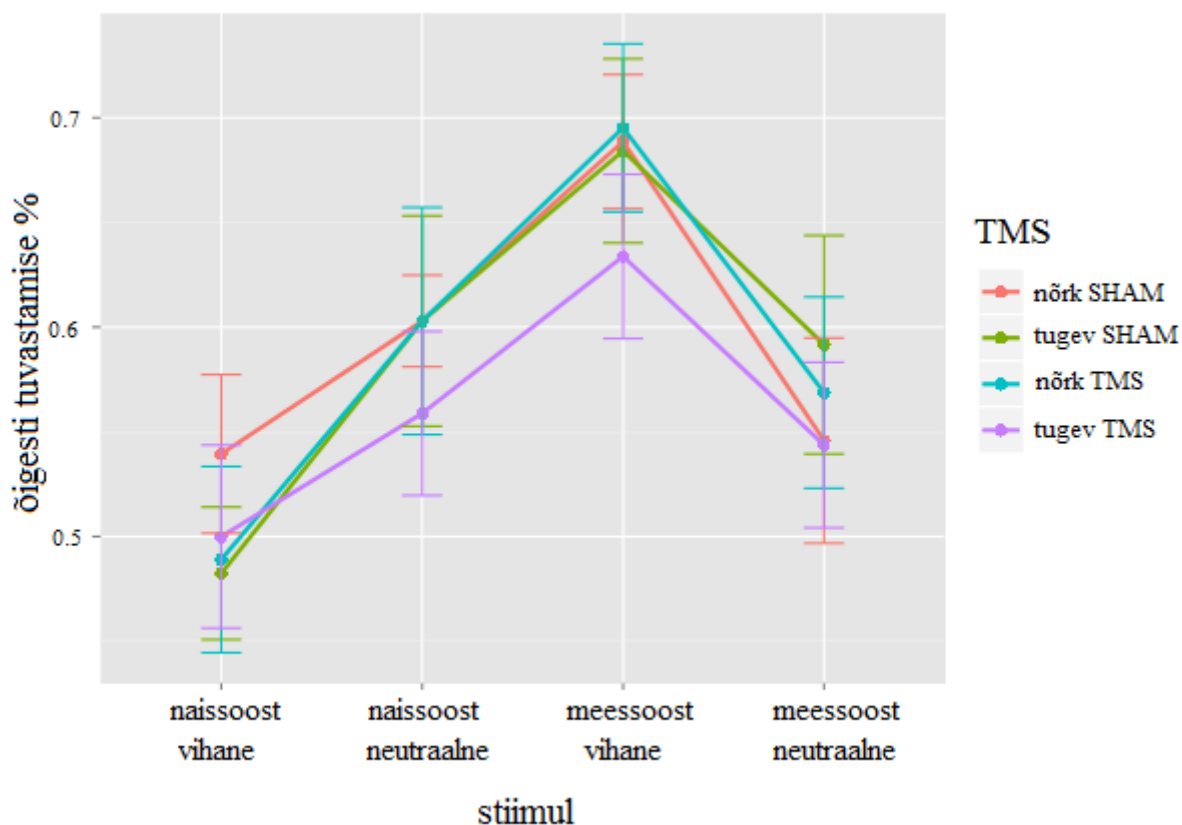
SHAM stimulatsiooni puhul hoiti pooli magnetvälja suunaga alla poole, et magnetimpulss ei jõuaks ajukoorde. Ülejäänud tingimused olid päris TMS impulsiga samad (heli, impulsi tugevus) ning katseisikuid ei teavitatud SHAM tingimuse kasutamisest ega selle karakteristikutest.

Andmeanalüüs

Käitumuslike andmete analüüs viidi läbi SPSS (IBM SPSS statistics 20) ja R programmeerimiskeeles (<http://www.r-project.org/>; versioon 3.0.2). Korduvmõõtmis-ANOVA efektisuurused esitatakse *generalized eta squared* (ges) mõõtudena ja paaris t-testide efektisuurused esitatakse *Cohen`i d* mõõtudega. Kõik *post-hoc* t-testid on korrigeeritud testide arvu suhtes Holm-Bonferroni meetodiga.

Tulemused

Antud uurimistöös oli katseisikute ülesandeks tuvastada lühiajaliselt esitatud näostiimul nelja esitatud vastusevariandi hulgast. Katseisikute keskmine nägude õigesti tuvastamise protsent oli 58,0% (mediaan 58,1%, standardhälve 10,6%, ulatus 42,4% kuni 74,4%). Ülesande raskusaste oli tehtud piisavalt kõrgeks, et ei esineks laeefekti (õigestivastamise protsent umbes 50%). Tulemustest on näha, et soovitud raskusaste saavutati võrdlemisi hästi. Kuna nelja vastusevariandi vahel valides juhuslikult õige vastuse valimise protsent oleks 25%, on näha, et olenemata ülesande raskusest, tuvastasid katseisikud õige näostiimuli õigesti üle juhuslikult õigesti antud vastuse taseme. Olenevalt katsetingimusest oli stiimulite õigesti tuvastamise protsent aga iga katseisiku siseselt üsnagi erinev. Keskmise tuvastamise protsendid iga katsetingimuse jaoks on välja toodud joonisel 3.

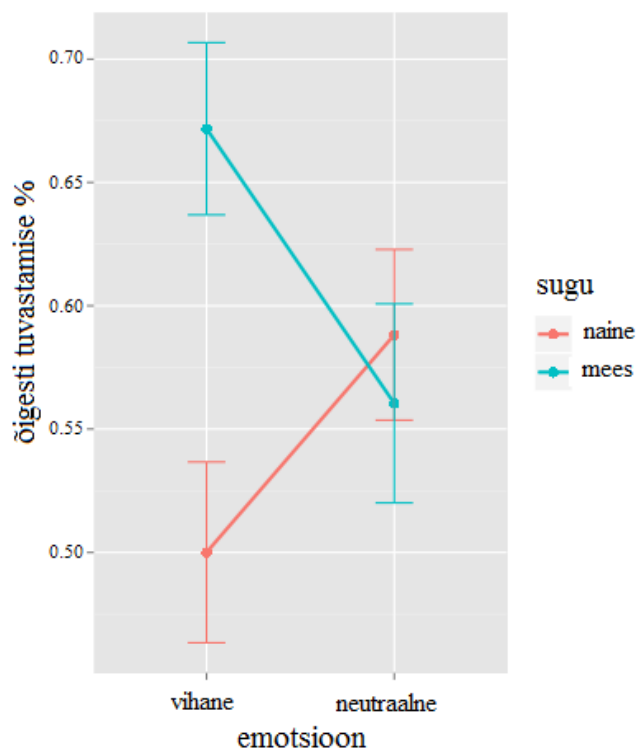


Joonis 3. Värviliselt on kujutatud TMS tingimuste ja impulsitugevuste kombinatsioonid ning tulpadena emotsiooni ning soo kombinatsioonid. Vertikaalsed jooned tähistavad keskmiste standardviga.

Jooniselt 3 võib näha, et vihaste meeste nägude õigesti tuvastamise protsent tundub olevat süstemaatiliselt kõrgem samas kui vihaste naiste nägude õigesti tuvastamise protsent tundub olevat süstemaatiliselt madalam võrreldes neutraalsete nägude tuvastamisega. Antud uurimuse põhiküsimuseks oli siiski, kas nägude õigesti tuvastamise protsent varieerub erinevate TMS tingimuste vahel olenevalt stiimulite emotsionaalsest sisust. Selle uurimiseks püstitati kaks hüpoteesi: Esiteks, tugeva TMS'i puhul peaks nägude õigesti tuvastamise protsent langema võrreldes nõrga TMS'i ning SHAM stimulatsiooniga. Tugeva TMS'i maskeeriv efekt peaks olema aga suurem neutraalsete nägude jaoks võrreldes vihaste nägudega. Teiseks, nõrga TMS'i puhul ei tohiks nägude õigesti tuvastamise protsent langeda võrreldes SHAM stimulatsiooniga ning võib isegi esineda õigesti tuvastamise protsendi tõus ehk hõlbustav mõju. Igal juhul ei tohiks aga tuvastamise protsent erineda neutraalsete ja vihaste nägude vahel. Hüpoteeside testimiseks viidi läbi *repeated measures* ANOVA faktoritega TMS (TMS ja SHAM), stimulatsioonitugevus (nõrk ja tugev), emotsioon (vihane ja neutraalne näoilme) ja sugu (meessoost ja naissoost näod). Sõltuvaks muutujaks oli nägude õigesti tuvastamise protsent.

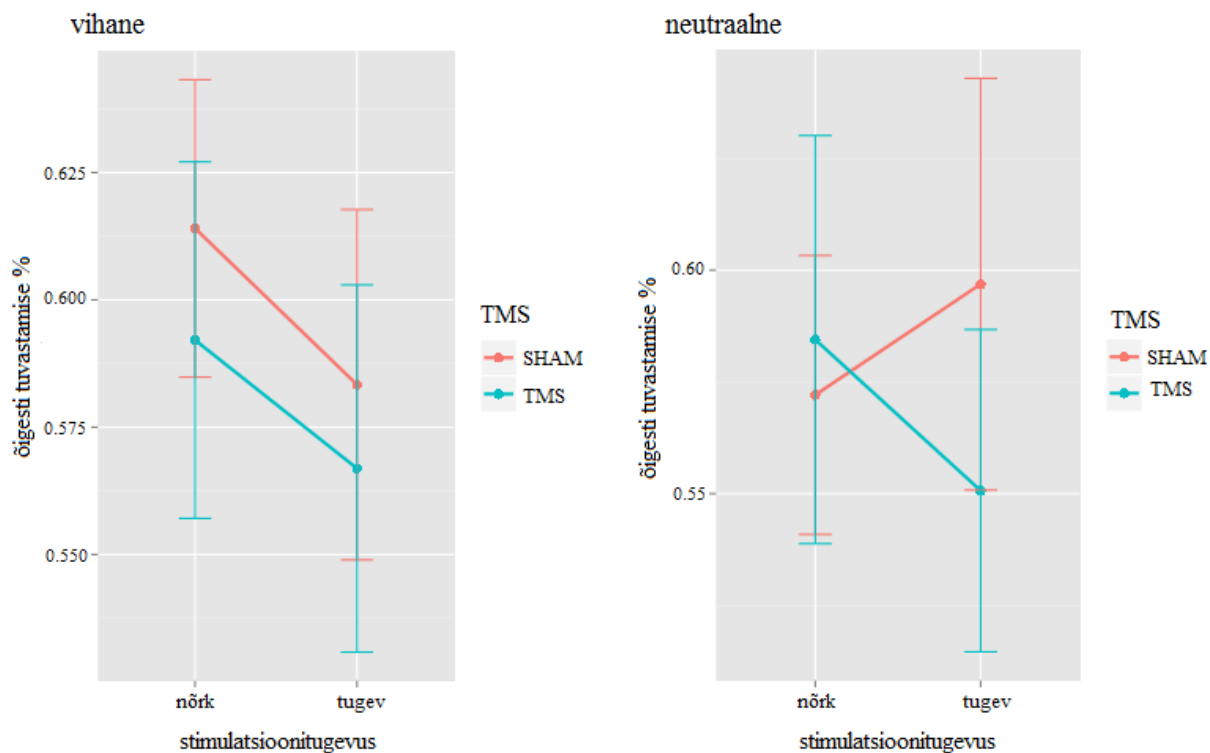
Statistilise analüüsi tulemused näitasid, et peaefektidest oli statistiliselt oluline soo faktor ($F(1,11) = 9,4$; $p = 0,011$; $ges = 0,06$). Ülejäänud peaefektid ei olnud statistiliselt olulised (F -väärtused $< 1,5$; p -väärtused $> 0,247$; efektisuurused (ges) $< 0,004$). Kõikidest interaktsioonidest oli statistiliselt oluline ainult soo ja emotsiooni interaktsioon ($F(1,11) = 110,2$; $p < 0,001$; $ges = 0,11$). Ülejäänud interaktsioonid ei olnud statistiliselt olulised (kõikide ülejäänud ühekordsete interaktsioonide F -väärtused $< 1,0$; kõikide kahekordsete interaktsioonide väärtused ja ainukese kolmekordse interaktsiooni F -väärtused $< 3,1$; p -väärtused $> 0,1$; efektisuurused (ges) $< 0,003$).

Statistilise analüüsi tulemused näitasid, et soo ja emotsiooni interaktsioon oli tõepoolest statistiliselt oluline (joonis 4). Antud interaktsioon esines, kuna vihaseid meeste nägusid tuvastati süstemaatiliselt paremini kui vihaseid naiste nägusid ($t(11) = 5,4$; $p = 0,001$; $d = 1,55$). Samuti tuvastati meeste vihaseid nägusid süstemaatiliselt paremini kui meeste neutraalseid nägusid ($t(11) = 3,6$; $p = 0,01$; $d = 1,04$). Vastupidine efekt esines aga naiste nägude puhul, mil vihaseid naiste nägusid tuvastati süstemaatiliselt halvemini kui neutraalseid naiste nägusid ($t(11) = -2,7$; $p = 0,039$; $d = 0,79$). Meeste ning naiste neutraalsete nägude tuvastamise erinevus ei olnud statistiliselt oluline ($t(11) = 1,2$; $p = 0,24$; $d = 0,36$).



Joonis 4. Joonis näitab interaktsiooni stiimuli soo ja emotsiooni vahel. Vertikaalsed jooned tähistavad keskmiste standardvigu.

Antud töö eesmärk oli uurida TMS'i tingimuste mõju erinevate emotsioonidega nägude tuvastamisele. Ülalmainitud statistiline analüüs kahjuks olulisi tulemusi selles vallas ei leidnud. TMS'i ja stimulatsioonitugevuse vaheline interaktsioon ei olnud statistiliselt oluline ($F(1,11) < 1.0$), mistõttu puudus isegi üldine TMS'iga maskeerimise efekt. Samuti puudus ka TMS'iga hõlbustamise efekt. Kahjuks ei olnud statistiliselt oluline ka interaktsioon TMS, stimulatsioonitugevuse ja emotsiooni vahel ($F(1,11) = 3,1$; $p = 0,105$; $ges = 0.003$). Kuna antud interaktsioon oli aga käesolava töö jaoks keskse tähtsusega, on tulemused siiski joonisel 5 välja toodud. Samuti vihjavad eelmainitud interaktsiooni statistilised väärtused võimalusele, et andmetes pole katseisikute arvu tõttu veel piisavalt jõudlust usaldusväärse efekti väljatoomiseks.



Joonis 5. Vasakpoolsel joonisel on kujutatud interaktsiooni TMS tingimuste ja stimulatsioonitugevuste vahel vihase näoilmeega stiimuli korral. Parempoolsel joonisel on kujutatud interaktsiooni TMS tingimuste ja stimulatsioonitugevuste vahel neutraalse näoilmeega stiimuli korral.

Statistilise analüüsi tulemuste kokkuvõttena võib väita, et käesolevas katses ei ilmnenud ühtegi statistiliselt olulist TMS efekti erinevust sõltuvalt nägude emotsionaalsest sisust (hüpotees 1). Samuti näitavad tulemused, et nõrga TMS'iga mõjutamisel ei tekkinud nägude tajumisele hõlbustavat efekti (hüpotees 2).

Arutelu ja järeldused

Käesoleva töö esimene eesmärk oli uurida TMS'i maskeerivat mõju emotsionaalsete stiimulite tajumisele. Teine eesmärk oli uurida TMS'i võimalikku hõlbustavat mõju ning selle seost emotsionaalsete stiimulitega. Eksperiment koosnes käitumuslikust katsest ja TMS manipulatsioonist. Katse käitumuslik sisu seisnes erinevate näoilmetega nägude tuvastamise ülesandes, kus tuli lühiajaliselt esitatud stiimul ära tunda nelja vastusevariandi hulgast. TMS manipulatsiooniks V1 piirkonnas kasutati erineva tugevusega TMS impulssi ja SHAM'i. Stiimulitena kasutati vihase ja neutraalse näoilmega naiste ja meeste pilte, et uurida TMS'i mõju erineva emotsionaalse sisuga stiimulite tajule. Esimese hüpoteesina oletasime, et tugeva TMS'i puhul ilmneb selge maskeerimise efekt, mis on eriti väljendunud neutraalsete näoilmete puhul. Teine hüpotees eeldas, et nõrga TMS'i tingimusel ei tohiks õigesti tuvastatud nägude protsent langeda võrreldes SHAM stimulatsiooniga ning võib isegi tekkida ülesande soorituse paranemine ehk hõlbustav efekt. Katse tulemused ei näidanud statistiliselt olulist erinevust kummagi hüpoteesi toetuseks.

Tulemustest selgus, et olenemata emotsioonist ei ilmnenu TMS'i maskeerivat efekti. Selle põhjuseks võis olla väliste tunnusmärkide järgi V1 piirkonna leidmise ebatäpsus. Mitmed TMS'i maskeerivat efekti näidanud tööd on kasutanud stimuleeritava piirkonna leidmiseks fosfeeni-meetodit (Abrahamyan et al., 2011; de Graaf et al., 2012; Filmer & Monsell, 2013). Võimalik, et kui antud katses oleks saanud kasutada samuti täpsemat piirkonna leidmise moodust (näiteks fosfeeni), oleksid katsetulemused olnud teistsugused. Kuna katseisikuid oli katses võrdlemisi vähe, võis efekti mitteilmnemise põhjus olla ka ebapiisav statistiline jõudlus efektide väljatoomiseks. Kuigi olulisustasemest nõrgem interaktsioon TMS, stimulatsiooni tugevuse ja emotsionaalse sisu vahel vihjab võimalusele, et rohkemate katseisikute korral võiks efekt ilmned, peab praegu siiski mainima, et antud katses sellist usaldusväärset interaktsiooni ei ilmnenu. Teise hüpoteesi kohaselt eeldasime, et nõrga TMS'i puhul võib esineda hõlbustav efekt. Tulemustest selgus, et seda efekti ei esinenud. Kuna seda efekti on väga vähe kirjeldatud ning selle leidmiseks võib vaja olla väga spetsiifilisi tingimusi, ei ole üllatav, et seda efekti meie uurimuses välja ei tulnud. Seega, võib öelda, et võrreldes antud töö

jaoks olulisima uurimusega, mille viisid läbi Filmer ja Monsell (2013), ei suutnud meie katse samu tulemusi korrata.

Filmer ja Monsell (2013) näitasid, et neutraalsed stiimulid on erinevalt emotsionaalsetest stiimulitest (ehk kehahoiakutest) vastuvõtlikumad TMS`iga maskeerimisele, mistõttu said nad eeldada, et emotsionaalse info töötlus toimub eraldi neutraalsete stiimulite töötlustest. Mis võiks olla selle põhjuseks, et nende uurimuses antud efekt esines, aga käesolevas töös mitte? Esiteks, kasutati nende töös piirkonna leidmiseks fosfeeni, mistõttu said nad stimuleerida täpselt seda piirkonda, mille retseptiivväli vastab antud stiimulile. Teiseks võis erinevus tulla katsedisainist, mis ei olnud käesoleva tööga võrreldes nii loomulik, mistõttu võisid TMS efektid ka paremini ilmuda. Nende katse üks oluline erinevus oli enne põhikatset stiimulite eristamise õppimine, mistõttu võis nende põhikatses rolli mängida ka põhjalik eelnev kokkupuude stiimulitega. Ei saa mainimata jätta ka seda, et kehahoiakud ja näoilmed on erinevasse emotsionaalsete tunnuste alaliiku kuuluvad stiimulid.

Käesolevas uurimuse tulemusena leiti olulisi erinevusi soo ja emotsiooni interaktsioonis. Statistiliselt oluline erinevus oli nii meeste vihaste ja neutraalsete näoilmete vahel (vihaseid tuvastati oluliselt paremini) kui ka meeste ning naiste vihaste näoilmete vahel (meeste vihaseid näoilmeid tuvastati paremini). Soo ja emotsioonide interaktsioone uurivad tööd on leidnud, et vihaseid nägusid klassifitseeritakse vihasteks kiiremini juhul, kui nägu kuulub mehele. Vihaste meeste nägude suurem õigestivastamise protsent võis tulla ka asjaolust, et sotsiaalsetest stereotüüpidest tulenevalt peetakse vihaseid nägusid üldiselt maskuliinsemateks. Samuti hinnatakse meeste vihaseid näoilmeid intensiivsemateks kui naiste vihaseid näoilmeid (Aguado, Garcia-Gutierrez & Serrano-Pedraza, 2009). Katseisikute märkuste põhjal võib eeldada erinevusi ka tulenevalt nende poolt kasutatud strateegiatest. Katsealused märkisid, et subjektiivselt oli stiimuleid kõige efektiivsem eristada kulmujoone järgi - meeste nägudel on tugevamad tunnused kui naiste nägudel. Kulmujoone ning silmalau vahelise ala suurust peetakse kõige usaldusväärsemaks soo eristamise tunnuseks. Kuna naistel on see ala tavaliselt suurem ja vihane näoilme kahandab seda suurust, on põhjust arvata, et vihase näoilme puhul võtab kauem aega või on ebatäpsem just naissoo eristamine (Aguado et al. 2009). Seetõttu on võimalik, et vihaste naiste nägude eristamiseks oli 10 ms liiga lühike esitusaeg, et tuvastada nii õige emotsioon ja õige sugu.

Üks varasem samas laboris läbi viidud töö (Zoova, 2015) uuris sama küsimust, aga mõningate erinevustega. Selles töös kasutati sama katsedisaini, kuid magnetimpulsse anti põhikatses läbivalt 60 ms enne stiimuli esinemist. Sarnaselt käesolevale tööle, leiti ka selles töös oluline soo ja emotsiooni interaktsioon, kuid ainult vihaste nägude korral - vihaseid meeste nägusid tuvastati paremini kui vihaseid naiste nägusid. See kinnitab oletust, et interaktsioon soo ja emotsionaalse sisu vahel on läbivam süstemaatiline efekt ning ei esinenud käesolevas katses ainult juhuslikult. Stiimulieelse magnetimpulsiga leidis Zoova (2015) ka statistiliselt olulise maskeerimiseefekti. Tõenäoliselt põhineb see tulemus asjaolule, et kuna stiimulieelne maskeerimine ei ole retinotoopselt lokaalne, ei ole vaja efekti saamiseks ruumiliselt sama täpset maskeerimist kui stiimulijärgse maskeerimise puhul (de Graaf et al. 2014). Maskeerimine, mis toimub 100 ms pärast stiimulit peab olema väga täpselt suunatud, et visuaalses väljas toimida. Samuti võib stiimulieelne maskeerimine olla põhjustatud tahtmatust silmadepilgutamisest, mida antud töös kontrolli alla ei võetud. Sellegipoolest ei leitud kummaski töös, et TMS efekt erineks olenevalt stiimulite emotsionaalsest sisust.

Üks võimalik seletus, miks otsitavat efekti uurimuses välja ei tulnud, võib seisneda kasutatud stiimulite ebapiisavas mõjukuses. Võimalik, et piltidel esitatud emotsioonid olid liiga väikese emotsionaalse laadungiga, mistõttu emotsioonimanipulatsioon ei osutunud piisavalt ulatuslikuks või täpseks. Siinkohal on oluline märkida, et tegemist oli eeltestitud ja usaldusväärseks tunnustatud stiimulite komplektiga (Langner, 2010). Teine põhjus võis seisneda ka selles, et stiimuleid esitati liiga lühikese aja vältel (10 ms), mille tõttu võis juhtuda, et ei olnud piisavalt informatsiooni, mille põhjal üldse otsustada. Nagu eelnevalt mainitud, ei pruugi see aeg olla piisav, et emotsionaalsete näoilmete korral suuta üheaegselt eristada nii sugu kui ka emotsiooni (Aguado et al, 2009).

Meie töö eelduseks oli, et emotsionaalne töötlus on sõltumatu TMS'iga V1 maskeerimisest. Emotsionaalne töötlus toimub läbi subkortikaalse tee ja seetõttu ei tohiks olla kättesaadav V1 piirkonna maskeerimisel (Tamietto & de Gelder, 2010). Kuna TMS'i ja emotsionaalse sisu vahel interaktsiooni ei leitud, võib olla võimalik, et kortikaalne TMS impulss siiski mõjutab emotsionaalset töötlust läbi mõju edasi kandumise subkortikaalsetesse aladesse. Seda võimalust ei saa välistada, kuid kuna käesolev uurimus ei leidnud maskeerimise efekti, on selle kohta raske midagi kindlat öelda.

Käesolevas töös ei leitud ühtegi interaktsiooni TMS`i ja stiimuli emotsionaalse sisu vahel. Tuleb tõdeda, et V1 piirkonna leidmine võis olla ebatäpne, mistõttu on võimalik, et osadel katseisikutel ei leitud õiget kohta üles ning seetõttu ei olnud stimulatsiooni mõju piisavalt täpne. Samuti oli üsna väike ka katseisikute valim. Nagu eelnevalt kirjeldatud, võib efektide mitte ilmnmisel olla erinevaid põhjuseid. Seetõttu tuleks selle teemaga veel lähemalt tegeleda ja uurida, millistel tingimustel milliseid efekte on võimalik leida. Samuti on emotsionaalse sisu ja TMS`i vahelist interaktsiooni uuritud üpris vähe, kuid on siiski võimalik, et käesolevas töös uuritud efektid võivad teatud tingimustel ilmneda.

Kirjanduse loetelu

Abrahamyan, A., Clifford, C. W. G., Arabzadeh, E & Harris, J. A. (2011). Improving visual sensitivity with subthreshold transcranial magnetic stimulation. *The Journal of Neuroscience*, 31 (9), 3290-3294

Aguado, L., Garcia-Gutierrez, A. & Serrano-Pedraza, I. (2009). Symmetrical interaction of sex and expression in face classification task. *Attention, Perception & Psychophysics*, 71 (1), 9-25

de Graaf, T. A., Goebel, R. & Sack, A. T. (2012). Feedforward and quick recurrent processes in early visual cortex revealed by TMS? *NeuroImages*, 61, 651-659

de Graaf, T. A., Koivisto, M., Jacobs, C. & Sack, A. T. (2014). The chronometry of visual perception: Review of occipital TMS masking studies. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*, 45, 295-304

Duecker, F., de Graaf T. A., Jacobs, C. & Sack, A. T. (2013). Time- and Task-Dependent Non-Neural Effects of Real and Sham TMS. *PloS ONE* 8(9): e73813.doi:10.1371/journal.pone.0073813

Filmer, H. L. & Monsell, S. (2013). TMS to V1 spares discrimination of emotive relative to neutral body postures. *Neuropsychologia*, 51, 2485-2491

Langner, O., Dotsch, R., Bijlstra, G., Wigboldus, D. H. J., Hawk, S. T. & Knippenberg, A. (2010). Presentation and validation of the Radbound Faces Database. *Cognition and Emotion*, 24(8), 1377-1388

Petro, L. S., Smith, F. W., Schyns, P. G. & Muckli, L. (2013). Decoding face categories in diagnostic subregions of primary visual cortex. *European Journal of Neuroscience*, 37(7), 1130-1139

Zoova, S. (2015). TMS maskeeriv mõju sõltuvalt nägude emotsionaalsest sisust. (Publitseerimata bakalaureusetöö). Tartu Ülikool, Tallinn

Tamietto, M. & de Gelder, B. (2010). Neural bases of the non-conscious perception of emotional signals. *Nature Reviews Neuroscience*, *11*(10), 697–709.
<http://doi.org/10.1038/nrn2889>

Käesolevaga kinnitan, et olen korrekselt viidanud kõigile oma töös kasutatud teiste autorite poolt loodud kirjalikele töödele, lausetele, mõtetele, ideedele või andmetele.

Olen nõus oma töö avaldamisega Tartu Ülikooli digitaalarhiivis DSpace.

Elerin Urvak