

Tartu Ülikool
Sotsiaalteaduskond
Psühholoogia Instituut

Liisa Uutsalu

VILKUMISPOTENTSIAALID EMOTSIOONIDE REGULATSIOONI MARKERINA

Magistritöö

Juhendajad: Richard Naar, *MSc*, Helen Uusberg, *PhD* ja Andero Uusberg, *PhD*

Läbiv pealkiri: Vilkumispotentsiaalid regulatsiooni markerina

Tartu 2021

Vilkumispotentsiaalid emotsioonide regulatsiooni markerina

Kokkuvõte

Emotsioonide regulatsiooni uurimine on oluline selgitamaks eri strateegiate efektiivsust olenevalt olukorrast ja eesmärgist. Emotsiooniregulatsiooni oluliseks tahuks on seejuures afektiivse kogemuse muutumise ajaline dünaamika. Vilkumispotentsiaale (SSVEP) on emotsioonide regulatsiooni ajalise dünaamika uurimiseks veel vähe rakendatud, kuid mitte afektiivses kontekstis saadud tulemused viitavad, et võib olla selleks paljulubav meetod. Käesolevas eksperimendis näidati katseisikutele ($n = 44$) negatiivseid ja neutraalseid pilte ning olenevalt katsetingimusest paluti pilte lihtsalt vaadata või juhtida tähelepanu pildilt kõrvale. Instruksioon vahetus katse-esituse keskel neljal võimalikul hetkel, et peegeldada olukorda, kus strateegia sisselülitamise aeg võib oluliselt varieeruda. Varasemates uuringutes on leitud, et tähelepanu kõrvalejuhtimine vähendab gammasagedusliku vilkumise amplituudi, kuid läbiviidud eksperimendis amplituud üllatuslikult hoopis suurenes. Emotsioonide regulatsiooni uurimustes sagedasti kasutatud LPP metoodika peegeldas katseinstruksioonide erinevusi vahetult pärast stiimuli esitust, SSVEP seejuures peegeldas strateegiate erinevat töötlust ka pärast strateegia vahetust. SSVEP rakendatavus afektiivsete protsesside peegeldamisel vajab siiski veel edasist uurimist, iseäranis saadud tulemuste seoseid stiimulmaterjali kompleksuse või silmaliigutuste suhtes.

Märksõnad: SSVEP, LPP, emotsioonide regulatsioon, tähelepanu kõrvalejuhtimine

Steady-state visual evoked potentials as a research tool for emotion regulation**Abstract**

The study of emotion regulation is vital for explaining the effectiveness of different regulation strategies depending on the situation and purpose. An essential aspect of the emotion regulation process is temporal dynamics. The steady-state visual evoked potentials (SSVEP) have rarely been applied in that context, but previous results in the non-affective context point to SSVEP as a promising method in clarifying temporally dynamic processes. In the present study, participants ($n = 44$) were shown negative and neutral images. Depending on the test condition, they were asked to attend or withdraw attention from the image. Instructions were varied halfway through each trial at four possible moments to reflect the situation where the timing of the switch in the attentional strategy varies considerably. Previous studies have found that attentional distraction reduces the flickering related gamma activity, but the amplitude surprisingly increased in this study. LPP, a method previously often used in the emotion regulation context, reflected the task context immediately after presenting the stimulus. In contrast, SSVEP reflected different attentional strategies even after the change in strategy. The feasibility of SSVEP in studying temporal dynamics of emotion regulation need further investigation, especially the relations between current findings and stimulus complexity or eye movements.

Keywords: SSVEP, LPP, emotion regulation, distraction

Sissejuhatus

Emotsioonidega toimetulek on oluline eesmärgipäraseks tegutsemiseks. Siiski võib ette tulla olukorra või eesmärkidega mittesobivaid emotsioone, mis võivad inimeste igapäevast elu oluliselt häirida. Protsessi, mille jooksul kohandatakse domineerivat emotsiooni eesmärgile ja situatsioonile vastavamaks, nimetatakse emotsioonide regulatsiooniks (ER) (Gross, 1998). Emotsioonide regulatsiooni raskused on mitmete psühholoogiliste probleemide, muuhulgas ärevushäirete, meeleoluhäirete, söömishäirete või sõltuvushäirete riskiteguriks (Aldao, Nolen-Hoeksema & Schweiser, 2010; Gross, 2014). Selleks, et täpsemalt teada, millised emotsioonide regulatsiooni strateegiad on erinevates olukordades kasulikud ning millistele inimestele neid soovitada, on tarvis uurida erinevate strateegiate efektiivsust.

Efektiivsuse hindamise objektiivse markerina on emotsiooniregulatsiooni töödes palju kasutatud EEG sündmuspotentsiaale, mis on sobilik meetod teatud sündmuse suhtes ajaliselt fikseeritud töötamise uurimiseks (Luck, 2005). ER strateegiate rakendamine ei toimu aga alati sündmuse suhtes ajaliselt fikseeritult, vaid selle ajastus võib oluliselt varieeruda. Seega ei pruugi EEG sündmuspotentsiaalid olla kõige optimaalsem vahend afektiivse dünaamika uurimiseks (Williams, McArthur, & Badcock, 2021). Tähelepanuprotsesside kõrgema ajalise täpsusega uurimiseks on varasemates töödes kasutatud EEG vilkumispotentsiaale (Williams et al., 2021, Mora-Cortes, Ridderinkhof, & Cohen, 2018; Zhang, Hong, Gao, & Röder, 2017; Itthipuripat, Garcia, & Serences, 2013; Davidson, Mithen, Hogendoorn, van Boxtel, & Tsuchiya, 2020), kuid lähenemise efektiivsust on afektiivses kontekstis veel vähe uuritud. Käesolevas töös kõrvutatigi LPP ja SSVEP tundlikkust emotsioonide regulatsiooni kontekstis.

Emotsioonide regulatsioon

Strateegiaid emotsioonide reguleerimiseks on palju: ümberhindamine, tähelepanu kõrvalejuhtimine, emotsioonide allasurumine, aktsepteerimine jt. Selleks, et mõista ja eristada emotsioonide reguleerimise strateegiate sisulisi erinevusi, on üks võimalus esmalt vaadata emotsiooni tekkeprotsessi. Emotsiooni tekke mudelist lähtuva emotsiooniregulatsiooni protsessimudeli kohaselt võib emotsioonide tekkel eristada nelja etappi: situatsioon, tähelepanu, tõlgendamine ja reaktsioon (Gross, 1998, Barrett, Ochsner, & Gross, 2007, Gross, 2015). Emotsiooni tekke tsükkel võib jätkuda, alustades uuesti situatsioonist ja jõudes välja järgmise reaktsioonini.

Erinevad ER strateegiad sekkuvad erinevatesse emotsiooni tekke etappidesse ja muudavad tsüklit selliselt, et tekkiv emotsioon oleks inimese soovide ja eesmärkidega paremini kooskõlas. Inimene kasutab situatsioonilisi strateegiaid, kui ta reguleerib emotsiooni situatsiooni kuidagi muutes - näiteks olukorrast lahkudes või muutes selle mõnd aspekti. Kui inimene sekkub hiljem ja reguleerimine toimub tähelepanu etapis, võib ta kasutada tähelepanu kõrvalejuhtimise strateegiaid - näiteks suunab oma tähelepanu mõnele tegevusele, mis viib mõtted mujale. Kui emotsiooni teke on jõudnud tõlgendamise faasi, on üheks võimaluseks rakendada reguleerimisel ümberhindamist, näiteks püüdes potentsiaalset ohtu madalamaks hinnata. Kui emotsiooni teke on jõudnud reaktsioonini, saab inimene kasutada reguleerimiseks reaktsiooni moduleerivaid strateegiaid - näiteks turgutada alanenud meeleolu aktiivse liikumisega (Gross, 2014).

Teooriat võib ilmentada näitega, kus inimene valmistub esinemiseks (situatsioon). Hirmutunde tekkimisel võib ta situatsiooni kuidagi muuta, näiteks nihutada kõnepulti publikust kaugemale või õppida varasemalt ettekanne võimalikult hästi pähe. Siiski võib juhtuda, et inimene avastab ettekannet alustades, et saalis on palju rahvast ja mõni kuulaja haigutab või kortsutab kulmu (tähelepanu). Siinkohal on üheks võimaluseks suunata pilk üle kuulajate peade ning seejuures vältida ärevust tekitava info töötlemist. Kui tähelepanu siiski koondub nendele inimestele ja esineja tunneb ärevust, mõeldes, et tema ettekannet peetakse igavaks või veidraks (tõlgendus), võib esineja tõlgendada kuulaja kipras kulmu keskendumiseks või mõelda, et esinemisärevuse tundmine on loomulik ja samasugune tunne on kõigil, kes peavad avalikult esinema. Eelnevates etappides kogetu põhjustab muutuse (reaktsioon) inimese subjektiivses enesetundes (esinemisärevus), füsioloogilises reaktsioonis (suukuivus, peopesad lähevad higiseks) ja käitumuslikus reaktsioonis (hirmu peegeldav näoväljendus).

Erinevate strateegiate efektiivsuse hindamiseks on tarvis meetodit emotsionaalse reaktsiooni ajalise dünaamika hindamiseks. Emotsionaalsete reaktsioonide ajalise dünaamika uurimiseks sobivad hästi erinevad psühhofüsioloogilised mõõdikud. Psühhofüsioloogilised mõõdikud annavad sekkumise edukuse kohta ka sellist infot, mille subjektiivsete hinnangute kaudu kogumine on raskendatud või võimatu. Näiteks võimaldavad afektiivset tundlikkust omavate mõõdikute - elektroentsefalograafia (EEG), naha elektrijuhtivus (GSR), lihasaktiivsus (EMG) registreerimine koguda andmeid igal seerial ja kogu esituse vältel, mis subjektiivsete hinnangute puhul võiks katseisiku emotsionaalset kogemust muuta ning saadud tulemusi oluliselt kallutada.

Erinevate mõõdikute ajaline täpsus on erinev, mistõttu on regulatsiooniprotsessi ajalise dünaamika uurimisel oluline kasutada strateegiat, mis rakenduks kiiresti. Et sündmuspotentsiaale ja vilkumispotentsiaale süstemaatiliselt kõrvutada, keskendutigi tähelepanu kõrvalejuhtimise strateegiale. Tähelepanu kõrvalejuhtimine seisneb emotsionaalselt informatsioonilt tähelepanu eemaldamisel. Strateegia rakendub emotsiooni tekke varajases etapis (tähelepanu) ja seega takistab stiimuli afektiivse tähenduse töötlemist, mistõttu aitab strateegia kaasa ka intensiivse negatiivse tunde vähendamisel. Tähelepanu kõrvalejuhtimise tugevuseks võib pidada kiiret rakendumist ning väiksemat pingutust rakendamisel võrreldes kognitiivselt keerukama strateegia, näiteks ümberhindamisega. Seetõttu eelistavad inimesed tähelepanu kõrvalejuhtimist sageli just tugeva negatiivse afekti puhul (Sheppes et al., 2014).

Hiline positiivne potentsiaal (LPP)

Varasemates töödes on emotsioonide regulatsiooni strateegiate efektiivsuse uurimiseks kasutatud muuhulgas EEG sündmuspotentsiaale (ERP, *event related potential*), eeskätt hilist positiivset potentsiaali (LPP, *the Late Positive Potential*; Hajcak et al., 2013). LPP aktiveerub vastusena tugevale emotsionaalsele stiimulile, alates 300 ms pärast stiimuli ilmumist ja kestab mitmeid sekundeid kuni stiimuli ekraanilt kadumiseni või isegi kauem. LPP ilmneb kõige tugevamalt tsentraal - parietaal piirkondades (Hajcak, Dunning, & Foti, 2009; Gable, Adams, & Proudfit, 2015; Paul, Kathmann, & Riesel, 2016). LPP aktiveerumise mehhanism peitub seega tugeva positiivse või negatiivse valentsiga stiimulil, mis tõmbab endale inimese emotsionaalset tähelepanu ja peegeldub seejuures ka ajus toimunud aktiivsuse muutuses (Schupp et al., 2007). Erinevad uuringud on kinnitanud, et manipuleerides stiimuli sisulisi omadusi, muutub ka LPP kestus ja amplituud. Emotsionaalse tähelepanu kontekstis on leitud, et pildid, mis kujutavad evolutsiooniliselt olulist (toit, inimene, agressiivne loom) või õpitult (lemmikmeeskonna logo, haakrist) olulisi asju, kutsuvad esile kõrgema LPP kui neutraalsed või põnevad pildid spordist, mis on oma olemuselt hinnatud väga meeldivaks ja nauditavaks (Weinberg & Hajcak, 2010a). LPP-d on kasutatud emotsionaalse reaktiivsuse indikaatorina ka kliinilistes uuringutes (Hajcak & Foti, 2020). Emotsioonide regulatsiooni uuringutes on mõõdetud LPP amplituudi muutust erinevate strateegiate rakendamisel. Muuhulgas on leitud, et nii ümberhindamine kui tähelepanu kõrvalejuhtimine mõjutasid LPP amplituudi ja seejuures vähenes amplituud kiiremini kõrvalejuhtimise kui ümberhindamise strateegiat kasutades (Thiruchselvam, Blechert, Sheppes, Rydstrom, & Gross, 2011, Schönfelder, Kanske, Heissler, & Wessa, 2014).

LPP on seega emotsionaalse tähelepanu oluline marker ja andnud hulgaliselt infot nii emotsioonide regulatsiooni kui ka teiste protsesside toimimise kohta. Paraku võimaldab see mõõtevahend uurida põhiliselt stiimuliga faasi-sünkroonseid ajuprotsesse ehk stiimulist alati samal ajalisel distantstil toimuvaid protsesse. Mitmete afektiivsete protsesside vaatenurgast, nagu tõlgendus, ei ole see aga parim lahendus, sest tegemist on protsessidega, mille ajaline dünaamika võib olenevalt olukorrast varieeruda. Kui inimene on silmitsi negatiivse stiimuliga ja püüab kogetut ümberhinnata, võib regulatsioon võtta ühes olukorras kauem aega kui mõnes teises.

Vilkumispotentsiaalid ehk SSVEP

Vilkumispotentsiaalid ehk SSVEP (*steady-state visual evoked potential*) on vilkuva stiimuli jälgimisel tekkiv vilkumise sagedusele sünkroniseeritudajuaktiivsus (Adrian & Matthews, 1934; Adrian, 1944, Norcia, Appelbaum, Ales, Cottureau, & Rossion, 2015). Sarnaselt LPP-le on ka vilkumispotentsiaalid tundlikud tähelepanulises töötles toimuvate muutuste suhtes (Gulbinaite, Roozendaal, & VanRullen, 2019). Seejuures peegeldavad vilkumispotentsiaalid ka emotsionaalset tähelepanu. Ühes vilkumispotentsiaale uurivas töös näidati katseisikutele juhuslikus järjekorras meeldivaid, ebameeldivaid ja neutraalse sisuga pilte. Tulemustest selgus, et pildid, mis hinnati rohkem meeldivaks või ebameeldivaks, tekitasid ka suurema SSVEP amplituudi muutuse (Keil et al., 2003).

Kui LPP puhul on vaikivaks eelduseks, et uuritav töötles peaks sündmuse algushetke suhtes paiknema enam-vähem sama kaugel, siis SSVEP seda eeldust ei võta. Kui LPP seisukohast on igal esitusel tüüpiliselt üks sündmus (nt pildi ilmumine), siis SSVEP-i idee on tekitada palju üksteisele järgnevaid kiireid muutusi ehk sündmuseid. Üheks levinud viisiks, kuidas seda teha, on varieerida stiimulite kontrastsust kõrge ja madala vahel mitmeid kordi sekundis. Käesolevas töös eeldati, et vilkumispotentsiaalidel on eelis sündmusest kaugemal paiknemas aja-aknas võrreldes LPP-ga.

Vilkumispotentsiaalid on paljulubav, ent afektiregulatsiooni kontekstis küllaltki uudne mõõtevahend, mille edasiseks arendamiseks ja laiemaks rakendamiseks afektiivses teaduses, on vaja selgitada markeri seoseid afektiivsete protsessidega. Leidub vaid üksikuid uurimusi, mis on sidunud vilkumispotentsiaale emotsioonide regulatsiooni strateegiate efektiivsuse mõõtmisega (Hajcak, MacNamara, Foti, Ferri, & Keil, 2013; Heim & Keil, 2019). Varasemates töödes on kasutatud küllalt madalaid (põhiliselt alfa sagedusse jäävaid) sagedusi. Ühes taoliseks on uurimus, kus kombineeriti SSVEP-i ja LPP-d ning näidati, et negatiivsete piltide

vaatamisel suurenes nii LPP kui ka SSVEP amplituud (Hajcak, MacNamara, Foti, Ferri, & Keil, 2013). Kui tähelepanu markerina õnnestuks kasutada ka kõrgemat sagedust (> 40 Hz), oleks see eelistatum, sest madalatel sagedustel võib vilkumine katseisikutele häirivalt mõjuda ja on seega oluliseks emotsionaalse protsessi kulgemist mõjutavaks sekkuvaks muutujaks. Samuti võimaldab kõrgema SSVEP sageduse kasutamine uurida samas katses ka sündmuspotentsiaale ja paljude endogeensete sageduste dünaamikat, mis jäävad 40 Hz allapoole (Luck, 2005).

Käesolev uurimus

Töös uuriti vilkumispotentsiaalide võimet peegeldada emotsioonide regulatsiooni ajalist dünaamikat ja võrreldi seda afektiivses kirjanduses laialdaselt kasutatud hilise positiivse potentsiaaliga. Emotsiooniregulatsiooni strateegiaks valiti tähelepanu kõrvalejuhtimine. Erinevalt mitmetest teistest strateegiatest (nt ümberhindamine) on tähelepanu kõrvalejuhtimine kiiretoimelisem (Sheppes & Meiran, 2007; Gross, 2014), mis võimaldab strateegia sisselülitamise aega süstemaatiliselt varieerida ja seeläbi regulatsiooni ajalist dünaamikat uurida.

Eksperimendis nägid osalejad negatiivse ja neutraalse sisuga pilte. Pildi tekitatud negatiivse emotsiooni alla reguleerimiseks tuli kasutada tähelepanu kõrvalejuhtimise strateegiat. Olenevalt katsetingimusest oli katseisiku ülesandeks kas lihtsalt pilti vaadata või suunata mõte pildilt mujale. Selleks, et oleks võimalik uurida SSVEP ja LPP tundlikkust emotsiooniregulatsiooni ajalise dünaamika suhtes võis ülesanne poole esituse pealt muutuda. Kui katseisik lülitub sama pildi vaatamiselt tähelepanu kõrvalejuhtimisele, siis peaksid sellega seotud muutused peegelduma ka töös kasutatavates sõltuvates muutujates. Selleks, et saadud tulemused peegeldaksid enam olukorda, kus ajalist tundlikkust omavaid mõõdikuid praktikas kõige enam vaja oleks, ehk olukorda, kus emotsiooniregulatsiooni algusaeg pole emotsionaalsest stiimulist alati sama kaugel, siis varieeriti ka teise instruksiooni sisselülitamise aega.

Katse vältel mõõdeti EEG-ga osalejate ajuaktiivsust selliselt, et oleks hiljem võimalik välja lugeda nii SSVEP kui LPP amplituudide muutused. Esimese hüpoteesi kohaselt sõltuvad SSVEP ja LPP amplituudid afektiivsest stiimulmaterjalist (neutraalne/negatiivne) ja seejuures suureneb amplituud emotsionaalse pildi vaatamisel. Teiseks hüpoteesiks on, et SSVEP ja LPP amplituudid sõltuvad sekkumise strateegiast (vaata pilti/tähelepanu kõrvalejuhtimine) ja

seejuures suureneb amplituud pildi vaatamisel. Kolmandaks hüpoteesiks on, et teises aja-aknas on strategiast tingitud efektid suuremad SSVEP puhul kui LPP puhul.

Kirjeldatud eksperimendi põhjal valmib ka Siim Tarase bakalaureusetöö. Käesoleva töö autori panuseks on osalemine eksperimendi planeerimisel ja piloteerimisel, 25 katse läbiviimine, katse tarbeks vajaliku logistikaga tegelemine, andmeanalüüsi teostamine ning käesoleva töö kirjutamine.

Meetod

Valim

Uuringus osales 44 katseisikut (16 meest, keskmine vanus 31, $SD = 10.6$). Osalejatest 3 olid vasakukäelised. Enamikel katseisikutel oli emakeeleks eesti keel (41), kahel katseisikul vene keel ja ühel oli märgitud emakeeleks „muu“. Enamike katseikute nägemine oli eneseraporti alusel normaalne (20) või normaalseks korrigeeritud (21). Osalemine oli vabatahtlik ning katseisikud olid teadlikud, et neil on võimalus soovi korral katse pooleli jätta. Katse kooskõlastati Tartu Ülikooli Inimuuringute eetika komiteega. Katsed toimusid Tartu Ülikooli Chemicumi õppehoones (Ravila 14a) 2020. aasta lõpus (oktoober - detsember).

Uuringut reklaamiti sotsiaalmeedia kanalites (Facebook), TÜ õppehoonete teadetetahvlite ning meililistide kaudu. Osavõtu soovi avaldanutel tuli esmalt täita formr.org keskkonnas taustaküsimustik, mille põhjal paluti katsest loobuda alaealistel, tugeva verekartusega isikutel, retseptiravimite tarvitajatel, psühhoterapias käijatel ning kõigil neil, kes on viimase kahe aasta jooksul osalenud või plaanivad lähiajal osaleda mõnes teises TÜ uuringus, kus on kasutusel sarnased katsestiimulid. Katsest jäid eneseraportite alusel välja ka need, kellel on esinenud migreeni või epilepsiat, sest vilkuva pildi vaatamine võib põhjustada fotosensitiivse epilepsia puhul epilepsia hoo või migreeni (Fisher et al., 2005). Järgmise sammuna täitsid katsest huvitujad ka mõned küsimustikud (vt Lisa 1, nende küsimustike andmeid käesolevas töös ei analüüsita), mille järel said nad valida Calendly keskkonnas sobiva aja katsesse tulemiseks. Osalejad said meilile nõusoleku vormi, kus oli toodud katse kirjeldus ja osalemise kriteeriumid. Kaks päeva enne katse algust said osalejad meeldetuletava kirja peagi algavast katsest ning tutvumiseks ka katses osalemise nõusolekulehe. Osalejate vahel loosisime välja viis 20-eurost raamatupoe kinkekaarti. Osalejate motiveerimiseks pakkusime ka võimalust saada katses osalemise eest kolme tunni mahus katsepunkte ning ka isiksusetesti (Lisa 1) kohta tagasisidet.

Mõõtevahendid ja stiimulid

Katses kasutati 19 tollist katoodkiiretoruga monitori (Mithubishi Dimond Pro), mille värskendussagedus oli 85 Hz ja resolutsiooniks 800 x 600 pikslit. Aju elektrilise aktiivsuse mõõtmiseks kasutati Biosemi 32 elektroodiga EEG komplekti, mille mõõtesagedus oli 512 Hz. Näonahale kinnitati ka seitse lisaelektroodi, millest kaks kõrvaadele ja neli silmade ümber - kaks vertikaalsete ja kaks horisontaalsete silmaliigutuste registreerimiseks. Katses kasutati kulmukortsutaja lihase aktiivsuse registreerimiseks elektromüagraafiat (EMG), seejuures

ülemist, kulmu kohale asetatud vertikaalsete silmaliigutuste registreerimiseks mõeldud elektroodi kasutati võrdluselektroodina seitsmendale, kulmukortsutaja lihasele asetatud elektroodile. Lisaks EMG-le kasutati ka naha galvaanilist reaktsiooni hindavaid elektroode (GSR), mis kinnitati vasaku käe esimese ja teise sõrme otstele. Saadud andmeid selles töös ei analüüsita. Infot nende mõõdikute kohta leiab Siim Tarase bakalaureusetööst, kes analüüsib sama andmestikku naha galvaanilise reaktsiooni ja kulmukortsutaja lihase aktiivsusest lähtuvalt (Taras, 2021). Katseprogramm valmis tarkvarapakettis Psychopy (v3.2.4) (Peirce et al., 2019).

Katse tarbeks valiti stiimulpildid IAPS, NAPS ja EmoPicS andmebaasidest (Wessa et al., 2010; Marchewka et al., 2014; Lang et al., 2008). Katses kasutati kokku 128 pilti (64 neutraalset ja 64 ebameeldiva sisuga pilti), mille koodid leiab töö lisast (Lisa 2). Valitud pildid jaotusid nelja komplekti (a, b, c ja d) selliselt, et igas komplektis oli 32 pilti. Komplektis jaotusid pildid omakorda kaheks emotsioonikategooriaks – neutraalseks ja negatiivseks selliselt, et igas komplektis oli 16 neutraalset ja 16 negatiivset pilti. Piltide valimisel lähtuti sellest, et valituks osutuksid tajuliste tunnuste (kontrastsus, heledus, värvus, laotustihedus) ja semantiliste tunnuste (elus vs eluta objektid, neutraalne nägu vs verine nägu) poolest sarnased pildid. Veendumaks, et valitud pildid erinesid emotsioonikategooria lõikes nii intensiivsuse kui valentsi poolest, viidi andmebaasidest saadud normatiivsete hinnangute peal läbi dispersioonanalüüs (*ANOVA*) (Lisa 3). *ANOVA* tulemused näitasid, et loodud pildikomplektid normatiivsete hinnangute poolest ei erinenud ja erinevasse emotsioonikategooriasse kuuluvad pildid erinesid oluliselt nii valentsi kui intensiivsuse poolest (vt Lisa 3).

Protseduur

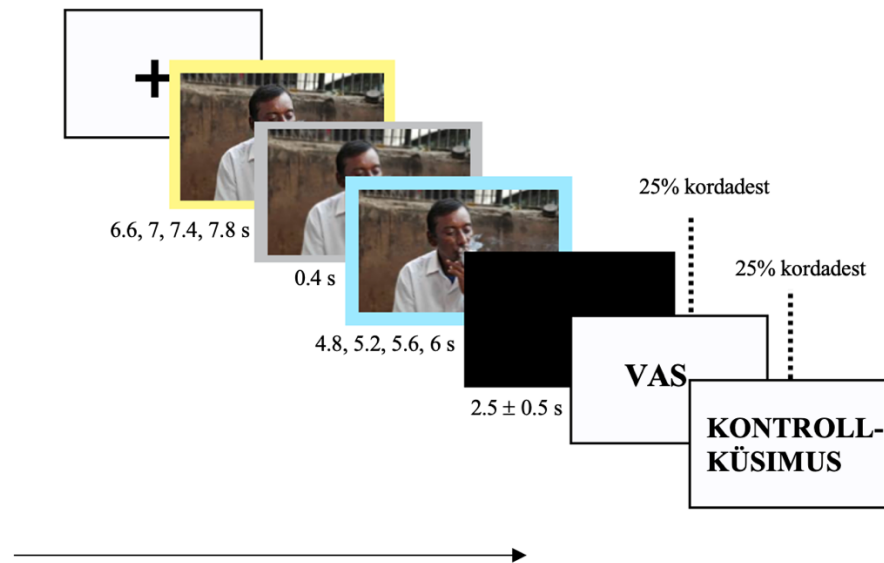
Katsed toimusid individuaalselt. Enne katse juurde asumist ja informeeritud nõusolekuvormi allkirjastamist kordas uuringu läbiviija nõusoleku vormi olulisemaid punkte, veendudes verekartuse, migreeni ja epilepsia puudumist katseisikul. Seejärel paluti osalejal mõõtmisi häirivad esemed katseruumist välja jätta (ehted, mobiiltelefon, nutikell). Katseisikul kulus osalemiseks 2-2.5 tundi, millest 1 tund oli katse kestus ning ülejäänud aeg kulus seadistamisele, instrueerimisele, küsimustiku täitmisele ja hilisemale debriefimisele. Pärast katset pakuti osalejatele võimalust juukseid pesta.

Osalejad istusid hämaras ruumis, 90 cm kaugusel ekraanist. Osalejate ülesandeks oli vaadata ekraanile ilmuvaid pilte. Piltide vaatamiseks said katseisikud kaks erinevat instruktsiooni: VAATA PILTI ja MÕTLE MUUST. Esimese puhul tuli loomulikult pildil

kujutletule reageerida. Loomulikult reageerimine tähendas seda, et osalejad pidid pilti vaatama ning laskma erinevatel tunnetel tekkida, mitte neid seejuures reguleerima. Muust mõtlemise instruksiooni ajal oli katseisiku ülesandeks mõelda neutraalsele igapäeva tegevusele või esemele. Mõttes kujuteldav ei tohtinud olla pildiga seotud või tekitada tugevaid negatiivseid või positiivseid tundeid. VAATA PILTI on seejuures kontrolltingimus ning MÕTLE MUUST mudeldab tähelepanu kõrvalejuhtumise strateegiat. Täpsete instruksioonidega on võimalik tutvuda töö lisades (Lisa 4).

Enne katse algust oli sissejuhatav osa, kus selgitati katses toimuvat ning lasti osalejatel harjutada kahe katseinstruksiooni täitmist. Harjutusseeria esimeses osas selgitas katse läbiviija katse käiku. Seejärel said osalejad omas tempos vaadata kolme harjutuspilti, et kummagi instruksiooni täitmist harjutada. Sissejuhatuse teises osas tuli osalejatel vaadata iseseisvalt katse tempos nelja pilti ning jälgida instruksioone. Harjutusseeria stiimulite koodid on toodud töö lisades (Lisa 2). Vajadusel jagati täpsustusi ja vastati tekkinud küsimustele. Kui harjutusseeria oli läbitud ning katse käik selge, võis osaleja katsega alustada.

Katse koosnes kahest osast – emotsioonide reguleerimise katseosa ja stiimulite taasesitus. Käesolevas töös teise katseosa andmeid ei analüüsita. Joonisel 2 on kirjeldatud katse esimest osa, mille jooksul oli katseisikute ülesandeks vaadata pilte kahel erineval moel. Pilte ümbritses raam, mille värv tähistas kindlat instruksiooni. Pooltel katseisikutel tähendas pilti ümbritsev sinine raam tähelepanu kõrvalejuhtumist ehk muust mõtlemist ning pooltel pildi vaatamist ehk loomulikult reageerimist. Katseisikud nägid pilti kokku 13 sekundit, mille jooksul tuli rakendada kas terve pildi vältel ühte instruksiooni või pildi jooksul lülituda ümber teisele. Katses oli neli võimalikku instruksioonide kombinatsiooni (MÕTLE MUUST - MÕTLE MUUST, VAATA PILTI - VAATA PILTI, MÕTLE MUUST - VAATA PILTI, VAATA PILTI - MÕTLE MUUST). Ülesande võimalikust vahetumisest andis märku 0,4 sekundiks ilmuv hall raam. Katse vältel nägid katseisikud juhuslikel kordadel ka meenutust värvide tähenduse kohta (10% seeriatest). Selleks, et täita katse eesmärgi, varieeriti ülesande vahetumise aega. Teine ülesanne lülitus sisse 6,6, 7, 7,4 või 7,8 sekundit pärast esituse algust (joonis 2).



Joonis 2. Esimesele katseosale (emotsioonide reguleerimisele) vastava esituse skemaatiline ülesehitus (pilt on illustreeriv). Joonisel on kujutatud katsetingimus, kus instruksioon poole seeria pealt muutub. Tegemist on ühega neljast võimalikust katsetingimusest. Raami värvile vastav tähendus oli osalejate vahel tasakaalustatud.

Kuna SSVEP on ajupotentsiaal, mis ilmub vastusena ühtlaselt vilkuvale stiimulile, siis varieeriti piltide kontrastust 42.5 korda sekundis (50-100%). Otsustati selle sageduse kasuks, sest varasemas töös on sellel sagedusel tähelepanu mõju demonstreeritud (Gulbinaite et al., 2019). Samuti seetõttu, et tegemist on küllalt kiire vilkumisega, mis vähendab vilkumisest tingitud ebamugavustunnet. Järeלקüsimustiku vastuste põhjal selgus, et 22 osalejat ei pannud vilkumist üldse tähele ja ülejäänud katseisikud nägid vilkumist, kas vaevumärgatavalt (18), hästi aimatavalt (1) või täiesti selgelt (3). Enamik osalejatest ei pidanud vilkumist häirivaks (32) või neid see pigem ei häirinud (8). Kolme katseisikut häiris vilkumine natukene ja ühele osalejale mõjus vilkumine häirivalt.

Aeg-ajalt ilmus pärast pildi kadumist ekraanile küsimus negatiivse subjektiivse tunde kohta või kontrollküsimus viimasena rakendatud strateegia kohta. Küsimused ilmusid visuaal-analoog skaalal ning esimene neist oli järgnev: *Kui negatiivselt Sa ennast hetkel tunned?* (0 – üldse mitte negatiivselt, 100 – väga negatiivselt). Teine küsimus oli: *Millist juhendit Sa pildi*

vaatamise ajal viimasena rakendasid? (0 – vaata pilti, 100 – mõtle muust).¹ Sissejuhatavas osas pidi katseisik iga pildi järel küsimustele vastama, hiljem küsiti mõlemat küsimust 25% kordadel.

Katse teises osas nägid katseisikud kõiki pilte uuesti. Sel korral oli ülesandeks lihtsalt piltide vaatamine. Pärast iga pildi näitamist küsisime katseisikult hinnangut enesetunde kohta juba tuttavalt skaalal. Piltidel ei olnud enam raame ja puudus ka vilkumine. Selleks, et pildid paistaksid tajutud kontrasti poolest vilkuvate piltidega sarnased, oli selles plokis piltide kontrastus 75%. Pildid ilmusid ekraanile 2.6 sekundiks, millele järgnes kohe enesetunnet hindav küsimus. Käesoleva töö fookuses on esimene katseosa. Teise katseosa tulemuste, ehk GSR-i ja EMG-d puudutavate tulemustega saab tutvuda Siim Terasse uurimistöös (Taras, 2021).

Pärast katset täitsid osalejad formr.org keskkonnas järelküsimustiku, milles uurisime katseisikute viimase kahe nädala emotsionaalset seisundit ja küsisime mõne küsimuse katses tajutu, muuhulgas vilkumise häirivuse ja piltide ebameeldivuse kohta (Lisa 1). Pärast küsimustiku täitmist uurisime osalejate muljeid ja tutvustasime uuringu eesmäärke ning vastasime tekkinud küsimustele.

¹ Wilcoxon'i test näitas, et katseisikud vastasid kahele küsimusele keskmiselt ($M = 96.09$, $SD = 6.56$) statistiliselt oluliselt täpsemalt kui juhuslikult ($M = 50$) eeldades ($V = 990$, $p < 0.005$).

Andmetöötlus

Andmete analüüsimiseks kasutati statistikaprogrammi R ja RStudio (R Core Team, 2021). Andmeanalüüsi teostamiseks kasutati erinevaid pakette. Korduvmõõtmiste ANOVA teostati paketi *ez* (Lawrence, 2016) ning mitteparameetrilise ANOVA vaste ART ANOVA (*aligned rank transform ANOVA*) puhul kasutati paketti *ARTool* (Elkin, Kay, Higgins, & Wobbrock, 2021). Andmete visualiseerimiseks kasutati paketti *ggplot2* (Wickham et al., 2020).

Katset kirjeldav üldine ANOVA mudel on 2 (valents: neutraalne, negatiivne) $\times 4$ (katsetingimus: VAATA PILTI-VAATA PILTI, MÕTLE MUUST-MÕTLE MUUST, VAATA PILTI-MÕTLE MUUST, MÕTLE MUUST-VAATA PILTI) $\times 2$ (aja-aken: esimene, teine). Mudel aitab hinnata tähelepanu kõrvalejuhtimise efektiivsust peegeldavate mõõdikute ajalist tundlikkust.

Selleks, et uurida, kuidas mõjutasid manipulatsioonid LPP-d, teostati korduvmõõtmiste ANOVA 2 (instruktsioon) $\times 2$ (aja-aken) $\times 2$ (valents). Järgnevalt uuriti, kuidas peegeldas LPP regulatsiooniprotsessi ajalist dünaamikat. Selleks viidi läbi korduvmõõtmiste ANOVA 4 (katsetingimus) $\times 2$ (aja-aken).

Vilkumispotentsiaalide analüüsis rakendati kolme mudelit. Esimesel juhul kontrolliti ühefaktorilise dispersioonanalüüsiga, kas vilkumine oli usaldusväärselt kuklasagara elektroodist välja loetav. Analüüsis oli sagedusel viis taset (42.5 Hz, 85 Hz, 127.5 Hz, 170 Hz, 2.5-250 Hz). Teisel juhul uuriti mitteparameetrilise ART ANOVA-ga, 2 (instruktsioon) $\times 2$ (emotsioonikategooria) $\times 2$ (aja-aken), kuidas mõjutasid katsemanipulatsioonid vilkumisega seotud ajuaktiivsust. Kolmandal juhul kontrolliti korduvmõõtmiste ANOVA, 4 (instruktsioon), $\times 2$ (aja-aken), kas vilkumine peegeldas instruktsioonide vahetumise ajalist dünaamikat.

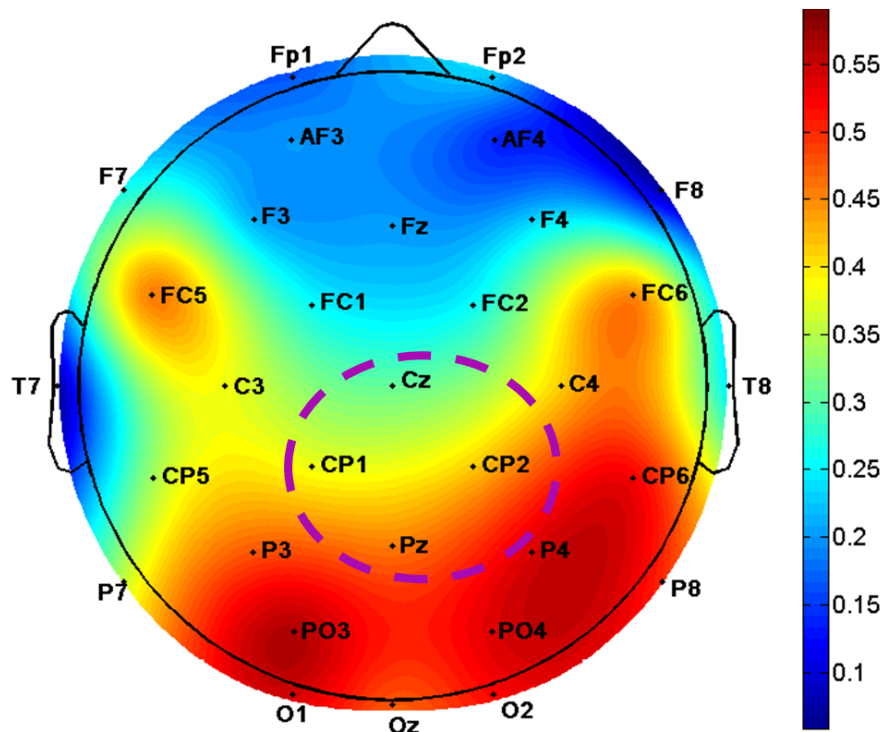
Vilkumispotentsiaalide (SSVEP) eeltöötlus

EEG andmete eeltöötlus toimus arvutustarkvaras MATLAB (The MathWorks, Inc.). Vilkumispotentsiaalide analüüsides kasutatud andmete filtreerimiseks ja mürarikaste elektroodide eemaldamiseks kasutati EEGLABi koosseisu kuuluvaid funktsioone. Kõrgpääsu filtri äralõikeks valiti 1 Hz. Analüüsides jäid välja elektroodid, millel puhul esines vähemalt üks 5 s või pikema kestusega puuduvate andmetega lõik. Analüüsides ei jäänud välja ühtki seeriat ega katseisikut. Edasiseks eeltöötlemiseks jagati andmed sündmussignaali alusel 13 sekundilisteks aja-akendeks.

Kontrollimaks, et vilkumissagedusele (42.5 Hz) vastav signaal on usaldusväärselt EEG signaalist väljaloetav, leiti kõigile katseisikute Oz elektroodile koherentselt keskmistatud ja

Fourier' kiirteisenduse kaudu saadud amplituudid. Selleks, et Fourier' analüüsi väljundi sagedusresolutsioon oleks piisav stimuleeritud sageduse eristamiseks (st sageduslik lahutusvõime vähemalt 0.5 Hz) jagati koherentsel keskmistamisel sündmussignaali suhtes defineeritud aja-aknad kahesekundilisteks lõikudeks. Iga pildi kohta leiti seega kuus lõiku. Esimene lõik leiti 0.6 s pärast pildi ilmumist, et vältida pildi ilmumisega seotud sündmuspotentsiaalide lekkimist sagedussignaali. Seejärel teisendati amplituudid signaali-ja-müra ühikutesse. Kõigi signaali-ja-müra analüüsides puhul jagati iga Fourier' kiirteisendusel saadud sageduse amplituud läbi teda ümbritsevate sageduste (2 Hz) amplituudide keskmisega selliselt, et vahetult andmepunkti kõrvale jäävaid andmeid (0,5 Hz) keskmisesse ei kaasatud.

Teisele manipulatsioonikontrollile vastava analüüs oli analoogne, kuid Oz kanali asemel kasutati selles analüüsis Cohen & Gulbinaite (2017) poolt kirjeldatud signaali rekonstrueerimise meetodit, mis võimaldab analüüsi kaasata kõik EEG elektroodid. Täpsemalt leiti igale katseisikule kõigi kanalite kaalutud keskmine selliselt, et suurema kaalu said need elektroodid, milles uuritavat signaali (42.5 Hz) enam leidis. Joonisel 3 on toodud kanalite kaalude keskmised üle kõigi katseisikute. Analoogselt eelmise analüüsiga leiti ka selles analüüsis Fourier' kiirteisendusel saadud ja koherentselt keskmistatud amplituudide signaali ja müra suhted.



Joonis 3. Vilkumispotentsiaalide analüüsis kasutatud ja üle kõigi katseisikute ($N = 44$) leitud keskmiste kaalude topograafia. Violetse ringiga märgitud ala sisse jäävaid elektroode kasutati LPP analüüsides.

Kuna Fourier' kiirteisendus ei võimalda väga täpset ajalist lokaliseerimist, siis viidi läbi ka Morlet lainikute analüüs (*Morlet wavelet-transform*), kus lainiku sageduseks valiti stimulatsiooni sagedus 42.5 Hz ja laiuseks 21.25 tsükli, mis annab saadud tulemuste ajaliseks määramatuseks umbes 0.25 sekundit. Täpsemalt kasutati analüüsis lainikute teisenduse kaudu saadud seeriavahelist faasisünkroonsust. Esimene ja teine aja-aken leiti selliselt, et esimene ja teine aja-aken paikneksid pildi ilmunisest (0 s) ja mudeldatava instruksiooni vahetumisega seotud sündmuse algusest (7 s) sama kaugel ning oleksid sama kestusega. Visuaalsel vaatlusel leiti, et kummagi tingimuse rahuldamisel eristuvad tingimused enim aja-akendes, mis jäävad sündmusest 1.5 s kaugusele ja on 3 s pikkused.

Hiline positiivne potentsiaal (LPP)

LPP analüüsimiseks tuleb EEG toorsignaali vilkumispotentsiaalide eeltötlusega võrreldes erinevalt töödelda, et eemaldada silmaliigutuste artefaktid ning vältida LPP amplituudi kunstlikku vähendamist kõrgpääsu filtri poolt. Silmaliigutustega seotud artefaktide eemaldamiseks kasutati sõltumatute komponentide analüüsi (*Independent Component Analysis*). Enne analüüsi teostamist tehti toorandmetest koopia ja rakendati sellel EEGLABi koosseisu kuuluvat kõrgpääsu filtrit (1 Hz). Seejärel leiti samal andmestikul pildi ilmunise või instruksiooni muutumisega seotud sündmussignaali alusel (-1.5 – 3.5) aja-aknad, mille peal andmed alakomponentideks jagada. Eristusvõime suurendamiseks kasutati komponentide leidmisel ka näole asetatud EOG elektroode.

Filtreeritud andmetel leitud komponendid kanti üle filtreerimata toorandmetele. Seejärel eemaldati toorandmetest komponendid, mis topograafia ja aegrea visuaalse vaatluse alusel vastasid horisontaalsetele või vertikaalsetele silmaliigutustele ja silmapilgutustele. Elektri juhtmetest, lihasaktiivsusest ja muust sündmuspotentsiaalidega mitte seotud kõrgsageduslikust müra vabanemiseks kasutati 30 Hz äralõikega madalpääsu filtrit. Andmed jagati pildi ilmunisega seotud sündmuste suhtes aja-akendeks (-0.2 – 13 s). Seejärel jäeti välja seeriad, millel esines väga suuri EEG signaali muutusi ($> 150 \mu V$, u 18%). Analüüsides jäeti välja katseisikud, kelle puhul jäi vähemalt ühes katsetingimuses alles vähem kui 50% seeriast, mille tulemusel jäi lõppanalüüsidesse 26 katseisikut. Sarnaselt varasematele töödele kasutati LPP analüüsides Pz, Cz, CP1 ja CP2 elektrootide keskmist (Hajcak, Dunning, & Foti,

2009; Gable, Adams, & Proudfit, 2015; Paul, Kathmann, & Riesel, 2016). Saadud amplituudidest lahutati maha pildi esitusele eelnenud aktiivsus (0.2). Analüüsitavateks aja-akendeks olid 3.5 – 5 s ja 10.5 – 12 s ehk 3.5 sekundit pärast esimest ja teist sündmust. Tegemist ei ole tüüpiliste LPP aja-akendega, mida varasemates töodes on kasutatud. Selleks, et hinnata LPP võimekust peegeldada stiimuli ilmumise suhtes faasi asünkroonseid emotsioonide regulatsiooni protsessi, võeti uurimise alla pikemad aja-aknad.

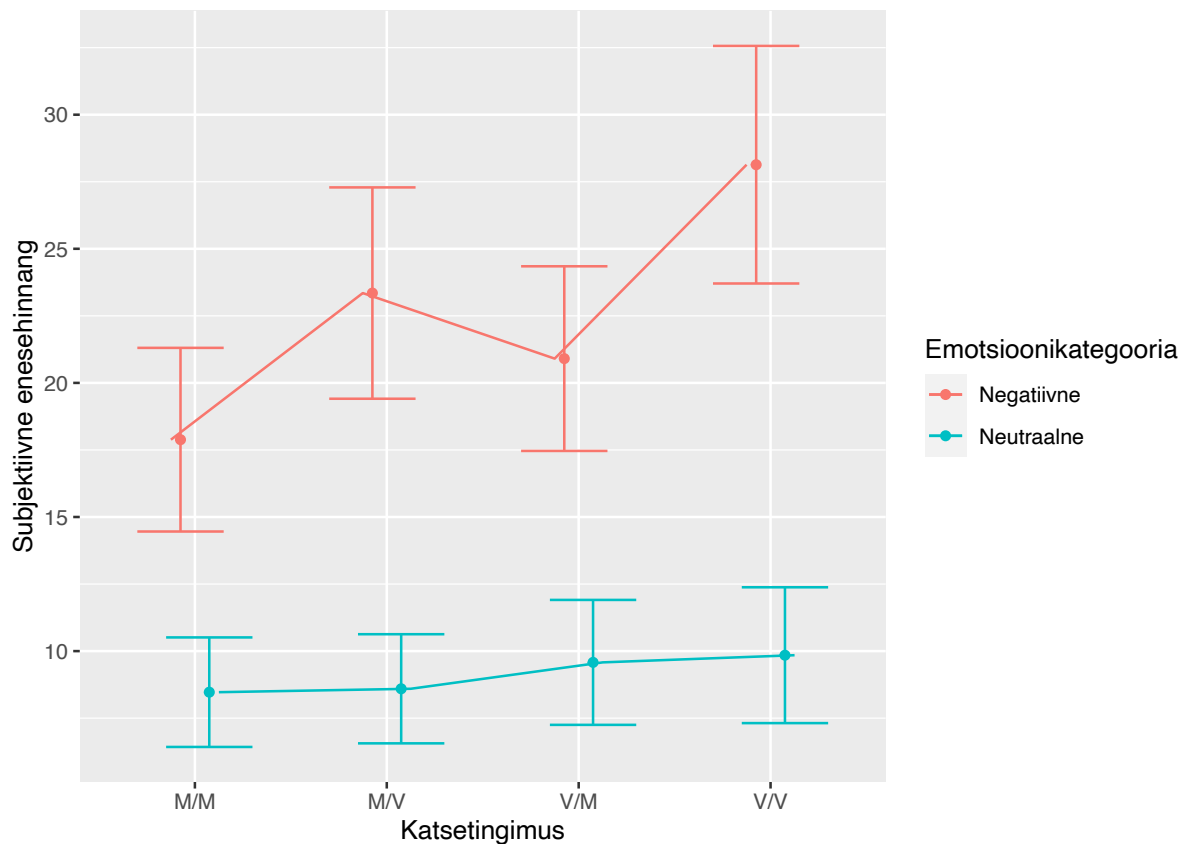
Tulemused

Subjektiivne enesetunne

Esmalt uuriti katseisikute subjektiivset enesetunnet ja seda, kas piltide valents või katsetingimus mängis negatiivse subjektiivse tunde kujunemisel rolli. Selleks viidi läbi 2 (valents) x 4 (katsetingimus) kordumõõtmiste ANOVA. Emotsioonikategooria peaefekt osutus statistiliselt oluliseks ($F_{(1, 43)} = 32.252, p < 0.05, ges = 0.093$). Negatiivsete piltide keskmine hinnang oli 22.57 ($SD = 25.97$) ja neutraalsete puhul 9.12 ($SD = 15.06$), mis viitab sellele, et osalejad tundsid end ootuspäraselt negatiivsete piltide vaatamise järgselt negatiivsemalt. Statistiliselt oluliseks osutus ka katsetingimuse peaefekt ($F_{(3, 129)} = 4.816, p < 0.05, ges = 0.009$). Samuti valentsi ja katsetingimuse interaktsioon ($F_{(3, 129)} = 6.851, p < 0.05, ges = 0.006$). Seega valents mõjus katseisikutele erinevalt vastavalt sellele, millise tingimusega oli tegu, nagu kirjeldatakse järgmises lõigus.

Kõikides tingimustes hinnati negatiivseid pilte negatiivsemaks kui neutraalseid pilte ($p < 0.05$). Neutraalsete piltide hinnangutes tingimuste vahel erinevusi ei olnud ($p \geq 0.29$). Negatiivsete piltide puhul sõltus enesetundele antud hinnang nii sellest, kas enne hinnangu andmist keskenduti pildi sisule või rakendati tähelepanu eemalejuhtimise instruksiooni, kui sellest, kas seda täideti kogu esituse vältel või muutus instruksioon poole esituse jooksul (Joonis 2). Negatiivsete piltide hinnangud olid oluliselt negatiivsemad VAATA PILTI-VAATA PILTI tingimuses ($M = 28.13, SD = 29.76$) kui tingimuses MÕTLE MUUST – MÕTLE MUUST ($M = 17.88, SD = 23.01, p < 0.05$). Samuti olid negatiivsete piltide hinnangud negatiivsemad tingimuses VAATA PILTI – VAATA PILTI ($M = 28.13, SD = 29.76$) kui tingimuses VAATA PILTI – MÕTLE MUUST ($M = 20.9, SD = 23.14, p < 0.05$) või tingimuses MÕTLE MUUST – VAATA PILTI ($M = 12.3, SD = 26.48, p < 0.05$). Tingimuste MÕTLE MUUST – VAATA PILTI ($M = 23.35, SD = 26.5$) ja VAATA PILTI – MÕTLE MUUST ($M = 20.9, SD = 23.14$) aegsed negatiivsete piltide hinnangud aga ei erinenud

($p = 0.057$). Joonisel 3 on näha hinnangute jaotus olenevalt emotsioonikategooriast ja katsetingimusest.

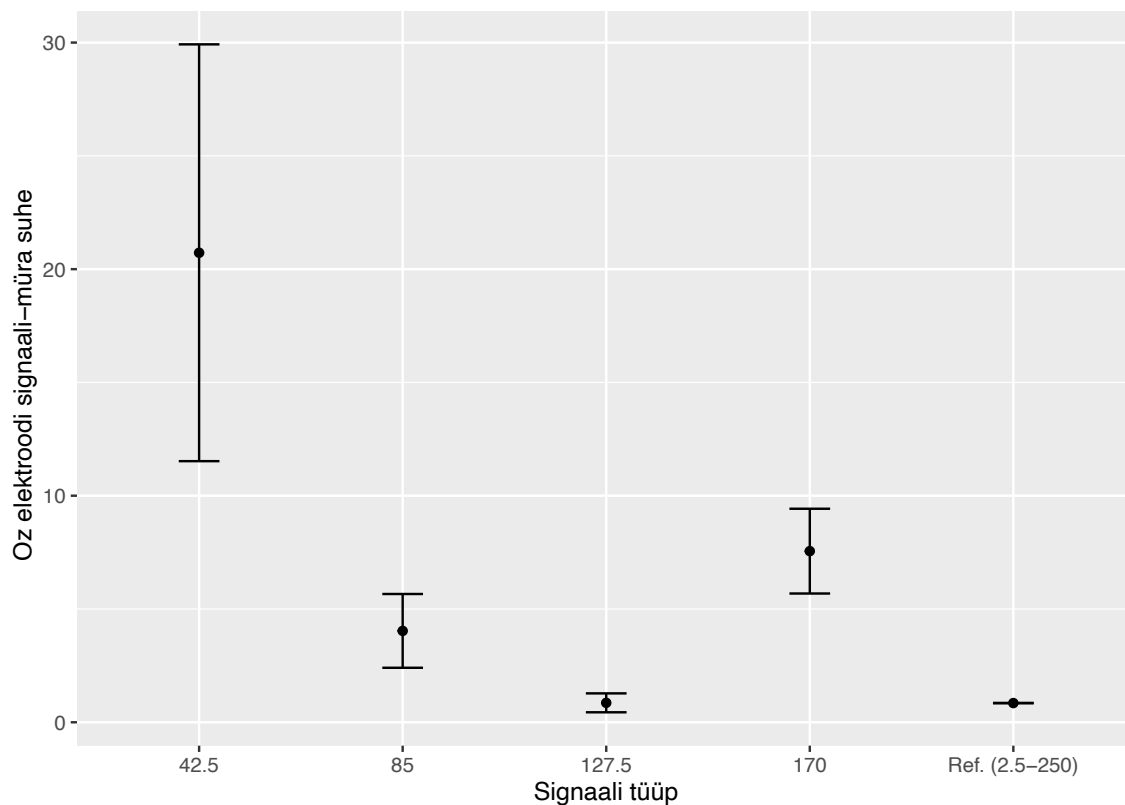


Joonis 3. Keskmised subjektiivsed negatiivse tunde hinnangud katsetingimuste ja emotsioonikategooriate lõikes. Skaalal 0-100 viitavad suuremad väärtused negatiivsemale enesetundele. Haarad tähistavad 95% usaldusvahemikku. Katsetingimus "M" kirjeldab MÕTLE MUUST instruksiooni ning "V" VAATA PILTI instruksiooni.

Vilkumispotentsiaalid

Järgmiseks uuriti SSVEP meetodika toimimist katses, ehk seda kas vilkumine oli kuklasagara keskjoonel paiknevast Oz elektroodist usaldusväärselt välja loetav. Valituks osutus Oz elektrood, sest vilkumispotentsiaalid on suurima amplituudiga just nägemispiirkonnas (Norcia, Appelbaum, Ales, Cottureau, & Rossion, 2015). Selleks võeti vaatluse alla Oz elektroodi signaali-müra suhe ning vilkumissagedusele vastav aju vastus (42.5 Hz) koos selle sagedusega seotud kolmele harmooniale ning baastasemele. Vilkumine kutsub tavaliselt kõrgeima vastuse esile vilkumisele vastaval sagedusel ehk fundamentaalsagedusel, kuid sõltuvalt vilkumise tüübist (hajutatud või järsu üleminekuga) ja sellest, kuidas

vilkumisega seotud infot ajus töödeldakse, võib esineda väljalööke sama sagedusega seotud harmooniatel (Norcia et al., 2015). Harmooniate sagedused saadakse fundamentaalsageduse korrutamisel täisarvuga. Analüüsis uuriti fundamentaalsagedusele vastavat kolme harmooniat ($42.5\text{Hz} \times 2$, $42.5\text{Hz} \times 3$ ja $42.5\text{Hz} \times 4$). Ühefaktorilise korduvmõõtmiste ANOVA tulemusena selgus, et SSVEP meetodika toimis, ehk vilkumisele vastav sagedus oli Oz elektroodist usaldusväärselt välja loetav ($F_{(4,172)} = 16.251$, $p < 0.05$, $ges = 0.221$). Jooniselt 4 näeb erinevate sageduste keskmisi koos usaldusvahemikega. Post-hoc analüüs näitas, et vilkumisele vastav signaal (42.5 Hz) erines harmooniate ja baastaseme võrdluses statistiliselt oluliselt ($p < 0.05$). Ka teised paarid erinesid statistiliselt oluliselt, peale teise harmoonia (127.5 Hz) ja baastaseme paari ($p = 0.96$).



Joonis 4. Keskmise signaali-müra suhe signaali tüübi põhjal. 42.5 Hz on uuritav sagedus, millele järgnevad sagedusega seotud kolm harmooniat ning baastase. Joonisel kujutatud haardad kirjeldavad 95% usaldusvahemikku.

Järgmiseks analüüsiti katsemanipulatsioonide mõju vilkumissagedusega seotud signaalile ajus. Seejuures võeti kasutusse signaali rekonstrueerimise meetod, mis võimaldab lisaks Oz elektroodile analüüsi kaasata ka kõik teised elektroodid (Cohen & Gulbinaite, 2017). Analüüsides kasutati Fourier' kiirteisendusel (*fast fourier transform*) saadud ja

vilkumissagedusele vastavat sagedusamplituudi signaali ja müra suhet. Katsemanipulatsioonide mõju uurimiseks viidi läbi mitteparameetriline korduvmõõtmiste ART ANOVA, 2 (instruktsioon) $\times 2$ (valents) $\times 2$ (aja-aken), mille tulemusena selgus statistiliselt oluline erinevus instruktsiooni ja vilkumisest tingitud ajuvastuse vahel. Seejuures aja-akna, valentsi ega interaktsioonide puhul statistilist olulisust ei esinenud (Tabel 1). Nii negatiivsete kui neutraalsete piltide puhul sõltus ajuvastus sellest, kas ülesandeks oli pilti vaadata või muust mõelda. Tingimusest VAATA PILTI neutraalne ($M = 23.63$, $SD = 41.73$), erinesid tingimused MÕTLE MUUST neutraalne ($M = 38.49$, $SD = 76.4$), MÕTLE MUUST negatiivne ($M = 39.83$, $SD = 86.06$) ja VAATA PILTI negatiivne ($M = 17.75$, $SD = 23.55$).

Tabel 1.

Vilkumispotentsiaalide seos instruktsiooni, aja-akna ja valentsiga.

	<i>df</i>	<i>df2</i>	<i>F</i>	<i>p</i>
Instruktsioon	1	301	8.64	<0.05
Valents	1	301	0.39	0.5
Aja-aken	1	301	0.92	0.34
Instruktsioon $\times$ Valents	1	301	0.01	0.99
Instruktsioon $\times$ Aja-aken	1	301	0.75	0.39
Valents $\times$ Aja-aken	1	301	0.11	0.75
Katsetingimus $\times$ Valents $\times$ Aja-aken	1	301	0.01	0.80

Märkus: Tabelis on näha 2 (instruktsioon), $\times 2$ (aja-aken) $\times 2$ (valents) korduvmõõtmiste ANOVA tulemusi.

Järgmiseks uuriti, kas vilkumisega seotud ajuvastus peegeldab instruktsioonide vahetumise ajalist dünaamikat. Kuna Fourier' kiirteisendus ei võimalda sageduskomponente väga täpselt ajas lokaliseerida, siis kasutati nendes analüüsides Morlet lainikute teisendust (*Morlet wavelet transformation*). Täpsemalt analüüsiti lainikute teisenduse kaudu saadud ja vilkumise sagedusele vastavat seeriavahelise sünkroonsuse (*inter-trial phase clustering*) muutumist ajas. Kuna eelnevas analüüsis selgus, et valents ei mõjuta vilkumisega seotud töötlust ajus, siis jäeti see järgnevast analüüsist välja. Selle kontrollimiseks viidi läbi korduvmõõtmiste ANOVA 4 (katsetingimus) $\times 2$ (aja-aken) ning uuriti, kas vilkumispotentsiaalide signaal peegeldas ka ajalise dünaamika manipulatsioone. Katseseeriast võeti kaks võrdse kestusega aja-akent, et vaadelda vilkumisega seotud signaali

nelja katsetingimuse puhul. Juhul kui signaal oleks tundlik ajalise dünaamika suhtes, oleks kummaski aja-aknas näha erinevate instruktsioonide puhul statistiliselt olulist erinevust. Tabelis 2 näeb analüüsi peaefektide ja koosmõju tulemusi. Tulemustest selgus, et instruktsioon mõjutas statistiliselt oluliselt vilkumisega seotud vastust ajus. Aja-aken mõjutas signaali ainult koos instruktsiooniga.

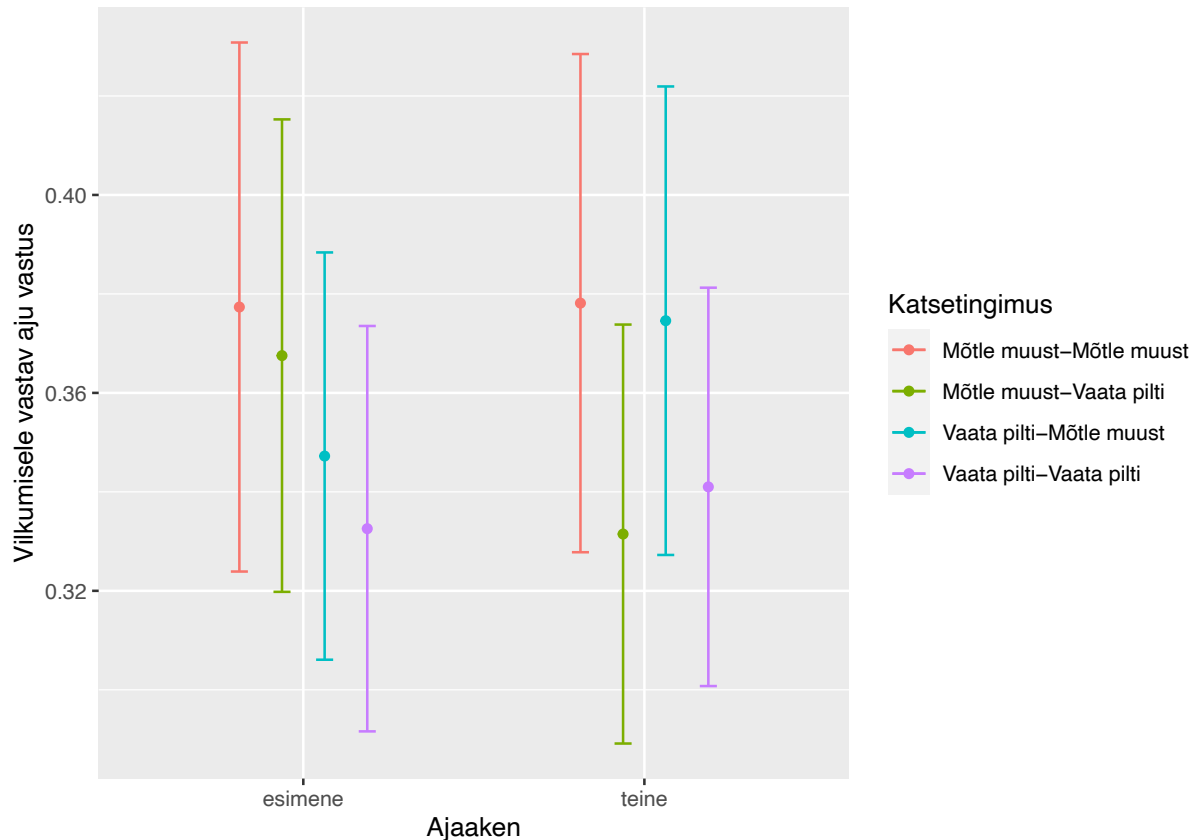
Tabel 2.

Vilkumispotentsiaalide seos ajalise dünaamika ja katsetingimusega.

	<i>df</i>	<i>df</i> ₂	<i>F</i>	<i>p</i>	η^2G
Katsetingimus	2.7	116.3	6.341	<.01	1×10^{-3}
Aja-aken	1	43	.00	.98	2×10^{-7}
Katsetingimus $\times$ Aja-aken	2	84	4.025	<.05	6×10^{-3}

Märkus: Tabelis on näha 4 (katsetingimus), $\times$ 2 (aja-aken) korduvmõõtmiste ANOVA tulemusi.

Post-hoc analüüs näitas, et esimeses aja-aknas erinesid statistiliselt oluliselt tingimusest VAATA PILTI – VAATA PILTI ($M = 0.33$, $SD = 0.13$) tingimused MÕTLE MUUST – MÕLTE MUUST ($M = 0.38$, $SD = 0.18$) ja MÕTLE MUUST- VAATA PILTI ($M = 0.37$, $SD = 0.16$), aga mitte VAATA PILTI – MÕLTE MUUST ($p = 0.3$). Teises aja-aknas erinesid tingimusest VAATA PILTI -VAATA PILTI ($M = 0.34$, $SD = 0.13$) tingimused MÕTLE MUUST-MÕTLE MUUST ($M = 0.38$, $SD = 0.17$) ja VAATA PILTI – MÕTLE MUUST ($M = 0.37$, $SD = 0.16$), aga mitte MÕTLE MUUST – VAATA PILTI ($p = 0.5$). Tingimusest MÕTLE MUUST – MÕTLE MUUST erines veel tingimus MÕTLE MUUST – VAATA PILTI ($M = 0.33$, $SD = 0.14$), aga mitte VAATA PILTI – MÕTLE MUUST ($p = 0.8$). Samuti erinesid tingimused VAATA PILTI – MÕTLE MUUST ($M = 0.37$, $SD = 0.16$), ja MÕTLE MUUST–VAATA PILTI ($M = 0.33$, $SD = 0.14$). Esimeses aja-aknas samad katsetingimused statistiliselt oluliselt ei erinenud ($p \geq 0.14$). Joonisel 5 näeb tingimuste keskmisi vilkumisega seotud ajuvastuseid kummaski aja-aknas.



Joonis 5. Katsetingimuste keskmised vilkumisega seotud signaalid (seeriatevaheline faasisünkroonsus) mõlemas aja-aknas. Joonisel kirjeldatud haarad väljendavad 95% usaldusvahemikke.

Hiline positiivne potentsiaali (LPP) analüüs

Järgmiseks uuriti, kuidas mõjutasid katsemanipulatsioonid LPP-d. Selleks viidi läbi 2 (instruktsioon) $\times$ 2 (aja-aken) $\times$ 2 (valents) korduvmõõtmiste ANOVA. Tulemustest selgus, et instruktsiooni ja aja-akna peafektid osutusid statistiliselt oluliseks, kuid emotsioonikategooria peafekt ega interaktsioonid mitte (Tabel 3).

Tabel 3.

LPP seos katseinstruktsioonide, emotsioonikategooria ja aja-aknaga.

	<i>df</i>	<i>df2</i>	<i>F</i>	<i>p</i>	η^2G
Instruktsioon	1	25	21.35	<0.05	3×10^{-2}
Valents	1	25	0.6	0.4	2×10^{-3}
Ajaaken	1	25	8.74	<0.01	4×10^{-2}
Instruktsioon $\times$ Valents	1	25	0.24	0.63	1×10^{-4}
Instruktsioon $\times$ Ajaaken	1	25	2.25	0.15	1×10^{-3}
Valents $\times$ Ajaaken	1	25	0.63	0.43	4×10^{-4}
Instruktsioon $\times$ Valents $\times$ Ajaaken	1	25	0.21	0.65	2×10^{-4}

Märkus: Tabelis on näha 2 (instruktsioon) $\times$ 2 (valents) $\times$ 2 (aja-aken) korduvmõõtmiste ANOVA tulemused.

Instruktsioon VAATA PILTI esimene aja-aken ($M = 4.88$, $SD = 23.8$) erines instruktsioonist MÕLTE MUUST esimene aja-aken ($M = -0.03$, $SD = 25.8$). Samuti erinesid VAATA PILTI teine aja-aken ($M = 9.25$, $SD = 33.61$) ja MÕLTE MUUST teine aja-aken ($M = 5.9$, $SD = 35.18$).

Järgnevalt uuriti LPP tundlikkust ajalise dünaamika suhtes. Tulenevalt sellest, et eelnevalt valents signaali ei mõjutanud, siis jäeti see järgmisest analüüsist välja. Viidi läbi 4 (katsetingimus) $\times$ 2 (aja-aken) $\times$ korduvmõõtmiste ANOVA. Tulemustest selgus, et LPP signaal sõltus statistiliselt oluliselt aja-aknast ning aja-akna ja katsetingimuse koosmõjust. Katsetingimuse peamõju statistiliselt oluliseks ei osutunud (Tabel 4).

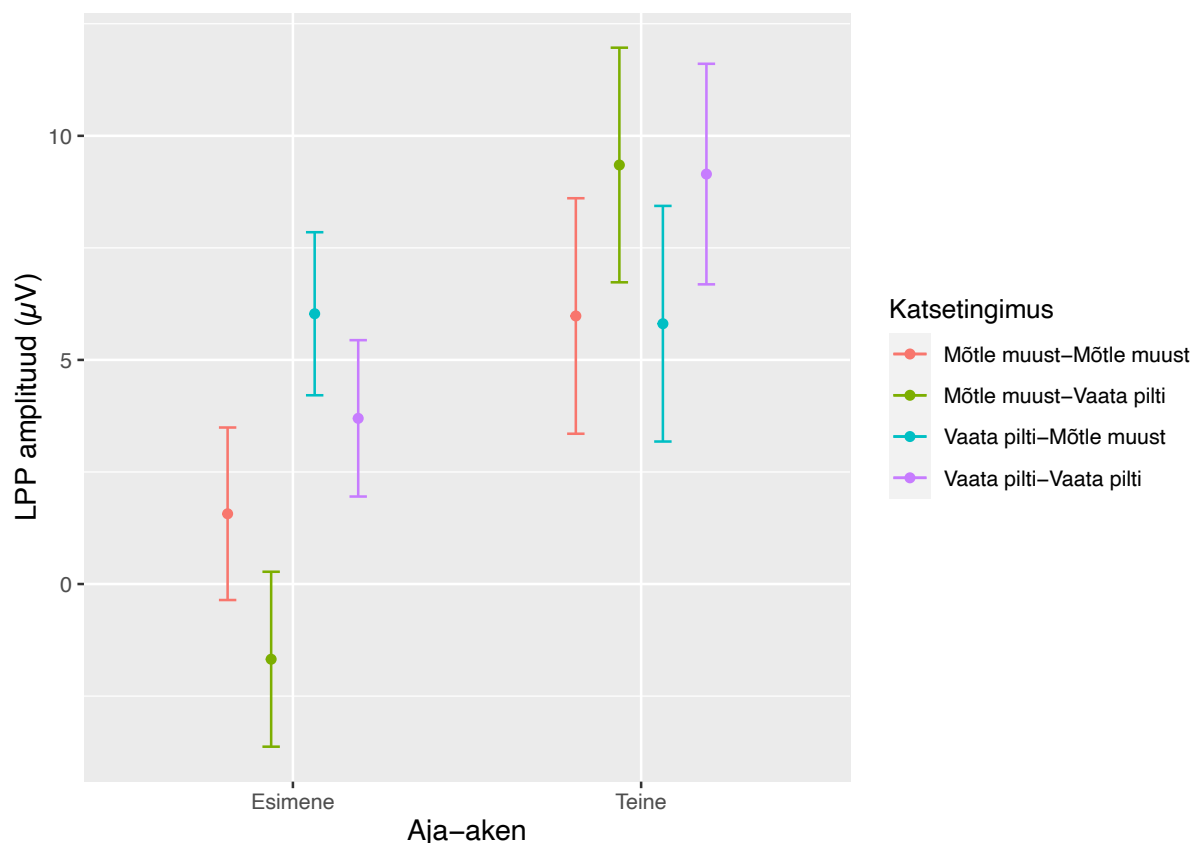
Tabel 4.

LPP seos katsetingimuste ja aja-aknaga.

	<i>df</i>	<i>df2</i>	<i>F</i>	<i>p</i>	η^2G
Katsetingimus	3	75	2.23	0.09	1×10^{-2}
Aja-aken	1	25	8.85	<0.01	5×10^{-2}
Katsetingimus $\times$ Aja-aken	2.7	67.24	13.07	<0.01	3×10^{-2}

Märkus: Tabelis on näha 4 (katsetingimus) $\times$ 2 (aja-aken) korduvmõõtmiste ANOVA tulemused.

Esimeses aja-aknas sõltus ajuvastus katsetingimusest, kuid teises aja-aknas mitte. Post-hoc testi tulemustest selgus, et esimeses aja-aknas erinesid tingimused VAATA PILTI-VAATA PILTI ($M = 3.77$, $SD = 5.4$) tingimus MÕTLE MUUST-VAATA PILTI ($M = -1.61$, $SD = 7.8$). Tingimusest VAATA PILTI-MÕTLE MUUST ($M = 6.39$, $SD = 7.8$) erinesid statistiliselt oluliselt tingimused MÕTLE MUUST-MÕTLE MUUST ($M = 1.55$, $SD = 6.35$) ja MÕTLE MUUST-VAATA PILTI ($M = -1.61$, $SD = 7.8$). Tingimus MÕTLE MUUST-MÕTLE MUUST ei erinenud esimeses aja-aknas statistiliselt oluliselt tingimustest VAATA PILTI-VAATA PILTI ($p = 0.08$) ja MÕTLE MUUST-VAATA PILTI ($p = 0.06$). Teises aja-aknas katsetingimuste võrdlused statistiliselt oluliselt ei erinenud ($p \geq 0.06$). Seega vähendas MÕTLE MUUST instruktsioon esimeses aja-aknas LPP amplituudi võrreldes VAATA PILTI instruktsiooniga ning seda pildi valentsist sõltumata.



Joonis 6. Katsetingimuste keskmised LPP meetodikal mõõdetud ajuvastused kahes aja-aknas.

Arutelu

Töös uuriti vilkumispotentsiaalide võimekust peegeldada afektiivsete protsesside dünaamikat tähelepanu kõrvalejuhtimise näitel. Selleks viidi läbi eksperiment, kus osalejatele näidati neutraalse ja ebameeldiva sisuga pilte. Katseisikute ülesandeks oli pilte vaadata kahel erineval moel. Ühe instruksiooni kohaselt tuli pilte lihtsalt vaadata (VAATA PILTI) ja lasta erinevatel tunnetel tekkida. Teise instruksiooni ilmunisel tuli mõelda millelegi neutraalsele ja igapäevasele ehk juhtida tähelepanu pildilt kõrvale (MÕTLE MUUST). Selleks, et uurida erinevate EEG metodoloogiate (SSVEP ja LPP) tundlikkust regulatsioonistrateegia muutumisele ajas, võis instruksioon poole esituse pealt muutuda. Et saadud tulemused oleksid paremini ülekantavad olukordadele, kus ajalist tundlikkust omavaid mõõdikuid praktikas kõige enam tarvis oleks, siis varieeriti ka teise instruksiooni sisselülitamise aega ehk seda, kuidas regulatsioonistrateegia rakendamine võib ühel seerial võtta kauem aega kui teisel.

Töös selgus, et esimene püstitatud hüpotees, mille kohaselt pidanuks LPP ja SSVEP amplituudid sõltuma afektiivsest stiimulmaterjalist, kinnitust ei leidnud. Katse vältel antud subjektiivsed negatiivse tunde hinnangud näitasid, et tingimused erinevad üksteisest valentsi poolest, kuid seda erinevust kasutatud EEG mõõdikud ei peegeldanud. Töö tarbeks valitud stiimulite andmebaaside põhised intensiivsuse ja valentsi normatiivsed hinnangud näitasid samuti, et negatiivsed pildid olid intensiivsemad kui neutraalsed pildid (Lisa 1), kuid seegi erinevus EEG mõõdikutes ei peegeldunud.

SSVEP amplituud ei sõltunud seega afektiivsest stiimulmaterjalist (neutraalne pilt/negatiivne pilt). Kuigi varasemas töös on vilkumispotentsiaalide sõltuvust emotsionaalsest tähelepanust demonstreeritud, siis olid seal kasutuses madalamad sagedused kui käesolevas töös (Keil et al., 2003, Müller, Andersen, & Keil, 2008). Hiljutises töös näidati, et vilkumispotentsiaalid võivad anda erinevatel sagedustel erinevaid tulemusi (Gulbinaite et al., 2019). Seejuures suurenes vilkumispotentsiaalide amplituud gamma sagedusel, ent vähenes alfa sagedusel. Seega on võimalik, et afektiivne tähelepanu vähendab SSVEP amplituudi kõrgematel ja suurendab madalamatel sagedustel. Tulevastes uuringutes saab seda hüpoteesi kontrollida, varieerides sarnaselt Gulbinaite et al. (2019) tööle stiimulite vilkumist kõrge ja madala sageduse vahel, ent seejuures kasutades emotsionaalseid stiimuleid.

LPP amplituud ei sõltunud samuti afektiivsest stiimulmaterjalist. Varasematest töödest on leitud, et kõrgem amplituud on seotud stiimuli intensiivsusega, seejuures intensiivsemad pildid on kasvatanud LPP amplituudi (Weinberg & Hajcak, 2010). Normatiivsed hinnangud küll eristasid stiimulite intensiivsust, ent uuritud aja-aknas LPP seda siiski ei peegeldanud.

Käesolevas töös pärinesid LPP amplituudid kahest võrdse suuruse (1.5 s) ja sündmusest samal ajalisel kaugusel (2.5 s) paiknevast aja-aknast. Varasemates LPP töödes on valentsi efektid olnud kõige suuremad 500 – 1500 ms vahemikus (Uusberg, Uusberg, Talpsep, & Paaver, 2016). Käesolevas töös vaadeldi hilisemat aja-akent, mis omab küll väiksemat tundlikkust stiimulmaterjali afektiivsuse suhtes, kuid see-eest peegeldab paremini emotsiooni regulatsiooni strateegiates toimunud muutusi. Võimalik, et emotsioonikategoorial oli oluline mõju LPP amplituudile varases aja-aknas, kuid kuna käesoleva töö fookuseks oli LPP ja vilkumispotentsiaalide kõrvutamine just emotsiooniregulatsiooni strateegiate muutumise ajalise dünaamika vaatevinklist, siis keskenduti käesoleva töö analüüsides just hilisematele aja-akendele. Täpsemaks eesmärgiks oli hinnata, kui hästi LPP peegeldab emotsiooniregulatsiooni strateegiates toimuvaid muutusi olukorras, kus strateegia vahetumine ei toimu vahetult pärast pildi ilmumist. Seetõttu teostati LPP analüüside ka LPP kirjanduse kontekstis ebatüüpiliselt pikas aja-aknas. Teisalt kui afektiivsed stiimulid kutsunuks hilisemas aja-aknas esile olulise erinevuse, siis ka see tulemus poleks olnud väga üllatav, sest varasemas kirjanduses on näidatud, et afektiivsed stiimulid võivad esile kutsuda ka kestvama vastuse, mille kestus võib ulatuda sekundist kuni stiimulesituse Bradley lõpuni (Cuthbert, Schupp, Birbaumer, & Lang, 2000; Hajcak & Olvet, 2008). Käesolevas töös kasutatud stiimulid aga ei olnud nähtavasti piisavalt kõrge intensiivsusega, et LPP amplituudile kestvamat mõju avaldada.

Teise hüpoteesi kohaselt pidanuks nii LPP amplituud kui vilkumisega sünkroniseeritud aktiivsus ajus (SSVEP) tähelepanu suurema hõivatusena kasvama, kuid see eeldus leidis kinnitust ainult LPP puhul. Tulemus on kooskõlas varasemate uuringutega, kus on näidatud, et olenemata stiimuli valentsist, väheneb LPP amplituud tähelepanu kõrvalejuhtimise tingimuses ja seega vähendab muust mõtlemine pildi visuaalset töötlust. SSVEP puhul selgus aga üllatuslikult vastupidine efekt - vilkuva stiimuliga seotud sünkroniseeritud aktiivsus suurenes tähelepanu kõrvalejuhtimist rakendades ning vähenes tähelepanu emotsionaalsele stiimulile suunates. Saadud tulemused on ootamatud, sest varasemas töös on näidatud, et tähelepanu viimine gamma sagedusel vilkuvatele stiimulitele peaks vilkumissagedusega sünkroniseeritud aktiivsust ajus suurendama (Gulbinaite et al., 2019). Selle vastuolu võimalikuks põhjuseks võib olla see, et erinevalt varasematest töödest ei kasutatud selles töös tajuliselt lihtsaid stiimuleid.

Kolmanda hüpoteesi kohaselt pidanuks rakendatud metodoloogiad tabama afektiivse töötluste ajalise dünaamika ja seejuures olema täpsem SSVEP. LPP puhul sõltus amplituud tähelepanu haaratusest esimeses, kuid mitte teises aja-aknas. Seega peegeldas LPP emotsiooniregulatsiooni strateegiates toimunud muutusi (VAATA PILTI vs MÕTLE MUUST)

vahetult pärast pildi esitust, kuid mitte pildi ilmunisest ajaliselt kaugemal toimuva regulatsioonistrateegia muutumise suhtes. SSVEP puhul aga leiti, et katsetingimustes, kus instruksioon oli kogu seeria vältel sama (VAATA PILTI-VAATA PILTI või MÕTLE MUUST-MÕTLE MUUST), jäi emotsiooniregulatsiooni strateegiast tingitud mõju kestma ka hilisemas aja-aknas. Olukorras, kus regulatsioonistrateegia poole esituse pealt vahetus, oli tundlikkust näha ainult teises aja-aknas. Seega omas SSVEP küll kõrgemat tundlikkust instruksioonide vahetuse suhtes teises aja-aknas, ent seda ootuspärasest vastupidises suunas. LPP tundlikkus see-eest väljendus küll ootuspärases suunas, kuid avaldus vahetult pärast stiimuli esitust, mitte stiimuli ilmunisest kaugemal toimuva instruksiooni muutuse suhtes. LPP puhul võisid tehnilistest aspektides tulenevalt tulemusi mõjutada alles jäänud väiksem valim ($n = 26$). Analüüsides jäeti välja isikud, kelle EEG mustris esines vähemalt ühe katsetingimuse puhul enam kui 50% seeriatel suuri kõrvalekaldeid. Seega võisid välja jäänud 18 isiku andmed LPP analüüsides statistilist võimsust oluliselt vähendada.

Vilkumispotentsiaalide ootamatud tulemused võivad olla seotud nii sisuliste aspektidega ehk sellega, kuidas aju vilkumisega seotud stiimuleid töötleb kui ka mittesisuliste aspektidega, näiteks ajuaktiivsusega mitte seotud müraga. Sisuliste aspektide osas pidanuks teise hüpoteesi kohaselt tähelepanu kõrvalejuhtimise rakendamine vähendama vilkuva pildi neuraalset resonantsi. Vilkumispotentsiaalide signaali analüüsides see kinnitust ei leidnud. Võimalik, et vilkumispotentsiaalidel põhinev metoodika ei näita pelgalt pildi representatsiooni olulisust tähelepanu jaoks, vaid võib näidata ka üldist suuremat neuraalset aktiivsust, mida muust mõtlemise ülesanne ajus tekitab. See oleks huvitav ja uudne teadmine, kuid lõplikku vastust käesoleva töö tulemuste pinnalt sellele anda kahjuks pole võimalik. Varasemad tööd näivad paremini aga haakuvat tõlgendusega, mille kohaselt võisid saadud tulemused olla tingitud pigemini mõnest tehnilisest küsimusest kui vilkumispotentsiaalide kontekstis vähem tuntud sisulisest fenomenist. Varasemates uuringutes on leitud näiteks, et taustal olevad ülesande seisukohalt ebaolulised stiimulid võistlevad tähelepanu eest, ning olenemata sellest, et tähelepanu otseselt taustal olevatele stiimulitele suunatud ei olnud, vähenes tähelepanu kõrvalejuhtimise ülesannet sooritades emotsionaalsete stiimulite puhul SSVEP amplituud võrreldes neutraalsete stiimulitega (Müller et al., 2008; Müller & Gundlach, 2017).

Tehnilistest aspektidest lähtudes võisid SSVEP tulemusi mõjutada näiteks silmaliigutused. EEG signaal on väga tundlik liigutuste (sh silmaliigutuste ja pilgutuste) suhtes. Silmaliigutustest tingitud signaal on kõrgema amplituudiga kui ajuaktiivsusest tingitud signaal, mistõttu on sedalaadi müra EEG signaalis ka palja silmaga nähtav (Jia & Tyler, 2019).

Silmaliigutustega on seotud ka teisi mõjutusi, mida EEG signaal kohekselt ei peegelda. Üheks selliseks on sakaadiline allasurumine (*saccadic supression*), mille kohaselt ei jõua sakaadi ajal nägemisinformatsioon teadvusesse. See on oluline fenomen, mis võimaldab keskkonda tajuda stabiilsena (Bremmer, Kubischik, Hoffman, & Krekelberg, 2009). Käesolevas katses oli üheks instruktsiooniks VAATA PILTI, mille puhul tuli hoolikalt pilti jälgida, mõista pildil toimuvat ja kogeda tekkinud emotsioone. Pilti süvenemine võib põhjustada rohkemaid silmaliigutusi ja -pilgutusi (Keil et al., 2003). Kui katseisikud teevad ühes tingimuses oluliselt rohkem sakaadilisi silmaliigutusi kui teises, muutub pikemaks ka periood, mille jooksul sissetulevat infot blokeeritakse. Hiljutises töös selgus, et sakaadilise hüppe ajal kahanes SSVEP amplituud umbes poole võrra (Chen, Valsecchi, & Gegenfurtner, 2019). Sakaadiline allasurumine algab umbes 50 ms enne sakaadilist silmaliigutust ja nägemisteravus naaseb normaalsele tasemele umbes 50 - 100 ms pärast sakaadilist hüpet (Bremmer et al., 2009). Kui sakaadi kestus on 10 - 100 ms ja inimene teeb tavaolekus umbes 2-3 sakaadilist silmaliigutust sekundis, võib peidetud perioodide kestus olla oluliseks SSVEP amplituudi mõjutavaks teguriks, mis võis mõjutada ka käesolevas eksperimentis saadud tulemusi.

MÕTLE MUUST instruktsiooni puhul, mis nõudis tähelepanu kõrvalejuhtimist, võisid vastupidiselt silmaliigutused väheneda. Varasemad tööd on näidanud, et ka silmapilgutuste arv võib tähelepanu kõrvalejuhtimise tingimuses väheneda, sest pilgutamine segab mentaalse kujutluse hoidmist ja tekkimist (Holland & Tarlow, 1975). Seega enne kui saadud üllatavaid tulemusi sisuliselt tõlgendada, oleks kasulik neid hüpoteese eksperimentaalselt testida. Teatud täpsusega saab seda tulevikus teha ka sellel andmestikul, sest katses mõõdeti näonahale asetatud elektroodide kaudu ka silmaliigutusi.

Järeldus

Käesoleva töö tulemused näitasid, et SSVEP rakendamine afektiivsete protsesside peegeldamisel vajab veel täiendavat uurimist. Töös leiti, et tähelepanu suunamine gamma sagedusel vilkuvatele komplekssetele stiimulitele mitte ei kasvatanud vilkumissagedusega seotud töötlust ajus vaid hoopis kahandas seda. Seni on tehtud palju uuringuid madalamate vilkumissageduste põhjal. Võimalik, et nende puhul tulevad seosed paremini esile, ent seejuures mõjuvad madalamad sagedused katseisikutele häirivamalt. Saadud tulemused viitavad, et kõrgemad sagedused ei peegeldanud stiimulite afektiivsest sisust tingitud mõjutusi stiimulite tähelepanulises töötluses, kuid käesoleva töö kontekstis ei saa ka välistada, et saadud tulemus võis tuleneda ka töös kasutatud emotsionaalsete stiimulite madalamast intensiivsusest. LPP peegeldas instruktsioonide vahetumist ainult esimeses aja-aknas. SSVEP seevastu

peegeldas ka pildi ilmumisest kaugemal asuva instruksiooni muutumist. Seega näitavad antud tulemused, et SSVEP võimaldab uurida instruksiooni ajalist dünaamikat, ent selle seosed afektiivsete protsesside ja komplekssete stiimulite töötlemisega vajab veel uurimist.

Tänuõnad

Soovin tänada juhendajaid Richard Naari, Helen Uusbergi ja Andero Uusbergi panustatud aja, pideva tagasiside ja toetava ning innustava suhtumise eest. Samuti tänan Siim Tarast koostöö eest andmete kogumisel. Tänan ka kõiki eksperimendis osalejaid nende panuse eest. Aitäh lähedased, et toetasite ja kaasa elasite.

Kirjandus

Adrian, E. D. (1944). Brain rhythms.

Adrian, E. D., & Matthews, B. H. C. (1934). The interpretation of potential waves in the cortex. *The Journal of Physiology*, 81(4), 440–471.

<https://doi.org/10.1113/jphysiol.1934.sp003147>

Aldao, A., Nolen-Hoeksema, S., & Schweiser, S. (2010). Emotion-regulation strategies across psychopathology: A meta-analytic review.

<https://doi.org/10.1016/j.cpr.2009.11.004>

Allik, J., & Realo, A. (1997). Emotional Experience and Its Relation to the Five-Factor Model in Estonian. *Journal of Personality*, 65(3), 625–647.

Barrett, L. F., Ochsner, K. N., & Gross, J. J. (2007). On the Automaticity of Emotion.

Bremmer, F., Kubischik, M., Hoffman, K.-P., & Krekelberg, B. (2009). Neural Dynamics of Saccadic Suppression. Retrieved 6 May 2021, from

<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2787621/>

Chen, J., Valsecchi, M., & Gegenfurtner, K. R. (2019). Saccadic suppression measured by steady-state visual evoked potentials. *Journal of Neurophysiology*, 122(1), 251–258.

<https://doi.org/10.1152/jn.00712.2018>

Cohen, M. X., & Gulbinaite, R. (2017a). Rhythmic entrainment source separation:

Optimizing analyses of neural responses to rhythmic sensory stimulation.

NeuroImage, 147, 43–56. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2016.11.036>

Cohen, M. X., & Gulbinaite, R. (2017b). Rhythmic entrainment source separation:

Optimizing analyses of neural responses to rhythmic sensory stimulation.

NeuroImage, 147, 43–56. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2016.11.036>

- 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. [https://doi.org/10.1016/s0301-0511\(99\)00044-7](https://doi.org/10.1016/s0301-0511(99)00044-7)
- Davidson, M. J., Mithen, W., Hogendoorn, H., van Boxtel, J. J., & Tsuchiya, N. (2020). The SSVEP tracks attention, not consciousness, during perceptual filling-in. *ELife*, 9, e60031. <https://doi.org/10.7554/eLife.60031>
- Elkin, L. A., Kay, M., Higgins, J. J., & Wobbrock, J. O. (2021). An Aligned Rank Transform Procedure for Multifactor Contrast Tests. *ArXiv:2102.11824 [Cs, Stat]*. Retrieved from <http://arxiv.org/abs/2102.11824>
- Fisher, R. S., Harding, G., Erba, G., Barkley, G. L., Wilkins, A., & Epilepsy Foundation of America Working Group. (2005). Photic- and pattern-induced seizures: a review for the Epilepsy Foundation of America Working Group. *Epilepsia*, 46(9), 1426–1441. <https://doi.org/10.1111/j.1528-1167.2005.31405.x>
- Gable, P. A., Adams, D. L., & Proudfit, G. H. (2015). Transient tasks and enduring emotions: the impacts of affective content, task relevance, and picture duration on the sustained late positive potential. *Cognitive, Affective, & Behavioral Neuroscience*, 15(1), 45–54. <https://doi.org/10.3758/s13415-014-0313-8>
- Gross, J. (2014). Gross - 2014 - Handbook of emotion regulation.pdf. Retrieved 26 June 2019, from
- Gross, J. J. (1998). Antecedent- and Response-Focused Emotion Regulation: Divergent Consequences for Experience, Expression, and Physiology. *JOURNAL OF PERSONALITY AND SOCIAL PSYCHOLOGY*, (1), 224.

- Gross, J. J. (2015). Emotion Regulation: Current Status and Future Prospects. Retrieved 30 June 2020, from <https://www-tandfonline-com.ezproxy.utlib.ut.ee/doi/full/10.1080/1047840X.2014.940781>
- Gross, J. J., & John, O. P. (2003). Individual differences in two emotion regulation processes: Implications for affect, relationships, and well-being. *Journal of Personality and Social Psychology*, 85(2), 348–362. <https://doi.org/10.1037/0022-3514.85.2.348>
- Gulbinaite, R., Roozendaal, D. H. M., & VanRullen, R. (2019). *Attention differentially modulates the amplitude of resonance frequencies in the visual cortex* (preprint). Neuroscience. <https://doi.org/10.1101/518779>
- Hajcak, G., Dunning, J. P., & Foti, D. (2009). Motivated and controlled attention to emotion: Time-course of the late positive potential. *Clinical Neurophysiology*, 120(3), 505–510. <https://doi.org/10.1016/j.clinph.2008.11.028>
- Hajcak, G., & Foti, D. (2020). Significance?... Significance! Empirical, methodological, and theoretical connections between the late positive potential and P300 as neural responses to stimulus significance: An integrative review. *Psychophysiology*.
- Hajcak, G., MacNamara, A., Foti, D., Ferri, J., & Keil, A. (2013a). The dynamic allocation of attention to emotion: Simultaneous and independent evidence from the late positive potential and steady state visual evoked potentials. *Biological Psychology*, 92(3), 447–455. <https://doi.org/10.1016/j.biopsycho.2011.11.012>
- Hajcak, G., MacNamara, A., Foti, D., Ferri, J., & Keil, A. (2013b). The dynamic allocation of attention to emotion: Simultaneous and independent evidence from the late positive potential and steady state visual evoked potentials. *Biological Psychology*, 92(3), 447–455. <https://doi.org/10.1016/j.biopsycho.2011.11.012>

- Hajcak, G., MacNamara, A., & Olvet, D. M. (2010). Event-Related Potentials, Emotion, and Emotion Regulation: An Integrative Review. *Developmental Neuropsychology*, 35(2), 129–155. <https://doi.org/10.1080/87565640903526504>
- Hajcak, G., & Olvet, D. M. (2008). The persistence of attention to emotion: brain potentials during and after picture presentation. *Emotion (Washington, D.C.)*, 8(2), 250–255. <https://doi.org/10.1037/1528-3542.8.2.250>
- Heim, S., & Keil, A. (2019). Quantifying Intermodal Distraction by Emotion During Math Performance: An Electrophysiological Approach. *Frontiers in Psychology*, 10, 439. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2019.00439>
- Holland, M. K., & Tarlow, G. (1975). Blinking and Thinking. *Perceptual and Motor Skills*, 41(2), 403–406. <https://doi.org/10.2466/pms.1975.41.2.403>
- Itthipuripat, S., Garcia, J. O., & Serences, J. T. (2013). Temporal dynamics of divided spatial attention. *Journal of Neurophysiology*, 109(9), 2364–2373. <https://doi.org/10.1152/jn.01051.2012>
- Jia, Y., & Tyler, C. W. (2019). Measurement of saccadic eye movements by electrooculography for simultaneous EEG recording. *Behavior Research Methods*, 51(5), 2139–2151. <https://doi.org/10.3758/s13428-019-01280-8>
- Keil, A., Gruber, T., Muller, M. M., Moratti, S., Stolarova, M., Bradley, M. M., & Lang, P. J. (2003). Early modulation of visual perception by emotional arousal: Evidence from steady-state visual evoked brain potentials. *Cognitive, Affective, & Behavioral Neuroscience*, 3(3), 195–206. <https://doi.org/10.3758/CABN.3.3.195>
- Konstabel, K., Qin, H., Verkasalo, M., & Walkowitz, G. (n.d.). Measuring single constructs by single items: Constructing an even shorter version of the “Short Five” personality inventory, 18.

- Lang, P. J., Bradley, M. M., & Cuthbert, B. N. (2008). International affective picture system (IAPS): Affective ratings of pictures and instruction manual. Technical Report A-8. *University of Florida, Gainesville, FL.*
- Lawrence, M. A. (2016). ez: Easy Analysis and Visualization of Factorial Experiments (Version 4.4-0). Retrieved from <https://CRAN.R-project.org/package=ez>
- Luck, S. J. (2005). *An Introduction to the Event-Related Potential Technique*. The MIT Press. Retrieved from <https://mitpress.mit.edu/books/introduction-event-related-potential-technique>
- Marchewka, A., Zurawski, Ł., Jednoróg, K., & Grabowska, A. (2014). The Nencki Affective Picture System (NAPS): introduction to a novel, standardized, wide-range, high-quality, realistic picture database. *Behavior Research Methods*, 46(2), 596–610. <https://doi.org/10.3758/s13428-013-0379-1>
- Mora-Cortes, A., Ridderinkhof, K. R., & Cohen, M. X. (2018). Evaluating the feasibility of the steady-state visual evoked potential (SSVEP) to study temporal attention. *Psychophysiology*, 55(5), e13029. <https://doi.org/10.1111/psyp.13029>
- Müller, M. M., Andersen, S. K., & Keil, A. (2008). Time Course of Competition for Visual Processing Resources between Emotional Pictures and Foreground Task. *Cerebral Cortex*, 18(8), 1892–1899. <https://doi.org/10.1093/cercor/bhm215>
- Müller, M. M., & Gundlach, C. (2017). Competition for attentional resources between low spatial frequency content of emotional images and a foreground task in early visual cortex. *Psychophysiology*, 54(3), 429–443.
- Norcia, A. M., Appelbaum, L. G., Ales, J. M., Cottareau, B. R., & Rossion, B. (2015). The steady-state visual evoked potential in vision research: A review. *Journal of Vision*, 15(6), 4. <https://doi.org/10.1167/15.6.4>

- Oopik, P., Aluoja, A., Kalda, R., & Maaroos, H.-I. (2006). Screening for depression in primary care. *Family Practice*, 23(6), 693–698.
<https://doi.org/10.1093/fampra/cml052>
- Paul, S., Kathmann, N., & Riesel, A. (2016). The costs of distraction: The effect of distraction during repeated picture processing on the LPP. *Biological Psychology*, 117, 225–234. <https://doi.org/10.1016/j.biopsycho.2016.04.002>
- Peirce, J., Gray, J. R., Simpson, S., MacAskill, M., Höchenberger, R., Sogo, H., ... Lindeløv, J. K. (2019). PsychoPy2: Experiments in behavior made easy. *Behavior Research Methods*, 51(1), 195–203. <https://doi.org/10.3758/s13428-018-01193-y>
- R Core Team. (2021). A Language and Environment for Statistical Computing. R Foundation for Statistical Computing. Retrieved from <https://www.R-project.org/>
- Rossion, B., Prieto, E. A., Boremanse, A., Kuefner, D., & Van Belle, G. (2012). A steady-state visual evoked potential approach to individual face perception: Effect of inversion, contrast-reversal and temporal dynamics. *NeuroImage*, 63(3), 1585–1600.
<https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2012.08.033>
- Schönfelder, S., Kanske, P., Heissler, J., & Wessa, M. (2014). Time course of emotion-related responding during distraction and reappraisal. *Social Cognitive and Affective Neuroscience*, 9(9), 1310–1319. <https://doi.org/10.1093/scan/nst116>
- Schupp, H. T., Stockburger, J., Codispoti, M., Junghöfer, M., Weike, A. I., & Hamm, A. O. (2007). Selective Visual Attention to Emotion. *Journal of Neuroscience*, 27(5), 1082–1089. <https://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.3223-06.2007>
- Sheppes, G., & Meiran, N. (2007). Better Late Than Never? On the Dynamics of Online Regulation of Sadness Using Distraction and Cognitive Reappraisal. *Personality and Social Psychology Bulletin*, 33(11), 1518–1532.
<https://doi.org/10.1177/0146167207305537>

- Sheppes, G., Scheibe, S., Suri, G., Radu, P., Blechert, J., & Gross, J. J. (2014). Emotion regulation choice: A conceptual framework and supporting evidence. *Journal of Experimental Psychology: General*, 143(1), 163.
- Thiruchselvam, R., Blechert, J., Sheppes, G., Rydstrom, A., & Gross, J. J. (2011). The temporal dynamics of emotion regulation: An EEG study of distraction and reappraisal. *Biological Psychology*, 87(1), 84–92.
<https://doi.org/10.1016/j.biopsycho.2011.02.009>
- Uusberg, H., Uusberg, A., Talpsep, T., & Paaver, M. (2016). Mechanisms of mindfulness: The dynamics of affective adaptation during open monitoring. *Biological Psychology*, 118, 94–106. <https://doi.org/10.1016/j.biopsycho.2016.05.004>
- Vachtel, I. (2011). Emotsioonide Regulatsiooni Raskuste Skaala konstrueerimine (Doctoral dissertation, Magistritöö psühholoogias). *Psühholoogia Instituut: Tartu Ülikool*.
- Weinberg, A., & Hajcak, G. (2010a). Beyond good and evil: the time-course of neural activity elicited by specific picture content. *Emotion*, 10(6), 767.
- Weinberg, A., & Hajcak, G. (2010b). Beyond good and evil: The time-course of neural activity elicited by specific picture content. *Emotion*, 10(6), 767–782.
<https://doi.org/10.1037/a0020242>
- Wessa, M., Kanske, P., Bode, K., Heissler, J., & Schönfelder, S. (2010). EmoPicS: subjective and psychophysiological evaluation of new imagery for clinical biopsychological research. *Z. Klin. Psychol.*, (1), 11–77.
- Wickham, H., Chang, W., Henry, L., Pedersen, T. L., Takahashi, K., Wilke, C., ... RStudio. (2020). ggplot2: Create Elegant Data Visualisations Using the Grammar of Graphics (Version 3.3.3). Retrieved from <https://CRAN.R-project.org/package=ggplot2>

Williams, N., McArthur, G., & Badcock, N. (2021). It's all about time: precision and accuracy of Emotiv event-marking for ERP research. *PeerJ*, 9, e10700.

<https://doi.org/10.7717/peerj.10700>

Zhang, D., Hong, B., Gao, S., & Röder, B. (2017). Exploring the temporal dynamics of sustained and transient spatial attention using steady-state visual evoked potentials.

Experimental Brain Research, 235(5), 1575–1591. <https://doi.org/10.1007/s00221-017-4907-6>

LISAD

Lisa 1

Katse tarbeks täitsid osalejad järgnevad küsimustikud enne katset:

Emotsiooniregulatsiooni küsimustik (ERQ) (Gross & John, 2003),

Emotsiooniregulatsiooni raskuste küsimustik (DERS) (Vachtel, 2011),

Suure Viisiku lühendatud küsimustik (XS5) (Konstabel et al., 2017),

Järgnevad küsimused pärast katset:

Positiivse ja negatiivse afekti küsimustik, eestindatud (PANAS) (Allik & Realo, 1997),

Emotsionaalse enesetunde küsimustik (EEK-2) (Oopik, Aluoja, Kalda, & Maaroos, 2006).

Lisa 2. Katses kasutatud stiimulpildid

Kasutatud stiimulpildid				
Harjutusseeria	3216	9163	Objects_110_v	Faces_158_h
	3301	3216	Faces_145_v	People_202_h
	9163	People_202_h	Objects_127_h	
Emotsioonikategooria				
PILDIKOMPLEKT				
	A	B	C	D
Neturaalne	93	92	87	88
	121	122	119	110
	129	131	120	116
	143	138	126	127
	159	144	142	128
	186	180	168	132
	2036	187	169	135
	2101	201	190	141
	2377	2512	2026	166
	2396	5635	2102	2445
	2579	7060	2493	7017
	7011	7130	7000	7036
	7033	7211	7043	7056
	7050	7493	7242	7491
	7500	7497	Objects_315_h	7496
	7512	7513	People_091_h	7620
Negatiivne	246	215	234	235
	2691	238	241	243
	3051	240	3059	3010
	3213	3030	9250	3400
	9254	8485	9300	6021
	9302	9301	9424	9435
	9410	9412	9901	9495
	9600	9423	9930	9622
	9920	9610	Faces_159_h	9921
	9925	9904	People_017_h	Objects_003_h
	Faces_010_h	Faces_294_h	People_022_h	Objects_125_h
	People_125_h	People_121_h	People_120_h	People_003_h
	People_225_h	People_208_h	People_147_h	People_119_h
	People_238_h	People_226_h	People_198_h	People_140_h
	People_240_h	People_232_h	People_200_h	People_216_h
	People_241_h	People_243_h	People_229_h	People_221_h

Lisa 3

Piltide keskmised normatiivsed valentsi ja intensiivsuse hinnangud.



Joonis 1. Piltide keskmised valentsuse ja intensiivsuse hinnangud skaalal 0-1. Karbi sees olev keskjoon tähistab mediaani, karbi servad tähistavad kvartiivahemikku. Haarade pikkused on leitud kvartiilvahemiku korrutamisel 1,5-ga. Haaradest välja jäävad punktid tähistavad erindeid.

Dispersioonanalüüsi tulemustest selgus, et erinevatesse emotsioonikategooriatesse valitud pildid erinesid statistiliselt oluliselt nii valentsi ($F_{(1,123)} = 918.26, p < 0.001$) kui intensiivsuse poolest ($F_{(1,123)} = 73.666, p < 0.001$). Negatiivsete piltide puhul oli keskmine intensiivsushinnang 0.68 ($SD = 0.08$) ning pildi keskmine valentsuse hinnang 0.18 ($SD = 0.07$). Neutraalsete piltide puhul oli keskmine intensiivsushinnang 0.29 ($SD = 0.08$) ning keskmine valentsuse hinnang 0.5 ($SD = 0.05$). Pildi komplektide peaefektid ei osutunud ootuspäraselt statistiliselt oluliseks intensiivsuse ($F_{(1,123)} = 0.03, p = 0.992$) ega valentsuse ($F_{(3,123)} = 0.38, p = 0.99$) puhul. Statistiliselt oluliseks ei osutunud ka pildi komplektide ja emotsioonikategooria interaktsioon intensiivsuse ($F_{(3,123)} = 0.022, p = 0.995$) ega valentsi ($F_{(3,123)} = 0.055, p = 0.983$) puhul.

Lisa 4

Katses kasutatud instruktsioonid

VAATA PILTI

Palume Sul pilte vaadata kahel erineval moel. Pilti ümbritseb värviline raam. Kui raam on KOLLANE, tähendab see, et pead pilti lihtsalt tähelepanelikult vaatama. Ära mõtle pildi vaatamise ajal kõrvalistele asjadele. Hoia pilk ekraanil, keskendu sellele, mida on pildil kujutatud. Reageeri pildile loomulikult.

MÕTLE MUUST

Vahepeal palume Sul piltide vaatamise ajal vähendada nende poolt tekitatud negatiivseid tundeid. Selleks juhendatakse Sind suunama oma tähelepanu teatud tehnika abil tekkinud emotsioonilt kõrvale. Palun loe tähelepanelikult ekraanile ilmuvaid juhiseid.

Kui ekraanile ilmuva pildi raam on SININE, tähendab see, et pead negatiivsete tunnete vähendamiseks mõtlema pildi vaatamise ajal millelegi tavalisele ja igapäevasele. Sa võid kujutada ette mõnd tegevust, näiteks majapidamistöode tegemist või tuttavas kohas liikumist. Võid ka mõttes vaadelda mõnd eset erinevate nurkade alt ning panna tähele selle värvi, kuju, materjali ja muid omadusi.

Lihtlitsents lõputöö reprodutseerimiseks ja üldsusele kättesaadavaks tegemiseks

Mina, Liisa Uutsalu,

1. annan Tartu Ülikoolile tasuta loa (lihtlitsentsi) minu loodud teose „Vilkumispotentsiaalid emotsioonide regulatsiooni markerina“, mille juhendajad on Richard Naar, Helen Uusberg ja Andero Uusberg, reprodutseerimiseks eesmärgiga seda säilitada, sealhulgas lisada digitaalarhiivi DSpace kuni autoriõiguse kehtivuse lõppemiseni.
2. Annan Tartu Ülikoolile loa teha punktis 1 nimetatud teos üldsusele kättesaadavaks Tartu Ülikooli veebikeskkonna, sealhulgas digitaalarhiivi DSpace kaudu Creative Commons litsentsiga CC BY NC ND 3.0, mis lubab autorile viidates teost reprodutseerida, levitada ja üldsusele suunata ning keelab luua tuletatud teost ja kasutada teost ärieesmärgil, kuni autoriõiguse kehtivuse lõppemiseni.
3. Olen teadlik, et punktides 1 ja 2 nimetatud õigused jäävad alles ka autorile.
4. Kinnitan, et lihtlitsentsi andmisega ei riku ma teiste isikute intellektuaalomandi ega isikuandmete kaitse õigusaktidest tulenevaid õigusi.

Liisa Uutsalu

24.05.2021