

Tartu Ülikool
Psühholoogia instituut

Geidi Sile

**NÄGUDE JA MAJADE TAJUKORRELAATIDE VÕRDLUS MÕÕDETUNA
ELEKTROENTSEFALOGRAAFIA MEETODIGA**

Seminaritöö

Juhendaja: Talis Bachmann, PhD

Kaasjuhendaja: Renate Rutiku, Psych Diploma

Läbiv pealkiri: Nägude ja mitternägude tajumine

Tartu 2014

Kokkuvõte

Käesoleva seminaritöö raames on uuritud nägude ja mitterägude tajumise erinevusi. Selleks näidati katseisikutele 10 ms vältel stiimuleid, millel oli kujutatud üks kahest erineva kategooria kujutisest (nägu või maja). Esimesel kategoorial oli katseisikutele teadmata kaks alamkategooriat (tuttav nägu või võõras nägu). Stiimulid olid pikselleeritud neljal erineval astmel (maskeerimisastmed) ning katseisikud pidid vastama, millisesse kategooriasse kuuluvat kujutist (nägu või maja) nad nägid. Samal ajal, kui katseisikud ülesannet täitsid, mõõdeti nende ajutegevust EEG abil.

Igal maskeerimisastmel tuvastati tuttavaid nägusid paremini kui võõraid nägusid. Kolmel esimesel maskeerimisastmel tuvastati tuttavaid nägusid paremini kui majasid, võõraste nägude ja majade vahel erinevusi ei ilmnenud. Tuttavate nägude jaoks ilmnenud käitumuslik efekt võrreldes võõraste nägudega kajastus ka EEG-ga mõõdetud sündmuspotentsiaalides. Mainitud tingimuste vahel ilmnemine erinevused alates 200 ms pärast stiimuli esitamist. Sündmuspotentsiaalid erinesid olenevalt sellest, millist stiimulit näidati eelneval katsekorral, need erinevused hakkasid ilmnema vahetult enne 200 ms möödumist stiimuli esitamisest.

Märksõnad: nägude tajumine, nägude äratundmine, EEG

Läbiv pealkiri: Nägude ja mitterägude tajumine

EEG CORRELATES OF FACE AND HOUSE PERCEPTION

Abstract

Differences between perception of faces and non-faces have been researched in this study. The stimulus material, i.e images depicting one of two different categories (face or house), was shown to the participants for 10 milliseconds. Unknown to the participants, the first category had two sub-categories (familiar face or unfamiliar face). The stimulus material was pixellated on four different levels (masking levels) and the participants had to answer which of the two categories (face or house) had they seen on the image. Participants' brain activity was measured by EEG while they were solving the task.

Familiar faces were detected better than unfamiliar faces on every masking level. On the first three masking levels familiar faces were detected better than houses, but no differences appeared between the detection of unfamiliar faces and houses. Behavioral effect for the familiar faces also appeared in EEG data. Differences between these conditions appeared as of 200 ms post-stimuli. Brain potentials differed depending on the stimuli from previous trial, these differences appeared shortly before 200 ms post-stimuli.

Keywords: face detection, face recognition, EEG

Running head: Perception of faces and non-faces

Sissejuhatus

Inimestevahelise suhtlemise fundamentaalne osa on nägude tajumine. Nägusid eristatakse juba väga noorelt, osaliselt on tõenäoliselt tegemist kaasasündinud omadusega (Di Giorgio, Leo, Pascalis, & Simion, 2012; Bahrick, Lickliter, & Castellanos, 2013). Ühes varasemas uurimuses on koguni välja käidud idee, mille kohaselt võib inimnägu olla bioloogiliselt ja sotsiaalselt kõige olulisem stiimul, mis eksisteerib inimkeskkonnas (Palermo & Rhodes, 2007).

Nägude tajumisel kandub edasi hulgaliselt erinevat tüüpi informatsiooni ning selle informatsiooni töötlemisel toimivad keerukad mehhanismid. Nägude äratundmine on konfiguratiivne protsess. Eristatakse kolme tüüpi konfiguratiivseid protsesse: nägu defineerivate esimese järgu tunnuste märkamine (näiteks kaks silma nina kohal ja suu); holistiline töötlus (esimese järgu tunnuste liitmine tervikuks) ja teise järgu suhete (näiteks tunnustevaheline kaugus) töötlemine (Maurer, Grand, & Mondloch, 2002). Kokkuvõtlikult sõltub näo kui sellise märkamine esimese järgu suhetest, samal ajal kui konkreetse näo äratundmine eeldab teise järgu suhete töötlemist (Minnebusch & Daum, 2009). Caharel, Ramon, & Rossion (2014) tuvastasid, et 200 ms vältel esitatud stiimulist piisab otsustamiseks, kas tegemist on tuttava või võõra näoga.

Tõendid visuaalse töötluste näospetsiifilisusest pärinevad muuhulgas sündmuspotentsiaalide (ERP) ja magnetoentsefalograafia (MEG) uuringutest. Sündmuspotentsiaali komponent N170 ja selle MEG-vaste (M170) peegeldavad näospetsiifilist bioelektrilist aktiivsust oimu- ja kuklasagara piirkondades 150-190 millisekundit pärast stiimuli esitust (Eimer, Gosling, Nicholas, & Kiss, 2011). Näotundliku sündmuspotentsiaali N170 esinemist on tuvastatud nii õigepidi esitatud kui ka pööratud nägude, kuid mitte teiste objektide puhul (Itier & Taylor, 2004).

Vaatamata sellele, et inimese poolt nägude tajumist on eksperimentaalselt palju uuritud ning selle kohta on avaldatud hulgaliselt kirjatükke, on mitmed fundamentaalsed küsimused senini lahendamata. Ühe sellise potentsiaalse tuleviku uurimissuunana toovad Chellappa, Sinha, & Phillips (2010) esile küsimuse, kuidas näo familiaarsus mõjutab selle tajumist. Mitmetes töödes on jõutud järeldusele, et näo familiaarsus ei mõjuta sündmuspotentsiaali N170 (Bentin & Deouell, 2000; Eimer, 2000), mis viitab, et see komponent mõjutab konkreetse näo äratundmisele eelnevaid konfiguratiivse töötluste etappe. Samas ei ole selge, kuidas täpsemalt on

Nägude ja mittedägude tajumine

N170/M170 komponendid seotud konfiguratiivse näotöötusega. Teistes uurimustes on leitud, et inimesel on võime ära tunda tuttavaid nägusid ka väga madala resolutsiooniga fotodel, samuti on saadud tulemusi, mille kohaselt tuntakse paremini ära väga halva kvaliteediga fotodelt tuttavaid isikuid võrreldes võõraste isikutega (Chellappa et al., 2010; Sinha, Balas, Ostrovsky, & Russell, 2006). Bachmann (1991) on näidanud, et kujutise äratundmiseks optimaalne esitusaeg on seotud kujutise pikselleerituse astmega.

Töendeid on leitud elektrofüsioloogilise vastuse nõrgenemise kohta, kui üht stiimulit katse käigus korrata ning seda isegi siis, kui korduvad stiimulid ei esine järjest (Grill-Spector, Henson, & Martin, 2006). Samuti on tuvastatud sellise korduseefekti näospetsiifiline komponent (N250r) (Schweinberger, Huddy, & Burton, 2004). Siiski ei ole päris kindel, kuidas ühe kategooria stiimuli kordamine avaldub aju bioelektrilises aktiivsuses ehk mis komponentides ning kas ajaliselt varasemalt või hilisemalt see avaldub.

Käesoleva töö raames uuriti katseisikute aju bioelektrilist aktiivsust erinevatel astmetel pikselleeritud fotodel esitatud kujutiste eristamisel. Uurimisülesandeks on selgitada välja, millisel pikselleerituse astmel ei erista katseisik teistest objektidest (majadest) nägu. Vastust otsitakse ka küsimusele, kas sündmuspotentsiaali signatuurid on erinevad, kui näostiimulite hulgas on katseisikule tuttavate isikute näod ja kui signatuurid on erinevad, siis alates millisest pikselleerituse astmest see esile tuleb. Samuti on uuritud, kas eelmise katsekorra stiimul mõjutab järgmise katsekorra tulemust.

Hüpoteesid:

1. Vastusena näokujutisele saadud sündmuspotentsiaali N170 amplituud ei eristu majade kujutiste esitamisel saadud sündmuspotentsiaali amplituudist, kui kujutise pikselleerituse aste on 10 või vähem. Eelnevaga seoses on käitumuslikes tulemustes mainitud pikselleerituse astmetel õigete vastuste osakaal juhuselähedane.
2. Tuttavaid nägusid eristatakse majadest paremini kui võõraid nägusid ning see avaldub nii käitumuslikes tulemustes kui ka sündmuspotentsiaali komponendis N170 kõrgemal pikselleerituse astmel kui 10 pikslit.

Nägude ja mittenägude tajumine

3. Eelmistel katsekordadel esitatud stiimulid mõjutavad nii käitumuslikke tulemusi kui ka sündmuspotentsiaalide signatuure neile järgnevatel kordadel esitatud stiimulitele. Kui mingil eelmisel katsekorral esines sama tüüpi stiimul, siis on tõenäosus antud katsekorral õigesti vastata suurem ja N170 on väiksema amplituudiga. Eelmisel katsekorral esitatud stiimul mõjutab sündmuspotentsiaali signatuure.

Meetod

Katseisikud

Eksperimendis osales seitse katseisikut. Ühe katseisiku andmeid ei kaasatud analüüsidesse, kuna antud katseisiku EEG andmetes esines liiga palju silmapilgutustest tingitud artefakte. Ülejäänud kuus katseisikut (1 mees, vanus 24-35 aastat, $M = 27.83$, $SD = 4.07$) olid paremakäelised ning normaalse või normaalseks korrigeeritud nägemisega.

Kõik katseisikud allkirjastasid informeeritud nõusoleku lehe, kinnitamaks katses osalemise vabatahtlikkust. Katseisikud ei olnud teadlikud eksperimendi täpsest eesmärgist ega selle aluseks olevatest teooriatest. Ükski katseisik ei olnud psühholoogiatudeng ega psühholoogia eriala õppinud. Samuti ei olnud ükski katseisik varasemalt sarnases ega analoogses katses osalenud. Katseisikutele selgitati, et uuritakse sündmuspotsiaalide erinevust nägude ja majade tajumisel, kuid mitte seda, et pooled näod on katseisikutele tuttavad ja pooled võõrad. Pärast eksperimendi läbimist selgitati katseisikutele katse täpset sisu. Uuring oli eelnevalt heaks kiidetud Tartu Ülikooli inimuuringu eetika komitee poolt.

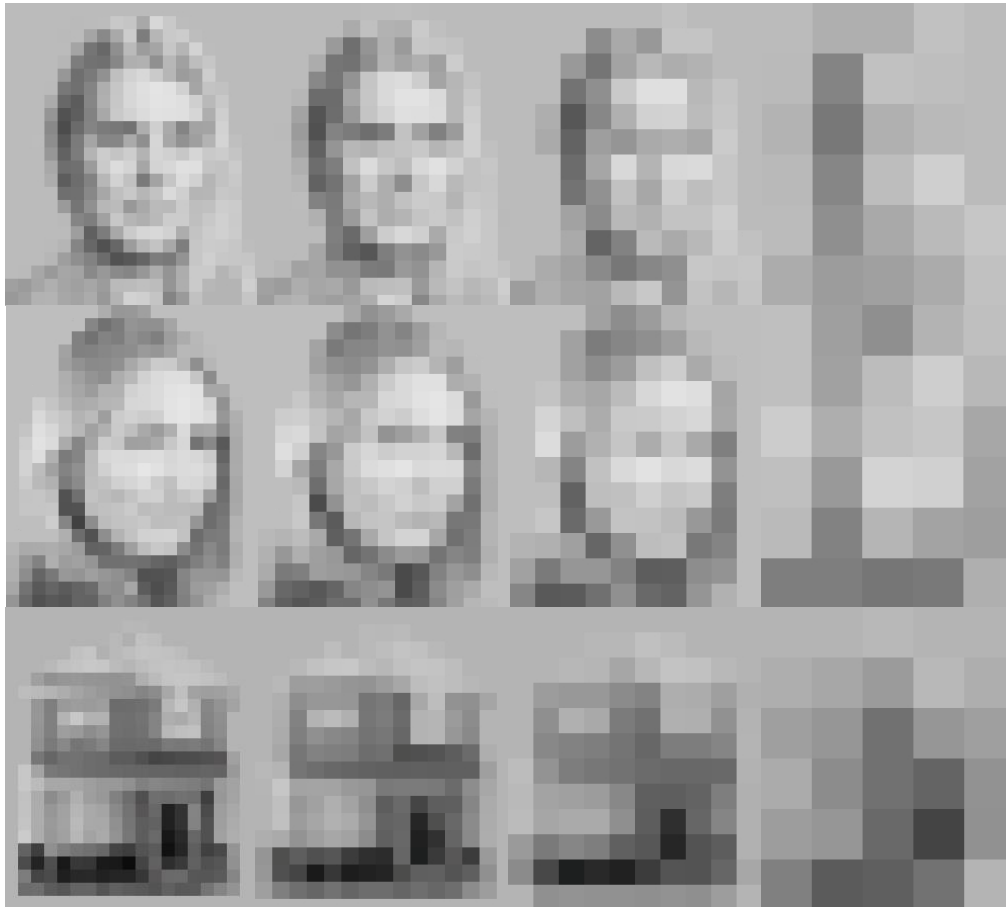
Stiimulid

Stiimulid komplekteeriti 24 fotost, mida saab jagada kolmeks stiimulitüübiks. Kuuel fotol oli kujutatud katseisikule tuttav inimene, kuuel katseisiku jaoks võõras inimene ning kaheteistkümmel maja. Seega kujutasid pooled stiimulid inimesi ja pooled maju, vältimaks ühe stiimulitüübi esinemise suuremat tõenäosust võrreldes teise stiimulitüübi esinemise tõenäosusega. Vastasel juhul oleksid tulemused kallutatud stiimulite erineva esinemistõenäosuse tõttu. Kõik fotod olid pikselleeritud neljal erineval astmel (19, 14, 10, 5 pikslit vertikaalmõõtmes, edaspidi nimetatud ka kui maskeerimisastmed 1-4). Seega oli kasutusel kokku 96 stiimulit.

Näostiiimuliteks valiti fotod, millel kujutatud inimesed olid silmatorkavate aksessuaarideta (lihtsad soengud, ilma mütsita, ilma kontrastsete prilliraamideta) ja neutraalse emotsionaalse näoilmega. Fotod olid tehtud sarnase nurga alt ning nägude paigutus ja suurus fotodel oli sarnane. Kõik katseisikud olid ühe töökollektiivi liikmed ning tuttavate isikutena käsitleti sama töökollektiivi teisi liikmeid. Ühelgi tuttava isiku fotol ei olnud kajastatud katseisikut ennast (seetõttu vahetati ühe katseisiku jaoks välja üks foto). Majastiimulite valimisel lähtuti sarnastest

Nägude ja mittedägede tajumine

kriteeriumitest (homogeenne suurus, sarnane paigutus nägudega, kergesti tuvastatavad tüüpilised tunnused, nagu näiteks katus). Fotode lõplik koosseis määrati kindlaks eelkatse tulemusena. Katseks valiti välja fotod, mis oleksid võimalikult homogeenelt tuvastatavad. Joonisel 1 on kujutatud üks näide iga stiimulitüübi jaoks.



Joonis 1. Näited katses kasutatud stiimulitest. Ülemisel real on kujutatud üks katseisikutele tuttavatest nägudest, keskmisel real on võõras nägu ja alumisel maja neljal maskeerimisastmel.

Kõik stiimulid olid akromaatilised (halli tasemed must-valgel skaalal) ning esitati hallil taustal. Stiimuleid modifitseeriti katseprogrammi siseselt nii, et nende keskmine heledus võrduks tausta heledusega ja heleduse standardhälve oleks sama kõikide stiimulite jaoks. Igast pikslist lahutati kõigepealt antud stiimuli keskmine heledus ja saadud väärtus korrutati soovitud ning algse standardhälbe suhtega. Seejärel lisati igale piksile taustahleduse väärtus. Heleduse standardhälbeks oli valitud selline väärtus, et stiimulitüübi õigesti tuvastamise osakaal varieeruks optimaalselt olenevalt stiimuli maskeerimisastmest. Eesmärk oli saavutada

Nägude ja mittedägude tajumine

juhuslikkuse-lähedane õigete vastuste osakaal kõige viimasel maskeerimisastmel ja võimalikult kõrge õigete vastuste osakaal esimesel maskeerimisastmel.

Katse käik

Katsed viidi läbi Tallinnas Teatri väljakul asuvas kognitiivse psühholoogia laboris. Katseprogramm oli kirjutatud programmeerimiskeeles python, kasutades VisionEgg mooduli funktsioone. Stiimulid esitati SUN CM751U monitoril (1024 x 768 pikslit), mille pildivärskendussagedus oli 100 Hz. Katse viidi läbi hämaras toas ning katseisikute vaatekaugus ekraanist oli 100 cm.

Katsekorra ülesehitus oli järgmine. Katsekord algas fikatsiooniristi esitamisega ekraani keskel 500 ms vältel. Seejärel oli ekraan tühi 750-1250 ms vältel ning siis esitati 10 ms vältel stiimul suurusega 5.3 visuaalset nurgakraadi. Pärast stiimuli esitamist oli ekraan tühi 1000 ms vältel ja siis ilmus vastusekraan. Katseisiku ülesanne oli vastata, kas ta nägi antud katsekorral maja või nägu. Vastused anti standardsel arvutiklaviatuuril parema käega nooleklahve kasutades. Kui katseprogramm registreeris katseisiku vastuse, algas uus katsekord.

Kõiki stiimuleid esitati võrdväärse arvul katsekordadel. Stiimulite esitamise järjekord oli pooljuhuslik. Antud töö üheks eesmärgiks oli uurida, kuidas mingil eelneval katsekorral esitatud stiimul mõjutab sellele järgneval katsekorral esitatud stiimuli tajumist. Seetõttu oli stiimulite esitamise järjekorras tagatud, et igale stiimulitüübi ja maskeerimisastme kombinatsioonile oleks eelnenud võrdväärse arvul iga teine stiimulitüübi ja maskeerimisastme kombinatsioon.

Igat katseisikut instrueeriti ühtmoodi, paluti vaadata tähelepanelikult arvutiekraani keskele ning püüda hoida pilgu suunda muutumatuna alates fikatsiooniristi ilmumisest kuni vastusekraani ilmumiseni, tagamaks nägemisteravuse muutumatust ja silmaliigutuste EEG artefaktide võimalikult vähest hulka. Eraldi instrueeriti katseisikuid selle kohta, et nad ei pilgutaks viidatud ajaperioodil silmi. Katseisikud läbisid kokku 1000-1200 üksikkatsekorda, mis olid jagatud 200 katsekorra pikkustesse plokkidesse. Iga ploki järel oli paus, et katseisikud saaksid silmi puhata.

EEG mõõtmine ja eeltöötlemine

Aju elektrilist aktiivsust mõõdeti elektroentsefalograafia (salvestussagedus 1450 Hz, riistvara filtrid 0.1-350 Hz). Sündmuspotentsiaalide mõõtmiseks kasutati Nexstim Eximia EEG süsteemi

Nägude ja mittedägude tajumine

ja 60 elektroodiga 10-20 süsteemi järgi ehitatud elektroodmütse. Kokku mõõdeti ajupotentsiaale 19 elektroodilt (kanalilt): FCz, Cz, CP3, CP4, TP7-TP10, Pz, P7-P10, POz, PO3, PO4, O1, O2 ja Iz. Elektroodid olid valitud vastavalt sellele, kust kõige paremini N170 komponenti on võimalik mõõta (Joyce & Rossion, 2005; Minnebusch & Daum, 2009; Eimer, Gosling, Nicholas, & Kiss, 2011). Elektroodide takistus hoiti alla 15 K .

Referents- ehk võrdluselektroodid, mille suhtes ülejäänud elektroodide signaale mõõdeti, kinnitati katseisiku laubale, vähesel määral paremale poole nihutatuna. Lisaks salvestati vertikaalne elektrookulogramm (EOG) kahe lisaelektroodi abil, mis olid paigutatud vasaku silma alla ja kohale.

EEG andmete eeltöötlemine viidi läbi Matlab programmeerimiskeskonnas, kasutades selleks spetsiaalset vabavara Fieldtrip (<http://fieldtrip.fcdonders.nl>, versioon 01-01-2013). EEG salvestistest moodustati 900 ms pikkused lõigud (200 ms enne stiimuli esitust kuni 700 ms pärast stiimuli esitust). Vastavate EEG lõikude andmed normaliseeriti stiimulile eelnenud 100 ms pikkuse lõigu suhtes ja lineaarsed trendid eemaldati lõikudest. Ülejäänud andmed filtreeriti 30 Hz madalsagedusliku läbilaske ja null-faasinihkega Butterworth filtriga.

Andmed puhastati käsitsi ehk kõik EEG salvestise lõigud vaadati üksikshaaval üle ning edasisest analüüsist jäeti välja katsekordad, kus esines selgeid silmaliigutusi või muskliartefakte. Rohkete artefaktide tõttu tuli lõplike katsekordade ebapiisavuse tõttu ühe katseisiku andmed analüüsist välja jätta. Kuna kanalid FCz, Cz, Pz, POz, CP3 ja CP4 olid kohati mürrarohked ning andmed Iz kanalilt puudusid osade katseisikute jaoks, jäeti need kanalid analüüsist välja. Andmeanalüüs kasutati kanaleid TP7-TP10, P7-P10, PO3, PO4, O1 ja O2. Iga kanali salvestused iga stiimuli kohta keskmistati eraldi iga katseisiku puhul ja saadi stiimuli poolt esile kutsutud potentsiaalid. Pärast andmete puhastamist jäi igasse tingimusse alles keskmiselt 67 katsekorda (SD = 9, ulatus = 21-137).

Andmeanalüüs

Käitumuslikud andmed analüüsiti kasutades R programmeerimiskeelt (<http://www.r-project.org/>, versioon 3.1.0). Statistiliseks analüüsiks erinevate tingimuste vahel kasutati korduvmõõtmiste ANOVAt. Kui Mauchly sfäärilisuse testi kohaselt oli sfäärilisuse eeldus täitmata, korrigeeriti p väärtusi Greenhouse-Geisseri meetodil. *Post-hoc* testid viidi läbi paaris t-testidega.

Nägude ja mittedägede tajumine

Efektisuurused on esitatud ges (*generalized eta squared*) mōduga ANOVAt jaok ja Coheni d mōduga t-testide jaok.

EEG andmed analüüsi Matlabi tarkvarakeskkonnas. Tingimustevahelisi erinevusi analüüsi mitteparameetriliste paaris t-testidega, mis on Fieldtripis implementeeritud mitteparameetriliste klastripermutatsiooni testide näol (Maris & Oostenveld, 2007). Olulisi erinevusi otsiti ajavahemikus 100-400 ms pärast stiimuli esitust. Valitud ajavahemik lähtub eelnevates töödes leitud tulemustest ja sisaldab N170 hōlmavat ajalōiku (Gajewski, Schlegel, & Stoerig, 2008; Minnebusch & Daum, 2009). Empiirilise jaotuse loomiseks kasutati 5000 permutatsiooni. Testi statistikuna kasutati kōikide antud klastrisse kuuluvate andmepunktide t väärtuste summat. Kōikide antud testideks vajalike olulisuse nivoodeks võeti 0.05.

Tulemused

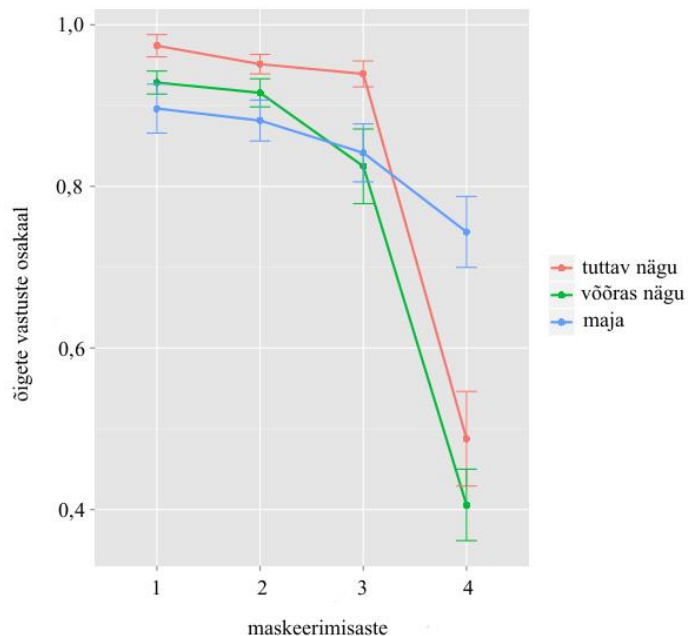
Käitumuslikud tulemused

Sõltuva muutuja mõõduna fikseeriti õigete vastuste osakaal, millele keskmine kolme esimese maskeerimisastme (19, 14, 10 pikslit vertikaalmõõdus) puhul oli sarnane ($M_1 = 92.4\%$, $SD_1 = 4.3\%$, $min_1 = 84\%$, $max_1 = 95.4\%$; $M_2 = 90.8\%$, $SD_2 = 3.6\%$, $min_2 = 84.6\%$, $max_2 = 95.5\%$; $M_3 = 86.2\%$, $SD_3 = 5.3\%$, $min_3 = 79.7\%$, $max_3 = 94.3\%$). Neljandal maskeerimisastmel (5 pikslit vertikaalmõõdus) jäi keskmine õigete vastuste hulk juhuslikkuse-lähedasele tasemele ($M_4 = 59.5\%$, $SD_4 = 2.9\%$, $min_4 = 56.5\%$, $max_4 = 63.9\%$).

Esiteks on uuritud, kas õigete vastuste osakaal erineb tuttavate ja võõraste nägude vahel olenevalt maskeerimisastmetest. Vastav kahefaktoriline kordumõõtmiste ANOVA näitas, et esineb peafekt maskeerimisastmete jaoks ($F(3,15) = 114.6$, $p = 0.000021$, $ges = 0.89$) ehk õigete vastuste osakaal langeb maskeerimisastme kasvades. Esines ka peafekt nägude faktori jaoks ($F(1,5) = 59.9$, $p = 0.00058$, $ges = 0.18$). Tuttavate nägude jaoks oli õigete vastuste osakaal läbivalt kõrgem kui võõraste nägude puhul. Seda kinnitab ka asjaolu, et antud ANOVA interaktsioon maskeerimisastme ja nägude kategooria vahel ei olnud statistiliselt oluline ($F(3,15) = 1.5$, $p = 0.28$, $ges = 0.04$).

Järgnevalt uuriti, kuidas erineb õigete vastuste osakaal majade puhul võrreldes tuttavate ja võõraste nägudega olenevalt maskeerimisastmest. Vastav kahefaktoriline kordumõõtmiste ANOVA näitas taaskord, et esineb peafekt maskeerimisastmete jaoks ($F(3,15) = 174.1$, $p = 7.1e-12$, $ges = 0.82$). Peafekt stiimulitüübi jaoks ei olnud statistiliselt oluline ($F(1,5) = 2.2$, $p = 0.2$, $ges = 0.16$), aga esines interaktsioon maskeerimisastmete ja stiimulitüüpide vahel ($F(3,15) = 17.8$, $p = 0.0012$, $ges = 0.48$). Tulemused on kujutatud joonisel 2.

Nägude ja mittenägude tajumine



Joonis 2. Joonisel on kujutatud katseisikute õigete vastuste osakaal stiimulitüüpide lõikes erinevatel maskeerimisastmetel. Punane joon tähistab tuttavate nägude kategooriat, roheline joon võõraste nägude kategooriat ja sinine majade kategooriat. X-teljel on kujutatud maskeerimisastmed (1 ó 19 pikslit vertikaalmõõdtes (pix/v); 2 ó 14 pix/v; 3 ó 10 pix/v; 4 ó 5 pix/v). Y-teljel on kujutatud õigete vastuste osakaal. Vertikaalsed värvilised jooned tähistavad standardvigu.

Kuna eelnevas ANOVAs esines statistiliselt oluline interaktsioon maskeerimisastmete ja stiimulitüüpide vahel, on läbi viidud *post-hoc* t-testid, tuvastamaks, millistel maskeerimisastmetel milliste stiimulitüüpide puhul vastuste tase oluliselt erineb. Eesmärgiks on saada üldine ülevaade tulemustest ning seepärast katseisikute vähesuse tõttu p väärtusi ei korrigeerita, kuigi seda tavapäraselt tehakse.

Iga maskeerimisastme kohta oleks võimalik teha kolm testi ning võrrelda õigete vastuste osakaalu tuttavate nägude ja majade puhul; võõraste nägude ja majade puhul ning tuttavate nägude ja võõraste nägude puhul. Kuna esimeses läbi viidud ANOVAs leiti peafekt nägude faktori jaoks, interaktsiooni maskeerimisastmetega aga ei leitud, siis võib järeldada, et tuttavate ja võõraste nägude vaheline efekt esineb igal maskeerimisastmel. Seetõttu neid t-teste läbi ei viidud ja kontrolliti ainult erinevusi tuttavate nägude ja majade ning võõraste nägude ja majade vahel igal maskeerimisastmel. *Post-hoc* testide tulemusena selgus, et maskeerimisastmetel 1-3 tuvastasid katseisikud tuttavaid nägusid paremini võrreldes majadega ja võõraid nägusid sarnaselt majadega. Neljandal maskeerimisastmel on tulemus vastupidine ó maju tuvastati

Nägude ja mittedägude tajumine

statistiliselt oluliselt sagedamini õigesti kui tuttavaid või võõraid nägusid. Täpsemalt on *post-hoc* testide tulemused kajastatud tabelis 1.

Tabel 1. *Post-hoc* t-testide tulemused.

	t(5)	p	Coheni d
Maskeerimisaste 1			
tuttav nägu vrdl maja	2.5	0.053	1.03
võõras nägu vrdl maja	1.04	0.35	0.42
Maskeerimisaste 2			
tuttav nägu vrdl maja	2.6	0.047	2.13
võõras nägu vrdl maja	1.1	0.32	0.45
Maskeerimisaste 3			
tuttav nägu vrdl maja	2.9	0.033	1.15
võõras nägu vrdl maja	-0.25	0.81	0.1
Maskeerimisaste 4			
tuttav nägu vrdl maja	-2.56	0.051	0.98
võõras nägu vrdl maja	-4.2	0.008	1.72

Järgnevalt on uuritud eelmisel katsekorrall esitatud stiimuli mõju katseisikute vastusele. Kuna eksperimendis osales vaid kuus katseisikut ning esimesel kolmel maskeerimisastmel on tulemused väga sarnased, on selleks analüüsiks kasutatud kolme esimese maskeerimisastme andmeid. Analüüsiks jagati katsekorrad kolme gruppi: esiteks katsekorrad, mil stiimulina esitati katseisikule tuttav nägu; teiseks katsekorrad, mil stiimulina esitati katseisikule võõras nägu ja kolmandaks katsekorrad, mil stiimulina esitati maja. Igal grupil on omakorda kolm alagruppi ehk kolm tingimust sõltuvalt sellest, kas eelmisel katsekorrall esitati stiimulina tuttav nägu, võõras nägu või maja. Selleks, et selgemini esile tuua eelnenud katsekorra mõju, lahutati igast alatingimusest vastava tingimuse keskmine õigete vastuste osakaal.

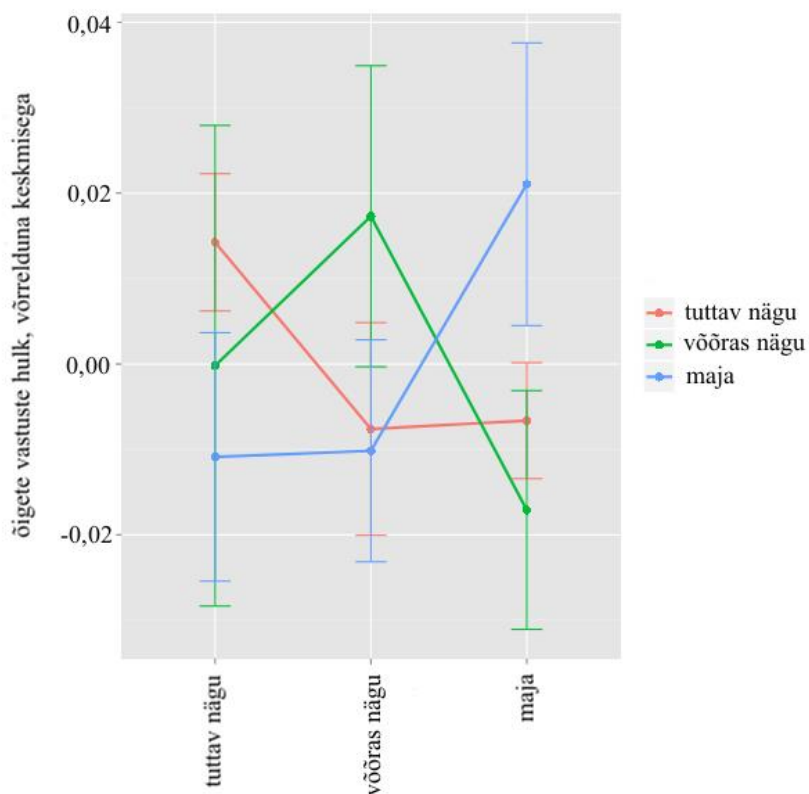
Läbi viidi korduvmõõtmiste ANOVA faktoritega antud katsekorra stiimulitüüp ja eelneva katsekorra stiimulitüüp. Ühtegi statistiliselt olulist efekti ei tuvastatud (tabel 2).

Nägude ja mittedägude tajumine

Tabel 2. ANOVA tulemused.

Efekt	DFn	DFd	F	p	ges
st	2	10	-1.209033e-13	1.0000000	8.757413e-32
st_p	2	10	2.199236e-02	0.9782949	5.228906e-04
st:st_p	4	20	7.957918e-01	0.5418504	1.229822e-01

Kuigi statistiliselt olulist efekti ei esine, on ges (efekti suurus) interaktsiooni jaoks arvestatav. Samuti nähtub jooniselt 3, et esinevad ootuspärased suundumused. Iga kategooria lõikes on õigete vastuste hulk keskmisest suurem, kui eelnenud katsekorral esitati katseisikule sama tüüpi stiimul.



Joonis 3. Joonisel on kujutatud esimesel kolmel maskeerimisastmel kokkuvõetuna katseisikute õigete vastuste hulk kategooriate lõikes sõltuvalt eelmisel katsekorral esitatud stiimulist. Punane joon tähistab tuttavate nägude kategooriat, roheline joon võõraste nägude kategooriat ja sinine majade kategooriat. X-teljel on kujutatud vastamisele eelnenud katsekorral esitatud stiimul. Y-teljel on kujutatud õigete vastuste hulk võrrelduna keskmisega. Vertikaalsed värvilised jooned tähistavad standarddviigi.

Nägude ja mittenägude tajumine

Ges (efekti suurus) näitab, et esineb peaaegu keskmise suurusega efekt, mistõttu on läbi viidud *post-hoc* t-testid, et näha kas kuskil esineb selgemaid seoseid konkreetsete tingimuste vahel. Võrreldi katsekordasid, mil katseisikule esitati mõõdetaval ja sellele eelnenud katsekorral sama tüüpi stiimul nende katsekordadega, mil katseisikule esitati eelnenud katsekorral teist tüüpi stiimul.

Tabel 3. *Post-hoc* t-testide tulemused.

	t(5)	p	Cohen's d
mõlemal katsekorral tuttav nägu			
vrld eelmisel katsekorral võõras nägu	1.1	0.32	0.45
vrld eelmisel katsekorral maja	2.56	0.05	1.05
mõlemal katsekorral võõras nägu			
vrld eelmisel katsekorral tuttav nägu	0.39	0.71	0.16
vrld eelmisel katsekorral maja	2.32	0.068	0.95
mõlemal katsekorral maja			
vrld eelmisel katsekorral tuttav nägu	1.13	0.31	0.46
vrld eelmisel katsekorral maja	1.2	0.28	0.49

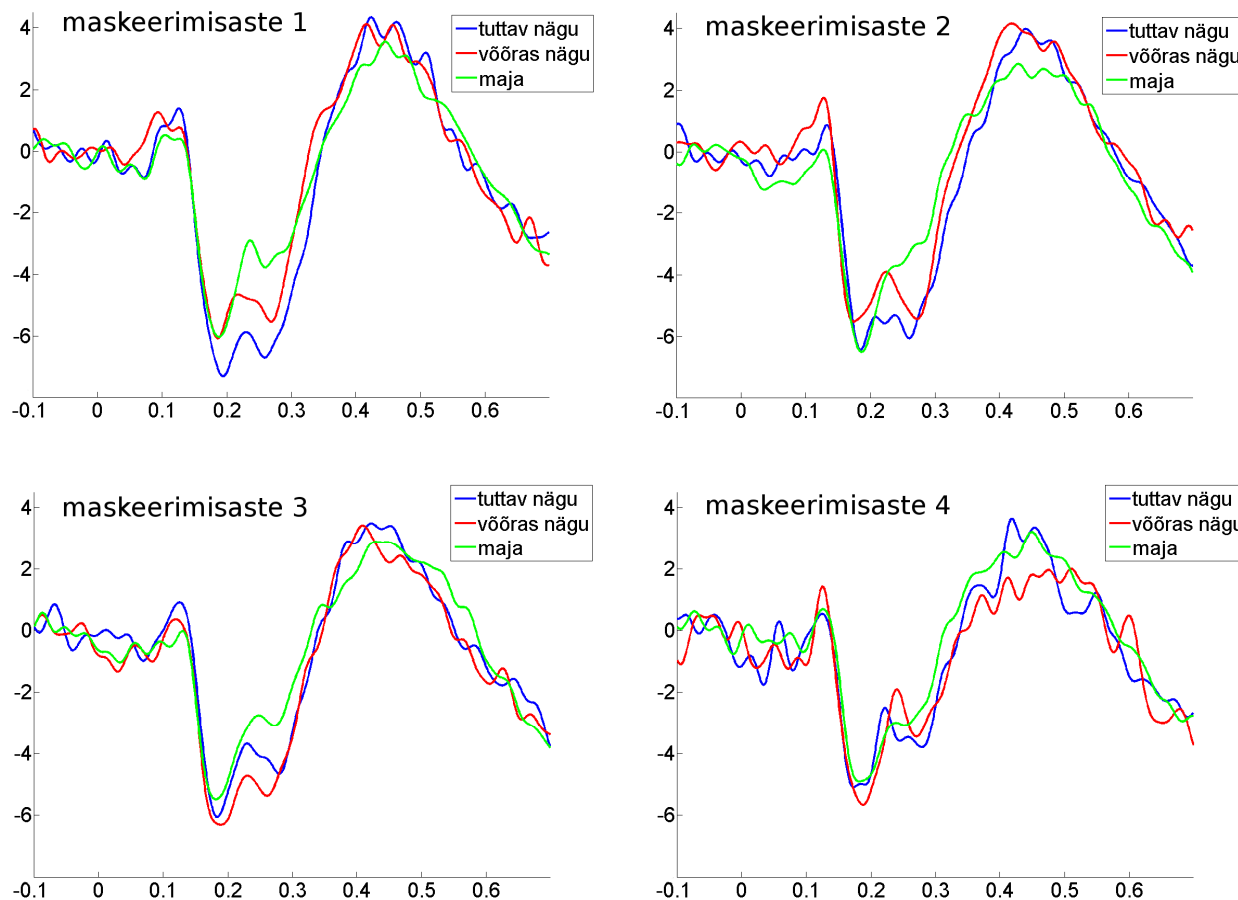
Kahel juhul esines marginaalselt oluline efekt. Esiteks siis, kui mõõdetaval katsekorral näidati katseisikule tuttavat nägu ja eelmisel katsekorral oli stiimuliks olnud maja (võrrelduna kahe üksteisele järgneva katsekorraga, mil katseisikule näidati tuttavat nägu). Teiseks siis, kui mõõdetaval katsekorral esitati katseisikule võõras nägu ning eelmisel katsekorral oli stiimuliks olnud maja (võrrelduna kahe üksteisele järgneva katsekorraga, mil katseisikule näidati võõrast nägu). Seega võib eelnevast järeldada, et mõõdetavale katsekorrale eelnenud katsekorral esitatud stiimulil võib kohati olla täheldatav mõju katseisikute vastusele.

EEG tulemused

Käitumuslike andmete analüüs näitas, et esineb erinevus tuttavate nägude tajumisel võrrelduna võõraste nägude ja majade tajumisega. Kuigi eelnevalt tuli nentida, et kolmel esimesel maskeerimisastmel on tulemused sarnased ja neljandal maskeerimisastmel vastupidised eelmise kolme astme tulemustele, esinesid kohati olulised erinevused. Seetõttu on järgnevalt uuritud, kas nendel käitumuslikel efektidel leiduvad ka EEG korrelaadid.

Nägude ja mittedärgude tajumine

Joonisel 4 on kajastatud keskmistatud sündmuspotentsiaalid kolme erineva stiimuli lõikes neljal erineval maskeerimisastmel. Kasutatud on ühesugust skaalat, et visuaalselt oleks selgem, kuidas sündmuspotentsiaalid maskeerimisastmeti erinevad. Kuigi andmed näitasid ning ka joonisel nähtub, et sündmuspotentsiaal muutub maskeerimisastmete kasvades nõrgemaks, ei ole seda nähtust antud töös lähemalt käsitletud, sest töö esmaseks eesmärgiks on uurida stiimulitüüpide vahelisi erinevusi olenevalt maskeerimisastmetest.

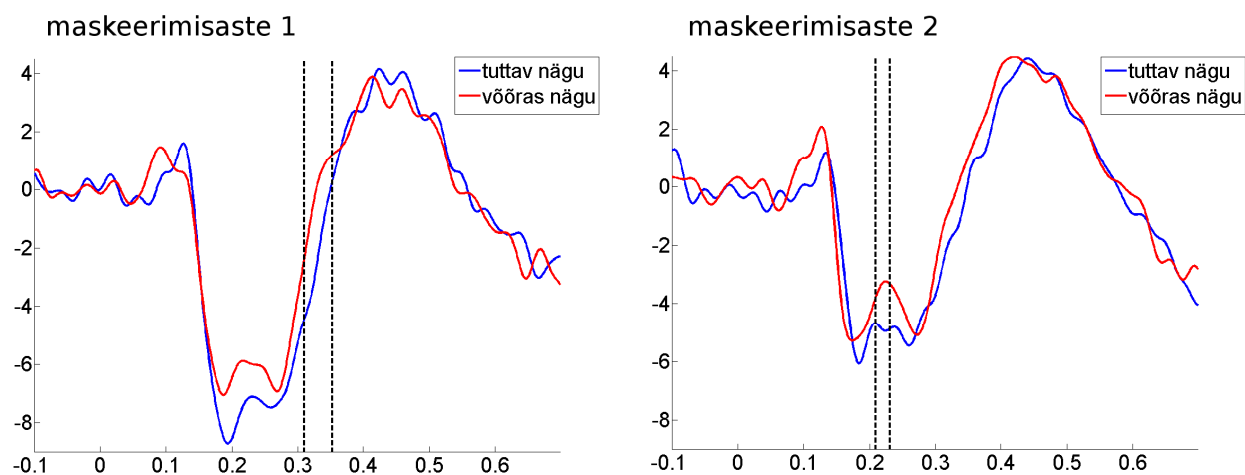


Joonis 4. Joonistel on kujutatud keskmistatud sündmuspotentsiaalid kolme erineva stiimulitüübi lõikes neljal erineval maskeerimisastmel. Sinine joon tähistab vastusena tuttavale näole tekkinud sündmuspotentsiaale, punane joon tähistab vastusena võõrale näole tekkinud sündmuspotentsiaale ja roheline joon tähistab vastusena majale tekkinud sündmuspotentsiaale. X-telgedel on kujutatud aeg (ms) ning nullpunkt tähistab stiimuli katseisikule esitamise hetke. Y-telgedel on kajastatud sündmuspotentsiaal (μV).

Igal maskeerimisastmel võrreldi erinevate stiimulitüüpide sündmuspotentsiaale eraldi, selleks viidi läbi 12 mitteparameetrist permutatsioonitesti Läbiviidud kaheteistkümnest testist näitasid olulist erinevust kaks. Tuttavate nägude ja võõraste nägude tajumisel esimesel

Nägude ja mittedärgude tajumine

maskeerimisastmel esines marginaalselt oluline erinevus 310-353 ms pärast stiimuli esitust ($p < 0.1$). Parempoolsed temporo-parietaalsed kanalid (P8, P10, TP8, TP10) fikseerisid selles ajavahemikus vastusena tuttava näo kujutisele suhteliselt negatiivsema potentsiaali kui vastusena võõra näo kujutisele. Tuttavate nägude ja võõraste nägude tajumisel teisel maskeerimisastmel esines usaldusväärset olulist erinevust 209-231 ms pärast stiimuli esitust ($p < 0.05$). Selles ajavahemikus fikseerisid vasakpoolsed parietaal-oksiipitaalsed kanalid (P7, P9, PO3, O1) suhteliselt negatiivsema sündmuspotentsiaali vastusena tuttava näo kujutisele kui võõra näo kujutisele. Seega esines maskeerimisastmetel 1 ja 2 statistiliselt oluline, aga mõnevõrra erineva latentsi ja topograafiaga erinevus tuttavatele ja võõrastele nägudele vastavate sündmuspotentsiaalide vahel (joonis 5).

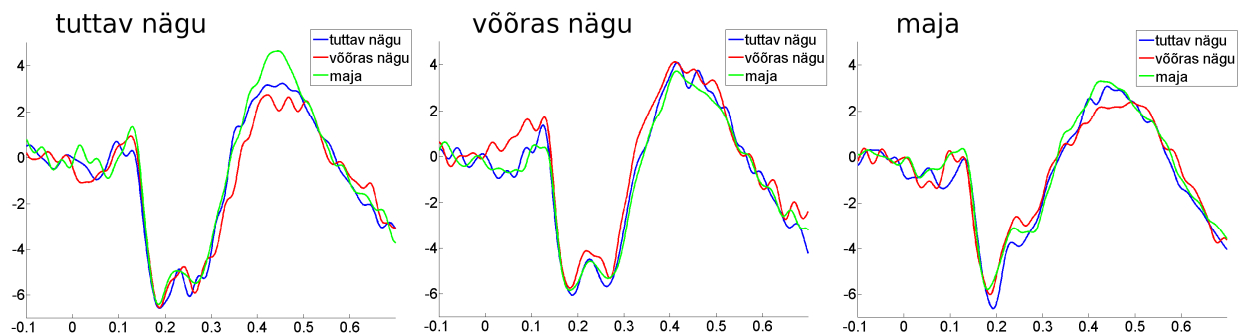


Joonis 5. Joonistel on kujutatud keskmistatud (üle nende elektroodide, mis näitasid statistiliselt olulist erinevust tingimuste vahel) sündmuspotentsiaalid kahe erineva stiimulitüübi lõikes erinevate maskeerimisastmete korral. Sinine joon tähistab vastusena tuttavale näole tekkinud sündmuspotentsiaale ja punane joon tähistab vastusena võõrale näole tekkinud sündmuspotentsiaale. Mustade katkendjoontega on märgistatud statistiliselt olulise erinevuse esinemise ajaline piirkond. X-telgedel on kujutatud aeg (ms) ning nullpunkt tähistab stiimuli katseisikule esitamise hetke. Y-telgedel on kajastatud sündmuspotentsiaal (μV).

Järgnevalt on uuritud, kas EEG tulemused sõltusid eelmisel katsekorral esitatud stiimulist. Kuigi käitumuslikud tulemused selget efekti ei kinnitanud, näitasid läbiviidud võrdlused üksiktingimuste vahel, et stiimuli õige tuvastamise osakaal on kohati kõrgem, kui eelmisel katsekorral esines sama tüüpi stiimul. Seega on uuritud, kas sellel efektel esineb EEG korrelaate ehk kas EEG tulemused antud katsekorral esitatud stiimulile on erinevad võrreldes sellega,

Nägude ja mitterägude tajumine

millist stiimulit näidati katseisikule eelmisel katsekorralt. Vastavate tingimuste sündmuspotsiaalid on esitatud joonisel 6.

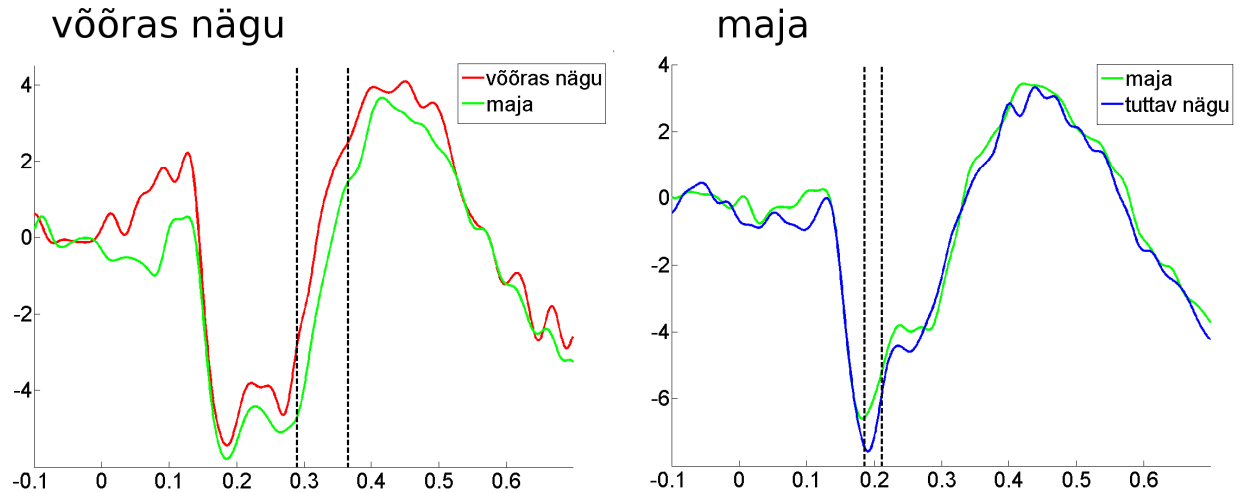


Joonis 6. Joonisel on kujutatud keskmistatud sündmuspotsiaalid kolme erineva stiimulitüübi lõikes sõltuvalt eelmisel katsekorralt esitatud stiimulist. Vasakpoolsetel joonisel on kujutatud vastusena tuttavale näole tekkinud sündmuspotsiaalid, keskmisel joonisel on vastusena võõrale näole tekkinud sündmuspotsiaalid ja parempoolsetel joonisel on vastusena majale tekkinud sündmuspotsiaalid. Kõigil kolmel joonisel tähistab sinine joon sündmuspotsiaale, mis ilmsesid, kui eelnenud katsekorra stiimuliks oli tuttav nägu, punane joon sündmuspotsiaale, mis ilmsesid, kui eelnenud katsekorra stiimuliks oli võõras nägu ja roheline joon sündmuspotsiaale, mis ilmsesid, kui eelnenud katsekorra stiimuliks oli maja. X-telgedel on kujutatud aeg (ms) ning nullpunkt tähistab stiimuli katseisikule esitamise hetke. Y-telgedel on kajastatud sündmuspotsiaal (μV).

Sarnaselt käitumuslikele analüüsidele on ka EEG analüüside jaoks kolme esimese maskeerimisastme andmed kokku liidetud. Lisaks on EEG analüüsidesse kaasatud ainult sellised katsekorrad, kus katseisik vastas antud katsekorralt esitatud stiimuli suhtes õigesti. Viidi läbi kuus mitteparameetrist permutatsioonitesti, millest kaks näitasid statistiliselt olulisi erinevusi tingimuste vahel. Sarnaselt käitumuslikele tulemustele, kinnitavad EEG analüüsid, et stiimuli töötlus ajus sõltub (vähemalt osade stiimulite jaoks) eelmisel katsekorralt esitatud stiimulist. Esines usaldusväärne erinevus võõraste nägude tajumisel sõltuvalt sellest, kas eelmisel katsekorralt oli stiimuliks võõras nägu või maja. Vasakpoolsed posterioorsed kanalid (P7, P9, TP7, O1) tuvastasid erinevuse 290-366 ms pärast stiimuli esitust ($p < 0.001$). Selles ajavahemikus oli EEG-ga mõõdetud sündmuspotsiaal suhteliselt positiivsem, kui eelmisel katsekorralt esitati katseisikule sama tüüpi stiimul ehk võõras nägu (võrreldes olukorraga, kui eelmisel katsekorralt oli stiimuliks maja). Samuti esines usaldusväärne erinevus majade tajumisel sõltuvalt sellest, kas eelmisel katsekorralt oli stiimuliks tuttav nägu või maja. Parempoolsed temporo-parietaalsed kanalid (P8, P10, TP8, TP10) tuvastasid erinevuse 186-212 ms pärast stiimuli esitust ($p < 0.05$). Selles ajavahemikus oli EEG-ga mõõdetud sündmuspotsiaal

Nägude ja mittedägude tajumine

suhteliselt positiivsem juhul, kui eelmisel katsekorral esitati katseisikule sama stiimul ehk maja (võrreldes olukorraga, kui eelmisel katsekorral oli stiimuliks tuttav nägu). Tulemused on kajastatud joonisel 7.



Joonis 7. Vasakpoolsel joonisel on kujutatud vastusena võõrale näole tekkinud sündmuspotentsiaalid, parempoolsel joonisel on vastusena majale tekkinud sündmuspotentsiaalid. Mõlemal joonisel tähistab roheline joon sündmuspotentsiaale, mis ilmneseid, kui eelnenud katsekorra stiimuliks oli maja. Punane joon tähistab sündmuspotentsiaale, mis ilmneseid, kui eelnenud katsekorra stiimuliks oli võõras nägu ja sinine joon sündmuspotentsiaale, mis ilmneseid, kui eelnenud katsekorra stiimuliks oli tuttav nägu. Mustade katkendjoontega on märgistatud statistiliselt olulise erinevuse esinemise ajaline piirkond. X-telgedel on kujutatud aeg (ms) ning nullpunkt tähistab stiimuli katseisikule esitamise hetke. Y-telgedel on kajastatud sündmuspotentsiaal (μV).

Arutelu ja järeldused

Esimesena püstitatud hüpotees, mille kohaselt ei eristu vastusena näokujutisele saadud sündmuspotentsiaali N170 amplituud majade kujutiste esitamisel saadud sündmuspotentsiaali amplituudist, kui kujutise maskeerimisaste on 10 või vähem, leidis osalist kinnitust. Kui esitatud stiimuli pikselleerituse aste oli 5, siis ei esinenud sündmuspotentsiaalide vahel erinevust. Stiimulite puhul, mille pikselleerituse aste oli 10 (või rohkem), esines siiski erinevus vastusena näokujutisele saadud sündmuspotentsiaali N170 amplituudi ja vastusena majade kujutistele saadud sündmuspotentsiaalide vahel. Tuttavaid nägusid tuvastati kõikidel maskeerimisastmetel sagedamini nägudena kui võõraid nägusid. See efekt leidis kinnitust nii käitumuslikult kui ka EEG analüüsi tulemusena. Maskeerimisastmetel 1 ja 2 esines statistiliselt oluline, aga mõnevõrra erineva latentsi ja topograafiaga erinevus tuttavatele ja võõrastele nägudele vastavate sündmuspotentsiaalide vahel.

Sarnaselt eelpool viidatud Caharel, Ramon, & Rossion (2014) tööga avaldus nägude tutvuse efekt pärast 200 ms möödumist stiimuli esitamisest.

Samuti leidis osalist kinnitust teisena püstitatud hüpotees, mille kohaselt eristatakse tuttavaid nägusid majadest paremini kui võõraid nägusid. See nähtus avaldus aga sündmuspotentsiaali komponendis N170 ka siis, kui kujutiste pikselleerituse aste oli 10.

Kolmanda hüpoteesina püstitatud järjekorraefekt (iga kategooria stiimulit tuvastatakse sagedamini õigesti siis, kui eelnenud katsekorral on esitatud sama kategooria stiimul) ei leidnud statistilist kinnitust, kuid efekti suurus osutus piisavaks, et tekitada huvi ja õigustada tulevase uurimistööd antud valdkonnas. Ei ole välistatud, et olulisus oleks tulnud selgemini välja, kui katseisikute sooritustase olnuks madalam. Vaatamata eelkatsetele esines antud katses liiga suur laaeffekt ehk katseisikud tuvastasid liiga hästi selle, kas stiimulil oli kujutatud maja või nägu. Käesolevas töös saadud tulemusi tuleks suurema hulga katseisikutega kontrollida. Kuna katses osales vaid kuus katseisikut, võisid osad efektid jääda andmete vähesuse tõttu varjatuks või olla moonutatud.

Sarnaselt käitumuslikele tulemustele, kinnitasid EEG tulemused üksnes, et stiimuli töötlus ajus sõltub osade stiimulite jaoks eelmisel katsekorral esitatud stiimulist. Mõju omas seejuures sama kategooria stiimuli (mitte pelgalt ühe konkreetse stiimuli) kordumine. Stiimulite kordumise

Nägude ja mittenägude tajumine

järjekord oli pooljuhuslik ning üles ehitatud selliselt, et katseisikud ei saanud teadlikult ega teadvustamata ära õppida süstemaatilisust stiimulite esitamise järjekorras. Sellegipoolest oli stiimulite esitamise järjekorra mõju tuvastatav. Esines erinevus 290-366 ms pärast stiimuli esitust võõraste nägude tajumisel sõltuvalt sellest, kas eelmisel katsekorral oli stiimuliks võõras nägu või maja. Lisaks esines erinevus 186-212 ms pärast stiimuli esitust ($p < 0.05$) majade tajumisel sõltuvalt sellest, kas eelmisel katsekorral oli stiimuliks tuttav nägu või maja. Tegemist on nähtusega, mida siamaani nii konkreetselt uuritud ei ole. Stiimuli korduvus aitab paremini stiimulit tuvastada, kuid EEG korrelaatidel oleks võimalik tuvastada, mis ajahetkel ja mis protsessides korduvuse kasulikkuse efekt avaldub.

Kirjanduse loetelu

- Bachmann, T. (1991). Identification of spatially quantised tachistoscopic images of faces: How many pixels does it take to carry identity? *European Journal of Cognitive Psychology*, 3(1), 87-103.
- Bahrick, L.E., Lickliter, R., & Castellanos, I. (2013). The development of face perception in infancy: Intersensory interference and unimodal visual facilitation. *Developmental Psychology*, 49(10), 1919-1930.
- Bentin, S., & Deouell, L.Y. (2000). Structural encoding and identification in face processing: ERP evidence for separate mechanisms. *Cognitive Neuropsychology*, 17, 356-54.
- Caharel, S., Ramon, M., & Rossion, B. (2014). Face familiarity decisions take 200 msec in the human brain: electrophysiological evidence from a go/no-go speeded task. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 26(1), 81-95.
- Chellappa, R., Sinha, P., & Phillips, P. J. (2010). Face recognition by computers and humans. *Computer*, 43(2), 46-55.
- Di Giorgio, E., Leo, I., Pascalis, O., & Simion, F. (2012). Is the face-perception system human-specific at birth? *Developmental Psychology*, 48(4), 1083-1090.
- Eimer, M. (2000). Event-related brain potentials distinguish processing stages involved in face perception and recognition. *Clinical Neurophysiology*, 111, 6946705.
- Eimer, M., Gosling, A., Nicholas, S., & Kiss, M. (2011). The N170 component and its links to configural face processing: A rapid neural adaptation study. *Brain Research*, 1376, 76-87.
- Gajewski, P. D., Schlegel, K., & Stoerig, P. (2008). Effects of Human Race and Face Inversion on the N170: A cross-race study. *Journal of Psychophysiology*, 22(4), 1576165.
- Grill-Spector, K., Henson, R., & Martin, A. (2006). Repetition and the brain: neural models of stimulus-specific effects. *TRENDS in Cognitive Sciences*, 10(1), 14-23.
- Itier, R. J., & Taylor, M. J. (2004). Source analysis of the N170 to faces and objects. *Neuroreport*, 15(8), 1261-1265.
- Joyce, C., & Rossion, B. (2005). The face-sensitive N170 and VPP components manifest the same brain processes: The effect of reference electrode site. *Clinical Neurophysiology*, 116, 261362631.

- Maris, E., & Oostenveld, R. (2007). Nonparametric statistical testing of EEG- and MEG-data. *Journal of Neuroscience Methods*, *164*(1), 177-190.
- Maurer, D., Grand, R. L., & Mondloch, C.J. (2002). The many faces of configural processing. *Trends in Cognitive Science*, *6*, 255-260.
- Minnebusch, D. A., & Daum, I. (2009). Neuropsychological mechanisms of visual face and body perception. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*, *33*, 1133-1144.
- Palermo, R., & Rhodes, G. (2007). Are you always on my mind? A review of how face perception and attention interact. *Neuropsychology*, *45*, 75-92.
- Rossion, B., & Jacques, C. (2008). Does physical interstimulus variance account for early electrophysiological face sensitive responses in the human brain? Ten lessons on the N170. *Neuroimage*, *50*, 1959-1979.
- Sinha, P., Balas, B., Ostrovsky, Y., & Russell, R. (2006). Face recognition by humans: nineteen results all computer vision researchers should know about. *Proceedings of the IEEE*, *94*, 1948-1962.
- Schweinberger, S. R., Huddy, V., & Burton, A. M. (2004). N250r: a face-selective brain response to stimulus repetitions. *Neuroreport*, *15*(9), 1501-1505.

Nägude ja mittenägude tajumine

Käesolevaga kinnitan, et olen korrektselt 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.

Geidi Sile