

Tartu Ülikool  
Psühholoogia instituut

Henri Jänes  
OOTUSTE MÕJU TAJULE JA SELLE SEOS  
SÜNDMUSPOTENTSIAALI N170 ILMNEMISEGA

Seminaritöö

Juhendajad: Talis Bachmann, Renate Rutiku, Kadi Tulver, Kalle Kallas  
Läbiv pealkiri: sündmuspotentsiaal N170

Tartu 2019

## Ootuste mõju tajule ja selle seosed sündmuspotentsiaali N170 ilmnemisega

### Kokkuvõte

Käesoleva töö eesmärgiks oli uurida näotundliku sündmuspotentsiaali N170 ilmnemist illusoorsete näokujutiste tajumise korral. Põhikatses osales 8 katseisikut, kellele näidati mürapilte ja halli fooniga pilte ning sooviti teada, kas nad näevad nendes näokujutisi.

Katseisikud olid mõjutatud teadmiselega, et esitatud piltides esineb raskesti tuvastatavaid näokujutisi ning, et katsisikute ülesanne on need tuvastada. Selgus, et katseisikud tajusid rohkem näokujutisi mürapiltides, võrreldes halli fooni piltidega, lisaks tajuti rohkem näokujutisi pikema esitusajaga (500ms) stiimulite puhul, võrreldes lühema esitusajaga (10ms). Illusoorse näotajuga kaasnes näotundlik sündmuspotentsiaal N170, kuid see efekt ei olnud statistiliselt usaldusväärne. Samas tuvastati katse käigus stiimulieelset alfalainetust ning N170 ajaaknast hilisemaid ERP komponente, mis viitab kõrgema taseme kognitiivsete töötlemismehhanismide rollile illusoorsetes tajus.

*Märksõnad* : EEG, N170, sündmuspotentsiaalid, illusoorne tajus, näod

## **Expectations forming perception and its correlates with event-related potential N170**

### **Abstract**

The aim of this study was to examine the face sensitive event-related potential N170, while perceiving illusory face images. 8 participants were shown noise stimuli and grey pictures, where they had to detect face images. Participants were shaped with the knowledge, that the pictures include faces which are hard to detect. Results showed that participants perceived more faces in noise pictures than in grey pictures, in addition, more faces were perceived in pictures shown for 500ms than those shown for 10ms. The N170 component was detected in illusory face perception, though the effect was not statistically significant. Pre-stimulus alpha waves as well as later ERP components were also detected, indicating the importance of higher level cognitive processes in illusory perception.

*Keywords* : EEG, N170, event-related potentials, illusory perception, faces

## Ootuste mõju tajule ning selle seosed sündmuspotentsiaali N170 ilmnemisega

### Visuaalne tajum

Tajum on keeruliste protsesside jada, mille käigus inimene võtab oma meelte kaudu informatsiooni vastu, korrastab ja tõlgendab seda. See võimaldab inimestel näha, kuulda ja tajuda ümbritsevat maailma sisukana ning ka ajas ja ruumis orienteeruda (Pomerantz, 2006). Visuaalne tajum on meie kõige olulisem tajumeel. Senimaani on osutunud keeruliseks teaduslikult mõista kõikide visuaalsete protsesside täpset toimimist ning selgitada kuidas visuaalsed protsessid loovad täpselt sellise tajumuse nagu inimesed seda tegelikkuses läbi elavad.

Visuaalse tajum viimaste aastate empiiriliste uuringute tulemused ja teoreetilised ideed näitavad, et meie kogemused, mälu, ootused ja soovid mõjutavad oluliselt visuaalset tajumist (Ochsner & Kosslyn, 2013). Neid mõjusid nimetatakse 'ülalt-alla' efektideks, sest saavad alguse visuaalsete protsesside hierarhia kõrgematest tasemetest ning mõjutavad madalamate tasemete tööd.

Võrdluseks, 'alt-üles' protsessid algavad visuaalse tajum madalatest tasemetest ja ei ole esialgu mõjutatavad kõrgemate tasemete poolt (Peterson, 2006).

Nägu on eriline visuaalne stiimul. Näo tuvastamisel on töös nii 'alt-üles' protsessid - näo tuvastusprotsesside moduleerimiseks, kui ka 'ülalt-alla' protsessid - näo tuvastamise eelistamiseks (Esterman & Yantis, 2010; Puri & Wojculik, 2008). Kaasaegse visuaalse tajum uurimise üheks pioneeriks peetakse Hermann von Helmholtzi (1866), kes vaatles silma ja järeldas oma tulemustes, et silm on vilets organ, mis toodab halba pilti. Kuna pilt on meil aga

silme ees subjektiivselt selge, siis järeltas Helmholtz, nägemise juures peab toimuma mitteteadvustatud järeltuse loomine. Selleks, et saaks tekkida täiuslik visuaalne kogemus, kasutab aju läbi sensoorsete organite saabuvat keskkonnast pärinevat informatsiooni ja võrdleb seda ajus või mälus juba olemas oleva mudeliga maailmast, luues seejärel mõlemat signaali kombineerides tajuja seisukohast optimaalse või täiusliku pildi ümbritsevast (Friston & Kiebel, 2011).

Nägude ja objektide tajumisel on lisaks keskkonnast tulevale ehk olulisemgi ootus sellest, mida näha tahetakse (Esterman & Yantis, 2010 ; Puri & Wojcjuulik, 2008). Selleks loob aju oodatavast sisendist mudeleid (Liu jt, 2014 ; Smith, Gosselin & Schyns, 2012), mis on kooskõlas ennustava kodeerimise teooriaga (Purcell & Stewart, 1988; Summerfield jt, 2006).

### **Ennustav kodeerimine**

Alates Helmholtzi (1866) teadustööst teatakse, et tajumine baseerub mitteteadvustatud kognitiivsetel mõjutustel. Aju loob selleks ennustava mudeli üldistatud maailma seaduspärasuste kohta. Aju kirjeldatakse kui “ennustusmasinat” (Clark, 2013), mis sobitab sensoorse sisendi ‘ülalt-alla’ ootustega. Viimasel kümnendil on ennustav kodeerimine tõusnud peamiseks ajutööd kirjeldavaks teooriaks, sidudes kokku käitumuslikud ja neurofüsioloogilised tulemused (George & Hawkins, 2009; Clark, 2013).

Ennustava kodeerimise teooria kohaselt teeb aju pidevalt järeltusi väliskeskkonna oleku kohta. Olemasolevate teadmiste põhjal luuakse ennustusi ja neid ennustusi võrreldakse sissetuleva informatsiooniga, mis omakorda uuendavad ennustavaid mudeleid (Mumford, 1992; Friston, 2005). Aju on võimeline tuvastama objekte kümnete millisekundite jooksul, isegi kui sisendiks on ainult algeline visuaalne informatsioon (Brodski jt, 2015).

Tajuvead tekivad kui kõrgemate visuaalse taju piirkondade ennustused ei ole kooskõlas esmastesse visuaalsetesse piirkondadesse saabuva sisendi informatsiooniga. Näiteks kui sisend on hägune ja ennustus on tugev, siis võib ennustus sisendit moonutada ja tekitada seeläbi

moonutatud tajuelamuse. Seda seletust on hiljuti hakatud kasutama hallutsinatoorsete ja illusoorsete kogemuste kirjeldamiseks kliiniliste patsientide hulgas (Grossberg, 2000).

Viiimastel aastatel on nägude tajumist uuritud laialdaselt, kuid 'ülalt-alla' näotuvastamise neuromaalsed mehhanismid on siiaani raskesti mõistetavad (Zimmermann jt, 2019).

### **Illuorsed näokujutised ja pareidoolia**

Ajukuvamise uuringutes on 'ülalt-alla' mõjutuste uurimiseks arendatud erinevaid paradigmasid: näo ettekujutamine ilma stiimuli olemasoluta (Mechell, 2004), umbmäärase näokujutise tõlgendamine (Meng jt, 2012), häguste näopiltide tajumine (Summerfield jt, 2006) ning mürapiltidelt nägude tajumine (Liu jt, 2014). Nende paradigmade uurimise eeliseks on see, et puuduvad reaalsed näostiimulid (esineb ainult müra). Samas müra, milles võib juhuslikult esineda tunnuseid, mis vihjavad näokujutisele meenutavaid stiimuleid suurendab katseisiku tõenäosust tuvastada seal näokujutist (Smith, Gosselin, Schyns, 2012). Sellest tulenevalt nägude tuvastamine põhineb tõenäoliselt 'alt-üles' sisendi tugeval 'ülalt-alla' mõjutusel (Zimmermann, 2019).

Näopareidoolia on illusoorne mitte eksisteerivate nägude tajumine. Näiteks mõned inimesed tajuvad kolme V-tähe kujuliselt asetsevalt täppi näokujutisena (Takahashi & Watanabe, 2015). Samuti nähakse illusoorseid nägusid puuviljadel ja puude peal, üheks kõige tuntumaks näiteks on 'nägu kuul' (Man in the moon) (Wardle jt, 2018). Lisaks inimestele on pareidooliat täheldatud ka reesus makaakidel (Taubert jt, 2017). Näopareidoolia olemasolu on võimalik tuvastada käitumisest (Gosselin & Schyns, 2003) või EEG mõõdetud ajuaktiivsuse kaudu (Hansen jt, 2010).

### Sündmuspotentsiaal N170

Ajuprotsesside uuringud on tuvastanud, et fusiform näopiirkond (Kanwisher jt, 1997), parempoolne lateraalne oksipitaalne näopiirkond (Gauthier jt, 2000) ning ülemine temporaalvagu (Hoffman & Haxby, 2000) on piirkonnad, mida seostatakse spetsiifiliselt näokujutiste töötlemisega. Näospetsiifiliste ajuprotsesside uurimiseks mõõdetakse muuhulgas ka sündmuspotentsiaale (*event-related potentials* ehk ERP), mis on aju poolt loodud mõõdetavad elektrilised potentsiaalid vastusena spetsiifilistele sisemistele või välistele sündmustele (Posamentier & Abdi, 2003). Üheks usaldusväärseks nägude uurimise komponendiks on sündmuspotentsiaal N170 ning selle kasutamine näokujutise taju markerina. Sündmuspotentsiaal N170 kuulub visuaalselt esile kutsutavate N1 komponentide hulka, mida kutsutakse esile visuaalseid protsesse töötlevates ajupiirkondades vastusena paljudele visuaalsetele stiimulitele, hoolimata stiimuli kategooriast (Calder, 2011). N170 on negatiivse polaarsusega ning ilmneb keskmiselt 170 millisekundit (vahemikus 150-200 ms) pärast stiimuli esitamist ning on tugevamalt esindatud parempoolses ajupoolkeras (Bentin jt, 1996). Varasemates teadustöodes on leitud, et N170 vastus näokujutistele on alati suurem kui vastus teistele, mitte-näostiiimulitele (Calder, 2011). Samuti on leitud, et N170 vastus on keskmiselt 10 ms aeglasem ümberpööratud näokujutiste puhul (Bentin jt, 1996), kuid ei ole mõjutatud tuttavate nägude nägemisest võrreldes tundmatute nägudega (Bentin & Deouell, 2000). Veel on leitud, et N170 vastuse kutsuvad esile ka eraldatuna esitatud näo osad, eriti just silmad (Bruce & Young, 1986). Bentin (1996) ja tema tööühm olid veendumusel, et N170 efekt on arvatavasti seotud näokujutiste töötlemisega enne objekti kategoriseerimist. Hilisemad uuringud on aga näidanud, et N170 vastust mõjutab see, kui inimene on teatud tüüpi stiimuli suhtes kogunud ehk saavutanud eksperdi staatuse teatud valdkonnas (Gauthier jt, 2000). Samuti on tehtud katsed, kus kutsuti N170 esile ka skemaatiliste nägude abil, saades sama tugeva vastuse kui tavalise näost pildistatud foto puhul (Sagiv & Bentin, 2001). Bentin (2002) ning tema tööühm demonstreeris eksperimendiga, et skemaatiliste näopiltide ning indutseeritud praimingu efekti abil kutsuti N170 vastus esile ka lihtsate piirjoonte abil, mis meenutasid näokujutist. Eelnevad eksperimendid annavad alust arvata, et ülevalt-alla mõjutused stiimuli esmasele kategoriseerimisele võivad mõjutada või kutsuda esile N170 vastust.

### **Uurimistöö eesmärk**

Uurimistöös püstitatakse järgmine hüpotees: katseisikul kujundatud ootus, et paljudes üksikekspositsioonides (katsekordades) esitatud visuaalse müra hulgas võib aeg-ajalt esineda väga raskesti eristatavaid näokujutisi, põhjustab näotundliku sündmuspotentsiaali N170 ilmlemise nende katsekordade puhul, milles katseisik arvas olevat näinud näokujutist (võrreldes nende katsekordadega, milles katseisik nägu ei tajunud. Käesoleva uurimistöö eesmärgiks on teada saada, kas näokujutise taju marker N170 ilmneb illusoorse stiimulitaju korral. Hüpoteesi paikapidavuse korral oleks see oluliseks täienduseks edasistes visuaalse tajuga seotud alusuuringutes.

### **Meetod**

#### **Valim**

Katses osales kokku 12 täisealist inimest, vanuses 23-33 (keskmine vanus  $M=26.16$ ,  $SD=2.46$ ), kellest 7 olid mehed ja 5 naised. Pilootkatses osales 3 inimest ning põhikatses 8, 1 inimene läbis ainult eelkatse. Katses osalenud inimesed olid katse läbiviija sõbrad ning nende tuttavad, kes olid nõus osalema eksperimentaalses katses. Enne iga katse algust allkirjastati informeeritud nõusoleku leht ja samuti anti instruktsioone eesootava katse täitmise jaoks. Katses osalemise tingimusteks oli :

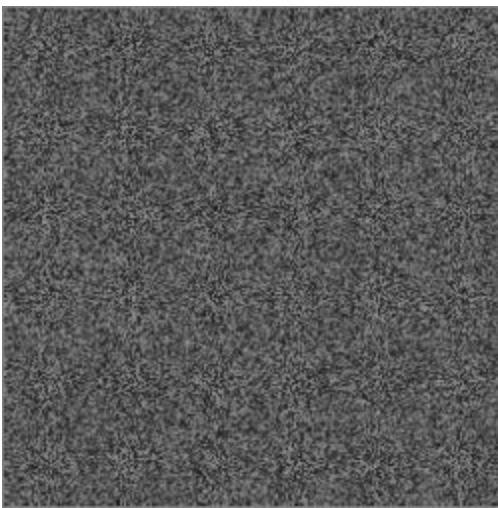
- 1) Isik on täisealine
- 2) Isik on terve
- 3) Isik on normaalse või normaalseks korrigeeritud nägemisega (st. vajadusel kannab prille või kontaktläätsesid)

## Katsedisain

Käesoleva uurimistöö eesmärgiks oli eksperimentaalselt uurida ootuste mõju tajule ning selle seoseid N170 sündmuspotentsiaali ilmnemisega. Eksperimendi läbiviimiseks esitati arvutigraafikaga loodud randomiseeritud mürapilte ja ühtlase fooniga halle pilte. Mürapilt on randomiseeritud tumedate ja heledate pikslitega täidetud pilt (joonis 1.). Katse jaoks loodi selliseid mürapilte 70 ning kasutati neid randomiseeritud järjekorras kõikide katseisikute puhul. Lisaks kasutati katses kontrolltingimusena lihtsaid halli fooniga stiimuleid.

Eksperimendis tagati stiimulite esitus arvutiekraanil vastava Pythoni programmeerimiskeeles kodeeritud katseprogrammi abil. Katseisikuid mõjutati enne katse algust teadmiseiga, et pildidel esineb väga raskesti nähtavaid näokujutisi, kuigi reaalselt näostiimulit ei esitatud. Juhuslikku müra kujutavate piltide esitamisega ning eelneva mõjutamisega sooviti katseisikuid panna tajuma illusoorseid näokujutisi.

Katse alguses käivitati eelprogramm, mis koosnes 150 katsekorrast ehk ühest plokist. Mürapilte ja halli fooniga pilte oli kahe erineva esitusajaga : 10 millisekundit (ms, 1 kaader) ja 500 ms. Stiimuli nägemisele järgnes küsimus: “Kas nägid nägu?” Peale eelprogrammi läbimist vaadati vastused üle ning kui katseisik oli vastanud jaatavalt vähemalt 9% katsekordadest, siis järgnes täispikkuses katse, mis koosnes 6 plokist ehk 800 katsekorrast. Üks katseisik osales ainult eelkatses, sest tema andmete tulemustes oli ‘jah’ vastuseid alla eelnevalt sätestatud normi.



Joonis 1. Uurimistöös kasutatud mürapildi näidis.

**Protseduur**

Katsed viidi läbi Tallinnas Teatri väljak 2 asuvas Tartu Ülikooli karistusõiguse osakonna kognitiivse psühholoogia laboratooriumis. Iga katseisiku jaoks oli ette nähtud vähemalt 2,5 tundi.

Enne katse algust pidi katseisik allkirjastama informeeritud nõusolekulehe. Seejärel paluti katseisikul istet võtta ning kontrolliti, et katseisiku silmade kaugus jääks monitori keskkohast 70 cm kaugusele. Vajadusel korrigeeriti monitori kaugust või tooli asendit.

Katseruumi hämaramaks muutmiseks ning parema keskendumise tagamiseks jäeti ruumis põlema ainult üks valgusti (60W pirn). Katseisikule selgitati klaviatuuril markeeritud nuppude tähendusi. Punaselt markeeritud klahv tähistas “ei” vastust ning rohelistega markeeritud klahv tähendas “jah” vastust. Seejärel selgitati, milliseid stiimuleid katseisik monitoril nägema hakkab, seejuures veendes katseisikut, et seal on väga raskesti nähtavaid näokujutisi. Katse alguses pidi katseisik esimese katsekorra nägemiseks vajutama tühiku klahvi.

Peale eelkatse läbimist vaadati andmed üle ning kui katseisik oli näinud nägu vähemalt umbes 9% katsekordadest, siis alustati täispikkuses katse ettevalmistust.

Mõõdeti katseisiku pea ümbermõõt ning valiti välja õige suurusega EEG müts. Veenduti, et müts on õigesti pähe asetatud ning on sobilik katse läbiviimiseks. Prepareeriti kaks silmaelektroodi ning need asetati vasaku ja parema silmanurga lähedasele alale. Referentselektroodidest üks paigutati parema kulmu keskele ja teine sellest umbes 1.5 cm paremale. Kontrolliti, kas kõikide katses vajaminevate elektroodide ühendus on andmete salvestamiseks piisavalt hea, vajadusel prepareeriti halva ühendusega elektroodid uuesti.

Alustati täispikkuses katse läbiviimisega. Katseisik sai peale igat plokki (150 pilti ühes plokkis) silmi puhata ja andis läbiviijale teada, kui oli valmis jätkama.

## Aparatuur

Sündmuspotentsiaali N170 registreerimiseks kasutati Nexstim Eximia Elektroentsefalograafia (EEG) aparatuuri (Nexstim Ltd., Helsinki, Finland). Mõõtmisel kasutati 60 ühendusega elektroodmütsi ning EEG tulemused salvestati Eximia programmis.

Bioelektrilist aktiivsust mõõdeti 27 elektroodiga: IZ, OZ, O1, O2, PO3, POZ, PO4, P9, P7, P3, P1, PZ, P2, P4, P8, P10, TP9, TP7, CP5, CP3, CP1, CPZ, CP2, CP4, CP6, TP8, TP10.

Mürapiltide esitamiseks kasutati monitori (SUN CM751U; 1024x768) värskendussagedusega 100Hz ning vastuste andmiseks kasutati klaviatuuri.

## Andmete eeltöötlus

EEG andmete puhastamiseks kasutati andmetöötlusprogrammi Matlab, *Fieldtrip* (Oostenveld jt, 2011) tööriistakasti ning EEGlabi (Delorme & Makeig, 2004). Andmed filtreeriti kõigepealt 0.5 Hz kõrg- ja 30 Hz madalpääsfiltriga ning lõigati seejärel katsekordadeks vahemikes -600 ms enne ja 600 ms pärast igat stiimuli esitust. Kõik katsekorrad vaadati käsitsi üle ning võeti välja artefaktidega katsekorrad. Eemaldati kõik katsekorrad, kus katseisik oli end liigutanud või katseisik pilgutas/liigutas silmi stiimuli esitamise ajal. Samuti interpoleeriti kõik müraised elektroodid. Ülejäänud artefaktid (näiteks hilisemad pilgutused ja muskliaktiivsus) eemaldati ICA (*independent component analysis*) meetodi abil. Lisaks puhastati katsekorrad JD (*joint decorrelation*) meetodi abil (de Cheveigné & Parra, 2014). Seda meetodit rakendati iga tingimuse jaoks eraldi, et paremini välja tuua nägemisülesandega seotud aktiivsust stiimuli algusaja suhtes ning 4 kõige korduvat komponenti üle katsekordade jäeti alles edasisteks analüüsideks. Viimaks korrigeeriti andmed 200 ms stiimulieelse keskmise amplituudi suhtes.

## Andmete analüüs

EEG andmed analüüsiti kahes etapis. Esmalt viidi läbi N170 komponendi keskmise amplituudi analüüs iga katseisiku ja esitusaja jaoks eraldi. Selleks identifitseeriti esmalt kõikidest katsekordadest koosneval ERPil N170 komponendile kõige lähema negatiivse komponendi latents elektroodidel TP9, TP7, P9, P10, TP8 ja TP10. Seejärel võrreldi 40 ms pikkust keskmist amplituudi selle latentsi ümber katsekordadel, kus nähti nägu, ja katsekordadel, kus ei nähtud nägu. Statistiliseks analüüsiks kasutati sõltumatut t-testi.

Teises etapis viidi läbi klastripõhine permutatsioonitest (*cluster-based permutation test*) iga katseisiku ja esitusaja jaoks eraldi. Antud analüüsi kaasati kõikide elektroodide andmed ajavahemikus 50-500 ms pärast stiimuli esitust. Statistiliseks analüüsiks kasutati samuti sõltumatut t-testi ning efektklastrid identifitseeriti empiirilise null-hüpooteesil põhineva jaotusega võrreldes, mis koosnes 5000 suvalisest andmete permutatsioonist.

Käitumuslike andmete puhul viidi läbi nii kahefaktoriline korduvmõõtmiste ANOVA kui ka post-hoc paaris t-testid. ANOVA jaoks raporteeritakse *generalized eta-squared* (ges) efektsuuruse mõõtu ning t-testide jaoks *Cohen's d* efektsuuruse mõõtu.

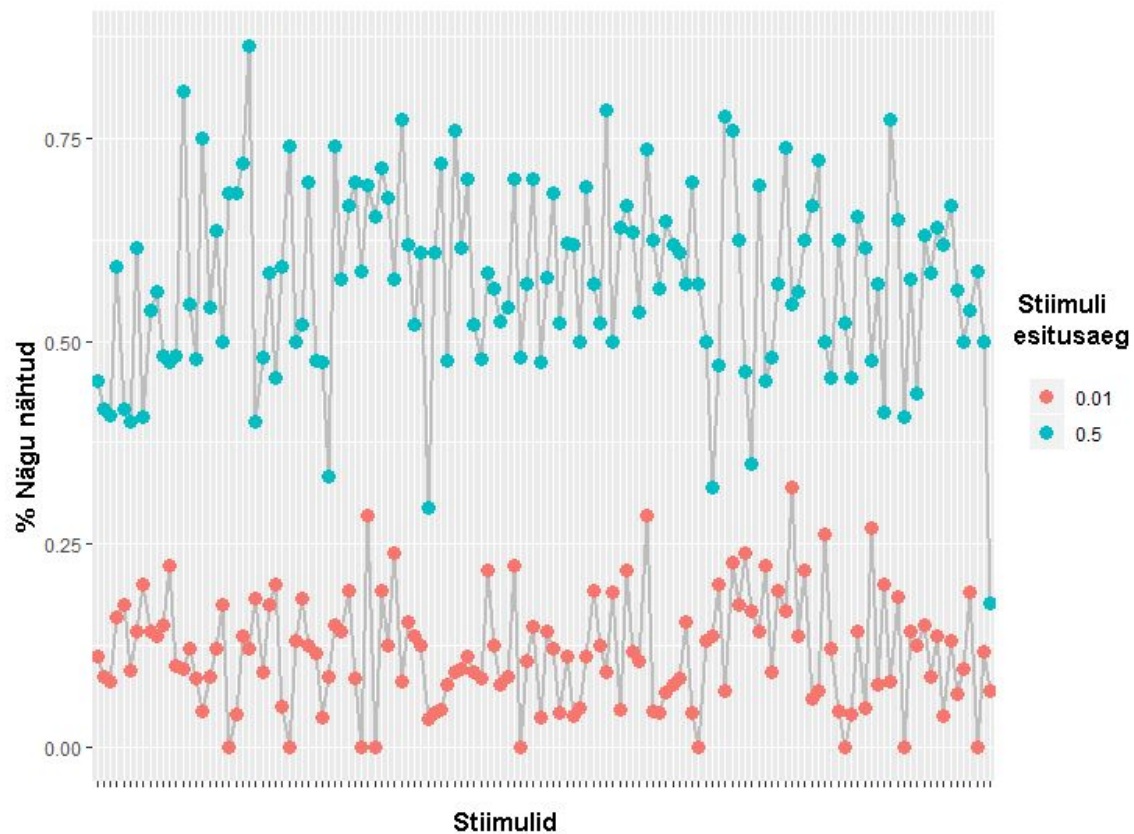
## Tulemused

### Käitumuslikud tulemused

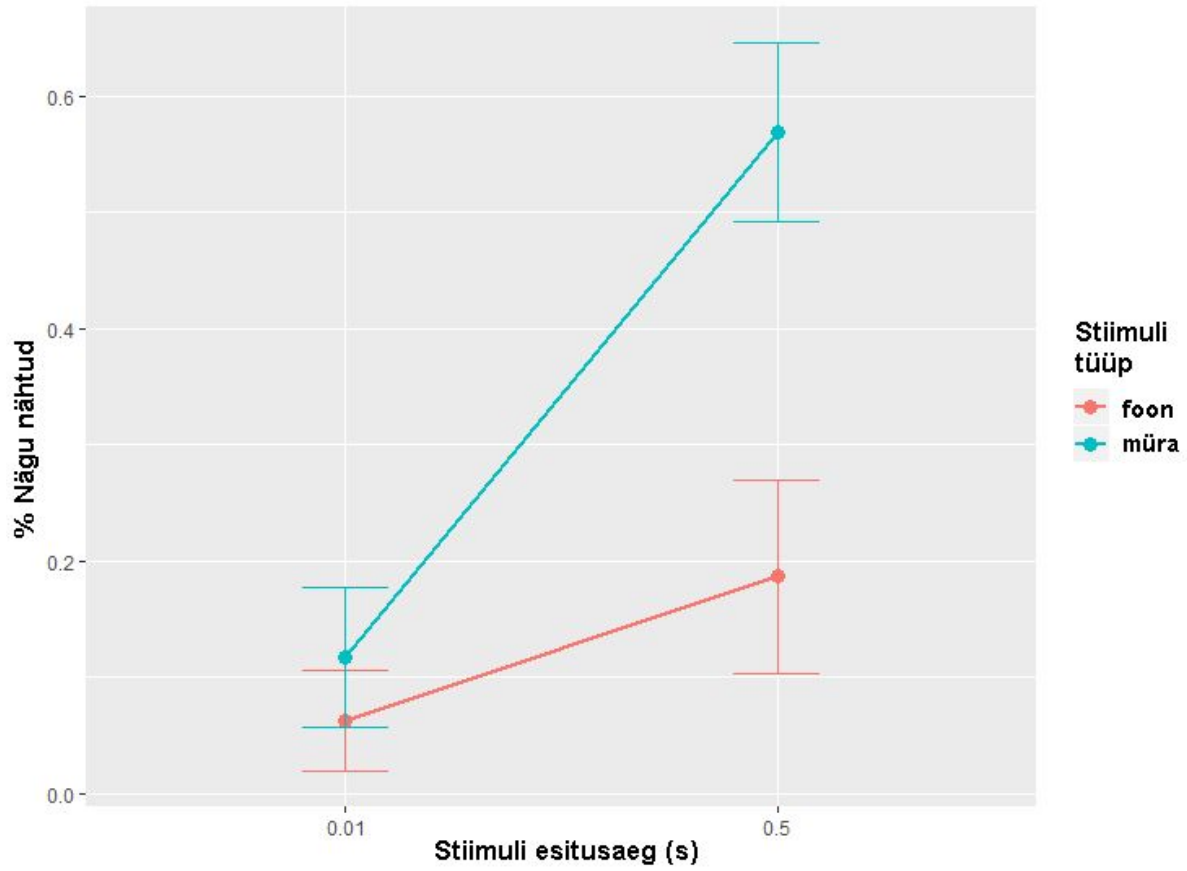
Katseisiku ülesandeks oli öelda, kas nad nägid piltides nägusid või ei näinud. Soovisime teada saada, kuidas mõjutasid nägude nägemist erinevad stiimulitüübid ning esitusajad. Katse programmis esitatud pildid olid 2 erineva esitusajaga : 10 ms ja 500 ms. Stiimulid jagunesid 2 erinevasse tüüpi: mürapildid ja ühtlase halli fooniga pildid. Kontrollisime, millised nende tegurite mõjudest on läbi kõigi katseisikute statistiliselt usaldusväärsed. Selle jaoks teostati kahefaktoriline korduvmõõtmiste ANOVA test erinevate stiimulitüüpide ja esitlusaegade võrdluseks. Joonisel 3 on näha katseisikute keskmine sooritus. Testi tulemustes on esitlusaja

faktori efekt statistiliselt oluline ( $F(1,7) = 95.165$ ,  $p < .001$ ;  $ges = 0.391$ ); katseisikud nägid oluliselt rohkem nägusid pika esitusaja puhul võrreldes lühikese esitusaja piltidega. Samuti oli statistiliselt oluline pilditüübi faktori efekt; mürapiltide puhul nähti rohkem nägusid kui halli fooniga piltidel ( $F(1,7) = 16.038$ ,  $p = .005$ ;  $ges = 0.271$ ). Kahe faktori vahel esines ka interaktsioon ( $F(1,7) = 10.412$ ,  $p = .015$ ;  $ges = 0.173$ ). Jooniselt 3 on selgesti näha, et esitusaja efekt oli palju tugevam mürapiltide puhul võrreldes halli fooni piltidega. Siiski oli esitusaja mõju tendentsina olemas ka halli fooni piltide jaoks ( $t(7) = 2.091$ ,  $p = 0.0749$ ,  $d = 0.739$ ) ja ka lühema esitusaja puhul püsis erinevus kahe stiimulitüübi vahel ( $t(7) = 1.923$ ,  $p = 0.096$ ;  $ges = 0.68$ ).

Joonisel 2 on välja toodud kui palju keskmiselt iga stiimuli puhul nähti nägu olenevalt esitusajast. Esitusaja efekt esines igale stiimulile ning ükski stiimul ei paista silma eriti kõrge vastuseprotsendi poolest. Erinevalt varasemalt avaldatud töödest ei leidnud meie töös seega kinnitust, et ühe kindla stiimuli puhul nähakse oluliselt rohkem nägusid võrreldes teiste stiimulpiltidega, mis välistab kahtluse, et randomiseeritud pikslid oleksid tekitanud mõne stiimupildi puhul objektiivselt sidusa visuaalse näokujutise või selle selgesti äratuntava osa.



Joonis 2. Nägude nägemise osakaal iga stiimuli puhul , sõltuvalt esitusaegast (sek).



Joonis 3. Katseisikute keskmine sooritus esitusaja ja pilditüübi võrdluses.

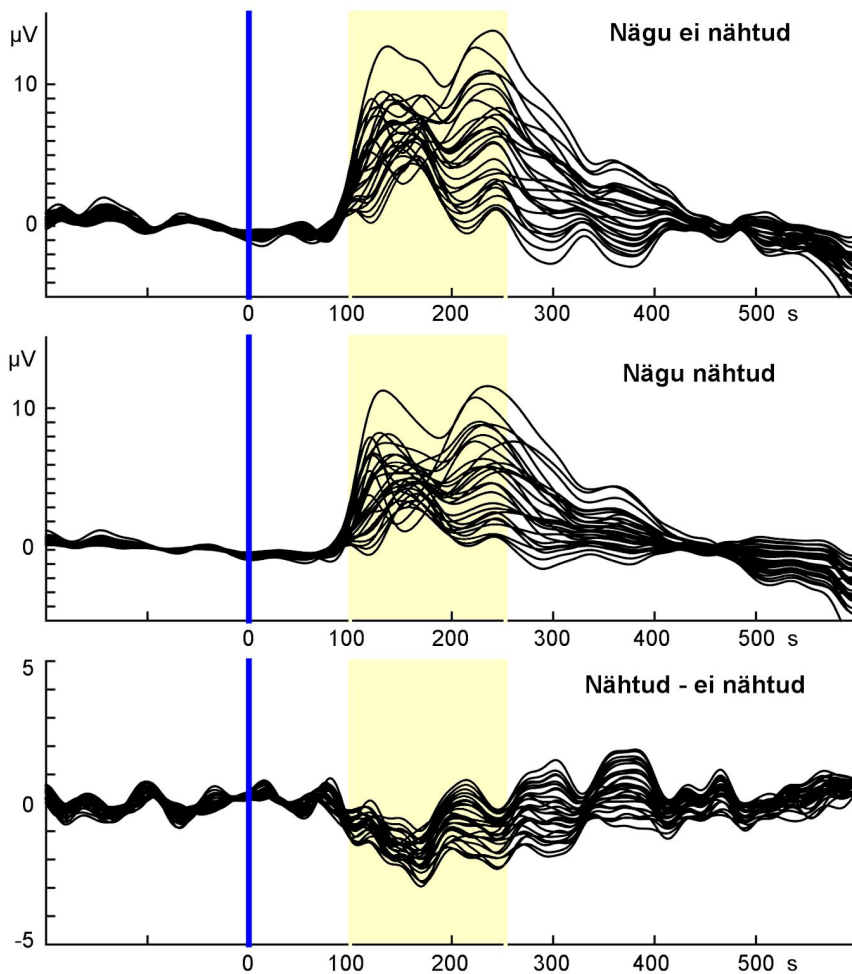
## EEG tulemused

Katseisikud nägid lühiajalise stiimuli puhul nägusid nõnda vähe, et usaldusväärseks analüüsiks nähtud ja mitte nähtud nägude vahel jäi vajalikke katsekordi alles ainult ühel katseisikul (vaata tabel 1.) Lühikese esitlusajaga EEG analüüsid viidi läbi 3 katseisiku andmetega. Ülejäänud katseisikute puhul analüüsisime esmalt iga katseisiku jaoks eraldi N170 ajaaknas EEG keskmist amplituudi olenevalt katsetingimustest. Hüpoteesi paikapidavuse korral eeldasime paljude katseisikute puhul N170 ajaaknas süstemaatilist tugeva negatiivse amplituudiga efekti ilmnemist katsekordadel, kus nähti nägu. EEG tulemustes ilmnis süstemaatilist negatiivse amplituudiga efekti N170 ajaaknas ainult kahel katseisikul (joonis 4 ja joonis 5) Eelnevalt mainitud probleemi taustal otsustasime võrrelda sündmuspotentsiaalide erinevusi ka eksploratiivselt, i.e., ilma konkreetse ajalise hüpoteesita. Võrdlesime katseisikute katsekordi ning vaatlesime võimalike sündmuspotentsiaalide ilmnemisi oluliselt laiemas ajaaknas (50ms -500ms).

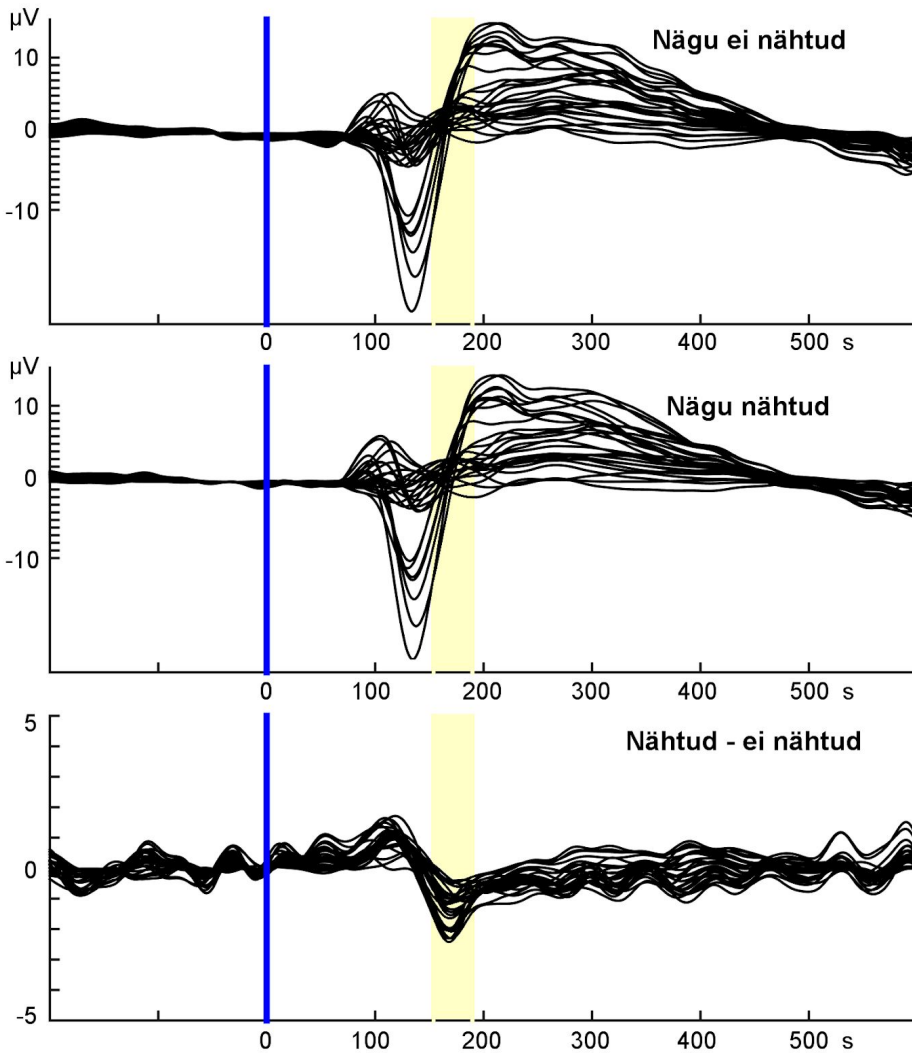
Üheks süstemaatiliselt ilmnevaks efektiks paljude katseisikute hulgas olid tugevad stiimuli-eelsed alfaained. Viiel katseisikul esines ERP komponendi ilmnemist oluliselt hilisemas faasis kui algselt vaadeldud N170 ajaaknas (300 – 500 ms) ning kahe katseisiku puhul täheldasime N170 ajaaknast varasemaid positiivseid komponente.

Tabel 1. Katseisikute nähtud ja mitte nähtud nägude katsekordade hulk stiimuli erineva esitusaja võrdluses.

	0.5 ms nägudeta	0.5 ms nägudega	0.1 ms nägudeta	0.1 ms nägudega
KI 4	102	251	256	77
	T(351) = -0.43; ns		T(331) = 1.3; p = 0.2	
KI 5	250	43	293	1
	T(291) = -0.19; ns			
KI 6	50	288	262	62
	T(336) = -2.84; p = 0.0048		T(322) = 7.52; p < 0.001	
KI 7	97	293	200	175
	T(388) = 1.63; p = 0.1		T(372) = -2.74; p = 0.006	
KI 9	164	224	392	1
	T(386) = 1.63; p = 0.1			
KI 10	183	197	383	3
	T(378) = 2.89; p = 0.004			
KI 11	221	165	376	9
	T(384) = 1.09; p = 0.28			
KI 12	173	205	378	1
	T(376) = -2.42; p = 0.016			



Joonis 4. Katseisiku EEG tulemused pikema esitusajaga stiimuli puhul. Ülemisel pildil on keskmistatud katsekorrad tingimusel “kui nägu ei nähtud”. Keskmisel pildil keskmistatud katsekorrad nägude nägemisel juhul ning alumisel pildil mõlema tingimuse lahutatud tulemus, millel on näha N170 komponendile omast negatiivse amplituudiga efekti.



Joonis 5. Eelmisele joonisele analoogsed katseisiku vastused kahe erineva tingimuse võrdluses pikema esitusajaga stiimuli tingimustes. Alumisel pildil (mis kujutab nähtud / mitte nähtud tingimuste potentsiaalierinevust) on selgelt näha N170 sündmuspotentsiaalile omast negatiivse amplituudiga efekti ning stiimulieelset alfa-lainetust.

### Arutelu ja järeldused

Kuigi tehtud uurimistöö esialgne fookus oli suunatud sündmuspotentsiaali N170 leidmisele illusoorsete näokujutiste tajumisel, siis tulemustes ei leidnud algselt püstitatud hüpotees tugevat kinnitust statistiliselt olulisel määral. Kvalitatiivselt ilmnes N170 efekt piiratud mahu (joonised 4 ja 5), mis osutab vajadusele küsimust edaspidistes suurema andmemassiiviga katsetes edasi uurida.

Varasemalt on analoogseid illusioone või fantoomseid tajusid uurivates töodes täheldatud, et alfalainete mõjutamine TMS'iga loob illusoorseid tajuelamusi (Müller jt, 2013). Tekib küsimus, kas alfalainetel ei võiks olla illusoorse tajumise juures põhjuslik roll. Erinevates uurimustes on leitud, et stiimulieelsed alfalained on seotud illusoorsete tajuelamuste tekkimisega (Romei jt, 2008). Kuna alfalained ilmnevad enne stiimuli esitamist, arvatakse, et need alfalained osutavad protsessidele, mis mõjutavad ajusisest närvivõrgustikku seoses saabuva stiimuliga (Jensen jt, 2010).

Peale sagedaste alfalainete leidus muid mõjureid, mis võisid raskendada statistiliselt robustse näospetsiifilise komponendi leidmist. Üheks peamiseks põhjuseks võib pidada katsekordade vähest arvu. Ei saa välistada, et kordades suurema valimi puhul võiks N170 efekt oluliselt paremini välja joonistuda.

Käesoleva uurimustöö EEG analüüsi üheks raskendavaks asjaoluks oli tugev visuaalne transient, mis tulenes sellest, et katseisikutele näidati 500 ms pikkusega kontrastset tugevat stiimulit, mille mõju oli oluliselt tugevam kui uuritav näospetsiifilise N170 efekt. Tugeva visuaalse transiendi

tõttu võib olla ka oht, et isegi kui tulemustes ilmnes N170 efekt, siis see lihtsalt ei pruukinud tugeva transiendi piisava tugevusega välja tulla.

Tehnilistele takistustele lisaks ei tohi ära unustada inimestevahelisi individuaalsed erinevusi ülesannete sooritamise puhul. Inimestel on erinevad strateegiad asjade lahendamiseks ning läbi viidud eksperimendis ei olnud ühte kindlat lahendust nägude nägemiseks. Lisaks erinevatele strateegiatele võisid rolli mängida ka tajulised erinevused. Nii mõnegi katseisiku puhul oli näha, et lühikese esitusajaga stiimuli puhul vastati jaatavalt nägude nägemise osas peale kerget kõhklust või selle peale uuesti mõeldes. Ka mõnedes EEG andmete tulemustes oli näha hiliseid ERPe (hilisemad kui 300 ms), mis annab alust arvata ka kõrgema taseme kognitiivsete funktsioonide mõjutusi stiimule tajumisele. Võis tekkida olukord, kus reaalselt stiimulit ei tajutud, aga mälu funktsioonide ning kognitiivsete protsesside tulemusel loodi petlik elamus visuaalses töömälus või kujutluses.

Kokkuvõtvalt võib öelda, et kuigi uurimistöö esialgne hüpotees tugevat kinnitust ei leidnud, täheldasime nii käitumuslike kui ka EEG andmete põhjal mitmeid huvipakkuvaid seaduspärasusi. Selgus, et katseisikud tajusid rohkem näokujutisi mürapiltides, võrreldes halli fooni piltidega ning oluliselt rohkem näokujutisi leiti pikema esitusajaga (500ms) stiimulite puhul, võrreldes lühema esitusajaga (10ms). Tuvastasime katseisikutel stiimuleelset alfalainetust ning N170 ajaaknast hilisemaid ERP komponente. Edaspidistes uuringutes tasub saadud tulemusi põhjalikumalt uurida suurema andmemassiiviga katsetes.

### Kasutatud kirjandus

- Bentin, S., Allison, T., Puce, A., Perez, E., & McCarthy, G. (1996). Electrophysiological studies of face perception in humans. *Journal of Cognitive Neuroscience*, *8*, 551-565.
- Bentin, S., & Deouell, L. Y. (2000). Structural encoding and identification in face processing: ERP evidence for separate mechanisms. *Cognitive Neuropsychology*, *17*, 35–54.
- Bentin, S., Sagiv, N., Mecklinger, A., Friederici, A., & von Cramon, Y. D. (2002). Priming visual face processing mechanisms: Electrophysiological evidence. *Psychological Science*, *13*, 190–193.
- Brodski, A., Paasch, G. F., Helbling S., & Wibrall, M. (2015). The Faces of Predictive Coding. *Journal of Neuroscience*, *35*(24), 8997–9006.
- Bruce, V., & Young, A. (1986). Understanding face recognition. *British Journal of Psychology*, *77*, 305–327.
- Calder, A. J. (2011). *Oxford handbook of face perception*. Oxford: Oxford University Press
- Cheveigné, A. D., & Parra, L. C. (2014). Joint decorrelation, a versatile tool for multichannel data analysis. *NeuroImage*, *98*, 487-505.
- Clark, A. (2013). Whatever next? Predictive brains, situated agents, and the future of cognitive science. *Behavioral and Brain Sciences*, *36*(3), 181-204.
- Delorme, A., & Makeig, S. (2004). EEGLAB: An open source toolbox for analysis of single-trial EEG dynamics including independent component analysis. *Journal of Neuroscience Methods*, *134*(1), 9-21.
- Esterman, M., & Yantis, S. (2010) Perceptual expectation evokes category-selective cortical activity. *Cerebral Cortex*, *20*, 1245–1253.

- Friston, K. (2005). A theory of cortical responses. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 360, 815–836.
- Friston, K. J., & Kiebel, S. (2011). Predictive Coding: A Free-Energy Formulation. *Predictions in the Brain*, 231-246.
- Gauthier, I., Skudlarski, P., Gore J. C., & Anderson A. W. (2000). Expertise for cars and birds recruits brain areas involved in face recognition. *Natural Neuroscience*, 3(2), 191–197.
- George, D., & Hawkins, J. (2009). Towards a mathematical theory of cortical micro-circuits. *Plos Computational Biology* 5.
- Gosselin, F., & Schyns, P. G. (2003). Superstitious Perceptions Reveal Properties of Internal Representations. *Psychological Science*, 14(5), 505-509.
- Grossberg, S. (2000). How hallucinations may arise from brain mechanisms of learning, attention, and volition. *Journal of the International Neuropsychological Society*, 6(5), 583-592.
- Hansen, B. C., Thompson, B., Hess, R. F., & Elleberg, D. (2010). Extracting the internal representation of faces from human brain activity: An analogue to reverse correlation. *NeuroImage*. 51(1), 373–390.
- Helmholtz, H. (1866/1924). *Helmholtz's Treatise on Physiological Optics*, Third German Edition, Vols. I-III, 1909, (J. P. C. Southall translation) (New York: The Optical Society of America).
- Hoffman, E. A., & Haxby, J. V. (2000). Distinct representations of eye gaze and identity in the distributed human neural system for face perception. *Nature Neuroscience*, 3(1), 80–84.
- Jensen, O., Mazaheri, A. (2010). Shaping functional architecture by oscillatory alpha activity: gating by inhibition. *Frontiers in Human Neuroscience*, 4, 186 .
- Kanwisher, N., McDermott, J., & Chun, M. M. (1997). The fusiform face area: a module in human extrastriate cortex specialized for face perception. *Journal of Neuroscience*, 17(11), 4302–4311

- Liu J., Li J., Feng L., Li L., Tian J., & Lee K. (2014). Seeing Jesus in toast: Neural and behavioral correlates of face pareidolia. *Cortex: A Journal Devoted to the Study of the Nervous System and Behavior*, *53*, 60–77.
- Mechelli, A., Price, C. J., Friston, K. J., & Ishai, A. (2004). Where bottom-up meets top-down: Neuronal interactions during perception and imagery. *Cerebral Cortex* *14*, 1256–1265.
- Meng, M., Cherian, T., Singal, G., & Sinha, P. (2012). Lateralization of face processing in the human brain. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences* *279*, 2052–61.
- Mumford, D. (1992). On the computational architecture of the neocortex. *Biological Cybernetics*, *66*, 241–251.
- Müller, N., Lorenz, I., Langguth, B., & Weisz, N. (2013) rTMS induced tinnitus relief is related to an increase in auditory cortical alpha activity. *Plos One* *8*.
- Ochsner, K. N., & Kosslyn, S. M. (2013). *The Oxford handbook of cognitive neuroscience, Volume 1: Core topics*. Oxford: Oxford University Press.
- Oostenveld, R. (2011). FieldTrip: Open Source Software for Advanced Analysis of MEG, EEG, and Invasive Electrophysiological Data. *Computational Intelligence and Neuroscience, volume 1–9*.
- Peterson, M. A. (2006). Vision: Top-Down Effects. *Encyclopedia of Cognitive Science*.
- Pomerantz, J. R. (2006). Perception: Overview. *Encyclopedia of Cognitive Science*.
- Posamentier, M. T., & Abdi, H. (2003). Processing faces and facial expressions. *Neuropsychology Review*, *13*, 113–143.
- Purcell, D. G., & Stewart, A. L. (1988). The face-detection effect: Configuration enhances detection. *Perception & Psychophysics*, *43*, 355–366.
- Puri, A. M., Wojciulik, E. (2008). Expectation both helps and hinders object perception. *Vision Research*, *48*, 589–597.

- Romei, V., Rihs, T., Brodbeck, V., & Thut, G. (2008). Resting electroencephalogram alpha-power over posterior sites indexes baseline visual cortex excitability. *NeuroReport*, *19*(2), 203-208.
- Sagiv, N., & Bentin, S. (2001). Structural encoding of human and schematic faces: holistic and part-based processes. *Journal of Cognitive Neuroscience*, *13*, 1–15.
- Smith, M. L., Gosselin, F., & Schyns, P. G. (2012). Measuring internal representations from behavioral and brain data. *Current Biology*, *22*, 191–196.
- Summerfield, C., Egner, T., Greene, M., Koechlin, E., Mangels, J., & Hirsch, J. (2006). Predictive codes for forthcoming perception in the frontal cortex. *Science (New York, NY)* *314*, 1311–1314.
- Summerfield, C., Egner, T., Mangels, J., & Hirsch, J. (2006). Mistaking a house for a face: Neural correlates of misperception in healthy humans. *Cerebral Cortex*, *16*, 500–508.
- Takahashi, K., & Watanabe, K. (2015). Seeing Objects as Faces Enhances Object Detection. *I-Perception*, *6*(5).
- Taubert, J., Wardle, S. G., Flessert, M., Leopold, D., & Ungerleider, L. G. (2017). Face pareidolia in the rhesus monkey. *Current Biology*, *27*, 2505-2509
- Wardle, S., Taubert, J., Teichmann, L., & Baker, C. (2018). Understanding illusory face perception in the human brain. *2018 Conference on Cognitive Computational Neuroscience*.
- Zimmermann, K. M., Stratil, A., Thome, I., Sommer, J., & Jansen, A. (2019). Illusory face detection in pure noise images: The role of interindividual variability in fMRI activation patterns. *Plos One*, *14*(1).

## Lisad

Informeeritud nõusoleku leht

***Töö teema: Erinevate visuaalse taju katseparadigmade isikusiseste ning isikute vaheliste seoste analüüs transkraniaalse magnetstimulatsiooni (TMS) ja elektrofüsioloogiliste (EEG) meetodite abil.***

Käesoleva töö eesmärgiks on uurida isikusiseseid ning isikute vahelisi erinevusi ja sarnasusi nägemistajus, kasutades selleks mitut klassikalist katseparadigmat. Täpsed juhendid iga konkreetse ülesande lahendamiseks antakse Teile vahetult enne katse algust arvuti monitoril. Kokkuvõtvalt peate Te vaatama arvutiekraanil ilmuvaid stiimuleid ja vastama nende kohta esitatud küsimustele. Katse käigus manipuleeritakse stiimulite parameetreid (kontrast, kestus jmt) ning uuritakse selle mõju Teie vastustele. Enne katsega alustamist pannakse Teile pähe EEG müts ning mütsi küljes olevad elektroodid prepareeritakse soolageeliga. Elektroentsefalograafia seade (EEG) võimaldab mõõta muutusi aju bioelektrilises aktiivsuses, mis on põhjustatud välisest stimulatsioonist (arvutiekraanil esitatud objektidest). Teil tuleb katse käigus anda ka süljeproov, välja arvatud juhul, kui tegemist on pilootuuringuga. Süljeproov võetakse DNA eraldamiseks. Antud katses ei kasutata TMS meetodit.

Eelmainitud meetodid kuuluvad maailmas palju kordi läbi viidud ja valideeritud metoodikate hulka. EEG aparaat (Nexstim Ltd., Helsinki, Finland) vastab rahvusvahelistele nõuetele selliste eksperimentide läbiviimiseks. Katsete käigus kogutud andmeid töödeldakse erialaspetsiifilistele standarditele vastavate meetoditega. Käitumusliku andmeanalüüsi eesmärgiks on leida üle katseisikute või katseisikusiseselt esinevaid süstemaatilisi erinevusi käitumuslikes mõõtetes. EEG ning DNA analüüsi eesmärgiks on leida seoseid käitumuslike tulemuste, ülesande lahendamise ja seonduva ajutegevuse ning funktsionaalsete geenipolümorfismide vahel. Genotüüpiseeritakse ainult üksikuid DNA variante, millel on teada mõju ajutalitlusele ja mida analüüsitakse ainult seoses konkreetse aju-uuringuga. DNA-d ei kasutata hinnangu

andmiseks tervisele ega ühelgi muul otstarbel. Kõikides eelmainitud analüüsides ei ole andmed seotud isikuandmetega, vaid ainult katseisikule antud numbriga.

Kõik eksperimendid viiakse läbi Tartu Ülikooli õigusteaduskonnas Kognitiivse psühholoogia laboris (Teatri väljak 3, Tallinn 10143). Geneetiline analüüs ja süljeproovide säilitamine kodeerituna toimub TÜ psühhofüsioloogia laboris Tartu, Ravila 14A. Tagasikodeerimine isikustatud kujule on võimalik ainult vastutaval uurijal.

### ***Uuritavate valik***

Uuritavateks võetakse vabatahtlikud, kes **vastavad** järgnevatele **tingimustele**:

- 1) Isik on täisealine
- 2) Isik on terve
- 3) Isik on normaalse või normaalseks korrigeeritud nägemisega (st. vajadusel kannab prille või kontaktläätsesid)

Uuritavad saavad katses osalemise eest tasu, mis kompenseerib nende ajakulu (5 € /tund ja/või katsepunkte, kui tegemist on psühholoogia eriala üliõpilasega).

**NB! Uuringus osalemine on yabatahtlik ning Teil on lubatud ükskõik mis hetkel eksperimendis osalemisest loobuda või eksperiment katkestada.**

Uuringute käigus kogutud andmeid ei avaldata uuritava loata isikut tuvastada võimaldaval kujul mitte kellelegi väljaspool uurijateringi. Andmed säilitatakse isikustamata kujul labori arvutites, mis on paroolidega kaitstud. Geeniproovide topeltkogumise vältimiseks säilitatakse inimese nimi ja talle omistatud katseisiku kood andmetest eraldi failis krüpteeritud kujul ainult katsete läbiviija ja vastutava uurija arvutites kuni katsetsüklite lõpuni. Uurimuse tulemused avaldatakse ja kasutatakse ainult teaduslikel eesmärkidel isikustamata ja keskmistatud kujul.

### Uuritava poolne kinnitus

Mind, ....., on informeeritud uuringust “*Erinevate visuaalse taju katseparadigmade isikuiseste ning isikute vaheliste seoste analüüs transkraniaalse magnetstimulatsiooni (TMS) ja elektrofüsioloogiliste (EEG) meetodite abil.*”. Ma olen teadlik läbiviidava uurimistöö eesmärgist ning uuringu metoodikast ja kinnitan oma nõusolekut selles osalemiseks allkirjaga.

Tean, et uuringute käigus tekkivate küsimuste ja võimalike tervisehäirete kohta saan mulle vajalikku täiendavat informatsiooni uuringu teostajalt:

### Talis Bachmann

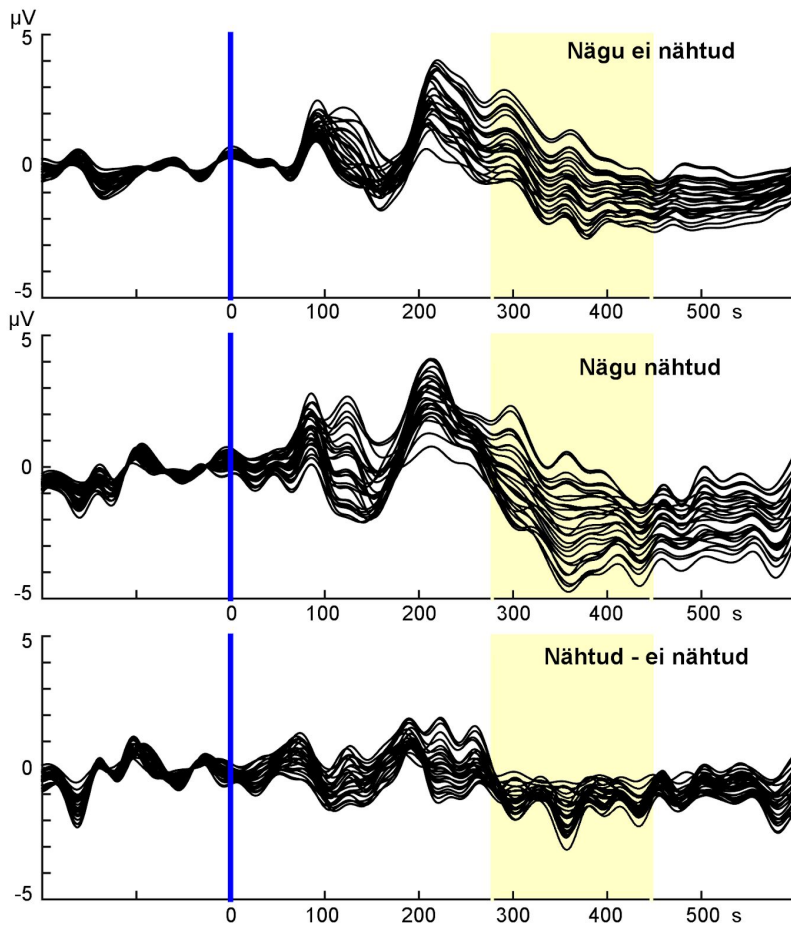
TÜ Õigusteaduskonna professor, karistusõiguse osakonna kognitiivpsühholoogia labori juht.

*Kontakt:* TÜ Õigusteaduskond Tallinnas, Kaarli pst 3, tel 6271891, e-post: talis.bachmann@ut.ee

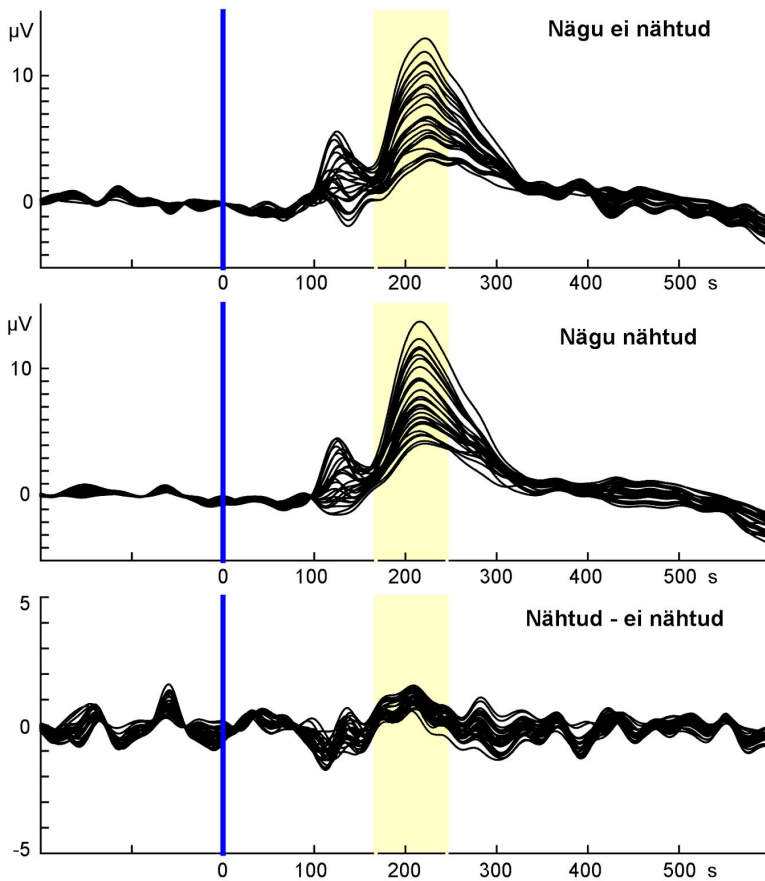
Uuritava allkiri ja kuupäev ..... „ ..... “ ..... 20\_\_.

Uuritavale informatsiooni andnud isiku nimi/allkiri:.....

Kuupäev: „ ..... “ ..... 20\_\_.



Joonis 6. Katseisiku EEG tulemused lühema esitusajaga stiimuli puhul. Ülemisel pildil on keskmistatud katsekorrad tingimusel “kui nägu ei nähtud”. Keskmisel pildil keskmistatud katsekorrad nägude nägemisel juhul ning alumisel pildil mõlema tingimuse lahutatud tulemus, millel on näha N170 komponendile omast negatiivse amplituudiga efekti.



Joonis 7. Katseisiku EEG tulemused pikema esitusajaga stiimuli puhul. Ülemisel pildil on keskmistatud katsekorrad tingimusel “kui nägu ei nähtud”. Keskmisel pildil keskmistatud katsekorrad nägude nägemisel juhul ning alumisel pildil mõlema tingimuse lahutatud tulemus, millel on näha N170 komponendile omast negatiivse amplituudiga efekti.

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.

/Henri Jänes/