Tartu Ülikool

Sotsiaalteaduste valdkond

Psühholoogia instituut

Janeli Kirsi

Nälja mõju visuaalsete toidustiimulite automaatsele töötlusele põimsageduslikus *oddball*-paradigmas

Magistritöö

Juhendaja: Richard Naar, MA

Kairi Kreegipuu, PhD

Läbiv pealkiri: Nälg ja visuaalne automaatne töötlus

Tartu 2026

Nälja mõju visuaalsete toidustiimulite automaatsele töötlusele põimsageduslikus *oddball*-paradigmas

Käesoleva töö eesmärk oli uurida nälja mõju toidustiimulite automaatsele visuaalsele töötlusele põimsageduslikus *oddball*-paradigmas (FPVS - *fast periodic visual stimulation*). Valimisse kuulus 65 täiskasvanut, kes läbisid kaks tingimust (näljasena ja söönuna). EEG abil mõõdeti vastuseid baassagedusel (üldine visuaalne töötlus) ja deviant-sagedusel (kategooriaspetsiifiline töötlus). Neutraalseteks piltideks ehk baasstiimuliteks olid pildid gloobustest ja deviant-stiimuliteks pildid burgeritest. Piltide esitamisel kasutati lisaks *sweep*-paradigmat, kus manipuleeriti stiimulite äratuntavust faasimüra abil. Tulemused näitasid, et nälg suurendas vastuse amplituudi baassagedusel, kuid ei olnud tõendeid, et see oleks mõjutanud deviant-sageduse amplituudi. Kategooriaspetsiifiline vastus vähenes pildi mürasuse kasvades, kuid ei leidunud tõendeid selle kohta, et nälg oleks mõjutanud selle muutuse kiirust. Lisaks täitsid katses osalejad kohandatud “tahtmise” ja “meeldimise” küsimustikku (IWLQ - *Imaginative “Wanting” and “Liking” Questionnaire)*, mis mõõtis kujuteldava burgeri söömisega seotud hinnanguid. Küsimustiku tulemused olid seotud EEG vastustega: suurem “meeldimine“ võrreldes “tahtmisega“ oli seotud suuremate amplituudidega nii deviant- kui ka baassagedusel.

Märksõnad: FPVS, toidustiimulid, automaatne töötlus, IWLQ

The Effects of Hunger on the Automatic Processing of Visual Food Stimuli in a Frequency-Tagged Oddball Paradigm

The aim of the present study was to investigate the effects of hunger on the automatic visual processing of food stimuli using a frequency-tagged oddball paradigm (FPVS – fast periodic visual stimulation). The sample consisted of 65 adults who completed two conditions (hungry vs. satiated). EEG responses were measured at the base frequency (general visual processing) and the oddball frequency (categorization). Images of globes served as neutral base stimuli, whereas images of burgers served as oddball stimuli. In addition, a sweep paradigm was used to manipulate stimulus recognizability through phase noise. The results showed that hunger increased response amplitudes at the base frequency, but no evidence was found that hunger affected amplitudes at the oddball frequency. Category recognition decreased as image noisiness increased, but no evidence was found that hunger influenced the rate of this change. In addition, participants completed an adapted Imaginative “Wanting” and “Liking” Questionnaire (IWLQ), which measured evaluations related to imagined burger consumption. Questionnaire results were associated with EEG responses: greater “liking” relative to “wanting” was associated with larger amplitudes at both the oddball and base frequencies.

Keywords: FPVS, food stimuli, automatic processing, IWLQ

Nälja mõju visuaalsete toidustiimulite automaatsele töötlusele põimsageduslikus *oddball*-paradigmas

Toidu leidmine keskkonnast on inimestele eluliselt oluline ülesanne. Seejuures on aju võime töödelda keskkonnast tulevat informatsiooni piiratud, mistõttu on ajul kujunenud mehhanismid, mis aitavad keskkonnas olevat infot prioritiseerida. Toidu otsimist aitab suunata näljatunne, mis on kõrge motivatsioonilise intensiivsusega seisund. Motivatsioon on üks potentsiaalsetest mehhanismidest, mis mõjutab stiimuli eelistöötlust keskkonnast (Gable ja Harmon-Jones, 2010; Pessoa, 2009). Toidustiimulite eelistöötlust on viimastel aastatel uuritud nii käitumuslikult (Castellanos jt, 2009; Favieri jt, 2020; Nummenmaa jt, 2011) kui ka erinevate ajukuvameetoditega (Kumar jt, 2016; Stockburger jt, 2008; Sultson jt, 2019), keskendudes küsimusele, kas ja kuidas mõjutab nälg stiimulite automaatset töötlust. Minu töö eesmärk on laiendada Sultson jt (2019) nälja ja toidustiimulite visuaalse automaatse töötluse seose uuringut põimsageduslikus *oddball*-paradigmas ehk FPVS-paradigmas (*fast periodic visual stimulation*). Lisaks kasutan *sweep*-paradigmat (vt ülevaateartikleid: Norcia jt, 2015; Rossion jt, 2020). Need paradigmad võimaldavad potentsiaalselt täpsemalt eristada varasemate tulemuste mehhanisme ja suurendada individuaalsete erinevuste uurimiseks vajalikku statistilist jõudlust. Kuna toidustiimulite automaatset töötlust võivad mõjutada ka individuaalsed erinevused selles, kui motiveerivaks või meeldivaks inimene toiduga seotud stiimuleid hindab, siis uurin lisaks, kas ja kuidas on individuaalsed “tahtmise” ja “meeldimise” hinnangud seotud toidustiimulite automaatse töötluse ning kategooriaspetsiifiliste EEG vastustega.

Käitumuslikud eksperimendid toidustiimulitega

Toidustiimulite erilist mõju tähelepanule ja automaatsele töötlusele on demonstreeritud käitumuslike eksperimentidega. Näiteks Nummenmaa jt (2011) katses leiti toiduobjekte kiiremini üles kui mittetoiduobjekte. Kui sihtmärki ümbritses toidupilt, siis reageerisid inimesed ülesandes kiiremini ja täpsemalt (Kumar jt, 2016) ning toidupiltidelt nähti muutust paremini võrreldes neutraalsete piltidega (Favieri jt, 2020). Ballestero-Arnau jt (2025) demonstreerisid, kuidas toidupildi esitamine mõned millisekundid enne neutraalset sihtstiimulit kutsus esile tähelepanu silmapilgutuse ehk irrelevantne toidupilt takistas sihtstiimuli töötlust ja tajumist. Seega mõjutavad keskkonnas olevad toidustiimulid inimeste taju.

Lisaks on edasi uuritud, kuidas näljatunne mõjutab toidustiimulite taju. Nälg paneb inimesi kauem toidupilte vaatama (Castellanos jt, 2009) ning näljases olekus pikendasid toidusõnad inimeste reaktsiooniaega (Parmentier jt, 2018). Cunningham ja Egethi (2018) katse näitas, kuidas irrelevantsed kõrge kalorsusega toidupildid segasid osalejate ülesande täitmist, kuid see efekt ei ilmnenud, kui osalejad said enne katset süüa kõrge kalorsusega magusat batooni. Osad katsed on näidanud, kuidas irrelevantsest toidustiimulist tekitatud tähelepanu silmapilgutuse efekt on tugevam, kui osaleja on näljane (Davidson jt, 2018; Piech jt, 2010). Samas Neal jt (2023) replikatsiooniuuringus see efekt ei kordunud. Ka Ens jt (2019), kes uurisid tähelepanu kallutatust toidustiimulitele, ei leidnud nälja moduleerivat efekti. Kokkuvõtvalt viitavad käitumuslikud katsed, et toidustiimulid mõjutavad inimese automaatset tähelepanu, kuid näljaga seotud uuringud on andnud erinevaid tulemusi.

Sündmuspotentsiaalid

Peale käitumuslike eksperimentide on toidustiimulite automaatset töötlust võimalik uurida ka ajukuvamismeetoditega, nt EEG abil. EEG ehk elektroentsefalograafia mõõdab aju bioelektrilist aktiivsust (Kappenman ja Luck, 2012). Üks levinud katseparadigma, kus mõõdetakse EEG-signaalist eraldatavat elektrilise pinge muutust, mis on ajaliselt seotud kindla sündmusega (nt muutuse eristamisega), on sündmuspotentsiaalid ehk ERP-id (*event related potentials*) (Kappenman ja Luck, 2012). Kappenman ja Luck (2012) selgitavad, et mõõdetud elektriline pinge peegeldab postsünaptiliste potentsiaalide summat, mida tekitavad kortikaalsed püramidaalrakud, kui nende ioonkanalid sulgevad või avanevad vastuseks neurotransmitteritele. Sündmuspotentsiaalidel on väga hea ajaline täpsus, mistõttu sobivad need eriti hästi varajaste töötlusetappide uurimiseks. Sündmuspotentsiaalid võimaldavad millisekundite kaupa analüüsida aju tööd enne käitumuslikku vastust, selle ajal ning pärast, võimaldades teha järeldusi protsesside kohta, mida ei saa hinnata ainult käitumuslike mõõdikute alusel (Kappenman ja Luck, 2012).

Sündmuspotentsiaalidega tehtud uuringud kinnitavad toidustiimulite suhtes kallutatud varajast töötlust (Nijs jt, 2010; Sänger, 2019). Seejuures on näljatundega tehtud uuringud andnud ka siin vastukäivaid tulemusi. Näiteks Stockburgeri jt (2008) uuringus näidati, kuidas näljatingimuses olid toidustiimulitele ajus suurema amplituudiga vastused 170-310 ms pärast stiimuli näitamist. Nälja mõju oli spetsiifiline toidustiimulitele ning see ei laienenud emotsionaalsetele või neutraalsetele piltidele. Ka nende hilisemas töös mõjutas näljatunne vaid toidustiimulite töötlust (Stockburgeri jt, 2009). Heldmann jt (2025) uuringus haarasid

segavad toidupildid tähelepanu juba 80 ms pärast nende esitust. Kusjuures nende uuringus ei mõjutanud nälg tulemusi. Sultson jt (2019) uuringus tekitasid burgeripildid võrreldes teiste toidupiltide ja neutraalsete piltidega suurema amplituudiga vastuse. Antud uuringus oli nälg seotud üldise vastuse suurenemisega nii toidupiltidel kui ka neutraalsetel piltidel. Seega on ka sündmuspotentsiaalidega tehtud uuringud saanud vastukäivaid tulemusi nälja mõju osas.

Kuigi sündmuspotentsiaalidel on väga hea ajaline täpsus, siis on neil ka omad kitsaskohad. Kappenman ja Luck (2012) toovad välja, et sündmuspotentsiaalide komponentide ilmnemist mõjutavad individuaalsed erinevused, stiimuli ja katse ülesehitus. Näiteks võib P3 komponent vastavalt tingimustele ilmneda sadade millisekundite erinevusega, nii enne manuaalset vastust kui ka pärast seda. Kuna sündmuspotentsiaalidel on madal signaali-müra suhe ehk samal ajal toimuvad ajuprotsessid segavad spetsiifilise stiimuli kohta järelduste tegemist, siis on usaldusväärse vastuse saamiseks vaja suurt arvu korduseid. Korduste keskmistamise abil parandatakse signaali-müra suhet, aga see piirab üksikute katsete või individuaalsete erinevuste analüüsimist. Sellest tulenevalt on sündmuspotentsiaalid oluline ja laialdaselt kasutatav uurimismeetod, kuid sellel on ka metodoloogilisi piiranguid.

Vilkumispotentsiaalide katseparadigmad

Selleks, et parandada sündmuspotentsiaalide piiranguid, on alternatiivse lähenemisena võimalik neid metodoloogiliselt struktureerida kindlasse sagedusse. Seda võimaldab vilkumispotentsiaali ehk SSVEP (*steady-state visual evoked potential*) paradigma. Kui stiimuleid esitatakse kindla sagedusega, ilmneb EEG-s vastus samal sagedusel ja selle harmooniatel. Harmooniad on põhisageduse täisarvulised kordajad, mis ilmnevad seetõttu, et aju vastus ei ole lineaarne ja/või kui sisendsignaali kuju ei ole täiuslik siinuslaine (Norcia jt, 2015). Seetõttu võib osa stiimulist esile kutsutud neuronaalsest vastusest avalduda ka harmooniatel, mistõttu kaasatakse need sageli analüüsi (Rossion jt, 2020). Täpsem ülevaade vilkumispotentsiaalidest on Norcia jt (2015) ülevaateartiklis.

Sihtstiimuleid on võimalik kindla sagedusega "sildistada" (*EEG frequency-tagging*) – kui ühe stiimuli omadust muudetakse perioodiliselt ajas, siis muutub perioodiliselt ka aju vastus sellele stiimulile (Adrian ja Matthews, 1934; Rossion jt, 2020). Seda meetodit kasutab ära vilkumispotentsiaali erivorm, mis seisneb sageduslikult põimitud siltide sidumises *oddball*-tüüpi esitustega ehk n-ö põimsageduslikus *oddball*-paradigma, edaspidi FPVS (*fast*

periodic visual stimulation). Klassikaliselt kasutatakse FPVS-paradigmat deviant (*oddball*) disainides, kus neutraalseid stiimuleid esitatakse kindla sagedusega ning nende vahele lisatakse regulaarselt deviant-stiimul. Selle tulemusena tekib kaks paralleelset sagedust: baassagedus ja kategooriaspetsiifiline deviant-sagedus. Baassagedus peegeldab vastust perioodilisele visuaalsele stimulatsioonile ning on seotud peamiselt madala taseme visuaalse töötlusega. Kategooriaspetsiifiline sagedus ilmneb siis, kui aju eristab deviant-stiimuli teistest ning peegeldab kõrgema taseme töötlust, nagu kategooria tuvastamine (Ales jt, 2012; Rossion jt, 2015; Rossion jt, 2020; Overwalle jt, 2024). FPVS-i mehhanistliku seletuse osas ei ole teadlased veel üksmeelele jõudnud. Rossion jt (2020) arvates võivad FPVS sagedusvastused tekkida kiiresti järjestikuste sündmuspotentsiaalilaadsete ajuvastuste dünaamilisest ja osaliselt kattuvast interaktsioonist.

FPVS-i on kasutatud nii madalama (nt kontrastitundlikkus) kui ka kõrgema taseme (nt nägude eristamine) visuaalsete stiimulite uurimiseks (Norcia jt, 2015). Näiteks Liu-Shuang jt (2014) uuringus kasutati FPVS-i, et mõõta inimeste nägude eristamise võimet ilma käitumuslike vastusteta. Selleks vilgutati 6 Hz sagedusega ühte kindlat nägu, seejuures iga viies stiimul (1,2 Hz) oli erineva identiteediga nägu (deviant). Tulemuste analüüs näitas selget vastust 1,2 Hz sagedusel ja selle harmooniatel, viidates näoidentiteedi spetsiifilisele eristamisele. Valdavalt ongi FPVS-meetodit kasutatud nägude ja nägude töötlemise häirumisega seotud kliiniliste gruppide uurimiseks (nt Van Der Donck jt, 2019). Viimasel ajal on seda meetodit hakatud laiendama ka teistele kategoriseerimisega seotud uuringutele, nt sõnadele (Gigleux jt, 2026; Hauk jt, 2025). Seega võimaldab FPVS mõõta kõrgtasemelist visuaalset eristamist ilma käitumuslike vastusteta.

Kuna FPVS-paradigmas on stiimulid "sildistatud", siis võimaldab see mõõta ajuvastust objektiivselt ja kulutõhusalt (Rossion, 2014). Rossion (2014) toob FPVS-i tugevustena välja, et kuna katse tegija määrab katse alguses vilgutamise kiiruse, nt 4 Hz, siis analüüsitakse vastust just sellel 4 Hz sagedusel ja selle harmooniatel. Seevastu sündmuspotentsiaalide puhul on ajuvastus laiem ja kattuvam, mistõttu on selle olemasolu ja ajaline määratlemine subjektiivsem. Rossion toob eelisena ka välja kõrge signaali-müra suhte. Kui sündmuspotentsiaalide puhul on usaldusväärse vastuse eraldamiseks sageli vaja mitmeid korduseid ja tulemuste keskmistamisi, siis FPVS-paradigmas võib juba lühikese stimulatsiooni järel ilmneda kõrge signaali-müra suhe ning selged erinevused tingimuste ja indiviidide vahel. Näiteks toovad Rossion jt (2020) ülevaateartiklis, mis tutvustab FPVS-i ja

nägude eristamisega tehtud uuringute tulemusi, välja, et ainult neljast 60-sekundilisest stimulatsiooniseeriast piisas, et saavutada statistiliselt oluline vastus 93%-l neurotüüpilistest osalejatest. Seejuures on nägude eristamise tulemused kõrge reliaablusega: Xu jt (2017) näitasid kõrget sisemist kooskõla ühe neljaminutilise katsesessiooni jooksul (α = ,87), samas kui Dzhelyova jt (2019) leidsid deviant-sageduse vastusele nii katsesiseselt (r = ,65) kui ka enam kui kahekuulise vahega mõõtmiste vahel (r = ,63) kõrge reliaabluse. Nende baassageduse reliaablus oli r = ,88. Tüüpiliselt on baassageduse reliaablus kõrgem, sest FPVS-seeriad sisaldavad rohkem baassagedusega seotud esitusi. Need tulemused viitavad sellele, et FPVS-paradigma on vähemalt nägude kategoriseerimise uuringutes osutunud robustseks uurimisvahendiks.

Kõrge signaali-müra suhe tuleneb nii sellest, et lühikese aja jooksul esitatakse palju pilte, kui ka sellest, et vaadeldav vastus paikneb kitsas sagedusribas, samas kui müra on laiali üle kogu sagedusspektri (Rossion jt, 2020). Kuna müra on jagatud üle kogu spektri, siis ainult väike osa sellest kattub täpselt vaadeldava vilkumissagedusega. Suur osa uuritava töötlusega mitteseotud müra jääb analüüsist täielikult välja. Seevastu sündmuspotentsiaalide puhul analüüsitakse vastuseid laias sagedusvahemikus (0,5–30 Hz), mistõttu kaasatakse analüüsi rohkem uuritava protsessiga mitteseotud aktiivsust (Kappenman ja Luck, 2012). See on ka põhjus, miks võrreldes sündmuspotentsiaalide katsedisainiga, ei vaja FPVS nii pikka mõõtmisaega, mis omakorda võimaldab uuringuid teha väikesma aja- ja ressursikuluga (Heinrich jt, 2009; Rossion jt, 2015). Kokkuvõttes on FPVS efektiivne meetod stiimulite eristamise uurimiseks ka laiemalt kui üksnes nägude kontekstis, kus seda seni enim on rakendatud.

Seejuures on FPVS-paradigmat edasi arendatud nn *sweep*-lähenemise abil, kus stiimulite tajutavust muudetakse süstemaatiliselt katse vältel. Selleks manipuleeritakse stiimuli visuaalse kvaliteediga, näiteks lisades järk-järgult faasimüra, mis vähendab kujutise äratuntavust (Ales jt, 2012; Norcia jt, 2015). Erinevalt klassikalisest FPVS-lähenemisest võimaldab *sweep*-paradigma siduda sagedusspetsiifilise vastuse otsesemalt stiimuli äratuntavusega: vastus ilmneb usaldusväärselt alles siis, kui kujutise struktuur on piisavalt selge, et võimaldada kategooria tuvastamist (Ales jt, 2012). Kuna sellise lähenemise puhul ei saa vastust seletada pelgalt madala taseme visuaalsete omadustega, võimaldab see täpsemalt hinnata kõrgema taseme töötluse panust. Lisaks kategoriseerimise olemasolule võimaldab see potentsiaalselt uurida ka seoseid stiimuli salientsuse või motivatsioonilise olulisusega (nt Van

Overwalle jt, 2024). Seega pakub *sweep*-paradigma tundlikumat vahendit kategoriseerimisprotsessi dünaamika uurimiseks.

FPVS ja motivatsiooniliselt olulised stiimulid

Kuigi FPVS-paradigmas on motivatsiooniliselt oluliste stiimulite töötlust uuritud mitmes valdkonnas, on toidustiimulite ja seisundispetsiifiliste mõjude uurimine selles paradigmas olnud seni pigem vähene. Üks unikaalne motivatsiooniliste stiimulite uuring on File jt (2025b) tehtud katse, kus suitsetajate ja mitte-suitsetajate valimile esitati perioodiliselt pilte kas neutraalsetest (nt kontoritarbed) või suitsetamisega seotud stiimulitest. Neutraalsed pildid vilkusid sagedusel 6 Hz ja deviant-pildid sagedusel 1,2 Hz ehk iga viies stiimul oli deviant. Tulemused näitasid, et suitsetajatel oli suitsetamisega seotud stiimulitele suurema amplituudiga vastus kui mitte-suitsetajatel. Need tulemused viitavad sellele, et FPVS on kasulik vahend, millega uurida motivatsiooniliselt väärtuslike stiimulite töötlust.

Kuigi FPVS-katsedisaini on kasutatud käitumuslikes eksperimentides, et uurida toidustiimuleid ja tähelepanu silmapilgutust (Ballestero-Arnau jt, 2025; Davidson jt, 2018; Neal jt, 2023; Piech jt, 2010), siis on vähe EEG-uuringuid, mis uurivad FPVS-paradigmas toidustiimulite mõju. Näiteks uurisid Yao jt (2022), kuidas mõjutab toidu atraktiivsus ja naiste menstruaaltsüklifaas aju reageeringut toidustiimulitele. Kuigi seosed menstruaaltsükliga ei olnud olulised, näitasid tulemused, et keskmiselt tekitasid meeldivad ja vastikud toidupildid suurema vilkumispotentsiaali vastuse kui neutraalsed toidupildid. Rioux jt (2025, eeltrükk) uuring näitas, et täiskasvanutel ja 12-kuulistel lastel ilmus toidustiimulitele tugev deviant-sageduse vastus, seevastu 6-kuulistel lastel seda ei tekkinud. Lisaks näitas korrelatsioonianalüüs, et näljasematel täiskasvanutel oli tugevam neuronaalne vastus ainult tingimustes, kus sihtstiimuliteks olid toidupildid. Kokkuvõtvalt on FPVS-paradigmas toidustiimulite automaatset töötlust uuritud vähe.

Motivatsiooniline ja hedooniline hinnang

File jt (2025b) seostasid enda EEG-mõõtmise tulemusi IWLQ küsimustikuga (*Imaginative "Wanting" and "Liking" Questionnaire;* kujutletav "tahtmise" ja "meeldimise" küsimustik), mille eesmärk on mõõta stiimuli motivatsioonilist ja hedoonilist hinnangut. Antud küsimustik toetub IST mudelile (*Incentive-Sensitization Theory;* motivatsioonilise sensitiseerumise teooria), mis selgitab problemaatilist ja sõltuvuskäitumist motivatsiooniliste ja hedooniliste protsesside kaudu (Robinson ja Berridge, 1993). Selle teooria kohaselt tekib

sõltuvuskäitumise puhul "tahtmise" süsteemis assotsiatiivse õppimise käigus sensitiviseerumine sõltuvusega seotud stiimulite suhtes. Samal ajal ei toimu hedoonilise süsteemi piirkondades sensitiseerumist, vaid suureneb tolerants. Sellest tulenevalt kujuneb olukord, kus stiimuliga seotud “tahtmine” suureneb, samas kui “meeldimine” jääb samaks või väheneb.

IWLQ küsimustik võimaldab eraldi kaardistada stiimuliga seotud "tahtmise" ja "meeldimise" dimensioone (File jt, 2025a). Küsimustikus on “tahtmine” defineeritud kui motivatsiooniline tung või tahtejõu hulk, et tegevuse alustamise vältimiseks või selle lõpetamiseks. “Meeldimine” hindab stiimuli tarbimisega seotud olukorra oodatavat emotsionaalset naudingut ja hedoonilist mõju. File jt (2025a) toovad välja, et "tahtmise" ja "meeldimise" skooride lahutamine (WmL skoor - *wanting minus liking score*) võimaldab kvantifitseerida sõltuvuskäitumist erinevate sõltuvuste lõikes. See võimaldab eristada ka olukordi, kus tegemist ei ole sõltuvuskäitumisega, vaid kõrge hõivatus peegeldab pigem hobi või kirge.

Oluline on märkida, et IWLQ küsimustikus on “meeldimise“ skaala vahemikus −100 kuni 100 ning “tahtmise“ skaala vahemikus 0 kuni 100, kus kõrgem positiivne väärtus viitab vastavalt suuremale naudingule ja tugevamale tungile. Seetõttu võib sama WmL-skoor kujuneda erinevate “tahtmise“ ja “meeldimise“ kombinatsioonide tulemusena. Näiteks võib WmL-skoor 50 tähendada olukorda, kus inimesel on stiimuli suhtes väga tugev tung (“tahtmine“ = 100) ja mõõdukas positiivne hedooniline väärtus (“meeldimine“ = 50), kuid sama skoor võib tekkida ka siis, kui inimesel puudub tung (“tahtmine“ = 0) ning stiimul tekitab negatiivse emotsionaalse reaktsiooni (“meeldimine“ = −50).

File jt (2025b) küsisid eelmainitud suitsetamise FPVS-uuringus “tahtmise” ja “meeldimise” skoore kolmel ajahetkel. Osalejatel paluti ette kujutada olukorda, kus nikotiini tarvitamine on loomulik ja mugav, ning seejärel hinnata oma “meeldimist” ja “tahtmist” enne suitsetamist, suitsetamise ajal ja pärast suitsetamist. Uuringus leiti positiivne korrelatsioon kõrge WmL-pärast skoori ja suitsetamisega seotud stiimulitele tekkinud neuronaalse vastuse vahel. Täpsemalt oli suurem “tahtmine” võrreldes “meeldimisega” pärast kujutletud nikotiini tarvitamist seotud tugevama deviant-sageduse vastusega suitsetamisega seotud stiimulitele võrreldes neutraalsete stiimulitega.

Sarnast “tahtmise” ja “meeldimise” eristust on uuritud ka toiduga seotud käitumise kontekstis. File jt (2025a) uuringus oli WmL-enne negatiivselt seotud söömiskäitumise sagedusega. Kuna alaskaaladest oli “meeldimine-enne” seotud negatiivselt, viitab see olukorrale, kus nii “tahtmise” kui ka “meeldimise” skoorid olid madalad. Ehk inimestel, kel ei olnud enne söömise ettekujutamist tugevat tungi ning nad ootasid söömisest pigem negatiivseid emotsioone, neil oli ka suurem seos söömiskäitumise sagedusega. Autorid ise selgitavad seda tulemust olukordadega, kus inimesed ei söö naudingu pärast, vaid kasutavad toitu pigem emotsioonide regulatsiooniks. Seevastu WmL-pärast oli positiivselt seotud söömiskäitumisega, ka alaskaaladest oli “tahtmine-pärast” positiivses seoses, samas kui “meeldimine-pärast” oli negatiivses seoses. See peegeldab IST mudeli kohast sõltuvuskäitumist - inimese tung toitu tarbida suureneb, kuid seejuures saadav hedooniline väärtus langeb.

Varasemad uuringud on näidanud, et “meeldimise” skoorid kipuvad erinevate tingimuste lõikes jääma suhteliselt stabiilseks, samas kui “tahtmine” on muutlikum. Näiteks ei erinenud normaalkaalus ja ülekaaluliste osalejate “meeldimise” hinnangud, kuid ülekaalulistel olid kõrgemad “tahtmise” skoorid (Snoek jt, 2004). Sarnane muster ilmnes ka näljases ja söönud olekus: “meeldimine” jäi muutumatuks, samas kui muutused ilmnesid just “tahtmise” dimensioonis (Epstein jt, 2003). Ülevaade täpsematest ajupiirkondadest, mis on seotud toidukäitumise ning “tahtmise” ja “meeldimisega”, on kirjeldatud Moralesi ja Berridge’i (2020) ülevaateartiklis. Seega on “tahtmine”, “meeldimine” ja WmL-skoor üks potentsiaalne vahend, mille kaudu mõtestada toidustiimulite motivatsioonilist salientsust ning nende võimalikku mõju stiimulite automaatsele töötlusele.

Hüpoteesid

Käesoleva töö eesmärk on laiendada Sultson jt (2019) katset ning uurida visuaalsete toidustiimulite automaatset töötlust ja nälja mõju FPVS- ja *sweep*-paradigmas. Kuigi nälja mõju kohta on tulemused olnud vastukäivad, siis põhihüpoteesi püstitamisel toetun Sultson jt (2019) tööle: nälg mõjutab EEG-vastuseid. *Sweep*-katsedisain annab võimaluse uurida, millal muutub ajus pildi kategoriseerimine. Kuna näljatunne motivatsioonilise seisundina võiks võimendada inimese võimet keskkonnast toitu otsida, siis püstitan hüpoteesi, et näljases olekus näevad inimesed kauem faasimüra suurenedes toidustiimuliga seotud pilte. Teisisõnu võiksid müra kasvades toidupiltidega seotud representatsioonid ja nendega seotud kategoriseerimisvastused püsida kauem näljasena kui söönuna. Kuna toidustiimulid on katses

deviant-pildid, siis nimetan toidustiimulite kategoriseerimisspetsiifilist sagedust deviant-sageduseks.

Lisaks võib eeldada, et sellised efektid ei pruugi olla ühesugused kõigi indiviidide lõikes. Tuginedes “tahtmise” ja “meeldimise” eristusele, võib oletada, et toidustiimulite motivatsiooniline tähendus varieerub indiviiditi. Seetõttu käsitlen käesolevas töös ka WmL-skoori kui individuaalset erinevust peegeldavat näitajat, mille kaudu uurida, kas motivatsioonilised ja hedoonilised hinnangud on seotud toidustiimulite deviant-sageduse amplituudiga. Hüpoteesid on järgnevad:

H1 - Näljatingimuses on EEG sagedusvastused suurema amplituudiga kui söönud tingimuses;

H2 - Nälja ja faasimüra taseme vahel esineb interaktsioon: näljatingimuses väheneb deviant-sageduse amplituud faasimüra suurenedes aeglasemalt kui söönud tingimuses;

H3 - WmL-skoor (“tahtmise” ja “meeldimise” vahe) on seotud deviant-sageduse amplituudiga.

Meetod

Valim

Valimisse kuulus 65 osalejat, kelle keskmine vanus oli M = 25,6 aastat (SD = 8,16; mediaan on 22). Valimis oli 10 meest ja 55 naist. Kuna “tahtmise” ja “meeldimise” küsimustikule vastas vähem inimesi, siis on WmL andmetega analüüsides valimi suurus 58 inimest (10 meest ja 48 naist). Katses osalemise eelduseks oli normaalne või normaalseks korrigeeritud silmanägemine, normaalne kuulmine, puuduv toiduallergia katses kasutatavate toidu koostisosade suhtes, puuduvad neuroloogilised seisundid (nt epilepsia, migreen, krambid, insult, ajuverejooks jt), puuduvad ravile allumatud psüühikahäired, puuduv diabeet ja puuduv toitumis- või söömishäire diagnoos. Selleks, et ühtlustada osalejate kognitiivne tase oli osalemise vanusepiirang 18-50 aastat. Lisaks oli eelduseks, et osaleja suudab hoiduda 10-12 tundi enne katsesse tulekut toitudest ja jookidest (v.a vesi). Osalejate leidmiseks kasutati Tartu ülikooli meililiste, sotsiaalmeediat ning plakateid. Mõlemas katsekorras osalemise eest said inimesed 20 eurose toidupoe kinkekaardi, TÜ tudengitel oli võimalik teenida kolm katsepunkti. Andmeid koguti ajavahemikus märts 2025 kuni märts 2026.

Katse protseduur

Käesolev uurimistöö on osa suuremast uuringust “Stiimulite automaatne töötlemine ajus seoses lühiajalise näljaseisundiga” (ETAGi rühmagrant PRG1151 “Tähelepanueelne informatsioonitöötlus ajus: seosed seisundite, püsitunnuste ja käitumisega”). Katse ülesehitus on edasiarendus Sultson jt (2019) uuringust. Tegemist on sõltuvate gruppide katsedisainiga, kus iga osaleja osales kahes tingimuses - söönuna ja näljasena. Katse toimus kahel erineval päeval, minimaalselt kolme päevase vahega. Tingimuste järjekord oli randomiseeritud.

Enne laborisse tulekut täitsid osalejad veebi teel LimeSurvey keskkonnas eelküsimustiku. Küsimustikus küsiti demograafilisi andmeid (sugu, vanus, keeleoskus, rahvus, haridus) ja üldiseid tervisekäitumise näitajaid (tavapärane ööuni, ärkamise aeg, toiduallergiad), musikaalsust ja käelisust. Lisaks täitsid osalejad emotsionaalse enesetunde küsimustiku (EEK-2; Aluoja jt, 1999) ja söömishäirete hindamise skaala (SHS; Akkermann jt, 2010). Küsimustiku lõpus oli informatsioon kuhu pöörduda vaimse tervise murede korral.

Enne laborisse tulekut paluti inimestel paastuda 10-12 h (vesi oli lubatud), piisavalt magada ning vältida alkohoolseid jooke ja nikotiinitooteid. Laboris selgitati inimesele katse sisu ja ülesehitust ning käidi üle informeeritud nõusoleku dokument. Kui inimene läbis söönud tingimust, siis sai ta süüa kiirnuudleid (254–299 kcal) ja maiust (71 kcal). Kui inimene läbis näljatingimust, siis anti talle süüa katse lõpus.

Seejärel suunduti EEG mõõtmise ruumi, mis oli hämar ja vaikne. Katses osaleja istus mugaval kontoritoolil umbes 80 cm kaugusel LCD arvutiekraanist (suurusega 1024 x 768 pikslit). Inimese sülle asetati katse ajaks alus arvutihiire ja klaviatuuriga, mida ta sai kasutada katseprogrammi juhtimiseks ning küsimustele vastamiseks. Seejärel pandi inimese pähe EEG-müts, mille külge paigutati 64 EEG aktiivelektroodi (süsteem Active Two - BiosSemi Inc.). Elektroodide all kasutati elektrijuhtivust parandavat geeli SignaGel. Elektroodid paigutati rahvusvahelise 10 - 20 süsteemi järgi (Jasper, 1958). Lisaks kinnitati osaleja näole ja kõrvalestadele kuus täiendavat aktiivelektroodi: neli elektroodi silmade liikumise ja pilgutuste registreerimiseks ning kaks kõrvalestadele referentselektroodideks.

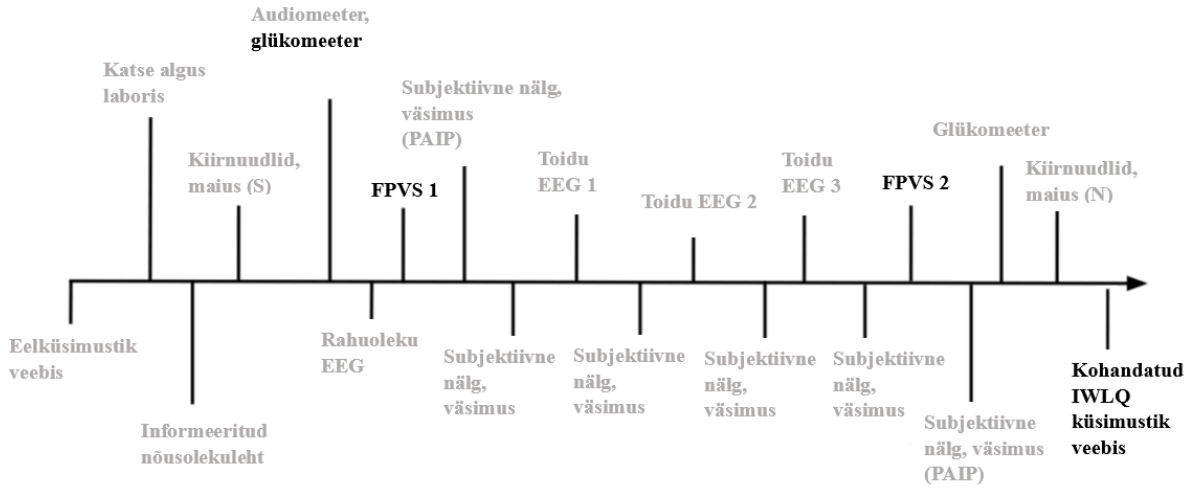
Enne katseseeria alustamist mõõdeti glükomeetriga osaleja veresuhkru tase (seade Accu-Chek Performa Nano). Söönud tingimuses jäi söömise ja veresuhkru mõõtmise vahele keskmiselt 45 minutit.

Seejärel alustati katseseeriatega. Esimesed kaks katseosa oli kõigil osalejatel samad. Alguses oli 4 min rahuoleku EEG mõõtmist, kus inimesel paluti vaikselt silmad kinni istuda. Seejärel oli 4x1min esimest FPVS katseosa. Siis mõõdeti 5-pallisel Likerti skaalal inimese näljatunnet ja väsimust. Järgnevad katseosad olid randomiseeritud - osad isikud tegid kõigepealt toidu EEG osa ja seejärel PAIP osa (*pre-attentive information processing;* eeltähelepanu informatsiooniline töötlus), teistel oli vastupidi. Toidu EEG osa koosnes 3x10 min katseseeriatest, iga seeria vahepeal mõõdeti uuesti nälga ja väsimust. PAIP osa kestis umbes 30min, selles pidid inimesed täitma erinevaid töömälu ülesandeid. Enne ja pärast PAIP osa küsiti inimese nälja ja väsimuse taset. Kuna minu uurimistöö keskendub katse FPVS osale, siis täpsem toidu EEG ja PAIP katseosade kirjelduse leiab Vare (2026) magistritööst.

Pärast sündmuspotentsiaali ja PAIP-i katseosa tegid osalejad uuesti 4x1 minutilise FPVS katseosa. Seejärel sai EEG mõõtmine läbi. Pärast EEG-mütsi eemaldamist mõõdeti uuesti inimese veresuhkru taset. Kui inimene oli näljatingimuses, siis sai ta süüa. Katseosade ajaline järjestus on välja toodud joonisel 1. Kokku kestis katse keskmiselt 2,5-3h.

Joonis 1

Katseosade ajaline järjestus



Märkus. Kiirnuudlid, maius (S): söönud tingimus; kiirnuudlid, maius (N): näljatingimus, PAIP läbiviimise aeg oli randomiseeritud. Mustana on märgitud katseosad, mida analüüsin käesolevas töös.

FPVS katseosa kirjeldus

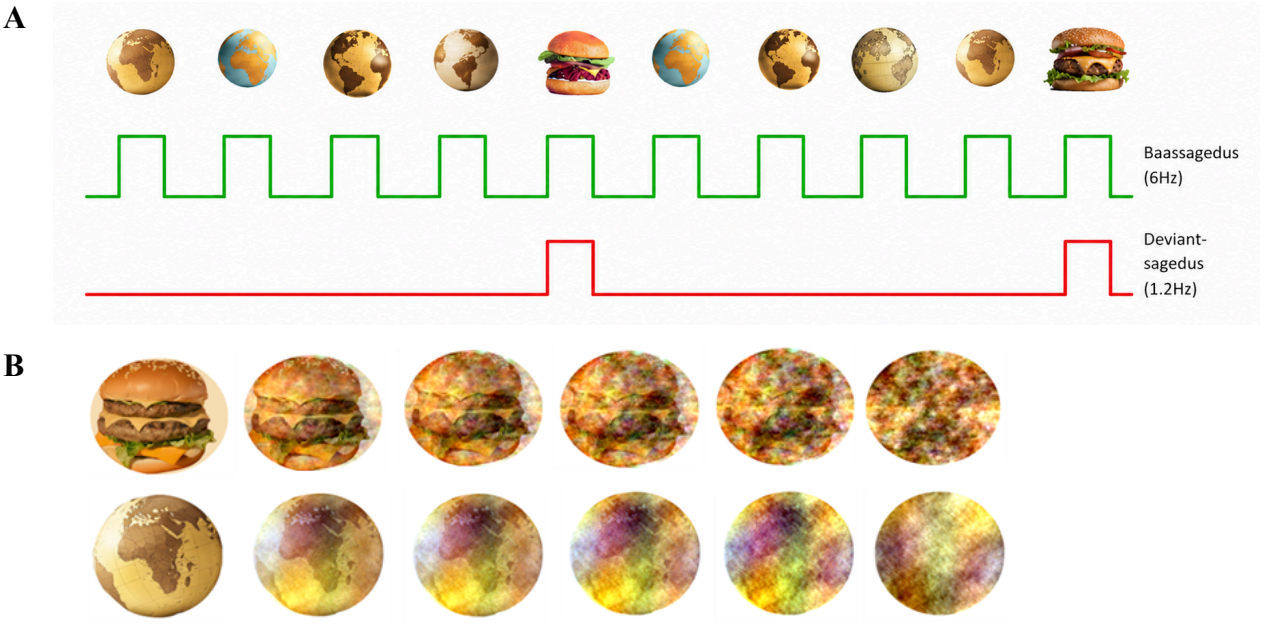
FPVS katseosa koosnes neljast üheminutilisest seeriast. Iga üheminutilise seeria vahepeal sai inimene teha pausi. FPVS osa mõõtmine toimus kõigil osalejatel samamoodi katse alguses ja lõpus. Osalejat juhendati ignoreerima taustal vilkuvaid pilte ning keskenduma oma pilk ekraani keskel olevale fikseerimisristile. Osaleja ülesanne oli vajutada tühikut iga kord kui rist muutus punaseks. Keskmiselt juhtus seda 4-6 korda ja vahemikus 2-58 sekundit pärast esituse algust.

FPVS-i osas vilgutati inimestele kahest kategooriast pilte - gloobused ja burgerid. Korraga oli ekraani keskel üks pilt, pilt püsis ekraanil 166,67 ms. Pildid ilmusid ja kadusid ekraanilt sujuvalt. Iga 10 sekundi järel tõsteti piltide faasimüra taset. See tähendab, et esituse alguses olid stiimulpildid selged, kuid iga 10 sekundi järel muutusid pildid rohkem müraseks. Gloobused olid katse neutraalsed pildid, mis olid ekraanil sagedusega 6 Hz. Iga viies pilt oli deviant, tekitades kategooriaspetsiifilise vastuse sagedusel 6/5 ehk 1,2 Hz. Deviant-stiimuliteks olid pildid burgeritest. Nii burgeri kui ka gloobuse kategoorias oli seitse erinevat pilti, ühe kategooria pilte esitati juhuslikus järjekorras. Piltide vaikesuuruseks oli 10,5x7,9 nägemisnurga kraadi, piltide pikslitihedus oli 600x450. Piltide suurusi varieeriti igal esitlusel +/- 20%. Katse ülesehituses on lähtutud varasemates teadustöödes levinud parameetritest (Norcia jt, 2015; Rossion jt, 2020). FPVS katseosa kirjeldus on näha joonisel 2.

Toidustiimulid valiti Food-Pics (Blechert jt., 2014) andmebaasist, Sultsoni jt (2019) katses kasutatud stiimulitest ning tehisintellekti genereeritud piltidest (Canva, 2025; Pixlr, 2025). Piltide töötlemisel püüti vähendada visuaalseid erinevusi stiimulite vahel, ühtlustades nende suurust, heledust ja värvitoone, säilitades samal ajal võimalikult loomuliku üldmulje. Täpsemalt on võimalik pilditöötluse kohta lugeda Vare (2026) magistritööst. FPVS katseossa valiti pildid burgerites, sest see tõi Sultson jt (2019) töös esile kõige tugevama vastuse. Gloobuse pildid valiti, sest need olid kuju ja värvide poolest visuaalselt sarnased burgeritele.

Joonis 2

Toidustiimulite esitamise skeem FPVS-paradigmas



Märkus. (A) Stiimuleid esitati järjestikku baassagedusel (6 Hz), iga viies stiimul oli deviant (burger), mis vastab sagedusele 1,2 Hz. (B) Näide faasimüra tõstmisest katses, kus piltide äratuntavus väheneb järk-järgult müra suurenedes.

“Tahtmise” ja “meeldimise” küsimustik ehk kohandatud IWLQ

Pärast katses osalemist saadeti osalejatele meili peale LimeSurvey keskkonnas olev “tahtmise” ja “meeldimise” küsimustik ehk kohandatud IWLQ (*Imaginative “Wanting” and “Liking” Questionnaire)*. Andmeid koguti märtsis 2026. Küsimustiku jaoks tõlgiti originaalsed IWLQ küsimused eesti keelde ning kohaldati need burgeristiimulile (originaalne küsimustik on nähtav siin: File jt, 2022). Kokku oli küsimusi kuus, kolm mõõtsid “meeldimise” dimensiooni ning kolm “tahtmist”. Küsimustele vastamise ajal paluti osalejal ette kujutada olukorda, kus burgeri söömine on loomulik ja mugav. Küsimused olid järgnevad:

1) Kuidas tunneksid end enne burgeri söömist? Vasta palun vahemikus 0 kuni 100, kus 0 – väga halvasti ja 100 – väga hästi.

2) Kuidas tunneksid end burgeri söömise ajal? Vasta palun vahemikus 0 kuni 100, kus 0 – väga halvasti ja 100 – väga hästi.
3) Kuidas tunneksid end burgeri söömise järgselt? Vasta palun vahemikus 0 kuni 100, kus 0 – väga halvasti ja 100 – väga hästi.
4) Kui palju tahtejõudu vajaksid, et burger üldse söömata jätta? Vasta palun vahemikus 0 kuni 100, kus 0 – mitte mingit tahtejõudu, 100 – tohutut tahtejõudu.
5) Kui palju tahtejõudu vajaksid, et võtta burgerist vaid paar ampsu ja seejärel söömine lõpetada? Vasta palun vahemikus 0 kuni 100, kus 0 – mitte mingit tahtejõudu, 100 – tohutut tahtejõudu.
6) Kui palju tahtejõudu vajaksid burgeri söömise lõpetamiseks siis, kui kõht on juba täis saanud, aga osa burgerist on veel järel? Vasta palun vahemikus 0 kuni 100, kus 0 – mitte mingit tahtejõudu, 100 – tohutut tahtejõudu.

WmL-skoori ehk “tahtmise” ja “meeldimise” skoori vahe arvutamiseks transformeeriti “meeldivuse” skaala unipolaarsest bipolaarseks. Tehniliste vahendite piiratuse tõttu mõõdeti “meeldimise” hinnangud algselt unipolaarsel skaalal vahemikus 0 kuni 100. Võrreldavuse tagamiseks eeskujutööga (File jt, 2025b) transformeeriti “meeldimise” skaala enne analüüse bipolaarseks kujule −100 kuni 100, kasutades valemit: meeldimise hinnang (0-100) × 2 − 100.

Statistiline analüüs

Andmeid analüüsisin programmis R-studio (versioon 4.5.1). EEG andmete puhastamiseks ja eeltöötlemiseks kasutati teaduslike arvutuste tegemiseks mõeldud programmi MATLAB (Mathworks R2023a), kombinatsioonis selle laiendusse kuuluva paketi (EEGLAB) ja käeolevate andmete eeltöötlemiseks ja segmenteerimiseks loodud koodiga. EEG andmete eeltöötlemisel läbiviidud operatsioonid nende teostamise järjekorras: kõrgpääsu filter (0,1 Hz, Hammingu aknafunktsiooniga FIR ehk lõpliku siirdega filter; funktsioon pop_eegfiltnew), automatiseeritud puhastusalgoritm mürarikaste või pikkade (5 sekundit) katkestustega elektroodide tuvastamiseks, võrdlussignaali (kõigi elektroodide keskmine) mahalahutamine, EEG andmete analüüsitavateks lõikudeks jagamine, sagedusanalüüsi teostamine (MATLAB’i funktsionaalsusesse kuuluva funktsiooniga fft), komplekskeskmise arvutamine, eeldefineeritud elektroodidele sagedusamplituudi arvutamine, baastaseme lahutamine/z-skoorimine, eeldefineeritud sagedusvastuste keskmistamine (eeltöötlusetappide üksikasjalikum kirjeldus: Naar jt, 2026). EEG signaali kvaliteedi tõttu

ühtki esitust analüüsidest välja ei jäänud. Käitumuslike vastuste täpsuse (<80%) ja/või valehäirete osakaalu (>20%) põhjal jäi viiel katseisikul välja üks neljaminutiline mõõtmisseeria ja ühel katseisikul kaks.

Analüüsis kasutatavate elektroodide valikul lähtuti varasematest töödest (De Rosa, 2022; Lochy jt, 2015; Lochy jt, 2024). Deviant-sageduse vastuse kvantifitseerimisel kasutati huvialuste elektroodidena kümmet oksipitaal-temporaalset elektroodi (PO7, O1, PO3, P5, P7, PO8, O2, PO4, P6 ja P8). Baasvastuse kvantifitseerimiseks kasutati nelja oksipitaalset elektroodi: Oz, POz, O1, O2. Deviant-sageduse vastuse arvutamisel kasutati sagedust 1,2 Hz ja selle nelja harmooniat (2,4 Hz, 3,6 Hz, 4,8 Hz ja 7,2 Hz), baassageduse vastuse arvutamisel kasutati sagedust 6 Hz ja selle nelja harmooniat (12 Hz, 18 Hz, 24 Hz ja 30 Hz). Käesolevas töös kasutasin standardiseeritud (z-skooritud) sagedusvastuseid, mis arvutati baassageduse ja deviant-sageduse jaoks eraldi, võrreldes vastuseid neid ümbritsevate sageduste jaotusega.

Eetika

Katses osalemine oli osalejatele vabatahtlik, nad võisid igal hetkel teha pausi või jätta katse pooleli. Enne eelküsimustiku täitmist ja katse alustamist selgitati osalejale katse eesmärki ja ülesehitust. Osalejal oli võimalik enne küsimustiku täitmist tutvuda informeeritud nõusoleku lehega, laborisse jõudes käidi enne allkirjastamist olulisemad punktid koos katse läbiviijaga üle. Osalejate katseandmeid koguti anonümiseeritud kujul. Uuring on kooskõlastatud eetikakomiteega (397T-13).

Kasutasin magistritöö koostamise eri etappidel tehisintellekt ChatGPT (versioon GPT-5.3 ja GPT-5.5) abi. Eelkõige kasutasin tehisintellekti R-i koodide kirjutamiseks ja andmeanalüüsi probleemide lahendamiseks. Lisaks kasutasin tehisintellekti keeruliste kontseptsioonide selgitamiseks ning keeletoimetamiseks. Tehisintellekti kasutasin ainult töö lihvimiseks: magistritöö struktuur, põhitekst ning analüüsid põhinevad minu enda mõtetel toetudes teaduskirjandusele.

Autori panus

Minu panus oli katsedisaini lihvimine, katsekutse levitamine ning osade katsete läbiviimine. Lisaks kirjutasin käesoleva magistritöö ja tegin andmeanalüüsi kasutades eeltöödeldud andmeid. Kõik joonised on minu tehtud, v.a aju topograafiapildid.

Tulemused

Manipulatsioonikontrollid

Veresuhkru tase

Selleks, et kontrollida, kas nälja- ja söönud tingimuse manipulatsioon toimis, võrdlesin osalejate veresuhkru taset mõlemas tingimuses enne katseülesannet. Osalejate veresuhkru tase oli näljatingimuses keskmiselt M = 4,83 mmol/L (SD = 0,84) ning söönud tingimuses M = 8,06 mmol/L (SD = 1,53). Paaris-t-test näitas, et veresuhkru tase erines tingimuste vahel statistiliselt olulisel määral, $t(64) = -17{,}91$, $p < ,001$, $d = -2{,}22$. Veresuhkru tase oli kõrgem söönud kui näljatingimuses, mis viitab sellele, et manipulatsioon oli edukas.

Fikseerimisristi ülesanne

Paaris-t-test ei näidanud statistiliselt olulist erinevust nälja- ja söönud tingimuste vahel valevastuste osakaalus ($t(64) = 0{,}92$, $p = ,363$) ega vahelejäänud vastuste osakaalus ($t(64) = 0{,}14$, $p = ,891$). Keskmine valevastuste osakaal oli näljatingimuses 2,37% (SD = 6,84) ning söönud tingimuses 1,63% (SD = 3,76). Vahelejäänud vastuste osakaal oli vastavalt 1,46% (SD = 5,15) ja 1,32% (SD = 6,32). Statistiliselt olulisel määral vähenes valevastuste osakaal katse jooksul, olles esimeses katseosas 3,08% (SD = 8,19) ning teises katseosas 0,92% (SD = 1,87), $t(65) = 2{,}22$, $p = ,030$. Vahelejäänud vastuste osakaal ei muutunud katse jooksul statistiliselt oluliselt ($t(65) = 0{,}23$, $p = ,815$), olles esimeses katseosas 1,51% (SD = 7,02) ja teises katseosas 1,27% (SD = 4,10). Madalate valevastuste ja vahelejätmiste tõttu võib öelda, et osalejad täitsid neile ette antud ülesannet, seejuures näljatunne või söönud olek ei mõjutanud inimeste sooritust.

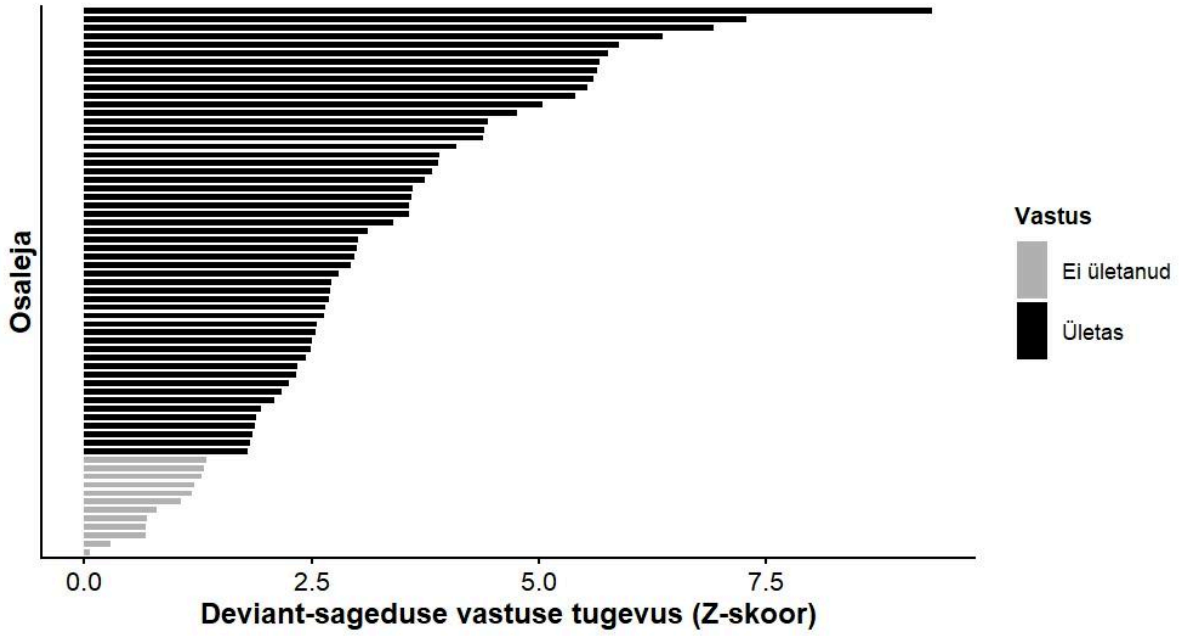
EEG andmete kontroll

Enne hüpoteeside analüüsi kontrollisin kategooriaspetsiifilise vastuse usaldusväärsust. Deviant-sageduse vastuse olemasolu hinnati sarnaselt varasema teaduskirjandusega ühepoolse z-testi alusel lävendiga $Z > 1{,}64$, mis vastab olulisustasemele $p < ,05$ (Rossion jt, 2020). Tegemist on ühepoolse testiga, kuna sagedusamplituud ei tohiks teoreetiliselt olla negatiivne. Läve ületas 81,5% osalejatest, ülejäänud osalejatel ei ületanud deviant-sageduse vastus statistilise olulisuse lävendit. See viitab sellele, et enamikul osalejatest oli deviant-sageduse vastus tuvastatav, kuid esines ka märkimisväärset individuaalset

varieeruvust (vt joonis 3). Tulemus on kooskõlas varasemate FPVS-uuringutega (Rossion jt, 2020).

Joonis 3

Deviant-sageduse vastuse tugevus osalejate lõikes (Z-skoorides)

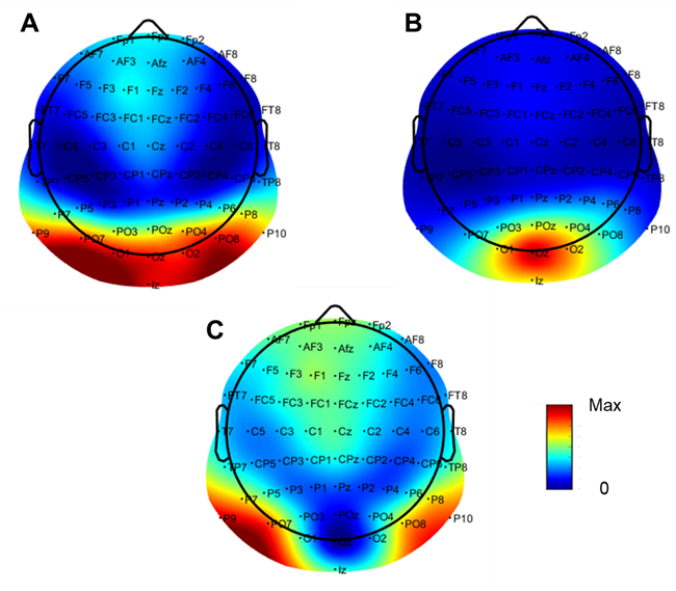


Märkus. Tulbad näitavad iga osaleja deviant-sageduse vastuse tugevust. Heledamad väärtused ei ületanud Z>1,64 lävendit.

Deviant- ja baassageduse topograafiad erinesid ootuspäraselt oma ruumilise jaotuse poolest (vt joonis 4). Deviant-sageduse vastus oli kõige tugevam lateraalsetes oksipitaal-temporaalsetes elektroodides, samas kui baassageduse vastus oli väljendunum esmase nägemispiirkonna kohale jäävates tsentraalsetes elektroodides.

Joonis 4

Deviant-sageduse, baassageduse ja nende standardiseeritud erinevuse topograafiline jaotus



*Märkus***.** (A) Deviant-sageduse topograafiline jaotus. (B) Baassageduse topograafiline jaotus. (C) Deviant- ja baassageduse standardiseeritud vastuste erinevus.

Lisaks hinnati vastuste stabiilsust kahes ajahetkes: katse alguses ja lõpus ning esimene katsekord ja teine katsekord (vt joonis 5). Kuna baassageduse amplituud ei vastanud normaaljaotusele, siis kasutasin analüüsides Spearmani korrelatsioonikordajat. Deviant-sageduse vastuste puhul ilmnes mõõdukas positiivne seos nii enne ja pärast mõõtmise vahel, $\rho = ,37$, $p = ,003$. Kokku oli 4 minutit mõõtmist kummaski tingimuses, esitatud väärtus põhineb esimese ja teise katsekorra korrelatsioonide keskmisel. Esimese ja teise mõõtmise vahel esines ka mõõdukas positiivne seos (8 minutit mõõtmist kummaski tingimuses, algus- ja lõppmõõtmised on agregeeritud), $\rho = ,55$, $p < ,001$. Baassageduse vastused näitasid väga kõrget reliaablust: enne ja pärast mõõtmise vahel $\rho = ,89$, $p < ,001$ ning esimese ja teise mõõtmise vahel $\rho = ,88$, $p < ,001$.

Joonis 5

Deviant- ja baassageduse vastuste korrelatsioon üle kõigi elektroodide

Deviant-sagedus: katsekorra algus ja lõpp
ρ = ,37, *p* = ,003

Deviant-sagedus: esimene ja teine katsekord
ρ = ,55, *p* < ,001

Baassagedus: katsekorra algus ja lõpp
ρ = ,89, *p* < ,001

Baassagedus: esimene ja teine katsekord
ρ = ,88, *p* < ,001

Märkus. (A) Keskmine deviant-sageduse vastuste seosekordaja enne ja pärast mõõtmist. (B) Deviant-sageduse vastuste seos esimese ja teise mõõtmise vahel. (C) Keskmine baassageduse vastuste seos enne ja pärast mõõtmist. (D) Baassageduse vastuste seos esimese ja teise mõõtmise vahel. Esitatud väärtused on Spearmani korrelatsioonikordajad (ρ). Soojem värvus vastab kõrgemale korrelatsioonile.

Hüpoteeside analüüsid

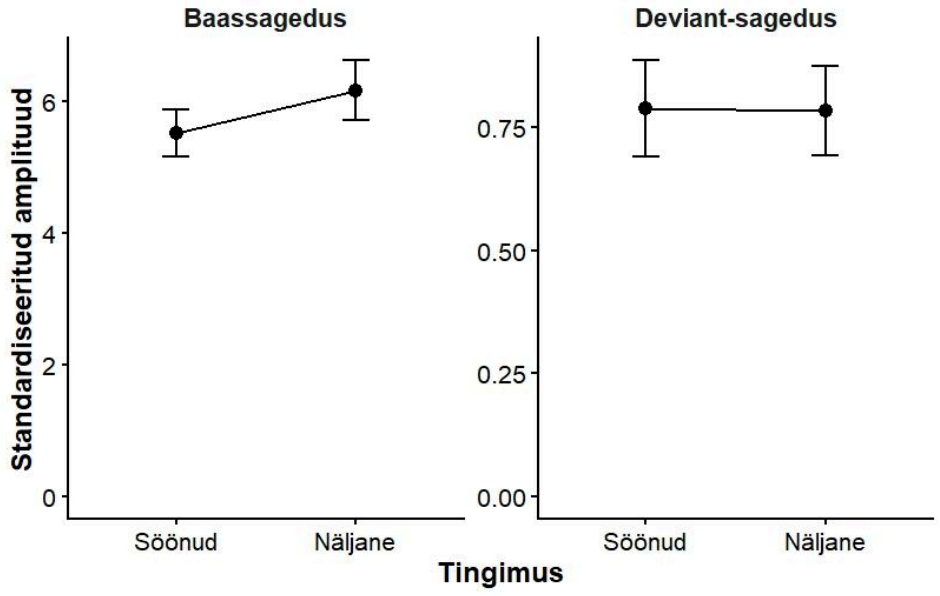
Esimene hüpotees ennustas, et näljatingimuses on EEG sagedusvastuse amplituudid suuremad kui söönud tingimuses. Selle kontrollimiseks kasutasin lineaarset segamudelit, milles fikseeritud efektidena lisasin tingimuse (näljane *vs* söönud), töötlustasanditüübi (baassagedus *vs* deviant-sagedus), nende interaktsiooni ning faasimüra taseme. Faasimüra

taset käsitleti numbrilise muutujana, kus suurem väärtus tähistas mürasemat pilti. Mudelisse lisasin juhusliku efektina osaleja, et arvestada individuaalseid erinevusi EEG vastuse tasemes.

Tulemused näitasid statistiliselt olulist tingimuse peamõju, $F(1, 1491) = 6{,}49$, $p = {,}011$ ning töötlustasanditüübi peamõju, $F(1, 1491) = 1608{,}46$, $p < {,}001$. Samas ilmnes ka statistiliselt oluline tingimuse ja töötlustasanditüübi interaktsioon, $F(1, 1491) = 6{,}66$, $p = {,}010$, mis viitab sellele, et nälja mõju sõltus töötlustasanditüübist. Täpsem analüüs näitas, et nälg oli seotud eelkõige baassageduse vastusega: näljatingimuses oli baassageduse standardiseeritud amplituud kõrgem võrreldes söönud tingimusega (näljane: $M = 6{,}16$, $SD = 4{,}61$; söönud: $M = 5{,}51$, $SD = 3{,}66$). Seevastu deviant-sageduse standardiseeritud amplituud tingimuste vahel ei erinenud (näljane: $M = 0{,}78$, $SD = 0{,}91$; söönud: $M = 0{,}79$, $SD = 0{,}98$). Mudeli marginaalne seletusvõime oli $R^2 = {,}413$ ning tinglik seletusvõime $R^2 = {,}603$. Seega sai esimene hüpotees osalise kinnituse. Tulemused on nähtavad joonisel 6.

Joonis 6

Deviant- ja baassageduse standardiseeritud amplituudi keskmised väärtused nälja- ja söönud tingimuses



Märkus. Veapiirid tähistavad 95% usalduspiire. Paneelide y-telgede vahemikud on erinevad.

Kuigi deviant-sageduse amplituud tingimuste vahel ei erinenud, ei välista see võimalust, et nälg mõjutab deviant-sageduse vastuse muutumist faasimüra suurenedes. Seetõttu kontrollisin teises hüpoteesis, kas nälja ja faasimüra taseme vahel esineb

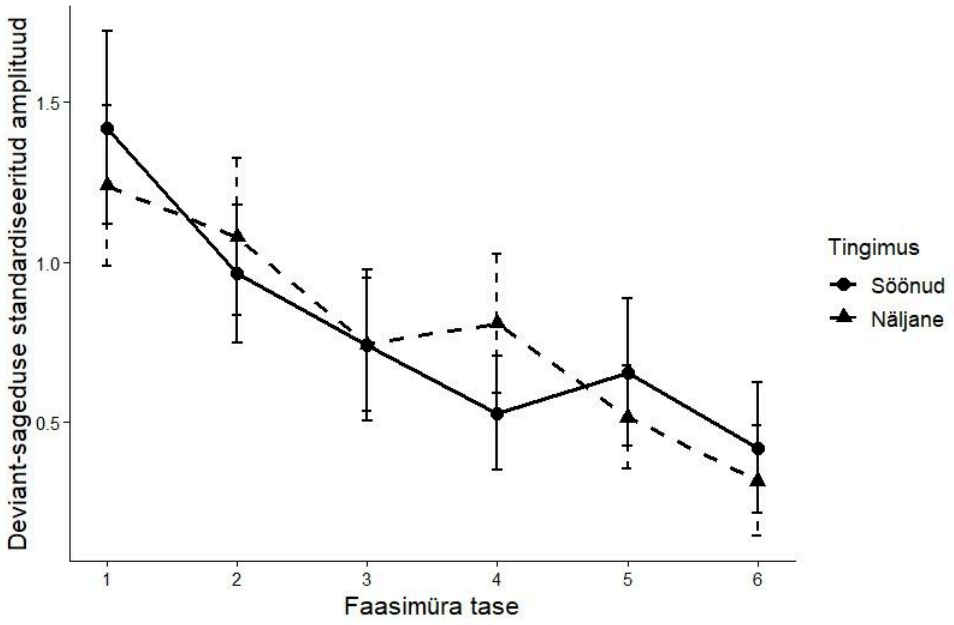
interaktsioon deviant-sageduse amplituudis. Seekord kasutasin lineaarset segamudelit, milles fikseeritud efektidena lisasin tingimuse (näljane vs söönud), töötlustasanditüübi (baassagedus vs deviant-sagedus), faasimüra taseme ning nende interaktsioonid. Osaleja jäi juhusliku efektina.

Kõigepealt ilmnes statistiliselt oluline töötlustasanditüübi ja faasimüra taseme interaktsioon, $F(1, 1488) = 13{,}36$, $p < {,}001$, mis viitab sellele, et faasimüra mõjutas amplituudi erinevalt baassageduse ja deviant-sageduse puhul. See tulemus osutab, et *sweep*-paradigma toimis ootuspäraselt ning stiimuli äratuntavuse vähenemine mõjutas sagedusvastuse amplituudi.

Seejärel kontrolliti, kas nälg mõjutab amplituudi muutumist faasimüra suurenedes. Tulemused ei näidanud statistiliselt olulist tingimuse ja faasimüra taseme interaktsiooni, $F(1, 1488) = 0{,}94$, *ns*. Samuti ei ilmnenud statistiliselt olulist kolmeastmelist interaktsiooni tingimuse, töötlustasanditüübi ja faasimüra taseme vahel, $F(1, 1488) = 1{,}01$, $p = {,}314$. Seega ei leidnud teine hüpotees kinnitust. Joonis 7 illustreerib saadud tulemusi.

Joonis 7

Deviant-sageduse standardiseeritud amplituudi keskmised väärtused faasimüra taseme ja tingimuse lõikes



Märkus. Veapiirid tähistavad 95% usalduspiire. Tase 1 vastab selgele pildile ning tase 6 kõige mürasemale pildile.

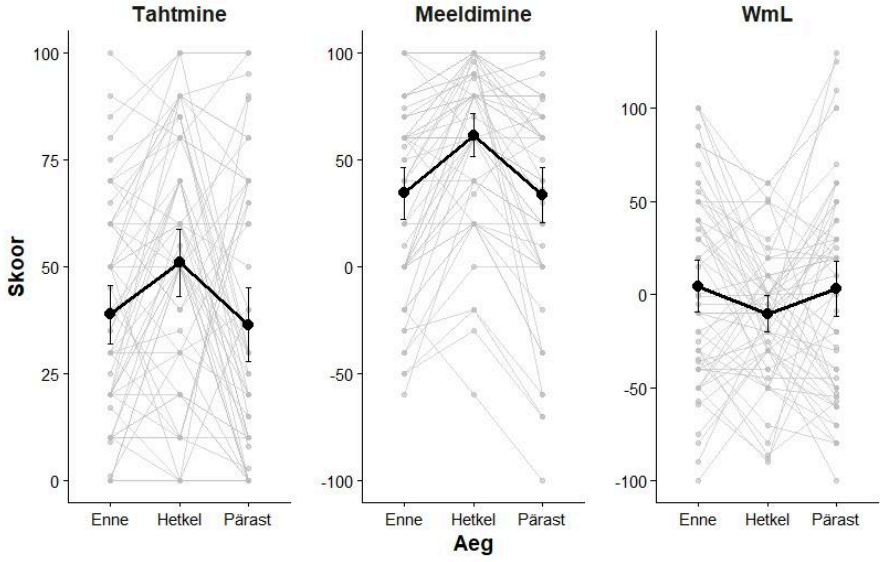
“Tahtmise” ja “meeldimise” hinnangute analüüsid

Kolmas hüpotees ennustas, et “tahtmise” ja “meeldimise” vahe ehk WmL-skoorid on seotud deviant-sageduse amplituudiga. Joonisel 8 on näha nii “meeldimise”, “tahtmise” kui ka WmL-skoori trajektoore erinevatel ajahetkedel. Individuaalsete trajektooride põhjal ilmnes märkimisväärne varieeruvus osalejate vahel, kuid keskmised trajektoorid viitavad üldisele mustrile, kus hetkeolukorras tõuseb nii “meeldimine” kui ka “tahtmine” võrreldes algtasemega.

Kõigepealt kontrollisin “tahtmise” ja “meeldimise” dimensioone. “Tahtmise” küsimuste reliaablus oli α = ,69 ning “meeldimise” küsimuste reliaablus oli α = ,87. Täiendavalt analüüsisin “tahtmise” ja “meeldimise” hinnangute omavahelist seost eri ajahetkedel. Pearsoni korrelatsioonanalüüs näitas, et olukordades, kus kujutati ennast ette enne burgeri söömist, ei olnud “tahtmise” ja “meeldimise” hinnangud omavahel seotud, $r(56) = ,01$, $p = ,924$. Burgeri söömise ajal ilmnes nende vahel statistiliselt oluline mõõdukas positiivne seos, $r(56) = ,43$, $p < ,001$. Kujutades ennast ette pärast burgeri söömist, siis ei olnud “tahtmise” ja “meeldimise” hinnangud omavahel statistiliselt oluliselt seotud, $r(56) = ,10$, $p = ,484$.

Joonis 8

“Tahtmise”, “meeldimise” ja nende vahe (WmL-skoor) erinevate ajahetkede lõikes



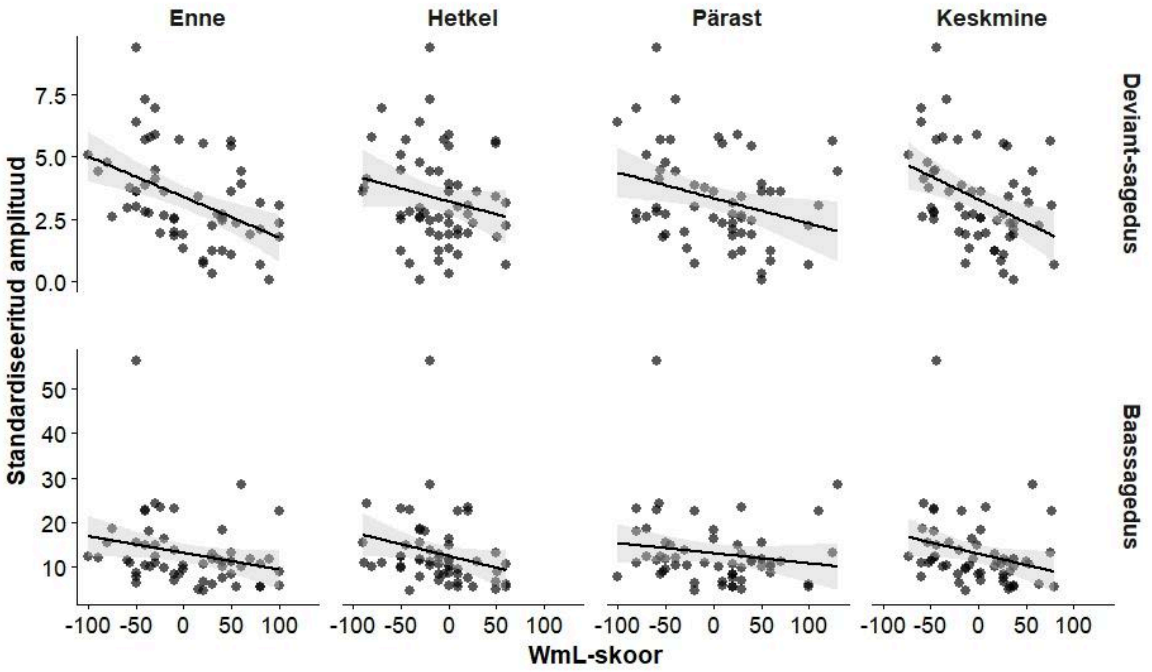
Märkus. Hallid jooned tähistavad individuaalseid trajektoore. Must joon kujutab keskmist skoori ning veajooned 95% usaldusvahemikku. Paneelide y-telgede vahemikud on erinevad.

Hüpoteesi enda kontrollimiseks tegin korrelatsioonianalüüsi. Kuna baassageduse amplituud ei vastanud normaaljaotusele, siis kasutasin Spearmani korrelatsioonikordajat (tulemuste üldine muster jäi Pearsoni ja Spearmani korrelatsioonides sarnaseks). Spearmani korrelatsioonianalüüs näitas, et WmL-skoor oli negatiivselt seotud deviant-sageduse amplituudiga nii enne ($\rho = -,46$, $p < ,01$) kui ka pärast ($\rho = -,28$, $p < ,05$) kujutletud burgeri söömist. WmL-hetkel skoor ei olnud deviant-sageduse amplituudiga statistiliselt oluliselt seotud ($\rho = -,21$, $p > ,05$). Seega leidis hüpotees osalist kinnitust.

Lisaks vaatasin seoseid baassageduse amplituudiga. Baassagedusega oli negatiivselt seotud WmL-enne ($\rho = -,29$, $p < ,05$) kui ka WmL-hetkel ($\rho = -,37$, $p < ,01$). WmL skooride ja sageduste vahelised seosed on kujutatud joonisel 9. Peale selle ilmnesid baassagedusel kui ka deviant-sagedusel seoseid alaskaaladega, täpsemad andmed on nähtavad tabelis 1. Lisaanalüüsid elektroodidega, mida kasutasid eeskujutöös File jt (2025b), tulid samasugused näitajad statistiliselt olulised (keskmistatud tulemused piirkondadest O1, O2, Oz).

Joonis 9

"Tahtmise" ja "meeldimise" vahe ehk WmL-skoori ja deviant-sageduse ning baassageduse amplituudi vastuste seos eri ajahetkede lõikes.



Märkus. Punktid tähistavad individuaalseid vaatlusi. Must joon kujutab lineaarset trendi ning varjutatud ala 95% usaldusvahemikku. Paneelide y-telgede vahemikud on erinevad.

Tabel 1

Spearmani korrelatsioonid "tahtmise", "meeldimise" ja nende vahe ehk WmL-skooride ning standardiseeritud sagedusvastuste vahel

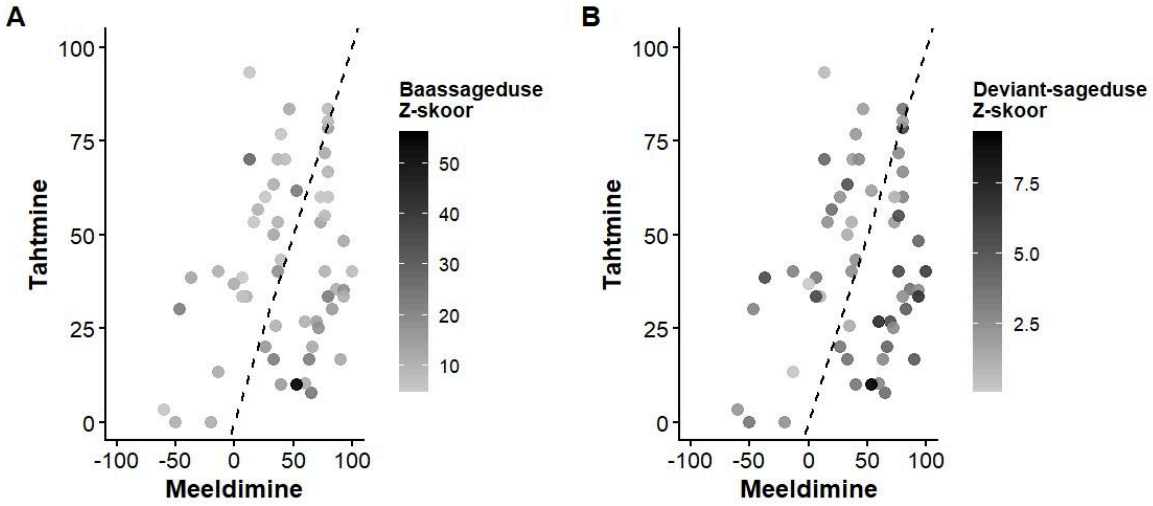
Muutuja	Deviant-sagedus	Baassagedus
Meeldimine (enne)	,44**	,14
Meeldimine (hetkel)	,21	,12
Meeldimine (pärast)	,16	,07
Tahtmine (enne)	-,17	-,34**
Tahtmine (hetkel)	-,10	-,35**
Tahtmine (pärast)	-,24	-,22
WmL (enne)	-,46**	-,29*
WmL (hetkel)	-,21	-,37**
WmL (pärast)	-,28*	-,16

*Märkus***.** Esitatud on Spearmani korrelatsioonikordajad (ρ). *$p < ,05$, **$p < ,01$.

Täiendava analüüsina arvutasin ka kõigi kolme ajahetke põhjal keskmise WmL-skoori. Oodatavalt näitasid tulemused statistiliselt olulist negatiivset seost keskmise WmL-skoori ja deviant-sageduse amplituudi ($\rho = -,40$, $p < ,01$) ning baassageduse vahel ($\rho = -,34$, $p < ,01$). Korrelatsiooni tulemused viitavad sellele, et inimestel, kel oli negatiivsem WmL-skoor, neil oli ka suurema amplituudiga vastus. Selle tulemuse paremaks illustreerimiseks on joonisel 10 kujutatud WmL-keskmise skoori tekkimist ja selle seoseid sagedustega. Jooniselt on näha trendi, kus suuremad sagedusvastused on inimestel, kel on suurem "meeldimine" võrreldes "tahtmisega".

Joonis 10

"Tahtmise" ja "meeldimise" keskmiste hinnangute seos baassageduse ja deviant-sageduse z-skooritud vastustega



Märkus. (A) Baassageduse Z-skoor. (B) Deviant-sageduse Z-skoor. Katkendjoon tähistab punkti, kus "tahtmise" ja "meeldimise" hinnangud on võrdsed. Tumedamad punktid tähistavad kõrgemaid Z-skoore.

Arutelu

Uurimistöö eesmärk oli laiendada Sultson jt (2019) nälja ja toidustiimulite visuaalse automaatse töötluse seose uuringut põimsageduslikus *oddball*-paradigmas (FPVS - *fast periodic visual stimulation*). Lisaks uurisin kategooriatuvastuse muutust, suurendades järk-järgult stiimuli faasimüra (*sweep*-disain). Tulemused näitasid, et nälg seostus madalama taseme visuaalse töötlusega (baassageduse amplituudiga). Samas ei leidunud tõendeid selle kohta, et nälg mõjutaks kõrgema taseme kategoriseerimisega seotud töötlust (deviant-sageduse amplituuti). See tulemus on kooskõlas Sultson jt (2019) uuringuga. Kategoorispetsiifiline vastus vähenes faasimüra suurenedes, kuid ei leitud tõendeid, et näljatunne mõjutaks selle vähenemise kiirust. Lisaks näitasid tulemused, et individuaalsed hinnangud kujutletud toidustiimulile, täpsemalt "tahtmine" ja "meeldimine", seostuvad nii baassageduse kui ka deviant-sageduse amplituudiga.

Minu töö tulemused on kooskõlas Sultson jt (2019) leidudega. Nii nende sündmuspotentsiaalid kui ka minu kategooriatuvastust näitav deviant-sageduse amplituud

viitavad sellele, et toidustiimulite ja mitte-toidustiimulite eristamine toimus varajases töötlusetapis. Seejuures näitasid nende tulemused, et nälg suurendas vastust kõikide stiimulite puhul (nii toidu- kui ka neutraalsete stiimulite korral). Sarnane muster ilmnes ka minu töös, kus nälg suurendas üldist madalama taseme visuaalset töötlust, kuid mitte burgeripiltidega seotud kategooriaspetsiifilist vastust. See läheb vastuollu Rioux jt (2025, eeltrükk) FPVS-uuringuga, kus nälg seostus toidustiimulite tugevama kategooriavastusega. On oluline märkida, et Rioux jt (2025, eeltrükk) töös ei manipuleeritud näljaseisundit katseliselt, vaid uuriti subjektiivse näljahinnangu seoseid EEG-vastustega korrelatsioonanalüüsi abil. Käesolevas uuringus manipuleeriti näljaseisundit eksperimentaalselt ning sama osaleja osales nii nälja- kui ka söönud tingimuses, mis vähendas individuaalsete erinevuste mõju tingimuste võrdlemisel. Individuaalsete erinevuste võimalikule olulisusele viitavad ka segamudeli efektisuurused: mudeli fikseeritud efektid seletasid 41,3% amplituudi varieeruvusest, kuid koos juhuslike efektidega seletas mudel kokku 60,3% varieeruvusest. See viitab sellele, et lisaks eksperimentaalsetele manipulatsioonidele panustasid EEG-amplituudide varieeruvusse ka osalejate individuaalsed erinevused. Kokkuvõttes on minu uuringu tulemused pigem kooskõlas käsitlustega, mille kohaselt nälg suurendab üldist sensoorse süsteemi valmisolekut, mitte ei võimenda spetsiifiliselt toidustiimulite kategoriseerimist.

EEG-vastuste amplituudi seostamine “tahtmise” ja “meeldimise” skaaladega andis võrreldes varasemate töödega teistsuguse tulemuse. Erinevalt File jt (2025b) tulemustest, kus suurem WmL-skoor (“tahtmise” ja “meeldimise” hinnangute vahe) seostus suurema deviant-sageduse amplituudiga, ilmnes käesolevas töös vastupidine muster: suurem deviant-sageduse amplituud seostus negatiivsema WmL-skooriga. Vaadates alaskaalasid, ilmneb, et negatiivsem WmL-skoor viitab olukorrale, kus “meeldimise” hinnangud ületasid “tahtmise” hinnanguid. See viitab sellele, et tugevam kategooriaspetsiifiline vastus oli seotud pigem stiimuli hedoonilise väärtusega (“meeldimine”) kui motivatsioonilise tungiga (“tahtmine”).

Erinevalt File jt (2025b) uuringust ilmnes minu töös seos ka baassagedusega. Huvitavalt ilmnes baassagedusel statistiliselt oluline negatiivne seos alaskaaladest “tahtmise” hinnangutega. Samas viitab joonis 10 võimalusele, et tugevamad baassageduse vastused esinesid pigem olukorras, kus “meeldimise” hinnangud olid suhteliselt kõrgemad võrreldes “tahtmise” hinnangutega, kuigi “meeldimise” ja baassageduse vahel otsest statistiliselt olulist seost ei ilmnenud.

WmL-enne negatiivne seostumine deviant-sagedusega on osaliselt kooskõlas File jt (2025a) leitud tulemustega, kus WmL-enne oli negatiivselt seotud sagedasema söömiskäitumisega. Samas ilmneb erinevus alaskaalade tasandil: kui nende uuringus oli "meeldimine-enne" negatiivselt seotud söömiskäitumisega, siis minu tulemustes seostus "meeldimine-enne" positiivselt kategooriaspetsiifilise vastusega. Seega võib oletada, et skooride taga olev mehhanism on erinev. File jt (2025a) tulemused võivad viidata olukorrale, kus toitu kasutatakse rohkem emotsiooniregulatsiooniks – toitu tarbitakse sagedamini, kuigi enne söömist on nii "tahtmise" kui ka "meeldimise" hinnangud madalad. Käesolevas töös peegeldas madal WmL-skoor pigem olukorda, kus osalejad hindasid burgeri söömise kogemust enne söömist meeldivamaks võrreldes sellega, kui tugevat tungi burger neis tekitas. Samas näitab joonis 9, et erinevate ajahetkede mustrid olid visuaalselt küllaltki sarnased, mistõttu tuleks üksikute statistiliselt oluliste seoste tõlgendamisel olla ettevaatlik. See võib viidata võimalusele, et saadud tulemused peegeldavad pigem üldisemat erinevust "tahtmise" ja "meeldimise" vahel kui konkreetse kujutletud söömishetkega seotud hinnanguid.

Oluline on märkida, et File jt (2025b) katses osalesid juba sõltuvuskäitumisega inimesed, samas kui minu katses oli osalemise eelduseks söömis- ja toitumishäire puudumine. On võimalik, et kliinilise valimiga tehtud katse annaks praegusest valimist erineva tulemuse ning võimaldaks ka sisukamalt uurida WmL tulemusei erinevatel ajahetkedel. Valimite erinevus võib selgitada ka vastuolu File jt (2025a, 2025b) tulemustes. Võimalik, et minu töö peegeldabki rohkem normaalset söömiskäitumist, samas kui nende tööd peegeldavad rohkem normist hälbivat motivatsioonilist töötlust. See võib ka selgitada, miks näis käesolevas töös toidustiimulite töötlust mõjutavat rohkem "meeldimise" kui "tahtmise" komponent. Samuti tuleb arvestada, et minu töös hinnati "tahtmist" ja "meeldimist" spetsiifiliselt burgeri suhtes, samas kui File jt (2025a) uuringus käsitleti toitu laiemalt. Võimalik, et individuaalsed kogemused burgeritega võimendasid käesolevas töös "meeldimise" skaala mõju.

Nii ootuspärane kategooriaspetsiifilise vastuse vähenemine kui ka Sultson jt (2019) tulemuste kooskõla viitavad sellele, et FPVS on paljulubav meetod visuaalsete toidustiimulite automaatse töötluse uurimiseks. Selle meetodi üheks oluliseks eeliseks on see, et võrreldes traditsiooniliste sündmuspotentsiaalidega, kus efektid ilmnevad peamiselt grupikeskmiste tasandil, võimaldab FPVS lähenemine hinnata stiimulite töötlust ka individuaalsel tasemel. Käesolevas töös ilmnes enamikul osalejatest statistiliselt usaldusväärne deviant-sageduse

vastus. Samas esines ka märkimisväärset individuaalset varieeruvust. See tulemus on kooskõlas nägude eristamisega tehtud FPVS-uuringutega (Rossion jt, 2020), kus sarnaselt minu tööga oli enamikel osalejatel juba individuaalsel tasemel kategooriaspetsiifiline vastus nähtav, kuid indiviidide amplituutide vahel esines varieeruvust.

FPVS-i kasutamist toidustiimulite uurimiseks toetab ka tulemuste kõrge reliaablus. Baassageduse reliaablus on kooskõlas varasemate nägude eristamise uuringutega (Dzhelyova jt, 2019, Rossion jt, 2020). Võrreldes nägudega tehtud katsetega on minu töös deviant-sageduse reliaablus mõnevõrra madalam (Dzhelyova jt, 2019; Xu jt, 2017). Samas tuleb arvestada, et käesolevas töös manipuleeriti lisaks stiimulite äratuntavust faasimüra abil, mistõttu ei ole reliaablusnäitajad täielikult võrreldavad. Sellest hoolimata viitavad tulemused sellele, et ka toidustiimulitega on võimalik saada stabiilseid ja usaldusväärseid FPVS vastuseid.

Töö piiranguteks on limiteeritud stiimulmaterjali valik. Toidustiimuliks olid ainult pildid burgeritest, mis limiteerib tulemuste üldistatavust. Seega võiks tulevikus laiendada stiimulmaterjalide kategooriaid. Lisaks, et tõsta deviant-sageduse reliaablust, siis võiks tulevikus katsetada ka pikemate stimulatsiooniseeriatega - võimalik, et suurema esitluste arvu korral oleks metoodika tundlikum ka väikeste efektide tuvastamisel. Nagu enne mainitud, siis praegune valim koosnes normaalse söömiskäitumisega inimestest, mistõttu oleks huvitav uurida, kas kliinilises valimis ilmnevad sarnased mustrid. See võiks aidata paremini mõista, kuidas automaatne visuaalne töötlus on seotud häirunud söömiskäitumise etioloogiaga.

Kokkuvõttes näitas käesolev töö, et FPVS ja *sweep*-paradigma on potentsiaalne kulutõhus vahend nälja ja toidustiimulite automaatse töötluse uurimiseks. Tulemused kinnitavad, et toidustiimulite töötlus toimub kiiresti ja automaatselt ning et nälg on seotud eeskätt üldise visuaalse töötlusega. Lisaks viitavad leiud sellele, et individuaalsed erinevused hedoonilistes hinnangutes mängivad olulist rolli aju vastuste kujunemisel, pakkudes täiendavat arusaama toidustiimulite motivatsioonilise tähenduse ja automaatse töötluse seostest.

Tänusõnad

Soovin tänada kõiki inimesi, kes osalesid katses. Samuti tänan kõiki, kes aitasid kaasa katsete läbiviimisele, küsimustiku koostamisele ja katsestiimulite ühtlustamisele. Lisaks soovin tänada juhendajaid ratsionaalse poole toetamise eest ning oma kassi Lanat emotsionaalse poole toetamise eest.

Kasutatud kirjandus

Adrian, E. D., & Matthews, B. H. (1934). The Berger rhythm: Potential changes from the occipital lobes in man. Brain, 57(4), 355–385.

Akkermann K., Herik M., Aluoja A. & Järv A. (2010). Constructing an Assessment Scale for Eating Disorders. Tartu: Department of Psychology of University of Tartu.

Ales, J. M., Farzin, F., Rossion, B., & Norcia, A. M. (2012). An objective method for measuring face detection thresholds using the sweep steady-state visual evoked response. *Journal of Vision*, *12*(10), 18–18. https://doi.org/10.1167/12.10.18

Aluoja, A., Shlik, J., & Vasa, V. (1999). Development and psychometric properties of the Emotional State Questionnaire, a self-report questionnaire for depression and anxiety. Nordic Journal of Psychiatry, 53(6), 443–449.

Ballestero‐Arnau, M., Rodríguez‐Herreros, B., Moreno‐Sánchez, M., & Cunillera, T. (2026). Food Macronutrient Composition Influences Attentional Bias Toward Food Cues. *Annals of the New York Academy of Sciences*, *1556*(1), e70181. https://doi.org/10.1111/nyas.70181

Blechert, J., Meule, A., Busch, N. A., & Ohla, K. (2014). Food-pics: An image database for experimental research on eating and appetite. *Frontiers in Psychology*, *5*. https://doi.org/10.3389/fpsyg.2014.00617

Canva. (2025). *Canva* [Graafilise disaini tarkvara]. https://www.canva.com

Castellanos, E. H., Charboneau, E., Dietrich, M. S., Park, S., Bradley, B. P., Mogg, K., & Cowan, R. L. (2009). Obese adults have visual attention bias for food cue images: Evidence for altered reward system function. *International Journal of Obesity*, *33*(9), 1063–1073. https://doi.org/10.1038/ijo.2009.138

Cunningham, C. A., & Egeth, H. E. (2018). The capture of attention by entirely irrelevant pictures of calorie-dense foods. *Psychonomic Bulletin & Review*, *25*(2), 586–595. https://doi.org/10.3758/s13423-017-1375-8

ChatGPT. (2026). *ChatGPT* (versioon GPT-5.3 ja GPT-5.5) [Suur keelemudel]. OpenAI. https://chat.openai.com

Davidson, G. R., Giesbrecht, T., Thomas, A. M., & Kirkham, T. C. (2018). Pre- and postprandial variation in implicit attention to food images reflects appetite and sensory-specific satiety. *Appetite*, *125*, 24–31. https://doi.org/10.1016/j.appet.2018.01.028

De Rosa, M., Ktori, M., Vidal, Y., Bottini, R., & Crepaldi, D. (2022). Frequency-based neural discrimination in fast periodic visual stimulation. *Cortex*, *148*, 193–203. https://doi.org/10.1016/j.cortex.2022.01.005

Dzhelyova, M., Jacques, C., Dormal, G., Michel, C., Schiltz, C., & Rossion, B. (2019). High test-retest reliability of a neural index of rapid automatic discrimination of unfamiliar individual faces. *Visual Cognition*, *27*(2), 127–141. https://doi.org/10.1080/13506285.2019.1616639

Epstein, L. H., Truesdale, R., Wojcik, A., Paluch, R. A., & Raynor, H. A. (2003). Effects of deprivation on hedonics and reinforcing value of food. *Physiology & Behavior*, *78*(2), 221–227. https://doi.org/10.1016/S0031-9384(02)00978-2

Favieri, F., Forte, G., Marotta, A., & Casagrande, M. (2020). Food-Related Attentional Bias in Individuals with Normal Weight and Overweight: A Study with a Flicker Task. *Nutrients*, *12*(2), 492. https://doi.org/10.3390/nu12020492

File, D., Bőthe, B., File, B., & Demetrovics, Z. (2022). The Role of Impulsivity and Reward Deficiency in “Liking” and “Wanting” of Potentially Problematic Behaviors and Substance Uses. *Frontiers in Psychiatry*, *13*, 820836. https://doi.org/10.3389/fpsyt.2022.820836

File, D., Bőthe, B., File, B., Griffiths, M. D., & Demetrovics, Z. (2025a). A Proof of Concept Study to Assess the Imbalance of Self-Reported Wanting and Liking as a Predictor of Problematic Addictive Behaviors. *International Journal of Mental Health and Addiction*, *23*(3), 2218–2236. https://doi.org/10.1007/s11469-023-01226-4

File, D., Petro, B., Kővári, L., Kojouharova, P., Gaál, Z. A., Demetrovics, Z., & Czigler, I. (2025b). Investigating attentional bias in low-dependence smokers with steady-state visual evoked potentials (SSVEPs): Linking wanting, liking, and neural responses. *Comprehensive Psychiatry*, *142*, 152627. https://doi.org/10.1016/j.comppsych.2025.152627

Gable, P. A., & Harmon-Jones, E. (2010). The effect of low versus high approach-motivated positive affect on memory for peripherally versus centrally presented information. *Emotion*, *10*(4), 599–603. https://doi.org/10.1037/a0018426

Gigleux, C., Van De Walle De Ghelcke, A., Schiltz, C., Rossion, B., & Lochy, A. (2026). Lexical brain responses in 10-year-old children are impaired in dyslexia: An FPVS-EEG study. *Brain and Cognition*, *194*, 106394. https://doi.org/10.1016/j.bandc.2026.106394

Hauk, O., Marchive, M., Volfart, A., Schiltz, C., Rossion, B., Ralph, M. A. L., & Lochy, A. (2025). Word-selective EEG/MEG responses in the English language obtained

with fast periodic visual stimulation (FPVS). *Imaging Neuroscience*, *3*, imag_a_00414. https://doi.org/10.1162/imag_a_00414

Heinrich, S. P., Mell, D., & Bach, M. (2009). Frequency-domain analysis of fast oddball responses to visual stimuli: A feasibility study. *International Journal of Psychophysiology*, *73*(3), 287–293. https://doi.org/10.1016/j.ijpsycho.2009.04.011

Heldmann, M., Müller-Miny, L., Wagner-Altendorf, T., & Münte, T. F. (2025). Automatic attentional capture by food items in a visuospatial attention task – A study with event-related brain potentials. *Behavioural Brain Research*, *484*, 115514. https://doi.org/10.1016/j.bbr.2025.115514

Jasper, H. H. (1958). The ten-twenty electrode system of the International Federation. Electroencephalography and Clinical Neurophysiology, 10, 371–375.

Kumar, S., Higgs, S., Rutters, F., & Humphreys, G. W. (2016). Biased towards food: Electrophysiological evidence for biased attention to food stimuli. *Brain and Cognition*, *110*, 85–93. https://doi.org/10.1016/j.bandc.2016.04.007

Liu-Shuang, J., Norcia, A. M., & Rossion, B. (2014). An objective index of individual face discrimination in the right occipito-temporal cortex by means of fast periodic oddball stimulation. *Neuropsychologia*, *52*, 57–72. https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2013.10.022

Lochy, A., Rossion, B., Lambon Ralph, M., Volfart, A., Hauk, O., & Schiltz, C. (2024). Linguistic and attentional factors – Not statistical regularities – Contribute to word-selective neural responses with FPVS-oddball paradigms. *Cortex*, *173*, 339–354. https://doi.org/10.1016/j.cortex.2024.01.007

Lochy, A., Van Belle, G., & Rossion, B. (2015). A robust index of lexical representation in the left occipito-temporal cortex as evidenced by EEG responses to fast periodic visual stimulation. *Neuropsychologia*, *66*, 18–31. https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2014.11.007

Luck, S. J., & Kappenman, E. S. (Eds.). (2012). *The Oxford handbook of event-related potential components*. Oxford University Press.

Morales, I., & Berridge, K. C. (2020). 'Liking' and 'wanting' in eating and food reward: Brain mechanisms and clinical implications. *Physiology & Behavior*, *227*, 113152. https://doi.org/10.1016/j.physbeh.2020.113152

Naar, R., Werner, K., & Freibergs, Z. (2026). An FPVS Paradigm Using Minimally Different Stimuli to Study Face Inversion and Hemispheric Lateralization. https://osf.io/v7cby

Neal, C., Pepper, G. V., Allen, C., & Nettle, D. (2023). No effect of hunger on attentional capture by food cues: Two replication studies. *Appetite*, *191*, 107065. https://doi.org/10.1016/j.appet.2023.107065

Nijs, I. M. T., Muris, P., Euser, A. S., & Franken, I. H. A. (2010). Differences in attention to food and food intake between overweight/obese and normal-weight females under conditions of hunger and satiety. *Appetite*, *54*(2), 243–254. https://doi.org/10.1016/j.appet.2009.11.004

Norcia, A. M., Appelbaum, L. G., Ales, J. M., Cottereau, 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

Nummenmaa, L., Hietanen, J. K., Calvo, M. G., & Hyönä, J. (2011). Food Catches the Eye but Not for Everyone: A BMI–Contingent Attentional Bias in Rapid Detection of Nutriments. *PLoS ONE*, *6*(5), e19215. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0019215

Parmentier, F. B. R., Pacheco-Unguetti, A. P., & Valero, S. (2018). Food words distract the hungry: Evidence of involuntary semantic processing of task-irrelevant but biologically-relevant unexpected auditory words. *PLOS ONE*, *13*(1), e0190644. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0190644

Pessoa, L. (2009). How do emotion and motivation direct executive control? *Trends in Cognitive Sciences*, *13*(4), 160–166. https://doi.org/10.1016/j.tics.2009.01.006

Piech, R. M., Pastorino, M. T., & Zald, D. H. (2010). All I saw was the cake. Hunger effects on attentional capture by visual food cues. *Appetite*, *54*(3), 579–582. https://doi.org/10.1016/j.appet.2009.11.003

Pixlr. (2025). *Pixlr* [Veebipõhine pilditöötlustarkvara]. https://pixlr.com

Rioux, C., Rämä, P., Farineaux, E., Granjon, L., Mascaro, O., & Peykarjou, S. (2025). *So much variety, so much to eat: The neuro-cognitive bases of food categorization in infancy.* [eeltrükk]. https://doi.org/10.31234/osf.io/mvg9q_v1

Robinson, T., & Berridge, K. C. (1993). The neural basis of drug craving: An incentive-sensitization theory of addiction. *Brain Research Reviews*, *18*(3), 247–291. https://doi.org/10.1016/0165-0173(93)90013-P

Rossion, B., Retter, T. L., & Liu‐Shuang, J. (2020). Understanding human individuation of unfamiliar faces with oddball fast periodic visual stimulation and

electroencephalography. *European Journal of Neuroscience*, *52*(10), 4283–4344. https://doi.org/10.1111/ejn.14865

Rossion, B., Torfs, K., Jacques, C., & Liu-Shuang, J. (2015). Fast periodic presentation of natural images reveals a robust face-selective electrophysiological response in the human brain. *Journal of Vision*, *15*(1), 18–18. https://doi.org/10.1167/15.1.18

Rossion, B. (2014). Understanding individual face discrimination by means of fast periodic visual stimulation. *Experimental Brain Research*, *232*(6), 1599–1621. https://doi.org/10.1007/s00221-014-3934-9

Snoek, H. M., Huntjens, L., Van Gemert, L. J., De Graaf, C., & Weenen, H. (2004). Sensory-specific satiety in obese and normal-weight women. *The American Journal of Clinical Nutrition*, *80*(4), 823–831. https://doi.org/10.1093/ajcn/80.4.823

Stockburger, J., Schmälzle, R., Flaisch, T., Bublatzky, F., & Schupp, H. T. (2009). The impact of hunger on food cue processing: An event-related brain potential study. *NeuroImage*, *47*(4), 1819–1829. https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2009.04.071

Stockburger, J., Weike, A. I., Hamm, A. O., & Schupp, H. T. (2008). Deprivation selectively modulates brain potentials to food pictures. *Behavioral Neuroscience*, *122*(4), 936–942. https://doi.org/10.1037/a0012517

Sultson, H., Vainik, U., & Kreegipuu, K. (2019). Hunger enhances automatic processing of food and non-food stimuli: A visual mismatch negativity study. *Appetite*, *133*, 324–336. https://doi.org/10.1016/j.appet.2018.11.031

Sänger, J. (2019). Can't take my eyes off you – How task irrelevant pictures of food influence attentional selection. *Appetite*, *133*, 313–323. https://doi.org/10.1016/j.appet.2018.11.030

Van Der Donck, S., Dzhelyova, M., Vettori, S., Thielen, H., Steyaert, J., Rossion, B., & Boets, B. (2019). Fast Periodic Visual Stimulation EEG Reveals Reduced Neural Sensitivity to Fearful Faces in Children with Autism. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, *49*(11), 4658–4673. https://doi.org/10.1007/s10803-019-04172-0

Van Ens, W., Schmidt, U., Campbell, I. C., Roefs, A., & Werthmann, J. (2019). Test-retest reliability of attention bias for food: Robust eye-tracking and reaction time indices. *Appetite*, *136*, 86–92. https://doi.org/10.1016/j.appet.2019.01.020

Van Overwalle, J., Van Der Donck, S., Van De Cruys, S., Boets, B., & Wagemans, J. (2024). Assessing Spontaneous Categorical Processing of Visual Shapes via Frequency-Tagging EEG. *The Journal of Neuroscience*, *44*(16), e1346232024. https://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.1346-23.2024

Vare, R. (2026). *Visuaalsete stiimulite automaatne töötlus ajus seoses lühiajalise näljaseisundiga* [Magistritöö, Tartu Ülikool]. University of Tartu DSpace. https://hdl.handle.net/10062/119483

Xu, B., Liu-Shuang, J., Rossion, B., & Tanaka, J. (2017). Individual Differences in Face Identity Processing with Fast Periodic Visual Stimulation. *Journal of Cognitive Neuroscience*, *29*(8), 1368–1377. https://doi.org/10.1162/jocn_a_01126

Yao, F., Zhuang, Y., Shen, X., & Wang, X. (2022). Attentional bias towards appealing and disgusting food cues varies with the menstrual cycle. *Appetite*, *175*, 106063. https://doi.org/10.1016/j.appet.2022.106063

Lihtlitsents lõputöö reprodutseerimiseks ja üldsusele kättesaadavaks tegemiseks

Mina, Janeli Kirsi ,
(autori nimi)

1. annan Tartu Ülikoolile tasuta loa (lihtlitsentsi) minu loodud teose

Nälja ja individuaalsete hinnangute mõju visuaalsete toidustiimulite automaatsele töötlusele põimsageduslikus *oddball*-paradigmas
(lõputöö pealkiri)

mille juhendaja(d) on Kairi Kreegipuu ja Richard Naar ,
(juhendaja nimi)

reprodutseerimiseks eesmärgiga seda säilitada, sealhulgas lisada Tartu Ülikooli digitaalarhiivi kuni autoriõiguse kehtivuse lõppemiseni;

2. annan Tartu Ülikoolile loa teha punktis 1 nimetatud teos üldsusele kättesaadavaks Tartu Ülikooli veebikeskkonna, sealhulgas digitaalarhiivi kaudu Creative Commonsi litsentsiga CC BY NC ND 4.0, 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.

Janeli Kirsi
11.05.2026