

Tartu Ülikool
Sotsiaalteaduse valdkond
Psühholoogia Instituut

Rutt Vare

**VISUAALSETE STIMULITE AUTOMAATNE TÖÖTLEMINE AJUS SEOS
LÜHIAJALISE NÄLJASEISUNDIGA**

Magistritöö

Juhendajad: Kairi Kreegipuu, PhD

Nele Pöldver, PhD

Läbiv pealkiri: Näljaseisund ja automaatne infotöötlus

Tartu 2024

Stiimulite automaatne töötlemine ajus seoses lühiajalise näljaseisundiga

Kokkuvõtte

Käesoleva töö eesmärk oli uurida, kuidas lühiajaline nälg mõjutab visuaalsete stiimulite *automaatset* töötlustaju erinevates infotöötluse etappides sõltuvalt näljaseisundist. Uuringus kasutati elektroentsefalograafiat (EEG) mõõtmisi ja katseparadigmana *oddball*- ja *equiprobable*-paradigmasi. Analüüs keskendus neljale ajavahemikule: P1a, P1b, N170 ja P300, mis peegeldavad varajasi ja keskastme visuaalse infotöötluse protsesse. Katses osalesid terved täiskasvanud, kelle infotöötlust mõõdeti nii nälja- kui ka täiskõhuseisundis. Seisundi muutus kinnitati üle vere glükoosikontsentratsiooni mõõtmisega. Tulemused näitasid, et varajastes infotöötluse faasides eristusid toidustiimulid mittetoidu stiimulitest sõltumata seisundist. Mõju oli väljendunud *oddball*-paradigmas Sündmusega seotud potentsiaalide ajavahemike keskmistel amplituudidel põhinevad analüüsid olid tundlikumad stiimulite eristamisel ning andsid stabiilsema ülevaate töötluste üldisest muistrist, samas kui ERP-kõverate maksimumamplituudidel põhinevad analüüsid osutusid tundlikumaks nälja ja täiskõhu seisundist tulenevate muutuste tuvastamisel, eriti P300 ajavahemikus. Tulemused viitavad sellele, et nälg mõjutab toidustiimulite automaatset töötlust selektiivselt.

Märksõnad: automaatne stiimulitöötlus, nälg, toit, vMMN

Automatic Processing of Stimuli in Relation to Short-Term Hunger**Abstract**

The aim of this study was to investigate how short-term hunger affects the automatic processing of food-related visual stimuli in different stages of neural information processing, depending on hunger state. Electroencephalography (EEG) was used, and the experimental design included oddball and equiprobable paradigms. The analysis focused on four time windows (P1a, P1b, N170, P300) which reflect early and mid-stage visual information processing. Healthy adults participated in the experiment both in hungry and satiated states. The change in state was verified through blood glucose measurements. The results showed that in early processing stages, food stimuli were distinguished from non-food stimuli regardless of hunger state. In contrast, during mid-stage processing, particularly in the P300 time window, a stronger EEG response to food stimuli emerged in the hungry condition compared to the satiated condition. The effect was more pronounced in the oddball paradigm. Area measures provided a more stable representation of stimulus-related processing differences across time windows, whereas Peak-based analyses were more sensitive in detecting state-related amplitude changes, particularly in the P300 time window. Overall, the findings suggest that hunger selectively influences the automatic processing of food stimuli, primarily affecting processes related to attention and the attribution of meaning.

Keywords: automatic stimulus processing, hunger, food, vMMN

Inimese taju ja käitumise aluseks on sageli automaatsed infotöötlusprotsessid, mis toimuvad teadvustamata ning võimaldavad kiiret ja energiasäästlikku reageerimist olulistele keskkonnastimulitele. Nende protsesside keskseks tunnuseks on tundlikkus bioloogiliselt tähtsate ehk silmatorkavate (ingl salient) stiimulite suhtes, mille hulka kuulub ka toit (Kerzel & Schönhammer, 2013; Töllner jt., 2011; Wolfe & Utochkin, 2019). Uuringud on näidanud, et visuaalsed toiduga seotud stiimulid suudavad aktiveerida ajuprotsesse isegi siis, kui need ei ole tähelepanu fookuses, ning see töötlus võib oluliselt varieeruda sõltuvalt indiviidi seisundist, näiteks näljatundest (Stockburger jt., 2009; Sultson, Vainik ja Kreegipuu jt., 2019). Nälg suurendab sensorset tundlikkust ja moduleerib automaatset töötlust, muutes toiduga seotud sisendi keskkonnas silmatorkavamaks ning mõjutades seeläbi tähelepanu protsesse ja edasist käitumist (Beaulieu & Blundell, 2021; Smith & Ferguson, 2008; Jonker jt., 2020; March & Gluth, 2025). Neurokuvamis- ja elektrofüsioloogilised uuringud on näidanud, et kõrge kalorsusega toidupildid kutsuvad esile tugevama ajutegevuse võrreldes neutraalsete visuaalsete stiimulitega ning see efekt on eriti väljendunud näljaseisundis (Toepel jt., 2009; Samara jt., 2018; Ciorli jt., 2024). Käesolev töö lähtub hüpoteesist, et kõrge kalorsusega ja soolased toidustiimulid kutsuvad näljaseisundis esile tugevama varajase automaatse töötluste võrreldes täiskõhuseisundiga ning neutraalsete visuaalsete stiimulitega. Töö kasutab visuaalset lahknevusnegatiivsust (vMMN) elektroentsefalograafia kontekstis, võimaldades mõõta automaatset visuaalset töötlust ilma teadliku tähelepanu kaasamiseta ning võrrelda toiduspetsiifilise töötluste eripära üldise visuaalse töötlustega.

Automaatne infotöötlus ja silmatorkavad stiimulid

Tõestust on leidnud teooria, et aju töötleb automaatselt objektide elementaarseid omadusi nagu objekti orientatsioon või värvus, mida ei saa enam jagada algsemateks või väiksemateks omadusteks (Wolfe ja Utochkin, 2019). Üks varasemaid automaatsele infotöötlusele viitavaid avastusi on Stroopi efekt, mis illustreerib ilmekalt, kuidas osa infot töödeldakse ilma teadliku suunamiseta kiirelt ja automaatselt (Dyer, 1973). Stroopi ülesanne näitab, kuidas värv, milles sõna on trükitud, sekkub värvi nimetamisesse kui nimetatav sõna on trükivärvist erinev värvinimetus. Eeltähelepanulist ehk automaatset infotöötlust on tuvastatud ka numbrilise info töötlemisel (Hesse jt., 2017) ning emotsionaalsete nägude puhul (Li jt., 2022; Xu jt., 2018). Stiimuleid, mis on olulisemad ja silmatorkavamad (ingl

salient), töödeldakse samuti ajus eelisjärjekorras ning teadlikult tähelepanu suunamata (Kerzel & Schönhammer, 2013; Töllner jt., 2011; Wolfe & Utochkin, 2019). Ühtlasi moduleerib stiimulite silmatorkavus eeltähelepanulise infotöötluse kiirust ajus (Töllner jt., 2011). Lisaks eelisjärjekorras töötlemisele võivad silmatorkavad stiimulid mõjutada ka füüsilisi protsesse nagu liikumine või silmade sakaadid (Kerzel ja Schönhammer, 2013; Khan jt., 2014). Eelisjärjekorras töötlemine on tuvastatud ka ajus toimuvate protsesside tasemel, mille peamiseks osadeks on dorsaalsed frontoparietaalsed ning posterioorsed alad (Corbetta ja Shulman, 2002).

Toit stiimulina

Toit on oma bioloogilise tähtsuse ja evolutsiooniliselt olulise rolli tõttu silmatorkav stiimul (Leonard jt., 2010; Nummenmaa jt., 2011; Toepel jt., 2009), mistõttu on võimalik, et toiduga seotud infot töödeldakse ajus vähemalt osaliselt automaatselt ning seetõttu on ka toiduga seotud valikud kallutatud meie teadliku kontrolli alt väljaspool olevatest protsessidest. Toidu puhul on toodud välja ka kõrget motivatsioonilist väärtust, mis suunab toidustiimuleid töötleva kiirelt ja teadliku pingutuseta (Stockburger jt., 2009; Toepel jt., 2009; Beaulieu & Blundell, 2021). EEG-d kasutavad uuringud, milles mõõdetakse ajukoore elektrilist aktiivsust kõrge ajalise eraldusvõimega kolju pinnalt, toetavad väidet, et toiduga seotud stiimuleid töödeldakse ajus teistmoodi kui neutraalseid stiimuleid. Güney jt. (2021) poolt läbiviidud uuringus leiti, et toidustiimulid kutsuvad esile tugevamaid ajuvastuseid nii varajastes kui ka hilisemates infotöötlus faasides, mis viitavad stiimulite sensoorsete omaduste ja motivatsioonilisele olulisusele. Näiteks on näidatud, et ERP-komponendid, nagu P300 ja LPP (ilmneb tavaliselt ligikaudu 300–600 ms pärast stiimuli ilmnemist ning seostatakse stiimuli motivatsioonilise ja emotsionaalse tähenduse hindamisega ning püsiva tähelepanuressursside kaasamisega), võimaldavad eristada toidu- ja mittetoidustiimuleid juba üksikute katsete tasandil, mis viitab toidustiimulite suurenenud võimele suunata tähelepanu ja kanda motivatsioonilist tähendust (Güney jt., 2021). Lisaks on leitud, et toidustiimulite töötlus sõltub nende omadustest, nagu kalorsus ja hedooniline väärtus. Uuringud näitavad, et kõrge kalorsusega toidupildid kutsuvad esile tugevamaid aju- ja tähelepanureaktsioone võrreldes madala kalorsusega või neutraalsete stiimulitega, mis viitab toidu motivatsioonilise väärtuse olulisele rollile automaatses infotöötluses (Ciorli jt., 2024). Seega ei ole toidustiimulite automaatne töötlus ühtlane, vaid sõltub nii stiimuli bioloogilisest tähendusest

kui ka selle subjektiivsest väärtusest. Kuna tänapäeva maailmas on enamikes maailma osades kättesaadava toidu hulk suur ning toidu hankimine mugav, ei teeni automaatne toidule orienteeritus enam oma algset evolutsioonilist eesmärki hoida meid elus, hoida kokku ressursse ning suurendada seeläbi edukate järglaste saamise võimalusi. Järjest enam on levinud toitumisega seotud tervisehädad, mis pärivad nii füüsilist kui ka vaimset tervist. 2022. aastal on Maailma Terviseorganisatsiooni (WHO) andmetel iga 8. inimene maailmas rasvunud (WHO, 2024). Lisaks toob WHO välja, et ülemaailmne täiskasvanute rasvumine on alates 1990. aastast enam kui kahekordistunud ja noorukite rasvumine on neljakordistunud. Tundlikkus toidustiimulitele võib seega panustada terviseprobleemide tekkesse. Seetõttu tõuseb automaatsete infotöötlusprotsesside mõistmise väärtus toidustiimulite raames, sealhulgas individuaalsete erinevuste mõistmine nii isiksuse kui ka vaimse tervise häirete kontekstis. Erinevate toidustiimulite omaduste ja nende automaatse töötlemise seoste uurimine võimaldab paremini mõista toiduga seotud tähelepanumehhanisme ning loob eeldused edasisteks rakendusuringuteks söömiskäitumisega seotud probleemide kontekstis. Tähelepanu kallutatust toidustiimulite puhul on leitud mitmetes uuringutes, mis käsitlevad erinevaid söömishäireid, kuigi senised tähelepanu kallutatust söömishäirete puhul uurivad teadustööd on olnud pigem madala kvaliteediga (hindamiseks kasutati AMSTAR-2 süsteemi) (Stott jt., 2021). Kontrollikadu söömisel (subjektiivne tunne, et söömiskäitumist ei suudeta reguleerida) ning emotsionaalne söömine (söömine negatiivsete emotsioonide leevendamiseks) on varasemates uuringutes seostatud püsiva tähelepanu suunamisega kõrge kalorsusega toidustiimulitele (Wolz jt., 2015). Varasemad silmaliigutusuuringud on näidanud, et anoreksiaga katseisikute tähelepanu suunamine ja püsimine toidustiimulitel erineb oluliselt tervete katseisikutega võrreldes. Anoreksiaga isikutel ilmneb sageli vältiv tähelepanumuster, mis väljendub lühemas fikseerimisajas toidupiltidel, kiiremas pilgu eemaldamises ning strateegilises toidustiimulite vältimises, samas kui tervetel katseisikutel püsib pilk toiduga seotud stiimulitel kauem ja stabiilsemalt (Giel jt., 2011; Meregalli jt., 2023; Puttevils jt., 2023). Samuti on leitud erinevusi rasvunud ja normaalses kaalus olevate inimeste toidustiimulite töötlemises. Rasvumist käsitletakse tavaliselt kvantitatiivse kehalise seisundi näitajana, mida operatsionaliseeritakse kehamassiindeksi (KMI) alusel. Varasemad uuringud on näidanud, et toidustiimulite töötlemine ajus erineb sõltuvalt kehakaalust ja ainevahetuslikust seisundist. Näiteks leidsid Samara jt. (2018), et normaalkaalus lastel on kõrge kalorsusega toidupiltide vaatamisel tugevam aktivatsioon mälu ja kognitiivse kontrolliga seotud ajupiirkondades võrreldes rasvunud lastega, mis viitab võimalikele erinevustele toiduga seotud infotöötluse regulatsioonis juba varases eas.

Sarnaseid kehakaaluga seotud erinevusi on täheldatud ka sensoorses töötles. Hardikar jt. (2017) näitasid, et rasvunud täiskasvanud on magusa ja soolase maitse suhtes tundlikumad ning tajuvad neid maitseid intensiivsemalt kui normaalkaalus inimesed. Need leiud viitavad, et kehakaaluga seotud erinevused võivad avalduda nii aju toidustiimulite töötles kui ka toidu sensoorses tajus. EEG-uuringud viitavad, et rasvunud inimestel avaldub automaatne orienteeritus toidustiimulitele tugevamate varajaste ja keskastme ERP-komponentidena, mis peegeldavad toidupiltide eelisjärjekorras töötlust võrreldes neutraalsete visuaalsete stiimulitega (Hagan jt., 2020).

Lisaks toidu üldisele motivatsioonilisele tähendusele on varasemates uuringutes rõhutatud ka toidu energiasisaldust kui olulist tegurit, mis mõjutab stiimulite tähelepanu tõmbavust. Kõrge kalorsusega toidud on leitud olevat eriti silmatorkavad nälja seisundis, kuna need on otseselt seotud organismi energiavajaduse rahuldamisega ning võivad seetõttu automaatses infotöötlusfaasis omada suuremat prioriteeti võrreldes madalama kalorsusega või mittetoidu stiimulitega (Stockburger jt., 2009; Sultson jt., 2019). Sellest lähtuvalt on põhjendatud eeldus, et nälg ei mõjuta toidustiimulite töötlust ühtlaselt, vaid võimendab eeskätt kõrge kalorsusega toiduga seotud signaale.

Nälja mõju tähelepanule

Selles töös kasutatakse mõistet nälg kui lühiajalisest toidust hoidumisest tingitud seisundit, mida iseloomustab tugev soov või vajadus toitu tarbida. Nälga käsitletakse nii füsioloogilise kui ka psühholoogilise motivaatorina, mis kujuneb välja pärast teatud ajaperioodi möödumist ilma söömata ning mille eesmärk on suurendada söömissoovi ja taastada organismi energiatase (Beaulieu & Blundell, 2021; Smith & Ferguson, 2008). Käesolevas uuringus operatsionaliseeriti nälg kui 10-12 tundi ilma toiduta. On näidatud, et inimene suudab automaatselt eristada toidustiimuleid muudest stiimulitest ning näljaseisund suurendab toidupiltide motivatsioonilist kaalu, mis väljendub tugevamate varajastes ja keskastme ERP-komponentides ning suuremas tähelepanuressursside kaasamises toidustiimulite töötles (Stockburger jt., 2009; Sultson jt., 2019). Samuti on leitud, et näljaseisund mõjutab toiduga seotud sõnade automaatset töötlust ajus. Plihal jt. (2001) kasutasid EEG-meetodit ning mõõtsid sündmusega seotud potentsiaale olukorras, kus katseisikutele esitati väga lühiajaliselt toiduga seotud ja neutraalseid sõnu. Tulemused näitasid, et näljaseisundis

kutsusid toiduga seotud sõnad esile tugevamad ERP-vastused võrreldes täiskõhu seisundiga, mis viitab toiduga seotud info suuremale tähelepanulisele ja motivatsioonilisele väärtusele näljasena. Reents jt. (2020) uurisid nälja ja täiskõhu mõju toiduga seotud isule ning meeleolule, kasutades enesekohaseid hinnanguid toiduisu ja emotsionaalse seisundi kohta. Tulemused näitasid, et nälja mõju toidustiimulite isuäratavusele püsis statistiliselt olulisena ka pärast meeleolunäitajate arvesse võtmist, mis viitab sellele, et nälja ja toiduga seotud ise seos ei ole üksnes emotsionaalse seisundi vahendatud. Ühtlasi on leitud, et näljaseisundis suurenevad tähelepanuga seotud ERP-komponentide, eeskätt P300 ja LPP amplituudid toiduga seotud stiimulite puhul võrreldes täiskõhu seisundiga, mis viitab toidustiimulite suurenenud motivatsioonilisele olulisusele nälja tingimustes (Güney jt., 2021). Samas ei ole nälja mõju alati ühesuunaline ning see sõltub nii nälja intensiivsusest kui ka kasutatud katsedisainist. Näiteks on leitud, et kerge nälg võib mõnel juhul hoopis vähendada tähelepanu tundlikkust toidustiimulite suhtes, viidates võimalikule desensitisatsioonile (Schlezingeroová jt., 2024). Lisaks on näidatud, et nälg mõjutab tähelepanu ja stiimulite hindamise protsesse, suurendades toidu maitseomaduste kaalu võrreldes teiste omadustega, mis omakorda võib suunata tähelepanu toidustiimulitele juba varajastes tajulistes ja eeltähelepanulistes töötlusetappides, ligikaudu esimese 100–200 ms jooksul pärast stiimuli ilmnemist (March & Gluth, 2025). Seega viitavad varasemad EEG ja käitumuslikud uuringud, et nälg ei mõjuta üksnes teadlikke valikuid, vaid võib muuta ka automaatseid ja osaliselt teadvuseväliseid infotöötlusprotsesse, sealhulgas tähelepanu suunamist ja stiimulite tähenduslikkuse hindamist.

Ühtlasi on leitud ka näljaseisundi mõju erinevusi tervete ja toitumis- või söömishäiretega inimeste puhul ning normaalkaalus ja ülekaalus inimeste vahel. Ilmekalt tõi nälja mõju esile ülekaalulisi ja normaalkaalus lapsi võrdlev uurimus, kus lapsed mängisid nii toitu reklaamiva sisuga mängu kui ka toitu reklaamiva sisuta mängu. Tulemustest selgus, et mitte ainult näljaseisund ei ole oluline tähelepanu kallutatuse kujunemisel toidustiimulite suhtes, vaid rolli mängib ka kehakaal: kõrgema kehakaaluga lapsed olid toidureklaamide mõjule vastuvõtlikumad ning tarbisid pärast reklaamiga kokkupuudet rohkem reklaamitud tooteid võrreldes normaalkaalus lastega (Folkvord jt., 2020). Uurides terveid naisi leiti, et nad pöörasid näljaseisundis tugevamat tähelepanu lühidalt näidatud (100 ms) toidustiimulitele kui neutraalsetele stiimulitele. Tulemused kinnitasid, et tervete indiviidide puhul on näljaseisundis tähelepanu toidustiimulitele kallutatud, kui toidustiimulid on motivatsiooniliselt olulised (Jonker jt., 2020). Näiteks ülesöömishoogudega ja terveid

katseisikuid võrdlev uuring leidis, et ülesöömishoogudega inimesed fikseerisid esialgselt pilgu pikemalt kõrge kalorsusega toidustiimulitele nii nälja kui ka täiskõhu tingimuses, samas kui kontrollrühm fikseeris esialgselt pilgu pikemalt kõrge kalorsusega toidustiimulitele ainult nälja tingimustes. Lisaks hoidsid ülesöömishoogudega inimesed pilku pikema aja vältel kõrge kalorsusega toidustiimulitel ka tähelepanu hilisemas etapis, mida hinnati fikseerimise kestuse ja kogufikseerimise aja alusel, võrreldes kontrollrühmaga, sõltumata nälja- ja täiskõhutundest (Woo jt., 2023). Varasemad uuringud näitavad, et nälg mõjutab toidustiimulite töötlust juba varajastes visuaalsetes tötlusetappides, ligikaudu 100–200 ms jooksul pärast stiimuli ilmnemist, mis vastab varajastele sensorsetele ja eeltähelepanulistele ERP-komponentidele (Stockburger jt., 2009; Sultson jt., 2019; March & Gluth, 2025). Varasemad uuringud viitavad, et nälja mõju toidustiimulite tötlusele ei ole kõikidel inimestel ühesugune, vaid sõltub individuaalsetest teguritest, nagu kehakaal ja söömiskäitumise eripärad. Ülekaalu, rasvumise ning söömishäiretega on seostatud muutusi nii tasusüsteemi tundlikkuses kui ka tähelepanu regulatsioonis, mistõttu võib nälg nende gruppide puhul võimendada toidustiimulite motivatsioonilist tähendust teistsugusel viisil kui tervetel normaalkaalus inimestel (Folkvord jt., 2020; Woo jt., 2023; Hagan jt., 2020). Näljaseisundi ja täiskõhuseisundi võrdlemine võimaldab hinnata, kuidas organismi hetkeseisund mõjutab automaatseid visuaalse infotöötluse mehhanisme. Neutraalseid stiimuleid kaasates on võimalik eristada, kas seisundist tulenevad muutused peegeldavad üldist sensorset tundlikkust või on spetsiifilised toiduga seotud stiimulitele. Lisaks võimaldab toidustiimulite toiteväärtuse kontrollimine hinnata, kas erinevat tüüpi toidud (nt kõrge kalorsusega soolased toidud) omavad nälja tingimustes erinevat motivatsioonilist kaalu.

Automaatse töötuse mõõtmine

EEG ehk elektroentsefalograafia on mitteinvasiivne ajukuvamismeetod. EEG võimaldab kõrge eristustasemega mõõta kolju pealt sensorsete ja kognitiivsete protsesside ajastust aju erinevates osades (Birbaumer jt., 1990). Sündmusega seotud potentsiaalid ehk ERP-d (ingl *event-related potentials*) leitakse EEG abil kogutud andmetest ning märgivad spetsiifilisi sündmusi (näiteks katseisikule esitatud eri tüüpi stiimulite esituse algust või kestust) läbi elektrilise laine positiivsete ja negatiivsete kõrvalkallete. EEG võimaldab muuhulgas mõõta nii tähelepanu ja sellega seotud protsesside muutust ajalises raamistikus ning tähelepanulist vastust stiimuli esitamisele ehk sündmusele kui ka tähelepanueelseid ehk väga varaseid tötlusprotsesse. Hilisemas staadiumis ehk peale 300 ms esinevad ERP-d on seostatud

juhitud tähelepanuga, mällu talletamisega ja kognitiivse modulatsiooniga, aga varases staadiumis ERP-d automaatse silmatorkavate stiimulite töötusega. Varajases staadiumis automaatset silmatorkavate stiimulite töötlust on näidanud mitmed uurimused visuaalsete stiimulite puhul nagu emotsionaalsed näod, emotsionaalselt olulise tähendusega sõnad ja toit (Kissler jt., 2009; Kumar jt., 2016; Rellecke jt., 2012).

MMN on täpsemalt aju elektriline vastus igasugusele korduvalt esitatud standardstiimulist eristuvale deviantstiimulile. MMN-i uurimiseks kasutatakse sageli *oddball*-paradigmat, milles esitatakse katseisikule sagedasti korduvat standardstiimulit ning harva esinevat sellest erinevat deviantstiimulit. MMN kajastab aju automaatset reaktsiooni olukorras, kus ootuspärane stiimulimuster on rikutud deviantstiimuli ilmnemisega. Klassikalises *oddball*-paradigmas kasutatakse ühte deviantstiimulit, kuid varasemates uuringutes on rakendatud ka modifitseeritud variante, kus esitatakse mitut tüüpi deviantstiimuleid, võimaldades võrrelda erinevate stiimulite automaatset töötlust sama katsekeskkonna raames. Käesolevas töös kasutati modifitseeritud *oddball*-paradigmat, milles esitati kaks erinevat deviantstiimulit (Kimura jt., 2009; Zeng jt., 2022).

Mõõtes aju elektrilist aktiivsust elektroentsefalograafia ehk EEG abil on võimalik saadud ERP-de kaudu leida lahknevusnegatiivsus ehk MMN (ingl *mismatch negativity*) (Näätänen jt., 2007). MMN-i tuvastamine põhineb standard- ja deviantstiimulitele esile kutsutud ERP-vastuste võrdlusel. Klassikaliselt hinnatakse MMN-i, lahutades standardstiimulile vastava ERP deviantstiimulile vastavast ERP-st ning analüüsides saadud vastuste erinevust, mis peegeldab aju automaatset reaktsiooni ootuspärase stiimulist erinevale stiimulile (Näätänen jt., 2007; Kimura jt., 2011). Visuaalsetes *oddball*-paradigmades ei pruugi MMN avalduda ühe selgelt eristatava lainekujuna, vaid pigem muutustena ajuaktiivsuses kindlates ajavahemikes, mistõttu hinnatakse sageli standard- ja deviantstiimulite vahelisi erinevusi eelnevalt määratletud ERP-ajavahemikes (Stefanics jt., 2014). MMNi on uuritud erinevates sensorsetes modaalsutes nagu kuulmis-, nägemismodaalsus ja somatosensoorne modaalsus (Grundeit jt., 2023). Kõige enam on uuritud kuulmismodaalsust (Näätänen jt., 2007), kuid tänaseks on leitud korduvalt MMN-i ilmnemist visuaalse stimulatsiooni muutusele (vMMN ehk *visual mismatch negativity*; Kovarski jt., 2022; Kremláček jt., 2016). Toidu esmase märkamise puhul on valdav visuaalne informatsioon ehk vMMN sobib hästi toidustiimulite uurimiseks. MMN lubab meil näha, kuidas inimese aju suhtleb ümbritseva maailmaga, olles keskkonnastiimulite tekitatud eeltähelepanuliste ajuvastuste markeriks. MMN ilmneb

olukorras, kus stiimulile ei ole suunatud teadlikku tähelepanu ning peegeldab eeltähelepanulist muutustuvastust sensoorse infotöötluse varases etapis (Näätänen jt., 1978).

Tegemist on automaatse neurofüsioloogilise protsessiga, mis toimub tahtlikust tähelepanukontrollist sõltumatult. Käesolevas töös käsitletakse automaatset töötlust kui tahtest sõltumatut infotöötlust ning eeltähelepanulist töötlust kui selle varajast ajalist avaldumisvormi. Seega võimaldab MMN meetodiga uurida nälja mõju toidustiimulite automaatsele töötlemisele ajus. Kuigi käesolevas töös on automaatse töötluste keskseks kontseptsiooniks MMN, ei analüüsita MMN-i eraldiseisva lainekujuna. Selle asemel käsitletakse MMN-i kui protsessi, mis võib avalduda muutustena ajuaktiivsuses mitmetes varajastes ja keskastme ERP-ajavahemikes. Need ajavahemikud on järgmised: P1a (90–120 ms), P1b (120–150 ms), N170 (150–200 ms) ja P300 (220–280 ms) (Kimura jt., 2011; Stefanics jt., 2014). Käesolevas töös käsitletakse ajavahemikku 220–280 ms P300 komponendiga seostatava töötlusaknana, kuigi klassikalises käsitluses kirjeldatakse P3b-komponenti sageli hilisemas ajavahemikus, enamasti pärast 300 ms. Samas on mitmed varasemad ERP-uuringud näidanud, et visuaalsetes *oddball*-paradigmades ning eeltähelepanulise töötluste tingimustes võib ilmned P3-laadne positiivne lainekuju juba varasemas ajavahemikus, ligikaudu 200–300 ms pärast stiimuli ilmnemist. Sellist varasemat P3-laadset positivsust on kirjeldatud seoses stiimulite harulduse, ootamatuse ja motivatsioonilise tähendusega ning see on osutunud tundlikuks bioloogiliselt oluliste stiimulite, sealhulgas toidupiltide töötluste suhtes (Stockburger jt., 2009; Toepel jt., 2009). Visuaalse lahknevusnegatiivsuse (vMMN) raamistikus on näidatud, et automaatne muutustuvastus ei avaldu alati eraldiseisva negatiivse lainekujuna, vaid võib väljenduda ka muutustena keskastme ERP-komponentides, sealhulgas P3-laadses positivsuses, eriti *oddball*-paradigmade puhul (Kimura jt., 2011; Stefanics jt., 2014). Seetõttu käsitletakse käesolevas töös ajavahemikku 220–280 ms kui P3-laadse positivsusega seostatavat töötlusakent, mida tähistatakse töö käigus lühiduse ja järjepidevuse huvides nimetusega P300.

MMNi muutused seoses seisundiga

Varasemalt on MMN-i kasutanud uuringutes leitud seisundi mõju stiimulite töötlustele näiteks meditatiivse seisundi, hüpnoosi, une ja minimaalse või vegetatiivse teadvusastmega seisundi ehk kooma puhul (Chennu & Bekinschtein, 2012; Jamieson et al., 2005; Medvedev et al.,

2022). Lisaks eelnevale on üks eksperimentaalselt lihtsamini kontrollitav ja lühiajaliselt ohutuim seisund nälg, mis tekib kui organismil on energia puudujääk ning on pöörduv pärast söömist. Sultson jt (2019) uurisid visuaalsete toidustiimulite automaatset töötlust nälja ja täiskõhu seisundis visuaalse lahknevusnegatiivsuse (vMMN) paradigmat kasutades. Uuringus osales 18 naissoost katseisikut, kes läbisid kaks katsetingimust: nälg ja täiskõht. Katsed toimusid kahes eraldi sessioonis, mille vahe oli vähemalt üks nädal ning tingimuste järjekord oli katseisikute vahel tasakaalustatud. Nälg kutsuti esile 10–12-tunnise söögipausiga enne katse algust, täiskõhutunne saavutati standardiseeritud hommikusöögi abil (umbes 350 kcal). Seisundi objektiivseks kontrolliks mõõdeti katseisikute veresuhkru taset ning subjektiivset näljatunnet hinnati visuaalanaloogskaalal.

EEG-katse käigus kasutati kohandatud *oddball*-paradigmat, milles kõrge rasvasisaldusega soolased (nt hamburger, kartulikrõpsud) ja magusad (nt šokolaad, küpsised) toidupildid esitati deviantstiimulitena neutraalsete standardstiimulite (nt kell, mobiiltelefon) seas. Mõlemas ploki kasutati kahte toidustiimulit ja ühte neutraalset stiimulit, et hinnata, kas nälja mõju on toiduspetsiifiline või laiemalt seotud üldise infotöötlusega. Lisaks rakendati *equiprobable*-kontrollploki, kus kõik stiimulid esinesid võrdse sagedusega. Stiimulid olid eelnevalt ühtlustatud ja visuaalselt sobitatud kontrasti, heleduse ning tähelepanu haaravuse alusel. Katse ajal lahendasid katseisikud ekraani keskel 2-back töömälu ülesannet, samal ajal kui stiimulid esitati ekraani perifeerias neljas nurgas. Katseisikuid juhendati perifeerias olevaid pilte ignoreerima. EEG-signaal salvestati 64-kanalilise süsteemiga ning analüüs keskendus kuklapiirkonna elektroodidele (O1, O2, Oz). vMMN arvutati deviant- ja standardstiimulite ERP-vastuste lahutuskõverana. Analüüs hõlmas varaseid (100–160 ms), keskmisi (160–220 ms) ja hiliseid (220–360 ms) ajavahemikke. Autorid järeldasid, et visuaalne MMN võib olla sobiv meetod automaatse toidutöötluse uurimiseks, kuid rõhutasid vajadust täiendava valideerimise järele erinevate toidustiimulite ja katseparadigmadega. Käesolev magistritöö lähtub otseselt Sultsoni jt. (2019) uuringu tulemustest ning laiendab nende metoodilist lähenemist, kasutades mitut deviantstiimulit, suuremat stiimulite kategooriate hulka ning teadliku tähelepanu suunamiseks auditoorset ülesannet (loo kuulamine ja selle põhjal küsimustele vastamine).

Eesmärk ja hüpoteesid

Minu magistritöö eesmärgiks on katseparadigma täiustades ning baasinfotöötluse ülesandeid lisades uurida edasi Sultsoni, Vainiku ja Kreegipuu (2019) poolt esmakordselt kirjeldatud automaatse infotöötluse erinevusi toidustiimulite töötlustes näljasena ja peale söömist. Sealhulgas hinnata toidustiimulitele tekkivat automaatsetaju aktiivsust näljasena ja söönuna, eristada teatud toidustiimulite eelistamist ning võrrelda toidustiimulite automaatset töötlust mitte-toidustiimulite töötlustega. Sultson jt. (2019) tõid välja, et lahknevusnegatiivsust rakendav katseparadigma aitab mõista ajumehhanisme, mis on aluseks toidustiimulite töötlemisele ja neile reageerimisele, et leida efektiivsemaid viise söömishäirete diagnoosimiseks ja sekkumisteks ning lisaks aidata kaasa häirunud söömiskäitumise ja ülekaalulisuse tekkepõhjuste ja alalhoidvate mehhanismide leidmisele. Läbi lühiajalise paastumise kehas energiadefitsiidi tekitamine on üks ligipääsetavaim ja tervele inimesele ohutumatest seisundimuutustest. Nende seoste eksperimentaalne uurimine võimaldab avada pilti lahknevusnegatiivsuse tõlgendamisel ja tekkemehhanismide tuvastamisel. Tulenevalt Sultsoni jt. (2019) katse tulemustest ning eelnevatest antud valdkonna töödest, selgitamaks välja näljaseisundis potentsiaalset toidu omadustest tulenevat mõju automaatsele infotöötlusele ning kas näljaseisund suurendab ainult toidustiimulite automaatset infotöötlust või kõikide stiimulite automaatset infotöötlust, püstitasin järgnevad hüpoteesid:

H1 Näljaseisundis võrrelduna täiskõhu seisundiga suureneb kõrge kalorsusega soolaste toidupiltide automaatne töötlemine varajases (90–200 ms) ja keskmise (220–280 ms) infotöötlus staadiumis.

H2 Näljaseisundis suureneb toidupiltide automaatne töötlemine varajases (90–200 ms) ja keskmises (220–280 ms) infotöötlus staadiumis võrrelduna mitte-toidupiltidega.

Meetod

Valim

Uuritavateks olid täisealised kuni 50-aastased terved inimesed, tagamaks, et katseisikute kognitiivse võimekuse tase oleks võimalikult ühtlane. Katseisikud pidid olema normaalse või

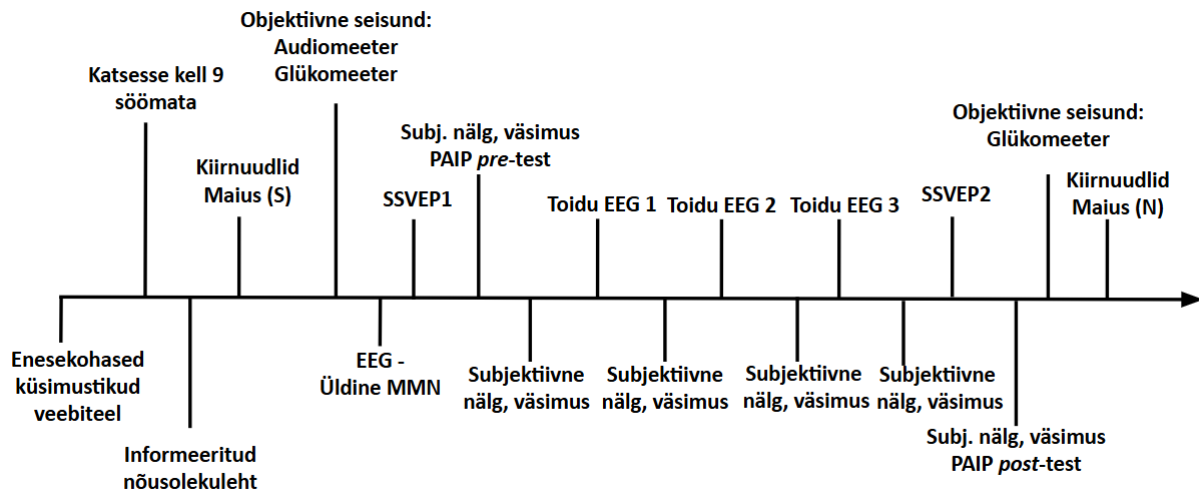
normaalseks korrigeeritud nägemisega ja normaalse kuulmisega, kuna uuringu käigus esitatati katseisikutele visuaalseid ja helilisi stiimuleid. Osalemise eelduseks oli, et uuringu toimumise ajal oli inimene psüühiliselt terve ning oli osalemise otsuses kallutamata ja vaba. Lisaks oli eelduseks, et katseisik hoidus 10-12 tundi enne katsesse tulekut toitudest ja jookidest peale vee. Uuringus osalemine välistati juhul, kui isikul oli a) toiduallergiaid katses kasutatava toidu koostisosade suhtes (tsöliaakia, laktoositalumatus), b) neuroloogilisi seisundeid nagu epilepsia, migreen, krampid, insult, ajuverejooks jt, c) ravile allumatuid psüühikahäired, d) diabeet, e) toitumis- või söömishäire diagnoos. Iga katseisik läbis katse kahel korral, eri päevadel erinevas tingimuses. Ühel korral läbis katseisik katse näljasena, teisel korral täis kõhuga. Mõlema tingimuse puhul ei võinud katseisik samal päeval enne katsesse tulekut süüa, täiskõhu tingimuses sai katseisik süüa laboris enne katse algust, nälja tingimuses peale katset. Lõpetuseks palusime katseisikutel enne katsesse tulemist piisavalt magada, 24 tundi enne katset vältida alkohoolseid jooke ning neli tundi enne katset nikotiinitooteid. Kummas tingimuses katseisik esimesel korral katse läbis oli juhuslik ning antud magistritöös analüüsitakse osa koguvalimist.

Mõõtmisvahendid ja protseduur

Katse koosnes mitmest järjestikusest osast, mille eesmärk oli hinnata nii katseisikute subjektiivset seisundit, objektiivseid füsioloogilisi näitajaid kui ka aju elektrilist aktiivsust. Katse alguses täitsid katseisikud enesekohaseid küsimustikke, mille abil koguti infot demograafiliste näitajate, toitumisharjumuste ja hetkeseisundi kohta. Seejärel mõõdeti objektiivset seisundit, sh veresuhkru taset, et hinnata nälja ja täiskõhu seisundi manipulatsiooni edukust. EEG-mõõtmiste raames viidi läbi mitu erinevat katset, sealhulgas baas-MMN mõõtmine, mille eesmärk oli hinnata katseisikute automaatset muutuste tuvastamise võimekust ning kontrollida EEG-signaali kvaliteeti, kaks SSVEP-katset (steady-state visual evoked potentials), mille eesmärk oli mõõta aju pidevat ja stabiilset vastust perioodiliselt vilkuvale visuaalsele stiimulile ning PAIP-paradigma, mis käsitles emotsionaalse ja motivatsioonilise tähendusega stiimulite töötlust. Lisaks viidi läbi toiduga seotud EEG-katse, milles kasutati *oddball*- ja *equiprobable*-paradigmasid toidustiimulite automaatse töötluste uurimiseks. Käesolevas magistritöös kasutatakse ainult toiduga seotud EEG-katse andmeid ning nendega seotud seisundimõõtmisi. Ülejäänud katseosad olid osa laiemast uurimisprojektist (PRG1151 "Tähelepanueelne informatsioonitöötlus ajus: seosed seisundite, püsitunnuste ja käitumisega") ning neid käesolevas töös ei analüüsita. Antud

magistritöös mitte käsitletud katseosad on kajastatud Janeli Kirsi tulevas magistritöös.

Katseosade ajaline järjestus on välja toodud Joonisel 1.



Joonis 1. Uuringuosade ajaline järjestus - Kiirnuudlid (S): söönud tingimus, Kiirnuudlid (N): nälja tingimus, PAIP testi läbiviimise aeg (enne/pärast katset) varieerus juhuslikult.

Küsimustikud

Enne laborisse katsesse tulemist täitsid katseisikud veebi teel järgmised küsimustikud: taustaküsimustik, mis uurib demograafilist infot (sugu, vanus, keeleoskus, rahvus, haridus) ja üldiseid tervisekäitumise näitajaid (tavapärane ööuni, ärkamise aeg, toiduallergiad), musikaalsust ja käelisust; emotsionaalse enesetunde küsimustik (EEK-2; Aluoja jt., 1999) ja söömishäirete hindamise skaala (SHS; Akkermann jt., 2010). Küsimustike läbiviimiseks kasutati TÜ üldist veebiküsitluste keskkonda *LimeSurvey*. Enne küsimustike täitmist kuvati katseisikutele küsimustike täitmise juhend. Küsimustike EEK-2 ja SHS järel kuvati informatsioon, kuhu pöörduda vaimse tervise murede puhul (info muuhulgas selliste tasuta nõustamisvõimaluste kohta nagu lahendus.net, peaasi.ee ja perearst).

Pärast informeeritud nõusoleku kinnitamist küsiti laborisse saabunud katseisikutelt suuliselt üle, kui palju nad olid sel ööl maganud, kas nad olid vahetult enne katsesse tulekut tarvitanud nikotiini või kofeiini sisaldavaid tooteid ning kas nad olid hoidunud 10–12 tundi enne katsesse tulekut toidust ja joogist, välja arvatud vesi. Ühtlasi vastas katseisik enne ja pärast toidustiimulitega seotud EEG mõõtmisi küsimustele, mis mõõtsid tema subjektiivset näljatunnet ja väsimust 5-punktilisel skaalal. Seisundiküsimustik on toodud välja Lisas 1.

Lisamõõtmised - objektiivse seisundi mõõtmine

Enne põhikatsete algust tehti laboris järgnevad mõõtmised: 1) mõõdeti katseisiku kuulmislävi (Interacoustics AS608, Interacoustics, Assens, Taani), ja 2) mõõdeti glükomeetriga katseisiku veresuhkru tase. Katses kasutame kas eelmises katses (Sultson jt., 2019) kasutatud glükomeetrit Accu-Chek Performa Nano, mis osutus võrdluses 43 glükomeetriga usaldusväärseks mõõdikuks veresuhkru määramisel (Freckmann jt., 2012) või sellega võrreldavat laiatarbeseadet Accu-Chek torkeseadet Softclix.

PAIP testipakett

Käesolev magistritöö tugineb laiemale uurimisprojektile "Tähelepanueelne informatsioonitöötlus ajus: seosed seisundite, püsitunnuste ja käitumisega" (PRG1151, 2021–2025, vastutav täitja: Kairi Kreegipuu, Tartu Ülikooli psühholoogia instituut), mille raames koguti täiendavaid andmeid, sealhulgas töömälu ja tähelepanueelse infotöötluse (PAIP – *pre-attentive information processing*) näitajaid. PAIP testipaketi kasutamist ning selle osade valiidsust on käsitletud Liiseri (2023) magistritöös. Töömälu ja MMN-i mõõtmiseks viidi katseisikutega läbi kolm n-back ülesannet. Kõik katseisikud täitsid esmalt töömälu ülesande ilma segajateta. Seejärel jagati nad juhuslikult kahte rühma: ühel rühmal lisati auditiivsed, teisel visuaalsed segajad. MMN mõõtmine põhines *oddball*-paradigmil (Polich & Margala, 1997), kasutades vastavalt helilisi või visuaalseid deviantsignaale. Katseisikuid juhendati ignoreerima segavaid stiimuleid ning keskenduma n-back ülesandele. Katsete läbiviimiseks kasutati MATLABi Psychtoolboxi tarkvara (Brainard jt., 2025). Selle katseosa kestus oli ligikaudu 30 minutit.

Toidustiimulite EEG katseosa

Käesolev magistritöö keskendub üksnes toidustiimulitel põhinevale EEG-katseosale. EEG toidustiimulitel põhinev katse kestis kuni 60 minutit. Katseisikud läbisid katse kahel korral nii näljasena kui ka täiskõhuga. Täiskõhu tingimuses anti katseisikule enne katset kiirnuudleid (254–299 kcal) ja maius (71 kcal), nälja tingimuses anti kiirnuudleid ja maius peale katse läbimist. Kõik katseisikud läbisid kõik katseosad mõlemas seisundis.

Katses jagati valim kaheks, kuid mõlemad valimi osad läbisid täpselt samasuguse katseseeria. Katse ülesehitus põhines Sultsoni jt. (2019) uuringul. Täienduseks oli üksiku toidustiimuli asendamine toidustiimuli kategooriaga ehk hamburgeri pilt üksikstiimulina asendus hamburgeri kategooriaga. Iga toidustiimuli kategooria sisaldas kuut erinevat toidu identiteeti ehk hamburgeri korral kuut erinevat hamburgeri pilti. Osad toidustiimulid valiti varasematest stiimulite andmebaasidest Food-Pics (Blechert jt., 2014) ning Sultsoni jt. (2019) katses kasutatud stiimulitest. Lisaks kasutati stiimulite piltide genereerimiseks tehisintellekti (Canva, 2025; Pixlr, 2025). Stiimulite visuaalse võrreldavuse tagamiseks ühtlustati piltide suurust ning keskmist heledust ja värvitoone. Piltide töötluses teisendati RGB väärtused CIELab värviruumi, kus L vastab heledusele ning a ja b vastavalt roheline–punase ja sinise–kollase skaalale, ning äärmuslike väärtustega pildidel vähendati vastavate värvitoonide intensiivsust, et vähendada liigset varieeruvust stiimulite vahel. Piltide standardiseerimisel lähtuti põhimõttest säilitada stiimulite loomulik välimus ning standardiseerimise viis läbi Kristiina Averin.

Katseisikuid juhendati kuulama kõrvaklappidest esitatavat audioraamatut ning fikseerima pilgu ekraani keskele. Selline ülesehitus võimaldas hinnata eeltähelepanulist infotöötlust. Peale igat toidustiimulitel põhinevat katseosa esitati katseisikule audioraamatu kohta kontrollküsimus, et hinnata, kas tähelepanu oli suunatud audioraamatule. Stiimulid esitati ekraani keskel juhuslikus järjekorras. Vastavuses *oddball*-paradigmaga olid deviantstiimuliteks toidupiltide kategooriad või neutraalse pildi kategooria ning kolmandaks stiimuliks standardkategooria pildid. *Oddball*-paradigma raames tähistab standard sagedasti esitatavat stiimulit, mis loob ennustatava mustri. Deviant on harvaesinev ja ootamatu stiimul, mis erineb standardist ning kutsub esile automaatse neuraalse vastuse, mis on seotud eeltähelepanulise infotöötlusega. Toidupiltide kategooriad kujutasid kõrge kalorsusega soolaste toitade pilte (hamburger, pitsa, pasta), neutraalne kategooria ja standardkategooria kujutasid esemeid (vastavalt kell ja gloobus). Joonisel 2 on kujutatud erinevate kategooriate piltide asetust ekraanil. Kokku esitati igas katseosas 1000 stiimulit, millest iga deviantstiimul esines 100 korda ning standardstiimul 800 korda. Iga deviantstiimul oli esitatud ekraanil 200 ms jooksul, stiimulite vahel oli 500-600 ms igas katsetingimuses.

Katse koosnes kolmest seeriast, mille katseisikud läbisid juhuslikus järjekorras. Esimene seeria kasutas *oddball*-paradigmat ning sisaldas deviandina hamburgerit ja kella ning standardina gloobust (*Oddball 1*). Teine seeria kasutas samuti *oddball*-paradigmat ning sisaldas deviandina pitsa ja pasta kategooriaid ning standardina gloobust (*Oddball 2*). Kolmas seeria kasutas *equiprobable*-paradigmat, kus kõik stiimulid esinesid võrdse tõenäosusega

ning puudus standard-deviandi struktuur. *Oddball*-paradigmil põhineva katsebloki kestus oli ligikaudu 11,7 minutit ning *equiprobable*-bloki kestus oli ligikaudu 4,7 minutit.

Equiprobable-paradigmat käsitletakse kontrolltingimusena, mis võimaldab hinnata stiimulite töötlust olukorras, kus puudub ennustatav stiimulimuster ning automaatne muutustuvastus standardiga võrreldes. Equiprobable katseseerias esitati soolaste toitude kategooriad (hamburger, pitsa, pasta), rasterdatud hamburgeripildid, magusad toidud, gloobused, kellad ja ümarad objektid. Ülevaade toidustiimulite EEG-katse paradigmatel, stiimulite kategooriatest ning nende rollidest on esitatud Tabelis 1.

Tabel 1

Toidustiimulite EEG-katse paradigmatel ja stiimulite ülevaade

Katseseeria	Paradigma	Stiimulite kategooriad	Stiimuli roll	Stiimulite arv	Esinemissagedus
Oddball 1	<i>Oddball</i>	Hamburger	Deviant 1	6 pilti	100 esitust
		Kell	Deviant 2	6 pilti	100 esitust
		Gloobus	Standard	6 pilti	800 esitust
Oddball 2	<i>Oddball</i>	Pasta	Deviant 1	6 pilti	100 esitust
		Pitsa	Deviant 2	6 pilti	100 esitust
		Gloobus	Standard	6 pilti	800 esitust
Equiprobable	<i>Equiprobable</i>	Hamburger	Võrdne sagedus	6 pilti	125 esitust
		Pasta	Võrdne sagedus	6 pilti	125 esitust
		Pitsa	Võrdne sagedus	6 pilti	125 esitust
		Kell	Võrdne sagedus	6 pilti	125 esitust
		Magusad toidud	Võrdne sagedus	6 pilti	125 esitust
		Gloobus	Võrdne sagedus	6 pilti	125 esitust
		Ümarad objektid	Võrdne sagedus	6 pilti	125 esitust
		Rasterdatud hamburgerid	Võrdne sagedus	6 pilti	125 esitust

Märkused. Igas katseosas esitati kokku 1000 stiimulit.



Joonis 2. Stiimulite kategooriate näidispiltide asetus ekraanil. Vasakpoolne pilt esindab hamburgeri kategooriat ja parempoolne pilt gloobusest esindab standardi kategooriat.

Katses kasutatavate stiimulite valimiseks viidi eelnevalt läbi stiimulite isuäratavust ja meeldivust hindav küsimustik. Küsimustiku ei palutud täita hiljem katses katseisikutele, vaid levitati erinevates sotsiaalse meediakanalites ja meililistides. Sellega püüti tagada, et stiimulid oleksid omavahel võrreldavad ning katseisikutele mõjuvad

EEG mõõtmine

EEG mõõtmised toimusid elektriliselt varjestatud vaiksuses ja hämaras ruumis. Katseisik istus mugaval kontoritolil umbes 0,8m kaugusel LCD arvutiekraanist suurusega 1024 x 768 pikslit. Katseisiku sülele asetati katse ajaks alus arvutihiirega, mida katseisik kasutas katseprogrammi juhtimiseks ning küsimustele vastamiseks. 20-30 minuti jooksul paigaldati katseisiku pähe psühhofüsioloogilise signaali sensorid. Kasutati 64-aktiivelektroodiga süsteemi *Active Two* (BiosSemi Inc.). 64 EEG aktiivelektroodi kinnitati peanahale spetsiaalse mütsi abil. Elektroodid paigutati koljule rahvusvahelise 10 - 20 süsteemi järgi (Jasper, 1958). Iga elektroodi jaoks oli mütsis plastikust pesa, kuhu paigutati enne elektroodi kinnitamist plastikust süstlaga elektrijuhtivust parandav geel (SignaGel). Lisaks kinnitati kahepoolse teibiga katseisiku näole ja kõrvaletadele 6 täiendavat aktiivelektroodi: 4 elektroodi silmade liikumise ja pilgutuste registreerimiseks ning 2 kõrvaletadele referentselektroodideks. 4 minuti jooksul enne SSVEP1 katse osa (vt. Joonis1) salvestati EEG rahuoleku signaal.

Statistiline analüüs

Andmeid analüüsiti programmis JASP (versioon 0.19.3.0). EEG andmete puhastamiseks ja eeltöötlemiseks kasutati programmi Brain Vision Analyzer 1.05 (Brain Products GmbH), kasutades tavapäraseid eeltöötlusparameetreid (-100 kuni 600 ms segmendid, -100-0 ms baastase, filter 1-30 Hz, artefaktide väljajätmise peamine kriteerium $\pm 75 \mu\text{V}$). Andmete puhastamise viis läbi Anna Dadatskaja. Andmete korrastamiseks ja struktureerimiseks kasutasin Google Sheetsi pilvepõhist tabelarvutuskeskonda, kasutades andmetöötluse automatiseerimiseks Google Apps Scripti.

Katseisikute nälja ja täiskõhu seisundi objektiivseks kontrollimiseks võrreldi veresuhkru taset enne söömist ja pärast söömist sõltuvate valimitega t-testi abil. ERP-amplituudide analüüs viidi läbi neljas ajavahemikus, mis vastavad varajasele ja keskastme visuaalse infotöötluse etappidele: P1a (90–120 ms), P1b (120–150 ms), N170 (150–200 ms) ja P300 (220–280 ms) pärast stiimuli ilmumist. Kõigi ajavahemike andmete puhul kasutati korduvmõõtmiste dispersioonanalüüsi (repeated measures ANOVA), kuna kõik katseisikud osalesid kõigis tingimustes. Analüüsidesse kaasati sõltuvalt võrdlusest järgmised faktorid: stiimul (nt hamburger, kell, gloobus, pitsa, pasta), seisund (näljane, söönud), paradigma (Oddball 1, Oddball 2, Equiprobable). Eraldi analüüsiti Oddball 1 ja Oddball 2 katseosasid, kasutades $3 \text{ (stiimul)} \times 2 \text{ (seisund)}$ korduvmõõtmiste ANOVA mudeleid. Lisaks võrreldi *oddball*- ja *equiprobable*-paradigmasid, kasutades $3 \text{ (stiimul: hamburger, kell, gloobus)} \times 2 \text{ (seisund: näljane, söönud)} \times 2 \text{ (paradigma: oddball, equiprobable)}$ korduvmõõtmiste ANOVA mudeleid. Selle analüüsi eesmärk ei olnud võrrelda üksikuid stiimuleid paarikaupa *oddball*- ja *equiprobable*-tingimustes, vaid hinnata, kas toidustiimulite ja mittetoidustiimulite töötlemise erinevused ilmnevad sõltumata paradigma tüübist.

Juhtudel, kus Mauchly test osutus statistiliselt oluliseks ($p < 0,05$), loeti sfäärilisuse eeldus rikutuks ning kasutati vastavaid korrektsioone. Kui Greenhouse–Geisseri epsilon oli suurem kui 0,75, rakendati Huynh–Feldti korrektsiooni, vastasel juhul kasutati Greenhouse–Geisseri korrektsiooni. Kõik statistilised testid olid kahepoolsed ning efekti suuruse näitajana raporteeriti η^2 . Oluliste peamõjude ja interaktsioonide täpsemaks uurimiseks viidi läbi post-hoc keskmiste võrdlused, kasutades Holmi korrektsiooni, et vähendada mitmekordsete võrdluste tõttu tekkiva I liigi vea riski.

ERP-andmete analüüs viidi läbi kahel viisil: maksimumamplituudidel põhineva analüüsi ning ajavahemiku keskmistel amplituudidel põhineva analüüsi abil. Maksimumamplituudidel põhinevas analüüsis määrati igale katseisikule, igale stiimulile, seisundile ja elektroodile

vastavas ajavahemikus (P1a: 90–120 ms, P1b: 120–150 ms, N170: 150–200 ms, P300: 220–280 ms) ERP-kõvera maksimaalne (või negatiivsete komponentide puhul minimaalne) amplituudiväärtus. See väärtus peegeldab hetkelist suurimataju elektrilist vastust antud ajavahemikus. Maksimumamplituudide analüüs põhines elektroodidel Iz, O1, O2, Oz, P6, P8, PO3, PO4, PO7, PO8. Nende elektroodide signaal ja ERP kõverad olid kõige paremad vastavates ajaaknades. Ajavahemiku keskmistel amplituudidel põhinevas analüüsis arvutati igale katseisikule, igale stiimulile, seisundile ja elektroodile (analüüsis kõik elektroodid) keskmine ERP-amplituud vastavas ajavahemikus, keskmistades kõik ajapunktid selles aknas. Selline lähenemine kirjeldabajuaktiivsust kogu ajavahemiku ulatuses ning on vähem tundlik üksikute juhuslike kõikumiste suhtes. Mõlemad analüüsid viidi läbi üksikelektroodide tasandil, mitte grand average kõverate põhjal, et säilitada ruumiline informatsioon ning suurendada statistilise analüüsi tundlikkust. Ajavahemiku keskmistel amplituudidel põhinev analüüs võimaldab hinnata stabiilsemaid ja üldisemaid töötlusprotsesse, samas kui maksimumamplituudidel põhinev analüüs peegeldab ajalisel kitsamaid ja hetkelisemaid neuronaalseid reaktsioone.

Kuna käesolev töö põhineb Sultsoni jt. (2019) katse modifitseeritud replikatsioonil, viidi analüüs läbi eraldi Oddball 1 ja Oddball 2 katseosade kohta ning täiendavalt võrreldi *oddball*- ja *equiprobable*-paradigmasid. Sultsoni jt. (2019) töös kasutati üksnes klassikalist *oddball*-paradigmat, kus standardstiimuliks oli neutraalne objekt (gloobus) ning deviantstiimuliks üksik toidupilt (nt hamburger). Käesolevas töös laiendati seda disaini, kasutades toidustiimuleid kategooriatena ning lisades kontrolltingimuse *equiprobable*-paradigma. Oddball 1 katseosas võrreldi hamburgeri, kella ja gloobuse stiimuleid 3 (stiimul) $\times$ 2 (seisund) kordumõõtmiste ANOVA abil, et hinnata, kas kõrge kalorsusega toidustiimul kutsub esile tugevama automaatse vastuse võrreldes neutraalse ja standardstiimuliga ning kas see efekt on modifitseeritud nälja ja täiskõhu seisundi poolt. Oddball 2 katseosas võrreldi pitsa, pasta ja gloobuse stiimuleid samasuguse analüüsistruktuuri abil, et hinnata, kas efekt laieneb ka teistele kõrge kalorsusega soolastele toitumisele. Lisaks võrreldi Oddball 1 ja Oddball 2 katseosasisid vastavate *equiprobable*-paradigmadega, kasutades 3 (stiimul) $\times$ 2 (seisund) $\times$ 2 (paradigma) kordumõõtmiste ANOVA mudeleid. See võimaldas eristada, kas täheldatud efektid on seotud toidustiimulite spetsiifilise töötlemisega või tulenevad peamiselt deviandi harulduse ja ootamatuse mõjust, mis on iseloomulik just *oddball*-paradigmale. Selline analüüsistrateegia võimaldab hinnata, kas Sultsoni jt. (2019) leitud efektid replitseeruvad kategooriapõhiste

toidustiimulite korral ning kas need efektid püsivad ka kontrolltingimuses, kus puudub standard–devianti kontrast.

Eetika

Iga katseisik oli informeeritud katse sisust ning andnud informeeritud nõusoleku katses osalemiseks. Katsetes kogutud andmed on anonüümsed alates kontaktandmete kustutamisest, neid ei muudeta ühelgi viisil. Uurimistöö aluseks olev eksperiment sai Tartu Ülikooli inimuuringute eetikakomitee loa numbriga 397T-13. Käesolevas töös kasutati tehisintellekti (TI) rakendusi OpenAI (2025) ja SciSpace (2025). TI rakendusi kasutati abivahendina lõputöö koostamise eri etappidel: inspiratsiooniallikana, teemakohaste teadusartiklite leidmiseks, töö struktuuri täpsustamiseks, keeruliste kontseptsioonide või teooriate mõistmise toetamiseks ja tagasiside küsimiseks. Töö sisu, analüüs ja tõlgendused põhinevad autori enda mõtetel ja kasutatud teadusallikatel.

Autori panus

Käesoleva magistritöö autori panus on järgmine: katse väljatöötamine meeskonnaga, stiimulite valik ja väljatöötamine, osalemine eetikakomitee taotluse koostamisel, informeeritud nõusoleku vormi koostamine, katseisikute leidmine, andmete korrastamine ja andmestiku kokkupanemine, esitatud statistiliste analüüside läbiviimine ning käesoleva magistritöö kirjutamine ja selle aluseks olevate materjalide läbitöötamine.

Tulemused

Kirjeldav statistika

Käesolevas töös hinnati automaatset infotöötlust nii ajavahemike keskmistel amplituudidel põhinevate analüüside kui ka sündmusega seotud potentsiaalide maksimumamplituudidel põhinevate analüüside abil. Ajavahemike keskmistel amplituudidel põhinevad analüüsid osutusid tundlikumaks stiimulite eristamisel, võimaldades hinnata, millised stiimulid kutsusid esile tugevama automaatse neuraalse vastuse. Maksimumamplituudidel põhinevad analüüsid osutusid seevastu tundlikumaks seisundist (nälg vs täiskõht) tulenevate muutuste tuvastamisel, eriti keskastme infotöötluse etapis. Valimi suurus oli 25, mehi oli 6, naisi 17 ja

muu soomääratlusega 2 ning keskmine vanus oli 29 (SD 9,25) aastat. Andmed olid normaaljaotuslikud. Andmete kogumise käigus esines üksikuid tehnilisi tõrkeid EEG-signaali salvestamisel ning osade katseisikute puhul ei õnnestunud kõigis katseosades saada kvaliteetseid ja analüüsikõlblikke andmeid. Seetõttu varieerub valimi suurus erinevate analüüside lõikes. Analüüsidesse kaasati ainult need katseisikud, kelle andmed vastavas katsetingimuses ja ajavahemikus õimaldasid usaldusväärset ERP-vastuste hindamist. Sõltuvate rühmadega t-test näitas, et enne söömist ($M = 4,7$ mmol/L; $SD = 0,72$ mmol/L) ehk nälja seisundis olid veresuhkru tasemed statistiliselt oluliselt madalamad kui pärast söömist ($M = 6,05$ mmol/L ; $SD = 1,96$ mmol/L) ehk täiskõhu seisundis ($t(24) = 6,36$, $p < 0,006$, $d = 0,188$). Sõltuvate rühmadega t-test näitas, et katseiskute subjektiivne nälja tunne muutus oluliselt, võrreldes subjektiivseid hinnanguid enne söömist ($M = 3,3$; $SD = 1,0$) ja peale söömist ($M = 3,1$; $SD = 1,1$) esimesel laborikülastusel ($t(24) = 2,89$, $p < 0,001$, $d = 0,39$). Samuti näitas sõltuvate rühmadega t-test, et katseiskute subjektiivne nälja tunne muutus oluliselt, võrreldes subjektiivseid hinnanguid enne söömist ($M = 2,87$; $SD = 1,09$) ja peale söömist ($M = 2,69$; $SD = 1,14$) teisel laborikülastusel ($t(24) = 3,1$, $p < 0,003$, $d = 0,42$). Enne erinevuste analüüsi esitamist on allpool toodud ERP-komponentide ajavahemike keskmised amplituudid seisundite ja stiimulite kaupa. Tabelis 2 on esitatud P1a, P1b, N170 ja P300 ajavahemike keskmised amplituudid Oddball 1 katseosa kohta, Tabelis 3 Oddball 2 katseosa kohta ja Tabelis 4 Equiprobable katseosa kohta nälja- ja täiskõhuseisundis.

Tabel 2

ERP-komponentide keskmised amplituudid Oddball 1 katseosas (Nälg vs Täiskõht)

Ajavahmik	Stiimul	Nälg ($M \pm SD$)	Täiskõht ($M \pm SD$)
P300	Hamburger	-0.56 ± 0.56	-0.59 ± 0.46
	Kell	-0.61 ± 0.49	-0.52 ± 0.45
	Gloobus	-0.38 ± 0.40	-0.42 ± 0.45
P1a	Hamburger	-0.09 ± 0.38	-0.11 ± 0.35
	Kell	-0.14 ± 0.36	-0.05 ± 0.39
	Gloobus	-0.14 ± 0.26	-0.18 ± 0.27
P1b	Hamburger	-0.29 ± 0.36	-0.27 ± 0.36
	Kell	-0.27 ± 0.29	-0.18 ± 0.35
	Gloobus	-0.31 ± 0.22	-0.29 ± 0.30
N170	Hamburger	-0.45 ± 0.28	-0.41 ± 0.31
	Kell	-0.49 ± 0.31	-0.37 ± 0.37
	Gloobus	-0.28 ± 0.26	-0.33 ± 0.36

Märkused: Kõik amplituudiväärtused on esitatud mikrovoltides (μV).

Tabel 3*ERP-komponentide keskmised amplituudid Oddball 2 katseosas (Nälg vs Täiskõht)*

Ajavahmik	Stiimul	Nälg (M ± SD)	Täiskõht (M ± SD)
P300	Pitsa	-0.40 ± 0.40	-0.37 ± 0.48
	Pasta	-0.42 ± 0.47	-0.29 ± 0.80
	Gloobus	-0.38 ± 0.40	-0.34 ± 0.48
P1a	Pitsa	0.01 ± 0.35	0.06 ± 0.06
	Pasta	0.06 ± 0.37	0.18 ± 0.61
	Gloobus	-0.11 ± 0.23	-0.18 ± 0.33
P1b	Pitsa	-0.14 ± 0.32	-0.11 ± 0.48
	Pasta	-0.15 ± 0.34	0.01 ± 0.55
	Gloobus	-0.27 ± 0.19	-0.28 ± 0.31
N170	Pitsa	-0.36 ± 0.23	-0.30 ± 0.39
	Pasta	-0.38 ± 0.26	-0.22 ± 0.74
	Gloobus	-0.32 ± 0.26	-0.29 ± 0.35

Märkused. Kõik amplituudiväärtused on esitatud mikrovoltides (μV).**Tabel 4***ERP-komponentide keskmised amplituudid Equiprobable katseosas (Nälg vs Täiskõht)*

Ajavahmik	Stiimul	Nälg (M ± SD)	Täiskõht (M ± SD)
P300	Hamburger	-0.60 ± 0.50	-0.56 ± 0.48
	Pitsa	-0.47 ± 0.42	-0.43 ± 0.49
	Pasta	-0.42 ± 0.44	-0.45 ± 0.49
	Kell	-0.58 ± 0.43	-0.57 ± 0.50
	Gloobus	-0.44 ± 0.48	-0.50 ± 0.47
P1a	Hamburger	-0.10 ± 0.38	-0.13 ± 0.33
	Pitsa	-0.04 ± 0.40	-0.01 ± 0.43
	Pasta	-0.07 ± 0.40	0.03 ± 0.41
	Kell	-0.19 ± 0.33	-0.18 ± 0.34
	Gloobus	-0.19 ± 0.34	-0.30 ± 0.29
P1b	Hamburger	-0.31 ± 0.34	-0.29 ± 0.34
	Pitsa	-0.28 ± 0.34	-0.22 ± 0.41
	Pasta	-0.20 ± 0.35	-0.16 ± 0.40
	Kell	-0.21 ± 0.10	-0.31 ± 0.28
	Gloobus	-0.30 ± 0.32	-0.41 ± 0.35
N170	Hamburger	-0.45 ± 0.39	-0.40 ± 0.34
	Pitsa	-0.43 ± 0.35	2.87 ± 1.48
	Pasta	-0.42 ± 0.31	-0.37 ± 0.42
	Kell	-0.53 ± 0.36	-0.48 ± 0.41
	Gloobus	-0.40 ± 0.32	-0.45 ± 0.37

Märkused. Kõik amplituudiväärtused on esitatud mikrovoltides (μV).

P300***Oddball 1***

Mauchly test ei olnud statistiliselt oluline ($p > 0,05$) ja seega ei olnud sfäärilisus rikutud. Korduvmõõtmiste ANOVA näitas, et ajuaktiivsus erines oluliselt Oddball 1 katseosas hamburgeri, kella ja gloobuse vahel $F(2; 26) = 11,05$; $p < 0,001$, $\eta^2 = 0,14$. Stiimuli ja seisundi interaktsioon ei olnud statistiliselt oluline ($p = 0,172$). Lisaks ei olnud seisundi mõju statistiliselt oluline ($p = 0,733$).

Post-hoc keskmiste võrdlused Holmi korrektsiooniga näitasid, et gloobuse stiimul kutsus esile statistiliselt oluliselt negatiivsema P300 amplituudi võrreldes nii hamburgeri ($p < 0,001$; $MD = -0,183$; $SE = 0,039$) kui ka kellaga ($p < 0,001$; $MD = -0,165$; $SE = 0,035$). Hamburgeri ja kella vahel statistiliselt olulist erinevust ei ilmnenud ($p = 0,739$).

Oddball 2

Mauchly test oli positiivne ($p < 0,05$) ja seega oli sfäärilisus rikutud. Korduvmõõtmiste ANOVA näitas, et ajuaktiivsus ei erinenud statistiliselt olulisel määral Oddball 2 katseosas sõltuvalt stiimulist ($p = 0,81$) ega seisundist ($p = 0,993$). Samuti ei olnud statistiliselt oluline stiimuli ja seisundi interaktsioon ($p = 0,676$).

Oddball vs. equiprobable (Oddball 1)

Mauchly test ei olnud statistiliselt oluline ($p > 0,05$) ja seega ei olnud sfäärilisus rikutud. Korduvmõõtmiste ANOVA, milles võrreldi Oddball 1 katseosa ja Equiprobable katseosa näitas, et ajuaktiivsus erines oluliselt Oddball 1 katseosas hamburgeri, kella ja gloobuse vahel, $F(2; 36) = 13,53$; $p < 0,001$; $\eta^2 = 0,101$, mis viitab sellele, et P300 amplituud erines hamburgeri, kella ja gloobuse stiimulite vahel sõltumata paradigma tüübist. Samuti ajuaktiivsus ei erinenud statistiliselt olulisel määral sõltuvalt paradigma tüübist ($p = 0,275$), samuti ei ilmnenud stiimuli ja paradigma vahelist interaktsiooni olulisust ($p > 0,05$). Lisaks ei olnud statistiliselt oluline seisundi ega seisundi ja paradigma vaheline interaktsioon (kõik $p > 0,05$).

Post-hoc keskmiste võrdlused, kus kasutati Holmi korrektsiooni, näitasid, et gloobuse stiimul kutsus esile oluliselt väiksema P300 amplituudi võrreldes nii hamburgeri ($p < 0,001$; $MD =$

$-0,21$; $SE = 0,04$) kui ka kellaga ($p < 0,001$; $MD = -0,19$; $SE = 0,04$). Hamburgeri ja kella vahel statistiliselt olulist erinevust ei ilmnenu ($p = 0,739$).

Oddball vs. equiprobable (Oddball 2)

Mauchly test ei olnud statistiliselt oluline ($p > 0,05$) ja seega ei olnud sfäärilisus rikutud. Korduvmõõtmiste ANOVA, milles võrreldi Oddball 2 ja Equiprobable-katseosa, ei näidanud, et ajuaktiivsus erinenuks statistiliselt olulisel määral pasta, pitsa ja gloobuse stiimulite vahel ($p > 0,05$). Samuti ei erinenud ajuaktiivsus statistiliselt olulisel määral sõltuvalt paradigma tüübist ($p = 0,809$) ning ei ilmnenu stiimuli ja paradigma vahelist interaktsiooni ($p = 0,307$). Lisaks ei olnud statistiliselt oluline seisundi mõju ega seisundi ja paradigma vaheline interaktsioon (kõik $p > 0,05$).

N170

Oddball 1

Mauchly test ei olnud statistiliselt oluline ($p > 0,05$) ja seega ei olnud sfäärilisus rikutud. Korduvmõõtmiste ANOVA näitas, et ajuaktiivsus erines oluliselt Oddball 1 katseosas hamburgeri, kella ja gloobuse vahel, $F(2; 35) = 6,54$; $p = 0,004$; $\eta^2 = 0,124$. Stiimuli ja seisundi interaktsioon ei olnud statistiliselt oluline ($p = 0,093$). Lisaks ei olnud seisundi mõju statistiliselt oluline ($p = 0,141$). Gloobuse stiimul kutsus esile keskmiselt väiksema negatiivse EEG-amplituudi ($M = -0,283$; $SD = 0,262$ nälja seisundis ja $M = -0,329$; $SD = 0,356$ täiskõhu seisundis) võrreldes nii neutraalse kella stiimuliga ($M = -0,495$; $SD = 0,305$ nälja seisundis ja $M = -0,365$; $SD = 0,370$ täiskõhu seisundis) kui ka deviantse hamburgeri stiimuliga ($M = -0,445$; $SD = 0,284$ nälja seisundis ja $M = -0,413$; $SD = 0,305$ täiskõhu seisundis).

Post-hoc keskmiste võrdlused, kus kasutati Holmi korrektsiooni, näitasid, et gloobuse stiimul kutsus esile oluliselt suuremaid negatiivseid EEG-vastuseid kui nii neutraalne stiimul kell ($p = 0,007$; $MD = -0,131$; $SE = 0,038$) kui ka deviant stiimul hamburger ($p = 0,007$; $MD = -0,135$; $SE = 0,038$). Hamburgeri ja kella vahel statistiliselt olulist erinevust ei ilmnenu ($p = 0,933$).

Oddball 2

Mauchly test oli statistiliselt oluline ($p < 0,05$) ja seega oli sfäärilisus rikutud.

Korduvmõõtmiste ANOVA näitas, et ajuaktiivsus ei erinenud statistiliselt olulisel määral Oddball 2 katseosas sõltuvalt stiimulist ($p = 0,100$) ega seisundist ($p = 0,406$). Samuti ei olnud statistiliselt oluline stiimuli ja seisundi interaktsioon ($p = 0,615$).

Oddball vs. equiprobable (Oddball 1)

Mauchly test ei olnud statistiliselt oluline ($p > 0,05$) ja seega ei olnud sfäärilisus rikutud.

Korduvmõõtmiste ANOVA, milles võrreldi Oddball 1 ja Equiprobable katseosa, näitas, et ajuaktiivsus erines oluliselt hamburgeri, kella ja gloobuse stiimulite vahel, $F(2; 27) = 4,26$; $p = 0,035$; $\eta^2 = 0,060$. Samuti ilmnes statistiliselt oluline stiimuli ja seisundi interaktsioon, $F(2; 34) = 3,92$; $p = 0,031$; $\eta^2 = 0,023$. Stiimuli ja paradigma vaheline interaktsioon oli samuti statistiliselt oluline, $F(2; 37) = 4,22$; $p = 0,023$; $\eta^2 = 0,020$. Kolmikinteraktsioon stiimuli, seisundi ja paradigma vahel ei olnud statistiliselt oluline ($p = 0,800$).

Post-hoc keskmiste võrdlused, kus kasutati Holmi korrektsiooni, näitasid, et gloobuse stiimul kutsus esile oluliselt suuremaid negatiivseid EEG-vastuseid kui nii hamburgeri ($p = 0,029$; $MD = -0,071$; $SE = 0,026$) kui ka kella stiimul ($p = 0,029$; $MD = -0,114$; $SE = 0,039$). Ükski stiimuli ja seisundi ega stiimuli ja paradigma kombinatsioon ei jäänud pärast korrektsiooni statistiliselt oluliseks (kõik $p > 0,05$).

Oddball vs. equiprobable (Oddball 2)

Mauchly test oli statistiliselt oluline ($p < 0,05$) ja seega oli sfäärilisus rikutud.

Korduvmõõtmiste ANOVA, milles võrreldi Oddball 2 ja Equiprobable katseosa, näitas, et ajuaktiivsus erines statistiliselt olulisel määral sõltuvalt stiimulist, $F(1; 20) = 56,46$; $p < 0,001$; $\eta^2 = 0,138$. Samuti ilmnes statistiliselt oluline stiimuli ja seisundi interaktsioon, $F(1; 19) = 62,15$; $p < 0,001$; $\eta^2 = 0,145$, ning stiimuli ja paradigma vaheline interaktsioon, $F(1; 19) = 60,87$; $p < 0,001$; $\eta^2 = 0,135$. Lisaks oli statistiliselt oluline stiimuli, seisundi ja paradigma kolmikinteraktsioon, $F(1; 19) = 51,87$; $p < 0,001$; $\eta^2 = 0,139$.

Post-hoc keskmiste võrdlused, kus kasutati Holmi korrektsiooni, näitasid, et pitsa ja pasta stiimulid erinesid statistiliselt oluliselt nii teineteisest kui ka gloobusest, kusjuures eriti

tugevad erinevused ilmneseid *equiprobable*-paradigmas ja söönud seisundis (kõik $p < 0,001$). Oddball 2 katseosas nälja ja täiskõhutunde vahel erinevusi ei ilmnenu (kõik $p > 0,05$).

P1a

Oddball 1

Mauchly test ei olnud statistiliselt oluline ($p > 0,05$) ja seega ei olnud sfäärilisus rikutud. Korduvmõõtmiste ANOVA näitas, et ajuaktiivsus ei erinenud statistiliselt olulisel määral Oddball 1 katseosas hamburgeri, kella ja gloobuse stiimulite vahel ($p = 0,158$). Stiimuli ja seisundi interaktsioon ei olnud statistiliselt oluline ($p = 0,140$). Lisaks ei olnud seisundi mõju statistiliselt oluline ($p = 0,291$).

Oddball 2

Mauchly test ei olnud statistiliselt oluline ($p > 0,05$) ja seega ei olnud sfäärilisus rikutud. Korduvmõõtmiste ANOVA näitas, et ajuaktiivsus erines statistiliselt olulisel määral Oddball 2 katseosas sõltuvalt stiimulist, $F(2; 38) = 10,64$; $p < 0,001$; $\eta^2 = 0,189$. Stiimuli ja seisundi interaktsioon ei olnud statistiliselt oluline ($p = 0,510$). Lisaks ei olnud seisundi mõju statistiliselt oluline ($p = 0,965$).

Post-hoc keskmiste võrdlused, kus kasutati Holmi korrektsiooni, näitasid, et gloobuse stiimul kutsus esile oluliselt suurema P1a amplituudi kui nii pasta ($p = 0,003$; $MD = 0,207$; $SE = 0,053$) kui ka pitsa stiimul ($p = 0,003$; $MD = 0,169$; $SE = 0,043$). Pasta ja pitsa vahel statistiliselt olulist erinevust ei ilmnenu ($p = 0,438$).

Oddball vs. equiprobable (Oddball 1)

Mauchly test ei olnud statistiliselt oluline ($p > 0,05$) ja seega ei olnud sfäärilisus rikutud. Korduvmõõtmiste ANOVA, milles võrreldi Oddball 1 ja Equiprobable-paradigmat, näitas, et ajuaktiivsus erines statistiliselt olulisel määral sõltuvalt stiimulist, $F(2; 34) = 3,86$; $p = 0,033$; $\eta^2 = 0,054$. Samuti ilmnese statistiliselt oluline stiimuli ja seisundi interaktsioon, $F(1; 22) = 4,08$; $p = 0,049$; $\eta^2 = 0,035$. Stiimuli ja paradigma vaheline interaktsioon ei olnud statistiliselt oluline ($p = 0,182$) ning samuti ei olnud statistiliselt oluline stiimuli, seisundi ja paradigma kolmikinteraktsioon ($p = 0,838$).

Post-hoc keskmiste võrdlused, kus kasutati Holmi korrektsiooni, näitasid, et gloobuse stiimul kutsus esile oluliselt suurema P1a amplituudi kui hamburgeri stiimul ($p = 0,008$; $MD = 0,102$; $SE = 0,029$). Hamburgeri ja kella ning kella ja gloobuse vahel statistiliselt olulisi erinevusi ei ilmnenud (kõik $p > 0,05$). Paradigma võrdluses ilmnas, et equiprobable-paradigmas oli P1a amplituud statistiliselt oluliselt väiksem kui Oddball 1 katseosas ($p = 0,002$; $MD = -0,067$; $SE = 0,019$).

Oddball vs. equiprobable (Oddball 2)

Mauchly test oli statistiliselt oluline ($p < 0,05$) ja seega oli sfäärilisus rikutud.

Korduvmõõtmiste ANOVA näitas, et ajuaktiivsus erines statistiliselt olulisel määral sõltuvalt stiimulist, $F(2; 28) = 24,27$; $p < 0,001$; $\eta^2 = 0,217$. Samuti ilmnas statistiliselt oluline stiimuli ja seisundi interaktsioon, $F(2; 37) = 4,06$; $p = 0,026$; $\eta^2 = 0,022$. Stiimuli ja paradigma vaheline interaktsioon ei olnud statistiliselt oluline ($p = 0,703$) ning samuti ei olnud statistiliselt oluline stiimuli, seisundi ja paradigma kolmikinteraktsioon ($p = 0,386$).

Post-hoc keskmiste võrdlused, kus kasutati Holmi korrektsiooni, näitasid, et gloobuse stiimul kutsus esile oluliselt suurema P1a amplituudi kui nii pasta kui ka pitsa stiimul nii Oddball- kui ka Equiprobable katseseerias (kõik $p < 0,001$). Lisaks ilmnas, et Equiprobable katseseerias olid P1a amplituudid üldiselt väiksemad võrreldes Oddball 2 katseosaga ($p = 0,041$).

P1b

Oddball 1

Mauchly test ei olnud statistiliselt oluline ($p > 0,05$) ja seega ei olnud sfäärilisus rikutud.

Korduvmõõtmiste ANOVA näitas, et ajuaktiivsus ei erinenud statistiliselt olulisel määral Oddball 1 katseosas hamburgeri, kella ja gloobuse stiimulite vahel, $F(2; 36) = 1,36$; $p = 0,269$; $\eta^2 = 0,03$. Stiimuli ja seisundi interaktsioon ei olnud statistiliselt oluline ($p = 0,599$). Lisaks ei olnud seisundi mõju statistiliselt oluline ($p = 0,092$).

Oddball 2

Mauchly test oli statistiliselt oluline ($p < 0,05$) ja seega oli sfäärilisus rikutud.

Korduvmõõtmiste ANOVA näitas, et ajuaktiivsus erines statistiliselt olulisel määral Oddball 2 katseosas sõltuvalt stiimulist, $F(1; 27) = 6,22$; $p = 0,011$; $\eta^2 = 0,14$. Stiimuli ja seisundi

interaktsioon ei olnud statistiliselt oluline ($p = 0,829$). Lisaks ei olnud seisundi mõju statistiliselt oluline ($p = 0,264$).

Post-hoc keskmiste võrdlused, kus kasutati Holmi korrektsiooni, näitasid, et gloobuse stiimul kutsus esile oluliselt suurema P1b amplituudi kui nii pasta ($p = 0,018$; $MD = 0,139$; $SE = 0,044$) kui ka pitsa stiimul ($p = 0,048$; $MD = 0,146$; $SE = 0,059$). Pasta ja pitsa vahel statistiliselt olulist erinevust ei ilmnenu ($p = 0,822$).

Oddball vs. equiprobable (Oddball 1)

Mauchly test ei olnud statistiliselt oluline ($p > 0,05$) ja seega ei olnud sfäärilisus rikutud. Korduvmõõtmiste ANOVA, milles võrreldi Oddball 1 ja Equiprobable katseosa, ei näidanud, et ajuaktiivsus erinenuks statistiliselt olulisel määral sõltuvalt stiimulist ($p = 0,069$). Samuti ei olnud statistiliselt oluline stiimuli ja seisundi interaktsioon ($p = 0,568$) ega stiimuli ja paradigma vaheline interaktsioon ($p = 0,665$). Lisaks ei olnud statistiliselt oluline stiimuli, seisundi ja paradigma kolmikinteraktsioon ($p = 0,144$).

Oddball vs. equiprobable (Oddball 2)

Mauchly test oli statistiliselt oluline ($p < 0,05$) ja seega oli sfäärilisus rikutud. Korduvmõõtmiste ANOVA näitas, et ajuaktiivsus erines statistiliselt olulisel määral sõltuvalt stiimulist, $F(1; 22) = 10,55$; $p = 0,002$; $\eta^2 = 0,13$. Samuti ilmnis statistiliselt oluline stiimuli ja seisundi interaktsioon, $F(2; 37) = 3,63$; $p = 0,037$; $\eta^2 = 0,02$, ning stiimuli ja paradigma vaheline interaktsioon, $F(2; 39) = 3,31$; $p = 0,048$; $\eta^2 = 0,01$. Stiimuli, seisundi ja paradigma kolmikinteraktsioon ei olnud statistiliselt oluline ($p = 0,168$).

Post-hoc keskmiste võrdlused, kus kasutati Holmi korrektsiooni, näitasid, et gloobuse stiimul kutsus esile oluliselt suurema P1b amplituudi kui nii pasta kui ka pitsa stiimul nii Oddball- kui ka Equiprobable katseosas (kõik $p < 0,05$). Lisaks ilmnis, et Equiprobable katseosas olid P1b amplituudid üldiselt väiksemad võrreldes Oddball 2 katseosaga ($p = 0,014$).

Ajavahemike keskmistel amplituudidel põhineva korduvmõõtmiste ANOVA tulemused näitasid mitmes ajavahemikus statistiliselt olulisi stiimulitevahelisi erinevusi, mis on koondatud Tabelisse 5. Stiimulitevaheliste erinevuste statistiliselt olulised post-hoc võrdlused ajavahemike keskmiste amplituudide põhjal on esitatud Tabelis 6.

Tabel 5

Korduvmõõtmiste ANOVA tulemuste kokkuvõte ERP ajavahemike lõikes keskmiste amplituudide põhjal.

Ajavahemik	Katseseeria	Efekt	F	η^2	Post-hoc	p
N170	Oddball 1	Stiimul	F(2;44)=4,90	0,094	Gloobus > Kell	0,004
P1a	Oddball 2	Stiimul	F(2;38)=10,64	0,189	Gloobus > Pasta Gloobus > Pitsa	0,003 0,003
P1b	Oddball 2	Stiimul	F(1;27)=6,22	0,140	Gloobus > Pasta Gloobus > Pitsa	0,018 0,048
P300	Oddball 1	Stiimul	F(2;36)=13,53	0,101	Burger > Gloobus Kell > Gloobus	< 0,001 < 0,001

Märkused. Tabelis on esitatud ainult statistiliselt olulised efektid ajavahemike keskmiste amplituudide andmete põhjal ($p < 0,05$).

Tabel 6

Stiimulitevaheliste erinevuste statistiliselt olulised post-hoc võrdlused ajavahemike keskmiste amplituudide põhjal..

Ajavahemik	Katseseeria	Efekt	Võrdlus	M	SE	p
P1a	Oddball 2	Stiimul	Gloobus > Pasta	0,207	0,053	0,003
P1a	Oddball 2	Stiimul	Gloobus > Pitsa	0,169	0,043	0,003
P1b	Oddball 2	Stiimul	Gloobus > Pasta	0,139	0,044	0,018
P1b	Oddball 2	Stiimul	Gloobus > Pitsa	0,146	0,059	0,048
P300	Oddball 1	Stiimul	Burger > Gloobus	1,59	0,18	< 0,001
P300	Oddball 1	Stiimul	Kell > Gloobus	0,94	0,28	0,006

Märkused. Tabelis on esitatud ainult statistiliselt olulised efektid ajavahemike keskmiste amplituudide andmete põhjal ($p < 0,05$). Amplituudiväärtused on esitatud mikrovoltides (μV).

ERP-kõverate maksimumamplituudid

ERP-kõverate maksimumamplituudide analüüs kinnitas, et varastes ERP ajavahemikes (P1a, P1b, N170) ilmnemid stiimulispetsiifilised erinevused eeskätt Oddball 1 paradigmas, kus deviant-stiimul (hamburger) kutsus esile tugevamad EEG-vastused võrreldes nii neutraalsete (kell) kui ka standardstiimulitega (gloobus). Oddball 2 paradigmas olid efektid üldiselt nõrgemad ja ebaühtlasemad: P1a ajavahemikus ilmnemid küll üldine stiimuli efekt, kuid post-hoc võrdlused ei kinnitanud deviantide ja standardi erinevust, samas kui P1b ja N170 ajavahemikes olulisi stiimulitevahelisi erinevusi ei ilmnemid.

P300 ajavahemikus olid efektid kõige järjepidevamad. Oddball 1 katseosas kutsus hamburger deviandina esile positiivsema P300 amplituudi võrreldes nii kella kui ka gloobusega ning efekt oli sõltuv nälja seisundist. Samuti ilmnis oluline stiimuli ja seisundi interaktsioon, mis näitas, et nälg võimendas toidustiimulite (eriti hamburgeri) töötlust. Oddball 2 katseosas kutsus pasta deviandina esile positiivsema P300 amplituudi võrreldes gloobusega, kuid pitsa ja gloobuse vaheline erinevus ei olnud statistiliselt oluline. Ka siin ilmnis nälja seisundis positiivsem EEG-vastus toidustiimulitele. Olulised post-hoc võrdlused, mis iseloomustavad stiimulitevahelisi erinevusi Oddball-paradigmades, on esitatud Tabelis 7, samas kui nälja ja täiskõhu seisundi ning stiimuli ja seisundi omavaheliste interaktsioonide olulised tulemused on koondatud Tabelisse 8.

Tabel 7

Korduvmõõtmiste ANOVA tulemuste kokkuvõte ERP-ajavahemike lõikes ERP-kõverate maksimumamplituudide põhjal

Ajavahemik	Katseseeria	Efekt	F	η^2	Post-hoc	p
P1a	Oddball 1	Stiimul	F(2;49)=14,30	0,178	Burger > Kell	< 0,001
					Burger > Gloobus	0,039
					Gloobus > Kell	0,006
P1b	Oddball 1	Stiimul	F(2;49)=24,00	0,274	Burger > Kell	< 0,001
					Burger > Gloobus	0,039
					Gloobus > Kell	< 0,001
N170	Oddball 1	Stiimul	F(2;44)=4,90	0,094	Gloobus > Kell	0,004
P300	Oddball 1	Stiimul	F(2;40)=20,51	0,140	Burger > Kell	0,025
					Burger > Gloobus	< 0,001
					Kell > Gloobus	0,006
P300	Oddball 2	Stiimul	F(2;32)=4,85	0,060	Pasta > Gloobus	< 0,001

Märkused. Tabelis on esitatud ainult statistiliselt olulised efektid ($p < 0,05$).

Tabel 8

Nälja/täiskõhu seisundi ning stiimuli/seisundi interaktsioonide post-hoc tulemused maksimumamplituudide põhjal

Ajavahemik	Katseseeria	Efekt	Võrdlus	M	SD	p
P300	Oddball 1	Seisund	Näljane > Söönud	1,33	0,40	0,003
P300	Oddball 1	Stiimul × Seisund	Burger (N) > Burger (S)	3,26	0,55	< 0,001
P300	Oddball 2	Seisund	Näljane > Söönud	0,65	0,31	0,048
P300	Oddball 2	Stiimul × Seisund	Pasta (N) > Pasta (S)	1,52	0,28	0,007

Märkused. Tabelis on esitatud ainult statistiliselt olulised efektid ($p < 0,05$).

Amplituudiväärtused on esitatud mikrovoltides (μV).

Arutelu

Käesoleva magistritöö eesmärk oli uurida, kuidas lühiajaline nälg mõjutab toiduga seotud visuaalsete stiimulite automaatset töötlemist erinevates infotöötluse etappides, kasutades EEG-meetodit ning *oddball*- ja *equiprobable*-paradigmasid. Analüüs keskendus neljale ajavahemikule (P1a, P1b, N170 ja P300), mis peegeldavad varajasi ja keskastme visuaalse töötlemise protsesse. Tulemuste kokkuvõtte hüpoteeside lõikes on esitatud Tabelites 9 ja 10, kus on eristatud vastavalt ERP-komponentide keskmised amplituudide ja ERP-kõverate maksimumamplituudide põhised analüüsid. Lisaks kinnitas veresuhkru mõõtmine, et katseisikute seisundi manipuleerimine oli edukas, mis võimaldab EEG-tulemusi tõlgendada seisundist sõltuvate mõjudena.

Tabel 9

Hüpoteeside toetatus ERP-kõverate maksimumamplituudid andmete põhjal

Hüpotees	Ajavahemik	Võrdlus	Tulemus	Toetatus
H1	P1a	Näljane vs täiskõht (kõrge kalorsusega soolased toidud)	Seisundi mõju ei ilmnenud	Ei toeta
H1	P1b	Näljane vs täiskõht (kõrge kalorsusega soolased toidud)	Seisundi mõju ei ilmnenud	Ei toeta
H1	N170	Näljane vs täiskõht (kõrge kalorsusega soolased toidud)	Seisundi mõju ei ilmnenud	Ei toeta
H2	P1a	Toit vs mitte-toit näljaseisundis	Stiimuli efekt (Oddball 1)	Osaliselt toetab
H2	P1b	Toit vs mitte-toit näljaseisundis	Stiimuli efekt (Oddball 1)	Osaliselt toetab
H2	N170	Toit vs mitte-toit näljaseisundis	Osaline stiimulite erinevus	Osaliselt toetab

H1, H2	P300	Näljane vs täiskõht; toit vs mitte-toit	Seisundi ja stiimuli efekt ning interaktsioon	Toetab
<i>Märkus.</i> Hüpoteeside toetatus põhineb statistiliselt olulistel tulemustel korduvmõõtmiste ANOVA ja post-hoc analüüside põhjal				

Tabel 10

Hüpoteeside toetatus ERP-komponentide keskmised amplituudide andmete põhjal

Hüpotees	Ajavahmik	Võrdlus	Tulemus	Toetus
H1	P1a	Näljane vs täiskõht (kõrge kalorsusega soolased toidud)	Seisundi mõju ei ilmnenud	Ei toeta
H1	P1b	Näljane vs täiskõht (kõrge kalorsusega soolased toidud)	Seisundi mõju ei ilmnenud	Ei toeta
H1	N170	Näljane vs täiskõht (kõrge kalorsusega soolased toidud)	Seisundi mõju ei ilmnenud	Ei toeta
H2	P1a	Toit vs mitte-toit näljaseisundis	Stiimuli efekt (Oddball 2)	Osaliselt toetab
H2	P1b	Toit vs mitte-toit näljaseisundis	Stiimuli efekt (Oddball 2)	Osaliselt toetab
H2	N170	Toit vs mitte-toit näljaseisundis	Stiimuli spetsiifiline erinevus	Osaliselt toetab
H1, H2	P300	Näljane vs täiskõht; toit vs mitte-toit	Selge seisundi ja stiimuli efekt	Toetab

Märkus. Hüpoteeside toetatus põhineb statistiliselt olulistel tulemustel korduvmõõtmiste ANOVA ja post-hoc analüüside põhjal

Üldjoontes näitavad tulemused, et nälja mõju toidustiimulite töötlemisele ei avaldu ühtlaselt kogu visuaalse infotöötluse jooksul. Kõige järjekindlamalt ilmnes nälja mõju keskastme infotöötluse etapis, mida peegeldab P300 ajavahemik, samas kui varasemates ajavahemikes (P1a, P1b ja N170) olid esiplaanil pigem stiimulitevahelised erinevused, mis ei olnud süsteemselt seotud nälja ja täiskõhu seisundiga. See muster viitab sellele, et nälg ei pruugi tugevdada automaatset toidupiltide töötlust varastes infotöötluse etappides, vaid selle mõju avaldub selektiivsemalt tähelepanu ja tähenduse omistamisega seotud protsessides.

Käesolev töö käsitles automaatset visuaalset infotöötlust *mismatch negativity* (MMN) raamistikus, mida käsitletakse ajus toimuva eeltähelepanulise muutustuvastuse neurofüsioloogilise näitajana (Näätänen jt., 2007; Kremláček jt., 2016). Visuaalse MMN-i puhul ei avaldu muutustuvastus alati eraldiseisva ja selgelt piiritletud negatiivse lainekujuna,

vaid võib ilmneda muutustena mitmetes varajastes ja keskastme ERP-komponentides sõltuvalt stiimulite liigist, sensoorsest modaalsusest ning katseparadigmast. Varasemad uuringud on näidanud, et visuaalne MMN võib ajaliselt kattuda või osaliselt avalduda komponentides nagu P1, N1/N170 ja P300, eriti *oddball*-paradigmade puhul (Kimura jt., 2011; Stefanics jt., 2014; Zeng jt., 2022). Seetõttu ei analüüsitud käesolevas töös MMN-i eraldiseisva lainekujuna standard- ja deviantstiimulite lahutuskõvera põhjal, vaid automaatset muutustuvastust käsitleti protsessina, mis võib avalduda aju elektrilise aktiivsuse muutustena ajavahemikes P1a (90–120 ms), P1b (120–150 ms), N170 (150–200 ms) ja P300 (220–280 ms). Neid ajavahemikke käsitleti kui potentsiaalseid visuaalse MMN-i ilmnemise aknaid (Kimura jt., 2011; Kremláček jt., 2016; Stefanics jt., 2014).

Varajane infotöötlus: P1a, P1b ja N170

Varajaste ERP-komponentide tulemused osutavad sellele, et toidustiimulid eristuvad mittetoidulistest stiimulitest juba varases töötlusfaasis, kuid see eristus ei olnud käesolevas töös järjekindlalt seotud näljaseisundiga. Ajavahemike keskmistel amplituudidel põhinevad analüüsid näitasid P1a ja P1b ajavahemikes ilmnes *oddball*-paradigmas selge stiimuliefekt, kus hamburger kui kõrge kalorsusega toidustiimul kutsus esile tugevama EEG-vastuse võrreldes nii neutraalse stiimuli (kell) kui ka standardstiimuliga (gloobus). See tulemus on kooskõlas varasema kirjandusega, mille kohaselt on motivatsiooniliselt tähenduslikud stiimulid võimelised varajases visuaalses töötluses esile kutsuma tugevamaid EEG-vastuseid ka ilma teadliku tähelepanu suunamiseta. Kuna toidustiimulid olid eelnevalt normatiivselt hinnatud isuäratavateks, võib ilmnenu varajasi stiimuliefekte tõlgendada pigem toidustiimulite üldise motivatsioonilise tähenduse, mitte individuaalsete eelistuste väljendusena. See toetab tõlgendust, et varajases ajavahemikus peegeldavad EEG-vastused eeskätt stiimuli kategoorilist ja emotsionaalset silmatorkavust. Selline varajane stiimulite eristumine *oddball*-paradigmas on kooskõlas visuaalse MMN käsitlemisega kui automaatse muutustuvastuse mehhanismiga, mis peegeldab aju võimet registreerida keskkonnas esinevaid regulaarseid mustreid ning tuvastada neist kõrvalekaldeid juba eeltähelepanulisel tasandil.

Samas ei ilmnenu P1a ja P1b ajavahemikes ei ajavahemike keskmistel amplituudidel ega maksimumamplituudidel põhinevates analüüsides järjekindlat erinevust nälja- ja täiskõhuseisundi vahel, mis viitab sellele, et lühiajaline nälg ei pruugi automaatselt võimendada kõige varasemaid infotöötlus protsesse. See tulemus täpsustab H1, mille kohaselt

eeldati näljaseisundis tugevamat varajast automaatset töötlust kõrge kalorsusega toidustiimulite puhul. Käesolevad tulemused viitavad pigem sellele, et varajases ajavahemikus on määravam stiimuli kategooriline ja motivatsiooniline tähendus, mitte katseisiku hetkeseisund.

N170 ajavahemikus ilmnis ajavahemike keskmistel amplituudidel põhinevates analüüsides *oddball*-paradigmas samuti stiimuliefekt, kus gloobus kutsus esile tugevama vastuse kui neutraalne kell. Kuna N170 on traditsiooniliselt seostatud visuaalsete objektide struktuurse töötlemisega, võib see tulemus viidata erinevustele stiimulite visuaalses keerukuses või kategoorilises töötlustes. Oluline on, et ka N170 puhul ei ilmnenu näljaefekti, mis toetab järeldust, et varajased töötlustapid on tõenäoliselt seisundist sõltumatud.

Keskastme infotöötlus ja P300

Kõige selgemad ja järjekindlamad näljaga seotud efektid ilmnesisid P300 ajavahemikus.

ERP-kõverate maksimumamplituudidel põhinevad analüüsid näitasid, et näljaseisundis olid EEG-vastused tugevamad võrreldes täiskõhu seisundiga, eriti toidustiimulite puhul. Oddball 1 katseseerias kutsus hamburger näljasena esile oluliselt suurema P300 amplituudi kui täiskõhu seisundis, samas kui neutraalse stiimuli ja standardstiimuli puhul sellist erinevust ei ilmnenu. Ajavahemike keskmistel amplituudidel põhinevad analüüsid kinnitasid samas selget stiimulite eristumist, peegeldades toidustiimulite suuremat üldist neuraalset esiletulekut võrreldes mittetoiduliste stiimulitega. See tulemus toetab hüpoteesi H1 osaliselt, viidates sellele, et nälg võimendab toidustiimulite töötlust eelkõige keskastme infotöötluse faasis. Oddball 2 katseseerias ilmnis sarnane muster pasta stiimuli puhul, ERP-kõverate maksimumamplituudid olid nälja- ja täiskõhuseisundi vahel statistiliselt erinevad. See viitab, et ka teist tüüpi kõrge kalorsusega soolased toidustiimulid on näljaseisundis suurema tähelepanulise ja motivatsioonilise väärtusega. Samas ei erinenud pitsaga seotud EEG-vastused seisundite lõikes, mis võib osutada toiduspetsiifilistele erinevustele või individuaalsetele eelistustele, mida normatiivne stiimulite eelvalik ei pruugi täielikult välistada.

P300 komponenti seostatakse sageli tähelepanu ressursside jaotamise ja stiimulile omistatava tähendusega. Käesolevad tulemused viitavad, et nälg ei muuda pelgalt sensorset töötlust, vaid mõjutab seda, kui palju tähelepanu ja tähendust toidustiimulitele omistatakse. See on kooskõlas varasemate ERP-uuringutega, mis on näidanud P300 ja LPP tundlikkust motivatsioonilise tähendusele ja seisundi suhtes.

Toiduspetsiifiline vs üldine stiimulitöötlus

Hüpotees H2 eeldas, et näljaseisundis suureneb toidustiimulite automaatne töötlus võrreldes mittetoiduliste stiimulitega. Tulemused toetavad seda hüpoteesi eelkõige P300 ajavahemikus. Ajavahemike keskmistel amplituudidel põhinevad analüüsid näitasid selget toidustiimulite ja mittetoiduliste stiimulite eristumist, samas kui ERP-kõverate maksimumamplituudid osutusid tundlikumaks nälja- ja täiskõhuseisundi vaheliste erinevuste tuvastamisel just toidustiimulite puhul. Nälg ei suurendanud EEG-vastuseid kõikidele stiimulitele üldiselt, vaid mõju oli selektiivne toidustiimulite puhul. See viitab, et nälg ei tõsta lihtsalt üldist erutustaset, vaid moduleerib spetsiifiliselt toiduga seotud infotöötlust. Selline selektiivne mõju on kooskõlas motivatsioonilise silmatorkavuse teooriaga, mille kohaselt sisemised seisundid, nagu nälg, suurendavad just nende stiimulite tähtsust, mis on otseselt seotud organismi vajadustega. Käesoleva töö tulemused viitavad, et see toimub pigem hilisemates automaatse töötamise etappides, kus stiimulite tähendus ja käitumuslik relevantsus muutuvad olulisemaks.

***Oddball-* ja *equiprobable*-paradigmade võrdlus**

Visuaalse MMN uurimuses käsitletakse *equiprobable*-paradigmat sageli kontrolltingimusena, mis võimaldab eristada stiimuli haruldusest tulenevaid vastuseid stiimuli sisulise tähendusega seotud töötlemisest. Paradigmade võrdlus näitas, et osa täheldatud efektidest on seotud stiimulite harulduse ja ootamatusega. *Oddball*-paradigmas ilmnes rohkem ja tugevamaid efekte kui *equiprobable*-paradigmas, kus stiimulite esinemissagedus oli võrdsustatud. See viitab, et vähemalt osa toidustiimulitega seotud vastustest peegeldab deviantse stiimuli töötlemist, mitte üksnes toidu spetsiifilist töötlemist.

Equiprobable-paradigma tulemused olid üldiselt tagasihoidlikumad, mis rõhutab selle paradigma olulisust kontrolltingimusena. Käesolev töö näitab, et ilma sellise kontrollita võiks toidustiimulite mõju automaatsele töötlemisele üle hinnata. Samas ilmnes ka *equiprobable*-tingimustes üksikuid stiimuliefekte, mis viitab, et toidulisel tähendusel on siiski oma roll ka väljaspool puhtalt deviantseid protsesse.

ERP-kõverate maksimumamplituudide ja ERP-komponentide keskmiste amplituudide analüüside võrdlus

ERP-kõverate maksimumamplituudidel ja ajavahemike keskmistel amplituudidel põhinevad analüüsid andsid osaliselt kattuva, kuid metodoloogiliselt täiendava pildi automaatsest infotöötlustest. Ajavahemike keskmistel amplituudidel põhinevad analüüsid osutusi tundlikumaks stiimulite eristamisel, võimaldades hinnata erinevate toidu- ja mittetoidustiimulite üldist neuraalset esiletulekut eri ajavahemikes. ERP-kõverate maksimumamplituudidel põhinevad analüüsid olid seevastu tundlikumad seisundist (nälg vs täiskõht) tulenevate muutuste tuvastamisel, eeskätt P300 ajavahemikus. Kuna ajavahemike keskmised amplituudid hõlmavad mitme järjestikuse andmepunkti keskmist ning mitme elektroodi infot, vähendavad need juhuslike kõikumiste mõju ning annavad stabiilsema pildi stiimulite üldisest töötlustest. Maksimumamplituudid peegeldavad seevastu hetkeks tekkivaid tugevamaid neuraalseid vastuseid, mis osutusi eriti tundlikuks seisundiga seotud modulatsioonide suhtes. Seetõttu on põhjendatud järeldus, et nälja mõju P300 ajavahemikus avaldub eeskätt maksimaalse neuraalse vastuse tugevuses, samas kui stiimulite kategooriline eristumine ilmneb selgemini ajavahemike keskmistes amplituudides.

Metodoloogilised kaalutlused ja piirangud

Käesoleval tööl on mitmeid tugevusi, sealhulgas seisundi objektiivne kontroll veresuhkru mõõtmise abil ning *equiprobable*-paradigma kasutamine kontrolltingimusena. Samas tuleb arvestada ka piirangutega. Valimi suurus ja suhteliselt homogeenne katseisikute rühm võivad piirata tulemuste üldistatavust. Kuigi stiimulite eelnev normatiivne hindamine võimaldas valida üldiselt isuäratavad ja omavahel võrreldavad stiimulid, ei olnud võimalik hilisemates analüüsides arvesse võtta konkreetsete katseisikute individuaalseid erinevusi toidueelistustes, mis võivad mõjutada ERP-vastuste tugevust, eriti keskastme infotöötluste etappides.

Kokkuvõte

Kokkuvõttes näitavad käesoleva töö tulemused, et nälg mõjutab toidustiimulite automaatset töötlust selektiivselt ning eelkõige keskastme infotöötluste tasandil. Varajastes visuaalsetes ajavahemikes eristuvad toidustiimulid mittetoidulistest stiimulitest, kuid see eristus ei ole järjekindlalt seotud nälja ja täiskõhu seisundiga. Need leiud täpsustavad arusaama automaatsest toidutöötlustest ning rõhutavad vajadust eristada varajasi infotöötluste protsesse ja hilisemaid tähelepanu ning tähenduse omistamise mehhanisme.

Kasutatud kirjandus

- Akkermann, K., Herik, M. Aluoja, A., & Järv, A. (2010). *Constructing an assessment scale for eating disorders*. Tartu: Department of Psychology of University of Tartu.
<https://doi.org/10.1016/j.bandc.2016.04.007>
- Anu Aluoja, Jakov Shlik, Veiko Vasa. (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.
<https://doi.org/10.1080/080394899427692>
- Beaulieu, K., & Blundell, J. (2021). The Psychobiology of Hunger – A Scientific Perspective. *Topoi*, 40(3), 565–574. <https://doi.org/10.1007/s11245-020-09724-z>
- Berchio, C., Cambi, S., Pappaianni, E., & Micali, N. (2022). EEG Biomarkers in Children and Adolescents With Feeding and Eating Disorders: Current Evidence and Future Directions. *Frontiers in Psychiatry*, 13. <https://doi.org/10.3389/fpsy.2022.882358>
- Birbaumer, N., Elbert, T., Canavan, A. G., & Rockstroh, B. (1990). Slow potentials of the cerebral cortex and behavior. *Physiological Reviews*, 70(1), 1–41.
<https://doi.org/10.1152/physrev.1990.70.1.1>
- Brainard, D. H., Kleiner, M., & Pelli, D. G. (2025). *Psychtoolbox-3* [Software].
<http://psychtoolbox.org/>
- Chennu, S., & Bekinschtein, T. (2012). Arousal Modulates Auditory Attention and Awareness: Insights from Sleep, Sedation, and Disorders of Consciousness. *Frontiers in Psychology*, 3. <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fpsyg.2012.00065>
- Ciorli, T., Dimakopoulou, M., Trombetti, L., Gini, F., & Pia, L. (2024). Effects of hunger and calorie content on visual awareness of food stimuli. *Acta Psychologica*, 244, 104192.
<https://doi.org/10.1016/j.actpsy.2024.104192>

- Corbetta, M., & Shulman, G. L. (2002). Control of goal-directed and stimulus-driven attention in the brain. *Nature Reviews Neuroscience*, 3(3), 201–215.
<https://doi.org/10.1038/nrn755>
- Dyer, F. N. (1973). The Stroop phenomenon and its use in the study of perceptual, cognitive, and response processes. *Memory & Cognition*, 1(2), 106–120.
<https://doi.org/10.3758/BF03198078>
- Folkvord, F., Anschutz, D. J., & Buijzen, M. (2020). Attentional bias for food cues in advertising among overweight and hungry children: An explorative experimental study. *Food Quality and Preference*, 79, 103792.
<https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2019.103792>
- Freckmann, G., Schmid, C., Baumstark, A., Pleus, S., Link, M., & Haug, C. (2012). System accuracy evaluation of 43 blood glucose monitoring systems for self-monitoring of blood glucose according to DIN EN ISO 15197. *Journal of Diabetes Science and Technology*, 6(5), 1060–1075. <https://doi.org/10.1177/193229681200600510>
- Giel, K. E., Friederich, H.-C., Teufel, M., Hautzinger, M., Enck, P., & Zipfel, S. (2011). Attentional Processing of Food Pictures in Individuals with Anorexia Nervosa—An Eye-Tracking Study. *Biological Psychiatry*, 69(7), 661–667.
<https://doi.org/10.1016/j.biopsych.2010.09.047>
- Grundeis, M., Schröder, P., Gijzen, S., & Blankenburg, F. (2023). EEG mismatch responses in a multimodal roving stimulus paradigm provide evidence for probabilistic inference across audition, somatosensation, and vision. *Human Brain Mapping*, 44(9), 3644–3668. <https://doi.org/10.1002/hbm.26303>
- Güney, S., Arslan, S., Duru, A. D., & Göksel Duru, D. (2021). Identification of Food/Nonfood Visual Stimuli from Event-Related Brain Potentials. *Applied Bionics and Biomechanics*, 2021(1), 6472586. <https://doi.org/10.1155/2021/6472586>

- Hagan, K. E., Alasmar, A., Exum, A., Chinn, B., & Forbush, K. T. (2020). A systematic review and meta-analysis of attentional bias toward food in individuals with overweight and obesity. *Appetite, 151*, 104710.
<https://doi.org/10.1016/j.appet.2020.104710>
- Hardikar, S., Höchenberger, R., Villringer, A., & Ohla, K. (2017). Higher sensitivity to sweet and salty taste in obese compared to lean individuals. *Appetite, 111*, 158–165.
<https://doi.org/10.1016/j.appet.2016.12.017>
- Hesse, P. N., Schmitt, C., Klingenhoefer, S., & Bremmer, F. (2017). Preattentive Processing of Numerical Visual Information. *Frontiers in Human Neuroscience, 11*.
<https://doi.org/10.3389/fnhum.2017.00070>
- Jamieson, G. A., Dwivedi, P., & Gruzelier, J. H. (2005). Changes in mismatch negativity across pre-hypnosis, hypnosis and post-hypnosis conditions distinguish high from low hypnotic susceptibility groups. *Brain Research Bulletin, 67*(4), 298–303.
<https://doi.org/10.1016/j.brainresbull.2005.06.033>
- Jonker, N. C., Bennik, E. C., de Lang, T. A., & de Jong, P. J. (2020). Influence of hunger on attentional engagement with and disengagement from pictorial food cues in women with a healthy weight. *Appetite, 151*, 104686.
<https://doi.org/10.1016/j.appet.2020.104686>
- Kerzel, D., & Schönhammer, J. (2013). Salient stimuli capture attention and action. *Attention, Perception, & Psychophysics, 75*(8), 1633–1643.
<https://doi.org/10.3758/s13414-013-0512-3>
- Khan, A., McFadden, S. A., Harwood, M., & Wallman, J. (2014). Salient Distractors Can Induce Saccade Adaptation. *Journal of Ophthalmology, 2014*, e585792.
<https://doi.org/10.1155/2014/585792>
- Kimura, M., Katayama, J., Ohira, H., & Schröger, E. (2009). Visual mismatch negativity:

- New evidence from the equiprobable paradigm. *Psychophysiology*, 46(2), 402–409.
<https://doi.org/10.1111/j.1469-8986.2008.00767.x>
- Kimura, M., Schröger, E., & Czigler, I. (2011). Visual mismatch negativity and its importance in visual cognitive sciences. *Neuroreport*, 22(14), 669–673.
<https://doi.org/10.1097/WNR.0b013e32834973ba>
- Kissler, J., Herbert, C., Winkler, I., & Junghofer, M. (2009). Emotion and attention in visual word processing—An ERP study. *Biological Psychology*, 80(1), 75–83.
<https://doi.org/10.1016/j.biopsycho.2008.03.004>
- Kovarski, K., Charpentier, J., Houy-Durand, E., Batty, M., & Gomot, M. (2022). Emotional expression visual mismatch negativity in children. *Developmental Psychobiology*, 64(7), e22326. <https://doi.org/10.1002/dev.22326>
- Kremláček, J., Kreegipuu, K., Tales, A., Astikainen, P., Pöldver, N., Näätänen, R., & Stefanics, G. (2016). Visual mismatch negativity (vMMN): A review and meta-analysis of studies in psychiatric and neurological disorders. *Cortex; a Journal Devoted to the Study of the Nervous System and Behavior*, 80, 76–112.
<https://doi.org/10.1016/j.cortex.2016.03.017>
- 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>
- Kuus, M. (2024) *Auditiivse ja visuaalse lahknevusnegatiivsuse seosed isiksuse, depressiivsuse ja ärevusega* [Magistritöö, Tartu Ülikool]
- Leonard, W. R., Stock, J. T., & Vallengia, C. R. (2010). Evolutionary perspectives on human diet and nutrition. *Evolutionary Anthropology: Issues, News, and Reviews*, 19(3), 85–86. <https://doi.org/10.1002/evan.20250>
- Li, W., Liu, S., Han, S., Zhang, L., & Xu, Q. (2022). Emotional bias of trait anxiety on

- pre-attentive processing of facial expressions: ERP investigation. *Acta Psychologica Sinica*, 54(1), 1–11. <https://doi.org/10.3724/SP.J.1041.2022.00001>
- March, J., & Gluth, S. (2025). Hunger shifts attention and attribute weighting in dietary choice. *eLife*, 13, RP103736. <https://doi.org/10.7554/eLife.103736>
- Medvedev, S. V., Boytsova, J. A., Bubeev, Y. A., Kaplan, A. Y., Kokurina, E. V., Olsen, A., Smoleevskiy, A. E., Syrov, N. V., Yakovlev, L. V., Zhironkina, Y. S., Rinpoche, T. T., Chhonden, T., Dorje, Y., Lhakpa, S., Lobsang, T., Lhundup, K., Norbu, N., Phuntsok, L., Sangpo, L., ... Wangchuk, T. (2022). Traditional Buddhist meditations reduce mismatch negativity in experienced monk- practitioners. *International Journal of Psychophysiology*, 181, 112–124. <https://doi.org/10.1016/j.ijpsycho.2022.08.011>
- Meregalli, V., Tenconi, E., Cardi, V., Bonifanti, A., Meneguzzo, P., Favaro, A., & Collantoni, E. (2023). Strategic avoidance of food stimuli in patients with restrictive anorexia nervosa: An eye-tracking evaluation. *European Eating Disorders Review*, 31(6), 813–821. <https://doi.org/10.1002/erv.3011>
- 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 Nutriment. *PLOS ONE*, 6(5), e19215. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0019215>
- Näätänen, R., Gaillard, A. W. K., & Mäntysalo, S. (1978). Early selective-attention effect on evoked potential reinterpreted. *Acta Psychologica*, 42(4), 313–329. [https://doi.org/10.1016/0001-6918\(78\)90006-9](https://doi.org/10.1016/0001-6918(78)90006-9)
- Näätänen, R., Paavilainen, P., Rinne, T., & Alho, K. (2007). The mismatch negativity (MMN) in basic research of central auditory processing: A review. *Clinical Neurophysiology*, 118(12), 2544–2590. <https://doi.org/10.1016/j.clinph.2007.04.026>
- OpenAI. (2025, detsember 18). <https://openai.com/et-EE/>
- Plihal, W., Haenschel, C., Hachl, P., Born, J., & Pietrowsky, R. (2001). The Effect of Food

- Deprivation on ERP During Identification of Tachistoscopically Presented Food-Related Words. *Journal of Psychophysiology*, 15(3), 163–172.
<https://doi.org/10.1027//0269-8803.15.3.163>
- Puttevils, L., De Bruecker, M., Allaert, J., Sanchez-Lopez, A., De Schryver, N., Vervaet, M., Baeken, C., & Vanderhasselt, M.-A. (2023). Attentional bias to food during free and instructed viewing in anorexia nervosa: An eye tracking study. *Journal of Psychiatric Research*, 164, 468–476. <https://doi.org/10.1016/j.jpsychires.2023.06.039>
- Reents, J., Seidel, A.-K., Wiesner, C. D., & Pedersen, A. (2020). The Effect of Hunger and Satiety on Mood-Related Food Craving. *Frontiers in Psychology*, 11.
<https://doi.org/10.3389/fpsyg.2020.568908>
- Rellecke, J., Sommer, W., & Schacht, A. (2012). Does processing of emotional facial expressions depend on intention? Time-resolved evidence from event-related brain potentials. *Biological Psychology*, 90(1), 23–32.
<https://doi.org/10.1016/j.biopsycho.2012.02.002>
- Samara, A., Li, X., Pivik, R. T., Badger, T. M., & Ou, X. (2018). Brain activation to high-calorie food images in healthy normal weight and obese children: A fMRI study. *BMC Obesity*, 5(1), 31. <https://doi.org/10.1186/s40608-018-0209-1>
- Schlezingarová, N., Málková, P., Kocourek, M., & Telenský, P. (2024). Mild hunger elicits attentional desensitization to visual food cues in healthy, non-obese individuals. *Frontiers in Psychology*, 15. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2024.1441184>
- SciSpace AI Research Agent | 150+ Tools, 280 M Papers. (s.a.). SciSpace. Salvestatud 23. detsember 2025, <https://scispace.com>
- Smith, P. M., & Ferguson, A. V. (2008). Neurophysiology of hunger and satiety. *Developmental Disabilities Research Reviews*, 14(2), 96–104.
<https://doi.org/10.1002/ddrr.13>

- Stefanics, G., Kremláček, J., & Czigler, I. (2014). Visual mismatch negativity: A predictive coding view. *Frontiers in Human Neuroscience*, 8.
<https://doi.org/10.3389/fnhum.2014.00666>
- 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>
- Stott, N., Fox, J. R. E., & Williams, M. O. (2021). Attentional bias in eating disorders: A meta-review. *International Journal of Eating Disorders*, 54(8), 1377–1399.
<https://doi.org/10.1002/eat.23560>
- 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>
- Zeng, X., Ji, L., Liu, Y., Zhang, Y., & Fu, S. (2022). Visual Mismatch Negativity Reflects Enhanced Response to the Deviant: Evidence From Event-Related Potentials and Electroencephalogram Time-Frequency Analysis. *Frontiers in Human Neuroscience*, 16, 800855. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2022.800855>
- Toepel, U., Knebel, J.-F., Hudry, J., le Coutre, J., & Murray, M. M. (2009). The brain tracks the energetic value in food images. *NeuroImage*, 44(3), 967–974.
<https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2008.10.005>
- Töllner, T., Zehetleitner, M., Gramann, K., & Müller, H. J. (2011). Stimulus Saliency Modulates Pre-Attentive Processing Speed in Human Visual Cortex. *PLOS ONE*, 6(1), e16276. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0016276>
- WHO. (2024, märts 1). *WHO*. Obesity and Overweight.
<https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/obesity-and-overweight>
- Wolfe, J. M., & Utochkin, I. S. (2019). What is a preattentive feature? *Current Opinion in*

Psychology, 29, 19–26. <https://doi.org/10.1016/j.copsyc.2018.11.005>

Woo, J.-M., Lee, G.-E., & Lee, J.-H. (2023). Attentional bias for high-calorie food cues by the level of hunger and satiety in individuals with binge eating behaviors. *Frontiers in Neuroscience*, 17. <https://doi.org/10.3389/fnins.2023.1149864>

Xu, Q., Ruohonen, E. M., Ye, C., Li, X., Kreegipuu, K., Stefanics, G., Luo, W., & Astikainen, P. (2018). Automatic Processing of Changes in Facial Emotions in Dysphoria: A Magnetoencephalography Study. *Frontiers in Human Neuroscience*, 12, 186. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2018.00186>

Lisa 1 Seisundi küsimustik

Seisundi küsimustikud 1. laborikülastusel:

PAIP:

Väsimus enne PAIP osa ____ **Nälg**
 enne PAIP osa ____ **Väsimus**
 pärast PAIP osa ____ **Nälg** pärast PAIP
 osa ____

Toidukatse:

Väsimus enne 1. toidukatset _ **Nälg**
 enne 1. toidukatset ____ **Väsimus**
 pärast 1. toidukatset ____ **Nälg**
 pärast 1. toidukatset ____

Väsimus enne 3. toidukatset _ **Nälg**
 enne 3. toidukatset ____ **Väsimus**
 pärast 3. toidukatset ____ **Nälg**
 pärast 3. toidukatset ____

Seisundi küsimustik:

1. Kui **väsinuna**/puhanuna Sa ennast tunnend?

1. väga väsinud
2. pigem väsinud
3. keskmine
4. pigem puhunud
5. väga puhunud

2. Kui **näljasena**/täis kõhuga Sa ennast tunnend?

1. väga näljasena
2. pigem näljasena
3. ei näljase ega täis
kõhuga
4. pigem on kõht täis
5. kõht on väga täis

Seisundi küsimustikud 2. laborikülastusel:

PAIP:

Väsimus enne PAIP osa ____ **Nälg**
 enne PAIP osa ____ **Väsimus**
 pärast PAIP osa ____ **Nälg** pärast PAIP
 osa ____

Toidukatse:

Väsimus enne 1. toidukatset _ **Nälg**
 enne 1. toidukatset ____ **Väsimus**
 pärast 1. toidukatset ____ **Nälg**
 pärast 1. toidukatset ____

Väsimus enne 3. toidukatset _ **Nälg**
 enne 3. toidukatset ____ **Väsimus**
 pärast 3. toidukatset ____ **Nälg**
 pärast 3. toidukatset ____

Lihtlitsents lõputöö reprodutseerimiseks ja üldsusele kättesaadavaks tegemiseks

Mina, Rutt Vare,

1. annan Tartu Ülikoolile tasuta loa (lihtlitsentsi) minu loodud teose „Stiimulite automaatne töötlemine ajus seoses lühiajalise näljaseisundiga“, mille juhendajad on Kairi Kreegipuu ja Nele Pöldver reprodutseerimiseks eesmärgiga seda säilitada, sealhulgas lisada digitaalarhiivi DSpace kuni autoriõiguse kehtivuse lõppemiseni.

2. annan Tartu Ülikoolile loa teha punktis 1 nimetatud teos üldsusele kättesaadavaks Tartu Ülikooli veebikeskkonna, sealhulgas digitaalarhiivi DSpace kaudu Creative Commons'i 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.

Rutt Vare 12.01.2026