

Tartu Ülikool  
Sotsiaalteaduste valdkond  
Psühholoogia instituut

Kati Luukas

**Kas parem kuulmislävi loob eeldused suuremaks lahknevusnegatiivsuseks?**

Uurimistöö

Juhendajad: Nele Pöldver (PhD), Kairi Kreegipuu (PhD)

Läbiv pealkiri: Kuulmisläve ja lahknevusnegatiivsuse seosed

Tartu

2022

## Kas parem kuulmislävi loob eeldused suuremaks lahknevusnegatiivsuseks?

## Kokkuvõte

Uurimistöö eesmärgiks oli välja selgitada, kas parem kuulmislävi loob eeldused suuremaks lahknevusnegatiivsuseks (MMN). Eesmärgi täitmiseks analüüsiti kuulmislävede registreerimise tulemusi ning võrreldi MMN-i katsete tulemustega. MMN-i katsete läbiviimisel mõõdeti EEG amplituudi (MMN-V) ja latentsiaega (MMN-L). Uurimuse tulemusel leiti, et madalamatel sagedustel on samu detsibelle vähem kuulda ning selle järgi määratleti parema (grupp 1) ja kehvema (grupp 2) kuulmislävega katseisikute grupid. Grupp 1 osas 500 Hz juures mõõdetud keskmine väiksem väärtus 5 dB on ca 2 dB väiksem kogu valimi osas 500 Hz juures mõõdetud keskmisest tulemusest ja ca 4 dB väiksem grupp 2 osas 500 Hz juures mõõdetud keskmisest tulemusest. MMN-i katsete tulemuste analüüsimisel tuvastati, et grupp 1 keskmine mõõdetud latentsiaeg on 0,65 ms võrra varasem kui grupp 2 puhul. Samuti selgus, et grupp 1 keskmine mõõdetud EEG amplituud on 0,43  $\mu\text{V}$  suurem kui grupp 2 puhul. Arvestades mõõdetud muutujate skaalat, siis protsentuaalselt on MMN-V korral tuvastatud erinevus suurem kui MMN-L korral (MMN-V = 11%; MMN-L = 0,5%).

*Märksõnad:* kuulmislävi, lahknevusnegatiivsus

Does a better hearing threshold establish preconditions for a greater mismatch negativity?

#### Abstract

The purpose of the study was to find out whether a better hearing threshold establishes preconditions for a greater mismatch negativity. To achieve this purpose, the results of the hearing threshold recordings were analysed and compared with the results of the MMN experiments. EEG amplitude (MMN-V) and latency (MMN-L) were measured during MMN experiments. The study found that the same decibels were heard less at lower frequencies and based on that a group of subjects with better (Group 1) and poorer (Group 2) hearing thresholds were identified. The mean minimum value of 5 dB measured at 500 Hz for Group 1 is ca 2 dB lower than the mean value measured at 500 Hz for the entire sample population and ca 4 dB lower than the mean value measured at 500 Hz for Group 2. Analysis of the results of the MMN experiments found that the mean measured latency in Group 1 is 0.65 ms earlier than in Group 2. It was also found that the mean measured EEG amplitude in Group 1 is 0.43  $\mu$ V higher than in Group 2. Considering the scale of the measured variables, the percentage difference observed for MMN-V is greater than for MMN-L (MMN-V = 11%; MMN-L = 0.5%).

*Keywords:* hearing threshold, mismatch negativity

## Sissejuhatus

Inimene saab ja registreerib ümbritsevast keskkonnast informatsiooni meelte (nägemine, kuulmine, kompimine, haistmine ja maitsmine) abil, millest kuulmine on vaid üheks sisendiks. Kuulmissisendi registreerimisel esineb tihti peale mitu stiimulit korraga (st erinevad helid esinevad samaaegselt) mille pealt tuleb teha valik, millist informatsiooni registreerida ja edasi töödelda ja millist mitte. Selleks on oluline nii kognitiivne kontroll kui ka sisendi automaatne töötlus, mis on omavahel tihedalt seotud.

Kognitiivne kontroll viitab mõtete, emotsioonide ja käitumise tahtlikule valikule, mis põhineb hetkeülesannete nõudmisel ja sotsiaalsel kontekstil, ning sellega kaasnevat sobimatute harjumuspäraste tegevuste mahasurumist (Miller ja Cohen, 2001). Teisisõnu, kognitiivne kontroll on oluline piiratud vaimsete ressursside konkurentsiolekorras, mis on meie ajus suhteliselt tavaline seisund. Kognitiivne kontroll aitab erinevatel tasanditel otsuste tegemisel vähendada ebakindlust kontrollides, millist teavet teadlikult töödeldakse. Teisisõnu kognitiivse kontrolli tähelepanufunktsiooni teooria kohaselt teenib tähelepanu kognitiivset kontrolli selleks, et vähendada ebakindlust ajalises, ruumilises ja protsessi/vastuse valdkondades. (Mackie et al., 2013)

Sisendi automaatne töötlus toimub iseenesest, ilma tahtliku tähelepanu suunamiseta, ning selle uurimiseks ja mõjutamiseks on proovitud läbi viia mitmeid erinevaid katseid. Ühe võimalusena püütakse sisendite automaatset töötlust uurida näiteks lahknevusnegatiivsuse ehk MMN-i (ingl mismatch negativity) abil, mida arvutatakse aju elektrilise aktiivsuse salvestamisel (EEG ehk elektroentsefalogrammi abil) saadud andmete põhjal. EEG andmetes on olulised nii elektrilise aktiivsuse amplituud, mida mõõdetakse mikrovoltides, kui ka latentsiaeg ehk stimulatsiooni algusest mõõdetav aeg, mil aju elektrilises aktiivsuses teatud muutus toimub, mida mõõdetakse millisekundites.

MMN on ERP-ide (ingl event-related potentials ehk sündmuspotentsiaalid) hiline latentsuskomponent, mis tekib alati kui teatud sisend (näiteks heli) rikub mõnda eelneva sisendi tavapärasest järjestusest. See komponent võib ilmuda lihtsas „erinevuse tuvastamise“ katseparadigmas (ingl oddball paradigm), kus harva esinevad helid (hälbed ehk deviandid), mis erinevad omavahel teatud omaduste (tavaliselt sageduse või kestuse) poolest korduvatest helidest (standardid), kutsuvad esile MMN-i. MMN on negatiivne tipp, mis kuulmise puhul ilmneb tavaliselt latentsusvahemikus 150-250 ms stiimuli algusest ning on frontaalse ja tsentraalse ning temporaalse ruumilise jaotusega. Arvatakse, et see on loodud mittevastavusprotsessi tõttu sissetuleva heli ja mõne lühiajalise mälu (sensoorne mälu) kirje

vahel, mis esindab seaduspärasusi kuulmisstimulatsiooni vahetus ajaloos. Sedalaadi infotöötlus toimub üsna automaatselt ning ilma tähelepanu suunamata. (Näätänen et al., 2007)

Ühe näitena viidi läbi korduvad transkraniaalsed stimulatsioonid (rTMS) uurimaks kortikaalse aktiivsuse ja kognitiivsete protsesside omavahelisi seoseid. Täpsemalt selleks, et kontrollida kas rTMS võib mõjutada automaatset infosöötlust, uuriti magneetilise stimulatsiooni mõju MMN-ile. Uuringu tulemused näitasid, et rTMS ei häirinud MMN-i. Tulemus on kooskõlas eelmiste sarnaste uuringutega, mis näitavad, et automaatset infotöötlust ei suudetud segada. (Laloyoux et al., 2006)

Magneetiline lahknevusnegatiivsus (MMNm, harvade stiimulite poolt esile kutsutud kortikaalne reaktsioon mõõdetuna magnetentsefalograafia ehk MEG meetodiga) keelestiimulitele on näidanud, et paremakäelistel osalejatel on vokaalide, frikatiivsete helide, silpide ja sõnade puhul aju lateraliseeritud vasaku poolkera suhtes ning neid võib kasutada kortikaalse aktiivsuse analüüsimiseks keele töötlemise ajal (Hugdahl ja Westerhausen, 2010). Uuringu tulemusel, mis uuris kuulmiskoore funktsionaalset spetsialiseerumist foneetiliste ja muusikaliste helide töötlemisel, selgus, et paremas ajupoolkeras oli harvaesineva akordivahetusega esile kutsutud MMNm tugevam kui foneemi muutuse poolt esile kutsutud MMNm. Vasakpoolses poolkeras akordi MMNm-i tugevus ja foneemi muutused omavahel aga oluliselt ei erinenud. Kokkuvõttes näitas see uuring, et ajus on ruumiliselt erinevad kortikaalsed piirkonnad mõlemas poolkeras spetsialiseerunud foneetiliste ja muusikaliste helide esitamisele. (Tervaniemi et al., 1999)

Eelnevad lõigud kirjeldavad kuulmisinformatsiooni töötlust, sealhulgas kuulmismodaalsusega seotud MMN-i, kuid MMN-i on leitud ka muudes sensoorsetes modaalsustes. Lisaks on siinkohal oluline välja tuua bioloogiliste eelduste vaatenurk, ehk et inimeste kuulmislävi ja teised sensoorsed funktsioonid erinevad juba sünnist alates ning vananedes reeglina halvenevad. Käesoleva töö fookuses on kuulmislävede seos aju automaatse infotöötlusega ehk inimese bioloogiliste eelduste seos sellega, kuidas ta keskkonda tajub.

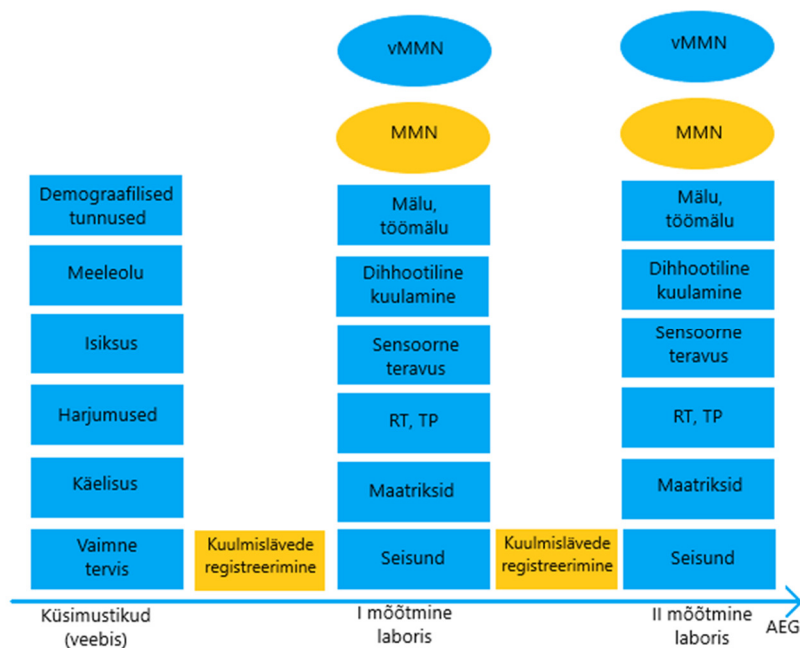
Kuulmisläve halvenemine väljendub tihti selles, et madalamatel sagedustel (Hz) on samu detsibelle (dB) vähem kuulda kui kõrgematel sagedustel. Sagedus viitab helikõrgusele ning detsibellid valjusele. Selle seaduspärasuse väljaselgitamiseks on läbi viidud katsed, mille raames mõõdeti kuulmisfiltri ribalaiusi sümmeetrilise sälk-müra (ingl notched-noise) meetodil viie normaalselt kuulva katseisiku puhul neljal kuulmismaskeerimise tasemel (ingl auditory masker level), mis tekib siis kui ühe heli tajumist mõjutab teise heli olemasolu. Uuringu tulemusel leiti, et kuulmisfiltri ribalaiused vähenesid sageduse vähenemisega 1000 Hz-lt 125

Hz-ni ja üldiselt suurenesid ribalaiused taseme (vahemikus 40-70 dB, 10 dB sammuga) tõusuga, kuid taseme mõju ribalaiusele oli sageduse kasvades suurem. (Rosen ja Stock 1992)

Noorte ja vanemate täiskasvanute seas uuriti sensorsete funktsioonide mõõtmiseks (kuulmine, nägemine ja puuetundlikkus) lävetundlikkuse ja ajateravuse (lünkade tuvastamise lävi) erinevusi. Vanusega seotud lävetundlikkuse langust on varasemalt korduvalt kuulmise, puudutuse ja nägemise osas täheldatud. Kooskõlas varasemate leidudega vähenes vanusega oluliselt tundlikkus auditiivsete, visuaalsete ja puuetundlike stiimulite tuvastamisel ning ajalise aktiivsuse mõõtmisel. Kognitiivse toimimise mõõdikud näitasid ka vanusega langust. (Humes et al., 2009). Seega järeldub siit, et sensorsete lävede ja kognitiivse soorituse vahel on seos.

MMN-i on uuritud ka kliinilistel populatsioonidel. Uurimuse tulemusel leiti, et paljude erinevate neuropsühhiaatriliste, neuroloogiliste ja neuroarenguhäirete korral, aga ka normaalse vananemise korral oli MMN-i aktiivsuslainete amplituud alanenud ja lainetipu latentsiaeg pikenenud. Järeldati, et MMN-i puudulikkus indekseerib kognitiivset langust olenemata erinevate kaasatud häirete spetsiifilistest sümptomitest ja etioloogiast. Selgus, et MMN pakub „ainulaadset akent“ tsentraalse kuulmistöötluse neuropsühholoogiasse ja seega annab võimaluse kuulmisdiskrimineerimise ja sensoorse mälu objektiivselt hindamiseks erinevates patsientide rühmades, mida varem võis peamiselt tuletada ainult käitumuslikest tulemustest. (Näätänen et al., 2012). Eelnevast saab järeldada, et MMN-i uurimine seoses inimese eripäradega omab olulist praktilist väärtust.

Käesolev uurimistöö on osa laiaulatuslikumast Eesti Teadusagentuuri rahastatud uurimisprojektist (PRG1151) „Seosed tähelepanueelse ja tähelepanulise infotöötluse vahel“, mida juhib Kairi Kreegipuu. Uurimisprojekti eesmärgiks on testida ühel ja samal valimil auditiivse (MMN) ja visuaalse (vMMN) lahknevusnegatiivsuse ilmnemist, kordusmõõtmise reliaablust (kahe laboris tehtud mõõtmise põhjal) ja valiidsust tunnetusprotsesside toimimise indikaatorina. Uuring, mille osasid andmeid käesolevas uurimistöös kasutatakse, koosnes järgmistest osadest, vt Joonis 1:



Joonis 1. Ülevaade uuringust, kus ovaalides on välja toodud elektroentsefalograafilised (EEG) tähelepanueelse infotöötlemise mõõtmised ja kastides küsimustikud veebis ning laboris tehtavad katsed (allikas: Tartu Ülikooli inimuuringute eetika komitee kooskõlastuse nr 319/T-22 aluseks olev taotlus, joonise autor K. Kreegipuu). Kollasega on väljatoodud käesoleva uurimistöö raames uuritavad katseülesanded.

Tänaseks on kogu uurimisprojekti raames kirjutatud valmis kolm uurimistööd:

- Kaisa Schiffer „Visuaalsete ja auditiivsete segajate mõju 2-tagasi ülesande lahendamisele“ (Schiffer, 2021);
- Aneth Pokk „Töömälu mahu seosed reaktsioonikiiruse ja reaktsiooni pidurduskiirusega valikreaktsiooni ja stopp-signaali ülesannete näitel“ (Pokk, 2021).
- Jakob Saare „Nutiseadmete kasutamise seosed töömälu ülesannete lahendamisega“ (Saare, 2022).

Käesoleva uurimistöö raames keskendun läbiviidud auditiivse lahknevusnegatiivsuse ehk MMN-i katsete tulemustele ning nende seostele registreeritud kuulmislävede tulemustega. Uurimuse läbiviimise esimese sammuna kirjeldan ja analüüsin audiomeetri abil läbiviidud kuulmislävede registreerimise katse tulemusi. Kirjanduses on näidatud, et madalamatel sagedustel on samu detsibelle vähem kuulda kui kõrgematel sagedustel (Rosen ja Stock 1992). Selle eesmärk on välja selgitada parema ja kehvema kuulmislävega katseisikute grupid. Teise sammuna kirjeldan ja analüüsin, kas parema kuulmislävega katseisikutel registreeriti ka parem MMN (st suurem EEG amplituud ja varasem latentsiaeg) või mitte.

## Uurimisküsimused ja hüpoteesid

Uurimistöö eesmärgiks on välja selgitada, kas:

- 1) katses osalenud isikutel mõõdeti madalamatel sagedustel (500 Hz) halvemad kuulmisläved (suuremad väärtused detsibellides) kui kõrgematel sagedustel (1000 Hz ja 1500 Hz) ning kas katseisikuid saab 500 Hz korral mõõdetud kuulmislävede põhjal eristada parema ja halvema kuulmislävega katseisikuteks?
- 2) katseisikutel, kellel registreeriti parem kuulmislävi ehk väiksem väärtus detsibellides (dB) 500 Hz juures, mõõdeti suurem MMN (st suurem EEG lainekõrgus ehk amplituud mikrovoltides ( $\mu\text{V}$ ) ja varasem ajaline ilmumine ehk latentsiaeg millisekundites (ms)) 1000 Hz juures kuna MMN-i katsed viidi läbi 1000 Hz ja 1200 Hz stiimulitega?

Uurimistöö eesmärgi välja selgitamiseks püstitati järgmised hüpoteesid:

H<sub>1</sub>: Mida suurem on stiimulite helikõrgus (sagedus, Hz), seda madalam on kuulmislävi (helitugevus, dB).

H<sub>2</sub>: Parema kuulmislävega katseisikud sooritasid auditiivse MMN-i katse paremini ehk neil registreeriti suurem MMN (st nende puhul mõõdeti suurem EEG lainekõrgus ehk amplituud mikrovoltides ( $\mu\text{V}$ ) ja varasem ajaline ilmumine ehk latentsiaeg millisekundites (ms)).

## Meetod

### Valim

Käesoleva uurimistöö raames analüüsiti nende katseisikute tulemusi, kes osalesid I ja II laborimõõtmiste raames läbiviidud kuulmislävede registreerimise ja MMN-i katsetel, mis teeb valimiks 65 katseisikut (46 naist ja 19 meest vanuses 18-59 eluaastat, vt Tabel 1). Katseisikutest 62 olid parema- ning ainult 3 vasakukäelised, mistõttu neid käsitletakse uurimistöös ühtse grupina ja tulemusi ei vaadata eraldi seoses käelisusega.

Katsesse valiti osalema täisealised ja terved inimesed, kes olid normaalse või normaalseks korrigeeritud nägemisega ja normaalse või normaalseks korrigeeritud kuulmisega. EEG salvestamises osalemine välistati isikute korral, kellel on diagnoositud migreen, epilepsia, krambid, insult või ajuverejooks. Eeldatavasti olid osalejad katsete läbiviimise hetkel psüühiliselt terved inimesed, kes olid oma otsuses osaleda või mitte kallutamata ja vabad. Katses osalejatele määrati unikaalne katsekood anonüümsuse tagamiseks ning kõik katses



osalejad allkirjastasid informeeritud nõusoleku lehe. (Allikas: Tartu Ülikooli inimuuringute eetika komitee kooskõlastuse nr 319/T-22 aluseks olev taotlus).

### Uuringu üldine disain

Uuringu üldine disain (vt Joonis 1) on üksikasjalikult kirjeldatud A. Pokki 2021.a kirjutatud uurimistöös „Töömälu mahu seosed reaktsioonikiiruse ja reaktsiooni pidurduskiirusega valikreaktsiooni ja stopp-signaali ülesannete näitel“.

„Enne põhikatset muuhulgas mõõdeti kuulmisläved (Interacoustics AS608, Interacoustics, Assens, Taani) ja sooritati dihhootilise kuulamise katse (Hugdahl, 2011). Põhikatses alguses paigaldati katseisiku peanahale, näole ja kõrvalestadele EEG sensorid (BioSemi Inc., Amsterdam, Holland). Põhikatses kestis orienteeruvalt 90 minutit. Iga ülesande juhendit tutvustas läbi viiv eksperimentaator ning juhised kuvati ka vahetult enne vastavat ülesannet katseisikust 0,8 meetri kaugusel asetsevale arvutiekraanile (LCD monitor 37,9\*30,4 cm; ekraaniresolutsioon 1024\*768 px). Iga ülesandeploki alguses oli lühike prooviseeria, mille käigus sai katseisik harjuda ülesande sisuga ning vastamisega. Seejärel võis osaleja alustada oma valitud hetkel testi sooritamist. Katseisik täitis ekraanile ilmuvaid ülesandeid, andes vastuseid sülle asetatud arvuti klaviatuuril. Katsete esitamiseks kasutati MATLAB-i (MathWorks, Natick, Massachusetts, USA) programmeerimiskeskonda koos Psychtoolbox funktsioonidega ning E-Prime tarkvarapaketti (Psychology Software Tools, Sharpsburg, USA). Iga ülesandetüübi vahel oli paus, mille kestust sai osaleja ise juhtida. Kahe katseseeria ajal (vMMN ja MMN) mõõdeti aju elektrilist aktiivsust EEG abil. Iga osaleja läbis pseudojuhuslikus järjekorras järgnevad katseseeriad (kokku kaheksa):

- 1-3. töömälu n-tagasi ülesanded (Sultson et al, 2019) segajata, visuaalse taustaga (EEG) ja auditiivse taustaga (EEG) (Schiffer, 2021);
- 4-5. töömälu mahu mõõtmiseks edaspidi ja tagurpidi spänid.
- 6-8. reaktsiooniaeg, tähelepanu ja arvukus: valikreaktsiooniaja, stopp-signaali ja arvukuse hindamise (Raidvee et al., 2017) ülesanded.

Ülesandeplokkide vahel küsiti 9-pallilisel skaalal katseisiku subjektiivset hinnangut oma väsimuse kohta ning enne ja pärast põhikatset lisaks ka 5-pallisel skaalal hinnangut ärevuse kohta. Pärast põhikatset täitis osaleja ülesande progresseeruvate visuaalsete maatriksitega – „Eesti maatriksid“ (koostatud Aire Raidvee juhitud TÜ psühholoogia instituudi töörühma poolt Raveni progresseeruvate maatriksite põhjal) ja läbis sümboli-numbri

kodeerimise ülesande (<https://www.testmybrain.org/tests/DigSymbCoding/DSC.html>). Kõige lõpuks registreeriti CFF-i abil uuesti osaleja kesknärvisüsteemi väsimus.“ (Pokk, 2021)

Käesoleva uurimuse ülesannete disain

Käesolev uurimistöö viiakse läbi tuginedes I ja II laborimõõtmiste andmetele. Uuringu raames võeti aluseks mõlema laborimõõtmise peale kokku saadud keskmised tulemused ning analüüsiti audiomeetri abil mõõdetud kuulmislävede ja MMN-i katsete (EEG amplituud ja latentsiaeg) tulemuste omavahelisi seoseid.

Vastavalt N. Pöldveri poolt koostatud kuulmislävede kontrolli juhisele oli audiomeetriga Interacoustics AS608 läbiviidud katse eesmärgiks registreerida katseisiku kuulmislävi ehk et kui vaikseid helisid oli katseisik võimeline kummagi kõrvaga kuulma. Audiomeetriga mõõtmisel tuli arvestada kolme muutujaga: detsibellid, hertsid/sagedus ja kõrv (heli esitati korraga kõrvaklappidest vaid ühte kõrva). Katseisik läbis kokku kuus katsetingimust (kolm eri sagedust kummagi kõrvaga kuulates, alustati alati madalamast sagedusest ehk 500 Hz tingimusest): parem kõrv - 500 Hz, vasak kõrv - 500 Hz, parem kõrv - 1000 Hz, vasak kõrv - 1000 Hz, parem kõrv - 1500 Hz ja vasak kõrv - 1500 Hz. Lisaks varieeriti katseisiku unikaalse katsekoodi alusel seda, kumma kõrvaga iga sagedusega mõõtmist alustada (paarisnumbrilised katseisikud alustasid vasaku ja paaritunud numbrilised parema kõrvaga). Katseisik istus rahulikult toolil, talle anti kõrvaklapid ning instrueeriti iga kord kätt tõstma, kui ta kõrvaklappidest heli („piiksu“) kuulis. Kuivõrd sooviti teada katseisiku kuulmisläve, siis selleks tuli muuta detsibellide arvu. Iga tingimus alustati 40 detsibelliga ning saades positiivse vastuse vähendati detsibellide arvu 10 võrra. Kui katseisik enam ei kuulnud, siis suurendati detsibellide arvu 5 võrra, kuni katseisik oli võimeline helisignaali kuulma. Protseduuri korrati igas katsetingimuses 2-3 korda, misjärel märgiti madalam kuulnud väärtus (dB) katseprotokollis.

Käesoleva uurimuse raames analüüsiti audiomeetri katse tulemusi ehk registreeritud kuulmislävesid (dB) kõigil kolmel sagedusel (500 Hz, 1000 Hz ja 1500 Hz) eeldusel, et madalamatel sagedustel (500 Hz) on kuulnud detsibellid keskmiselt suuremad kui kõrgematel sagedustel. Kuna uurimuse eesmärgiks ei olnud analüüsida parema-/vasakukäelisust ega sellega seonduvat „parema kõrva eelist“ (käesolev valim oma valdavalt paremakäeliste osalejatega seda ka ei võimaldanud), siis arvutati käesoleva uurimuse raames iga katseisiku jaoks kõikidel sagedustel (500 Hz, 1000 Hz ja 1500 Hz) registreeritud parema ja vasaku kõrva madalaima tulemuse ehk kuulmisläve (dB) keskmine üle kahe korra. Kuna kuulmise võimalik langus

ilmneb eeldatavasti just madalamatel sagedustel, siis jagati katseisikud 500 Hz tingimuses saadud keskmiste kuulmislävede alusel parema ja kehvema kuulmislävega gruppidesse (grupp 1 ja grupp 2). Teise sammuna viidi kummagi grupi puhul läbi audiomeetri katse tulemuste võrdlus MMN-i katse tulemustega, kus kasutati muutujana 1000 Hz sageduse tingimuses saadud mõõtmiste tulemusi kuivõrd MMN-i katse viidi läbi 1000 Hz ja 1200 Hz sagedusel.

Vastavalt eetikakomitee taotluses kirjeldatule istus katseisik MMN-i uurimiseks EEG katse läbiviimisel hämaralt valgustatud ruumis mugaval kontoritoolil umbes 0,8 m kaugusel arvutiekraanist, süles alus arvutihiirega, mida katseisik kasutas katseprogrammi juhtimiseks ning vastuste andmiseks. 20-30 minuti jooksul paigaldati katseisikule EEG sensorid (BioSemi Inc., Amsterdam, Holland). 64 EEG aktiivelektroodi kinnitati peanahale spetsiaalse mütsi abil, kus iga elektroodi jaoks oli mütsis plastikust pesa, kuhu paigutati enne elektroodi kinnitamist plastikust süstlaga elektrijuhtivust parandav geel (SignaGel). Lisaks kinnitati kahepoolse spetsiaalse sensoriplaastriga katseisiku näole ja kõrvalestadele 6 täiendavat elektroodi referentsi arvutamiseks (kõrvalestad) ning silmade liikumise aktiivsuse salvestamiseks. Katsestiimuliteks MMN-katses olid 1000 Hz ja 1200 Hz helid („piiksud“), ligikaudu 60 dB ehk tavapärase kõne valjusega. Stiimuleid (kokku 1000) esitati „erinevuse avastamise“ (ingl oddball) paradigma järgi nii, et 80% esituskordadest esitati sagedat standardstiimulit ning 20% juhtudest harvaesinevat deviantstiimulit (100 esituskorda stiimuli kohta). Katseseeria alguses olid standardstiimulid 1000 Hz helid ning deviandid 1200 Hz helid, poole katseseeria peal vahetasid standardid ja deviandid oma koha (seega kummaski katsepooles esitati 100 deviantstiimulit). Iga helistiimulit esitati 100 ms, stiimulite vaheline aeg oli 350 ms. Katsestiimuleid kuulati kõrvaklappidest. EEG salvestati sagedusega 512 Hz ning filtritega 0,16-100 Hz. Tähelepanu eemale juhtimiseks nendelt stiimulitelt (mida näeb ette MMN-i registreerimise meetodika, kuna tegemist on tähelepanueelse töötlusvastusega) kasutati piisavalt nõudlikku n-tagasi (ingl n-back) töömäluülesannet, kus tuli stiimuli esinemisel ekraanil anda nupuvajutusega märku, kas tegemist on sama või erineva stiimuliga, kui see, mis esitati kaks esitust tagasi (Kane et al, 2007; Schiffer, 2021). Katse lõppedes eemaldati kõik sensorid. (Allikas: Tartu Ülikooli inimuuringu eetika komitee kooskõlastuse nr 319/T-22 aluseks olev taotlus).

Katsete kogumis (vt Joonis 1) mõõdeti nii visuaalset MMN-i (vMMN) kui auditivset MMN-i (MMN), millest käesoleva uurimistöö eesmärkide vastamiseks kasutati vaid auditivne MMN-i tulemusi.

Uuringu eetilise külg

Käesolev uurimistöö on osa laiaulatuslikumast uurimisprojektist „Seosed tähelepanueelse ja tähelepanulise infotöötuse vahel“, millele on antud Tartu Ülikooli inimuuringute eetika komitee kooskõlastus nr 319/T-22.

### Andmeanalüüs

Andmeid korrastati ning esmased analüüsid viidi läbi tarkvaraprogrammi MS Excel 2016 (*Microsoft Office*, Redmond, Washington, USA) abil. Andmete kirjeldamiseks ja analüüsimiseks kasutati vabavaralist statistikaprogrammi JASP 0.15 (*The JASP Team*, Amsterdam, The Netherlands).

MMN andmed saadi programmist BrainVision Analyzer 2.0 eelnevalt puhastatud ja eeltöödeldud kujul. Nende puhastamise sammud olid järgnevad: määrati referentselektroodideks kõrvaelektroodid, kasutati töötlusfiltrit (24 dB/oct, 0,1-30 Hz) ning andmeid korrigeeriti silmaliigutuste osas (Grattoni ja Coles'i meetodil, Gratton, Coles ja Donchin, 1983). Eeltöötuse osas jagati iga esitatud stiimuli kohta käivad andmed 700 ms pikkusteks lõikudeks (algus -100 ms enne stiimuli ilmumist, lõpp 600 ms pärast stiimuli ilmumist) ning baastaseme korrigeerimise käigus viidi 100 ms pikkune lõik enne stiimuli ilmumist nulltasemele. Artefaktide eemaldamisel kasutati järgmisi kriteeriume: kahe naaberväärtuse absoluut erinevus suurem kui 50  $\mu\text{V}$ ; lõigus esineb 100 ms jooksul aktiivsus alla 0,5  $\mu\text{V}$ ; maksimaalse ja minimaalse amplituudi erinevus kahe lõigu vahel suurem kui 100  $\mu\text{V}$ ; ning lõigus esineb amplituud üle 75  $\mu\text{V}$  või alla -75  $\mu\text{V}$ . Seejärel arvutati iga katseisiku keskmine EEG aktiivsus iga elektroodi ja iga stiimuli salvestuse kohta, et saada sündmusega seotud potentsiaalid (ingl event related potentials). Nende keskmiste põhjal arvutati omakorda iga katseisiku summaarne keskmine aktiivsus deviantstiimulite ning vahetult deviantidele eelnevate standardstiimulite kohta. MMN-i arvutamiseks lahutati deviantstiimulite summaarsest keskmisest standardstiimulite summaarne keskmine. Lähtuvalt MMN-i alasest kirjandusest ja summaarsest kõveratest loeti BrainVision Analyzerist välja ajaintervalli 50-217 ms (ehk MMN-i tõenäolise ilmumiskoha) maksimumi ajaline ja amplituudi väärtus (ehk vastavalt MMN-L ja MMN-V) elektroodides AF3, F3, F7, OZ, FZ, AF4, F4, F8, FCz. Käesoleva uurimuse raames analüüsiti I ja II laborikorra raames mõõdetud kõikide elektroodide keskmisi MMN-i tulemusi katseisiku põhiselt koos ehk EEG amplituude mikrovoltides ( $\mu\text{V}$ ) ja latentsiaega millisekundites (ms).

Uurimistöo läbiviimisel võeti arvesse kokku 65 katseisiku katsete tulemused, kellest 35 katseisikut kuulusid parema kuulmislävega katseisikute gruppi ja 30 kehvema kuulmislävega katseisikute gruppi. Eeldusel, et madalamatel sagedustel on inimestel, kuid eriti neil, kes kehvemini kuulevad, samu detsibelle vähem kuulda (Rosen ja Stock 1992), jagati katseisikud parema ja kehvema kuulmislävega katseisikute gruppi vastavalt 500 Hz audiomeetri katsete keskmistele (st I ja II mõõtmise katsetulemuste keskmistele) tulemustele. Parema kuulmislävega katseisikute gruppi (grupp 1) valiti katseisikud, kelle I ja II mõõtmise katsete tulemused olid 5 dB (st väikseim mõõdetud väärtus). Ülejäänud katseisikud paigutati kehvema kuulmislävega katseisikute gruppi (grupp 2). Kuivõrd MMN-i katsed viidi läbi 1000 Hz ja 1200 Hz sagedustel, siis kuulmisläve ja MMN-i katsete tulemuste võrdlemiseks ja analüüsimiseks (hüpotees II) kasutati 1000 Hz sagedusel läbiviidud audiomeetri katsete tulemusi.

Audiomeetri katsete tulemustest ülevaate saamiseks ja kokkuvõtte tegemiseks kasutati kirjeldavat statistikat ning korrelatsioonanalüüsi (kuna andmed on intervallskaalal valiti selleks Pearson'i  $r$ ). Lisaks viidi läbi  $t$ -test (ingl independent samples  $t$ -test) uurimaks 1. ja 2. grupi vahelisi katsetulemuste (dB) erinevusi mõõdetuna erinevatel sagedustel (Hz). Kuivõrd audiomeetri katsete tulemused ei ole normaaljaotuslikud, siis rakendati siinkohal mitteparameetrilist *Mann-Whitney U* testi. MMN-i katsete tulemuste võrdlemisel ja analüüsimisel kasutati kirjeldavat ja järeldavat statistikat, millest viimase raames viidi läbi sõltumatu valimi  $t$ -test uurimaks kahe grupi vahelisi erinevusi ja selgitamaks välja, kas need erinevused on statistiliselt olulised. MMN-i katsete korral olid sõltuvateks muutujateks latentsiaeg (MMN-L) ja EEG amplituud (MMN-V), mis asuvad intervallskaalal. Sõltumatuks muutujaks on parema/kehvema kuulmislävega katseisikute grupp. Sõltuvad muutujad on ligikaudu normaaljaotuslikud (järeldatud JASP programmis koostatud histogrammide põhjal, vt Joonised 7-8). Läbiviidud Levene'i testi põhjal tuvastati, et sõltumatute gruppide dispersioonid on sarnased (st  $p > 0,05$ ; keskmine MMN-L  $p = 0,52$ ; keskmine MMN-V  $p = 0,78$ ), mis annab aluse *Student t*-testi kasutamiseks. Valim 65 katseisikut on piisav selleks, et mitte kaaluda väiksemate valimite puhul rakendatavat mitteparameetrilist statistikat (nt *Mann-Whitney U* testi). Analüüsi läbiviimiseks kasutati usaldusnivood 95%.

## Tulemused

Kuulmislävede registreerimise ehk audiomeetri (AM) katsete tulemused

Tabelis 1 on võrdluseks välja toodud kuulmislävede registreerimise ülevaade kogu valimi osas sagedustel 500 Hz, 1000 Hz ja 1500 Hz. Kogu valimi keskmine registreeritud kuulmislävi 500

Hz juures 6,96 dB, 1000 Hz juures 6,25 dB ja 1500 Hz juures 5,65 dB. Tuvastatud trend (st sageduste tõustes keskmine kuulnud detsibellide arv vähenes) kinnitab eeldust, et madalamatel sagedustel on samu detsibelle vähem kuulda kui kõrgematel sagedustel.

**Tabel 1. Kogu valimi kirjeldav statistika**

	Vanus (a)	AM 500 (Hz) keskmise (dB)	AM 1000 (Hz) keskmise (dB)	AM 1500 (Hz) keskmise (dB)
Keskmine	28,43	6,96	6,25	5,65
Standardhälve	8,67	2,74	2,47	1,73
Miinumum	18,00	5,00	5,00	5,00
Maksimum	59,00	17,50	20,00	12,50

*Märkus:* AM tähendab audiomeetri abil läbiviidud kuulmislävede registreerimist.

Tabelis 2 on välja toodud ülevaade parema kuulmislävega katseisikute grupi (grupp 1) ja kehvema kuulmislävega katseisikute grupi (grupp 2) lõikes. Grupp 1 osas on näha, et mõõdetud väikseimate väärtuste keskmised oluliselt ei erine erinevate sagedustel mõõdetud tulemustest (500 Hz juures 5,00 dB, 1000 Hz juures 5,11 dB ja 1500 Hz juures 5,07 dB). 500 Hz juures mõõdetud keskmine tulemus 5,00 dB on ca 2 dB väiksem kogu valimi osas 500 Hz juures mõõdetud keskmisest tulemusest (vt Tabel 1) ja ca 4 dB väiksem grupp 2 osas 500 Hz juures mõõdetud keskmisest tulemusest (vt Tabel 2). Sellest saame järeldada, et grupp 1 kuulmislävi on parem. Grupp 2 osas on näha, et mõõdetud väikseimate väärtuste keskmised paranevad sageduste suurenemisel (500 Hz-lt 1000 Hz-le liikudes 9,25 dB-lt 7,58 dB-le ning 1000 Hz-lt 1500 Hz-le liikudes 7,58 dB-lt 6,33 dB-le). Siinkohal on registreeritavate detsibellide paranemine sageduste tõustes kõige märgatavam. 500 Hz juures mõõdetud keskmine tulemus 9,25 dB on ca 2 dB suurem kogu valimi osas 500 Hz juures mõõdetud keskmisest tulemusest (vt Tabel 1) ja ca 4 dB suurem grupp 1 osas 500 Hz juures mõõdetud keskmisest tulemusest (vt Tabel 2). Sellest saame järeldada, et grupp 2 kuulmislävi on kehvem.

**Tabel 2. Kirjeldav statistika gruppide lõikes**

Grupp	Vanus (a)		AM 500 (Hz) keskmise (dB)		AM 1000 (Hz) keskmise (dB)		AM 1500 (Hz) keskmise (dB)	
	1	2	1	2	1	2	1	2
Katseisikute arv	35	30	35	30	35	30	35	30
Keskmine	26,86	30,27	5,00	9,25	5,11	7,53	5,01	6,33
Standardhälve	6,95	10,13	0,00	2,56	0,47	3,10	0,42	2,34
Miinumum	18,00	18,00	5,00	6,25	5,00	5,00	5,00	5,00
Maksimum	44,00	59,00	5,00	17,50	7,50	20,00	7,50	12,50

*Märkus:* AM tähendab audiomeetri abil läbiviidud kuulmislävede registreerimist.

Tabelis 3 on välja toodud läbiviidud t-testi tulemused. T-testiga kontrolliti, kas erinevus kahe grupi keskmiste vahel on statistiliselt oluline. Läbiviidud *Mann-Whitney U test* näitab väikest olulist efekti suurust (keskmise AM 1000 (Hz):  $U = 146$ ,  $p < 0,001$ ; keskmise AM 1500 (Hz):  $U = 363,50$ ,  $p = 0,001$ ). AM 500 (Hz) keskmise tulemuse osas olulist erinevust ei ilmnenud.

**Tabel 3. AM keskmiste tulemuste võrdluse statistiline olulisus**

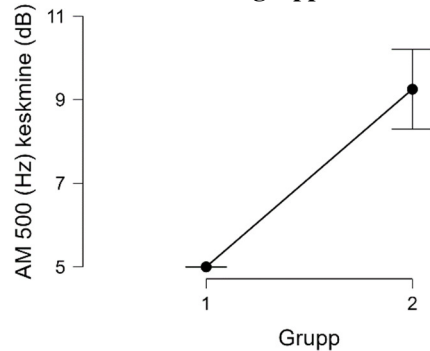
	W	df	p
AM 500 (Hz) keskmine		<sup>a</sup>	
AM 1000 (Hz) keskmine	146,00		< ,001
AM 1500 (Hz) keskmine	363,50		0,001

Märkus: *Mann-Whitney U test*.

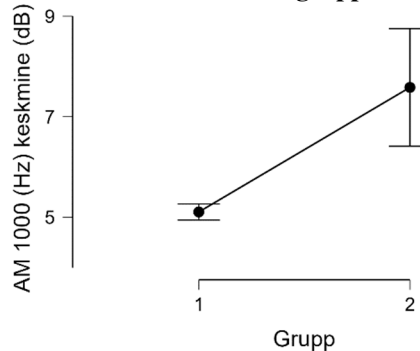
<sup>a</sup> AM 500 (Hz) keskmise dispersioon on pärast 1. ja 2. gruppidesse rühmitamist võrdne 0-ga.

Joonised 2-4 illustreerivad 1. ja 2. grupi vahel tuvastatud keskmiste kuulmislävede erinevusi.

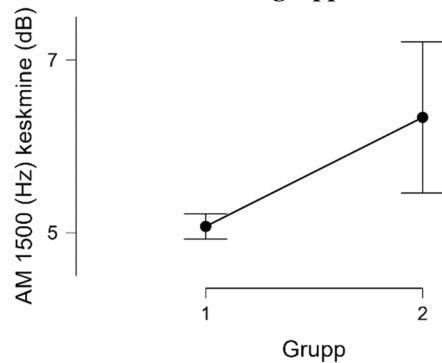
**Joonis 2. AM 500 Hz gruppide võrdluses**



**Joonis 3. AM 1000 Hz gruppide võrdluses**



**Joonis 4. AM 1500 Hz gruppide võrdluses**



Korrelatsioonanalüüs (vt Tabel 4) näitas, et AM 500 Hz keskmise tulemuse (dB) ja AM 1000 Hz keskmise tulemuse (dB) vahel on tugev positiivne korrelatsioon ( $r = 0,696$ ,  $p < 0,001$ ) ning kõige nõrgem kuid siiski positiivne korrelatsioon on AM 500 Hz keskmise tulemuse (dB) ja AM 1500 Hz keskmise tulemuse (dB) vahel ( $r = 0,411$ ,  $p < 0,001$ ). Teisisõnu mida kõrgemaks muutub helikõrgus ja mida suurem on helikõrguste vahe, seda vähem tulemused ehk mõõdetud kuulmislävede väärtused (vt Tabel 1) omavahel korreleeruvad. Kuna AM 500 Hz ja AM 1000

Hz keskmiste tulemuste (dB) vahel on tugev positiivne korrelatsioon, saame MMN-i katsete analüüsimisel võtta aluseks 500 Hz juures gruppideks jaotatud katseisikute gruppide 1000 Hz juures mõõdetud audiomeetri katsete tulemused (dB).

**Tabel 4. Audiomeetri (AM) tulemuste keskmiste korrelatsioonid erinevatel sagedustel**

Muutuja		AM 500 (Hz) keskmise (dB)	AM 1000 (Hz) keskmise (dB)	AM 1500 (Hz) keskmise (dB)
1. AM 500 (Hz) keskmine	Pearson'i r	—		
	p-väärtus	—		
2. AM 1000 (Hz) keskmine	Pearson'i r	0,696	—	
	p-väärtus	< ,001	—	
3. AM 1500 (Hz) keskmine	Pearson'i r	0,411	0,521	—
	p-väärtus	< ,001	< ,001	—

MMN-i (MMN-L ja MMN-V) katsete tulemused

Tabelis 5 on välja toodud MMN-i katsetes mõõdetud latentsiaja (MMN-L) ja EEG amplituudi (MMN-V) keskmiste tulemuste ülevaade parema kuulmislävega katseisikute grupi (grupp 1) ning kehvema kuulmislävega katseisikute grupi (grupp 2) lõikes võrdluses audiomeetri 1000 Hz katsete keskmiste tulemustega ja vanuseliste parameetritega. Selgub, et grupi 1 keskmine mõõdetud latentsiaeg on 0,65 ms võrra varasem kui grupi 2 puhul. Samuti selgub, et grupi 1 keskmine mõõdetud EEG amplituud on 0,43  $\mu$ V suurem kui grupi 2 puhul. Arvestades mõõdetud muutujate skaalat (MMN-V korral vahemikus -7,36 kuni -1,7 ning MMN-L korral vahemikus 98,63 kuni 172,69), siis protsentuaalselt on MMN-V korral tuvastatud erinevus suurem kui MMN-L korral (MMN-V = 11%; MMN-L = 0,5%). Samas miinimum väärtuste rida vaadates näeme, et grupis 2 esineb erandeid, mille korral latentsiaeg on varasem (98,63 ms) ja EEG amplituud on suurem (-7,36  $\mu$ V) kui grupp 1 puhul.

**Tabel 5. Latentsiaja (MMN-L) ja EEG amplituudi (MMN-V) tulemuste kirjeldav statistika**

Grupp	Vanus (a)		AM 1000(Hz) keskmise (dB)		Keskmine MMN-L (ms)		Keskmine MMN-V ( $\mu$ V)	
	1	2	1	2	1	2	1	2
Keskmine	26,86	30,27	5,11	7,58	137,60	138,25	-4,01	-3,58
Standardhälve	6,95	10,13	0,47	3,13	13,43	15,97	1,28	1,35
Miinimum	18,00	18,00	5,00	5,00	112,52	98,63	-6,47	-7,36
Maksimum	44,00	59,00	7,50	20,00	179,85	172,69	-1,88	-1,70

Tabelis 6 on näidatud, et MMN-L ja MMN-V tulemused ei erine gruppide vahel oluliselt (t-test,  $p \geq 0,2$ ).



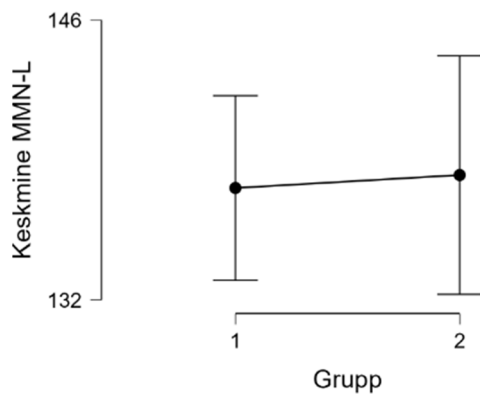
**Tabel 6. MMN-L ja MMN-V gruppide keskmiste võrdluse statistiline olulisus**

	t	df	p	Cohen'i d
Keskmine MMN-L	-0,18	63	0,86	-0,04
Keskmine MMN-V	-1,31	63	0,20	-0,33

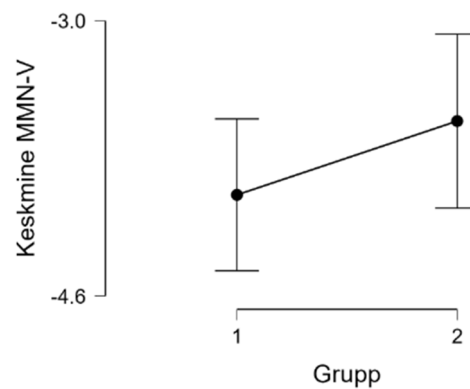
Märkus: Student'i t-test.

Joonistel 5 ja 6 on illustreeritud MMN-L ja MMN-V gruppide 1 ja 2 mõõtmistulemuste vahel tuvastatud muutused. Arvuliselt on MMN-V korral tuvastatud muutus väiksem MMN-L korral tuvastatud muutusest, kuid protsentuaalselt suurem arvestades mõõdetud muutujate skaalat, mis ka allolevatelt joonistelt välja paistab.

**Joonis 5. MMN-L gruppide võrdluses (ms)**

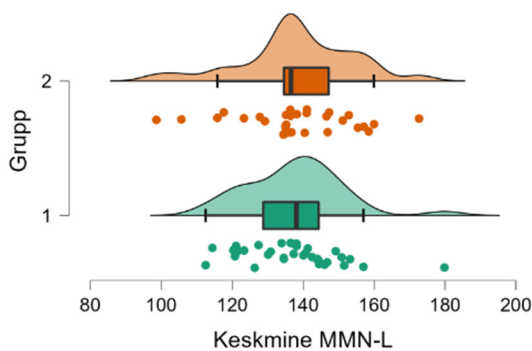


**Joonis 6. MMN-V gruppide võrdluses (µV)**

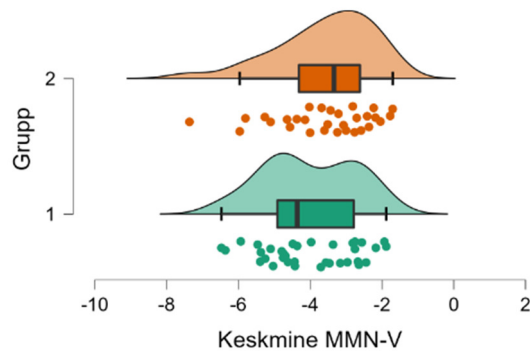


Joonistel 7 ja 8 on välja toodud MMN-L ja MMN-V gruppide andmete illustratiivne jagunemine. Kujutatud histogrammidelt on näha, et andmete jagunemine on ligikaudselt normaaljaotuslik. Karpdiagrammidelt on näha, et MMN-L korral on mediaanväärtus sarnane, kuid MMN-V korral on grupp 1 mediaan suurema mõõdetud EEG amplituudi poole kaldu. Üksikute mõõtmistulemuste hajuvust iseloomustavate punktide abil on näha, et üksikute eranditega nii MMN-L kui MMN-V korral grupp 1 tulemused oluliselt ei erine grupp 2 tulemustest.

**Joonis 7. MMN-L gruppide võrdluses (ms)**



**Joonis 8. MMN-V gruppide võrdluses (µV)**



### Arutelu ja järeldused

Käesoleva uurimistöö eesmärgiks oli uurida seoseid kuulmisläve ja lahknevusnegatiivsuse ehk MMN-i vahel. Täpsemalt, kas parem kuulmislävi loob eeldused ka paremaks MMN-iks või mitte. Selleks püstitati järgmised hüpoteesid:

H<sub>1</sub>: Mida suurem on stiimulite helikõrgus (sagedus, Hz), seda madalam on kuulmislävi (helitugevus, dB).

H<sub>2</sub>: Parema kuulmislävega katseisikud sooritasid auditiivse MMN-i katse paremini ehk neil registreeriti suurem MMN (st nende puhul mõõdeti suurem EEG lainekõrgus ehk amplituud mikrovoltides ( $\mu\text{V}$ ) ja varasem ajaline ilmumine ehk latentsiaeg millisekundites (ms)).

Uurimistöö eesmärgi täitmiseks võrreldi katseisikutel audiomeetriga registreeritud kuulmislävesid erinevatel sagedustel, mille põhjal selgitati välja parema ja kehvema kuulmislävega katseisikute grupid ning antud gruppide lõikes võrreldi omavahel läbiviidud MMN-i (MMN-L ja MMN-V) katsete tulemusi. Ühe võimalusena oleks saanud isikuid gruppidesse jagada ka vanuse järgi, kui käesolev valim ei olnud selleks vanuseliselt piisavalt representatiivne. Mõlema hüpoteesi tõestamisel tuvastati grupp 1 ja grupp 2 keskmiste tulemuste võrdlemisel erinevused ja analüüsi läbiviimise tulemusel selgus, et tuvastatud erinevused on statistiliselt olulised. MMN-i katsete tulemuste analüüsimisel esines ka üksikuid erandeid, mil kehvemasse kuulmislävega katseisikute gruppi (grupp 2) kuulunud katseisikutel ilmnis varasem latentsiaeg ja/või suurem EEG amplituud kui paremasse kuulmislävega katseisikute gruppi (grupp 1) kuulunud katseisikutel.

Kuulmislävede registreerimise ehk audiomeetri (AM) katsete tulemused

Audiomeetri abil kuulmislävede registreerimise tulemuste kogu valimi miinimum väärtus oli 5 dB kõikide sageduste lõikes (500 Hz, 1000Hz ja 1500 Hz). Parema ja kehvema kuulmislävega katseisikute jaotus muutus märgatavaks peale üksikasjaliku analüüsi läbiviimist 500 Hz juures, mis sai ka otsustavaks katseisikute gruppidesse jagamisel (vt Tabelid 1-2). Katseisikuid ei jagatud gruppidesse vanuse järgi vaid selle järgi, kes 500 Hz sagedusel mõlemal laborikatse läbiviimise korral nii parema kui vasaku kõrva katse tulemused said miinimumväärtused ehk 5 dB. Grupp 1 osas 500 Hz juures mõõdetud keskmine väikseim väärtus 5 dB on ca 2 dB väiksem kogu valimi osas 500 Hz juures mõõdetud keskmisest tulemusest ja ca 4 dB väiksem grupp 2 osas 500 Hz juures mõõdetud keskmisest tulemusest.

Käesolevalt oli parema kuulmislävega katseisikute grupi ehk grupp 1 keskmiseks vanuseks 27 a (18-44 a) ja kehvema kuulmislävega katseisikute grupi ehk grupp 2 keskmiseks vanuseks 30 a (18-59 a). Analüüsitud teadusartiklitele tuginedes võiks antud hüpoteesi kontrollimiseks kaasata valimi nooremad inimesed vanuses 18-31 aastat ja vanemad inimesed vanuses 60-88 aastat (Humes et al., 2009).

#### MMN-i (MMN-L ja MMN-V) katsete tulemused

MMN-i osas läbiviidud katsete tulemusi analüüsiti läbi kahe aspekti: latentsiaeg (MMN-L) ja EEG amplituud (MMN-V). Mõlema osas võeti analüüsimisel arvesse I ja II läbiviidud laborikatse keskmised tulemused. Kuna  $H_1$  tõestamise tulemused olid  $H_2$  tõestamise eelduseks, siis uurimistöö läbiviimise tulemusel tehtud järeldused on siinkohal järjekindlad ja mõistuspärased. Nii MMN-L kui MMN-V korral tuvastati erinevusi suunaga, mis toetavad  $H_2$  tõestamist. Täpsemalt, MMN-i katsete tulemuste analüüsimisel võrreldi grupp 1 ja grupp 2 tulemusi ning tuvastati, et grupp 1 keskmine mõõdetud latentsiaeg on 0,65 ms võrra varasem kui grupp 2 puhul. Samuti selgus, et grupp 1 keskmine mõõdetud EEG amplituud on 0,43  $\mu$ V suurem kui grupp 2 puhul. Arvestades mõõdetud muutujate skaalat, siis protsentuaalselt on MMN-V korral tuvastatud erinevus suurem kui MMN-L korral (MMN-V = 11%; MMN-L = 0,5%). MMN katsete tulemuste analüüsimisel esinesid ka üksikud erandid, mida üldiste järelduste tegemisel arvesse ei võetud.

Sellest aga võib oletada, et kui uuringus osalenud katseisikute kuulmisläved omavahel suuremal määral erineks võiksid ka tuvastatavad MMN-i katsete tulemused suuremat erinevust näidata.

#### Seostamine varasemate töödega

Humes jt (2009) uurisid meelte sh kuulmise eripärasid. Ka nende poolt läbiviidud uurimuse raames jaotati katseisikud gruppidesse, kuid ainult vanuse järgi. Siinkohal oli nende valim oluliselt suurem ja vanuselisel mitmekesisem (nooremad inimesed vanuses 18-31 aastat ja vanemad inimesed vanuses 60-88 aastat). Muuhulgas viidi läbi kuulmisläve mõõtmise katsed erinevatel dB-del ja Hz-del, mille tulemusel selgus, et kuulmislävi vananedes halveneb. (Humes et al., 2009)

Näätänen jt uurisid lisaks erinevate kliiniliste diagnooside mõjule ka vananemise mõju MMN-ile. MMN-i väljaselgitamiseks lisaks latentsiaja ja EEG amplituudi mõõtmisele kasutati

täiendavalt MEG-i (magnetoentsefalograafia). Ka siinkohal jagati katseisikud kahte gruppi: nooremad ja vanemad, kuid jällegi oli valim suurem ja vanuseliselt mitmekesisem (nooremad mehed = keskmine vanus 22a; vanemad mehed = keskmine vanus 59a). Muuhulgas viidi läbi kuulmisläve mõõtmise katsed erinevatel dB-del ja Hz-del ning tuvastati vananedes MMN-i langus. (Näätänen et al., 2012)

Sarnased trendid selgusid ka käesoleva uurimuse läbiviimise tulemusel.

### Arengukohad ja tulevikuperspektiivid

Selleks, et käesoleva uurimistöö raames püstitatud hüpoteese paremini tõestada tuleks kaaluda katseisikute valimi laiendamist ning mitmekesisemaks muutmist kaasates rohkem erinevates vanusegruppides (sh vanemaid) täisealisi inimesi. Käesolevalt olid katseisikuteks noored ja keskealised täiskasvanud (vanuses 18-59a, keskmine vanus 28a). Suurem ja mitmekesisem valim võimaldaks tõenäoliselt märgatavamalt parema ja kehvema kuulmislävega katseisikute gruppe eristada ning seeläbi teostada asjakohasemaid analüüse ka läbiviidavate MMN-L ja MMN-V katsetulemuste osas.

Järgmises etapis võiks käesolevas uurimistöös püstitatud hüpoteeside valguses uurida lisaks ka parema- ja vasakukäelisuse mõju MMN-ile. Nagu käesoleva uurimistöö sissejuhatuses mõttena välja käidud, siis oluline on arvestada ka bioloogilisi eeldusi (st inimeste kuulmislävi ja teised sensoorsed funktsioonid erinevad juba sünnist alates ning vananedes reeglina halvenevad). Parema- ja vasakukäelisuse mõju lisamine uurimusse aitaks laiemalt analüüsida bioloogiliste eelduste seoseid MMN-iga.

Täiendavalt võiks järgmises etapis kaasata uurimusse ka kuulmistähelepanu ja „parema kõrva eelise“ fenomeni lisades uurimusse ka kognitiivse kontrolli poole. Täpsemalt, ühe võimalusena võiks näiteks uurida, et kas katseisikud, kellel registreeriti parem kuulmislävi sooritasid ka dihhootilise kuulamise katse paremini nii suunamata (ingl non-forced ehk NF) kui suunatud (ingl forced-right ehk FR ja ingl forced-left ehk FL) tähelepanu tingimustel (Hugdahl et al, 2010). Teise sammuna saaks siinkohal uurida ka, et kas katseisikud, kes sooritasid dihhootilise kuulamise katse paremini sooritasid paremini ka auditivse taustaga MMN-i katsed (st nende puhul mõõdeti suurem EEG lainekõrgus ehk amplituud mikrovoltides ( $\mu V$ ) ja varasem ajaline ilmnemine ehk latentsiaeg millisekundites (ms)).

### **Tänuõnad**

Täna juhendajaid Nele Põldveri ja Kairi Kreegipuud toetava ja konstruktiivse koostöö eest.

**Kasutatud kirjandus**

- Gratton, G., Coles, M.G.H., & Donchin, E. (1983). A new method for off-line removal of ocular artifact. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, *55*(4), 468-484. [https://doi.org/10.1016/0013-4694\(83\)90135-9](https://doi.org/10.1016/0013-4694(83)90135-9)
- Hugdahl, K. (2011). Fifty years of dichotic listening research—Still going and going and.... *Brain and Cognition*, *76*(2), 211-213. <https://doi.org/10.1016/j.bandc.2011.03.006>
- Hugdahl, K., Carlsson, G., & Eichele, T. (2010). Age effects in dichotic listening to consonant-vowel syllables: Interactions with attention. *Developmental Neuropsychology*, *20*(1), 445-457. [https://doi.org/10.1207/S15326942DN2001\\_8](https://doi.org/10.1207/S15326942DN2001_8)
- Hugdahl, K., & Westerhausen, R. (Ed.). (2010). Electroencephalographic and magnetoencephalographic indices of hemispheric asymmetry. The two halves of the brain: Information processing in the cerebral hemispheres (pp. 211-236). Massachusetts Institute of Technology. The MIT Press.
- Humes, L.E., Busey, T.A., Craig, J.C., & Kewey-Port, D. (2009). The effects of age on sensory thresholds and temporal gap detection in hearing, vision, and touch. *Attention, Perception and Psychophysics*, *71*(4), 860-871. <https://doi.org/10.3758/APP.71.4.860>
- Kane, M. J., Conway, A. R. A., Miura, T. K., & Colflesh, G. J. H. (2007). Working memory, attention control, and the n-back task: A question of construct validity. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, *33*(3), 615–622. <https://doi.org/10.1037/0278-7393.33.3.615>
- Kreepuu, K. (2021). Seosed tähelepanueelse ja tähelepanulise infotöötuse vahel. Tartu Ülikooli inimuringute eetika komitee loa nr 319/T-22 aluseks olev taotlus.
- Laloyoux, O., Anseau, M., & Hansenne, M. (2006). Impact of low-frequency transcranial magnetic stimulation on brain automatic information processing. *Journal of Psychophysiology*, *20*(4), 267-275. <http://dx.doi.org.ezproxy.utlib.ut.ee/10.1027/0269-8803.20.4.267>
- Mackie, M.-A., Van Dam, N.T., & Fan, J. (2013). Cognitive control and attentional functions. *Brain and Cognition*, *82*(3), 301-312. <https://doi.org/10.1016/j.bandc.2013.05.004>
- Miller, E.K., & Cohen, J.D. (2001). An integrative theory of prefrontal cortex function. *Annual Review of Neuroscience*, *24*, 167-202. <https://doi.org/10.1146/annurev.neuro.24.1.167>

- Näätänen, R., Kujala, T., Escera, C., Baldeweg, T., Kreegipuu, K., Carlson, S., & Ponton, C. (2012). The mismatch negativity (MMN) – A unique window to disturbed central auditory processing in ageing and different clinical conditions. *Clinical Neurophysiology*, *123*(3), 424-458. <https://doi.org/10.1016/j.clinph.2011.09.020>
- 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), 2544-90. <https://doi.org/10.1016/j.clinph.2007.04.026>
- Pokk, A. (2021). Töömälu mahu seosed reaktsioonikiiruse ja reaktsiooni pidurduskiirusega valikreaktsiooni ja stopp-signaali ülesannete näitel. Uurimistö. Tartu Ülikool, psühholoogia instituut.
- Raidvee, A., Lember, J., & Allik, J. (2017). Discrimination of numerical proportions: A comparison of binomial and Gaussian models. *Attention, Perception, & Psychophysics*, *79*(1), 267–282. <https://doi.org/10.3758/s13414-016-1188-2>
- Rosen, S., & Stock, D. (1992). Auditory filter bandwidths as a function of level at low frequencies (125 Hz – 1k Hz). *The Journal of the Acoustical Society of America*, *92*(2), 773. <https://doi.org/10.1121/1.403946>
- Saare, J. (2022). Nutiseadmete kasutamise seosed töömälu ülesannete lahendamisega. Uurimistö. Tartu Ülikool, psühholoogia instituut.
- Schiffer, K. (2021). Visuaalsete ja auditiivsete segajate mõju 2-tagasi ülesande lahendamisele. Uurimistö. Tartu Ülikool, psühholoogia instituut.
- 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>
- Tervaniemi, M., & Hugdahl, K. (2003). Lateralization of auditory-cortex functions. *Brain Research Reviews*, *43*(3), 231 – 246. <https://doi.org/10.1016/j.brainresrev.2003.08.004>
- Woldorff, M.G., Hackley, S.A., & Hillyard, S.A. (1991). The effects of channel-selective attention on the mismatch negativity wave elicited by deviant tones. *Psychophysiology*, *28*(1), 30-42. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8986.1991.tb03384.x>

*Käesolevaga kinnitan, et olen korrektselt viidanud kõigile oma töös kasutatute teiste autorite poolt loodud kirjalikele töödele, lausetele, mõtetele, ideedele või andmetele.*

*Olen nõus oma töö avaldamisega Tartu Ülikooli digitaalarhiivis DSpace.*

*Kati Luukas*

*/allkirjastatud digitaalselt/*