



RĪGAS STRADIŅA
UNIVERSITĀTE

Diāna Raumane

CENTRĀLĀS DZIRDES TRAUCĒJUMU
PSIHOAKUSTISKIE UN
ELEKTROFIZIOLOĢISKIE ASPEKTI

Promocijas darbs
medicīnas doktora zinātniskā grāda iegūšanai

Specialitāte — otorinolaringoloģija

Darba zinātniskie vadītāji:
Dr. med. asociētā profesore **Ligija Ķīse**
Dr. med. profesore **Ināra Logina**

Rīga, 2014

ANOTĀCIJA

Promocijas darbā “Centrālās dzirdes traucējumu psihoakustiskie un elektro-fizioloģiskie aspekti” veikta centrālās dzirdes izpēte. Dzirde ir viena no svarīgākajām funkcijām, kas nepieciešama veiksmīgai komunikācijai un izziņas procesā, tāpēc dzirdes traucējumu diagnosticēšana ir nozīmīga ārstēšanas taktikas izvēlē un līdz ar to dzīves kvalitātes uzlabošanā.

Promocijas darbā analizēta centrālās dzirdes funkcija ar psihoakustisko metodi — runas audiometriju un elektrofizioloģisko metodi — dzirdes izraisītajiem garozas potenciāliem, kā arī izvērtēta elektrofizioloģisko mērījumu loma kā objektīva izmeklēšanas metode un tās rezultātu korelācija ar psihoakustisko metodi centrālās dzirdes traucējumu diagnostikā.

Centrālās dzirdes funkcijas bojājuma gadījumos sūdzības par dzirdes traucējumiem var būt cilvēkiem ar normālu tonālo audiometriju. Centrālās dzirdes funkcijas diagnostika Latvijā līdz šim bija ierobežota — nebija runas audiometrijai nepieciešamo valodas testu latviešu valodā, kā arī netika veikti dzirdes izraisītie garozas potenciālu izmeklējumi. Centrālās dzirdes funkcijas izvērtēšanai runas audiometriju iesaka veikt dzimtajā valodā.

Runas audiometrijai ir ierobežojumi — nepieciešama aktīva pacienta līdzdalība, turklāt tās rezultātu ietekmē kognitīvā funkcija. Tāpēc centrālās dzirdes funkcijas izvērtēšanai tika izmantota elektrofizioloģiskā metode — dzirdes izraisītie garozas potenciāli, kas atspoguļo akustiskā signāla analīzes ātrumu smadzeņu garozā.

Darba mērķis bija raksturot centrālās dzirdes funkciju, noteikt centrālās dzirdes bojājuma psihoakustiskos un elektrofizioloģiskos kritērijus, izvērtēt medikamentozās terapijas ietekmi uz centrālo dzirdes funkciju pacientiem ar centrālās dzirdes traucējumiem.

Viens no darba uzdevumiem bija izveidot valodas materiālu runas audiometrijai, veicot pārbaudes kontrolgrupas dalībniekiem ar normālu dzirdi. Izveidotie runas testi tika izmantoti runas uztveres sliekšņa un dihotiskās runas uztveres noteikšanai pacientiem ar dzirdes traucējumiem. Visiem pētījuma dalībniekiem veica dzirdes izraisīto garozas potenciālu mērījumus. Pacientu grupu pētījuma dalībniekus ārstēja medikamentozī, pēc tam atkārtoti veica dzirdes izraisīto garozas potenciālu izmeklējumus.

Pētījumā analizēti mērījumu rezultāti 60 pacientiem ar dzirdes traucējumiem un 30 kontrolgrupas dalībniekiem ar normālu dzirdi.

Pētījuma sākuma posmā tika izstrādāti runas testi latviešu valodā — 15 teikumu testi, katrā no tiem pa 13 teikumiem, un divu veidu dihotiskās runas uztveres testi — 13 ciparu vārdu pāri un 16 lietvārdu pāri. Ar teikumu testiem noteica runas uztveres sliekšni maskējošā troksnī un bez tā. Runas uztveres sliekšņa starpība ar runas uztveres sliekšni troksnī kontrolgrupas indivīdiem bija līdz 5 decibeliem, pacientu grupās — augstāka par 10 decibeliem. Dihotiskās runas uztvere pacientu grupās bija statistiski ticami vājāka — 47–69 % pie labās auss pārsvara 19–25 %, salīdzinot ar kontrolgrupu attiecīgi — 90–97 % un vidēji 8 %. Dihotisko ciparu vārdu uztveres rādītāji bija augstāki nekā dihotisko vārdu uztvere visiem pētījuma dalībniekiem, kas liecina par kognitīvo faktoru ietekmi centrālās dzirdes procesā.

Dzirdes izraisīto garozas potenciālu komponentu latences atspoguļo garozas neironu ģenerētās uzbudināmības ātrumu. Dzirdes izraisīto garozas potenciālu komponentu P1, N1, P2, N2, P3 latences un amplitūdas cilvēkiem ar normālu dzirdi un pacientiem ar dzirdes traucējumiem atšķīrās gan pēc stimula intensitātes, klausoties maskējošā troksnī un bez tā, kā arī klausoties uzmanīgi vai pasīvi, gan arī pēc aktīvo elektrodu novietojuma uz skalpa. Klausoties signālu troksnī, komponentu latences statistiski ticami pagarinājās visiem pētījuma dalībniekiem, bet ievērojami — pacientu grupās komponentam P3. Elektrofizioloģisko un psihoakustisko mērījumu rezultāti atklāja, ka starp komponenta P3 latenci un dihotiskās runas uztveri pastāv korelācija visām pētījuma grupām: saīsinoties P3 latencei, dihotisko ciparu vārdu uztvere uzlabojās, kas apliecina komponenta P3 latenci kā diagnostisku kritēriju centrālās dzirdes traucējumu noteikšanā.

Pēc ROC līkņu analīzes tika noteiktas robežvērtības, sensitivitāte un specifiskums kontrolgrupas un abu pacientu grupu dzirdes izraisīto garozas potenciālu komponentu latenču rezultātiem. Augstāko sensitivitāti uzrādīja dzirdes izraisīto garozas potenciālu komponentu P3 un N2 latences, kuru robežvērtības attiecīgi 304,77 ms (pie 95% sensitivitātes un 99% specifiskuma) un N2 — 220,23 ms (pie 90 % sensitivitātes un 98 % specifiskuma).

Pagaidām nav vienotu starptautisku vadlīniju centrālās dzirdes traucējumu medikamentozai ārstēšanai. Atklājumi liecina, ka centrālās dzirdes funkcijā piedalās garozas GABA^A, holīnērgisko un glutamāterģisko receptoru atkarīgo neironu sinapses, tāpēc pacientiem tika ordinēts medikamentozās terapijas kurss ar nicergolīnu un

pramiracetamu, kas uzlabo impulsu pārvadīšanu šajās sinapsēs, kā arī veicina neirometabolismu. Pēc medikamentozās terapijas pacientiem statistiski ticami saīsinājās komponenta P3 latences, kā arī uzlabojās dihotiskās runas uztveres rādītāji.

Mūsu pētījuma rezultāti liecina, ka medikamenti labvēlīgi ietekmēja centrālās dzirdes funkciju.

Mūsu pētījuma rezultāti liecina, ka par centrālās dzirdes traucējumu kritērijiem uzskatāms paaugstināts runas uztveres sliekšnis salīdzinājumā ar to troksnī vairāk par 5 decibeliem, dihotiskās runas uztvere mazāka par 90 %, labās auss pārsvars lielāks par 8 % un pagarināta dzirdes izraisīto garozas potenciālu komponenta P3 latence troksnī salīdzinājumā ar mērījumu bez trokšņa, kā arī pārsniegtas komponentu P1, N1, P2, N2 latenču raksturīgās robežvērtības.

Darbā izstrādāta un patentēta metode centrālu dzirdes traucējumu diagnosticēšanai, izmantojot oriģinālus runas uztveres sliekšņa teikumu testus un dihotiskās runas uztveres testus, kā arī dzirdes izraisītos garozas potenciālus.

Promocijas darbs uzrakstīts latviešu valodā. Kopējais darba apjoms ir 156 lappuses (bez pielikumiem), analītiski ilustratīvais materiāls izkārtots 18 tabulās, 37 attēlos, trīs pielikumos. Literatūras sarakstā ietverti 290 izmantoto darbu nosaukumi.

ANNOTATION

In this thesis work central auditory processing is analyzed by psychoacoustic method — speech audiometry and electrophysiological method — cortical auditory evoked potentials. Implication of electrophysiological measures as objective investigation method and correlating with psychoacoustic method in diagnostics of central auditory processing is evaluated.

In this thesis work central auditory processing is analyzed by psychoacoustic method — speech audiometry and electrophysiological method — cortical auditory evoked potentials. Implication of electrophysiological measures as objective investigation method and correlating with psychoacoustic method in diagnostics of central auditory processing is evaluated.

In the case of auditory processing disorder people with normal tonal audiometry could complain about hearing disorders. Until now diagnostics of central auditory function in Latvia was restricted — there are no speech tests for speech audiometry in Latvian, moreover, cortical auditory evoked potentials hadn't investigated. Speech audiometry is recommended to perform in native language.

Speech audiometry has some restrictions. It requires active collaboration with patient and the result is influenced by cognitive function. Therefore to evaluate central auditory processing cortical auditory evoked potentials were recorded to investigate the speed of analyses of acoustical signal in the brain cortex.

The aim of present thesis was to characterize central auditory function, determine the psychoacoustic and electrophysiological criteria for central auditory disorder, and evaluate effect of medical therapy on the central auditory function in patients with central auditory disorders.

One of this thesis work tasks was to create speech material for speech audiometry. Speech tests were approbated in the control group participants with normal hearing. Then created speech tests were used for recognizing speech reception threshold and dichotic speech recognition for patents with auditory disorder. For all of participants were performed cortical auditory evoked potential recordings. Patients received medical therapy, after that cortical auditory evoked potential measures were performed again.

In this thesis results of measures of 60 patients with auditory disorders and 30 control group participant were analyzed.

In the first stage of the thesis speech tests were created in Latvian — 15 sentence tests, 13 sentences contain every of them, and two types of dichotic speech recognition tests — 13 pairs of dichotic digits and 16 pairs of dichotic words. Speech recognition threshold in masking noise and without noise was determined by sentence tests. The difference between them in controls was under 5 decibels, in patients groups above 10 decibels. Dichotic speech recognition in patient groups was statistically significant lower 47–69 % and right ear advantage 19–25 % in comparison with control group respective 90–97 % and 8 %. Dichotic digit recognition results were higher in all groups that give evidence about the role of cognitive factors in the central auditory processing.

Cortical auditory evoked potential's latencies reflect speed generation excitability by cortex neurons. Cortical auditory evoked potential's component P1, N1, P2, N2, P3 recordings were statistically significant different. They were dependent from intensity and frequencies of stimuli, presence of masking noise, listening manner — active or passive and position of electrodes on the scalp. While listening signal in noise potential component latencies were prolonged for all subjects, but significantly — in patients groups and for component P3. Results of psychoacoustic and electrophysiological measurements revealed that correlation between latency of component P3 and dichotic speech recognition exists in all participant groups: when P3 latency grows down dichotic digit recognition improves. It confirms that P3 latency as a diagnostic criterion in investigation of central auditory disorders.

Based on analyses of ROC curves of the results from control and patient subjects, border values, sensitivity and specificity of cortical auditory evoked potential component latencies were established. The highest sensitivity showed component P3 and N2 latencies. Their border values respectively 304.77 ms (at 95% sensitivity and 99% specificity) and N2 — 220.23 ms (at 90 % sensitivity and 98 % specificity).

There are still no known international guidelines for medical treatment of central auditory disorders. Based on previous research that GABA^A, cholinergic and glutamacid receptor dependent neuronal synapses are involved in central auditory processing, medical therapy with nicergolin and pramiracetam, which improves neurometabol processes and speed of impulses in these synapses, was described for patient group

participants. After medical therapy significantly were shortened component P3 latencies and improved dichotic speech recognition.

Our results suggest that medications beneficially influenced central auditory processing.

Our results suggest that as the criteria of central auditory disorders could be considered speech recognition threshold in noise than without noise more higher than 5 decibels, dichotic speech recognition lower than 90 %, right ear advantage more than 8 % and prolonged cortical auditory evoked potential component P3 latency in noise in comparison with recording without noise and prolonged border values of cortical auditory evoked potentials P1, N1, P2, N2.

During thesis work created and patented method for diagnosing central auditory processing disorders, using original speech recognition sentence and dichotic speech tests and cortical auditory evoked potentials.

The thesis work is written in Latvian. Common value of work is 156 pages, illustrative analytical material in 18 tables, 37 figures and 3 attachments. In the list of references there are 290 titles.

Saturs

Darbā lietotie saīsinājumi	11
IEVADS	12
Tēmas aktualitāte	13
Darba novitāte	14
Darba mērķis	14
Darba uzdevumi	14
Aizstāvēšanai izvirzītās hipotēzes	15
Promocijas darba struktūra	15
Ētiskie aspekti, izpētes materiāls un metodes	15
1. LITERATŪRAS APSKATS	
1.1. Centrālās dzirdes raksturojums	16
1.1.1. Dzirdes neurofizioloģija	17
1.1.2. Cilvēka uztverto skaņu raksturojums	23
1.1.3. Runas uztveri ietekmējošie faktori un binaurālā dzirde.....	26
1.1.4. Dzirdes kognitīvie aspekti un selektīvā dzirde	27
1.2. Centrālās dzirdes traucējumu diagnostikas metodes	30
1.2.1. Runas audiometrija centrālās dzirdes diagnostikā	31
1.2.2. Elektrofizioloģiskie izmeklējumi dzirdes diagnostikā.....	35
1.2.3. Dzirdes izraisīto potenciālu komponenti un to raksturojums	37
1.2.4. Dzirdes sensorā atmiņa	42
1.2.5. Skaņu analīze smadzeņu garozā un to vērtējuma klīniskais izmantojums	45
1.3. Centrālā dzirde un neiroplasticitāte	49
2. MATERIĀLI UN METODES	
2.1. Materiāli	53
2.1.1. Pētījuma populācija	53
2.1.2. Iekļaušanas un izslēgšanas kritēriji pētījuma grupā.....	54
2.1.3. Pētījuma grupas pacientu anketas raksturojums	55
2.1.4. Aparatūra runas audiometrijai	56
2.1.5. Dzirdes izraisīto garozas potenciālu mērījumu aparatūra un stimuli...	56

2.2. Metodes	58
2.2.1. Runas uztveres sliekšņa testu izveide	58
2.2.2. Dihotiskās uztveres testu izveidošana	62
2.2.3. Runas uztveres sliekšņa noteikšanas procedūra ar izveidotajiem teikumu testiem	64
2.2.4. Dihotiskās uztveres noteikšanas procedūra ar izveidotajiem dihotiskajiem testiem	65
2.2.5. Dzirdes izraisīto garozas potenciālu mērījumu procedūra.....	65
2.2.6. Dzirdes izraisīto garozas potenciālu līkņu analīze	66
2.2.7. Medikamentozā terapija un tās ietekmes vērtēšanas metodes	67
2.2.8. Datu statistiskā analīze	67
3. REZULTĀTI	
3.1. Izveidotie runas audiometrijas testi	69
3.1.1. Runas uztveres sliekšņa testi.....	69
3.1.2. Dihotiskās runas uztveres testi.....	70
3.2. Runas audiometrijas rezultāti	71
3.2.1. Runas uztveres sliekšnis	71
3.2.2. Dihotiskās runas uztveres pārbaudes rezultāti	74
3.3. Elektrofizioloģisko izmeklējumu rezultāti	79
3.3.1. Dzirdes izraisīto garozas potenciālu komponentu amplitūdas un latences	79
3.3.2. Dzirdes izraisīto garozas potenciālu komponentu robežvērtības.....	88
3.3.3. Dzirdes izraisīto garozas potenciālu latenču korelācijas ar runas audiometrijas rezultātiem	92
3.4. Runas audiometrijas un dzirdes izraisīto garozas potenciālu rezultāti pēc medikamentozās terapijas	94
3.5. Dzirdes izraisīto garozas potenciālu mērījumu rezultāti pēc medikamentozās terapijas	98
4. DISKUSIJA	
4.1. Runas audiometrija	101
4.1.1. Izveidotie runas audiometrijas testi	101
4.1.2. Runas uztveres sliekšnis	102
4.1.3. Akustiskā signāla uztvere un kognitīvie efekti pie dihotiskās klausīšanās	106

4.2. Dzirdes izraisītie garozas potenciāli	109
4.2.1. Skaņas stimulu īpašību ietekme uz dzirdes izraisītajiem potenciāliem.....	109
4.2.2. Dzirdes izraisīto garozas potenciālu komponenta P3 raksturojums	113
4.2.3. Dzirdes izraisīto garozas potenciālu komponenta robežvērtības	115
4.3. Runas uztveres sliekšņa, dihotiskās runas uztveres un dzirdes izraisīto garozas potenciālu korelācijas	116
4.4. Medikamentozās terapijas ietekme uz runas audiometrijas un dzirdes izraisīto garozas potenciālu rezultātiem	118
5. SECINĀJUMI	122
6. PRAKTISKĀS REKOMENDĀCIJAS	123
7. PUBLIKĀCIJAS UN ZIŅOJUMI PAR PĒTĪJUMA TĒMU	124
8. PATEICĪBAS	126
9. IZMANTOTĀS LITERATŪRAS SARAKSTS	127
10. PIELIKUMI	143

Darbā lietotie saīsinājumi

AAA	— Amerikas Audioloģijas akadēmija, <i>American Academy of Audiology</i>
ABR	— Dzirdes izraisītie smadzeņu stumbra potenciāli, <i>Auditory brainstem response</i>
ANSI	— Amerikas Nacionālais Standartu institūts, <i>American National Standard Institute</i>
ANOVA	— dispersiju analīze, <i>analysis of variance</i>
ASHA	— Amerikas Runas un dzirdes asociācija, <i>American Speech Hearing Association</i>
A1	— primārā dzirdes garoza, <i>Primary auditory cortex</i>
CAEP	— dzirdes izraisītie garozas potenciāli, <i>Cortical auditory evoked potentials</i>
CAPD	— centrālās dzirdes funkcijas traucējumi, <i>Central auditory processing disorder</i>
CF	— raksturīgā frekvence, <i>Characteristic frequency</i>
COS	— <i>Complex olivarii superioris</i>
DC	— dihotisko ciparu vārdu tests
DD	— dihotisko vārdu tests
GABA	— gamma aminosviestskābe, <i>Gamma amino butyric acid</i>
GAD	— glutamātskābes dekarboksilāze, <i>Glutamic acid decarboxylase</i>
EEG	— elektroencefalogrāfija, <i>Electroencephalography</i>
ERP	— ar kairinājumu saistītā atbilde, <i>Event-related response</i>
fMR	— funkcionālā magnētiskā rezonanse, <i>Functional magnetic resonances imaging</i>
Hz	— hercs
HG	— Hesla rieva, <i>Heschl's gyrus</i>
JPG	— jaunāko pacientu grupa
kOhm	— kiloomi
MMN	— <i>Mismatch negativity</i>
μV	— mikrovolti
N	— kontrolgrupa
NC	— kohleārie kodoli, <i>Nucleus cochlearis</i>
RUS	— runas uztveres sliekšnis
RUS/T	— runas uztveres sliekšnis troksnī
STG	— augšējā deniņu rieva, <i>Superior temporal gyrus</i>
VPG	— vecāko pacientu grupa

IEVADS

Kompleksa akustiska signāla — runas — uztvere ir cilvēkiem raksturīgās komunikēšanās un izziņas procesa svarīga sastāvdaļa. Centrālā nervu sistēma akustisko signālu pārveido saprotamā informācijā. Centrālās dzirdes funkcijas traucējumi izmaina kompleksu akustisku signālu uztveri un analīzi, traucējot saprast runu. Dzirdes funkcijas pasliktināšanās saistīta ar impulsu pārvadīšanas sinhronitātes izmaiņām centrālās dzirdes struktūrās, tāpēc tiek traucēta akustiskās informācijas analīze smadzeņu garozā. Centrālā dzirdes analizatora traucējumi rodas metabolisku un neurodeģeneratīvu slimību, attīstības traucējumu un galvas traumu rezultātā.

Akustiskās informācijas plūsma pastāvīgi iekļūst dzirdes sistēmā. Skaņas viļņu izraisītie nervu impulsi tiek novadīti no iekšējās auss caur zemgarozas kodoliem uz galvas smadzeņu garozu deniņu daivā. Zemgarozas līmenī tiek uztvertas skaņas fizikālās īpašības — intensitāte un frekvence. Smadzeņu garozas līmenī skaņa reprezentējas ar visām tās īpašībām kopā, veidojot skaņas vienību — toni. Skaņa kā sensors signāls nav statiska. To veido skaņas spiediena viļņi, kas svārstās un izzūd laikā. Akustiskā informācija saglabājas īslaicīgajā atmiņā.

Centrālās dzirdes izvērtēšanai lieto runas audiometriju — tās loma kā pamatmetodei joprojām saglabājas. Tāpēc promocijas darbā tika izveidoti runas testi latviešu valodā. Dzirdes pārbaudi vēlams veikt dzimtajā valodā, tas mazinātu kognitīvās funkcijas ietekmi runas uztverei.

Smadzeņu garozas skaņu analīzes procesu vērtē ar elektrofizioloģisku metodi — dzirdes izraisītiem garozas potenciāliem. Tā ir neurofizioloģiska izmeklēšanas metode, elektroencefalogrāfijas paveids, kuras laikā pacientam audioaustiņās atskaņo skaņas stimulus, kas aktivizē neironus, iegūstot dzirdes izraisītos garozas potenciālus. Garozas neironu elektrisko aktivitāti reģistrē ar skalpa virsmas elektrodu palīdzību.

Viena no galvenajām dzirdes izraisīto garozas potenciālu metodes priekšrocībām — mērījumus iespējams veikt pasīvā veidā, neprasot subjekta koncentrēšanos un aktīvu atbildes reakciju uz stimulu, tādējādi mazinot kognitīvās funkcijas līdzdalību. Šī metode būtu izmantojama arī tad, ja sadarbība ar pacientu ir apgrūtināta, lai veiktu tradicionālo runas audiometriju. Dzirdes izraisīto garozas potenciālu metode izmantojama arī pacientiem ar samaņas traucējumiem, tiesu medicīniskajā ekspertīzē,

jaundzimušo dzirdes funkcijas izvērtēšanai. Tai ir diagnostiski informatīva nozīme arī neurodeģeneratīvu slimību gadījumā.

Centrālās dzirdes traucējumu medikamentozai ārstēšanai pagaidām nav starptautiski pieņemtu vadlīniju. Pētījuma pacientiem ordinēja medikamentus, kam ir pierādīta neirometabolismu un impulsu pārvadīšanu veicinoša ietekme garozas sinapsēs. Šo medikamentu ietekme centrālajā dzirdes procesā tika izvērtēta pēc runas audiometrijas un dzirdes izraisīto garozas potenciālu mērījumu rezultātiem pirms un pēc terapijas kursa.

Daļa centrālās dzirdes traucējumu joprojām netiek diagnosticēti. Pētījuma rezultātā pierādīta jauna neirofizioloģiskas izmeklēšanas iespēja, kas var palīdzēt dzirdes traucējumu diagnostikā un medikamentozās terapijas izvērtēšanā.

Tēmas aktualitāte

Dzirdes saglabāšanai ir svarīga nozīme labas dzīves kvalitātes nodrošināšanā. Centrālās dzirdes traucējumu funkcijas izvērtēšana Latvijā līdz šim bijusi ierobežota. Tās izmeklēšanas pamatmetodi — runas audiometriju — iesaka veikt dzimtajā valodā, tāpēc bija svarīgi nepieciešamo valodas materiālu izveidot dzimtajā valodā.

Runas audiometrijā ietekme ir kognitīvajai funkcijai, turklāt nepieciešama aktīva pacienta līdzdalība. Promocijas darbā centrālā dzirdes funkcija tika pētīta arī ar Latvijā iepriekš neizmantotu elektrofizioloģisko metodi — dzirdes izraisītajiem garozas potenciāliem, kas atspoguļo akustiskā signāla analīzi dzirdes garozā un kam nav nepieciešama aktīva pacienta līdzdalība izmeklējuma procesā, tādējādi mazinot kognitīvās funkcijas ietekmi uz rezultātu.

Abas izmeklēšanas metodes ir neinvazīvas un sniedz iespēju izvērtēt centrālās dzirdes funkciju. Ieviešot jaunās metodes, tiek uzlabota slimību diagnostika klīniskajā otolaringoloģijā, turklāt tās ir informatīvas arī neurodeģeneratīvu slimību agrīnā diagnostikā un attīstības kontrolē, kā arī medikamentozās terapijas efektivitātes izvērtēšanā. Pagaidām nav zināmu vadlīniju centrālās dzirdes traucējumu medikamentozai ārstēšanai, tāpēc izvērtējām neirometabolismu veicinošu medikamentu ietekmi uz centrālās dzirdes funkciju. Runas uztveres slietkšana un akustiskā signāla pārvadīšanas ātruma izmaiņu salīdzināšana pirms un pēc iekšķīgas medikamentozas terapijas ir jauns paņēmiens terapijas efektivitātes pierādīšanai.

Darba novitāte

Promocijas darbā veikta kompleksa centrālās dzirdes funkcijas izpēte, izmantojot psihoakustiskās un elektrofizioloģiskās metodes. Psihoakustiskai centrālās dzirdes funkcijas izvērtēšanai izveidoti runas audiometrijas testi latviešu valodā pieaugušajiem, veikti elektrofizioloģiskie mērījumi, reģistrējot dzirdes izraisītos garozas potenciālus, noteiktas dzirdes izraisīto garozas potenciālu komponentu latenču vērtības. Tika pētīta centrālās dzirdes funkcija pacientiem pēc medikamentozas terapijas, analizējot runas audiometrijas un dzirdes izraisīto garozas potenciālu rezultātus pirms un pēc terapijas. Apkopojot divu izmeklēšanas metožu rezultātus, tika noteikti sensitīvākie rādītāji centrālās dzirdes traucējumu diagnostikā.

Darba mērķis

Darba mērķis bija raksturot centrālās dzirdes funkciju, noteikt centrālās dzirdes bojājuma psihoakustiskos un elektrofizioloģiskos kritērijus, izvērtēt medikamentozās terapijas ietekmi uz centrālo dzirdes funkciju pacientiem ar centrālās dzirdes traucējumiem.

Darba uzdevumi

1. Izveidot teikumu testus un dihotisko vārdu testus runas audiometrijai pieaugušajiem latviešu valodā.
2. Veikt runas audiometriju, nosakot runas uztveres sliekšni un dihotiskās runas uztveri cilvēkiem ar normālu dzirdi un pacientiem ar dzirdes traucējumiem.
3. Veikt dzirdes izraisīto garozas potenciālu mērījumus, noteikt un analizēt potenciālu komponentu rādītājus cilvēkiem ar normālu dzirdi un pacientiem ar dzirdes traucējumiem.
4. Analizēt runas audiometrijas un dzirdes izraisīto garozas potenciālu komponentu rādītāju korelācijas.
5. Noteikt un analizēt runas audiometrijas un dzirdes izraisīto garozas potenciālu rādītājus pacientiem ar centrālās dzirdes traucējumiem pēc medikamentozās terapijas.

Aizstāvēšanai izvirzītās hipotēzes

1. Runas uztveres sliekšņa un dihotiskās runas testi latviešu valodā — informatīva centrālu dzirdes traucējumu diagnostikas metode.
2. Dzirdes izraisīto garozas potenciālu latences ir pagarinātas pacientiem ar dzirdes un runas uztveres traucējumiem.
3. Runas uztveres rādītāji korelē ar dzirdes izraisīto garozas potenciālu komponentu latenci.
4. Dzirdes izraisīto garozas potenciālu latences pēc medikamentozas terapijas kursa saīsinās.

Promocijas darba struktūra

Promocijas darbs uzrakstīts latviešu valodā. Promocijas darbam ir šādas sadaļas: ievads, literatūras apskats, materiāli un metodes, rezultāti, diskusija, secinājumi un izmantotā literatūra. Kopējais darba apjoms ir 150 lappuses (t.sk. pielikumi), analītiski ilustratīvais materiāls apkopots 18 tabulās un ilustrēts 37 attēlos, ir trīs pielikumi. Literatūras sarakstā ietverti 290 izmantoto darbu nosaukumi.

Ētiskie aspekti, izpētes materiāls un metodes

Pētījumu veikšanai tika saņemta Rīgas Stradiņa universitātes Ētikas komitejas piekrišana (lēmums Nr. E-9 (2)/10.06.2010.). Darbs veikts VSIA Paula Stradiņa Klīniskās Universitātes slimnīcas Otolaringoloģijas klīnikā. Pētījumā izmantotās izmeklēšanas metodes iekļautas valsts akreditēto un sertificēto medicīnisko manipulāciju sarakstā un veiktas ar sertificētu un pēc ISO standartiem kalibrētu aparāturu.

1. LITERATŪRAS APSKATS

1.1. Centrālās dzirdes raksturojums

Centrālās dzirdes process ietver skaņas analīzi vairākos aspektos — skaņas īpašību izšķiršana, skaņas avota lokalizācija un lateralizācija, skaņu uztvere maskējoša trokšņa un izsīkstošas skaņas apstākļos, skaņas uztvere laikā, skaņu uztvere konkurējošu signālu apstākļos (dihotiska klausīšanās), skaņu sistematizēšana (ASHA, 2005). Centrālās dzirdes funkcijas traucējumi (*central auditory processing disorder* — CAPD, abreviatūra no angļu valodas) ir kompleksa akustiskā signāla analīzes un uztveres traucējumi centrālajā dzirdes sistēmā. Tas atbilst Amerikas Runas, valodas un dzirdes asociācijas (*American Speech Hearing Association* — ASHA, abreviatūra no angļu valodas) definīcijai (ASHA, 2005). Amerikas Audioloģijas akadēmijas (*American Academy of Audiology* — AAA, abreviatūra no angļu valodas) 2010. gada rekomendācijās norādīts, ka centrālās dzirdes traucējumu diagnozi var noteikt tad, ja konstatē vienas vai vairāku centrālās dzirdes procesam raksturīgu funkciju izmaiņas, kas traucēj akustiskās informācijas apstrādi (AAA, 2010).

Lielbritānijas un Ziemeļīrijas Apvienotās Karalistes Dzirdes traucējumu izpētes programmas komiteja (*United Kingdom Research Committee of Hearing Disorders*) 2011. gadā formulējusi centrālās dzirdes funkcijas definīciju: “Centrālās dzirdes procesa traucējumi rodas bojātu nervu funkcijas rezultātā, tos raksturo pasliktināta runas skaņas uztvere, izšķiršana, grupēšana, lokalizācija un sistematizēšana. Runas uztveri ietekmē arī uzmanība, valodas un citi kognitīvie procesi.”

Pacientu sūdzības par apgrūtinātu runas uztveri komplicētos klausīšanās apstākļos un troksnī liecina par centrālās dzirdes traucējumiem (Bellis, 2003; Chermak, 2002; Moore, 2006; Cacace & McFarland, 2005). Runas uztveres traucējumu patoģenēzi saista ar to mehānismu deficītu, kas nodrošina mērķtiecīgo jeb vajadzīgo runas signālu atšķirt no citiem līdztekus skaņas un runas signāliem (Cameron & Dillon, 2008a; Wilson & Burks, 2005). Traucējumi centrālās nervu sistēmas aksonu mielinizācijā, īpaši *corpus callosum* līmenī, tiek uzskatīti par vienu no centrālo dzirdes traucējumu iemesliem (Musiek et al., 1985). Lai gan joprojām ir daudz neskaidrību, tiek atzīts, ka šos traucējumus nosaka neirobioloģiskās izmaiņas tajās centrālās nervu sistēmas struktūrās, kas uztver un analizē akustisko signālu (Moore, 2006). Zināms, ka dzirdi un runas uztveri veido divi mehānismi — skaņas signāla analīze un šīs

informācijas lingvistiska apstrāde (Kalikow et al., 1977). Ja akustisko signālu nomāc maskējošs vai fona troksnis, runas uztveri var uzlabot dzirdi kompensējoša valodas asociatīvā uztvere (Legace et al., 2010). Runas uztveri troksnī sekmē lingvistika — semantika un leksika, kas ļauj paredzēt vārdu kontekstā, aizstājot dzirdes deficītu (Elliot, 1995). Viegļāk vārdus iespējams uztvert teikumā, nevis atsevišķi, bez konteksta (Boothroyd & Nittrouer, 1988). Runas uztveri troksnī ietekmē arī akustiskās informācijas plūsmas selektīvā uztvere (Cameron & Dillon, 2008a), analizējot akustiskās sekvences no ienākošo skaņu kopuma. Šie faktori nodrošina akustiskās informācijas uztveri no kāda noteikta skaņas avota (Micheyl & Oxenham, 2007; Persiae et al., 2008), analizējot to raksturojošās īpašības — lokalizāciju un intensitāti, spektru un laiku (Alain, 2007). Centrālās dzirdes funkciju tradicionāli izvērtē ar runas audiometriju, izmantojot psihoakustiskos testus (Musiek & Chermak, 2007). Centrālās dzirdes procesā iesaistītas plašas anatomiskās struktūras, to saistības un bojājumi var skart jebkuru no tiem. Centrālās dzirdes procesu ietekmē arī citas sensorās funkcijas — lingvistiskās un kognitīvās. Tāpēc runas audiometriju iesaka veikt dzimtajā valodā (Keith, 1995; Cameron et al., 2007a). Psihoakustisko testu veikšanai nepieciešama sadarbība ar pacientu un viņa aktīva līdzdalība, kas ne vienmēr ir pietiekama (Wilson et al., 2004; Cameron et al., 2006a). Tomēr runas audiometrija saglabājas kā pamata metode centrālās dzirdes funkcijas izvērtēšanā, par ko liecina liels publikāciju skaits šajā nozarē.

1.1.1. Dzirdes neirofizioloģija

Skaņu uztver iekšējās auss gliemeža Kortija orgāns, kurā lokalizētas sensorās šūnas, iekšējās un ārējās matiņšūnas. Gliemeža galvenā funkcija ir spēja izšķirt skaņas pēc to frekvences. Skaņas gliemezī tiek analizētas un sargrupētas pēc to veidojošo frekvenču sastāva, pirms iekšējās matiņšūnas tās pārveido nervu signālā, lai tālāk pa dzirdes nervu (dzirdes daļa no *nervus vestibulocochlearis*) informāciju novadītu uz galvas smadzenēm.

Frekvenču selekcija ascendējošajā dzirdes ceļā, dzirdes nerva šķiedrās, kohleārajos kodolos, kā arī smadzeņu garozas dzirdes zonā saistīta ar frekvenču analīzi gliemezī.

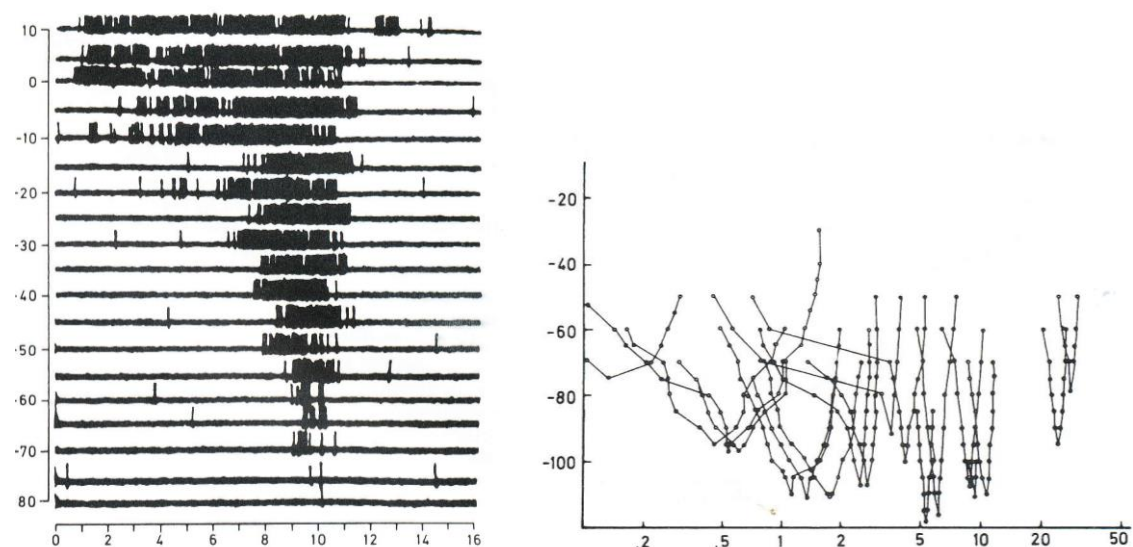
Frekvenču selekcijas izpēti veica fon Bekeši no 1928. līdz 1942. gadam, pētot cilvēka līķu ausis (von Bekesy, 1960). Šajā darbā pirmo reizi eksperimentāli tika noteikts, ka gliemezī norit ienākošo skaņu frekvenču analīze un ka bazilārās membrānas kustība ir kā ceļojošs vilnis. Pētījumos ar dzīvniekiem atklāja, ka bazilārās membrānas kustību rosina gliemeža šķidrums. Ceļojošā viļņa kustība sākas gliemeža pamatnē un turpinās galotnes virzienā. Skaņas vilnim virzoties pa bazilāro membrānu, tā amplitūda sākumā palielinās, bet pēc noteikta attāluma — strauji samazinās, līdz viļņa kustība izzūd. Attālums, ko vilnis veic, pirms tas sasniedz lielāko amplitūdu, ir tieši atkarīgs no skaņas frekvences, kas ierosina kustību. Tādējādi bazilārās membrānas vibrācijas amplitūda, atbildot uz zemfrekvenču skaņām, ir augstāka gliemeža galotnes tuvumā, kamēr augstfrekvenču skaņas ierosina lielākas vibrācijas bazilārās membrānas apakšējās daļās. Katrs bazilārās membrānas segments vibrē ar maksimālo amplitūdu, reaģējot uz noteiktu skaņas frekvenci atbilstoši frekvenču skalai bazilārajā membrānā.

Bazilārās membrānas vibrācijas aktivizē tajā lokalizētās sensorās šūnas, iekšējās un ārējās matiņšūnas, ko, savukārt, aktivizē noteiktas frekvences skaņa. Ārējās matiņšūnas morfoloģiski ir līdzīgas iekšējām matiņšūnām, lai gan tām ir tikai mehāniska funkcija. Ārējās matiņšūnas pastiprina bazilārās membrānas kustību pie zemas intensitātes skaņām vidēji par 50 dB, bet, skaņas intensitātei pieaugot, — to pavājina. Iekšējo matiņšūnu transdukcijas mehānismi nodrošina amplitūdu papildu samazināšanu, jo uz nervu šķiedrām iespējams novadīt tikai ierobežotas intensitātes skaņu. Bazilārās membrānas vibrācijas amplitūda pie fizioloģiskā līmeņa skaņām ir īpaši maza.

Skaņas frekvences dzirdes nervā reprezentējas divos veidos. Viens no tiem ir toņa frekvenču selekcija pēc frekvenču analīzes bazilārajā membrānā, bet otrs — skaņas reprezentācija laikā: bazilārās membrānas vibrāciju rezultātā tiek izraisītas atsevišķu nervu šķiedru izlādes noteiktā laikā. Tīrais tonis izraisa bazilārās membrānas daļas vibrāciju, kas atbilst šī toņa frekvencei, radot uzbudinājumu iekšējās matiņšūnās un no tām — dzirdes nerva šķiedrās.

Reaģējot uz skaņas frekvenci, kas sasniedz ausi, aktivizējas noteikta grupa iekšējo matiņšūnu, kā arī tās nervu šķiedras, kas inervē šīs matiņšūnas. Katra dzirdes nerva šķiedra konsekventi vislabāk atbild uz noteiktu toņa frekvenci. Frekvence, kurā nerva šķiedras atbildes sliekšnis uz toni ir viszemākais, tiek uzskatīta par nerva šķiedras raksturīgo frekvenci (CF). Nerva atbilde pavājinas uz toņiem, kuru frekvence ir zemāka vai augstāka par nerva šķiedrai raksturīgo frekvenci, ko tā uztver vislabāk. Atsevišķa dzirdes nerva šķiedras izlādes līmenis paaugstinās, kad stimula skaņas frekvence ir noteiktajā raksturīgajā diapazonā.

Frekvenču selekcija perifērajās dzirdes struktūrās, bazilārajā membrānā un dzirdes nervā paplašinās lielākas skaņas intensitātes apstākļos, par ko liecina bazilārās membrānas nelineārā kustība. Bazilārās membrānas nelineārās kustības līknes bija gandrīz identiskas dzirdes nerva šķiedru raksturīgajam frekvenču sliksnim. Tas apstiprina bazilārās membrānas frekvenču analizatora lomu (Khanna & Leonard, 1982; Sellic et al., 1982). Ārējās matiņšūnas darbojas kā motori, kas nodrošina nepieciešamo enerģiju, kura zaudēta, svārstoties bazilārajai membrānai. Ārējo matiņšūnu funkcijas traucējumu rezultātā dzirde pazeminās par 50–60 dB, kā arī samazinās frekvenču analīze gliemezī (Moller, 2000).

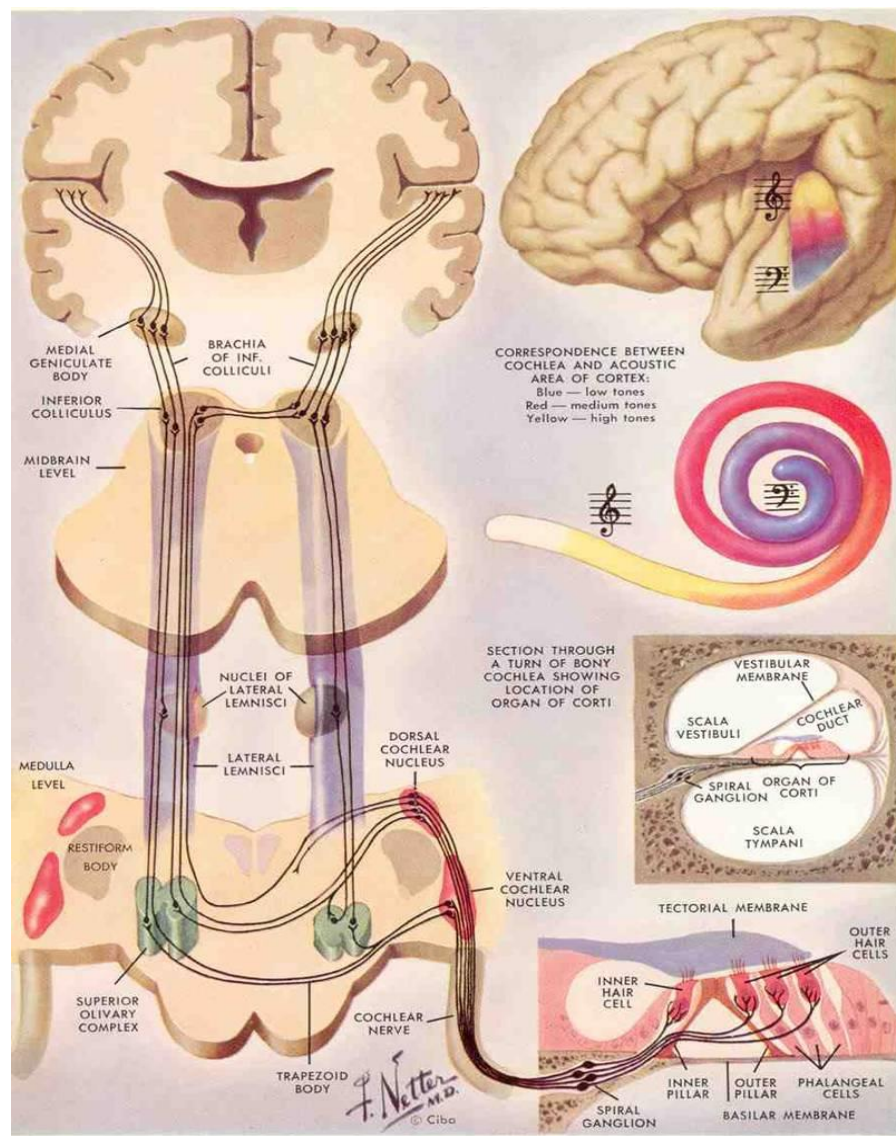


1.1. attēls. Vestibulokohleārā nerva kohleārās šķiedras sliksņi dažādu frekvenču toniēm (Pickles, 1988)

Katra no dzirdes nerva šķiedrām pamatā uztver noteiktas skaņas frekvences signālus, kā arī atsevišķas vistuvākās frekvences (1.1. attēls). Šī īpašība raksturīga neironiem visā ascendējošajā dzirdes ceļā (Pickles, 1988). Šāda neurofizioloģiskā organizācija nosaka skaņas tonotopiju arī smadzeņu garozas dzirdes laukos. Tas nozīmē, ka blakus neironi garozā atbild uz noteiktas frekvences skaņu un arī savai specifiskajai vislīdzīgāko frekvenču skaņām, radot garozas “frekvenču karti”.

Ascendējošais dzirdes ceļš ir sarežģīts. Akustiskās informācijas ceļu šķērso sinapšu pārejas katrā no trīs galvenajiem kodoliem: kohleārais kodols (*nucleus cochlearis*, NC), centrālais kodols *colliculus inferior* (*nucleus centralis colliculus inferior*, CCI) un *pars ventralalis corpus geniculatae medialis* (CGMv). Šķiedras no *lemnisci lateralis* šķērso viduslīniju, pievienojoties NC ar CCI (Chase & Young, 2005).

Brachia colliculi inferioris (BCI) savieno NC ar CGM_v, savukārt savienojas ar primāro (un sekundāro) dzirdes smadzeņu garozu (AI, AAF, PAF). Ascendējošo dzirdes ceļu šķērso arī citi kodoli, tādi kā *nuclei complexi olivarii superioris* (NCOS), *nuclei dorsalis lemnisci lateralis* (NDLL), *nuclei ventralis lemnisci lateralis* (NVLL) (1.2. attēls).



1.2. attēls. Ascendējošais dzirdes ceļš. No katras puses iekšējās auss, tai sekojošā dzirdes nerva un *nervus cochlearis* saņemtā skaņas informācija, pārvadīta caur *nucleus cochlearis* (NC), nonāk smadzeņu stumbra *olive superior*, kur notiek skaņas īpašību (garuma un intensitātes) diferenciacija (Pickles, 1988). Tālāk skaņas informācija no abām pusēm plūst caur vidussmadzeņu *inferior colliculus* (CI) uz neironiem, kas skaņas modulācijas apstrādā pēc amplitūdas un lokalizācijas telpā (Chase and Young, 2005), tālāk — uz *corpus geniculatae medialis* (CGM) *thalami* un no tā — uz *cortex auditivae*. CGM ir anatomiskā struktūra skaņas signāla informācijas plūsmas ceļā, kur sākas nepazīstamu signālu uztveršana un analīze (Anderson et al., 2009)

Visiem šiem kodoliem ir saistība ar neironiem, kas piedalās akustiskās informācijas apstrādē, tomēr kohleāro kodolu, COS kodolu un CCI kodolu neironu frekvenču sliekšņa līknes ir līdzīgas dzirdes nerva šķiedru frekvenču sliekšņa līknēm (Morest & Oliver, 1984). Vienkāršu skaņu, piemēram, tīro toņu frekvenču reprezentācija, ir konsekventa visā ascendējošajā dzirdes ceļā, bet par komplekso skaņu veiksmīgu apstrādi ascendējošajā dzirdes ceļā liecina akustiskās informācijas transformācija toņos. Lai arī ascendējošie dzirdes ceļi pārsvarā ir krustoti, ir saistība starp kohleāro kodolu un ipsilaterālo CCI, kā arī daudz saistību starp pretējo pušu kodoliem (Pickles, 1988). Informācija no abām ausīm sasniedz tos pašus COS un CCI neironus, ko uzskata par pamatu spējai uztvert skaņas avota virzienu. *Colliculus superior*, kas informāciju saņem no CCI, ir nozīmīgs akustiskā lauka uztverē (Chase and Young, 2005).

Dzirdes nervam ieejot kohleārajā kodolā, katra no šķiedrām sadalās. Viena no tām ieiet priekšējā ventrālajā kohleārajā kodolā (NCAV). Otra šķiedra sadalās vēlreiz, vienam atzaram ieejot aizmugurējā ventrālajā kohleārajā kodolā (NCPV), bet otram — kohleārā kodola mugurējā kodolā (NCD). Tas norāda, ka katra dzirdes nerva šķiedra inervē katru no trīs galvenajām kohleārā kodola daļām, tādējādi akustiskā informācija tiek apstrādāta trīs paralēlās ascendējošā dzirdes ceļa neironu populācijās. Kohleārajos kodolos ir noteikta tonotopiskā organizācija, kur katrai no kohleārā kodola trīs daļām ir sava frekvenču karte.

Kohleārā kodola galvenā funkcija ir signāla toņa analīze. Mazāk kohleāro kodolu neironu iesaistās, atbildot uz ātri mainīgu frekvenču toni salīdzinājumā ar atbildi uz lēni mainīgu frekvenču toņiem. Vairāk nervu impulsu tiek novadīti, ja toņa frekvence ir raksturīga noteiktā neirona frekvences sliekšnim. Ja stimula toņa frekvence mainās virs noteiktā līmeņa, atbildē iesaistīto neironu skaits palielinās. Par atšķirīgu signāla analīzes veidu kohleārajos kodolos salīdzinājumā ar dzirdes nerviem liecina laika histogrammu forma, kas iegūtas pēc stimula (Frisina et al., 1990, 1996). Kohleāro kodolu neironu izlādes līmeņi tiek modulēti lielākoties signāliem frekvencēs no 50 līdz 150 Hz, kamēr dzirdes nerva šķiedras modulē frekvences apmēram par vienu kilohercu.

Skaņas uztvere ar abām ausīm jeb binaurālā dzirde ir komfortablāka nekā ar vienu, un tā nodrošina labāku skaņas signāla uztveri gan troksnī, gan arī palīdz noteikt skaņas avota lokalizāciju. Binaurālās dzirdes funkcija sākas ar *Complex olivarii superioris* (COS), ko veido līniju veidā izvietoti kodoli smadzeņu stumbrā. COS tiek uzskatīts par perifēro līmeni, kur krustojas ascendējošais dzirdes ceļš.

Ja dzirdes spēja ir vienāda abās ausīs, skaņas virzienu iespējams noteikt ar lielu precizitāti. Vidē, kur runā vairāki runātāji, vai troksnī, binaurālā dzirde uzlabo spēju atšķirt vienu runātāju no otra. Spējai noteikt, no kuras puses nāk skaņa, pamatā ir laika starpība, kādā skaņa pienāk katrai no ausīm, kā arī skaņas intensitāte, kādu saņem katra no ausīm. Ja skaņas avots atrodas tieši pretī galvai vai tieši aiz mugurē, skaņa sasniedz abas ausis vienlaikus. Ja skaņa nāk no cita virziena, tā sasniedz ausis dažādos laikos, jo atrodas atšķirīgā attālumā no katras auss un no skaņas avota. Šis laika atšķirības lielums ir skaņas avota (ja vien tas ir konstants) azimuta tieša funkcija. Eksperimentāli pierādīts, ka interaurālā laika atšķirību var noteikt neironu lokā, kuriem ir atbilstības jeb koincidence detektori un dažādas kavēšanas līnijas COS mediāli augšējā olivārajā kodolā (*nucleus olivarii medialis superioris*, NMSO).

Koincidence detektori NMSO kodolos reaģē tikai tad, ja kairinājums saņemts abās ausīs vienlaicīgi (Yin & Chan, 1990). Šie koincidence detektori saņem uzbudinājumu no kohleāro kodolu šūnām ar dažādu garumu aksoniem. Šie aksoni darbojas kā kavēšanas līnijas, kas veicina koincidence detektoriem atbildēt uz skaņām, kuras sasniedz katru ausi citā laikā. Šī neironu populācija spēj noteikt interaurālu koincidencei azimutam līdz 180° ar laika diferenci 0,65 ms.

Interaurālā signāla intensitātes difference ir skaņas avota virziena noteikšanas pamatā un daudz vairāk atkarīga no skaņas virziena azimuta un skaņas spektra. Šo binaurālās dzirdes funkciju galvenokārt veic *colliculus inferior* neironi.

Colliculus inferior (CI) ir vidussmadzeņu kodoli ascendējošajā dzirdes ceļā. Anatomiski CI tiek iedalīts centrālajā kodolā (*nucleus centralis colliculi inferioris*, NCCI), ārējā kodolā (NXCI) un mugurējā garozā (*cortex dorsalis*, CD) (Morest & Oliver, 1986). NCIC neironi ir vidussmadzeņu releja kodols ascendējošajā dzirdes ceļā. NCIC šūnas saņem akustisko informāciju caur *lemniscus lateralis* galvenokārt no pretējās puses auss, bet arī no tās pašas puses auss caur *later lemniscus lateralis* kodoliem. NXCIC un CD pieder neklasiskajam dzirdes ceļam, akustisko informāciju tie saņem no CIC neironiem.

CIC centrālā kodola neironiem ir tonotopiskas īpašības līdzīgi kā perifērākie kodoli, tomēr to frekvenču specifiskums ir plašāks (Ehret & Merzenich, 1988). Eksperimentālie pētījumi skaņas avota lokalizācijas noteikšanai parādījuši CIC neironu atšķirīgo atbildi uz skaņas intensitāti. Gandrīz visi CIC neironi atbild uz stimuliem, ko saņem pretējās puses auss, un aptuveni 40 % neironu saņem stimulu no tās pašas puses auss. Ir vairāki anatomiski savienojumi starp abām vidussmadzeņu pusēm, kas piedalās

binaurālajā dzirdē: *colliculus inferior* komisūra, kas savieno abu pušu CI. Labās un kreisās puses *lemniscus lateralis* (LL) savieno NDLL un NVLL. Probstas komisūra savieno vienu no dorsālajiem LL kodoliem ar pretējās puses atbilstošo kodolu un CIC (Anderson et al., 2009).

Cilvēkiem dzirdes garoza lokalizēta dziļi deniņu daivas laterālajā fisūrā (*gyrus temporalis superior*) (*gyrus Heschel*) Brodmana 41. laukā.

Primārā dzirdes garoza (AI) saņem signāla informāciju no CGM ventrālā kodola. Savukārt no AI informāciju saņem citas garozas daļas — priekšējā un mugurējā dzirdes lauka (Winer & Prieto, 2001). Kreisās un labās puses primārās dzirdes garozas neironi ir saistīti caur *corpus callosum* (Clarke et al., 1995). Atsevišķas nervu šūnas primārajā dzirdes garozā atbild uz skaņām stereotipiskāk nekā perifērāk lokalizētie ascendējošā dzirdes ceļa kodoli. Dzirdes garozas neironi atbild uz stimuliem no abām ausīm, tie ir stingri sensitīvi uz laika intervālu, kādā stimulu saņēmusi katra no ausīm. Neironu atbildes uz tīrajiem toņiem parāda, ka šīm nervu šūnām ir frekvenču tonotopija. Primārā dzirdes garoza ir posms ascendējošajā dzirdes ceļā, kas ved uz smadzeņu centriem (asociatīvām garozas zonām), kur tiek interpretētas kompleksās skaņas — runa un mūzika.

1.1.2. Cilvēka uztverto skaņu raksturojums

Cilvēka dzirdes orgāni uztver skaņas, kas rodas, svārstoties gaisa videi. No fizikas viedokļa skaņa ir elastīgas vides (gāzveida, šķidras vai cietas) svārstības, ko raksturo spiediens (Pa), frekvence (Hz), ātrums vidē (m/s), intensitāte (W/m²) un viļņa garums (ē, m).

Cilvēkam uztveramo skaņu raksturo tās īpašības — toņa augstums, tembrs un lokalizācija. Svarīgākais faktors dzirdes procesā ir uztvert skaņas īpašību izmaiņas un atšķirības skaņu plūsmā.

Skaņas tonis. Skaņas tonis ir fizikāla skaņas kvalitāte, ko nosaka periodiski viļņi, kas atkārtojas pēc regulāra intervāla. Piemēram, balss toni nosaka saspriegtu balss saišu radītu ritmisku svārstību biežums.

Amerikas Nacionālo standartu institūts toņa augstumu definē kā skaņas īpašību, pēc kuras skaņas sakārtotas skalā no zemākās uz augstāko (ANSI, 1994). Toni raksturo skaņas regularitāte laikā. Svārstību skaitu vienā sekundē sauc par svārstību frekvenci. Frekvences mērvienība ir hercs (Hz). Viens hercs ir viena pilna svārstība sekundē. Visas

svārstības cilvēkam nav dzirdamas. Skaņu dzirdēt iespējams tikai tad, kad tās avota svārstība nav pārāk reta vai pārāk bieža. Lielākajai daļai cilvēku dzirdamo skaņu zemākā frekvence ir aptuveni 10–20 Hz, bet augstākā frekvence — ap 20 000 Hz.

Toņa akustiskās īpašības skaidro ar skaņas viļņa laika un spektra teorijām. Periodiskās skaņas veidojas no harmonijām, t. i., nedalāms salikts toņu kopums. Harmonijas galvenais skaņas noteicējs ir pamattonis, bet pārējie ir virstoņi. Pamattonis ir tonis ar viszemāko frekvenci, ko rada akustiskā sistēma. Tālāk frekvenču skalā atrodami dažādu kārtu virstoņi, turklāt attālums frekvenču skalā starp dažādiem virstoņiem ir viens un tas pats, tas nozīmē, ka blakus virstoņu frekvence atšķiras par vienu un to pašu lielumu.

Lielākajai daļai dabā sastopamo skaņu pamattoni atbilst zemākajai skaņas harmonijai. Kad svārstību enerģija no harmoniju zemākā toņa aizplūst, lai veidotu trūkstošo pamatskaņu, toņa uztvere saglabājas tik ilgi, kamēr saikne starp palikušajām harmonijām ir nemainīga. Līdzīgs fenomens novērots pētījumos ar pērtiķiem (Tomlinson & Schwartz, 1988) un putniem (Cynx & Shapiro, 1986), kā dzirdes sistēma iekļauj šīs toņa īpašības nervu impulsu darbībā. Skaņas augstums ir vienlīdzīgs toņa frekvencei.

Skaņas toņa augstums. Skaņas ar ātrāku atkārtošanās tempu izraisa augstāku toni — jo biežākas svārstības, jo augstāks tonis. Pēc toņa augstuma var atpazīt runātāju vai identificēt vairākus runātājus, novērtēt emocionālo stāvokli, atpazīt mūzikas skaņas (Smith et al., 2005).

Tomēr komplicētākām skaņām saistība starp toņu augstumu un frekvenču kompozīciju nav identiska, tas prasa sarežģītāku atbildes reakciju no nervu sistēmas. Laika teorijas norāda, ka toņu secību un īpašības identificē pēc darbības potenciāla laika, kalkulejot smaiļu autokorelāciju neironos (Cariani, 1999). Toņu augstuma laika modeļiem ir ierobežots frekvenču diapazons, jo pētījumi bija veikti ar dzīvniekiem, kuru dzirdes nerva šķiedras atbild uz frekvencēm tikai līdz 5000 Hz (Jonson, 1980).

Spektra teorijas apgalvo, ka dzirdes sistēma skaņas augstumu identificē, nosakot harmoniju sakrītību ar spektra šablonu (Cohen et al., 1995). Tādējādi toņa augstumu iespējams identificēt akustiskajos signālos, kur harmonijas ir neskaidras (Houstma & Smurzynski, 1990). Šie pētījumi liecina, ka dzirdes procesā tiek izmantoti spektra un laika teorijās aprakstītais toņa augstuma reprezentācijas mehānisms (Cheveigne, 2005). Savukārt troksnis ir neregulāras skaņas svārstības, daudzu dažādu frekvenču svārstību summa.

Skaņas tembrs. Skaņas tembrs ir lielums, kas raksturo skaņas subjektīvo uztveri. Skaņas tembrs ir atkarīgs no svārstību rakstura; tikai retos gadījumos skaņas svārstības ir harmoniskas, biežāk tām ir komplicēts raksturs. Tādējādi svārstību sastāvs nosaka tembru (Rolovs, 1989).

Tembru definē kā skaņas kvalitātes atšķirību skaņām, kam ir vienāds skaņas augstums, intensitāte, ilgums un lokalizācija (ANSI, 1994). Tembrs ir skaņas īpašības, ko nosaka skaņas spektra un laika raksturīgās pazīmes (Plomp, 1970).

Skaņas tembru nosaka arī skaņas sākums noteiktā laikā — skaņa sākas pēkšņi vai pakāpeniski. Skaņas avotu iespējams identificēt pēc tā radīto skaņu spektra atšķirībām arī tad, ja šo skaņu augstums ir vienāds. Šajā gadījumā tā ir svārstību enerģijas vienmērīga izplatība skaņas spektrā. Harmonijās katram no toņiem ir relatīvas amplitūdas, ko nosaka atšķirības skaņas kvalitātē, kas skan vienādā augstumā, intensitātē un lokalizācijā.

Cilvēka runā vibrējošas balss saites veido periodisku dažādu tembru skaņu, bet kā skaņas filtrs šo skaņu ietekmē rīkle, mute, mēle un deguna blakusdobumi. Šīs filtrēšanas rezultātā svārstību enerģija pārveidojas harmonijās, veidojot formantus, ko identificē kā patskaņus un līdzskaņus.

Centrālās dzirdes struktūrās tiek apstrādāts skaņas frekvenču kopums, kas ļauj skaņas augstumu atsevišķi izdalīt no lielākas frekvenču skalas, ko nosaka skaņas tembrs (Shamma, 2001).

Skaņas avota lokalizācija. Spēja lokalizēt skaņas avotu daudzām dzīvām būtnēm ir vitāli svarīga izdzīvošanai. Šīs funkcijas pamatā ir spēja noteikt signāla saņemšanas laiku un signāla intensitāti. Tā kā ir divas ausis, klausītājs saņem skaņu katrā no tām ar nelielu laika un intensitātes atšķirību, tādējādi centrālā dzirdes sistēma, analizējot skaņas signālus, kas nonāk katrā no galvas pusēm, iegūst informāciju par skaņas avota virzienu un lokalizāciju.

Objektīvi skaņu raksturo skaņas spiediena un intensitātes līmeņi, ko mēra īpašās vienībās — decibelos (dB). Cilvēkam vājākās sadzirdamās skaņas atbilst dažiem desmitiem decibelu, savukārt skaļākās skaņas sasniedz simts un vairāk decibelu. Visvājākās skaņas, ko cilvēks spēj saklausīt, sauc par dzirdes sliekšni.

1.1.3. Runas uztveri ietekmējošie faktori un binaurālā dzirde

Runas uztveri ietekmē ne tikai skaņas signāla īpašības, bet arī tādi faktori kā skaņas avota lokalizācija un fona troksnis (Plomp & Mimpen, 1979; Festen & Plomp, 1986; Plomp, 1986). Pētījumos, kur salīdzināts dzirdes sliekšnis normāli dzirdošiem cilvēkiem, lietojot maskējošu troksni, tādējādi simulējot vājdzirdību, ar cilvēkiem, kam ir sensoneirāls dzirdes pavājinājums, tika iegūti salīdzinoši līdzīgi rezultāti abām grupām (Humes et al., 1988; Dubno & Schafer, 1992). Šie rezultāti apstiprināja pieņēmumu, ka dzirdes spēja ir atkarīga ne tikai no atsevišķu skaņas spektru uztveres deficīta, bet arī no skaņas stimula prezentācijas apstākļiem, kas to būtiski ietekmē. Dzirdes sliekšnis paaugstinās cilvēkiem ar sensoneirālu vājdzirdību un normāli dzirdošiem cilvēkiem, uztverot tonālo signālu maskējošā troksnī (Humes et al., 1987; Zurek & Delhorne, 1987). Arī runas signāli, artikulācijas īpatnības vai apgrūtināši klausīšanās apstākļi paaugstina runas uztveres sliekšni, īpaši cilvēkiem ar dzirdes traucējumiem (Dubno & Dirks, 1989; Musiek & Chermak, 2003).

Veiksmīga komunikācija apgrūtinātos klausīšanās apstākļos — troksnī — atkarīga no spējas uztvert nepieciešamos akustiskos signālus no apkārtējās informācijas. To ietekmē ne tikai pasliktināta skaņas dzirdamība un perifērā dzirdes funkcija. Pētījumi liecina, ka tas vairāk saistīts ar toni un maskējošu troksni, nevis absolūto toņa līmeni. Tādējādi viens no svarīgākajiem faktoriem, kas rada runas uztveres traucējumus troksnī, saistīts ar nervu impulsu pārvades ātruma izmaiņām centrālajā nervu sistēmā. Pirmajos psihofizikālajos pētījumos par trokšņa ietekmi uz signāla uztveres sliekšni maskēšanai izmantoja balto troksni (Hawkins & Stevens, 1950). Trokšņa līmeņa paaugstināšana korelēja ar signāla pastiprinājumu (Phillips, 1990; Phillips & Kelly, 1992).

Binaurālo dzirdi nodrošina galvas smadzeņu un dzirdes struktūru labās un kreisās puses savstarpēja funkcionalitāte, kuras pamatā ir signāla interaurālā laika diference. Binaurālās dzirdes galvenā nozīme ir skaņas virziena uztverei (Bernstein, 2001), runas uztverei troksnī, kā arī spējai atšķirt runātājus starp vairākiem citiem (Wambacq et al., 2007).

Binaurāli dzirdes traucējumi var pavadīt arī sensoneirālu vājdzirdību (Jerger et al., 1999; Walden & Walden, 2005), apgrūtinot dzirdes palīgierīces lietošanu vienlaikus abām ausīm (Chmiel et al., 1997; Carter et al., 2001). Binaurālās dzirdes traucējumus novēro multiplās sklerozes pacientiem (Hendler et al., 1990), gados vecākiem cilvēkiem

(Harris et al., 2007), bērniem ar centrālās dzirdes, uzmanības un mācīšanās traucējumiem (Musiek & Chermak, 2007). 1998. gadā Carter un Musiek, izvērtējot binaurālu valodas uztveri, secināja, ka dzirdamība ar kreiso ausi ir ievērojami vājāka nekā ar labo ausi cilvēkiem ar dzirdes traucējumiem. Atšķirīgo dzirdes sajūtu katrā no ausīm saistīja ar izmaiņām *corpus callosum*. Viens no izskaidrojumiem, kas varētu apgrūtināt skaņu uztveri abpusēji protezētas dzirdes gadījumā, ir binaurālās dzirdes funkcijas traucējumi: saņemtais signāls vienā pusē traucē uztvert signālu, kas vienlaikus pienāk otras puses dzirdes struktūrām (Jerger et al., 1993; Allen, 2000). Toņu un arī atsevišķu vārdu uztveres testi neatspoguļo binaurālās dzirdes funkciju. Dzirdes palīgierīces efektivitāte ir labāka pie normālas binaurālās dzirdes. Lai uzlabotu binaurālās dzirdes funkcijas noteikšanas rezultāta kvalitāti, Plomp (1976) izveidoja teikumu testus, vairākkārt tos mainīja, jo toņu un arī atsevišķu vārdu uztveres testi neatspoguļo binaurālās dzirdes funkciju (Plomp & Mimpfen, 1979; Bronkhorst & Plomp, 1990).

Binaurālās dzirdes funkcijas izvērtē ar runas audiometrijas palīdzību. Runas uztveres pārbaudēs nepieciešama subjekta uzmanība un korektas atbildes uz stimulu, ko, savukārt, ietekmē arī kognitīvā funkcija, tādējādi tiek atspoguļots visu signāla uztveršanā un analīzē iesaistīto struktūru darbības rezultāts. Tas liecina, ka runas audiometrija kā subjektīva metode nav pietiekami sekmīga visās pacientu grupās.

1.1.4. Dzirdes kognitīvie aspekti un selektīvā dzirde

Ikdienas situācijās vienlaicīgi abās ausīs iekļūst masīvs akustiskās informācijas daudzums. Dzirdes procesā svarīga nozīme ir vienam no kognitīvajiem faktoriem — uzmanībai. Tas ir mehānisms, kas daļēji atlasa svarīgo informāciju, ignorējot nevajadzīgo. Piemēram, starp daudziem runātājiem mūsu uzmanību var saistīt runa, kurā saklausām savu vārdu (Wood & Cowan, 1995). Tādējādi uzmanību iespējams novirzīt viena runātāja sacītajam daudzu citu sarunu vidū. Turklāt ievērojama daļa šādi ignorētās informācijas tiek saglabāta atmiņā (Winkler et al., 2005).

Spēja veikt dzirdētā atlasī, sadalot uzmanību starp reizē saņemtiem akustiskiem signāliem, ir svarīga kognitīvā procesa sastāvdaļa. Centrālās dzirdes funkcijas izmeklēšanas metode, nosakot selektīvo dzirdes spēju, ir dihotiskā runas uztvere, kas izmantota arī mūsu pētījumā (Kimura, 1967; Musiek, 1988).

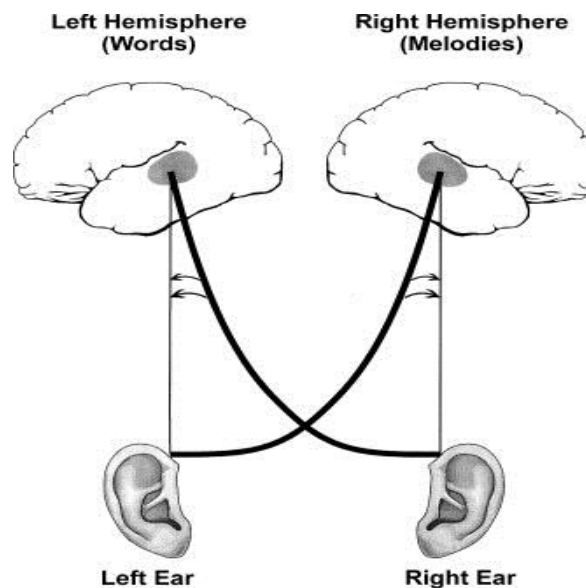
Dihotisko klausīšanās metodi izmanto dzirdes un atmiņas izvērtēšanai, kas saistīta ar ilgstošo un dalīto, īslaicīgo jeb operatīvo un mainīgo uzmanību. Uzmanībai ir nozīme, nodrošinot katru no šīm spējām. Ilgstošā uzmanība aktivizē uzmanību ilgstošā periodā, bet dalītā uzmanība nodrošina spēju vienlaikus uztvert vairāk nekā vienu stimulu.

Dihotiskās klausīšanās procedūrā caur audioaustiņām katrā no ausīm prezentē atšķirīgu skaņas stimulu. Katrā ausī atšķirīgu skaņas stimulu vienlaicīga atskaņošana katrā no ausīm rada konkurējošu skaņas analīzes procesu katrā pusē. Lai izvērtētu šo stimulu uztveri, klausītājam dzirdējais jāatkārto.

Dihotiskās klausīšanās metodi dzirdes vērtēšanai ieviesa *Broadbent* 1954. gadā. No 1961. gada šo metodi attīstīja *Dorina Kimura*, sākotnēji lietojot kā neinvazīvu izmeklējumu galvas smadzeņu funkciju un pusložu asimetrijas pētniecībā. Rezultātā tika atklātas valodas uztveres atšķirības labajā un kreisajā smadzeņu puslodē. Tika konstatēts, ka, klausoties verbālu signālu, pastāvīgi dominē labā auss, kas saistīta ar kreiso puslodi. Šis atklājums guva fenomenālu interesi un vairāk nekā 50 gadu tiek izmantots tūkstošiem dažādos modificētos izmeklējumos, pētot uzmanības un dzirdes mehānismus (Berlin & McNeil, 1976; Hiscock & Kinsbourne, 2011). ASHA (2005), *Jerger & Musiek* (2007) dihotiskos testus rekomendē kā daļu no minimālās centrālās dzirdes testu baterijas (Musiek & Chermak, 2007). Runas uztveres testus svarīgi veikt dzimtajā valodā, tāpēc bija nepieciešams tādus izveidot latviešu valodā.

Selektīvās uzmanības kognitīvos testus veido dažādi selektīvās uzmanības modeļu pārbaudes veidi, kuru pamatā ir modalitātes veids. Akustiskās informācijas plūsmā ir iespējama uzvedībai svarīgas informācijas atlase. Lai tā būtu noderīga, signāla analīzei jābūt pietiekami ātrai (Broadbent, 1957). Uzmanības traucējumi maina informācijas analīzes spēju (Lavie, 1995), tā var kļūt novēlota (Deutsch & Deutsch, 1963) vai nekvalitatīva (Treisman, 1964). To apstiprina attēlu diagnostikas metodes, kurās atspoguļojas modalitātes aktivitātes sensorajā garozā, ko pavada selektīvā uzmanība. Piemēram, fokusējot uzmanību vienai ausij dihotiskajā klausīšanās testā, tiek izraisītas aktivitātes kontralaterālajā dzirdes garozā (Alho et al., 1999; Jancke et al., 2001). *Wernicke* (1874) jau 19. gadsimtā atklāja, ka lingvistiskās spējas saistītas ar noteiktām smadzeņu daļām, jo kreisās smadzeņu puslodes bojājumus pavada runas spējas vai runas uztveres traucējumi. *Broca* (1861) kreisās puslodes mugurēji augšējo deniņu rajonu asociēja ar runas saprotamības funkciju, pieres apakšējo daļu — ar runas

spēju. *Kimura* (1961, 2011) dihotiskās runas uztveres pētījumi pierādīja kreisās smadzeņu puslodes dominanti (1.3. attēls).



1.3. attēls. Ascendējošais dzirdes ceļš (Kimura, 2011)

Veiksmīgāku skaņas stimulu uztveri labajā ausī nekā kreisajā ausī dēvē par labās auss pārsvaru (*right ear advantage*, REA). Ir divu veidu skaidrojumi labās auss pārsvaram, vienu no tiem pamato dzirdes anatomija un fizioloģija. Pētījumu rezultāti liecina, ka labās auss pārsvaru nosaka dzirdes nervu struktūru ceļš centrāli no krustošanās *corpus callosum*. Signāli no katras puses dzirdes perifērajām struktūrām tiek novadīti uz smadzeņu garozas abām pusēm: daļa pa kontralaterālo dzirdes ceļu — pretējo pusi no auss, otrā daļa pa ipsilaterālo ceļu — uz smadzeņu garozu tajā pašā pusē. Pētījumos pierādīts, ka kontralaterālie ceļi ir dominējošie dzirdes procesā. Stimuli, ko prezentē labajā ausī, šķērsojot *corpus callosum*, nokļūst kreisajā puslodē, kur notiek runas analīze. Savukārt stimuli no kreisās auss nokļūst labajā puslodē. Tiek uzskatīts, ka tieši nervu šķiedru krustošanās samazina signāla impulsu pārvadīšanas ātrumu, kas izpaužas ar kreisās auss vājāku dzirdi nekā ar labo ausi (Jerger et al., 1995). Izmeklējumu rezultāti liecina, ka lielāks labās auss pārsvars ir vecākiem cilvēkiem, ko skaidro ar vājāku signālu impulsu interhemisfērisko pārvadīšanu līdz ar novecošanās procesiem (Bellis & Wilber, 2001). Pavājinātas *corpus callosum* funkcijas dēļ runas signāla pārvade no labās puslodes uz kreiso ir kavēta, kas izpaužas ar pasliktinātu runas saprotamību, ja signāls iekļūst no kreisās auss (Jerger et al., 1995). Otrs izskaidrojums

labās auss dominējošajai lomai saistīts ar uzmanību, ko ietekmē descendējošie faktori. Verbālos stimulus labāk uztver labā puslode, tomēr tie aktivizē arī kreiso puslodi. *Corpus callosum* līdzsvaro aktivizāciju starp labo un kreiso puslodi, par ko liecina funkcionālās magnētiskās rezonanses izmeklējumu attēlos redzamā aktivitāte galvas smadzeņu kreisās puslodes *gyrus temporale superior et media*.

Dihotiskās dzirdes testi atzīti par visinformatīvākajiem izmeklējumiem centrālās dzirdes funkcijas izvērtēšanai salīdzinājumā ar citiem dzirdes testiem, jo vismazāk rezultātu ietekmē perifēro dzirdes struktūru funkcija (Musiek, 1983; Speaks et al., 1985; Hällgren et al., 1998). Publicēto pētījumu rezultāti liecina, ka sarežģīts valodas materiāls, piemēram, teikumi vai zilbes, ietekmē dihotiskās klausīšanās rezultātu (Wilson & Jaffe, 1996). Tādējādi dihotiskās runas testa valodas materiāla izvēlei ir būtiska nozīme dzirdes funkcijas izvērtēšanā.

1.2. Centrālās dzirdes traucējumu diagnostikas metodes

Centrālās dzirdes traucējumu patoģenēzē iesaistītas dažādas centrālās nervu sistēmas daļas. Tādējādi arī diagnostika ir sarežģīta un metodoloģija joprojām tiek attīstīta (Jerger, 1998). Pamatmetode dzirdes sliekšņa noteikšanai ir tonālā audiometrija.

Tonālā audiometrija ir subjektīvs, psihoakustisks mērījums, kurā nosaka subjekta tīrā toņa dzirdes sajūtas sliekšni 250, 500, 1000, 1500, 2000, 3000, 4000, 6000 un 8000 Hz frekvencē. Atsevišķos gadījumos tonālās dzirdes sliekšni nosaka arī augstajās frekvencēs — 8000, 10 000, 12 000, 14 000, 16 000 Hz.

Tonālās audiometrijas metode atspoguļo dzirdes funkciju kopumā. Lai spriestu par centrālo dzirdi, nepieciešams izvērtēt kompleksu skaņu dzirdes sliekšni, t. i., runas uztveri. Tāpēc centrālās dzirdes funkcijas izvērtēšanā toņu vietā izmanto runas signālus — zilbes, vārdus vai teikumus, un šo psihoakustiskās izmeklēšanas metodi sauc par runas audiometriju.

Runas audiometrija pazīstama kopš 20. gadsimta un joprojām ir svarīga centrālās dzirdes funkcijas izmeklēšanā. Amerikāņu audiologi *Musiek* un *Chermak* plaši pētījuši centrālās dzirdes funkciju, izmantojot vairākus testus, un apkopojuši klīniskā lietotos izmeklējumus, kas, viņuprāt, aptver dažādus kompleksu skaņu un runas percepcijas aspektus. Šīs pārbaudes tika veiktas, atskaņojot runas signālus abās ausīs vai vienā ausī, atskaņojot maskējošu troksni otrā ausī. Liela nozīme tika piešķirta dihotiskajiem testiem — vienlaicīgai dažādu signālu prezentācijai abās ausīs. Vēl

dzirdes funkciju vērtēja, nosakot spēju izšķirt signālus pēc frekvences un ilguma (Musiek & Chermak, 2007). ASHA iesaka centrālajā dzirdes testu baterijā iekļaut tonālo audiometriju, vārdu uztveres testu, dihotisko testu, frekvenču vai signāla ilguma noteikšanas testu un laika intervālu noteikšanu starp signāliem (ASHA, 2005). Jau 1986. gadā *Keith* izveidoja sijājošās diagnostikas testa bateriju SCAN angļu valodā, kas ir viena no visplašāk izmantotajām dzirdes pārbaudes metodēm bērniem. To veido konkurējošo vārdu, filtrēto vārdu tests un attēlu dzirdes tests. *Noffsinger* 1994. gadā kompaktdiskā “Tonālais un runas materiāls dzirdes percepcijas vērtēšanai” apkopoja centrālās dzirdes funkcijas testus pieaugušajiem: dihotiska runa, filtrēta runa, maskēšanas troksnis, kā arī toņi paraugi.

Runas audiometrijas testu efektivitāte centrālās dzirdes funkcijas izpētē daudz vērtēta normāli dzirdošu cilvēku populācijās, bet mazāk publikāciju ir par cilvēkiem ar dzirdes traucējumiem. Psihoakustisko testu sensitivitāte pierādīta centrālās nervu sistēmas bojājumu diagnostikā. Zināmākie no tiem ir dihotiskās ciparu tests, frekvenču izšķiršanas (diskriminācijas) tests, filtrētās runas tests. Jau 1961. gadā *Kimura* konstatēja, ka dihotiskais tests ir informatīvs garozas un smadzeņu stumbra patoloģiju gadījumā — tad rezultāti liecināja par vājāku centrālās dzirdes funkciju kontralaterāli smadzeņu bojājumam. Šo atklājumu apstiprināja arī *Musiek* (1983) centrālās dzirdes funkcijas pētījumi. Turpretī frekvenču izšķiršanas spēja, kā arī filtrētās runas (vārdi, kuru vidū izlaista zilbe) un vārdu uztveres testi nebija specifiski izmainīti pacientu grupā, salīdzinot ar normāli dzirdošo populāciju (Musiek et al., 1990). Arī dāņu audiologi secināja, ka dažādu veidu testu kopums sniegtu pilnīgāku informāciju, atklājot atšķirīgus centrālās dzirdes funkcijas aspektus (Neijenhuis et al., 1999).

1.2.1. Runas audiometrija centrālās dzirdes diagnostikā

Runas saprotamība atkarīga ne tikai no signāla skaļuma līmeņa, bet arī no satura un izrunas. Spēja saprast runu atkarīga no vairākiem faktoriem — klausītāja dzirdes sliekšņa, klausīšanās ar vienu vai abām ausīm, komunikācijas veida (klātienē, pa tālruni, radio), klausīšanās apstākļiem (klusumā, blakus runājoši, fona troksnī). Liekvārdība runā ne tikai uzlabo tās saprotamību troksnī, bet arī cilvēkiem ar dzirdes traucējumiem ļauj sekot runas saturam, lai gan viņiem ir dzirdes bojājums. Tādējādi relatīvi labos klausīšanās apstākļos runas saprotamība ir apmierinoša gan normāli dzirdošajiem, gan cilvēkiem ar dzirdes traucējumiem. Tomēr, parādoties nelabvēlīgākiem klausīšanās

apstākļiem, cilvēkiem ar normālu dzirdi runas uztvere nemainās, bet cilvēkiem ar dzirdes traucējumiem tā ievērojami pasliktinās. Papildu piepūli vai apgrūtinātu runas uztveri sarežģītākos klausīšanās apstākļos uzskata par centrālās dzirdes funkcijas traucējumu izpausmi (Plomp & Mimpfen, 1978; Kramer et al., 2009). Tā kā tonālā audiometrija nesniedz informāciju par centrālās dzirdes funkciju, tika veidoti testi, kas atspoguļo runas uztveri.

1976. gadā *Plomp* izveidoja teikumu testus dāņu valodā (Plomp, 1976). Tos izmantoja runas uztveres sliekšņa pārbaudēm, lietojot maskēšanas troksni. Līdzīgus teikumu testus 1977. gadā angļu valodā izstrādāja amerikāņu audiologs *Kalikow et al.* (1977).

Centrālās dzirdes funkciju plaši pētīja Austrālijas Audioloģijas biedrības zinātnieki, darba gaitā izveidojot jaunus runas uztveres testus. 2006. gadā austrāliešu audiologu grupa izstrādāja teikumu testus angļu valodā (LiSN-S@[Cameron & Dillon, 2006]), kā arī modificēja metodiku.

Runas uztveri apgrūtina komunicēšana valodā, kas nav dzimtā valoda. Tas izskaidro faktu, ka cilvēki ar dzirdes traucējumiem nereti sūdzas par grūtībām sarunāties svešvalodā, kā arī uztvert dialektus. Šā iemesla dēļ 2009. gadā austrāliešu izveidoto teikumu testu adaptēja atbilstoši amerikāņu angļu valodai, kas pazīstams kā Ziemeļamerikas teikumu tests NA LiSN-S (Cameron et al., 2009). ASV tika veikts pētījums divām cilvēku grupām ar normālu dzirdi — vienas grupas dalībniekiem angļu valoda bija dzimtā valoda, bet otrai grupai — valoda, kurā viņi ikdienā komunicē, tomēr kura nav viņu dzimtā valoda. Nosakot runas uztveres sliekšni angļu valodā, rezultāti pierādīja, ka runas audiometrijas rezultāti labāki ir cilvēkiem, kam angļu valoda ir dzimtā valoda.

Audiologi runas audiometrijā vārdu uztveres mērījumus lieto jau vairākus gadu desmitus, par ko liecina *Watson* un *Knudsen* publikācija 1940. gadā, *Haagen* — 1945. gadā, *Lynn* — 1962. gadā. Valodas materiāla izvēles dēļ šos darbus kritizējuši citi autori. Visbiežāk tiek lietoti fonētiski sabalansētu vārdu testi angļu valodā: PB-50, CID W-22 un NU-6. Šos testus runas uztveres sliekšņa pārbaudēm angļu valodā runājošo populācijā lieto 95% audiologu (Martin et al., 1994). Šajos testos iekļauti sarunvalodas vārdi.

Vairākās publikācijās minēts, ka nepieciešami dažādu veidu runas testi (Hagerman, 1982; Bronhorst & Plomp, 1990; Musiek & Chermak, 2007; Kraus et al., 2009; Tremblay et al., 2004). Nepieciešamība izveidot jaunus audioloģisko mērījumu

testus, kā arī uzlabot to lietošanas tehnisko procedūru formulēta arī starptautiskajā audioloģijas nozares projektā NATASHA (*Network And Tools for the Assessment of Speech and Hearing Ability*) 2000. gadā. Audioloģijas speciālistiem bija vienots viedoklis, ka runas materiālam jāatbilst ikdienā lietojamai valodai, ievērojot zināmos runas audiometrijas testu principus, piemēram, SISI testu (*Sentence Identification* testu angļu valodā, kas sastāv no teikumiem, ko prezentē vienā ausī, atskaņojot maskējošu troksni otrā ausī). Tādējādi runas audiometrijas testu rezultāti būtu salīdzināmi ar citās valodās veiktajiem.

Tā kā centrālās dzirdes funkcija ir runas saprotamība, tā ir atkarīga arī no satura un izrunas. Veidojot valodas materiālu, izmantoti teikumi, kuru saturs atbilst ikdienas sarunvalodai. Dzirdes pārbaudes tika veiktas dažādos klausīšanās veidos: gan ar abām ausīm, gan ar vienu ausi, otrā atskaņojot maskējošu troksni. Līdz šim nav noteiktu standartu runas audiometrijai.

Viena no cilvēkam raksturīgajām dzirdes īpašībām ir spēja uztvert runu. Tāpēc, pārbaudot dzirdi, būtu jālieto runas stimuli. Vienkāršākā metode, ko vēl joprojām lieto otolaringologi, ir čuksti, kurā jāklusās dzīva balss. Tā kā šī metode ir neprecīza — atkarīga no runātāja balss īpatnībām un telpas akustikas, nepieciešams standartizēts runas materiāls. Pirmie runas testi tika izveidoti tādēļ, lai diferencētu vidusauss, iekšējās auss un retrokohleāru bojājumu (Jerger, 1970). Vēlāk tika attīstīta runas audiometrija, lai identificētu pārmaiņas smadzeņu stumbra un smadzeņu garozas līmenī.

Runas audiometriju izmanto, lai izvērtētu ne tikai dzirdes traucējumus, bet arī dzirdes palīgierīču un kohleāro implantātu efektivitāti. Runas uztveres testu valodas materiāls veidots no ikdienas valodā lietotiem teikumiem. Plašāk pazīstamie valodas audiometrijas testi ir amerikāņu angļu valodā (HINT), ko 1994. gadā izveidoja Nilsson, dāņu valodā — 1976. gadā Plomp radītais runas uztveres tests, 1997. gadā Kollmeier un Wesselkamp — vācu valodā, 2005. gadā Vaillancourt — Kanādas franču valodā.

Runas audiometrijas klīniskā nozīme ir centrālās dzirdes traucējumu identificēšanā.

Svarīgs aspekts runas audiometrijā ir valodas materiāla ekvivalence, lai izmeklējumu rezultāti būtu salīdzināmi (Stockley & Green, 2000; Gelfand, 2000). Veidojot runas audiometrijas testus, valodas materiāla ekvivalenci nosaka, veicot dzirdes pārbaudes cilvēkiem ar normālu dzirdi.

Latviešu valodā līdz šim bija viens runas audiometrijas tests, t. i., docenta L. Burmeistera 1968. gadā izstrādātais vārdu tests, ko veido 50 fonētiski sabalansēti

vārdi. Daudzi audiologi uzskata, ka vārdu uztveres testi vērtēti kā nepietiekami informatīva un ticama centrālās dzirdes funkcijas pārbaudes metode (Mendel & Danhauer, 1997; Chermak et al., 1988; Sperry et al., 1997). Runas uztveres sliekšņa noteikšanai informatīvāki par vārdiem ir teikumi, kas labāk simulētu ikdienas sarunu valodu spektrāli un semantiski (Bronkhorst & Plomp, 1990). Turklāt pētījumu rezultāti rāda, ka, klausoties troksnī, runas uztvere mainās, jo troksnis dažādi izmaina katra vārda uztveri.

Hagerman (1982) izstrādāja teikumu testus runas uztveres mērījumiem troksnī. Runas materiālu veidoja 11 teikumu saraksti ar desmit teikumiem katrā no tiem. Teikumus veidoja pieci vārdi, kopumā testā bija 50 vārdu, no kuriem radīja dažādus teikumus, digitāli kombinējot. Teikumi izveidojās kā nejaušu vārdu savirknējums — bez nozīmes. Šāda veida tests atšķiras no citiem zināmiem teikumu testiem, tāpēc rezultāti nav ar tiem salīdzināmi.

Cita zviedru zinātnieku grupa izveidoja runas uztveres testu ar ikdienas sarunvalodai raksturīgu valodas materiālu — zviedru valodas dzirdes testu troksnī (Swedish HINT). Tas ir adaptēts tests no angļu valodas, ko izstrādāja *Hällgren* (2006). Oriģinālais teikumu materiāls ir amerikāņu angļu valodas HINT (*American English Hearing in Noise Test*) (Nilsson et al., 1994).

Runas uztveres grūtības un saprotamības pasliktināšanos bieži saista ar dzirdes sliekšņa paaugstināšanos. Sensoneirālas vārdzirdības gadījumā dzirdes pavājinājumu novēro frekvencēs, kur dzirdes sliekšnis ir pazemināts. Ja dzirdes pavājinājums pieaug un parādās pasliktināta runas uztvere, ko vēl vairāk apgrūtina troksnis, jāizvērtē arī centrālās dzirdes traucējumu klātbūtne. Pierādīts, ka runas uztveri troksnī sekmē skaņu atpazīstamība — iepriekš dzirdētu skaņu uztvere troksnī ir atvieglota. Tā ir viena no centrālās dzirdes īpašībām, kas ar gadiem attīstās, pieaugot klausīšanās pieredzei (Ahissar, 2007). Tāpēc tiek izmantoti arī digitāli sintezēti teikumi bez semantikas, ar nejaušu vārdu virknējumu, piemēram, *Cranford & Romereim* (1992) SSI-ICM tests (*sentence identification with ipsilateral competing message*).

Runas uztveres sliekšņa testi joprojām tiek lietoti plaši, jo tie atspoguļo pacienta reālo dzirdes sajūtu un runas uztveri, tāpēc mēs veidojām runas uztveres sliekšņa testus latviešu valodā, kas būtu līdzīgi vai efektīvāki nekā zināmie testi citās valodās. Dihotisko klausīšanos kā vienu no pamatmetodēm lieto ne tikai dzirdes traucējumu diagnostikā, bet arī kā papildizmeklēšanas un sijājošās diagnostikas metodi galvas

smadzeņu patoloģiju diferenciāldiagnostikā, kur iesaistīta dzirdes funkcija (Musiek, 1983; Hiscock & Kinsbourne, 2011).

Centrālās dzirdes disfunkcija atzīta kā Alcheimera slimības priekšvēstnesis, tāpēc vecākiem cilvēkiem ar runas uztveres traucējumiem rekomendē valodas audiometriju (Gates et al., 2011). Šiem cilvēkiem konstatē vājāku runas uztveri kreisajā ausī, ko izskaidro ar atrofiskiem procesiem *corpus callosum* un baltajā vielā subkortikāli. Skaņu uztveres un analīzes traucējumi pavada multiplo sklerozi (Jung et al., 2006), šizofrēniju (Fisher et al., 2008), atmiņas traucējumus un Alcheimera slimību (Gates et al., 2008), arī autisma sindroma pacientiem neurofizioloģiskās izmaiņas garozas dzirdes izraisīto potenciālu komponentu (Ferri et al., 2003; Lepisto et al., 2008).

Līdzīgi citiem psihoakustiskajiem testiem runas audiometrija ir subjektīva metode, kuras realizēšanai nepieciešama laba sadarbība ar pacientu, sagaidot pacienta atbildes uz testa signāliem (Divenyil et al., 2005).

Centieni radīt jaunas metodes vai uzlabot pašreizējās arvien turpinās. Tiek radīti sarežģīti akustisko signālu modeļi, variējot maskējošā trokšņa iedarbības intensitātes frekvenci vai prezentēšanas veidu. Šādām pārbaudēm nepieciešams ilgs laiks, atbilstošs tehniskais nodrošinājums un galvenais — pacienta līdzestība.

1.2.2. Elektrofizioloģiskie izmeklējumi dzirdes diagnostikā

Dzirdes izraisītie garozas potenciāli (*cortical auditory evoked potentials*, CAEP) neirozinātnes uzmanības lokā nonāca jau 1960. gadā. Šo metodi adaptēja no elektroencefalogrāfijas metodes, lai izmantotu dzirdes sliedzņa mērījumiem pacientiem, kas nevar izpildīt psihoakustiskos dzirdes testus (Davis, 1965; Coles & Mason, 1984; Richards et al., 1996). 1971. gadā tika izveidota dzirdes izraisīto smadzeņu stumbra potenciālu metode (ABR), ko joprojām izmanto perifērās dzirdes struktūru funkcijas izmeklēšanai (Jewett & Williston, 1971).

Elektroencefalogrāfija (EEG) ir neinvazīva, objektīva metode galvas smadzeņu neironu aktivitātes reģistrēšanai. Elektriskos potenciālus ģenerē liela neironu skaita sinhrona aktivitāte, kurus mēra ar noteiktās pozīcijās uz galvas ādas virsmas novietotiem elektrodiem. Starp elektrodiem nosaka potenciālu starpību mikrovoltos (μV). Atsevišķa neirona aktivitāte ir vāja, lai to reģistrētu elektroencefalogrāfiski, bet vairāku simtu neironu sinhrona aktivitāte izraisa EEG signālu.

EEG mērijumi atspoguļo smadzeņu darbības ātrumu ar milisekundes precizitāti skaņas reprezentācijas dažādos posmos — no skaņas fizikālo īpašību fiksēšanas līdz skaņas diskriminācijai, atmiņai, saglabāšanai un kognitīvās uztveres aspektam (Näätänen & Winkler, 1999).

Elektroencefalogrammas grafisko atspoguļojumu ietekmē galvas struktūras (smadzeņu audi, cerebrospinalais šķidrums, galvaskausa kauli, skalps). Neironi, kas izraisa elektroencefalogrāfijas signālu, galvenokārt lokalizēti garozā. Uzskata, ka EEG signāli nāk no garozas šūnu postsinaptiskajiem potenciāliem, kuras novietotas perpendikulāri garozas virsmai, tādējādi sinhronā izlāde un voltāžas stiprums ir pietiekami liels, lai tiktu reģistrēts (Picton et al., 1995).

Elektroencefalogrāfijas signāls ietver multiplu sinhronu galvas smadzeņu neironu darbības kopumu. Lai izvērtētu smadzeņu funkciju, ko ietekmē kāds sensora vai psiholoģiska rakstura notikums (piemēram, skaņas vai redzes stimuli), nosaka EEG aktivitāti šā stimula darbības laikā. Dzirdes izraisītos garozas potenciālus (CAEP) iegūst elektroencefalogrāfijas laikā, klausoties skaņas stimulus. CAEP viļņveida līknes morfoloģiju veido pozitīvu un negatīvu voltāžas izmaiņu rezultātā radušies komponenti — viļņu virsotnes jeb pīķi (Bukard et al., 2010). Šie komponenti parāda laiku milisekundēs, t. s., latences no skaņas stimula prezentācijas sākuma līdz garozas atbildes reakcijai. Komponentu latences atspoguļo smadzeņu garozas atbildes uz stimulu, ko ietekmē stimula īpašības, atbilstošo reaģējošo smadzeņu struktūru lokalizācija, elektrodu novietojums uz skalpa.

Dzirdes izraisīto garozas potenciālu (CAEP) fizioloģiskie mehānismi ir sarežģīti, to izpēte aizvien turpinās, par ko liecina daudz publikāciju (Alho et al., 1999; Näätänen, 2001, 2007, 2011; Moore, 2002; Bukard et al., 2010; Billings et al., 2011; Cone & Whitaker 2013). Vairāki atklājumi par cilvēku garozas dzirdes funkciju iegūti pētījumos ar dzīvniekiem (Basta et al., 2005). Pēdējos gados interese par dzirdes izraisīto smadzeņu garozas potenciālu metodi pieaugusi (Näätänen & Picton, 1987; Jerger et al., 1999; Purdy et al., 2002; Escera et al., 2002; Novitsky et al., 2004; Winkler et al., 2005). Lai izvērtētu indikācijas dzirdes korekcijai, dzirdes traucējumu diagnostika kļūst aktuāla.

Elektrofizioloģiskie izmeklējumi ir svarīga diagnostikas sastāvdaļa, izvērtējot garozas un zemgarozas funkciju traucējumus (Song et al., 2008). Tā ir objektīva, neinvazīva metode, kas atspoguļo neirofizioloģisku atbildi uz skaņas stimulu.

Elektrofizioloģiskās metodes priekšrocība ir tā, ka samazināta vairāku faktoru ietekme, t. i., mērijumus var veikt bez klausīšanās uzdevuma subjektam, kam

nepieciešama uzmanības un kognitīvās funkcijas iesaistīšanās, kas parāda visu dzirdes procesā iesaistīto struktūru kopējo atbildes reakciju.

Literatūrā ir tikai daži ziņojumi par akustiskā signāla uztveri troksnī, kas pētīta ar elektrofizioloģisko metodi, t. s., dzirdes izraisītiem garozas potenciāliem. Ar šīs metodes palīdzību no skalpa elektrodiem iegūtie mērījumi atspoguļo neironu populāciju reakciju uz skaņas stimulu, kā arī apstākļos, kad stimulu prezentē maskējošā troksnī. Parasti CAEP viļņu morfoloģiju raksturo ar latenci un amplitūdu. Amplitūda parāda atbildes intensitāti (mikrovoltos), bet latence — laiku (milisekundēs), kad reģistrē atbildi uz signālu. Šīs voltāžas maiņas rodas pēc postsinaptiskas potenciālu izlādes un iesaistīto neironu sinhronās aktivitātes ietekmē (Eggermont, 2007). Dzirdes izraisītos garozas potenciālus veido vairāki komponenti. Daļa no tiem atspoguļo centrālās dzirdes sistēmas talamokortikālā segmenta neironu sinhrono aktivitāti, ko ietekmē akustiskā signāla īpašības (Martin & Jerger, 2005; Eponiene et al., 2008; Harris et al., 2007).

Dzirdes struktūrās laiks ir skaņas signāla sensorā kairinājuma galvenais mainīgais lielums. Dzirdes funkcijas kvalitāti nosaka signāla veiksmīga analīze visos dzirdes sistēmas posmos noteiktā ātrumā (Näätänen et al., 2005; Moore, 2002).

Izraisīto potenciālu metodei ir vairākas priekšrocības. Metode ir neinvazīva. Otra svarīga šīs metodes priekšrocība ir tās izmantojums bez aktīvas izmeklējamā subjekta sadarbības un atbildes, kas nepieciešamas runas audiometrijā, — izmeklējumus iespējams veikt, izmantojot pasīvo stimula klausīšanās veidu, tādējādi samazināta kognitīvā un uzmanības ietekme (Picton et al., 2000).

1.2.3. Dzirdes izraisīto potenciālu komponenti un to raksturojums

Dzirdes izraisīto garozas potenciālu atbildes uz skaņas signālu sekvencēm nosaka, mērot voltāžas izmaiņas starp references elektrodu un elektrodu, kas novietots uz skalpa. Dzirdes izraisītos garozas potenciālus izšķir pēc to parādīšanās laika no skaņas stimula darbības sākuma elektrofizioloģiskās atbildes līknē. Elektrofizioloģiskās atbildes agrīnā fāze atspoguļo nervu impulsu pārvadi dzirdes ceļa sākuma posmā no kohleārā nerva līdz smadzeņu stumbram. Tie ir dzirdes izraisītie smadzeņu stumbra potenciāli (*auditory brainstem response*, ABR) un ģenerējas pirmajās 10–12 sekundēs pēc stimula sākuma. ABR parāda aferentās aktivitātes pārvadīšanu subkortikāli, kura tālāk tiek novadīta uz primāro dzirdes garozu (Näätänen & Winkler, 1999; Zatorre, 2002, 2004). Dzirdes izraisītos smadzeņu stumbra potenciālus plaši izmanto dzirdes

funkcijas izvērtēšanai jaundzimušo vecumā (Alho et al., 1999; Song et al., 2008; Eponiene, 2008), izmanto arī pacientiem bez samaņas komu diagnostikā. Šī metode palīdz izvērtēt dzirdes funkciju perifērajā un zemgarozas līmenī, bet nesniedz informāciju par centrālās dzirdes funkciju. Pēc ABR seko vidējās latences atbildes (*middle latency response*, MLR), t. i., 10–50 sekundes pēc stimula sākuma. Vidējās latences atbildes raksturo ar pozitīvo komponentu P0 (latence 10–15 ms), negatīvo komponentu Na (latence 19–25 ms) un otru pozitīvo komponentu Pa ar latenci ap 30 ms (Amendo & Diaz, 1998). Šie komponenti ģenerējas *thalamus* un primārajā smadzeņu garozā, tiem seko vēlīnākais no MLR komponentiem Pb jeb P50 (latence 50 ms), kas ģenerējas laterāli no primārās smadzeņu garozas (Woods & Clayworth, 1986). Lai gan MLR atspoguļo atbildi uz stimulu, kas analizēts garozā, šajā posmā specifiskas atbildes īpašības tomēr netiek fiksētas, jo neironu ķēde, kuru aktivizē specifisks stimul, ātri atgriežas kairinājuma līmenī, kāds tas bija pirms stimula, un neļauj šīm īpašībām saglabāties laikā. Tas nozīmē, ka neironiem, kuru funkcija rada izraisīto potenciālu atbildes, ir īss izlādes periods (Kandel et al., 2000).

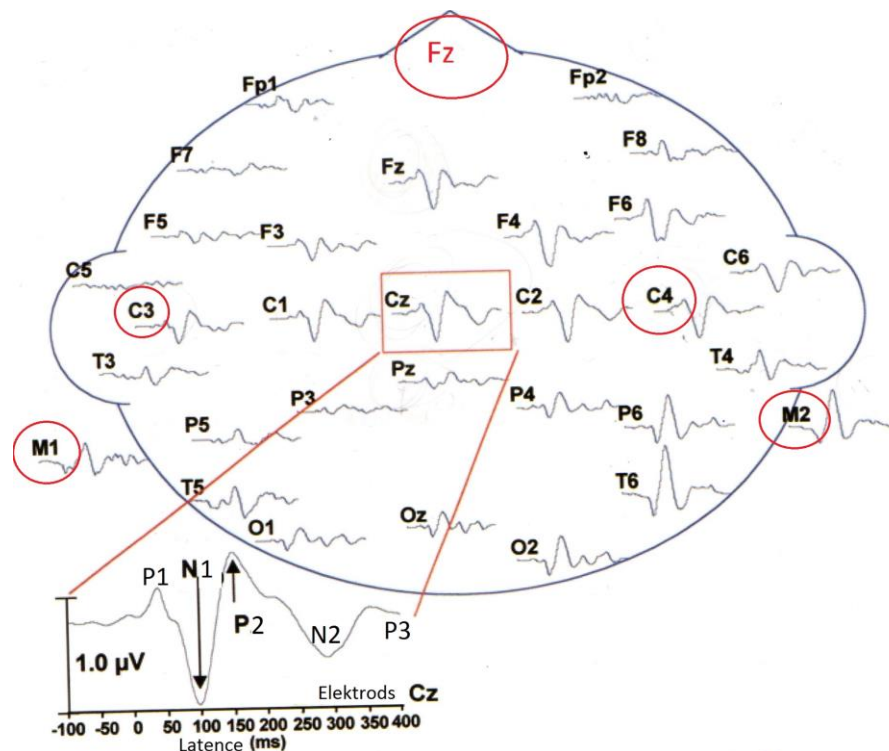
Vidējo latenču atbildēm seko garās latences atbildes (*long latency response*, LLR), kas atspoguļo neironu atbildes reakciju centrāli no smadzeņu stumbra. LLR komponenti parāda dzirdes stimula uztveres un kognitīvo procesu, arī atmiņu un uzmanību (Näätänen & Picton, 1987). Garās latences atbildes un vēlīnie CAEP komponenti ir mainīgi, tomēr to mainība ir mazāk izteikta salīdzinājumā ar smadzeņu stumbra atbildēm. Iegūstot CAEP atbildes, reaģējot uz dažādiem skaņas stimuliem, iespējams pētīt garozas dzirdes funkciju (Stapells, 2002). *Kurtzberg* (1991), *Jerger* (1996) un *Moore* (2006) konstatēja, ka cilvēkiem, kuri sūdzas par apgrūtinātu dzirdi, ir normāla ABR un MLR, bet izmainīta LLR atbilde. Šie atklājumi liecina, ka, izvērtējot dzirdes funkciju, būtu jāveic ne tikai smadzeņu stumbra dzirdes izraisīto potenciālu mērījumi, bet arī dzirdes izraisīto garozas potenciālu mērījumi, pretējā gadījumā garozas segmenta disfunkcija paliek nedagnosticēta.

Vēlīnie dzirdes izraisītie smadzeņu garozas potenciālu komponenti atspoguļo dzirdes stimula uztveres un kognitīvo apstrādi, ietverot atmiņu un uzmanību. Atbilžu komponentus apzīmē pēc to polaritātes — pozitīvie P, negatīvie N, numurējot pēc kārtas, palielinoties latences garumam: P1, N1, P2, N2, P3.

Lai veiksmīgi lietotu dzirdes izraisīto potenciālu metodi klīnikā, nepieciešami normatīvie dati un vienota metodoloģija. LLR ir garozas atbildes, ko iedala divās kategorijās: eksogēnos un endogēnos potenciālos. Eksogēnie potenciāli ir sensorie

potenciāli, ko var izraisīt ar standarta skaņas stimulu — atkārtotu, identisku stimulu sēriju. Eksogēno potenciālu komponentus P1, N1 un P2 sauc par obligātajiem garozas dzirdes izraisīto potenciālu komponentiem, jo to parādīšanās elektroencefogrammā liecina, ka signāls ir uztverts, pat ja šiem stimuliem nepievērš uzmanību (Stapells, 2002). Parasti šie komponenti parādās 100–300 ms pēc stimula sākuma un ir atkarīgi no stimula jeb skaņas fizikālajām īpašībām — intensitātes, frekvences un biežuma (Näätänen et al., 2007). Eksogēnajiem komponentiem seko garākas latences endogēnais komponents P3, kas atspoguļo iekšēji ģenerētu, ar notikumu saistīto (veltot uzmanību noteiktiem stimuliem) stimula kognitīvo uztveri (Sussman et al., 1999; 2006; Sanders & Poeppel, 2007).

Atbildes reakcijas tipiskos viļņu pīķus apzīmē atbilstoši to potenciālu starpības polaritātei starp references elektrodiem uz aizauss pauguriem (M1 un M2 pozīcijās) un aktīvo elektrodu uz *vertex* (Cz pozīcijā): P — pozitīvie pīķi, N — negatīvie pīķi attiecībā pret y asi elektroencefogrammā (1.4. attēls).

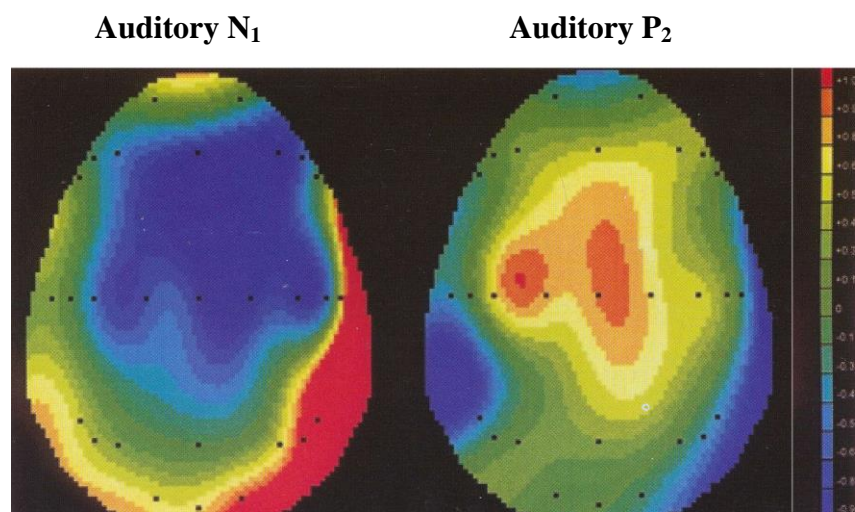


1.4. attēls. Dzirdes izraisīto garozas potenciālu elektrofizioloģiskā līkne. Pozitīvie komponenti P1, P2 un P3 un negatīvie komponenti N1 un N2 no elektroda Cz 65 dB skaņas stipruma intensitātē un elektrodu novietojums uz galvas 10/20 sistēmā (Jasper, 1958). Dzirdes izraisīto garozas potenciālu mērījumiem raksturīgais elektrodu novietojums uz skalpa (apvilkti ar sarkanu līniju): aktīvie elektrodi — pozīcijās Cz, C3 vai C4, references elektrodi — aizauss apvidū M1 un M2, zemes elektrods — Fz

Pieaugušajiem garās latences dzirdes izraisītie potenciāli uz EEG līknes parādās ar nelielas amplitūdas komponentu P1 50 ms pēc stimula sākuma. Intracerebrālie pētījumi cilvēkiem parādījuši, ka galvenā neironu aktivitāte, kas izraisa pozitīvo atbildi P1, ģenerējas Hesla rievā deniņu daivā, t. i., no sekundārās dzirdes garozas (Liegeois & Connely, 2008; Ponton et al., 2000). Pozitīvajam EEG līknes komponentam P1 parasti seko izteikti negatīvais komponents N1 60–100 ms pēc stimula sākuma. Garozas dzirdes izraisīto potenciālu komponents N1 ir lielākās amplitūdas negatīvi polarizētā garozas atbilde uz skaņu (Sharma et al., 1997, 2006; Trembley et al., 2003). N1 atbilde atbilstoši stimula sliekšņa līmenim korelē ar skaņas sajūtu uztveri, un tās amplitūda pieaug, palielinot skaņas intensitāti (Näätänen & Picton, 1987; Hyde, 1997).

N1 atspoguļo dzirdes garozas funkciju puslodē un aktivitāti starp puslodēm (Ponton et al., 2000; 2002), nevis tikai aferento aktivitāti primārajā dzirdes garozā. N1 avots ir vairāku struktūru neironu aktivitātes kopums (Kujala et al., 2007). Galvenais N1 avots ir dzirdes smadzeņu garozā supratemporāli uz *vertex*. N1 avoti lokalizēti arī laterāli temporālajā un frontālajā daivā. Supratemporālajam N1 ir relatīvi garš refrakcijas periods (viļņa virziena maiņa), 10 sekunžu ilgs, ko ietekmē stimula specifiskums (Shaddock et al., 2001; Escera et al., 1989).

Par skaņas frekvences tonotopisku reprezentāciju dzirdes galvas smadzeņu garozā (Yago et al., 2001; Znamenskiy & Zador, 2013) liecina tas, ka N1 amplitūda palielinās pie lielākām frekvenču atšķirībām starp stimulu toņiem, bet samazinās, atkārtotot tās pašas frekvences toni. Ir pētījumi, kur uzrādīta līdzīga N1 morfoloģija pie atšķirīgas skaņas frekvences stimuliem (Näätänen et al., 2004).



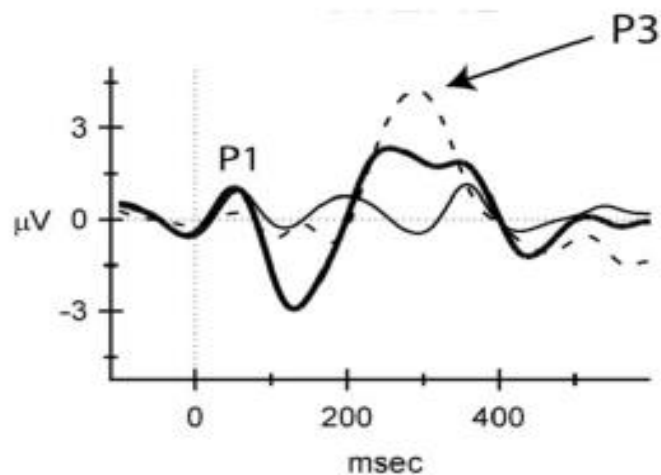
1.5. attēls. Smadzeņu garozas aktivitāte, atbildot uz akustisku stimulu magnētiskās encefalogrāfijas attēlos (Eponiene et al., 2008)

Uzskata, ka N1 parāda neironu operatīvo atmiņu, kas nodrošina atkārtotu, bet atšķirīgas frekvences stimulu vieglu diskrimināciju, par pamatu uzskatot aferento neironu adaptācijas spēju (Näätänen & Winkler, 1999; Ehret & Merzenich, 1988). Tādējādi N1 komponents atspoguļo kompleksus smadzeņu mehānismus, kas piedalās gan stimulu pārvadē, gan stimula īpašību atpazīšanā un izšķiršanā. N1 amplitūdas dažādās vecumgrupās atšķiras, bērniem vecumā līdz 3 gadiem šis komponents neparādās. Tas liecina par garozas struktūru saistību izmaiņām dažādos vecumos (Eponiene et al., 2008). Pozitīvais komponents P2 seko negatīvajam komponentam N1. Uzskata, ka tas ģenerējas deniņu daivā *gyrus temporalis superior anterior* (Giard et al., 1990; Haris et al., 2007; He et al., 2008) 180–220 ms pēc stimula sākuma (Ponton, 2000).

Aiz komponenta P2 seko negatīvais komponents N2, kura latence pieaugušajiem ir 220–270 ms intervālā pēc stimula sākuma. Uzskata, ka N2 ģenerēšanās avots lokalizēts supratemporāli, iekļaujot arī frontālo reģionu. Pieaugušajiem N2 amplitūda ir neliela ($\leq 1 \mu\text{V}$), pieaugušajiem N1 latence ir garāka nekā bērnu vecumā (Eponiene et al., 2008). 1.5. attēlā redzama smadzeņu garozas aktivitāte, atbildot uz akustisku stimulu magnētiskās encefalogrāfijas (MEG) attēlos atbilstoši MEG potenciālu komponentiem N1 un P2.

P3 ir viens no dzirdes izraisīto garozas potenciālu komponentiem (Näätänen et al., 2005; Polich & Herbst, 2000; Polich, 2007), kas ir visvairāk pētītais ar notikumu saistītais potenciāls (*event related response*, ERP).

Komponenta P3 īpatnības pētītas gan pacientiem saistībā ar kognitīvu disfunkciju, gan arī veseliem cilvēkiem. Secināts, ka komponentam P3 ir liela nozīme cilvēka smadzeņu vairāku funkciju izpētē, to izmanto arī centrālās dzirdes funkcijas izvērtēšanā (Brown et al., 1983). Komponenti P3 ir arī nozīmīgs rādītājs sistemātiskā uzmanības, atmiņas un ar tām saistīto kognitīvo funkciju pētniecībā (Picton et al., 1984, 2000; Mulert et al., 2004). P3 ir pozitīvais ERP komponents ar pīķa latenci ap 300 ms (270–500 ms) pēc stimula saņemšanas (1.6. attēls).



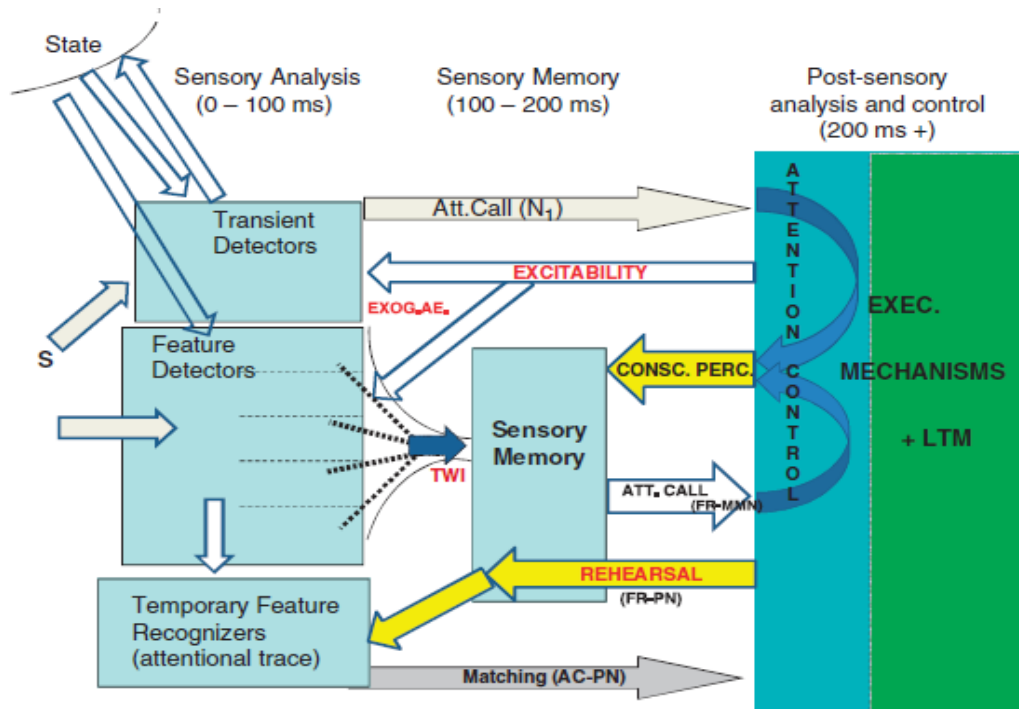
1.6. attēls. Dzirdes izraisīto garozas potenciālu komponenta P3 amplitūda pēc klausīšanās veida: ar uzmanību uz skaņas stimulu (pārtrauktā līnija) un nepievēršot uzmanību skaņas stimulam (nepārtrauktā līnija) (Martin et al., 2008).

P3 kā dzirdes smadzeņu garozas atbilde tiek vērtēta ar dažādu stimulu palīdzību. Parasti tos izraisa, lietojot dzirdes stimulus, kas sastāv no standarta stimuliem, starp kuriem atskaņo retus atšķirīgus skaņas stimulus. Aktīvās klausīšanās gadījumā subjektam jāsadzird atšķirīgie stimuli, kas jāapstiprina, reaģējot uz tiem, — balsī vai testa beigās nosaucot skaitu.

Komponentu P3 iespējams noteikt arī pasīvas klausīšanās procesā, nepievēršot signālam uzmanību. Šajā gadījumā subjekta uzmanība skaņas signāla uztveres brīdī ir novērsta, dzirdot stimulu, piemēram, lasot (Näätänen & Winkler; 1999). Uzskata, ka P3 reprezentē plaša smadzeņu lauka reakciju (Polich & Criado, 1998; Martin et al., 2008).

1.2.4. Dzirdes sensorā atmiņa

Skaņas stimulu raksturo arī tā prezentācija laikā, kur piedalās īslaicīgā jeb operatīvā atmiņa, lai nodrošinātu neironu saskaņotu un vienotu darbību dzirdes procesā (Broadbent, 1954; Berti et al., 2004). Pēc dzirdes izraisīto garozas potenciālu rezultātiem Näätänen (2011) izstrādājis shēmu, kurā attēlots sensorās atmiņas un centrālās dzirdes process, kā arī dzirdes funkcija, klausoties uzmanīgi un bez uzmanības (1.7. attēls).



1.7. attēls. Dzirdes modelis, klausoties ar uzmanību un bez uzmanības. Pienākot skaņas stimulam, dažādi detektori (*transient detectors*) ļoti ātri izanalizē skaņas īpašības. Pēc tam dažādie skaņas īpašības analizējošie detektori (*feature detectors*) savstarpēji integrējas laika logā (*TWI* — *Temporal Window of Integration*). Šīs integrētās sensorās informācijas akumulācija sensorās atmiņās (*Sensory Memory*) mehānismos, kas attīstās laika periodā un nodrošina uztvertās sensorās informācijas kopumu, t. i., centrālu skaņas reprezentēšanos (Näätänen & Winkler, 1999). Šāda centrālā reprezentēšanās uzmanīgi tiek apgūta pēc uzmanību piesaistošā signāla intensitātes, ko izraisa dinamiskas stimula īpašības, kuras iezīmē CAEP komponenta N1 amplitūda. Ja vēlāk parādās atšķirīgs stimuluss, tad šīs izmaiņas aktivizē sensoro atmiņu, kā rezultātā parādās CAEP komponentu komplekss P1, N1, P2 (MMN). Selektīvās uzmanības laikā izpildes mehānismi (*Executive Mechanisms*) izmanto jaunu sensorās atmiņas informāciju, lai izveidotu uzmanības ceļu (*Attentional Trace*) laika šablonu ātrai ienākošās informācijas selekcijai. Šīs selekcijas mehānisms pastāvīgi atkarīgs no aktīvas darbības un atkārtotas informācijas saņemšanas, kas ļoti ātri dod iespēju klausītājam uztvert nepieciešamo informāciju no konkurējošo akustisko stimulu plūsmas (Näätänen et al., 2011)

Sensorā atmiņa uztver dzirdes stimulu, apvienojot tā īpašības (skaņas tembru, ilgumu laikā un frekvenci, saturu), — tā ir centrālā dzirdes procesa dzirdes garozas agrīnā funkcija. Stimula analīzes rezultātā skaņas objekts reprezentējas sensorā atmiņā, t. i., tiek uztverts un saglabāts neironā. Tālāk to iespējams aizvadīt uz asociatīvajām un sensorajām garozas daļām, pateicoties kortiko–kortikālajām šķiedrām (Zatorre, 2002). Dzirdes sensorās atmiņas funkcija ir informācijas integrācija īsos laika periodos un saglabāšana tālākai apstrādei (Sussman & Winkler, 2001; Sussman & Gumenyuk, 2005). Uzskata, ka dzirdes sensorajā atmiņā norit divu veidu procesi: 200–300 milisekundes

ilga iniciālā īsā sensorās atmiņas fāze un aptuveni 10 sekundes ilga garā sensorās atmiņas fāze informācijas saglabāšanai (Ennaceur et al., 1988). Tā ir automātiska. Sensorās atmiņas stadijā automātiski tiek analizētas skaņas un saglabāta saistība starp toņiem. Tie pārveidojas īslaicīgā informatīvā toni raksturojošā formā, kas ir atkarīgs no *lobus temporalis superior* saistībām. 22. Broca lauks aktivizējas, klausoties un saprotot vārdus, kā arī klausoties mūzikas skaņas, ko atspoguļo funkcionālās magnētiskās rezonanses izmeklējumi (Celsis et al., 1999).

CAEP izmeklējumi liecina, ka dzirdes izraisīto garozas potenciālu latenču izmaiņas palīdz atšķirt akūtas epizodes no hroniskas slimības un noteikt slimības ilgumu šizofrēnijas pacientiem (Devrim-Ücok. et al., 2008). Pētījumos secināts, ka CAEP varētu izmantot kā biomarķierus medikamentozās terapijas efektivitātes novērtēšanā šizofrēnijas pacientiem (Näätänen & Kähkönen, 2009; Fischer et al., 2008). Šie dati liecina par elektrofizioloģisko diagnostikas metožu perspektīvu neirozinātnes attīstībā, arī centrālās dzirdes traucējumu padziļinātā izpētē nākotnē.

Augstākā, centrālā līmeņa skaņas stimula apstrādes, kam nepieciešama kognitīvā funkcija, agrīnā un sensorās atmiņas fāze sākas ar toņu analīzi. Vēlīnajā stimula analīzes fāzē ļoti svarīga nozīme ir uzmanībai. Apzinātu uzmanību ierosina apkārtnes stimuli, kurus subjekts vēlas dzirdēt. Saņemot signālu, sākas tā īpašību analīze (Anderson et al., 2009; Anderson & Kraus, 2010). Uzskata, ka mobilizējas papildu nervu resursi selektīvam stimulam no apkārtnes uz nepieciešamo informāciju, ko tālāk apstrādā smadzeņu garozā (Johnson & Yetkin et al., 2004; Zatorre, 2005). Noteikto neirofizioloģisko signālu pastiprina izvēlētajā elektrofizioloģiskajā kanālā (veicot CAEP) (Pantev et al., 2000; Sussman et al., 2002). Apzinātās uzmanības ietekmēšana ļauj detalizēti analizēt dzirdes stimula elektrofizioloģiju noteiktā laika periodā (Cēponiene et al., 2008). Skaņas stimula uztvere centrālajā dzirdes sistēmā aptver plašāku centrālās nervu sistēmas daļu, iesaistoties lielākam skaitam neironu nekā dzirdes neirofizioloģiskā sākuma posmā (Scott & Johansrude, 2003).

Svarīgs akustiskās informācijas signālu analīzes aspekts ir spēja sagrupēt skaņas un atpazīt dzirdētās skaņas, kas sevišķi būtiski ietekmē mūzikas skaņu uztveri. Analizējot apkārtnes skaņas, nepieciešama uzmanība, kas uztver vajadzīgo informāciju no skaņu kopuma (Sussmann & Winkler, 2001). Ir svarīgi, lai ar katru ienākošo toni zināma parauga skaņas reprezentācija tiktu uzlabota. Arī bez fona trokšņa parauga reprezentācijas process parāda, ka akustisko stimulu var interpretēt dažādi un ik indivīdam tas atšķiras (Basta et al., 2005). Signālu konteksta zināšanas ir strukturētas

detalizētā toņu saistību reprezentācijā, kā arī balstītas uz iepriekš dzirdēto un jau iegaumēto skaņu kopām. Akustiskais signāls nav tik pastāvīgs un ilgstošs kairinājums kā citu sensoro sistēmu kairinātāji, piemēram, redzes procesā. Tāpēc centrālā nervu sistēma, analizējot skaņas stimulu, izmanto iepriekš saņemto un saglabāto informāciju. Liela daļa elektrofizioloģisko pētījumu saistīti ar automātisko, pasīvo uztveri (Mueller et al., 2008). Akustiskā stimula pasīvās uztveres (bez uzmanības) mehānismu izskaidro ar atmiņas teoriju (Näätänen et al., 2005). Šī teorija apgalvo, ka galvas smadzeņu garozas struktūru saistības uztver akustiskos signālus, saglabājot atmiņā. Šī atmiņa tiek izmantota pasīvajā skaņu uztverē — pazīstamu vai iepriekš nezināmu skaņu apstākļos. Ar laiku atmiņa pakāpeniski var pavājināties, bet pastāvīgi tiek arī papildināta ar jaunu akustisko informāciju. Uzskata, ka dzirdes izraisīto potenciālu vēlīnie komponenti ir indikatori, kas atspoguļo skaņas reprezentāciju garozā (Kujala et al., 2007). Lielākajā daļā pētījumu izmanto vairākus stimulus, kas atšķiras ar akustiskā signāla fizikālajām īpašībām (signāla frekvenci, ilgumu, intensitāti), lai, analizējot neurofizioloģisko parametru izmaiņas, izvērtētu signāla uztveri nepieciešamo īslaicīgo uzmanību, kas atspoguļo kognitīvās spējas (Sussman & Gumenyuk, 2005).

1.2.5. Skaņu analīze smadzeņu garozā un to vērtējuma klīniskais izmantojums

Sensorā atmiņa, ko saista ar dzirdes izraisīto garozas potenciālu komponentu P1, P2 un N1 parādīšanos, īslaicīgi saglabā signālu centrālajā dzirdes sistēmā, lai turpinātu tālāku signāla analīzi. Sensorā atmiņa ir relatīvi automātiska, ilgst dažas sekundes, kas ir svarīgi, lai uztvertu runu (Bukard et al., 2010). Par to liecina neurofizioloģisko reakciju ātruma palielināšanās, uztverot sekojošo signālu frekvenču vai tembra izmaiņas, kas korelē ar dzirdes izraisīto garozas potenciālu latences saīsināšanos (Näätänen et al., 2007).

Dzirdes izraisīto garozas potenciālu komponentu parametri liecina par saistību arī starp sensorās atmiņas skaņas īpašību uztveri un šo īpašību saskaņošanu ar ilglaicīgās atmiņas zināmo modeli (Näätänen, 2011). Uzskata, ka stimula pilna analīze veikta tikai tad, ja šis stimulds uztverts kā potenciāli svarīgs un ir ierosinājis uzmanību (Rinne et al., 2000). Pētījumi apstiprina, ka lielākas dzirdes izraisīto garozas potenciālu komponentu latenču izmaiņas izraisa dzimtās valodas, nevis svešvalodas klausīšanās

(Näätänen et al., 1997). Tas norāda, ka fonēmu ilglaicīgā uztvere aktivizējas sensorās atmiņas līmenī.

Dzirdes izraisītos garozas potenciālus iegūst, izmantojot dažādus skaņas stimulus. Visbiežāk lieto neverbālus akustiskos stimulus — toņus vai klikšķus. Akustisko stimulu garums laikā un frekvence dažādos pētījumos atšķiras (Sharma et al., 1997; Stapells, 2002). Lietojot runu vai fonēmas, dažādu autoru publikācijās potenciālu rezultāti ir ļoti atšķirīgi, jo šo stimulu analīzē iesaistās plašākas neironu populācijas nekā pēc neverbāliem stimuliem (Whiting et al., 1998; Tervanemi et al., 2000). *Picton* (2000) un *Ostroff* (1998) dzirdes izraisīto garozas potenciālu iegūšanai rekomendēja lietot dzīvu runu, jo izmeklējumu galvenais mērķis ir iegūt rezultātus, kas atspoguļo runas uztveri ikdienas dzīvē. Dzīvo runu veido pēc garuma un frekvences dažādas skaņas un parasti pārsniedz tonālo stimulu garumu, tāpēc nav piemērotas potenciālu reģistrēšanai (Tremblay et al., 2003). Rezultātus ietekmē gan balss īpašības, gan runas stimula daudzveidīgas patskaņu un līdzskaņu kombinācijas zilbēs (Sharma et al., 1997; Pilotti & Beyer, 2002), tādējādi radot pārāk lielu stimulu dažādību, kas apgrūtina rezultātu izvērtēšanu.

Precīza skaņas uztvere starp daudzām citām skaņām nepieciešama tam, lai saprastu runu, mūziku. Dabiskā vidē skaņas spektru veido daudzveidīgas harmonijas plašā frekvenču spektrā, tāpēc pētījumos lieto sinusoidālos toņus, ko veido ne tikai harmoniskas sastāvdaļas. Tiek izmantoti arī kompleksi stimuli, kas sastāv no standarta stimuliem, starp kuriem iekļauti atsevišķi atšķirīgi stimuli, kas no standarta stimuliem atšķiras ar fizikālajām īpašībām — frekvenci, garumu laikā, intensitāti (Escera et al., 2000). Plaša spektra frekvenču harmoniskie toņi izraisa lielāku amplitūdu potenciālus nekā tīrie toņi, bet augstākas frekvences skaņas stimuliem to izšķirtspēja uzlabojas (Zaltz, 2010). Dzirdes izraisīto garozas potenciālu frontocentrālās izplatības polaritāte uz skalpa ir pretēja elektrodiem, kas ir zemāk par *fissurae Sylviani*. Tas norāda par ģeneratoru lokalizāciju abpusēji supratemporālajai dzirdes smadzeņu garozai (Giard et al., 2000). Lai identificētu dzirdes zonas lokalizāciju garozā, veikti pētījumi, izmantojot dažādas metodes: kognitīvās metodes, intrakraniālos mērījumus dzīvniekiem un cilvēkiem, magnetoencefalogrāfiskā signāla avota modelēšanu cilvēkiem (Pekkonen et al., 1995), funkcionālo magnētisko rezonansi (Celsis et al., 1999), pozitronu emisijas tomogrāfiju (Tervanemi et al., 2000), kā arī dzirdes izraisītos garozas potenciālus. Šādu izmeklējumu rezultāti apstiprināti arī pētījumos pacientiem ar smadzeņu bojājumu (Alho et al., 1994) un skalpa blīvuma mērījumos (Rinne et al., 2000).

Uzskata, ka dzirdes izraisītie garozas potenciāli atspoguļo salīdzinoši būtiskas atšķirības starp pirmreizējā stimula ierosināto nervu signālu un atkārtota iepriekšējā stimula (ar dažādām fizikālajām īpašībām) izsauktu signālu, kas saglabāts sensorajā atmiņā. Šo funkciju nodrošina neironi, kas ģenerē dzirdes izraisītos garozas potenciālus supratemporālajā dzirdes garozā. Uzmanību izraisošais signāls aktivizē galvas smadzeņu garozas darbības, kas pakāpeniski pievērš uzmanību uztveramajam signālam. Būtiskākais pierādījums, kas apstiprina dzirdes izraisīto garozas potenciālu ģenerēšanās mehānisma lomu uzmanības izraisīšanā, ir signāla vāja uztvere, kad parādās nepazīstama vai izmainīta skaņa, kas izraisa dzirdes potenciālus. Atšķirīgie toņi izraisa palēninātu atbildi, kam raksturīga novēlota komponenta parādīšanās — pagarināta latence laikā — pēc signāla saņemšanas (Scgröger et al., 2000). Pētījumos izmanto atšķirīgu frekvenču signālus, salīdzinot ar standarta stimulu. Tādējādi aktivizējas lielāks neironu skaits, palielinās aktivitāte, kas, savukārt, būtiskāk ietekmē dzirdes izraisīto potenciālu atbildi (Yago et al., 2001).

Standartizētus elektroencefalogrāfijas un dzirdes izraisīto smadzeņu stumbra potenciālu mērījumus veic kā rutīnas izmeklējumus. Dzirdes izraisītos garozas potenciālus pagaidām lieto galvenokārt pētnieciskos nolūkos, lai gan ir ļoti daudz publikāciju, kas raksturo šīs metodes klīnisko nozīmi centrālās dzirdes funkcijas noteikšanā (Sharma et al., 2006; Näätänen, 2011). Komponenta P3 atspoguļo arī uzmanību un operatīvo atmiņu, tāpēc izmeklējumi izmantojami gadījumos, kad jāizvērtē kognitīvās pārmaiņas saistībā ar novecošanos, vai neirodeģeneratīvo slimību gadījumā (Polich & Herbst, 2000). P3 liecina arī par stimula izmaiņu automātisku uztveri pirms uzmanības uz to (Berti et al., 2004).

Dzirdes izraisīto garozas potenciālu lietderība var būt daļēji ierobežota komponentu normālās vērtības un noteiktā izmeklējuma metodikas trūkuma dēļ (Golding et al., 2009; Bukard et al., 2010). Komponenta P3 reģistrēšanās potenciālu līknē norāda, ka smadzeņu funkcionalitāte, kas nepieciešama operatīvās atmiņas darbībai, ir aktīva (Jankowiak & Berti, 2007). Tas liecina par stimula veiksmīgu reprezentēšanos centrālajā nervu sistēmā (Polich, 1989). P3 amplitūda ir proporcionāla uzmanības resursiem dotajam uzdevumam (Trejo et al., 1995; Kramer et al., 2009) un asociējas ar atmiņu (Zatorre, 2002). Tādējādi P3 amplitūdu var uzskatīt par centrālās nervu sistēmas aktivitātes indikatoru, kas liecina par ienākošās akustiskās informācijas analīzi, kad tā iekļaujas stimula atmiņas procesā. Komponenta P3 amplitūdas izmaiņas ataino informācijas uztveres kvalitāti. Uzskata, ka komponents P3 raksturo kompleksa

stimula uztveri (Friedman et al., 2001) un nav atkarīgs no percepcijas laika. Šīs īpašības P3 padara par līdzekli, ar ko noteikt kognitīvo funkciju. Tādējādi P3 latence ir informācijas analīzes laika rādītājs, kas nepieciešams pirms atbildes ģenerēšanās, tas ir sensitīvs neurofizioloģiskās aktivitātes laika mērījums, kas ir pamatā uzmanības un atmiņas funkcijai. Turklāt P3 latence negatīvi korelē ar mentālo funkciju normāliem subjektiem. Īsāka P3 latence asociējas ar augstāku kognitīvo reakciju. Neiropsiholoģiskie testi korelē ar P3 latenci un atspoguļo, cik ātri subjekts mobilizē uzmanību signālam. Komponenta P3 latence pagarinās, ja kognitīvā spēja pazeminās, piemēram, demences gadījumā (Saletu et al., 1995). Tas norāda, ka P3 tieši asociējas ar kognitīvo spēju neiroloģiski veseliem, labi dzirdošiem cilvēkiem (Peiffer et al., 2009).

P3 komponentu par informatīvu izmeklējumu sāka uzskatīt, pētot demences pacientus, kuriem konstatēja pagarinātu komponenta P3 latenci salīdzinājumā ar veseliem cilvēkiem (Goodin et al., 1978a). P3 latence pagarinās, ja pasliktinās kognitīvā funkcija, pat ja nav konstatēta mentāla patoloģija (Polich, 1998). P3 latences pagarināšanās novērota neiroloģisku slimību gadījumā, pēc galvas traumām (Homborg et al., 1986; Newton et al., 1990). Komponentu P3 izmanto arī tādu psihiatrisku slimību kā alkoholisms, depresija un šizofrēnija gadījumā (Boutros et al., 1997). Pētījumu rezultāti liecina, ka CAEP komponents P3 ir klīniski nozīmīgs rādītājs kognitīvās funkcijas izvērtēšanai (Näätänen, 2001, 2008; Bell et al., 2010), tāpēc P3 ģenerēšanās ietekmējošos mehānismus darbības precizēšanai turpina pētīt.

Ir maz pētījumu par trokšņa ietekmi uz dzirdes izraisīto garozas potenciālu rezultātiem (Billings et al., 2009).

Dzirdes izraisīto garozas potenciālu atbildes uz signālu troksnī izskaidro ar garozas neironu dinamisku pielāgošanos akustiskajam signālam, kura sastāvā ir arī troksnis.

Pētījumi ar dzīvniekiem pamatoja ideju, ka tieši kortikālajā dzirdes segmentā notiek skaņu diskriminācija, kas jāuztver troksnī (Phillips, 1985; 1990; Phillips & Kelly, 1992). Par to liecina atšķirības impulsu pārvadē garozas neironos un dzirdes nerva šķiedrās. Piemēram, dzirdes nerva šķiedrās ir nepārtraukts uzbudinājums trokšņa ietekmē, bet garozas neironi visvairāk uzbudinās uz stimulu troksnī tā parādīšanās sākumā, taču šis uzbudinājums nepastāv visu trokšņa prezentācijas laiku (Gibson et al., 1985; Phillips & Hall, 1986). Tādējādi garozas neironi vairāk uzrāda jutību stimula izmaiņu gadījumā nekā uz pastāvīgu stimulu. Garozas neironi ir aktīvāki, uztverot signālu troksnī. Augsta uzbudinājuma līmenī neirona dinamiskās svārstības ir

pietiekami intensīvas, lai tiktu uztverts signāls. Mūsu rezultāti parāda, ka maskējošā troksnī pagarinās dzirdes izraisīto garozas potenciālu latences, kas atspoguļo garozas neironu populācijas aktivitāti uz stimula maiņu.

Pielāgošanos stimula līmenim apliecina garozas neironu neurofizioloģiskie pētījumi ar dzīvniekiem (Phillips et al., 1992), kuros novēroja psihoakustiskās funkcijas izmaiņas — dzirdes sliekšņa paaugstināšanos — trokšņa ietekmē (Plomp & Mimpen, 1979; Jerger, 1998). Arī virssliekšņa intensitātes skaņu uztveres sliekšnis paaugstinājās maskējošā troksnī (He et al., 2008).

1.3. Centrālā dzirde un neuroplasticitāte

Lai veicinātu centrālās dzirdes struktūru neuroplasticitāti, galvenā nozīme ir galvas smadzeņu šūnu neirometabolisma un neuroprotekcijas uzlabošanai. Centrālās dzirdes traucējumu attīstību nosaka vairāki mehānismi: neprecīza nervu impulsu pārvades sinhronitāte, pusložu asimetrija akustiskā (runas) signāla reprezentācijā nervu struktūrās, neefektīva akustiskās informācijas pārvadīšana starp puslodēm, novājinoties *corpus callosum* funkcijai. Tas, ka ne vienmēr konstatē lineāru sakritību starp stimula intensitātes palielināšanu un izraisīto potenciālu latences saīsināšanos, liecina, ka centrālo neurofizioloģisko funkciju ietekmē vēl pilnībā neizzinātas neobioloģiskas izmaiņas (Rauscecher et al., 2000). Pētījumos ar dzīvniekiem pierādīti traucējumi GABA^A sinapsēs impulsu pārvadīšanā, reaģējot uz akustisku stimulu (Amenedo & Diaz, 1998; Woods & Clayworth, 1986), kā rezultātā samazinās kavēšana zemgarozā un garozā (Ling et al., 2005). Dinamiskās izmaiņas neironu struktūrā un funkcijā, kas veidojas, tiecoties kompensēt funkcijas deficītu, definē kā neuroplasticitāti. Tā ir nozīmīga dzirdes garozas neironu īpašība, jo tās dēļ dzirdes atmiņā saglabājas informācija par akustisko signālu, kas kopā ar kognitīvo funkciju nodrošina runas uztveri.

Elektrofizioloģisko mērījumu rezultāti ar pagarinātajām dzirdes izraisīto garozas potenciālu latencēm norāda par izmainītu signāla analīzi, bet subjektīvi tas var izpausties ar traucētu skaņu uztveri, runu. Uzska, ka šo traucējumu pamatā ir pastiprināta centrālās nervu sistēmas kavēšana. Izmaiņas kavēšanā var ietekmēt nervu impulsu pārvadīšanas sinhronitāti, un supresija izpaužas ar palēninātu neurofizioloģisko darbību ātrumu. Šis pieņēmums pētīts izmeklējumos ar dzīvniekiem: pagarinātas CAEP latences (Shaddock Palombi et al., 2001; Walton et al., 2002) korelē ar izmaiņām centrālās dzirdes sistēmas kavēšanā neurotransmiteru līmenī, īpaši γ -aminosviestskābe

(GABA) (Caspary et al., 1995, 1999; Milbrandt et al., 1994, 1997; Ling et al., 2005). Atsevišķi pētījumi ar dzīvniekiem liecina, ka, modulējot kavēšanu, to palielinot vai samazinot, GABA var selektīvi mainīt neurotransmiteru funkcijas ātrumu (Caspary et al., 2008; Gleich et al., 2003) un neironu atbildes intensitāti, kas atspoguļojas ar izmaiņām CAEP latencēs un amplitūdās (Knight et al., 1990).

GABA saimes neurotransmiteri, kuru primārais ligands ir GABA, tiek uzskatīti par vieniem no plašāk pārstāvētajiem neurotransmiteriem galvas smadzeņu garozā. Ir zināmi GABA^A, GABA^B, GABA^C receptori, un katram no tiem vēl ir vairākas apakšgrupas (Chebib, 2004). Vislielākajā skaitā no tiem visu garozas slāņu sinapsēs ir pārstāvēti GABA^A receptori. Uzskata, ka tieši GABA^A receptori piedalās centrālajā dzirdes funkcijā (Scott & Johnsrude, 2003). Izteiktākas plastiskas presinaptiskas un postsinaptiskas izmaiņas sensoro struktūru kavēšanas neurotransmiteru sistēmās notiek līdz ar vecumu vai lokālu smadzeņu bojājumu dēļ. Akustiskā signāla hierarhiskā analīze aprakstīta pēc rezultātiem, kas iegūti, pētot primātus (Steinschneider et al., 2008). Ar novecošanos saistītās izmaiņas kavēšanas neurotransmisijā rodas ascendējošajā centrālajā dzirdes nervu sistēmā. Homeostatiskā plasticitātes teorija skaidro, ka, atbildot uz ienākošo akustisko informāciju, nervu sistēmā norit presinaptiskas un postsinaptiskas kompensējošas izmaiņas, saglabājot relatīvi šauru uzbudināmības un kavēšanas darbības diapazonu (Turrigiano, 2007). Izmaiņas nervaudu aktivitātē izraisa kompensējošu mehānismu ieslēgšanos un jaunu sinapšu saistību attīstību, kas veicina neurofizioloģisko funkciju atjaunošanos (Rich & Wenner, 2007). Neurobioloģisko bojājumu rezultātā pazeminās GABA līmenis, tāpēc attīstās no GABA regulācijas atkarīgo funkciju traucējumi centrālās nervu sistēmas mērķa struktūrās (Rosier et al., 1995).

Ir piecas GABA^A receptoru apakšklases, kas veidotas no 19 veidu GABA^A receptoru kombinācijām, kuras var aktivēt un modulēt farmakoloģiski līdzekļi (Walford et al., 1993; Sieghart, 1995; Rabow et al., 1995; Möhler et al., 2002). GABA^A kavēšanas pazeminājuma rezultātā paaugstinātais neironu uzbudinājums pavājina aktivitātes primārajā dzirdes garozā A1. Pētījumā ar žurkām signāla ātruma samazināšanos A1 neironos saistīja ar novecošanos (Lee et al., 2002; Mendelson & Lui, 2004), par ko liecināja atkārtoti dzīvnieku dzīves laikā veikto elektrofizioloģisko izmeklējumu rezultāti. Elektrofizioloģisko atbilžu izmaiņu pakāpe asociējas ar specifiskām neuroķīmiskām izmaiņām, ko saista ar GABA neurotransmisiju. Glutamātskābes dekarboksilāzes (GAD) lielākās izmaiņas atrastas A1 otrajā slānī (Ling et al., 2005). A1 pētījumi dzīvniekiem parādījuši ar novecošanos saistītu GABA

neirotransmisijas novājināšanos, kas izmaina sensoro signālu analīzi galvas smadzenēs (Caspary et al., 2008).

Piracetams (ķīmiskais nosaukums *pyrrolidone acitamide*) un pramiracetams pieder racetamu grupai, kas vēlāk ieguva nosaukumu “nootropie līdzekļi”. Piracetams atklāts 1960. gadā, bet pramiracetamu sintezēja 1970. gadā. Terminu *nootrops* (no grieķu valodas *noos* — prāts, *tropein* — tiekties) sāka lietot tāpēc, ka šie preparāti modulē galvas smadzeņu aktivitāti, uzlabojot kognitīvo funkciju. Racetami ir līdzīgi, bet nelielas strukturālas atšķirības maina to ķīmiskās īpašības. Visi racetami spēj pārvarēt hematoencefālisko barjeru, bet pramiracetamam ir visizteiktākās lipofilās īpašības, iespējams, tāpēc tie ātri pārvar arī lipīdu barjeru. Dažos pētījumos pramiracetama terapeitiskā efektivitāte vērtēta kā 5–10 reizes lielāka nekā piracetamam (Pugsley, 1983). Pramiracetamam nav saistības ar galvenajiem transmieteriem — adenoziņu, adrenerģiskajiem, benzodiazepīniem, dopamīnerģiskajiem, GABA, serotonīnerģiskajiem. Pētījumos ar dzīvniekiem atklāts, ka līdzīgi citiem racetamiem arī pramiracetams ietekmē intensīvu holīna piesaistīšanu (*high affinity choline uptake, HACU*) *hippocampus*, kam ir nozīme ilglaicīgās atmiņas nodrošināšanā (Guyenet et al., 1973). HACU ir primārais mehānisms, ar kuru acetilholīna priekštecis holīns tiek nogādāts neironā (Kuhar & Murrin, 1978). Pierādīta stingra korelācija starp *hippocampus* acetilholīna aktivitāti un atmiņu (Issa et al., 1996).

Neirotransmisijas aktivēšanās notiek, modulējoties jonu plūsmi (Gu, 2002). Nootropie līdzekļi stimulē Na^+ jonu ieplūšanu caur AMPA receptoriem un holīnerģiskās pārvadīšanas aktivēšanos muskarīna receptoros (Winblad, 2005). Racetami ir neirotransmitera — γ -aminosviestskābe (GABA) atvasinājumi, kam ir būtiska nozīme šūnas membrānas caurlaidības atjaunošanā. Neirona līmenī pramiracetams modulē neirotransmisiju virknei transmieteru sistēmu, arī holīnerģisko un glutamāterģisko (Mooradian, 1988). Pramiracetamam ir neiroprotektīvas un antikonvulsanta īpašības. Viena no svarīgākajām pramiracetama īpašībām ir neiroplasticitātes veicināšana. Piracetams veicina mikrocirkulāciju, mazina asinsvadu spazmu un eritrocītu piesaistīšanos asinsvadu sienīgas epitēlijam. Šo neirofizioloģisko īpašību dēļ piracetamam ir plašs izmantojums. Tā efektivitāte pierādīta kognitīvo slimību pētījumos, atmiņas traucējumu, demences, Alcheimera slimības, disleksijas gadījumā. Pieaugušajiem rekomendē 600 mg pramiracetama divas reizes dienā. Nav ziņojumu par nepanesību, ja pramiracetamu lieto arī lielākās devās (Ennaceur, 1988).

Molekūāro aktivitāti centrālajā nervu sistēmā novēroja 1960. gadā sintezētajam nicergolīnam. Tas ir pussintētisks melno graudu alkaloīda derivāts (*8β-(5-bromonicotinoylhydroxymethyl)-1,6-dimethyl-10α-methoxyergoline*). Pirmo reizi nicergolīnu sāka lietot 1972. gadā Itālijā. Vazoaktīvo īpašību dēļ sākotnēji to izmantoja cerebrovaskulāru slimību ārstēšanā. Pētījumi rāda, ka nicergolīnam piemīt plaša spektra aktivitāte šūnu un molekulāros mehānismos vaskulārā, trombocītu un neironu līmenī, piedaloties sinapšu plasticitātē (Colquhoun et al., 1990), metabolismā un neiroprotekcijā (Mitra et al., 2001). Tāpēc nicergolīnu lieto dažādu patoloģiju ārstēšanā — demences, Alcheimera slimības, vaskulāras demences (Grutzendler & Morris, 2001), cerebrovaskulāru slimību (aterosklerozes, išēmijas, migrēnas), centrālas etioloģijas vestibulāru sindromu, perifēru vaskulāru organisku un funkcionālu ekstremitāšu arteriopātiju (Winblad et al., 2008) ārstēšanā. Nicergolīns kā α_1 adrenoreceptoru antagonists pastiprina vazodilatāciju, veicinot asinsplūsmu; pastiprinot holīnērgisko un kateholamīnu neurotransmiteru funkciju, kavē trombocītu agregāciju; veicina metabolismu; pastiprina skābekļa un glikozes izmantošanu. Nicergolīnam ir arī antioksidanta un neirotrofiskas īpašības. Iedarbojoties uz šiem fizioloģiskajiem mehānismiem, terapija ar nicergolīnu sniegusi pozitīvus rezultātus. Līdz šim nebija publicētu pētījumu par farmakoterapiju saistībā ar tās ietekmi uz centrālās dzirdes funkciju. Ņemot vērā pētījumu rezultātus par nicergolīna pozitīvo efektivitāti percepcijas un kognitīvo traucējumu ārstēšanā un to, ka centrālās dzirdes nervu sistēmas neurofizioloģijai nicergolīna farmakoloģiskā aktivitāte būtu etiopatoģenētiska pacientiem ar centrālās dzirdes funkcijas traucējumiem, šo preparātu izmantojām mūsu pētījumā.

Lietojot racetamus kopā ar asinsvadus paplašinošiem līdzekļiem, kognitīvo funkciju uzlabošanās ir efektīvāka (Pugsley, 1983). Atbilstoši šiem atklājumiem mūsu pētījumā izmantoti divi preparāti, kuru farmakoķīmiskā aktivitāte dažādās lokalizācijās atšķiras, bet ir līdzīga neurofizioloģiskā efektivitāte.

Līdz šim nav zināmu pētījumu, kur analizēta dzirdes izraisīto garozas potenciālu un runas uztveres slietkšņa korelācija, kā arī nav zināma pramiracetama un nicergolīna ietekme uz centrālo dzirdi raksturojošiem izmeklējumiem.

Jau vairākus gadus dzirdes izraisīto garozas potenciālus izmanto centrālās dzirdes funkcijas izpētē, tomēr tos nelieto ikdienas praksē. Joprojām nav datu par citur pasaulē veiktiem šo izmeklējumu un runas audiometrijas salīdzinošiem pētījumiem, kam būtu diagnostiska vērtība centrālās dzirdes funkcijas izvērtēšanā.

2. MATERIĀLI UN METODEDES

Promocijas darbs veikts Rīgas Stradiņa universitātes Otorinolaringoloģijas katedras klīniskajā bāzē — VSIA Paula Stradiņa Klīniskās universitātes slimnīcas Otorinolaringoloģijas klīnikā laika posmā no 2007. gada aprīļa līdz 2012. gada maijam. Pētījumu veikšanai tika saņemta Rīgas Stradiņa universitātes Ētikas komitejas piekrišana (lēmums Nr. E-9 (2)/10.06.2010.).

2.1. Materiāli

2.1.1. Pētījuma populācija

Pētījumā tika iekļauti 100 cilvēki, ko iedalīja divās grupās — kontroles grupā un pacientu grupā.

Kontroles grupā bija 30 cilvēki ar normālu dzirdi un bez sūdzībām par dzirdes traucējumiem.

Par normālu dzirdi uzskata dzirdes sliekšni tonālajā audiometrijā, kas nepārsniedz 20 decibelus (dB) nevienā no pārbaudāmajām frekvencēm — 125, 250, 500, 1000, 2000, 4000, 6000 un 8000 hercos (Hz).

Pacientu grupā bija 70 cilvēki, kas sūdzējās par apgrūtinātu vārdu izšķirtspēju un grūtībām saprast runu, īpaši apkārtējā troksnī vai sabiedriskās vietās, ja reizē sarunājas vairāki cilvēki. Pacienti sūdzības bija vienu līdz pusotru gadu, tonālajā audiometrijā dzirdes sliekšnis frekvencēs no 250 līdz 2000 Hz nepārsniedza 20 dB, bet frekvencēs līdz 8000 Hz — 30 dB.

Visi pētījumā iekļautie cilvēki bija normāli intelektuāli attīstīti, nevienam nebija konstatētas psihosomatiskas slimības. Visi pētījuma pacientu grupas dalībnieki bija ar augstāko izglītību, strādāja garīgu darbu, viņu pienākumi saistīti ar komunikāciju, kam nepieciešama normāla dzirde. Kontroles grupā daļa dalībnieku bija augstskolas studenti, pārējie ar iegūtu augstāko izglītību.

Cilvēki kontroles grupā bija vecumā no 22 līdz 27 gadiem (vidējais vecums — 25,31 gads, SD = 1,42), 14 bija vīrieši, 16 — sievietes, viņi visi bija devušies uz konsultāciju pie otolaringologa ar citām sūdzībām, bet viņiem nebija sūdzību par dzirdes traucējumiem.

Pētījuma dalībnieki bija 70 pacienti, kam bija sūdzības par dzirdes traucējumiem, viņi tika iedalīti divās vecuma apakšgrupās.

Pirmā pacientu grupa — 33 cilvēki 31–40 gadu vecumā (vidējais vecums — 35,31 gads, SD = 2,54), 18 vīrieši un 15 sievietes.

Otra pacientu grupa — 37 cilvēki, 62–73 gadus veci (vidējais vecums — 67,64 gadi, SD = 3,02), 17 vīrieši un 20 sievietes.

Visiem pētījuma dalībniekiem dzimtā valoda bija latviešu valoda, lai valodas audiometrijas rezultātus neietekmētu valodas zināšanas. Lai turpinātu izvērtēt atbilstību iekļaušanai pētījumā, visiem indivīdiem tika veikta tonālā audiometrija, timpanogramma un dzirdes izraisīto smadzeņu stumbra potenciālu izmeklējumi.

2.1.2. Iekļaušanas un izslēgšanas kritēriji pētījuma grupā

Iekļaušanas kritērijs pacientu grupai

Dzirdes traucējumi, kas izpaužas ar grūtībām izšķirt vārdus un līdz ar to grūtībām saprast runu, īpaši apkārtējā troksnī vai sabiedriskās vietās, ja vienlaikus sarunājas vairāki cilvēki.

Iekļaušanas kritēriji kontroles un pacientu pētījuma grupu dalībniekiem

1. Otoskopiskā izmeklēšanā patoloģijas nav — brīvs ārējais dzirdes kanāls, pelēcīga bunguplēvīte ar gaismas refleksu tās apakšējā mediālajā kvadrantā.

2. Normāls tonālās audiometrijas sliksnis — līdz 15 dB 250–4000 Hz frekvencē, bet līdz 20 dB — 4000–8000 Hz frekvencē, tonālo audiometriju veicot ar 5 dB soli.

3. Timpanometrijā — normāls gaisa spiediens vidusausīs ($P \geq 0$ dPa).

4. Dzirdes izraisīto smadzeņu stumbra potenciālu līknes morfoloģija saglabāta, identificēti raksturīgie pīķi laika vienībās, kas atbilst vecuma normai.

5. Pacientam nav somatiskas vai psihiskas slimības anamnēzē un apskates brīdī.

6. Dominējošā labā roka. Tika izslēgta iespējama kreisās rokas dominante pēc specifiskiem testa jautājumiem atbilstoši iespējamai galvas smadzeņu pusložu funkcionālai asimetrijai valodas uztverē, izmantojot Edinburgas dominējošās rokas pārbaudi (*Edinburgh Handedness Inventory*; Oldfield, 1971). Dominējošās rokas tests pievienots 1. pielikumā.

7. Galvas smadzeņu magnētiskās rezonanses izmeklējumā nav konstatētas patoloģiskas izmaiņas ārējā, vidusausī, iekšējā ausī, iekšējās auss ejā un galvas smadzenēs.

8. Galvas un kakla asinsvadu ultrasonogrāfijā nav konstatēti hemodinamikas traucējumi.

9. Klīnisko izmeklējumu (pilna asinsaina, bioķīmija) rezultāti nepārsniedz normas rādītājus.

Izslēgšanas kritēriji visām pētījuma dalībnieku grupām

1. Ausu slimības.
2. Konduktīva un sensoneirāla vājdzirdība.
3. Pagarinātas dzirdes izraisīto smadzeņu stumbra potenciālu komponentu latences.
4. Neurodeģeneratīvas CNS slimības.
5. Galvas traumas anamnēzē.
6. Hroniskas iekšķīgās slimības.
7. Pētījuma laikā netiek lietoti medikamentozas terapijas līdzekļi.

Pētījuma plānojums

1. Kontroles un pacientu grupas dalībnieku atlase pētījumam, veicot tonālo audiometriju, timpanometriju, smadzeņu stumbra dzirdes izraisītos potenciālu mērījumus.

2. Valodas materiālu izstrāde runas audiometrijai.

3. Valodas materiāla aprobācija kontroles grupā.

4. Runas audiometrija pacientu grupā.

5. Elektrofizioloģiskie izmeklējumi — dzirdes izraisīto garozas potenciālu mērījumi kontroles grupai un pacientu grupai.

6. Medikamentozā terapija 70 pacientiem, iekšķīgi līdztekus lietojot divus medikamentus — nicergolīnu 30 mg diennaktī 90 dienas un pramiracetamu 600 mg diennaktī 40 dienas.

7. Pēc medikamentozās terapijas pacientu grupas pētījuma dalībniekiem atkārtoti veikta runas audiometrija un dzirdes izraisīto garozas potenciālu izmeklēšana.

2.1.3. Pētījuma grupas pacientu anketas raksturojums

Visu pētījuma dalībnieku datus iekļāva speciāli pētījumam izstrādātā anketā, kas pievienota promocijas darba 2. pielikumā. Šajā anketā apkopota informācija par pamata demogrāfiskiem rādītājiem un izmeklējumu rezultātiem.

2.1.4. Aparatūra runas audiometrijai

Runas materiālu atskaņoja no digitālā disku atskaņotāja (*Sony, Model CDP-497*), kas savienots ar audiometru *Madsen Orbiter 922*. Stimulus atskaņoja audioaustiņās TDH-29. Dzirdes pārbaude notika speciāli paredzētā telpā, kuras sienas apstrādātas ar skaņu slāpējošu materiālu. Aparatūra kalibrēta saskaņā ar ISO standartiem (ISO 2004).

2.1.5. Dzirdes izraisīto garozas potenciālu mērījumu aparatūra un stimuli

Aparatūra. Smadzeņu elektrisko aktivitāti skaņas stimulu prezentācijas laikā reģistrēja ar *GN Otometrics ICS CHARTER EP* sistēmu (*Windows XP, version 5.2*). Tā ir elektroencefalogrāfijas veida ierīce dzirdes izraisīto potenciālu mērījumiem, ar kuras palīdzību no galvas virsmas elektrodiem iegūst neirofizioloģisku atbildi, ko ģenerē galvas smadzenes uz skaņas stimulu (2.1. attēls).



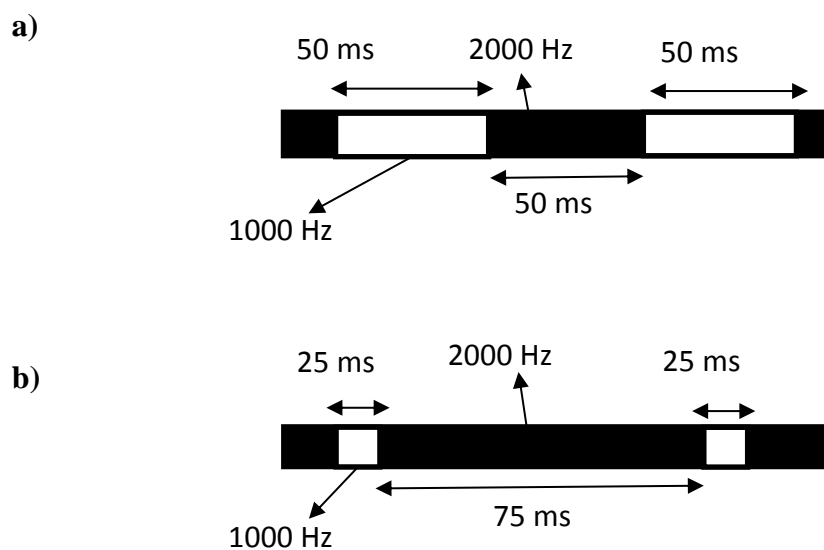
2.1. attēls. Dzirdes izraisīto potenciālu reģistrēšanas sistēma, tās kanālu un kabeļu savienojums

Skaņas stimulus atskaņoja audioaustiņās TDH-29. Dzirdes izraisītos garozas potenciālus reģistrēja no divu kanālu sistēmas mērījumiem, lietojot sudraba—sudraba hlorīda disku elektrodus, kas ar elektrodu pastu fiksēti uz skalpa.

Dzirdes izraisīto garozas potenciālu mērījumiem izmantojām piecus elektrodus. Elektrodi bija novietoti uz galvas virsmas pozīcijās, kas apzīmētas atbilstoši starptautiskai elektroencefalogrāfijas elektrodu novietojuma sistēmai (Jasper, 1958).

2.1. attēlā redzams shematisks elektrodu izvietojs, kurus izmantojām mērījumiem mūsu pētījumā. Elektrodi uz galvas virsmas bija izvietoti šādās pozīcijās: aktīvie elektrodi — pozīcijās Cz vai nedaudz laterāli no viduslīnijas — pozīcijā C3 un C4, references elektrodi bija novietoti aizauss apvidū — pozīcijā M1 labajā pusē un M2 — kreisajā pusē, bet pieres apakšējā daļā — pozīcijā Fz bija novietots zemes elektrods. Elektrodu pretestība bija zemāka par 5 kiloomiem (kOhm). Individuāla elektroencefalogrāfijas aktivitāte bija paplašināta ar filtru no 100 Hz līdz 1000 Hz. CAEP mērījumu laika periods bija 50 ms pirms stimula un 50 ms pēc stimula sākuma. Visiem elektrodiem artefaktus izslēdza ar 150 mV filtru. Katrs mērījums turpinājās, kamēr ieguva lielu skaitu (1062) no artefaktiem brīvas atbildes.

Stimuli. Komplekso signālu veidoja standarta stimuli un starp tiem retāki atšķirīgie stimuli. Mērījumus veica, subjektam klausoties aktīvi un pasīvi. Aktīvi klausoties, standarta un atšķirīgo stimulu attiecība bija 9 pret 1. Standarta stimuli bija 25 ms ilgi toņi 1000 Hz frekvencē, bet atšķirīgie stimuli — 75 ms ilgi toņi 2000 Hz frekvencē. Intervāls starp stimuliem bija 1500 ms. Grafisks attēlojums 2.2. attēlā.



2.2. attēls. Dzirdes izraisīto garozas potenciālu procedūras parametri, klausoties aktīvi (a) un pasīvi (b)

**Dzirdes izraisīto garozas potenciālu (CAEP) procedūras parametri komponentiem
P1, N1, P2, N2 un komponentam P3**

Parametrs	Komponentiem P1, N1, P2, N2	Komponentam P3
Standarta un atšķirīgā stimula atskaņošanas veids	mainīgs stimula ilgums un frekvence	mainīga frekvence
Analīzes periods	400 ms	500 ms
Minimālais paraugu skaits bez artefaktiem	60	30
Mērījumu sesijas (ar 2 minūšu starplaiku)	6	6
Stimulu prezentācijas veids: <ul style="list-style-type: none"> ○ tonis ○ tonis / troksnis 	labā un kreisā auss labā / kreisā auss	labā un kreisā auss labā / kreisā auss
Stimula frekvence: <ul style="list-style-type: none"> ○ standarta ○ atšķirīgais 	1000 Hz 2000 Hz	1000 Hz 2000 Hz
Stimulu prezentācijas attiecība <ul style="list-style-type: none"> ○ standarta ○ atšķirīgais 	90 % 10 %	80 % 20 %
Stimula intensitāte	65, 70, 75 dB	65, 70, 75 dB
Stimula ilgums: <ul style="list-style-type: none"> ○ standarta ○ atšķirīgais 	25 ms 75 ms	50 ms 50 ms
Intervāls starp stimuliem	500 ms	1500 ms
Maskēšanas troksnis	60 dB	60 dB
Elektrodu lokalizācija: <ul style="list-style-type: none"> ○ aktīvie elektrodi/kanāli ○ references elektrodi ○ zemes elektrods 	Cz, C3, C4 M1, M2 Fz	—
Uzdevums	klausās pasīvi — nepievērš uzmanību stimulam, lasot literatūru	klausās aktīvi — uzmanība stimulam, skaitot atšķirīgos stimulus

2.2. Metodes

2.2.1. Runas uztveres sliekšņa testu izveide

Latviešu valodā nebija valodas materiāla psihoakustiskajiem testiem runas audiometrijai. Tāpēc tika veidots valodas materiāls no ikdienas teikumiem, ko veido

biežāk lietotie lietvārdi un darbības vārdi. Teksta saprotamību un uztveri izvērtēja pēc kontroles grupas normāli dzirdošo cilvēku dzirdes testu rezultātiem.

Valodas testu izveidošanu varēja iedalīt trīs posmos. Pirmajā posmā mēs atlasījām valodas materiālu. Otrajā posmā tika veikts skaņu ieraksts profesionālā skaņu ierakstu studijā — tekstus ierunāja profesionāli aktieri (sieviete un vīrietis). Ierunāto valodas materiālu apstrādāja un ierakstīja digitālā formātā. Trešajā posmā normāli dzirdošie pētījuma kontroles grupas dalībnieki noklausījās ierakstīto valodas materiālus. No tiem vislabāk saprotamos un bez kļūdām atkārtotos teikumus un vārdus saglabājām, grupējot sarakstu veidā, tā tika izveidoti teikumu testi, dihotisko lietvārdu un dihotisko ciparu vārdu testi runas audiometrijai pacientiem.

Runas uztveres sliekšņa testu izveidošana. Valodas materiāls tika atlasīts no lielām tekstu datubāzēm latviešu valodā (avīžu rakstiem) digitālā formātā. Digitāli automatizētā procesā tika atlasīti 15 000 teikumu. Teikums definēts kā rakstzīmju secība starp divām pieturzīmēm. Zilbju skaits teikumā bija noteikts, saskaitot patskaņus. Teikumu atlasī turpināja autore, tālākai izvērtēšanai izvēloties teikumus, ko veido desmit līdz divpadsmit zilbes. Pēc tam šos teikumus analizējām kopā ar filologiem, speciālistiem latviešu valodā. Teikumi tika izvēlēti tā, lai izvairītos no homogenitātes (teikumi ar līdzīgu sintaksi) vai pārāk lielas heterogenitātes (teikumi ar ļoti atšķirīgu zilbju skaitu). Katru teikumu veidoja četri līdz seši vārdi ar nelielu zilbju skaitu — ne vairāk kā četras, ņemot vērā vārdu garumu latviešu valodā. Tika pārbaudīts, lai viena saraksta teikumi nebūtu ar līdzīgu saturu un tos neveidotu vieni un tie paši vārdi. Viens un tas pats teikums neatkārtojās dažādos sarakstos. Teikumu atlasē tika ņemti vērā kritēriji, ko izmantojuši audioloģijas nozares speciālisti *Plomp & Mimpfen* (1979), kā arī *Hagerman* (1982) un *Cameron et al.* (2011).

No sākotnēji atlasītajiem 15 000 teikumiem tālākai izpētei par iekļaušanu runas testos tika izvēlēti 1050 teikumi, ņemot vērā vairākus nosacījumus. Tika izvēlēti sarunvalodas teikumi, kas neietvēra izsauceņus, jautājumus, sakāmvārdus, tajos nebija īpašvārdu un nosaukumu. Pēc morfoloģiskās uzbūves tie bija paplašināti teikumi, sintaktiski pareizi, to saturs — semantiski neitrāls. Izraudzītos teikumus izvērtēja autore un darba vadītājas kopā ar Latvijas Universitātes Matemātikas un informātikas institūta Mākslīgā intelekta laboratorijas filoloģijas speciālistiem. Runas testu veidošanai atlasīti un izmantoti 800 teikumi.

Valodas materiālu ierunāja profesionāli aktieri, vīrietis un sieviete. Viņiem lūdza runāt dabiski, ar vienmērīgu vokālo spēku, neuzsverot nevienu no zilbēm un vārdiem.

Runas ieraksta laikā aktieris atradās sēdus pozīcijā skaņu ierakstu studijas telpā ar speciāli aprīkotām skaņu necaurlaidīgām sienām. Mikrofons bija novietots 15 centimetru attālumā no runātāja mutes zoda augstumā. Ierakstīto skaņas signālu apstrādāja astoņu kanālu stereo atskaņotājā un saglabāja augstas precizitātes audio kanālā. Skaņas signāls tika pastiprināts TDT MA2 mikrofona pastiprinātājā un filtrēts caur TDT FT5 filtru (16 kHz), pārveidots tipiskajā frekvencē 44,1 kHz. Izveidotos valodas testu stimulus saglabāja datora cietajā diskā un pārveidoja ciparu signālā. Stimulu frekvence bija 44,1 kHz, tie filtrēti ar zemas frekvences filtru 20 kHz.

Audiosignāls ieraksta laikā tika kontrolēts. Katrs teikums ierakstīts atsevišķā failā un ierunāts divas reizes, lai izvēlētos to, kas ir akustiski homogēnākais. Ierunāšanas sesija ilga 6 stundas.

Pēc katra teikuma paredzēts klusuma periods — 10 sekundes garāks par teksta atkārtošana nepieciešamo laiku.

Ierakstīto tekstu noklausījās pieci kontroles grupas dalībnieki ar normālu dzirdi audioaustiņās komfortablā skaļuma līmenī. Teikumi, kur kāds no vārdiem nebija saprotams, tika izslēgti, bet pārējo ierunāto valodas materiālu — 325 teikumus — saglabāja tālākai izpētei.

Visiem kontroles grupas dalībniekam atskaņoja visu valodas materiālu. Tā kā visi dalībnieki saņēma vienādu stimulu, bija iespējams salīdzināt atbildes starp subjektiem un teikumu komplektiem.

Teikumi, kuros kāds no vārdiem nebija saprotams, tika izslēgti, bet pārējo ierunāto valodas materiālu (325 teikumus) sadalīja 13 sarakstos, katrā no tiem iekļāva 25 teikumus un saglabāja tālākai klausīšanās izpētei kontroles grupā. Turpinot runas uztveres sliekšņa noteikšanu, izslēdza tos teikumus, kuru uztvere nebija precīza.

Teikumu ekvivalences izvērtēšana

Subjekti. Izveidotā runas materiāla izvērtēšanā piedalījās trīsdesmit kontroles grupas dalībnieki ar normālu dzirdi.

Stimuli. Valodas materiāla efektivitāti izvērtēja jaunizveidotajiem 325 teikumiem. Signāla maskēšanai lietoja plaša spektra kombinētu balto troksni.

Teikumu selekcijas metode. Teikumu saprotamību vērtēja, ņemot vērā pārbaudes apstākļus, t. i., pareizo atbilžu skaitu, klausoties signālu gan abās ausīs, gan vienā ausī, bet otrā — troksni.

Plānojums. Katram kontroles grupas dalībniekam prezentēja visu valodas materiālu. Tā kā visi dalībnieki saņēma vienādu stimulu, bija iespējams salīdzināt

atbildes starp subjektiem un teikumu komplektiem. Katram no dalībniekiem noteica runas uztveres sliekšni ar un bez maskējoša trokšņa.

Pārbaudes gaita. Subjektus informēja par procedūras gaitu un viņu uzdevumu, paraugam noklausoties vienu teikumu sarakstu. Subjekti stimulus klausījās audio-austiņās, pēc tam iespējami precīzi atkārtoja visu dzirdēto tekstu. Pirmajā procedūras daļā teikumus klausījās abās ausīs. Pirmo teikumu atskaņoja prognozētajā uztveres sliekšņa līmenī, pēc tam to pakāpeniski pazeminot, līdz katrs teikums pēc tā noklausīšanās atkārtots bez kļūdām. Pareizās atbildes fiksēja atbilstoši noteiktajam runas signāla stipruma līmenim decibelos (dB) grafiskā attēlā — audiogrammā.

Procedūras otrajā daļā vērtēja atsevišķo teikumu psihometrisko funkciju. Procedūras laikā vienā ausī prezentēja runas stimulu, otrā — maskējošu troksni 60 dB intensitātē. Katru teikumu prezentēja tikai vienu reizi. Pārbaudi turpināja, līdz ieguva pareizu atbildi līdz zemākajam stimula skaņas stipruma līmenim. Tādā veidā noteica runas uztveres sliekšņa vērtību decibelos, kuru fiksēja audiogrammā.

Kopējais izmeklējumam nepieciešamais laiks vienam subjektam bija 1,5 stundas. Pārbaudes tika veiktas divās sesijās, vidēji — 45 minūtes katra, starp tām — piecu minūšu pārtraukums. Teikumu sarakstu klausīšanās secība bija vienāda visiem pētījuma subjektiem.

Metodes pārbaude. Runas uztveres sliekšni noteicām, subjektam noklausoties visus 13 testu teikumus, kopā — 325 teikumus. Pēc teikuma noklausīšanās skaļi jāatkārto visi teikuma vārdi, ievērojot galotnes. Pārbaudes veica divos veidos. Pirmā pārbaude — klausoties ar abām ausīm, otrā pārbaude — labajā ausī atskaņoja runas signālu un vienlaikus kreisajā ausī — maskēšanas troksni. Trokšņa līmenis bija konstants visa testa laikā — 60 dB, tas bija plaša spektra kombinēts baltais troksnis.

Runas uztveres sliekšņa testa teikumu atlases pārbaude kontroles grupā. Runas uztveres sliekšņa testam paredzētos teikumus atskaņo abās ausīs vienlaikus. Pirmos trīs testa saraksta teikumus prezentē, lai iepazīstinātu ar testa procedūru un noteiktu klausītājam komfortablāko klausīšanās skaņas stipruma līmeni. Testu sāk no zema skaņas stipruma — 5 dB. Ja viens vai vairāki vārdi nav pareizi nosaukti, nākamo teikumu atskaņo lielākā skaņas stiprumā, palielinot to par 5 dB. Procedūru turpina, kamēr pareizi nosaukti visi teikuma vārdi. Šajā skaņas stipruma līmenī turpina prezentēt visus 325 teikumus. Pēc katra teikuma noklausīšanās atzīmē, vai visi teikuma vārdi uztverti pareizi. No saraksta izslēdz teikumus, ja kāds no vārdiem ticis atkārtots nepareizi. Šos teikumus turpmākajos pārbaudījumos neizmanto.

Runas uztveres sliekšņa troksnī pārbaude kontroles grupā. Teikumus sāk atskaņot 5 dB skaņas stipruma līmenī. Troksņa līmenis fiksēts 60 dB skaņas stipruma līmenī. Pirmos trīs testa teikumus atskaņo, lai pacientu iepazīstinātu ar procedūras gaitu. Pēc tam testu turpina, katrā skaņas stipruma līmenī atskaņojot desmit teikumus. Testu turpina, kamēr pareizi atkārtoti visi vārdi vismaz pusei (pieci teikumi jeb 50 % no teikumu saraksta) no 10 teikumiem kādā no skaņas stipruma līmeņiem.

Individuālā runas uztveres sliekšņa standartnovirzes vērtība nedrīkst pārsniegt 5 dB, pretējā gadījumā dati uzskatāmi par nederīgiem.

Rezultātā valodas materiālu runas uztveres sliekšņa noteikšanai veido teikumi, kas sagrupēti 12 sarakstos — katrā no tiem pa 12 teikumiem. Pilns teikumu testu komplekts — 3. pielikumā.

2.2.2. Dihotiskās runas uztveres testu izveidošana

Dihotiskās runas uztveres pārbaudi veic, abās ausīs vienlaikus atskaņojot atšķirīgu runas stimulu — vārdu. Dihotisko vārdu tests (DL) tika izveidots, izmantojot vārdus latviešu valodā — pāros sagrupētus vienas vai divu zilbju lietvārdus. Vārdu pāri veidoja vārdi, kam ir līdzīga zilbju sintakse. Tika izveidoti 25 vārdu pāri, piemēram, liepa — kreisajā ausī, lapa — labajā ausī. Vārdi grupēti tā, lai būtu semantiski atšķirīgi. Ciparu vārdu testu izveidoja, grupējot pāros ciparu vārdus no viens līdz desmit. Vienā pārī — ciparu vārdi ar vienādu zilbju skaitu, latviešu valodā tie ir dažādi: vienzilbes (viens, trīs), divzilbju (divi, četri, pieci, seši, desmit) un trīszilbju (septiņi, astoņi, deviņi), iegūstot 16 dažādus vārdu pārus, piemēram, četri — pieci, astoņi — deviņi.

Vārdu testu un ciparu vārdu redakciju pēc valodas materiāla izskatīšanas, kā arī ieteikto izmaiņu veikšanas vārdu secībā un pāru grupēšanā apstiprināja Latvijas Universitātes Matemātikas un informātikas institūta Mākslīgā intelekta laboratorijas filoloģijas speciālistu grupa.

Dihotiskās klausīšanās testos stimulam katrā ausī jā sākas un jābeidzas reizē. Tomēr iesaka vienā no ausīm stimulu prezentēt 15–90 milisekundes vēlāk nekā otrā ausī, jo tik precīza stimula vienlaicīga prezentācija ikdienas sarunu apstākļiem nebūtu adekvāta un, pilnībā pārklājoties pirmajai skaņai, ievērojami samazinātu pareizo atbilžu skaitu. Ņemot vērā šo apstākli, mūsu izveidotajā testā labajā ausī stimulu sāk prezentēt 45 milisekundes vēlāk nekā kreisajā ausī. Katru vārdu ierunā atsevišķi ar līdzīgu balsu spēku un intonāciju, kontrolējot frekvenci profesionālā ierakstu studijā, speciāli ierīkotā

telpā, kā arī ievērojot trokšņa līmeņa standartus (ISO, 2004). Ieraksts veikts, lietojot augstas kvalitātes mikrofonu, kas novietots pretim runātāja mutei — 15 centimetru attālumā no tās. Tekstu ierunāja divi profesionāli aktieri — vīrietis un sieviete. Ieraksta datus digitāli apstrādāja un pārveidoja, konvertējot 12 bitu A/D 20 Hz, izmantoja Česterfilda 10 kHz zemo frekvenču filtru. Vārdi digitāli apstrādāti, tos izolējot vienu no otra ar viļņu rediģēšanas programmu, pēc tam vārdi tika saglabāti kā individuāli digitāli faili. Starp vārdiem ietvertas 6 sekunžu garas klusuma pauzes, kas paredzētas vārda atkārtošanai pirms katra nākamā vārda atskaņošanas (lai atvieglotu testa procedūru, pēc katra vārda neapturot atskaņotāja darbību). Pareizo atbilžu skaits bez trokšņa labi dzirdošiem cilvēkiem bija 90–100 % robežās: uz sievietes balss signālu — 90 %, uz vīrieša balss signālu — 100 %. Nepareizās atbildes pārbaudīja atkārtoti. Vārdi, kurus labi dzirdošie cilvēki neuztvēra pareizi, no saraksta tika izņemti. Sagatavotais valodas materiāls ierakstīts kompaktdiskā (CD) praktiskai lietošanai.

Dihotiskās runas uztveres pārbaudes gaita. Pirms dihotiskās runas uztveres testa pētījuma dalībniekus iepazīstināja ar dihotiskās klausīšanās uzdevumu — katram nolasīja instrukciju par pārbaudes gaitu. Subjektam audioaustiņās atskaņoja vārdu pāri — vienlaikus katrā ausī atšķirīgu vārdu, pēc tam subjekts atkārtoja abās ausīs dzirdētos vārdus skaļi balsī, savukārt mēs pareizās atbildes reģistrējām audiometrā. Pārbaudes noslēgumā pareizo atbilžu skaitu, kā arī procentuāli pareizo atbilžu skaitu no kopējā vārdu pāru skaita ierakstījām protokolā. Pēc tam atskaņoja nākamo vārdu pāri. Lai pārliecinātos par rezultātu ticamību, atskaņošanu sāka ar 20 dB, skaņas stiprumu palielinot par 10 dB, līdz sasniedza komfortablāko klausīšanās skaņas stiprumu normāli dzirdošajiem kontrolgrupas dalībniekiem — 55 dB. Šādā skaņas stiprumā tika veikti dihotisko vārdu un ciparu vārdu uztveres mērījumi. Kontrolgrupas dalībnieki pareizi uztvēra 95 % no dihotisko vārdu testa vārdiem un 100 % no ciparu vārdu testa vārdiem.

Metodes priekšnoteikums ir drošu testa rezultātu iegūšana. Tas nozīmē, ka testa un atkārtotā kontroles testa rezultāti cieši korelē un atšķiras nenozīmīgi. Abi testi tika veikti viens pēc otra vienādos apstākļos. Līdz ar to šie testi tika atzīti kā sabalansēti, lai lietotu runas audiometrijā pacientu grupās.

Dihotisko vārdu uztveri noteica, lietojot brīvu atbildēšanas veidu, t. i., nosaucot visus dzirdētos vārdus. Katram subjektam atskaņoja dihotiskā vārdu testa (DV) 25 vārdu pārus un dihotisko ciparu vārdu testa (DC) 16 ciparu vārdu pārus komfortablos klausīšanās apstākļos.

Visus dihotisko vārdu pārus atskaņoja 55 dB skaņas līmenī. Pēc tam, kad dihotiskais vārdu pāris atskaņots, subjekts skaļi izrunāja abās ausīs dzirdētos vārdus, kas tika fiksēti kā pareiza vai nepareiza atbilde. Subjektiem ieteica klausīties iespējami uzmanīgāk un atbildēt precīzi. Visiem subjektiem atskaņoja vienādu vārdu sarakstu, lai rezultāti būtu salīdzināmi.

2.2.3. Runas uztveres sliekšņa noteikšanas procedūra ar izveidotajiem teikumu testiem

Stimuli. Runas uztveres sliekšņa vērtēšanai lietoja pētījumā izveidotos teikumu testus, klausoties divos veidos. Pirmajā posmā runas materiālu atskaņoja abās ausīs. Otrajā posmā labajā ausī atskaņoja runas stimulu, kreisajā ausī — troksni.

Runas uztveres sliekšņa rezultātu izvērtēšana. Teikumus atskaņo abās ausīs vienlaikus. Pirmos trīs testa saraksta teikumus prezentē, lai iepazīstinātu ar pārbaudes gaitu. Pārbaudi sāk no neliela skaņas stipruma — 10 dB. Ja viens vai vairāki vārdi nav nosaukti pareizi, nākamo teikumu atskaņo lielākā skaņas stiprumā, to palielinot par 5 dB. Pārbaudi turpina, kamēr pareizi nosaukti visi teikuma vārdi vismaz 50 % apjomā, t. i., piecos teikumos no desmit teikumiem kādā no pārbaudītajiem skaņas stipruma līmeņiem. Šo skaņas stipruma līmeni uzskata par runas uztveres sliekšni.

Runas uztveres sliekšnis ir skaņas stipruma līmenis, kurā vismaz piecos teikumos no ausīs atskaņotajiem testa desmit teikumiem visi teikuma vārdi atkārtoti precīzi, ievērojot vārdu galotnes.

Individuālā skaņas uztveres sliekšņa standartnovirzes vērtība nedrīkst pārsniegt 5 dB, pretējā gadījumā dati uzskatāmi par nederīgiem.

Runas uztveres sliekšnis troksnī. Pārbaudi veic, labajā ausī runas signālu (teikumu) atskaņojot reizē ar maskēšanas troksni kreisajā ausī. Teikumus sāk atskaņot 5 dB skaņas stipruma līmenī, troksni — 60 dB skaņas stipruma līmenī. Pirmos trīs kontroles testa teikumus atskaņo, lai pacientu iepazīstinātu ar pārbaudes gaitu, pēc tam atskaņo desmit testa teikumus. Testu turpina, kamēr pareizi nosaukti visi vārdi vismaz pieciem (50 % testa materiāla) no desmit teikumiem kādā no skaņas stipruma līmeņiem.

Runas uztveres sliekšnis troksnī ir skaņas stipruma līmenis, kurā vismaz piecos teikumos (50 %) no testa desmit teikumiem labajā ausī — vienlaicīgi ar maskējošu troksni kreisajā ausī — visi teikuma vārdi atkārtoti precīzi, ievērojot vārdu galotnes.

2.2.4. Dihotiskās uztveres noteikšanas procedūra ar izveidotajiem dihotiskajiem testiem

Pirms pārbaudes pētījuma dalībniekus iepazīstināja ar dihotiskās klausīšanās uzdevumu — katram subjektam nolasīja instrukciju par procedūras gaitu. Pēc tam veica izmēģinājuma klausīšanos, noklausoties trīs vārdu pārus. Dihotiskās uztveres testā vienlaicīgi katrā ausī atskaņoja atšķirīgu skaņas stimulu. Pēc vārdu pāra vienlaicīgas atskaņošanas (vienu no pāra vārdiem labajā ausī, otru vārdu — kreisajā ausī) subjektam jāatkārto abi dzirdētie vārdi. Pareizās atbildes no katras auss tika fiksētas audiometrā. Pēc tam atskaņoja nākamo vārdu pāri no desmit testa vārdu pāriem (kopumā 16 vārdu pārus, trīs no tiem — kontroles vārdu pāri).

Visus dihotisko vārdu pārus atskaņoja 55 dB skaņas intensitātes līmenī, kas atbilst komfortablai dzirdes sajūtai. Pēc tam, kad dihotiskais vārdu pāris atskaņots, subjektam skaļi jāizrunā abās ausīs dzirdētais. Pareizās atbildes no katras auss tika saskaitītas. Subjektiem ieteica klausīties iespējami uzmanīgāk un atbildēt korekti. Visiem subjektiem atskaņoja vienādu vārdu sarakstu, lai rezultāti būtu salīdzināmi.

Dihotisko testu rezultātu izsaka procentos, aprēķinot pareizi identificēto vārdu skaitu pret abās ausīs prezentēto vārdu skaitu.

Labās auss dihotiskās runas uztveres pārsvaru salīdzinājumā ar kreiso ausi aprēķinājām procentos, pareizo atbilžu skaitu no labās auss pieņemot par 100 %.

2.2.5. Dzirdes izraisīto garozas potenciālu mērījumu procedūra

Pacients komfortablā pussēdus stāvoklī, atbalstot galvu, uz skalpa novietoti elektrodi, uzlikta audioaustiņas. Pasīvās klausīšanās laikā, lai nepievērstu uzmanību skaņas stimuliem, subjektam lūgts lasīt žurnālu, aktīvās klausīšanās laikā — skaitīt atšķirīgos stimulus. CAEP tika veikti trīs skaņas stimula intensitātēs, katrā no tiem — trīs mērījumi, klausoties aktīvi, un trīs — klausoties pasīvi. Pirmā mērījumu sesija — klausoties aktīvi, pēc tam 10 minūšu pārtraukums, pēc tā — mērījumi, klausoties pasīvi. Procedūras ilgums individuāli — 2–2,5 stundas.

2.2.6. Dzirdes izraisīto garozas potenciālu līkņu analīze

Dzirdes izraisīto garozas potenciālu (CAEP) mērījumu laikā darbojās autonomi digitālie filtri. CAEP līknes koriģēja, lietojot zemfrekvenču filtru 30 Hz. Katram no pētījuma procedūras parametriem veica trīs mērījumus, lai izvērtētu mērījuma līkņu homogenitāti. CAEP līknes morfoloģijas izpēti veica, līkni nolīdzinot ar 30 punktu soli. Vērtējot katru mērījuma pāri, identificējām dzirdes izraisīto garozas potenciālu komponentus P1, N1, P2, N2, un P3 uz elektrofizioloģiskās atbildes līknes. Viļņu amplitūdas identificējām pēc vidējās amplitūdas pamatlīnijā 50 ms intervālā pirms stimula sākuma. CAEP komponentu pīķu latences tika noteiktas pie lielākās amplitūdas attiecībā pret pamatlīniju. Elektrofizioloģiskās līknes viļņa pīķis uz līknes tika identificēts kā CAEP komponents, ja tā amplitūda atšķīrās no pamatlīnijas par 1 mikrovoltu (μV) un vairāk, ņemot vērā šā komponenta paredzamo lokalizēšanos uz līknes. 2.2. tabulā apkopoti dzirdes izraisīto garozas potenciālu komponentu latenču paredzamie parametri.

2.2. tabula

Dzirdes izraisīto garozas potenciālu (CAEP) paredzamās latences

Komponents	Elektrodu pozīcijas	Filtrs (Hz)	Latence (ms)
P1	Fz,Cz, C4, M1, M2	0,01–30	25–80
N1			70–150
P2			150–300
N2			130–250
P3			200–450

Elektrofizioloģisko mērījumu atbildes var atšķirties vienādu faktoru ietekmē starp subjekta atsevišķiem mērījumiem. Tāpēc mērījuma ticamības noteikšanai veic divus vai vairākus mērījumus (Coles & Mason, 1984; Yeung & Wong, 2007), kas tika ievērots mūsu darbā. Atbildi uzskata par ticamu, ja raksturīgajos laika intervālos uz elektrofizioloģiskās atbildes līknes identificējami viļņu pīķi — negatīvais komponents N1 un pozitīvais komponents P2 — un divos vai vairākos mērījumos pie vienādiem stimuliem iegūto latenču garumi neatšķiras vairāk par 10 milisekundēm. Komponenta pīķa amplitūda bija lielāka par pamatlīniju pirms stimula (Korczak et al., 2005). Aktīvie elektrodi novietoti uz skalpa pozīcijās Cz jaunākā vecuma subjektiem kontrolgrupai, jaunākā vecuma pacientu grupai, pozīcijā C4 — vecāko pacientu grupas subjektiem.

Mērījumu atbildēm, kas ģenerējas N1, amplitūdai jābūt lielākai frontocentrālajā lokalizācijā nekā parietālajā (Ponton et al., 2000). Pētījumā tika iekļauti subjekti, kam tika reģistrēti dzirdes izraisīto garozas potenciālu komponenti P1, N1, P2, N2 un P3 uz visiem stimuliem. Veicot vismaz divus mērījumus ar vienādiem testa parametriem, mūsu darbā latences neatšķīrās vairāk par 5 milisekundēm.

2.2.7. Medikamentozā terapija un tās ietekmes vērtēšanas metodes

Pacientu grupu dalībnieki iekšķīgi lietoja divus farmakopreparātus — nicergolīnu 30 mg vienu reizi dienā 90 dienas un pramiracetamu 600 mg vienu reizi dienā 40 dienas. Pēc medikamentu kursa, t. i., pēc trīs mēnešiem atkārtoti veica runas audiometrijas un garozas dzirdes izraisīto potenciālu mērījumus pēc iepriekš aprakstītās metodes. Iegūtos rezultātus analizēja salīdzinājumā ar izmeklējumu rezultātiem pirms medikamentozās terapijas.

2.2.8. Datu statistiskā analīze

Datu statistiskās analīzes mērķis bija ar atbilstošām statistikas metodēm izvērtēt dzirdes atšķirības cilvēkiem ar normālu dzirdi un pacientiem ar dzirdes traucējumiem.

Pēc mainīgā lieluma veida tika aprēķināts centrālās tendences rādītājs — pazīmes vidējā aritmētiskā vērtība, mediāna un moda, kā arī izkliedes rādītāji — standartnovirze, pazīmes minimālā un maksimālā vērtība. Lai noteiktu, vai dati atbilst normālsadalījumam, tika izmantots Šapiro—Vilka (*Shapiro—Wilk*) tests.

Divu atkarīgu vai neatkarīgu grupu salīdzināšanai pēc vienas pazīmes izmantots atbilstošs Stjūdenta *t* tests, bet vairāku neatkarīgu grupu salīdzināšanai pēc vienas pazīmes — dispersiju analīze (*Analysis of Variance* — ANOVA, abreviatūra no angļu valodas).

Atbilstoši vispārpieņemtiem principiem *p* vērtība $< 0,05$ tika uzskatīta par divpusējo testu rezultātu statistiskās ticamības sliekšni. Fišera *LSD post-hoc* (*Least Significant Difference* — LSD, abreviatūra no angļu valodas) statistiskās analīzes metodi lieto, lai noteiktu kāda parametra atšķirības kādai no pētījuma grupām salīdzinājumā ar citām pētījuma grupām.

Gadījumos, kad analizējamie dati neatbilda normālsadalījumam, tika izmantots atbilstošais neparametriskais tests — Manna–Vitnija, Vilkoksona vai Frīdmena.

Rezultātu novērtēja kā statistiski ticami atšķirīgu, ja nulles hipotēzes varbūtība bija vienāda ar 0,05 vai mazāka par to, t. i., kritērijs nulles hipotēzes noraidīšanai bija būtiskuma līmenis $p = 0,05$. Pretējā gadījumā tika pieņemta nulles hipotēze.

Divu pazīmju saistības analīzei tika izmantota Spīrmena koeficienta korelāciju analīze un Pīrsona korelāciju analīze. Pētījumā pieņemta šāda korelācijas ciešuma klasifikācija pēc korelācijas koeficienta r lieluma:

- korelācija ir vāja, ja $r \leq 0,3$;
- korelācija ir vidēja, ja $0,3 < r < 0,7$;
- korelācija ir cieša, ja $r \geq 0,7$.

Saistību starp diviem parametriem meklēja arī ar lineārās regresijas metodi.

Analizējot nominālu vai rangu datus, lai salīdzinātu divu vai vairāku pazīmju proporcionālo sadalījumu, tika izmantota Pīrsona Hī kvadrāta statistiskā analīze, ja kontingences tabulas biežums mazāks par 5, savukārt Fišera precīzais tests izmantots, ja kontingences tabulas biežums lielāks par 5.

Divu salīdzināmo grupu robežvērtības noteikšanai izmantotas ROC (*Receiver Operating Characteristic* — ROC, abreviatūra no angļu valodas) līknes, šī statistiskās analīzes metode sniedz informāciju par divu pazīmju datu sadalījumu robežvērtības sensitivitāti un specifiskumu. Lai salīdzinātu robežvērtības kvalitāti, tika izmantots laukums zem līknes (*Aer under Curve* — AUC, abreviatūra no angļu valodas). Efekta novērtēšanā izmantoja biserialā koeficienta analīzi un pieņēma šādu statistiskā efekta novērtējumu:

- mazs, ja $r < 0,1$;
- vidējs, ja $0,1 < r < 0,5$;
- liels, ja $r > 0,5$.

Lai iegūtos rezultātus varētu vispārināt un noteikt izkliedes robežas, tika aprēķinātas arī 95 % ticamības intervāla vērtības.

Datu statistiskā apstrāde veikta, izmantojot IBM SPSS 20. versiju.

3. REZULTĀTI

3.1. Izveidotie runas audiometrijas testi

3.1.1. Runas uztveres sliekšņa testi

Teikumu materiāls tika atlasīts no lielām tekstu datubāzēm latviešu valodā — avīžu rakstiem digitālā formātā. Digitāli automatizētā procesā tika atlasīti 15 000 teikumi. Tālāk no tiem atlasīja 1050 teikumus, ņemot vērā šādus nosacījumus: sarunvalodas teikumi, kas neietver izsauzienus, jautājumus, sakāmvārdus un kur nav īpašvārdu un nosaukumu. Pēc morfoloģiskās uzbūves tie bija pilni, paplašināti teikumi, sintaktiski pareizi, to saturs — semantiski neitrāls.

Teikums definēts kā rakstu zīmju sekvence starp divām pieturzīmēm. Zilbju skaitu teikumā noteicām, saskaitot patskaņus. Atlasījām teikumus, ko veido 10–12 zilbes. Teikumu atlasī veica autore, pēc tam šo valodas materiālu izvērtējot kopā ar filoloģijas speciālistiem. Teikumi tika izvēlēti tā, lai izvairītos no homogenitātes (teikumi ar līdzīgu sintaksi) vai pārāk lielas heterogenitātes (teikumi ar ļoti atšķirīgu zilbju skaitu). Katru teikumu veidoja 4–6 vārdi, ar nelielu zilbju skaitu — ne vairāk kā četras, ņemot vērā vārdu garumu latviešu valodā. Tika pārbaudīts, lai viena saraksta teikumi nebūtu ar līdzīgu saturu un tos neveidotu vieni un tie paši vārdi. Viens un tas pats teikums neatkārtojās dažādos sarakstos. Teikumu atlasē tika ņemti vērā kritēriji, ko izmantojuši audioloģijas nozares speciālisti Plomps un Mimpens (1979), kā arī Hāgermans (1982) un Kamerons (2011).

Izraudzītos teikumus izvērtēja autore un darba vadītājas kopā ar Latvijas Universitātes Matemātikas un informātikas institūta Mākslīgā Intelekta laboratorijas filoloģijas speciālistiem. Tālākai runas testu valodas materiāla atlasei izmantoti 800 teikumi.

Valodas materiālu ierunāja profesionāli aktieri, vīrietis un sieviete. Viņiem lūdza runāt dabiski ar vienmērīgu vokālo spēku, neuzsverot nevienu no zilbēm un vārdiem.

Visiem kontroles grupas dalībniekam atskaņoja visu valodas materiālu. Tā kā visi dalībnieki saņēma vienādu stimulu, bija iespējams salīdzināt atbildes starp subjektiem un teikumu komplektiem.

Teikumi, kuros kāds no vārdiem nebija saprotams, tika izslēgti, bet pārējo ierunāto valodas materiālu, 325 teikumus, kurus sadalīja 13 sarakstos, katrā no tiem

iekļāva 25 teikumus, saglabāja tālākai klausīšanās izpētei kontroles grupā. Turpinot runas uztveres sliekšņa noteikšanu, izslēdza tos teikumus, kuru uztvere nebija precīza.

Izveidoto valodas materiāls runas uztveres sliekšņa noteikšanai veido teikumi, kas sagrupēti 12 sarakstos — katrā pa 12 teikumiem. Pilns teikumu testu komplekts — 3. pielikumā.

Katram no kontroles grupas dalībniekiem noteica runas uztveres sliekšni, klausoties ar abām ausīm, kā arī runas uztveri troksnī.

Katram kontroles grupas subjektam noteica signāla un trokšņa attiecību (S/T).

Pēc šiem rezultātiem aprēķināja vidējo signāla un trokšņa attiecību (S/T) izveidotajam runas uztveres sliekšņa testam.

Kontroles grupas vidējo S/T vērtību izmantoja kā rādītāju, lai izvērtētu dzirdes funkciju pacientiem ar dzirdes traucējumiem.

3.1.2. Dihotiskās runas uztveres testi

Dihotiskās uztveres izvērtēšanai izveidots dihotisko vārdu pāru tests (DV) latviešu valodā un dihotisko ciparu vārdu pāru tests (DC) latviešu valodā (vārdu saraksti pievienoti 3. pielikumā).

Dihotisko vārdu testam atlasījām 52 vienas zilbes lietvārdus un 52 divzilbju lietvārdus, ko sagrupējām vārdu pāros ar vienādu zilbju skaitu. Ciparu vārdus no viens līdz desmit pāros dažādās kombinācijās sagrupējām pēc dihotiskās runas uztveres rezultātiem kontroles grupas pētījuma dalībniekiem.

Dihotiskās runas materiālu ar 50 vārdu pāriem un 20 ciparu vārdu pāriem kontroles grupas pētījuma dalībnieki noklausījās trīs reizes, izslēdzot atkārtoti nepareizi uztvertos vārdus.

Pēc klausīšanās rezultātiem izveidots vārdu pāru saraksts ar 50 vārdu pāriem un ciparu vārdu pāru saraksts ar 20 ciparu vārdu pāriem (vārdu saraksti pievienoti 3. pielikumā).

3.2. Runas audiometrijas rezultāti

3.2.1. Runas uztveres sliekšnis

Runas uztveres sliekšnis (RUS) ir skaņas intensitātes līmenis, kurā pareizi uztverti 50 % no pacientam audioaustiņās atskaņotā valodas materiāla: pēc trīs kontroles teikumiem pacientam atskaņo desmit testa teikumus runas uztveres sliekšņa noteikšanai. Signāla intensitātes līmenis, kādā subjekts noklausījās un pareizi atkārtoja visus vārdus vismaz pieciem no desmit testa teikumiem, tika uzskatīts par runas uztveres sliekšni (RUS).

Noteicām arī runas uztveres sliekšni troksnī (RUS/T) — maskējošais troksnis 65 dB skaņas stipruma līmenī tika atskaņots kreisajā ausī vienlaikus ar runas signālu (teikumu testu) labajā ausī; to sāka atskaņot no zemākās signāla intensitātes — 5 dB, līdz sasniedza skaņas stipruma līmeni, kurā vismaz pieci no desmit teikumiem tika uztverti pareizi.

Runas uztveres sliekšnis (RUS) vidēji kontrolgrupai — 18,28 dB (SD = 2,42), bet pacientu grupās tas ir ievērojami augstāks — jaunāko pacientu grupai 42,36 dB (SD = 7,07), vecāko pacientu grupai — 43,18 dB (SD = 7,27) (3.1. tabula).

Runas uztveres sliekšnis troksnī (RUS/T) visās grupās bija augstāks nekā bez trokšņa. RUS/T vidēji kontrolgrupai — 20,86 dB (SD = 1,92), jaunāko pacientu grupai — 47,43 dB (SD = 6,73), bet vecāko pacientu grupai — 49,24 dB (SD = 5,61) (3.1. tabula).

3.1. tabula

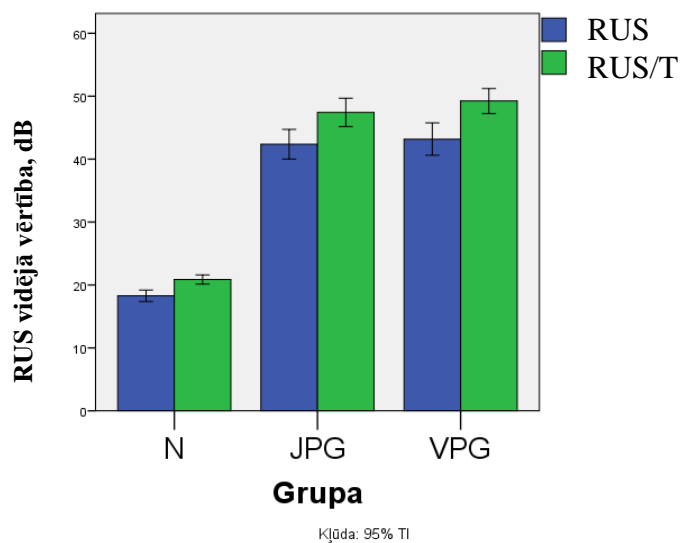
Runas uztveres sliekšņa (RUS) un runas uztveres sliekšņa troksnī (RUS/T) vidējās vērtības un standartnovirze kontrolgrupai, jaunāko pacientu grupai (JPG) un vecāko pacientu grupai (VPG)

Pētījuma grupa		RUS	RUS/T
N	Vidējais	18,28	20,86
	Standartnovirze	2,42	1,92
JPG	Vidējais	42,36	47,43
	Standartnovirze	7,07	6,73
VPG	Vidējais	43,18	49,24
	Standartnovirze	7,27	5,61

Runas uztveres sliekšnis troksnī (RUS/T) paaugstinājās visās grupās, bet lielākā atšķirība starp runas uztveres sliekšni troksnī un bez trokšņa bija abām pacientu grupām — gados jaunākajiem salīdzinājumā ar gados vecākajiem pacientiem.

Vidējās vērtības runas uztveres sliekšnim troksnī un bez trokšņa atšķīrās statistiski ticami visās grupās ($F(2,96) = 161,49; p < 0,001$).

Neatkarīgu izlašu t -testa analīze parādīja, ka runas uztveres sliekšņa (RUS) un runas uztveres sliekšņa troksnī (RUS/T) vidējās vērtības vecāko pacientu grupai ($43,18 \pm 7,26$) un jaunāko pacientu grupai ($42,36 \pm 7,07$) statistiski ticami neatšķīrās ($p = 0,63$) (3.1. attēls).



3.1. attēls. Runas uztveres sliekšnis troksnī RUS/T (zaļās krāsas stabiņš) un runas uztveres sliekšnis RUS (zilās krāsas stabiņi) kontrolgrupai (N), jaunāko pacientu grupai (JPG) un vecāko pacientu grupā (VPG)

Dispersiju analīze ANOVA parādīja, ka runas uztveres sliekšņa vidējās vērtības maskējošā troksnī (RUS/T; $p < 0,001$) un bez trokšņa (RUS; $p < 0,001$) statistiski ticami atšķīrās starp visām pētījuma dalībnieku grupām.

Kontrolgrupā bija ievērojami mazāka atšķirība starp runas uztveres sliekšni (RUS) un runas uztveres sliekšni troksnī (RUS/T) ($p < 0,001$).

Runas uztveres sliekšnis ievērojami atšķīrās testā ar maskējošo troksni un bez trokšņa kontrolgrupai salīdzinājumā ar abām pacientu grupām ($p < 0,001$), bet nozīmīgas atšķirības starp abām pacientu grupām nebija ($p = 0,63$).

Runas uztveres sliekšnis maskējošā troksnī (RUS/T) vecāko pacientu grupā un jaunāko pacientu grupā statistiski ticami neatšķīrās ($p = 0,26$).

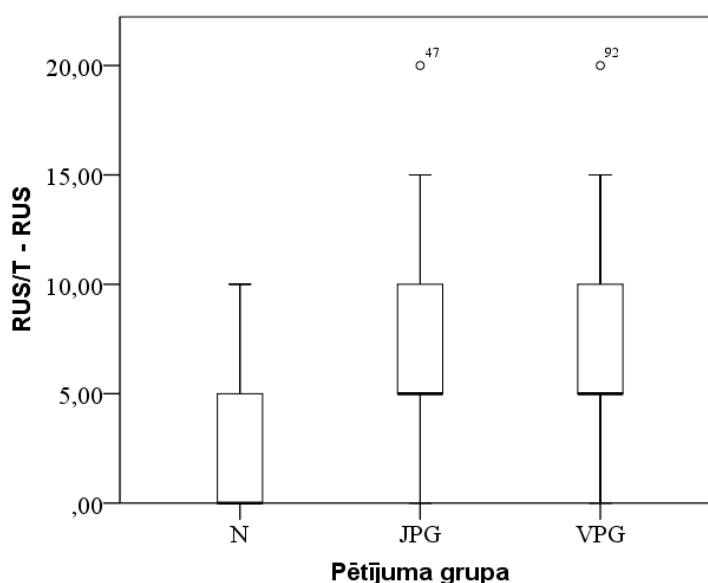
Runas uztveres sliekšnis maskējošā troksnī (RUS/T) salīdzinājumā ar runas uztveres sliekšni bez trokšņa (RUS) bija augstāks visās pētījuma grupās — jaunāko pacientu grupā vidēji par 5,07 dB (SD = 5,73), vecāko pacientu grupā vidēji par 6,06 dB (SD = 7,15), kontrolgrupā — par 2,59 dB (SD = 3,44). Šie dati apkopoti 3.2. tabulā.

3.2. tabula

Runas uztveres sliekšņa (RUS) un runas uztveres sliekšņa troksnī RUS/T) vidējā atšķirība un standartnovirze kontrolgrupai, jaunāko pacientu grupai un vecāko pacientu grupai

Pētījuma grupa	RUS-RUS/T, vidēji, dB	Standartnovirze, dB
Kontrolgrupa	2,59	3,44
Jaunāko pacientu grupa	5,07	5,73
Vecāko pacientu grupa	6,06	7,15
Vidēji	4,67	5,84

Izmantojot Manna-Vitnija neparametrisko testu, secinājām, ka abām pacientu grupām runas uztveres sliekšnis maskējošā troksnī (RUS/T) salīdzinājumā ar runas uztveres sliekšni bez trokšņa (RUS) bijis statistiski ticami augstāks nekā kontrolgrupai ($p < 0,001$) (3.2. attēls).



3.2. attēls. Runas uztveres sliekšņa un runas uztveres sliekšņa troksnī (RUS/T-RUS) starpība kontrolgrupai un pacientu grupai

3.2.2. Dihotiskās runas uztveres pārbaudes rezultāti

Dihotiskās runas uztveres pārbaudēs noteicām pareizo atbilžu skaitu no labās un kreisās auss, kā arī salīdzinājām labās un kreisās auss uztveres spēju atšķirību, aprēķinot pareizo atbilžu skaita procentuālo atšķirību, nosakot vienas auss pārsvaru. Datus analizējām ar *t*-testu sērijām.

Dihotisko ciparu vārdu un vārdu testu rezultāti — pareizās atbildes procentos — labajai un kreisajai ausij apkopoti 3.3. tabulā — kontrolgrupai, 3.4. tabulā — jaunāko pacientu grupai (JPG), 3.5. tabulā — vecāko pacientu grupai (VPG).

Labās auss pārsvars aprēķināts procentos pēc pareizo atbilžu skaita no labās un kreisās auss.

Pareizo atbilžu skaits kontrolgrupas subjektiem dihotisko ciparu vārdu testā (DC) no labās auss bija 97,24 %, dihotisko vārdu testā (DV) 90,34 %, no kreisās auss DV testā 97,24 %, DC testā 90,34 % (3.3. tabula).

Pareizo atbilžu skaits jaunāko pacientu grupā no labās auss DC testā 69,19 %, DV testā 62,70 %, no kreisās auss DV testā 54,72 %, DC testā 47,36 % (3.4. tabula).

Pareizo atbilžu skaits vecāko pacientu grupā no labās auss DC testā 67,73 %, DV testā 61,82 %, no kreisās auss DC testā 55,15%, DV testā 47,27 % (3.5. tabula).

Pareizo atbilžu skaits no labās auss visos pārbaudījumos bija lielāks nekā no kreisās auss visās pētījuma grupās.

Rezultāti liecina, ka dihotisko vārdu testā salīdzinājumā ar dihotisko ciparu vārdu testu pareizo atbilžu skaits statistiski ticami samazinājās abās pacientu grupās ($p < 0,001$), bet kontroles grupā — tikai atsevišķiem indivīdiem, kas kopumā grupas rezultātu būtiski neietekmēja.

Labās auss pārsvars pie kontrolgrupā dihotisko ciparu vārdu testā — 8,01% (3.3. tabula), dihotisko vārdu testā — 8,21 % (3.3. tabula), jaunāko pacientu grupā dihotisko ciparu vārdu testā (DC) bija 21,1 %, bet dihotisko vārdu testā (DV) — 25,47 % (3.4. tabula), vecāko pacientu grupā dihotisko ciparu vārdu testā — 19,57 %, dihotisko vārdu testā — 24,53 % (3.5. tabula).

Dihotiskās runas uztvere kreisajā ausī statistiski ticami samazinājās salīdzinājumā ar labo ausi abās pacientu grupās ($p < 0,001$), bet kontroles grupā — tikai atsevišķiem indivīdiem, kas grupas rezultātu būtiski neietekmēja.

3.3. tabula

Dihotisko ciparu vārdu un vārdu uztveres pareizo atbilžu skaits un standartnovirze procentos (%) labajai un kreisajai ausij, labās auss pārsvars procentos (%) kontrolgrupai

Dihotiskās runas tests	Dihotisko ciparu vārdu tests		Dihotisko vārdu tests	
	labā auss	kreisā auss	labā auss	kreisā auss
Izmeklējamā auss	labā auss	kreisā auss	labā auss	kreisā auss
Pareizās atbildes (%)	97,24	90,34	97,24	90,34
Standartnovirze (%)	2,53	5,96	2,53	5,96
Labās auss pārsvars (%)	8,01	–	8,21	–

3.4. tabula

Dihotisko ciparu vārdu un vārdu uztveres pareizo atbilžu skaits un standartnovirze procentos (%) labajai un kreisajai ausij, labās auss pārsvars procentos (%) JPG

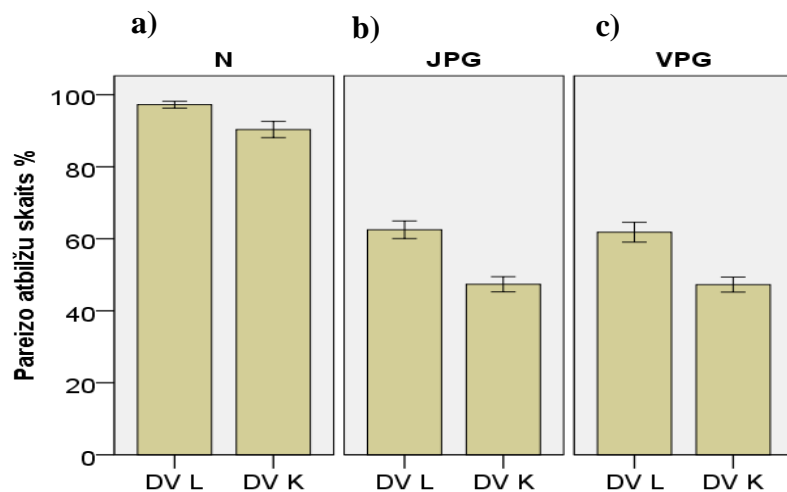
Dihotiskās runas tests	Dihotisko ciparu vārdu tests		Dihotisko vārdu tests	
	labā auss	kreisā auss	labā auss	kreisā auss
Izmeklējamā auss	labā auss	kreisā auss	labā auss	kreisā auss
Pareizās atbildes (%)	69,19	54,72	62,70	47,36
Standartnovirze (%)	5,95	6,20	7,22	6,26
Labās auss pārsvars (%)	21,1	–	25,47	–

3.5. tabula

Dihotisko ciparu vārdu un vārdu uztveres pareizo atbilžu skaits un standartnovirze procentos (%) labajai un kreisajai ausij, labās auss pārsvars procentos (%) VPG

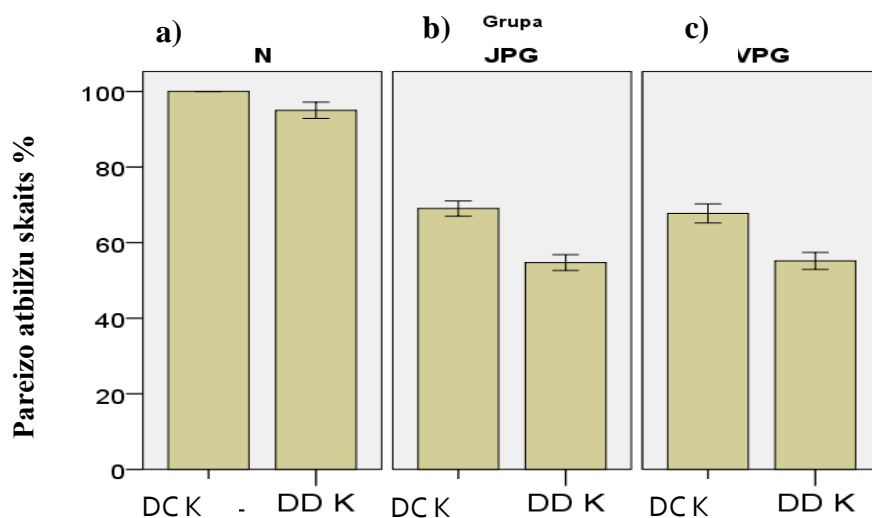
Dihotiskās runas tests	Dihotisko ciparu vārdu tests		Dihotisko vārdu tests	
	labā auss	kreisā auss	labā auss	kreisā auss
Izmeklējamā auss	labā auss	kreisā auss	labā auss	kreisā auss
Pareizās atbildes (%)	67,73	55,15	61,82	47,27
Standartnovirze (%)	7,08	6,31	7,78	5,87
Labās auss pārsvars (%)	19,57	–	24,53	–

Klausoties ar labo ausi, pareizo atbilžu skaits bija lielāks salīdzinājumā ar kreiso ausi visās dalībnieku grupās visos dihotiskās uztveres pārbaudījumos. Lielāks pareizo atbilžu skaits bija dihotisko ciparu vārdu testos nekā dihotisko vārdu testos ($p < 0,005$). Dihotisko vārdu uztveres pareizo atbilžu skaits procentos (%), klausoties ar labo un kreiso ausi, parādīts kontrolgrupai (N) 3.3.a attēlā, jaunāko pacientu grupai (JPG) — 3.3.b attēlā, vecāko pacientu grupai (VPG) — 3.3.c attēlā.



3.3. attēls. Dihotisko vārdu uztvere, klausoties ar labo (DV L) un kreiso ausi (DV K), kontrolgrupai (N) (a), jaunāko pacientu grupai (JPG) (b) un vecāko pacientu grupai (VPG) (c)

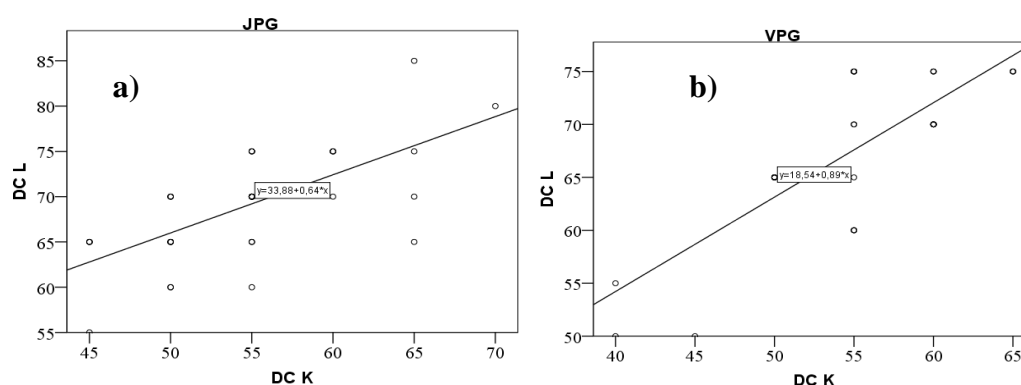
Dihotisko ciparu vārdu uztveres pareizo atbilžu skaits procentos, klausoties ar labo un kreiso ausi, parādīts kontrolgrupai (N) 3.4.a attēlā, jaunāko pacientu grupai (JPG) — 3.4.b attēlā, vecāko pacientu grupai (VPG) — 3.4.c attēlā. Atšķirību starp labās un kreisās auss runas uztveri konstatējām abos dihotiskās runas uztveres testos, kas dihotisko vārdu testā parādījās ievērojamāk nekā dihotisko ciparu vārdu testā. Par to liecina lielāks pareizo atbilžu skaits no labās auss nekā no kreisās auss. Dihotiskās runas uztvere kreisajā ausī statistiski ticami vājāka salīdzinājumā ar labo ausi abās pacientu grupās ($p < 0,001$) nekā kontrolgrupā — tikai atsevišķiem indivīdiem, kas kopumā grupas rezultātu ietekmēja nenožīmīgi.



3.4. attēls. Dihotisko ciparu vārdu uztvere (pareizo atbilžu skaits procentos) un standartnovirze no labās (DC L) un no kreisās auss (DC K) kontroles grupai (N) (a), jaunāko pacientu grupai (JPG) (b) un vecāko pacientu grupai (VPG) (c)

Dihotiskā ciparu vārdu testa individuālo pareizo atbilžu skaitu procentos atsevišķi labajai un kreisajai ausij ilustrē 3.5.a. attēls — jaunāko pacientu grupai, 3.5.b attēls — vecāko pacientu grupai, kuros uz X ass parādīti kreisās auss rezultāti, bet Y ass — labās auss rezultāti. Abos attēlos redzams, ka rezultāti koncentrējas zem diagonāles, kas norāda par labās auss pārsvaru. Datu vērtību izkliede reprezentē variablu rādītājus mazāk pareizo atbilžu virzienā. Dati ciešāk grupējas dihotisko ciparu vārdu uztveres testā vecāko pacientu grupai, kas norāda par uzdevuma sarežģītības ietekmi uz dzirdes funkciju, pasliktinot runas signāla uztveri.

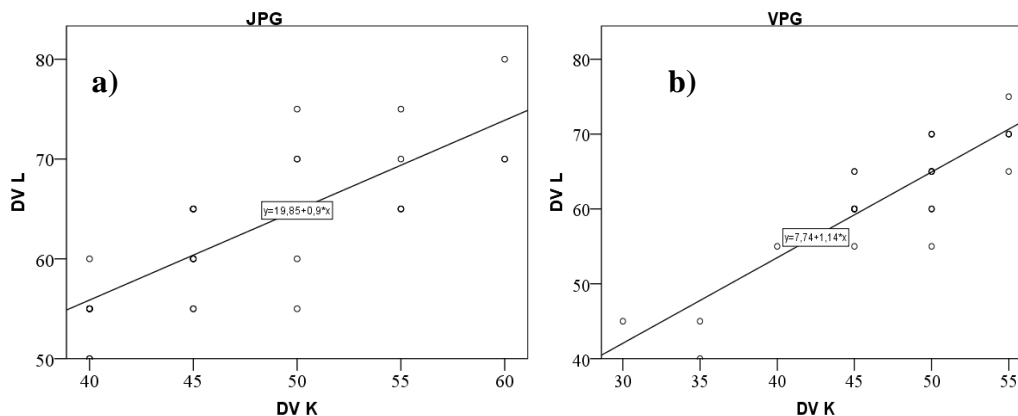
Pēc Pīrsona korelāciju koeficienta analīzes secinājām, ka starp dihotisko ciparu vārdu uztveri labajā un kreisajā ausī jaunāko pacientu grupas un vecāko pacientu grupas subjektiem nepastāv statistiski ticama korelācija, kas liecina par labās auss uztveres pārsvaru, turklāt vārdu testā labās auss pārsvars ir lielāks nekā ciparu vārdu testā ($r = 0,79$; $p < 0,001$). Vecāko pacientu grupai salīdzinājumā ar jaunāko pacientu grupu atšķirība starp labās un kreisās auss runas uztveres spēju pastāv, kā arī labās auss pārsvars dihotiskās runas testos pār kreiso ausi ir lielāks ($r = 0,66$; $p < 0,001$).



3.5. attēls. Dihotisko ciparu vārdu testa rezultāti. Jaunāko pacientu grupas (JPG) (a) un vecāko pacientu grupas (VPG) (b) pareizās atbildes procentos (%) dihotisko ciparu vārdu testā no labās auss (DC L) atzīmētas uz Y ass, no kreisās auss (DC K) — uz X ass

Spīrmena korelāciju analīze parādīja, ka starp labās un kreisās auss dihotisko uztveri statistiski ticama korelācija nepastāv kā vecāko pacientu grupas subjektiem ($p = 0,66$), tā arī jaunāko pacientu grupas subjektiem ($p = 0,78$).

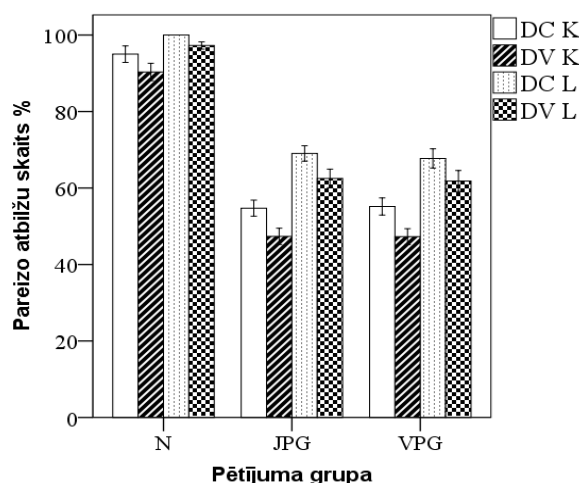
Korelācija starp labās auss (uz Y ass) un kreisās auss (uz X ass) pareizo atbilžu skaitu (procentos) dihotisko vārdu testā nepastāv ne jaunāko pacientu grupā (3.6.a attēls), ne arī vecāko pacientu grupā (3.6.b attēls), kas pierāda atšķirīgu uztveres spēju labajai un kreisajai ausij. Lielāks pareizo atbilžu skaits no labās auss pierāda labās auss pārsvaru visās pētījuma grupās ($p < 0,001$).



3.6. attēls. Dihotisko vārdu testa rezultāti. Jaunāko pacientu grupas (JPG) (a attēls) un vecāko pacientu grupas (VPG) (b attēls) pareizās atbildes procentos (%) dihotiskā ciparu vārdu testā no labās auss (DV L) atzīmētas uz Y ass, no kreisās auss (DV K) — uz X ass

Visās pētījuma grupās dihotisko ciparu vārdu uztvere bija labāka nekā dihotisko vārdu uztvere, turklāt vislielāko pareizo atbilžu skaitu uzrādīja kontrolgrupa (N), ievērojami mazāks pareizo atbilžu skaits bija jaunāko pacientu grupā (JPG), bet vecāko pacientu grupai (VPG) — vismazākais pareizo atbilžu skaits.

Spīrmēna korelācijas analīze uzrādīja statistiski ticamas korelācijas, kas liecina par ievērojamu labās auss pārsvaru dihotisko vārdu testā visās pētījuma grupās: JPG ($r_s = 0,61$; $p < 0,001$), VPG ($r_s = 0,74$; $p < 0,001$).



3.7. attēls. Dihotisko vārdu (DV K — ar kreiso ausi, DV L — ar labo ausi) un dihotisko ciparu vārdu (DC K- ar kreiso ausi, DC L – ar labo ausi) uztvere kontrolgrupai (N), jaunāko pacientu grupai (JPG) un vecāko pacientu grupai (VPG)

Vidējais pareizo atbilžu skaits kopā no labās un kreisās auss dihotisko vārdu testā un dihotisko ciparu vārdu testā savstarpēji atšķīrās visās grupās. Lielāks pareizo atbilžu skaits bija dihotisko ciparu vārdu testā visām pētījuma grupām, bet ar statistiski lielāku ticamību abās pacientu grupās ($p < 0,001$) (3.7. attēls).

3.3. Elektrofizioloģisko izmeklējumu rezultāti

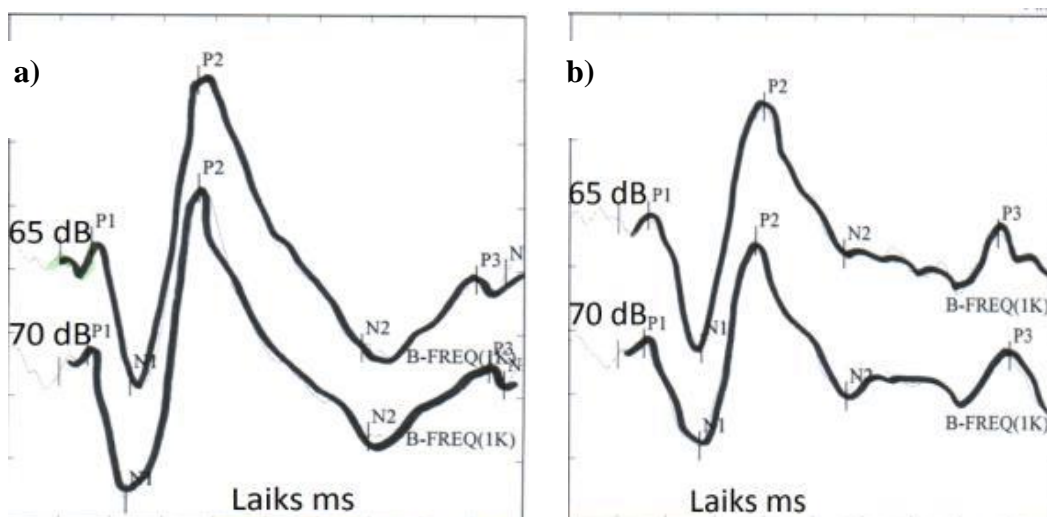
3.3.1. Dzirdes izraisīto garozas potenciālu komponentu amplitūdas un latences

Centrālo dzirdes struktūru modulējošo dzirdes izraisīto garozas potenciālu komponenti elektrofizioloģiskās atbildes līknē reprezentējās, sākot no 50 ms pēc stimula sākuma. Dzirdes izraisīto garozas potenciālu (CAEP) komponenti tika identificēti kā maksimāli pozitīvo un negatīvo amplitūdu pīķi, kurus raksturo to reprezentēšanās laiks (milisekundēs) elektrofizioloģiskās atbildes līknē. Veicot vismaz divus mērījumus ar vienādiem testa parametriem, mūsu darbā latences neatšķīrās vairāk par 5 ms.

Signāla klausīšanās veids — aktīvais (klausoties signālu uzmanīgi) vai pasīvais (nepievēršot uzmanību signālam) — ietekmēja dzirdes izraisīto garozas potenciālu komponentu pīķu amplitūdas visos pārbaudītajos signāla stipruma līmeņos (65, 70 un 75 dB) visām pētījuma grupām līdzīgi. Klausoties pasīvi, dzirdes izraisīto garozas potenciālu komponentu N1, P2 un N2 amplitūdas bija 1,5–2,5 μV , bet P3 amplitūda mazāka par 1 μV . Turpretī, klausoties aktīvi, komponents P3 uz elektrofizioloģiskās atbildes līknes tika reģistrēts ar lielāku amplitūdu ($> 1,5 \mu\text{V}$), bet komponentu N1, P2 un N2 amplitūdas būtiski nemainījās.

Analizējot dzirdes izraisīto garozas potenciālu mērījumu līknes, konstatējām, ka lielākas amplitūdas komponentu pīķi iegūti no centrālā elektroda (Cz) kontrolgrupas un jaunāko pacientu grupā, bet no parietālā elektroda (C3) — vecāko pacientu grupā.

Dzirdes izraisītie garozas potenciāli (CAEP) reģistrēti no elektroda pozīcijā Cz līknes skaņas signāla intensitātes līmeņos 65, 70 dB, klausoties bez uzmanības — pasīvi un ar uzmanību — aktīvi (3.8. attēls).



3.8. attēls. Dzirdes izraisītie garozas potenciāli. CAEP komponenti P1, N1, P2, N2 un P3 jaunāko pacientu grupas subjektam, klausoties pasīvi — bez uzmanības (a) un aktīvi — ar uzmanību uz signālu (b).

Analizējot dzirdes izraisīto garozas potenciālu (CAEP) datus, visām pētījuma grupām noteicām CAEP komponentu P1, N1, P2, N2 un P3 latenču vidējās vērtības trīs dažādos skaņas intensitātes līmeņos — 65, 70, 75 dB, kā arī salīdzinājām starp pētījuma grupām. Pētījuma grupām katra CAEP komponenta latenču vidējās vērtības un standartnovirzes apkopotas tabulās komponentam P1 — 3.6. tabulā, komponentam N1 — 3.7. tabulā, komponentam P2 — 3.8. tabulā, komponentam N2 — 3.9. tabulā, komponentam P3 — 3.10. tabulā.

Palielinot signāla intensitāti, visievērojamāk saīsinājās dzirdes izraisīto garozas potenciālu komponentu P1, N1, P2 un N2 latences salīdzinājumā ar komponenta P3 vidējām latencēm. Turklāt visvairāk komponentu P1, N1, P2 un N2 latenču vidējās vērtības saīsinājās abās pacientu grupās un tieši vecāko pacientu grupā ($p < 0,005$).

3.6. tabula

Dzirdes izraisīto garozas potenciālu komponenta P1 vidējās latenču vērtības milisekundēs (ms) kontrolgrupai (N), jaunāko pacientu grupai (JPG) un vecāko pacientu grupai (VPG) 65, 70 un 75 dB signāla intensitātē

Grupa	Pētījuma grupa		P1	P1	P1
			65 dB	70 dB	75 dB
Kontrolgrupa	N	Vidējais	64,48	60,45	56,39
		Standartnovirze	5,04	4,06	5,01
Pacienti	JPG	Vidējais	75,66	67,77	60,65
		Standartnovirze	6,28	6,47	5,67
	VPG	Vidējais	74,33	68,32	62,92
		Standartnovirze	8,51	8,16	8,11

3.7. tabula

Dzirdes izraisīto garozas potenciālu komponenta N1 vidējās latenču vērtības milisekundēs (ms) kontrolgrupai (N), jaunāko pacientu grupai (JPG) un vecāko pacientu grupai (VPG) 65, 70 un 75 dB signāla intensitātē

Grupa	Pētījuma grupa		N1	N1	N1
			65 dB	70 dB	75 dB
Kontrolgrupa	N	Vidējais	83,24	78,47	73,32
		Standartnovirze	5,05	3,75	2,80
Pacienti	JPG	Vidējais	111,11	95,78	85,78
		Standartnovirze	13,56	9,23	8,01
	VPG	Vidējais	103,69	93,58	85,21
		Standartnovirze	14,32	11,34	9,88

3.8. tabula

Dzirdes izraisīto garozas potenciālu komponenta P2 vidējās latenču vērtības milisekundēs (ms) kontrolgrupai (N), jaunāko pacientu grupai (JPG) un vecāko pacientu grupai (VPG) 65, 70 un 75 dB signāla intensitātē

Grupa	Pētījuma grupa		P2	P2	P2
			65 dB	70 dB	75 dB
Kontrolgrupa	N	Vidējais	139,29	133,72	126,44
		Standartnovirze	3,66	4,54	4,85
Pacienti	JPG	Vidējais	165,41	141,08	128,63
		Standartnovirze	11,24	7,92	8,59
	VPG	Vidējais	171,19	142,51	128,79
		Standartnovirze	14,42	10,36	8,56

3.9. tabula

Dzirdes izraisīto garozas potenciālu komponenta N2 vidējās latenču vērtības milisekundēs (ms) kontrolgrupai (N), jaunāko pacientu grupai (JPG) un vecāko pacientu grupai (VPG) 65, 70 un 75 dB signāla intensitātē

Grupa	Pētījuma grupa		N2	N2	N2
			65 dB	70 dB	75 dB
Kontrolgrupa	N	Vidējais	223,11	211,86	194,86
		Standartnovirze	3,43	5,07	8,12
Pacienti	JPG	Vidējais	270,18	243,53	227,72
		Standartnovirze	18,65	15,25	13,68
	VPG	Vidējais	265,28	240,13	214,18
		Standartnovirze	19,92	12,89	13,91

Komponenta P3 latenci signāla intensitātes palielināšanās ietekmēja vismazāk (3.10. tabula). Palielinot stimula intensitāti, komponenta P3 latences vidējā vērtība statistiski ticami nemainās jaunākā vecuma pacientiem — no 359,89 ms 65 dB signāla

intensitātes līmenī līdz 337,57 ms 75 dB līmenī ($p < 0,001$) un kontrolgrupas subjektiem (no 293,35 ms 65 dB signāla intensitātes līmenī līdz 282,86 ms 75 dB līmenī ($p < 0,001$)), turpretī vecāko pacientu grupā P3 latences vidējā vērtība saīsinājās statistiski ticami — no 354,55 ms 65 dB signāla intensitātes līmenī līdz 322,78 ms 75 dB līmenī ($p < 0,001$).

3.10. tabula

Dzirdes izraisīto garozas potenciālu komponenta P3 vidējās latenču vērtības milisekundēs (ms) kontrolgrupai (N), jaunāko pacientu grupai (JPG) un vecāko pacientu grupai (VPG) 65, 70 un 75 dB signāla intensitātē

Grupa	Pētījuma grupa		P3 65 dB	P3 70 dB	P3 75 dB
Kontrolgrupa	N	Vidējais	293,35	287,94	282,86
		Standartnovirze	3,68	4,01	4,60
Pacienti	JPG	Vidējais	359,89	344,60	337,57
		Standartnovirze	20,61	19,71	22,50
	VPG	Vidējais	354,55	336,84	322,78
		Standartnovirze	21,80	18,02	15,39

Pēc dispersiju analīzes (ANOVA) secinājām, ka komponenta P1 vidējā latence starp visām pētījuma grupām atšķiras statistiski ticami ($F(2,96) = 13,87$; $p < 0,001$).

Izmantojot LSD *Post-hoc* analīzi, lai noteiktu atšķirības starp grupām, secinājām, ka komponenta P1 latence kontrolgrupai atšķiras no jaunāko pacientu grupas (JPG) un vecāko pacientu grupas (VPG) statistiski ticami ($p < 0,001$), bet JPG no VPG neatšķiras statistiski ticami ($p = 0,72$).

Pēc dispersiju analīzes (ANOVA) secinājām, ka komponenta N1 latences vidējās vērtības visām pētījuma grupām atšķiras statistiski ticami ($F(2,96) = 34,97$; $p < 0,001$).

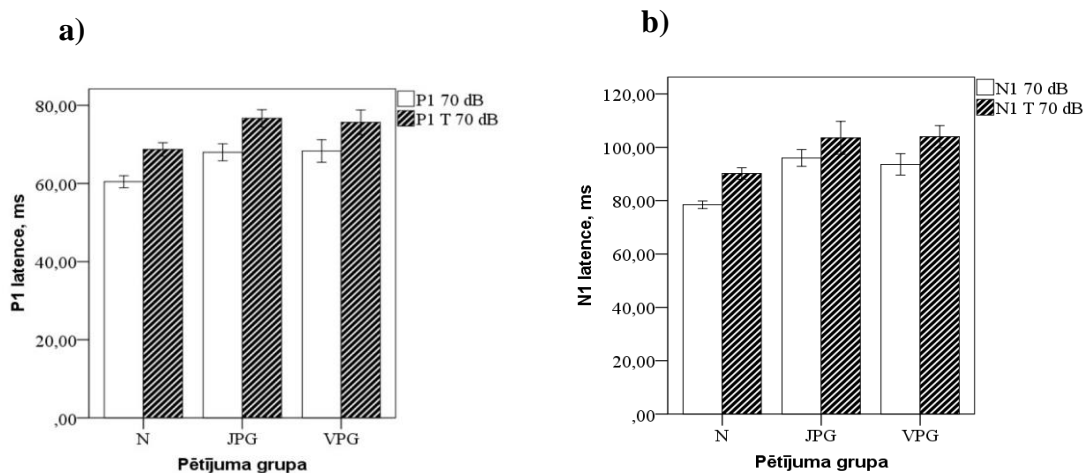
***Dzirdes izraisīto garozas potenciālu komponentu latences,
signālu uztverot troksnī***

Dzirdes izraisīto garozas potenciālu (CAEP) komponentu latences mērītas 65, 70 un 75 dB signāla intensitātes līmenī bez trokšņa, pēc tam mērījumi veikti, atskaņojot troksni kreisajā ausī, klausoties aktīvi.

Komponentu P1 (3.9.a attēls) un N1 (3.9.b attēls) latence, klausoties signālu troksnī, statistiski ticami pagarinājās salīdzinājumā ar signālu uztveri bez trokšņa visās pētījuma grupās — kontrolgrupā (N), jaunāko pacientu grupā (JPG) un vecāko pacientu grupā (VPG).

CAEP komponentu latences, signālu klausoties troksnī, pagarinājās visiem komponentiem. Datu statistiskā analīze parādīja gan to, ka trokšņa ietekmē visi komponenti neizmainās vienādi, gan arī to, ka izmaiņas starp pētījuma grupām atšķiras. 3.9. attēlā redzams, ka CAEP komponentu P1 un N1 latences pagarinās, uztverot signālu troksnī. Komponenta P1 vidējā latence troksnī starp visām pētījuma grupām atšķīrās statistiski ticami ($F(2,95) = 11,94; p < 0,001$).

Rezultāti liecina, ka P1 latence trokšņa ietekmē kontrolgrupai pagarinās mazākā mērā nekā abām pacientu grupām, kam P1 mērījuma rezultāti troksnī bija līdzīgi.

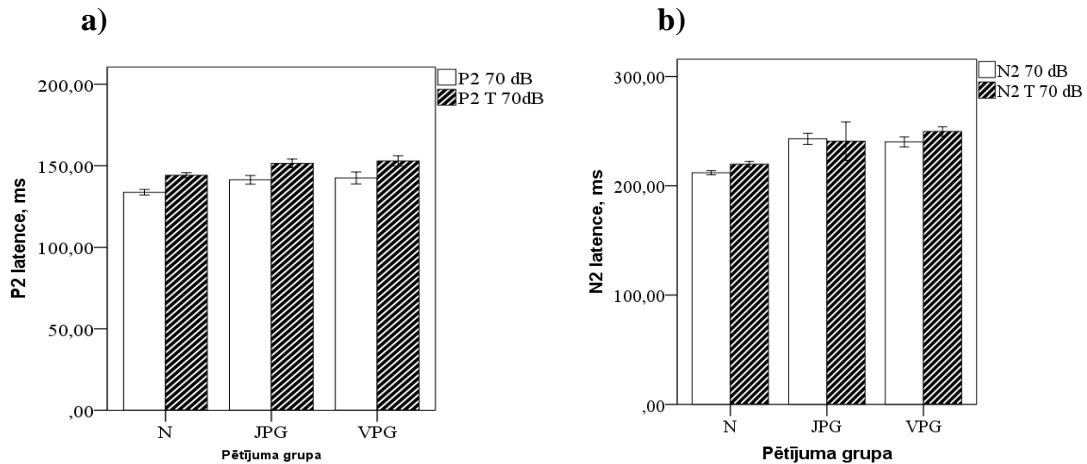


3.9. attēls. Dzirdes izraisīto garozas potenciālu komponentu P1 (a) un N1 (b) latences 70 dB signāla intensitātes līmenī salīdzinājumā ar to maskējošā troksnī kontrolgrupai (N), jaunāko pacientu grupai (JPG) un vecāko pacientu grupai (VPG)

Izmantojot LSD *Post-hoc* analīzi, lai noteiktu atšķirības starp grupām, secinājām, ka komponenta P1 latence troksnī N grupai no JPG un VPG atšķiras statistiski ticami ($p < 0,001$), bet JPG no VPG neatšķiras statistiski ticami ($p = 0,54$): kontrolgrupai tā bija ievērojami mazāka nekā abām pacientu grupām, bet abu pacientu grupām troksnis P1 latenci pagarināja līdzīgi.

Dispersiju analīze parādīja, ka komponenta N1 latences troksnī vidējās vērtības visām pētījuma grupām atšķiras statistiski ticami ($F(2,95) = 10,63; p < 0,001$). Izmantojot LSD *Post-hoc* analīzi, lai noteiktu atšķirības starp grupām, secinājām, ka komponenta N1 latence kontrolgrupai atšķiras no jaunāko pacientu grupas (JPG) un vecāko pacientu grupas (VPG) statistiski ticami ($p < 0,001$), bet JPG no VPG neatšķiras statistiski ticami ($p = 0,30$). Izmantojot LSD *Post-hoc* analīzi, lai noteiktu grupu atšķirības, secinājām, ka komponenta N1T latence troksnī kontrolgrupai atšķiras no

jaunāko pacientu grupas (JPG) un vecāko pacientu grupas (VPG) statistiski ticami ($p < 0,001$), bet JPG no VPG neatšķiras statistiski ticami ($p = 0,89$): kontrolgrupai tā bija ievērojami mazāka nekā abām pacientu grupām, savukārt troksnis N1 latenci abām pacientu grupām pagarināja līdzīgi.



3.10. attēls. Dzirdes izraisīto garozas potenciālu komponentu P2 (a) un N2 (b) latences 70 dB signāla intensitātes līmenī salīdzinājumā ar to maskējošā troksnī kontrolgrupai (N), jaunāko pacientu grupai (JPG) un vecāko pacientu grupai (VPG)

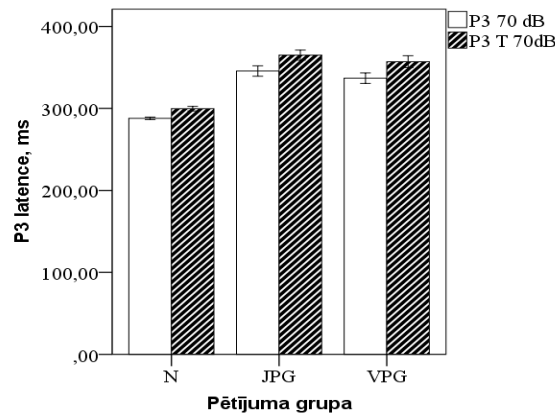
Pēc dispersiju analīzes (ANOVA) secinājām, ka komponenta P2 latences vidējā vērtība visām pētījuma grupām atšķiras statistiski ticami ($F(2,96) = 10,41$; $p < 0,001$), arī komponenta P2T vidējā latence troksnī (3.10.a attēls) visām pētījuma grupām atšķiras statistiski ticami ($F(2,95) = 12,26$; $p < 0,001$).

Izmantojot LSD *Post-hoc* analīzi, lai noteiktu atšķirības starp grupām, secinājām, ka P2 latence N grupai no JPG un VPG atšķiras statistiski ticami ($p < 0,001$), bet JPG no VPG neatšķiras statistiski ticami ($p = 0,47$) (3.10. attēls). Rezultāti liecina, ka troksnis būtiski pagarina komponenta P2 latenci visās pētījuma grupās, bet lielākā mērā un līdzīgi — abās pacientu grupās.

Pēc dispersiju analīzes (ANOVA) secinājām gan to, ka komponenta N2 latences vidējā vērtība visām pētījuma grupām atšķiras statistiski ticami ($F(2,96) = 62,42$; $p < 0,001$), gan arī to, ka komponenta N2T vidējā latence troksnī visām pētījuma grupām atšķiras statistiski ticami ($F(2,95) = 6,86$; $p < 0,001$).

Izmantojot LSD *Post-hoc* analīzi, lai noteiktu grupu atšķirības, secinājām, ka N2 latence, klausoties signālu troksnī un bez trokšņa, kontrolgrupai (N) no jaunāko pacientu grupas (JPG) un vecāko pacientu grupas (VPG) atšķiras statistiski ticami ($p < 0,001$), bet savstarpēji JPG no VPG neatšķirās statistiski ticami ($p = 0,47$).

Rezultāti liecina, ka troksnis būtiski pagarina komponenta N2 latenci visās pētījuma grupās, bet lielākā mērā un līdzīgi — abās pacientu grupās.



3.11. attēls. Dzirdes izraisīto garozas potenciālu komponenta P3 latences intensitātes salīdzinājumā ar to maskējošā troksnī kontrolgrupai (N), jaunāko pacientu grupai (JPG) un vecāko pacientu grupai (VPG)

CAEP komponenta P3 latence pie signāla troksnī pagarināta abām pacientu grupām un kontrolgrupai. Salīdzinot ar citiem komponentiem, troksnis komponenta P3 latenci ietekmēja visievērojamāk (3.11. attēls).

Pēc dispersiju analīzes (ANOVA) secinājām, ka komponenta P3 latences vidējā vērtība visām pētījuma grupām atšķiras statistiski ticami ($F(2,96) = 113,35$; $p < 0,001$).

Tāpat pēc dispersiju analīzes (ANOVA) secinājām, ka komponenta P3 latences, uztverot signālu troksnī (P3T) un bez trokšņa, vidējā vērtība starp visām pētījuma grupām atšķiras statistiski ticami ($F(2,95) = 137,18$; $p < 0,001$).

Izmantojot LSD *Post-hoc* analīzi, lai noteiktu grupu atšķirības, secinājām, ka P3 latences kontrolgrupai (N) no jaunāko pacientu grupas (JPG) un vecāko pacientu grupas (VPG) atšķiras statistiski ticami ($p < 0,001$), turklāt arī P3 latences JPG no VPG atšķīrās statistiski ticami ($p = 0,04$).

Izmantojot LSD *Post-hoc* analīzi, lai noteiktu grupu atšķirības, secinājām, ka komponenta P3 latence troksnī atšķiras statistiski ticami N grupai no JPG un VPG ($p < 0,001$), bet JPG no VPG neatšķiras statistiski ticami ($p = 0,08$).

CAEP komponentu latenču vidējās vērtības un to standartnovirzes, uztverot signālu troksnī un bez trokšņa, apkopotas 3.11. tabulā — kontrolgrupai, 3.12. tabulā — jaunāko pacientu grupai, 3.13. tabulā — vecāko pacientu grupai.

3.11. tabula

Dzirdes izraisīto garozas potenciālu komponentu latenču vidējās vērtības un standartnovirzes 70 dB skaņas stimula intensitātē bez trokšņa (P1, N1, P2, N2, P3) un troksnī (P1T, N1T, P2T, N2T, P3T) kontrolgrupai

CAEP komponents	Vidējā vērtība (ms)	Standartnovirze
P1	60,44	4,06
P1T	68,71	4,56
N1	78,46	3,74
N1T	90,19	5,67
P2	133,71	4,54
P2T	144,14	4,15
N2	287,94	4,00
N2T	219,71	6,82
P3	287,94	4,00
P3T	299,70	7,34

3.12. tabula

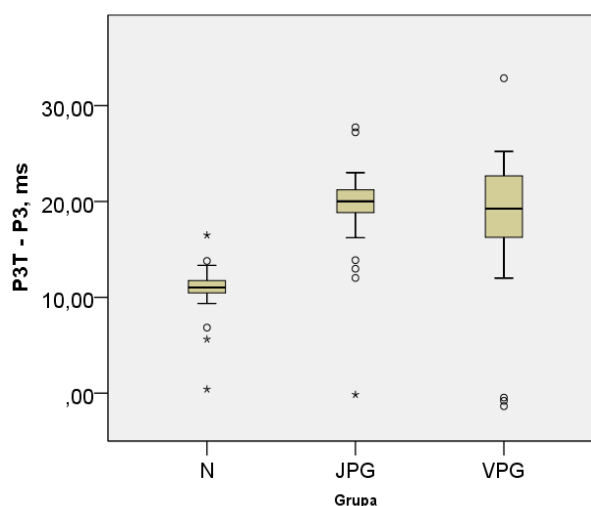
Dzirdes izraisīto garozas potenciālu komponentu latenču vidējās vērtības un standartnovirzes 70 dB skaņas stimula intensitātē bez trokšņa (P1, N1, P2, N2, P3) un troksnī (P1T, N1T, P2T, N2T, P3T) jaunāko pacientu grupai (JPG)

CAEP komponents	Vidējā vērtība (ms)	Standartnovirze
P1	67,77	6,47
P1T	76,66	6,54
N1	95,77	9,22
N1T	103,55	18,14
P2	141,07	7,91
P2T	151,47	7,93
N2	243,52	15,25
N2T	240,77	51,82
P3	344,59	19,71
P3T	363,89	18,18

Dzirdes izraisīto garozas potenciālu komponentu latenču vidējās vērtības un standartnovirzes 70 dB skaņas stimula intensitātē bez trokšņa (P1, N1, P2, N2, P3) un troksnī (P1T, N1T, P2T, N2T, P3T) vecāko pacientu grupai (VPG)

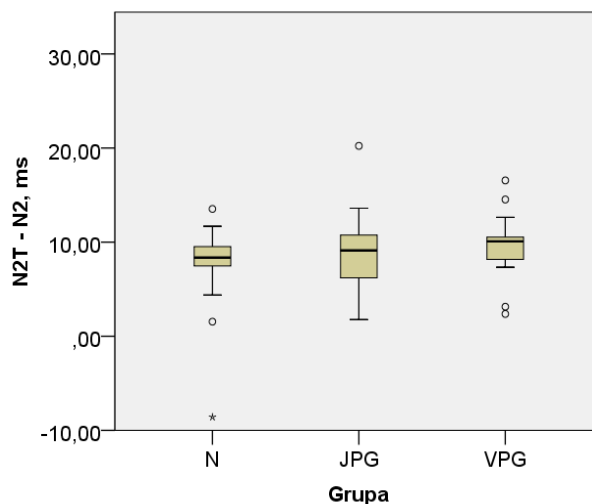
CAEP komponents	Vidējā vērtība (ms)	Standartnovirze
P1	68,31	8,15
P1T	75,65	8,87
N1	93,57	11,33
N1T	103,99	11,72
P2	142,50	10,35
P2T	152,96	8,99
N2	240,12	12,88
N2T	249,68	12,17
P3	336,84	18,02
P3T	356,98	20,46

Salīdzinot komponenta P3 latences troksnī un bez trokšņa, izmantojot Manna—Vitnija neparametrisko testu, secinājām, ka kontrolgrupai, jaunāko pacientu grupai un vecāko pacientu grupai vidējā starpība starp komponenta P3 latenci troksnī (P3T) un bez trokšņa (P3) atšķiras statistiski ticami ($p = 0,01$) (3.12. attēls).



3.12. attēls. Dzirdes izraisīto garozas potenciālu komponenta P3 latenču difference (P3T–P3) starp latenci troksnī un bez trokšņa kontrolgrupai, jaunāko pacientu grupai un vecāko pacientu grupai

Izmantojot Manna—Vitnija neparametrisko testu, secinājām, ka komponenta N2 latences, klausoties signālu troksnī, ir statistiski ticami ($p < 0,05$) garākas salīdzinājumā ar tām, kas iegūtas pēc signāla bez trokšņa. Kontrolgrupai un pacientu grupām starpība starp komponenta N2 latenci troksnī (N2T) un bez trokšņa (N2) atšķīrās statistiski ticami ($p = 0,01$) (3.13. attēls).

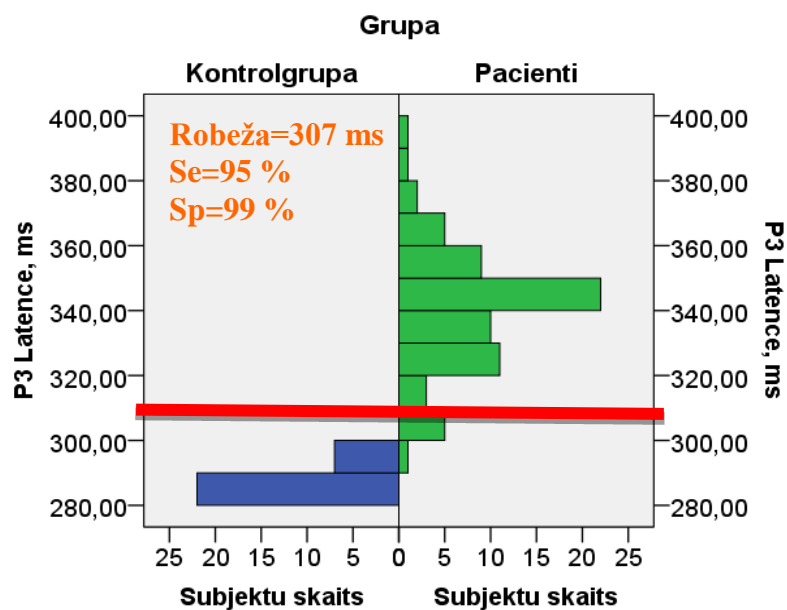


3.13. attēls. Dzirdes izraisīto garozas potenciālu komponenta N2 latencu difference (N2T–N2) starp latenci troksnī un bez trokšņa kontrolgrupai, jaunāko pacientu grupai un vecāko pacientu grupai

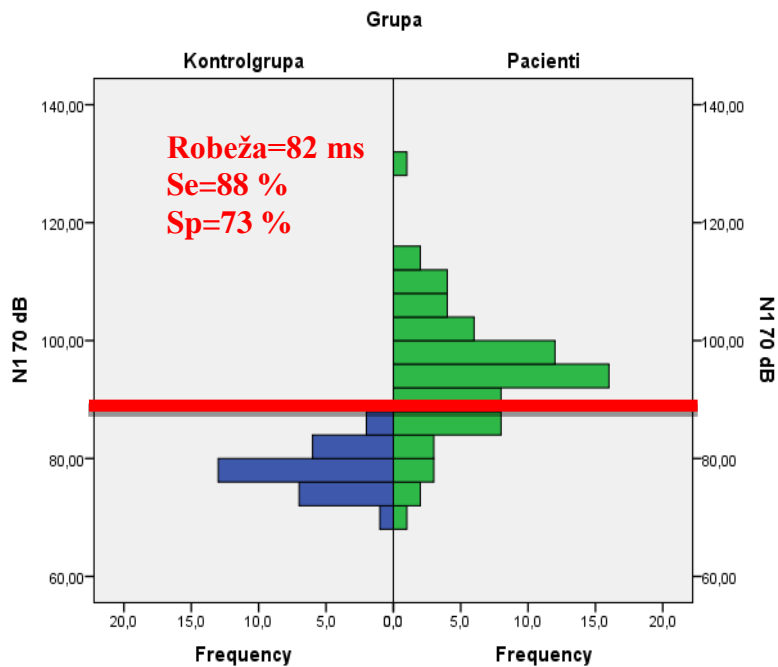
3.3.2. Dzirdes izraisīto garozas potenciālu komponentu robežvērtības

Kontrolgrupas un pacientu grupu dzirdes izraisīto garozas potenciālu komponentu robežvērtību noteikšanai izmantotas ROC līknes, kas sniedz informāciju par divu pazīmju datu sadalījumu robežvērtības sensitivitāti jeb jutīgumu un specifiskumu. Mūsu pētījumā viena datu grupa bija kontrolgrupas CAEP komponenta latencu vērtības, bet otra — apvienota jaunāko un vecāko pacientu grupu CAEP komponenta latencu vērtības milisekundēs.

Mūsu pētījuma rezultātu analīze parādīja, ka visjutīgākais CAEP mērījums ir komponenta P3 latence. Pēc ROC līknes analīzes secinājām, ka P3 robežvērtība kontrolgrupai un abām pacientu grupām ir 307 milisekundes (ms) pie 95 % sensitivitātes un 99 % specifiskuma (3.14. attēls), bet laukums zem līknes $AUC = 0,99$ ($p < 0,001$).



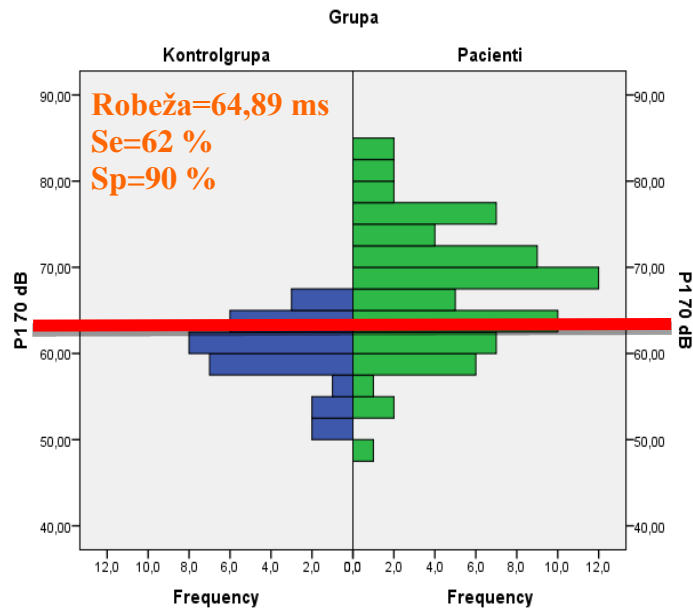
3.14. attēls. Dzirdes izraisīto garozas potenciālu komponenta P3 robežvērtība kontrolgrupai un pacientu grupām (atzīmēta ar sarkanu horizontālu līniju)



3.15. attēls. Dzirdes izraisīto garozas potenciālu komponenta N1 robežvērtība kontrolgrupai un abu pacientu grupām (atzīmēta ar sarkanu horizontālu līniju)

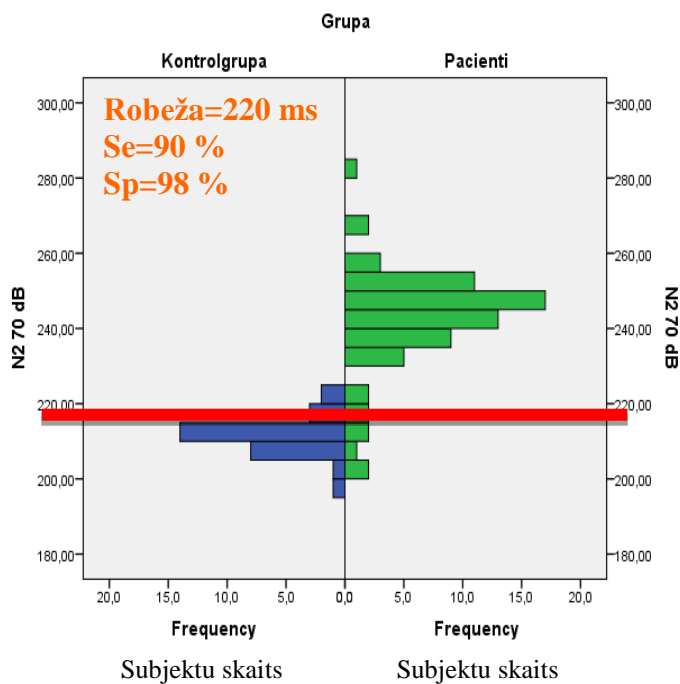
Analizējot ROC, secinājām, ka P2 robežvērtība kontrolgrupai un abām pacientu grupām ir 138,66 ms pie 61 % sensitivitātes un 90 % specifiskuma (3.15. attēls), laukums zem līknes AUC = 0,80 (p < 0,001).

ROC līknes analīze parādīja, ka P1 robežvērtība kontrolgrupai un abām pacientu grupām ir 64,8 ms pie 62 % sensitivitātes un 90 % specifiskuma (3.16. attēls), laukums zem līknes AUC = 0,81 (p < 0,001).

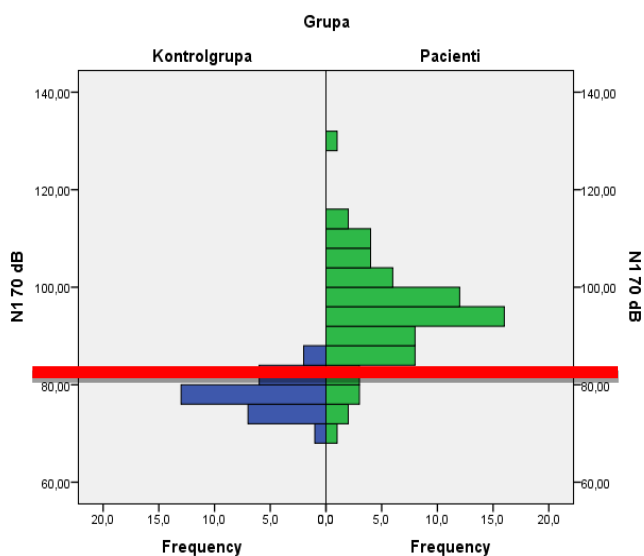


3.16. attēls. Dzirdes izraisīto garozas potenciālu komponenta P1 robežvērtības kontrolgrupai un abām pacientu grupām

Pēc ROC līknes analīzes secinājām, ka N2 robežvērtība kontrolgrupai un abām pacientu grupām ir 220,23 ms pie 90 % sensitivitātes un 98% specifiskuma (3.17. attēls), laukums zem līknes AUC = 0,81 (p < 0,001).



3.17. attēls. Dzirdes izraisīto garozas potenciālu komponenta N2 robežvērtības kontrolgrupai un abu pacientu grupām

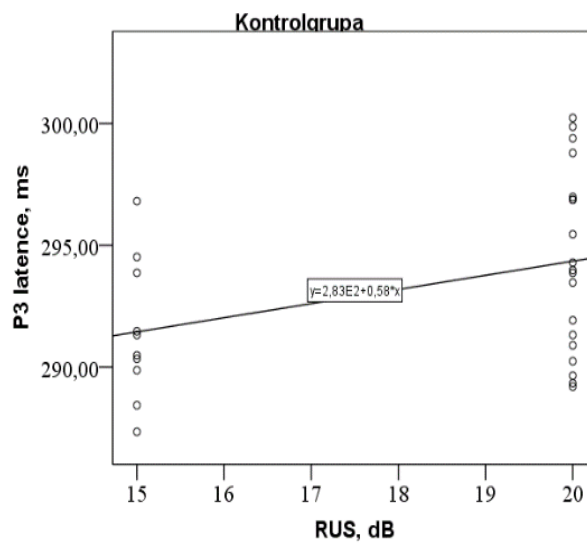


3.18. attēls. Dzirdes izraisīto garozas potenciālu komponenta N1 robežvērtības kontrolgrupai un abu pacientu grupām

Pēc ROC līknes analīzes secinājām, ka komponenta N1 robežvērtība kontrolgrupai un pacientiem ir 82,06 ms pie 88 % sensitivitātes un 73 % specifiskuma (3.18. attēls), laukums zem līknes $AUC = 0,93$ ($p < 0,001$).

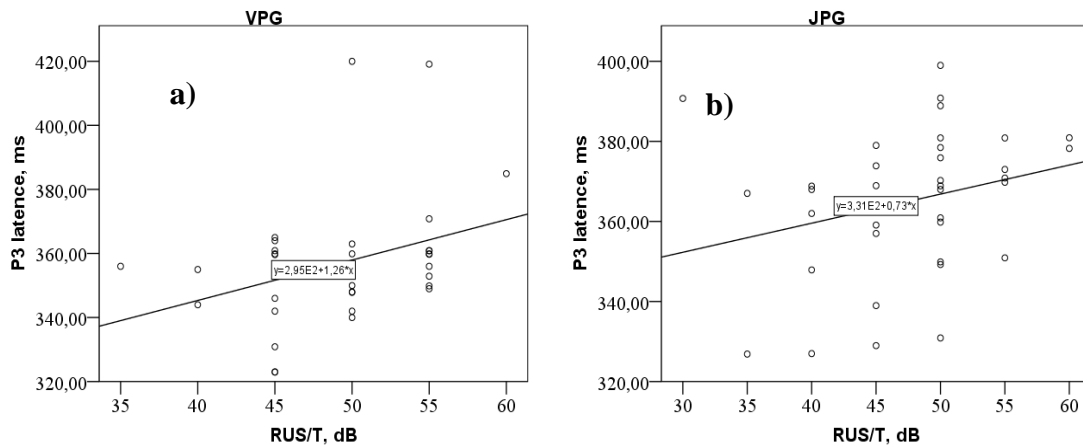
3.3.3. Dzirdes izraisīto garozas potenciālu latenču korelācijas ar runas audiometrijas rezultātiem

Asociācija starp dzirdes izraisīto garozas potenciālu komponentu P1, N1, P2, N2 un P3 latenču, runas uztveres sliekšņa un dihotisko testu vidējām vērtībām tika izvērtēta, izmantojot Spīrmena koeficienta korelāciju analīzi. Tika analizētas 24 korelācijas, no kurām sešas bija pozitīvas. Spīrmena koeficienta korelāciju analīze uzrādīja vidēji ciešu un statistiski ticamu korelāciju starp komponenta P3 latenci un runas uztveres sliekšni (RUS) ($r_s = 0,35$; $p < 0,05$) kontrolgrupā (3.19. attēls).



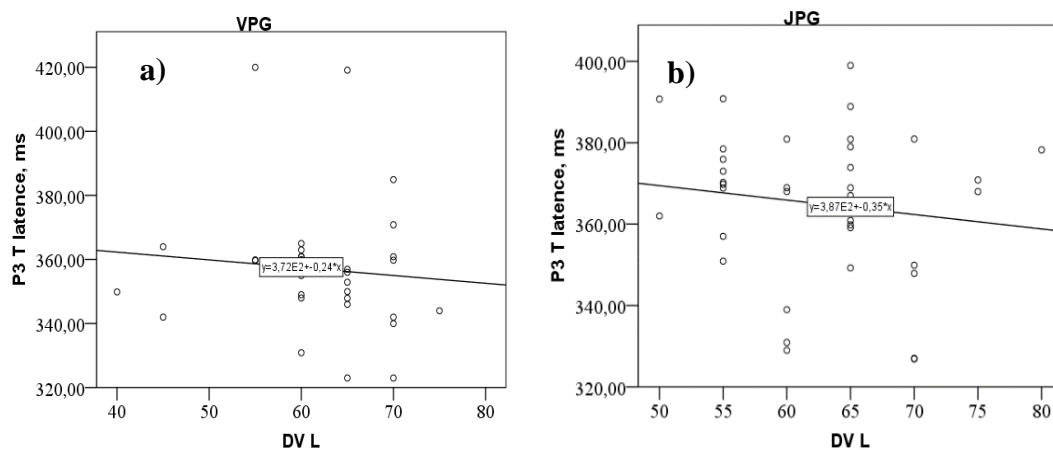
3.19. attēls. Dzirdes izraisīto garozas potenciālu komponenta P3 un runas uztveres sliekšņa (RUS) korelācija kontrolgrupai

Pēc Spīrmena korelāciju koeficienta analīzes secinājām, ka starp runas uztveres sliekšni troksnī (RUS) un CAEP komponenta P3 latenci troksnī pastāv statistiski ticama korelācija vecāko pacientu grupai ($r_s = 0,35$; $p < 0,05$) un jaunāko pacientu grupai ($r_s = 0,36$; $p < 0,001$) (3.20. attēls).



3.20. attēls. Dzirdes izraisīto garozas potenciālu komponenta P3 latence troksnī (P3T) un runas uztveres sliekšnis troksnī (RUS/T) vecāko pacientu grupai (VPG) (a) un jaunāko pacientu grupai (JPG) (b)

Pēc Pīrsona korelācijas koeficienta analīzes secinājām, ka starp dihotisko vārdu uztveri (DV) un komponenta P3 latenci troksnī (P3T) jaunāko pacientu grupā nepastāv statistiski ticama korelācija ($p = 0,34$) (3.21.b attēls). Spīrmena korelācijas koeficienta analīze parādīja, ka starp dihotisko vārdu testa (DV) un komponenta P3 latenci troksnī (P3T) vecāko pacientu grupu nepastāv statistiski ticama korelācija ($p = 0,60$) (3.21.a attēls). Šajā gadījumā statistiski ticamas korelācijas nepastāvēšana liecina par klīniski pozitīvu atradi.



3.21. attēls. Dihotisko vārdu uztveres (DV) un dzirdes izraisīto garozas potenciālu komponenta P3 latences troksnī vecāko pacientu grupai (VPG) (a) un jaunāko pacientu grupai (JPG) (b)

3.4. Runas audiometrijas un dzirdes izraisīto garozas potenciālu rezultāti pēc medikamentozās terapijas

Pacientu grupu dalībnieki iekšķīgi lietoja divus medikamentus — nicergolīnu 30 mg vienu reizi dienā 90 dienas un pramiracetamu 600 mg vienu reizi dienā 40 dienas. Pēc medikamentozās terapijas, t. i., pēc trīs mēnešiem atkārtoti veicām runas audiometrijas un dzirdes izraisīto garozas potenciālu mērījumus. Iegūtos rezultātus analizējām salīdzinājumā ar izmeklējumu rezultātiem pirms medikamentozās terapijas.

Izmantojot atkarīgu izlašu *t*-testa analīzi, secinājām, ka dihotisko vārdu testa (DV) un dihotisko ciparu vārdu testa (DC) pareizo atbilžu skaits abām pacientu grupām pēc terapijas palielinājās statistiski ticami ($p < 0,001$).

Lai gan dihotiskā runas uztvere ar labo ausi salīdzinājumā ar kreiso ausi pēc terapijas abām pacientu grupām saglabājas statistiski ticami labāka ($p < 0,001$) dihotisko ciparu vārdu testā salīdzinājumā ar rezultātu dihotisko vārdu testā, labās auss uztveres pārsvars pēc terapijas samazinājās.

Dihotiskās runas uztveres pareizo atbilžu skaita procentuālās vērtības pirms medikamentozās terapijas un pēc tās labajai un kreisajai ausij abām pacientu grupām, kā arī labās auss pārsvara procentuālās vērtības apkopotas tabulās — jaunāko pacientu grupas rezultāti apkopoti 3.14. tabulā, vecāko pacientu grupas rezultāti — 3.15. tabulā.

3.14. tabula

Dihotisko vārdu (DV) un ciparu vārdu (DC) uztveres pareizo atbilžu skaits un standartnovirzes procentos (%) labajai un kreisajai ausij un labās auss pārsvars procentos pirms un pēc terapijas jaunāko pacientu grupai

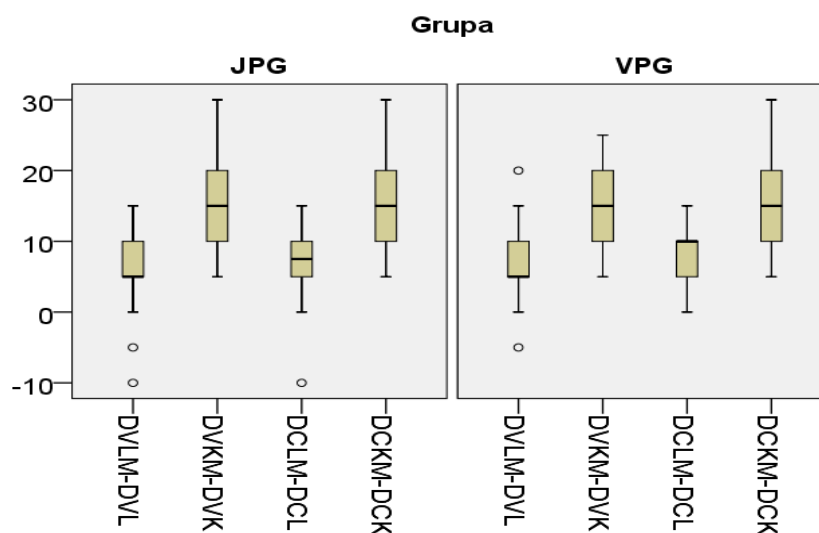
Dihotiskās dzirdes tests	DC tests				DV tests			
	labā auss		kreisā auss		labā auss		kreisā auss	
		pēc th		pēc th		pēc th		pēc th
Pareizo atbilžu skaits (%)	69,19	75,83	54,72	70,69	62,70	68,19	47,36	63,75
Standartnovirze (%)	5,95	5,41	6,20	5,62	7,22	7,38	6,26	6,69
Labās auss pārsvars (%)	21,91	8,78			24,47	7,52		

Dihotisko vārdu (DV) un ciparu vārdu (DC) uztveres pareizo atbilžu skaits un standartnovirzes procentos (%) labajai un kreisajai ausij un labās auss pārsvars procentos (%) pirms un pēc terapijas vecāko pacientu grupai

Dihotiskās dzirdes tests	DC tests				DV tests			
	labā auss		kreisā auss		labā auss		kreisā auss	
		pēc th		pēc th		pēc th		pēc th
Pareizo atbilžu skaits (%)	67,73	75,15	55,15	70,15	61,82	68,48	47,27	63,03
Standartnovirze (%)	7,08	6,05	6,31	6,67	7,78	7,12	5,87	6,36
Labās auss pārsvars (%)	19,57	7,65			24,53	8,97		

Izmantojot atkarīgu izlašu *t*-testa analīzi, secinājām, ka dihotisko vārdu testa (DV) un dihotisko ciparu vārdu testa (DC) pareizo atbilžu skaits abām pacientu grupām pēc terapijas palielinājās statistiski ticami ($p < 0,001$).

Lai gan dihotiskā runas uztvere ar labo ausi salīdzinājumā ar kreiso ausi pēc terapijas abām pacientu grupām saglabājas statistiski ticami labāka ($p < 0,001$) dihotisko ciparu vārdu testā salīdzinājumā ar rezultātu dihotisko vārdu testā, labās auss uztveres pārsvars pēc terapijas samazinājās.

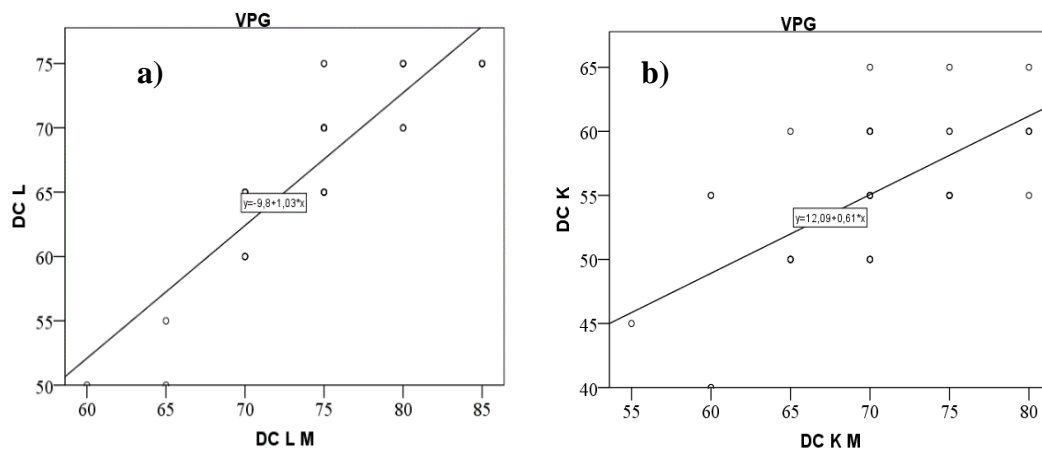


3.22. attēls. Dihotiskās runas uztvere labajai un kreisajai ausij pirms terapijas dihotisko ciparu vārdu testā (DC) un dihotisko vārdu testā (DV) un pēc terapijas dihotisko ciparu vārdu testā (DC M) un dihotisko vārdu testā (DV M) jaunāko pacientu grupai (JPG) un vecāko pacientu grupai (VPG)

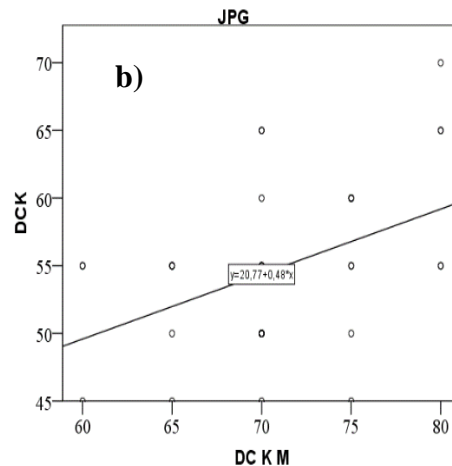
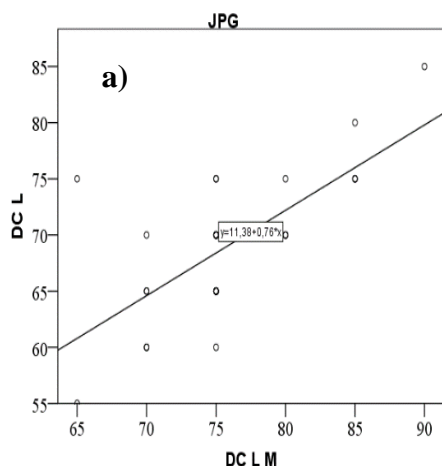
Atbilstoši biseriālā koeficienta analīzei (3.22. attēls) secināts, ka abās pacientu grupās dihotisko ciparu vārdu uztvere pēc terapijas ievērojami uzlabojās ar kreiso ausi un labo ausi — rezultātu starpība starp pareizi dzirdēto vārdu skaitu bija liela gan kreisajai ausij (DCKM-DCK; ($r = 0,80$; $p < 0,001$)), gan labajai ausij (DCLM-DCL; ($r = 0,54$; $p < 0,001$)). Pēc biseriālā koeficienta analīzes secinājām, ka abās pacientu grupās dihotisko vārdu uztvere pēc terapijas būtiski uzlabojās ar abām ausīm — lielu starpību starp pareizi dzirdēto vārdu skaitu konstatējām kreisajai (DVKM-DVK; ($r = 0,52$; $p < 0,001$)) un labajai ausij (DVLM-DVL; ($r = 0,76$; $p < 0,001$)).

Pēc terapijas dihotiskās runas uztvere statistiski ticami uzlabojās dihotisko ciparu un dihotisko vārdu testos abām pacientu grupām ($p < 0,001$), statistiski ticami ($p < 0,001$) saglabājoties labākai ciparu vārdu uztverei un dihotiskās runas uztveres pārsvaram ar labo ausi pēc terapijas abām grupām.

Pareizo atbilžu skaits no labās un kreisās auss dihotiskajā ciparu vārdu testā (DC) vecāko pacientu grupai (VPG) (3.23.a,b attēls) un jaunāko pacientu grupai (JPG) (3.24.a,b attēls) pirms terapijas (uz Y ass) un pēc terapijas (uz X ass) atbilstoši Pīrsona korelāciju analīzei neuzrādīja statistiski ticamas korelācijas, kas liecina par lielu labās auss pārsvaru dihotisko ciparu vārdu testā abās pētījuma grupās — jaunāko pacientu grupā ($r = 0,19$; $p < 0,001$) un vecāko pacientu grupā ($r = 0,42$; $p < 0,001$). Vērtību izkliede ap līkni ir liela, tomēr mazāka zem tās, kas liecina par labās auss labāku runas uztveri nekā kreisajā ausī.

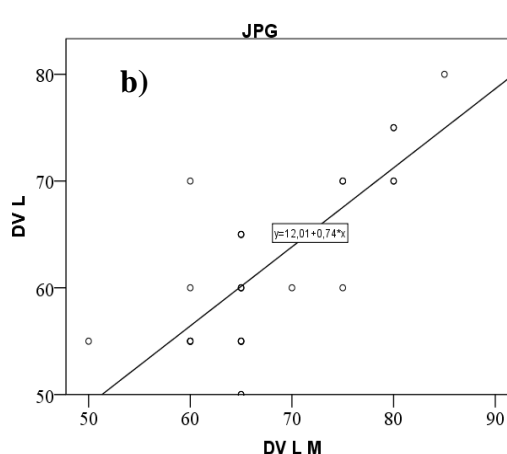
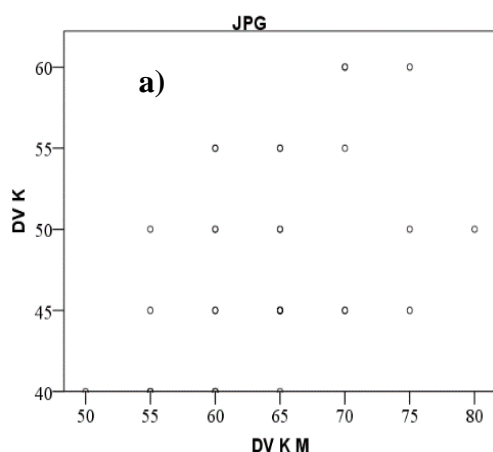


3.23. attēls. Pareizo atbilžu skaits (procentos, %) no labās (a) un kreisās auss (b) dihotiskā ciparu vārdu testā vecāko pacientu grupai (VPG): pirms terapijas labajai ausij (DC L) un kreisajai ausij (DC K) uz Y ass un pēc terapijas labajai ausij (DC L M) un kreisajai ausij (DC K M) uz X ass

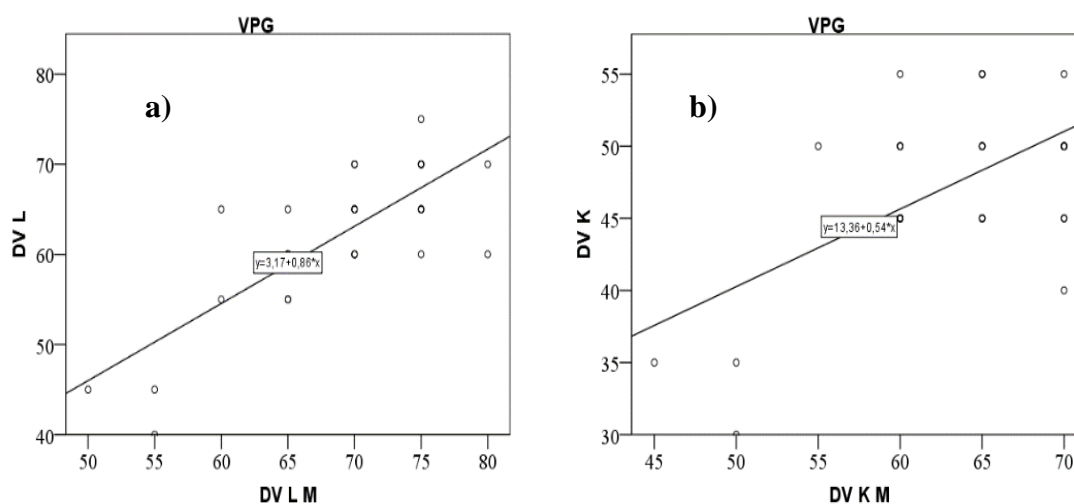


3.24. attēls. Pareizo atbilžu skaits (procentos, %) no labās (a) un kreisās auss (b) dihotiskā ciparu vārdu testā jaunāko pacientu grupai (JPG): pirms terapijas labajai ausij (DC L) un kreisajai ausij (DC K) uz Y ass un pēc terapijas labajai ausij (DC L M) un kreisajai ausij (DC K M) uz X ass

Analizējot kreisās un labās auss dihotiskās vārdu (DV) uztveres rezultātus pēc medikamentozās terapijas abām pacientu grupām ar Pīrsona korelācijas koeficienta analīzes metodi, secinājām, ka nepastāv statistiski ticama korelācija, kas liecina par lielu labās auss pārsvaru dihotisko vārdu testā abās pētījuma grupās — ne jaunāko pacientu grupā ($p = 0,42$), ne vecāko pacientu grupā ($p = 0,32$). 3.25.a. attēlā redzama ievērojama vērtību izkliede ap līkni jaunāko pacientu grupai, 3.26.b attēlā — vecāko pacientu grupai, kas ir lielāka salīdzinājumā ar ciparu vārdu testu.



3.25. attēls. Pareizo atbilžu skaits (procentos, %) no labās (a) un kreisās auss (b) dihotiskā vārdu testā jaunāko pacientu grupai (JPG): pirms terapijas labajai ausij (DV L) un kreisajai ausij (DV K) uz Y ass un pēc terapijas labajai ausij (DV L M) un kreisajai ausij (DV K M) uz X ass



3.26. attēls. Pareizo atbilžu skaits (procentos, %) no labās (a) un kreisās auss (b) dihotiskā vārdu testā vecāko pacientu grupai (VPG): pirms terapijas labajai ausij (DV L) un kreisajai ausij (DV K) uz Y ass un pēc terapijas labajai ausij (DV L M) un kreisajai ausij (DV K M) uz X ass, analizējot ar Pīrsona korelāciju analīzes metodi

Runas uztveres sliekšnis troksnī pēc terapijas (RUS/T) vecāko pacientu grupai ($SD = 43,18 \pm 7,26$; $p = 0,88$) un jaunāko pacientu grupai ($SD = 42,36 \pm 7,07$; $p = 0,82$) statistiski ticami neatšķīrās.

3.5. Dzirdes izraisīto garozas potenciālu rezultāti pēc medikamentozās terapijas

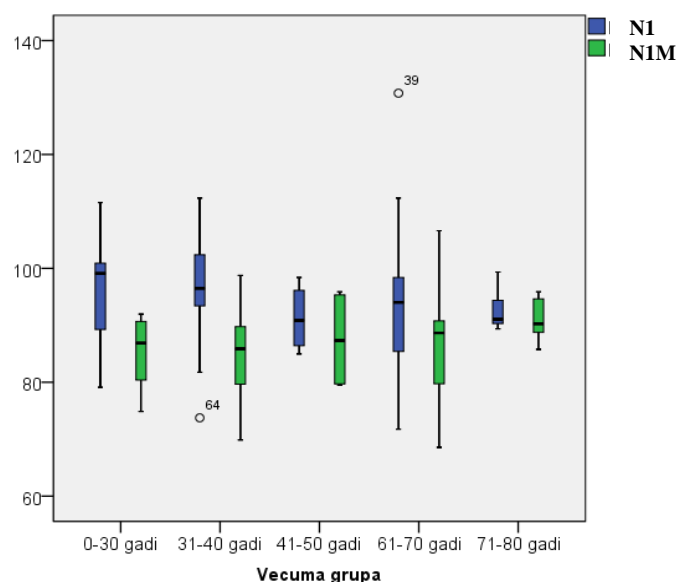
Pēc medikamentu lietošanas dzirdes izraisīto garozas potenciālu (CAEP) komponentu P1, N1, P2 latences saīsinājās jaunāko pacientu grupā un vecāko pacientu grupā ($p < 0,001$) (3.16. tabula). CAEP komponentu latenču dinamika pēc terapijas bija līdzīga visos skaņas intensitātes līmeņos.

Pēc dispersiju analīzes (ANOVA) secinājām, ka komponenta P3 vidējā latence pēc terapijas (P3 M) salīdzinājumā ar latenci pirms terapijas (P3) saīsinājās statistiski ticami gan jaunākā vecuma pacientu grupai ($F = 33,40$; $p < 0,001$), gan vecāko pacientu grupai ($F = 2,64$; $p = 0,04$).

CAEP komponentu P1, N1, P2 latences jaunāko pacientu grupai (JPG) un vecāko pacientu grupai (VPG) pirms (zils) un pēc medikamentozās terapijas (zaļš). Abām pacientu grupām pēc terapijas statistiski ticami saīsinājās CAEP komponentu P1, N1 un P2 latences ($p < 0,001$)

Pētījuma grupa		N1	N1 M	P1	P1 M	P2	P2 M	P3	P3 M
N	Vidējā vērtība (ms)	78,47	—	60,45	—	133,72	—	287,94	—
	Standarta novirze	3,75	—	4,06	—	4,54	—	4,01	—
JPG	Vidējā vērtība (ms)	95,78	85,08	67,77	59,88	141,08	130,08	344,60	342,87
	Standarta novirze	9,23	7,82	6,47	3,87	7,92	4,61	19,71	19,89
VPG	Vidējā vērtība (ms)	93,58	86,71	68,32	58,94	142,51	130,42	336,84	332,33
	Standarta novirze	11,34	8,17	8,16	5,73	10,36	6,45	18,02	16,76

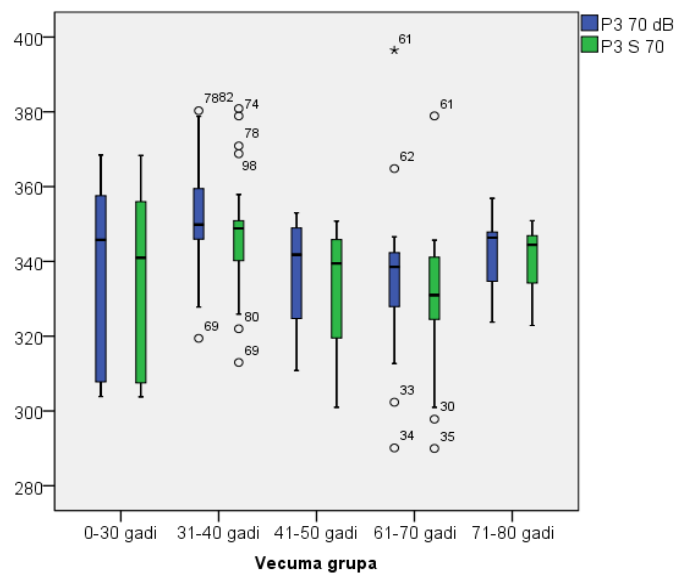
Analizējot komponenta N1 latences pacientu grupu subjektiem pēc vecuma dekādes un atbilstoši dispersiju analīzei (ANOVA), secinājām, ka komponenta N1 latences vidējās vērtības atšķiras statistiski ticami; atšķirības apakšgrupās ievērojami samazinājās — komponenta N1 latences vidējās vērtības (N1M) neatšķirās statistiski ticami dažādām vecuma grupām ($F = 0,79$; $p = 0,53$) (3.27. attēls).



3.27. attēls. Dzirdes izraisīto garozas potenciālu komponenta N1 latences pirms (N1) un pēc terapijas (N1 M) pacientu vecuma apakšgrupās (pēc vecuma dekādes)

Komponenta N1 latences vidējās vērtības pirms medikamentozās terapijas atšķīrās statistiski ticami ($F = 10,24$; $p < 0,001$), turpretī pēc tās komponenta N1 (N1M) latenču statistiski ticamas atšķirības vecumu apakšgrupās netika konstatētas ($F = 0,79$; $p = 0,53$).

Analizējot komponenta P3 latences pacientu grupu subjektiem pēc vecuma dekādes, secinājām, ka komponenta latences vidējās vērtības atšķiras statistiski ticami visām vecuma grupām ($p < 0,05$), bet pēc medikamentozās terapijas atšķirības apakšgrupās samazinājās ($p < 0,05$) (3.28. attēls).



3.28. attēls. Dzirdes izraisīto garozas potenciālu komponenta P3 latences pirms (P3) un pēc terapijas (P3 M) pacientu vecuma apakšgrupās (pēc vecuma dekādes)

4. DISKUSIJA

4.1. Runas audiometrija

Promocijas darbā atspoguļots ilglaicīgs pētījums — vairāk nekā piecu gadu laikā veikti psihoakustiskie un elektrofizioloģiskie izmeklējumi. Sākuma posmā tika veikta runas audiometrija un sākti dzirdes izraisīto potenciālu izmeklējumi cilvēkiem ar normālu dzirdi. Iegūstot pieredzi, pilnveidojām metodiku, pēc tam veicām mērījumus cilvēkiem ar dzirdes traucējumiem.

Centrālā dzirde ir saistīta ar vairākām citām galvas smadzeņu garozas funkcijām — valodu, atmiņu, mācīšanos, uzvedību. Valodas traucējumi, uzmanības deficīta hiperaktivitātes sindroms un citu kognitīvo funkciju traucējumi, kas ietekmē indivīda spēju klausīties, atcerēties un saprast, var asociēties ar centrāliem dzirdes traucējumiem, un to izpausmes var būt līdzīgas. Izpratne par centrālās dzirdes funkciju veidojusies ilgā periodā. Kopš 2005. gada centrālās dzirdes funkciju definē kā akustiskās informācijas uztveres procesu centrālajā nervu sistēmā un neirobioloģisku aktivitāti, kas ir pamatā elektrofizioloģiskajiem dzirdes potenciāliem (ASHA, 2005a). Eiropā un citur pasaulē centrālās dzirdes izvērtēšanai galvenokārt runas audiometrijai tiek izmantoti vārdu testi un teikumi, kaut gan nav vienota viedokļa par diagnostikas pārbaužu algoritmu, turklāt dzirdes izraisītie garozas potenciāli nav rutīnas izmeklējumu metode. Katrai no metodēm ir savas priekšrocības un trūkumi.

Centrālās dzirdes funkcijas izvērtēšanai Latvijā tika reģistrēts mūsu izstrādāts patents (LV14096).

4.1.1. Izveidotie runas audiometrijas testi

Diagnostikās iespējas centrālās dzirdes funkcijas izvērtēšanai nav plašas. Jau vairākus gadu desmitus lietotā psihoakustiskā metode — runas audiometrija — saglabājas kā pamatmetode centrālās dzirdes izvērtēšanā (Broadbent, 1954; Jerger, 1995; Kelly, 1995; Musiek et al., 1983; Cameron et al., 2011).

Mūsu pētījumā tika izveidoti runas audiometrijas testi latviešu valodā, ar kuru palīdzību varētu izvērtēt būtiskākos centrālās dzirdes aspektus. Ņemot vērā citu pētnieku pieredzi, kas pierādījuši nepieciešamību centrālās dzirdes traucējumu diagnostikā

izmantojot dažādus runas uztveres veidus, savā pētnieciskajā darbā izstrādājām dihotiskās runas un runas uztveres sliekšņa testus latviešu valodā.

Runas audiometrija ir svarīga psihoakustiska metode, kas atspoguļo dzirdes funkciju un komunicēšanās spēju, izmantojot reālu runas signālu.

Audiometrijas testi un procedūra ietekmē izmeklējuma rezultātu precizitāti. Metode ir efektīvāka, ja subjektiem izmanto vienādu testa materiālu (Bochner et al., 2003). Veidojot runas testus, valodas materiāls bija izvēlēts tā, lai tas būtu labi uztverams cilvēkiem ar normālu dzirdi. Valodas materiāls runas uztveres sliekšņa testiem izvēlēts tā, lai atbilstu ikdienas sarunai.

Salīdzinot runas audiometrijas testus angļu valodā (piemēram, vārdu tests PB-50), uzskata, ka adaptētajās metodēs ievērojami palielinās mērījumu precizitāte, jo, veicot modifikācijas, šie testi tiek pilnveidoti (Gelfand et al., 1998). Mērījumu precizitāte ir galvenais nosacījums psihometrisko mērījumu metodikā klīnisko datu iegūšanā un interpretācijā. Tāpēc mūsu pētījumā dzirdes funkcijas izvērtēšanai visiem dalībniekiem tika lietoti vieni un tie paši teikumu un dihotiskās runas testu saraksti.

4.1.2. Runas uztveres sliekšnis

Centrālās dzirdes funkciju atspoguļo sarunas uztvere, nevis atsevišķu vārdu uztvere, ko secinājuši arī citi autori (Cameron et al., 2011; Brown et al., 2010). Tāpēc mūsu pētījuma sākuma daļā runas uztveres sliekšņa noteikšanai izveidojām teikumus. Mūsu pētījumā tika izveidots jauns valodas materiāls latviešu valodā runas audiometrijai — teikumu testi un dihotisko vārdu un ciparu vārdu testi, kas tika aprobēti normāli dzirdošu cilvēku kontrolgrupā, pēc tam izmantoti runas uztveres pārbaudēm pētījuma grupu pacientiem ar dzirdes traucējumiem.

Teikumi, kurus pēc noklausīšanās precīzi atkārtoja cilvēki ar normālu dzirdi (kontrolgrupas dalībnieki), tika saglabāti runas testiem pacientu grupās, kurā rezultāti parādīja ievērojamu viendabīgumu testu vidū. Tāpēc mūsu pētījumā tika izmantoti vairāki (trīs) teikumu saraksti dzirdes funkcijas izvērtēšanai un visiem dalībniekiem tika lietoti vienādi runas testu saraksti.

Dzirdes traucējumu pamatā var būt centrālo dzirdes struktūru disfunkcija (CAPD). Mūsu uzdevums bija izveidot runas audiometrijas testus latviešu valodā, lai identificētu centrālās dzirdes funkcijas traucējumus. Uzskata, ka centrālajā dzirdes segmentā realizējas kompleksā akustiskā signāla analīze. Tas ir process, kā rezultātā

klausītājs diferencē un uztver dažādus akustiskus signālus, kas nepārtraukti vienlaicīgi iekļūst dzirdes sistēmā (Sussman et al., 1999). Tāpēc runas uztveres sliekšņa testiem valodas materiāls izvēlēts tā, lai atbilstu ikdienas sarunai.

Pētījuma sākuma stadijā tika izveidots valodas materiāls runas audiometrijai latviešu valodā, lai izvērtētu kompleksa akustiskā signāla (runas) uztveri. Šā pētījuma ietvaros sagatavotie runas audiometrijas testi tika veidoti tā, lai to rezultāti būtu vērtējami un salīdzināmi, ņemot vērā starptautisko pieredzi (Plomp, 1976; Nilsson, 1994; Lee & Humes, 1993; Cameron & Dillon, 2008). Tas ir svarīgi skaitliski mazu tautu valodām, jo šie testi tiks lietoti nelielām cilvēku grupām.

Saskaņā ar literatūras datiem par runas uztveres testu modifikācijām plašāk pazīstamajos runas uztveres sliekšņa testos tiek lietota ikdienas sarunvalodai raksturīga runas forma, ko mēs izmantojām latviešu valodas teikumu sagatavošanā. Biežāk runas audiometrijas testi ierakstīti sieviešu balsī (*Swedish HINT, American English HINT, Hagerman's list, Dutch sentences*). Latviešu valodas testi ieskaņoti gan sieviešu, gan vīriešu balsī, bet pētījumā izmantojām sieviešu balss variantu. Tāpēc arī šajā aspektā rezultātus iespējams salīdzināt ar citu autoru datiem. Latviešu valodas teikumu testā tika iekļauti pēc uzbūves un vārdu grūtības pakāpes līdzīgi teikumi. Izveidoti 13 teikumu saraksti, katrā pa 13 teikumiem, iegūstot viendabīgu valodas materiālu, veicot pārbaudes cilvēkiem ar normālu dzirdi.

Centrālās dzirdes funkciju iespējams precīzāk izvērtēt, lietojot vairākus atšķirīgus testus (Emmanuel, 2002; Musiek & Chermak, 2007) un modulējot klausīšanās apstākļus (Gelfand et al., 1988; Helfer & Freyman, 2008). Runas audiometriju realizē tā, lai pārbaudes līdzinātos reāliem klausīšanās apstākļiem, precīzāk atspoguļojot centrālās dzirdes dažādos aspektus. Atsevišķas publikācijas (Musiek, 2005; Jerger, 1996), kā arī *ASHA* (2005) ieteikumi liecina, ka centrālās dzirdes funkcijas noteikšanai būtu jāizmanto dažādas runas un citu kompleksu skaņu signālu pārbaudes — filtrētās runas, skaņas signāla atšķiršanas pēc signāla ilguma, zilbju vai vārdu uztveres testi. Tomēr daudzi autori par informatīvu centrālās dzirdes pārbaudi uzskata runas uztveres sliekšni, izmantojot teikumus (Divenyil et al., 2005; Cameron & Dillon, 2007a). Šos pētījumus uzskatot par paraugu, mēs izveidojām teikumu sarakstus runas uztveres sliekšņa noteikšanai.

Mūsu pētījumā, nosakot runas uztveres sliekšni, klausītājam skaļi jāatkārto visi testa teikuma vārdi. Turpretī amerikāņu angļu valodas *HINT* testā paredzēts uztvert atsevišķus vārdus, parasti — pēdējo. Tomēr šādā veidā informācija par runas uztveri

nav pilnīga, tā uzskata arī zviedru, amerikāņu un austrāliešu audiologi, kuri runas uztveres sliekšni nosaka, lūdzot pacientam atkārtot visu teikumu (Hagerman, 1983; Gelfand et al., 1988; Musiek, 2008; Cameron et al., 2009; Brown, 2010). Centrālās dzirdes traucējumu gadījumā pacientiem ir grūtības saklausīt un saprast visu runu pilnībā un īpaši troksnī. Par centrālās dzirdes funkciju liecina runas uztvere apgrūtinātas klausīšanās apstākļos, tāpēc runas uztveres mērījumus veicām arī maskējošā troksnī. Lai izvairītos no neprecizitātes mērījumos un līdz ar to rezultātu izvērtēšanā, maskējošais troksnis tika atskaņots fiksētā skaņas stipruma līmenī 65 dB. Ir zināmi pētījumi, kuros runas uztveres sliekšnis troksnī noteikts fiksētā trokšņa līmenī, jo psihoakustiskās metodes procedūra ietekmē testa rezultātu precizitāti. Lietojot šādu stimulu prezentācijas veidu, vairāku autoru darbu rezultāti bija līdzīgi (Nilsson et al., 1994; Wagener et al., 2003; Killion et al., 2004).

Mūsu pētījumā noteicām, ka jaunāko pacientu grupā un vecāko pacientu grupā bija augstāks runas uztveres sliekšnis (attiecīgi 42,36 dB, SD = 7,07 un 43,18 dB, SD = 7,27) salīdzinājumā ar kontrolgrupu (18,28 dB, SD = 2,42).

Nosakot runas uztveres sliekšni (RUS) troksnī, kontrolgrupai tas palielinājās nenozīmīgi (20,86 dB, SD = 1,92) salīdzinājumā ar RUS bez trokšņa. Turpretī RUS troksnī statistiski ticami paaugstinājās jaunāko pacientu grupā (47,43 dB, SD = 6,73) un vecāko pacientu grupā (49,24 dB, SD = 5,61), kas liecina par centrālās dzirdes traucējumiem. Mūsu darbā runas uztveres sliekšnis jaunāko pacientu grupā un vecāko pacientu grupā bija statistiski ticami augstāks salīdzinājumā ar kontrolgrupu.

Centrālās dzirdes funkciju padziļināti raksturo starpība starp runas uztveres sliekšni bez trokšņa un maskējošā troksnī (Moore, 2006; Cameron & Dillon, 2007b).

Kontrolgrupā runas uztveres sliekšņa starpība troksnī un bez trokšņa (S/T) bija 2,59 dB (SD = 3,44). Līdzīgu S/T vērtību uzrādījuši zviedru HINT, kurā vidējais S/T bija 3,0 dB ar standartnovirzi 1,1 dB (Hällgren et al., 2006), un amerikāņu angļu HINT, kurā vidējais S/T bija 2,9 dB ar standartnovirzi 0,78 dB (Nilsson et al., 1994).

Pacientu grupās runas uztveres sliekšņa starpība troksnī un bez trokšņa bija ievērojami lielāka salīdzinājumā ar kontrolgrupu. Runas uztveres sliekšņa starpība troksnī un bez trokšņa (S/T) jaunāko pacientu grupā bija vidēji 5,07 dB (SD = 5,73), bet vecāko pacientu grupā — 6,06 dB (SD = 7,15). Mūsu rezultāti pacientu grupām līdzinās visbiežāk citētajai metodei runas uztveres sliekšņa noteikšanai, ko izstrādāja dāņu audiologs *Plomp* 1978. gadā, kur vidējā runas uztveres sliekšņa un runas uztveres sliekšņa troksnī starpība (S/T) bija 5,9 dB, SD = 0,9 dB (Plomp & Mimpfen, 1979).

Mūsu darbā iegūtā trokšņa un signāla starpības vērtība korelēja arī ar citu autoru darbiem (Plomp, 1978; Hagerman, 1982; Cameron et al., 2005). Signāla un trokšņa diskriminācijas pakāpe cilvēku grupā ar dzirdes traucējumiem Hagermana (1982) pētījumā bija 8,1 dB, bet Kameruna *et al.* (2005) — 6,2 dB. Bronkhorsta teikumu testa rezultāti uzrādīja labākus rezultātus fluktuējošā troksnī nekā konstantā troksnī, kurā runas uztveres sliekšnis troksnī un bez tā signāla vidējā vērtība cilvēkiem ar runas uztveres traucējumiem bija 6,8 dB.

Binaurālas integrācijas trūkums var būt raksturīgs centrālās dzirdes traucējumiem. Labāku runas uztveri konstatējām, binaurāli. Arī citu autoru izmeklējumos diagnostiski svarīgi salīdzināt monaurālu un binaurālu dzirdi (Neijenhuis et al., 2001; Cameron et al., 2005).

Arī *Lee* un *Humes* (1993) noteikuši, ka normāli dzirdošo cilvēku grupā RUS bez trokšņa ir 16,1 dB, bet maskējošā troksnī — par 5 dB augstāks. Daļa pētījumu, kur vērtēts runas uztveres sliekšnis troksnī, veikti, lietojot diskriminējošus mērījumus fiksētā trokšņa līmenī. Tas nodrošināja psihoakustiskās metodes rezultātu precizitāti. Lietojot šādu stimulu prezentācijas veidu, vairāku autoru darbu rezultāti bija līdzīgi (Nilsson et al., 1994; Wagener et al., 2003; Killion et al., 2004).

Ilgstoši valdīja uzskats, ka runas uztveres sliekšnis troksnī paaugstinās vecāka gadagājuma cilvēkiem, t. i., pēc 60 gadu vecuma (Gelfand et al., 1988; Brown et al., 2010). Tomēr turpmākie Brown et al. (2010) pētījumi pierādīja, ka cilvēkiem arī pēc 60 gadu vecuma, kuri nesūdzas par dzirdes traucējumiem, runas uztveres sliekšņa rādītājus nepasliktina maskējošs troksnis, runas signālu kombinācijas vai skaņas avota lokalizācijas varianti. Arī *Cameron et al.* (2011) norāda, ka nozīmīga runas uztveres sliekšņa paaugstināšanās ir saistīta ar centrālās dzirdes nervu sistēmas traucējumiem.

Runas uztveres izmaiņas pētītas dažādu faktoru ietekmē. Vecākiem cilvēkiem runas uztveres sliekšnis ir pazemināts, it īpaši — klausoties dažādas intensitātes maskējošā troksnī (Freigang et al., 2011). Klausoties brīvajā laukā, skaņas avota un maskējošā trokšņa avota lokalizācijas spēja jauniem un vecākiem cilvēkiem neatšķīrās no kontroles grupas (Helfer & Freyman, 2008). Ir pētīts, cik lielā mērā runas uztveres izmaiņas saistītas ar bioloģiskās novecošanās procesiem (Yonan & Sommers, 2000; Pilotti et al., 2001). Izpētīts, ka nav ciešas korelācijas starp augsto frekvenču sensoneirālu dzirdes pazemināšanos un runas uztveres sliekšni, kas norāda, ka nozīme ir ne tikai ar novecošanos saistītajam perifērās dzirdes pasliktināšanās procesam (Pilotti & Beyer, 2002). Tomēr atšķirībā no labi dzirdošajiem kontroles grupas dalībniekiem abu

grupu pacientiem runas uztvere bija apgrūtinātāka, izteikti tas parādījās mērījumos troksnī. Salīdzinot runas uztveres sliekšni kontroles un pacientu grupu rezultātos, vislielākā rezultātu atšķirība bija mērījumiem troksnī. Tā kā runas uztvere troksnī bija pasliktināta arī gados jaunāko pacientu grupā, tad šīs pārmaiņas nevar saistīt vienīgi ar vecuma izraisītu dzirdes pasliktināšanos. Šie secinājumi veicina turpināt izmeklējumus etiopatogēneses aspektā.

4.1.3. Akustiskā signāla uztvere un kognitīvie efekti pie dihotiskās klausīšanās

Centrālās dzirdes funkciju iespējams precīzāk izvērtēt, lietojot vairākus atšķirīgus testus, par ko liecina vairāku autoru pētījumi (Emmanuel, 2002; Musiek & Chermak, 2007). Mūsu darbā bez teikumu testiem izveidojām arī dihotiskās runas testus latviešu valodā, kas adaptēti pēc līdzīgas metodes angļu valodā (Broadbent, 1954; Musiek, 1983). Dihotisko testu valodas materiālu veido divu veidu lingvistiski atšķirīgu vārdu pāru saraksti — ciparu vārdi un lietvārdi, no kuriem izveidojām dihotisko ciparu vārdu un dihotisko vārdu sarakstu. Ciparu vārdus izmantojām, lai samazinātu konteksta ietekmi un tādējādi arī kognitīvo funkciju iesaistīšanos. Tas gan ierobežoja testu variantu skaitu, jo tiek izmantoti ciparu vārdi no viens līdz desmit, lai klausīšanās uzdevums nebūtu sarežģīts. Lai noteiktu kognitīvo aspektu, izvērtējot runas stimula ietekmi centrālās dzirdes procesā, mēs izveidojām arī dihotisko vārdu testus, kam tika izvēlēti vienas zilbes un divu zilbju lietvārdu pāri.

Ar dihotisko testu palīdzību tiek noteikta atšķirīgu vārdu vienlaicīga uztvere, kurus atskaņo katrā ausī. Kontrolgrupā dihotisko vārdu un ciparu vārdu uztvere labajā ausī bija pilnīga (100 %; dihotiskās uztveres rezultātu raksturošanai absolūtās mērījumu vērtības tiek pārvērstas relatīvā vērtībā — procentos), kreisajā ausī atsevišķi vārdi netika saklausīti precīzi (ciparu vārdu uztvere bija 97–100 %, bet vārdu testa — 95%). Neliels labās auss pārsvars tika uzskatīts par normālu dzirdes funkciju atbilstoši dzirdes ceļa anatomijai un fizioloģijai (Kimura, 1967, 2011). Dihotiskie testi pēc labi dzirdošo kontrolgrupas subjektu testu rezultātiem tika izveidoti tā, lai būtu viegli izvērtējami. Kontrolgrupas rezultāti atbilst normālai dihotiskai runas uztverei.

Pētījuma pacientu grupu subjektiem dihotiskās uztveres rezultāti bija vājāki salīdzinājumā ar kontrolgrupu.

Mūsu pētījumā secinājām, ka dzirdes dihotiskie stimuli ietekmē runas uztveres rezultātu. Dihotisko ciparu vārdu uztvere kontrolgrupas subjektiem bija augsta (95–100 % no testa vārdu saraksta apjoma), bet pacientu grupās rezultāti bija ievērojami vājāki (jaunāko pacientu grupai — 67 %, vecāko pacientu grupai — 60 %). Minimāla atšķirība vērojama kontrolgrupā — tikai atsevišķiem subjektiem (97–100 %). Savukārt dihotisko vārdu uztveres rezultāti bija statistiski ticami vājāki salīdzinājumā ar dihotisko ciparu vārdu uztveri ($p < 0,005$), kas apstiprina kognitīvā faktora nozīmi, uztverot atšķirīgas sarežģītības runas signālu.

Mūsu pētījuma dihotisko pārbaužu rezultāti uzrādīja ievērojami pazeminātu centrālo dzirdes funkciju cilvēkiem ar dzirdes traucējumiem (pacientu grupām) salīdzinājumā ar kontrolgrupu, kas līdzinājās *Musiek* (1983) un *Kimura* (2011) rezultātiem, kuri dihotiskās runas uztveres testus uzskata par vissensitīvākajiem dzirdes deficīta diagnostikā. *Musiek & Chermak* (2007) rekomendē dihotiskās runas uztveres testus kā centrālās dzirdes funkcijas izvērtēšanas obligātu sastāvdaļu.

Pētījumu rezultāti liecina, ka pārāk sarežģīts dihotisko testu valodas materiāls (zilbes un teikumi) negatīvi ietekmē klausīšanās rezultātu un to nevar uzskatīt par atbilstošu izmeklēšanas metodi centrālās dzirdes funkcijas izvērtēšanā (Jerger, 1999; Wilson & Jaffe, 1996). Tāpēc mēs izvēlējamies dihotiskās uztveres noteikšanai izmantot vārdus (ciparu vārdus un lietvārdus), bet ar atšķirīgu kognitīvo resursu iesaisti.

Dihotiskajos testos nepieciešamas kognitīvās spējas, kas saistītas ar tajā izmantoto valodas materiālu. Arī *Hällgren et al.* (2001) uzskata, ka akustiskā signāla īpašību sarežģītība ietekmē uztveri. Tādējādi dzirdes traucējumi, uztverot runu, parādās centrālā dzirdes procesa disfunkcijas gadījumā.

Dihotiskās uztveres ciešā saistība ar kognitīvo funkciju tika izmantota atmiņas traucējumu, galvas smadzeņu prefrontālās un temporālās daļas patoloģiju diagnostikā, kuru diagnostikā tika izmantoti dihotiskās runas testi (Kimura, 1967; Chmiel & Jerger, 1994).

Mūsu pētījuma rezultāti iezīmēja divas galvenās atrades. Abās pacientu grupās dihotiskā uztvere bija vājāka salīdzinājumā ar kontrolgrupu. Statistiski ticami lielāks pareizo atbilžu skaits bija no labās auss visās pētījuma grupās. Šī attiecība saglabājās abiem lingvistiski atšķirīgajiem dihotisko testu veidiem. Pareizi saklausītu vārdu skaits bija lielāks ciparu vārdu testā salīdzinājumā ar vārdu testu visās pētījuma grupās.

Mūsu pētījumā kontrolgrupas subjektiem dzirdes pārsvars ar labo ausi vidēji bija 8 % (ciparu vārdu testā — 8,01 %, vārdu testā — 8,21 %). Pacienti abās grupās labās

auss pārsvars bija ievērojami lielāks, turklāt ciparu vārdu uztvere bija labāka nekā vārdu uztvere (jaunāko pacientu grupā: ciparu testā — 21,1 %, vārdu testā — 25,47 %; vecāko pacientu grupā: ciparu vārdu testā — 19,57 %, vārdu testā — 24,53 %). Šie rezultāti liecina, ka dihotiskās uztveres spējas būtiski ietekmē arī dihotisko stimulu lingvistiskais saturs. Līdzīgi secinājumi publicēti Jerger (1999), Bellis & Wilber (2001) darbos.

Dihotisko pārbaužu rezultāti bija līdzīgi citu autoru publicētajiem datiem, kuros tiek noteikts labās auss pārsvars pār uztveri kreisajā ausī. Ievērojami lielāks labās auss pārsvars cilvēkiem ar dzirdes traucējumiem dihotisko vārdu testā tika noteikts dāņu audiologu Maksa un D'Haese (2001) pētījumā (labās auss pārsvars — 27 %), kā arī Neijenhaja (2002) izmeklējumos (labās auss uztveres pārsvars pār kreiso ausi — 33 %). Binaurālās dzirdes traucējumus uzskata par nozīmīgu centrālās dzirdes disfunkcijas simptomu, kuru izcelsmi saista ar izmaiņām signāla analīzes procesā centrālajā dzirdes segmentā (Hällgren et al., 2001; Freigang et al., 2011).

Arī Roups *et al.* (2006), lietojot dihotisko vārdu uztveres testu, secināja, ka labās auss pārsvars cilvēkiem ar dzirdes traucējumiem ir lielāks (vidēji 22 %) salīdzinājumā ar jauniem labi dzirdošiem cilvēkiem (vidēji 9 %), kas atbilst mūsu pētījuma rezultātiem.

Vājākus rezultātus vecāko pacientu grupā daļēji varētu izraisīt ar novecošanos saistīta vājdzirdība (*presbycusis*). Mūsu pētījuma rezultāti parādīja, ka dzirdes traucējumi līdzīgi skar gan jaunākus, gan gados vecākus pacientus. Tas norāda, ka signāla pārvadīšanas traucējumi starp puslodēm nav saistīti vienīgi ar novecošanās radītajām funkciju pārmaiņām.

Dihotisko testu rezultāti pierāda, ka mūsu pētījumā iekļauto vecāko un jaunāko pacientu grupas dalībniekiem salīdzinājumā ar normāli dzirdošajiem kontrolgrupas subjektiem ir signāla analīzes deficīta radīti dzirdes traucējumi. Izmainīta bilaterālās dzirdes funkcija, ko palīdz noteikt dihotiskās uztveres testi, atklāj akustiskā stimula analīzes traucējumus centrālajā dzirdes procesā.

Runas uztveres sliekšņa testi un dihotiskās uztveres testi atspoguļo pacienta reālo dzirdes sajūtu un runas uztveri. Līdzīgi citiem psihoakustiskiem testiem arī runas audiometrija ir subjektīva metode, kuras realizēšanai nepieciešama laba sadarbība ar pacientu, lai saņemtu atbildi uz testa signāliem. Šīm pārbaudēm nepieciešams ilgs laiks, atbilstošs tehniskais nodrošinājums un galvenais — pacienta līdzestība.

Korelāciju analīze parādīja statistiski ticamas korelācijas starp runas uztveres sliekšņa un dihotiskās runas uztveres testiem (Musiek, 2005), tādējādi tie apstiprina

centrālus dzirdes traucējumus, kā arī sniedz informāciju par dažādiem dzirdes funkcijas posmiem.

Pētījuma gaitā secinājām, ka psihoakustiskā metode — runas audiometrija — ir svarīga un informatīva, piekrītot citiem pētniekiem (Chermak et al., 2007; Legace et al., 2010; Cameron et al., 2011).

Dzirdes psihoakustiskās izmeklēšanas metodēm ir ierobežojumi, jo runas uztveri ietekmē kognitīvie un valodas faktori. Lai mazinātu to ietekmi uz dzirdes pārbaudes rezultātu, mēs pētījām centrālās dzirdes procesu elektrofizioloģiskā aspektā, izmantojot dzirdes izraisītos garozas potenciālus, analizējām korelācijas starp psihoakustiskajiem testiem un dzirdes izraisītajiem garozas potenciāliem.

4.2. Dzirdes izraisītie garozas potenciāli

4.2.1. Skaņas stimulu īpašību ietekme uz dzirdes izraisītajiem potenciāliem

Dzirdes izraisītie garozas potenciāli ir sensitīvi mērījumi, kas atspoguļo stimula radītas elektrofizioloģiskās aktivitātes informācijas analīzes intensitāti un dinamiku laikā. Dzirdes izraisītos garozas potenciālu mērījumus izmantojām, lai elektrofizioloģiskā aspektā atspoguļotu centrālās dzirdes funkciju, mazinot izmeklējuma kognitīvo faktoru.

Mūsu pētījumā izveidojām diagnostiski informatīvu dzirdes izraisīto garozas potenciālu mērījumu procedūru, kas būtu lietojama klīniskajā praksē. Ar elektrofizioloģisko metodi dzirdes funkciju iespējams izmeklēt selektīvāk, samazinot subjektīvos faktorus salīdzinājumā ar runas audiometriju, kuras rezultātu ietekmē dzirdes funkcijā iesaistītās struktūras kopā ar kognitīvo funkciju.

CAEP metodes svarīga priekšrocība ir signāla uztverei pasīvā klausīšanās veidā — bez uzmanības signālam audioaustiņās, kas samazina subjektīvo faktoru (motivācija, atmiņa) ietekmi.

CAEP komponentu latences atspoguļo neirofizioloģiskās atbildes uz skaņas stimulu. Agrīnos CAEP komponentus P1, N1, P2 un N2 neietekmē uzmanība (Näätänen, 1999, 2009), tāpēc mērījumus veicām pasīvajā klausīšanās veidā — bez uzmanības uz signālu, kas izslēdz selektīvo uzmanību un mazina kognitīvo funkciju ietekmi.

Palielinot stimula intensitātes līmeni, CAEP komponentu P1, N1, P2, N2 latences saīsinājās, klausoties signālu bez maskējošā trokšņa (Martin & Stapells, 2005).

Dzirdes izraisīto garozas potenciālu elektrofizioloģiskās atbildes līknē dominēja negatīvais komponents N1, kas atspoguļo sensitivitāti akustiskā kairinātāja klātbūtnē (Hyde, 1997; Näätänen & Picton, 1987). Mūsu rezultāti liecina, ka komponenta N1 latence bija visjutīgākā pret stimula intensitātes izmaiņām. N1 latence ievērojami saīsinājās, palielinot stimula intensitāti, kas līdzinās *Näätänen & Winkler (1999)*, *Bell et al. (2010)*, *Billings et al. (2011)* rezultātiem, kuri N1 komponentu uzskata par svarīgu indikatoru tam, ka skaņas signāls ir uztverts centrālajā nervu sistēmā. Pirmais lielas amplitūdas negatīvais komponents N1 elektrofizioloģiskās atbildes līknē liecina, ka akustiskās informācijas plūsma rada ātru signāla apstrādi pēc tā saņemšanas.

Mūsu pētījumā komponenta N1, kā arī komponenta P2 amplitūda bija liela, kas līdzinās atradei pētījumos pieaugušiem cilvēkiem, lietojot arī kompleksu toņu stimulus (Eēponienē et al., 2008).

Mūsu pētījumā CAEP agrīno komponentu P1, N1, P2 latences kontrolgrupai atšķīrās no abām pacientu grupām, kurām tās bija garākas, turklāt savstarpēji mazāka atšķirība bija starp jaunāko pacientu grupu un vecāko pacientu grupu. Gados vecākajiem pacientiem šo CAEP komponentu latences bija garākas nekā gados jaunākajiem.

CAEP komponenti tika identificēti, ja amplitūda bija vidēji 2 μ V vai lielāka. Komponenta P1 amplitūda bija neliela — vidēji 2 μ V. Lielākās amplitūdas bija komponentiem N1 un P2, kas sakrīt ar daudzu autoru rezultātiem (Billings et al., 2009, 2011).

Vecākajiem pacientiem tās ir mazākas. Arī komponenta N2 amplitūda līdz ar vecumu samazinājās, bet aktīvajā paradigmā N2 amplitūda palielinājās (Näätänen & Picton, 1987). N2 amplitūdas samazināšanos pieaugušo vecumā saista ar sekojošā pozitīvā komponenta P3 amplitūdas palielināšanos līdz ar gadiem.

Mūsu pētījumā izmantojām 1000 un 2000 Hz zemfrekvenču toņus. Tas liecina, ka komponenti N1 un P2, ko izraisa zemo frekvenču skaņas, daļēji atspoguļo dzirdes garozas tonotopisko struktūru, t. i., garozas daļa, kas atbild uz zemo frekvenču akustisko informāciju, lokalizēta vairāk superficiāli (tuvāk skalpa virsmai) nekā garozas daļa, kas reaģē uz augstfrekvenču signāliem (Yetkin et al., 2004).

Līdzīgi rezultāti iegūti, lietojot zemas frekvences tonālos stimulus, kas izraisa lielākas N1 un P2 komponentu amplitūdas nekā augsto frekvenču toņi (Harris et al.,

2008). Zemfrekvenču skaņas labāk aktivizē garozas virspusējās daļas un izraisa lielāku amplitūdu garozas atbildēs nekā augstfrekvenču skaņas, lietojot elektrodus uz skalpa virsmas. Tomēr signāla frekvence nav vienīgais faktors, kas ietekmē CAEP komponentu amplitūdu. Komponenti P1 pieaugušajiem parasti ir mazas amplitūdas. Pēc tā seko lielas amplitūdas negatīvas polaritātes komponents N1. To izskaidro ar P1 fāzes beigšanos pirms negatīvā N1 (Ponton et al., 2002). *Hall et al.* (2002) uzskata, ka viens no iemesliem atšķirīgajām amplitūdām starp mazāku komponenta P1 amplitūdu un lielāku komponenta N1 amplitūdu var būt tas, ka P1 galvenais avots ir *gyrus Heschl* laterālajā daļā, kas galvenokārt reaģē uz signāla īpašībām laika vienībā, bet spektra analīze vairāk aktivizējas starp *gyrus Heschl* laterālo daļu un supratemporāli.

Tā kā supratemporālais rajons ir komponenta N1 svarīgākā ģenerēšanās lokalizācija, *Billings et al.* (2009) secinājuši, ka iespējams vizualizēt ievērojamas amplitūdas komponentu N1, izmantojot atbilstošus skaņas stimulus. *Korczak* (2005), *Novitsky* (2004) pierādījuši, ka kompleksa tonālā stimula frekvence ietekmē komponentu N1 — augstas frekvences toņi (4 kHz) izraisa ātrāku atbildi nekā zemas frekvences toņi (500 Hz).

Mūsu pētījumā CAEP komponenta N1 amplitūdas vērtības parādīja noteiktu saistību ar smadzeņu potenciālu topoloģisko izplatību. Par to liecināja atšķirības CAEP komponentu iegūšanai pēc elektrodu novietojuma uz skalpa pacientu grupām — jauniem cilvēkiem lielāku amplitūdu CAEP atbildes tika iegūtas no centrāli novietotā elektroda Cz, bet vecākajiem pētījuma dalībniekiem — no tā laterālāk novietotajiem elektrodiem C3 un/vai C4. Tas liecina, ka jauniem cilvēkiem potenciāli ģenerējas intensīvāk topoloģiski centrālās ass tuvumā, bet vecākajiem pacientiem tie lateralizējas no centrālās ass.

Komponenta N1 amplitūda būtiski nemainās līdz ar vecumu, tas ģenerējas ar lielu amplitūdu dažādās elektrodu lokalizācijās uz skalpa dažādos vecumos (*Mueller et al.*, 2008). Stimula uztveri un identifikāciju līdzīgi kā N1 atspoguļo komponents P2 (*Eēponiene et al.*, 2008). Komponenti P2 un N2 ģenerējas laterālāk no viduslīnijas, pieaugot vecumam. Gados vecākiem cilvēkiem, kuri nesūdzas par dzirdes traucējumiem, komponenta N1 un P2 latences būtiski neatšķiras no labi dzirdošiem jaunākā vecuma pieaugušajiem (*Sörös et al.*, 2009; *Pekkonen et al.*, 1995). Tas norāda, ka novecošanās obligāti neasociējas ar izsaukto potenciālu N1 un P2 pagarinātu atbildi, sevišķi, ja nav subjektīvu sūdzību par dzirdes traucējumiem. Mūsu pētījumā N1 un P2 latenču vērtības bija lielākas abām pacientu grupām, salīdzinot ar kontrolgrupas subjektiem. Tas liecina,

ka CAEP komponentu N1 un P2 novēlotas latences norāda par traucējumiem centrālajā dzirdes funkcijā, ko apstiprina citi pētījumi (Martin & Stapells, 2005; Sussman et al., 2006).

Pie kompleksiem stimuliem, klausoties pasīvā veidā, dzirdes izraisīto garozas potenciālu latences starp grupām atšķirās. Savukārt aktīvā un pasīvā skaņu uztvere un diskriminācija pieaugušajiem dažādos vecumos ir līdzīga, par ko liecina komponentu P1, N1 un P2 latenču līdzīgās pārmaiņas. Komponenti N2 ir mazāk pētīti, tam netiek piešķirta liela nozīme. Mūsu pētījumā N2 bija negatīvas amplitūdas (ap 2 μ V) komponents, kura latenci ievērojami pagarināja troksnis. N2 amplitūda palielinājās, klausoties aktīvi, līdzīgi kā komponentam P3.

Atkārtojot mērījumus, vienādas intensitātes stimulu izraisīto potenciālu viļņu amplitūdas bija mazākas nekā pirmajā mērījumā ar identisku stimulu, kas sakrīt ar citu publikāciju rezultātiem (Boutros et al., 1997). To izskaidro ar sensoro barjeru, kuras dēļ ģenerējas vājāka atbilde uz nākamo stimulu, parādoties atipiskiem un mazākas amplitūdas viļņiem un neirofizioloģiskajiem mehānismiem, kas atbild par informācijas plūsmas kavēšanu (He et al., 2008).

Rezultāti liecina, ka līkņu morfoloģiju ievērojami ietekmē troksnis, bet mazāk — stimula intensitāte. Atsevišķu CAEP komponentu latences signāla īpašības ietekmē atšķirīgi.

Agrīno komponentu P1, N1, P2 un N2 latences nozīmīgāk par troksni pagarina signāla intensitāte. Lai gan pagarinājās visas CAEP komponentu latences, vismazāk troksnis ietekmēja P1, bet ievērojami — P3. Vislielākā trokšņa ietekme, pagarinot P3 latenci, bija pacientu grupās un tieši jaunāko pacientu grupā.

Mūsu rezultāti parāda, ka maskējošā troksnī, signālam konkurējot ar troksni, pagarinās dzirdes izraisīto garozas potenciālu latences, kas atspoguļo garozas neironu populācijas aktivitāti uz stimula maiņu. Tas liecina, ka dzirdes traucējumus šajos gadījumos vairāk ietekmē signāla un trokšņa attiecība nekā stimula intensitātes līmenis (Billings et al., 2009).

Pagarinātas CAEP komponentu latences iegūtas, klausoties signālu troksnī arī *Kapla-Neeman et al.* (2006), *Billings et al.* (2009), *Martin & Jerger* (2005) pētījumos. CAEP amplitūdu izmaiņas, vizuāli vērtējot līknes, neizmainījās vairāk par 0,5 mV, kas līdzinās *Whiting et al.* (1998) datiem.

Zināms, ka mērījumu rezultātus var ietekmēt arī aparatūra un elektrodi. Mūsu pētījumā CAEP latences noteicām ar izsaukto potenciālu mērījumu ierīci (*EP*

Otometrics, Dānija). Turpretī daudzu publikāciju metožu apraksti liecina, ka pētījumos izmantota EEG veida ierīces (*Neuroscan Labs*, ASV).

CAEP pētījumos raksturīgs plašs komponentu latenču vērtību diapazons. Piemēram, CAEP līknē pirmais lielākās negatīvās amplitūdas pīķis tika identificēts kā komponents N1 *Tremblay et al.* (2004) mērījumos laika intervālā 100–160 ms pēc stimula sākuma, *Harris et al.* (2009) pētījumā — 80–200 ms, *Ponton et al.* (2000) pētījumā — 80–170 ms. Mūsu pētījumā N1 identificējām 74–112 ms pēc stimula sākuma, kas sakrīt ar citu autoru datiem.

Mūsu rezultāti liecina, ka CAEP komponentu latences un amplitūdas ietekmēja stimula īpašības — skaņas signāla intensitāte un frekvence, kā arī uzmanība uz stimulu, maskējošais troksnis, elektrodu novietojums uz skalpa.

4.2.2. Dzirdes izraisīto garozas potenciālu komponenta P3 raksturojums

CAEP komponenta P3 morfoloģija, reaģējot uz skaņas signālu, mūsu pētījuma grupu dalībniekiem — labi dzirdošu cilvēku kontrolgrupai un abām pacientu grupām — atšķirās.

CAEP komponenta P3 mērījumi tika veikti, klausoties aktīvi. Mūsu rezultāti pierāda, ka P3 amplitūdu palielina uzmanība — aktīva klausīšanās, uzmanīgi klausoties signālu un skaitot atšķirīgos toņus. Zināms, ka uzmanības piesaistīšana pastiprina atmiņas funkciju. *Zaltz et al.*, (2010) izpētījis, ka uzmanības resursi nepieciešami, lai varētu uztvert noteiktus skaņas objektus starp daudziem citiem. Mūsu rezultāti līdzīgi *Polish* (2007), *Näätänen* (2011) ziņojumiem liecina, ka CAEP komponenta P3 ģenerēšanā uzmanības mehānismiem ir būtiska nozīme, tie palielina komponenta P3 amplitūdu, bet samazina tā latenci visās pacientu grupās.

Komponenta P3 latencei nav atrasta korelācija ar vecuma grupu, kas liecinātu, ka P3 latence izmainītos proporcionāli gadiem. Arī citos pētījumos nav atrasta korelācija starp komponenta P3 latenci un signāla un trokšņa līmeni vecākiem cilvēkiem, salīdzinot ar jauniem cilvēkiem, kas atspoguļojas arī mūsu pētījumā. *Brown et al.* (1983) dzirdes izraisīto garozas potenciālu rezultāti liecina, ka komponenta P3 latences garākas ir cilvēkiem vecumā pēc 65 gadiem, bet vēlākajos pētījumos tas nav apstiprinājies (*Brown et al.*, 2010).

Kompleksa skaņas signāla analīzei nepieciešams lielāks uztveres laiks, lai aktivizētu iesaistītās šūnas, tas ietekmē komponenta P3 latenci. *Mueller et al.* (2005)

pētījumos secinājuši, ka šie procesi norisinās sensomotorajā un somatosensorajā garozā un blakus frontālajā, parietālajā un temporālajā daivā, kas saistītas ar skaņas stimula analīzi un uztveres ātrumu.

Klausoties aktīvi, izmeklējamajam subjektam dots uzdevums, piemēram, skaitīt atšķirīgos stimulus, lai aktivizētu uzmanību akustiskajam stimulam. Maksimālo P3 atbildi iegūst no elektrodiem, kas novietoti laterālāk no galvas viduslīnijas — no parietālajiem skalpa elektrodiem (Freitag et al., 2011). Mūsu pētījumā — laterāli no Cz, t. i., pozīcijā C3 un C4. Šī tendence galvenokārt bija novērojama vecākajiem pacientiem. Signāla ģenerēšanās lokalizācijas izmaiņu, pieaugot vecumam, var izskaidrot ar centrālās dzirdes funkcijā iesaistītās garozas zonas paplašināšanos uz asociatīvo saistību palielināšanās rēķina (Gerard, 2010). Tas atbilst runas uztveres pētījumu rezultātiem, kas liecina, ka nepilnīgu runas uztveri kompensē asociatīvā uztvere (Yeung & Wong, 2007; Polich, 2007).

Dzirdes izraisīto garozas potenciālu mērījumi ar skalpa elektrodu palīdzību atspoguļo galvas virsmas aktivitātes summa, kuru daļēji veido arī piegulošie smadzeņu garozas slāņi (Näätänen & Picton, 1987). Izraisīto potenciālu ģeneratori dzīves laikā nedaudz izmainās. Par to liecina pīķu amplitūdu lieluma atkarība no elektrodu lokalizācijas uz skalpa dažādās vecumgrupās (Bellis, 2003).

Vēlīnajam komponentam P3 raksturīgas noteiktas atšķirības amplitūdā dažādās vecumgrupās. P3 amplitūda lielāka jauniem cilvēkiem nekā vecākiem cilvēkiem un bērniem (Polich, 1996). Mūsu pētījuma rezultāti ir līdzīgi — komponents P3 ar lielāku amplitūdu ir kontrolgrupā normāli dzirdošajiem un gados jaunākajiem pacientiem, savukārt P3 latences pagarinātas jaunāko pacientu grupā un vecāko pacientu grupā, kas asociējas ar dzirdes traucējumiem.

P3 komponenta amplitūdas un latences tiek asociētas ar skaņas stimula īpašībām, uzmanību un smadzeņu enerģiju, kas nepieciešama operatīvajai atmiņai (Nieuwenhuis et al., 2005; Kok, 1997; Martin et al., 2005). P3 latences, aktīvi klausoties kompleksu signālu, galvenokārt saīsinās normāli dzirdošajiem, mazākā mērā — gados jaunākajiem pacientiem. Turpretī vecāko pacientu grupā uzmanības palielināšana komponenta P3 latenci neietekmē vai pat pagarina. Mūsu pētījumā, klausoties bez uzmanības uz stimulu, komponenta P3 amplitūdas bija mazākas, atsevišķos gadījumos — grūti identificējamās. Mūsu rezultāti norāda, ka P3 komponents atspoguļo mazāk automātisko, bet galvenokārt kognitīvo funkciju, kas sakrīt ar daudzu pētījumu rezultātiem. Komponenta P3 latenci galvenokārt pagarina troksnis, mazākā mērā — signāla intensitāte (Näätänen

et al., 2011, Polich, 2007). Visievērojamākā trokšņa ietekme, pagarinot P3 latenci, mūsu pētījumā konstatēta pacientu grupās un tieši jaunāko pacientu grupā.

Pētot saistību starp signāla uztveri un dzirdes smadzeņu garozas aktivitāti, analizējām korelācijas runas audiometrijas rezultātiem ar CAEP komponenta P3 latenci. P3 tiek uzskatīts par kognitīvu, ar uzmanību saistītu neirofizioloģisko atbildi, kā arī akustiskā signāla analīzes ātruma rādītāju. Viens no šā darba uzdevumiem bija izpētīt, vai P3 latence korelē ar runas uztveres sliekšni, kas pētījuma gaitā apstiprinājās.

Pētot centrālās dzirdes procesu ar dzirdes izraisīto garozas potenciālu mērījumu metodi, dzirdes funkcijas vērtējumu pamato signāla izplatības ātruma izmaiņas laikā. Centrālās dzirdes traucējumu diagnostikai ir nozīme ne tikai otorinolaringoloģijā. Centrālā dzirdes disfunkcija var būt viena no neurodeģeneratīvo slimību, Alheimera slimības priekšvēstnešiem. Par to liecina pazemināti teikumu un dihotiskās runas uztveres rādītāji, kas par vairāk nekā 50 % zemāki ir demences skartiem cilvēkiem, salīdzinot ar kontroles grupas dalībniekiem (Golding et al., 2009).

CAEP metodi uzskata par perspektīvu, verificējot dzirdes bojājumu pacientiem, ar kuriem komunikācija ir apgrūtināta vai neiespējama, t. i., cilvēkiem ar kognitīviem traucējumiem vai jaunākā vecuma bērniem.

Tas, ka ne vienmēr konstatē lineāru sakritību starp stimula intensitātes palielināšanu un izraisīto potenciālu latences saīsināšanos, liecina, ka centrālo neirofizioloģisko funkciju ietekmē vēl pilnībā neizzinātas neirobioloģiskas izmaiņas.

4.2.3. Dzirdes izraisīto garozas potenciālu komponentu robežvērtības

Analizējot kontrolgrupas un pacientu grupu dzirdes izraisīto garozas potenciālu komponentu latences, katram CAEP komponentam P1, N1, P2, N2 un P3 noteicām robežvērtības, precizējot latences vērtību, kas palīdz atšķirt rezultātus, kādi atbilst normālai dzirdei un dzirdes traucējumiem.

Robežvērtības tika noteiktas, izmantojot datu statistiskās analīzes metodi — ROC līknes (*Receiver Operating Characteristic* — ROC, abreviatūra no angļu valodas) analīzi un laukumu zem līknes AUC (*Aer under Curve* — AUC, abreviatūra no angļu valodas).

Izmantojot mūsu pētījumā lietotās CAEP procedūras parametrus, iegūtie rezultāti liecina, ka vissensitīvākais mērījums ir komponenta P3 latence, otrs sensitīvākais mērījums — komponenta N2 latence, abi — ar augstu specifiskumu.

Nedaudz mazāk sensitīvs rādītājs ir komponenta N1, P1 un P2 robežvērtības, kaut gan specifiskums tām ir augsts.

Robežvērtības atbilst mūsu pētījumā iesaistīto subjektu CAEP rezultātiem, lietojot mūsu izveidoto izmeklēšanas procedūru, izmantojot noteiktus stimulus un klausīšanās veidu.

Lai gan CAEP komponentu latenču vērtības pētījumos ir līdzīgas, tomēr publicētie rezultāti ir plašā intervālā, turklāt šie rezultāti visbiežāk iegūti mērījumos cilvēkiem ar normālu dzirdi. Variablos rezultātos nosaka arī eksperimenta parametri, izmantotā aparatūra. Tas apgrūtina centrālās dzirdes diagnostiku, tāpēc *Näätänen (2009)*, *Pantev (2010)*, *Duarte et al. (2009)* iesaka apkopot un izanalizēt katrā klīnikā iegūtos rezultātus. Mēs pētījām CAEP latences cilvēkiem ar normālu dzirdi un cilvēkiem ar dzirdes traucējumiem, kas sniedza iespēju, salīdzinot datus subjektiem ar dažādu dzirdes funkciju, iegūt CAEP komponentu P1, N1, P2, N2 un P3 latenču robežvērtības.

4.3. Runas uztveres sliekšņa, dihotiskās runas uztveres un dzirdes izraisīto garozas potenciālu korelācijas

Līdz šim nebija zināmu publikāciju, kurās analizētas dzirdes izraisīto garozas potenciālu, runas uztveres sliekšņa un dihotiskās runas uztveres korelācijas. Mūsu pētījumā analizējām elektrofizioloģisko un runas audiometrijas rezultātu korelācijas.

Komponenta P3 korelāciju ar runas uztveres sliekšni troksnī atradām tikai labi dzirdošajiem kontrolgrupas dalībniekiem.

Analizējot korelācijas starp psihoakustiskajiem testiem un garozas dzirdes izraisītajiem potenciāliem, secinājām, ka, saīsinoties P3 latencei, dihotisko ciparu vārdu uztvere uzlabojas. Lielāks pareizo atbilžu skaits dihotiskā vārdu testā korelē ar īsāku komponenta P3 latenci diagnostiski nozīmīgi, atklājot psihoakustiskā un elektrofizioloģiskā mērījuma korelāciju.

Starp komponenta P3 latenci un runas uztveres sliekšni tika noteikta korelācija visām pētījuma grupām. Komponenta P3 korelāciju ar runas uztveres sliekšni troksnī atradām tikai labi dzirdošajiem kontrolgrupas dalībniekiem. Runas uztveres sliekšņa paaugstināšanās maskējošā troksnī nav saistīta ar vecumu (*Brown et al., 2010*), kas atspoguļojas arī mūsu pētījumā.

Mūsu rezultāti liecina, ka šīs divas metodes ir salīdzināmas. Komponenta P3 latences atspoguļo runas uztveres sliksni un varētu būt objektīvs runas uztveres spējas rādītājs. Mūsu rezultāti pierāda, ka uzmanību aktivizē komplekss stimul, savukārt uzmanības piesaistīšana pastiprina atmiņas funkciju. Uzmanības resursi nepieciešami, lai varētu uztvert noteiktus skaņas objektus starp daudziem citiem (Cowan, 1995). Rezultāti rāda, ka CAEP komponenta P3 ģenerēšanā uzmanības mehānismiem ir būtiska nozīme, tie ietekmē komponenta P3 amplitūdu un latenci.

Mūsu pētījumā noteicām, ka ir korelācijas starp komponenta P3 latenci un dihotisko ciparu vārdu uztverei pacientu grupās. Tas pierāda CAEP komponenta P3 asociāciju ar runas uztveri. Tas liecina, ka abas metodes pierāda runas uztveres traucējumus un P3 latence kā objektīvs izmeklējums izmantojama centrālās dzirdes funkcijas izvērtēšanā.

Kopumā pētījuma rezultāti paplašina zināšanas par signālu uztveres īpatnībām garozas līmenī. Rezultāti, kas iegūti, mērot dzirdes izraisītos garozas potenciālus no skalpa elektrodēm, atspoguļo centrālās dzirdes funkciju, signāla un trokšņa attiecības ietekmi, kā arī signāla stipruma ietekmi. Šie rezultāti ir nozīmīgi patoloģiju diagnostikai populācijās ar komunikācijas traucējumiem.

Legace et al. (2010) joprojām par svarīgāko metodi centrālās dzirdes funkcijas diagnostikā uzskata runas audiometriju.

Mūsu pētījumā secinājām, ka diagnostiski svarīgu informāciju sniedz abas izmeklēšanas metodes — gan psihoakustiskās, gan elektrofizioloģiskās, katra no tām atspoguļo centrālās dzirdes funkciju atšķirīgā aspektā, kas sakrīt ar *Jerger* (2008), *Musiek* (2005) uzskatiem daudzu pētījumu rezultātā.

Runas audiometrija ir subjektīva metode un cieši saistīta ar kognitīvo funkciju. Runas uztveres pārbaudē nepieciešama lielāka pacienta līdzestība, pastāv arī valodas ierobežojums (dzimtā valoda, vārdu krājums). Tomēr pareizi izpildīta runas audiometrija sniedz reālu dzirdes funkciju raksturojošu rezultātu — runas uztveres sliksni.

Lai gan dzirdes izraisītie garozas potenciāli ir objektīvs izmeklējums, šī metode atspoguļo dzirdes neurofizioloģiskos mehānismus. Analizējot akustiskā signāla izraisītās atbildes ātruma izmaiņas garozas neironos, noteicām latenču atšķirības cilvēkiem ar normālu dzirdi un cilvēkiem ar dzirdes traucējumiem. Viens no pētījuma uzdevumiem bija CAEP latenču un runas audiometrijas korelāciju koeficienta analīzē noteikt, kuri dzirdes izraisīto garozas potenciālu komponenti ir visinformatīvākie akustiskā stimula

analīzes traucējumu identificēšanai. Tādējādi ar runas audiometrijas testiem pozitīvi korelējošo CAEP komponentu latences varētu izmantot kā pastāvīgu objektīvu kritēriju centrālu dzirdes traucējumu diagnostikā.

Dzirdes izraisītie garozas potenciāli un runas audiometrijas metodes dažādos aspektos atspoguļo dzirdi un ar to saistītos neirofizioloģiskos mehānismus.

4.4. Medikamentozās terapijas ietekme uz runas audiometrijas un dzirdes izraisīto garozas potenciālu rezultātiem

Līdz šim nebija zināmu pētījumu par medikamentu izmantojumu centrālās dzirdes traucējumu ārstēšanai. Pagaidām nav vadlīniju un vienotas koncepcijas centrālās dzirdes traucējumu medikamentozai ārstēšanai.

Centrālās dzirdes traucējumu pamatā var būt smadzeņu garozas dzirdes zonas neirofizioloģiskas un neuroķīmiskas izmaiņas. Centrālās dzirdes traucējumus novēro dažādu vecumu cilvēkiem, kaut gan biežāk tos saista ar novecošanās procesiem vecākiem cilvēkiem pēc 65 gadu vecuma (Brown et al., 2010). Mūsu pētījums pierādīja, ka no dzirdes traucējumiem cieš gan jaunāki (31–40 g. v.), gan vecāki (62–73 g. v.) cilvēki.

Jautājums par centrālās dzirdes traucējumu ārstēšanas iespējām ir aktuāls.

Centrālās dzirdes funkcijas uzlabošanai etiopatoģenētiski būtu indicēta neuroķīmiska iedarbība, kas sekmē galvas smadzeņu šūnu neirometabolismu un neiroprotekciju, kā arī neurotransmisiju (Colquhoun et al., 1990; Mitra et al., 2001).

Mūsu pētījuma pacientiem ordinējām nicergolīnu un pramiracetamu — farmakoloģiskos līdzekļus, kam ir pierādīta neiroplasticitātes procesu veicinoša darbība galvas smadzenēs (Pugsley, 1983; Winblad, 2005). Pagaidām nebija zināmu dzirdes funkcijas pētījumu saistībā ar šiem medikamentiem.

Mūsu pētījuma pacientu grupu dalībnieki lietoja medikamentus — nicergolīnu 30 mg diennaktī 90 dienas un pramiracetamu 600 mg diennaktī 40 dienas. Pēc terapijas kursa — trīs mēnešus pēc tā sākšanas — veicām runas audiometriju un dzirdes izraisīto garozas potenciālu mērījumus un vērtējām, kā medikamentozi izraisītā neuroķīmiskā modulācija ietekmējusi akustiskās informācijas analīzes psihoakustiku un neirofizioloģiju.

Pēc nicergolīna un pramiracetama lietošanas jaunākās un vecākās grupas pacienti atzīmēja, ka subjektīvi dzirdes sajūta un runas uztvere ir uzlabojusies. Medikamentu panesība visiem pacientiem bija laba, par blaknēm nesūdzējās neviens no pacientiem, blakusparādības netika novērotas. Kognitīvo slimību pētījumos, lietojot šos medikamentus lielākās devās nekā mūsu pētījumā, blaknes nav novērotas. Nicergolīna laba panesība tika novērota *Battaglia et al.* (1989) pētījumā, to lietojot 60 mg diennaktī trīs un vairāk mēnešus, bet *Ennaceur* (1988) ziņoja, ka pramiracetams 1200 mg diennaktī blaknes nav radījis.

Mūsu rezultāti pierādīja, ka nicergolīnam un pramiracetamam ir pozitīvs efekts, uzlabojot runas uztveres sliekšni, arī troksni.

Mūsu pētījumā pēc pramiracetama un nicergolīna lietošanas statistiski ticami uzlabojās dihotisko vārdu un dihotisko ciparu vārdu uztvere ar abām ausīm abās pacientu grupās. Turklāt ievērojami samazinājās labās auss pārsvars (no 20 % līdz 8 %), kas līdzinās kontrolgrupas rādītājam. Daļēji rezultātu varētu izskaidrot ar pētījumā iesaistīto pacientu dzirdes traucējumu pakāpi, pacientu skaitu.

Mūsu pētījumā lietoto medikamentu pozitīvo ietekmi varētu salīdzināt ar publicētajiem rezultātiem, lietojot šos līdzekļus kognitīvu slimību gadījumā, jo zināms, ka centrālā dzirde ir cieši saistīta ar kognitīvo funkciju. Nicergolīna efektivitāte pierādīta vairākos pētījumos kognitīvo traucējumu terapijā. *Saletu et al.* (1995) ziņojumi liecina, ka 89 % demences pacientu uzlabojās kognitīvā un percepcijas funkcija pēc divu mēnešu nicergolīna lietošanas pa 30 miligramiem divas reizes dienā, efekts saglabājās 12 mēnešus pēc medikamentozās terapijas. *Battaglia et al.* (1989) pētījumi liecina par nicergolīna (devā līdz 60 mg dienā) efektivitāti vieglas un vidēji smagas demences gadījumos.

Pugsley (1983) atklāja, ka racetami kopā ar asinsvadus paplašinošiem līdzekļiem efektīvi uzlabo kognitīvo funkciju.

Pētījumā analizējām, vai akustiskā signāla informācijas uztvere un analīze mainās pēc farmakoķīmiskas iedarbības.

Mūsu pētījumā pēc pramiracetama un nicergolīna lietošanas dzirdes izraisīto garozas potenciālu (CAEP) komponentu latences saīsinājās. Elektrofizioloģiski — statistiski ticami saīsinājās dzirdes izraisīto garozas potenciālu komponentu P1, N1, P2, N2 un P3 latences abās pacientu grupās.

Ievērojami saīsinājās CAEP latence komponentam P3 abās pacientu grupās, turklāt lielākas pozitīvas izmaiņas uzrādīja jaunākās grupas pacientu rezultāti.

Mūsu pētījumā lietoto medikamentu nicergolīna un pramiracetama galvenā farmakoķīmiskā aktivitāte norisinās centrālajā nervu sistēmā (Grutzendler & Morris, 2001; Winblad, 2005, 2008), tāpēc tika prognozētas iespējamās izmaiņas ar to saistītajā centrālajā dzirdes funkcijā. Mūsu pētījuma rezultāti liecina, ka neuroķīmisko pārmaiņu rezultātā neironu populācijas ģenerēja garozas dzirdes izraisītos potenciālus īsākā laikā pēc stimula sākuma.

Saīsinātās CAEP latences liecina, ka neurofizioloģisko reakciju ātrums, kas saistīts ar signāla informācijas analīzi galvas smadzeņu garozā, nicergolīna un pramiracetama ietekmē bija palielinājies.

Elektrofizioloģiski pozitīvi izmainīto akustiskā stimula analīze liecina par labvēlīgām dinamiskām izmaiņām neironu funkcijā, tiecoties kompensēt funkcijas deficītu.

Komponenta P3 latences ievērojamāka saīsināšanās jaunāko pacientu grupā norāda, ka jaunāka vecuma cilvēkiem varētu būt intensīvāks neirobioloģiskās kompensācijas mehānisms un neiroplasticitāte, ja bojājums saistīts ar galvas smadzeņu garozas neirometabolismu.

Nav zināmu elektrofizioloģisku pētījumu, kuros CAEP vērtēti pēc nicergolīna un pramiracetama lietošanas. Liela daļa CAEP pētījumu veikti šizofrēnijas simptomu dinamikas un medikamentu efektivitātes izvērtēšanā. Izpētīts, ka pastāv stingra korelācija komponenta P3 latencei ar klīniskajiem šizofrēnijas simptomiem (Kawasaki et al., 2007; Fisher et al., 2008). *Asato et al.* (1999) izpētījuši, ka CAEP rezultātu izmaiņas pēc terapijas ar neiroleptiskiem līdzekļiem raksturo šo antipsihotisko medikamentu iedarbību šizofrēnijas pacientiem. Pētījumi liecina par statistiski ticamu P3 latenču saīsināšanos pēc ārstēšanas ar *olanzapine* (Higuchi et al., 2008), risperidonu (Iwanami et al., 2001), perospironu (Araki et al., 2006b) un kvetiapīnu (Korostenskaja et al., 2008), turpretī P3 pagarinājās pēc *benzodiazepine* lietošanas (Domino, 1989). Šie pētījumi liecina, ka dzirdes izraisīto garozas potenciālu komponenta P3 latence ir sensitīvs kognitīvo funkciju biomarķieris (Devrim-Ücok. et al., 2008; Näätänen & Kähkönen, 2009). Tos varētu izmantot ne tikai psihiatrijā, bet attiecināt arī uz mūsu pētījumu centrālās dzirdes funkcijas izpētē.

Mūsu pētījuma rezultātu dinamika pirms un pēc medikamentu (nicergolīna un pramiracetama) lietošanas saskaņā ar dzirdes izraisīto garozas potenciālu latenču un runas uztveres rādītāju rezultātiem liecina par šo medikamentu efektivitāti.

Pētījuma gaitā secināts, ka svarīgas ir abas metodes — gan psihoakustiskās, gan elektrofizioloģiskās, jo katra no tām centrālās dzirdes funkciju atspoguļo atšķirīgā aspektā. CAEP kā objektīva metode papildina un pamato runas audiometrijas rezultātus. Trokšņa ietekme uz visu komponentu latencēm bija statistiski ticama.

Kombinējot psihoakustiskās un elektrofizioloģiskās metodes, izstrādāta un patentēta metode centrālās dzirdes traucējumu diagnosticēšanai. Metodes klīniski aprobētas un izveidotas praktiskam izmantojumam.

Pētījuma ierobežojumi. Šobrīd nav speciāli izstrādātas programmas dzirdes izraisīto garozas potenciālu līkņu analīzei. Tās tiek izvērtētas vizuāli. Gan izmeklējumiem, gan rezultātu izvērtēšanai nepieciešams samērā ilgs laiks, tāpēc dalībnieku skaits šajā pētījumā nav liels — līdzīgi kā literatūrā aprakstītajos pētījumos, kuros izmantotas šīs metodes.

5. SECINĀJUMI

1. Runas audiometrija un dzirdes izraisītie garozas potenciāli ir informatīvas centrālās dzirdes funkcijas izmeklēšanas metodes.

2. Izveidotie runas audiometrijas testi ir oriģināli teikumu testi runas uztveres sliekšņa noteikšanai, dihotisko vārdu un dihotisko ciparu vārdu testi latviešu valodā. Izstrādātā runas audiometrijas metodika sekmīgi izmantojama centrālās dzirdes funkcijas izvērtēšanā.

3. Izveidotā dzirdes izraisīto garozas potenciālu mērījumu procedūra ir diagnostiski informatīva un izmantojama klīniskajā praksē. Noteiktās dzirdes izraisīto garozas potenciālu komponentu P1, N1, P2, N2 un P3 latenču robežvērtības ir uzskatāmas par centrālās dzirdes traucējumu diagnostiskajiem kritērijiem.

4. Paaugstināts runas uztveres sliekšnis troksnī par 5 decibeliem salīdzinājumā ar to bez trokšņa, dihotiskās runas uztvere mazāk par 90 %, palielināts labās auss pārsvars vairāk par 8 % ir centrālās dzirdes funkcijas traucējumu kritēriji.

5. Pagarināta dzirdes izraisīto garozas potenciāla P3 latence maskējošā troksnī salīdzinājumā bez trokšņa ir centrālās dzirdes bojājuma pazīme.

6. Dihotiskās runas uztveres un runas uztveres sliekšņa maskējošā troksnī korelācija ar dzirdes izraisīto garozas potenciāla komponenta P3 latenci pierāda, ka komponents P3 ir objektīvs diagnostisks kritērijs centrālās dzirdes traucējumu diagnostikā.

7. Medikamentoza terapija ar nicergolīnu un pramiracetamu uzlabo runas uztveres sliekšni, dihotiskās runas uztveri un saīsina dzirdes izraisīto garozas potenciālu latences, kas liecina par šo medikamentu labvēlīgo ietekmi uz centrālās dzirdes funkciju.

6. PRAKTISKĀS REKOMENDĀCIJAS

Pacientiem ar sūdzībām par dzirdes traucējumiem, kas izpaužas ar apgrūtinātu runas uztveri, rekomendē veikt runas audiometriju un dzirdes izraisīto garozas potenciālu mērījumus, kas ir patentēts centrālās dzirdes traucējumu izpētes paņēmiens.

Ja ir diagnosticēti centrālās dzirdes traucējumi — paaugstināts runas uztveres sliekšnis, apgrūtināta dihotiskā runas uztvere un pagarinātas dzirdes izraisīto garozas potenciālu latences, var rekomendēt medikamentozo terapiju ar nicergolīnu 30 mg diennaktī 90 dienas un pramiracetamu 600 mg diennaktī 40 dienas.

7. PUBLIKĀCIJAS UN ZIŅOJUMI PAR PĒTĪJUMA TĒMU

Publikācijas zinātniskos izdevumos par pētījuma tēmu

Diana Raumane, Ligija Kise, Inara Logina. Central Auditory Processing Disorders: Effects of Age and Hearing Loss to Electrophysiological and Behavioral Responses. Acta Chirurgica Latviensis, 2009; 9: 71-76.

Diana Raumane, Ligija Kise, Inara Logina. 2009. Central Auditory Disorders: Electrophysiological and Behavioral Responses. Collection of Scientific papers, Research articles in medicine & pharmacy, 2009: 111-118.

Diana Raumane, Ligija Kise, Inara Logina. Speech Recognition and Auditory Evoked Potentials. Journal of Hearing Science, 2013; 1(3): OA 9-17.

Patents

Diāna Raumane, Ligija Kise. 2010. Centrālu dzirdes traucējumu izpētes paņēmiens. Latvijas Republikas Patentu valde. Patents Nr. 14096; 2010. gada 20. maijs.

Tēzes un ziņojumi zinātniskās konferencēs par pētījuma tēmu

Diana Raumane, Ligija Kise. 2008. Investigation actualities of peripheral and central auditory disorders in presbycusis. 4. Baltic Congress of Otorhinolaryngology, Pērnavā 2008. gada 5.–7. jūnijā. Tēzes. 12.pp. Prezentācija.

Diāna Raumane, Ligija Kise, Ināra Logina. 2010. Centrāli dzirdes traucējumi: vecuma un sensorervāla dzirdes pazeminājuma ietekme. Rīgas Stradiņa Universitātes Zinātniskā konference 2010. gada 18. martā. Tēzes. 39.lpp. Prezentācija.

Diāna Raumane, Ligija Ķīse, Ināra Logina. 2011. Kortikālo izsaukto dzirdes potenciālu īpatnības centrālo dzirdes traucējumu diagnostikā pieaugušajiem. Rīgas Stradiņa Universitātes Zinātniskā konference 2011. gada 15. aprīlī. Tēzes. 57.lpp. Stenda prezentācija.

Diana Raumane, Ligija Kise. 2011. Auditory evoked potentials in adults: effects of sensorineural hearing loss and dichotic speech perception. 1st Congress of the Confederation of European Otorhinolaryngology and Head and Neck Surgery, 2011. gada 2.–6. jūlijā Barselonā, Spānijā. Tēzes. Prezentācija.

Diana Raumane, Ligija Kise. 2011. Auditory evoked potentials and speech recognition decline in adults. 5th Baltic Otorhinolaryngology Congress, 2011. gada 17.–18. septembrī Rīgā. Tēzes. Stenda prezentācija.

Diāna Raumane, Ināra Logina, Ligija Ķīse. 2012. Central auditory processing in adults: electrophysiological and behavioral responses. 7th Baltic Congress of Neurology - BALCONE, 2012. gada 9.–12. maijā Tartu. Tēzes. Stenda prezentācija.

Diāna Raumane, Ligija Ķīse, Ināra Logina. 2013. Kortikālie izsauktie dzirdes potenciāli: centrālu dzirdes traucējumu medikamentozās terapijas efektivitātes kritērijs. Rīgas Stradiņa universitātes Zinātniskā konference 2013. gada 21. martā. Tēzes. 47.lpp. Stenda prezentācija.

8. PATEICĪBAS

Vislielākā pateicība darba vadītājai *Dr. med.*, profesorei Ligijai Ķīsei par padomiem un atbalstu promocijas darba izstrādē.

Vissirsnīgākā pateicība *Dr. med.*, profesorei Inārai Loginai par ieguldīto enerģiju, darbu, padomiem un atbalstu promocijas darba izstrādē.

Vislielākais paldies RSU Fizikas katedras vadītājam *Dr. phys.*, docentam Renāram Ertam par padomiem un darbu promocijas darba sagatavošanā.

Paldies VSIA Paula Stradiņa KUS Otolaringoloģijas klīnikas virsārstei *Dr. Benitai Krūmiņai* par atbalstu promocijas darba izstrādes laikā.

Paldies VSIA Paula Stradiņa KUS Otolaringoloģijas klīnikas ambulatorās nodaļas māsiņām Sabīnei V. Cironokai un Ilgai Ločmelei par sadarbību darbā ar pacientiem.

Vislielākais paldies Aivaram Rudzenkovam par lielo atbalstu izmeklējumu aparatūras darbības nodrošināšanā.

Paldies kolēģiem VSIA Paula Stradiņa KUS Otolaringoloģijas klīnikā par atbalstu promocijas darba izstrādes laikā.

Pateicos Rīgas Stradiņa universitātei par iespēju studēt doktorantūras studiju programmā.

Vislielākais un vissirsnīgākais paldies maniem vecākiem un manai ģimenei par atbalstu, sapratni un palīdzību.

9. IZMANTOTĀS LITERATŪRAS SARAKSTS

Aghajanian GK, Marek GJ. 2000. Serotonin model of schizophrenia: emerging role of glutamate mechanisms. *Brain Research Brain Research Rev* 31: 302-312.

Ahissar M. 2007. Dyslexia and the anchoring-deficit hypothesis. *Trends in Cognitive Sciences*, 11: 458-465.

Alain C. 2007. Breaking the wave: Effects of attention and learning on concurrent sound perception. *Hearing Research*, 229: 225-236.

Alho K, Sainio K, Sajaniemi N, Reinikainen R. 1999. Event-related brain potential of human newborns to pitch change of an acoustic stimulus. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, 77: 151-155.

Alho K, Woods DL, Algazi A, Knight RT, Näätänen R. 1994. Lesions of frontal cortex diminish the auditory mismatch negativity. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, 91: 353-362.

Allen GV, Gerami D, Esser MJ. 2000. Conditioning effects of repetitive mild neurotrauma on motor function in an animal model of focal brain injury. *Neuroscience*, 99: 93-105.

Amenedo E, Diaz F. 1998. Effects of aging on middle-latency auditory evoked potentials: A cross-sectional study. *Biological Psychiatry*, 43: 210-219.

American Academy of Audiology. 2010. *Clinical Practice Guidelines: Diagnosis, Treatment and Management of Children and Adults with Central Auditory Processing Disorder*.

Anderson LA, Christianson GB, Linden JF. 2009. Stimulus specific adaptation occurs in the auditory thalamus. *Journal of Neuroscience*, 29: 7359-63.

Anderson S, Kraus N. 2010. Objective Neural Indices of Speech-in-Noise Perception. *Trends in Amplification*, 14: 73-83.

Anderson S, Kraus N. 2010. Sensory-Cognitive Interaction in the Neural Encoding of Speech in Noise: A Review. *Journal of the American Academy of Audiology*, 21: 575-585.

Anderson S, Skoe E, Chandrasekaran B, Kraus N. 2010. Neural timing is linked to speech perception in noise. *Journal of Neuroscience*, 30: 4922-4926.

Araki T, Kasai K, Rogers MA, Kato N, Iwanami A. 2006b. The effect of perospirone on auditory P300 in schizophrenia: A preliminary study. *Progress in Neuropsychopharmacology, Biology and Psychiatry*, 30: 1083-1090.

Asato N, Hirayasu Y, Hiramatsu K, Ohta H. 1999. ERPs changes during neuroleptic treatment in schizophrenia - a vulnerability marker in schizophrenia. *Seishin Shinkeigaku Zasshi*, 101: 254-276.

Bambagiotti-Alberti M, Bartolucci G, Bruni B, Coran SA, Di Vaira M. 2008. Diisoprop-yl{2-[2-(2-oxopyrrolidin-1-yl)acetamido]eth-yl}ammonium hydrogen sulfate. *Acta Crystallographica Section E: Structure Reports Online*, 30; 64(Pt 6): o1160. doi: 10.1107/S1600536808015341.

Basta D, Tzchentke B, Ernst A. 2005. Noise-induced cell death in the mouse medial geniculate body and primary auditory cortex. *Neuroscience Letters*, 381: 199-204.

Battaglia A, Bruni G, Ardia A, Sacchetti G. 1989. Nicergoline in mild to moderate dementia. A multicenter, double-blind, placebo-controlled study. *Journal of the American Geriatric Society*, 4: 295-302.

- Battaglia A, Bruni G, Ardia A, Sacchetti G. 1989. The ten-twenty system of the international federation. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, 10: 371-375.
- Békésy G. von. 1960. Experiments in hearing. In: Wever EGMcGraw-Hill Co., New York.
- Beleboni RO, Carolino RO, Pizzo AB, Castellan-Baldan L, Coutinho-Netto J, dos Santos WF, Coimbra NC. 2004. Pharmacological and biochemical aspects of GABAergic neurotransmission: pathological and neuropsychobiological relationships. *Cell Molecular Neurobiology*, 24: 707-728.
- Bell R, Dentale S, Buchner A, Mayr S. 2010. ERP correlates of the irrelevant sound effect. *Psychophysiology*, 47: 1182-1191.
- Bellis TJ, Wilber LA. 2001. Effects of aging and gender on interhemispheric function. *Journal of Speech, Language and Hearing Research*, 44: 246-263.
- Bellis TJ. 2003. Assessment and management of central auditory processing disorders in the educational setting: From Science to practice (2nd ed.). Clifton Park, NY: Thomson Delmar.
- Berlin CI, McNeil MR. 1976. Dichotic listening. New York: Academic Press.
- Berti S, Roeber U, Schroger E. 2004. Bottom-up effects on working memory: Distraction effects on behavioral and electrophysiological levels vary with different levels of distractor strength. *Experimental Psychology*, 51: 249-257.
- Bertoli S, Smurzynski J, Probst R. 2005. Effects of Age, Age-Related Hearing Loss, and Contralateral Cafeteria Noise on the Discrimination of Small Frequency Changes: Psychoacoustic and Electrophysiological Measures. *JARO*, 6: 207-222.
- Billings CJ, Bennet KO, Molis MR, Leek MR. 2011. Cortical encoding of signals in noise: Effects of stimulus type and recording paradigm. *Ear and Hearing*, 32(1): 53-60.
- Billings CJ, Trembley KL, Stecker GC, Tolin WM. 2009. Human evoked cortical activity to signal-to-noise ratio and absolute signal level. *Hearing Research*, 254(1-2): 15-24.
- Bochner JH, Garrison WM, Sussman JE, Bukard RF. 2003. Development of materials for the clinical assessment of speech recognition: The speech sound pattern discrimination test. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 46: 889-900.
- Boothroyd A, Nitttrouer S. 1988. Mathematical treatment of context effects in phoneme and word recognition. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 84: 101-114.
- Bouma A, Gootjes L. 2011. Effects of attention on dichotic listening in elderly and patients with dementia of the Alzheimer type. *Brain and Cognition*, 6(2): 286-93.
- Boutros N, Nasrallah H, Leighty R, Torello M, Tueting P, Olson S. 1997. Auditory evoked potentials, clinical vs. research applications. *Psychiatry Research*, 69: 183-195.
- Broadbent DE. 1957. A mechanical model for human attention and immediate memory. *Psychology Reviews*, 64: 205-215.
- Broadbent, D. E. 1954. The role of auditory localization in attention and memory span. *Journal of Experimental Psychology*, 44, 51-55.
- Broca P. 1861c. Remarques sur le siège de la faculté du langage articulé, suivies d'une observation d'aphémie (perte de la parole). *Bulletins de la Société d'anatomie (Paris)*, 2e serie 6: 330-57.
- Bronkhorst AW, Plomp RA. 1990. Clinical test for the assessment of binaural speech perception in noise. *Audiology*, 29: 275-285.

- Brown DK, Cameron S, Martin J, Watson C, Dillon H. 2010. The North American Listening in Spatialized Noise—Sentences Test (NA LiSN-S): Normative data and test-retest reliability studies for adolescents and young adults. *Journal of the American Academy of Audiology* 21(10): 629-641.
- Brown WS, Marsh JT, Larue A. 1983. Exponential electrophysiological aging: P300 latency. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, 55: 277-85.
- Bukard RF, Don M, Eggermont JJ. 2010. Auditory evoked potentials: Basic Principles and clinical applications, 514-515.
- Byrne D, Dillon H, Khanh T, Arglinger S, Wilbraham K. 1994. An international comparison of long-term average speech spectra. *Journal of the Acoustical Society of America*, 96: 2108-2120.
- Cacace AT, McFarland DJ. 2005. The importance of modality specificity in diagnosing auditory processing disorders. *American Journal of Audiology*, 14: 112-123.
- Cameron S, Brown D, Keith R, Martin J, Watson C, Dillon H. 2009. Development of the North American Listening in Spatialized Noise-Sentences Test (NA LiSN-S): Sentence equivalence, normative data, and test-retest reliability studies. *Journal of the American Academy of Audiology*, 20: 128-146.
- Cameron S, Dillon H, Nevall P. 2006a. Development and evaluation of the listening in spatialized noise test. *Ear and Hearing*, 27: 30-42.
- Cameron S, Dillon H. 2007a. Development of the listening in spatialized noise-sentences test (LISN-S). *Ear and hearing*, 28: 196-211.
- Cameron S, Dillon H. 2007b. The listening in spatialized noise-sentences test (LISN-S): Test-retest reliability study. *International Journal of Audiology*, 46: 145-153.
- Cameron S, Dillon H. 2008a. The listening in spatialized noise-sentences test (LISN-S): Comparison to prototype LISN and results from children with either a suspected (central) auditory disorder or a confirmed language disorder. *Journal of the American Academy of Audiology*, 19: 377-391.
- Cameron S, Glyde H, Dillon H. 2011. Listening in Spatialized Noise-Sentences Test (LiSN-S): Normative and retest data for adolescents and adults up to 60 years of age. *Journal of the American Academy of Audiology*, 2: 697-709.
- Cariani P. 1999. Temporal coding of periodicity pitch in the auditory system: An overview. *Neural Plasticity*, 6(4): 147-172.
- Caspary DM, Holder TM, Hughes LF, Milbrandt JC, McKernan RM, Naritoku DK. 1999. Age-related changes in GABA(A) receptor subunit composition and function in rat auditory system. *Neuroscience*, 93: 307-312.
- Caspary DM, Ling L, Turner JG, Hughes LF. 2008. Inhibitory neurotransmission, plasticity and aging in the mammalian central auditory system. (Review) *The Journal of Experimental Biology*, 211: 1781-1791.
- Caspary DM, Milbrandt JC. 1995. Central aging: GABA changes in the inferior colliculus. *Experimental Gerontology*, 30: 349-360.
- Celsis P, Boulanouar K, Doyon B, Ranjeva JP, Berry I, Nespoulous JL, Chollet F. 1999. Differential fMRI responses in the left posterior superior gyrus and left supramarginal gyrus to habituation and change detection in syllables and tones. *Neuroimage*, 9: 135-144.
- Chase SM, Young ED. 2005. Limited segregation of different types of sound localization information among classes of units in the inferior colliculus. *Journal of Neuroscience*, 25: 7575-85.

- Chebib M. 2004. GABAC receptor ion channels. *Clinical Experimental Pharmacology and Physiology*, 31: 800-804.
- Chermak GD, Musiek FE. 2003. It takes a team to differentially diagnose APD. *Hearing Journal*, 56(4): 71.
- Chermak GD, Wagner DP, Bendal RB. 1988. Interlist equivalence of the word intelligibility by picture identification test administered in broad-band noise. *Audiology*, 27: 324-333.
- Chermak GD. 2002. Deciphering auditory processing disorders in children. *Otolaryngology Clinics of North America*, 35: 733-749.
- Cheveigné de A. 2005. Pitch perception models. In: *Pitch—Neural Coding and Perception*. Eds. Plack CJ, Oxenham AJ, Fay RR, Popper AN. New York: Springer, 169-233.
- Clarke SF, Ribaupierre de F, Bajo VM. 1995. The auditory pathway in cat corpus callosum. *Experimental Brain Research*, 104: 534-540.
- Cohen AD, Weaver SJ, Yi TY. 1995. *The Impact of Strategies-Based Instruction on Speaking a Foreign Language*. Research Report. Minneapolis, Minnesota, USA: National Foreign Language Research Center.
- Coles RA, Mason SM. 1984. The results of cortical electric response audiometry in medico-legal investigations. *British Journal of Audiology*, 18: 71-78.
- Colquhoun D, Cachelin AB, Marshall CG, Mathie A., Ogden DC. 1990. Function of nicotinic synapses. *Progress in Brain Research*, 84: 43-50.
- Cone B, Whitaker R. 2013. Dynamics of infant cortical auditory evoked potentials (CAEPs) for tone and speech tokens. *International Journal of Pediatric Otorhinolaryngology*, 77(7): 1162-73.
- Cranford JL, Romereim B. 1992. Precedence effect and speech understanding in elderly listeners. *Journal of American Academy of Audiology*, 3(6): 405-9.
- Cynx J, Shapiro M. 1986. Perceptio of missing fundamenta by a series of songbird (*Sturnus vulgaris*). *Journal of Comparative Psychology*, 100: 356-60.
- Davis H. 1965. Slow cortical responses evoked by acoustic stimuli. *Acta Otolaryngologica*, 59: 179-185.
- Deutsch JA, Deutsch D. 1963. Attention: some theoretical considerations. *Physiology Reviews*, 70: 80-90.
- Devrim-Ücok M, Keski-Ergen HY, Ücok A. 2008. Mismatch negativity at acute and post-acute phases of first-episode schizophrenia. *European Archives of Psychiatry and Clinical Neuroscience*, 258: 179-185.
- Divenyil PL, Stark PB, Haupt KM. 2005. Decline of speech understanding and auditory thresholds in the elderly. *Journal of the Acoustical Society of America*, 118(2): 1089-1100.
- Dubno J, Dirks D. 1989. Auditory filter characteristics and consonant recognition for hearing-impaired listeners. *Journal of the Acoustical Society of America*, 85: 1666-1675.
- Dubno J, Schaefer A. 1992. Comparison of frequency selectivity and consonant recognition among hearing-impaired and masked normal-hearing listeners. *Journal of the Acoustical Society of America*, 91: 2110-2121.
- Eeponiene R, Torki M, Alku P, Koyama A, Townsend J. 2008. Event-related potentials reflect spectral differences in speech and non-speech stimuli in children and adults. *Clinical Neurophysiology*, 119(7): 1560-1577.

- Ehret G, Merzenich MM. 1988. Complex sound analysis (frequency resolution, filtering and spectral integration) by single units of the inferior colliculus in the cat. *Brain Research Reviews*, 13: 139-163.
- Elliot LL. 1995. Verbal auditory closure and the speech perception in noise (SPIN) test. *Journal of Speech and Hearing Research*, 38: 1363-1376.
- Emanuel D.C. 2002. The auditory processing battery: Survey of common practices. *Journal of the American Academy of Audiology*, 13: 93-117.
- Ennaceur A, Cavoy A, Costa JC, Delacour J. 1988. A new one-trial test for neurobiological studies of memory in rats. II: effects of piracetam and pramiracetam. *Behavioural Brain Research*, 33: 197-207
- Eponiène R, Toriki M, Alku P, Koyama A, Townsend J. 2008. Event-related potentials reflect spectral differences in speech and non-speech stimuli in children and adults. *Clinical Neurophysiology*, 119(7): 1560-1577.
- Escera C, Alho K, Schröger E, Winkler I. 2000. Involuntary attention and distractibility as evaluated with event-related brain potentials. *Audiology and Neurootology*, 5: 151-166.
- Escera C, Corral MJ, Yago E. 2002. An electrophysiological and behavioral investigation of involuntary attention towards auditory frequency, duration and intensity changes. *Cognitive Brain research*, 14: 325-332.
- Felisati G, Pignataro O, Di Girolamo A, Bruno E, Alessandrini M, Guidetti G, Monzani D, Beldi AM, Mira E, Benazzo M, Pallestrini E, Caligo G, Casani A, Battaglia A. 2004. Nicergoline in the treatment of dizziness in elderly patients. A review. *Archives of Gerontology and Geriatrics*, Suppl. 9: 163-70.
- Ferri R, Elia M, Agarwal N, Lanuzza B, Musumeci SA, Pennisi G. 2003. The mismatch negativity and the P3 components of the auditory event-related potentials in autistic low-functioning subjects. *Clinical Neurophysiology*, 114: 1671-1680.
- Festen J, Plomp R. 1986. Speech-reception threshold in noise with one and two hearing aids. *Journal of Acoustical Societies of America*, 79: 465-476.
- Fisher DJ, Labelle A, Knott VJ. 2008. The right profile: mismatch negativity in schizophrenia with and without auditory hallucinations as measured by multi-feature paradigm. *Clinical Neurophysiology*, 119: 909-921.
- Freigang C, Schmidt L, Wagner J, Eckardt R, Steinhagen-Thiessen E, Ernst A, Rudolf Rübsamen R. 2011. Evaluation of central auditory discrimination abilities in older adults. *Frontiers in Aging Neuroscience*, doi: 10.3389/fnagi.2011.00006.
- Friedman D, Cycowicz YM, Gaeta H. 2001. The novelty P3: An event-related brain potential (ERP) sign of the brain's evaluation of novelty. *Neuroscience and Biobehavioural Reviews*, 25: 355-373.
- Frisina RD, Karcich KJ, Tracy TC, et al. 1996. Preservation of amplitude modulation coding in the presence of background noise by chinchilla auditory-nerve fibers. *Journal of the Acoustical Society of America*, 99: 475-490.
- Frisina RD, Smith RL, Chamberlain SC. 1990. Encoding the amplitude modulation in the gerbil cochlear nucleus. I. A hierarchy of enhancement. *Hearing Research*, 44: 99-122.
- Gates GA, Anderson ML, Feeney MP. 2008. Centrlaryngolral auditory dysfunction in older persons with memory impairment or Alzheimer dementia. *Archives of the Otolaryngology, Head and Neck Surgery*, 134(7): 771-777.

- Gates GA, Anderson ML, McCurry SM, Feeney MP, Larson EB. 2011. Central Auditory Dysfunction as a Harbinger of Alzheimer Dementia. *Archives of the Otolaryngology, Head and Neck Surgery*, 137(4): 390-395.
- Gelfand SA, Ross L, Miller S. 1988. Sentences reception in noise from one versus two sources: Effects of aging and hearing loss. *Journal of the Acoustic Societies of America*, 83: 248-256.
- Gelfand SA. 2000. Optimizing the reliability of speech recognition scores. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 41: 1088-1102.
- Giard M-H, Perrin F, Pernier J, Bouchet P. 1990. Brain generators implicated in processing of auditory stimulus deviance: a topographic event-related potential study. *Psychophysiology*, 27: 627-640.
- Gibson DJ, Young ED, Costalupes JA. 1985. Similarity of dynamic range adjustment in auditory nerve and cochlear nuclei. *Journal Neurophysiol*, 53(4): 940-958.
- Gleich O, Hamann I, Klump GM, Kittel M, Strutz J. 2003. Boosting GABA improves impaired auditory temporal resolution in the gerbil. *Neuroreport*, 14: 1877-1880.
- Golding M, Dillon H, Seymor J, Carter L. 2009. The detection of adult cortical auditory evokes potentials (CAEPs) using an automated statistic and visual detection. *International Journal of Audiology*, 48: 833-842.
- Goodin DS, Squires KC, Henderson, BH, Starr A. 1978. Age-related variations in evoked potentials to auditory stimuli in normal human subjects. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, 44: 447-458.
- Griffiths TD, Warren JD. 2004. What is an auditory object? *Nature Reviews of Neuroscience*, 5: 887-892.
- Grutzendler J, Morris JC. 2001. Cholinesterase inhibitors for Alzheimer's disease. *Drugs*, 61(1): 41-52.
- Gu Q. 2002. Neuromodulatory transmitter systems in the cortex and their role in cortical plasticity. *Neuroscience*, 22: 8720-8725.
- Guyenet P, Lefresne P, Rossier J, Beaujouan JC, Glowinski J. 1973. Inhibition by hemicholinium-3 of [14C]-acetylcholine synthesis and [3H]-choline high-affinity uptake in rat striatal synaptosomes. *Molecular Pharmacology*, 9: 630-639.
- Hagerman B. 1982. Sentences for testing speech intelligibility in noise. *Scandinavian Audiology*, 11: 79-87.
- Hall D, Johnrude I, Haggard M, Palmer A, Akeroyd M, Summerfield A. 2002. Spectral and temporal processing in human auditory cortex. *Cerebral Cortex*, 12(2): 140-149.
- Hällgren M, Johansson M, Larsby B, Arlinger S. 1998. Dichotic speech tests. *Scandinavian Audiology Supplement*, 49: 35-9.
- Hällgren M, Larsby B, Arlinger S. 2006. A Swedish version of the Hearing In Noise Test (HINT) for measurement of speech recognition. *International Journal of Audiology*, 45(4): 227-37.
- Hällgren M, Larsby B, Lyxell B, Arlinger S. 2001. Cognitive effects in dichotic speech testing in elderly persons. *Ear and Hearing*, 22(2): 120-9.
- Harris KC, Dubno JR, Keren NI, Ahlstrom JB, Eckert MA. 2009. Speech recognition in younger and older adults: a dependency on low-level auditory cortex. *Journal of Neuroscience*, 29: 6078-6087.

Harris KC, Mills JH, Dubno JR. 2007. Electrophysiologic Correlates of intensity Discrimination In Cortical Evoked Potentials of Younger and Older Adults. *Hearing Research*, 228(1-2): 58-68.

Harris KC, Mills JH, He NJ, Dubno JR. 2008. Age related differences in sensitivity to small changes in frequency assessed with cortical evoked potentials. *Hearing Research*, 243(1-2): 47-56.

He NJ, Mills JH, Ahlstrom JB, Dubno JR. 2008. Age-related differences in the temporal modulation transfer function with pure-tone carriers. *Journal of the Acoustical Society of America*, 124: 3841-3849.

Helfer KS, Freyman RL. 2008. Aging and speech-on-speech masking. *Ear and Hearing*, 29(1): 87-98.

Hiscock M, Kinsboune M. 2011. Attention and the right-ear advantage: What is the connection? *Brain and Cognition*, 76(2): 263-275.

Houstma AJ, Smurzynski J. 1990. Pitch identification and discrimination for complex tones with many harmonics. *Journal of the Acoustical Society of America*, 87: 304-10.

Humes L, Dirks D, Bell T, Kincaid G. 1987. Recognition of nonsense syllables by hearing-impaired listeners and by noise-masked normal hearers. *Journal of the Acoustical Society of America*, 81: 765-773.

Humes L, Espinoza-Varas B, Watson C. 1988. Modeling sensorineural hearing loss. I. Model and retrospective evolution. *Journal of the Acoustical Society of America*, 83: 188-202.

Hyde M. 1997. N1 response and its applications. *Audiology and Neurootology*, 2(5): 281-307.

ISO 389 - 8:2004. Acoustics - Reference zero for the calibration of audiometric equipment - Part 8: Reference equivalent threshold sound pressure levels for pure tones and circumaural earphones. International Organization for Standardization.

ISO 8253 - 3:1996. Acoustics - Audiometric test methods - Part 3: Speech audiometry. International Organization for Standardization.

Issa AM, Gauthier S, Collier B. 1996. Effects of the phosphatase inhibitors calyculin A and okadaic acid on acetylcholine synthesis and content of rat hippocampal formation. *Journal of Neurochemistry*, 66: 1924-1932.

Jancke L, Buchanan TW, Lutz K, Shah NJ. 2001. Focused and nonfocused attention in verbal and emotional dichotic listening: an fMRI study. *Brain and Language*, 78: 349-363.

Jankowiak S, Berti S. 2007. Behavioral and event-related potential distraction effects with regularly occurring auditory deviants. *Psychophysiology*, 44: 79-85.

Jasper HH. 1958. The ten-twenty system of the international federation. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, 10: 371-375.

Jerger J, Alford B, Rivera V, Chmiel R. 1995. Dichotic listening, event-related potentials, and interhemispheric transfer in the elderly. *Ear and Hearing*, 16: 482-498.

Jerger J, Chmiel R, Ronini R, Murphy E, Kent M. 1999. Twin study of auditory processing disorder. *Journal of the American Academy of Audiology*, 10: 521-528.

Jerger J, Chmiel R. 1997. Factor analytic structure of auditory impairment in elderly persons. *The Journal of the American Academy of Audiology*, 8, 269-276.

Jerger J, Silman S, Lew HL, Chmiel R. 1993. Case studies in binaural interference: converging evidence from behavioral and electrophysiologic measures. *Journal of the American Academy of Audiology*, 4(2): 122-131.

- Jerger J. 1970. Diagnostic significance of speech test procedures utilizing phonetically balanced words. *Proceedings of Second Danavox Symposium 1970 Odense*, 91-101.
- Jerger JJ. 1998. Controversial issues in central auditory processing disorders. *Seminars in Hearing*, 19: 393-398.
- Jewett D, Williston J. 1971. Auditory-evoked far-fields averaged from the scalp of humans. *Brain*, 94: 681-696.
- Johnson JA, Zatorre RJ. 2005. Attention to simultaneous unrelated auditory and visual events: behavioral and neural correlates. *Cerebral Cortex*, doi:10.1093/cercor/bhi039.
- Jonson DH. 1980. The relationship between spike rate and synchrony in responses of auditory-nerve fibers to single tones. *Journal of the Acoustical Society of America*, 68(4): 1115-1122.
- Jung J, Morlet D, Mercier B, Confavreux C, Fischer C. 2006. Mismatch negativity in multiple sclerosis: an event-related potentials study in 46 patients. *Clinical Neurophysiology*, 117: 85-93.
- Kalikow DN, Stevens KN, Elliot LL. 1977. Development of a test of speech intelligibility in noise using materials with controlled word predictability. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 61: 1337-1351.
- Kandel ER. 2000. Nerve cell and behavior. In: Kandel, et al. 19-35.
- Kaplan-Neeman R, Kishon-Rabin I, Henkin Y, Muchnik C. 2006. Identification of syllables in noise electrophysiological and behavioral correlates. *Journal of the Acoustical Society of America*, 120(2): 926-933.
- Keith RW. 1995. Development and standardization of SCAN-A: Test of auditory processing disorders in adolescents and adults. *Journal of the American Academy of Audiology*, 6: 286-292.
- Khanna SM, Leonard DGB. 1982. Basilar membrane tuning in the cat cochlea. *Science*, 215: 305-306.
- Kimura D. 1961. Cerebral dominance and the perception of verbal stimuli. *Canadian Journal of Experimental Psychology*, 15: 166-171.
- Kimura D. 1967. Functional asymmetry of the brain in dichotic listening. *Cortex*, 3(2): 482-498.
- Kimura D. 2011. From ear to brain. *Brain and Cognition*, 76(2): 214-217.
- Knight RT, Brailowsky S. 1999. Auditory evoked potentials from the primary cortex of the cat: Topographic and pharmacological studies. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, 77: 225-232.
- Kollmeier B, Wesselkamp M. 1997. Development and evaluation of a sentence test for objective and subjective speech intelligibility assessment. *Journal of the Acoustical Society of America*, 102, 2412-2421.
- Korczak PA, Kurtsberg D, Stapels DR. 2005. Effects of sensorineural hearing loss and personal hearing aids on cortical event-related potential and behavioral measures of speech-sound processing. *Ear and Hearing*, 26(2): 165-185.
- Kramer SE, Zekveld AA, Houtgast T. 2009. Measuring cognitive factors in speech comprehension: The value of using the Text Reception Threshold test as a visual equivalent of the SRT test. *Scandinavian Journal of Psychology*, 50, 507-515.

- Kraus N, Lam C, Parbery-Clark A, Skoe E. 2009. Musician enhancement for the measurement of speech reception thresholds in Quiet and noise. *Journal of the Acoustical Society of America*, 95: 1085-1099.
- Kuhar MJ, Murrin LC. 1978. Sodium-dependent, high affinity choline uptake. *Journal of Neurochemistry*, 30: 15-21.
- Kujala T, Tervaniemi M, Schröger E. 2007. The mismatch negativity in cognitive and clinical neuroscience: theoretical and methodological considerations. *Biological Psychology*, 74: 1-19.
- Lavie N. 1995. Perceptual load as a necessary condition for selective attention. *Journal of Experimental Psychology of Human Perception Performance*, 21: 451-468.
- Lee HJ, Wallani T, Mendelson JR. 2002. Temporal processing speed in the inferior colliculus of young and aged rats. *Hearing Research*, 174: 64-74.
- Lee LW, Humes LE. 1993. Evaluating a speech-reception threshold model for hearing-impaired listeners. *Journal of the Acoustical Society of America*, 93(5): 2879-2885.
- Legace J, Jutras B, Gagne JP. 2010. Auditory Processing Disorder and Speech Perception problems in noise: Finding the Underlying Origin. *American Journal of Audiology*, 19: 17-25.
- Lepistö T., Kajander M, Vanhala R, Alku P, Huotilainen M, Näätänen R, Kujala T. 2008. The perception of invariant speech features in children with autism. *Biological Psychology*, 77: 25-31.
- Leppänen PH, Lyytinen H. 1997. Auditory event-related potentials in the study of developmental language-related disorders. *Audiology and Neurootology*, 2: 308-340.
- Liegeois F, Connely A. 2008. Speaking with single cerebral hemisphere: fMRI language organization after hemispherectomy in childhood. *Brain and Language*, 106: 195-203.
- Ling LL, Hughes LF, Caspary DM. 2005. Age-related loss of GABA synthetic enzyme glutamic acid decarboxylase in rat primary auditory cortex. *Neuroscience*, 132: 1103-1113.
- Lynn JB, Lippold OCJ, Redfearn JWT. 1962. Long-lasting Changes in the Level of the Electrical Activity of the Cerebral Cortex produced by Polarizing Currents. *Nature*, 196: 584-585.
- Martin BA, Stapells DR. 2005. Effects of low-pass noise masking on auditory event-related potentials to speech. *Ear and Hearing*, 26: 195-213.
- Martin FN, Armstrong TW, Champlin CA. 1994. A survey of audiological practices in the United States. *American Journal of Audiology*, 3(2): 20-26.
- Martin JS, Jerger JF. 2005. Some effects of aging on central auditory processing. *JRRD, Supplement 2*; 42(2): 25-44.
- McArthur GM, Bishop DVM. 2004. Which people with specific language impairment have auditory processing deficits? *Cognitive Neuropsychology*, 21: 79-94.
- Mendel LL, Owen SR. 2011. A study of recorded versus live voice word recognition. *International Journal of Audiology*, 50: 688-693.
- Mendelson JR, Lui B. 2004. The effects of aging in the medial geniculate nucleus: A comparison with the inferior colliculus and auditory cortex. *Hearing Research*, 191: 21-33.
- Micheyl C, Oxenham A. 2007. Across-frequency pitch discrimination interference between complex tones containing resolved harmonics. *Journal of the Acoustical Society of America*, 121: 1621-31.

- Milbrandt JC, Albin RL, Caspary DM. 1994. Age-related decrease in GABAB receptor binding in the Fischer 344 rat inferior colliculus. *Neurobiology of Aging*, 15: 699-703.
- Milbrandt JC, Hunter C, Caspary DM. 1997. Alterations of GABAA receptor subunit mRNA levels in the aging Fischer 344 rat inferior colliculus. *Journal of Comparative Neurology*, 379: 455-465.
- Mitra M, Wanamaker CP, Green WN. 2001. Rearrangement of nicotinic receptor alpha subunits during formation of the ligand binding sites. *Journal of Neuroscience*, 21(9): 3000-8.
- Möhler H, Fritschy JM, Rudolph U. 2002. A new benzodiazepine pharmacology. *Journal of Pharmacological Experimental Therapy*, 300: 2-8.
- Moller AR. 1974. Coding of sounds with rapidly varying spectrum in the cochlear nucleus. *Journal of the Acoustical Society of America*, 55: 631-640.
- Moller AR. 2000. *Hearing: Its physiology and pathophysiology*. San Diego, Academic Press.
- Mooradian AD. 1988. Blood-brain barrier transport of choline is reduced in the aged rat. *Brain Research*, 440: 328-332.
- Moore DR. 2006. Auditory processing disorder (APD): Definition, diagnosis, neural basis, and intervention. *Audiological Medicine*, 4: 4-11.
- Moore JK. 2002. Maturation of human auditory cortex: Implications for speech perception. *Annals in Otolaryngology Rhinology Laryngology Supplement*, 189: 7-10.
- Morest DK, Oliver DL. 1984. The neuronal architecture of the inferior colliculus in the cat. *Journal of Comparative Neurology*, 222: 209-236.
- Mueller V, Brehmer Y, von Oertzen T, Li S-C, Lindenberger U. 2008. Electrophysiological correlates of selective attention: A lifespan comparison. *BMC Neuroscience*, 9: 18.
- Mulert C, Pogarell O, Juckel, G, Rujescu D, Giegling I, Rupp D, Mavrogiorgou, Bussfeld P, Galliant J, Möller HJ, Hegerl U. 2004. *European Archives of Psychiatry Clinical Neuroscience*, 254: 190-198.
- Musiek F, Chermak G. 2007. *Handbook of (Central) auditory Processing Disorder. Auditory Neuroscience and Diagnosis Vol I*. Plural Publishing, San Diego.
- Musiek FE, Baran JA, Pinheiro ML. 1990. Duration pattern recognition in normal subjects with cerebral and cochlear lesions. *Audiology*, 29: 304-313.
- Musiek FE, Gollegly KM, Ross MK. 1985. Profiles of types of central auditory processing disorders in children with learning disabilities. *Communication Disorders Quarterly*, 9: 43-46.
- Musiek FE. 1983. Assessment of central auditory dysfunction: The dichotic digit test revisited. *Ear and Hearing*, 4: 79-83.
- Näätänen R, Jacobsen T, Winkler I. 2005. Memory-based or afferent processes in mismatch negativity (MMN): a review of the evidence. *Psychophysiology*, 42: 25-32.
- Näätänen R, Kähkönen S. 2009. Central auditory dysfunction in schizophrenia as revealed by the mismatch negativity (MMN) and its magnetic equivalent MMNm: a review. *International Journal of Neuropsychopharmacology*, 12: 125-135.
- Näätänen R, Kujala T, Kreegipuu K, Carlson S, Escera C, Baldeweg T, Picton C. 2011. The Mismatch negativity: an index of cognitive decline in neuropsychiatric and neurological diseases and aging. *Brain: a Journal of Neurology*, 134(Pt 12): 3432-50.

- Näätänen R, Kujala T, Winkler I. 2011. Auditory processing that leads to conscious perception: A unique window to central auditory processing opened by the mismatch negativity and related responses. *Psychophysiology*, 48: 4-22.
- 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: 2544-2590.
- Näätänen R, Pakarinen S, Rinne T, Takegata R. 2004. The mismatch negativity (MMN): towards the optimal paradigm. *Clinical Neurophysiology*, 115: 140-144.
- Näätänen R, Picton TW. 1987. The N1 wave of the human electric and magnetic response to sound: A review and an analysis of the component structure. *Psychophysiology*, 24: 375-425.
- Näätänen R, Winkler I. 1999. The concept of auditory representation in cognitive neuroscience. *Psychological Bulletin*, 125: 826-859.
- 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: 2544-2590.
- Neijenhuis CAM, Crul TH, Maassen B, Groenen P. 1999. Validation of central auditory speech perception test for children. In: Maassen B, Groenen P, eds. *Pathologies of speech and language: advances in clinical phonetics and linguistics*. London: Whurr, 151-156.
- Nicergoline in mild to moderate dementia. A multicenter, double-blind, placebo-controlled study. 2010. *Journal of the American Geriatrics Society*, 4: 295-302.
- Nilsson M, Soli SD, Sullivan JA. 1994. Development of the Hearing in Noise Test for the measurement of speech reception thresholds in quiet and noise. *Journal of the Acoustical Society of America*, 95: 1085-1009.
- Noffsinger D, Wilson RH, Musiek FE. 1994. Department of Veterans Affairs compact disc recording for auditory perceptual assessment: background and introduction. *Journal of the American Academy of Audiology*, 5: 231-235.
- Novitsky N, Tervaniemi M, Huotilainen M, Näätänen R. 2004. Frequency discrimination at different frequency levels as indexed by electrophysiological and behavioral measures. *Cognitive Brain Research*, 20: 26-36.
- Oldfield RC. 1971. The assessment and analysis of handedness: the Edinburgh Inventory. *Neuropsychologia*, 9: 97-113.
- Ostroff JM, Martin BA, Boothroyd A. 1998. Cortical evoked response to acoustic change within a syllable. *Ear and Hearing*, 19: 290-297.
- Peiffer AM, Hugenschmidt CE, Maldjian JA, Casanova R, Srikanth R, Hayasaka, Burdette JH, Kraft RA, Laurienti PJ. Aging and the Interaction of Sensory Cortical Function and Structure. *Human Brain Mapping*, 2009; 30: 228-240.
- Pekkonen E, Huotilainen M, Virtanen J, Sinkkonen J, Rinne T, Ilmoniemi RJ, Näätänen R. 1995. Age-related functional differences between auditory cortices: a whole-head MEG study. *Neuroreport*, 6: 1803-1806.
- Persia di L, Milone D, Rufiner H, Yanagida M. 2008. Perceptual evaluation of blind source separation for robust speech recognition. *Signal Processing*, 88(10): 2578-2583.
- Phillips DP, Hall SE. 1986. Spike-rate intensity functions of cat cortical neurons studied with combined tone-noise stimuli. *Journal of the Acoustical Society of America*, 80(1): 170-187.

- Phillips DP, Kelly JB. 1992. Effects of continuous noise maskers on tone-evoked potentials in cat primary auditory cortex. *Hearing Research*, 2(2): 134-140.
- Phillips DP. 1985. Temporal response features of cat auditory cortex neurons contributing to sensitivity to tones delivered in the presence of continuous noise. *Hearing Research*, 19 (3): 253-268.
- Phillips DP. 1990. Neural representation of sound amplitude in the auditory cortex: Effects of noise masking. *Behavioral Brain Research*, 37(3): 197-214.
- Pickles J. 1988. *An introduction to the physiology of hearing*. New York: Academic Press.
- Picton TW, Alain C, Otten L, Ritter W, Achim A. 2000. Mismatch negativity: different water in the same river. *Audiology and Neurootology*, 5: 111-139.
- Picton TW, Stuss DT., Champagne SC, Nelson RF. 1984. The effects of age on human event-related potentials. *Psychophysiology*, 21: 312-325.
- Pilotti M, Beyer T, Yasunami M. 2001. Encoding tasks and the processing of perceptual information in young and older adults. *Journal of Gerontology: Psychological Sciences*, 56B: 119-128.
- Pilotti M, Beyer T. 2002. Perceptual and lexical components of auditory repetition priming in young and older adults. *Memory and Cognition*, 30: 226-236.
- Plomp R, Mimpen AM, 1978. Auditory handicap of hearing impairment and the limited benefit of hearing aids. *Journal of the Acoustical Society of America*, 63: 533-549.
- Plomp R, Mimpen AM. 1979. Improving the reliability of testing the speech reception threshold for sentences. *Audiology*, 18: 43-52.
- Plomp R. 1970. Timbre as a multidimensional attribute of complex tones. In: R. Plomp and G. F. Smoorenburg (Eds.). *Frequency analysis and periodicity detection in hearing*. Sijthoff, Leiden, 397-414.
- Plomp R. 1976. *Aspects of tone sensation*. Academic Press, New York London.
- Plomp R. 1986. A signal-to-noise ratio model for the speech-reception threshold of the hearing impaired. *Journal of Speech and Hearing Research*, 29: 146-154.
- Polich J, Criado JR. 2006. Neuropsychology and neuropharmacology of P3a and P3b. *International Journal of Psychophysiology*, 60: 172-185.
- Polich J, Herbst KL. 2000. P300 as clinical assay: rationale, evolution, and findings. *International Journal of Psychophysiology*, 38: 3-19.
- Polich J. 1998. P300 clinical utility and control of variability. *Journal of Clinical Neurophysiology*, 15: 14-33.
- Polich J. 2007. Updating P300: An integrative theory of P3a and P3b. *Clinical Neurophysiology*, 118: 2128-2148.
- Ponton C, Eggermont JJ, Khosla D, Kwong B, Don M. 2002. Maturation of human central auditory system activity: Separating auditory evoked potentials by dipole source modeling. *Clinical Neurophysiology*, 113: 407-420.
- Ponton CW, Eggermont JJ, Kwong B, Don M. 2000. Maturation of human central auditory system activity: Evidence from multi-channel evoked potentials. *Clinical Neurophysiology*, 111: 220-236.
- Pugsley TA, Shih YH, Coughenour L, Stewart SF. 1983. Some neurochemical properties of pramiracetam (CI-879), a new cognition-enhancing agent. *Drug Development Research*, 3: 407-20.

- Purdy S, Kelly A, Davies M. 2002. Auditory brainstem response, middle latency response, and late cortical evoked potentials in children with learning disabilities. *Journal of the American Academy of Audiology*, 13: 367-382.
- Rabow LE, Russek SJ, Farb DH. 1995. From ion currents to genomic analysis: Recent advances in GABAA receptor research. *Synapse*, 21: 189-274.
- Rauschecker JP, Tian B. 2000. Mechanisms and streams for processing 'what' and 'where' in auditory cortex. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 97: 11800-11806.
- Rich MM, Wenner P. 2007. Sensing and expressing homeostatic synaptic plasticity. *Trends in Neuroscience*, 30: 119-125.
- Rickards EW, DeVidi S, McMahon DS. 1996. Cortical evoked response audiometry in noise induced Hearing loss claims. *Australian Journal of Otolaryngology*, 2(3): 237-241.
- Rinne T, Alho K, Ilmoniemi RJ, Virtanen J, Näätänen R. 2000. Separate time behaviours of the temporal and frontal mismatch negativity sources. *Neuroimage*, 12: 14-19.
- Rolovs B. 1989. Par fiziku un fizikāiem. *Fizikas terminu skaidrojošā vārdnīca*. Rīga, Zinātne.
- Rosier AM, Arckens L, Demeulemeester H, Orban GA, Eysel UT, Wu YJ, Vandesande F. 1995. Effect of sensory differentiation on immunoreactivity of GABAergic cells and on GABA receptors in the adult cat visual cortex. *Journal of Comparative Neurology*, 359: 476-489.
- Roup CM, Wiley TL, Wilson RH. 2006. Dichotic word recognition in young and older adults. *Journal of the American Academy of Audiology*, 17: 230-240.
- Sacco CB, Tardif E, Genoud C, Probst A, Tolnay M, Janzer R-C, Verney C, Kraftsik R, Clarke S. 2009. GABA receptor subunits in human auditory cortex in normal and stroke cases. *Acta Neurobiologiae Experimentalis*, 69: 469-493.
- Saletu B, Paulus E, Linzmayer L, Anderer P, Semlitsch HV, Grünberger J, Wicke L, Neuhold A, Podreka I. 1995. Nicergoline in senile dementia of Alzheimer type and multi-infarct dementia: a double-blind, placebo-controlled, clinical and EEG/ERP mapping study. *Psychopharmacology (Berl)*, 117(4): 385-395.
- Sanders LD, Poeppel D. 2007. Local and Global Auditory Processing: Behavioral and ERP Evidence. *Neurophysiologia*, 45(6): 1172-1186.
- Schröger E, Giard M-H, Wolff C. 2000. Auditory distraction: event-related potential and behavioral indices. *Clinical Neurophysiology*, 111: 1450-1460.
- Scott SK, Johnsrude IS. 2003. The neuroanatomical and functional organization of speech perception. *Trends in Neurosciences*, 26: 100-107.
- Sellick PM, Patuzzi R, Johnstone BM. 1982. Measurement of basilar membrane motion in the guinea pig using the Mossbauer technique. *Journal of the Acoustical Society of America*, 72: 131-141.
- Shaddock Palombi P, Backoff PM, Caspary DM. 2001. Responses of young and aged rat inferior colliculus neurons to sinusoidally amplitude modulated stimuli. *Hearing Research*, 153: 174-180.
- Shamma S. 2001. On the role of space and time in auditory processing. *Trends in cognitive sciences*, 5 (8): 340-348.

- Sharma A, Kraus N, McGee T, Nicol T. 1997. Development changes in P1 and N1 central auditory responses elicited by consonant-vowel syllables. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, 104(6): 540-545.
- Sharma M, Purdy S, Newall K, Wheldall P, Beaman R, Dillon H. 2006. Electrophysiological and behavioral evidence of auditory processing deficits in children with reading disorder. *Clinical Neurophysiology*, 117: 1130-1144.
- Sieghart W. 1995. Structure and pharmacology of gamma-aminobutyric acidA receptor subtypes. *Pharmacological Review*, 47: 181-234.
- Smith DRR, Patterson RD, Turner RE, Kawahara H, Irino T. 2005. The processing and perception of size information in speech sounds. *Journal of the Acoustical Society of America*, 117: 305-318.
- Song JH, Banai K, Kraus N. 2008. Brainstem timing deficits in children with hearing impairment may result from corticofugal origins. *Audiology Neuroscience*, 13: 335-344.
- Sörös P, Teismann IK, Manemann E, Lütkenhöner B. 2009. *BMC Neuroscience*, 10: 34.
- Speaks C, Niccum N, Van Tasell D. 1985. Effects of stimulus material on the dichotic listening performance of patients with sensorineural hearing loss. *Journal of Speech and Hearing Research*, 28(1): 16-25.
- Sperry JL, Wiley TL, Chial MR. 1997. Word recognition performance in various background competitors. *Journal of the American Academy of Audiology*, 8: 71-80.
- Stapells DR. 2002. Cortical event-related potentials to auditory stimuli. In: Katz J, ed. *Handbook of Clinical Audiology*, 5th ed. Baltimore: Lippincott Williams and Williams, 378-407.
- Steinschneider M, Fishman YI, Arezzo JC. 2008. Spectrotemporal analysis of evoked and induced electroencephalographic responses in primary auditory cortex (A1) of the awake monkey. *Cerebral Cortex*, 18: 610-625.
- Stevens SS, Guirao M. 1967. Loudness functions under inhibition. *Perception and Psychophysics*, 2(10): 459-465.
- Stockley KB, Green WB. 2000. Interlist Equivalency of the Northwestern University Auditory Test No. 6 in quiet and noise with adult hearing-impaired individuals. *Journal of the American Academy of Audiology*, 11: 91-96.
- Sussman E, Gumenyuk V. 2005. Organization of sequential sounds in auditory memory. *Neuroreport*, 16: 1519-1523.
- Sussman E, Ritter W, Vaughan HG. 1999. An investigation of auditory streaming effect using event-related brain potentials. *Psychophysiology*, 36: 22-34.
- Sussman E, Steinschneider M. 2006. Neurophysiological evidence for context-dependent encoding of sensory input in human auditory cortex. *Brain Research*, 1075(1): 165-174.
- Sussman E, Winkler I, Schröger E. 2003. Top-down processes control the involuntary orienting of attention to sound changes. *Psychonomic Bulletin and Review*, 10: 630-637.
- Sussman E, Winkler I. 2001. Dynamic sensory updating in the auditory system. *Cognitive Brain Research*, 12: 431-439.
- Tervanemi M, Medvedev SV, Alho K, Pakhomov SV, Roudas MS, Van Zuijen TL, Näätänen R. 2000. Lateralized automatic auditory processing of phonetic versus musical information: a PET study. *Hum Brain Map*, 10: 74-79.

- Tomlinson RW, Schwartz DW. 1988. Perception of the missing fundamental in nonhuman primates. *Journal of the Acoustical Society of America*, 84(2): 560-565.
- Treisman A. 1964. Monitoring and storage of irrelevant messages in selective attention. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behaviour*, 3: 449-459.
- Trejo L, Kramer AF, Arnold J. 1995. Event-related potentials as indices of display monitoring performance. *Biological Psychology*, 40, 33-72.
- Tremblay KL, Billings CJ, Rohila N. 2004. Speech-evoked cortical potentials: effects of age and stimulus presentation rate. *Journal of the American Academy of Audiology*, 15: 226-237.
- Tremblay KL, Friesen L, Martin BA, Wright R. 2003. Test-retest reliability of cortical evoked potentials using naturally produced speech sounds. *Ear and Hearing*, 24(3): 225-232.
- Turrigiano G. 2007. Homeostatic signaling: The positive side of negative feedback. *Current Opinion in Neurobiology*, 17: 318-324.
- Vaillancourt DE, Mayka MA, Corcos DM. Intermittent Visuomotor Processing in the Human Cerebellum, Parietal Cortex, and Premotor Cortex. *Journal of Neurophysiology*, 2006(952): 922-93.
- Versfeld NJ, Daalder L, Festen JM, Houtgast T. 2000. Method for the selection of sentence materials for efficient measurement of the speech reception threshold. *Journal of the Acoustical Society of America*, 107 (3), 1671-1684.
- Walden TC, Walden BE. 2005. Unilateral versus bilateral amplification for adults with impaired hearing. *Journal of the American Academy of Audiology*, 16(8): 574-584.
- Walford KA, Whiting PJ, Kemp JA. 1993. Differences in affinity and efficacy of benzodiazepine receptor ligands at recombinant gamma-aminobutyric acid A receptor subtypes. *Molecular Pharmacology*, 43: 240-244.
- Walton JP, Simon H, Frisina RD. 2002. Age-related alternations in the neural coding of envelope periodicities. *Journal of Neurophysiology*, 88: 565-578.
- Wambacq IJA, Koehnke J, Shea-Miller KJ, Joan Besing JV, Toth V, Abubakr A. 2007. Auditory evoked potentials in the detection of interaural intensity differences in children and adults. *Ear and Hearing*, 28(3): 320-31.
- Watson NA, Knudsen VO. 1940. Selective amplification in hearing aids. *Journal of the Acoustical Society of America*, 11(4): 406-419.
- Wernicke C. 1874. *Der aphasische Symptomenkomplex*. Breslau: Cohn and Weigert. Republished as: *The aphasia symptom complex: A psychological study on an anatomical basis*. Wernicke's works on aphasia. The Hague: Mouton.
- Whiting KA, Martin BA, Stapells DR. 1998. The effects of broadband noise masking on cortical event-related potentials to speech sounds /ba/ and /da/. *Ear and Hearing*, 19(3): 218-231.
- Wilson RH, Burks CA. 2005. The use of 35 words to evaluate hearing loss in terms of signal-to-babble ratio: A clinic protocol. *Journal of Rehabilitation Research and Development*, 42: 839-852.
- Wilson RH, Jaffe MS. 1996. Interaction of age, ear and stimulus complexity on dichotic digit recognition. *The Journal of the American Academy of Audiology*, 7: 358-364.
- Wilson WJ, Heine C, Harvey LA. 2004. Central auditory processing and central auditory processing disorder: Fundamental questions and considerations. *The Australian and New Zealand Journal of Audiology*, 26: 80-93.

- Winblad B, Dolezal T, Logina I, Gospodinov Milanov I, Popescu DC, Solomon A. 2008. Therapeutic Use of Nicergoline. *Clinical Drug Investigation*, 28(9): 533-552.
- Winblad B. 2005. Piracetam: a review of pharmacological properties and clinical uses. *CNS Drug Reviews*, 11(2): 169-82.
- Winer JA and Prieto JJ. 2001. Layer V in cat primary auditory cortex (AI): cellular architecture and identification of projection neurons. *Journal of Comparative Neurology*, 434: 379-412.
- Winer JA, Prieto JJ. 2001. Layer V in cat primary auditory cortex (AI): cellular architecture and identification of projection neurons. *Journal of comparative neurology*, 434: 379-412.
- Winkler I, Czigler I, Sussman E, Hovath J, Balazs L. 2005. Preattentive binding of auditory and visual stimulus features. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 17: 320-339.
- Winkler I, Takegata R, Sussman E. 2005. Event-related brain potentials reveal multiple stages in the perceptual organization of sound. *Cognitive Brain research*, 25: 291-299.
- Wong PCM, Jin JX, Gunasekera GM, Abel R, Lee ER, Dhar S. 2009. Aging and Cortical Mechanisms of Speech Perception in Noise. *Neurophysiology*, 47(3): 693-703.
- Wood N, Cowan N. 1995. The cocktail party phenomenon revisited: how frequent are attention shifts to one's name in an irrelevant auditory channel? *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory and Cognition*, 21: 255-260.
- Woods DL, Clayworth CC. 1986. Age-related changes in human middle latency auditory evoked potentials. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, 65: 297-303.
- Yago E, Escera C, Alho K, Giard M-H. 2001. Cerebral mechanisms underlying orienting of attention towards auditory frequency changes. *NeuroReport*, 12: 2583-2587.
- Yetkin FZ, Roland PS, Christensen WF, Purdy PD. 2004. Silent functional magnetic resonance coding in human primary auditory cortex. *Laryngoscope*, 114: 512-518.
- Yeung KNK, Wong LLN. 2007. Prediction of Hearing thresholds: Comparison of cortical evoked response audiometry and auditory steady state response audiometry techniques. *International Journal of Audiology*, 46: 17-25.
- Yin TCT, Chan JCK. 1990. Interaural time sensitivity in medial superior olive of cat. *Journal of Neurophysiology*, 64: 465-488.
- Yonan CA, Sommers MS. 2000. The effects of talker familiarity on spoken word identification in younger and older listeners. *Psychology and Aging*, 15: 88-99.
- Zaltz Y, Roth D A-E, Kishon-Rabin L. 2010. Does feedback matter in an auditory frequency discrimination learning task? *Journal of Basic and Clinical Physiology and Pharmacology*, 21(3): 241-54.
- Zatorre RJ, Belin P, Penhune VB. 2002. Structure and function of auditory cortex: music and speech. *Trends of Cognition Science*, 6: 37-46.
- Zatorre RJ, Bouffard M, Belin P. 2004. Sensitivity to auditory object features in human temporal neocortex. *Journal of Neuroscience*, 24: 3637-3642.
- Znamenskiy P, Zador A. 2013. Corticostriatal neurons in auditory cortex drive decisions during auditory discrimination. *Nature*, 497: 482-486.
- Zurek D, Delhorne L. 1987. Constant reception in noise by listeners with mild and moderate sensorineural hearing impairment. *Journal of the Acoustical Society of America*, 82: 1548-1559.

10. PIELIKUMI

1. pielikums

DOMINĒJOŠĀS ROKAS TESTS

Lūdzu, atzīmējiet, kurai rokai dosiet priekšroku, veicot tabulā minētās darbības.

Ja kādai darbībai nepieciešams izmantot abas rokas, atbildē pasvītrojiet, kuru roku izmantosiet pirmo.

Lūdzu, atbildiet uz visiem jautājumiem, izņemot, ja kādu no darbībām nekad neesat veicis.

Ailē "Labā roka" ierakstiet ++, ja šo darbību vienmēr veicat ar labo roku, un +, ja visbiežāk šo darbību veicat ar labo roku.

Abās ailēs ierakstiet +, ja darbības veikšanai nav priekšrocības kādai no rokām.

Ailē "Kreisā roka" ierakstiet ++, ja šo darbību vienmēr veicat ar kreiso roku, un +, ja visbiežāk šo darbību veicat ar kreiso roku.

Darbība	Kreisā roka	Labā roka
Rakstīšana		
Zīmēšana		
Mešana		
Griešana ar šķērēm		
Zobu tīrīšana		
Griešana ar nazi (nelietojot dakšīņu)		
Karotes turēšana		
Slaucīšana ar slotu (augšējā roka)		
Sērkociņa aizdegšana		
Kastes vāka atvēršana		

(Oldfield, 1971)

1. pielikuma turpinājums

Rezultātu interpretācija:

- ++ labajai rokai — 1 punkts,
- + labajai rokai — 2 punkti,
- + abām — labajai un kreisajai rokai — 3 punkti,
- + kreisajai rokai — 4 punkti,
- ++ kreisajai rokai — 5 punkti.

Saskaitiet visus punktus.

Kopējais punktu skaits 20 un vairāk liecina par labās rokas dominanti.

PĒTĪJUMA PROTOKOLS

Pētījuma dalībnieka vārds, uzvārds:

Vecums:

Sūdzības par dzirdes traucējumiem:

Dzimtā valoda:

Hroniskas slimības:

Pastāvīgi lietotie

medikamenti:

.....

1. IZMEKLĒJUMI IEKĻAUŠANAI PĒTĪJUMĀ

1. Tonālā audiometrija

	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	8000 Hz
A dx(dB)							
Asin(dB)							

2. Dzirdes izraisītie smadzeņu stumbra potenciāli (ABR)

ABR (ms)	I	II	III	IV	V
65 dB					
70 dB					
75 dB					

3. Dominējošā roka

4. MR galvai

5. US brahiocefālajiem asinsvadiem

6. Klīnisko izmeklējumu rezultāti (pilna asins aina, klīniskā bioķīmija,
lipidogramma):

.....

.....

2. pielikuma turpinājums

2. PĒTĪJUMA IZMEKLĒJUMI

2.1. Runas audiometrija

	Labā auss	Kreisā auss
Runas uztveres sliekšnis (dB)		
Runas uztveres sliekšnis troksnī (dB)		

2.2. Dihotiskā uztvere

	Labā auss	Kreisā auss	Labās auss pārsvars
Dihotiskie vārdi (%)			
Dihotiskie ciparu vārdi (%)			

2.3. Dzirdes izraisītie garozas potenciāli

Komponentu latences (ms)	P 1	N 1	P 2	N 2	P 3
65 dB					
70 dB					
75 dB					

PACIENTU GRUPĀM

3. MEDIKAMENTOZĀ TERAPIJA

Iekšķīgi lieto vienu reizi dienā:

- nicergolīns 30 mg diennaktī 90 dienas;
- pramiracetams 600 mg diennaktī 40 dienas.

Blaknes pēc medikamentu lietošanas:

.....

2. pielikuma turpinājums

4. PĒTĪJUMA IZMEKLĒJUMI PĒC MEDIKAMENTOZĀS TERAPIJAS

4.1. Runas audiometrija

	Labā auss	Kreisā auss
Runas uztveres sliekšnis (dB)		
Runas uztveres sliekšnis troksnī (dB)		

4.2. Dihotiskā uztvere

	Labā auss	Kreisā auss	Labās auss pārsvars
Dihotiskie vārdi (%)			
Dihotiskie ciparu vārdi (%)			

4.3. Dzirdes izraisītie garozas potenciāli

Komponentu latences (ms)	P 1	N 1	P 2	N 2	P 3
65 dB					
70 dB					
75 dB					

RUNAS AUDIOMETRIJAS TESTI

Teikumu testi

<p style="text-align: center;">1. tests</p> <p><i>Dārza ziedu pušķi ir sakārtoti vāzēs. Kabatas piebērtas pilnas ar riekstiem. Zibens uzplaiksnīja tumsā. Atslēgu saišķis ir aizmirsts uz galda. Paņemiet līdzi pietiekami daudz ūdens. Uz jumta kores ir nolaidies strazds. Palu laikā applūst pļavas. Spožas zvīņas ir līdakām un citām zivīm. Krauja ir apaugusi ar eglēm. Ogotāji iznāca no meža. Ceļš ir labi pazīstams. Laiks bija skaidrs.</i></p>	<p style="text-align: center;">2. tests</p> <p><i>Vasaras nakts bija lietaina. Ezera līcī ir dzirdami šļaksti. Veikalos nopērkams dzeramais ūdens. Vasarā tur ir ļoti skaisti. Stundas aizrit nemanot. Tūristi iet pa kalnu taku. Viņi strīdas par sīkumiem. Svētkos māte cep pīrāgus. Kamaniņu braukšana ir bīstams sporta veids. Ceļā jādodas agri no rīta. Slūžas ir atvērtas. Uzdevums ir jāzina ļoti precīzi.</i></p>
<p style="text-align: center;">3. tests</p> <p><i>Šovakar jāizlasa visa grāmata. Rakstnieka bērniņa pagāja laukos. Dārzā auga kuplas ābeles. Viņa skaisti prata dziedāt. Bija pats vasaras vidus. Lauku ceļš ir līkumains. Mēs dzīvojam pilsētas centrā. Grāmata ir nolikta uz jūsu galda. Dārznieks rūpīgi audzina ābelītes. Es skaidri dzirdu viņa soļus. Pēkšņi mainījās vēja virziens. Viņi neprata peldēt.</i></p>	<p style="text-align: center;">4. tests</p> <p><i>Vakaros mēs esam noguruši. Uz skatuves notiek spraiga darbība. Es drīz atgriezīšos. Apspriede sākas jau pēc stundas. Māsa apmeklēs koncertu. Rīt dosimies ceļā. Pagājuši seši gadi. Putns vij līgzdu egles galotnē. Darba kārtībā ir virkne jautājumu. Runcis skrēja pakaļ pelei. Ledus uz ceļa ir bīstams. Jūras līmenis ir cēlies.</i></p>
<p style="text-align: center;">5. tests</p> <p><i>Atpūta pie ūdens ir lieliska. Klusumā dzirdamas vēja šalkas. Pēc pāris jūdzēm ceļš beigsies. Es nevaru atbildēt. Puteņa laikā ir labāk palikt mājās. Māsa lūdza piezvanīt viņai vēlāk. Jūs nokavēsiet vilcienu. Bērni satiksies pieturā pēc stundas. Siltajā laikā lopi ganās aplokā. Maizi cep no visām labībām. Straume var apgāzt laivu. Ūdens šķīst uz visām pusēm.</i></p>	<p style="text-align: center;">6. tests</p> <p><i>Tas ir pavisam cits stāsts. Dziļajā akā ūdens ir dzidrs. Čigāni ir lielākie lopu mijēji. Pavasārī pilsēta ir neizbrienama. Vecajās mājās kurina maizes krāsni. Aktivētā ogle neuzsūc kodīgas vielas. Ceļojuma dalībnieki stāsta atmiņas. Migla ir bīstama ziemā kā vasarā. Cīnītāji alka taisnības. Viņi saindējās ar indīgām sēnēm. Vērtējumu sniegs tikai rudenī. Tā pagāja vasara.</i></p>

3. pielikuma turpinājums

<p>7. tests</p> <p><i>Aukstumā lopus nelaiž ganībās. Graudu maize ir veselīga. Vērotāji izbrīnā iepletuši acis. Atpūta ir tikpat svarīga kā darbs. Ēkas pamati tiks likti pavasarī. Mājās pārnestas mežā salasītās ogas. Skolēni centīgi pušķo zāli. Jebkurš cilvēks varēs piedalīties spēlē. Pastāv tikai divas iespējas. Tiesneša pilnvaru termiņš ir desmit gadu. Negaidīti sākās negaiss. Jautājums ir labi jāapsver.</i></p>	<p>8. tests</p> <p><i>Paredzēti vēl tikai divi koncerti. Bikšu gali ir jāieliek zābakos. Darba gaitas sākās agrā jaunībā. Istabā ir grāmatu grēdas. Lina audums noder divieļiem. Miegu veicina vakara pastaiga. Kāpnes ved līdz jumta stāvam. Drīzumā paredzēts pārtraukums. Mājas jumtu krāsos sarkanu. Agrāk ūdens bija daudz tīrāks. Jāatver logi un durvis. Dzērvju kāsis ir aizlidojis.</i></p>
<p>9. tests</p> <p><i>Izrādes notika zem klajas debess. Skolas ēkai uzlikts jauns jumts. Pilsētas apkaimē izcērt kokus. Apmeklētājus vizina zirgu pajūgos. Viņš prata kalēja darbu. Pagalmu apjož augsts žogs. Pircējs vēlas nopirkt preci. Ūdens tiek novadīts pa caurulēm. Mājas tuvumā atrodas aka. Upes grīvā iebrauca kuģis. Lūdzu, atveriet logu. Pavasarī sasnīga dziļš sniegs.</i></p>	<p>10. tests</p> <p><i>Zināšanu trūkums ir attīstības kavēklis. Ratus vilka četri zirgi. Viņi aizstāvēs savas tiesības. Ūdens krājumi turpina samazināties. Kareivis ieguvis rūdījumu. Sveši ļaudis ienāk pagalmā. Amatnieks ieguvis pieredzi. Spriedums būs labvēlīgs. Vasara ir sausa un karsta. Spriedums vēl nav stājies spēkā. Apkārt ir skaļš troksnis. Jāveic virkne sagatavošanās darbu.</i></p>
<p>11. tests</p> <p><i>Cilvēki bēg no vētras. Iedzīvotāji cieš no ūdens trūkuma. Sniegs nokusīs ātri. Ielu izgaismo sešas laternas. Rūpes seko cita citai. Putra gatavota no griķiem. Ir izveidojusies gara rinda. Pēkšņi pazūd gaisma. Pie durvīm ir zvana poga. Vilciens šajā pieturā neapstāsies. Ziņas izplatījās ļoti strauji. Tuvākā skola ir pilsētā.</i></p>	<p>12. tests</p> <p><i>Līdz pieturai ir vēl tālu. Pēkšņi jūrā sākās vētra. Strauji mainījās vēja virziens. Rīts pienāca ātri. Saldo ēdienu pasniegs vēlāk. Stiprs sals ir gaidāms arī turpmāk. Telpā ir sauss gaiss. Darbnīcā taisa jumta dakstiņus. Mācību ilgums bija seši gadi. Pērn atklāja jaunu slimnīcu. Rožu dēsti jālaista katru dienu. Salna pārklāj zemi.</i></p>

3. pielikuma turpinājums

Dihotisko vārdu testi

Labā auss	Kreisā auss	Labā auss	Kreisā auss
Kalns	Asns	Arklis	Stabs
Baumas	Laumas	Zobens	Zibens
Lāpa	Lapa	Mele	Mēle
Ceļš	Teļš	Koki	Loki
Mija	Māja	Egle	Ogle
Jumts	Raksts	Tilts	Iesms
Pārsla	Krēsla	Sliedes	Priedes
Māsa	Masa	Gārša	Garša
Valsis	Balsis	Jaka	Taka
Zīme	Zeme	Kūja	Kāja
Vasks	Klēts	Prieks	Raugš
Rudens	Ūdens	Šķiņķis	Sušķis
Lupa	Lūpa	Sāls	Sals
Siena	Diena	Liesma	Dziesma
Ala	Ola	Telpa	Tulpe
Nots	Tāss	Gaiss	Sils
Ērkšķis	Saišķis	Slēpes	Krēpes
Pile	Pīle	Karpa	Kārpa
Nakts	Kakts	Nagi	Ragi
Sija	Seja	Sekta	Sakta
Acs	Skals	Pants	Strazds
Bluķis	Snuķis	Klaips	Traips
Lava	Lāva	Stīga	Stīga
Piens	Siens	Durvis	Kurvis
Lapa	Lupa	Liepa	Laipa

Dihotisko ciparu vārdu testi

Labā auss	Kreisā auss	Labā auss	Kreisā auss
Trīs	Viens	Divi	Pieci
Divi	Seši	Viens	Trīs
Astoņi	Septiņi	Seši	Četri
Pieci	Desmit	Deviņi	Septiņi
Četri	Seši	Pieci	Divi
Seši	Desmit	Astoņi	Septiņi
Astoņi	Septiņi	Pieci	Desmit
Desmit	Divi	Četri	Seši
Trīs	Viens	Divi	Pieci
Divi	Seši	Viens	Trīs