



Projekts

Afektīvas un traucētas balss stimulu neirālā apstrāde kustību uzdevumu laikā: EEG pētījums

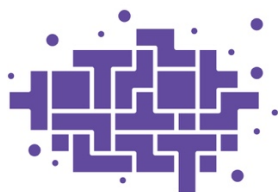
Nr. lzp-2021/1-0159

PĒTĪJUMA PĀRSKATS

Baiba Trinīte, Dr. med.

Rīgas Tehniskās Universitātes Liepājas akadēmijas profesore, vadošā pētniece

Zinātniskā grupa: Anita Zdanoviča, Daiga Kurme, Evija Lavrane, Ilva Magazeina



FLPP
FUNDAMENTĀLO UN
LIETIŠĶO PĒTĪJUMU
PROJEKTI

SATURS

IEVADS	3
1. PĒTĪJUMA GAITA.....	4
2. BALSS STIMULU SAGATAVOŠANA	5
2.1. Traucētas un normofoniskas balss pētījums.....	5
2.2. Emociju pētījums	5
3. BALSS STIMULU NOVĒRTĒJUMS UN ATLASE	7
3.1. Ekspertu panelis.....	7
3.1.1. Traucētas un normofoniskas balss pētījums	7
3.1.2. Emociju pētījums	7
3.2. Klausīšanās eksperiments.....	8
4. EEG (ERP) eksperiments	10
5. REZULTĀTI	12
5.1. Balss emociju atpazīšanas un emocionālās intensitātes uztveri ietekmējošie faktori..	12
5.2. Afektīvu emociju noteikšanas akustiskie marķieri.....	13
5.2.1. Afektīvu emociju noteikšanas akustiskie marķieri runātāja balsī.....	13
5.2.2. Afektīvu emociju noteikšanas akustiskie marķieri uztvertā balsī.....	15
5.3. Afektīvas runas prosodijas uztvere: reakcijas laiks un precizitāte, neirālā apstrāde ...	17
5.4. Traucētas balss uztvere: reakcijas laiks un precizitāte, neirālā apstrāde	20

IEVADS

Verbālā komunikācija ir nozīmīgs izglītības un darba vides komponents, kurā būtiska loma ir atvēlēta cilvēka balsij. Tomēr balss zinātnē līdz šim veikti salīdzinoši maz pētījumu, kas analizētu afektīvā vai traucētā balsī izteiktu instrukciju ietekmi uz noteiktu uzdevumu izpildi. Pētniecības projekta pieteikuma ideja balstījās Runas un balss izpētes laboratorijā agrāk veiktu pētījumu atziņās par Latvijas skolotāju balss veselību un noteiktu balss parametru kvalitātes ietekmi uz klausīšanās un uzmanības spējām skolēniem. Balss traucējumi ne tikai ietekmē pedagoga vai kādas citas profesijas pārstāvja spēju lietot balsi dažādās komunikācijas situācijās, bet arī saziņas partnerus, kuri klausās šajās balsīs un ja nepieciešams reaģē.

Atsaucoties uz iepriekš veiktiem pētījumiem, tika izvirzīta hipotēze, ka emocionāli piesātinātu balss stimulu uztvere izraisa lielāku neirālo aktivitāti un ātrāku indivīda atbildes reakciju, salīdzinot ar neitrāliem balss stimuliem. Turklāt, tika sagaidīts, ka stimulu uztveres atšķirības būs vērojamas starp dažādas valences afektīviem balss stimuliem (priecīgi, dusmīgi). Attiecībā uz traucētas balss stimuliem, tika izvirzīta hipotēze, ka traucētas balss uztvere atšķiras no normofoniskas balss uztveres, ietekmējot uztvertā signāla neirālo apstrādi un instrukciju izpildes kvalitāti.

Pētījuma mērķis bija izpētīt emocionālās prosodijas (afektīvas balss) un traucētas balss ietekmi uz verbālo instrukciju izpildes kvalitāti un neirālo apstrādi.

Pētījuma uzdevumi:

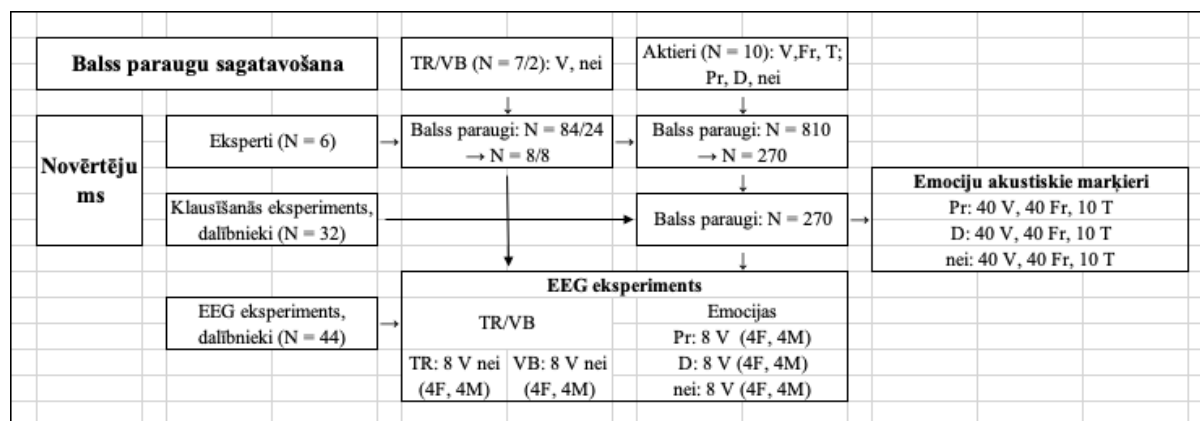
1. Veikt elektroencefalogrāfijas mērījumus un izvērtēt kustību uzdevumu izpildes kvalitāti respondentiem, kuri klausījās: (a) afektīvas un neitrālas intonācijas balss stimulus; (b) traucētas un normofoniskas balss stimulus.
2. Analizēt emocionālā un traucētā balsī producētu instrukciju izraisītās neirālās apstrādes un izpildes kvalitātes atšķirības, lai veicinātu izpratni par šiem procesiem kustību uzdevumu kontekstā.
3. Veikt afektīvo un neirālo balss stimulu akustiskā spektra analīzi, lai paplašinātu zināšanas par emocionālās prosodijas akustiskajām īpašībām.

Īstenotais pētniecības projekts bija starpdisciplinārs, apvienojot balss zinātnes un neiropsiholoģijas teorētiskos un praktiskos aspektus. Īstenotais pētījums paplašināja izpratni par afektīvas un traucētas balss uztveri, it īpaši kustību uzdevumu izpildes laikā.

Pētījums tika apstiprināts Paula Stradiņa klīniskās universitātes slimnīcas Attīstības biedrības Klīniskās izpētes ētikas komitejā (Nr. 220222-11L, 22.02.2022).

1. PĒTĪJUMA GAITA

Pētījumu veidoja vairāki posmi: balss paraugu sagatavošana, balss paraugu novērtējums un atlase, elektroencefalogrāfijas (EEG) eksperiments, izmantojot ERP metodi, un balss paraugu akustiskā analīze. Pētījuma gaita attēlota 1. attēlā.



1. attēls. Pētījuma gaitas shematiskais attēlojums

Saīsinājumi: N – skaits; TR – traucētas balss paraugi; VB – normofoniskas (veselas) balss paraugi; V – vārdi; Fr – frāzes, T – teksts, Pr – priecīga emocija, D – dusmīga emocija, nei – neitrāla emocija; F – sievietes; M – vīrieši.

Pētījums tika organizēts divos virzienos:

- normofoniskas un traucētas balss pētījums, kura mērķis bija izpētīt traucētā balsī producētu instrukciju izraisītās neirālās apstrādes un izpildes kvalitātes atšķirības
- emociju pētījums, kura mērķis bija izpētīt emocionālā (priecīgā, dusmīgā) un neitrālā balsī producētu instrukciju izraisītās neirālās apstrādes un izpildes kvalitātes atšķirības, kā arī analizēt afektīvo un neitrālo balss stimulu akustisko parametru spektru, lai paplašinātu zināšanas par emocionālās prosodijas akustiskajām īpašībām.

2. BALSS STIMULU SAGATAVOŠANA

2.1. Traucētas un normofoniskas balss pētījums

Balss paraugi tika iegūti no septiņiem pacientiem (3 sievietes, 4 vīrieši), kuriem bija dažādas izcelsmes un izpausmes pakāpes disfonija (1. tabula). Balss traucējums tika noteikts pamatojoties uz laringoskopisko atradi (Dg), objektīviem balss funkcijas izmeklējumiem (Balss akustiskās kvalitātes indekss (AVQI > 2,9), Disfonijas indekss (DSI < 1,8) un pašnovērtējuma (Balss traucējuma indekss (VHI-30 > 10)).

1. tabula. Balsenes saslimšanas un balss funkcijas raksturojums pacientu grupā

Respondents	Laringoskopiskā atrade	AVQI	DSI	VHI-30
M1	<i>Ca laryngis</i>	5,26	-5,11	72
F1	<i>incompleta glottidis oclusio; refluxus laryngopharyngeus</i>	4,19	-0,40	39
F2	<i>n. recurrens paresis</i>	3,50	-2,74	19
F3	<i>Laryngitis chronica</i>	3,89	-1,62	44
M2	<i>Ca laryngis</i>	4,32	-8,77	98
F4	<i>n. recurrens paresis</i>	3,71	-2,48	76
M3	<i>Dysphonia spasmodica</i>	6,42	-7,20	83

Respondentiem tika lūgts izrunāt četrus vārdus (augšā, lejā, labā, kreisā) normālā skaļumā un ierastā balss augstumā. Katrs vārds tika atkārtots trīs reizes, lai izvairītos no ar ierakstu saistītām tehniskām problēmām. Balss parauga ieraksts tika veikts respondentam atrodoties skaņu izolējošā kabīnē, izmantojot kalibrētu galvas kondensatora tipa mikrofonu AKG C520, kurš ar Scarlet Solo skaņas karti (XLR izeja) tika savienots ar datoru MacBook Air. Mikrofons tika novietots sānski 45⁰ leņķī, 5 cm attālumā no runātāja mutes. Balss signāls tika ierakstīts programmā PRAAT (v. 6.1.31) (44,1 kHz, 16 bits) un saglabāts .wav formātā. Kopumā tika iegūti 84 balss paraugi (4 vārdi x 3 reizes x 7 pacienti).

2.2. Emociju pētījums

Desmit profesionāli aktieri (5 sievietes, 5 vīrieši), kuriem balss pārbaudē netika atklāti balss traucējumi (AVQI < 2,9, DI > 1,8), tika uzaicināti piedalīties pētījumā un ierakstīt balss paraugus. Vidējais vecums sievietēm bija 24,6 gadi (SD 1,5 gadi), vīriešiem 26,6 gadi (SD 4,9 gadi) (2. tabula)

2. tabula. Respondentu (aktieru) vecums un balss novērtējuma rezultāti

Respondents	Vecums (gadi)	AVQI	DI
F1	25	1,82	6,53
F2	23	2,37	6,86
F3	26	2,06	8,47

F4	23	2,45	4,41
F5	26	2,55	5,39
M1	27	2,02	4,93
M2	23	1,99	3,98
M3	24	1,72	4,56
M4	35	2,37	3,1
M5	24	2,19	5,64

Aktieru balss ieraksti tika veikti, balstoties uz speciāli izveidotu protokolu:

- Pirms ieraksta aktieris iepazīnās ar noteiktās emocionālās prosodijas aprakstu, piem., neitrāla balss emocija: Iztēlojies, ka tu šobrīd neizjūti nekādas spēcīgas, izteiktas emocijas, tev nav konkrētu interešu vai vajadzību. Izrunā zemāk rakstītos vārdus sev ērtā balss augstumā un stiprumā.
- Tavs uzdevums ir maksimāli skaidrā, neitrālā, neemocionālā balsī atkārtot zemāk uzrakstītos vārdus: augšā (3 x), lejā (3 x), labā (3 x), kreisā (3 x).
- Tavs uzdevums ir maksimāli skaidrā, neitrālā, neemocionālā balsī atkārtot zemāk uzrakstītos teikumus: tagad jāspiež augšā (3 x), tagad jāspiež lejā (3 x), tagad jāspiež labā (3 x), tagad jāspiež kreisā (3 x).
- Tavs uzdevums ir maksimāli skaidrā, neitrālā, neemocionālā balsī atkārtot zemāk uzrakstītos teikumus: Ziemeļi un saule reiz strīdējās, kurš stiprāks. Viņi nosprieda, ka uzvarētājs būs tas, kurš ceļiniekam liks izgērbties. Vispirms sparīgi uzpūta Ziemeļi. Cilvēks ietinās savās drēbēs, un Ziemeļi pūta vēl dūšīgāk. Visu tekstu ir jāatkārto 3 reizes.

Tāds pats protokols tika izmantots priecīgas un dusmīgas intonācijas ierakstiem, aizstājot ar atbilstošu emocionālās prosodijas aprakstu:

- Priecīga balss: Iztēlojies, ka tu šobrīd esi ļoti priecīgs un laimīgs: tev ir paveicies, viss, ko vēlies, ir īstenojies, tavas vēlmes un mērķi ir piepildījušies, ir pilnīga saskaņa starp tavām vēlmēm, mērķiem un īstenību, visi apstākļi ir labvēlīgi, tu esi apmierināts ar visu. Tavs uzdevums ir maksimāli skaidrā un priecīgā balsī izrunāt vārdus, teikumus un tekstu.
- Dusmīga balss: Iztēlojies, ka tu šobrīd esi ļoti dusmīgs, viss notiek nepareizi un ir pretrunā ar tavām iecerēm, mērķiem un vajadzībām, tu izjūti dziļu un spēcīgu nepatiku, neapmierinātību, sašutumu, niknumu, īgnumu. Tavs uzdevums ir maksimāli skaidrā un dusmīgā balsī izrunāt vārdus, teikumus un tekstu.

Aktieri ierakstīja kustību instrukcijas izteiktas vārdos (2 zilbes) un teikumos (6 zilbes), Kas turpmāk bija paredzētas EEG eksperimenta izveidei. Lai varētu īstenot emocionālās prosodijas akustiskās analīzes uzdevumus, aktieri ierakstīja teksta fragmentu (64 zilbes) no Ēzopa fabulas “Ziemeļvējš un saule”.

Aktieru balss ieraksti tika veikti apstākļos un izmantojot tehnisko aprīkojumu, kuri bija identiski traucētas balss ierakstu procedūrai. Kopumā tika iegūti 810 balss ieraksti (9 lingvistiskās vienības x 3 reizes x 3 emocijas x 10 respondenti).

3. BALSS STIMULU NOVĒRTĒJUMS UN ATLASE

3.1. Ekspertu panelis

Ekspertu panelis tika izveidots no pētniecības grupas dalībniekiem (sievietes, vidējais vecums 44,3 gadi, SD 13,7 gadi).

3.1.1. Traucētas un normofoniskas balss pētījums

Eksperti klausījās pacientu balss ierakstus un katrā paraugā bija noteica runātāja dzimumu, vecumu un novērtēja balss traucējuma smaguma pakāpi skalā no 0 (nav) līdz 10 (ļoti izteikta).

Tika izvēlēti vienas sievietes un viena vīrieša ierunāti balss paraugi, kuros visi eksperti saklausīja izteiktu balss traucējuma klātbūtni un nekļūdīgi identificēja runātāja dzimumu. EEG eksperimenta traucētas/normofoniskas balss stimulu kopā tika iekļauti 52 gadus vecas sievietes (F1, 3. tabula, vieglas pakāpes disfonija) un 44 gadus veca vīrieša (M3, 3. tabula, smagas pakāpes disfonija) traucētā balsī izrunāti vārdi (stimuli), kā arī atbilstoši normofoniskas balss stimuli.

Lai izveidotu balss stimulu kopu traucētas/normofoniskas balss EEG eksperimentam, bija nepieciešams ierakstīt normofoniskas balss paraugus, kuru runātāji pēc vecuma un dzimuma atbilstu disfoniskas balss donoriem. Tāpēc pētījumā tika uzaicināta 51 gada veca sieviete (F) un 43 gadus vecs vīrietis (M). Balss funkcijas perceptuālais un akustiskais novērtējums norādīja uz veselu, netraucētu balsi – F (AVQI 2,55; DSI 2,0; VHI-30 0/120), M (AVQI 1,02; DSI 2,54; VHI-30 0/120).

3.1.2. Emociju pētījums

Ekspertiem bija jāveic aktieru ierakstīto balss paraugu atlase, kā rezultātā vislabākais (emocionāli atbilstošākais un kvalitatīvākais) ieraksts tiek iekļauts balss stimulu kopā.

Ekspertiem tika dots uzdevums: no trim aktieru ierunātajām versijām jāizvēlas viena, kura vislabāk atbilda izvirzītajiem vērtēšanas kritērijiem, un bija tai jāpiešķir maksimālais punktu skaits. Piebilde: lai gan emocionālā komponente bija salīdzinoši vissvarīgākā, tomēr ja izvēlētajā paraugā balss kvalitāte bija būtiski sliktāka, tad šim ierakstam nevarēja piešķirt visaugstāko vērtējumu. Aktieri tika izmantojuši dažādas stratēģijas – daži ieraksti bija praktiski identiski, dažos gadījumos aktieri eksperimentēja ar emocijām, meklēja atbilstošāko izpausmi. Ja ieraksti šķita emocionāli identiski, tad izvēli bija jābalsta balss kvalitātes kritērijos.

Vērtēšanas kritēriji:

- Emocionālā komponente: maksimāli atspoguļota emocija (dusmas vai prieks) vai maksimāli neemocionāla balss (neitrālajā gadījumā)
- Balss kvalitāte: maksimāli skaidra, “tīra” balss, laba izruna, dikcija un artikulācija

Vērtēšanas punkti:

3 – maksimālais punktu skaits; šajā ierakstā bija salīdzinoši visizteiktākā emocionālā komponente (drīkstēja piešķirt tikai vienam ierakstam). Ja emocionālās komponentes kontekstā visi trīs ieraksti subjektīvi šķita identiski, tad max punktu skaits tika piešķirts, ņemot vērā balss (izruna, dikcija, artikulācija) kvalitāti. Ja nebija jūtamu atšķirību ne emocionālajā, ne balss kvalitātes kontekstā, tik un tā vienai versijai subjektīvi tika piešķirts maksimālais vērtējums.

2 – salīdzinoši mazāk izteikta emocionālā komponente

1 – salīdzinoši vismazāk izteiktā emocionālā komponente

0 – šo vērtējumu lika vienlaikus diviem ierakstiem, ja starp tiem nebija iespējams noteikt atšķirību emocionālajā komponentē (šajā gadījumā viens variants saņēma max punktu skaitu 3, un pārējie divi – 0)

Katra individuālā eksperta vērtējums tika ievietots speciāli izveidotā protokolā (2.attēls). Apkopojot ekspertu vērtējumus, balss parauga versija, kuru eksperti bija atzinuši par emocionāli visatbilstošāko un tehniski kvalitatīvāko, tika iekļauta emocionālo balss stimulu kopā, kas tika piedāvāta klausīšanās eksperimenta dalībniekiem. Balss stimulu kopā tika iekļauti 270 balss stimuli (90 neitrālas balss stimuli, 90 priecīgas balss stimuli, 90 dusmīgas balss stimuli).

<u>Aktieris</u>	01	02	03
M1 N UP	3	1	2
M1 N DOWN	0	0	3
M1 N RIGHT	2	1	3
M1 N LEFT			
M1 N PRESSUP			

2. attēls. Ekspertu vērtējuma individuālais protokols

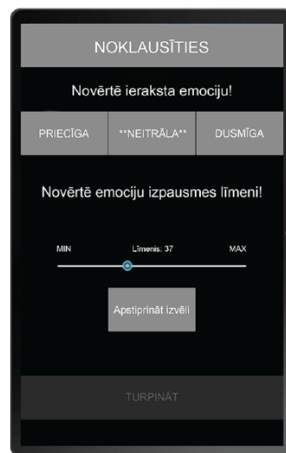
3.2. Klausīšanās eksperiments

Klausīšanās eksperiments tika organizēts, lai izvēlētos emocionālus balss stimulus, iekļaušanai EEG eksperimenta balss stimulu kopā un lai analizētu emocionālās prosodijas akustiskās un uztveres īpašības.

Lai pēc iespējas ērtākā veidā apstrādātu lielu datu apjomu, eksperimenta vajadzībām tika izveidota Auditīvu stimulu atšķiršanas un intensitātes noteikšanas lietotne. Lietotne tika izstrādāta programmēšanas valodā Python. Tā tika pielāgota planšētdatoram Lenovo Tab M10 FHD Plus TB-X606X. Lietotne nodrošināja:

- emocijas veida noteikšanu dzirdētajā balss signālā, izmantojot trīs alternatīvas izvēles (dusmīga, priecīga, neitrāla);

- emocijas izpausmes intensitāte noteikšanu, izmantojot 100 mm vizuālo analoģu skalu, kur 0 apzīmēja minimālu emocijas izpausmes intensitāti un 100 – maksimālu emocijas izpausmes intensitāti (3. attēls).



3. attēls. Auditīvu stimulu atšķiršanas un intensitātes noteikšanas lietotne

Eksperu atlasītie 270 balss signāli, kas ietvēra vārdus, teikumus un tekstu, tika grupēti trīs blokos, kur katrā blokā bija iekļauti 90 vienai emocijai atbilstoši balss stimuli un 10 devianti (novirzes) stimuli, piem., 90 priecīgi balss stimuli, 5 dusmīgi un 5 neitrāli balss stimuli. Lai nodrošinātu devianto stimulu pietiekamu izkliedi, tika izmantota *Oddball* paradigma. Deviantie stimuli tika sadalīti ar 10% varbūtību, t.i., desmit balss stimulus bija viens deviants stimulš pēc gadījuma sakārtojuma principa. Piemēram, vienā gadījumā tas varēja būt trešais no desmit, citā gadījumā kā septītais no desmit. Deviantie balss stimuli netika atskaņoti viens pēc otra. Balss stimulu bloku prezentēšanas kārtība klausītājiem bija organizēta pēc gadījuma sakārtojuma principa.

Klausīšanās eksperimentā piedalījās 32 respondenti (16 vīrieši, 16 sievietes), kuru vecums tika pielīdzināts (*age-matched*). Vidējais vīriešu izlases vecums bija 29,3 gadi (SD 12,1 gads; diapazons 18-59 gadi), vidējais sieviešu vecums bija 28,8 gadi (SD 12,3 gadi, diapazons 19-58 gadi). Visiem respondentiem pirms klausīšanās eksperimenta tika veikta dzirdes audiometrija 0,25-8 kHz frekvenču joslā un nevienam netika atklāti dzirdes funkcijas traucējumi. Visi respondenti aizpildīja Uztvertā stresa skalu (Cohen, Kamarck, Mermelstein, 1983).

Pirms klausīšanās eksperimenta respondenti tika iepazīstināti ar tiem pašiem emocionālo stāvokļu aprakstiem, kuri tika piedāvāti aktieriem, lai iejustos emocionālajā situācijā, un tika piedāvāts veikt īsu izmēģinājumu, kurā katrs dzirdētais balss paraugs bija jānovērtē lietotnē, atbilstoši instrukcijai: (1) “Novērtē ieraksta emociju!”, (2) “Novērtē emocijas izpausmes līmeni”. Klausīšanās eksperimenta laikā balss stimuli tika atskaņoti AKG K240 austiņās. Procedūras laikā, ja nepieciešams, klausītāji varēja ņemt pauzi, lai nezaudētu spēju koncentrēties uzdevuma izpildei.

EEG eksperimenta stimulu kopai tika atlasīti tie vārdu ieraksti, kurus visi klausītāji bija identificējuši pareizi attiecībā uz emocijas veidu un kuriem bija visaugstākais vidējās

intensitātes vērtējums. Kopumā tika izvēlēti 8 priecīgā un 8 dusmīgā intonācijā izrunāti vārdi, kā arī 8 neitrālā intonācijā izrunāti vārdi, kurus bija ierakstījuši vīriešu un sieviešu kārtas aktieri.

4. EEG (ERP) eksperiments

EEG eksperimenta uzdevuma dizains tika izstrādāts, izmantojot atvērtā koda vispārējās nozīmes programmēšanas valodu "Python" (www.python.org). Eksperiments tika prezentēts un sinhronizēts ar EEG programmatūru, izmantojot starpplatformu paketi "PsychoPy" (<https://www.psychopy.org/>). EEG eksperimentu veidoja nejauši izklaidētas un dažādos laika intervālos prezentētas auditoras instrukcijas (balss stimuli). Katrs stimula prezentācijas moments EEG datu kopā tika saistīts ar konkrētu laiku, lai nodrošinātu tālāku notikumam saistīto potenciālu (event-related potential, ERP) datu analīzi. ERP ir īpašs EEG datu apstrādes veids, kas reģistrē neironu reakcijas uz specifiskiem ārējiem stimuliem vai notikumiem, t.i., no kopējā EEG signāla tiek izdalītas smadzeņu reakcijas uz noteiktu, pētījuma uzdevumam atbilstošu modificētu balss stimulu (emocionālu vai traucētu).

Eksperimenta mērķis bija izpētīt auditoro instrukciju neirālo apstrādi kustību uzdevuma veikšanas laikā; tāpēc no visu balss paraugu kopas tika atlasīti vārdi, kas izteica īsas virzienu norādošas instrukcijas (augšā, lejā, kreisā, labā). Balss stimuli tika organizēti divās grupās: (1) afektīvi/neitrāli emocionāli stimuli un (2) traucētas/normofoniskas balss stimuli. Afektīvu/neitrālu emocionālu stimulu grupā tika iekļauti klausīšanās eksperimentā atlasītie stimuli: 8 dusmīgi balss stimuli (4 sievietes, 4 vīrieši), 8 priecīgi balss stimuli (4 sievietes, 4 vīrieši) un 8 neitrāli balss stimuli (4 sievietes, 4 vīrieši), t.i., tie, kuros tika noteikta visaugstākā emocionālās izpausmes vai neitrālās izteiksmes intensitāte. Traucētas/normofoniskas balss stimulu grupā tika iekļauti ekspertu atlasītie 8 traucētas balss stimuli (4 sievietes, 4 vīrieši), kā arī 8 normofoniskas balss stimuli (4 sievietes, 4 vīrieši). Kopumā tika izmantoti 40 balss paraugi (24 emocionāli/neitrāli balss stimuli un 16 traucētas/normofoniskas balss stimuli). Visu akustisko stimulu intensitāte tika normalizēta līdz 70 dB līmenim (PRAAT).

<i>trial</i>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Angry block AAN	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	N	N	N	N	N	N	N	N
Happy block HHN	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	N	N	N	N	N	N	N	N

4. attēls. Afektīvas un neitrālas balss uztveres ERP eksperimenta dizains

Afektīvie un neitrālie emocionālie stimuli tika sadalīti atbilstoši emocionālai valencei – dusmīgo un priecīgo emociju blokos. Dusmīgo emociju blokā tika iekļauti 16 nejaušā kārtībā sajaukti dusmīgas emocijas balss stimuli, kuriem sekoja 8 nejaušā kārtībā sajauktas neitrālas balss stimuli. Līdzīgi tika veidots priecīgu emociju bloks (4. attēls). Katra unikālā balss

instrukcija tika atkārtota 32 reizes un katrs eksperimenta dalībnieks dzirdēja 768 instrukcijas (4 virzieni x 2 dzimumi x 3 emocionālas prosodijas x 32 atkārtojumi).

Traucētas/normofoniskas balss uztveres eksperiments tika veikts nejaušā kārtībā sajaucot vīriešu un sievietes, normofoniskas un traucētas balss stimulus (5. attēls). Katra unikālā balss instrukcija tika atkārtota 36 reizes un katrs respondents dzirdēja 576 instrukcijas (4 virzieni x 2 dzimumi x 2 balss stāvokļi (trauc/norm) x 36 atkārtojumi). Puse (n = 288) no instrukcijām bija pateiktas traucētā balsī, no kurām 144 reprezentēja smagus balss traucējumus un 144 vieglus balss traucējumus.

Trial	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Instruction	↑	↓	←	→	↓	→	←	↑	→	↑	↑	↓	→	←	↓	←
Male / female	M	M	F	M	F	M	F	M	F	F	F	M	F	M	F	M
Healthy / disordered	h	d	h	h	d	d	d	d	h	d	h	h	d	h	h	d

5. attēls. Traucētas un normofoniskas balss uztveres ERP eksperimenta dizains

EEG pētījumā piedalījās 45 dalībnieki (23 sievietes), vidējais vecums 21,1 gads, SD 2,4 gadi. Dalībnieku atlases kritēriji bija sekojoši:

- vecums 18–25 gadi,
- dzimtā valoda - latviešu,
- anamnēzē nav smadzeņu traumas vai citas neiroloģiskas vai psihiatriskas saslimšanas,
- labās rokas dominānce.

Visiem dalībniekiem tika veikta audiometrija frekvenču diapazonā no 0,25 kHz līdz 8 kHz, un netika konstatēti dzirdes funkcijas traucējumi.

Eksperimenta īstenošanai tika izmantota 64 kanālu eego™ sport EE-21 (AntNeuro, Nīderlande) sistēma, kura tika sagatavota atbilstoši ražotāja noteiktajai instrukcijai. Eksperimenta laikā dalībnieki atradās skaņu izolējošā kabīnē un izmantoja Etymotic Research 3C ausu ieliktnus (10 Omi).

Dalībniekam priekšā tika novietota vadības svira (*joystick*) un viņa labā roka tika novietota fiksētā pozīcijā uz stabilas virsmas. Dalībniekam tika lūgts ātri un precīzi izpildīt kustību, saskaņā ar dzirdēto instrukciju (augšā, lejā, kreisā, labā). Tikko kā kustība tika veikta, nākošais stimulants tika atskaņots ar atšķirīgu starpstimulu intervālu (*inter-stimulus-interval*) diapazonā no 1400 līdz 1600 ms. Emocionālas un traucētas balss stimuli dalībniekiem tika prezentēti sabalansētā un nejaušā secībā. EEG signāls tika ierakstīts un digitalizēts ar paraugu ņemšanas biežumu 512 Hz. EEG eksperimenta laikā starp atsevišķām stimulu daļām dalībnieki varēja ņemt īsus pārtraukumus. Eksperiments tika veikts dienas pirmajā pusē. Un vidējais EEG eksperimenta laiks, ieskaitot pirms- un pēctesta procedūras, bija 2,5 stundas.

5. REZULTĀTI

5.1. Balss emociju atpazīšanas un emocionālās intensitātes uztveri ietekmējošie faktori

Mērķis: noskaidrot (1) vai klausītāja vecums un dzimums, un stimula garums ietekmē afektīvu balss emociju atšķiršanas precizitāti; (2) vai klausītāja vecums un dzimums ietekmē afektīvu balss emociju intensitātes uztveri.

Trīsdesmit divi respondenti dzirdētajos balss stimulus pareizi noteica neitrālu emociju 73,2%, priecīgu emociju 67,4% un dusmīgu emociju 84,9% gadījumu (.tabula). Statistiski nozīmīga atšķirība starp pareizi identificētām emocijām bija vērojama starp dusmīgu un priecīgu balsu stimulus (Z = -0,913, $p < 0,001$; Kruskala-Volisa tests, piemērojot Bonferoni korekciju).

3. tabula. Emociju noteikšana balss stimulus (%)

Balss stimuli	Neitrāli	Priecīgi	Dusmīgi
Neitrāli	73,2	7,9	18,9
Priecīgi	25,6	67,4	7,0
Dusmīgi	13,8	1,3	84,9

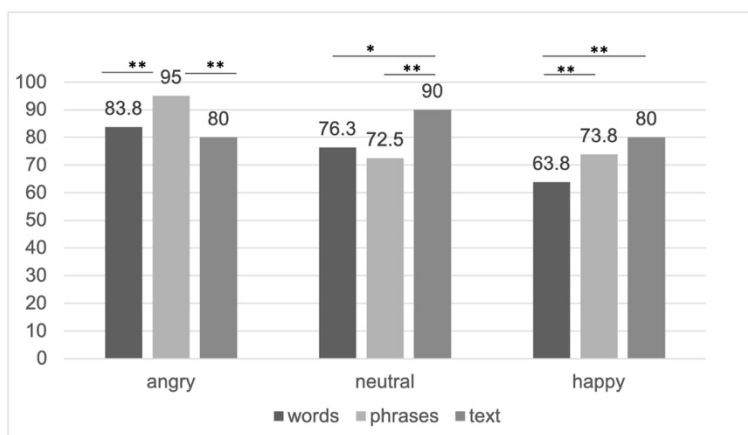
Pētījuma datu analīze norādīja, ka priecīgas emocijas tika identificētas kā neitrālas un vice versa. Priecīgas emocijas biežāk tika uztvertas kā neitrālas, nekā neitrālas kā priecīgas (Z = -3,735, $p < 0,001$).

Pētījums rezultāti demonstrēja, ka nav balss emociju uztverē nav vērojamas dzimuma atšķirības, t.i., vīriešu un sievietes kārtas klausītāji vienlīdz pareizi spēj atšķirt priecīgas ($U = 127,0$, $p = 0,970$), dusmīgas ($U = 110,5$, $p = 0,508$) un neitrālas emocijas ($U = 128,5$, $p = 0,985$) (Manna-Vitnija tests).

Lai noteiktu klausītāja vecuma saistību ar pareizi identificēto emociju skaitu, tika izmantota Spīrmena rangu korelācijas metode. Tika atklāta saistības starp dusmīgu un priecīgu balss stimulus noteikšanas precizitāti un klausītāju vecumu ($r_s = -0,642$, $p < 0,001$; $r_s = -0,364$, $p = 0,041$), kas nozīmēja, ka dusmīgas un priecīgas emocijas precīzāk atpazīst gados jaunāki klausītāji. Savukārt, gados vecāki klausītāji daudz precīzāk spēj noteikt neitrālas emocijas ($r_s = 0,374$, $p = 0,035$).

Lai noteiktu, vai stimula garums (vārdi, teikumi, teksts) ietekmē emociju noteikšanas precizitāti, tika izmantots Frīdmena tests ar Bonferoni labojumiem daudzkārtīgiem salīdzinājumiem. Iegūtie rezultāti norādīja uz statistiski nozīmīgām atšķirībām dusmīgu balss stimulus diskriminēšanā starp teikumiem ($Mdn = 95,0$, $IQR = 16,2$) un vārdiem ($Mdn = 83,8$, $IQR = 19,4$) ($p < 0,001$) un starp teikumiem un tekstu ($Mdn = 80,0$, $IQR = 30,0$) ($p < 0,001$). Attiecībā uz neitrālas izteiksmes balss stimulus, statistiski nozīmīgas atšķirības pareizā atpazīšanā tika novērotas starp tekstu ($Mdn = 90,0$, $IQR = 40,0$) un vārdiem ($Mdn = 76,3$, $IQR = 31,9$) ($p < 0,0371$) un starp tekstu un teikumiem ($Mdn = 72,50$, $IQR = 31,9$) ($p = 0,001$). Priecīgu balss paraugu atpazīšanā statistiski nozīmīgas atšķirības bija vērojamas starp vārdiem

($Mdn = 63,80$, $IQR = 22,5$) un tekstu ($Mdn = 80,0$, $IQR = 17,5$) ($p < 0,001$) un starp vārdiem un teikumiem ($Mdn = 73,6$, $IQR = 26,9$) ($p < 0,001$) (... attēls).



6. attēls. Pareizi noteiktās emocijas vārdos, teikumos un tekstā

Sievietes afektīvās emocijas uztvēra intensīvāk nekā vīrieši. Statistiski nozīmīgas atšķirības starp dzimumiem tika novērotas priecīgu emociju uztverē vārdos ($z = -3,599$, $p < 0,001$), teikumos ($z = -3,2189$, $p = 0,001$) un tekstā ($z = -2,272$, $p = 0,023$), kā arī dusmīgu emociju uztverē vārdos ($z = -5,799$, $p < 0,001$), teikumos ($z = -4,706$, $p < 0,001$) un tekstā ($z = -2,699$, $p = 0,007$).

Secinājumi:

- Balss emociju uztveri ietekmē klausītāju dzimums un vecums:
 - Jaunāki cilvēki labāk uztver un atšķir priecīgas un dusmīgas emocijas nekā cilvēki pusmūžā.
 - Pieaugot vecumam paādās tendence uztvertās afektīvās emocijas interpretēt kā neitrālas
- Emociju izpausmes pakāpes uztvere balsī ir dzimuma nosacīta:
 - Sievietes afektīvu emociju izpausmes pakāpi uztver intensīvāk nekā vīrieši
- Vokālo stimulu garums ietekmē emociju uztveri

5.2. Afektīvu emociju noteikšanas akustiskie marķieri

5.2.1. Afektīvu emociju noteikšanas akustiskie marķieri runātāja balsī

Mērķis: noskaidrot balss pamatfrekvences izmaiņas afektīvā un neitrālā balsī un balss pamatfrekvences izmaiņas saistībā ar lingvistiskās vienības strukturālo sarežģītību.

Balss paraugu analīze tika veikta ar programmu PRAAT v.6.1.31, izmantojot skriptu *Vocal Fundamental Frequency* v.02.04 (Phonanium, 2019).

Vidējā sieviešu aktieru runas balss F_0 nepārtraukti izrunāta patskaņa /a/ laikā bija 210 Hz (SD = 20 Hz, diapazons 193-241 Hz).

Sieviešu balsīs netika novērotas statistiski nozīmīgas pamatfrekvences mediānu vērtību un frekvences diapazona atšķirības starp dažādas sarežģītības lingvistiskajām vienībām vienas intonācijas ietvaros (4. tabula). Salīdzinot visu trīs emocionālo prosodiju veidus, sieviešu balsīs visaugstākā F_0 tika novērtēta priecīgu emociju balss paraugos. Priecīgu intonāciju raksturoja arī visplašākā starpkvartiļu amplitūda.

Salīdzinot F_0 izmaiņas atkarībā no lingvistisko vienību garuma, tika novērots, ka neitrālas intonācijas teikumos F_0 statistiski nozīmīgi atšķiras no abām afektīvām intonācijām. Priecīgā un dusmīgā intonācijā izrunātos teikumos F_0 bija augstāka. Lai arī vārdu un teksta izrunas laikā netika novērotas nozīmīgas F_0 mediānas vērtības atšķirības, tomēr starpkvartiļu amplitūdas vērtības norādīja, ka izrunājot vārdus un tekstu priecīgā un dusmīgā intonācijā tiek izmantots plašāks frekvences diapazons. Frīdmana testa rezultāti norādīja, ka F_0 priecīgā intonācijā izrunātos vārdos bija augstāka nekā neitrālā vārdu izrunā ($p = 0,043$) un F_0 bija augstāka priecīgi izrunātā teksta fragmentā, salīdzinot ar pamatfrekvenci dusmīgas intonācijas balss paraugā ($p = 0,043$).

4. tabula. Runas pamatfrekvences mediānu vērtības (*Mdn*) un starpkvartiļu amplitūda (*IQR*) (Hz) neitrālā un afektīvā intonācijā izrunātos vārdos, teikumā un tekstā sievietēm

Emocija	Vārdi		Teikumi		Teksts		<i>p</i>	
	<i>Mdn</i>	<i>IQR</i>	<i>Mdn</i>	<i>IQR</i>	<i>Mdn</i>	<i>IQR</i>	<i>Mdn</i>	<i>IQR</i>
Neitrāla	199	25	202	29	200	35	0,468	0,449
Priecīga	228	84	237	63	232	79	0,247	0,549
Dusmīga	220	66	215	40	212	50	0,692	0,247
<i>p</i>	0,074	0,015	0,015	0,041	0,074	0,015	-	-

Vidējā vīriešu aktieru balss pamatfrekvence nepārtraukti fonēta patskaņa laikā bija 104 Hz (SD = 10 Hz, diapazons 92-120 Hz). Vīriešu grupā F_0 mediānas vērtības un starpkvartiļu amplitūda statistiski nozīmīgi palielinājās, pieaugot neitrāli izrunāto lingvistisko vienību sarežģītības pakāpei ($p = 0,007$; $p = 0,041$). Post Hoc analīze norādīja uz statistiski nozīmīgām atšķirībām vidējā F_0 starp vārdiem un teikumiem ($p = 0,043$), vārdiem un tekstu ($p = 0,043$) un teikumiem un tekstu ($p = 0,043$) (Vilkoksona zīmju ranga tests).

Afektīvu emociju gadījumā šādas F_0 izmaiņas netika novērotas (5. tabula). Vīriešiem visaugstākās runas F_0 mediānas vērtības bija vērojama dusmīgas intonācijas laikā. Datu analīze norādīja, ka emocijas statistiski nozīmīgi izmainīja F_0 vārdos, teikumos un tekstā. Statistiski nozīmīgas atšķirības starp dažādās intonācijās izrunātiem vārdiem, frāzēm un tekstu bija novērojamas arī starpkvartiļu amplitūdā. Visplašākā frekvences amplitūda tika novērota priecīgā intonācijā.

Vīriešu balsīs neitrālas intonācijas balss pamatfrekvence statistiski nozīmīgi atšķīrās no abu afektīvo emociju F_0 visās lingvistiskajās vienībās. Turklāt, teikumu izrunā bija vērojamas arī statistiski nozīmīgas F_0 atšķirības starp priecīgu un dusmīgu intonāciju. Dusmīgi izrunātos teikumos pamatfrekvence bija augstāka nekā priecīgā balsī pateiktās frāzēs ($p = 0,043$).

5. tabula. Runas pamatfrekvences mediānu vērtības un starpkvartiļu amplitūda (Hz) neitrālā un afektīvā intonācijā izrunātos vārdos, teikumā un tekstā vīriešiem

	Vārdi		Teikumi		Teksts		<i>p</i>	
	<i>Mdn</i>	<i>IQR</i>	<i>Mdn</i>	<i>IQR</i>	<i>Mdn</i>	<i>IQR</i>	<i>Mdn</i>	<i>IQR</i>
Neitrāla	98	22	103	15	112	27	0,007	0,041
Priecīga	147	84	158	55	144	83	0,247	0,247
Dusmīga	159	59	171	48	154	56	0,549	0,165
<i>p</i>	0,015	0,022	0,008	0,015	0,015	0,015	-	-

Secinājumi:

- Sievietēm, profesionālām aktrisēm, vidējā runas pamatfrekvence neitrālā un afektīvā prosodijā nemainās, pieaugot lingvistiskās vienības strukturālai sarežģītībai.
- Vīriešiem neitrālā intonācijā pamatfrekvence pieaug, palielinoties lingvistisko vienību sarežģītībai.
- Afektīvas reakcijas paaugstina F_0 runā, salīdzinot ar neitrālu intonāciju.
 - Vīriešiem visaugstākā F_0 bija novērojama dusmīgā intonācijā,
 - Sievietēm visaugstākā F_0 bija novērojama priecīgā intonācijā.

5.2.2. Afektīvu emociju noteikšanas akustiskie marķieri uztvertā balsī

Mērķis: Noskaidrot atšķirības starp dusmīgas, priecīgas un neitrālas intonācijas balsis akustiskajiem profiliem un atrast akustiskos marķierus, kas nosaka kļūdainas emocijas noteikšanu balsī.

Pētījuma rezultāti norādīja un statistiski nozīmīgām ($p < 0,05$) atšķirībām starp neitrālas un dusmīgas, neitrālas un priecīgas, priecīgas un dusmīgas balsis akustiskajiem parametriem (6. tabula).

6. tabula. Statistiski nozīmīgas akustisko parametru atšķirības dusmīgas, priecīgas un neitrālas intonācijas balsī

Emocijas	Akustiskie parametri ($p < 0,05$)
Neitrāla-dusmīga	F_0 M, F_0 P90, F_0 max, F_0 SD, F_0 IQR, F_0 P90-P10 IL min, IL P10, IL P25, IL P50, IL M, IL P75, IL P90, IL max, IL SD, IL IQR, IL P90-P10 HNR CPPs SD, CPPs IQR
Neitrāla-priecīga	F_0 P50, F_0 P75, F_0 max IL P25, IL P50, IL M, IL P75, IL P90 CPPs overall,
Priecīga-dusmīga	DPW IL min, IL P50, IL M, IL P75, IL P90, IL max, IL SD,

Neitrālas intonācijas balsis tika uztvertas kā priecīgas 7,5% un kā dusmīgas 15,9% gadījumu. Priecīgas balsis tika identificētas kā neitrālas intonācijas 35,6% un kā dusmīgas 9,1% gadījumu. Dusmīgas balsis tika uztvertas kā neitrālas 20,3% un kā priecīgas 3,1% gadījumu. Runātāja dzimumam nebija statistiski nozīmīga ietekme uz balss emociju noteikšanas precizitāti.

Spīrmena ranku korelācijas metode tika izmantota, lai noteiktu saistību starp balss signālu akustiskajiem parametriem un 32 klausītāju pareizi vai nepareizi noteiktajām emocijām balss paraugā (7., 8., 9. tabulas).

7. tabula. Statistiski nozīmīgas ($p < 0,05$, $p < 0,01$) asociācijas starp akustiskajiem parametriem un uztvertajiem neitrālas prosodijas stimuliem

Akustiskais parametrs	Neitrāls - neitrāls	Neitrāls – priecīgs	Neitrāls – dusmīgs
DPW	-.792**		
F ₀ IQR		.786*** ^a	
F ₀ SD		.653* ^a	
F ₀ P90-P10		.653* ^a	
IL P10		-.830*** ^a	
CPPs P25	-.696*		.634* ^a
CPPs overall	-.679*		
CPPs P50	-.713*		
CPPs M	-.693*		.684* ^a
CPPs P75	-.731*		.665* ^a
CPPs P90			.665* ^a
CPPs max			.772*** ^a

8. tabula. Statistiski nozīmīgas ($p < 0,05$, $p < 0,01$) asociācijas starp akustiskajiem parametriem un uztvertajiem priecīgas prosodijas stimuliem

Akustiskais parametrs	Priecīgs - priecīgs	Priecīgs – neitrāls	Priecīgs - dusmīgs
F ₀ P75	.685*		
F ₀ P90	.759*	-.656*	
F ₀ max	.859**	-.759*	
F ₀ IQR	.729* ^a		-.683* ^a
F ₀ SD	.798**	-.684*	
F ₀ P90-P10	.888*** ^a	-.732* ^a	
IL P25			.695* ^a
IL P50			.695* ^a
IL M			.634* ^a
IL P75			.665* ^a
IL P90			.708* ^a
IL max			.652* ^a
CPPs P10	-.730*	.767**	
CPPs P50		.644*	
CPPs M		.699*	

CPPs P75		.666*	
----------	--	-------	--

9. tabula. Statistiski nozīmīgas ($p < 0,05$, $p < 0,01$) asociācijas starp akustiskajiem parametriem un uztvertajiem dusmīgas prosodijas stimuliem

Akustiskais parametrs	Dusmīgs - dusmīgs	Dusmīgs - neitrāls	Dusmīgs – priecīgs
DPW		-.716 ^{*a}	
IL P25	.677 ^{*a}	-.695 ^{*a}	
IL P50	.707 ^{*a}	-.689 ^{*a}	
IL P90-P10			-.755 ^{*a}

Secinājumi:

- Balss pamatfrekvence (F_0), intensitāte (IL) un izlīdzinātā cepstrālā pīķa prominence (CPPs) ļauj atšķirt priecīgu un dusmīgu balsi no neitrālas izteiksmes balsis.
- Skaņas-trokšņa attiecības (NHR) rādītājs ļauj noteikt atšķirības starp dusmīgu un priecīgu balsi.
- Priecīgu balss emociju noteikšanā galvenais akustiskai marķieris ir balss augstums.
- Dusmīgu balss emociju noteikšanā galvenais akustiskai marķieris ir balss skaļums jeb intensitāte.
- Augstāka balss pamatfrekvences variānce klausītājam like neitrālu balsi uztvert kā priecīgu, taču izteiktakas CPPs vērtības neitrālu balsi ļauj uztvert kā dusmīgu.
- Zemākas patfrekvences vērtības un izteiktāks CPPs neitralizē priecīgas balsis, taču dusmīgas balsis tiek uztvertas kā neitrālas ja balss ir klusāka un vārds tiek pateikts ātrākā tempā.

5.3. Afektīvas runas prosodijas uztvere: reakcijas laiks un precizitāte, neirālā apstrāde

Mērķis: Noskaidrot afektīvā prosodijā izteiktu instrukciju tūlītējo un kumulatīvo efektu uz kustību uzdevumu izpildi (reakcijas laiks un precizitāte) un neirālo apstrādi (ERP).

EEG pētījuma rezultāti norādīja, ka afektīva prosodijas uztvere neietekmē auditīvo instrukciju izpildes precizitāti ($F(2,32253) = 0,665$, $p = 0,514$, ANOVA). Turklāt pareizi izpildīto instrukciju skaits bija ļoti augsts un būtiski neatšķīrās starp dusmīgas, priecīgas un neitrālas prosodijas stimuliem (97,7%; 97,8%; 98%).

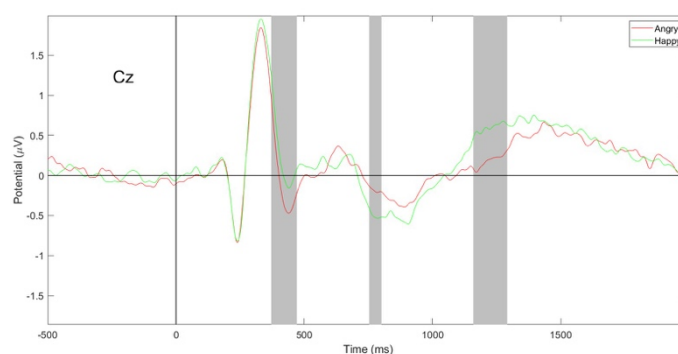
Ņemot vērā, ka balss stimuli nebija vienāda garuma, tika aprēķināts pirmā jēgpilnā segmenta garums, t.i., tas skaņu kopums, kurš klausītājam asociējas ar paredzamo kustības virzienu, piem., uztverot “kr”, klausītājs saprot, ka vadības svira ir jāvirza pa kreisi. Pētījuma rezultāti norādīja, ka instrukcijas izteiktas dusmīgā intonācijā tika izpildītas ātrāk nekā priecīgas un neitrālas prosodijas instrukcijas (10. tabula). Post Hoc analīze, izmantojot Bonferoni

procedūru, norādīja uz statistiski nozīmīgām atšķirībām reakcijas laikā starp dusmīgām un priecīgām instrukcijām ($p < 0,001$) un starp dusmīgām un neitrālām instrukcijām ($p < 0,001$), bet ne starp priecīgu un neitrālu intonāciju ($p = 1,00$).

10.tabula. Reakcijas laiks uz afektīvas un neitrālas prosodijas instrukcijām

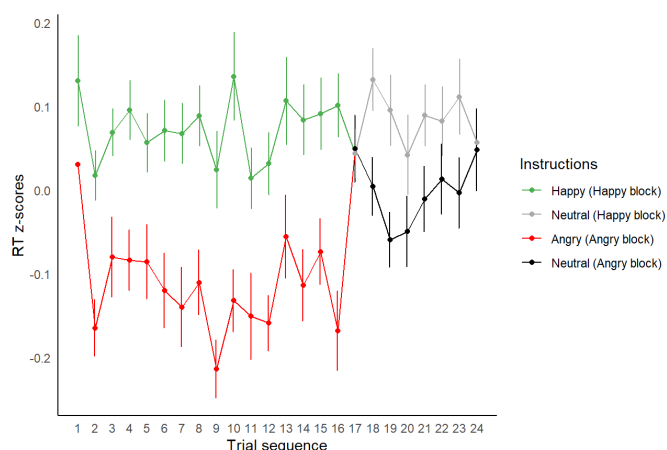
Emocijas tips instrukcijā	M (s)	SD (s)	Min (s)	Max (s)	F	p
Dusmīga	0,570	0,354	0,013	8,712	50,20	< 0,001
Priecīga	0,614	0,332	0,086	8,565		
Neitrāla	0,610	0,366	0,106	9,202		

Novērotais reakcijas laika efekts attiecībā uz pozitīvas un negatīvas valences afektīvu emociju saskanēja ar rezultātiem, kas tika iegūti centrālajā Cz kanālā, izmantojot ERP metodi. Dusmīgi uztvertās instrukcijas radīja lielāku N400 komponentes amplitūdu ($p = 0,05$, FDR corrected), kas norāda uz pastiprinātu un agrīnu dusmīgas prosodijas novērtēšanu un analīzi neirālā līmenī. Savukārt, uztverās priecīgās balss instrukcijas izraisīja pastiprinātu ERP atbildes reakciju vēlākos neirālās apstrādes posmos, kas norāda uz papildus piepūli šīs emocijas atpazīšanā un kontekstualizēšanā (7. attēls). Šie rezultāti demonstrēja, ka dusmīgas balss tonis prioritāri aktivizēja neirālos resursus, iespējams veicinot ātrāku reakciju.



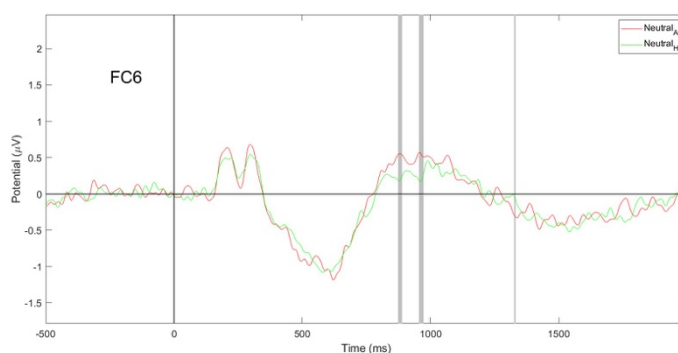
7.attēls. ERP rezultāti: dusmīgu un priecīgu balss instrukciju neirālā apstrāde

Lai izpētītu afektīvas intonācijas kumulatīvo efektu uz neitrālu instrukciju izpildes ātrumu, tika analizētas reakcijas laika atšķirības dusmīgas un priecīgas balss stimulu blokos neirālo instrukciju uztveres segmentā. Reakcijas laiks tika transformēts z-vērtībās un dispersiju analīze (two-way ANOVA) norādīja, ka dalībnieku reakcija uz neitrālām instrukcijām, kas sekoja aiz dusmīgu stimulu bloka, ir ātrāka ($M = 0,599$, $SD = 0,351$) nekā tad, ja identiskas neirālās instrukcijas sekoja aiz priecīgas balss stimulu bloka ($M = 0,621$, $SD = 0,380$), $F(1,1968) = 168,41$, $p < 0,001$ (8. attēls).



8. attēls. Dusmīgu un priecīgu balss stimulu kumulatīvais efekts uz neitrālas balss instrukciju izpildes reakcijas laiku

Apskatot afektīvu balss signālu kumulatīvo efektu uz uztveri neirālā līmenī, tika novērota statistiski nozīmīga atšķirība starp abiem pretējas valences stimulu veidiem ($p = 0,05$, FDR corrected). Vairākkārtēja dusmīgas intonācijas stimulu uztvere izraisīja paaugstinātu aktivitāti neitrālu instrukciju vēlinās apstrādes posmos N800, N900 komponentēs (9. attēls).



9. attēls. ERP rezultāti: dusmīgu un priecīgu balss stimulu kumulatīvais efekts uz neitrālas balss instrukciju neirālo apstrādi

Secinājumi:

- Dusmīgas instrukcijas tika izpildītas ātrāk nekā priecīgas un neitrālas: negativitātes (negativity bias) efekts
- Neitrālas balss instrukcijas tika izpildītas ātrāk, ja tās sekoja aiz dusmīgas balss stimuliem, nekā tās, kas sekoja pēc priecīgām: aizkavēta uzmanības pārslēgšanās vai negribētas pārejas (carryover) efekts
- Neirālās apstrādes līmenī tika novērotas:
 - Paaugstināta N400 amplitūda dusmīgu instrukciju uztverē: agrīnas novērtēšanas indikācija
 - Paaugstināta vēlinās apstrādes amplitūda priecīgu instrukciju uztverē: ilgstošas apstrādes indikācija

- Paaugstināta aktivitāte vēlinās apstrādes posmos uztvertajās neitrālajās instrukcijās, kas sekoja pēc dusmīgu stimulu bloka: iespējama norāde par kumulatīvu efektu.

5.4. Traucētas balss uztvere: reakcijas laiks un precizitāte, neirālā apstrāde

Mērķis noskaidrot traucētā balsī izteiktu instrukciju ietekmi uz uz kustību uzdevumu izpildi (reakcijas laiks un precizitāte) un neirālo apstrādi (ERP).

Traucētas un normofoniskas balss ERP pētījumā iegūtie dati tika analizēti 43 respondentiem. Balss stimulu kopā tika iekļauti normofoniskas un traucētas, sieviešu un vīriešu balss paraugi. Tā kā balss traucējumi respondentiem atšķīrās pēc to izpaušmes pakāpes, tad dati tika analizēti gan visiem traucētas balss stimuliem kopā, gan arī atsevišķi: FTr (sieviete, vieglas pakāpes balss traucējums, uztvertie stimuli $n = 6065$), FN (sieviete, normofonija, $n = 6063$), MTr (vīrietis, smagas pakāpes balss traucējums, $n = 6042$), MN (vīrietis, normofonija, $n = 6093$).

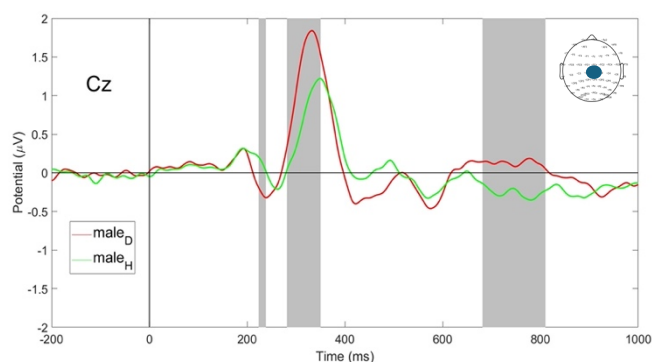
Pētījuma rezultāti norādīja, ka veselas balss instrukcijas dalībnieki izpildīja ar 98,2% precizitāti, vieglu balss traucējumu gadījumā instrukciju izpildes precizitāte bija 98% un smagu balss traucējumu gadījumā – 97,6%. Pīrsona hī kvadrāta tests norādīja, ka statistiski nozīmīgas atšķirības instrukciju izpildes precizitātē tika novērotas starp normofonisku balsi un smagiem balss traucējumiem ($\chi^2 = 11,002$, $df(2)$, $p = 0,004$), taču vieglu balss traucējumu gadījumos instrukcijas tika izpildītas ar tādu pašu precizitāti kā normofoniskā balsī pateiktās ($\chi^2 = 0,396$, $df(2)$, $p = 0,820$). Tas norāda, ka smaga disfonija varētu radīt grūtības runas uztverē, iespējams, palielinot kognitīvo slodzi un apgrūtinot dalībniekiem dzirdēto instrukciju apstrādi un tālāk jau precīzas atbildes sniegšanu. Savukārt, viegli pakāpes balss traucējumi neizmaina vokālo signālu tik ļoti, lai tas būtiski ietekmētu tā uztveri un uzdevumu izpildi.

Līdzīgi kā afektīvu balss stimulu uztveres pētījumā, arī šajā pētījuma sadaļā, analizējot instrukciju izpildes ātrumu, tika ņemtas vērā koriģētās vērtības, t.i., pēc pirmā jēgpilnā segmenta izslēgšanas. Manna-Vitnija testa rezultāti demonstrēja, ka klausītāji ātrāk reaģēja uz instrukcijām, kuras tika pateiktas traucētā balsī, neatkarīgi no traucējuma izpaušmes pakāpes, reakcijas laika atšķirības bija statistiski nozīmīgas ($p < 0,001$) (11.tabula). Iegūtos rezultātus varētu interpretēt, kā izteikti disfoniskas balss radītu nepatiku, kas klausītāju motivē pēc iespējas ātrāk pārtraukt tās iedarbību. Savukārt, tas var ietekmēt uzdevumu izpildes precizitāti, kas atspoguļojās iepriekš aprakstītos rezultātos.

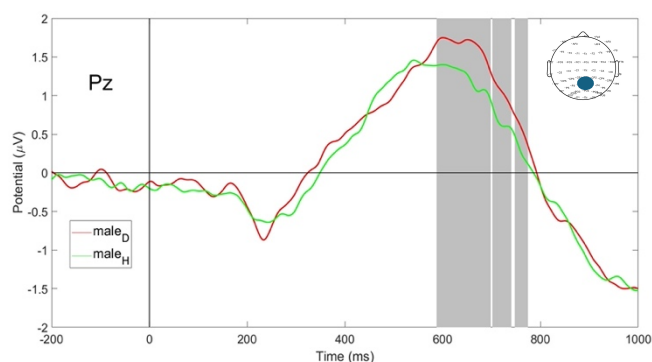
11. tabula. Reakcijas laiks uz normofoniskas, viegli un smagi traucētas balss stimuliem

Balss stimuli	<i>M</i> (s)	<i>SD</i> (s)	Min (s)	Max (s)	<i>p</i>
FN	0,690	0,365	0,158	8,074	< 0,001
FTr (vieglis traucējums)	0,678	0,368	0,158	5,724	
MN	0,705	0,372	0,038	6,654	< 0,001
MTr (smags traucējums)	0,638	0,375	0,028	6,544	

Auditīvu stimulu izraisīti ERP komponenti vislabāk ir novērojami centrāljos un smadzeņu paura daivas elektrodus, tāpēc turpmākai analīzei tika izmantoti dati, kas tika iegūti no Cz un Pz elektrodziem. Salīdzinot normofoniskas un traucētas vīriešu balss stimulu neirālo apstrādi centrālajā elektrodā, tika novērota N200 un N300 komponentu amplitūdas palielināšanās smagi traucētas balss stimuliem (10. attēls), kas norāda uz pastiprinātu sensorisko un semantisko apstrādi. Savukārt, analizējot datus, kas iegūti šim pašam stimulu pārim parietālā elektrodā (Pz), traucēto balss stimulu līknē tika novērota paaugstināta amplitūda vēlīnās apstrādes posmos (11. attēls), kas norāda uz papildus klausīšanās slodzi (Paulmann, 2023) un ilgstošu neirālo iesaisti. Kopumā iegūtie rezultāti liecina, ka smagi traucētas balss stimulu neirālā apstrāde ir statistiski nozīmīgi ($p = 0,05$, FDR corrected) intensīvāka nekā normofonisku balss stimulu gadījumos.



10. attēls. ERP rezultāti: vīriešu balss, Cz elektrod, normofoniskas un smagas pakāpes balss traucējumu neirālā apstrāde



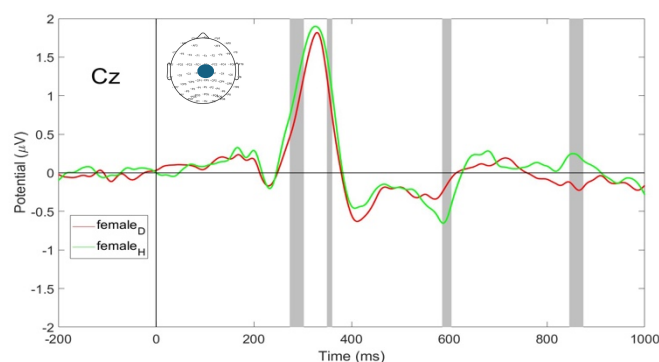
11. attēls. ERP rezultāti: vīriešu balss, Pz elektrod, normofoniskas un smagas pakāpes balss traucējumu neirālā apstrāde

Salīdzinot normofonisku un vieglas pakāpes traucētu sieviešu balss stimulu neirālo apstrādi, ERP dati liecināja par mazāk izteiktām neirālās aktivitātes atšķirībām. Centrālā elektrodā (Cz) tika novērota nedaudz palielināta amplitūda P300 komponentā normofoniskām balsīm (12.attēls). Šis novērojums atšķirās no vīriešu balss stimulu grupā iegūtajiem rezultātiem, kur lielāka aktivitāte tika konstatēta traucētas balss uztveres laikā. Iegūtie rezultāti norāda, ka viegli balss traucējumi neizraisa pastiprinātu sensorisko vai semantisko apstrādi.

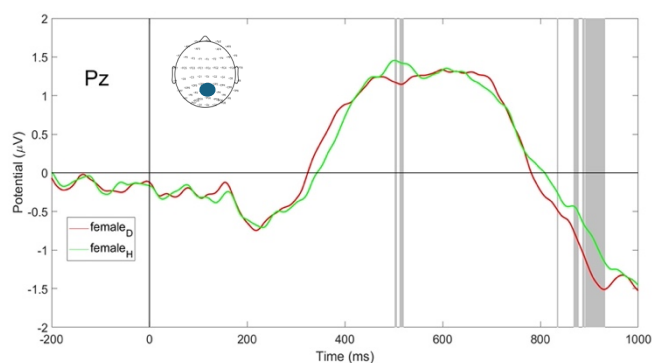
Iespējams, ka P300 komponente, kas ir jutīga pret jauniem stimuliem, ir saistīta ar fundamentālās frekvences (F_0) parametru atšķirībām, kas raksturo katru balsis signālu. Sieviešu balsīs vidējā F_0 bija augstāka normofoniskas sievietes balsī, salīdzinot ar traucētu balsi, bet vīriešu balsīs vidējā F_0 augstāka bija traucētas balss gadījumā, kas ir tipiski pacientiem ar spazmatisko disfoniju (12.tabula). Tomēr vēlīnās apstrādes posmos traucētas balss stimuli izraisīja lielāku neirālo aktivitāti nekā vesela balss, kas varētu norādīt uz uz ilgstošāku neirālo iesaisti, līdzīgi kā traucētas vīrieša balss gadījumā.

12. tabula. Vidējā pamatfrekvence, standartnovirze, minimālā un maksimālā vērtība balss donoru izrunātos vārdos

Balss stimuli	M_ F_0 (Hz)	SD_ F_0 (Hz)	Min_ F_0 (Hz)	Max_ F_0 (Hz)
FN	205,53	20,39	161,95	318,14
FTr (viegls traucējums)	129,53	38,58	76,73	399,09
MN	103,49	4,45	70,34	124,21
MTr (smags traucējums)	207,01	22,15	97,00	379,00



12. attēls. ERP rezultāti: sieviešu balss, Cz elektrods, normofoniskas un smagas pakāpes balss traucējumu neirālā apstrāde



13. attēls. ERP rezultāti: sieviešu balss, Pz elektrods, normofoniskas un smagas pakāpes balss traucējumu neirālā apstrāde

Attiecībā uz Pz elektrodu, statistiski nozīmīgi lielāka aktivitāte tika novērota veselas balss stimuliem N500 komponentē un traucētas balss stimuliem vēlākos apstrādes posmos, kas

varētu liecināt, par lielāku kognitīvo piepūli (Nagle & Eadie, 2012, Daiga) un ilgstošāku neirālo iesaisti (13. attēls).

Secinājumi:

- Reakcijas laiks uz traucētas balss stimuliem bija īsāks un šīs instrukcijas tika izpildītas ātrāk nekā normofoniskā balsī pateiktās: vēlēšanās pēc iespējas ātrāk pārtraukt nepatīkamo akustisko kairinājumu.
- Smagi traucētas balss uztvere ietekmē instrukciju izpildes precizitāti, ko nevar apgalvot par viegliem balss traucējumiem.
- Neirālās apstrādes līmenī tika novērota:
 - Paaugstināta N200, P300 un vēlīno potenciālu amplitūda smagas pakāpes balss traucējumu stimuliem, salīdzinot ar normofoniskas vīriešu balss stimuliem: pastiprināta sensoriskā un semantiskā apstrāde.
 - Paaugstināti vēlīnās apstrādes potenciāli traucētām sievietes un vīriešu balsīm, salīdzinot ar normofoniskām balsīm: ilgstošāka neirālā apstrāde.
 - Paaugstināta P300 amplitūda normofoniskai sievietes balsij, salīdzinot ar traucētas sievietes balsi: fundamentālās frekvences (f_0) efekts?