

Izvorni znanstveni rad
Rukopis primljen 26. 9. 2016.
Prihvaćen za tisak 22. 3. 2017.

Boška Munivrana

bmunivrana@suvag.hr

Poliklinika za rehabilitaciju slušanja i govora SUVAG, Zagreb
Hrvatska

Latencije kognitivnih slušnih evociranih potencijala kod djece s umjetnom pužnicom

Sažetak

Umjetnom pužnicom (UMP-om), prelingvalno slušno oštećena djeca dobivaju mogućnost razvoja slušanja, a time i govora. Najznačajniji čimbenik uspješnosti korištenja umjetnom pužnicom je njezina ugradnja u što ranijoj životnoj dobi jer se time stvaraju preduvjeti za normalan razvoj govora te što ranija, ciljana, planirana i dobro provedena slušno-govorna rehabilitacija. Unatoč tome, kod neke djece slušanje i govor se ne razvijaju prema očekivanju, iako za to ne postoje naoko vidljivi razlozi. Metoda kognitivnih slušnih evociranih potencijala (CAEP) jedan je od načina na koji se može ispitati funkcionalnost slušne kore i viših, kognitivnih funkcija koje sudjeluju u slušno-govornoj obradi. Duljina latencija valova CAEP-a daje podatke o lezijama provođenja slušnog signala na razini slušne kore mozga.

U ovom istraživanju sudjelovalo je dvadesetero (20) djece s ugrađenim UMP-om, u dobi od osam do deset godina. Kod desetero (10) njih slušanje i govor se dobro razvija – S3, dok kod njih desetero (10) slušanje i govor se ne razvijaju prema očekivanju – S2. U grupe su razvrstani prema kapacitetu govornog audiograma (KAPRA). Svi su koristili isti tip UMP-a, imali su u trenutku snimanja uključen isti broj kanala i koristili istu strategiju kodiranja procesora. UMP im je ugrađen do dobi od 3 i pol godine. Osim oštećenja sluha, drugih deficita u ove djece nije bilo. Kao kontrolna skupina, metodom slučajnog uzorka, odabrano je desetero (10) djece, uredna sluha i govora, u dobi od osam do deset godina – S1. CAEP-i su snimani na 32-kanalnom uređaju tipa Neuroscan. Korištena su dva podražaja: tonski (1 kHz i 2 kHz) i govorni (dva dupla sloga sastavljena od dva samoglasnika i dva suglasnika). Primijenjena je *oddball* paradigma, a ispitanici su morali stisnuti gumb kad bi čuli ciljni podražaj. Analizirale su se latencije valova P1, N1, P2, N2 i P3 za ciljni i neciljni podražaj. Usporedba rezultata ispitivanja i statistička obrada neparametrijskim testovima pokazali su da se djeca iz S2

razlikuju od djece iz S1 i S3 u duljini latencija analiziranih valova. Maturacijski procesi, provođenje i zamjećivanje te kognitivna obrada tonkog podražaja sporije se odvijaju u S2, a za govorni podražaj kašnjenje se javlja u kategorizaciji i kognitivnoj obradi. Usporedbom S1 i S3 za govorni podražaj nisu nađene razlike među njima. Razlike su postojale samo u kategorizaciji tonkog podražaja – djeca iz S3 su bila lošija.

Ključne riječi: CAEP, ERP, govorni podražaj, djeca s umjetnom pužnicom, slušanje

1. UVOD

U počecima primjene umjetna pužnica bila je namijenjena odraslim osobama kod kojih je oštećenje sluha nastalo postlingvalno. Međutim, svoju funkcionalnost opravdala je u djece prelingvalnog oštećenja sluha omogućavajući im slušne podražaje nužne za percepciju i produkciju govora. Umjetna pužnica (UMP) je tehnički razvijeno slušno pomagalo koje konvertira mehaničku zvučnu energiju u kodirani električni podražaj. Ugrađuje se, najčešće, osobama kojima je dijagnosticirana teška naglušnost ili zamjedbena gluhoća receptornog (senzoričkog) tipa, u kojih je slušno osposobljavanje standardnim slušnim pomagalima otežano ili usporeno. Kod tih osoba oštećene su slušne stanice pa nema pretvaranja mehaničke energije u bioelektričku, a time niti podražavanja slušnog živca. Premošćujući oštećene stanice pužnice UMP izravno podražuje slušni živac i tako omogućuje slušanje. Za razvoj govora nije dovoljna samo uredna slušna razina nego je potrebno razvijati slušanje. Kako bi se ono razvilo, prije su potrebni planirani, ciljani i adekvatno provedeni rehabilitacijski postupci koje prati funkcionalna dijagnostika. U cilju predviđanja i praćenja razvoja slušanja obavlja se niz pretraga sluha i slušanja koje ispituju slušni put od pužnice do moždanog debla. Kako bi funkcionalna dijagnostika slušanja bila što potpunija, svakako je poželjno imati podatke i o stanju slušne kore te viših (kognitivnih) struktura. Te podatke moguće je dobiti korištenjem tehnike kognitivnih slušnih evociranih potencijala. Metoda kognitivnih slušnih evociranih potencijala (CAEP, engl. *Cognitive Auditory Evoked Potential*), zbog svoje dobre vremenske rezolucije, daje podatke o funkcionalnosti moždanih struktura koje sudjeluju u obradi određene vrste podražaja. K tome je neinvazivna i, iz financijskih razloga, dostupna, a može se primjenjivati kod djece s UMP-om jer nije štetna za sam uređaj UMP-a. Svrha ovog rada je bila ispitati latencije CAEP-a u djece s ugrađenim UMP-om te vidjeti postoje li razlike i kakve su u odnosu na uredno čujuće vršnjake. Time se željelo istražiti može li CAEP pomoći u boljoj dijagnostici i razumijevanju razvoja slušanja u djece s ugrađenim UMP-om.

1.1. Umjetna pužnica (UMP)

Tri su važna činitelja koji utječu na uspješno korištenje umjetnom pužnicom, a to su: životna dob u kojoj je umjetna pužnica ugrađena, trajanje slušno-govorne rehabilitacije te postignuta slušna razina nakon operacije. Jedini nepromjenjiv činitelj uspjeha i zasigurno osnovni uvjet za procjenu uspješnosti korištenja umjetne pužnice

jest dob u kojoj je umjetna pužnica ugrađena (Vlahović i Šindija, 2004). Optimalna životna dob za ugradnju umjetne pužnice u kongenitalno gluhe djece je između prve i druge godine života (Hammes i sur., 2002; Sharma i sur., 2002a, 2002b; Archbold i sur., 2008). Relativno dobar uspjeh može se očekivati ako se umjetna pužnica ugradi i kasnije, pod uvjetom da je dijete do tada uključeno u slušno-govornu rehabilitaciju (Teoh i sur., 2004). Međutim, premda su zadovoljena sva tri uvjeta u neke djece, i nakon više godina korištenja UMP-a i kontinuirane rehabilitacije, ne dolazi do očekivanog uspjeha. Mogući uzrok tome su smetnje slušanja na višim razinama slušnog puta. Tako je poznato da neka djeca uredna sluha i s posebnim jezičnim teškoćama (PJT) imaju otežano prepoznavanje i razlikovanje kratkih zvukova, tj. zvukova koji slijede jedan iza drugoga u kratkim vremenskim intervalima (Bishop i McArthur, 2004). U takve djece je narušena brza vremenska obrada akustičkog podražaja – bilo da je tonski bilo govorni (Tallal, 2000; Bishop i McArthur, 2005; Bishop i sur., 2007). Neka djeca s PJT-om imaju poteškoće i u razlikovanju frekvencijskih karakteristika zvuka (Bishop i McArthur, 2004). Unatoč ujednačenosti kriterija pri odabiru kandidata za ugradnju UMP-a te rehabilitacijskih postupaka koji se provode nakon ugradnje i prilagođeni su svakom kandidatu ponaosob, konačni rezultati ugradnje UMP-a ipak se razlikuju. Budući da je ugradnjom UMP-a uklonjena prepreka zvuku da dođe do slušne kore, logična je pretpostavka da je slušna kora zaslužna za konačan funkcionalni rezultat korištenja UMP-a. Jedna od metoda kojom se može ispitati funkcionalnost slušne kore jesu kortikalni/kognitivni slušni evocirani potencijali (CAEP).

1.2. Kortikalni (CAP, engl. *Cortical Auditory Potentials*) ili kognitivni slušni evocirani potencijali (CAEP, engl. *Cognitive Auditory Evoked Potentials*)

Do danas poznate komponente CAEP-a javljaju se u vremenskom intervalu od 50 ms nakon početka podražaja pa nadalje. Komponente ovih potencijala dijelimo na tzv. egzogene komponente (P1, N1, P2), čije su amplitude i latencije određene fizičkim i vremenskim karakteristikama podražaja, i tzv. endogene komponente (N2 i P3) koje ovise o interakciji ispitanika s podražajem (Beynon i sur., 2002; Martin, 2007). Komponenta P1 prvi je pozitivni vrh P1-N1-P2 kompleksa. Ona je pokazatelj (biomarker) razvoja maturacije središnjeg slušnog puta (Sharma i sur., 2004; Dorman i sur., 2007) jer se njezina latencija skraćuje s porastom kronološke dobi (Sharma i sur., 1997; Cunningham i sur., 2000; Ponton i sur., 2000). Skraćivanje latencije

komponente P1 s porastom životne dobi označava efikasniji sinaptički prijenos i odražava efikasniji slušni put (Sharma i sur., 2007). Maturacija središnjeg slušnog sustava povezana je s razvojem govora i jezika (Kushnerenko i sur., 2002; Sharma i sur., 2004; Wunderlich i sur., 2006). Valja istaknuti da je komponenta P1 važan indikator maturacije središnjeg slušnog sustava u djece oštećena sluha koji koriste ili slušno pomagalo ili imaju ugrađenu umjetnu pužnicu (Sharma i sur., 2004). Što je slušno iskustvo djece s ugrađenom umjetnom pužnicom duže, to je latencija komponente P1 kraća. U razdoblju od šest mjeseci nakon ugradnje umjetne pužnice (ako je umjetna pužnica ugrađena u optimalnoj dobi) trebala bi odgovarati onoj uredno čujućih vršnjaka (Sharma i sur., 2002a, 2002b). Djeca kod kojih je slušna deprivacija bila duža od sedam godina nikad ne dosegnu latenciju P1 komponente koja je tipična za njihove uredno čujuće vršnjake (Dorman i sur., 2007). Generatori ove komponente su u talamusu i u primarnoj slušnoj kori (Liegeois-Chauvel i sur., 1999; Ponton i Eggermont, 2001). Neki autori misle da je i frontalno područje korteksa jedan od generatora P1 komponente (Weisser i sur., 2001).

Komponenta N1 ima višestruke generatore u primarnoj i sekundarnoj slušnoj kori i javlja se oko 80 – 100 ms nakon početka podražaja (Näätänen i Picton, 1987; Liegeois-Chauvel i sur., 1999; Picton i sur., 1999), ali također i u mezencefalonu (Steinschneider i Dunn, 2002). Često se opisuje kao odgovor na početak podražaja jer označava enkodiranje početka podražaja na razini slušne kore (Steinschneider i Dunn, 2002). Komponenta P2 slijedi komponentu N1. To je pozitivni val s latencijom od oko 180 ms. Ako se komponente N1 i P2 dobiju kao odgovor primjenom *oddball paradigm* (bit će objašnjena u nastavku), onda to znači da je ispitanik zamijetio oba podražaja. Komponenta N2 slijedi oko 200 ms nakon početka podražaja. Komponenta N2 dobiva se primjenom *oddball* paradigme. Klasična *oddball* paradigma sastoji se od serije istovrsnih podražaja unutar kojih se nasumce i vrlo rijetko javlja drukčiji podražaj. Omjer njihova pojavljivanja je 4:1. Dakle, četiri puta manje ima onih drukčijih podražaja. Ti drukčiji, rijetki podražaji još se nazivaju i ciljani, za razliku od onih češćih koji se još nazivaju i neciljni. Kada je riječ o snimanju u kojem se od ispitanika traži sudjelovanje, onda se traži da obrate pozornost na ciljne podražaje, bilo da ih broje, bilo da stisnu gumb kad se oni pojave. Ciljni/rijetki podražaj razlikuje se od neciljnog/čestog podražaja u fizičkim karakteristikama (intenzitet, frekvencija, trajanje i sl.) ili u semantičkim, ako je podražaj govorni. Pokazalo se da su latencije duže za semantičko razlikovanje (Hoffman, 1990). Da bi se, dakle, javila komponenta N2, nužne su upute za izvršenje zadatka – ona se javlja

samo za podražaj koji se prati, na koga je usmjerena pažnja (Luck, 2005). Pojavljuje se prije motoričkog odgovora i zbog toga možda odražava procese koji su uključeni u procese opažanja i razlikovanja, ali i kategorizacije podražaja. Komponenta P3 označava moždanu aktivnost koja je u podlozi vrednovanja mentalnih reprezentacija tj. procesa koji se odvijaju u radnom pamćenju (proces usporedbe i procjene tzv. slušnih slika za slušni podražaj). Pojavljuje se samo kad je ispitanik angažiran u prepoznavanju ciljnog podražaja u *oddball* paradigmi. Latencija komponente P3 mijenja se s obzirom na distribuciju na glavi. Tako je najkraća na čeonom režnju (Fz elektroda), a najdulja na tjemenom režnju (Cz i Pz elektrode) (Polich, 1997). Postoje individualne razlike u njezinoj duljini koje su povezane s brzinom mentalnih funkcija pa su tako kraće latencije povezane s boljim kognitivnim sposobnostima (Polich i sur., 1983; prema Polich, 2007). Generatori komponente P3 uključuju hipokampus, gornji sljepoočni žlijeb, ventrolateralnu prefrontalnu koru i unutrašnji dio središnjeg žlijeba (Halgren i sur., 1998). Neki autori misle da su među generatorima ove komponente još i središnja sljepoočna vijuga i retikularnotalamičke jezgre (Micco i sur., 1995), a mnogi se slažu da su generatori ove komponente višestruki i međusobno relativno neovisni, tj. da su odraz središnjeg integracijskog sustava sa široko uspostavljenim vezama kroz mozak. Analizom latencija dobivenih valova možemo dobiti podatke o maturaciji slušne kore, percepciji zvučnog podražaja, o brzini provođenja, o diskriminaciji dvaju ili više podražaja te o njihovoj kognitivnoj obradi.

1.2.2. CAEP i govorni podražaj

Standardizirani podražaj koji se koristi u CAEP-u je "tonski prasak" (TB, engl. *Tone-Burst*), kratki podražaj trajanja 50 ms. Međutim, kao podražaj u CAEP-u može se koristiti i govorni podražaj, tj. podražaj sastavljen od glasova određenog jezika. Govorni podražaj, u odnosu na tonski prasak, omogućuje uvid u slušnu obradu kompleksnijih zvukova kao što je govor. Govorne evocirane potencijale (EP) u djece s UMP-om ispitivalo je nekoliko autora. Tako su Micco i suradnici (1995) koristili govorni podražaj u *oddball* paradigmi. To su bili slogovi "da" i "di". Ispitanici su bili djeca s UMP-om koja su imala dobro razvijeno slušanje. Ispitivanje je pokazalo da u latenciji i amplitudi komponente P3 nije bilo nikakvih razlika između djece s UMP-om i djece uredna sluha. Također, nije bilo razlike između grupa u latencijama komponenti N1 i P2. Komponentu P1 nisu uzeli u obzir. Budući da komponenta P3 odražava kognitivne procese, zaključili su da ona može poslužiti za procjenu kognitivnih sposobnosti prilikom slušne obrade podražaja. Drugo je istraživanje

(Beynon i Snik, 2004) pokazalo da su latencije komponenti N1-P2-P3 produljene u djece s UMP-om u usporedbi s djecom uredna sluha, bilo da se radi o onima koji imaju dobro razvijeno slušanje ili onima koji ga nemaju. Za govorni podražaj latencija komponente P3 bila je izrazito produljena u djece s UMP-om čije se slušanje slabije razvija. Zaključili su da kod te djece postoji nezrelost subkortikalnih struktura odgovornih za slušnu, tj. fonološku obradu. I u prijašnjem istraživanju pokazali su da komponenta P3 može poslužiti kao evaluacija razlike između dobrih i loših korisnika umjetne pužnice te da je P3 rezultat različitih moždanih aktivnosti koje su odgovorne za fonološku diskriminaciju (Beynon i sur., 2002). U grupi lošijih ispitanika s UMP-om latencija komponente P3 javila se 150 ms kasnije nego u ispitanika uredna sluha i onih koji se dobro koriste UMP-om. Za latencije komponenti N1-P2 nisu našli značajne statističke razlike pa su zaključili da latencije tih komponenti nisu pogodne za razlikovanje dobrih od loših korisnika UMP-a. Kileny i suradnici (1997) uspoređivali su govorni i tonski podražaj i dobili produljene latencije za govorni podražaj. To tumače njegovom kompleksnošću koja zahtijeva i kompleksniju kortikalnu obradu. Groenen i suradnici (2001) istraživali su komponente EP-a kod djece s UMP-om koristeći tri vrste govornog podražaja: "ba"- "da" / "ba"- "pa" / "i"- "a". Najveća odstupanja u latencijama pokazala su se za podražaje "ba"- "pa" i "ba"- "da". Latencije komponente N1 bile su produljene za sve vrste podražaja. Latencije komponente P3 uspoređene su s rezultatima govornog testa i pokazalo se da koreliraju te da komponenta P3 može biti dodatna evaluacijska jedinica jezičnog razumijevanja. Gotovo sva istraživanja koja su rađena na populaciji osoba s UMP-om, bilo djeci bilo odraslima (misli se na postlingvalno gluhe), čije se slušanje nije razvijalo prema očekivanjima, pokazala su da je latencija P3 bila produljena. Time se dokazuje da je komponenta P3 dobar pokazatelj senzorne kortikalne obrade i da može dati dobre podatke o akustičko-fonološkom procesiranju. Točnost odgovora na ciljni podražaj i brzina reakcijskog vremena pokazuju svjesnu integraciju percipirane slušne obavijesti (Henkin i sur., 2008; Henkin i sur., 2009). Grupa autora (Makhdoum i sur., 1997) uspoređivala je sve vrste slušnih potencijala (potencijale moždanog debla, potencijale srednjih latencija i potencijale kasnih latencija) i zaključila da nema korelacije između komponenti N1-P2 i ranijih valova. Našli su i povezanost duljine i latencije P2 s razumijevanjem u govornom testu. Preporučuju CAEP kao mjeru prije operativne procjene ugradnje UMP-a, ali i poslije operativne procjene dobrobiti koju ugradnja donosi.

2. CILJ, PROBLEMI I HIPOTEZE ISTRAŽIVANJA

2.1. Cilj istraživanja

Cilj ovog istraživanja bio je pomoću objektivnih, elektrofizioloških audioloških pretraga ispitati postoji li razlika u kortikalnim odgovorima između djece s UMP-om koja dobro slušno-govorno napreduju i onih koja, unatoč redovitoj rehabilitaciji, ne napreduju prema očekivanju, te njihove rezultate usporediti s djecom uredna sluha i govora.

2.2. Problemi

S obzirom na cilj istraživanja dva su problema koja se pokušalo riješiti. Prvi problem je bio ispitati postoji li razlika u latencijama P1, N1, P2, N2 i P3 komponenti u tri skupine djece: skupina djece sa slabijim razvojem govora i slušanja nakon ugradnje UMP-a (S2), skupina djece s urednim razvojem slušanja i govora nakon ugradnje UMP-a (S3) i kontrolne skupine djece urednog sluha i govora (S1). Drugi problem je bio ispitati postoji li razlika u latencijama P1, N1, P2, N2 i P3 komponenti ove tri skupine djece s obzirom na govorni ili tonski podražaj.

2.3. Hipoteze

Hipoteza 1 je bila da se očekuje postojanje razlike u duljini latencija između (S1) kontrolne skupine djece urednog sluha i govora i (S2) djece čiji se govor i slušanje nakon ugradnje UMP-a slabije razvijaju te da ne postoji razlika u duljini latencija između (S1) djece s urednim sluhom i jezično-govornim razvojem i (S3) djece s ugrađenim UMP-om u kojih se govor i slušanje dobro razvijaju. Hipoteza 2 je bila da se očekuje kako postoji razlika u duljini latencija između (S1) i (S2) te između (S2) i (S3), ali samo za podražaj DS.

3. METODA

3.1. Ispitanici

Ispitanici su bila djeca muškog i ženskog spola u dobi od osam do deset godina. Dob ispitanika odabrana je zbog socijalne zrelosti. Naime, bilo je potrebno da za vrijeme ispitivanja ispitanik bude miran i budan jer se odgovor značajno mijenja u slučaju

nemira ili sna. Spol ispitanika nije uzet kao varijabla. Ispitanici su bili podijeljeni u tri ispitne skupine. S1 sastojala se od desetero (10) djece uredna sluha i govora, S2 se sastojala od desetero (10) djece s ugrađenim UMP-om, koja usporeno napreduju u slušno-govornoj rehabilitaciji i S3 se sastojala od desetero (10) djece s ugrađenim UMP-om, koja dobro napreduju u slušno-govornoj rehabilitaciji. Ispitanici iz S1 izdvojeni su metodom slučajnog izbora iz populacije djece nekoliko zagrebačkih osnovnih škola. U ispitivanju je sudjelovalo šest (6) djevojčica i četiri (4) dječaka. Sva djeca bila su bez jezično-govornog poremećaja, urednog slušnog statusa te bez neuroloških, motoričkih i psiholoških deficita (povijest bolesti). Ispitanici iz S2 su uključeni u program kompleksne rehabilitacije slušanja i govora u Poliklinici Suvag, Zagreb. U ispitivanju je sudjelovalo sedam (7) dječaka i tri (3) djevojčice. Ispitanici iz S3 su prošli program kompleksne rehabilitacije u Poliklinici Suvag te su uključeni u redovne uvjete školovanja u svojim matičnim sredinama. Sada povremeno dolaze u Polikliniku Suvag na kontrolne preglede i prilagodbu procesora. U ispitivanju je, također, sudjelovalo sedam (7) dječaka i tri (3) djevojčice. Djeca iz S2 i S3 odabrana su prema nekoliko kriterija kako bi bila što ujednačenija. Posebno se vodilo računa o dobi u kojoj je ugrađen UMP. Ispitivana su samo djeca kojima je UMP ugrađen do četvrte godine života, budući da je to jedan od najvažnijih kriterija uspješnosti UMP-a (Sharma i sur., 2002a, 2002b; Sharma i sur., 2005). Kod sve djece oštećenje je bilo prelingvalno. Rehabilitacija slušanja i govora za svakog ispitanika započela je prije ugradnje UMP-a i nastavila se odmah po njezinu uključanju. Psihološki, fizijatrijski i neurološki status u svih ispitanika bio je bez odstupanja, a periferna vestibularna osjetljivost uredna (povijest bolesti). Kriterij za uključivanje u S2 ili S3 bio je nalaz govornog audiograma (GA). Djeca iz Skupine 3 imala su KAPRU (kapacitet polja razabirljivosti) u rasponu od 80% do 100%, a djeca iz S2 manju od 80%. KAPRA predstavlja mjeru razabirljivosti u govornom audiogramu, a izražava se u postotcima. Slušna razina (TA) kod svih je ispitanika bila u rasponu od 15 do 35 dB. Svi ispitanici iz S2 i S3 korisnici su UMP-a istog proizvođača (Cochlear – Cochlear Nucleus 24R(CA)) te tako imaju mogućnost korištenja jednakog broja kanala. Elektroda ovog tipa UMP-a ima 24 kanala (22 unutrašnja i 2 vanjska). Svi ispitanici su u vrijeme snimanja imali uključene sve kanale. Uključen veći broj kanala omogućuje i bolji razvoj slušanja (Friesen i sur., 2001). Ispitivanja su provedena u Poliklinici za rehabilitaciju slušanja i govora SUVAG, a Etičko povjerenstvo Poliklinike ih je

odobrilo. Sva djeca imala su pisani pristanak roditelja te su i sama dobrovoljno pristupila ispitivanju.

3.2. Postupak provođenja ispitivanja

Snimanje ispitanika provedeno je na 32-kanalnom aparatu za moždanu kartografiju tipa Neuroscan, Compumedics Neuroscan, El Paso, TX, USA. Korištena je kapa s elektrodama raspoređenima prema 10-20 internacionalnom sustavu. Referentne elektrode bile su postavljene na obje mastoidne kosti. Otpor na svakoj elektrodi bio je manji od 5 kOhm.

Analiza je rađena na Cz elektrodi. Komponente su mjerene na usrednjenim podacima za svakog ispitanika posebno pri čemu je napravljen i *baseline correction* za svakog posebno te su kao takve unesene u analizu. Mjerene su latencije vršne amplitude. Ispitanici su za vrijeme snimanja ležali na udobnom ležaju, zaklopljenih očiju. Ležeći položaj je odabran kako bi djeca bila što opuštenija pa time i mirnija, odnosno da se ne bi pomicala. Zaklopljene oči su uobičajeni način kod provođenja ispitivanja slušnih evociranih potencijala da se izbjegnu pomaci oka i treptanje. Kad su bili sigurni da su čuli drukčiji, rijetki podražaj, kažiprstom dominantne ruke pritisnuli bi gumb. Svi ispitanici su bili dešnjaci. Svakom ispitaniku je objašnjeno što će slušati i na koji podražaj treba pritisnuti gumb te se prije svakog snimanja provjerilo je li ispitanik razumio zadatak. Analizirao se postotak točnih odgovora kao i vrijeme reakcije. Prostorija u kojoj se snimalo bila je tiha, izolirana soba s pripadajućom opremom. Snimanje svakog ispitanika trajalo je otprilike jedan sat uključujući pripremu, snimanje i odmor između dvije vrste podražaja. Snimanje za svaku vrstu podražaja trajalo je po 15 minuta. Ispitanici su snimanju pristupali dobrovoljno i u dobrom raspoloženju. U ispitivanju su korištene dvije vrste podražaja. Jedna vrsta podražaja bila je "tonski prasak" (TB), a druga "dupli slog" (DS).

U oba snimanja primjenjivala se *oddball* paradigma. Odnos između ciljnog i neciljnog podražaja bio je 4:1, a ukupno je bilo 500 podražaja u jednoj paradigmi. Podražaji su se prezentirali preko zvučnika (Trust 460P SoundForce) koji je bio postavljen 20 cm od glave ispitanika, na strani na kojoj se nalazi UMP. Jačina podražaja na ulazu u mikrofonski procesor umjetne pužnice mjerila se SPL metrom (Digital-Display Sound-Level Meter, Model: 33-2055). Podražaj je bio jačine 70 dB

SPL-a na ulazu u mikrofonski UMP-a. Ispitanicima iz S1 nedominantno uho maskirano je bijelim šumom jednakog intenziteta kao i podražaj. Svi EP-i snimani su u propusnom frekvencijskom području pojačala s donjom graničnom frekvencijom od 0,1 Hz i gornjom graničnom frekvencijom od 30 Hz. Faktor pojačanja bio je 60.000 puta. Ovaj zadatak već je prethodno korišten u nekoliko publiciranih istraživanja.

3.2.1. Podražaj

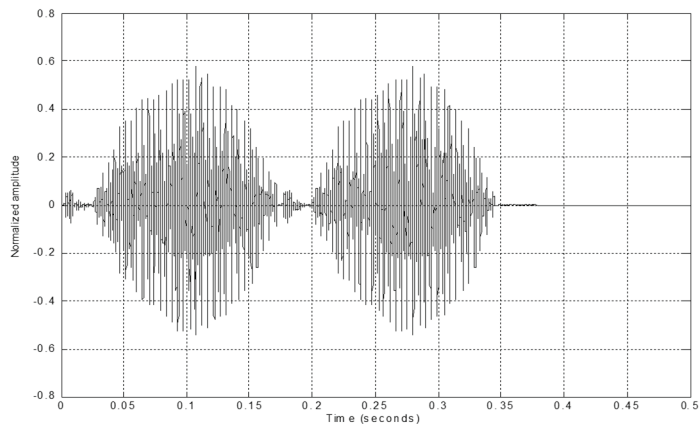
3.2.1.1. Podraživanje "tonskim praskom" (TB)

Za podraživanje tonskim praskom (TB) koristio se TB frekvencije 1.000 Hz i 2.000 Hz. Ove su frekvencije odabrane jer ulaze u frekvencije govornog područja. Razlikuju se za jednu oktavu, što je dobra osnova da ih se sigurno slušno razlikuje.

Česti ili neciljni TB bio je frekvencije 1.000 Hz. Vrijeme uspona i pada podražaja bilo je 10 ms. Plato trajanja podražaja nakon uspona bio je 30 ms. Rijetki ili ciljni TB bio je jednakih karakteristika kao i česti/neciljni, osim frekvencije koja je bila 2.000 Hz. Vremenski prozor u kojem se promatrao odgovor bio je 100 ms prije i 1.000 ms poslije početka podražaja. Broj usrednjenih odziva na ciljne podražaje (bez artefakata) bio je 50. Interval između dva podražaja bio je 2,5 s.

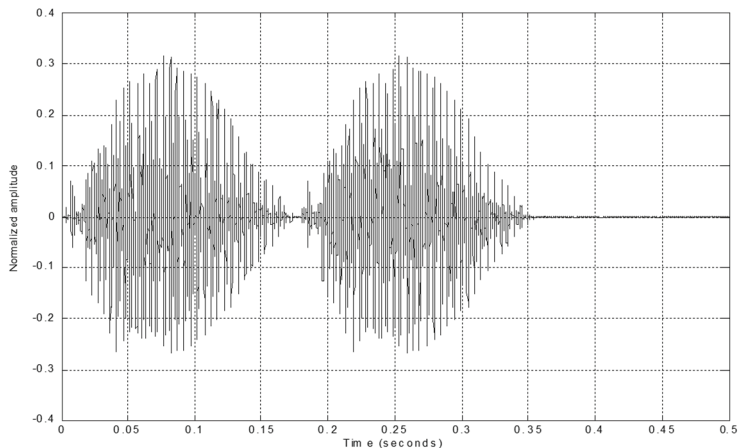
3.2.1.2. Podraživanje "duplim slogom" (DS)

Za podraživanje "duplim slogom" (DS) koristila su se dva dupla sloga. Jedan DS bio je "ka-ka" (česti ili neciljni podražaj) (Slika 1), a drugi "te-te" (rijetki ili ciljni) (Slika 2). Glasovi od kojih su slogovi sastavljeni odabrani su zbog frekvencijskog raspona njihovih optimala. Optimala je frekvencijski interval od jedne oktave, određen za svaki glas, unutar kojeg se određeni glas najbolje razumije kao glas hrvatskog jezika. Tako je optimalno frekvencijsko područje za glasove *k* i *a* od 800 do 1.600 Hz, a za glasove *t* i *e* od 1.600 do 3.200 Hz. Prva oktava (frekvencijski raspon za glasove *k* i *a*) u sebi sadrži frekvenciju od 1.000 Hz, a drugi raspon od 1.600 do 3.200 Hz sadrži frekvenciju od 2.000 Hz, što je važno radi uspoređivanja TB-a i DS-a. Tako je česti/neciljni podražaj bio dupli slog "ka-ka", a rijetki/ciljni podražaj je bio "te-te". Vrijeme trajanja DS-a bilo je 370 ms, a vremenski razmak među njima 30 ms.



Slika 1. Podražaj dupli slog (DS) "ka-ka"

Figure 1. Stimulus – duplicated syllable (DS) "ka-ka"



Slika 2. Podražaj dupli slog (DS) "te-te"

Figure 2. Stimulus – duplicated syllable (DS) "te-te"

Pomoću NeuroScan Edit softvera snimljeni EEG podaci su usrednjeni, a dobivene vrijednosti su analizirane deskriptivnom statistikom, Kruskal-Wallisovim

testom, Mann-Whitneyevim testom, te Wilcoxonovim testom u SPSS programu verzija 15.0. Deskriptivna statistika uključuje prikaz pokazatelja srednje vrijednosti i varijabiliteta latencija i reakcijskih vremena za tri skupine djece koje su sudjelovale u istraživanju. Za usporedbu značajnosti razlika u latencijama i reakcijskim vremenima triju skupina korišteni su neparametrijski testovi s obzirom na veličinu uzorka te rezultate deskriptivne statistike. Također je napravljen tzv. *grand average* – usrednjeni valni oblici zbrojeni u jedan valni oblik svih sudionika pojedine skupine za sve vrste podražaja, pa će biti prikazani zajedno sa statističkim rezultatima radi usporedbe.

4. REZULTATI

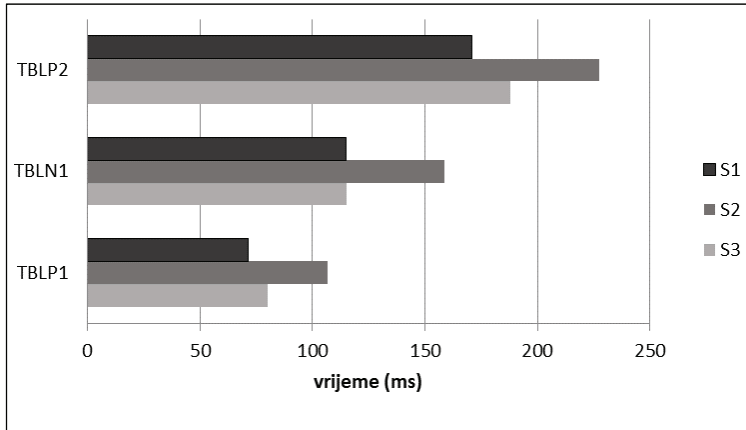
4.1. Latencije ispitivanih valova za podražaj "tonski prasak" (TB, engl. *Tone Burst*)

4.1.1. Latencije odgovora za neciljni podražaj TB

Rezultati deskriptivne statistike za latencije vala P1 pokazali su da se djeca iz S1 i djeca iz S3 statistički značajno razlikuju od djece iz S2 ($\chi^2 = 16,46$; $df = 2$; $p < 0,01$). Djeca iz S1 su imala kraće latencije vala P1 ($Z_{1,2} = -3,78$; $p < 0,01$), a također i djeca iz S3 ($Z_{2,3} = -2,50$; $p < 0,05$) u odnosu na djecu iz S2. Djeca iz S1 nisu se značajno razlikovala od djece iz S3 ($Z_{1,3} = -1,97$; $p > 0,01$).

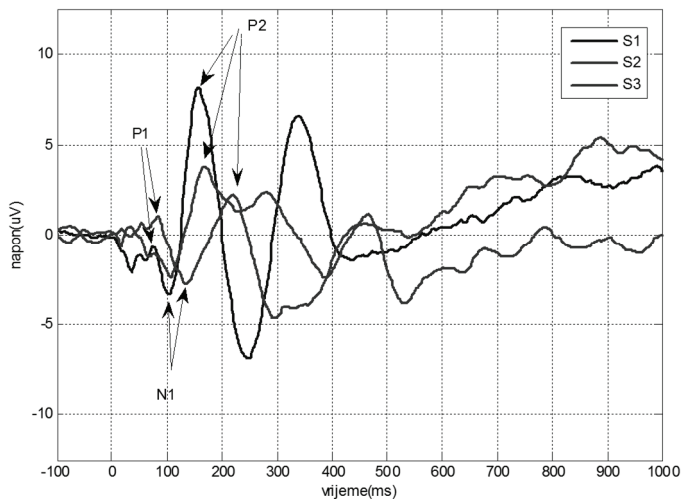
Rezultati testiranja značajnosti za latencije vala N1 pokazali su da su djeca iz S1 i djeca iz S3 imala slične latencije vala N1, dok su djeca iz S2 imala nešto dulje prosječne rezultate za latencije vala N1. Rezultati testiranja značajnosti između S1 i S2 pokazali su značajne razlike u postignutim vrijednostima dviju skupina. Djeca iz S1 i S3 imala su statistički značajno kraće latencije u odnosu na djecu iz S2 ($Z_{1,2} = -3,06$; $p < 0,01$, $Z_{2,3} = -3,25$; $p < 0,01$). Nije bilo statistički značajne razlike između S1 i S3 ($Z_{1,3} = -1,02$; $p > 0,01$).

Nadalje, iz rezultata je vidljivo da su djeca iz S1 i S3 imala slične latencije vala P2, dok su djeca iz S2 imala dulje latencije u odnosu na djecu iz S1 i S3. Navedeni trend dužih latencija vala P2 u S2 je bio i statistički značajan ($\chi^2 = 12,07$; $df = 2$; $p < 0,01$). Djeca iz S2 postigla su statistički značajno dulju prosječnu latenciju vala P2 u odnosu na djecu iz S1 ($Z_{1,2} = -3,18$; $p < 0,01$) i djecu iz S3 ($Z_{2,3} = -2,15$; $p < 0,05$). Djeca iz S1 i djeca iz S3 u prosjeku su postigla iste latencije vala P2 za podražaj TB ($Z_{1,3} = -1,82$; $p > 0,01$).



Slika 3. Srednje vrijednosti latencija valova P1, N1 i P2 za neciljni podražaj TB
Figure 3. Mean values of the P1, N1 and P2 latencies for non-target TB stimulus

Na Slici 3 grafički su prikazane srednje vrijednosti latencija za podražaj TB u sve tri skupine. Za sva tri vala (P1, N1 i P2) vidljiv je trend produženih latencija u S2 u odnosu na S1 i S3. Također je vidljivo da su za val N1 djeca iz S1 i S3 imala podjednaku dužinu latencija, a za valove P1 i P2 razlika među njima je mala.



Slika 4. Grand average CAEP-a za neciljni podražaj TB – elektroda Cz
Figure 4. CAEP grand average for non-target TB stimulus – Cz electrode

Na Slici 4 prikazani su CAEP-i za neciljni podražaj TB na Cz elektrodi, za svaku pojedinu skupinu. Vidljiva je razlika u latencijama vala N1 i P2 između S1 i S3 u odnosu na S2. Latencije ovih valova u S2 bile su dulje u odnosu na druge dvije skupine.

4.1.2. Latencije odgovora za ciljni podražaj TB

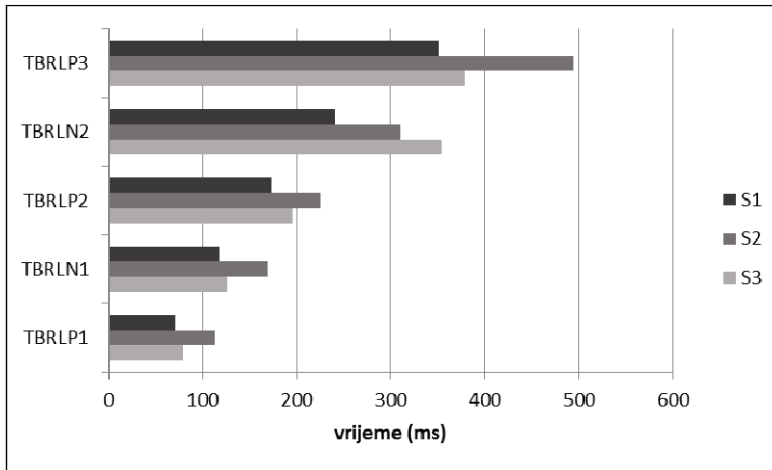
Rezultati statističke obrade za ciljni/rijetki podražaj TB za latencije vala P1 pokazali su da su djeca iz S1 i djeca iz S3 imala kraće latencije u odnosu na S2, a taj trend je bio i statistički značajan ($\chi^2 = 16,22$; $df = 2$; $p < 0,01$; $Z_{1,2} = -3,78$; $p < 0,01$; $Z_{2,3} = -2,73$; $p < 0,01$). Djeca iz S1 nisu se značajno razlikovala od djece iz S3 ($Z_{1,3} = -1,15$; $p > 0,01$).

Rezultati za latencije vala N1 za sve tri skupine djece i testiranje razlika u postignutim vrijednostima između te tri skupine pokazalo je da su djeca iz S1 i djeca iz S3 imala slične latencije vala N1, dok su djeca iz S2 imala nešto dulje latencije vala N1. Nađene su statistički značajne razlike između ove tri skupine djece ($\chi^2 = 13,54$; $df = 2$; $p < 0,01$). Značajne razlike su bile između S1 i S2 ($Z_{1,2} = -3,21$; $p < 0,01$) kao i između S2 i S3 ($Z_{2,3} = -2,84$; $p < 0,01$). Obje skupine imale su značajno kraće latencije ovog vala u odnosu na Skupinu 2. Djeca iz S1 i djeca iz S3 nisu se statistički značajno razlikovala u latencijama vala N1 ($Z_{1,3} = -1,40$; $p > 0,01$).

Prosječne latencije vala P2 bile su statistički značajno dulje u Skupini 2 u odnosu na Skupinu 1 kao i na Skupinu 3 ($\chi^2 = 11,79$; $df = 2$; $p < 0,01$; $Z_{1,2} = -3,10$; $p < 0,01$; $Z_{1,3} = -2,27$; $p < 0,05$). Nije bilo statistički značajne razlike između Skupina 2 i 3 ($Z_{2,3} = -1,70$; $p > 0,01$), premda je iz rezultata vidljivo da su vrijednosti (M – medijana i C – aritmetičke sredine) u Skupini 3 bile bliže onima u S1 nego onima u Skupini 2.

Rezultati za latencije vala N2 pokazali su da su djeca iz S1 imala najkraće latencije, a djeca iz S2 i S3 nešto dulje. Navedeni trend u latencijama vala N2 bio je i statistički značajan ($\chi^2 = 18,82$; $df = 2$; $p < 0,01$). Djeca iz S1 imala su statistički značajno kraće prosječne vrijednosti latencija u odnosu na djecu iz S2 ($Z_{1,2} = -3,11$; $p < 0,01$) i S3 ($Z_{1,3} = -3,36$; $p < 0,01$). Djeca iz S2 i S3 nisu se statistički značajno razlikovala ($Z_{2,3} = -2,50$; $p > 0,05$), iako je iz rezultata vidljiv trend većih vrijednosti M i C u S3.

Prosječne latencije vala P3 u S1 i S3 bile su slične i nešto kraće od prosječnih latencija u S2. Između skupina je postojala statistički značajna razlika ($\chi^2 = 13,76$; $df = 2$; $p < 0,01$). Statistički značajna razlika postojala je između Skupine 1 i Skupine 2 ($Z_{1,2} = -3,10$; $p < 0,01$) te između S2 i S3 ($Z_{2,3} = -2,87$; $p < 0,01$). Između S1 i S3 nije bilo statistički značajne razlike ($Z_{1,3} = -1,82$; $p > 0,01$).

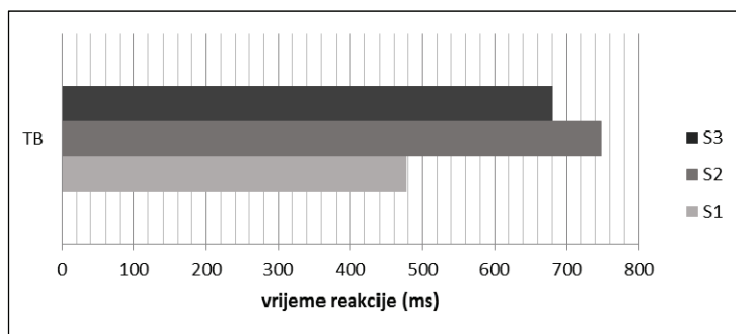


Slika 5. Srednje vrijednosti latencija valova P1, N1, P2 i P3 za ciljni podražaj TB
Figure 5. Mean values of the P1, N1, P2 and P3 latencies for target TB stimulus

Na Slici 5 grafički su prikazane srednje vrijednosti latencija za rijetki/ciljni podražaj TB za sve tri skupine. Vidljivo je da su latencije svih analiziranih valova bile najkraće u Skupini 1, a najdulje u S2, osobito za val P3. Iako su u S3 latencije ovih valova bile nešto dulje u odnosu na S1, te razlike nisu značajne, osim u latencijama vala N2 koje su u S3 bile najdulje u odnosu na sve tri skupine.

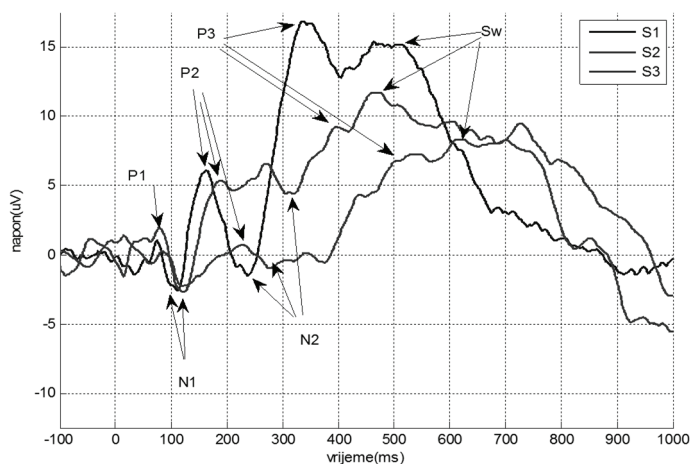
4.1.2.1. Vremena reakcije (VR) i točnost odgovora na ciljni podražaj TB

Iz rezultata deskriptivne statistike za vremena reakcije vidljivo je da je S1, u odnosu na S2 i S3, imala najkraće vrijeme reakcije. Ova razlika je bila i statistički značajna ($\chi^2 = 13,91$; $df = 2$; $p < 0,01$). Daljnja analiza je pokazala kako se S1 značajno razlikovala od S2 ($Z_{1,2} = 7,00$; $p < 0,01$) i S3 ($Z_{1,3} = 9,00$; $p < 0,01$).



Slika 6. Srednje vrijeme reakcije na ciljni podražaj TB za sve tri skupine
Figure 6. Mean value of reaction time for target TB stimulus for all three groups

Na Slici 6 grafički su prikazana vremena reakcije na ciljni podražaj TB u sve tri skupine. Vidljivo je da je vrijeme reakcije najduže u S2, a najkraće u S1. Vrijeme reakcije na ciljni podražaj TB u S3 je kraće nego u S2, ali ipak duže nego u S1. U S1 točnost odgovora na ciljni podražaj bila je 99,2%, u S2 je bila 86,8%, dok je u S3 iznosila 98,2%.



Slika 7. *Grand average* CAEP-a za ciljni podražaj TB – elektroda Cz
Figure 7. CAEP *grand average* for target TB stimulus – Cz electrode

Na Slici 7 prikazani su CAEP-i za ciljni podražaj TB na Cz elektrodi, za svaku pojedinu skupinu. Vidljiva je razlika u latencijama valova P2 i P3 između S1 i S3 u odnosu na S2. Latencije ovih valova u S2 bile su duže u odnosu na druge dvije skupine.

4.2. Latencije ispitivanih valova za podražaj "dupli slog" (DS)

4.2.1. Latencije odgovora za neciljni podražaj DS

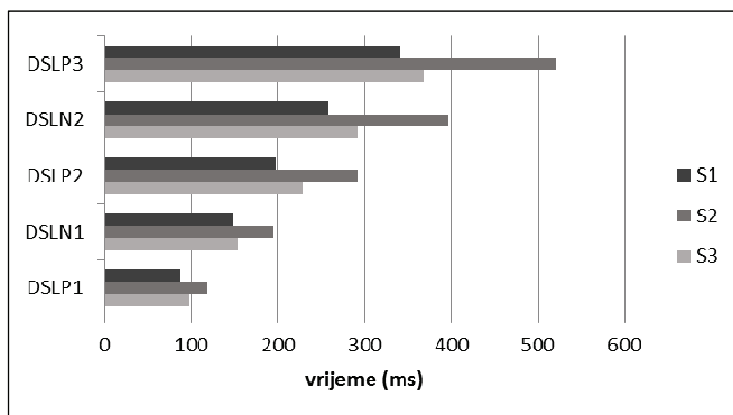
Rezultati deskriptivne statistike za latencije valova P1, N1, P2, N2 i P3 za neciljni/česti podražaj DS za latencije vala P1 pokazali su da su se djeca iz S1 statistički značajno razlikovala od skupine djece koja se nakon ugradnje UMP-a slabije razvijaju (S2) ($\chi^2 = 16,46$; $df = 2$; $p < 0,01$). Djeca iz S1 imala su kraće latencije vala P1 od djece iz S2 ($Z_{1,2} = -2,58$; $p < 0,01$). Djeca iz S1 i djeca iz S3 nisu se statistički značajno razlikovala ($Z_{1,3} = -1,06$; $p > 0,01$). Također, nije postojala statistički značajna razlika između S2 i S3 ($Z_{2,3} = -1,32$; $p > 0,01$). Međutim, iz rezultata M, C i Sd vidljivo je da su ti rezultati u S3 ($M = 97,40$; $C = 96,00$; $Sd = 23,45$) bili bliži onima u S1 ($M = 87,10$; $C = 80,00$; $Sd = 15,89$) nego onima u S2 ($M = 119,00$; $C = 104,50$; $Sd = 33,69$). Dakle, postojao je trend kraćih latencija u S3 u odnosu na S2.

Rezultati za latencije vala N1 pokazali su da nije bilo statistički značajne razlike među S1, S2 i S3 ($\chi^2 = 2,84$; $df = 2$; $p > 0,01$). Međutim, vidljivo je da je u S2 postojao trend duljih latencija ($M = 195,50$; $C = 180,50$; $Sd = 81,07$) i u odnosu na S1 ($M = 148,40$; $C = 121,00$; $Sd = 52,38$) i S3 ($M = 154,00$; $C = 162,00$; $Sd = 31,72$).

Iz tablice je također vidljivo da su djeca iz S2 imala najdulje latencije vala P2. Navedeni trend je bio i statistički značajan ($\chi^2 = 9,47$; $df = 2$; $p < 0,01$). Statistički značajno su se razlikovali od djece iz S1 ($Z_{1,2} = -2,69$; $p < 0,01$) te djece iz S3 ($Z_{2,3} = -2,34$; $p < 0,05$). Djeca iz S1 i S3 nisu se međusobno statistički značajno razlikovala ($Z_{1,3} = -1,25$; $p > 0,01$).

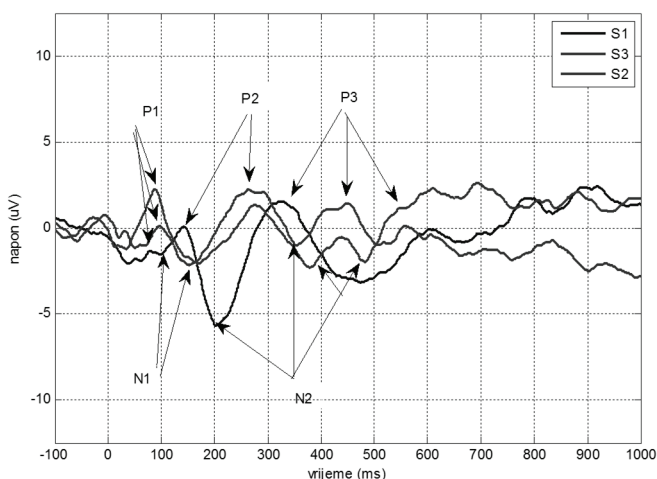
Rezultati deskriptivne statistike za latencije vala N2 pokazali su da su djeca iz S2 imala najduže latencije. Navedeni trend je bio i statistički značajan ($\chi^2 = 16,89$; $df = 2$; $p < 0,01$). Statistički značajno su se razlikovala od djece iz S1 ($Z_{1,2} = -3,55$; $p < 0,01$) i djece iz S3 ($Z_{2,3} = -3,37$; $p < 0,05$). Djeca iz S1 i S3 nisu se međusobno statistički značajno razlikovala ($Z_{1,3} = -1,13$; $p > 0,01$).

Prosječne latencije vala P3 u S1 i S3 bile su slične i nešto kraće od prosječnih latencija u S2. Navedeni trend u latencijama je bio i statistički značajan ($\chi^2 = 18,28$; $df = 2$; $p < 0,01$). Statistički značajna razlika postojala je između S1 i S2 ($Z_{1,2} = -3,78$; $p < 0,01$) te između S3 i S2 ($Z_{2,3} = -3,48$; $p < 0,01$). Između S1 i S3 nije bilo statistički značajne razlike ($Z_{1,3} = -0,83$; $p > 0,01$).



Slika 8. Srednje vrijednosti latencija valova P1, N1, P2 i P3 za neciljni podražaj DS
Figure 8. Mean values of the P1, N1, P2 and P3 latencies for non-target DS stimulus

Na Slici 8 grafički su prikazane srednje vrijednosti latencija svih analiziranih valova za neciljni podražaj DS za sve tri skupine. Vidljivo je da su latencije svih valova bile najdulje u S2. Posebno je ta razlika uočljiva za valove N2 i P3. S3 je bila jako slična S1 u latencijama valova P1 i N1, dok je za valove P2, N2 i P3 imala malo dulje latencije.



Slika 9. Grand average CAEP-a za neciljni podražaj DS – elektroda Cz
Figure 9. CAEP grand average for non-target DS stimulus – Cz electrode

Na Slici 9 prikazani su CAEP-i za ciljni podražaj TB na Cz elektrodi, za svaku pojedinu skupinu. Vidljiva je razlika u latencijama vala N2 između S1 i S2. Latencije vala N2 značajno su kraće u S1 u odnosu na S2. Uočljiva je promijenjena morfologija vala N2 u S2. Također je vidljivo da su latencije vala P3 najdulje u S2.

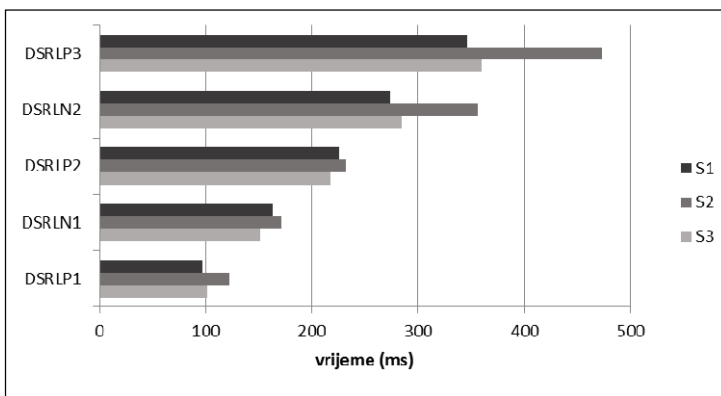
4.2.2. Latencije odgovora za ciljni podražaj DS

Iz rezultata deskriptivne statistike za latencije valova P1, N1, P2, N2 i P3 za podražaj ciljni/rijetki DS vidljivo je da nije bilo statistički značajne razlike u vrijednostima latencija za val P1 među skupinama ($\chi^2 = 5,24$; $df = 2$; $p > 0,01$), ali je uočljivo da je postojao trend kraćih latencija u S1 i S3 u odnosu na S2.

Rezultati su pokazali da za latencije vala N1 nije bilo statistički značajne razlike među skupinama ($\chi^2 = 1,43$; $df = 2$; $p > 0,01$). Iz rezultata je također vidljivo da nije postojala statistički značajna razlika ni u latencijama vala P2 ($\chi^2 = 0,82$; $df = 2$; $p > 0,01$). Međutim, valja naglasiti da je najkraće latencije vala P2 imala S3.

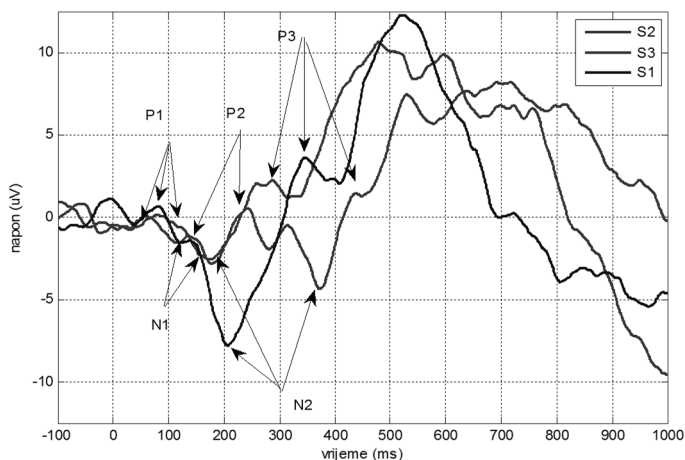
Statistički značajne razlike među skupinama nije bilo niti u vrijednostima latencija za val N2 ($\chi^2 = 5,34$; $df = 2$; $p > 0,01$). Međutim, i ovdje je uočljivo da postoji trend kraćih latencija u S1 i S3 u odnosu na S2.

Prosječne latencije vala P3 u S1 i S3 bile su nešto kraće od prosječnih latencija u S2, a ta razlika među skupinama bila je i statistički značajna ($\chi^2 = 17,64$; $df = 2$; $p < 0,01$). Statistički značajna razlika postojala je između S1 i S2 ($Z_{1,2} = -3,78$; $p < 0,01$) te između S2 i S3 ($Z_{2,3} = -3,40$; $p < 0,01$). Između S1 i S3 nije bilo statistički značajne razlike ($Z_{1,3} = -0,45$; $p > 0,01$).



Slika 10. Srednje vrijednosti latencija valova P1, N1, P2 i P3 za ciljni podražaj DS
Figure 10. Mean values of the P1, N1, P2 and P3 latencies for target DS stimulus

Na Slici 10 grafički su prikazane srednje vrijednosti latencija za ciljni/rijetki podražaj DS u sve tri skupine. Vidljivo je da su najdulje latencije svih ispitivanih valova imala djeca iz Skupine 2, osobito za valove N2 i P3. Djeca iz S1 i S3 imala su slične latencije ili su djeca iz S3 za valove N1 i P2 čak imala i kraće latencije.

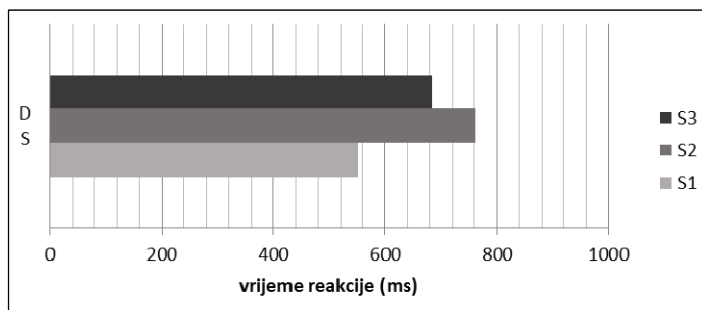


Slika 11. *Grand average* CAEP-a za ciljni podražaj DS – elektroda Cz
Figure 11. CAEP *grand average* for target DS stimulus – Cz electrode

Na Slici 11 prikazani su CAEP-i za ciljni podražaj DS na Cz elektrodi, za svaku pojedinu skupinu. Vidljiva je razlika u latencijama valova N2 i P3 između S1 i S3 u odnosu na S2. Latencije ovih valova u S2 su dulje u odnosu na druge dvije skupine. Djeca iz S2 imaju i promijenjenu morfologiju vala P2.

4.2.2.1. Vremena reakcije (VR) i točnost odgovora na ciljni podražaj DS

Iz rezultata deskriptivne statistike vidljivo je da je S1 u odnosu na S2 i S3 imala najkraće vrijeme reakcije. Ova razlika je bila i statistički značajna ($\chi^2 = 11,15$; $df = 2$; $p < 0,01$). Djeca iz S1 imala su statistički značajno kraće vrijeme reakcije u odnosu na S2 ($Z_{1,2} = 12,00$; $p < 0,01$) i S3 ($Z_{1,3} = 15,00$; $p < 0,01$).



Slika 12. Srednje vrijeme reakcije na ciljni podražaj DS za sve tri skupine
Figure 12. Mean value of reaction time for target DS stimulus for all three groups

Na Slici 12 grafički su prikazana vremena odgovora (reakcije) na ciljni podražaj DS u sve tri skupine. Vidljivo je da je vrijeme odgovora bilo najduže u S2, a najkraće u S1. Vrijeme reakcije u S3 bilo je kraće nego u S2, ali ipak duže nego u S1. U S1 točnost odgovora na ciljni podražaj bila je 100%, u S2 iznosila je 97,6%, dok je u S3 iznosila 98,4%.

4.3. Usporedbe latencija CAEP-a za podražaje "tonski prasak" (TB) i "dupli slog" (DS) unutar skupina

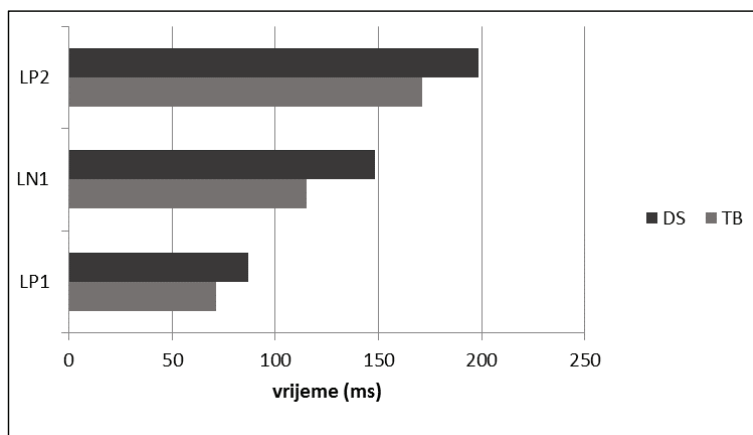
Unutar svake skupine uspoređene su vrijednosti latencija i amplituda CAEP-a za obje vrste podražaja (TB i DS) te je u statističkoj obradi primijenjen Wilcoxonov test.

4.3.1. Usporedba latencija CAEP-a za neciljne podražaje u S1

Rezultati usporedbe latencija neciljnih/čestih podražaja za S1 pokazali su da postoje statistički značajne razlike za pojedine valove.

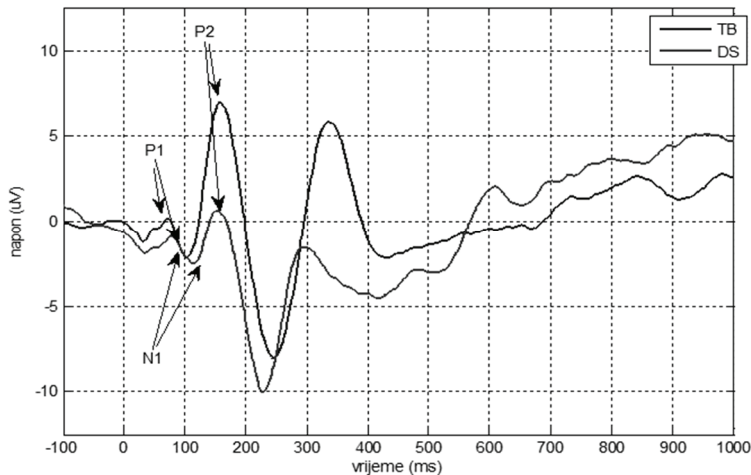
Prosječne latencije vala P1 za podražaj DS bile su statistički značajno dulje u odnosu na prosječne latencije za podražaj TB ($z = -2,19$; $p < 0,05$). Statistički značajna razlika postojala je i za latencije vala N1 ($z = -2,04$; $p < 0,05$) gdje su također latencije za podražaj DS bile duže. Za latencije vala P2 nije bilo statistički značajne razlike među podražajima ($z = -0,56$; $p > 0,05$), ali je postojao trend duljih latencija za podražaj DS.

Navedeni podaci vidljivi su i na Slici 13. U S1 latencije za sva tri ispitivana vala (P1, N1 i P2) duže su za podražaj DS.



Slika 13. Grafički prikaz srednjih latencija neciljnih podražaja TB i DS u S1
Figure 13. Average latencies for TB and DS non-target stimuli in S1

4.3.1.1. Usporedba valnih oblika CAEP-a za neciljne podražaje "tonski prasak" (TB) i "dupli slog" (DS) u S1



Slika 14. Usporedba valnih oblika CAEP-a za neciljne podražaje TB i DS u S1
Figure 14. Comparison of CAEP wave forms for TB and DS non-target stimuli in S1

Na Slici 14 vidljivo je da postoji razlika u latencijama analiziranih valova – duže su za DS. Također je uočljivo da postoji razlika u amplitudama valova P1 i P2 koje su veće za TB nego za DS. Amplitude vala N1 su podjednake za oba podražaja.

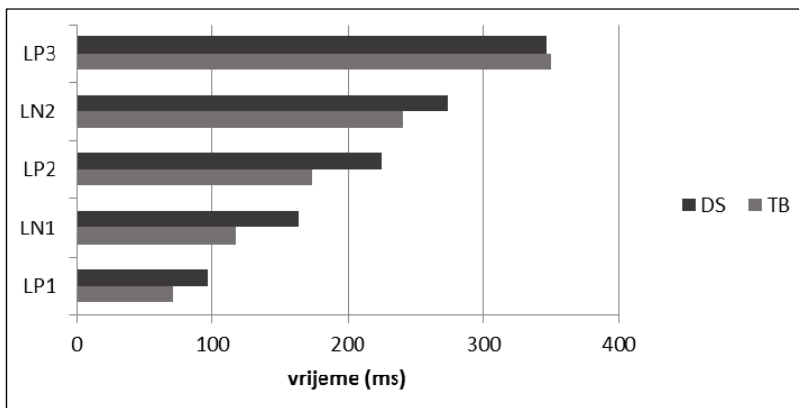
Za neciljni/česti podražaj TB analiziraju se samo valovi P1, N1 i P2 jer se valovi N2 i P3 javljaju samo na ciljni podražaj.

4.3.2. Rezultati usporedbe latencija CAEP-a za ciljne podražaje u S1

Rezultati usporedbe latencija ciljnih/rijetkih podražaja za S1 pokazali su da postoje statistički značajne razlike za pojedine valove.

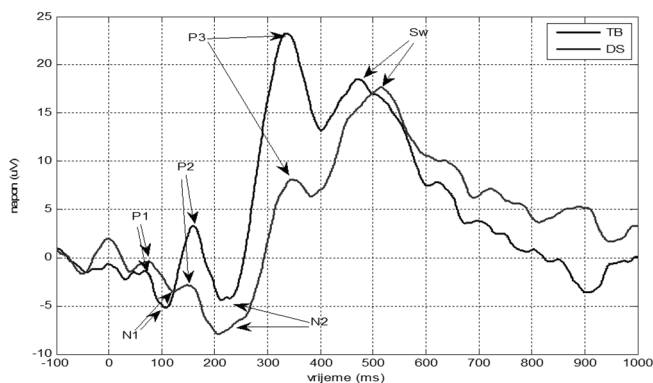
Prosječne latencije vala P1 za podražaj DS bile su statistički značajno dulje u odnosu na prosječne latencije za podražaj TB ($z = -2,49$; $p < 0,05$). Statistički značajna razlika postojala je i za latencije vala N1 ($z = -2,80$; $p < 0,01$) gdje su također latencije za podražaj DS bile dulje. Za latencije vala P2 nije bilo statistički značajne razlike među podražajima ($z = -1,95$; $p > 0,05$), ali je postojao trend duljih latencija za podražaj DS. Prosječne latencije vala N2 za podražaj DS bile su statistički značajno dulje u odnosu na prosječne latencije za podražaj TB ($z = -1,58$; $p < 0,05$). Za latencije vala P3 nije bilo statistički značajne razlike među podražajima ($z = -0,20$; $p > 0,05$).

Navedeni podaci vidljivi su i na Slici 15. Latencije za sve analizirane valove dulje su za podražaj DS, osim za val P3 kad su podjednake za oba podražaja ili nešto kraće za podražaj DS.



Slika 15. Grafički prikaz usporedbe latencija ciljnih podražaja TB i DS u S1

Figure 15. Comparison of latencies for TB and DS target stimuli in S1

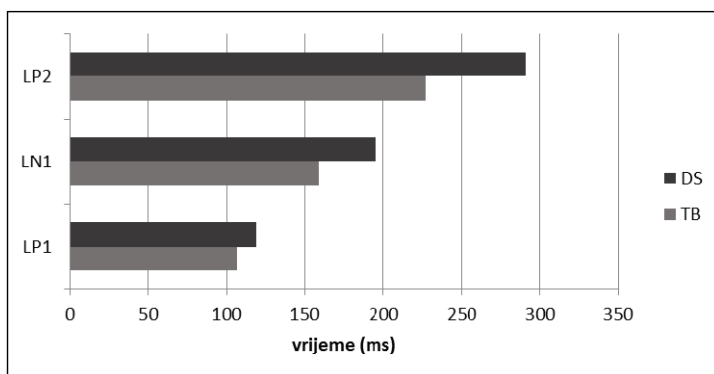


Slika 16. Usporedba valnih oblika CAEP-a za ciljne podražaje TB i DS u S1
Figure 16. Comparison of CAEP wave forms for TB and DS target stimuli in S1

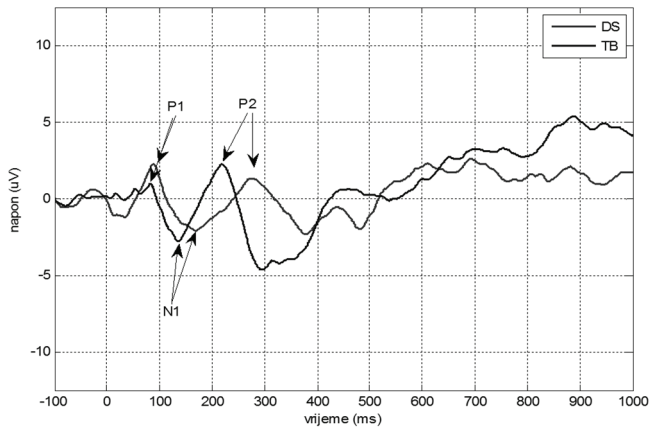
Na Slici 16 vidljivo je da su latencije vala P3 bile podjednake za obje vrste podražaja.

4.3.3. Usporedba latencija CAEP-a za neciljne podražaje u S2

Usporedbom latencija vala P1, između dvije vrste podražaja, iz rezultata je vidljivo da nije postojala statistički značajna razlika između njih ($z = -0,87$; $p > 0,05$). Međutim, uočljivo je da je postojao trend dužih latencija za DS. Rezultati usporedbe latencija vala N1 pokazali su da nije bilo statistički značajne razlike među podražajima ($z = -1,12$; $p > 0,05$), pri čemu je vidljivo da je postojao trend dužih latencija kad je podražaj DS. Statistički značajna razlika postojala je za latencije vala P2 ($z = -2,19$; $p < 0,05$). Prosječne latencije za DS bile su duže u odnosu na one za TB (Slika 17).



Slika 17. Grafički prikaz usporedbe latencija CAEP-a neciljnih podražaja TB i DS u S2
Figure 17. Comparison of CAEP latencies for TB and DS non-target stimuli in S2

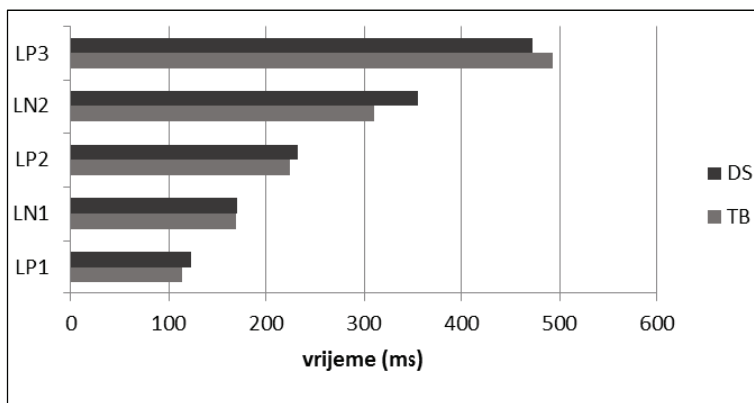


Slika 18. Usporedba valnih oblika CAEP-a za neciljne podražaje TB i DS u S2
Figure 18. Comparison of CAEP wave forms for TB and DS non-target stimuli in S2

Na Slici 18 vidljiva je razlika u latencijama valova N1 i P2. Latencije tih valova dulje su za podražaj DS.

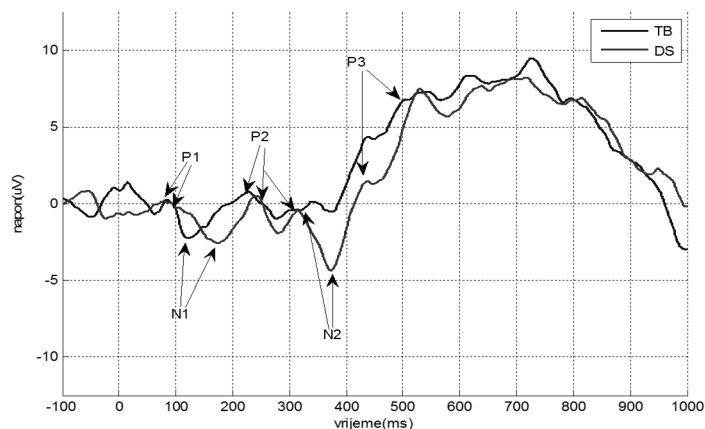
4.3.4. Usporedba latencija CAEP-a za ciljne podražaje u S2

Za vrijednosti latencija svih promatranih valova rezultati nisu pokazali statistički značajne razlike. Za val P1 ($z = -0,56$; $p > 0,05$); za val N1 ($z = -0,10$; $p > 0,05$); za val P2 ($z = -0,25$; $p > 0,05$); za val N2 ($z = -1,47$; $p > 0,05$) te za val P3 ($z = -0,36$; $p > 0,05$). Međutim, kod latencija vala N2 postojao je trend da su duže za DS, dok je za latencije vala P3 postojao trend da su dulje za TB.



Slika 19. Grafički prikaz usporedbe latencija CAEP-a ciljnih podražaja TB i DS u S2
Figure 19. Comparison of CAEP latencies for TB and DS target stimuli in S2

Na Slici 19 grafički su prikazani navedeni podaci. Vidljivo je da su latencije svih valova (P1, N1, P2 i N2) za ciljne podražaje dulje za podražaj DS, osim za val P3 kad su latencije duže za TB .



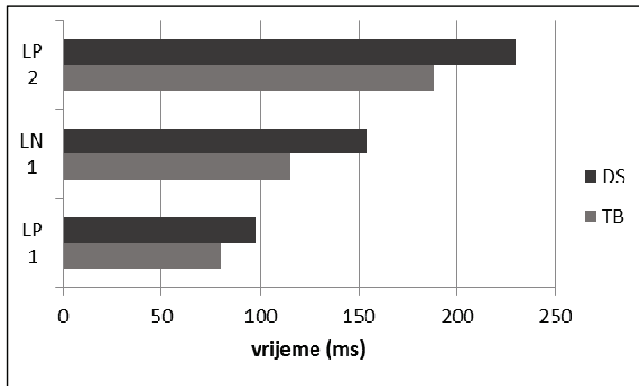
Slika 20. Usporedba valnih oblika CAEP-a za ciljne podražaje TB i DS u S2
Figure 20. Comparison of CAEP wave forms for TB and DS target stimuli in S2

Na Slici 20 vidljiva je razlika u latencijama vala N1 gdje su latencije tog vala duže za podražaj DS. Uočljiva je promijenjena morfologija vala P2 (gdje se vide dva vala).

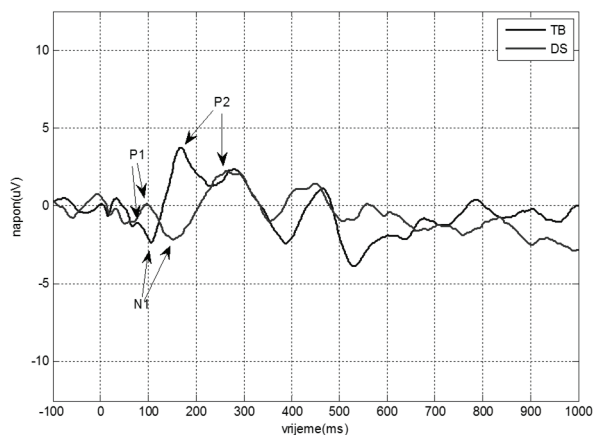
4.3.5. Rezultati usporedbe latencija CAEP-a za neciljne podražaje u S3

Statistički značajna razlika postojala je za latencije sva tri analizirana vala: P1 ($z = -2,19$; $p < 0,05$); N1 ($z = -2,70$; $p < 0,01$) te vala P2 ($z = -2,70$; $p < 0,01$), pri čemu su vrijednosti latencija za sva tri vala bile duže za podražaj DS.

Na Slici 21 grafički su prikazane srednje vrijednosti latencija analiziranih valova. Vidljivo je da su latencije svih valova (P1, N1 i P2) bile duže za podražaj DS u odnosu na podražaj TB.



Slika 21. Grafički prikaz usporedbe latencija CAEP-a neciljnih podražaja TB i DS u S3
Figure 21. Comparison of CAEP latencies for TB and DS non-target stimuli in S3



Slika 22. Usporedba valnih oblika CAEP-a za neciljne podražaje TB i DS u S3
Figure 22. Comparison of CAEP wave forms for TB and DS non-target stimuli in S3

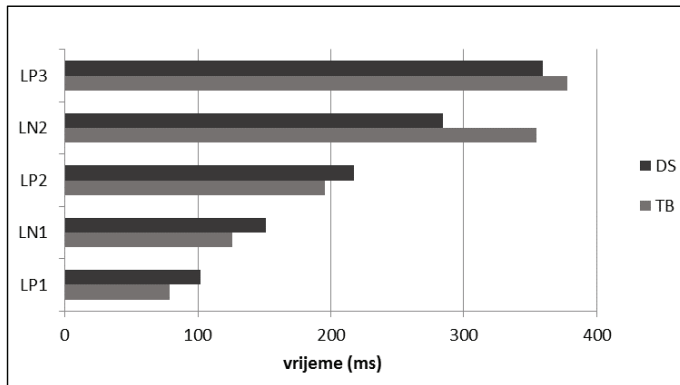
Na Slici 22 vidljiva je razlika u latencijama svih analiziranih valova gdje su latencije tih valova bile duže za podražaj DS. Također je vidljiva razlika u amplitudama vala P2 gdje je amplituda bila veća kad je podražaj TB.

4.3.6. Rezultati usporedbe latencija CAEP-a za ciljane podražaje u S3

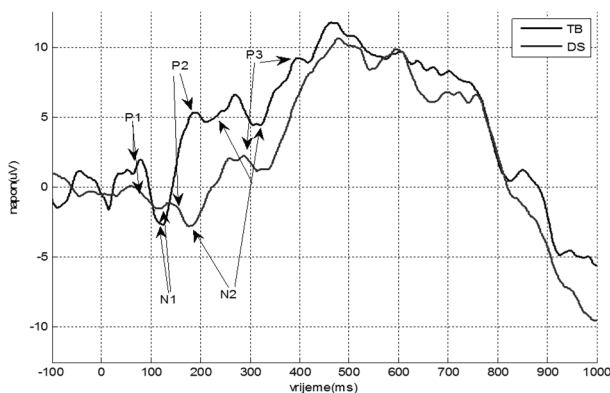
Usporedbom vrijednosti latencija vala P1 između dvije vrste podražaja vidljivo je da je postojala statistički značajna razlika ($z = -2,31$; $p < 0,05$). Latencije vala P1 su bile duže za podražaj DS. Statistički značajna razlika postojala je i za valove N1 ($z = -2,49$;

$p < 0,05$); P2 ($z = -1,99$; $p < 0,05$) i N2 ($z = -2,80$; $p < 0,05$) pri čemu su latencije svih triju valova bile dulje za podražaj DS. Statistički značajna razlika nije postojala samo za latencije vala P3 ($z = -1,48$; $p > 0,05$), ali je bio prisutan trend koji pokazuje da su latencije vala P3 bile dulje za podražaj TB.

Na Slici 23 grafički su prikazane latencije valova P1, N1, P2, N2 i P3, u S3, za obje vrste podražaja. Vidljivo je da su latencije svih egzogenih valova (P1, N1 i P2) dulje za ciljni podražaj DS, dok su latencije endogenih valova N2 i P3 dulje za ciljni podražaj TB.



Slika 23. Usporedba latencija valova ciljnih podražaja TB i DS u S3
Figure 23. Comparison of wave latencies for TB and DS target stimuli in S3



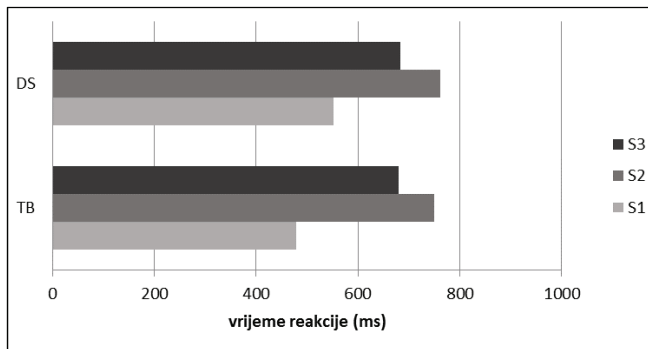
Slika 24. Usporedba valnih oblika CAEP-a za ciljne podražaje TB i DS u S3
Figure 24. Comparison of CAEP wave forms for TB and DS target stimuli in S3

Na Slici 24 vidljiva je razlika u latencijama vala N2 gdje su latencije tog vala bile duže za podražaj TB. Vidljiva je i promijenjena morfologija tog vala za podražaj TB. I latencije vala P3 bile su nešto duže za podražaj TB.

4.3.7. Usporedba vremena reakcije i točnosti odgovora za ciljne podražaje TB i DS za sve tri skupine

Rezultati statističke usporedbe reakcijskih vremena pokazali su da su se djeca iz sve tri skupine statistički značajno razlikovala u vremenu reakcije za obje vrste podražaja, za TB ($\chi^2 = 13,91$; $df = 2$; $p < 0,01$) pri čemu su se djeca iz S1 razlikovala od djece iz S2 ($Z_{1,2} = 7,00$; $p < 0,01$) te djece iz S3 ($Z_{1,3} = 9,00$; $p < 0,01$). Djeca iz S2 i S3 nisu se međusobno statistički značajno razlikovala u vremenu reakcije za TB, iako su djeca iz S3 bila nešto brža.

Djeca iz sve tri skupine statistički su se značajno razlikovala u vremenu reakcije i za podražaj DS ($\chi^2 = 11,15$; $df = 2$; $p < 0,01$) pri čemu su se djeca iz S1 razlikovala od djece iz S2 ($Z_{1,2} = 12,00$; $p < 0,01$) te djece iz S3 ($Z_{1,3} = 15,00$; $p < 0,01$). Djeca iz S2 i S3 nisu se međusobno statistički značajno razlikovala u vremenu reakcije za TB, iako su djeca iz S3 bila nešto brža.



Slika 25. Vremena reakcije za ciljne podražaje TB i DS u sve tri skupine
Figure 25. Reaction times for TB and DS target stimuli in all three groups

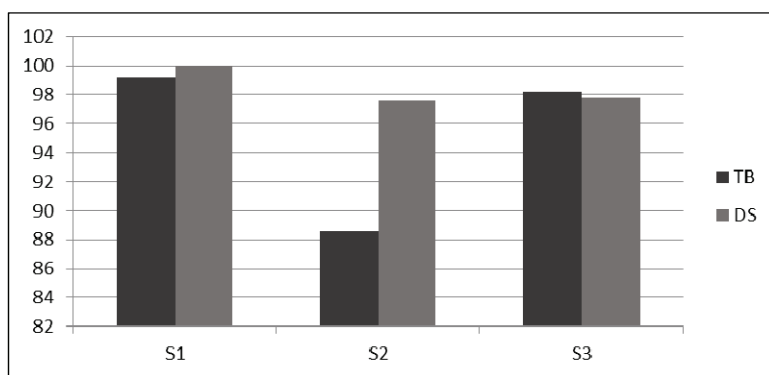
Na Slici 25 grafički su prikazana vremena reakcije za obje vrste podražaja u sve tri skupine. Vidljivo je da su djeca iz S1 imala najkraće vrijeme reakcije za oba podražaja, dok su djeca iz S2 imala najduže vrijeme za obje vrste podražaja. Isto tako je u S1 vidljiva razlika u vremenu reakcije između podražaja (za TB je bilo kraće vrijeme), dok je u S2 i S3 ta razlika manje vidljiva, iako je postojala.

Tablica 1. Usporedba postotaka točnosti odgovora za ciljne podražaje TB i DS u sve tri skupine

Table 1. Comparison of correct responses for TB and DS target stimuli in all three groups

	TB	DS
S1	4/500 = 99,2%	500/500 = 100%
S2	57/500 = 88,6%	12/500 = 97,6%
S3	9/500 = 98,2%	11/500 = 97,8%

U Tablici 1 prikazani su rezultati točnosti odgovora na ciljne podražaje TB i DS u sve tri skupine. Iz rezultata je vidljivo da su ispitanici iz sve tri skupine bili uspješniji kad je podražaj bio DS. U S1 točnost odgovora na ciljni podražaj DS bila je 100%-tna, što znači da su ispitanici iz ove skupine pritisnuli gumb nakon svakog prezentiranog ciljnog podražaja, dok je u Skupinama 2 i 3 točnost odgovora bila slična, ali nešto lošija u odnosu na S1. U S2 točnost odgovora bila je 97,6%, što znači da na 12 podražaja nisu odgovorili pritiskom na gumb, dok je u S3 taj postotak iznosio 97,8%, tj. na 11 podražaja nije bilo odgovora. Za podražaj TB ni u jednoj skupini nije bilo 100%-tne točnosti odgovora premda su, također, ispitanici iz S1 bili najuspješniji i za ovu vrstu podražaja. Točnost njihovih odgovora bila je 99,2%, što znači da na 4 podražaja nije bilo odgovora. U S3 ta točnost je iznosila 98,2%, što znači da na 9 podražaja nije bilo odgovora, dok je u S2 taj postotak iznosio 86,8%, što znači da na 66 podražaja nije bilo odgovora.



Slika 26. Postotak točnosti odgovora za ciljne podražaje TB i DS u sve tri skupine
Figure 26. Percentage of correct responses for TB and DS target stimuli in all three groups

Iz Slike 26 vidljivo da su ispitanici iz S2 bili najlošiji u točnosti odgovora u odnosu na druge dvije skupine te da su bili puno lošiji u točnosti odgovora kad je podražaj bio TB. Ispitanici iz S3 su nešto lošiji od ispitanika iz S1.

5. RASPRAVA

U ovom istraživanju korištena je tehnika CAEP-a radi ispitivanja slušne kore i viših (kognitivnih) funkcija kod djece s ugrađenim UMP-om. Ispitivani su valovi P1, N1, P2, N2 i P3. Korištene su dvije vrste podražaja: "tonski prasak" TB i "dupli slog" DS. Podražaj TB je standardizirani podražaj (Martin i sur., 2008), dok je podražaj DS sastavljen za potrebe ovog istraživanja prema već opisanim kriterijima. Budući da je korištena *oddball* paradigma analizirani su posebno valovi izazvani neciljnim/čestim podražajem, a posebno valovi izazvani ciljnim/rijetkim podražajem. Na taj način se analizirala funkcionalnost slušnih struktura koje generiraju pojedine valove, a također i ukupna senzorička i kognitivna aktivnost.

Analiza rezultata za latencije valova izazvanih neciljnim/čestim podražajem TB pokazala je da latencije svih analiziranih valova (P1, N1 i P2) S2 kasne u odnosu na druge dvije skupine – S1 i S3. To bi značilo da kod djece iz S2 kasne maturacijski procesi; provođenje slušnog podražaja odvija se u produženom vremenu te se zamjećivanje dvaju podražaja na razini slušne kore odvija sporije nego u djece iz S1 i S3. Latencije valova kod djece iz S3 su ili jednake (za val N1) ili nešto duže (za valove P1 i P2) u odnosu na one u S1. Međutim, kako je vidljivo iz rezultata, taj trend nije statistički značajan. Duže latencije za val P1 u S3 u odnosu na S1 pokazuju možebitnu nedostatnu zrelost neuroloških struktura kod djece iz S3, dok produžene latencije vala P2 moguće pokazuju blaže kašnjenje u zamjećivanju oba podražaja na razini slušne kore.

Analiza rezultata za latencije valova izazvanih ciljnim/rijetkim podražajem TB pokazala je da su latencije svih analiziranih valova (P1, N1, P2, N2 i P2), osim vala N2, bile najduže u S2. Najveća razlika u dužini latencija između S2 i S1 i S3 bila je za val P3, dakle, kognitivna obrada slušnog podražaja izrazito se otežano odvija kod djece iz S2. Statistički značajna razlika između S1 i S2 postojala je za latencije svih valova, iz čega se može zaključiti da djeca iz S2 imaju teškoća na svim razinama slušnog puta, počevši od nedovoljne maturacije, preko lošeg zamjećivanja podražaja, njegove kategorizacije i, naposljetku, teškoća u kognitivnoj obradi. Ove informacije o prisutnosti teškoća u kognitivnoj obradi dragocjen su podatak koji izlazi iz okvira same

slušne percepcije i provođenja podražaja te na njega ozbiljno treba obratiti pažnju tijekom planiranja i provođenja rehabilitacijskog procesa.

S2 i S3 (djeca s ugrađenom umjetnom pužnicom) statistički su se značajno razlikovala u latencijama valova P1, N1 i P3, dok za latencije valova P2 i N2 nije postojala statistički značajna razlika među njima. Maturacijski procesi, provođenje podražaja i kognitivna obrada kod djece iz S2 odvijaju se sporije nego kod djece iz S3, dok se zamjećivanje i kategorizacija podražaja odvijaju u približno jednakom vremenu u obje skupine. Statistički značajna razlika za latencije valova P2 i N2 postojala je između S1 i S3. Djeca iz S3 imala su duže latencije ovih valova u odnosu na djecu iz S1. Budući da pojavljivanje komponente P2 znači da je ispitanik zamijetio oba podražaja, a komponenta N2 odražava procese kontrolirane obrade i javlja se samo na podražaj koji se prati (Luck, 2005), tj. odražava procese prepoznavanja i razlikovanja, ali i kategorizacije (Čeponienė i sur., 2002), moguće je pretpostaviti da kod djece iz S3, na razini slušne kore postoji kašnjenje u zamjećivanju oba podražaja, pa se to kašnjenje nastavlja i u subkortikalnim strukturama (produljena latencija vala N2). To znači da im je za pravilno prepoznavanje i kategorizaciju ciljnog podražaja, što zahtijeva usmjerenost pažnje na podražaj, potrebno produženo vrijeme.

Iz rezultata je vidljivo da nema statistički značajne razlike između S1 i S3 u dužini latencija valova P1, N1 i P3. Dakle, maturacijski procesi, provođenje podražaja na razini slušne kore i kognitivna obrada značajno se ne razlikuju između ove dvije skupine. Budući da u dužini latencija vala P3 nema statistički značajne razlike između S1 i S3, za pretpostaviti je da su kašnjenje u prepoznavanju dvaju podražaja, te njihovu kategorizaciju na razini slušne kore, ispitanici iz S3 uspjeli kompenzirati na kognitivnoj razini. Ovi podaci se svakako trebaju iskoristiti u rehabilitacijske svrhe. Ciljanim rehabilitacijskim postupcima na razlikovanju karakteristika tonskih podražaja vjerojatno bi se ubrzala i pospješila obrada zvučnog (tonskog) podražaja.

Analiza rezultata vremena reakcije i točnosti odgovora za ciljni podražaj TB pokazala je da je u S1 vrijeme odgovora, u odnosu na srednju vrijednost latencija vala P3, produženo za 120 ms, u S2 za 260 ms, dok je u S3 produženo za 300 ms. Međutim, važno je reći da je u S2 točnost odgovora bila 88,6%, što znači da na 57 podražaja nije bilo odgovora, dok je u S3 točnost odgovora bila 98,2%, odnosno na devet podražaja nije bilo odgovora, a u S1 točnost odgovora bila je 99,2%, tj. na svega četiri podražaja nije bilo odgovora. Dakle, u S3, iako je vrijeme odgovora produženo, broj podražaja na koji nije bilo odgovoreno puno je manji nego u S2. Ako se ova činjenica uspoređi s latencijama vala N2, koje su u S3 bile produžene (najdulje u

odnosu na sve tri skupine), može se pretpostaviti da je produljeno vrijeme prepoznavanja i kategorizacije podražaja koji se pratio (latencije vala N2) utjecalo na duljinu vremena odgovora na taj podražaj u S3, ali ne i na točnost odgovora. Točnost odgovora je pokazala da se produljeno vrijeme prepoznavanja i kategorizacije podražaja kompenziralo na kognitivnoj razini. Naime, latencije vala P3, koje su odraz kognitivne obrade, u S3 približno su bile jednake onima u S1, što bi značilo da kod djece iz S3 ne postoje značajnija kognitivna odstupanja, a kognitivnom se obradom nadoknađuje kašnjenje u području vala N2 (tzv. centralni transfer (Borković, 2004)). S druge je strane, pak, vidljivo, s obzirom na duljinu latencija vala P3, da u S2, uz teškoće prepoznavanja i kategorizacije, postoje teškoće i u kognitivnoj obradi te zbog toga postoji velik broj ciljnih podražaja na koje nije bilo reakcije – njih 57.

Analiza rezultata za latencije valova izazvanih neciljnim/čestim podražajem DS pokazala je da su latencije vala P1 najkraće u S1. Statistički značajna razlika postojala je između S1 i S2, dok između S1 i S3 te S2 i S3 ta razlika nije postojala. U S2 maturacijski procesi, vezani uz govorno procesiranje, nisu dostigli razinu njihovih zdravih vršnjaka. Budući da se djeca iz S3 nisu značajnije razlikovala niti od djece iz S1 niti od one iz S2, moglo bi se pretpostaviti da ni kod njih maturacijski procesi vezani uz govorno procesiranje nisu u potpunosti završeni. Slična je situacija i za latencije vala N1. Nije bilo statistički značajne razlike među skupinama, ali je iz rezultata vidljiv trend produljenih latencija u S2. Dakle, percepcija govornog podražaja na razini slušne kore ipak se sporije odvija u S2 nego u druge dvije skupine.

Za latenciju vala P2 iz rezultata je vidljivo da je postojala statistički značajna razlika među skupinama. Latencije ovog vala značajno su bile dulje u S2 u odnosu na S1 i S3, što znači da djeca iz S2 teže zamjećuju govorni podražaj te je moguće pretpostaviti da teškoće u slušnoj obradi kompleksnijeg (govornog) podražaja počinju već u slušnoj kori (provođenje) te se nastavljaju i na višim razinama gornjeg sljepoočnog režnja.

Statistički značajna razlika postojala je i u latencijama valova N2 i P3. Najdulje latencije su nađene u S2 za oba vala. S2 se razlikovala i od S1 i od S3, dok se S1 i S3 nisu međusobno razlikovale u duljini latencija ovih valova. Dakle, u prepoznavanju i kategorizaciji govornog podražaja te u njegovoj kognitivnoj obradi djeca iz S2 su značajno lošija od djece iz S1 i S3. Ovi podaci upućuju na pretpostavku da djeca iz S2, zbog kognitivnih teškoća, ne napreduju prema očekivanju u slušno-govornom razvoju nakon ugradnje umjetne pužnice.

Iako nije nađena statistički značajna razlika u latencijama između S1 i S3 niti za jedan val, iz Slike 8 je vidljivo da su latencije svih valova u S3 bile dulje negoli u S1. Može se pretpostaviti da će u ove djece sazrijevanjem moždanih struktura (latencije vala P1) odgovornih za govornu obradu, osim rehabilitacijskim procesom, latencije svih valova s vremenom doći do vrijednosti zdrave populacije.

Analiza rezultata za latencije valova izazvanih ciljnim/rijetkim podražajem DS (Slika 10) pokazala je da za valove P1, N1 i P2 nije bilo statistički značajne razlike među skupinama. Međutim, valja naglasiti da su najkraće latencije valova N1 i P2 imali ispitanici iz S3. Ovi rezultati pokazuju učinkovitost slušno-govorne rehabilitacije jer latencije ovih valova daju podatke o zamjećivanju i prepoznavanju govornog podražaja na razini slušne kore. U prepoznavanju drukčijeg govornog podražaja djeca iz ove skupine postižu najbolje rezultate. Nadalje je vidljivo da i djeca iz S2 imaju slične latencije ovih valova kao djeca iz S3, što znači da su jednako uspješna u zamjećivanju oba govorna podražaja na razini slušne kore. Međutim, razlikuju se u latenciji vala P1. U S2 je ona nešto dulja, što pokazuje nedovoljnu zrelost neuroloških struktura. U ovom slučaju, od maturacijskih procesa valja očekivati (dakako, uz nastavak slušno-govorne rehabilitacije) da će ponešto pridonijeti boljem provođenju i zamjećivanju govornog podražaja na razini slušne kore i kod djece iz S2. Za valove N2 i P3 produljene latencije u S2 se i statistički značajno razlikuju od onih u S1 i S3. Iz ovih rezultata može se zaključiti da djeca u S2 imaju problema u prepoznavanju i kategorizaciji ciljnog govornog podražaja kao i u njegovoj kognitivnoj obradi. Dakle, dok djeca iz S2, uz relativno dobro zamjećivanje govornog podražaja na razini slušne kore (latencije valova N1 i P2), ipak imaju problema u kategorizaciji, usmjeravanju pažnje na podražaj te njegovoj kognitivnoj obradi, dotle djeca iz S3 nemaju takvih teškoća. Dakle, uzrok lošijem slušno-govornom razvoju u djece iz S2 vjerojatno treba tražiti upravo u lošoj kategorizaciji i kognitivnoj obradi kako tonskog tako i govornog podražaja.

Analiza rezultata vremena reakcije i točnosti odgovora za ciljni podražaj DS pokazala je da je u S1 vrijeme odgovora, u odnosu na srednju vrijednost latencija vala P3, bilo produljeno za 210 ms, u S2 za 240 ms, dok je u S3 bilo produljeno za 223 ms. Međutim, važno je reći da su ispitanici iz S2 i S3 imali približno iste rezultate u točnosti odgovora. Ispitanici iz S2 nisu odgovorili na 12 podražaja dok ispitanici iz S3 nisu odgovorili na 11 podražaja. Ispitanici iz S1 odgovorili su na sve prezentirane podražaje. Ovdje je vidljivo da su ispitanici iz S2 i S3 imali skoro podjednak broj podražaja (ne velik) na koje nisu odgovorili pritiskom na gumb. Iako spori, relativno

su uspješni u razlikovanju ciljnog govornog podražaja od neciljnog. Za razliku od podražaja TB, za koji su ispitanici iz Skupine 2 imali velik broj neodgovorenih podražaja (njih 66), za govorni podražaj su ipak bili uspješniji vjerojatno stoga što tonski podražaj nije dovoljno korišten u rehabilitacijskim postupcima.

Rezultati analize neciljnih/čestih podražaja u Skupini 1 su pokazali (Slike 13 i 14) da su latencije sva tri ispitivana vala (P1, N1 i P2) kraće za podražaj TB iz čega je moguće pretpostaviti da se zamjećivanje i prepoznavanje govornog podražaja odvija sporije. To je vjerojatno zbog kompleksnosti govornog podražaja i njegove duljine u odnosu na podražaj TB. Samo amplituda vala P2 se značajno razlikuje između dva podražaja, veća je za TB. Rezultati analize ciljnih/rijetkih podražaja u S1 pokazali su (Slike 15 i 16) da su latencije svih valova, osim vala P3, dulje za podražaj DS. Podražaj DS je bio duži od TB pa su vjerojatno stoga latencije valova koji odražavaju provođenje, zamjećivanje, pa čak i kategorizaciju, dulje. Međutim, kognitivna obrada se događa u istom vremenu za oba podražaja.

Rezultati analize neciljnih/čestih podražaja u S2 pokazali su (Slike 17 i 18), kao u S1, da su latencije sva tri ispitivana vala (P1, N1 i P2) kraće za podražaj TB (duljina podražaja DS).

Rezultati analize ciljnih/rijetkih podražaja u S2 pokazali su (Slike 19 i 20) da su latencije valova (P1, P2 i N2) duže za podražaj DS. Latencija vala N1 je podjednaka za oba podražaja, provođenje se odvija u istom vremenu, dok je latencija vala P3 nešto duža za TB. Može se pretpostaviti da im je podražaj TB bio teži. Ova činjenica navodi na pretpostavku, već ranije navedenu, da bi osim govornog podražaja u slušno-govornoj rehabilitaciji trebalo više koristiti tonski podražaj radi poboljšanja ukupne slušne obrade. Djeca iz S2, iako imaju problema u slušnoj obradi kako tonskog tako i govornog podražaja, ipak kognitivno bolje obrađuju govorni podražaj od tonskog. Rezultati analize neciljnih/čestih podražaja u S3 pokazali su (Slike 21 i 22), kao i u S1 i S2, da su latencije sva tri ispitivana vala (P1, N1 i P2) bile kraće za podražaj TB (duljina podražaja DS).

Rezultati analize ciljnih/rijetkih podražaja u S3 pokazali su (Slike 23 i 24) da su latencije egzogenih valova (P1, N1 i P2) dulje za DS dok su latencije endogenih valova (N2 i P3) dulje za TB. Očito je da su ovdje karakteristike podražaja odigrale važnu ulogu. Govorni podražaj lakše obrađuju jer se u rehabilitacijskim postupcima puno više koristi govor kao slušni podražaj.

Rezultati usporedbe reakcijskih vremena i točnosti odgovora za obje vrste podražaja u sve tri skupine (Slika 25) pokazali su da su vremena reakcije za podražaj

DS dulja u sve tri skupine. To je vjerojatno zbog duljine samog podražaja. Naime, duljina TB je bila 50 ms, a duljina DS 370 ms. Nadalje, valja naglasiti da je vrijeme reakcije za oba podražaja bilo najdulje u S2, a najkraće u S1. Za obje vrste podražaja razlika u vremenima reakcije između S1 i S2 i S3 bila je i statistički značajna, a to znači da su djeca s ugrađenom umjetnom pužnicom značajno bila sporija u odgovoru za obje vrste podražaja u odnosu na djecu uredna sluha i govora.

Djeca iz S2, osim što su imala najdulje vrijeme reakcije, za podražaj TB imala su i najveći broj podražaja na koje nisu odgovorila – 57. U S3 taj broj je bio puno manji, svega devet, a u S1 svega četiri. Za podražaj DS u S2 je bilo manje podražaja na koje nije odgovoreno u odnosu na podražaj TB – svega 12, što znači da im je bilo puno lakše razlikovati govorni podražaj od tonskog. U S3 za podražaj DS je bilo nešto više podražaja na koje nije bilo odgovora u odnosu na podražaj TB – 11, dok u S1, za podražaj DS nije bio niti jedan podražaj na koji nije bilo odgovora. Dakle, djeca iz S1 i S2, prema broju podražaja na koje nisu odgovorila, bila su uspješnija kad je podražaj DS nego kad je TB (za TB djeca iz S2 su bila puno lošija), dok su djeca iz S3 bila podjednako uspješna za obje vrste podražaja (Tablica 1 i Slika 26). Ovdje se potvrđuje pretpostavka da je podražaj TB bio nedovoljno poznat (uvježban), što se u S2 odrazilo u velikom broju podražaja bez odgovora, a u S3 u produženom vremenu reakcije. Moguće je da su djeca iz S3 bila opuštenija u zadatku s podražajem DS jer im se zadatak činio manje težak (govorni podražaj im je više poznat), a iz rezultata je vidljivo da im je podražaj TB bio težak za razlikovanje (latencije vala N2 i vrijeme reakcije) pa su zbog površne pažnje propustili sličan broj podražaja za DS kao i za TB.

6. ZAKLJUČAK

Uspoređivanjem rezultata dobivenih za podražaj "tonski prasak" (TB) u S2 i S3 dobiveni rezultati su pokazali da su se djeca iz ovih dviju skupina razlikovala u duljini latencija valova (P1, N1 i P2) kad je podražaj neciljni. Djeca iz S2 imala su dulje latencije, što znači da se maturacijski procesi te provođenje i zamjećivanje podražaja na razini slušne kore odvijaju sporije nego kod djece iz S3. Također se razlikuju u duljini latencija valova P1, N1 i P3 i kad je podražaj ciljni TB. I ovdje su djeca iz S2 imala dulje latencije. Dakle, maturacijski procesi, zamjećivanje podražaja te kognitivna obrada tonskog podražaja odvijaju se sporije kod djece iz S2.

Za podražaj "dupli slog" DS usporedba rezultata analiziranih valova pokazala je da su se djeca iz S2 i S3 razlikovala u latencijama valova P2, N2 i P3 kad je podražaj

bio neciljni i u latencijama vala P3 kad je podražaj bio ciljni. Djeca iz S2 imala su dulje latencije za navedene valove što bi značilo da se zamjećivanje i kategorizacija govornih podražaja te njihova kognitivna obrada odvijaju sporije kod djece u S2 u odnosu na djecu iz S3.

Iz navedenih rezultata vidljivo je da su se djeca iz S2 razlikovala, tj. bila su lošija od djece iz S3, u obradi slušnog podražaja i na razini slušne kore (za tonski podražaj) i na kognitivnoj razini (i za tonski i za govorni podražaj).

Usporedba rezultata dobivenih u S2 i S3 (djeca s ugrađenim UMP-om) s rezultatima u S1 (djeca urednog slušno-govornog razvoja), za podražaj "tonski prasak" TB, pokazala je da se djeca iz S1 i S3 nisu razlikovala u latencijama valova kad je podražaj neciljni/česti, što znači da se maturacija, provođenje i zamjećivanje tonskog podražaja u djece iz S3 događa na isti način kao u uredno čujuće djece. Razlike su se pokazale u latencijama valova P2 i N2 kad je podražaj ciljni/rijetki (dulje latencije imala je S3). Dakle, djeca iz S3 imaju teškoće u zamjećivanju i kategorizaciji tonskog podražaja. Ove teškoće se odražavaju u dugom vremenu reakcije na podražaj. Međutim, djeca iz S3 uspijevaju, na kognitivnoj razini, nadoknaditi te teškoće koje imaju u kategorizaciji i zamjećivanju tonskog podražaja. To je vidljivo iz latencija vala P3 koje su slične onima u S1, ali i u malom broju podražaja na koje nije bilo odgovora na ciljni TB – 9.

Usporedba rezultata analiziranih valova za podražaj "dupli slog" DS pokazala je da se djeca iz S1 i S3 ne razlikuju u latencijama niti jednog vala. Ova činjenica ide u prilog dobroj slušno-govornoj rehabilitaciji, ali i činjenici da djeca iz S3 nemaju teškoća u kognitivnoj obradi slušnog podražaja koja je vjerojatno u podlozi dobrog slušno-govornog razvoja.

Nadalje, usporedba rezultata dobivenih za podražaj "tonski prasak" TB u S1 i S2 je pokazala da se djeca iz S2 razlikuju u latencijama svih analiziranih valova, za obje vrste podražaja: neciljni i ciljni (dulje latencije ima S2). Dakle, djeca iz S2 imaju teškoća i u zamjećivanju, i u kategorizaciji, i u kognitivnoj obradi tonskog podražaja. To se potvrđuje i u rezultatima vremena reakcije koje je kod njih bilo najdulje te su imala najveći broj podražaja na koje nije bilo odgovora – 57.

Usporedba rezultata analiziranih valova za neciljni podražaj "dupli slog" (DS), između S1 i S2, pokazala je da postoji razlika u latencijama valova P1, P2, N2 i P3 za neciljni podražaj te latencijama vala P3 kad je podražaj ciljni (dulje latencije ima S2).

Dakle, kod djece iz S2 sporije se odvijaju maturacijski procesi, zamjećivanje i kategorizacija govornog podražaja te imaju teškoće u kognitivnoj obradi.

Usporedba rezultata za latencije neciljnih/čestih podražaja TB i DS, unutar pojedine skupine, pokazala je da nije bilo razlike među skupinama za neciljnu vrstu podražaja. Latencije valova za podražaj DS su dulje u odnosu na latencije za podražaj TB u sve tri skupine. Međutim, valja naglasiti da su u S2 ukupne latencije svih analiziranih valova (P1, N1 i P2), za obje vrste podražaja, duže u odnosu na S1 i S3. S3 slična je S1 po duljini latencija svih analiziranih valova za obje vrste neciljnih/čestih podražaja.

Rezultati usporedbe latencija za ciljne/rijetke podražaje TB i DS bili su različiti u sve tri skupine. U S1 latencije svih valova, osim vala P3, (kad su bile podjednake za oba podražaja) bile su dulje za DS. U S2 također su latencije tih istih valova bile dulje za DS, ali s puno manjom razlikom. Naime, latencije vala N1 bile su jednake dužine za obje vrste podražaja, što bi značilo da se provođenje, zamjećivanje i kategorizacija u S2, odvija u gotovo istim vremenima za obje vrste podražaja, a to znači da je tonski podražaj, unatoč svojoj kratkoći težak za slušnu obradu djeci iz S2. U S3 su, također, latencije valova P1, N1 i P2 bile dulje za DS, slično kao u S1. Međutim, u latencijama vala N2 su različiti i od S1 i od S2. Latencije vala N2 bile su duže za TB, što bi značilo da se kategorizacija tonskog podražaja sporije odvija. U latencijama vala P3 sve tri skupine su slične – dulje latencije bile su za podražaj TB. Međutim, valja naglasiti da su latencije za obje vrste podražaja u S2 najduže. Dakle, kognitivna obrada je najlošija u S2.

Podaci dobiveni ovim istraživanjem svakako su bacili novo svjetlo na poimanje i pristup djeci s ugrađenom umjetnom pužnicom. Potaknuli su nova razmišljanja koja svakako treba razvijati i nadograđivati. Naravno, mali uzorak ispitanika iz ovog istraživanja priječi bilo kakav čvrsti zaključak, ali daje uvid u možebitne probleme te time i smjernice za rehabilitacijske postupke. Svakako bi trebalo nastaviti s istraživanjima u ovom području, posebno komponente N2 i P3, te usmjeriti mjerenja i na još kasnije, jezične komponente kao što su N400 i P600. Na taj bi se način dobilo još podataka i bolji uvid u jezičnu obradu, posebno kod djece čije se slušanje i govor nakon ugradnje UMP-a ne razvijaju prema očekivanju.

REFERENCIJE

- Archbold, S., Harris, M., O'Donoghue, G., Nikolopoulos, T., White, A., Richmond, H. L. (2008). Reading abilities after cochlear implantation: The effect of age at implantation on outcomes at 5 and 7 years after implantation. *Journal of Pediatric Otorinolaryngology* **72**, 10, 1471–1478.
- Beynon, A. J., Snik, A. F. M. (2004). Use of the event-related P300 potential in cochlear implant subjects for the study of strategy-dependent speech processing. *International Journal of Audiology* **43**, 1, S44–S47.
- Beynon, A. J., Snik, A. F. M., van den Broek, P. (2002). Evaluation of cochlear implant benefit with auditory cortical evoked potentials. *International Journal of Audiology* **41**, 7, 429–435.
- Bishop, D. V. M., McArthur, M. C. (2004). Immature cortical responses to auditory stimuli in specific language impairment: Evidence from ERPs to rapid tone sequences. *Developmental Science* **7**, 4, F11–F18.
- Bishop, D. V. M., Hardiman, M., Uwer, R., von Suchodoletz, W. (2007). Atypical long-latency auditory event-related potentials in a subset of children with specific language impairment. *Developmental Science* **10**, 5, 576–587.
- Bishop, D. V. M., McArthur, M. C. (2005). Speech and non-speech processing in people with specific language impairment: A behavioural and electrophysiological study. *Brain and Language* **94**, 3, 260–273.
- Borković, Lj. (2004). *Neuropsiholingvistička osnova slušanja, mišljenja i govora (temelji verbotonalne teorije)*. Zagreb: Hrvatska verbotonalna udruga.
- Cunningham, J., Nicol, T., Zecker, S., Kraus, N. (2000). Speech-evoked neurophysiologic responses in children with learning in problems: Development and behavioral correlates of perception. *Ear Hear* **21**, 6, 554–568.
- Čeponienė, R., Rinne, T., Näätänen, R. (2002). Maturation of cortical sound processing as indexed by event-related potentials. *Clin. Neurophysiol.* **113**, 6, 870–882.
- Dorman, M. F., Sharma, A., Gilley, P., Martin, K., Roland, P. (2007). Central auditory development: Evidence from CAEP measurements in children fit with cochlear implants. *Journal of Communication Disorders* **40**, 4, 284–294.
- Friesen, L. M., Tremblay, K. L., Rohila, N., Wright, R. A., Shannon, R. V., Başkent, D., Rubinstein, J. T. (2001). Evoked cortical activity and speech
-

- recognition as a function of the number of simulated cochlear implant channels. *Clin Neurophysiol.* **120**, 4, 776–782.
- Groenen, P. A. P., Beymm, A. J., Stiik, F. M., van den Broek, P.** (2001). Speech-evoked cortical potentials and speech recognition in cochlear implant users. *Scand Audiol* **30**, 1, 31–40.
- Halgren, E., Marinković, K. Chauvel, P.** (1998). Generators of the late cognitive potentials in auditory and visual oddball tasks. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology* **106**, 2, 156–164.
- Hammes, D. M., Novak, M. A., Rotz, L. A., Willis, M., Edmondson, D. M., Thomas, J. F.** (2002). Early identification and cochlear implantation: Critical factors for spoken language development. *Annale Othol Rhinologica Laryngologica* **178**, 74–78.
- Henkin, Y., Tetin-Schneider, S., Hildesheimer, M., Kishon-Rabin, L.** (2008). Cortical neural activity underlying speech perception in postlingual adult cochlear implant recipients. *Audiology & Neuro-Otology* **14**, 1, 39–53.
- Henkin, Y., Tetin-Schneider, S., Hildesheimer, M., Kishon-Rabin, L.** (2009). Cortical neural activity underlying speech perception in postlingual adult cochlear implant recipients. *Audiology & Neuro-Otology* **14**, 1, 39–53.
- Hoffman, J. E.** (1990). *Event-Related Potentials and Automatic and Controlled Processes*, In: *Event-Related Brain Potentials, Basic Issues and Applications*. New York, Oxford: Oxford University Press.
- Kileny, P. R., Zwolan, T. A., Boerst, A., Telian, S.** (1997). Electrically evoked auditory potentials: Current clinical applications in children with cochlear implants. *The American Journal of Otology* **18**, 6, S90–S92.
- Kushnerenko, E., Čeponiene, C. A. R., Balan, P., Fellman, V., Huotilainen, M., Näätänen, R.** (2002). Maturation of the auditory event-related potentials during the first year of life. *Cognitive Neuroscience and Neuropsychology* **13**, 1, 47–51.
- Liégeois-Chauvel, C., de Graaf, J. B., Laguitton, V.** (1999). Specialization of left auditory cortex for speech perception in man depends on temporal coding. *Cereb Cortex* **9**, 5, 484–496.
- Luck, S. J.** (2005). *An Introduction to the Event-Related Potential Technique*. Massachusetts, London, England: The MIT Press, Cambridge.
- Makhdoum, M. J., Groenen, P. A. P., Snik, A. F. M., van den Broek, P.** (1997). Intra- and interindividual correlations between auditory evoked potentials and speech perception in cochlear implant users. *Scand Audiol* **27**, 1, 13–20.
-

- Martin, B. A.** (2007). Can the acoustic change complex be recorded in an individual with a cochlear implant? Separating neural responses from cochlear implant artifact. *J Am Acad Audiol* **18**, 2, 126–140.
- Martin, B. A., Tremblay, K. L., Korczak, P.** (2008). Speech evoked potentials: From the laboratory to the clinic. *Ear & Hearing* **29**, 3, 285–313.
- Micco, A. G., Kraus, N., Koch, D. B., McGee, T. J., Carrell, T. D., Sharma, A., Nicol, T., Wiet, R. J.** (1995). Speech-evoked cognitive P300 potentials in cochlear implant recipients. *The American Journal of Otology* **16**, 4, 514–520.
- Näätänen, R., Picton, T.** (1987). The N1 wave of the human electric and magnetic response to sound: A review and an analysis of the component structure. *Psychophysiology* **24**, 4, 375–425.
- Picton, T. W., Alain, C., Woods, D. L., John, M. S., Scherg, M., Valdes-Sosa, P., Bosch-Bayard, J., Trujillo, N. J.** (1999). Intracerebral sources of human auditory-evoked potentials. *Audiol. Neuro-Otol.* **4**, 2, 64–79.
- Polich, J.** (1997). EEG and ERP assessment of normal aging. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology/ Evoked Potentials Section* **104**, 3, 244–256.
- Polich, J.** (2007). Updating P300: An integrative theory of P3a and P3b. *Clinical Neurophysiology* **118**, 10, 2128–2148.
- Ponton, C. W., Eggermont, J.** (2001). Of kittens and kids: Altered cortical maturation following profound deafness and cochlear implant use. *Audiology & Neuro-Otology* **6**, 6, 363–380.
- Ponton, C. W., Eggermont, J. J., Kwong, B., Don, M.** (2000). Maturation of human central auditory system activity: Evidence from multichannel evoked potentials. *Clin. Neurophysiol.* **111**, 2, 220–236.
- Sharma, A., Dorman, M. F., Spahr, A. J.** (2002a). Rapid development of cortical auditory evoked potentials after early cochlear implantation. *Neuroreport* **13**, 10, 1365–1368.
- Sharma, A., Dorman, M. F., Spahr, A. J.** (2002b). A sensitive period for the development of the central auditory system in children with cochlear implants: Implications for age of implantation. *Ear & Hearing* **23**, 6, 523–539.
- Sharma, A., Dorman, M. F., Kral, A.** (2005). The influence of a sensitive period on central auditory development in children with bilateral and unilateral cochlear implants. *Hearing Research* **203**, 1–2, 134–143.
-

-
- Sharma, A., Kraus, N., McGee, T. J., Nicol, T. G.** (1997). Developmental changes in P1 and N1 central auditory responses elicited by consonant-vowel syllables. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology* **104**, 6, 540–545.
- Sharma, A., Gilley, P. M., Dorman, M. F., Baldwin, R.** (2007). Deprivation-induced cortical reorganization in children with cochlear implants. *International Journal of Audiology* **46**, 9, 494–499.
- Sharma, A., Tobey, E., Dorman, M., Bharadwaj, S., Martin, K., Gilley, P., Kunkel, F.** (2004). Central auditory maturation babbling development in infants with cochlear implants. *Arch Otolaryngol Head Neck Surg* **130**, 5, 511–516.
- Steinschneider, M., Dunn, M.** (2002). Electrophysiology in developmental neuropsychology. U S. Segalowitz i I. Rapin (ur.), *Handbook of Neuropsychology* (drugo izd.), 91–146. Amsterdam: Elsevier.
- Tallal, P.** (2000). Experimental studies of language learning impairments: From research to remediation. *Speech and Language Impairments in Children: Causes, Characteristics, Intervention and Outcome* (ur. D. V. M. Bishop i L. B. Leonard), 131–155.
- Teoh, S. W., Pisoni, D. B., Miyamoto, R. T.** (2004). Cochlear implantation in adults with prelingual deafness. Underlying constraints that affect audiological outcomes. *The Laryngoscope* **114**, 10, 1714–1719.
- Vlahović, S., Šindija, B.** (2004). The influence of potentially limiting factors on pediatric outcome following cochlear implantation, *International Journal of Pediatric Otorhinolaryngology* **68**, 9, 1167–1174.
- Weisser, R., Weisbrod, M., Roehrig, M., Rupp, A. Â., Schroeder, J., Scherg, M.** (2001). Is frontal lobe involved in the generation of auditory evoked P50? *Neuroreport* **12**, 15, 3303–3307.
- Wunderlich, J. L., Cone-Wesson, B. K., Shepherd, R.** (2006). Maturation of the cortical auditory evoked potential in infants and young children. *Hearing Research* **212**, 1–2, 185–202.
-

Boška Munivrana

bmunivrana@suvag.hr

SUVAG Polyclinic, Zagreb

Croatia

Latencies of cognitive auditory evoked potentials in children with cochlear implant

Summary

Prelingually hearing impaired children – cochlear implant users (CI) have the opportunity for the development of hearing and speech. The most important factors for CI benefits include the early implantation (because of the speech development) and early started speech and hearing therapy. The therapy has to be aimed and planned very properly, as well as conducted in a proper way. In spite of this, there is no expected hearing and speech progress in some children, although there is no evident cause.

The CAEP method provides an auditory cortex and cognitive function inquiry. The aim of this study was to examine possible difficulties in the cortical responses of the young cochlear implant users by CAEP.

The study included 20 children with CI aged 8–10 years. The children were divided into two groups. The first group (S3) consisted of 10 children with CI with good speech and hearing abilities. The second group (S2) consisted of 10 children with CI with poor speech and hearing abilities. They were divided into groups according to the capacity of the speech audiogram (KAPRA). The participants were using the same implant type; had the same number of electrode channels activated and were using the same coding strategy. The participants were implanted before the age of 3.5 and had no other difficulties than hearing impairment. The third group (S1) were age-matched controls randomly selected children with typical speech and language development (N = 10).

The recording was performed with a 32-channel Neuroscan system (Compumedics Neuroscan, El Paso, TX, USA). ERP recording followed the auditory oddball paradigm. The subjects were instructed to ignore the non-target stimuli and to press the keyboard button with the index finger of their dominant hand as soon as the target stimulus was recognized. Recording was performed twice. The different types of stimuli were used. The first type were tone burst stimulations (1 kHz, 2 kHz) (TB) and the second were speech stimulations – double syllable stimuli (DS). Speech stimulations consisted of duplicated syllables consisting of consonants and vowels typical for Croatian ("ka-ka" and "te-te").

The results demonstrated that children from S2 had different cortical auditory processing of the stimuli compared to the S3. Maturation, perception and cognitive processing of audio stimuli occurred later in the S2, as well as the categorization and cognitive processing of speech stimulus.

There were no differences between the Group 1 and the Group 3 in processing of the speech stimulus; the children from Group 3 showing poorer results in categorization of audio stimuli.

Comparison of the results from group 1 and group 2 showed differences in all variables; maturation, perception, categorization and cognitive processing (for both types of stimuli, TB and DS) occurred later in group 2.

Key words: CAEP, ERP, speech stimulus, CI children, hearing
