

SLUŠNA OBRADA U DJECE S GOVORNO-JEZIČNIM TEŠKOĆAMA – CAEP REZULTATI

IZVORNI ZNANSTVENI RAD

<https://doi.org/10.17234/9789533791821.06>

Djeca s razvojnim jezičnim poremećajem (RJP) pokazuju značajne teškoće u usvajanju jezika i njegovoj primjeni iako imaju uredan sluh te nemaju neuroloških odstupanja. Poznato je i da imaju problema sa slušnom obradom kratkih akustičkih podražaja, posebno ako su im prezentirani jedan iza drugoga (Nunes Rocha-Muniza i sur., 2014). Također je poznato i da teže pamte jezični materijal prezentiran slušnim putem. U ovom radu željelo se vidjeti je li metoda CAEP pogodan alat kojim bi se mogla objektivno mjeriti slušna obrada kod djece s RJP-em. Mjerene su latencije komponenti CAEP-a jer njihova duljina daje podatke o lezijama provođenja slušnog signala na razini slušne kore. U ovom istraživanju sudjelovalo je jedanaestero (11) djece s razvojnim jezičnim poremećajem (RJP), u dobi od 8 do 10 godina (S2). Svi ispitanici imali su normalan sluh, urednu inteligenciju te nije bilo neuroloških odstupanja. Kao kontrolna skupina, metodom slučajnog uzorka, odabrano je desetero (10) djece, uredna sluha i govora, u dobi od 8 do 10 godina (S1). CAEP-i su snimani na 32-kanalnom uređaju tipa Neuroscan. Korišten je tonski podražaj (*tone burst* (TB) od 1 kHz i 2 kHz). 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. Mjerilo se vrijeme reakcije i točnost odgovora. Usporedba rezultata ispitivanja i statistička obrada pokazala je da se djeca iz ove dvije skupine razlikuju u duljini latencija svih analiziranih valova, osim za val P1, i za ciljni i neciljni podražaj. Djeca s RJP-em imaju sporije vrijeme reakcije i veći broj pogrešaka. To upućuje na činjenicu da su maturacijski procesi u obje skupine djece na jednakom stupnju, ali da se unatoč tome provođenje, zamjećivanje, kategorizacija te kognitivna obrada tonskog podražaja sporije odvijaju u skupini djece s RJP-em.

Ključne riječi: CAEP, ERP, razvojni jezični poremećaj, slušna pažnja, slušna memorija

UVOD

Djeca s razvojnim jezičnim poremećajem (RJP), unatoč urednoj neverbalnoj inteligenciji, urednom sluhu te odsustvu strukturalnih oštećenja središnjeg živčanog sustava, pokazuju značajne teškoće u usvajanju jezika i njegovoj uporabi (Leonard i Bedore, 1998). Teškoće uključuju sve jezične sastavnice: fonologiju, morfologiju, sintaksu (Joanisse i Seidenberg, 2003) te semantiku i pragmatiku (Hoff, 2000). Mnoga istraživanja pokazuju da djeca s RJP-om imaju smanjen kapacitet verbalnog radnog pamćenja (Im-Bolter i sur., 2006; Marton i Schwartz, 2003; Montgomery, 2003; Guptai i Sharma, 2014). Termin radnog pamćenja proizašao je iz koncepta kratkoročnog pamćenja (Baddeley, 2011). Osnovni koncept radnog pamćenja baziran je na pretpostavci da postoji sustav za privremeno održavanje i manipuliranje informacijama, i da se upotrebljava u obavljanju mnogih složenih zadataka (Baddeley i sur., 2009). Kapacitet radnog pamćenja odnosi se samo na jedan element tog sustava, a to je kontrolirana pažnja, odnosno ograničeni mehanizam za pažnju koji Baddeley i Hitch nazivaju centralni izvršitelj. Prema Baddeleyevu i Hitchevu modelu radnog pamćenja, u kapacitetu radnog pamćenja ne radi se o pohrani ili pamćenju, već o kapacitetu za kontroliranu, održivu pažnju usprkos smetnjama. Prva i najvažnija komponenta je središnji izvršitelj kojemu su podređeni fonološka petlja i vizuospacijalni ekran. Središnji izvršitelj nadzorni je sustav odgovoran za kontrolu kognitivnih procesa. S pomoću njega radno pamćenje i dugoročno pamćenje mogu raditi zajedno. Fonološka petlja odgovorna je za zadržavanje fonološkog traga, odnosno informacija koje se primaju verbalnim putem. Uključuje i kontrolne procese koji se baziraju na unutrašnjem govoru i koji omogućuju pretvaranje vizualnog materijala u fonološki kod (Rončević Zubković, 2010). Neke studije pokazale su da djeca s RJP-em imaju nedostatke u alokaciji pažnje te da teže procesiraju zbog smanjenog kapaciteta radnog pamćenja u odnosu na svoje vršnjake (McVeety, 2021). Pažnja i radno pamćenje često se vide kao zasebni kognitivni procesi, međutim to su dvije povezane vještine s tendencijom da se sve više preklapaju kako se povećava složenost procesa pažnje (Lum, 2016). Pažnja i koncentracija, uz budnost, utječu na odabir podataka koje će naš um dobiti, a koje neće (Hercigonja Novković, 2016). Selektivna pažnja može se usmjeriti na značajke senzornih podražaja (Frey i sur., 2015). S obzirom na veliku količinu informacija koje mozak obrađuje, pažnja služi kao mehanizam koji štiti od preopterećenja informacijama. Važnost pažnje u kontekstu pamćenja leži u činjenici da učestalo ponavljanje ne mora voditi do pohrane u dugoročno pamćenje ako se informaciji ne posveti pažnja (Zarevski, 2002). Prema senzornom modalitetu iz kojeg

dolaze informacije pamćenje se dijeli na vidno, slušno, dodirno, njušno i okusno. Postoje tri faze pamćenja kroz koje informacija prolazi: senzoričko, kratkoročno i dugoročno pamćenje (Zarevski, 2002). Senzoričko ili senzorno pamćenje prenosi informacije na temelju podražaja i zadržava nadolazeću informaciju u nepromijenjenu obliku vremenski najkraće. S obzirom na to da se informacije prenose putem samog podražaja, senzoričko pamćenje naziva se i perceptivno pamćenje. Glavna je svrha senzoričkog pamćenja da zadrži informaciju dovoljno dugo za pokretanje procesa kodiranja u kratkoročnom pamćenju. Tada se informacija preoblikuje u oblik koji se može pohraniti i naknadno pronaći (Erdeljac, 2009). Nakon što je primljena informacija bila nakratko u senzoričkom pamćenju, dolazi u kratkoročno pamćenje. Ondje i ostaje dokle god se ona ponavlja ili se s njom nešto radi. Omogućuje jezično planiranje od konceptualne razine do realizacije. Ima veliku važnost za govor zato što služi za razumijevanje govora formiranog u rečenice i neprestano je aktivno tijekom jezične upotrebe. U kratkoročnom pamćenju kodiraju se informacije koje želimo zapamtiti. Kodiranje se odvija po kontinuumu složenosti od sasvim jednostavne perceptivne analize, pa sve do vrlo složene semantičke konceptualizacije. Ono služi za smanjivanje količine informacija koje treba pohraniti. Također se kodiranjem nastoji olakšati pronalaženje informacija u budućnosti. Kodiranje je vrlo važno u kontekstu slušnog pamćenja jer se kvalitetnim kodiranjem u konačnici dolazi do lakšeg prisjećanja određene informacije (Zarevski, 2002). Slušno pamćenje služi za čuvanje informacija o zvuku, uključujući i akustične značajke i informacije o zvučnim kategorijama i takozvanoj višezvučnoj strukturi. Podrazumijeva zadržavanje sastavnica zvuka poput glasnoće, tonske visine, spektralnog sastava i trajanja i razlikuje se od zadržavanja značenja zvuka. S obzirom na to da pruža prve prikaze podražaja koji su tek čujni, na ovaj se slušni sustav gleda kao na osjetilno skladište u ljudskom pamćenju. Upravo ti početni prikazi prijelazne su prirode (trajanja svega jedne ili dvije sekunde) te su neophodni za daljnje kodiranje (Clement i sur., 2004). Bizley i Cohen (2013) uveli su naziv zvučnog objekta, osnovne perceptivne jedinice u slušanju. Zvučni objekti opisani su kao ishod sposobnosti slušnog sustava da otkrije, izvadi, odvoji i grupira vremensko spektralne pravilnosti u ustaljene percepcijske jedinice. Pojam zvučnog objekta usko je vezan uz pažnju. Zvučni su objekti osnovna sastavnica slušanja, a samim time i slušnog pamćenja. Naše uši primaju složene valne oblike koji se sastoje od akustičnih podražaja iz okoline. Potom je zadaća ljudskog mozga da akustične značajke na odgovarajući način grupira u percepcijske značajke koje se grupiraju kako bi formirale prikaze odvojenih objekata koji se mogu ubuduće analizirati, što u konačnici dovodi do procesa slušnog pamćenja (Sabine i sur., 2015). Neki autori vide velika preklapanja između slušnog senzornog pamćenja i kratkoročnog pamćenja (Kaernbach,

2004 prema Schröger, 2007) dok drugi (Näätänen i Winkler, 1999 prema Schröger, 2007) slušno pamćenje vide kao krovni pojam koji sažima mentalne/neuralne procese: koristeći slušne reprezentacije, uključujući aspekte integracije i pohranjivanja informacija o kratkim vremenskim odsječcima te premošćujući jaz između predreprezentacijskih slušnih informacija i kognitivnih reprezentacija. Postoji, pak, mogućnost da slušno pamćenje posjeduje manji kapacitet zapamćivanja zvučnih objekata u odnosu na vidno pamćenje, pogotovo ako objekti dolaze brzo jedan iza drugoga (Gloede i Gregg, 2019). Način na koji mozak opaža i tumači zvučne informacije naziva se slušna obrada. Nekolicina vještina određuje sposobnosti slušne obrade, odnosno uspješnost slušanja. Te su vještine hijerarhijski podijeljene, prema (Loraine, 2010), na četiri koraka – slušna svijest, slušna diskriminacija, slušno identifikiranje i slušno razumijevanje. Percepcija govora naučena je sposobnost. Govorne zvukove učimo razlikovati na isti način kako učimo druge kognitivne sposobnosti (Matlin, 2009). U radu s djecom koja imaju RJP može se primijetiti kako je opseg njihove slušne pažnje i memorije sužen. U vježbama ponavljanja za modelom uočljivo je kako mogu ponoviti do tri fonetska bloka, ne više.

Kortikalni (CAP) ili kognitivni slušni evocirani potencijali (CAEP)

Metoda kognitivnih slušnih evociranih potencijala (CAEP-a, *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. EEG i uprosječeni ERP (engl. *Evoked Related Potentials*), čija su CAEP podgrupa, mjere potencijale koji se stvaraju u izvanstaničnoj tekućini tijekom protoka iona kroz stanične membrane. ERP-ove stvaraju postsinaptički potencijali kortikalnih piramidnih stanica (okomitih na kortikalnu površinu). S obzirom na položaj i orijentaciju specifičnog neuronskog generatora u mozgu možemo predvidjeti obrazac napona koji će se promatrati na glavi (Woodman, 2010). 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). P1 komponenta je prvi pozitivni vrh P1-N1-P2 kompleksa. P1 komponenta pokazatelj je razvoja (biomarker) 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 latenci-

je 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 (Sharma i sur., 2004; Wunderlich i sur., 2006; Kushnerenko i sur., 2002). Generatori ove komponente su u talamusu i primarnoj slušnoj kori (Liégeois-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 (Naatanen i Picton, 1987; Liégeois-Chauvel i sur., 1999; Picton i sur., 1999), ali 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), a tada svojstva zvuka počinje privlačiti pažnju (Campbell i sur., 2003; Rinne i sur., 2006 prema Bigelow i Poremba, 2014). N1 komponenta povezana je s prizivom pažnje kako bi se pokrenuo mehanizam koji detektira početak podražaja (Näätänen i sur., 2006 prema Martin i sur., 2008). Slušna obrada uključuje dva paralelna puta: jedan posvećen otkrivanju početka podražaja i drugi povezan s analizom slušnih značajki. Pretpostavlja se da je N1 komponenta generirana mehanizmom detekcije i da joj je glavna funkcija da ishod mehanizma koji analizira značajke podražaja postane dostupan za svjesnu percepciju. P2 komponenta slijedi N1 komponentu. To je pozitivni val s latencijom od oko 180 ms. Ako se komponente N1 i P2 dobiju kao odgovor primjenom *oddball* paradigme, onda to znači da je ispitanik zamijetio oba podražaja. N2 komponenta slijedi oko 200 ms nakon početka podražaja. Komponenta N2 dobiva se primjenom *oddball* paradigme. Da bi se, dakle, javila N2 komponenta 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. P3 komponenta 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 tjemenu režnju (Cz i Pz elektrode) (Polich i sur., 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 P3 komponente 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 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. Pažnja utječe na čitav kognitivni sustav, pa tako i na komponente CAEP-a, osobito selektivna pažnja. Istraživanja pokazuju da je efekt pažnje vidljiv već u komponentama srednjih latencija (0 – 70 ms), dok je u komponentama kasnih latencija (50 – 500 ms) (Lange, 2013) utjecaj pažnje najjači na N1 komponentu (Hillyard, 1985, prema Luck, 2005). Duljina latencija ove komponente odražava selektivne procese prije nego je mozak detektirao je li podražaj ciljni ili neciljni. Međutim, P3 komponenta javlja se samo za ciljni podražaj, što znači da ova komponenta slijedi process klasifikacije između dva podražaja. Tako nam daje podatke o potisnutim perceptivnim procesima kod neciljnog podražaja. Inače, komponente CAEP-a visoko su osjetljive na fizičke i perceptivne karakteristike podražaja (Luck, 2005). Analizom latencija dobivenih valova možemo dobiti podatke: o maturaciji slušne kore, o percepciji zvučnog podražaja, o brzini provođenja, o diskriminaciji dvaju ili više podražaja te o njihovoj kognitivnoj obradi. Drugim riječima, analizom dobivenih valova možemo dobiti podatke o slušnoj obradi. Ispitivanja percepcije slušnih podražaja kod djece s RJP-em počela su 70-ih godina prošlog stoljeća. Uočeno je da djeca školske dobi koja imaju govorno-jezične teškoće teže procesiraju kratke i brzo prezentirane slušne podražaje (Tallal i Piercy, 1973; 1974; 1975; Ferreira i sur., 2019) te imaju problema s pamćenjem vremenskog slijeda informacija. U ovom radu pokušalo se ispitati hoće li metoda CAEP-a pokazati deficit slušne pažnje i memorije, a time i slušne obrade kod djece s RJP-em te može li ona biti dijagnostičko sredstvo kojim bi se skrenula pozornost na narušenu slušnu obradu kod djece s RJP-em i time potaklo da u rehabilitacijskim postupcima budu više zastupljene vježbe koje potiču slušnu pažnju i memoriju.

CILJ, PROBLEMI I HIPOTEZE ISTRAŽIVANJA

Cilj istraživanja

Cilj ovog istraživanja bio je s pomoću objektivnih, elektrofizioloških audioloških pretraga ispitati postoji li razlika u kortikalnim odgovorima između djece s RJP-em i djece uredna sluha i govora.

Problemi

S obzirom na cilj istraživanja problem koji se pokušalo riješiti bio je ispitati postoji li razlika u latencijama P1, N1, P2, N2 i P3 komponenti u ove dvije skupine djece.

Hipoteze

Hipoteza 1 bila je da se očekuje kako postoji razlika u duljini latencija komponenti N1, N2 i P3 između kontrolne skupine, djece urednog sluha i govora (S1) i djece s RJP-om (S2). Hipoteza 2 bila je da se očekuje dulje vrijeme reakcije na ciljni podražaj, ali i manja točnost odgovora na ciljni podražaj u S2.

METODA

Ispitanici

Ispitanici su bila djeca, muškog i ženskog spola, u dobi od 8 do 10 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 dvije ispitne skupine. S1 sastojala se od desetero (10) djece uredna sluha i govora, a S2 sastojala se od jedanaestero (11) djece s govorno-jezičnim teškoćama. 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 govorno-jezičnog 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 u Zagrebu. U ispitivanju je sudjelovalo sedam (7) dječaka i četiri (4) djevojčice. Ispitanici nisu imali drugih dijagnosticiranih teškoća (neuroloških i psiholoških). Svi ispitanici bili su dešnjaci. 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.

Postupak provođenja ispitivanja

Snimanje je provedeno na 32-kanalnom aparatu za moždanu kartografiju tipa Neuroscan, Compumedics Neuroscan, El Paso, TX, USA. Korištena je kapa s elektrodama raspoređenim prema 10 – 20 internacionalnom sustavu. Referentne elektrode bile su postavljene na obje mastoidne kosti. Otpor na svakoj elektrodi bio je manji od 5 kOhm. Analizirala se Cz elektroda. 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 odabran je kako bi djeca bila što opuštenija, pa time i mirnija, odnosno da se ne bi pomicala. Zaklopljene oči uobičajeni su način kod provođenja ispi-

tivanja 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. Svakom ispitaniku objašnjeno je 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 45 minuta s pripremom i snimanjem. Ispitanici su snimanju pristupali dobrovoljno i u dobrom raspoloženju. Podražaj je bio tonski prasak (TB), a 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 slušalica (pripadajuća oprema Neuroscana). Podražaj je bio jačine 70 dB SPL-a. Nedominantno uho maskirano je bijelim šumom jednakog intenziteta kao i podražaj. Svi EP 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.

Podražaj

Za podraživanje se koristio tonski prasak (engl. *Tone Burst*) (u daljem tekstu TB) frekvencije 1000 Hz i 2000 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 1000 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 2000 Hz. Vremenski prozor u kojem se promatrao odgovor bio je 100 ms prije i 1000 ms poslije početka podražaja. Broj usrednjenih odziva na ciljne podražaje (bez artefakata) bio je 50. Interval između dva podražaja bio je 2,5 s. S pomoću softvera Neuroscan Edit snimljeni su EEG podatci usrednjeni, a dobivene vrijednosti analizirane su deskriptivnom statistikom u SPSS programu verzija 28.0.1. Ondje gdje je raspršenje rezultata odstupalo od normalne raspodjele, korišten je Mann-Whitneyjev U test, a t-test je korišten za nezavisne uzorke.

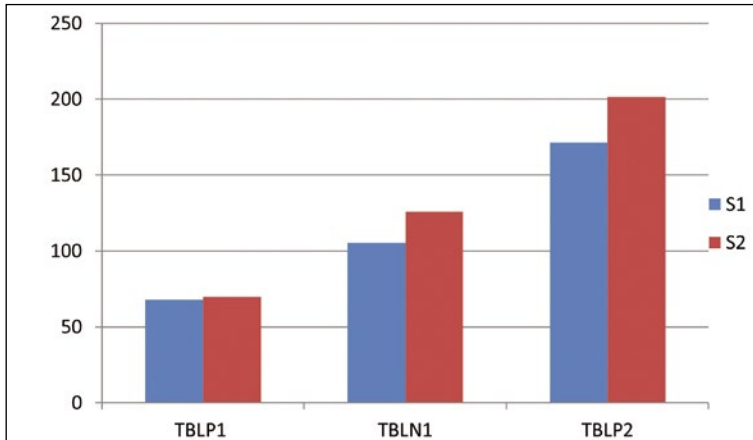
REZULTATI

Latencije ispitivanih valova za podražaj tonski prasak (TB)

Latencije odgovora za neciljni podražaj TB-a

Rezultati deskriptivne statistike za latencije neciljnog podražaja TB-a pokazuju da se djeca iz S1 i S2 statistički značajno ne razlikuju u duljini

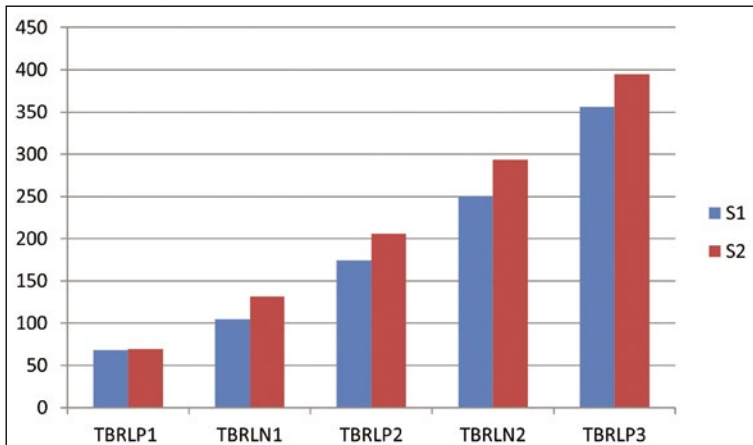
latencija komponenti P1, N1 i P2, ali da za komponente N1 i P2 postoji trend duljih latencija u S2. Zbog malog uzorka razlike među skupinama nisu mogle doseći statistički značajnu razliku.



Slika 1. Srednje vrijednosti latencija (ms) valova P1, N1 i P2 za neciljni podražaj TB-a

Latencije odgovora za ciljni podražaj TB-a

Za latencije ciljnog podražaja TB-a između ove dvije skupine rezultati nisu statistički značajni, ali za valove N1, P2, N2 i P3 vidljiv je trend duljih latencija u S2. Zbog malog uzorka razlike među skupinama nisu mogle doseći statistički značajnu razliku.



Slika 2. Srednje vrijednosti latencija (ms) valova za ciljni podražaj TB-a

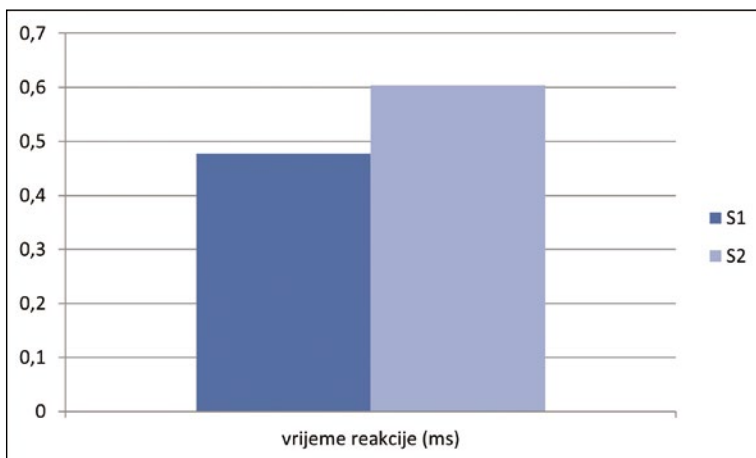
Tablica 1. Duljine latencija za podražaje TB-a

Latencije	Logopati				Kontrole			
	M	(SD)	C	(IQR)	M	(SD)	C	(IQR)
Neciljni podražaji								
P1	70,0	(16,4)	67,0	(61,0 – 74,0)	68,1	(9,1)	74,0	(60,0 – 75,0)
P2	201,6	(60,4)	180,0	(163,0 – 218,0)	171,6	(14,75)	168,0	(156,0 – 187,0)
P3	391,6	(81,2)	396,0	(317,0 – 458,0)	349,3	(73,5)	338,0	(275,0 – 427,0)
N1	126,1	(47,1)	108,0	(106,0 – 112,0)	105,3	(18,18)	101,0	(92,0 – 123,0)
N2	283,9	(79,9)	272,0	(225,0 – 315,0)	253,3	(51,19)	241,0	(215,0 – 263,0)
Ciljni podražaji								
P1	69,4	(16,9)	69,0	(64,0 – 69,0)	68,1	(8,3)	70,0	(61,0 – 74,0)
P2	206,1	(60,96)	188,0	(162,0 – 211,0)	174,0	(23,5)	176,0	(151,0 – 185,0)
P3	394,8	(88,36)	348,0	(328,0 – 461,0)	356,0	(57,6)	334,0	(309,0 – 414,0)
N1	131,8	(52,6)	108,0	(106,0 – 132,0)	105,0	(17,9)	100,0	(94,0 – 112,0)
N2	294,0	(93,5)	250,0	(244,0 – 309,0)	250,3	(93,5)	245,0	(215,0 – 278,0)

M = aritmetička sredina, SD = standardna devijacija, C = medijan, IQR = interkvartilni raspon

Vrijeme reakcije na ciljni podražaj TB-a

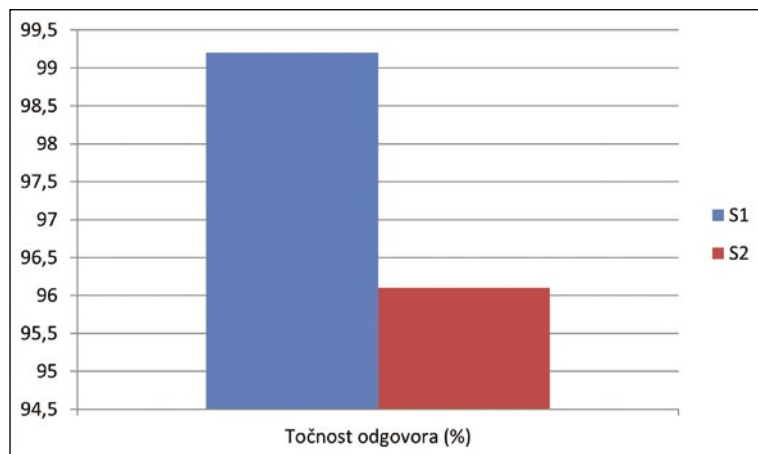
Djeca iz S2 imala su dulje vrijeme reakcije na ciljni podražaj. Nije bilo statistički značajne razlike, ali je vidljiv trend produljenog vremena.



Slika 3. Srednje vrijeme reakcije na ciljni podražaj TB-a za obje skupine (S1 = 0,49 ms; S2 = 0,6 ms)

Broj točnih odgovora na ciljni podražaj TB-a

Djeca iz S2 imala su veći broj netočnih odgovora u odnosu na djecu iz S1.



Slika 4. Točnost odgovora na ciljni podražaj TB-a za obje skupine (S1 = 99,2 %; S2 = 96,1 %)

RASPRAVA

U ovom istraživanju korištena je tehnika CAEP-a radi ispitivanja slušne kore i viših (kognitivnih) funkcija kod djece s RJP-em. Ispitivani su valovi P1, N1, P2, N2 i P3. Kao podražaj korišten je tonski prasak (TB). To je standardizirani podražaj (Martin i sur., 2008). Budući da je korištena *oddball* paradigma, analizirani su posebno valovi izazvani neciljnim/čestim podražajem, a posebno valovi izazvani ciljnim/rijetkim podražajem. Na taj se način analizirala funkcionalnost slušnih struktura koje generiraju pojedine valove te ukupna senzorička i kognitivna aktivnost. Analiza rezultata za latencije valova izazvanih neciljnim/čestim podražajem pokazala je da se latencije vala P1 (pozitivne defleksije koja se javlja kod odraslih oko 50 ms nakon početka podražaja) ne razlikuju u ove dvije skupine, što bi značilo da su maturacijski procesi u obje skupine dosegli istu razinu. U obje skupine P1 val javlja se oko 60 ms. Međutim, latencije preostala dva vala (N1 i P2), u S2, kasne u odnosu na S1. To bi značilo da se kod djece iz S2 provođenje slušnog podražaja odvija u produženom vremenu te se zamjećivanje dvaju podražaja, na razini slušne kore, odvija sporije nego u djece iz S1. N1 komponenta povezana je s prizivom pažnje kako bi se pokrenuo mehanizam koji detektira početak podražaja (Näätänen i sur., 2006). Povod ovom radu bilo je opažanje, u radu s djecom s RJP-em, da kod njih postoji deficit slušne pažnje. Produljene latencije ovog vala, posebno kod neciljnog podražaja (Lange, 2013), iako nema

statistički značajne razlike, može poslužiti kao dokaz postojanja deficita slušne pažnje koja pokreće mehanizam koji analizira značajke podražaja na način da postane dostupan za svjesnu percepciju. Ako se komponente N1 i P2 dobiju kao odgovor primjenom *oddball* paradigme, onda to znači da je ispitanik zamijetio oba podražaja. U S2 produljene su latencije i P2 vala, pa valja pretpostaviti da je kod njih otežana percepcija drugog podražaja. Istraživanja potvrđuju da djeca s RJP-em teže percipiraju kratke zvučne podražaje, posebno ako slijede brzo jedan iza drugoga (Tallal i Piercy, 1975). Analiza rezultata za latencije valova izazvanih ciljnim/rijetkim podražajem pokazala je da su latencije vala P1 bile jednake u obje skupine (oko 60 ms), što potvrđuje da su maturacijski procesi i funkcionalno na podjednakoj razini u obje skupine. Ostali analizirani valovi (N1, P2, N2 i P3) imali su dulje latencije u S2. Valovi N2 i P3 javljaju se kod svjesne angažiranosti ispitanika, a odražavaju procese opažanja i razlikovanja te kognitivne procese u radnoj memoriji. Produljene latencije ovih valova sugeriraju da je kod djece s RJP-em usmjerenost pažnje na slušni podražaj narušena te da se procesi u radnom pamćenju (akustičko-fonološko procesiranje) pri obradi slušnog podražaja odvijaju sporije, a samim time narušeno je i slušno pamćenje. To dodatno potvrđuju rezultati vremena reakcije i točnost odgovora. Točnost odgovora na ciljni podražaj i brzina reakcijskog vremena pokazuju svjesnu integraciju percipirane slušne obavijesti (Henkin i sur., 2008, 2009).

ZAKLJUČAK

Rezultati ovog istraživanja pokazuju da djeca s RJP-em unatoč urednom perifernom sluhu imaju teškoća s obradom slušnog signala. Budući da metoda CAEP-a daje podatke o funkcionalnom prijenosu slušnog podražaja na razini slušne kore, ali i o ukupnoj senzoričkoj i kognitivnoj obradi podražaja, može biti dobro dijagnostičko sredstvo kako bi se objektivno ispitala slušna obrada (slušna pažnja i memorija) te dobili podatci na temelju kojih bi se mogli planirati rehabilitacijski postupci te valorizirati njezini učinci.

LITERATURA

- Baddeley, A. (2011). Working memory: Theories, models, and controversies. *Annual review of psychology*, 63, 1–29.
- Baddeley, A., Eysenck, M. W. i Anderson, M. C. (2009). *Memory*. New York: Psychology press.
- Beynon, A. J., Snik, Ad F. M. i van den Broek, P. (2002). Evaluation of cochlear implant benefit with auditory cortical evoked potentials. *International Journal of Audiology*, 41, 429–435.

- Bigelow, J. i Poremba, A. (2014). Achilles' ear? Inferior human short – term and recognition memory in the auditory modality, *Plus one*, 9(2), 1–8.
- Bizley, J. i Cohen, Y. (2013). The what, where and how of auditory – object perception. *Nature reviews neuroscience*, 14(10), 693–707.
- Clement, S., Moroni, C. i Samson, S. (2004). Modularitij in sensory auditory memory. *Polskie Forum Psychologiczne*, 9(1), 8–24.
- Cunningham, J., Nicol, T., Zecker, S. i 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.
- Dorman, M. F., Sharma, A., Gilley, P., Martin, K. i Roland, P. (2007). Central auditory development: Evidence from CAEP measurements in children fit with cochlear implants. *Journal of Communication Disorders*, 40, 284–294.
- Erdeljac, V. (2009). *Mentalni leksikon modeli i činjenice*. Zagreb: Ibis grafika d.o.o.
- Frey, J., Ruhnau, P. i Weisz, N. (2015). Not so different after all: The same oscillatory processes support different types of attention. *Brain research*, 1626, 183–197.
- Gloede, M. i Gregg, M. (2019). The fidelity of visual and auditory memory. *Psychonomic bulletin and review*, 26, 1325–1332.
- Guptai, P. K. i Sharma, V. (2014). Working Memory and learning disabilities: A review. *International Journal of Indian Psychology*, 4(4), 111–121. DIP: 18.01.013/20170404; DOI: 10.25215/0404.013.
- Hercigonja Novković, V. (2016). *Objektivizacija simptoma hiperkinetskog poremećaja testom varijabli pažnje*. Doktorski rad. Medicinski fakultet Sveučilišta u Zagrebu. Zagreb.
- Hoff, E. (2015). *Language development*. U *Developmental science*, Psychology Press, 7th edition, 46–50. DOI <https://doi.org/10.4324/9780203112373>.
- Im-Bolter, N., Johnson, J. i Pascual-Leone, J. (2006). Processing Limitations in Children Withz Specific Language Impairment: The Role of Executive Function. *Child Development*, 77(6), 1822–1841.
- Joanisse, F. i Seidenberg, M. S. (2003). Phonology and syntax in specific language impairment: Evidence from a connectionist model. *Brain and language*, 86, 40–56.
- Kushnerenko, E., Čeponiene, C. A. R., Balan, P., Fellman, V., Huotilainen, M. i Näätänen, R. (2002). Maturation of the auditory event-related potentials during the first year of life. *Cognitive Neuroscience and neuropsychology*, 13(1), 47–51.

- Lange, K. (2013). The ups and downs of temporal orienting: a review of auditory temporal orienting studies and a model associating the heterogeneous findings on the auditory N1 with opposite effects of attention and prediction, *Frontiers in human neuroscience*, 7, Article 263, DOI <https://doi.org/10.3389/fnhum.2013.00263>.
- Leonard, B. i Bedore, L. M. (1998). Specific Language Impairment and Grammatical Morphology, A Discriminant Function Analysis, *Journal of speech, language and hearing sciences*, 41(5), 1185-1192 doi.org/10.1044/jslhr.4105.1185.
- Liégeois-Chauvel, C., de Graaf, J. B. i Laguitton, V. (1994). Specialization of left auditory cortex for speech perception in man depends on temporal coding. *Cereb Cortex*, 9, 484–496.
- Loraine, S. (2010). *Auditory Processing – A Breakdown of Skills*. URL: https://www.superduperinc.com/handouts/pdf/243_AuditoryProcessing.pdf (pristupljeno 3. rujna 2023.).
- Luck, S. J. (2005). *An Introduction to the Event-Related Potential Technique*. Cambridge – Massachusetts – London: The MIT Press.
- Lum, J. (2016). *Attention span and working memory components of serial and semantic auditory verbal memory*. Doktorski rad. Palto Alto. Faculty of pacific graduate school of psychology, Palto Alto University.
- 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. *Journal of the American Academy of Audiology*, 18, 126–140. DOI: 10.3766/jaaa.18.2.5.
- Martin, B.A., Tremblay, K. L. i Korczak, P. (2008). Speech Evoked Potentials: From the Laboratory to the Clinic. *Ear & Hearing*, 29, 285–313.
- Marton, K. i Schwartz, R. G. (2003). Working memory Capacity and Language Process in Children with Specific Language Impairment. *Journal of Speech, Language and Hearing Research*, 46, 1138–1153.
- Matlin, M. (2009). *Cognition*. Crawfordsville: John Willey & Sons, Inc.
- Montgomery, J. W. (2003). Working memory and comprehension and Working Memory in Children with Specific Language Impairment. *Journal of speech, Language and Hearing Research*, 52, 269–288.
- Ponton, C. W. i Eggermont, J. (2001). Of kittens and kids: Altered cortical maturation following profound deafness and cochlear implant use. *Audiology & Neuro-Otology*, 6, 363–380.
- Ponton, C. W., Eggermont, J. J., Kwong, B. i Don, M. (2000). Maturation of human central auditory system activity: evidence from multichannel evoked potentials. *Clinical Neurophysiology*, 111, 220–236.

- Rončević Zubković, B. (2010). Ustrojstvo radnog pamćenja i njegova uloga u jezičnom procesiranju. *Psihologijske teme*, 19 (1), 1–29.
- Sabine, J., Sukhbinder, K., Masud, H. i Griffiths, D. (2015). *Auditory working memory for objects vs. features*, 9. doi.org/10.3389/fnins.2015.00013.
- Sharma, A., Gilley, P. M., Dorman, M. F. i Baldwin, R. (2007). Deprivation-induced cortical reorganization in children with cochlear implants. *International Journal of Audiology*, 46, 494–499.
- Sharma, A., Kraus, N., McGee, T. J. i Nicol, T. G. (1997). Developmental changes in P1 and N1 central auditory responses elicited by consonant-vowel syllables. *Electroencephalography and clinical Neurophysiology*, 104, 540–545. doi.org/10.1016/S0079-6123(07)00020-9.
- Sharma, A., Tobey, E., Dorman, M., Bharadwaj, S., Martin, K., Gilley, P. i Kunkel, F. (2004). Central Auditory Maturation Babbling Development in Infants with Cochlear Implants. *Arch Otolaryngol Head Neck Surg*, 130, 511–516.
- Woodman, G. F. (2010). A brief introduction to the use of event-related potentials in studies of perception and attention. *Attention, Perception, & Psychophysics*, 72 (8), 2031–2046. http://doi:10.3758/APP.72.8.2031.
- Wunderlich, J. L., Cone-Wesson, B. K. i Shepherd, R. (2006). Maturation of the cortical auditory evoked potential in infants and young children. *Hearing Research*, 212, 185–202. https://doi.org/10.1016/j.heares.2005.11.010.
- Zarevski, P. (2002). *Psihologija pamćenja i učenja*. Jastrebarsko: Naklada Slap.

AUDITORY PROCESSING IN CHILDREN WITH DEVELOPMENTAL LANGUAGE DISORDER, CAEP RESULTS

Abstract

Children diagnosed with Developmental Language Disorder (DLD) exhibit significant challenges in language acquisition and its application, despite having normal hearing and the absence of neurological disorders. These children commonly face issues with the auditory processing of short acoustic stimuli, particularly when presented sequentially. Additionally, they encounter difficulties in retaining linguistic content presented through auditory channels. This study aimed to investigate the applicability of the Cortical Auditory Evoked Potentials (CAEP) method as an objective tool for assessing auditory processing in children with DLD. The latencies of the CAEP components were measured, and their length provides data on auditory signal conduction lesions at the auditory cortex level. Specifically, the study focused on analyzing the latencies of CAEP compo-

nents to gather data on potential auditory signal conduction impairments at the level of the auditory cortex. The research involved eleven (11) children (aged 8 to 10) diagnosed with Developmental Language Disorder (DLD). All subjects had normal hearing, typical intelligence levels, and the absence of neurological abnormalities. A control group (S1) comprising of ten (10) children (aged 8 to 10) with normal hearing and speech was selected via random sampling method. CAEPs were recorded using a 32-channel Neuroscan device with tone burst (1 kHz and 2 kHz) used as a stimulus. An oddball paradigm was implemented, requiring subjects to press a button upon detecting the target stimulus. The latencies of the P1, N1, P2, N2, and P3 waves for both target and non-target stimuli were measured. The comparison of test results and statistical processing showed that children from these two groups differed in the length of latencies of all analyzed waves except for wave P1, for target and non-target stimuli. Also they have slower reaction time and a higher number of errors. This suggests that maturation processes in both groups of children are generally congruent. However, despite this developmental similarity, the implementation, recognition, and cognitive processing of tonal stimuli appear to occur at a slower pace among the children diagnosed with DLD.

Keywords: CAEP, ERP, developmental language disorder (DLD), auditory attention, auditory memory