



Auditivna percepcija kod osoba s poremećajem iz spektra autizma: pregled istraživanja

Sanja T. Đoković, Milica G. Gligorović, Sanja B. Ostojić-Zeljковиć

Univerzitet u Beogradu – Fakultet za specijalnu edukaciju i rehabilitaciju, Beograd, Srbija

Uvod: Pojava atipičnih reakcija na auditivne senzorne draži kod osoba sa poremećajima iz spektra autizma (PSA) zapaža se na ranom uzrastu. *Cilj:* Ovaj pregled literature imao je za cilj analizu bihevioralnih i elektrofizioloških istraživanja auditivne percepcije kod osoba sa PSA. *Metode:* Nalazi su organizovani u odnosu na primenjenu metodologiju i stimulse korišćene u ispitivanju auditivne percepcije. *Rezultati:* Identifikacija i diskriminacija izolovanih akustičkih karakteristika uglavnom je očuvana ili bolja kod osoba sa PSA, kako za čiste, tako i za složene tonove i govorne stimulse u odnosu na tipičnu populaciju. Vodeće teorije auditivnog funkcionisanja osoba sa PSA ukazuju na to da je periferna (lokalna) obrada detalja zvuka očuvana ili napredna u odnosu na tipičnu populaciju, a da se teškoće kod osoba sa PSA pojavljuju u integraciji lokalno analiziranih informacija u smislenu celinu (globalna obrada). Razlika između ovih teorija je u tome što Teorija slabe centralne koherencije (Weak Central Coherence – WCC) insistira na sigurnom prisustvu nedostataka u globalnoj obradi, dok Teorija perceptivnog funkcionisanja (Perceptual Functioning theory – EPF) nije toliko isključiva i ukazuje na to da poremećaj u globalnoj obradi može da bude prisutan, ali ne obavezno. *Zaključak:* Može se zaključiti da je auditivna percepcija i obrada visine tona očuvana ili pojačana kod osoba sa PSA bez obzira na vrstu zvučnog stimulusa, što se objašnjava povećanjem auditivnog kapaciteta za obradu informacija. To je u nekim slučajevima korisno, dok u drugim taj dodatni kapacitet rezultira obradom nebitnih informacija, čime se povećava podložnost distrakciji.

Cljučne reči: auditivna percepcija, poremećaji iz spektra autizma, bihevioralni pokazatelji, elektrofiziološki pokazatelji

Korespondencija: Sanja Đoković, sanjadjokovic@fasper.bg.ac.rs

Napomena: Rad je nastao kao rezultat istraživanja na projektima „Uticaj kohlearne implantacije na edukaciju gluvih i naglavih osoba (br. 179055) i „Kreiranje protokola za procenu edukativnih potencijala dece sa smetnjama u razvoju kao kriterijuma za izradu individualnih obrazovnih programa” (br. 179025), koje finansira Ministarstvo prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije.

Uvod

Prema najnovijoj klasifikaciji Američke psihijatrijske asocijacije u skup dijagnostičkih kriterijuma za uspostavljanje dijagnoze poremećaja iz spektra autizma (u daljem tekstu PSA) su, pored simptoma opisanih u prethodnim klasifikacionim sistemima, uključene i hipersenzitivnost i hiposenzitivnost na senzorne informacije (American Psychiatric Association, 2013), što je svakako utemeljeno u istraživačkim potvrdama specifičnosti auditivne percepcije i pažnje kod ljudi sa PSA (Taylor et al., 2013).

Sudeći prema rezultatima dosadašnjih istraživanja, pojava atipičnih reakcija na auditivne senzorne draži kod osoba sa PSA zapaža se na ranom uzrastu (McCormick et al., 2016). Uočeno je da se takozvano atipično auditivno ponašanje često ispoljava hipersenzitivnošću ili hiposenzitivnošću za neke vrste zvukova (Gligorović, 2019; Haesen et al., 2011; O'Connor, 2012). Hipersenzitivnost se manifestuje navikom pokrivanja ušiju, povećanom nervozom, strahom i promenama u ponašanju (Pfeiffer et al., 2017), a hiposenzitivnost i reakcija se obično odnosi na zvuke govornog porekla (Kuhl et al., 2005).

Među vodećim teorijama auditivnog funkcionisanja izdvajaju se Teorija slabe centralne koherencije (eng. *Weak Central Coherence* – WCC), prema kojoj osobe sa PSA imaju teškoće integracije u smislenu celinu uz očuvanu (ili bolju) sposobnost obrade detalja u odnosu na tipičnu populaciju (Happé, 1999) i Teorija perceptivnog funkcionisanja (eng. *Perceptual Functioning theory* – EPF), koja takođe pretpostavlja dominaciju lokalne obrade, ali ne podrazumeva prisustvo deficita globalne obrade (Mottron et al., 2006).

Auditivna percepcija zvučnih stimulusa uglavnom je inkorporirana u širi društveni komunikativni kontekst, posebno kada je reč o orijentaciji na govor, koja ima važnu ulogu u učenju receptivnog i ekspresivnog govora, kao i u komunikaciji uopšte (Đoković et al., 2014). Imajući u vidu da su deca sa PSA generalno manje orijentisana na govor od dece tipične populacije (Kuhl et al., 2005), postavlja se pitanje da li je izmenjeni obrazac socijalne orijentacije uzrok ili posledica odstupanja u auditivnoj orijentaciji i slušnoj obradi kod osoba sa PSA.

Ovaj rad ima za cilj da pruži uvid u savremena istraživanja auditivne percepcije u funkciji analize auditivnog profila obrade različitih vrsta zvučnih stimulusa (čist ton, složen ton, govor, muzika) kod osoba sa PSA, bez pretenzija prema zaključcima o kauzalnoj prirodi složenih odnosa između socijalne orijentacije, slušne obrade i percepcije govora.

U ovom pregledu literature fokus je na analizi rezultata auditivne obrade kod osoba sa PSA dobijenih putem dva različita metodološka pristupa – bihevioralnim i elektrofiziološkim.

Metode

Istraživanja analizirana u ovom preglednom radu odabrana su na osnovu tri osnovna kriterijuma (auditivna percepcija; primenjeni metod: elektrofiziološki ili bihevioralni; populacija osoba sa PSA) i izdvojena pretragom baza Google Scholar upotrebom ključnih reči kao što su percepcija govora, slušna percepcija, obrada govora, obrada zvuka, auditivna obrada, govorna diskriminacija i slušna diskriminacija u kombinaciji sa terminima povezanim sa PSA. U bazi je pronađeno 2.010 radova, od kojih je, na osnovu primenjene metodologije (bihevioralne i elektrofiziološke metode u ispitivanju auditivne percepcije i obrade kod osoba sa PSA) odabrano 51 istraživanje, a 34 studije su detaljnije analizirane u funkciji prikazivanja auditivnog profila osoba sa PSA. Među studijama čiji su rezultati analizirani bilo je 15 bihevioralnih i 19 elektrofizioloških.

Rezultati koji su analizirani u ovom radu potiču iz većeg broja različitih istraživanja kojima su bili obuhvaćeni ispitanici sa veoma heterogenim demografskim karakteristikama i sposobnostima. Zajedničko za sve ispitanike je autizam dijagnostikovano prema Dijagnostičkom i statističkom priručniku za mentalne poremećaje (DSM) ili prema Međunarodnoj klasifikaciji mentalnih poremećaja i poremećaja ponašanja (ICD). U većini ovih istraživanja bile su podrazumevane i kontrolne grupe tipične populacije, usklađene prema uzrastu, polu i neverbalnom IQ.

Opšte karakteristike analiziranih istraživanja

Bihevioralne metode ispitivanja sluha podrazumevaju uočavanje i analiziranje promena u obrascima ponašanja pod uticajem zvučnog stimulusa u strogo kontrolisanim uslovima (Đoković i Ostojić-Zeljковиć, 2017). Glavne prednosti bihevioralnih metoda su vremenska efikasnost i jednostavnost opreme koja se koristi, a nedostaci su moguća pristrasnost ispitivača, brz gubitak i široke varijacije odgovora male dece. Posmatraju se automatske motoričke reakcije (odgovori tela, pokretanje ruku ili nogu, kohleopalpebralni refleksi, promene u obrascima sisanja, treptanje i trzanje lica) ili pažnja, opisana kao proces koji omogućava da se slušalac fokusira na zvuk koji mu je interesantan, zanemarujući druge draži iz okruženja. Pažnja se povećava tokom trajanja zvučnog podražaja, a manifestuje se zadržavanjem daha ili promenama u brzini disanja, iznenadnim prestankom vokalizacije, otpočinjanjem ili prestankom plakanja, širenjem očiju ili okretanjem glave, što su znaci traganja za izvorom zvuka i pokušaja njegove lokalizacije, osmehom ili drugim promenama u facijalnoj ekspresiji, podizanjem obrve ili krikom iznenađenja (Đoković i Ostojić-Zeljковиć, 2017).

Kao što je već spomenuto, ovim istraživanjem obuhvaćeno je 15 bihevioralnih studija, čiji je kratak pregled prikazan u Tabeli 1.

Tabela 1*Pregled bihevioralnih istraživanja auditivne percepcije kod osoba sa PSA*

<i>Autori</i>	<i>Godina objavljivanja</i>	<i>Uzorak</i>	<i>Uzrast</i>	<i>Zadatak</i>
Altgassen et al.	2005	Autizam ($n = 17$) TR ($n = 13$)	7–11 g.	Percepcija visine tona
Bonnel et al.	2003	Autizam visokofunkcionalni ($n = 12$) TR ($n = 12$)	17 g. 16 g.	Percepcija visine tona u muzičkim frazama
Bonnel et al.	2010	Autizam ($n = 15$) AS ($n = 14$) TR ($n = 15$)	14–36 g. 15–31 g. 15–32 g.	Diskriminacija čistih i složenih tonova
DePape et al.	2012	Autizam visokofunkcionalni ($n = 12$) AS ($n = 15$) TR ($n = 27$)	13–17 g. 12–16 g.	Apsolutni prag sluha Diskriminacija visine tona Kategorijalna percepcija fonema Percepcija govora u buci Auditivno-vizuelna integracija Percepcija apsolutne visine tona Percepcija muzičkih harmonika
Heaton	2003	Autizam ($n = 14$) TR ($n = 14$)	7–15 g.	Diskriminacija visine tona Identifikacija distorzovanih životinjskih onomatopeja Identifikacija distorzovanih muzičkih fraza
Heaton et al.	2008a	Autizam visokofunkcionalni ($n = 21$) Autizam niskofunkcionalni ($n = 12$) Smetnje u učenju ($n = 12$) TR ($n = 23$)	11–19 g.	Identifikacija intervala tona
Heaton et al.	2008b	Autizam ($n = 14$) Smetnje u učenju + TR ($n = 14$)	8–12 g.	Povezanost diskriminacije visine tona i govorno-jezičkih sposobnosti
Järvinen-Pasley et al.	2008	AS + Autizam ($n = 28$) TR ($n = 28$)	9–16 g. 8–16 g.	Odnos između perceptivne i lingvističke obrade govora
Järvinen-Pasley & Heaton	2007	AS + Autizam ($n = 19$) TR ($n = 19$)	7–16 g. 7–15 g.	Auditivna diskriminacija visine tona u muzičkim frazama i govoru
Jones et al.	2009	Autizam ($n = 72$) TR ($n = 48$)	15 g.	Apsolutni pragovi sluha Auditivna diskriminacija Samoprocena auditivnog ponašanja
Kuhl et al.	2005	Autizam ($n = 29$) TR ($n = 29$)	2–4 g. 1–4 g.	Socijalna i lingvistička obrada govora

<i>Autori</i>	<i>Godina objavljivanja</i>	<i>Uzorak</i>	<i>Uzrast</i>	<i>Zadatak</i>
McCormick et al.	2016	Autizam ($n = 19$) Usporen psihomotorni razvoj ($n = 26$) TR ($n = 24$)	2–4 g.	Odnos između senzornih simptoma i adaptivnog ponašanja
Remington & Fairnie	2017	Autizam ($n = 20$) TR ($n = 20$)	17–34 g.	Auditivni kapacitet
Stewart et al.	2018	Autizam ($n = 23$) TR ($n = 23$)	18–40 g.	Kategorijalna auditivna percepcija
Whitehouse & Bishop	2008	Autizam visokofunkcionalni deca ($n = 15$) TR ($n = 15$)		Inicijalna auditivna obrada

Napomena: TR – tipičan razvoj; AS – Aspergerov sindrom

Elektrofiziološke metode su često korišćene u ispitivanju auditivnih karakteristika osoba sa PSA jer ne zahtevaju svesno, aktivno učestvovanje i saradnju ispitanika, što odgovara osobenostima PSA (Baillet et al., 2001). U istraživanjima su najčešće korišćene elektroencefalografija (EEG) i magnetoencefalografija (MEG), a u nekima od njih kombinovane su obe metode. I EEG i MEG mere elektromagnetne promene, ali EEG prati električnu komponentu [potencijali povezani sa događajem (*Event-related potentials* – ERP)] elektromagnetnog talasa, a MEG beleži njenu magnetnu komponentu [polja povezana sa događajem (*Event-related fields* – ERF)], koja se pokreću auditivnim stimulusima (Baillet et al., 2001).

U ovom radu je opisano 19 elektrofizioloških studija, čiji je kratak pregled prikazan u Tabeli 2.

Tabela 2

Pregled elektrofizioloških istraživanja auditivne percepcije kod osoba sa PSA

<i>Autori</i>	<i>Godina objavljivanja</i>	<i>Uzorak</i>	<i>Uzrast</i>	<i>Zadatak</i>
Bidet-Caulet et al.	2017	Autizam ($n = 16$) TR ($n = 16$)	7–12 g. 9–11 g.	Kortikalna obrada diskriminacije visine tona
Bruneau et al.	1999	Autizam sa IO ($n = 16$) TR ($n = 16$) IO ($n = 16$)	4–8 g.	Kortikalna obrada govornih i negovornih vokalnih zvukova
Bruneau et al.	2003	Autizam sa IO ($n = 26$) TR ($n = 16$)	4–8 g.	Kortikalna obrada intenziteta čistih tonova
Cardy et al.	2004	Autizam ($n = 10$) TR odrasli ($n = 10$) TR deca ($n = 18$)	10–14 g. 21–53 g. 8–17 g.	Kortikalna obrada diskriminacije promena visine tona

<i>Autori</i>	<i>Godina objavljivanja</i>	<i>Uzorak</i>	<i>Uzrast</i>	<i>Zadatak</i>
Cardy et al.	2005	Autizam ($n = 40$) AS Specifični jezički poremećaji TR ($n = 10$)	8–17 g.	Kortikalna obrada diskriminacije promena visine tona
Čeponienė	2003	Autizam visokofunkcionalni ($n = 9$) TR ($n = 10$)	6–12 g.	Kortikalni odgovori na orijentaciju na čist ton, složen ton i govor
Gomot et al.	2002	Autizam ($n = 15$) TR ($n = 15$)	5–9 g.	Kortikalna identifikacija akustičkih promena
Gomot et al.	2008	Autizam ($n = 12$) TR ($n = 12$)	10–15 g.	Neuronske mreže u toku detekcije nepoznatih auditivnih obrazaca
Hyde et al.	2010	Autizam ($n = 15$) TR ($n = 13$)	14–33 g. 14–34 g.	Povezanost morfolgije korteksa i perceptivnih karakteristika
Jansson-Verkasalo et al.	2003	AS ($n = 12$) TR ($n = 12$)	8–12 g.	Kortikalno kodiranje akustičkih karakteristika čistog tona i govora
Jansson-Verkasalo et al.	2005	AS ($n = 17$)	6–12 g.	Povezanost karakteristika kortikalne obrade između dece i roditelja
Kasai et al.	2005	Autizam ($n = 9$) TR ($n = 19$)	odrasli	Kortikalno prepoznavanje promena govornih i negovornih zvukova
Lepistö et al.	2005	Autizam ($n = 15$) TR ($n = 15$)	7-11 g.	Kortikalno kodiranje, diskriminacija i orijentacija govornih i negovornih zvukova
Lepistö et al.	2007	AS ($n = 11$) AS ($n = 13$)	odrasli deca	Kortikalna obrada akustičkih obeležja samoglasnika, govornih i negovornih zvukova
Lepistö et al.	2006	Autizam ($n = 15$) TR ($n = 15$)	deca	Kortikalna obrada diskriminacije i orijentacije na samoglasnike i negovorne zvukove
Oades et al.	1988	Autizam ($n = 7$) TR ($n = 9$)	5–17 g.	Kortikalna identifikacija čistih tonova
Russo et al.	2009	Autizam ($n = 16$) TR ($n = 11$)	7–13 g.	Kortikalna obrada govora u buci
Tecchio et al.	2003	Autizam ($n = 14$) TR ($n = 10$)	8–32 g. 7–32 g.	Kortikalna obrada identifikacije akustičkih karakteristika repetitivnih zvukova
Young-Morrison et al.	2020	Autizam ($n = 11$)	5–54 g.	Kortikalna obrada govora i orijentacija

Napomena: TR – tipični razvoj; IO – intelektualna ometenost; AS – Aspergerov sindrom

Radi lakšeg praćenja teksta u nastavku su opisane osnovne metode i mere koje su korišćene u istraživanjima obuhvaćenim pregledom. ERP talasni oblici sastoje se od niza amplituda koje su označene polaritetom (P za pozitivni, N za negativni) i vremenom koje je proteklo nakon pojave zvučnog stimulusa (latenca). Evocirani potencijali se mogu podeliti na one sa kratkim (kohlearni potencijali i reakcije u auditivnom delu moždanog stabla u trajanju do 10 ms), srednjim (auditivni odgovori moždanog stabla i najranijih komponenata auditivne kortikalne obrade u trajanju od 10 do 50 ms) i dugim latencama (iznad 50 ms) (Eggermont, 2007). Takođe, komponente auditivne percepcije i obrade mogu se podeliti na rane, koje odražavaju modalitet specifične obrade različitih karakteristika slušnih podražaja (N1 i P1 frekvencija, intenzitet i trajanje, javljaju se do 150 ms od pojave stimulusa) i kasne kortikalne komponente, koje se javljaju posle 150 ms (N2 i P2 odgovori koji više zavise od karakteristika zadatka nego od karakteristika stimulusa) (Eggermont, 2007).

Na višem kortikalnom nivou odvijaju se procesi pažnje i memorije, što se ispoljava odgovorima sa kasnom latencom (P3 komponenta javlja se 300 ms nakon prezentacije stimulusa), koja se pojavljuje u zadacima diskriminacije standardnih i distorzovanih zvučnih stimulusa. Komponenta P3 sadrži dve potkomponente: P3a, koja se dobija spontanim usmeravanjem pažnje na stimuluse i P3b, prisutna tokom aktivacije voljne pažnje (Samson et al., 2006).

Propagacijom izmenjenog ili distorzovanog stimulusa izaziva se N4 komponenta (javlja se oko 400 ms nakon prezentacije), za koju se smatra da ima važnu ulogu u obradi jezika i semantici, a istaknutija je u složenijim zadacima integracije reči u određeni kontekst (Hagoort, 2003). N4 komponenta prati se mismeč (*mismatch*) pristupom, opisanim kasnije u tekstu.

Magnetni ekvivalenti elektroencefalografskih evociranih odgovora koji odražavaju inicijalnu auditivnu kortikalnu obradu su M50, koji je analogan Pa/P1 kompleksu EEG evociranih odgovora i M100, koji je uprediv sa N1 komponentom (Cardy et al., 2004).

U elektrofiziološkim istraživanjima auditivne percepcije često se koristi takozvani mismeč pristup, koji ima dve varijante u zavisnosti od toga da li se mere električni potencijali ili magnetna polja. Jedan od tipova je mismeč negativnost (*mismatch negativity* – MMN), koji meri promene u moždanim električnim potencijalima, a drugi se naziva mismeč poljem (*mismatch field* – MMF) i namenjen je merenju promena u moždanim magnetnim poljima. Suština ovog koncepta je da se prate promene izazvane neuobičajenim auditivnim stimulusima koji se iznenada pojavljuju unutar toka standardnih akustičkih stimulusa i automatski detektuju prešvesne promene („oddball” paradigma). Očekuje se da se odgovor pojavi od 100 do 250 ms od početka neuobičajenog zvuka (Samson et al., 2006).

U većini analiziranih istraživanja zvučni stimulusi su predstavljeni binauralno, korišćenjem slušalica ako je to bilo moguće, ili zvučnika u slobodnom polju. U elektrofiziološkim metodama nije tražen svestan odgovor, a ispitanici su u većini slučajeva gledali video (nemi) koji ih je u isto vreme smirivao i fokusirao i nije ih ometao u praćenju propagiranog zvuka.

Rezultati istraživanja sa diskusijom

Auditivna percepcija i obrada čistog tona kod osoba sa PSA

Bihevioralna istraživanja

Najveći broj bihevioralnih istraživanja kod osoba sa PSA sproveden je korišćenjem čistog tona, pri čemu uglavnom nije navođeno o kojoj je frekvenciji reč.

Rezultati istraživanja u kome su primenjeni zadaci diskriminacije čistih tonova kod dece i adolescenata sa visokofunkcionalnim autizmom (isti ili različiti tonovi; niski ili visoki) pokazali su da ispitanici sa PSA postižu bolje rezultate u oba zadataka u odnosu na vršnjake tipičnog razvoja. Interesantno je da su ispitanici tipičnog razvoja postigli slabije rezultate na zadacima kategorizacije (niski/visoki) nego na zadacima diskriminacije (isti/različiti) (Bonnell et al., 2003).

U istraživanju koje je obuhvatalo tri grupe ispitanika (adolescenti sa autizmom, sa Aspergerovim sindromom i tipična populacija) konstatovano je da je uspešnost diskriminacije čistih tonova povezana sa jezičkim sposobnostima adolescenata sa autizmom. Naime, slabija diskriminacija čistih tonova bila je statistički značajno prisutnija kod adolescenata sa izraženim jezičkim teškoćama nego kod adolescenata sa Aspergerovim sindromom (Bonnell et al., 2010). Pored frekvencijske diskriminacije, ispitivana je i diskriminacija intenziteta i trajanja čistog tona, ali nisu pronađene razlike između dece sa PSA i tipične populacije (Jones et al., 2009).

U istraživanjima diskriminacije čistih tonova u uslovima pozadinske buke pokazalo se da ova sposobnost značajnije opada kod osoba sa PSA u odnosu na tipičnu populaciju (DePape et al., 2012). To pokazuje da ambijentalna buka predstavlja snažan distraktor koji više utiče na auditivnu percepciju kod osoba sa PSA nego kod tipične populacije.

Većina istraživanja pokazuje bolje rezultate diskriminacije visine čistih tonova (frekvencije) osoba sa PSA u odnosu na tipičnu populaciju (Bonnell et al., 2003; Gomes et al., 2008; Jones et al., 2009).

Dosadašnja bihevioralna istraživanja ukazuju na postojanje specifičnog auditivnog profila osoba sa PSA, koji se karakteriše veoma dobrom sposobnošću auditivne obrade, pojačanom sklonošću ka negovornim stimulusima i slabije razvijenim jezičkim sposobnostima (Heaton, 2003; Kuhl et al., 2005).

Elektrofiziološka istraživanja

Prema rezultatima dostupnih istraživanja osobe sa PSA postižu veoma dobre rezultate na instrumentima za procenu sposobnosti diskriminacije čistog tona (Gomot et al., 2002; Čeponienė et al., 2003). Koristeći „oddball” paradigmu

grupa autora je otkrila da deca sa PSA imaju kraće MMN latence u zadacima promene visine čistog tona, što ukazuje na izuzetnu osetljivost za ovu akustičku karakteristiku (Gomot et al., 2002). Latenca N1 komponente kod dece sa niskofunkcionalnim autizmom je bila kraća, što podrazumeva da je inicijalna auditivna kortikalna obrada bila izmenjena, odnosno brža (Gomot et al., 2002). Za razliku od prethodnog, drugo istraživanje je pokazalo da je diskriminacija visine čistog tona uglavnom očuvana, ali ne i bolja u odnosu na tipičnu populaciju (Čeponienė et al., 2003). Kortikalna auditivna percepcija čistog tona bila je takođe očuvana, što su pokazala merenja auditivnih potencijala N2, N4 i P1. Komponente N2 i N4 su bile uredne, dok je P1 komponenta pokazivala sniženu vrednost, ali ta razlika nije bila značajna (Čeponienė et al., 2003).

Međutim, postoje i drugačiji nalazi, koji pokazuju da osobe sa PSA imaju određene teškoće u diskriminaciji visine tona. Prema rezultatima jednog istraživanja deca sa Aspergerovim sindromom imaju produženu latencu MMN u zadacima identifikacije promene visine čistog tona, a pronađena je i izmenjena inicijalna auditivna kortikalna obrada jer su P1 i N2 amplitude bile manje (Jansson-Verkasalo et al., 2003). U drugom istraživanju, sprovedenom s ciljem da istraži da li postoji neka nasledna predispozicija za diskriminaciju visine tona i kodiranja zvuka, utvrđeno je da i deca sa Aspergerovim sindromom i njihovi roditelji imaju izmenjenu inicijalnu auditivnu kortikalnu obradu. Izmenjena diskriminacija visine čistog tona bila je prisutna kod dece sa Aspergerovim sindromom i njihovih očeva, ali ne i kod majki (Jansson-Verkasalo et al., 2005).

Treba naglasiti da izmenjena inicijalna auditivna kortikalna obrada, uočena u pomenutom istraživanju, ne ukazuje na nedvosmislen zaključak. Naime, postoje i istraživanja koja pokazuju drugačije rezultate kod osoba sa PSA. U jednom od tih istraživanja pronađena je smanjena ukupna snaga MMF odgovora u diskriminaciji visine čistih tonova kod osoba sa niskofunkcionalnim autizmom, ali nisu pronađene abnormalnosti u inicijalnoj auditivnoj kortikalnoj obradi (Tecchio et al., 2003). Rezultati su pokazali da nisu registrovane produžene latence ili promene u visini amplitude M100 kod dece sa niskofunkcionalnim autizmom u odnosu na tipičnu populaciju (Tecchio et al., 2003). Do sličnih rezultata došla je grupa autora koji su evidentirali produžene latence MMF na zadacima diskriminacije promene visine čistih tonova kod dece sa PSA, mada se amplitude M50 i M100 nisu razlikovale u odnosu na tipičnu populaciju (Cardy et al., 2005). Pomenuti nalazi ukazuju na očuvanu inicijalnu auditivnu kortikalnu obradu, ali sporiju diskriminaciju visine čistih tonova.

U elektrofiziološkim istraživanjima, kao i u bihevioralnim, pokazalo se da otežani uslovi slušanja značajno više utiču na auditivnu percepciju i obradu kod osoba sa PSA nego kod osoba tipične populacije. U istraživanju u kome je korišćen pozadinski beli šum pri propagaciji čistih tonova uočeno je da osobe sa PSA imaju izmenjenu inicijalnu auditivnu kortikalnu obradu čistih tonova u odnosu na tipičnu populaciju (Oades et al., 1988). Kod osoba sa PSA javljaju se

varijacije u distribuciji maksimalne amplitude za sve ERP komponente, kraća N1 latenca i povećana N1 amplituda (Oades et al., 1988).

Iako rezultati studija koje su se bavile analizom sposobnosti diskriminacije čistog tona nisu konzistentni, prema većini nalaza osobe sa PSA postižu dobre rezultate na instrumentima kojima se procenjuje ova sposobnost.

Percepcija i obrada intenziteta (glasnost) i trajanja čistih tonova kod osoba sa PSA takođe je istraživana, mada ne tako često kao percepcija i obrada visine tona. U istraživanju u kome su ispitivani auditivni evocirani potencijali čistih tonova različitog intenziteta kod tri grupe dece (deca sa niskofunkcionalnim autizmom, deca sa intelektualnom ometenošću i deca tipične populacije), zapažana je izmenjena N1b fronto-centralna komponenta u grupi dece sa niskofunkcionalnim autizmom (amplituda je manja za sve primenjene intenzitete) (Bruneau et al., 1999). Temporalna komponenta N1c takođe je bila manje amplitude, a uočeno je i kašnjenje u odgovoru (Bruneau et al., 1999). Kod tipične populacije vrh amplitude N1c povećavao se sa porastom intenziteta u obe hemisfere, dok je to povećanje kod dece sa niskofunkcionalnim autizmom registrovano samo u desnoj hemisferi (Bruneau et al., 1999). Ovaj rezultat može sugerisati dominaciju desne hemisfere u auditivnoj obradi kod dece sa niskofunkcionalnim autizmom (Bruneau et al., 1999; Bruneau et al., 2003). Dobijeni rezultati mogu ukazivati na disfunkciju auditivnog asocijativnog korteksa, uključujući i superiorni temporalni girus. Superiorni temporalni girus, superiorni temporalni sulkus, a posebno levi posteriorno-superiorni temporalni sulkus, važni su za auditivnu obradu i percepciju govora, odnosno za analiziranje brzo promenljivih slušnih ulaza i derivaciju njegovog značenja (Redcay, 2008; Scott & Johnsrude, 2003).

Istraživanja diskriminacije trajanja čistih tonova ukazuju da ne postoje razlike između odraslih osoba sa PSA i tipične populacije (Kasai et al., 2005). Međutim, treba naglasiti da je veoma malo elektrofizioloških istraživanja koja su se bavila ovom temom, tako da se ovi rezultati ne mogu generalizovati (Kasai et al., 2005).

Jedno od mogućih objašnjenja preciznosti u diskriminaciji i obradi visine tona kod osoba sa PSA je u povećanju njihovog auditivnog kapaciteta (Remington & Fairnie, 2017). Sposobnost istovremene obrade više informacija omogućava bolje memorisanje i razlikovanje visine tona, ali povećani auditivni kapacitet angažuje dodatnu auditivnu obradu, što rezultira rasejanošću, prekomernim uzbuđenjem ili hiperakuzijom (Remington & Fairnie, 2017). Na neuroanatomskom nivou registrovana je povećana debljina sive materije u Hešlovom girusu kod osoba sa PSA (u poređenju sa tipičnom populacijom), a to je region u primarnom auditivnom korteksu koji prvi obrađuje ulazne slušne informacije (Hyde et al., 2010). Moguće je da ova neuroanatomska promena utiče na povećanje dostupnosti resursa za kortikalnu auditivnu obradu.

Auditivna percepcija i obrada složenih tonova kod osoba sa PSA

Bihevioralna istraživanja

Prema rezultatima niza istraživanja kod osoba sa PSA su veoma dobro razvijene diskriminacija visine složenih i čistih tonova, pri čemu ove osobe brže i preciznije reaguju na promene visine složenih tonova u odnosu na tipičnu populaciju (Altgassen et al., 2005; Gomot et al., 2008; Heaton et al., 2008a). Diskriminacija visine složenih tonova kod osoba sa PSA je očuvana bez obzira da li se koriste kontinualni ili modulirani oblici propagacije (Bonnell et al., 2010).

Rezultati ispitivanja diskriminacije trajanja složenih tonova kod osoba sa PSA su donekle kontradiktorni. Jedno istraživanje je pokazalo lošije rezultate diskriminacije trajanja složenih tonova kod osoba sa Aspergerovim sindromom (Lepistö et al., 2006), dok su u drugom rezultati identični postignućima opšte populacije, ali je vreme reakcije sporije (Lepistö et al., 2007).

Elektrofiziološka istraživanja

Sudeći prema urednim MMN nalazima evidentiranim elektrofiziološkim istraživanjima, sposobnost auditivne percepcije i obrade složenih tonova kod osoba sa visokofunkcionalnim autizmom uglavnom ne odstupa od normi za tipičnu populaciju bez obzira na akustičku složenost stimulusa (Čeponienė et al., 2003). Štaviše, neka istraživanja su utvrdila ne samo očuvanu već superiornu diskriminaciju visine složenih tonova kod dece sa autizmom (Lepistö et al., 2005; Young-Morrison, 2020).

Ispitivanje sposobnosti diskriminacije trajanja i visine tona kod analognih vokala pokazalo je kraće MMN latence za diskriminaciju visine tona i duže pri diskriminaciji trajanja. U ovom istraživanju je, na osnovu smanjene amplitude P1 i P2 komponente, evidentirana i izmenjena inicijalna auditivna kortikalna obrada složenih tonova (Lepistö et al., 2005). Međutim, bilo je i istraživanja koja su pokazala da je inicijalna auditivna kortikalna obrada složenih tonova kod osoba sa PSA očuvana (Whitehouse & Bishop, 2008).

Kao i u bihevioralnim istraživanjima, diskriminacija intenziteta složenih tonova kod osoba sa PSA nije bila česta tema u elektrofiziološkim istraživanjima.

Auditivna percepcija i obrada akustičkih karakteristika govora kod osoba sa PSA

Bihevioralna istraživanja

Imajući u vidu da razvoj govora i jezika počiva na kvalitetnoj auditivnoj percepciji zvučnih ulaznih informacija, prijem i procesuiranje govora kod osoba sa PSA je veoma značajno pitanje, na koje je veći broj bihevioralnih i elektrofizioloških istraživanja pokušalo da pronađe ako ne odgovor, onda bar bliže tumačenje.

Kao i u prethodnim istraživanjima, tako i u istraživanjima percepcije akustičkih karakteristika govora, rezultati su kontradiktorni. U istraživanju sprovedenom s namerom da se utvrdi da li postoje intragrupne i intergrupne razlike u diskriminaciji visine tona u govoru u odnosu na negovorne i muzičke zvučne forme kod tri grupe dece (Aspergerov sindrom, visokofunkcionalni autizam i tipičan razvoj), utvrđeno je da deca sa Aspergerovim sindromom i visokofunkcionalnim autizmom na svim zadacima pokazuju slične rezultate (Järvinen-Pasley & Heaton, 2007). Deca tipične populacije postižu lošije rezultate diskriminacije visine tona u zadacima u kojima je traženo da diskriminišu visinu tona unutar grupe govornih stimulusa, a posebno u zadacima u kojima je trebalo da se diskriminiše visina tona govora u odnosu na muziku (Järvinen-Pasley & Heaton, 2007). Autori su zaključili da informacije o visini tona u govornim stimulusima imaju veću važnost za obe podgrupe dece sa PSA nego za tipičnu populaciju (Järvinen-Pasley & Heaton, 2007). Čini se da je auditivna perceptivna obrada kod osoba sa PSA opštijeg karaktera i manje zavisna od prirode predstavljenih stimulusa (govor naspram muzike).

Istraživanje diskriminacije visine tona u jednosložnim rečima, jednosložnim pseudorečima i stimulusima negovornog porekla pokazalo je da deca sa PSA imaju bolju diskriminaciju za sve tri klase zvučnih stimulusa u odnosu na tipičnu populaciju (Heaton et al., 2008a; Heaton et al., 2008b). Obe grupe ispitanika pokazale su lošiju diskriminaciju visine tona u zvučnim stimulusima govornog porekla (reči i psudoreči) u poređenju sa rezultatima zvučnih stimulusa negovornog tipa. Autori sugerišu da su akustičke karakteristike govora, a ne semantički sadržaj poruke, faktor koji može uticati na lošiju diskriminaciju. Do sličnih rezultata došlo se u drugom istraživanju, u kome je utvrđena superiorna obrada visine tona govora kod dece sa PSA primenom dva tipa zadataka (izbor adekvatne ilustracije simbola za visinu tona i izbor adekvatne ilustracije za jezički sadržaj). Deca sa PSA postigla su bolje rezultate u proceni visine tona govornog stimulusa, dok u jezičkom sadržaju nisu pronađene razlike u odnosu na tipičnu populaciju (Järvinen-Pasley et al., 2008). U obe grupe dece lingvistička obrada je bila primarni način obrade, iako je ova tendencija bila slabija kod dece sa PSA (Järvinen-Pasley et al., 2008).

Za razliku od istraživanja koja pokazuju superiornu percepciju visine tona, neke druge studije ukazuju na lošije rezultate u diskriminaciji trajanja zvučnih segmenata kod dece sa PSA (Lepistö et al., 2006). U jednom od njih zapažena su niska postignuća u prepoznavanju promena trajanja samoglasnika u grupi dece sa Aspergerovim sindromom, što sugeriše postojanje deficita u domenu diskriminacije trajanja zvučnih segmenata (Lepistö et al., 2006). Bihevioralnim testom za identifikaciju zvuka utvrđeno je da deca sa Aspergerovim sindromom imaju sporiju reakciju pri proceni trajanja samoglasnika i u zadacima fonetske diskriminacije, ali se njihova preciznost ne razlikuje u odnosu na tipičnu populaciju. Autori su zaključili da deca sa Aspergerovim sindromom primenjuju

drugačiju strategiju za vrednovanje trajanja zvučnih stimulusa u odnosu na tipičnu populaciju (Lepistö et al., 2007).

Ispitivanjem diskriminacije akustičkih razlika koje se odnose na lingvističke kontraste zvučnosti naspram bezzvučnosti kod odraslih osoba sa PSA utvrđeno je da ova populacija obrađuje razlike na manje kategorijalan način od tipične populacije (Stewart et al., 2018). Kategorijalna percepcija govora kod osoba sa PSA bila je u korelaciji sa verbalnom sposobnošću, čitanjem, leksikom i verbalnim IQ (Stewart et al., 2018).

Elektrofiziološka istraživanja

U istraživanjima koja su se bavila elektrofiziološkim ispitivanjem auditivne percepcije i obrade akustičkih karakteristika govora najčešće su se koristili zvučni stimulusi u formi izolovanih samoglasnika, slogova i jednosložnih i dvosložnih reči ili pseudoreči. U jednom od njih utvrđena je očuvana inicijalna auditivna kortikalna obrada i diskriminacija visine tona samoglasnika kod ispitanika sa visokofunkcionalnim autizmom (Čeponienė et al., 2003). U istraživanju u kome su deci sa Aspergerovim sindromom predstavljeni samoglasnici /a/ ili /o/ i traženo da diskriminuju visinu tona, trajanje i fonemu, zapaženi su superiorni MMN rezultati u diskriminaciji visine tona, ali i loši MMN rezultati u diskriminaciji trajanja. Sem toga, nisu utvrđene statistički značajne međugrupne razlike u diskriminaciji fonema između grupe dece sa Aspergerovim sindromom i dece tipičnog razvoja (Lepistö et al., 2006).

Na osnovu sniženih P1 i N4 komponentata utvrđeno je da je kod osoba sa PSA prisutna izmenjena kortikalna obrada zvuka (Lepistö et al., 2005), što je kasnije potvrđeno primenom N4 komponente koja je takođe bila snižena (Lepistö et al., 2006). Sem toga, uočena je značajno niža P3 amplituda, koja ukazuje na nedostatke spontane orijentacije na govor, što može biti uzrok jezičkih teškoća (Young-Morrison, 2020). Autori ukazuju na sličnost u obradi samoglasnika kod dece sa klasičnim autizmom i dece sa Aspergerovim sindromom, ali su, za razliku od dece, kod odraslih sa Aspergerovim sindromom uočeni dobri MMN rezultati u diskriminaciji trajanja (Lepistö et al., 2007).

Rezultati različitih istraživanja u čijem je fokusu bila obrada i diskriminacija slogova su kontradiktorni. Prema rezultatima jednog od njih fonetska diskriminacija i inicijalna auditivna kortikalna obrada slogova su kod dece sa Aspergerovim sindromom slabije u odnosu na tipičnu populaciju (Jansson-Verkasalo et al., 2003). Ispitivanje uticaja pozadinske buke na auditivnu obradu slogova pokazala je da su deca sa PSA manje efikasna od dece tipičnog razvoja (Russo et al., 2009). Deca sa PSA postižu slične rezultate u obradi slogova u optimalnim uslovima slušanja (tihu okruženje) i u uslovima ambijentalne buke, za razliku od dece tipične populacije koja postižu statistički značajno bolje rezultate u tihom okruženju. Ovaj rezultat autori objašnjavaju činjenicom da su postignuća dece sa PSA i u tihom okruženju veoma slaba, pa

je bilo veoma teško uočiti razliku u odnosu na rezultate u uslovima pozadinske buke (Russo et al., 2009).

Slabija diskriminacija slogova kod dece sa PSA može se objasniti njihovim afinitetom za određene vrste zvukova jer, na primer, većina dece sa PSA predškolskog uzrasta ima veće afinitete prema zvucima negovornog porekla u odnosu na majčin govor (Jansson-Verkasalo et al., 2003; Kuhl et al., 2005; Russo et al., 2009). Rezultati istraživanja u kome su deca sa PSA bila podeljena u dve grupe u odnosu na afinitete (grupa dece koja više obraćaju pažnju na negovorne zvuke i grupa koja više obraća pažnju na govor) pokazali su da je diskriminacija slogova slabija kod dece koja su imala veći afinitet prema negovornim zvucima, dok su postignuća dece koja su više preferirala majčin govor u skladu sa postignućima tipične populacije (Kuhl et al., 2005).

U istraživanju koje se bavilo ispitivanjem neurofizioloških korelata percepcije govornih i negovornih zvučnih stimulusa kod dece sa PSA i dece tipičnog razvoja evidentirani su donekle izmenjeni obrasci obrade (Bidet-Caulet et al., 2017). Kod dece tipičnog razvoja evidentirani su klasični odgovori osetljivosti na glas preko fronto-temporalne elektrode kako za govorne, tako i za negovorne vokalne zvuke, dok kod dece sa PSA nije uočen preferencijalni odgovor na vokalne zvuke. Grupe se nisu razlikovale u obradi vokalnih zvukova i govornog i negovornog porekla, ali su uočene značajne razlike u obradi negovornih zvučnih stimulusa u desnom fronto-temporalom regionu kod dece sa PSA (Bidet-Caulet et al., 2017).

Pregledom istraživanja auditivne percepcije i obrade akustičkih karakteristika govora kod dece sa PSA uočena je mala zastupljenost studija koje su se bavile ispitivanjem diskriminacije i obrade intenziteta govora, što se može smatrati preprekom za definisanje sveobuhvatnijeg auditivnog profila i predstavlja jedno od osnovnih ograničenja ove studije. Sem toga, mali broj studija kojima su obuhvaćena deca mlađeg uzrasta i neverbalna deca bitno ograničava sticanje uvida u razvojnu trajektoriju auditivne percepcije i moguće razlike auditivnih profila kod verbalne i neverbalne dece sa PSA.

Zaključak

Na osnovu uvida u rezultate bihevioralnih i elektrofizioloških istraživanja auditivne percepcije kod osoba sa PSA, oslanjajući se na dve aktuelne teorije (WCC i EPF), može se reći da je više istraživanja koja ukazuju na pojačanu lokalnu auditivnu obradu kod osoba sa PSA, bez obzira na vrstu i složenost zvučnog stimulusa.

Elektrofiziološka i bihevioralna istraživanja pružaju dokaze o pojačanoj lokalnoj auditivnoj obradi kod osoba sa PSA bez obzira na složenost stimulusa. Ovo je najočiglednije u percepciji visine tona, za koju je utvrđeno da je pojačana u čistim tonovima, složenim tonovima i zvukovima govora. Odsustvo auditivne globalne interferencije takođe je dokazano u nekoliko istraživanja, koja sugerišu

sklonost ka lokalnijem procesuiranju kod osoba sa PSA. Ove osobe su previše usredsređene na lokalne perceptivne osobine, čak i u zvukovima govora, dok se pripadnici tipične populacije spontano fokusiraju na društveno relevantnije znakove (kao što je govor).

Na osnovu rezultata analiziranih studija može se zaključiti da je kod osoba sa PSA auditivna percepcija visine tona očuvana ili superiorna bez obzira na vrstu zvučnog stimulusa u odnosu na osobe tipičnog razvoja. Ovi nalazi objašnjavaju se povećanjem auditivnog kapaciteta za obradu informacija, što je u nekim slučajevima korisno, a u drugim taj isti dodatni kapacitet rezultira obradom nebitnih informacija, čime se povećava podložnost distrakciji. Teškoće kod ove populacije uočavaju se u diskriminaciji i obradi trajanja zvučnih segmenata i govornog i negovornog porekla. Nažalost, pronađeno je veoma malo istraživanja koja su se bavila diskriminacijom i obradom intenziteta zvuka kod osoba sa PSA, a ona koja su sprovedena ukazuju na izmenjene obrasce u odnosu na tipičnu populaciju.

Bilo bi veoma značajno intenzivirati i produbiti buduća istraživanja auditivne percepcije kod osoba sa PSA, naročito u delu koji do sada nije detaljno ispitan, a to je intenzitet različitih zvučnih stimulusa. Takođe, trebalo bi akcenat staviti na ispitivanje auditivne percepcije kod neverbalne dece sa PSA jer je većina dosadašnjih istraživanja rađena u populaciji dece i odraslih osoba sa visokofunkcionalnim autizmom ili Aspergerovim sindromom.

Uvid u specifičnosti auditivne percepcije i definisanje auditivnog profila kod osoba sa PSA može da bude od krucijalnog značaja u procesu kreiranja, primene i evaluacije tretmana usmerenog na različite aspekte sposobnosti i veština.

Literatura

- Altgassen, M., Kliegel, M., & Williams, T. I. (2005). Pitch perception in children with autistic spectrum disorders. *British Journal of Developmental Psychology*, 23(4), 543-558. <https://doi.org/10.1348/026151005X26840>
- American Psychiatric Association. (2013). *Diagnostic and statistical manual of mental disorders: DSM-5*. American Psychiatric Association.
- Baillet, S., Mosher, J. C., & Leahy, R. M. (2001). Electromagnetic brain mapping. *IEEE Signal Processing Magazine*, 18(6), 14-30. <https://doi.org/10.1109/79.962275>
- Bidet-Caulet, A., Latinus, M., Roux, S., Malvy, J., Bonnet-Brilhault, F., & Bruneau, N. (2017). Atypical sound discrimination in children with ASD as indicated by cortical ERPs. *Journal of Neurodevelopmental Disorders*, 9, Article 13. <https://doi.org/10.1186/s11689-017-9194-9>
- Bonnel, A., Mottron, L., Peretz, I., Trudel, M., Gallun, E., & Bonnel, A. M. (2003). Enhanced pitch sensitivity in individuals with autism: A signal detection analysis. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 15(2), 226-235. <https://doi.org/10.1162/089892903321208169>
- Bonnel, A., McAdams, S., Smith, B., Berthiaume, C., Bertone, A., Ciocca, V., Burack, J. A., & Mottron, L. (2010). Enhanced pure-tone pitch discrimination among persons

- with autism but not Asperger syndrome. *Neuropsychologia*, 48(9), 2465-2475. <https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2010.04.020>
- Bruneau, N., Roux, S., Adrien, J. L., & Barthélémy, C. (1999). Auditory associative cortex dysfunction in children with autism: Evidence from late auditory evoked potentials (N1 wave -T complex). *Clinical Neurophysiology*, 110(11), 1927-1934. [https://doi.org/10.1016/S1388-2457\(99\)00149-2](https://doi.org/10.1016/S1388-2457(99)00149-2)
- Bruneau, N., Bonnet-Brilhault, F., Gomot, M., Adrien, J. L., & Barthélémy, C. (2003). Cortical auditory processing and communication in children with autism: Electrophysiological/behavioral relations. *International Journal of Psychophysiology*, 51(1), 17-25. [https://doi.org/10.1016/S0167-8760\(03\)00149-1](https://doi.org/10.1016/S0167-8760(03)00149-1)
- Cardy, J. E. O., Ferrari, P., Flagg, E. J., Roberts, W., & Roberts, T. P. (2004). Prominence of M50 auditory evoked response over M100 in childhood and autism. *NeuroReport*, 15(12), 1867-1870. <https://doi.org/10.1097/00001756-200408260-00006>
- Cardy, J. E. O., Flagg, E. J., Roberts, W., Brian, J., & Roberts, T. P. (2005). Magnetoencephalography identifies rapid temporal processing deficit in autism and language impairment. *NeuroReport*, 16(4), 329-332. <https://doi.org/10.1097/00001756-200503150-00005>
- Čeponienė, R., Lepistö, T., Shestakova, A., Vanhala, R., Alku, P., Näätänen, R., & Yaguchi, K. (2003). Speech-sound-selective auditory impairment in children with autism: They can perceive but do not attend. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 100(9), 5567-5572. <https://doi.org/10.1073/pnas.0835631100>
- DePape, A. M. R., Hall, G. B., Tillmann, B., & Trainor, L. J. (2012). Auditory processing in high-functioning adolescents with autism spectrum disorder. *PLoS ONE*, 7(9), Article e44084. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0044084>
- Đoković, S., Gligorović, M., Ostojić, S., Dimić, N., Radić-Šestić, M., & Slavnić, S. (2014). Can mild bilateral sensorineural hearing loss affect developmental abilities in younger school-age children? *Journal of Deaf Studies and Deaf Education*, 19(4), 484-495. <https://doi.org/10.1093/deafed/enu018>
- Đoković, S., i Ostojić-Zeljковиć, S. (2017). *Funkcionalna procena sluha kod dece*. Univerzitet u Beogradu – Fakultet za specijalnu edukaciju.
- Eggermont, J. J. (2007). Electric and magnetic fields of synchronous neural activity: Peripheral and central origins of AEPs. In R. F. Burkard, M. Don, & J. J. Eggermont (Eds.), *Auditory evoked potentials: Basic principles and clinical application* (pp. 2-21). Lippincott Williams & Wilkins.
- Gligorović, M. (2019). *Klinička procena i tretman teškoća u mentalnom razvoju*. Univerzitet u Beogradu – Fakultet za specijalnu edukaciju.
- Gomes, E., Pedroso, F. S., & Wagner, M. B. (2008). Auditory hypersensitivity in the autistic spectrum disorder. *Pró-Fono Revista de Atualização Científica*, 20(4), 279-284. <https://doi.org/10.1590/S0104-56872008000400013>
- Gomot, M., Giard, M. H., Adrien, J. L., Barthelemy, C., & Bruneau, N. (2002). Hypersensitivity to acoustic change in children with autism: Electrophysiological evidence of left frontal cortex dysfunctioning. *Psychophysiology*, 39(5), 577-584. <https://doi.org/10.1017/S0048577202394058>
- Gomot, M., Belmonte, M. K., Bullmore, E. T., Bernard, F. A., & Baron-Cohen, S. (2008). Brain hyper-reactivity to auditory novel targets in children with high-functioning autism. *Brain*, 131(9), 2479-2488. <https://doi.org/10.1093/brain/awn172>
- Haesen, B., Boets, B., & Wagemans, J. (2011). A review of behavioural and electrophysiological studies on auditory processing and speech perception in autism

- spectrum disorders. *Research in Autism Spectrum Disorders*, 5(2), 701-714. <https://doi.org/10.1016/j.rasd.2010.11.006>
- Hagoort, P. (2003). Interplay between syntax and semantics during sentence comprehension: ERP effects of combining syntactic and semantic violations. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 15(6), 883-899. <https://doi.org/10.1162/089892903322370807>
- Happé, F. (1999). Autism: Cognitive deficit or cognitive style?. *Trends in Cognitive Sciences*, 3(6), 216-222. [https://doi.org/10.1016/S1364-6613\(99\)01318-2](https://doi.org/10.1016/S1364-6613(99)01318-2)
- Heaton, P. (2003). Pitch memory, labelling and disembedding in autism. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 44(4), 543-551. <https://doi.org/10.1111/1469-7610.00143>
- Heaton, P., Williams, K., Cummins, O., & Happé, F. (2008a). Autism and pitch processing splinter skills: A group and subgroup analysis. *Autism*, 12(2), 203-219. <https://doi.org/10.1177/1362361307085270>
- Heaton, P., Hudry, K., Ludlow, A., & Hill, E. (2008b). Superior discrimination of speech pitch and its relationship to verbal ability in autism spectrum disorders. *Cognitive Neuropsychology*, 25(6), 771-782. <https://doi.org/10.1080/02643290802336277>
- Hyde, K. L., Samson, F., Evans, A. C., & Mottron, L. (2010). Neuroanatomical differences in brain areas implicated in perceptual and other core features of autism revealed by cortical thickness analysis and voxel-based morphometry. *Human Brain Mapping*, 31(4), 556-566. <https://doi.org/10.1002/hbm.20887>
- Jansson-Verkasalo, E., Ceponienė, R., Kielinen, M., Suominen, K., Jäntti, V., Linna, S. L., Moilanen, I., & Näätänen, R. (2003). Deficient auditory processing in children with Asperger Syndrome, as indexed by event-related potentials. *Neuroscience Letters*, 338(3), 197-200. [https://doi.org/10.1016/S0304-3940\(02\)01405-2](https://doi.org/10.1016/S0304-3940(02)01405-2)
- Jansson-Verkasalo, E., Kujala, T., Jussila, K., Mattila, M. L., Moilanen, I., Näätänen, R., Suominen, K., & Korpilahti, P. (2005). Similarities in the phenotype of the auditory neural substrate in children with Asperger syndrome and their parents. *European Journal of Neuroscience*, 22(4), 986-990. <https://doi.org/10.1111/j.1460-9568.2005.04216.x>
- Järvinen-Pasley, A., & Heaton, P. (2007). Evidence for reduced domain-specificity in auditory processing in autism. *Developmental Science*, 10(6), 786-793. <https://doi.org/10.1111/j.1467-7687.2007.00637.x>
- Järvinen-Pasley, A., Pasley, J., & Heaton, P. (2008). Is the linguistic content of speech less salient than its perceptual features in autism?. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 38(2), 239-248. <https://doi.org/10.1007/s10803-007-0386-0>
- Jones, C. R., Happé, F., Baird, G., Simonoff, E., Marsden, A. J., Tregay, J., Phillips, R. J., Goswami, U., Thomson, J. M., & Charman, T. (2009). Auditory discrimination and auditory sensory behaviours in autism spectrum disorders. *Neuropsychologia*, 47(13), 2850-2858. <https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2009.06.015>
- Kasai, K., Hashimoto, O., Kawakubo, Y., Yumoto, M., Kamio, S., Itoh, K., Koshida, I., Iwanami, A., Nakagome, K., Fukuda, M., Yamasue, H., Yamada, H., Abe, O., Aoki, S., & Kato, N. (2005). Delayed automatic detection of change in speech sounds in adults with autism: A magnetoencephalographic study. *Clinical Neurophysiology*, 116(7), 1655-1664. <https://doi.org/10.1016/j.clinph.2005.03.007>
- Kuhl, P. K., Coffey-Corina, S., Padden, D., & Dawson, G. (2005). Links between social and linguistic processing of speech in preschool children with autism: Behavioral and electrophysiological measures. *Developmental Science*, 8(1), F1-F12. <https://doi.org/10.1111/j.1467-7687.2004.00384.x>
- Lepistö, T., Kujala, T., Vanhala, R., Alku, P., Huotilainen, M., & Näätänen, R. (2005). The discrimination of and orienting to speech and non-speech sounds in children

- with autism. *Brain Research*, 1066(1-2), 147-157. <https://doi.org/10.1016/j.brainres.2005.10.052>
- Lepistö, T., Nieminen-von Wendt, T., von Wendt, L., Näätänen, R., & Kujala, T. (2007). Auditory cortical change detection in adults with Asperger syndrome. *Neuroscience Letters*, 414(2), 136-140. <https://doi.org/10.1016/j.neulet.2006.12.009>
- Lepistö, T., Silokallio, S., Nieminen-von Wendt, T., Alku, P., Näätänen, R., & Kujala, T. (2006). Auditory perception and attention as reflected by the brain event-related potentials in children with Asperger syndrome. *Clinical Neurophysiology*, 117(10), 2161-2171. <https://doi.org/10.1016/j.clinph.2006.06.709>
- McCormick, C., Hepburn, S., Young, G. S., & Rogers, S. J. (2016). Sensory symptoms in children with autism spectrum disorder, other developmental disorders and typical development: A longitudinal study. *Autism*, 20(5), 572-579. <https://doi.org/10.1177/1362361315599755>
- Mottron, L., Dawson, M., Soulières, I., Hubert, B., & Burack, J. (2006). Enhanced perceptual functioning in autism: An update, and eight principles of autistic perception. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 36(1), 27-43. <https://doi.org/10.1007/s10803-005-0040-7>
- O'Connor, K. (2012). Auditory processing in autism spectrum disorder: A review. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 36(2), 836-854. <https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2011.11.008>
- Oades, R. D., Walker, M. K., Geffen, L. B., & Stern, L. M. (1988). Event-related potentials in autistic and healthy children on an auditory choice reaction time task. *International Journal of Psychophysiology*, 6(1), 25-37. [https://doi.org/10.1016/0167-8760\(88\)90032-3](https://doi.org/10.1016/0167-8760(88)90032-3)
- Pfeiffer, B., Coster, W., Snethen, G., Derstine, M., Piller, A., & Tucker, C. (2017). Caregivers' perspectives on the sensory environment and participation in daily activities of children with autism spectrum disorder. *American Journal of Occupational Therapy*, 71(4), 7104220020p1-7104220028p9. <https://doi.org/10.5014/ajot.2017.021360>
- Redcay, E. (2008). The superior temporal sulcus performs a common function for social and speech perception: Implications for the emergence of autism. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 32(1), 123-142. <https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2007.06.004>
- Remington, A., & Fairnie, J. (2017). A sound advantage: Increased auditory capacity in autism. *Cognition*, 166, 459-465. <https://doi.org/10.1016/j.cognition.2017.04.002>
- Russo, N., Zecker, S., Trommer, B., Chen, J., & Kraus, N. (2009). Effects of background noise on cortical encoding of speech in autism spectrum disorders. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 39(8), 1185-1196. <https://doi.org/10.1007/s10803-009-0737-0>
- Samson, F., Mottron, L., Jemel, B., Belin, P., & Ciocca, V. (2006). Can spectro-temporal complexity explain the autistic pattern of performance on auditory tasks?. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 36(1), 65-76. <https://doi.org/10.1007/s10803-005-0043-4>
- Scott, S. K., & Johnsrude, I. S. (2003). The neuroanatomical and functional organization of speech perception. *Trends in Neurosciences*, 26(2), 100-107. [https://doi.org/10.1016/S0166-2236\(02\)00037-1](https://doi.org/10.1016/S0166-2236(02)00037-1)
- Stewart, M. E., Petrou, A. M., & Ota, M. (2018). Categorical speech perception in adults with autism spectrum conditions. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 48(1), 72-82. <https://doi.org/10.1007/s10803-017-3284-0>

- Taylor, L. J., Maybery, M. T., Wray, J., Ravine, D., Hunt, A., & Whitehouse, A. J. (2013). Brief report: Do the nature of communication impairments in autism spectrum disorders relate to the broader autism phenotype in parents?. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 43(12), 2984-2989. <https://doi.org/10.1007/s10803-013-1838-3>
- Tecchio, F., Benassi, F., Zappasodi, F., Gialloreti, L. E., Palermo, M., Seri, S., & Rossini, P. M. (2003). Auditory sensory processing in autism: A magnetoencephalographic study. *Biological Psychiatry*, 54(6), 647-654. [https://doi.org/10.1016/S0006-3223\(03\)00295-6](https://doi.org/10.1016/S0006-3223(03)00295-6)
- Whitehouse, A. J., & Bishop, D. V. (2008). Do children with autism 'switch off' to speech sounds? An investigation using event-related potentials. *Developmental Science*, 11(4), 516-524. <https://doi.org/10.1111/j.1467-7687.2008.00697.x>
- Young-Morrison, R. L. (2020). *Speech perception and involuntary orientation to speech stimuli in individuals with Autism Spectrum Disorder* [Undergraduate Thesis, University of Vermont]. UVM ScholarWorks. <https://scholarworks.uvm.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1084&context=casesthesis>

Auditory perception in people with autism spectrum disorders

Sanja T. Đoković, Milica G. Gligorović, Sanja B. Ostojić-Zeljковиć

University of Belgrade – Faculty of Special Education and Rehabilitation, Belgrade, Serbia

Introduction. The occurrence of atypical reactions to auditory sensory stimuli is observed in people with autism spectrum disorders (ASD) at an early age. *Objective.* The goal of this review was to analyze behavioural and electrophysiological examinations of auditory perception in people with ASD. *Methods.* The findings are organized according to the applied methodology and stimuli used in assessing auditory perception. *Results.* When compared to the typical population, identification and discrimination of isolated acoustic characteristics are mostly preserved or advanced in people with ASD, both for complex tones and spoken stimuli. The leading theories regarding auditory functioning of people with ASD indicate that peripheral (local) processing of sound details is preserved or advanced compared to the typical population and that difficulties arise in integrating locally analyzed information into a meaningful whole (global processing). The difference between these theories is that the Weak Central Coherence theory insists on a definite presence of deficiencies in global processing, whereas the Perceptual Functioning theory is not as exclusionary and indicates that the inconsistency in global processing can be present but is not requisite. *Conclusion.* It may be concluded that auditory perception and the processing of tone height are preserved or enhanced in people with ADS regardless of the type of the auditory stimulus. This may be explained by the increase of the auditory capacity for information processing, which is useful in some cases. However, in other cases, the same increased capacity results in processing unnecessary information, thereby increasing susceptibility to distraction.

Keywords: auditory perception, autism spectrum disorders, behavioural indicators, electrophysiological indicators

PRIMLJENO: 22.10.2021.

REVIDIRANO: 26.01.2022.

PRIHVAĆENO: 31.01.2022.