

# Dijagnostika i rehabilitacija osoba oštećenog sluha po verbotonalnoj metodi u svjetlu suvremenih spoznaja

---

**Vlahović, Sanja**

*Source / Izvornik:* **Verbotonalni razgovori, 2021, 119 - 135**

**Book chapter / Poglavlje u knjizi**

*Publication status / Verzija rada:* **Published version / Objavljena verzija rada (izdavačev PDF)**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:257:200230>

*Rights / Prava:* [Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International/Imenovanje-Nekomercijalno-Bez prerada 4.0 međunarodna](#)

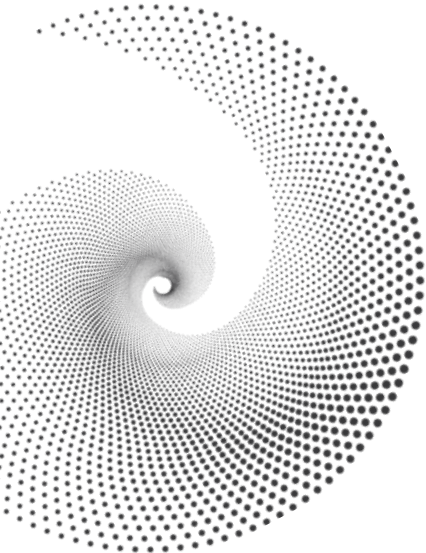
*Download date / Datum preuzimanja:* **2024-08-05**



*Repository / Repozitorij:*

[SUVAG Polyclinic Repository](#)





# DIJAGNOSTIKA I REHABILITACIJA OSOBA OŠTEĆENOG SLUHA PO VERBOTONALNOJ METODI U SVJETLU AKTUALNIH SPOZNAJA I TRENDOVA

Sanja Vlahović

## Uvod

Razdoblje izlaženja časopisa „Verbotonalni razgovori“ na svjetskoj je razini, ali i u hrvatskoj audiologiji, razdoblje u kojem su se dogodile vrlo značajne promjene u dijagnostici i rehabilitaciji osoba s oštećenjem sluha, osobito djece. Pritom su „Verbotonalni razgovori“ svojim sadržajima odražavali aktualnost i naprednost ideja i rada u Poliklinici SUVAG. U tom razdoblju započeo je program ugradnje umjetnih pužnica te je uveden sveobuhvatni novorođenački probir u rodilišta u Republici Hrvatskoj, što je kao i drugdje u svijetu, rezultiralo velikim napretkom u razvoju rane dijagnostike i rane rehabilitacije te omogućilo nezabilježene uspjehe u rehabilitaciji djece s najtežim oštećenjima sluha. Danas, četvrt stoljeća nakon izlaska prvog broja „Verbotonalnih razgovora“ sadržaj još uvijek aktualnih članaka naglašava koliko je tadašnji pomak bio značajan.

Prva umjetna pužnica (UMP) u svijetu djetetu je ugrađena 1980. godine, a FDA (*The Food and Drug Administration*) taj je postupak za djecu odobrila 1986. godine. Godine 1990. odobrena je ugradnja multikanalnog uređaja Nucleus 22 za djecu stariju od dvije godine, a nakon toga je došlo do preokreta u odnosu broja ugradnji kod odraslih i djece, tj. većinu operiranih pacijenata počela su činiti djeca. Godine 2000.

FDA je odobrila ugradnju umjetne pužnice djeci starijoj od 12 mjeseci (Eshraghi i sur., 2012). U Hrvatskoj je program ugradnje umjetnih pužnica započeo 1996. godine i to gotovo istodobno za odrasle i djecu. Prve operacije obavljene su u KBC-u Sestre milosrdnice, a Poliklinika SUVAG, u kojoj je 1996. osnovan Centar za umjetnu pužnicu i nove tehnologije, bila je sukreator programa ugradnji umjetnih pužnica u Hrvatskoj.

Kako se radilo o novom i revolucionarnom, a istodobno invazivnom i nepoznatom zahvatu, trebalo ga je približiti kako pacijentima i roditeljima pacijenata, tako i dje-latnicima. To je bilo osobito važno s obzirom na to da u bližoj okolini nije bilo sličnih primjera i iskustava. Tekstovi u „Verbotonalnim razgovorima“ koji prikazuju novosti iz svijeta i u kojima se približava i pojašnjava nova tehnologija i s njom povezani novi, ali i stari postupci (Marn, 1996; Pansini i sur., 1996; Šindija, 1996; Vlahović, 1998; Vlahović, 2002) te prikazuju prvi rezultati rehabilitacije korisnika novih tehnologija (Šindija i Mildner, 2001; Kramarić i sur., 2002) su za osobe koje biraju profesionalni put u području oštećenja sluha i dalje informativni i aktualni. Ti sadržaji ujedno podsjećaju na činjenicu da je verbotonalna metoda cjelovita, a ujedno i posve suvremena rehabilitacijska metoda, iako se primjenjuje već 60 godina. Upravo je to olakšalo prepoznavanje potencijala novih tehnologija i omogućilo vrlo laganu prilagodbu i uključivanje rezultata novih spoznaja u svakodnevni rad u Poliklinici SUVAG.

Osim tog novootvorenog poglavlja u ranoj dijagnostici i rehabilitaciji slušanja i govora djece s trajnim oštećenjima sluha, aktualnost u području dijagnostike i rehabilitacije slušanja pokazuju i radovi o prezbiakuziji od prije dvadesetak godina u kojima se već sabire dugogodišnje iskustvo (Borković, 1998; Pansini, 1995). Naime, tek recentnije publikacije na temelju istraživanja tog područja, koja su intenzivirana zadnja dva desetljeća, značajnije ističu potrebu za adekvatnom dijagnostikom i intervencijom u starijih. Tome su pridonijele spoznaje o patofiziologiji oštećenja sluha povezanog sa starenjem, potencijalu neuroplastičnosti i u toj dobi te utjecaju oštećenja sluha na kvalitetu života starijih osoba, osobito na ubrzano kognitivno propadanje.

## Rana dijagnostika oštećenja sluha

Spoznaje o važnosti rane dijagnostike prirodnih oštećenja sluha, ali i ranim postnatalnim oštećenjima te rezultati praćenja njihove pojavnosti, doveli su do značajnih promjena u poimanju i provođenju dijagnostike oštećenja sluha u dječjoj dobi. Sjevernoamerička i europska strukovna udruženja još su od 80-ih godina prošlog stoljeća na temelju spoznaja o dugotrajnim negativnim posljedicama slušne deprivacije preporučivale ranu dijagnostiku, a *Joint Committee on Infant Hearing* 1994. godine donio preporuku kojom je definirao pravodobnost detekcije (do trećeg mjeseca života) i početka intervencije (do šestog mjeseca života) kod djece oštećena sluha. Daljnji razvoj neuroznanosti samo je potvrdio i naglasio opravdanost takvog pristupa. Brojne

su studije pokazale povezanost strukturalnog razvoja središnjeg slušnog sustava s razvojem slušne percepcije govora. Prateći pokazatelje sazrijevanja, pokazale su da je u trenutku rođenja, ali i znatno ranije, još intrauterino, periferni organ sluha potpuno razvijen, kao i moždano deblo koje je zrelo do razine potpune spremnosti za prihvatanje slušne stimulacije. Za razliku od toga, slušna je kora u to vrijeme još nerazvijena, zbog čega je za nastavak razvoja slušnog sustava neophodna slušna stimulacija, što je istodobno velika prilika i izazov (Moore, 2002; Jusczyk, 2002; Anbuhi i sur., 2016). Važnost razvojnog potencijala tijekom najranije dobi dokazuju i brojna istraživanja provedena posljednjih dvadesetak godina praćenjem razvoja djece oštećena sluha (Yoshinaga-Itano i Apuzzo, 1998a; Yoshinaga-Itano i Apuzzo, 1998b; Stika i sur., 2015).

Prevalencija neonatalnog oštećenja sluha je 0,5–5/1000, pri čemu dvije trećine oštećenja zahvaća oba uha, dok je kod rizične novorođenčadi 1–3/100, što upućuje na važnost intervencije (Neumann i sur., 2019). Činjenica da je prirođeno oštećenje sluha prisutno kod 70 – 80 % slučajeva već prije otpusta iz rodilišta, pri čemu polovina te djece nema poznate rizike za oštećenje sluha, jasno upućuje na potrebu da se probir na oštećenje sluha provodi već u rodilištu i to kod sve, a ne samo rizične djece. U siječanjskom broju „Verbotonalnih razgovora“ iz 2001. godine prikazan je model probira koji je proveden u jednom rodilištu s ciljem stvaranja optimalnog modela za cijelu državu (Marn, 2001). Autor je svoja znanja, ali i iskustvo stečeno dugogodišnjim radom u Poliklinici SUVAG, a potom i u Klinici za dječje bolesti ugradio u model probira za koji danas znamo da je u potpunosti ispunio očekivanja, a od 2006. g. propisan i kao obvezna mjera zdravstvene zaštite (Marn i Kekić, 2016). Tranzitorna evocirana otoakustička emisija (TEOAE) izabrana je kao optimalna metoda za provođenje I. stupnja probira, s obzirom na to da je dovoljno osjetljiva i specifična, a istodobno brza i jednostavna. Pritom je u odabiru pretrage autoru svakako pomoglo i osobno iskustvo u njezinu korištenju, s obzirom na to da je prvi put u RH uvedena kao nova dijagnostička metoda u Polikliniku SUVAG još ranih 90-ih godina prošlog stoljeća (Perović, 1995; Marn 1996). Poznavanje razvoja slušanja nametalo je ideju što ranije dijagnostike slušnog oštećenja, koja je u to vrijeme bila barem donekle pravodobna tek sporadično. Rana dijagnostika ima smisla i opravdanja jedino ako je slijedi rana intervencija pa je opravdanost potrebe što skorijeg uvođenja probira u Republiku Hrvatsku autor naglasio i navodom da „već imamo jedinstvenu i priznatu metodologiju rehabilitacije slušno oštećene djece akademika Petra Guberine“ (Marn, 2001).

Danas znamo da je Poliklinika SUVAG u to vrijeme već zaista bila spremna na odgovarajuću intervenciju. Znamo i da je program SPNOS na nacionalnoj razini zaživio do kraja 2002. godine kao jedan od prvih nacionalnih programa probira na oštećenje sluha u Europi (Marn, 2005). Međutim, nakon probira koji detektira oštećenje, slijedi puno kompleksniji proces rane dijagnostike oštećenja sluha, koja je već i prije uvođenja probira bila potpuno uspostavljena u Poliklinici SUVAG, pri čemu je uključivala niz komplementarnih pretraga kojima se ispituju različite razine slušnog sustava te je uključivala tehnologiju i znanja koja su i danas standard (Pansini, 1994; Sabo, 1999.; Marn 1993a, 1993b; Vlahović, 2005; Hall, 2016).

Rana dijagnostika oštećenja sluha podrazumijeva korištenje objektivnih metoda pretraga, ali je neprovediva bez subjektivnih, tj. audiometrijskih ispitivanja i funkcionalne dijagnostike slušanja. Naime, neizostavne elektrofiziološke metode ne ispituju sluh, nego ispituju fiziološke odgovore koji se pojavljuju na različitim razinama slušnog sustava kao odgovor na slušni podražaj, ali ne dokazuju i samu percepciju. Iako u većini slučajeva dobro pokazuju slušnu razinu, preciznost je pritom vrlo različita ovisno o dobi djeteta te integritetu i zrelosti slušnih struktura (Talero-Gutiérrez i sur., 2008). Tijekom prve godine života djeteta pragovi odziva nerijetko se značajno poboljšaju (Schade, 2008). TEOAE (engl. *Transient-evoked otoacoustic emission tests*) je pretraga koja se u Poliklinici SUVAG koristila od ranih 90-ih godina prošlog stoljeća, a slušni evocirani potencijali moždanog debla, koji se pomoću uređaja *Automated Auditory Brain Response* (AABR) primjenjuju za II. stupanj probira, kao klinička su pretraga u ranoj dijagnostici u Poliklinici SUVAG uvedeni još znatno ranije. Pritom se uz traženje pragova pojavljivanja odziva koji korespondiraju s pragovima sluha, desetljećima ispituje i supraliminoarno provođenje slušnog podražaja potencijalima ranih i srednjih latencija (ABR i MLR), s obzirom na to da amplitude i latencije odgovora daju podatke o funkcionalnosti slušnih putova te odražavaju zrelost, odnosno mijelinizaciju na razini moždanog debla (ABR) i talamokortikalnoj razini (MLR).

Nalazi evociranih potencijala odražavaju promjene koje se u slušnom putu događaju spontano sazrijevanjem, ali i kao rezultat rehabilitacije (Eggermont, 1995; Purdy i sur., 2001; Silva i sur., 2017). Iz toga slijedi da rana dijagnostika oštećenja sluha nije rezultat samo jednog pregleda i pretrage, niti je uopće jednokratni događaj, nego se radi o kompleksnom dijagnostičkom procesu. Recentnija istraživanja još više upućuju na važnost kompleksnog pristupa dijagnostici cijelog slušnog sustava, a ne samo perifernog organa sluha (Thai-Van i sur., 2007; Kraus i White-Schwoch 2015; Lammers i sur., 2015; Stipdonk i sur., 2016; Van Dommelen i sur., 2020). Osobitost slušnog sustava izvanredna je vremenska preciznost, jer prijenos podražaja slušnim neuralnim mrežama mora biti jako brz i pravodoban kako ne bi dolazilo do distorzija slušne percepcije. Brzina prijenosa ovisi o mijelinizaciji, zbog čega je mijelin vitalan za brojne slušne funkcije. Mijelinizacija slušnog sustava odražava njegov funkcionalni razvoj. Mijelinizacija se od kohlearnog živca te duž moždanog debla pojavljuje rano te koincidira s početkom slušanja (26. fetalni tjedan), dok se mijelinizacija viših struktura događa kasnije te prati usvajanje jezika. To znači da kod ljudi postoji sekvencijalni razvoj bijele tvari, koja u slušnom korteksu doseže razine kao kod odraslih tek blizu puberteta. Mijelinizacija je esencijalna za funkcioniranje slušnog sustava, a slušna deprivacija reducira debljinu mijelina. S druge strane, bogata slušna stimulacija potiče mijelinizaciju i povezanost s bijelom tvari (Long i sur., 2017).

Osim praćenja razvoja moždanog debla slušnim evociranim potencijalima, prof. dr. Mihovil Pansini istraživao je i prag brzog sastojka nistagmusa R, koji nastaje u prepontinoj retikularnoj formaciji, koji je također pokazatelj zrelosti subkortikalnih struktura i daje podatke o subkortikalnoj razini slušanja (Pansini, 2001). Otkrivena je i formula za mjerenje, utvrđena korelacija sa životnom dobi te je sastavljena dobna ljestvica (Bedečković, 1996).

Pod ranom dijagnostikom oštećenja sluha prije uvođenja probira podrazumijevala su se i otkrivanja oštećenja sluha u dobi od 2 do 3 godine. Nakon uvođenja probira, prirodno oštećenje otkriveno tek u toj dobi danas je *vitium artis*, a dobna se struktura pacijenata obuhvaćenih slušnom rehabilitacijom znatno promijenila. Rehabilitacija slušanja od najranije dobi, koja se prilagođava biološkim zadanostima slušnog sustava, omogućuje razvoj slušanja i govora koji je usporediv s razvojem uredno čujućih osoba. Osim što utječe na razvoj slušanja i govora, utječe i na kognitivni i socioemocionalni razvoj, kao i buduća akademska postignuća. Poznavanje osjetljivih i kritičnih razdoblja pojedinih senzoričkih sustava, pa tako i slušnog, nalaže hitnost u postupanju kako bi kašnjenje bilo što manje, a konačni dosezi što veći. Neuroplastičnost kao sposobnost mozga da formira i reorganizira sinaptičke veze kao odgovor na učenje i iskustvo ili poslije oštećenja, tj. sposobnost neurona da prilagođavaju funkciju u skladu s informacijama koje dolaze s periferije, prisutna je tijekom cijelog života. Potencijal plastičnosti najveći je na razini korteksa, s vremenom je sve ovisniji o okolišnim čimbenicima, a najveći potencijal prisutan je tijekom prvih godina života (Cardon i sur., 2012).

Verbotonalna metoda davno je naglasila važnost mozga (neuroplastičnosti), a relativizirala važnost osjetilnog organa, ali ne i osjetila<sup>30</sup> (Pansini, 2002, str. 7). Senzitivna i kritična razdoblja<sup>31</sup> za razvoj osjetila, pa tako i slušnog, pojavljuju se jako rano tijekom razvoja djeteta i prethode razdobljima za razvoj motorike, jezika i viših kognitivnih funkcija (Knudsen, 2004; Harrhruškarison i sur., 2005). Slušno osjetilo sazrijeva tek u interakciji s akustičkom okolinom, pri čemu se u najranijoj dobi u središnjem živčanom sustavu događaju promjene zbog kojih je to razdoblje neponovljivo. Slušna deprivacija mijenja povezanost unutar slušnog sustava, između senzoričkih sustava te između slušnog sustava i viših neurokognitivnih centara, pri čemu je osobito važna krosmodalna reorganizacija kao jedan oblik kortikalne neuroplastičnosti (Glick i Sharma, 2017).

Akademik Guberina uveo je pojmove periferni i centralni filtar (Pansini, 2010). U današnje vrijeme za sve stupnjeve oštećenja na periferiji postoji adekvatno pomagalo, a centralni filtar tek treba razviti učinkovitom rehabilitacijom koja razvija procesiranje slušnih informacija na svim razinama. Postupci koje pritom treba koristiti individualno se određuju. Ostaje manji broj djece s oštećenjem sluha kod kojih, npr. zbog specifičnih uvjeta na periferiji (kongenitalne anomalije pužnice, hipoplazije i aplazije slušnih živaca), značajnijih kognitivnih smetnji ili težih poremećaja iz spektra autizma, metoda koja se bazira na razvoju slušanja nije dostatna ili optimalna u razvoju slušanja i govora (Vlahović i Šindija 2004; Hang i sur., 2012; Ji i sur., 2015; Meizen-Derr i sur., 2011).

---

30 Osjetilo je senzorička anatomsko-fiziološka cjelina od periferije do kore mozga.

31 Senzitivno razdoblje je ograničeni vremenski prozor tijekom razvoja unutar kojeg je utjecaj iskustva na mozak osobito jak, a kritično razdoblje je dio senzitivnog razdoblja unutar kojeg neuralni razvoj nije moguć bez odgovarajuće stimulacije, a tijekom kojeg okolinski uvjeti uzrokuju ireverzibilne promjene strukture i funkcije mozga.

## Umjetna pužnica i verbotonalna metoda

Godine 1996. ugrađena je prva umjetna pužnica u Republici Hrvatskoj. Godine 2001. umjetne su pužnice postale dostupne svima kojima su indicirane te se broj osoba s ugrađenom umjetnom pužnicom naglo povećao, a prevladavaju djeca. Ti su uređaji namijenjeni odraslima s teškim postlingvalnim oštećenjima sluha i djeci s prelingvalnim, perilingvalnim i postlingvalnim teškim oštećenjima sluha, tj. onima kojima konvencionalna slušna pomagala ne osiguravaju razvoj slušanja. Cilj rehabilitacije djece s umjetnim pužnicama je razvoj slušanja i govora. Kako bi se taj cilj ostvario, uz adekvatno pomagalo, neophodna je rehabilitacijska metoda koja to i potiče.

U svijetu s pojavom umjetne pužnice postaje jasno da nikad do tada u povijesti gluha djeca nisu imala takav potencijal razvijanja govora i jezika putem slušanja te se razvijaju rehabilitacijske metode temeljene na tom pristupu. Među poznatijima je engl. *Auditory Verbal Therapy* (Lim i Simser, 2005), koja ističe važnost maksimalne akustičke stimulacije uz osiguravanje najpovoljnijeg slušnog okoliša za usvajanje jezika, a koristeći prirodan slijed slušne, perceptivne, lingvističke i kognitivne stimulacije s konačnim ciljem integracije djece u redovite edukacijske programe. To zapravo odgovara temeljnim načelima verbotonalne metode koju je akademik Guberina predstavio na Kongresu za odgoj gluhe djece u Washingtonu još 1963. godine: „Verbotonalna metoda uvijek rabi akustičku stranu jezika, zato se verbotonalna rehabilitacija uvijek temelji na razvoju slušanja. (...) Rehabilitator treba govoriti prirodno. (...) Metoda daje bolje rezultate ako započinje u predškolskoj dobi. (...) Ovom metodom djeca ne uče samo ponavljati riječi. (...) Treba koristiti audiovizualni sistem i dnevne situacije u skladu s dobi djeteta“ (Guberina, 1963). Pritom je i integracija djece u redovne edukacijske sustave i društvo bila cilj verbotonalnih programa koji je uspješno ostvaren i puno prije početka ugradnji umjetnih pužnica (Asp, 1981; Guberina 1982). U Poliklinici SUVAG su 1996. godine učinjene prve prilagodbe procesora govora, a prva djeca s ugrađenim umjetnim pužnicama uključena u postojeću verbotonalnu metodu rehabilitacije, koja je odgovarala i novonastalim okolnostima i potrebama. Uz prilagodbu rehabilitacijskih postupaka sve nižoj dobi operirane djece te izostavljanjem postupaka korištenih kod pacijenata s najtežim oštećenjima, a koji su ranije bili nužnost zbog nepostojanja dostatnog rezidualnog sluha za stimulaciju slušnog puta, verbotonalna se metoda nastavila primjenjivati kao i do tada, samo s brže ostvarenim i boljim konačnim rezultatima, što najavljuju već prva ispitivanja, od kojih su neka objavljena i u „Verbotonalnim razgovorima“ (Kramarić i sur., 2002; Pavičić Dokoza i Šindija, 2003; Šindija i sur., 2005). Potpuno jednako kao što slušna poruka, nakon što pomoću nosača elektroda umjetne pužnice zaobide oštećeni dio slušnog puta, nastavlja svoj put istim dobro znanim strukturama, tako i rehabilitacijski postupci slijede biološki predviđeni razvoj tih istih struktura. Profesor Pansini još je 1976. napisao: „Pitanje ulaza akustičkog podražaja dosta je jednostavan problem. U rehabilitaciji gluhih glavni je posao centralno strukturiranje prostornog zvuka,“ (Pansini, 1976; Hruškar, 1996).

Danas djeca s oštećenjem sluha svih stupnjeva mogu razviti slušanje i govor (ako se radi o izoliranom slušnom oštećenju), a kako bismo omogućili taj fiziološki proces, važnije je nego ikad izbjeći nepovoljne učinke reorganizacije središnjeg slušnog sustava (Glick i Sharma, 2017). Posljedica odsutnosti ili kašnjenja slušnog podražaja izostanak je razvoja slušnog osjetila, a među značajnijim posljedicama je reorganizacija između senzoričkih sustava – krosmodalna reorganizacija. Kako do toga ne bi došlo, ili bar ne u većoj mjeri, osobito danas kada je moguće pomoću umjetne pužnice omogućiti čujnost i djeci s najtežim oštećenjem sluha, neprocjenjivo je važno stimulirati oštećeno osjetilo što je više moguće i uspostaviti čujnost što je prije moguće unutar kritičnog razdoblja, kako bi se maksimizirali učinci ugradnje umjetne pužnice (Gama i Lehmann, 2015). Važnost pravovremene i intenzivne slušne stimulacije jasno je istaknuo prof. dr. M. Pansini: „Kao i za cijeli središnji živčani sustav, nije važna samo potencijalna sposobnost, nego njezina aktivacija u određenom vremenu i čestoći, vježbanje i usavršavanje slušnih funkcija“ (Pansini, 2002).

Istraživanja pokazuju da je i razdoblje tijekom kojega je potrebno osigurati bilateralnu slušnu stimulaciju također vremenski ograničeno, tj. postoji osjetljivo razdoblje i za binauralno slušanje, što ima implikacije na bilateralnu ugradnju umjetne pužnice (Gordon i sur., 2013; Kral i sur., 2013). Kad slušni podražaj izostane, dolazi do morfoloških i funkcionalnih promjena od spiralnog ganglija pa do talamokortikalne i intrakortikalne neuralne aktivnosti. Ekscitatorna i inhibitorna sinaptička svojstva u slušnom korteksu, pri čemu oba imaju važnu ulogu, mijenjaju se u slučaju deprivacije, a u podlozi svega su brojni molekularni mehanizmi. Uvid u posljedice reorganizacijskih procesa u središnjem živčanom sustavu u današnje vrijeme omogućuju brojne funkcionalne pretrage, kao što su FDG (PET), fMRI, *Brain mapping*, evocirani potencijali itd. (Glick i Sharma, 2017; Xia i sur., 2017; Moerel i sur., 2016).

Ako dođe do nepovoljnog tijeka razvoja slušnog osjetila zbog oštećenog perifernog sluha, područja mozga odgovorna za obradu vida i dodira zauzimaju područja koja su predviđena za obradu slušnih informacija, a koja kod gluhoće ne mogu biti stimulirana. Takva kompenzacijska prilagodba može značajno smanjiti raspoložive potencijale mozga za procesiranje slušnih podražaja i umanjiti sposobnost razumijevanja govora nakon ugradnje umjetne pužnice (Sharma i sur., 2017). Zbog toga treba izbjegavati postupke koji potiču mehanizme krosmodalne reorganizacije te remete oporavak slušnih struktura, posebno tijekom rane rehabilitacije (Chen i Yuan, 2015). Povećano oslanjanje na vidne informacije osobito utječe na zauzeće slušnih kortikalnih područja vidnim procesiranjem kada se to događa u ranom djetinjstvu, u vrijeme početka procesa razvoja jezika. Što je više pokazatelja krosmodalne reorganizacije (Lee i sur., 2001; Lee i sur., 2005; Lee i sur., 2007) kod pacijenata s umjetnom pužnicom, to je lošiji razvoj slušanja nakon operacije. Dokazana je i negativna korelacija između vidne krosmodalne reorganizacije i razumijevanja govora u buci kod djece s umjetnom pužnicom (Campbell i Sharma, 2016). Poznavanje kompenzatornih mehanizama može pomoći individualiziranju rehabilitacijskih programa, a multimodalni pristupi mogu biti osobito korisni određenim pacijentima (Glick i Sharma, 2017).



Verbotonalna metoda odavno je na raspolaganju roditeljima koji su za svoju djecu birali put razvoja slušanja i govora, a koji je nakon pojave umjetnih pužnica još prikladniji izbor, posebno ako uzmemo u obzir to da je 95 % roditelja djece oštećenog sluha urednog sluha (Aberg i sur., 2006). Istraživanja poput navedenih daju dodatnu potvrdu ispravnosti načela koja su ugrađena u rehabilitacijske postupke slušno oštećenih verbotonalnom metodom, koji se primjenjuju već više od pola stoljeća: „Pet osjetila djeluju zajedno, multisenzorički i pomažu jedno drugom, ako percipiraju isti prostorni izvor i događaj, a smetaju jedno drugom i isključuju se supresijom kad jedno osjetilo prenosi poruku, a drugo ometa tu poruku drugim izvorima informacija. Periferni receptori uglavnom rade analizu, samo malim dijelom sudjeluju u odbacivanju onih elemenata koji su nepotrebni za stvaranje čiste ideje o poruci, npr. glasu ili slogu. Strukturiranje je centralni proces koji se najvećim dijelom događa u subkortikalnim dijelovima središnjeg živčanog sustava gdje se sastaju poruke iz pet osjetila, a tijekom njihova međudjelovanja neki će se dijelovi poruke propustiti, neki pojačati, a neki suprimirati.“ (Pansini, 1981). Isti je autor ranije napisao i sljedeće: „Neka poruka na temelju slušne percepcije može biti nepotpuna, a nadopunit će je usklađene informacije ostalih organa. Isto tako, neka dobro strukturirana slušna poruka može biti oštećena, uništena ili zaustavljena na svom putu djelovanjem suprotnih informacija iz ostalih organa spaciocepcije“ (Pansini, 1976).

Aktualna istraživanja usmjerena su na audiološke intervencije koje se oslanjaju na principe neuroplastičnosti (Glick i Sharma, 2017). Pritom je važno istaknuti da će se i subkortikalni i kortikalni dijelovi slušnog puta razvijati ovisno o izloženosti slušnom podražaju, ali subkortikalni i kortikalni dijelovi mozga imaju vrlo različita kritična razdoblja, tj. subkortikalni dijelovi sustava sazrijevaju značajno ranije. Brojna istraživanja kod sisavaca pokazala su da oštećenje u pužnici dovodi do reorganizacije tonotopskih mapa u slušnom sustavu na razini primarnog slušnog korteksa neovisno o dobi u kojoj je oštećenje nastalo, no reorganizacija na nižim, subkortikalnim razinama slušnog puta (donji kolikuli, talamus) ovisi o dobi pri nastanku oštećenja (Harrison i sur., 1996; Harrison, 2001). Studije kod ljudi pokazuju mnogo istih aspekata plastičnosti u senzoričkim sustavima, kao i animalne studije. Reorganizirane kortikalne tonotopske mape kod perifernih oštećenja u ranoj dobi odraz su reorganizacije na talamičkoj razini te osobito na razini donjih kolikula koje se ne događaju kod oštećenja u odrasloj dobi (Eggermont i Lomber, 2006; Butler i Lomber, 2013).

Novija istraživanja pokazuju i da su mnogi poremećaji procesiranja govora, koji su tradicionalno bili smatrani deficitima kognitivnog procesiranja na višim razinama, u stvari posljedica deficita u subkortikalnim putevima, što će u budućnosti utjecati na rehabilitacijske strategije (Pressnitzer i sur., 2008; Slee i David, 2015). Slušni sustav mora izdvojiti spektralne, temporalne i prostorne informacije iz složenih zvukova i prostornih informacija iz različitih izvora zvuka. Te se informacije rekdiraju i filtriraju na različitim razinama slušnog procesiranja, što rezultira akustičkim oblicima koje percipiramo, a subkortikalni putovi su baza na kojoj je izgrađena slušna percepcija. Velik dio izdvajanja akustičkih svojstava, koja su uočena u kori, već je izdvojena na razini međumozga neuronima donjih kolikula integriranjem više uzlaznih putova

iz moždanog debla (Felix i sur., 2018; Moerel i sur., 2015). Profesor Pansini davno je prije isticao važnost funkcije subkortikalnih struktura: „Donji kolikuli i korpus *geniculatum mediale* ne služe samo za prijenos podražaja nego u prvom redu za integraciju, stvaranje akustičkog oblika apstrahiranjem i ekstrahiranjem raznih komponenti signala“ (Pansini, 1976). Isti je autor istaknuo i sljedeće: „Strukturiranje govora (organiziranje govornog signala percepcijom u jezične strukture) centralni je proces i to najprije u subkortikalnim neuralnim jedinicama središnjeg živčanog sustava koji ne služe samo za prijenos signala do auditivnog korteksa nego čišćenjem raznih komponenata govora neke dijelove propuštaju i pojačavaju, druge suprimiraju i odbacuju. Da bi poruka mogla biti primljena, znakovi govora se reduciraju u procesu stvaranja strukture. Za percepciju govora primarno nije važna čujnost, nego mogućnost strukturiranja elemenata koji nose funkcionalne i simboličke vrijednosti“ (Pansini, 1971).

Važnost procesiranja koja se događaju na subkortikalnoj razini, uz istodobno rano i kratko kritično razdoblje za njihov razvoj, svakako zaslužuje pozornost prilikom planiranja rehabilitacijskih postupaka, kao i optimalnog razdoblja njihove primjene, a također objašnjava i ograničenja rehabilitacijskih metoda koje te činjenice ne uvažavaju. Uspješnost verbotonalne metode u rehabilitaciji slušno oštećene djece pa tako i one s umjetnim pužnicama, uz današnje je spoznaje jasnija, s obzirom na to da se radi o metodi koja je oduvijek pokušavala spriječiti one prilagodbe mozga na gluhoću pri kojima dolazi do degeneracije i nestanka slušnih centara te je, upravo suprotno tome, pokušavala doprijeti do centralnih slušnih struktura na sve načine i održati ih i razviti svojim spaciocepcijskim pristupom i prije pojave umjetnih pužnica.

Anatomske i fiziološke činjenice koje podupiru spaciocepcijski pristup danas su bolje istražene, a jasniji su i dokazi da indirektni slušni put, koji je filogenetski stariji, prima somatosenzoričke informacije te je već na subkortikalnoj razini izravno povezan s amigdalama (Moller i Rollins, 2002). Akademik Guberina još je 1976. g. istaknuo kompleksnu povezanost već na subkortikalnoj razini: „Zvuk u nižim razinama postaje prostoran, a u talamusu još i emocionalan: zvukovno-prostorno-emocionalni oblik“ (Guberina, 1952, prema Pansini, 1976). Indirektni slušni put više je uključen u slušanje kod djece nego kod odraslih, odnosno sazrijevanjem se njegova funkcija mijenja. Tako je, primjerice, dokazano da stimulacija somatosenzoričkog sustava modulira percepciju glasnoće kod djece, ali ne i kod odraslih (Moller i Rollins, 2002).

Poznavanje potencijala neuroplastičnosti, ali i bioloških ograničenja, kao i višedecetljetno iskustvo u radu s osobama oštećenog sluha, ne samo da su usmjerili rehabilitaciju osoba s umjetnom pužnicom u Poliklinici SUVAG nego su i na samom početku olakšali odabir kandidata za operaciju i prognoziranje potencijalnog ishoda ugradnje umjetne pužnice na individualnoj razini te omogućili prijeoperacijsko savjetovanje roditelja i predviđanje ishoda njezine ugradnje. Verbotonalna dijagnostika i rehabilitacija veliku važnost daju centralnom filtru te ističu da se

glavna biološka spoznavanja događaju na nižim subkortikalnim razinama koje ne služe samo za pripremanje poruke kako bi se prezentirala kori mozga nego i za funkcije koje kora mozga nije sposobna izvršavati (Pansini, 1976). Današnja istraživanja pokazuju da slušni korteks nije na vrhu hijerarhije senzorne obrade višedimenzionalnog prostora akustičkih parametara, već je povezan u heterarhijalnu mrežu moždanih područja koja se nadopunjuju i na razne načine dovršavaju i poboljšavaju funkciju tradicionalno definiranih središnjih slušnih putova (Schreiner i Polley, 2014). Profesor Pansini još je 1976. g. napisao: „Neurofiziologija je mnogim otkrićima detronizirala koru mozga, a najveći dio predljudskog iskustva nosimo u subkortikalnim strukturama“ te „rehabilitacija gluhe osobe nije rehabilitacija perifernog receptora niti isključivo kore mozga, nego u prvom redu fonetičke slušne razine preko osjetila za prostor koja mogu prenositi akustički podražaj.“ (Pansini, 1976). Zbog svega toga danas je još jasnije zašto rehabilitacija djece s umjetnim pužnicama nije bila novi zadatak verbotonalnoj rehabilitaciji, nego je ugradnja umjetnih pužnica samo olakšala njihovu rehabilitaciju dajući bolji periferni ulaz gluhim osobama.

## Prezbiakuzija

Oštećenje sluha najčešći je senzorički poremećaj u starijoj dobi. Počinje utjecati na slušno polje tijekom trećeg, a na govorno polje tijekom petog desetljeća života (vidjeti poglavlje Spaciocepcija). Prevalencija oštećenja je prema studijama provedenim u različitim zemljama u Europi raznolika, no kad se podaci uprosječe, približno 30 % muškaraca i 20 % žena u dobi od 70 godina ili više ima oštećen sluh (Roth i sur., 2011). Jedno je od najčešćih kroničnih stanja povezanih sa starenjem, dva puta češće od kardiovaskularnih bolesti, pet puta češće od šećerne bolesti (Eckert i sur., 2021). Oštećenja sluha povezana sa starenjem dobivaju sve više pozornosti ne samo zbog starenja populacije nego i zbog novijih spoznaja o oštećenju sluha kao neovisnom rizičnom čimbeniku za razvoj demencije (Uchida i sur., 2019).

Sve se više istražuju promjene povezane sa starenjem koje se utvrđuju na svim razinama slušnog sustava i to ne samo aferentnih nego i eferentnih putova, koji mijenjaju osjetljivost te frekvencijsku i temporalnu selektivnost slušnog sustava modulirajući govorni signal. No, i znatno šire, posljedice staračke naglušnosti nalaze se i izvan tradicionalnih slušnih i jezičnih regija. Kao jedan primjer navodi se cingulo-operkularno područje koje se aktivira kod slušanja akustički degradiranog zvuka te vjerojatno pomaže usredotočenosti na zadatak, ili premotorički korteks, što se objašnjava korištenjem pohranjenih motoričkih planiranja artikulacije i/ili njegovom ulogom u podupiranje verbalne radne memorije (Peelle i Wingfield, 2016).

Razumijevanje prezbiakuzije kao heterogenog i kompleksnog kliničkog entiteta koji pogađa ne samo sve razine slušnog puta nego i cijeli središnji živčani sustav, pri čemu dolazi do propadanja neurona i sinaptičkih veza u slušnom putu, ali i znatno šire, spaciocepcijskih multisenzoričkih sveza, sažeto je u članku Lj. Borkovića u „Verbotonalnim razgovorima“ iz 1998. godine. U tom radu razlikuje se pretežito periferna od subkortikalne i kortikalne prezbiakuzije, opisuju osobitosti oštećenja pojedinih razina te dijagnostičke pretrage koje omogućuju analizu oštećenja po razinama. Opisuje se i na tim dijagnostičkim podacima temeljen rehabilitacijski pristup. Pojašnjava se proces slušanja uz isticanje strukturiranja govora kao centralnog procesa koji se odvija najvećim dijelom prije dospjeća u koru mozga te je aktualan informativan i kompleksan pristup temi prezbiakuzije, iako napisan još prije više od dvadeset godina (Borković, 1998; Borković, 2004). Na verbotonalni doprinos istraživanjima prezbiakuzije provedenima još ranih devedesetih godina, upućuje i članak profesora Pansinija u „Verbotonalnim razgovorima“ iz 1995. godine. U tom tekstu upućuje na doprinose magistarskih radova iz područja prezbiakuzije izrađenih ranih devedesetih godina prošlog stoljeća te tumači slušne sposobnosti kod starijih osoba na temelju originalnog pristupa ispitivanju (i istraživanju) slušnog sustava FII audiometrijom (filtriranom govornom audiometrijom), čije su normirane vrijednosti prikazane također u „Verbotonalnim razgovorima“ (Benčić, 1996) te izračunavanjem kapaciteta razumljivosti govora KAPRA-e. FII audiometrija ispituje razabirljivost govora riječima propuštenim kroz filtre od 1,5 oktave pa s osam raspona obuhvaća frekvencijsko područje od 75 do 20 000 Hz te vrlo zorno pokazuje transfer razumljivosti. Pomoću te pretrage otkriveno je da starije osobe imaju vrlo sužen frekvencijski raspon, odnosno da osobe s prezbiakuzijom i kada čuju jednako kao neka nagluha mlada osoba, za razumijevanje govora ne koriste cijeli frekvencijski raspon koji čuju, nego se oslanjaju na vrlo ograničeno frekvencijsko i intenzitetsko polje. To se tumači prilagodbom na smanjenu brzinu strukturiranja, koja se događa porastom životne dobi, smanjenjem količine podataka za obradu, a što je važna uputa za usmjeravanje rehabilitacije. Kapacitet polja razumljivosti govora, još jedan vrijedan verbotonalni doprinos audiologiji, omogućuje brojčano izražavanje slušne sposobnosti te usporedbe ispitanika međusobno, ali i nalaza istog ispitanika tijekom vremena ili u različitim uvjetima slušanja, što je također olakšalo istraživanje prezbiakuzije (Pansini, 2001). Nedostatnost tonskog audiograma u procjeni prezbiakuzije čak i za utvrđivanje samo perifernog oštećenja pokazuje i istraživanje utjecaja starenja na otoakustičku emisiju (Čečuk, 2001).

Eckert i sur. u recentnom preglednom članku iz 2021 g. prikazuju opsežan pregled fenotipskih razlika prezbiakuzije, osobitosti histopatoloških zbivanja na perifernoj i centralnoj razini, razlikovanje senzoričke od neuralne prezbiakuzije, kao i rezultate suvremenih slikovnih pretraga koje pokazuju povezanost morfologije mozga s audiometrijskim nalazima (npr. reduciran volumen sive tvari i kortikalne debljine izraženije za područje visokih frekvencija koje je kod prezbiakuzije pogođenije). Isti autori navode i dokaze promjena koje nastaju kao posljedica perifernih oštećenja, ali i pojave promjena u slušnom putu povezanih sa starenjem, a neovisnih o promjenama na periferiji itd. Ističe se i važnost identificiranja različitih mehanizama i posljedica

prezbiakuzije zbog velikog utjecaja na kvalitetu života starijih ljudi. Diferencijacija pojedinih tipova oštećenja sluha povezanih sa starenjem, naglašavanje nedostatnosti tonskog audiograma u ispitivanju funkcionalnih posljedica oštećenja i spoznaja da pomagala osiguravaju neku pomoć, ali ne uspostavljaju normalnu funkciju slušanja, nego postoji potreba za dodatnom terapijom, glavni su doprinosi tog recentnog pregleda (Eckert i sur., 2021). Stoga je važno naglasiti da su spoznaje o mnogim navedenim problemima prikazane još u radovima objavljenim u „Verbotonalnim razgovorima“ prije više od dvadeset godina, u kojima su čak dani i odgovori na više pitanja koja ovaj članak tek postavlja. Tako Borković razlikuje osam tipova/razina oštećenja, ističe nedostatnost ispitivanja samo tonskom audiometrijom, navodi potrebu funkcionalnih audiometrija i pojašnjava dijagnostičku vrijednost njihovih nalaza (odnos TA: VTA: GA). Pritom ne samo da su pojašnjeni procesi zbog kojih sama uporaba slušnih pomagala nije rješenje problema nego su navedeni i različiti rehabilitacijski pristupi na temelju dijagnostičkog uvida u promjene nastale starenjem na individualnoj razini (Borković, 1998).

## Zaključak

Tekstovi u časopisu *Verbotonalni razgovori* svojim se sadržajima pridružuju brojnim publikacijama koje posebno u kontekstu aktualnih spoznaja svjedoče da su temeljne postavke u razumijevanju fiziologije i patofiziologije slušanja prema verbotonalnoj teoriji, kao i iz nje izvedeni postupci, jednako dobro primjenjivi na dijagnostiku i na rehabilitaciju oštećenja sluha svih dobnih skupina, od novorođenačke do staračke.

## Literatura

- Alberg, J., Wilson, K., & Roush, J. (2006). State-wide Collaboration in the Delivery of EHDI Services. *The Volta Review*, 106(3), 259–274. <https://doi.org/10.17955/tvr.106.3.m.583>
- Anbuhl, K. L., Wetrner, L. A., & Tollin, D. J. (2011). Special sensory systems in the fetus and neonates. In R. A. Polin, W. W. Fox & S. H. Abman (Eds.), *Fetal and Neonatal Physiology* (pp. 1396-1410). WB Saunders.
- Asp, C. W. (1981). The effectiveness of verbotonal method for rehabilitating and mainstreaming hearing impaired children and adults as used by major European centers Fellowship Report to World Rehabilitation Fund, New York. Grant No. 22-P-5903/2-02.
- Bedeković, V. (1996). Prag brzog sastojka nistagmusa R. *Verbotonalni razgovori*, 2(12+5), 1-9.
- Benčić, I. (1996). Normirane vrijednosti FII audiometrije. *Verbotonalni razgovori*, 2(12+1), 1-8.

- Borković, Lj. (1998). Funkcionalne razine u rehabilitaciji prezbiakuzije. *Verbotonalni razgovori*, 3(6), 1-9.
- Borković, Lj. (2004). *Neuropsiholingvistička osnova slušanja, mišljenja i govora: temelji verbotonalne teorije*. Hrvatska verbotonalna udruga.
- Campbell, J., & Sharma, A. (2016). Visual Cross-Modal Re-Organization in Children with Cochlear Implants. *Plos One*, 11(1). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0147793>
- Cardon, G., Campbell, J., & Sharma, A. (2012). Plasticity in the Developing Auditory Cortex: Evidence from Children with Sensorineural Hearing Loss and Auditory Neuropathy Spectrum Disorder. *Journal of the American Academy of Audiology*, 23(06), 396–411. <https://doi.org/10.3766/jaaa.23.6.3>
- Chen, Z., & Yuan, W. (2015). Central plasticity and dysfunction elicited by aural deprivation in the critical period. *Frontiers in Neural Circuits*, 9. <https://doi.org/10.3389/fncir.2015.00026>
- Cunningham, M., & Cox, E. O. (2003). *Hearing Assessment in Infants and Children: Recommendations Beyond Neonatal Screening*. American Academy of Pediatrics. <https://pediatrics.aappublications.org/content/111/2/436>.
- Čečuk, K. (2001). Utjecaj starenja na otoakustičku emisiju. *Verbotonalni razgovori*, 4(4), 1–6.
- Eckert, M. A., Harris, K. C., Lang, H., Lewis, M. A., Schmiedt, R. A., Schulte, B. A., Steel, K. P., Vaden, K. I., & Dubno, J. R. (2021). Translational and interdisciplinary insights into presbycusis: A multidimensional disease. *Hearing Research*, 402, 108109. <https://doi.org/10.1016/j.heares.2020.108109>
- Eggermont, J. J. (1995). Evoked potentials as indicators of auditory development. *International Journal of Pediatric Otorhinolaryngology*, 32(Suppl.). [https://doi.org/10.1016/0165-5876\(95\)97408-z](https://doi.org/10.1016/0165-5876(95)97408-z)
- Eggermont, J. J., & Lomber, S. G. (2006). *Reprogramming the cerebral cortex plasticity following central and peripheral lesions*. Oxford University Press.
- Eshraghi, A. A., Nazarian, R., Telischi, F. F., Rajguru, S. M., Truy, E., & Gupta, C. (2012). The Cochlear Implant: Historical Aspects and Future Prospects. *The Anatomical Record: Advances in Integrative Anatomy and Evolutionary Biology*, 295(11), 1967–1980. <https://doi.org/10.1002/ar.22580>
- Felix, R. A., Gourévitch, B., & Portfors, C. V. (2018). Subcortical pathways: Towards a better understanding of auditory disorders. *Hearing Research*, 362, 48–60. <https://doi.org/10.1016/j.heares.2018.01.008>
- Gama, N. M., & Lehmann, A. (2015). Commentary: "Compensatory plasticity: time matters." *Frontiers in Neuroscience*, 9. <https://doi.org/10.3389/fnins.2015.0034>
- Glick, H., & Sharma, A. (2017). Cross-modal plasticity in developmental and age-related hearing loss: Clinical implications. *Hearing Research*, 343, 191–201. <https://doi.org/10.1016/j.heares.2016.08.012>
- Gordon, K. A., Wong, D. D. E., & Papsin, B. C. (2013). Bilateral input protects the cortex from unilaterally-driven reorganization in children who are deaf. *Brain*, 136(5), 1609–1625. <https://doi.org/10.1093/brain/awt052>
- Guberina, P. (1963). Verbotonal method and its application to the rehabilitation of the deaf. In *International Congress on Education of the Deaf* (pp. 279–293). Washington DC; U.S. Government printing office.
- Guberina, P. (1982). Verbotonalni sistem i integracija. U *Međunarodni verbotonalni dani: Rehabilitacija i integracija osoba oštećena sluha. Verbotonalni pristup problemima govora i jezika. Centralne govorne smetnje i neurokirurški tretman i rehabilitacija* (str. 1-5). Zagreb: Centar SUVAG.
- Guberina, P. (2010). Verbotonalna metoda i njezina primjena u rehabilitaciji slušanja. In V. Crnković & I. Jurjević-Grkinić (Ed.), *Govor i čovjek: Verbotonalni sistem* (pp. 244-262). Zagreb: Poliklinika SUVAG, ArTresor.
- Pansini, M. (1976) Spaciocepcija i rehabilitacija slušanja. Centar SUVAG.
- Hall, J. W. (2016). Crosscheck principle in pediatric audiology today: a 40-year perspective. *Journal of Audiology and Otology*, 20(2), 59-67. <https://doi.org/10.7874/jao.2016.20.2.59>

- Hang, A. X., Kim, G. G., & Zdanski, C. J. (2012). Cochlear implantation in unique pediatric populations. *Current Opinion in Otolaryngology & Head and Neck Surgery*, 20(6), 507-517. <https://doi.org/10.1097/moo.0b013e328359eea4>
- Harlor, A. D., & Bower, C. (2009). Hearing assessment in infants and children: Recommendations beyond neonatal screening. *Pediatrics*, 124(4), 1252-1263. <https://doi.org/10.1542/peds.2009-1997>
- Harrison, R. V. (2001). Age-related tonotopic map plasticity in the central auditory pathways. *Scandinavian Audiology*, 30(2), 8-14. <https://doi.org/10.1080/010503901750166529>
- Harrison, R. V., Gordon, K. A., & Mount, R. J. (2005). Is there a critical period for cochlear implantation in congenitally deaf children? Analyses of hearing and speech perception performance after implantation. *Developmental Psychobiology*, 46(3), 252-261. <https://doi.org/10.1002/dev.20052>
- Hruškar, R. (1996). Razlikovni pragovi s umjetnom pužnicom. *Verbotonalni razgovori*, 2(12+10-12), 6-9.
- Isaiah, A., Lee, D., Lenes-Voit, F., Sweeney, M., Kutz, W., Isaacson, B., Lee, K. H. (2017). Clinical outcomes following cochlear implantation in children with inner ear anomalies. *International Journal of Pediatric Otorhinolaryngology*, 93, 1-6. <https://doi.org/10.1016/j.ijporl.2016.12.001>
- Ji, F., Li, J., Hong, M., Chen, A., Jiao, Q., Sun, L., ... Yang, S. (2015). Determination of benefits of cochlear implantation in children with auditory neuropathy. *PLOS ONE*, 10(5). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0127566>
- Joint Committee on Infant Hearing 1994 Position Statement. (1995). *International Journal of Pediatric Otorhinolaryngology*, 32(3), 265-274. [https://doi.org/10.1016/0165-5876\(95\)90066-7](https://doi.org/10.1016/0165-5876(95)90066-7)
- Jusczyk, P. W. (2002). Some critical developments in acquiring native language sound organization during the first year. *Annals of Otolaryngology, Rhinology & Laryngology*, 111(5 suppl), 11-15. <https://doi.org/10.1177/000348940211110s503>
- Knudsen, E. I. (2004). Sensitive period in the development of the brain and behaviour. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 16(8), 1412-1425.
- Kral, A., Hubka, P., Heid, S., & Tillein, J. (2012). Single-sided deafness leads to unilateral aural preference within an early sensitive period. *Brain*, 136(1), 180-193. <https://doi.org/10.1093/brain/aws305>
- Kramarić, V., Šindija B., Esser B. (2002). Prepoznavanje zvukova u djece s umjetnom pužnicom. *Verbotonalni razgovori*, 5(4), 1-5.
- Kraus, N., & White-Schwoch, T. (2015). Auditory brainstem development: more than meets the ear. *The Hearing Journal*, 68(7), 30. <https://doi.org/10.1097/01.hj.0000469513.46804.cf>
- Lammers, M. J., Van Eijl, R. H., Van Zanten, G. A., Versnel, H., & Grolman, W. (2015). Delayed auditory BRAINSTEM responses In Prelingually deaf and Late-Implanted cochlear Implant Users. *Journal of the Association for Research in Otolaryngology*, 16(5), 669-678. <https://doi.org/10.1007/s10162-015-0532-x>
- Lee, D. S., Lee, J. S., Oh, S. H., Kim, S., Kim, J., Chung, J., Kim, C. S. (2001). Cross-modal plasticity and cochlear implants. *Nature*, 409(6817), 149-150. <https://doi.org/10.1038/35051653>
- Lee, H. J., Kang, E., Oh, S.-H., Kang, H., Soo Lee, D., Chul Lee, M., & Kim, C.-S. (2005). Pre-operative differences of cerebral metabolism relate to the outcome of cochlear implants in congenitally deaf children. *Hearing Research*, 203(1-2), 2-9. <https://doi.org/10.1016/j.heares.2004.11.005>
- Lee, H.-J., Giraud, A.-L., Kang, E., Oh, S.-H., Kang, H., Kim, C.-S., & Lee, D. S. (2006). Cortical Activity at Rest Predicts Cochlear Implantation Outcome. *Cerebral Cortex*, 17(4), 909-917. <https://doi.org/10.1093/cercor/bhl001>
- Lim, S. Y., & Simser, J. (2005). Auditory-verbal therapy for children with hearing impairment. *Annals of the Academy of Medicine, Singapore*, 34(4), 307-312.
- Long, P., Wan, G., Roberts, M. T., & Corfas, G. (2017). Myelin development, plasticity, and pathology in the auditory system. *Developmental Neurobiology*, 78(2), 80-92. <https://doi.org/10.1002/dneu.22538>
- Marn, B. (1996). Izvještaj s međunarodnog kongresa u Tel Avivu. *Verbotonalni razgovori*, 2(11), 1-4.

- Marn, B. (2001). Prvi model sveobuhvatnog probira na oštećenje sluha u novorođenčadi u Hrvatskoj. *Verbotonalni razgovori*, 4(1), 6-12.
- Marn, B., (2005). Probir na oštećenje sluha u novorođenčadi u Hrvatskoj. *Paediatrica Croatica*, 49 (suppl 2), 1-9.
- Marn, B., & Kekić, B. (2014). Praćenje ishoda sveobuhvatnog probira novorođenčadi na oštećenje sluha u Hrvatskoj od 2003. do 2014. godine. *Paediatrica Croatica*, 60(1), 9-14.
- Meinzen-Derr, J., Wiley, S., Grether, S., & Choo, D. I. (2011). Children with cochlear implants and developmental disabilities: A language skills study with developmentally matched hearing peers. *Research in Developmental Disabilities*, 32(2), 757-767. <https://doi.org/10.1016/j.ridd.2010.11.004>
- Moerel, M., De Martino, F., Uğurbil, K., Yacoub, E., & Formisano, E. (2015). Processing of frequency and location in human subcortical auditory structures. *Scientific Reports*, 5(1). <https://doi.org/10.1038/srep17048>
- Moller, A. R., & Rollins, P. R. (2002). The non-classical auditory pathways are involved in hearing in children but not in adults. *Neuroscience Letters*, 319(1), 41-44. [https://doi.org/10.1016/s0304-3940\(01\)02516-2](https://doi.org/10.1016/s0304-3940(01)02516-2)
- Moore, J. K. (2002). Maturation of human auditory cortex: Implications for speech perception. *Annals of Otolaryngology, Rhinology & Laryngology*, 111(5 suppl), 7-10. <https://doi.org/10.1177/000348940211110s502>
- Neumann, K., Chadha, S., Tavartkiladze, G., Bu, X., & White, K. (2019). Newborn and infant hearing screening facing globally growing numbers of people suffering from disabling hearing loss. *International Journal of Neonatal Screening*, 5(1), 7. <https://doi.org/10.3390/ijns5010007>
- Pansini, M. (1971). Čišćenje strukture u slušanju. Zagreb: Centar SUVAG.
- Pansini, M. (1976) *Spaciocepcija i rehabilitacija slušanja*. Zagreb: Centar SUVAG.
- Pansini, M. (1981). *Neke biološke osnove verbotonalne rehabilitacije*. Zagreb: Centar SUVAG.
- Pansini, M. (1994) Rana dijagnostika gluhoće. *SUVAG : časopis za teoriju i primjenu verbotonalnog sistema*, 7(2), 61-76.
- Pansini, M. (1995). Primjer proširenja zakonitosti s prikazom jednog dijela mag. rada N. Perović: „Govorno polje kod prezbiakuzije“. *Verbotonalni razgovori*, 1(2), 8-12.
- Pansini, M., Zahradka, K. & Šindija, B. (1996). Priprema i audiološka dijagnostika osoba za umjetnu pužnicu. *Verbotonalni razgovori*, 2(12+7), 2-10.
- Pansini, M. (2001). *Verbotonalni doprinos audiologiji i vestibulologiji*. Zagreb: Poliklinika SUVAG.
- Pansini, M. (2002). *Sedam pojmova iz audiologije. Središnji slušni sustav*. Zagreb: Poliklinika SUVAG.
- Pansini, M. (2010). Umjesto pogovora. In *Govor i čovjek: Verbotonalni sistem* (pp. 489-490). Zagreb: Poliklinika SUVAG, ArTresor.
- Pavičić Dokoza, K., & Šindija B. (2003). Evaluacija terapijskog tretmana kod djece s ugrađenom umjetnom pužnicom na temelju akustičkih karakteristika fonacije. *Verbotonalni razgovori*, 6(2), 10-22.
- Peelle, J. E., & Wingfield, A. (2016). The neural consequences of age-related hearing loss. *Trends in Neurosciences*, 39(7), 486-497. <https://doi.org/10.1016/j.tins.2016.05.001>
- Perović, N. (1995). Otoakustička emisija. *Verbotonalni razgovori*, 1(2), 5-6.
- Pressnitzer, D., Sayles, M., Micheyl, C., & Winter, I. M. (2008). Perceptual organization of sound begins in the Auditory Periphery. *Current Biology*, 18(15), 1124-1128. <https://doi.org/10.1016/j.cub.2008.06.053>
- Purdy, S. C., Kelly, A. S., & Thorne, P. R. (2001). Auditory evoked potentials as measures of plasticity in humans. *Audiology & neuro-otology*, 6(4), 211-215. <https://doi.org/10.1159/000046835>
- Roth, T. N., Hanebuth, D., & Probst, R. (2011). Prevalence of age-related hearing loss in Europe: A review. *European Archives of Oto-Rhino-Laryngology*, 268(8), 1101-1107. <https://doi.org/10.1007/s00405-011-1597-8>
- Sabo, D. L. (1999). The Audiologic Assessment of the Young Pediatric Patient: The Clinic. *Trends in Amplification*, 4(2), 51-60. <https://doi.org/10.1177/108471389900400205>



- Schade G. (2008). Early detection of hearing loss. *GMS current topics in otorhinolaryngology, head and neck surgery*, 7, Doc05.
- Schreiner, C. E., & Polley, D. B. (2014). Auditory map plasticity: Diversity in causes and consequences. *Current Opinion in Neurobiology*, 24, 143-156. <https://doi.org/10.1016/j.conb.2013.11.009>
- Silva, L. A., Couto, M. I., Tsuji, R. K., Bento, R. F., Carvalho, A. C., & Matas, C. G. (2015). Auditory cortical maturation in a child with cochlear implant: Analysis of electrophysiological and behavioral measures. *Case Reports in Otolaryngology*, 2015, 1-6. <https://doi.org/10.1155/2015/890508>
- Slee, S. J., & David, S. V. (2015). Rapid task-related plasticity of Spectrotemporal receptive fields in the Auditory Midbrain. *Journal of Neuroscience*, 35(38), 13090-13102. <https://doi.org/10.1523/jneurosci.1671-15.2015>
- Stika, C. J., Eisenberg, L. S., Johnson, K. C., Henning, S. C., Colson, B. G., Ganguly, D. H., & DesJardin, J. L. (2015). Developmental outcomes Of early-identified children who are hard of hearing at 12 to 18months of age. *Early Human Development*, 91(1), 47-55. <https://doi.org/10.1016/j.earlhumdev.2014.11.005>
- Stipdonk, L. W., Weisglas-Kuperus, N., Franken, M. J., Nasserinejad, K., Dudink, J., & Goedegebure, A. (2016). Auditory brainstem maturation in normal-hearing infants born preterm: A meta-analysis. *Developmental Medicine & Child Neurology*, 58(10), 1009-1015. <https://doi.org/10.1111/dmcn.13151>
- Šindija, B. (1996). Umjetna pužnica, rehabilitacija i prilagodba, *Verbotonalni razgovori*, 2(12+8), 1-7.
- Šindija, B., & Mildner V. (2001). Razumljivost govora u pacijentice s implantom u moždanom deblu. *Verbotonalni razgovori*, 4(8),1-5.
- Šindija, B., Vlahović, S. & Kekić, B. (2005) Rezultati rane ugradnje umjetne pužnice. *Paediatrica Croatica*, 49 (suppl. 2), 65-69.
- Talero-Gutiérrez, C., Carvajalino-Monje, I., Samper, B. S., & Ibáñez-Pinilla, M. (2008). Delayed auditory pathway maturation in the differential diagnosis of hypoacusis in young children. *International Journal of Pediatric Otorhinolaryngology*, 72(4), 519-527. <https://doi.org/10.1016/j.ijporl.2007.12.009>
- Thai-Van, H., Cozma, S., Boutitie, F., Disant, F., Truy, E., & Collet, L. (2007). The pattern of auditory brainstem response wave v maturation in cochlear-implanted children. *Clinical Neurophysiology*, 118(3), 676-689. <https://doi.org/10.1016/j.clinph.2006.11.010>
- Uchida, Y., Sugiura, S., Nishita, Y., Saji, N., Sone, M., & Ueda, H. (2019). Age-related hearing loss and cognitive decline — the potential mechanisms linking the two. *Auris Nasus Larynx*, 46(1), 1-9. <https://doi.org/10.1016/j.anl.2018.08.010>
- Van Dommelen, P., De Graaff-Korf, K., Verkerk, P. H., & Van Straaten, H. L. (2020). Maturation of the auditory system in normal-hearing newborns with a very or extremely premature birth. *Pediatrics & Neonatology*, 61(5), 529-533. <https://doi.org/10.1016/j.pedneo.2020.05.014>
- Vlahović, S. (1998). Tehnička pouzdanost, trajnost i sigurnost umjetne pužnice. *Verbotonalni razgovori*, 3(7),1-6.
- Vlahović, S. (2002). Prikaz znanstvenog skupa 6th European Symposium on Pediatric Cochlear Implantation, *Verbotonalni razgovori*, 5(4), 6-7.
- Vlahović, S. (2005) Važnost i osobitosti dijagnostike oštećenja sluha u djece mlađe od dvije godine. *Paediatrica Croatica*, 49(suppl 2), 18-24.
- Vlahović, S., & Šindija, B. (2004). The influence of potentially limiting factors on paediatric outcomes following cochlear implantation. *International Journal of Pediatric Otorhinolaryngology*, 68(9), 1167-1174. <https://doi.org/10.1016/j.ijporl.2004.03.016>
- Xia, S., Song, T., Che, J., Li, Q., Chai, C., Zheng, M., & Shen, W. (2017). Altered brain functional activity in infants with congenital bilateral severe sensorineural hearing loss: A resting-state functional mri study under sedation. *Neural Plasticity*, 2017, 1-8. <https://doi.org/10.1155/2017/8986362>

Yoshinaga-Itano, C., & Apuzzo, M. L. (1998a). The development of deaf and hard of hearing children identified early through the High-Risk Registry. *American Annals of the Deaf*, 143(5), 416-424. <https://doi.org/10.1353/aad.2012.0118>

Yoshinaga-Itano, C., & Apuzzo, M. L. (1998b). Identification of hearing loss after age 18 months is not early enough. *American Annals of the Deaf*, 143(5), 380-387. <https://doi.org/10.1353/aad.2012.0151>