

## UTICAJ KOMPENZACIJE PRITISKA U SREDNJEM UVU NA REGISTROVANJE DISTORZIONIH OTOAKUSTIČKIH EMISIJA<sup>1</sup>

Aleksandar KARIĆ\*, Sanja ĐOKOVIĆ\*\*  
Nadežda DIMIĆ\*, Svetlana SLAVNIĆ\*  
Radimir SAVIĆ\*\*\*<sup>2</sup>

*\*Dom zdravlja „Novi Beograd“*

*\*\*Univerzitet u Beogradu – Fakultet za specijalnu  
edukaciju i rehabilitaciju*

*\*\*\*Univerzitet u Beogradu – Poljoprivredni fakultet*

*Cilj ovog rada bio je utvrđivanje uticaja kompenzacije pritiska u srednjem uvu na veličinu odgovora distorzionih otoakustičkih emisija (DPOAE) na frekvencijama od 1 do 6 kHz. Ispitivanje je obavljeno na 150 pacijenata, unutar pola i tri starosne grupe (2-15; 16-40; 41-71 godine). Pritisak u srednjem uvu je varirao od negativnog do pozitivnog (-329 do 195 daPa). Povećanje pritiska pri kompenzaciji za 1 daPa dovelo je do povećanja amplituda pri frekvencijama od 1.0, 1.3 i 1.6 kHz za 0,02, 0,03 i 0,02 dB SPL (decibel nivoa zvučnog pritiska), a nivoa buke pri frekvencijama od 1.0 do 2.0 kHz, uslovljavajući povećanje od 0,02 do 0,03 dB SPL. Kompenzacioni tretman je doveo do povećanja odgovora DPOAE (amplitude i nivoa buke). Povećanje amplituda je bilo najveće na frekvencijama manjim od 2 kHz unutar nivoa oba ispitivana uticaja. Kompenzacija pritiska uticala je stimulativno na detektabilnost DPOAE, čime se povećava pouzdanost*

---

1 Rad je proistekao iz projekta „Uticaj kohlearne implantacije na edukaciju gluhih i nagluhih osoba“ ON 179055, čiju realizaciju finansira Ministarstvo prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije.

2 E-mail: savic@agrif.bg.ac.rs

*primene ove metode prilikom ispitivanja funkcionalnosti srednjeg uva.*

**Ključne reči:** *ambijentalni pritisak, kompenzacija, otoakustičke emisije, pol, starost*

## UVOD

Otoakustičke emisije (OAE) imaju široku primenu i postale su nezaobilazni segment kompletne audiološke obrade. Njihova primena je neinvazivna, kratkotrajna i može se obaviti u toku spavanja, što je osobito važno kada su u pitanju pacijenti u neonatalnom dobu. Predstavljaju kompleksne akustičke događaje, koji se beleže kod skoro svakog čoveka koji ima normalan sluh.

Tranzitorne otoakustičke emisije koristimo kada ispitujemo kohleu u celini, jer njihov pobudni kratkotrajni impulsni signal bazilarnu membranu pobuđuje kao celinu. Za razliku od njih, distorzione otoakustičke emisije su selektivne i omogućavaju lokalizovano ispitivanje kohlee. U humanoj populaciji je moguće porediti uticaj variranja negativnog pritiska u srednjem uvu i u spoljašnjem ušnom kanalu na jačinu odgovora distorzionih otokaustičkih emisija (Sun, 2012). Navedeno istraživanje ukazuje da pozitivan pritisak u spoljašnjem ušnom kanalu može stimulisati negativan pritisak u srednjem uvu, što je važno pri ispitivanju funkcionisanja srednjeg uva.

Kada je u pitanju patologija srednjeg uva, OAE se koriste za dijagnostikovanje ali i za praćenje oporavka. Tako Mikić, Đoković, Sovilj i Pantelić (2005) ukazuju da se u razvoju bolesti prvi znaci oporavka mogu detektovati tonalnom audiometrijom, zatim timpanometrijom i na kraju otoakustičkim emisijama, pa se njihova normalizacija može smatrati znakom konačnog izlečenja.

U istraživanju Hofa i saradnika (Hof, Anteunis, Chenault & Van Dijk, 2005) utvrđeno je povećanje jačine amplitude od 1,9 dB SPL pri tretmanu sa kompenzacijom pritiska. Zapravo, porast amplitude je bio najveći na frekvenciji između 1 i 2 kHz.

Do sličnih rezultata merenja pri kompenzaciji pritiska došli su i Trine i saradnici (Trine, Hirsch & Margolis, 1993) koji su pokazali da je u svim slučajevima kompenzacija pritiska u srednjem uvu dovela do uvećanja amplituda otoakustičkih emisija.

Cilj ovog rada je utvrđivanje uticaja kompenzacije pritiska u srednjem uvu na veličinu odgovora distorzionih otoakustičkih emisija.

## METOD RADA

### Uzorak

Istraživanje je obavljeno na Klinici za ORL i MFH, u Audiovestibulološkom odseku Kliničkog centra Srbije, Medicinskog fakulteta u Beogradu, u periodu od 2004. do 2010. godine.

U ispitivanju je učestvovalo 150 pacijenata (79 muškog i 71 ženskog pola), prosečne starosti 27,95 godina sa intervalom variranja od dve do 71 godine (Tabela 1).

*Tabela 1 – Broj ispitanika prema nivoima analiziranih uticaja*

Faktor	Nivo faktora	N	$\chi^2$	df	p
Pol	muški	79	0,03	1	0,8700
	ženski	71			
Starosna grupa	I	50	4,00	2	0,1350
	II	60			
	III	40			

N – broj ispitanika,  $\chi^2$  – hi kvadrat test, df – broj stepeni slobode, p – značajnost

Uzimajući u obzir raspodelu ispitanika prema starosnoj dobi, izvršeno je grupisanje i formirane su tri starosne grupe: I grupa od 2 do 15 godina, II grupa od 16 do 40 godina i III grupa od 41 do 71 godine.

## Instrumenti i procedura

Merenje parametara otoakustičkih emisija obavljeno je primenom *Hortmann* uređaja, na različitim frekvencijama (kHz). Veličina parametara otoakustičkih emisija je posmatrana pri nekompensovanom (ambijentalnom) i kompenzovanom pritisku u kavumu timpani. Vrednost pritiska pri kompenzaciji izražavana je u daPa. U analizi, kontrolnu grupu predstavlja uvo bez kompenzacije pritiska (s ambijentalnim pritiskom).

Od parametara distorzionih otoakustičkih emisija (DPOAE) registrovani su: amplituda (A; dB SPL) i nivo buke (NOI; dB SPL) na frekvencijama od 1.0, 1.3, 1.6, 2.0, 2.5, 3.2, 4.0, 5.0 i 6.0 kHz. Prosečna vrednost nivoa stimulusa pri merenju jačine odgovora otoakustičkih emisija bila je u intervalu od 71,86 do 74,11 dB SPL pri kompenzacionom i od 71,89 do 74,98 dB SPL pri nekompensacionom tretmanu na posmatranim frekvencijama.

## Statistička obrada podataka

Statistička obrada podataka je obavljena u statističkom paketu SAS 9.3 (SAS Institute Inc., 2002-2010). Od osnovnih statističkih parametra izračunati su: prosečna vrednost, standardna devijacija i interval variranja. Testiranje rasporeda frekvencija po polovima i starosnim grupama obavljeno je primenom neparametarskog  $\chi^2$  testa.

Poređenje prosečnih vrednosti registrovanih parametara kod DPOAE izvršeno je primenom t-testa. Poređenje je vršeno unutar nivoa ispitivanog faktora (pol i starost), a između tretmana sa kompenzacijom pritiska (kompenzacioni i nekompensacioni tretman).

Efekat pritiska na vrednosti registrovanih parametara otoakustičkih emisija je posmatran kao linearni regresijski uticaj, pri čemu je korišćen model:

$$y_i = \mu + b(\chi_i - \bar{\chi}_1) + \varepsilon_i$$

gde je:  $y_i$  – zavisna promenljiva (registrovani parametar otoakustičkih emisija),  $b(\chi_i - \bar{\chi}_i)$  – linearni regresijski uticaj pritiska i  $\varepsilon_i$  – slučajna greška.

Ocena uticaja i poređenje razlika je posmatrano na tri nivoa značajnosti ( $p < 0,05$ ;  $p < 0,01$ ;  $p < 0,001$ ).

## REZULTATI ISTRAŽIVANJA

Tretman DPOAE sa kompenzacijom pritiska uslovio je više vrednosti amplituda na svim ispitivanim frekvencijama u odnosu na tretman bez kompenzacije (Tabela 2). Najveća vrednost amplitude pri kompenzacionom tretmanu bila je na frekvenciji od 1.3 kHz. Posmatranjem tretmana bez kompenzacije, najveća vrednost registrovanih amplituda bila je na frekvenciji od 1.6 kHz. Bez obzira na primenjeni tretman, amplitude DPOAE su imale najmanju vrednost na frekvenciji od 4.0 kHz.

*Tabela 2 – Osnovna deskriptivna statistika vrednosti amplituda (A, dB SPL) kod DPOAE na različitim frekvencijama (F, kHz) pri kompenzovanom i nekompenzovanom pritisku*

Varijabla	DPOAE sa kompenzacijom pritiska			DPOAE bez kompenzacije pritiska		
	AS	SD	Interval variranja	AS	SD	Interval variranja
Pritisak (daPa)	-132,75	112,87	-329,00 - 195,00	-	-	-
A_F1.0	10,59	10,62	-22,90 - 47,00	4,25	8,09	-18,70 - 41,00
A_F1.3	11,37	12,01	-12,00 - 72,00	5,00	8,75	-14,70 - 36,10
A_F1.6	11,22	10,58	-29,60 - 54,00	5,37	9,28	-21,20 - 27,00
A_F2.0	9,04	11,19	-19,00 - 46,20	4,29	9,21	-25,00 - 24,50
A_F2.5	7,85	10,38	-18,80 - 58,00	3,68	11,18	-42,00 - 78,70
A_F3.2	8,63	11,36	-25,60 - 47,00	3,38	11,70	-31,20 - 70,60
A_F4.0	7,55	11,47	-20,80 - 39,00	3,29	9,34	-26,00 - 28,30
A_F5.0	8,89	11,31	-20,10 - 37,00	5,13	9,94	-18,50 - 36,10
A_F6.0	7,99	12,04	-19,60 - 41,10	5,23	16,13	-133,30 - 77,70

AS – aritmetička sredina, SD – standardna devijacija

Unutar tretmana sa kompenzacijom, razlika između najveće i najmanje vrednosti amplitude, od 3,82 dB SPL bila je veća u odnosu na tretman bez kompenzacije (2,08 dB SPL).

Slično prosečnim vrednostima amplituda, vrednosti nivoa buke su pri kompenzacionom tretmanu bile veće (Tabela 3). Bez obzira na primenjeni tretman, nivo buke bio je najmanji na frekvenci od 1.0 kHz (6,27 i 3,37 dB SPL).

*Tabela 3 – Osnovna deskriptivna statistika vrednosti nivoa buke (NOI, dB SPL) kod DPOAE na različitim frekvencijama (F, kHz) pri kompenzovanom i nekompenzovanom pritisku*

Varijabla	DPOAE sa kompenzacijom pritiska			DPOAE bez kompenzacije pritiska		
	AS	SD	Interval variranja	AS	SD	Interval variranja
Pritisak (daPa)	-132,75	112,87	-329,00 - 195,00	-	-	-
NOI_F1.0	6,27	12,46	-26,60 - 52,30	3,37	10,98	-25,20 - 61,20
NOI_F1.3	6,69	11,95	-28,60 - 53,20	3,42	9,61	-20,80 - 36,00
NOI_F1.6	8,63	10,31	-26,80 - 41,10	7,61	11,13	-22,30 - 41,00
NOI_F2.0	9,04	11,51	-27,80 - 67,00	7,39	12,04	-25,60 - 70,60
NOI_F2.5	11,94	10,74	-17,40 - 43,00	7,03	9,43	-21,50 - 27,60
NOI_F3.2	11,79	10,09	-16,30 - 37,00	6,95	9,85	-23,10 - 28,80
NOI_F4.0	13,13	10,68	-13,30 - 56,00	8,61	10,84	-19,20 - 45,00
NOI_F5.0	12,67	11,05	-13,40 - 51,30	10,13	9,89	-17,80 - 35,00
NOI_F6.0	11,21	10,45	-11,60 - 42,00	9,17	9,85	-12,40 - 29,80

AS – aritmetička sredina, SD – standardna devijacija

Najširi interval variranja bio je u oba tretmana na frekvenciji od 2.0 kHz. Unutar tretmana sa kompenzacijom i bez kompenzacije, razlika između najveće i najmanje vrednosti nivoa buke, bila je 6,86 i 6,76 dB SPL.

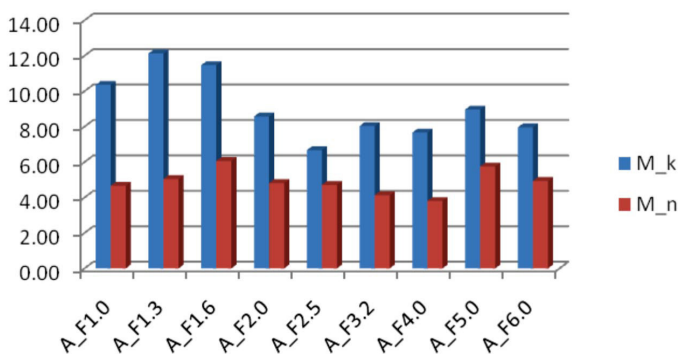
*Tabela 4 – Linearni regresijski uticaj pritiska na vrednosti registrovanih parametara DPOAE (dB SPL)*

Frekvencija (kHz)	Amplituda		Nivo buke	
	b	p	b	p
1.0	0,02	<b>0,0053</b>	0,03	<b>0,0011</b>
1.3	0,03	<b>0,0035</b>	0,03	<b>0,0009</b>
1.6	0,02	<b>0,0070</b>	0,03	<b>0,0000</b>
2.0	0,01	0,5349	0,02	<b>0,0212</b>
2.5	0,01	0,1127	0,00	0,5768
3.2	0,00	0,5575	0,00	0,5234
4.0	0,01	0,3441	0,00	0,6259
5.0	0,01	0,4074	0,00	0,9657
6.0	0,02	0,0658	0,01	0,1892

b – linerani regresijski koeficijent, p – značajnost (Statistički značajne vrednosti su označene – bold)

Promene registrovanih parametara DPOAE u zavisnosti od promene pritiska pri kompenzacionom tretmanu prikazane su Tabelom 4. Povećanje pritiska pri kompenzaciji za 1 daPa dovelo je do povećanja amplituda pri frekvencijama od 1.0, 1.3 i 1.6 kHz za 0,02, 0,03 i 0,02 dB SPL. Linerani regresijski uticaj pritiska na nivo buke je bio statistički značajan i to pri frekvencijama od 1.0 do 2.0 kHz, uslovljavajući povećanje od 0,02 do 0,03 dB SPL za povećanje pritiska pri kompenzaciji za 1daPa.

Prosečne vrednosti amplituda DPOAE unutar muških ispitanika u tretmanu sa kompenzacijom varirale su u intervalu od 6,68 do 12,14 dB SPL, a u tretmanu bez kompenzacije od 3,81 do 6,07 dB SPL (Grafikon 1).

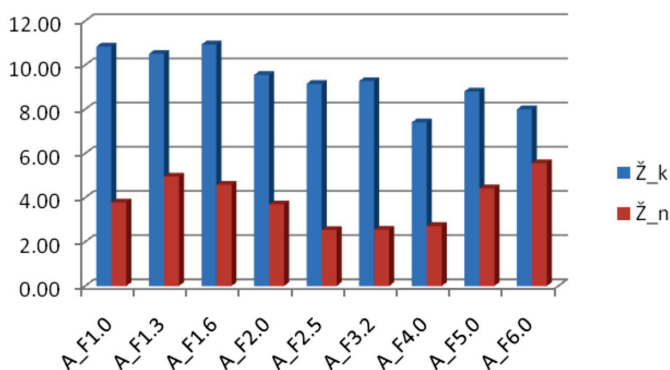


*Grafikon 1 – Vrednosti amplituda (A, dB SPL) na različitim frekvencijama kod DPOAE sa kompenzacijom (\_k) i bez kompenzacije (\_n) pritiska unutar muškog pola*

Poređenjem tretmana po frekvencijama, utvrđene su statistički značajne razlike na frekvencijama od 1.0 ( $t=4,508$ ;  $p<0,0001$ ), 1.3 ( $t=4,451$ ;  $p<0,0001$ ), 1.6 ( $t=3,487$ ;  $p=0,0008$ ), 2.0 ( $t=2,618$ ;  $p=0,0106$ ), 3.2 ( $t=2,677$ ;  $p=0,0091$ ) i 4.0 kHz ( $t=2,487$ ;  $p=0,0149$ ).

Razlike u amplitudama između ispitivanih tretmana postojale su i unutar ženskog pola (Grafikon 2).

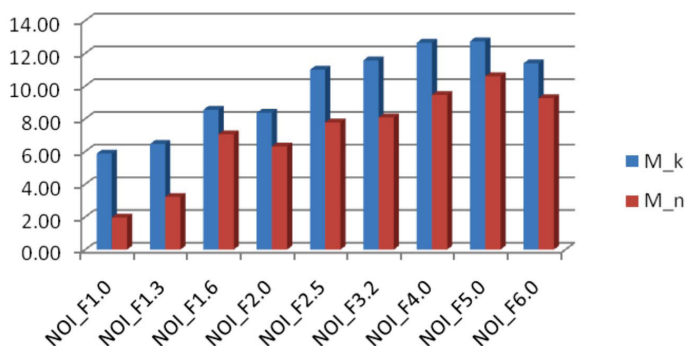
U tretmanu sa kompenzacijom amplitude su varirale u intervalu od 7,41 do 10,93 dB SPL, a u tretmanu bez kompenzacije od 2,54 do 5,56 dB SPL. Poređenjem tretmana po frekvencijama, utvrđene su statistički značajne razlike na frekvencijama od 1.0 ( $t=4,326$ ;  $p<0,0001$ ), 1.3 ( $t=3,950$ ;  $p=0,0002$ ), 1.6 ( $t=4,479$ ;  $p<0,0001$ ), 2.0 ( $t=3,934$ ;  $p=0,0002$ ), 2.5 ( $t=4,338$ ;  $p<0,0001$ ), 3.2 ( $t=3,941$ ;  $p=0,0002$ ), 4.0 ( $t=3,154$ ;  $p=0,0024$ ) i 5.0 kHz ( $t=2,768$ ;  $p=0,0072$ ).



Grafikon 2 – Vrednosti amplituda (A, dB SPL) na različitim frekvencijama kod DPOAE sa kompenzacijom (\_k) i bez kompenzacije (\_n) pritiska unutar ženskog pola

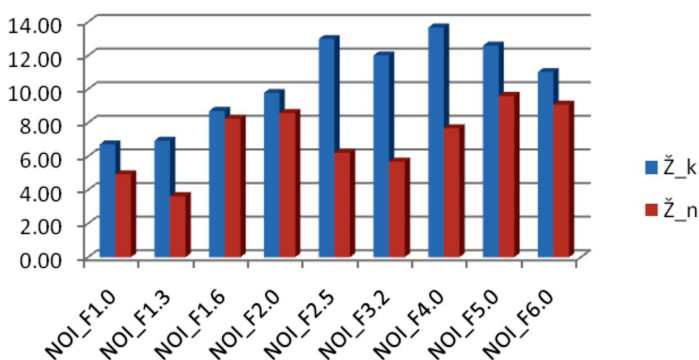
Prosečan nivo buke unutar muškog pola bio je najveći, unutar oba ispitivana tretmana, pri frekvenciji od 5.0 kHz i iznosio 12,74 i 10,60 dB SPL (Grafikon 3). Poredeći tretmane po frekvencijama, najveća razlika u nivou buke bila je na frekvenciji od 1.0 kHz i iznosila 3,91 dB SPL ( $t=2,461$ ;  $p=0,0161$ ). Razlike su postojale i na frekvencijama od 2.5 ( $t=2,316$ ;  $p=0,0232$ ), 3.2 ( $t=2,437$ ;  $p=0,0171$ ) i 4.0 kHz ( $t=1,998$ ;  $p=0,0492$ ).





Grafikon 3 – Vrednosti nivoa buke (NOI, dB SPL) na različitim frekvencijama kod DPOAE sa kompenzacijom (\_k) i bez kompenzacije (\_n) pritiska unutar muškog pola

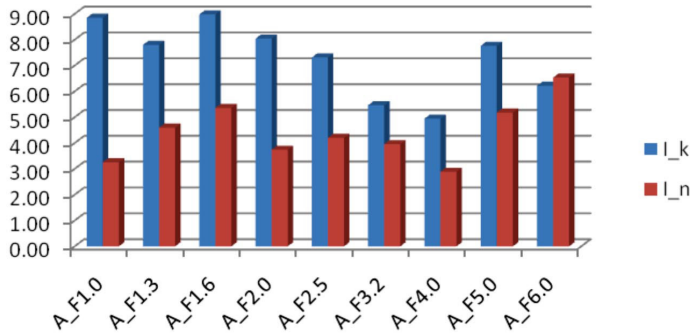
Za razliku od muškog, unutar ženskog pola (Grafikon 4) razlika u nivou buke bila je na frekvenciji od 2.5 kHz i iznosila 6,78 dB SPL ( $t=4,517$ ;  $p<0,0001$ ). Na frekvenciji od 2.0 kHz utvrđena je razlika od 3,31 dB SPL ( $t=2,016$ ;  $p=0,0476$ ), 3.2 kHz razlika od 6,33 dB SPL ( $t=3,861$ ;  $p=0,0002$ ) i 4.0 kHz razlika od 5,99 dB SPL ( $t=3,062$ ;  $p=0,031$ ) između tretmana sa kompenzacijom i bez kompenzacije pritiska. Ujedno, na frekvenciji od 4.0 kHz je pri kompenzaciji pritiska nivo buke bio najveći (13,67 dB SPL).



Grafikon 4 – Vrednosti nivoa buke (NOI, dB SPL) na različitim frekvencijama kod DPOAE sa kompenzacijom (\_k) i bez kompenzacije (\_n) pritiska unutar ženskog pola

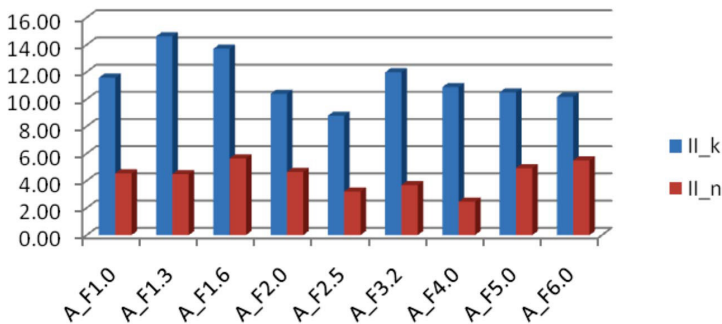
Kompenzacioni tretman uslovio je veće amplitude unutar najmlađe grupe ispitanika (od 2 do 15 godina) na svim frekvencijama, osim na 6.0 kHz (Grafikon 5). Međutim, uzimajući

u obzir statističku značajnost razlika, amplitude su jedino bile veće na frekvencijama od 1.0, 1.6 i 2.0 kHz i to za 5,60 dB SPL ( $t=3,094$ ;  $p=0,0033$ ), 3,62 dB SPL ( $t=2,058$ ;  $p=0,0449$ ) i 4,31 dB SPL ( $t=2,696$ ;  $p=0,0096$ ).



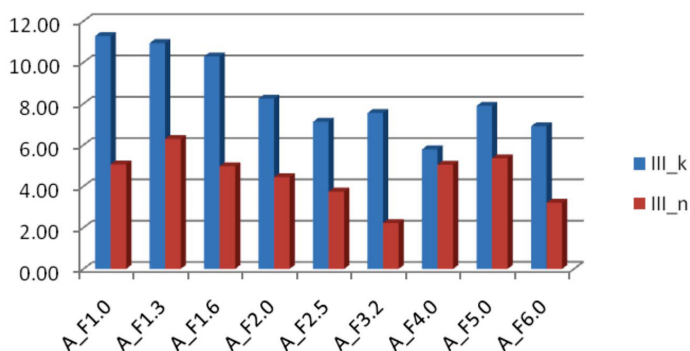
Grafikon 5 – Vrednosti amplitude (A, dB SPL) na različitim frekvencijama kod DPOAE sa kompenzacijom (\_k) i bez kompenzacije (\_n) pritiska unutar I starosne grupe ispitanika

Unutar II starosne grupe (od 16 do 40 godina; Grafikon 6), amplitude su bile veće na svim ispitivanim frekvencijama pri kompenzacionom tretmanu i to za 7,04 dB SPL ( $t=4,069$ ;  $p=0,0001$ ), 10,14 dB SPL ( $t=5,668$ ;  $p<0,0001$ ), 8,07 dB SPL ( $t=4,557$ ;  $p<0,0001$ ), 5,75 dB SPL ( $t=3,279$ ;  $p=0,0018$ ), 5,57 dB SPL ( $t=2,738$ ;  $p=0,0082$ ), 8,30 dB SPL ( $t=4,965$ ;  $p<0,0001$ ), 8,43 dB SPL ( $t=5,266$ ;  $p<0,0001$ ), 5,57 dB SPL ( $t=2,987$ ;  $p=0,0041$ ) i 4,67 dB SPL ( $t=2,478$ ;  $p=0,0161$ ).



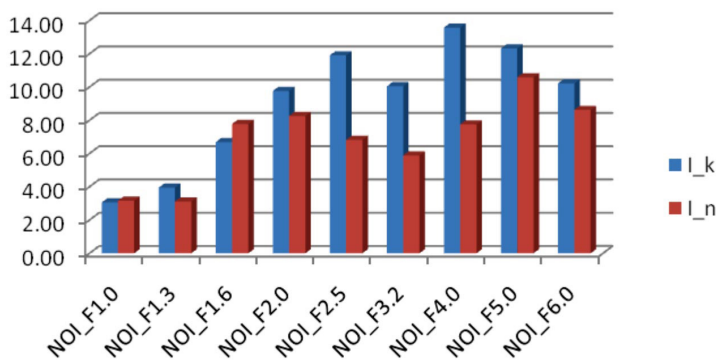
Grafikon 6 – Vrednosti amplitude (A, dB SPL) na različitim frekvencijama kod DPOAE sa kompenzacijom (\_k) i bez kompenzacije (\_n) pritiska unutar II starosne grupe ispitanika

Analizirajući vrednost amplituda po tretmanima u grupi najstarijih ispitanika (Grafikon 7; starost od 41 do 73 godine), najveća razlika (6,22 dB SPL) bila je na frekvenciji od 1.0 kHz ( $t=3,677$ ;  $p=0,0007$ ).



*Grafikon 7 – Vrednosti amplituda (A, dB SPL) na različitim frekvencijama kod DPOAE sa kompenzacijom (\_k) i bez kompenzacije (\_n) pritiska unutar III starosne grupe ispitanika*

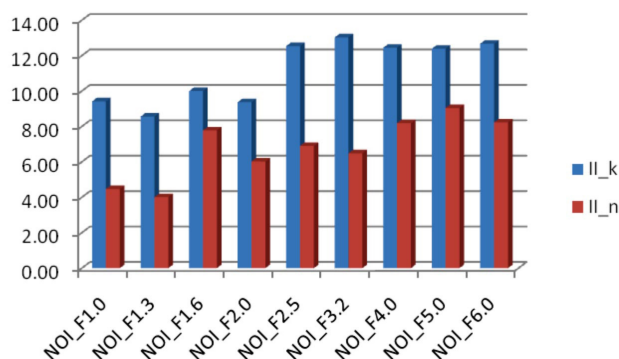
Amplitude pri kompenzaciji pritiska su bile veće i na frekvencijama od 1.3 kHz ( $t=2,466$ ;  $p=0,0182$ ), 1.6 kHz ( $t=2,805$ ;  $p=0,0078$ ) i 3.2 kHz ( $t=2,653$ ;  $p=0,0115$ ) i to za: 4,64, 5,32 i 5,33 dB SPL.



*Grafikon 8 – Vrednosti nivoa buke (NOI, dB SPL) na različitim frekvencijama kod DPOAE sa kompenzacijom (\_k) i bez kompenzacije (\_n) pritiska unutar I starosne grupe ispitanika*

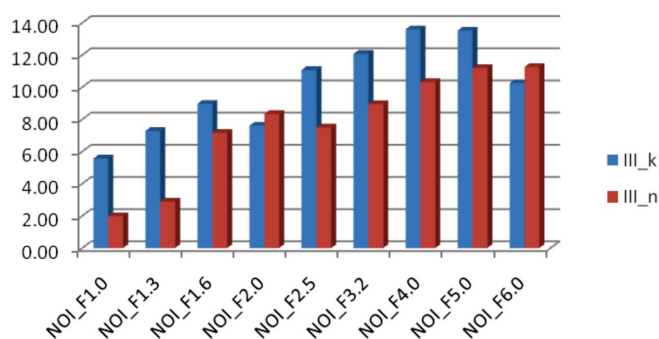
Prosečna ispoljenost nivoa buke unutar najmlađe grupe ispitanika, predstavljena je Grafikonom 8. Nivo buke najmlađih

ispitanika bio je veći pri kompenzaciji pritiska za 5,09 dB SPL ( $t=2,915$ ;  $p=0,0054$ ), 4,16 dB SPL ( $t=2,182$ ;  $p=0,0339$ ) i 5,82 dB SPL ( $t=2,689$ ;  $p=0,0098$ ) na frekvencijama od 2.5 do 4.0 kHz.



Grafikon 9 – Vrednosti nivoa buke (NOI, dB SPL) na različitim frekvencijama kod DPOAE sa kompenzacijom (\_k) i bez kompenzacije (\_n) pritiska unutar II starosne grupe ispitanika

Kompenzacioni tretman sa pritiskom uticao je na prosečnu ispoljenost nivoa buke unutar II starosne grupe ispitanika (Grafikon 9). Najveća razlika bila je na frekvenciji od 3.2 kHz i iznosila 6,55 dB SPL ( $t=4,181$ ;  $p<0,0001$ ). Na ostalim frekvencijama (1.0, 1.3, 2.5, 4.0 i 6.0 kHz) su vrednosti pri kompenzaciji pritiska bile veće i to za: 4,69 dB SPL ( $t=2,373$ ;  $p=0,0209$ ), 4,56 dB SPL ( $t=2,216$ ;  $p=0,0306$ ), 5,65 dB SPL ( $t=3,829$ ;  $p=0,0003$ ), 4,26 dB SPL ( $t=2,151$ ;  $p=0,0356$ ) i 4,45 dB SPL ( $t=2,283$ ;  $p=0,0261$ ).



Grafikon 10 – Vrednosti nivoa buke (NOI, dB SPL) na različitim frekvencijama kod DPOAE sa kompenzacijom (\_k) i bez kompenzacije (\_n) pritiska unutar III starosne grupe ispitanika

Poređenjem tretmana unutar grupe najstarijih ispitanika (Grafikon 10) nisu utvrđene razlike u prosečnoj ispoljenosti nivoa buke pri kompenzacionom i ambijentalnom pritisku na svima ispitivanim frekvencijama ( $p > 0,05$ ).

## DISKUSIJA

U istraživanju Tompsonove i saradnika (Thompson, Henin & Long, 2015) vrednost indukovanog negativnog pritiska u srednjem uvu bila je u intervalu od -65 do -324 daPa, značajno utičući na složenost DPOAE, što je delimično saglasno sa rezultatima našeg istraživanja, odnosno vrednostima pritiska dobijenim pri kompenzaciji. Široki intervali variranja pritiska u ušnom kanalu od -200 do 200 daPa i nivoa stimulusa od 60 do 90 dB SPL utvrđeni su i u ispitivanju Nevea i saradnika (Naeve, Margolis, Levine & Fournier, 1992), s tim da su intervali variranja u ovom istraživanju veći. San i Šejver u svom istraživanju ukazuju da negativan pritisak u srednjem uvu utiče na emisiju DPOAE na specifičan način, pri čemu su utvrdili povećanje nivoa DPOAE na nekim visokim frekvencijama u prisustvu negativnog pritiska (Sun & Shaver, 2009).

Ovim istraživanjem utvrđena je varijabilnost odgovora DPOAE, a rezultati ispitivanja Polinga i saradnika (Poling, Lee, Siegel & Dhar, 2012) ukazuju da kalibracione procedure koje mere nivo zvučnog intenziteta redukuju u velikoj meri uticaj stojećih talasa i smanjuju ukupnu varijabilnost DPOAE merenja. Detektovano povećanje amplitude pri kompenzacionom tretmanu saglasno je ispitivanju Hofa i saradnika (Hof et al., 2012) u kojem je kompenzacija timpaničnog „peak“ pritiska rezultirala emisijom visokih amplituda ispod 2 kHz (uvećanje od 8 do 11 dB).

Ispitujući DPOAE, Zare i saradnici (Zare et al., 2015) su ustanovili značajan uticaj trajanja merenja i nivoa zvučnog pritiska na vrednost S/N (odnos stimulusa i buke) i pri tom su na svim posmatranim frekvencijama, u oba uva, utvrdili vrednost S/N koja je bila veća od 6 dB što je delimično saglasno našim

rezultatima. U ovom istraživanju izračunati odnos S/N na frekvencijama od 1, 2, 4 i 6 kHz imao je vrednosti za kompenzacioni i nekompenzacioni tretman: 11,51 i 21,55 dB; 7,97 i 9,83 dB; 5,64 i 8,56 dB; 6,60 i 8,18 dB. Veće prosečne vrednosti odnosa stimulusa i buke u odnosu na rezultate ovog istraživanja, utvrđene su u ispitivanju Abdala i Dara (Abdala & Dhar, 2012). Oni su u grupi prevremeno rođenih beba, odnosno kod beba rođenih u optimalnom terminu utvrdili S/N od 20,25 odnosno 22 dB. U grupi odraslih osoba (mladih, srednje dobi i starijih) utvrdili su vrednosti od 27, 26 i 21 dB.

Uticaj pritiska na amplitude i nivo buke na frekvencijama ispod 2 kHz je bio statistički značajan što je u saglasnosti sa navodima Pereza i saradnika (Perez, Delgado & Ozdamar, 2011) koji ukazuju da male ili blage vrednosti pozitivnog ili negativnog pritiska u srednjem uvu, koje preovlađuju u opštoj populaciji, značajno redukuju odgovore otoakustičkih emisija na frekvencijama ispod 2 kHz.

Ovim istraživanjem je utvrđena velika varijabilnost pritiska između pacijenata od -329 do 195 kPa. Uticaj pritiska na parametre OAE u saglasnosti je sa rezultatima istraživanja Sana i Šejvera (Sun & Shaver, 2009) koji ukazuju na veliku varijabilnost uticaja negativnog pritiska u kavumu timpani na DPOAE. Oni su utvrdili smanjenje DPOAE u slučaju rasta negativnog pritiska u srednjem uvu (10 do 12 dB za pritisak od -160 daPa i više). Na frekvencijama od 2, 4 i 6 kHz efekat negativnog pritiska u srednjem uvu nije ispoljio značajan uticaj, a pri 3 kHz nivo redukcije DPOAE je bio značajan (5 dB za pritisak od -70 do -95 daPa i 12 dB za pritisak od -120 do -420 daPa). Na 8 kHz nivou DPOAE imaju tendenciju povećanja kod jako visokog pritiska u srednjem uvu, dok promene nisu signifikantne.

Nivo stimulusa je ispoljio malu varijabilnost, ali važno je registrovati ovaj parametar, što ukazuju rezultati istraživanja Džonsona i Baranovskog (Johnson & Baranowski, 2012) koji su na STL od 45 dB SPL utvrdili niži nivo DPOAE u odnosu na druge ispitivane nivoe stimulusa (30 i 55 dB SPL). Zapravo, stimulus je neophodan činilac pri detekciji otoakustičkih emisija,

bez koga to ne bi bilo moguće. U literaturi se često može naći da promena u efektivnom nivou stimulusa, koja je izazvana pritiskom u kanalu (pozitivnim i negativnim), ima veći uticaj na jačinu amplitudu DPOAE nego kod tranzitornih otoakustičkih emisija (TEOAE). Tako su Popelka, Osterhamel, Nilsen i Rasmusen (Popelka, Osterhammel, Nielsen & Rasmussen, 1993), pri frekvencijama od 1 do 8 kHz, utvrdili simetričnu redukciju amplituda DPOAE za oko 8 dB za pritisak 100 daPa i 11 dB za pritisak od 200 daPa, ali pri frekvenciji od 1 kHz. Na višim frekvencijama, efekat pritiska je bio kompleksniji. Objašnjenje ovakvog efekta pri niskim frekvencijama je u vezi sa povećanjem krutosti prouzrokovane pritiskom u kanalu.

Rezultati istraživanja Sana i Šejvera (Sun & Shaver, 2009) ukazuju na izraženije slabljenje DPOAE na nižim frekvencijama. Pri frekvenciji od 1 kHz i manjoj, DPOAE odgovori se smanjuju za najmanje 4 do 6 dB za negativan pritisak manji od -100 daPa. Redukcija DPOAE odgovora se povećava sa povećanjem negativnog pritiska i to za 10 do 12 dB za -160 daPa. Za frekvencije od 2, 4 i 6 kHz uticaj negativnog pritiska nije bio statistički značajan. Pri 3 kHz utvrđena je redukcija i to 5 dB za -70 do -95 daPa i odgovori do 12 dB za pritisak od -290 do -420 daPa. Kada je negativan pritisak kompenzovan, smanjenje DPOAE odgovora je značajno korigovano. Zapravo, njihovo istraživanje implicira da kompenzacija pritiska u srednjem uvu efikasno obnavlja normalan DPOAE odgovor u ušima sa negativnim pritiskom u srednjem uvu. Uzimajući to u obzir, merenje OAE u srednjem uvu pri kompenzacionom tretmanu je u potpunosti opravdano, čime se povećava pouzdanost prilikom dijagnostikovanja stanja konduktivnog aparata uva.

Rezultati istraživanja Zebiana i saradnika (Zebian et al., 2013) sugerišu da se kompenzacija pritiska u spoljašnjem slušnom kanalu može koristiti kao alat za unapređenje detektabilnosti DPOAE u slučaju disfunkcije srednjeg uva, a unapređenje detektabilnosti emisija je potvrđeno i ovim istraživanjem. Navedeni autori su utvrdili jasnu zavisnost DPOAE odgovora na posmatranima vrednostima pritiska, pri čemu je nivo odgovora bio najveći pri maksimalnoj usklađenosti srednjeg uva

i sa prosečnim smanjenjem nivoa odgovora za 2,3 dB za svakih 50 daPa manjeg ili većeg pritiska.

Jačina odgovora pri kompenzaciji u odnosu na tretman bez kompenzacije pritiska bila je veća na određenim frekvencijama i unutar polova i starosnih grupa. S obzirom da su pri kompenzacionom tretmanu detektovane veće vrednosti amplituda kod DPOAE unutar oba pola, muškog na frekvencijama od 4 kHz i manjim i ženskog na frekvencijama od 5 kHz i manjim, prikazani rezultati u saglasnosti su sa mnogim istraživanjima (Bonfils & Avan, 1992; Smurzynski & Kim, 1992; Gorga et al., 1993) u kojima su detektovane amplitude DPOAE na frekvencijama od 1 kHz i većim u većini ispitivanih slučajeva.

Veće vrednosti parametara otoakustičkih emisija, pri kompenzovanom pritisku u srednjem uvu, utvrđene su i u istraživanju Hofa i saradnika (Hof, Van Dijk, Chenault & Anteunis, 2003). Pozitivan pritisak u ušnom kanalu sličan je negativnom pritisku u srednjem uvu ispoljavajući poseban uticaj na odgovore DPOAE (Sun, 2012). Pozitivan ili negativan pritisak u ušnom kanalu (u odnosu na ambijentalni pritisak) redukovao je emisije amplituda za 3 do 6 dB (Naeve et al., 1992), što je u suprotnosti sa našim istraživanjem.

Rezultati su pokazali da između tretmana sa kompenzacijom pritiska nisu postojale značajne razlike u amplitudama kod najmlađe i najstarije grupe ispitanika, tako da su dobijeni rezultati delimično slični istraživanju Hofa i saradnika (Hof et al., 2005) u kojem je najveće povećanje amplituda bilo u opsegu frekvencija od 1 do 2 kHz, a statistički značajna korelacija je uočena između kompenzovanog pritiska i povećanja amplitude, ali kod TEOAE.

## ZAKLJUČAK

Kompenzacija pritiska u srednjem uvu uticala je na povećanje odgovora otoakustičkih emisija u odnosu na tretman merenja pri ambijentalnom pritisku. Unutar oba pola, kompenzacioni tretman je u većini slučajeva uslovio veće



vrednosti amplituda i nivoa buke na većini ispitivanih frekvencija (5 kHz i manje) sa različitim nivoom statističke značajnosti. Posmatrajući starost ispitanika, kompenzacija pritiska je u grupama ispitanika od 2 do 15 i od 16 do 40 godina uticala na veće odgovore amplituda na svim frekvencijama, sa izuzetkom amplitude pri frekvenciji od 6 kHz u najmlađoj grupi. Unutar grupe najstarijih ispitanika, kompenzacioni tretman je povećao jačinu amplituda na pojedinim frekvencijama manjim od 4 kHz. Nivo buke pri kompenzaciji je na većini frekvencija bio veći, i to pri frekvencijama od 2.5 do 4 kHz u najmlađoj grupi. U grupi ispitanika starosti od 16 do 40 godina, kompenzacioni tretman jedino nije uslovio veći nivo buke pri frekvencijama od 1.6, 2 i 5 kHz. U grupi najstarijih ispitanika kompenzacioni tretman nije uslovio razlike u nivou buke u odnosu na merenja pri ambijentalnom pritisku. Efekat pritiska u srednjem uvu na jačinu odgovora bio je statistički značajan na frekvencijama manjim od 2 kHz (za amplitude) i 2.5 kHz (za nivo buke), uslovljavajući povećanje veličine odgovora za 0,2 do 0,3 dB SPL za povećanje pritiska pri kompenzaciji za 1 daPa. Kompenzacijom pritiska u srednjem uvu, detektabilnost otoakustičkih emisija je povećana, što bi unapredilo primenu ovih emisija u kliničke svrhe.

## LITERATURA

1. Abdala, C., & Dhar, S. (2012). Maturation and aging of the human cochlea: a view through the DPOAE looking glass. *Journal of the Association for Research in Otolaryngology*, 13(3), 403-421. doi:10.1007/s10162-012-0319-2
2. Bonfils, P., & Avan, P. (1992). Distortion-Product Otoacoustic Emissions: Values for Clinical Use. *Archives of Otolaryngology – Head and Neck Surgery*, 118(10), 1069-1076. doi:10.1001/archotol.1992.01880100061014
3. Gorga, M. P., Neely, S. T., Bergman, B., Beauchaine, K. L., Kaminski, J. R., Peters, J., & Jesteadt, W. (1993). Otoacoustic emissions from normal-hearing and hearing-impaired subjects: Distortion product

- responses. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 93(4), 2050. doi:10.1121/1.406691
4. Hof, J. R., Anteunis, L. J., Chenault, M. N., & Van Dijk, P. (2005). Otoacoustic emissions at compensated middle ear pressure in children. *International Journal of Audiology*, 44(6), 317-320. doi:10.1080/14992020500057822
  5. Hof, J. R., De Kleine, E., Avan, P., Anteunis, L. J., Koopmans, P. J., & Van Dijk, P. (2012). Compensating for Deviant Middle Ear Pressure in Otoacoustic Emission Measurements, Data, and Comparison to a Middle Ear Model. *Otology & Neurotology*, 33(4), 504-511. doi:10.1097/mao.0b013e3182536d9f
  6. Hof, J., Van Dijk, P., Chenault, M., & Anteunis, L. (2003). Otoacoustic emissions at compensated middle ear pressure: preliminary results. *International Congress Series*, 1254, 159-163. doi:10.1016/s0531-5131(03)01060-4
  7. Johnson, T. A., & Baranowski, L. G. (2012). The Influence of Common Stimulus Parameters on Distortion Product Otoacoustic Emission Fine Structure. *Ear and Hearing*, 33(2), 239-249. doi:10.1097/aud.0b013e3182321da4
  8. Mikić, B., Đoković, S., Sovilj, M., & Pantelić, S. (2005). Otoakustička emisija kod neonatusa, dece i odraslih, u S. Jovičić i M. Sovilj (Ur.) *Otoakustička emisija, teorija i praksa* (str. 122-142), Beograd: IEFPG.
  9. Naeve, S. L., Margolis, R. H., Levine, S. C., & Fournier, E. M. (1992). Effect of ear-canal air pressure on evoked otoacoustic emissions. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 91(4), 2091. doi:10.1121/1.403695
  10. Perez, M., Delgado, R.E., & Ozdamar, O. (2011). Design of a clinically viable pneumatic system for the acquisition of pressure compensated otoacoustic emissions. *Proceedings of the Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society*, EMBS, 7699-7702. doi: 10.1109/IEMBS.2011.6091897
  11. Poling, G., Lee, J., Siegel, J., & Dhar, S. (2012). Clinical Utilisation of High-frequency DPOAEs. *ENT & Audiology News*, 21(4), 91-92.
  12. Popelka, G. R., Osterhammel, P. A., Nielsen, L. H., & Rasmussen, A. N. (1993). Growth of distortion product otoacoustic emissions

- with primary-tone level in humans. *Hearing Research*, 71(1-2), 12-22. doi:10.1016/0378-5955(93)90016-t
13. SAS Institute Inc (2002-2010). *The SAS System for Windows*, Cary, NC.
  14. Smurzynski, J., & Kim, D. (1992). Distortion-product and click-evoked otoacoustic emissions of normally-hearing adults. *Hearing Research*, 58(2), 227-240. doi:10.1016/0378-5955(92)90132-7
  15. Sun, X. (2012). Ear Canal Pressure Variations Versus Negative Middle Ear Pressure: Comparison Using Distortion Product Otoacoustic Emission Measurement in Humans. *Ear and Hearing*, 33(1), 69-78. doi:10.1097/aud.0b013e3182280326
  16. Sun, X., & Shaver, M. D. (2009). Effects of Negative Middle Ear Pressure on Distortion Product Otoacoustic Emissions and Application of a Compensation Procedure in Humans. *Ear and Hearing*, 30(2), 191-202. doi:10.1097/aud.0b013e31819769e1
  17. Thompson, S., Henin, S., & Long, G. R. (2015). Negative Middle Ear Pressure and Composite and Component Distortion Product Otoacoustic Emissions. *Ear and Hearing*, 1. doi:10.1097/aud.0000000000000185
  18. Trine, M. B., Hirsch, J. E., & Margolis, R. H. (1993). The Effect of Middle Ear Pressure on Transient Evoked Otoacoustic Emissions. *Ear and Hearing*, 14(6), 401-407. doi:10.1097/00003446-199312000-00005
  19. Zare, S., Nassiri, P., Monazzam, M. R., Pourbakht, A., Azam, K., & Golmohammadi, T. (2015). Evaluation of Distortion Product Otoacoustic Emissions (DPOAEs) among workers at an Industrial Company exposed to different industrial noise levels in 2014. *Electron Physician*, 7(3), 1126-1134. doi:10.14661/2015.1126-1134
  20. Zebian, M., Schirkonyer, V., Hensel, J., Vollbort, S., Fedtke, T., & Janssen, T. (2013). Distortion product otoacoustic emissions upon ear canal pressurization. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 133(4), EL331. doi:10.1121/1.4795290

## **THE INFLUENCE OF PRESSURE COMPENSATION IN THE MIDDLE EAR ON THE DETECTION OF DISTORTION PRODUCT OTOACOUSTIC EMISSIONS**

Aleksandar Karić\*, Sanja Đoković\*\*, Nadežda Dimić\*\*,  
Svetlana Slavnić\*\*, Radomir Savić\*\*\*

*\*Health Center „New Belgrade“*

*\*\*University of Belgrade – Faculty of Special Education and Rehabilitation*

*\*\*\*University of Belgrade – Faculty of Agriculture*

### ***Summary***

The aim of this study was to assess the effects of pressure compensation in the middle ear on the size of the response of distortion product otoacoustic emissions (DPOAEs) at frequencies from 1 to 6 kHz. The testing was performed on 150 patients, within three age groups (2-15; 16-40; 41-71 years of age). The pressure in the middle ear varied from negative to positive (-329 to 195 daPa). Increasing the pressure in the compensation for 1 daPa led to an increase in amplitude at frequencies of 1.0, 1.3 and 1.6 kHz to 0.02, 0.03 and 0.02 dB SPL (decibel of sound pressure level), and the noise level at frequencies from 1.0 to 2.0 kHz, causing an increase of 0.02 to 0.03 dB SPL. Compensatory treatment led to an increase in DPOAE response (amplitude and noise level). The largest amplitude was determined at frequencies lower than 2 kHz within the levels of both examined influences. Pressure compensation had a stimulating influence on the detectability of DPOAE, which increases the reliability of this method when testing the functionality of the middle ear.

**Key words:** ambient pressure, compensation, otoacoustic emissions, sex, age

*Primljeno: 25.01.2016.*

*Prihvaćeno: 26.02.2016.*