

KORELACIJA AMPLITUDE AUDITIVNIH EVOCIRANIH POTENCIJALA MOŽDANOG STABLA I PRAGA SLUHA KOD OŠTEĆENJA KOHLEE

CORRELATION OF THE AUDITORY BRAINSTEM EVOKED POTENTIALS AMPLITUDE AND HEARING THRESHOLD SHIFT RELATED TO COCHLEAR INJURY

Slobodan SPREMO, Biljana UDOVČIĆ

Klinika za otorinolaringologiju, Klinički centar Banja Luka,
58000 Banja Luka, Bosna i Hercegovina

APSTRAKT

Uvod: U istraživanju smo analizirali efekte kohlearnog oštećenja koje je posljedica akustične traume unutrašnjeg uha na amplitudu I i V talasa auditivnih evociranih potencijala moždanog stabla (AEPMS). Cilj istraživanja je da ukaže na mogućnost objektivne dijagnoze kohlearnog oštećenja upotrebom dinamičkih parametara AEPMS, kao i njihova korelacija sa pragom sluha.

Materijal i Metode: Istraživanje je provedeno na grupi od 132 ispitanika koji su bili izloženi akutnoj akustičnoj traumi. Amplituda I i V talasa AEPMS izmjerena je pri stimulaciji klikom od 80 dB HL. Testovi multiple regresije su primijenjeni da bi se odredila najbolja dijagnostička kombinacija amplitude I i V talasa i relativnog odnosa V/I talasa AEPMS u procjeni praga sluha na frekvencijama: 500Hz, 1 kHz i 2 kHz.

Rezultati i Diskusija: Utvrdili smo direktnu korelaciju između praga sluha i amplitude I talasa AEPMS ($R=0.065$, $R=0.048$ i $R=0.01$, $P < .05$) za sve tri ispitane frekvencije. Na osnovu amplitude AEPMS može se procijeniti veličina i trend promjene praga sluha kod kohlearnog oštećenja akustičnom traumom ($r^2=0.057$, $p < 0.05$). Vrijednosti amplitude V talasa su bile obrnuto srazmjerne pragu sluha na sve tri ispitane frekvencije.

Zaključak: Vrijednosti amplitude I talasa, V talasa i odnosa amplitude V/I talasa AEPMS, su u signifikantnoj korelaciji sa pragom sluha na 500 Hz, 1 kHz i 2 kHz kod ispitanika sa senzornom nagluvošću nakon akustične traume. Oštećenje senzornih ćelija kohlee povezano je sa značajnim uvećanjem amplitude I i V talasa AEPMS.

Ključne riječi: Oštećenja sluha, buka, evocirani potencijali moždanog debla

ABSTRACT

Introduction: We have assessed the effects of the inner ear acoustic trauma on the amplitude of the first (I) and fifth (V) wave of the auditory brainstem evoked response (ABR). The aim was to estimate the diagnostic accuracy of the auditory brainstem evoked potentials amplitude in predicting the hearing threshold.

Material and Methods: The ABR and pure tone audiometric recording were taken from 132 patients exposed to acute acoustic trauma. The amplitude of the I and V ABR wave was recorded for 80 dB HL click stimulation. Test of multiple regression was performed to establish the best diagnostic combination of the I, V and V/I ABR amplitude ratio on the hearing threshold prediction at 500Hz, 1 kHz i 2 kHz frequencies.

Results and Discussion: The direct correlation was eminent between the hearing threshold and amplitude of the I wave ABR ($R=0.065$, $R=0.048$ i $R=0.01$, $p < 0.05$) for all of the tested frequencies. The amplitude of I and V wave of ABR significantly predicts hearing threshold in cochlear injury related to acoustic trauma ($r^2=0.057$, $p < 0.05$). Amplitude of the V wave was in reverse correlation to hearing threshold on all of the examined frequencies.

Conclusion: The amplitudes of the I and V ABR waves, and V/I ABR wave ratio were significantly correlated with hearing threshold at 500 Hz, 1 kHz i 2 kHz in patients with cochlear damage secondary to acoustic trauma. Inner ear injury results in significant increase of I wave amplitude, yet followed by the decrease in V wave ABR amplitude.

Key words: Hearing Loss, Noise-Induced, Auditory Brain Stem Evoked Potentials

UVOD

Upotreba tonalne liminarne audiometrije za objektivnu procjenu oštećenja kohlee akustičnom traumom nije pružila očekivanu dijagnostičku tačnost¹⁻³. Klinička opažanja su pokazala da su ljudi koji su bili izloženi jednakom intenzitetu akustične traume u gotovo identičnim okolnostima, često imali veoma različit stepen senzorne nagluposti. Veliki broj autora smatra da je narušavanje metaboličkih procesa u slušnim ćelijama najvažniji mehanizam oštećenja senzornih ćelija akustičnom traumom^{4, 5}. Gubitak sluha nakon akustične traume unutrašnjeg uha nije simetričan niti jednako raspoređen unutar frekventnog opsega koji uho može osjetiti⁵. Najveći gubitak sluha se događa u relativno uskom frekventnom rasponu od 4000 Hz, koji se zavisno od intenziteta i trajanja akustične stimulacije širi i na susjedne niže i više frekvencije. Smatra se da je taj region kohlee posebno osjetljiv na akustičnu stimulaciju^{6, 7}. Dvije grupe istraživača su na osnovi rezultata ispitivanja kohlearnog oštećenja auditivnim evociranim potencijalima i otoakustičnim emisijama zaključile da je u standardni set ispitivanja potrebno uvesti nove testove zasnovane na objektivnim elektroakustičnim mjerenjima aktivnosti kohlee⁷⁻⁹. Jedan od pogodnih testova predstavlja mjerenje latencije i amplitude AEPMS jer su zasnovani na objektivnoj procjeni funkcije senzornih ćelija kohlee i neurona slušnih puteva.

U ovom istraživanju smo analizirali efekte kohlearnog oštećenja koje je posljedica akustične traume unutrašnjeg uha na amplitudu I i V talasa auditivnih evociranih potencijala moždanog stabla (AEPMS). Cilj istraživanja je da ukaže na mogućnost objektivne dijagnoze kohlearnog oštećenja promjenama u dinamičkim parametrima AEPMS, kao i njihova korelacija sa pragom sluha. Kako bi ispitali postojanje i signifikantnost korelacije između praga sluha i amplitude AEPMS u istraživanje smo uključili ispitanike sa različitim stepenom kohlearnog oštećenja i senzorne nagluposti, koje se moglo povezati sa akustičnim oštećenjem unutrašnjeg uha.

METODE

Istraživanje je provedeno na grupi od 132 ispitanika koji su bili izloženi akutnoj akustičnoj

traumi detonacijama vatrenog oružja. Auditivni evocirani potencijali su registrovani za oba uha, ukupno 262 zapisa AEPMS. Ispitanici su pregledani u audiološkom kabinetu Klinike za otorinolaringologiju Kliničkog centra u Banjoj Luci. Kriterijum isključenja iz istraživanja bila su prethodna oboljenja unutrašnjeg ili srednjeg uha kako bi se izbjegao uticaj drugih faktora na sluh. Tonalni audiogram je registrovan kliničkim audiometrom Danplex u tihom komori. Na osnovu srednje vrijednosti praga sluha (Pure Tone Average, PTA) na četiri frekvencije i to: 500 Hz, 1 kHz, 2 kHz, i 4 kHz ispitanike smo svrstali u grupe prema stepenu senzorne nagluposti kako bi kontrolisali uticaj praga sluha na amplitudu AEPMS. Prosječna vrijednost praga sluha 21-40 dB HL odgovara lakoj nagluposti, prag sluha u rasponu 41- 60 dB HL odgovara umjerenoj nagluposti i prosječan prag sluha niži od 61 dB HL odgovara teškoj nagluposti.

Auditivne evocirane potencijale smo registrovali stimulacijom klikom intenziteta 80 dB HL. Mjerali smo amplitudu prvog (I), i petog talasa (V) kao raspon od tačke maksimalne pozitivne polarnosti talasa do tačke najniže ili negativne polarnosti. Apsolutna vrijednost amplitude I i V talasa izražena je u mikrovoltima (μ V). Svakom ispitaniku smo izračunali odnos amplitude V i I talasa (V/I). Relativan odnos amplitude V i I talasa AEPMS izražen je apsolutnim brojem. Mjerenja smo uradili na instrumentu Hortmann.

Statistička obrada

Testovima deskriptivne statistike smo izračunali i uporedili srednje vrijednosti amplitude I i V talasa AEPMS u grupama ispitanika sa različitim stepenom senzorne nagluposti. Testovima linearne regresije i **multiple regresije analizirali smo povezanost između amplitude auditivnih evociranih potencijala, i praga sluha na 500 Hz, 1 kHz, i 2 kHz**. Stepem povezanosti ispitivanih parametara odredili **smo izračunavanjem Pirsonovog koeficijenta korelacije (R)**. Na osnovu Pirsonovog koeficijenta korelacije amplitude I i V talasa AEPMS i praga sluha, kao i kvadrata koeficijenta korelacije (r^2) utvrdili smo vjerovatnoću kojom se na osnovu amplitude AEPMS može procijeniti vrijednost praga sluha. Statistički proračun i grafički prikaz odnosa ispitivanih varijabli uradili smo programom SPSS za Windows na personalnom računaru.

REZULTATI

Srednje vrijednosti amplitude prvog (I), i petog talasa (V) AEPMS, kao i vrijednosti relativne amplitude (V/I) talasa u odnosu na stepen senzorne nagluposti prikazane su u tabeli 1.

Tabela 1. Amplitude I i V talasa AEPMS
Table 1. AEMPS I and V wave amplitudes

Prag sluha (PTA) *	Amplituda AEPMS (stimulacija klikom 80 dB HL)			Broj ispitanika
	I talas	V talas	V / I talas †	
21 - 40 dB HL	136.7	209.6	1.93	163
41 - 60 dB HL	146.3	216.1	1.58	78
61 - 80 dB HL	116.2	161.6	1.45	21

* Srednja vrijednost praga sluha - PTA

† Srednja vrijednost amplitude I do V talasa AEPMS

Najnižu prosječnu vrijednost amplitude I talasa AEPMS izmjerili smo kod ispitanika sa lakom senzornom naglupošću (136.7 μ V). Utvrdili smo da se amplituda I talasa uvećavala kod ispitanika srazmjerno sniženju prosječnih vrijednosti praga sluha do nivoa od 60 dB HL (146.7 μ V). Međutim, u grupi ispitanika sa visokim stepenom senzorne nagluposti (PTA >60 dB HL) utvrdili smo značajno sniženje vrijednosti amplitude I talasa.

Tabela 2. Korelacija amplitude I i V talasa AEPMS i praga sluha

Table 2. Correlation of amplitudes of I and V waves of AEMPS and hearing threshold

	Pirsonov koeficijent korelacije praga sluha i amplitude AEPMS								
	I talas - amplituda			V talas - amplituda			V/I talas - amplituda		
Statistika	HL 500*	HL 1000	HL 2000	HL 500	HL 1000	HL 2000	HL 500	HL 1000	HL 2000
R †	0.065	0.048	0.010	-0.018	-0.044	-0.034	-0.044	-0.047	-0.027
ANOVA	2.74 (P= .018)			2.39 (P= .039)			0.65 (P= .066)		

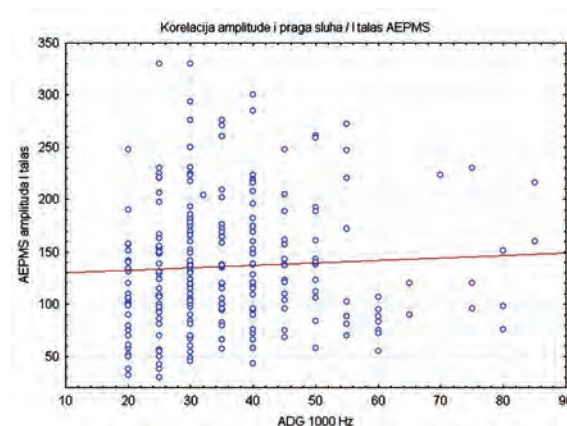
* HL vrijednost praga sluha u dB

† Pearsonov koeficijent korelacije

Utvrdili smo direktnu korelaciju između praga sluha i amplitude I talasa AEPMS ($R=0.065$, $R=0.048$ i $R=0.01$, $P<.05$) za sve tri ispitane frekvencije. Regresiona kriva korelacije praga sluha i amplitude I talasa AEPMS prikazana je na slici 1. Značajna je direktna i pozitivna linearna korelacija amplitude I talasa AEPMS i praga sluha. Amplitude V talasa su statistički značajno korelirale sa pragom sluha ali u obrnuto srazmjernom odnosu ($R=-0.018$, $R=-0.044$ i $R=0.034$, $P<.05$). Na slici 2 obrnuto srazmjernan odnos amplitude V talasa i praga sluha na 1 kHz prikazan je descendentnom regresijskom krivuljom korelacije.

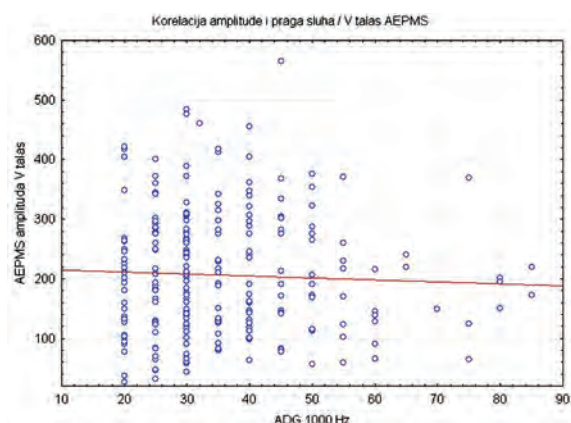
Amplitude V talasa AEPMS imale su u pravilu višu vrijednost u odnosu na I talas. Utvrdili smo trend povećanja amplitude V talasa srazmjerno sniženju praga sluha kod ispitanika čiji je prag sluha bio u rasponu od 21 do 60 dB HL, odnosno odgovarao lakoj i srednje teškoj formi senzorne nagluposti. Kod ispitanika čiji je prosječan prag sluha bio niži od 61 dB (teška senzorna naglupost), bio je prisutan trend sniženja amplitude V talasa. Odnos amplitude V i I talasa izračunat za svakog ispitanika pojedinačno ima za cilj da smanji individualnu varijabilnost amplitude I i V talasa AEPMS. Utvrdili smo da su ispitanici sa sniženim pragom sluha imali srazmjerno niže vrijednosti V/I amplitude. Najvišu vrijednost relativnog odnosa amplitude V/I talasa imali su ispitanici sa lakom senzornom nagluposti (1.95; $SD=0.53$), dok smo kod ispitanika sa srednje teškom i teškom senzornom nagluposti utvrdili amplitude V/I talasa od 1.58; $SD=0.66$.

Primjenom linearne regresije i multiple regresije analizirali smo korelaciju između amplitude I i V talasa AEPMS i praga sluha na niskim i srednjim frekvencijama: 500 Hz, 1 kHz, i 2 kHz. Vrijednosti Pirsonovog koeficijenta korelacije (R) i statistička značajnost modela korelacije prikazani su u tabeli 2.



Slika 1. Regresiona kriva korelacije amplitude I talasa AEPMS i praga sluha 1000 Hz

Figure 1. Regression curve of amplitudes of AEMPS I wave and hearing threshold on 1000 Hz



Slika 2. Regresiona kriva korelacije amplitude V talasa AEPMS i praga sluha 1000 Hz

Figure 2. Regression curve of amplitudes of AEMPS V wave and hearing threshold on 1000 Hz

Odnos amplitude V i I talasa AEPMS nije značajno korelirao sa vrijednostima praga sluha ($R=0.044$, $R=0.027$, $P>.05$). Značajno je istaći da smo kod ispitanika sa visokom senzornom nagluvošću ($PTA>61$ dB) izmjerili značajno niže vrijednosti amplitude I i V talasa u odnosu na ispitanike sa lakim i srednjim stepenom senzorne nagluivosti ($PTA<61$ dB).

DISKUSIJA

Testovi multiple regresije su primijenjeni da bi se odredila najbolja dijagnostička kombinacija amplitude I i V talasa i relativnog odnosa V/I talasa AEPMS u procjeni praga sluha na frekvencijama: 500Hz, 1 kHz i 2 kHz, odnosno stepena kohlearnog oštećenja nakon akustične traume. Rezultati istraživanja pokazuju da postoji signifikantna direktna korelacija praga sluha i amplitude I talasa AEPMS ukoliko prosječna vrijednost praga sluha nije veća od 60 dB.

Primijenjeni model prikazao je da vrijednosti amplitude I talasa AEPMS signifikantno predviđaju vrijednosti praga sluha na svim ispitanim frekvencijama. Prema tome na osnovu amplitude AEPMS može se procijeniti veličina i trend promjene praga sluha kod kohlearnog oštećenja akustičnom traumom ($r^2=0.057$, $P<.05$). Vrijednosti amplitude V talasa su bile obrnuto srazmjerne pragu sluha na sve tri ispitane frekvencije. Prisustvo signifikantne korelacije između amplitude V talasa i praga sluha ($r^2=0.035$, $P<.05$) prikazano je opadajućom formom na grafikonu linerane regresije. Kombinacija amplitude I talasa (direktna linearna korelacija) i amplitude V talasa (obrnuto srazmjerna linearna korelacija) i odnosa V/I talasa (obrnuto sraz-

mjerna linearna korelacija) AEPMS, signifikantno predviđa vrijednost praga sluha kod ispitanika sa akustičnim oštećenjem kohlee. Utvrdili smo najviši stepen korelacije između amplituda I talasa AEPMS i praga sluha na 500 kHz ($r=0.065$), dok je korelacije sa pragom na 1 kHz i 2 kHz bila signifikantna ali sa nižim stepenom povezanosti ($r=0.048$ i $r=0.01$).

U istraživanjima dinamičkih vrijednosti AEPMS iznijeta je hipoteza da uvećanje amplitude I talasa AEPMS odgovara objektivnom ispoljavanju rekrutmana koji je karakterističan za kohlearno oštećenje⁴⁻⁶. Budući da je rekrutman povezan sa oštećenjem senzornih ćelija u kohlei, autori sugerišu da kada rekrutman u kliničkim testovima izostane, akustična trauma ne može biti etiološki činiac senzornog oštećenja unutrašnjeg uha^{7,8}.

ZAKLJUČAK

Vrijednosti amplitude I talasa, V talasa i odnosa amplitude V/I talasa AEPMS, su u signifikantnoj korelaciji sa pragom sluha na 500 Hz, 1 kHz i 2 kHz kod ispitanika sa senzornom nagluvošću nakon akustične traume. Oštećenje senzornih ćelija kohlee povezano je sa značajnim uvećanjem amplitude I i V talasa AEPMS ukoliko prosječna vrijednost praga sluha nije niža od 60 dB HL.

LITERATURA

- Mrena R, Savolainen S, Pirvola U, Ylikoski J. Characteristics of acute acoustical trauma in the Finnish Defence Forces. *Int J Audiol* 2004; 43(3):177-181.
- Plontke SK, Dietz K, Pfeffer C, Zenner HP. The incidence of acoustic trauma due to New Year's firecrackers. *Eur Arch Otorhinolaryngol* 2002; 259(5): 247-252.
- Van der Reijden CS, Mens LH, Snik AF. Frequency-specific objective audiometry: tone-evoked brainstem responses and steady-state responses to 40 Hz and 90 Hz amplitude modulated stimuli. *Int J Audiol* 2006; 45(1): 40-45.
- Lusk L. Noise exposures. Effects on hearing and prevention of noise induced hearing loss. *J American Acad Otolaryngol Head Neck Surg* 1997; 45(8): 397-408.
- Perez R, Gatt N, Cohen D. Audiometric Configurations Following Exposure to explosions. *Arch.Otolaryngol Head Neck Surg* 2000; 126: 1249-1252.
- James ML, Husain AM. Brainstem auditory evoked potential monitoring: when is change in wave V significant? *Neurology* 2005; 65(10): 1551-1555.
- Nousak JK, Stapells DR. Auditory brainstem and middle latency responses to 1 khz tones in noise-masked normally-hearing and sensorineurally hearing-impaired adults. *Int J Audiol* 2005; 44(6): 331-344.
- LePage EL, Murray NM. Latent cochlear damage in personal stereo users: a study based on click-evoked otoacoustic emissions. *Med J Aust* 1998; 169(11-12): 588-592
- Pawlaczyk-Luszczynska M, Dudarewicz A, Bak M, Fiszer M, Kotylo P, Sliwinska-Kowalska M. Temporary changes in hearing after exposure to shooting noise. *Int J Occup Med Environ Health*. 2004; 17(2): 285-293

Rad primljen: 12. 6. 2007.

Rad prihvaćen: 14. 10. 2007.