

Krzysztof Kochanek^{1,2}, Henryk Skarżyński¹, Adam Pilka¹,
Ewa Orkan-Łęcka²

¹ Instytut Fizjologii i Patologii Słuchu, Warszawa

² Katedra i Klinika Otolaryngologii, Akademia Medyczna, Warszawa

Ocena progu słyszenia dla 500 Hz za pomocą słuchowych potencjałów wywołanych pnia mózgu w resztkach słuchowych i częściowej głuchocie

The evaluation of auditory threshold on 500 Hz using auditory brainstem
responses in residual hearing loss and partial deafness

Słowa kluczowe: słuchowe potencjały wywołane pnia mózgu, krótkie tony, próg słyszenia, resztki słuchowe.

Key words: auditory brainstem responses, tone-pip, auditory threshold, residual hearing loss.

Streszczenie

W obiektywnych badaniach progu słyszenia powszechnie stosowane są słuchowe potencjały wywołane - ABR. W badaniach tych stosuje się najczęściej trzask oraz krótkie tony, których parametry czasowe są wynikiem pewnego kompromisu pomiędzy wymaganiem osiągnięcia wysokiego stopnia synchronizacji odpowiedzi pojedynczych włókien nerwu słuchowego a koniecznością uzyskania odpowiedniej specyficzności częstotliwościowej odpowiedzi. Wiadomo, że stopień synchronizacji odpowiedzi pojedynczych włókien maleje wraz ze zmniejszaniem się częstotliwości oraz zwiększaniem się czasu narastania krótkiego tonu i dlatego największą trudność w badaniach ABR sprawiają badania progowe dla 500 Hz. W związku z coraz większą potrzebą obiektywnej oceny zachowania słuchu w rejonie niskich częstotliwości u osób z resztkami słuchowymi i częściową głuchotą kwalifikowanych do zabiegu wszczepienia implantu ślimakowego w niniejszej pracy wykonano badania progowe ABR w tego typu ubytkach słuchu. Przeprowadzone badania wykazały, że w częściowej głuchocie różnice pomiędzy progiem fali V a progiem audiometrycznym są znacznie większe niż w resztkach słuchowych i w uszach normalnie słyszających.

Summary

Auditory brainstem responses (ABR) are commonly used in objective evaluation of hearing threshold. Click and tone-pip stimuli are more frequently used for the tests. The parameters of the tone-pip are selected as a result of a compromise between the requirement of high synchrony of responses from individual auditory nerve fibers and the demand for an adequate frequency specificity of the response. It is known, however, that the level of synchrony of a single fiber diminishes with the decrease of stimulus frequency and the increase of the tone-pip onset time. Consequently, examination of hearing threshold at 500 Hz by means of ABR creates most difficult problems. There is an increasing need for assessment of hearing preserved in the low frequency region in persons with residual hearing loss and in partial deafness patients qualified to cochlear implantation. Taking into account this requirement, the authors have carried out the examinations of low-frequency ABR threshold. The research results, presented in this paper, have shown that in partial deafness the differences between the wave V threshold and pure-tone audiometric threshold are much greater than those observed in residual hearing loss and normal hearing subjects.

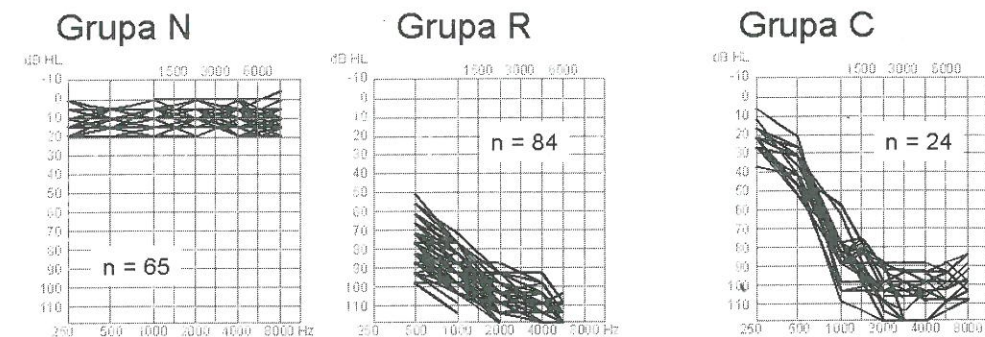
I. WPROWADZENIE

W obiektywnych badaniach progu słyszenia z zastosowaniem słuchowych potencjałów wywołanych pnia mózgu – ABR, wykorzystywany jest powszechnie bodziec typu „trzask” oraz coraz częściej krótkie tony o obwiedniach nieliniowych [Kochanek i (in.) 2001 a; b; Orkan-Łęcka i (in.) 2001; Stapells 1997; Stapells 2000]. Parametry czasowe krótkich tonów, a głównie czasy narastania i opadania, są wynikiem pewnego kompromisu pomiędzy koniecznością osiągnięcia wysokiego stopnia synchronizacji odpowiedzi z pojedynczych włókien nerwu słuchowego oraz potrzebą uzyskania wysokiej specyficzności częstotliwościowej odpowiedzi [Antonelli 1984; Stapells 2000]. Wiadomo, że stopień synchronizacji odpowiedzi z pojedynczych włókien nerwu słuchowego, maleje wraz ze zmniejszaniem częstotliwości [Anderson i (in.) 1971] oraz zwiększaniem czasu narastania krótkiego tonu [Beattie 1984; Hecox 1983; Gorga 1984]. Z tego powodu największą trudność w badaniach ABR sprawiają badania progowe dla 500 Hz. Ponieważ wraz ze wzrostem wielkości ubytku ślimakowego zmniejsza się liczba aktywnych komórek zmysłowych w ślimaku, a tym samym włókien nerwu słuchowego rejestracja słabo zsynchronizowanych odpowiedzi ABR dla częstotliwości 500 Hz stanowi w praktyce duży problem. Innym istotnym problemem progowych badań ABR dla 500 Hz jest również ograniczenie maksymalnych poziomów stymulacji, co w praktyce oznacza możliwość szacowania ubytków słuchu nie większych niż 95 dB HL.

W związku z coraz większą potrzebą obiektywnej oceny zachowania słuchu w rejonie niskich częstotliwości u osób z resztkami słuchowymi i częściową głuchotą, kwalifikowanych do zabiegu wszczęcia implantu ślimakowego w niniejszej pracy podjęto badania, których celem jest ocena możliwości wykonania wiarygodnego badania progowego dla częstotliwości 500 Hz w tego typu ubytkach słuchu.

II. MATERIAŁ I METODA

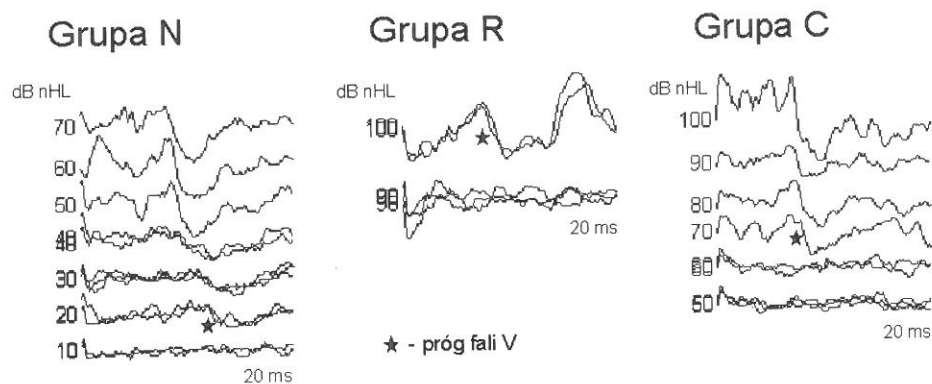
Badania wykonano w trzech grupach osób: grupa N – 65 osób o słuchu normalnym, grupa R – 84 osoby z ubytkami ślimakowymi typu resztki słuchowe, grupa C – 24 osoby z ubytkami ślimakowymi, których audiogramy charakteryzowały się dużymi spadkami pomiędzy częstotliwościami 250 i 1000 Hz oraz dużym ubytkiem słuchu dla wyższych częstotliwości (tzw. częściowa głuchota). Na rys. 1 przedstawiono indywidualne audiogramy w poszczególnych grupach osób.



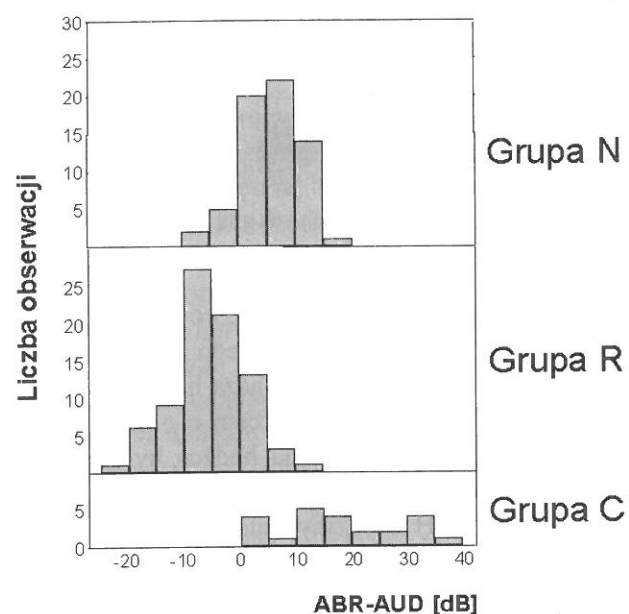
Rys. 1. Indywidualne audiogramy w poszczególnych grupach osób. Grupa N – osoby o słuchu normalnym, grupa R – osoby z resztkami słuchowymi, grupa C – osoby z częściową głuchotą

Odpowiedzi ABR rejestrowano jednokanałowo za pomocą systemu „Eptest” z zastosowaniem procedury szeregu natężeniowego ze skokiem 10 i 5 dB z czasem analizy wynoszącym 20 ms. Pasma wzmacniacza biologicznego wynosiło od 200 do 2000 Hz. Odpowiedzi wywoływano bodźcem o obwiedni Gaussa o częstotliwości 500 Hz. Czasy narastania i opadania bodźca były takie same i wynosiły 1 okres (2 ms). Bodźce prezentowano z częstością 31/s, stosując standardowo słuchawki audiometryczne TDH 49 firmy Telephonics, które zapewniały stymulację z poziomami do 100 dB nHL. W przypadkach osób z resztkami słuchowymi, u których nie uzyskano odpowiedzi dla 100 dB nHL, dodatkowo wykonywano rejestrację odpowiedzi dla intensywności 105 i 110 dB nHL, stosując słuchawki audiometryczne typu „insert” firmy Madsen. W zarejestrowanych odpowiedziach oznaczono próg fali V. W analizie statystycznej wyników stosowano test t dla prób niezależnych z poziomem istotności $p < 0,05$.

Na rys. 2 przedstawiono przykłady rejestracji odpowiedzi ABR w poszczególnych grupach osób. U osoby o słuchu normalnym próg słyszenia wyznaczony w badaniu audiometrycznym wynosił 10 dB HL, natomiast próg fali V był wyższy o 10 dB i wynosił 20 dB nHL. U osoby z resztkami słuchowymi próg słyszenia wynosił – 100 dB HL i tyle samo wynosił próg fali V. U osoby z częściową głuchotą próg słyszenia wynosił 50 dB HL, natomiast próg fali V był większy o 20 dB i wynosił 70 dB nHL.



Rys. 2. Przykłady rejestracji odpowiedzi ABR dla 500 Hz w poszczególnych grupach osób



Rys. 3. Histogramy różnic pomiędzy progiem fali V i progiem audiometrycznym dla 500 Hz w poszczególnych grupach osób

Na rys. 3 przedstawiono histogramy różnic pomiędzy progiem fali V i progiem audiometrycznym w poszczególnych grupach osób. Zakres różnic w grupie osób o słuchu normalnym wynosił od -10 do 15 dB, w grupie osób z resztkami słuchowymi od -20 do 15 dB, natomiast w grupie osób z częściową głuchotą od 0 do 40 dB. W przeciwieństwie do pozostałych dwu grup osób w grupie osób z częściową głuchotą w żadnym przypadku próg fali V nie był zatem mniejszy od progu audiometrycznego.

Tab. 1. Wartości średnie oraz odchylenie standardowe progu fali V (ABR) i progu audiometrycznego (AUD) oraz różnic pomiędzy nimi w poszczególnych grupach osób

		Wartość średnia	Odchylenie standardowe
Grupa N	ABR	13,9	5,8
	AUD	9,5	3,9
	ABR-AUD	3,4	5,3
Grupa R	ABR	86,3	7,4
	AUD	94,1	7,7
	ABR-AUD	-7,8	6,7
Grupa C	ABR	51,3	13,6
	AUD	35,7	8,4
	ABR-AUD	15,7	11,0

W tab. I przedstawiono wartości średnie oraz odchylenie standardowe progu fali V (ABR) i progu audiometrycznego (AUD) oraz różnic pomiędzy progami ABR – AUD w poszczególnych grupach osób. W grupie osób o słuchu normalnym i w grupie osób z resztkami słuchowymi różnice pomiędzy progami fali V i progami audiometrycznymi nie były istotne statystycznie. Natomiast w grupie osób z częściową głuchotą różnice te były istotne statystycznie.

III. DYSKUSJA

W pracach Kochanek i współautorów [2001 a; 2001 b; 2002] wykazano, że progowe odpowiedzi ABR dla bodźca o częstotliwości 500 Hz o obwodni Gaussa i czasie narastania wynoszącym 1 cykl w grupach osób o słuchu normalnym oraz z ubytkami ślimakowymi o kształtach audiogramów: płaskich, opadających i wznoszących są skorelowane w bardzo wysokim stopniu z progiem słyszenia wyznaczonym w badaniu audiometrycznym, co oznacza, iż odpowiedzi progowe są specyficzne częstotliwościowo. Przy tak dużym materiale klinicznym, na jakim wykonano tę pracę, mogły nie ujawnić się cechy odpowiedzi progowych specyficznych ubytków słuchu, jakimi są niewątpliwie resztki słuchowe i częściowa głuchota. Dlatego w niniejszej pracy podjęto badania, których celem była ocena różnic pomiędzy progami audiometrycznymi i progami fali V w tych grupach osób. Dla porównania badaniami objęto również grupę osób o słuchu prawidłowym.

Analiza histogramów różnic pomiędzy progami fali V i progami audiometrycznymi (rys. 3) wykazała dość istotne różnice w poszczególnych grupach osób. W grupie osób o słuchu normalnym większość różnic, zgodnie z wynikami innych prac z tego zakresu, była dodatnia, przy czym średnia wartość różnicy była nieistotna statystycznie. W grupie osób z resztkami słuchowymi występowały różnice zarówno dodatnie, jak i ujemne, chociaż można stwierdzić przewagę liczbę różnic

ujemnych. Natomiast w grupie osób z resztkami słuchowymi w każdym przypadku wartości progu fali V były wyższe od progu audiometrycznego, co oznacza, że progi odpowiedzi ABR zawyżają faktyczną wielkość ubytku słuchu.

Częściowa głuchota jest szczególnym rodzajem niedosłuchu, w którym występuje duży spadek czułości słuchu w rejonie częstotliwości 250-1000 Hz oraz praktycznie wyeliminowana jest aktywność zakrętu podstawnego w ślimaku. Z punktu widzenia specyficzności częstotliwościowej odpowiedzi progowych ABR dla częstotliwości 500 Hz brak aktywności zakrętu podstawnego ma korzystne znaczenie [Kochanek 2002]. Natomiast duża stromość ubytku w zakresie częstotliwości 250-1000 Hz powoduje, że bodziec o częstotliwości 500 Hz, którego widmo mocy jest dość szerokie ze względu na niewielkie wartości czasu narastania i opadania, pobudza jednocześnie rejon szczytowy ślimaka, gdzie czułość słuchu jest dobra, oraz rejon 1000 Hz i ewentualnie wyższych częstotliwości, gdzie ubytek słuchu jest bardzo duży. Przy jednoczesnym pobudzaniu różnych rejonów ślimaka o znacznie różniące się czułości słuchu, o cechach odpowiedzi decyduje wypadkowa różnych czynników, a przede wszystkim różnice w stopniu synchronizacji odpowiedzi w pojedynczych włóknach nerwu słuchowego. Ponieważ stopień synchronizacji maleje wraz ze spadkiem częstotliwości, można się spodziewać, że przy szerokim pobudzeniu błony podstawnej i dużym spadku czułości słuchu o cechach odpowiedzi będzie w dużym stopniu decydowała aktywność ślimaka dla częstotliwości wyższych od częstotliwości nominalnej bodźca. Pobudzenie ślimaka w rejonie 250 Hz, z uwagi na niski stopień synchronizacji odpowiedzi z pojedynczych włókien nerwu słuchowego, nie będzie miało zatem istotnego znaczenia w całej odpowiedzi. Odpowiedź ABR jest prawdopodobnie wynikiem sumowania odpowiedzi pochodzących z zakresu częstotliwości od 500 do 1000 Hz. W tej sytuacji nie dziwi fakt, że u wszystkich osób z częściową głuchotą progi fali V były wyższe od progu audiometrycznego. Podobne obserwacje poczynili Laukli [1988] oraz Stapells [1997]. Jeżeli spadki czułości słuchu są mniejsze, to – jak to wykazano w pracy Kochanka [2001 a], specyficzność częstotliwościowa odpowiedzi jest wysoka, dlatego różnice pomiędzy progiem fali V i progiem audiometrycznym są mniejsze. Dlatego w grupie osób z resztkami słuchowymi średnie różnice były mniejsze i nieistotne statystycznie (tab. I).

W świetle otrzymanych wyników można stwierdzić, że szacowanie progu słyszenia na podstawie obecności fali V u osób z resztkami słuchowymi jest możliwe z błędem nie większym niż w grupie normy (zblione wartości odchylenia standardowego), natomiast u osób z częściową głuchotą błąd szacowania progu słyszenia jest dwukrotnie wyższy niż w pozostałych dwu grupach osób.

W celu poprawy specyficzności częstotliwościowej odpowiedzi w grupie osób z częściową głuchotą można podjąć próbę zastosowania bodźców o węższym widmie mocy lub rozważać alternatywnie zastosowanie w tych przypadkach słuchowych potencjałów wywołanych typu stan ustalony – ASSR [Cone-Wesson 2002].

Na podstawie uzyskanych wyników sformułowano następujące wnioski:

1. W grupie osób z resztkami słuchowymi odpowiedzi ABR dla krótkiego tonu umożliwiają wiarygodne szacowanie progu słyszenia dla częstotliwości 500 Hz.
2. W grupie osób z częściową głuchotą próg fali V zawyża faktyczną wielkość ubytku słuchu dla częstotliwości 500 Hz.

Bibliografia

- Anderson D. J., Rose J. E., Hind J. E., Brugge J. F. [1971]. Temporal position of discharges in single auditory nerve fibers within the cycle of a sine-wave stimulus. Frequency and intensity effects. „Journal of the Acoustical Society of America” 49, 1131-1139.
- Antonelli A., Grandori F. [1984]. Some aspects of the auditory nerve responses evoked by tone bursts. „British Journal of Audiology” 18, 117-126.
- Beattie R. C., Moretti M., Warren V. [1984]. Effects of rise-fall time, frequency, and intensity on the early/middle evoked response. „Journal of Speech and Hearing Disorders” 49, 114-127.
- Cone-Wesson B., Dowell R. C., Tomlin D., Rance G., Jia Ming W. [2002]. The auditory steady-state response: comparison with the auditory brainstem response. „Journal of the American Academy of Audiology” 13, 173-187.
- Gorga M., Beauchaine K. A., Reiland J., Worthington D., Javel E. [1984]. Effects of stimulus duration on ABR thresholds and on behavioral thresholds. „Journal of the Acoustical Society of America” 76, 616-619.
- Hecox K., Deegan D. [1983]. Rise-fall time effects on the brainstem auditory evoked response. Mechanisms. „Journal of the Acoustical Society of America” 73, 2109-2116.
- Kochanek K., Skarżyński H., Janczewski G., Grzanka A., Piłka A. [2001 a]. Specyficzność częstotliwościowa słuchowych potencjałów pnia mózgu wywoływanych impulsem tonu o obwiedni Gaussa o częstotliwości 500 Hz. I. Uszy normalnie słyszące. „Audiofonologia” 20, 113-124.
- Kochanek K., Skarżyński H., Janczewski G., Grzanka A., Piłka A. [2001 b]. Specyficzność częstotliwościowa słuchowych potencjałów pnia mózgu wywoływanych impulsem tonu o obwiedni Gaussa o częstotliwości 500 Hz. II. Ubytki słuchu typu ślimakowego. „Audiofonologia” 20, 113-124.
- Kochanek K., Skarżyński H., Janczewski G., Ogonowska G., Orkan-Łęcka E., Piłka A. [2002 a]. Wpływ ubytku w zakresie wysokich częstotliwości na słuchowe potencjały wywołane pnia mózgu dla częstotliwości 500 Hz. „Audiofonologia” 22, 85-91.
- Kochanek K., Skarżyński H., Janczewski G., Dobrzyński P., Piłka A. [2002 b]. Frequency-specificity of auditory brainstem responses elicited by 500 Hz tone-pip with gaussian envelope in normal hearing and sensorineural hearing loss. Oto-Rhino-Laryngology. „Proceedings of the XVII World Congress of the International Federation of Oto-Rhino-Laryngological Societies (IFOS)”, Ed. by R. J. Ruben, A. G. Zohny. International Congress Series, Elsevier, 1240 C, 257-261.

- Orkan-Łęcka E., Kochanek K., Janczewski G., Piłka A. [2002]. Wpływ szerokości widma krótkiego tonu na parametry słuchowych potencjałów wywołanych pnia mózgu. „Audiofonologia” 22, 93-101.
- Laukli E., Fiermedal O., Mair I. W. S. [1988]. Low-frequency auditory brainstem response threshold. „Scandinavian Audiology” 17, 171-178.
- Stapells D. R., Oates P. [1997]. Estimation of the pure-tone audiogram by the auditory brainstem response. A review. „Audiology & Neuro-Otology” 2, 5, 257-280.
- Stapells D. R. [1994]. Low-frequency hearing and auditory brainstem response. „American Journal of Audiology” 3, 11-13.
- Stapells D. R. [2000]. Threshold estimation by tone-evoked auditory brainstem response: A literature meta-analysis. „Journal of Speech-Language Pathology and Audiology” 224, 74-83.

Adres do korespondencji:

Krzysztof Kochanek
ul. Saska 48 a m 35
03-914 Warszawa
a-mail: k.kochanek@ichs.pl