

Krzysztof Kochanek^{1, 2}, Henryk Skarżyński¹, Grzegorz Janczewski²,
Grażyna Ogonowska³, Ewa Orkan-Łęcka², Adam Piłka^{1, 2}

¹ Instytut Fizjologii i Patologii Słuchu, Warszawa

² Akademia Medyczna, Warszawa

³ Oddział Laryngologiczny SPZZOZ, Staszów

Wpływ ubytku słuchu w zakresie wysokich częstotliwości na słuchowe potencjały wywołane pnia mózgu dla częstotliwości 500 Hz

Effect of high-frequency hearing loss on auditory brainstem responses
at 500 Hz tone pip

Słowa kluczowe: słuchowe potencjały wywołane pnia mózgu, krótkie tony, ubytek wysokoczęstotliwościowy.

Key words: auditory brainstem responses, tone pip, high-frequency hearing loss.

Streszczenie

Powszechnie wiadomo, że słuchowe potencjały wywołane pnia mózgu (ABR) zaliczane są do odpowiedzi typu „onset”, a więc powstających w fazie włączania bodźca. Ta cecha odpowiedzi pniowych oraz właściwości fali wędrownej ślimaka powodują ograniczenia specyficzności częstotliwościowej odpowiedzi ABR dla krótkich tonów o niskich częstotliwościach. W celu oceny wpływu ubytku wysokoczęstotliwościowego na specyficzność częstotliwościową odpowiedzi ABR dla krótkiego tonu o częstotliwości 500 Hz wykonano badania w grupie osób o słuchu normalnym oraz w grupie osób z wysokoczęstotliwościowym ubytkiem słuchu. Odpowiedzi rejestrowano procedurą szeregu natężeniowego dla bodźca o obwiedni Gaussa. Czas narastania i opadania bodźca wynosił 1 okres. Porównanie wykresów funkcji: latencja – natężenie w obu grupach osób wykazało, że w zakresie intensywności do 70 dB nHL różnice pomiędzy średnimi latencjami są nieistotne statystycznie. Dla intensywności 80 dB nHL średnie wartości latencji fali V były istotnie dłuższe w grupie osób z ubytkami słuchu. W obu grupach osób uzyskano zbliżone wartości różnic pomiędzy progami fali V i progiem audiometrycznym dla częstotliwości 500 Hz. Uzyskane wyniki wykazały, że

odpowiedzi pnia mózgu dla krótkiego tonu o obwiedni Gaussa o częstotliwości 500 Hz są specyficzne częstotliwościowo w uszach normalnie słyszących w zakresie intensywności poniżej 80 dB nHL.

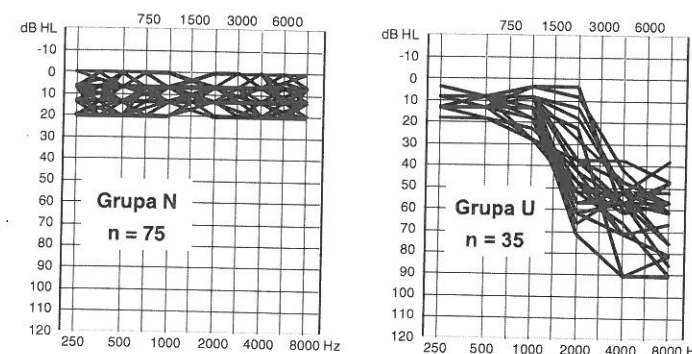
Summary

It is commonly known that auditory brainstem responses (ABR) belong to the „onset” type of responses, i.e. are excited in the onset phase of the stimulus. Due to the onset character of evoked brainstem responses, and because of the characteristics of the traveling wave in the cochlea, frequency specificity of ABRs for short low-frequency tone pips is limited. In order to assess the impact of high frequency hearing deficit on frequency specificity of the ABRs elicited by a short 500 Hz tone pip, one carried out examinations in a group of subjects of normal hearing and in a group with high frequency hearing loss. The responses were registered applying the intensity series procedure. The stimulus of Gaussian envelope had a rise-time of one cycle of the tone frequency. The comparison of the latency – intensity functions showed that the differences between latencies in both groups were statistically insignificant up to stimulus intensity of 70 dB nHL. At stimulus intensity of 80 dB nHL, average latency of the V wave was significantly longer in the hearing impaired group. In both groups, one observed similar differences between the V wave threshold and the audiometric threshold at 500 Hz. Obtained results proved that auditory brainstem responses elicited by a 500Hz tone pip of Gaussian envelope are frequency specific in the range of stimulus intensity above 80 dB nHL.

Powszechnie wiadomo, że słuchowe potencjały wywołane pnia mózgu (ABR) zaliczane są do odpowiedzi typu „onset”, a więc powstających w fazie włączania bodźca. Ta cecha odpowiedzi pnia mózgu oraz fakt, że fala wędrowna wywołana pobudzeniem o niskiej częstotliwości zawsze przechodzi przez zakręt podstawny, powodują, iż specyficzność częstotliwościowa odpowiedzi pnia mózgu dla krótkich tonów o niskich częstotliwościach może być ograniczona. W pracy Kochanka [2000] wykazano, że progowe odpowiedzi ABR dla bodźca o częstotliwości 500 Hz o obwiedni 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, że odpowiedzi progowe są specyficzne częstotliwościowo.

Niewątpliwie z punktu widzenia specyficzności częstotliwościowej odpowiedzi ABR dla częstotliwości 500 Hz w różnego rodzaju ubytkach słuchu najmniej korzystna sytuacja występuje w wysokoczęstotliwościowych ubytkach słuchu. Znaczne ograniczenie populacji komórek zmysłowych w zakręcie podstawnym, które ma znaczenie dla mechaniki ślimaka [Davis 1993; Nelly 1993; Ruggero 1994], może mieć również znaczenie dla specyficzności częstotliwościowej odpowiedzi dla bodźców o niskich częstotliwościach. Jeżeli założenie to jest słuszne, można się spodziewać, że w porównaniu z odpowiedziami osób o słuchu normalnym odpowiedzi osób z wysokoczęstotliwościowym ubytkiem słuchu powinny się charakteryzować wyższym progiem fali V oraz dłuższą latencją. Sprawdzenie tej hipotezy jest zasadniczym celem niniejszej pracy.

I. MATERIAŁ I METODA

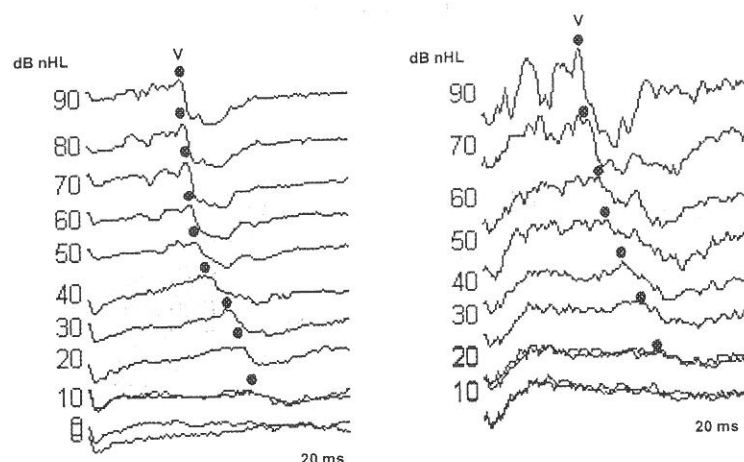


Rys. 1. Indywidualne audiogramy osób z prawidłowym słuchem oraz z ubytkami słuchu typu wysokoczęstotliwościowego

Badania wykonano w grupie osób o słuchu normalnym – grupa N (n = 75) oraz w grupie 35 osób z wysokoczęstotliwościowym ubytkiem słuchu – grupa U (rys. 1). Odpowiedzi rejestrowano za pomocą systemu „Eptest” z zastosowaniem procedury szeregu natężeniowego dla bodźca o obwiedni Gaussa o częstotliwości 500 Hz z czasem analizy 20 ms. Czas narastania i opadania bodźca wynosił 1 okres. Bodźce prezentowano z częstością powtarzania 31/s. W odpowiedziach oznaczano latencję i próg fali V. W analizie statystycznej wyników stosowano test t-Studenta dla prób niezależnych z poziomem istotności $p < 0,05$.

II. WYNIKI

Na rys. 2 przedstawiono zestawy odpowiedzi zarejestrowane u osoby o słuchu normalnym (rys. 2 a) oraz u osoby z wysokoczęstotliwościowym ubytkiem słuchu (rys. 2 b). W obu przypadkach odpowiedzi mają zbliżoną morfologię dla wszystkich intensywności bodźców, a próg odpowiedzi wynosi 10 dB nHL.



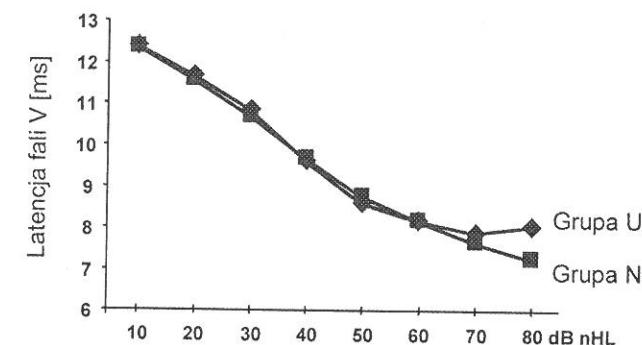
Rys. 2. Przykłady rejestracji odpowiedzi pnia mózgu dla bodźca o częstotliwości 500 Hz u osoby o słuchu normalnym i osoby z wysokoczęstotliwościowym ubytkiem słuchu

Tab. 1. Średnie wartości różnic (oraz odchylenie standardowe) pomiędzy progiem fali V i progiem audiometrycznym dla częstotliwości 500 Hz w grupach osób normalnie słyszających oraz z ubytkami wysokoczęstotliwościowymi

Grupa	Wartość średnia i odchylenie standardowe (w dB)
Grupa N	5,5 +/- 5,3
Grupa U	7,0 +/- 4,8

W tab. 1 zestawiono średnie wartości różnic pomiędzy progiem fali V i progiem słyszenia w obu grupach osób, które były istotne statystycznie. Nieznacznie wyższe wartości różnic stwierdzono w grupie osób z ubytkami słuchu, przy czym wartości w obu grupach nie różniły się między sobą w sposób istotny statystycznie.

Na rys. 3 przedstawiono średnie wykresy funkcji: latencja – natężenie fali V w obu grupach osób. W zakresie intensywności do 70 dB nHL różnice pomiędzy średnimi latencjami były nieistotne statystycznie. Jedynie dla 80 dB nHL średnie wartości latencji fali V w grupie osób z ubytkami słuchu były istotnie dłuższe niż w grupie osób o słuchu normalnym.



Rys. 3. Wykresy średnich wartości latencji fali V w funkcji intensywności bodźca w grupach osób o słuchu prawidłowym i z wysokoczęstotliwościowymi ubytkami słuchu

III. DYSKUSJA

Zasadniczym celem niniejszej pracy była ocena wpływu wysokoczęstotliwościowego ubytku słuchu na próg i latencję fali V. Przeprowadzone badania wykazały, że wartości różnic pomiędzy progami fali V i progami audiometrycznymi dla 500 Hz nie różniły się w sposób istotny statystycznie w obu grupach osób. Oznacza to, że znaczne uszkodzenie zakrętu podstawnego u osób z wysokoczęstotliwościowym ubytkiem słuchu nie zmienia wysokiej specyficzności częstotliwościowej odpowiedzi progowych, którą stwierdził w swoich badaniach Kochanek [2000]. W obu grupach osób różnice pomiędzy progiem fali V a progiem audiometrycznym dla 500 Hz były bardzo niewielkie, co potwierdza wysoką specyficzność częstotliwościową progowych odpowiedzi ABR wywoływanych krótkim tonem o obwiedni Gaussa o częstotliwości 500 Hz. W pracach innych autorów, w których stosowano krótkie tony o obwiedniach liniowych, stwierdzano znaczący wpływ ubytku słuchu w zakresie częstotliwości na odpowiedzi rejestrowane przy pobudzeniu bodźcem o niskiej częstotliwości, co oznaczało nie najlepszą specyficzność częstotliwościową odpowiedzi. Na przykład w pracy Laukli [1988] różnice pomiędzy progiem fali V a progiem audiometrycznym zmieniały się w granicach od 10 do 50 dB. Uzyskane w niniejszej pracy wyniki dla obwiedni Gaussa potwierdzają zatem przewagę bodźców o obwiedniach nieliniowych w badaniach progu słyszenia za pomocą słuchowych potencjałów wywołanych pnia mózgu w porównaniu z bodźcami o obwiedniach liniowych. Średnie wartości różnic pomiędzy progiem fali V a progiem audiometrycznym uzyskane w niniejszej pracy są zgodne z wynikami prac, w których stosowano inne metody specyficzne częstotliwościowo – z maskowaniem szumem wysokoczęstotliwościowym i szumem z wcięciem [Stapells 1994; Stürzebecher 1996; Oates 1997; Stapells 1997; 2000; Cone-Wesson 2002].

Porównanie wykresów funkcji: latencja – natężenie dla fali V w obu grupach osób wykazało, że w zakresie intensywności do 70 dB nHL latencje odpowiedzi nie różnią się między sobą. Oznacza to, że w tym zakresie intensywności odpowiedzi uszu z ubytkiem wysokoczęstotliwościowym mają dla częstotliwości 500 Hz cechy odpowiedzi uszu normalnie słyszących. Zatem specyficzność częstotliwościowa odpowiedzi dla 500 Hz w obu grupach osób w wymienionym zakresie intensywności jest taka sama.

Biorąc pod uwagę wyżej wymieniony fakt, że w uszach z ubytkiem wysokoczęstotliwościowym udział zakrętu podstawnego w odpowiedzi jest w sposób naturalny bardzo znacząco ograniczony, brak różnic pomiędzy latencjami odpowiedzi w obu grupach osób świadczy o bardzo wysokiej specyficzności częstotliwościowej odpowiedzi uszu normalnie słyszących dla częstotliwości 500 Hz. Fakt, że odpowiedzi pnia mózgu należą do kategorii odpowiedzi typu „onset”, nie ma w przypadku zastosowania krótkich tonów o obwiedni Gaussa o częstotliwości 500 Hz znaczenia dla specyficzności częstotliwościowej odpowiedzi progowych oraz dla odpowiedzi w zakresie średnich intensywności. W przeciwnym wypadku latencje odpowiedzi uszu normalnie słyszących byłyby w całym zakresie intensywności krótsze niż u osób z ubytkami wysokoczęstotliwościowymi.

W przeprowadzonych badaniach jedynie dla intensywności 80 dB nHL latencja fali V w grupie osób z ubytkiem słuchu była dłuższa niż w grupie osób o słuchu prawidłowym. Biorąc pod uwagę fakt, że odpowiedzi osób z wysokoczęstotliwościowymi ubytkami słuchu, niezależnie od intensywności bodźca, można traktować jako swego rodzaju wzorzec specyficzności częstotliwościowej, krótsza latencja fali V odpowiedzi uszu normalnie słyszących dla intensywności 80 dB nHL oznacza spadek specyficzności częstotliwościowej. Pomimo pobudzenia tonem o niskiej częstotliwości odpowiedź charakteryzuje się krótką latencją fali V, co wskazuje na znaczący udział aktywności zakrętu podstawnego ślimaka w odpowiedzi. Zatem dla intensywności powyżej 70 dB nHL specyficzność częstotliwościowa odpowiedzi pnia mózgu w uszach normalnie słyszących dla krótkiego tonu o obwiedni Gaussa o częstotliwości 500 Hz jest mniejsza niż dla średnich i niskich intensywności.

Na podstawie uzyskanych wyników można sformułować następujące wnioski:

1. W ubytkach wysokoczęstotliwościowych ocena progu słyszenia dla częstotliwości 500 Hz za pomocą odpowiedzi pnia mózgu wywoływanych krótkim tonem o obwiedni Gaussa jest specyficzna częstotliwościowo.
2. Niezależnie od stanu ślimaka w zakręcie podstawnym odpowiedzi pnia mózgu dla bodźca o obwiedni Gaussa o częstotliwości 500 Hz umożliwiają dokładne oznaczenie normalnej czułości słuchu.
3. Odpowiedzi uszu normalnie słyszących dla krótkiego tonu o częstotliwości 500 Hz są specyficzne częstotliwościowo dla intensywności poniżej 80 dB nHL.

Bibliografia

- 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 American Academic Audiology*” 13, 173-187.
- Davis R. I., Hamernik R. P., Ahroon W. A. [1993]. Frequency selectivity in noise – damaged cochleas. „*Audiology*” 32, 110-131.
- Kochanek K. [2000]. Ocena progu słyszenia za pomocą słuchowych potencjałów wywołanych pnia mózgu w zakresie częstotliwości 500-4000 Hz. Rozprawa habilitacyjna. Warszawa: Wydawnictwa Akademii Medycznej w Warszawie.
- Laukli E., Fiermedal O., Mair I. W. S. [1988]. Low-frequency auditory brainstem response threshold. „*Scandinavian Audiology*” 17, 171-178.
- Neely S., Norton S., Gorga M. P., Jesteadt W. [1988]. Latency of auditory brain-stem responses and otoacoustic emissions using tone-burst stimuli. „*Journal of the Acoustical Society of America*” 83, 652-656.
- Oates P., Stapells D. R. [1997]. Frequency specificity of the human auditory brainstem and middle latency responses to brief tones. I. High-pass noise masking. „*Journal of the Acoustical Society of America*” 102, 3597-3608.
- Ruggero M. A. [1994]. Cochlear delays and traveling waves, comments on „experimental look at cochlear mechanism”. „*Audiology*” 33, 131-142.
- Stapells D. R., Oates P. [1997]. Estimation of the pure-tone audiogram by the auditory brainstem response, a review. „*Audiology and 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.
- Stürzebecher E., Wagner H., Cebulla M., Bischoff M. [1996]. Frequency-specific brainstem responses to bone-conducted tone pulses masked by notched noise. „*Audiology*” 35, 45-54.