

Krzysztof Kochanek^{1,2}, Grzegorz Janczewski¹, Henryk Skarżyński^{1,2},
Adam Pilka^{1,2}, Antoni Grzanka^{2,3}

¹ Klinika Otolaryngologii Akademii Medycznej, Warszawa

² Instytut Fizjologii i Patologii Słuchu, Warszawa

³ Instytut Systemów Elektronicznych Politechniki Warszawskiej

Wpływ wielkości ubytku słuchu typu ślimakowego na przebieg funkcji: latencja–natężenie fali V odpowiedzi ABR

The Effects of Magnitude of Cochlear Hearing Loss on the Latency– Intensity Functions of the Auditory Brainstem Responses

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

Key words: auditory brainstem responses, auditory threshold.

Streszczenie

W pracy badano zachowanie się wykresów funkcji: latencja–natężenie fali V słuchowych potencjałów pnia mózgu wywoływanych bodźcem typu trzask oraz krótkimi impulsami sinusoidalnymi o obwiedni gaussowskiej o częstotliwościach 500 i 1000 Hz w dużych grupach osób o słuchu normalnym oraz z ubytkami ślimakowymi o różnej wielkości. Latencje odpowiedzi dla bodźców o częstotliwościach 500 i 1000 Hz były dłuższe niż latencje odpowiedzi dla trzasku w obu grupach osób niezależnie od intensywności. W grupie osób o słuchu normalnym największe różnice pomiędzy wykresami dla bodźców tonalnych oraz dla trzasku występowały w zakresie niskich i średnich intensywności. Porównanie różnic pomiędzy wykresami dla różnych bodźców w obu grupach osób wykazało, że w zakresie dużych intensywności większe różnice występują w grupie osób z ubytkami słuchu i są one tym większe, im większa jest wielkość ubytku słuchu. Ogólnie stwierdzono, że specyficzność częstotliwościowa odpowiedzi w zakresie dużych intensywności dla bodźców tonalnych jest większa u osób z ubytkami słuchu. W grupie osób o słuchu normalnym odpowiedzi są specyficzne częstotliwościowo dla niskich i średnich intensywności bodźców.

Summary

The latency-intensity functions of the ABR evoked by click and 500 and 1000 Hz tone-pips were analyzed in group of normal hearing subjects and in large group of patients with different levels of hearing loss. Latencies of wave V for 500 and 1000 Hz tone-pips were longer than for click in both groups of subjects. The slope of the latency-intensity functions in group of patients with cochlear hearing loss depended on magnitude of hearing loss. In both groups of subjects the biggest differences between the latencies of wave V for tone pips and click were observed near the threshold of wave V. The ABR responses to 500 Hz and 1000 Hz in group of patients with cochlear hearing loss are more frequency-specific than in normal hearing subjects.

Powszechnie akceptowany jest pogląd, że latencja fali V słuchowych potencjałów wywołanych pnia mózgu (ABR) zależy od miejsca w ślimaku, w którym powstaje odpowiedź. Konsekwencją tego faktu oraz tonotopowej organizacji ślimaka jest to, że latencja fali V zależy od częstotliwości bodźca. W licznych badaniach u osób o słuchu normalnym wykazano, że odpowiedzi dla krótkich impulsów sinusoidalnych o wysokich częstotliwościach mają krótsze latencje niż odpowiedzi wywoływane impulsami o niskich częstotliwościach [Gorga 1988]. Prace, w których specyficzność częstotliwościową słuchowych potencjałów pnia mózgu wywołanych krótkimi impulsami sinusoidalnymi badano poprzez porównanie z odpowiedziami rejestrowanymi metodami wykorzystującymi różne techniki maskowania wykazały, że w uszach normalnie słyszających odpowiedzi dla krótkich tonów mają cechy odpowiedzi specyficznych częstotliwościowo dla intensywności poniżej 65 dB nHL [Beattie 1992; Purdy 1989; Stapells 1990]. Ogólnie można stwierdzić, że latencje fali V odpowiedzi dla bodźców o częstotliwościach 500 i 1000 Hz mają dłuższe latencje niż odpowiedzi dla trzasku w całym zakresie stosowanych intensywności.

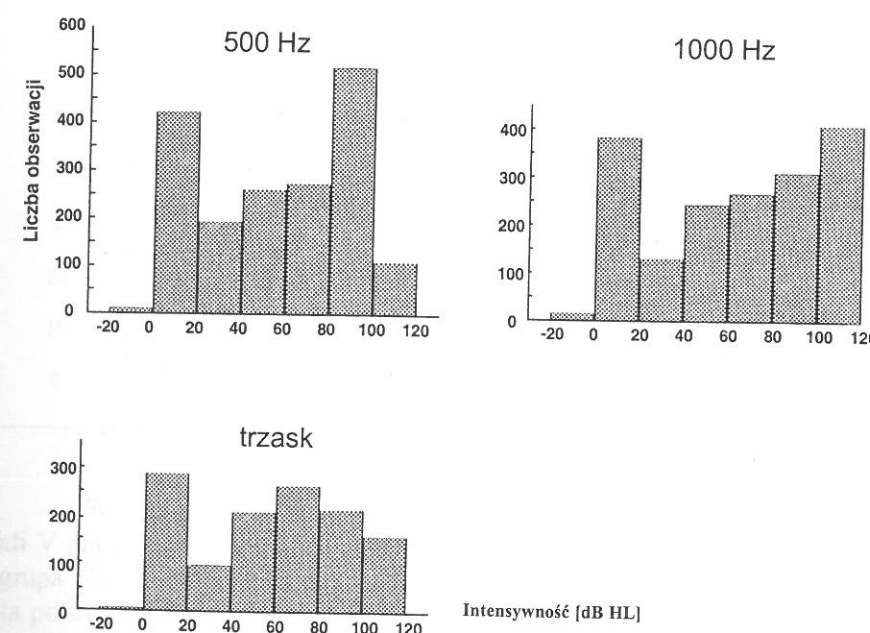
Wpływ wielkości ubytku słuchu na zachowanie się latencji fali V odpowiedzi pnia mózgu wywołanych różnymi bodźcami tonalnymi był opisywany w literaturze, ale niewiele uwagi poświęcono ocenie wpływu wielkości ubytku słuchu na przebieg funkcji: latencja-natężenie. W większości prac badano wpływ wielkości ubytku słuchu dla wybranych intensywności bodźców.

Celem niniejszej pracy jest określenie specyficzności częstotliwościowej słuchowych potencjałów wywołanych pnia mózgu wywołanych bodźcami tonalnymi o częstotliwościach 500 i 1000 Hz. Retrospektywne badania wykonano na dużej grupie osób z ubytkami słuchu typu ślimakowego.

I. MATERIAŁ I METODA

Analizę statystyczną wykonano na materiale obejmującym wyniki badań ABR osób o słuchu normalnym (grupa N) oraz osób z ubytkami słuchu typu ślimakowego o różnej wielkości i różnych typach audiogramów (grupa U). Łącznie przeanalizowano wyniki 1500 uszu, w tym 260 uszu normalnych i 1240 uszu z ubytkami ślimakowymi.

Na ryc.1 przedstawiono histogramy ubytków słuchu w przedziałach 20 dB dla częstotliwości 500 i 1000 Hz oraz dla średniej wartości ubytku słuchu w zakresie częstotliwości 2000 i 4000 Hz.



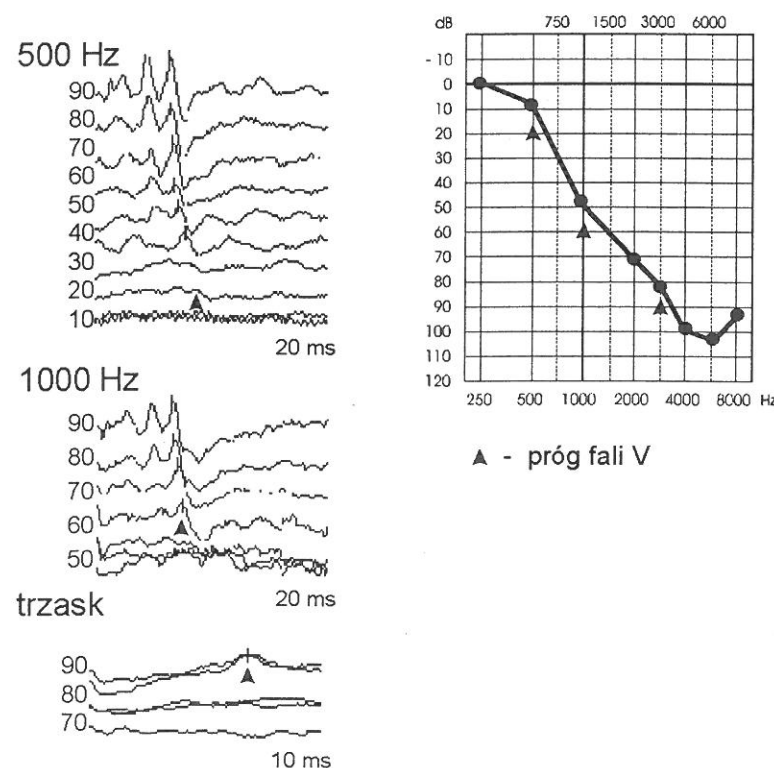
Ryc. 1. Histogramy wielkości ubytków słuchu w poszczególnych grupach osób dla częstotliwości 500 i 1000 Hz oraz dla średniej wartości ubytku słuchu dla częstotliwości 2000 i 4000 Hz

Odpowiedzi pnia mózgu rejestrowano procedurą szeregu natężeniowego ze skokiem 10 dB z wykorzystaniem systemu do badań słuchowych potencjałów wywołanych – „Eptest”. Czasy narastania i opadania bodźców tonalnych były takie same i wynosiły dla bodźca o częstotliwości 500 Hz – 1 okres (2 ms), a dla bodźca o częstotliwości 1000 Hz – 2 okresy (2 ms). Bodźce były modulowane amplitudowo obwiednią o kształcie krzywej Gaussa. W badaniach stosowano również bodziec typu trzask o czasie trwania 100 μ s. Bodźce prezentowano z naprzemienną

polaryzacją przez słuchawki TDH-49, a odpowiedzi rejestrowano w paśmie wzmacniacza 200-2000 Hz.

We wszystkich odpowiedziach oznaczano szczyt fali V w gronie trzech niezależnych osób o dużym doświadczeniu, a następnie na podstawie średnich wartości z trzech pomiarów wyznaczano wykresy funkcji: latencja-natężenie. Przedmiotem analizy statystycznej były wartości latencji fali V dla różnych bodźców dla pięciu zakresów wartości progów słyszenia: < 20 dB HL, 21-40 dB HL, 41-60 dB HL, 61-80 dB HL oraz powyżej 80 dB HL.

II. WYNIKI



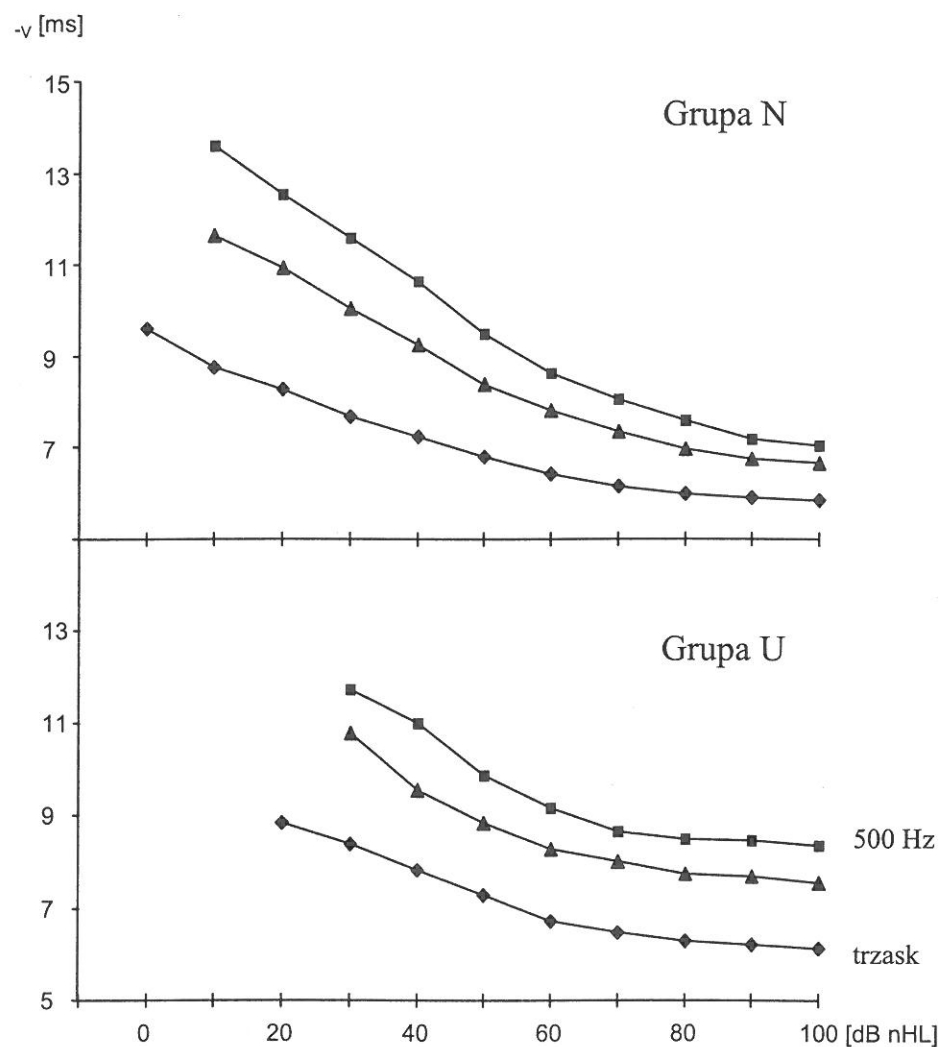
Ryc. 2. Przykład rejestracji odpowiedzi ABR dla krótkich impulsów sinusoidalnych o częstotliwościach 500 i 1000 Hz oraz dla trzasku u osoby z ubytkiem ślimakowym

Na ryc. 2. przedstawiono przykład rejestracji odpowiedzi ABR dla trzech rodzajów bodźców u osoby z ubytkiem ślimakowym. Jakość odpowiedzi u pozostałych osób była zbliżona.

Tab. 1. Średnie wartości latencji fali V i odchylenie standardowe (w ms) odpowiedzi ABR wywoływanych trzaskiem i krótkimi impulsami sinusoidalnymi o częstotliwościach 500 i 1000 Hz w grupie osób o słuchu normalnym oraz z ubytkami słuchu typu ślimakowego

Intensywność bodźca (dB nHL)	Grupa N			Grupa U		
	500 Hz	1000 Hz	trzask	500 Hz	1000 Hz	trzask
100	7,04 ± 0,48 n = 74	6,65 ± 0,43 n = 13	5,85 ± 0,25 n = 82	8,35 ± 1,34 n = 597	7,57 ± 1,08 n = 216	6,14 ± 0,64 n = 403
90	7,19 ± 0,39 n = 87	6,75 ± 0,44 n = 19	5,89 ± 0,28 n = 104	8,47 ± 1,21 n = 537	7,69 ± 1,11 n = 186	6,20 ± 0,60 n = 429
80	7,58 ± 0,53 n = 185	6,96 ± 0,42 n = 35	5,96 ± 0,29 n = 190	8,49 ± 1,17 n = 496	7,74 ± 1,11 n = 182	6,30 ± 0,63 n = 487
70	8,04 ± 0,59 n = 235	7,33 ± 0,46 n = 49	6,14 ± 0,31 n = 233	8,67 ± 1,09 n = 401	8,01 ± 1,14 n = 146	6,48 ± 0,62 n = 416
60	8,62 ± 0,77 n = 286	7,79 ± 0,56 n = 58	6,41 ± 0,36 n = 292	9,15 ± 1,14 n = 311	8,28 ± 1,09 n = 117	6,72 ± 0,60 n = 317
50	9,49 ± 0,91 n = 289	8,37 ± 0,62 n = 64	6,80 ± 0,38 n = 299	9,86 ± 1,26 n = 211	8,83 ± 1,14 n = 78	7,30 ± 0,79 n = 200
40	10,61 ± 0,94 n = 290	9,23 ± 0,73 n = 67	7,22 ± 0,41 n = 308	10,99 ± 1,35 n = 108	9,53 ± 1,10 n = 44	7,83 ± 0,83 n = 103
30	11,58 ± 0,94 n = 277	10,03 ± 0,76 n = 65	7,66 ± 0,48 n = 303	11,71 ± 1,10 n = 30	10,78 ± 1,10 n = 16	8,39 ± 0,72 n = 51
20	12,52 ± 0,95 n = 183	10,92 ± 0,74 n = 62	8,25 ± 0,54 n = 293			8,84 ± 0,79 n = 19
10	13,58 ± 0,99 n = 14	11,64 ± 0,92 n = 32	8,75 ± 0,59 n = 122			
0			9,58 ± 1,04 n = 15			

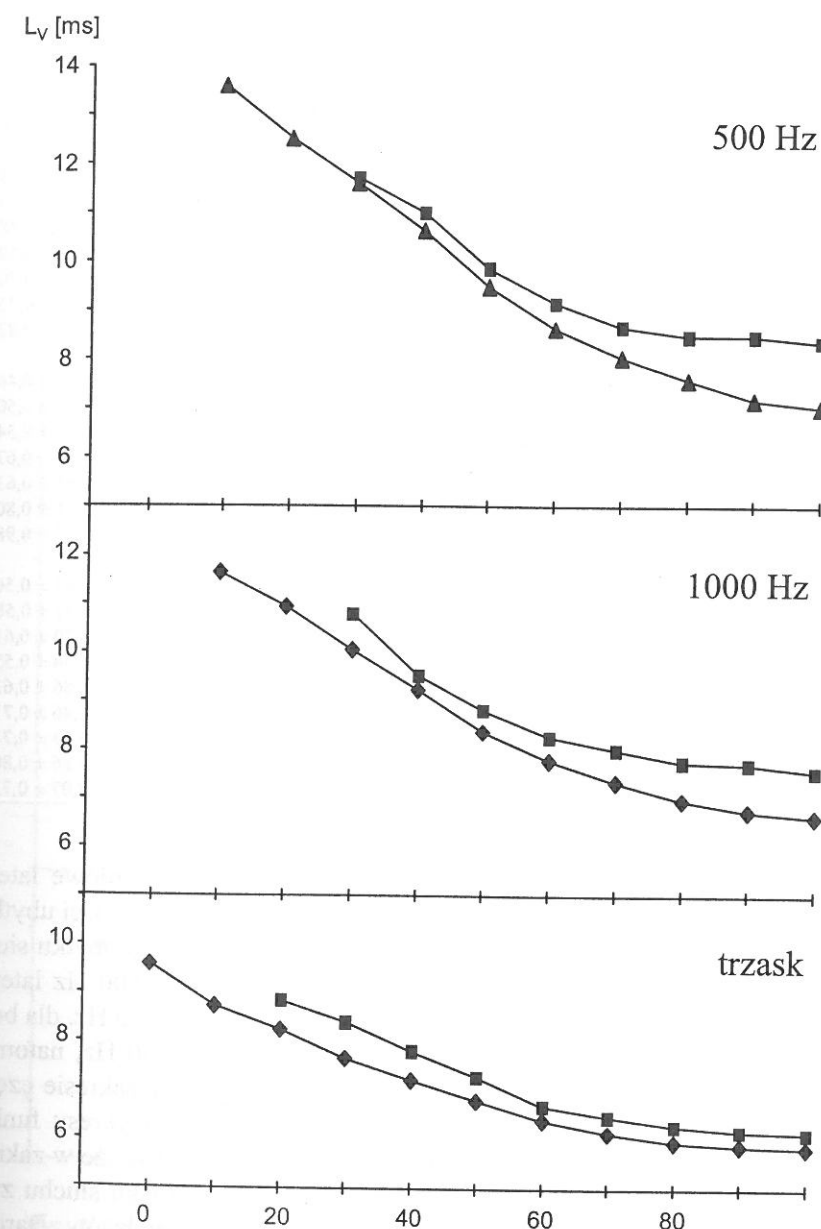
W tab. 1 zestawiono wartości średnie i odchylenie standardowe latencji fali V dla poszczególnych rodzajów bodźców w grupie osób o słuchu normalnym (grupa N) oraz w grupie osób z ubytkami słuchu typu ślimakowego (grupa U). Na podstawie danych z tab. 1 sporządzono w obu grupach osób wykresy funkcji: latencja-natężenie dla poszczególnych bodźców (ryc. 3). Porównanie latencji fali V za pomocą testu t-Studenta dla prób powiązanych wykazało, że w obu grupach osób dla wszystkich intensywności bodźca wartości latencji dla poszczególnych bodźców różniły się między sobą w sposób istotny statystycznie. Najwyższe wartości latencji fali V występowały dla odpowiedzi wywoływanych bodźcem o częstotliwości 500 Hz, a najniższe dla odpowiedzi wywoływanych trzaskiem. Dla wszystkich bodźców wzrost intensywności bodźca powodował stopniowe zmniejszanie się wartości latencji fali V. Najniższe wartości latencji osiągnęto dla intensywności 100 dB nHL.



Ryc. 3. Wykresy funkcji: latencja-natężenie fali dla trzech rodzajów bodźca w grupie osób o słuchu normalnym (grupa N) i w grupie osób z ubytkami słuchu typu ślimakowego (grupa U)

Na ryc. 4 zestawiono wykresy funkcji: latencja-natężenie z ryc. 3 w grupach osób normalnie słyszających oraz z ubytkami słuchu dla trzech rodzajów bodźców. Analiza statystyczna testem t-Studenta dla prób niezależnych wykazała, że w całym zakresie intensywności wartości średnie latencji w grupie osób z ubytkami słuchu są istotnie większe niż w grupie osób normalnie słyszających. Zwraca uwagę znacznie wyższa wartość odchylenia standardowego średnich wartości latencji fali V dla wszystkich bodźców w grupie osób z ubytkami słuchu

w porównaniu z wartościami odchylenia standardowego w grupie osób o słuchu normalnym.



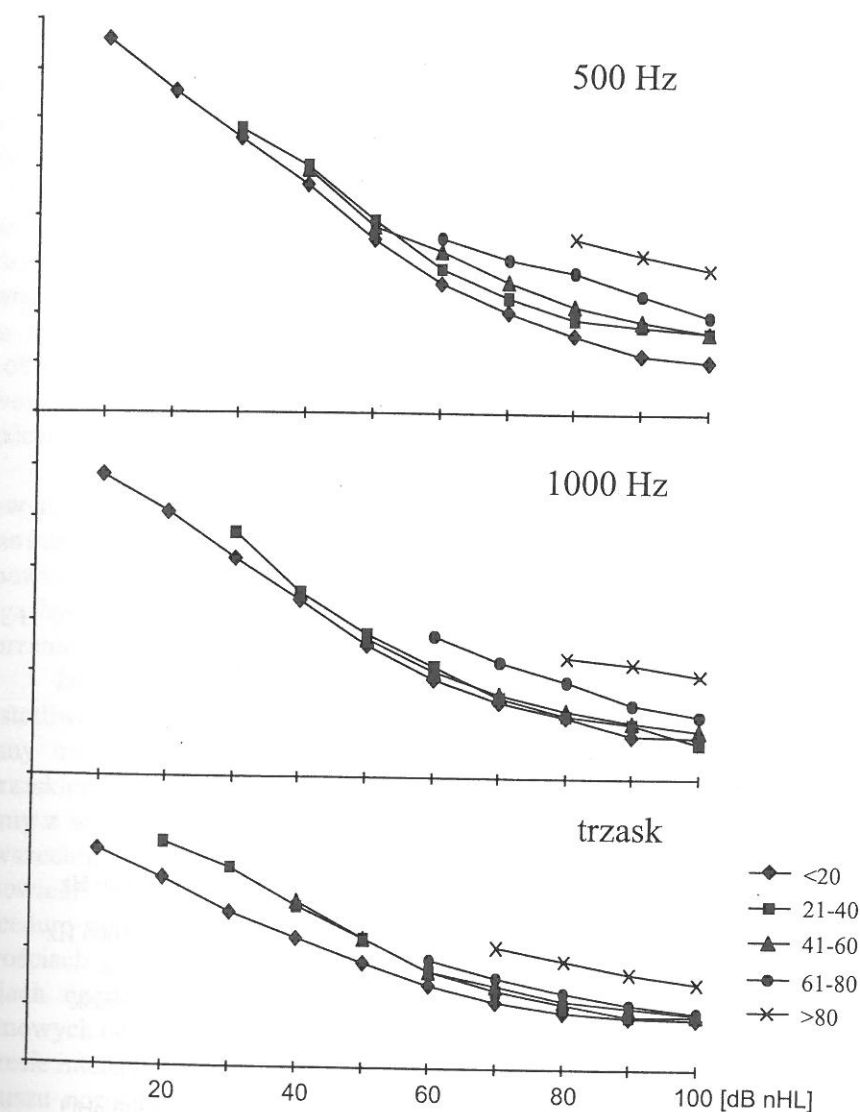
Ryc. 4. Porównanie wykresów funkcji: latencja-natężenie fali V w grupie osób normalnie słyszających oraz w grupie osób z ubytkami słuchu dla trzech rodzajów bodźca

Tab. 2. Średnie wartości latencji fali V oraz odchylenie standardowe w funkcji intensywności bodźca dla trzech bodźców oraz dla czterech zakresów wielkości ubytku słuchu

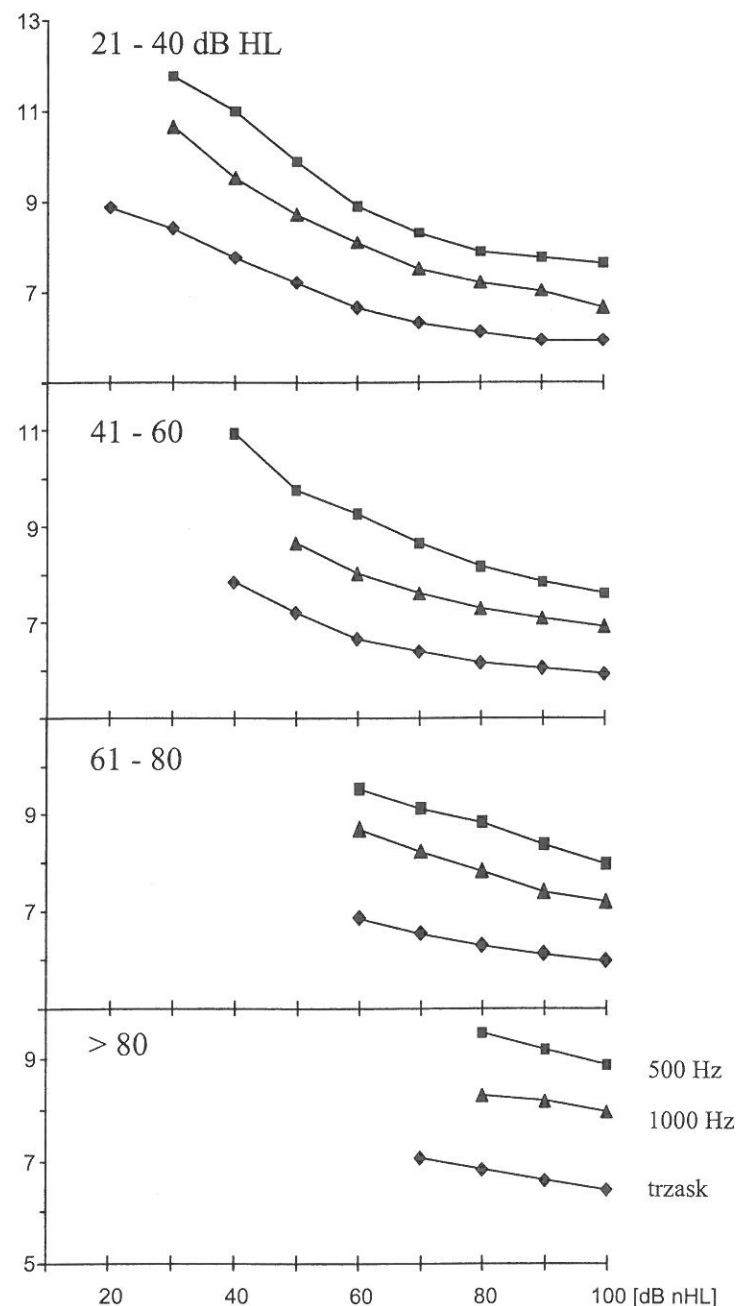
Zakres ubytku słuchu (dB HL)	Intensywność bodźca (dB nHL)	Rodzaj bodźca		
		500 Hz	1000 Hz	trzask
21 - 40	100	7,65 ± 0,92	6,67 ± 0,05	5,91 ± 0,38
	90	7,77 ± 0,85	7,29 ± 0,46	5,92 ± 0,32
	80	7,91 ± 0,62	7,30 ± 0,53	6,10 ± 0,33
	70	8,32 ± 0,84	7,67 ± 0,60	6,33 ± 0,39
	60	8,93 ± 1,02	8,30 ± 0,97	6,67 ± 0,48
	50	9,89 ± 1,31	8,97 ± 1,21	7,22 ± 0,59
	40	11,01 ± 1,35	9,66 ± 0,96	7,77 ± 0,70
	30	11,79 ± 1,12	10,72 ± 0,76	8,42 ± 0,75
41 - 60	20		8,89 ± 0,82	
	100	7,62 ± 0,87	6,91 ± 0,46	5,94 ± 0,46
	90	7,85 ± 0,91	7,09 ± 0,59	6,04 ± 0,50
	80	8,17 ± 1,01	7,29 ± 0,58	6,15 ± 0,54
	70	8,66 ± 1,07	7,60 ± 0,65	6,41 ± 0,67
	60	9,28 ± 1,18	8,01 ± 0,83	6,66 ± 0,63
61 - 80	50	9,77 ± 1,08	8,64 ± 0,99	7,21 ± 0,80
	40	10,95 ± 1,45		7,85 ± 0,98
	100	7,98 ± 1,12	7,21 ± 1,03	5,97 ± 0,56
	90	8,38 ± 1,11	7,38 ± 1,02	6,11 ± 0,58
	80	8,84 ± 1,23	7,78 ± 1,22	6,29 ± 0,61
> 80	70	9,12 ± 1,25	8,21 ± 1,27	6,54 ± 0,55
	60	9,53 ± 1,24	8,61 ± 1,41	6,86 ± 0,61
	50	8,90 ± 1,41	7,93 ± 1,18	6,46 ± 0,71
	40	9,21 ± 1,20	8,13 ± 1,16	6,63 ± 0,71
	30	9,54 ± 1,27	8,27 ± 1,24	6,86 ± 0,80
	20			7,07 ± 0,73

W tab. 2 zestawiono średnie wartości i odchylenie standardowe latencji fali V dla trzech bodźców, wyznaczone w czterech przedziałach wielkości ubytków słuchu dla częstotliwości 500 i 1000 Hz oraz dla średniej wielkości ubytku słuchu w zakresie częstotliwości 2-4 kHz. Dla bodźca o częstotliwości 500 Hz latencje wyznaczano w odniesieniu do ubytków słuchu dla częstotliwości 500 Hz, dla bodźca o częstotliwości 1000 Hz dla ubytków dla częstotliwości 1000 Hz, natomiast dla trzasku latencje wyznaczano dla średnich ubytków słuchu w zakresie częstotliwości 2-4 kHz. Na podstawie danych z tab. 2 sporządzono wykresy funkcji: latencja-natężenie, które przedstawiono na ryc. 5. Można zauważyć, że w zakresie intensywności 80-100 dB nHL wraz ze wzrostem wielkości ubytku słuchu zwiększają się różnice pomiędzy wykresami dla poszczególnych bodźców. Bardziej wyraźnie widoczny jest wpływ wielkości ubytku słuchu na przebieg funkcji: latencja-natężenie na wykresach przedstawionych na ryc. 6, które sporządzono również na podstawie danych z tab. 2, zamieszczając dodatkowo wykresy grupy osób

o słuchu normalnym (przedział ubytku < 20 dB HL). Największy wpływ wielkości ubytku słuchu jest widoczny dla częstotliwości 500 Hz, a najmniejszy dla trzasku. Wraz ze wzrostem wielkości ubytku słuchu wartości latencji zwiększają się, skutkiem czego wykres funkcji: latencja-natężenie przesuwa się ku górze.



Ryc. 5. Porównanie średnich wykresów: funkcji latencja-natężenie fali V dla trzech bodźców dla czterech zakresów wielkości ubytków słuchu dla 500 i 1000 Hz oraz dla średniej wielkości ubytku słuchu w zakresie częstotliwości 2-4 kHz



Ryc. 6. Porównanie średnich wykresów: funkcji latencja-natężenie fali V dla trzech bodźców dla czterech zakresów wielkości ubytków słuchu dla 500 i 1000 Hz oraz dla średniej wielkości ubytku słuchu w zakresie częstotliwości 2-4 kHz

III. DYSKUSJA

W 1985 r. Davis postawił hipotezę, że zastosowanie obwiedni nieliniowych zamiast dotychczas stosowanych powszechnie obwiedni liniowych umożliwi generowanie bodźców o wąskich widmach mocy, które z kolei pozwolą otrzymywać odpowiedzi pnia mózgu o większej specyficzności częstotliwościowej. Przez wiele lat rozpoczęcie badań klinicznych weryfikujących hipotezę postawioną przez Davisa nie było możliwe z uwagi na brak komercyjnych urządzeń do badań elektrofizjologicznych słuchu umożliwiających generowanie bodźców tonalnych o obwiedniach nieliniowych. Dopiero pojawienie się pod koniec lat osiemdziesiątych XX w. na rynku zestawów firmy Nicolet umożliwiło podjęcie badań z tym rodzajem bodźców. W Polsce badania nad specyficznością częstotliwościową odpowiedzi ABR wywołanych krótkimi impulsami tonalnymi podjęto w 1989 r. W pracy Kochanek i współpracowników [1992] wykazano, że obwiednie nieliniowe umożliwiają uzyskiwanie odpowiedzi ABR dla częstotliwości powyżej 2 kHz o większej specyficzności niż odpowiedzi wywołane bodźcami o obwiedniach liniowych.

Ocena specyficzności częstotliwościowej odpowiedzi ABR jest kluczowym zagadnieniem w odniesieniu do słuchowych potencjałów pnia mózgu stosowanych w ocenie progów słyszenia. Jedynie metody stymulacji i rejestracji odpowiedzi ABR zapewniające specyficzność częstotliwościową odpowiedzi ABR mogą być stosowane w progowych badaniach ABR, których celem będzie odтворzenie progowego audiogramu tonalnego.

Istnieje wiele metod otrzymywania odpowiedzi ABR specyficznych częstotliwościowo. Zazwyczaj w metodach tych wykorzystuje się różnego rodzaju szumy maskujące, które prezentowane są jednocześnie z sygnałem testowym – trzaskiem lub impulsem sinusoidalnym. Sygnałami maskującymi mogą być szumy z wcięciem, szumy wąkopasmowe lub szumy wysokoczęstotliwościowe. Powszechnie akceptowaną i uznawaną za najlepszą metodą otrzymywania odpowiedzi ABR specyficznych częstotliwościowo jest metoda wykorzystująca procedurę maskowania szumami wysokoczęstotliwościowymi o różnych częstotliwościach granicznych. Rejestracja odpowiedzi pniowych przy różnych kombinacjach częstotliwości granicznych filtrów umożliwia otrzymywanie wąkopasmowych odpowiedzi różnicowych – specyficznych częstotliwościowo w dużym zakresie intensywności bodźców. Pomimo bezspornych zalet metody w odniesieniu do uszu normalnie słyszących metoda ta nie jest wykorzystywana w praktyce klinicznej z powodu dużej czasochłonności oraz szeregu innych niedogodności. Zasadniczą niedogodnością jest konieczność stosowania wysokich poziomów szumów maskujących, co oprócz

zjawiska pożądanego zjawiska maskowania może prowadzić do uruchomienia zjawisk adaptacji i zmęczenia słuchowego. Aktualnie metoda ta jest zatem wykorzystywana prawie wyłącznie w badaniach eksperymentalnych i głównie w odniesieniu do uszu normalnie słyszących.

Specyficzność częstotliwościową odpowiedzi pnia mózgu ocenia się najczęściej za pomocą pomiarów latencji fali V. W badaniach tych zakłada się, że jeżeli latencje fali V odpowiedzi wywoływanych bodźcami o różnych częstotliwościach różnią się w takim samym stopniu, jak w pomiarach rozchodzenia się fali wędrównej w ślimaku, to można uznać, iż odpowiedzi te są specyficzne częstotliwościowo. Dla przykładu różnica latencji fali V przy pobudzaniu rejonu wokół częstotliwości 500 Hz i 4000 Hz powinna wynosić ok. 4 ms [Eggermont 1980; Gorga 1988].

Badania nad specyficznością częstotliwościową odpowiedzi wywoływanych różnymi bodźcami w zakresie intensywności od okołoprogowych do najwyższych można prowadzić na podstawie analizy wykresów funkcji: latencja–natężenie. Znaczne różnice między wykresami dla bodźców o różnych częstotliwościach oznaczają dużą specyficzność częstotliwościową odpowiedzi, a małe – niewielką. Zatem miarą specyficzności częstotliwościowej odpowiedzi dla bodźców tonalnych o różnych częstotliwościach jest wielkość różnic latencji fali V tych odpowiedzi. Metodę tę zastosowano w niniejszej pracy do oceny specyficzności częstotliwościowej odpowiedzi pnia mózgu wywoływanych bodźcami o częstotliwościach 500 i 1000 Hz. Wykresy funkcji: latencja–natężenie dla tych bodźców porównano z wykresami odpowiedzi dla standardowego bodźca typu trzask, który umożliwia otrzymywanie odpowiedzi z rejonu ślimaka w zakresie częstotliwości 2-4 kHz [Bauch 1988; van der Drift 1987; Eggermont 1980]. Materiał badawczy wyselekcjonowany dla potrzeb pracy był celowo zróżnicowany i na tyle obszerny, aby umożliwić ocenę wpływu wielkości ubytku słuchu oraz typu audiogramu na specyficzność częstotliwościową odpowiedzi.

W dostępnym piśmiennictwie nie opublikowano do tej pory prac z zakresu specyficzności częstotliwościowej odpowiedzi ABR wywoływanych krótkimi impulsami o obwiedni w kształcie krzywej Gaussa przeprowadzonych na dużym materiale klinicznym. Wobec braku standardowych metod badania progu słyszenia za pomocą słuchowych potencjałów wywołanych pnia mózgu ocena specyficzności częstotliwościowej różnych metod stosowanych w praktyce klinicznej jest zatem niezwykle ważna.

Zgromadzony materiał umożliwił ocenę specyficzności częstotliwościowej odpowiedzi ABR dla bodźców o częstotliwościach 500 i 1000 Hz w uszach normalnie słyszących oraz z ubytkami słuchu typu ślimakowego. Oceniono specyficzność częstotliwościową odpowiedzi w funkcji intensywności bodźca oraz wielkości ubytku słuchu.

Wyniki pomiarów latencji fali V w grupie uszu normalnie słyszących dla różnych intensywności bodźców, przedstawione w postaci wykresów funkcji: latencja–natężenie na ryc. 4, wykazały, że w zakresie wysokich intensywności, powyżej 50 dB nHL, zróżnicowanie wykresów dla poszczególnych bodźców jest niewielkie. Dopiero w zakresie niższych intensywności różnice pomiędzy wykresami są znaczne. Zgodnie z oczekiwaniami największe różnice obserwowano pomiędzy wykresami dla bodźca o częstotliwości 500 Hz i trzasku, natomiast najmniejsze – pomiędzy wykresami dla bodźców tonalnych. Zwiększanie się różnic pomiędzy wykresami wraz z redukcją intensywności bodźców oznacza, że specyficzność częstotliwościowa odpowiedzi ABR w uszach normalnie słyszących wywoływanych krótkimi impulsami tonalnymi dla częstotliwości 500 i 1000 Hz jest większa dla średnich i niskich intensywności niż dla wysokich.

W grupie osób z ubytkami słuchu (ryc. 4) różnice pomiędzy latencjami odpowiedzi dla poszczególnych bodźców w zakresie dużych intensywności są większe niż w grupie uszu normalnie słyszących, co oznacza, że specyficzność częstotliwościowa odpowiedzi osób z ubytkami słuchu jest większa niż osób o słuchu normalnym. Porównanie wykresów funkcji: latencja–natężenie dla poszczególnych bodźców pomiędzy grupami osób o słuchu normalnym i uszkodzonym (ryc. 5) wykazało, że największe różnice występują dla bodźców o częstotliwościach 500 i 1000 Hz w zakresie najwyższych intensywności, co potwierdza wnioski płynące z danych przedstawionych na ryc. 4, iż specyficzność częstotliwościowa odpowiedzi wywoływanych krótkimi impulsami tonalnymi o dużych intensywnościach jest większa w uszach z ubytkami słuchu niż w uszach normalnie słyszących.

Wyniki przedstawione na wykresach na ryc. 5 i 6 pokazują, że specyficzność częstotliwościowa odpowiedzi dla bodźców o częstotliwościach 500 i 1000 Hz rośnie wraz ze wzrostem wielkości ubytku słuchu, ponieważ różnice latencji pomiędzy wykresami wyznaczonych dla różnych wielkości ubytków słuchu zwiększają się, gdy wielkość ubytku słuchu rośnie.

Na podstawie przeprowadzonej analizy statystycznej materiału można sformułować następujące wnioski:

1. Wzrost wielkości ubytku słuchu typu ślimakowego powoduje większe zróżnicowanie latencji fali V dla trzech rodzajów bodźców w zakresie dużych intensywności.
2. Wraz ze zwiększaniem wielkości ubytku słuchu następuje wzrost specyficzności częstotliwościowej odpowiedzi pnia mózgu wywoływanych krótkimi impulsami tonalnymi.
3. Specyficzność częstotliwościowa odpowiedzi ABR dla krótkich impulsów sinusoidalnych o częstotliwościach 500 i 1000 Hz jest większa w grupie osób z ubytkami ślimakowymi niż w grupie osób o słuchu normalnym.

Bibliografia

- Bauch C., Olsen W. (1988): Auditory brainstem responses as a function of average hearing sensitivity for 2000-4000 Hz. „Audiology” 27, 156-163.
- Beattie R. C., Kennedy K. M. (1992): Auditory brainstem response tone bursts in quiet, notch-noise, high-pass noise, and broadband noise. „J. Am. Acad. Audiol.” 3, 349-360.
- Davis H., Hirsh S., Turpin L., Peacock M. (1985): Threshold sensitivity and frequency specificity in auditory brainstem response audiometry. „Audiology” 24, 54-70.
- Fowler C., G., Mikami C. M. (1992): Effects of cochlear hearing loss on the ABR latencies to clicks and 1000 Hz tone pips. „J. Am. Acad. Audiol.” 3, 324-330.
- Gorga M. P., Worthington D. W., Reiland J. K., Beauchaine K. A., Golgar D. E. (1985): Some comparisons between auditory brainstem response thresholds, latencies and the pure-tone audiogram. „Ear Hear.” 6, 105-112.
- Gorga M. P., Reiland J. K., Beauchaine K. A., Jesteadt W. (1988): Auditory brainstem responses to tone bursts in normally hearing subjects. „J. Speech Hear. Res.” 31, 87-97.
- Drift J. F. C. van der, Brocaar M. P., Zanten van G. A. (1987): The relation between the pure-ton audiogram and the click auditory brainstem responses threshold in cochlear hearing loss. „Audiology” 26, 1-10.
- Eggermont J., Don M. (1980): Analysis of the click-evoked auditory brainstem potentials in humans using high-pass noise masking. II. Effect of click intensity. „J. Acoust. Soc. Am.” 68, 1671-1675.
- Gorga M. P., Kaminski J. R., Beauchaine K. L., Schulte L. (1992): Auditory brainstem responses elicited by 1000-Hz tone bursts in patients with sensorineural hearing loss. „J. Am. Acad. Audiol.” 3, 159-165.
- Kirsh I., Thornton A., Burkard B., Halpin C. (1992): The effect of cochlear hearing loss on auditory brain stem response latency. „Ear Hear.” 13, 233-235.
- Kochanek K., Olczak J., Dawidowicz J., Dobrzyński P. (1992): Wpływ kształtu obwiedni krótkich bodźców tonalnych na parametry słuchowych potencjałów wywołanych z pnia mózgu. „Otolaryng. Pol.” Suppl. 14., 388-392.
- Purdy S. C., Houghton J. M., Keith W. J., Greville K. A. (1989): Frequency-specific auditory brainstem responses. Effective masking levels and relationship to behavioral thresholds in normal hearing adults. „Audiology” 28, 82-91.
- Stapells D. R., Picton T. W., Durieux-Smith A., Edwards C. G., Moran M. L. (1990): Thresholds for short-latency auditory-evoked potentials to tones in notched noise in normal-hearing and hearing-impaired subjects. „Audiology” 29, 262-274.