

**Krzysztof Kochanek<sup>1,2</sup>, Grzegorz Janczewski<sup>1</sup>, Henryk Skarżyński<sup>1,2</sup>,  
Paweł Dobrzyński<sup>1</sup>, Adam Pilka<sup>1,2</sup>**

<sup>1</sup> Klinika Otolaryngologii Akademii Medycznej  
Warszawa

<sup>2</sup> Instytut Fizjologii i Patologii Słuchu  
Warszawa

**Ocena czułości i specyficzności metody maskowania  
poprzedzającego – ABR FM w ubytkach  
ślimakowych i pozaślimakowych**

**Sensitivity and Specificity of Forward Masking of Auditory Brainstem  
Responses in Cochlear and Retrocochlear Hearing Loss**

**Słowa kluczowe:** słuchowe potencjały wywołane pnia mózgu, adaptacja, maskowanie poprzedzające, czułość, specyficzność.

**Key words:** auditory brainstem responses, adaptation, forward masking, sensitivity, specificity.

**Streszczenie**

Celem niniejszej pracy jest ocena czułości i specyficzności metody adaptacji słuchowej opartej na rejestracji słuchowych potencjałów wywołanych pnia mózgu procedurą maskowania poprzedzającego w zaburzeniach słuchu typu ślimakowego i pozaślimakowego. Badania wykonano w grupie uszu normalnych oraz u osób z nerwiakami nerwu VIII i guzami kąta mostowo-mózdkowego. Czułość metody w zaburzeniach ślimakowych wynosiła 78%, natomiast w pozaślimakowych 100%. Specyficzność metody wynosiła 100%.

**Summary**

The aim of this study was evaluation of sensitivity and specificity of auditory adaptation method based on auditory brainstem responses recorded with forward masking procedure in cochlear and retrocochlear hearing loss. The group of subjects with retrocochlear hearing loss consists of patients with unilateral acoustic neuroma and cerebello-pontine angle tumors. The cases of acoustic neuroma and cerebello-pontine angle were confirmed at surgery. Sensitivity of adaptation method in

cochlear hearing loss was 78%, and 100% in retrocochlear hearing loss. Specificity of the method was 100%. On the basis of results, it can be concluded that forward masking paradigm may be useful component of ABR test protocol for the screening of patients with retrocochlear hearing loss, with normal hearing sensitivity.

Pomimo że badania słuchowych potencjałów wywołanych pnia mózgu – ABR (ang. *auditory brainstem responses*) od wielu lat zajmują znaczące miejsce we wczesnej diagnostyce zaburzeń słuchu typu pozaślimakowego, podejmowane są próby opracowania nowych metod rejestracji i analizy odpowiedzi pnia mózgu, które zwiększą czułość tego badania w odniesieniu do wykrywania nerwiaków nerwu VIII o średnicy poniżej 1 cm. W krajach Europy Zachodniej i w USA metodą z wyboru w diagnostyce nerwiaków nerwu VIII i guzów kąta mostowo-mózdkowego jest badanie za pomocą rezonansu magnetycznego z kontrastem typu gadolinium [Jackler 1990]. Wydaje się, że alternatywną metodą może być badanie potencjałów pnia mózgu metodą „stosu”, opracowaną w 1997 r. przez Dona i współpracowników, której czułość w odniesieniu niewielkich nerwiaków nerwu VIII jest porównywalna z wynikami badań za pomocą rezonansu magnetycznego. Podejmowane są również próby opracowania takiej metody z wykorzystaniem zjawiska adaptacji słuchowej. Wyniki prac Kochanka i współpracowników [1997 a] dotyczące wpływu ubytku słuchu typu pozaślimakowego na wielkość adaptacji słuchowej badanej procedurą maskowania poprzedzającego wskazują, że wyniki w grupach uszu normalnie słyszących oraz z zaburzeniami słuchu typu pozaślimakowego tworzą zbiory odrębne, co pozwala w sposób jednoznaczny różnicować uszy normalne od uszkodzonych.

Celem niniejszej pracy jest ocena czułości i specyficzności słuchowych potencjałów wywołanych pnia mózgu rejestrowanych procedurą maskowania poprzedzającego w diagnostyce ubytków słuchu typu ślimakowego i pozaślimakowego u osób, u których czułość słuchu umożliwiła wykonanie testu.

## I. MATERIAŁ I METODA

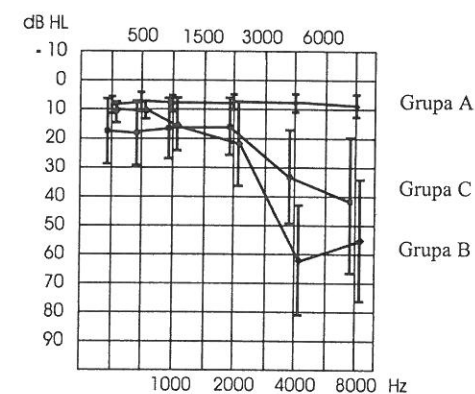
Badania wykonano w trzech grupach osób: grupa A – osoby o słuchu normalnym (79 osób), grupa B – pacjenci z uszkodzeniem słuchu typu ślimakowego (35 osób) oraz grupa C – pacjenci z uszkodzeniem słuchu typu pozaślimakowego (40 osób).

Do analizy statystycznej wykorzystywano wyniki badań jednego ucha u danego pacjenta. Do grupy osób o słuchu normalnym zakwalifikowano osoby z prawidłowym wynikiem audiometrii impedancyjnej, otoemisji akustycznej oraz badania słuchowych potencjałów wywołanych pnia mózgu. Wartości progów słyszenia w zakresie częstotliwości 250-8000 Hz nie przekraczały 15 dB HL.

Do grupy B zakwalifikowano osoby z ubytkami słuchu większymi od 20 dB HL w zakresie częstotliwości 2000-8000 Hz, u których wyniki audiometrii impedancyjnej i audiometrycznych prób nadprogowych wskazywały na obecność objawu wyrównania głośności. Osoby te miały nieprawidłowy wynik badania otoemisji akustycznej w uchu, w którym stwierdzono obniżenie czułości słuchu, oraz prawidłowe wartości interwałów czasowych słuchowych potencjałów wywołanych pnia mózgu.

Do grupy C zakwalifikowano pacjentów z klinicznymi objawami zaburzeń pozaślimakowych słuchu oraz nieprawidłowymi wynikami badań obrazowych (CT lub MRI) i standardowych badań ABR (zwiększone wartości interwałów czasowych, nieprawidłowa morfologia zapisu). W grupie tej znalazły się osoby z nerwiakami nerwu VIII oraz guzami kąta mostowo-mózdkowego. Średnica nerwiaków i guzów zawierała się w granicach od 9 mm do 3,5 cm.

Osoby z zaburzeniami słuchu typu ślimakowego i pozaślimakowego rekrutowały się spośród pacjentów Instytutu Fizjologii i Patologii Słuchu, Kliniki Otolaryngologii oraz Kliniki Neurologii i Neurochirurgii Akademii Medycznej w Warszawie.



Ryc. 1. Średnie wartości i odchylenie standardowe progów słyszenia w trzech grupach osób

Średnie wartości oraz odchylenie standardowe progów słyszenia w poszczególnych grupach osób przedstawiono na ryc. 1. Analiza statystyczna wykazała istotnie wyższe wartości progów słyszenia w grupach B i C w zakresie częstotliwości powyżej 2 kHz w odniesieniu do wartości progów słyszenia w grupie osób o słuchu normalnym.

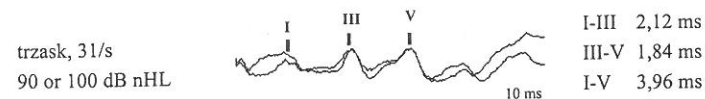
Badania ABR prowadzono dwoma metodami: standardową – ABR STD oraz procedurą maskowania poprzedzającego – ABR FM, opisaną szerzej w pracy Kochanka i współpracowników [1997 a], a która była wzorowana na metodach stosowanych w pracach Burkarda (1983) oraz Kramera (1982). W obu metodach

stosowano bodziec typu trzask o polaryzacji naprzemiennej, który prezentowano przez słuchawki TDH-39. Rejestracje ABR wykonywano jednokanałowo za pomocą polskiego systemu do badań elektrofizjologicznych słuchu o nazwie „Eptest”. Pasma wzmacniacza biologicznego zawierało się w granicach od 200 do 2000 Hz. Srebrne elektrody miseczkowe były umieszczone na czole oraz na wyrostkach sutkowych. W obu procedurach odpowiedzi rejestrowano dwukrotnie, w czasie analizy wynoszącym 10 ms. W procedurze standardowej intensywność trzasku wynosiła 100 dB nHL, a częstość powtarzania 31/s. Natomiast w badaniach ABR FM intensywność trzasku wynosiła 60 dB nHL. Sygnałem maskującym była bramka szumu szerokopasmowego o intensywności 80 dB SPL i czasie trwania 100 ms. Odstęp czasowy między maskerem a bodźcem wynosił 12 ms, natomiast pomiędzy bodźcem a kolejnym maskerem – 200 ms.

Wielkość adaptacji słuchowej oceniano za pomocą przyrostu latencji fali V - DL, wyznaczonego jako różnica latencji fali V odpowiedzi z maskerem i bez maskera. W analizie statystycznej stosowano test t-Studenta z poziomem istotności  $p < 0,05$ .

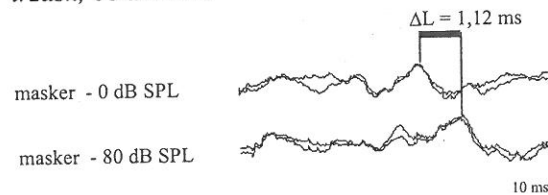
## II. WYNIKI

### ABR STD



### ABR FM

trzask, 60 dB nHL



Ryc. 2. Przykład wyznaczenia parametrów czasowych odpowiedzi ABR rejestrowanych techniką standardową i procedurą maskowania poprzedzającego u osoby o słuchu normalnym

Na ryc. 2 przedstawiono przykład rejestracji słuchowych potencjałów wywołanych pnia mózgu dwoma metodami – ABR STD i ABR FM u osoby o słuchu normalnym. Wartości interwałów czasowych I-III, III-V i I-V były w granicach normy, a wielkość przyrostu latencji fali V wyznaczonego w badaniu ABR FM wynosiła 1,12 ms.

Średnie wartości interwałów czasowych odpowiedzi ABR rejestrowanych techniką standardową w trzech grupach osób przedstawiono w tab. 1, natomiast w tab. 2 zestawiono średnie wartości przyrostów latencji fali V. Średnie wartości interwałów czasowych w grupach A i B nie różniły się między sobą w sposób istotny statystycznie, natomiast wartości interwałów I-III i I-V były w sposób istotny statystycznie dłuższe w grupie C w porównaniu z wartościami interwałów w pozostałych grupach.

Tab. 1. Wartości średnie i odchylenie standardowe interwałów czasowych odpowiedzi ABR (w ms) wyznaczone w trzech grupach pacjentów

|         | n  | I-III       | III-V       | I-V         |
|---------|----|-------------|-------------|-------------|
| Grupa A | 79 | 2,20 ± 0,13 | 1,88 ± 0,11 | 4,08 ± 0,16 |
| Grupa B | 35 | 2,23 ± 0,23 | 1,90 ± 0,18 | 4,13 ± 0,24 |
| Grupa C | 40 | 3,02 ± 0,39 | 1,91 ± 0,17 | 4,93 ± 0,43 |

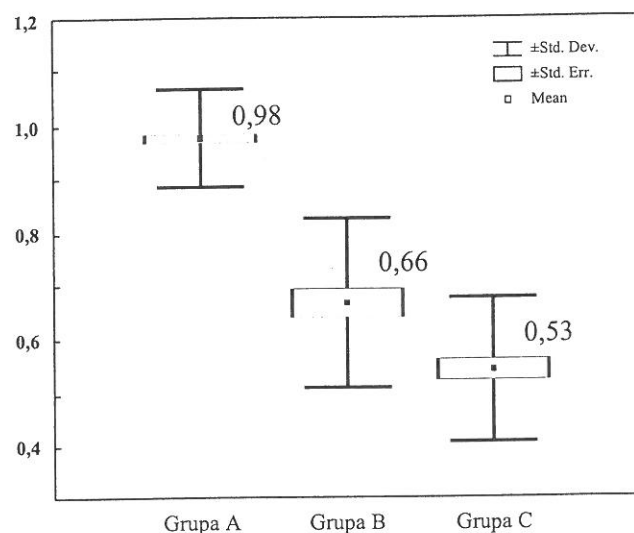
Tab. 2. Wartości średnie oraz odchylenie standardowe przyrostów latencji fali V (w ms) w trzech grupach osób

|                        | Grupa A | Grupa B | Grupa C |
|------------------------|---------|---------|---------|
| Wartość średnia        | 0,98    | 0,66    | 0,53    |
| Odchylenie standardowe | 0,09    | 0,16    | 0,12    |

Analiza statystyczna średnich wartości przyrostów latencji fali V, przeprowadzona testem t-Studenta dla prób niezależnych, wykazała że wartości przyrostów w poszczególnych grupach osób różnią się między sobą w sposób istotny statystycznie. Najniższe wartości przyrostów latencji otrzymano w grupie C. W tab. 3 zestawiono poziomy istotności otrzymane przy porównywaniu średnich wartości przyrostów latencji w poszczególnych grupach osób.

Tab. 3. Wartości współczynnika istotności - p otrzymane przy porównywaniu średnich wartości przyrostów latencji w poszczególnych grupach

|                     | wartość współczynnika p |
|---------------------|-------------------------|
| Grupa A vs. grupa B | 0,000000                |
| Grupa A vs. grupa C | 0,000000                |
| Grupa B vs. grupa C | 0,000278                |



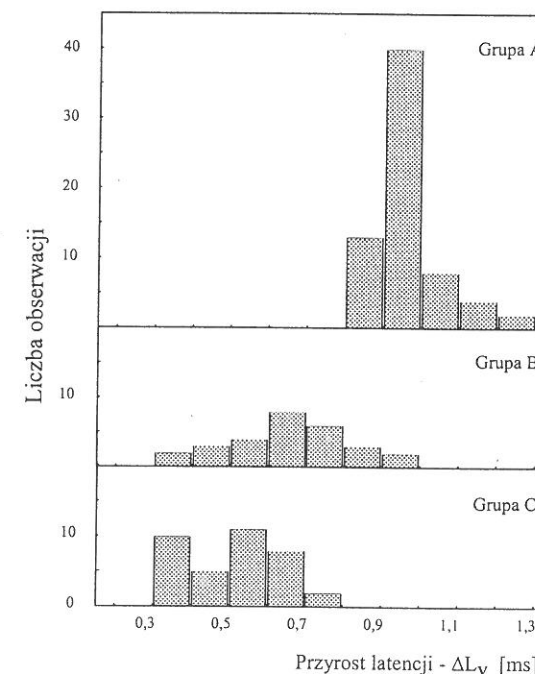
Ryc. 3. Średnie wartości przyrostów latencji fali V oraz wartości odchylenia standardowego i błęd standardowego w trzech grupach osób

Na ryc. 3 przedstawiono w trzech grupach osób średnie wartości przyrostów latencji fali V wraz z odchyleniem standardowym i wielkością błęd standardowego, natomiast na ryc. 4 – histogramy przyrostów latencji fali V.

Ponieważ rozkłady przyrostów latencji w grupach osób o słuchu normalnym i pozaślimakowych tworzą zbiory odrębne z granicą 0,8 ms, dlatego tę wartość przyrostu przyjęto jako kryterium różnicujące normę od patologii w metodzie ABR FM. Wartości  $DL < 0,8$  ms oznaczają patologię, a wartości równe lub większe – normę.

Do oceny czułości i specyficzności badania ABR FM w odniesieniu do detekcji ubytków ślimakowych i pozaślimakowych zastosowano typową matrycę decyzyjną. Na rys. 5 przedstawiono matryce dla dwóch rodzajów ubytków słuchu. Oznaczenie ABR FM + wskazuje, że wynik testu jest nieprawidłowy,

a ABR FM -, że wynik testu jest prawidłowy. W grupie osób o słuchu normalnym wszystkie wartości DL były prawidłowe. Dlatego w obu matrycach liczba fałszywie dodatnich wyników wynosi 0. W grupie ubytków ślimakowych liczba nieprawidłowych wyników wynosiła 27, a prawidłowych 8. Zatem czułość metody ABR FM w tej grupie ubytków słuchu wynosi  $27/35 \cdot 100\% = 78\%$ , a specyficzność 100%. W grupie ubytków pozaślimakowych wszystkie wyniki testu były nieprawidłowe. Czułość i specyficzność metody ABR FM w tej grupie ubytków słuchu wynoszą 100%.



Ryc. 4. Histogramy przyrostów latencji fali V w trzech grupach osób

|          | N  | UŚ |          | N  | UP |
|----------|----|----|----------|----|----|
| ABR FM + | 0  | 27 | ABR FM + | 0  | 40 |
| ABR FM - | 79 | 8  | ABR FM - | 79 | 0  |

N      słuch w normie  
 UŚ     ubytek słuchu typu ślimakowego  
 UP     ubytek słuchu typu pozaślimakowego  
 ABR FM +    wartość  $\Delta L < 0,8$  ms  
 ABR FM -    wartość  $\Delta L \geq 0,8$  ms

Ryc. 5. Matryce decyzyjne dla ubytków ślimakowych i pozaślimakowych ocenianych metodą ABR FM

### III. OMÓWIENIE WYNIKÓW

Zasadniczym celem pracy była ocena czułości i specyficzności metody adaptacji słuchowej opartej na rejestracji słuchowych potencjałów wywołanych pnia mózgu procedurą maskowania poprzedzającego – ABR FM w diagnostyce ubytków ślimakowych i pozaślimakowych u osób, u których czułość słuchu umożliwiała wykonanie testu adaptacji. Średnie wartości przyrostów latencji fali V - DL w obu grupach osób z zaburzeniami słuchu były mniejsze niż w grupie osób o słuchu normalnym, co oznacza, że oba rodzaje patologii narządu słuchu zmniejszają wielkość adaptacji słuchowej. Wyniki te są zgodne z wynikami pracy Kochanka i współpracowników [1997].

Przy ocenie czułości i specyficzności metody ABR FM zastosowano macierzę decyzyjną. Wartość przyrostu latencji fali V wynoszącą 0,8 ms przyjęto jako kryterium różnicujące normę od patologii. Wartości większe lub równe 0,8 ms uznawano za prawidłowe, a mniejsze jako nieprawidłowe. Analiza liczby prawdziwie oraz fałszywie dodatnich i ujemnych wyników w grupach uszu normalnych i uszkodzonych wykazała, że dla uszu z ubytkiem ślimakowym czułość metody wynosi 78%, natomiast w ubytkach pozaślimakowych 100%. Niska czułość metody w grupie osób z ubytkami ślimakowymi oznacza niewielką przydatność kliniczną w diagnostyce tego typu zaburzeń słuchu, natomiast 100 procentowa czułość w grupie osób z ubytkami słuchu typu pozaślimakowego oznacza dużą przydatność metody w diagnostyce tego rodzaju patologii.

Biorąc pod uwagę wyniki wcześniejszych prac z tego zakresu [Kochanek 1997 a; Kochanek 1997 b] oraz wyniki niniejszej pracy, na użytek kliniczny można zaproponować łączną interpretację wyników badania adaptacji słuchowej metodą ABR FM oraz progowego badania audiometrycznego, którą przedstawiono w tab. 4.

Tab. 4. Łączna interpretacja wyników progowych badań audiometrycznych i badań ABR FM

| Próg słyszenia  | Wielkość adaptacji w metodzie ABR FM | Proponowana interpretacja wyników obu rodzajów badań |
|---|--------------------------------------|--|
| Prawidłowy  | $\Delta L \geq 0,8$ ms               | norma słuchowa                                       |
|   | $\Delta L < 0,8$ ms                  | podjęzanie zaburzenia pozaślimakowego                |
| Podwyższony<br>(do 60 dB HL dla częstotliwości z zakresu 2 - 4 kHz) | $\Delta L \geq 0,8$ ms               | podjęzanie ubytku przewodzeniowego                   |
|   | $\Delta L < 0,8$ ms                  | uszkodzenie ślimaka lub, i dróg pozaślimakowych      |

Dla osób z prawidłową wartością progu słyszenia przyrosty latencji równe lub większe od 0,8 ms oznaczają normę słuchową, natomiast mniejsze wskazują na zaburzenie słuchu typu pozaślimakowego. Prawidłowy wynik testu ABR FM w grupie osób z podwyższonym progiem słyszenia wskazuje na zaburzenie słuchu typu przewodzeniowego, natomiast nieprawidłowy na uszkodzenie ślimakowe lub pozaślimakowe. Zatem uszkodzenie pozaślimakowe słuchu można podejrzewać we wszystkich przypadkach, w których wartość przyrostu latencji fali V jest mniejsza od 0,8 ms. Stuprocentowa pewność rozpoznania zaburzenia pozaślimakowego na podstawie wyniku testu adaptacji dotyczy tych przypadków, w których czułość słuchu jest prawidłowa.

Należy w tym miejscu zaznaczyć, że wykonanie badania ABR FM jest możliwe zasadniczo u osób z normalną czułością oraz w uszach z ubytkami słuchu nie przekraczającymi 30-40 dB HL w paśmie częstotliwości od 2 do 4 kHz, w którym przede wszystkim powstaje odpowiedź ślimaka dla trzasku [Eggermont 1980]. Przy wyższych ubytkach słuchu oznaczenie szczytu fali V, szczególnie w odpowiedziach rejestrowanych w obecności sygnału maskującego, może być problematyczne. Dlatego przydatność testu ABR FM może być największa w tych przypadkach zaburzeń pozaślimakowych, w których czułość słuchu jest w normie lub nieznacznie pogorszona. Test adaptacji nie może zastąpić badania za pomocą rezonansu magnetycznego, ale może być testem przesiewowym dla osób z podejrzeniem zaburzeń słuchu typu pozaślimakowego.

W materiale niniejszej pracy średnice nerwiaków nerwu VIII były większe od 9 mm. Trudno jest więc przewidzieć, czy czułość metody ABR FM będzie tak samo wysoka w diagnostyce zaburzeń pozaślimakowych słuchu, w których przyczyną dolegliwości będzie obecność nerwiaków o średnicy rzędu kilku milimetrów, które są wykrywane za pomocą rezonansu magnetycznego z gadolinium. Zagadnienie to będzie przedmiotem dalszych badań klinicznych z zastosowaniem metody adaptacji stosowanej w niniejszej pracy.

### Bibliografia

- Burkard R., Hecox K. (1983): The effect of broadband noise on the human brainstem auditory evoked response. I. Rate and intensity effects. „J. Acoust. Soc. Am.” 74, 1204-1213.
- Don M., Masuda A., Nelson R., Brackman D. (1997): Successful detection of small acoustic tumors using the stacked derived-band auditory brain stem response amplitude. „Am. J. Otol.” 18, 608-621.
- 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.
- Jackler R., Shapiro M., Dillon W. (1990): Gadolinium-DTPA enhanced magnetic resonance imaging in acoustic neuroma diagnosis and management. „Otolaryngol. Head. Neck. Surg.” 102, 670-677.

- Kochanek K., Janczewski G., Skarżyński H., Zakrzewska-Pniewska B., Marchel A., Grzanka A., Piłka A., Jaśkiewicz M., Tacikowska G. (1997 a): Ocena wielkości maskowania poprzedzającego słuchowych potencjałów wywołanych pnia mózgu w uszach normalnych oraz w ubytkach słuchu typu pozaślimakowego. „Audiofonologia” XI, 101-112.
- Kochanek K., Janczewski G., Skarżyński H., Grzanka A., Jaśkiewicz M., Tacikowska G., Piłka A. (1997 b): Wpływ rodzaju ubytku słuchu na wielkość maskowania poprzedzającego ocenianego metodą ABR. Materiały X Krajowej Konferencji Naukowej „Biocybernetyka i Inżynieria Biomedyczna” 4-6 grudnia 1997, Warszawa., T. 1, sekcja 1, 13-17.
- Kramer S., Teas D. (1982): Forward masking of auditory nerve (N1) and brainstem (wave V) responses in humans. „J. Acoust. Soc. Am.” 72, 795-803.