

Zastosowanie słuchowych potencjałów wywołanych pnia mózgu w diagnostyce zaburzeń słuchu typu pozaślimakowego

Auditory brainstem responses in diagnosis of retrocochlear hearing loss

KRZYSZTOF KOCHANEK

Katedra i Klinika Otolaryngologii Akademii Medycznej w Warszawie, ul. S. Banacha 1a, 02-097 Warszawa
Instytut Fizjologii i Patologii Słuchu w Warszawie, ul. Pstrowskiego 1, 01-943 Warszawa

W pracy przedstawiono podstawy metody badania słuchowych potencjałów wywołanych pnia mózgu stosowanej w diagnostyce zaburzeń słuchu typu pozaślimakowego. Omówiono zalecane parametry metody, cechy odpowiedzi prawidłowej oraz cechy odpowiedzi charakterystyczne dla różnego rodzaju zaburzeń pozaślimakowych słuchu, zlokalizowanych w nerwie słuchowym i pniu mózgu. Przedstawiono również graniczne wartości podstawowych parametrów odpowiedzi pnia mózgu stosowane w diagnostyce zaburzeń pozaślimakowych. Omówiono także metodę „stosu” opracowaną przez Don'a, która w przypadku niewielkich nerwiaków nerwu słuchowego charakteryzuje się czułością zbliżoną do badania za pomocą rezonansu magnetycznego.

Otolaryngologia, 2002, 1(3), 167-172

Słowa kluczowe: słuchowe potencjały wywołane pnia mózgu, zaburzenia słuchu typu pozaślimakowego

Principles of the auditory brainstem evoked potentials applied in diagnostics of retrocochlear hearing disorders are presented in this paper. Recommended parameters of the method, features of the correct response and specific features in retrocochlear disorders of various types located in the auditory nerve and brain stem are discussed.

Criteria of the basic brainstem responses parameters in retrocochlear disorders diagnostics are also presented. There is as well discussed stacked ABR method elaborated by Don, which in a case of small acoustic neuromas of auditory nerve, is characterized with the sensitivity as high as in magnetic resonance examination.

Otolaryngologia, 2002, 1(3), 167-172

Key words: auditory brainstem responses, retrocochlear hearing loss

Wprowadzenie

Słuchowe potencjały wywołane pnia mózgu – ABR (*Auditory Brainstem Responses*) stosowane są w praktyce klinicznej głównie w badaniach proggu słyszenia oraz we wczesnej diagnostyce zaburzeń słuchu typu pozaślimakowego, które mogą być wywołane obecnością nerwiaka nerwu słuchowego, guzów kąta mostowo-mózdzkowego oraz procesów demielinizacyjnych i konfliktu naczyniowo-nerwowego.

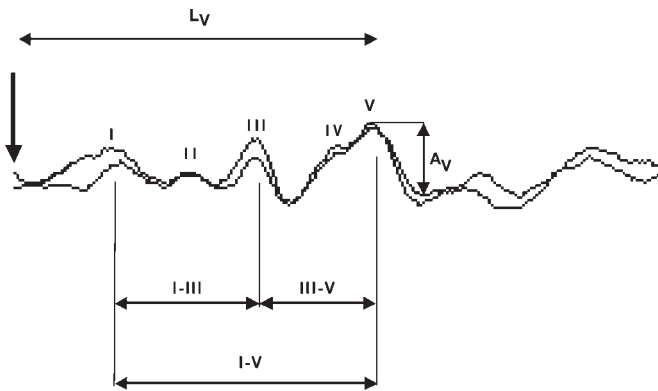
Niewątpliwie metodą typu „gold standard” umożliwiającą wykrywanie nerwiaków o średnicy poniżej 1 cm czy innych zmian w obrębie nerwu słuchowego i pnia mózgu jest rezonans magnetyczny z gadolinium [1,2,3,4]. Trudno jest jednak sobie wyobrazić sytuację, aby każdego pacjenta z podejrzeniem procesu pozaślimakowego kierować na badanie za pomocą rezonansu magnetycznego (MRI – *Magnetic Resonance Imaging*). Badanie to charakteryzuje się bardzo wysoką czułością, niemniej jednak posiada szereg wad, spośród których dość

istotną jest wysoka cena [3], uniemożliwiająca jego zastosowanie jako testu przesiewowego. Potrzebne są zatem inne testy przesiewowe, których nieprawidłowy wynik będzie podstawą do skierowania pacjenta na badanie rezonansu magnetycznego. Takim testem wydaje się być badanie słuchowych potencjałów wywołanych z pnia mózgu.

Podstawy metody ABR stosowanej w diagnostyce zaburzeń pozaślimakowych

Podstawę wykorzystania metody ABR w diagnostyce zaburzeń pozaślimakowych stanowi fakt istnienia określonych związków pomiędzy rodzajem i rozległością zmian chorobowych w obrębie nerwu słuchowego i pnia mózgu a zmianami określonych parametrów odpowiedzi [5,6,7,8,9,10,11,12].

Na rys. 1 przedstawiono zapis odpowiedzi ucha normalnie słyszącego, która powstaje w ciągu pierwszych 10 ms po podaniu bodźca akustycznego. Odpowiedź



Rys. 1. Zapis słuchowych potencjałów wywołanych pnia mózgu z zaznaczonymi latencjami i interwałami czasowymi

składa się z kilku fal oznaczonych cyframi rzymskimi. Powszechnie uważa się, że główne miejsca generacji poszczególnych fal są następujące: fala I generowana jest w części dystalnej nerwu słuchowego, fala II w części proksymalnej nerwu, fala III w jądrach ślimakowych, fala IV w zespole oliwki górnej, a fala V w jądrach wstęgi bocznej [13]. Jakakolwiek patologia w obrębie wymienionych struktur anatomicznych może spowodować zmianę morfologii zapisu oraz parametrów czasowych (latencji i interwałów) i amplitud poszczególnych fal. W praktyce klinicznej przy ocenie odpowiedzi koncentrujemy się zasadniczo na ocenie parametrów fal I, III i V. Ogólnie przyjmuje się, że interwał I-III reprezentuje przewodnictwo w nerwie słuchowym, natomiast interwał III-V w pniu mózgu.

Metoda „stosu”

W związku z wysokim kosztem rezonansu magnetycznego oraz ograniczeniami w stosowaniu tej metody u pacjentów z klaustrofobią, wszczepionymi rozrusznikami serca lub metalowymi protezami od wielu lat poszukuje się takich metod stymulacji i analizy odpowiedzi pnia mózgu, które zwiększą czułość tej metody w diagnostyce zaburzeń pozaślismakowych spowodowanych obecnością nerwiaka o średnicy poniżej 1 cm. Sukcesem zakończyły się badania Don'ai wsp. [14,15], którzy opracowali metodę „stosu” (ang. *stacked ABR*), charakteryzującą się bardzo wysoką czułością, porównywalną z metodą MRI. W metodzie tej dokonuje się, w procesach stymulacji i analizy, określonych zabiegów prowadzących do wyrównania wag odpowiedzi pochodzących z różnych przedziałów ślimaka. Metoda opiera się na założeniu, że jakiegokolwiek zaburzenie przewodnictwa w określonej grupie włókien powinno znaleźć odzwierciedlenie w obniżeniu amplitudy fali V w rejonie częstotliwości odpowiadającym częstotliwości charakterystycznej włókien nerwu słuchowego, w obrębie których ma miejsce patologia pozaślismakowa. Dla spełnienia tego założenia konieczne jest, aby aktywności poszczególnych przedzia-

łów ślimaka wchodzące w skład odpowiedzi były takie same. Warunek ten spełniają odpowiedzi rejestrowane metodą „stosu”, która bazuje na rejestracji za pomocą techniki odpowiedzi różnicowych – specyficznych częstotliwościowo odpowiedzi pochodzących z różnych przedziałów ślimaka. Porównanie amplitudy fali V odpowiedzi będącej syntezą odpowiedzi pochodzących z różnych przedziałów ślimaka w uszach normalnych i w uszach z niewielkimi nerwiakami nerwu słuchowego wykazało, że amplituda odpowiedzi pochodzącej z uszu, w których występuje zaburzenie pozaślismakowe, jest niższa niż w odpowiedziach uszu normalnie słyszących. Metoda ta posiada w przypadku małych nerwiaków nerwu VIII taką samą czułość jak metoda MRI z gadolinium. Niestety, bardzo poważną jej wadą, uniemożliwiającą obecnie praktyczne rozpowszechnianie badania, jest znaczna czasochłonność oraz brak odpowiednich urządzeń komercyjnych (poza urządzeniami f-my Nicolet i Bio-logic) obejmujących tę metodę.

Zalecane parametry standardowej metody ABR

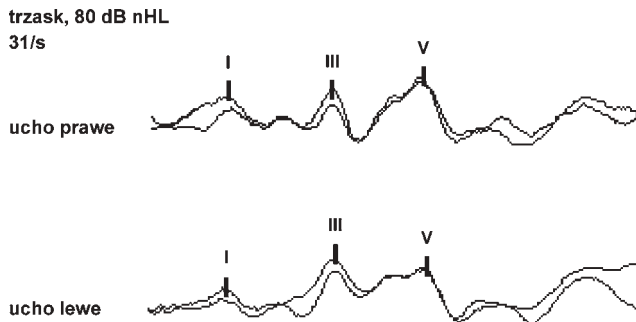
Z uwagi na przedstawione wady metody „stosu” badanie przesiewowe słuchu w kierunku zaburzeń pozaślismakowych oparte jest obecnie w dalszym ciągu na rejestracji odpowiedzi pnia mózgu dla bodźca typu trzask i analizie zasadniczych parametrów odpowiedzi, takich jak interwały I-III i III-V, latencje oraz amplitudy fal I, III i V.

Tabela I. Zalecane parametry badania przesiewowego ABR dla diagnostyki zaburzeń pozaślismakowych

Rodzaj bodźca	Trzask
polaryzacja	ujemna (lub naprzemienna)
intensywność bodźca	80, 90 lub 100 dB nHL
szybkość stymulacji	31/s lub mniejsza
pasmo wzmacniacza	200-2000 Hz
lokalizacja elektrod	dodatnia wysokie czoło ujemna wyrostek sutkowy ucha badanego uziemiająca wyrostek sutkowy ucha przeciwnego
czas analizy	10 ms
liczba odpowiedzi	po 2 z każdego ucha

W tabeli I zestawiono zalecane parametry metody rejestracji słuchowych potencjałów wywołanych pnia mózgu stosowanej w badaniach przesiewowych osób w podejrzeniu zaburzeń pozaślismakowych [1,7,9,16]. W badaniach ABR, których celem jest diagnostyka zaburzeń pozaślismakowych, standardowo stosowany jest bodziec typu trzask o dużej intensywności, który pobudza całą błonę podstawną. Jak pokazują liczne badania, odpowiedź wywołana tym bodźcem pochodzi głównie z zakrętu podstawnego, czyli rejonu wysokich częstotliwości [15]. Z uwagi na charakter pobudzenia badanie to nie może zatem dostarczyć informacji specyficznej częstotliwościowo o przewodnictwie w nerwie słuchowym i pniu mózgu.

W stymulacji zalecana jest polaryzacja ujemna, choć można stosować również polaryzację naprzemienną, która umożliwia łatwiejsze oznaczenie szczytu fali I. Intensywność bodźca powinna standardowo wynosić 80 dB nHL. Jeżeli jednak przy tej intensywności, chociażby z uwagi na spadek czułości słuchu w uchu badanym, nie można oznaczyć wszystkich szczytów odpowiedzi, a szczególnie fali I, to intensywność trzasku należy zwiększyć do 90 lub 100 dB nHL. W niektórych przypadkach, jak chociażby w podejrzeniu neuropatii słuchowej, częstość bodźca może być niższa od zalecanej i wynosić np. 7/s.



Rys. 2. Przykład rejestracji odpowiedzi z obu uszu

Badanie osoby z podejrzeniem zaburzeń pozaślimakowych powinno obejmować przynajmniej 2-krotną rejestrację odpowiedzi dla każdego ucha, tak jak to zostało przedstawione na rys. 2, gdzie odpowiedzi u osoby o słuchu normalnym zarejestrowano wg metody przedstawionej w tabeli I. Odpowiedzi obu uszu cechuje duże podobieństwo i bez trudu można zidentyfikować poszczególne fale zapisu.

Cechy prawidłowej odpowiedzi ABR

Cechy odpowiedzi prawidłowej są następujące:

- prawidłowa morfologia (w odpowiedziach widoczne są fale I, III i V z zachowanymi proporcjami pomiędzy amplitudami poszczególnych fal - amplituda fali V jest największa, nieco mniejsza jest amplituda fali III, a najmniejsza jest amplituda fali I)
- duża powtarzalność odpowiedzi przy zachowaniu takich samych parametrów stymulacji
- prawidłowe wartości interwałów czasowych i latencji
- właściwy stosunek wartości interwałów I-III i III-V (pomimo że wartości interwałów mogą mieścić się w normie, należy sprawdzić czy interwał I-III jest nieznacznie dłuższy, o ok. 0,2-0,4 ms, od interwału III-V).

Górne zakresy normy dla zasadniczych parametrów odpowiedzi osób dorosłych i dzieci w wieku powyżej 2 lat zostały przedstawione w tabeli II.

Wartości parametrów przekraczające podane powyżej granice są podstawą do uznania zapisu odpowiedzi jako nieprawidłowego. W przypadkach gdy podejrzenie

Tabela II. Górny zakres normy dla wybranych parametrów słuchowych potencjałów wywołanych pnia mózgu (wg Hall'a, 1997)

Parametr	Wartość
latencja fali I	≤ 1,9 ms
latencja fali V	≤ 6,2 ms
interwał I-III	≤ 2,6 ms
interwał III-V	≤ 2,4 ms
interwał I-V	≤ 4,6 ms
międzyuszną różnicą wartości interwałów – IID	≤ 0,2 ms
międzyuszną różnicą wartości latencji fali V – ILDV	≤ 0,4 ms
iloraz amplitud fali V/I	≥ 1,5

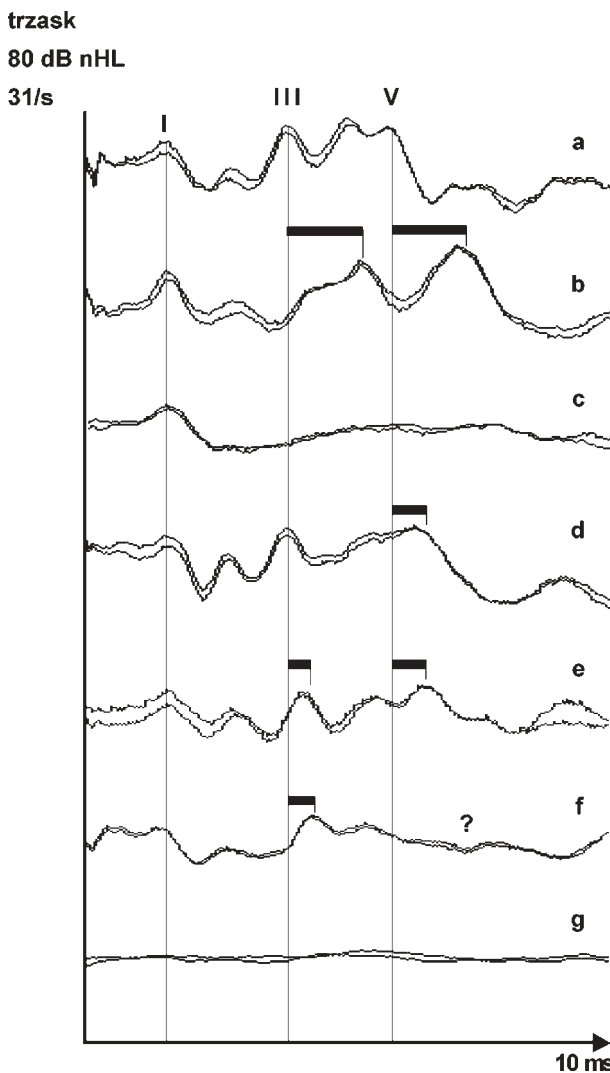
zaburzenia pozaślimakowego dotyczy tylko jednego ucha, a czułość słuchu i parametry odpowiedzi ucha przeciwnego są w normie, to odpowiedzi ucha zdrowego są wykorzystywane jako wartości referencyjne. W tych przypadkach w analizie wyników stosuje się głównie ocenę wartości różnic pomiędzy uszami w zakresie wartości interwałów i latencji fali V. Jeżeli w uchu z podejrzeniem zaburzeń pozaślimakowych występuje spadek czułości w zakresie średnich i wysokich częstotliwości, to należy ten fakt uwzględnić przy porównywaniu latencji fali V pomiędzy uszami. Od wartości latencji fali V w uchu ze spadkiem czułości słuchu należy odjąć wartość poprawki wynikającej z wpływu ubytku ślimakowego na latencję fali V [1,17]. Jeżeli średni ubytek słuchu w zakresie częstotliwości 2000-4000 Hz przekracza 50 dB HL, to na każde 10 dB ubytku powyżej tej granicy należy odjąć poprawkę wynoszącą 0,1 ms. Dopiero skorygowane w ten sposób latencje fali V można porównywać z wartością latencji w uchu referencyjnym.

Przy analizie wartości latencji i interwałów należy również uwzględnić następujące czynniki:

- wpływ wieku (dla dzieci w wieku poniżej 18 miesięcy wartości latencji i interwałów na skutek nie zakończonego procesu mielinizacji włókien nerwowych są dłuższe niż normalnie i dlatego dla różnych przedziałów wiekowych należy się posługiwać odrębnymi normami);
- wpływ płci (odpowiedzi kobiet charakteryzują się nieco krótszymi latencjami i interwałami);
- wpływ temperatury ciała (wzrost temperatury ciała powoduje wzrost szybkości przewodnictwa neuronalnego, a tym samym wartości interwałów I-III i III-V, co oznacza, że na każdy stopień wzrostu temperatury ciała powyżej 37°C należy dodać do interwałów poprawkę wynoszącą 0,2 ms);
- wpływ ubytku wysokoczęstotliwościowego (znacznym ubytek ślimakowy w zakresie wysokich częstotliwości powoduje większe wydłużenie wartości latencji fali I niż V, skutkiem czego wartość interwału I-III jest mniejsza niż w uchu prawidłowym);
- możliwość omyłkowego oznaczenia fali IV jako fali V.

Cechy odpowiedzi ABR w zaburzeniach słuchu typu pozaślimakowego

W uszkodzeniach pozaślimakowych, w zależności od lokalizacji patologii w drodze słuchowej, zapis odpowiedzi może mieć różne cechy. Mogą to być zwiększone jedynie wartości poszczególnych interwałów czasowych, może temu towarzyszyć znaczący spadek amplitudy poszczególnych fal, a przy dużym zaawansowaniu procesu pozaślimakowego może wystąpić sytuacja, że w zapisie odpowiedzi będą niewidoczne niektóre lub wszystkie fale (najczęściej fala V i III).



Rys. 3. Zmiany zapisu słuchowych potencjałów wywołanych pnia mózgu w różnego rodzaju zaburzeniach pozaślimakowych

- a - zapis odpowiedzi ucha normalnie słyszącego
- b - zapis odpowiedzi z ucha z nerwiakiem nerwu VIII o średnicy nie przekraczającej 1,5-2 cm
- c - zapis odpowiedzi z ucha, po stronie którego stwierdzono obecność guza kąta mostowo-mózdkowego o średnicy przekraczającej 1,5-2 cm
- d - zapis odpowiedzi z ucha, po stronie którego stwierdzono ucisk na pień mózgu
- e - zapis odpowiedzi z ucha, po stronie którego stwierdzono obecność procesu demielinizacyjnego w obrębie nerwu słuchowego i pnia mózgu
- f - zapis z ucha, po stronie którego stwierdzono obecność demielinizacji w obrębie pnia mózgu
- g - zapis odpowiedzi w przypadku neuropatii słuchowej

Na rys. 3 przedstawiono odpowiedzi ucha normalnie słyszącego (a) oraz odpowiedzi uzyskane w przypadkach różnego typu zaburzeń pozaślimakowych (b-g) u osób, których czułość słuchu była w normie lub niedosłuch nie przekraczał 40 dB HL. Zapis przedstawiony na rys. 3b jest charakterystyczny dla nerwiaków nerwu słuchowego o niewielkich rozmiarach. Bardzo często w tych przypadkach czułość słuchu pozostaje w normie. Ten typ odpowiedzi można spotkać również, choć niezwykle rzadko, u pacjentów ze stwardnieniem rozsianym. Jeżeli rozrost guza postępuje dalej to zanikają w odpowiedziach kolejno fale V i III (rys. 3c), a w ostateczności również fala I (rys. 3g). Bardzo często w tych sytuacjach można zaobserwować również zmianę wartości interwału III-V po stronie przeciwnej do guza (rys. 3d), co jest skutkiem ucisku pnia mózgu przez masę guza. Taki sam obraz potencjałów można spotkać również u pacjentów ze stwardnieniem rozsianym. Badanie za pomocą rezonansu magnetycznego wykazuje zazwyczaj w tych przypadkach obecność ognisk demielinizacji w obrębie pnia mózgu. Zapis odpowiedzi z rys. 3e jest charakterystyczny dla tych przypadków stwardnienia rozsianego, w których proces demielinizacji obejmuje w takim samym stopniu nerw słuchowy i pień mózgu. Warto podkreślić w tym miejscu, że ten rodzaj odpowiedzi jest typowy dla małych dzieci w wieku poniżej 1,5 roku, u których proces mielinizacji włókien nerwowych nie został zakończony. Jeżeli proces demielinizacji obejmuje w drodze słuchowej struktury w obrębie pnia mózgu, to otrzymujemy charakterystyczny zapis przedstawiony na rys. 3f, w którym przede wszystkim znacznie zmniejszona jest amplituda fali V. Jeżeli doszło do zaburzenia procesów synchronizacji w nerwie słuchowym lub zaburzona jest funkcja synapsy komórki słuchowej zewnętrznej, to nawet przy niewielkim zaburzeniu czułości słuchu, w ogóle nie rejestruje się odpowiedzi, tak jak w przykładzie przedstawionym na rys. 3g. Jest to zapis charakterystyczny dla neuropatii słuchowej. Warto zwrócić uwagę na fakt, że praktycznie w każdym przypadku, poza przykładem z rys. 3g, w odpowiedziach zawsze występowała fala I. Należy jednak podkreślić, że dotyczy to tylko tych uszu, w których czułość słuchu jest w normie lub gdy ubytek słuchu jest niewielkiego stopnia.

Analiza przedstawionych różnych typów odpowiedzi wskazuje na mnogość zmian w zapisach odpowiedzi oraz fakt, że poszczególne typy zapisu mogą być spowodowane różnymi rodzajami procesów chorobowych, które wspólnie określa się mianem zaburzeń pozaślimakowych. Trudno jest zatem, wyłącznie na podstawie zapisu odpowiedzi, w sposób jednoznaczny wskazać z jaką konkretną przyczyną zaburzeń pozaślimakowych mamy do czynienia [9,16]. Niemniej można stwierdzić, że zapis przedstawiony na rys. 3b jest charakterystyczny dla niewielkich nerwiaków, zapis z rys. 3c jest najbardziej charakterystyczny dla guzów kąta mostowo-mózdkowego

o średnicy powyżej 1,5 cm, zapisy z rys. 3d, e i f dla stwardnienia rozsianego, a zapis z rys. 3g – dla neuropatii słuchowej, jeżeli wynik badania audiometrycznego wskazuje na niewielki lub średni ubytek słuchu [18].

Wskazania do wykonania badania przesiewowego ABR

Na badanie przesiewowe w kierunku zaburzeń pozaślیمakowych słuchu metodą słuchowych potencjałów wywołanych pnia mózgu powinni być kierowane osoby:

- z nagłym lub postępującym niedosłuchem,
- z szumami usznymi,
- z incydentami zaburzeń równowagi lub zawrotów głowy,
- u których stwierdza się niezgodność pomiędzy wynikami progowego badania audiometrycznego i audiometrii słownej.

Podsumowanie

Efektywność badania ABR we wczesnej diagnostyce zaburzeń pozaślیمakowych zależy od wielu czynników, m.in. od procedury badania, staranności jego wykonania i doświadczenia osoby oceniającej zapis odpowiedzi [7,9,11,19,20]. Niemniej na podstawie licznych badań, popartych klinicznym doświadczeniem, można z całą pewnością stwierdzić, że przy spełnieniu określonych warunków metoda ta charakteryzuje się bardzo wysoką czułością (bliską 100%) w przypadku nerwiaków nerwu VIII o średnicy większej niż 1 cm [1,6,19]. Dla nerwiaków mniejszych, czułość metody spada (w granicach od 63 do 93%) i stąd metodą przesiewową, a zarazem diagnostyczną, pozostaje w tych przypadkach metoda rezonansu magnetycznego z gadolinium [2,4,6].

Przedstawione powyżej wybrane zagadnienia doty-

czące zastosowania słuchowych potencjałów wywołanych pnia mózgu we wczesnej diagnostyce zaburzeń słuchu typu pozaślیمakowego nie wyczerpują oczywiście tej problematyki, a jedynie wskazują na najważniejsze aspekty, pomocne przy jej praktycznym stosowaniu. Pomimo, że przedstawiona metoda nie pozwala wykryć wszystkich małych nerwiaków, to może ona jednak znacznie zmniejszyć liczbę pacjentów kierowanych na badanie obrazowe za pomocą rezonansu magnetycznego. Należy zatem traktować ją jako metodę przesiewową dla osób z podejrzeniem zaburzeń pozaślیمakowych słuchu. Dodatni wynik badania powinien stanowić podstawę do skierowania pacjenta na badanie za pomocą MRI [3,6,9,12]. Warto podkreślić, że metoda ABR jest nieinwazyjna oraz znacznie tańsza niż MRI, co ma szczególne znaczenie w dzisiejszej kondycji finansowej służby zdrowia. Pozwala ona również wykrywać wiele zaburzeń czynnościowych, które nie zawsze są ujawniane podczas badania MRI, jak chociażby neuropatia słuchowa.

Oczywiście badanie ABR musi stanowić nieodłączny element całego procesu diagnostycznego, który powinien obejmować zarówno badania audiometryczne, jak i obiektywne. Połączenie wszystkich metod pozwala wykrywać nie tylko zaburzenia słuchu spowodowane obecnością procesu rozrostowego, ale również pozostałych typów zaburzeń pozaślیمakowych [9,21]. Dlatego metoda ta pozostaje w dalszym ciągu atrakcyjna dla wielu specjalności medycznych takich jak: otolaryngologia, audiologia, neurologia, neurochirurgia i pediatria.

Biorąc pod uwagę postęp, który nieustannie dokonuje się w dziedzinie potencjałów wywołanych można się spodziewać, że w najbliższym czasie zostaną opracowane inne metody cechujące się czułością zbliżoną do metody rezonansu magnetycznego i do metody „stosu”.

Piśmiennictwo

1. Hall J. Clinical applications. Neurodiagnosis: eight cranial nerve, cerebellopontine angle and extracranial pathology. Wyd. Hall JW, Allyn and Bacon, 1992: 419-474.
2. Josey A, Glasscock M, Musiek F. Correlation of ABR and Medical imaging in patients with cerebellopontine angle tumors. *Am J Otolaryngol* 1988; 9: 12-16.
3. Kotlarz J, Eby T, Borton T. Analysis of the efficiency of retrocochlear screening. *Laryngoscope* 1992; 102: 1108-1112.
4. Wilson D, Hodgson R, Gustafson M, Hogue S, Mills L. The sensitivity of auditory brainstem response testing in small acoustic neuromas. *Laryngoscope* 1992; 102: 961-964.
5. Bauch C, Olsen W, Harner S. Preoperative and postoperative auditory brain-stem response results for patients with eighth-nerve tumors. *Arch Otolaryngol Head Neck Surg* 1990; 116: 1026-1029.
6. Don M, Kwong B. Auditory brainstem response: differential diagnosis (w) *Handbook of clinical audiology*. Fifth edition. Katz J. Ed. Lippincott Williams & Wilkins, 2002: 274-297.
7. Durrant JD, Ferraro JA. Measurement of auditory brainstem evoked potentials. W: *Contemporary Perspectives in Hearing Assessment*. Ed. Musiek FE, Rintelmann WF, Allyn and Bacon, Boston, 1999: 212-235.
8. Eggermont JJ, Don M. Mechanisms of central conduction time prolongation in brain-stem auditory evoked potentials. *Arch Neurol*, 1986; 43: 116-120.
9. Hall III JW, Mueller GH. *Audiologists' desk reference v. I Diagnostic audiology, procedures, and practices*. Singular Publishing Group, San Diego, 1997.
10. Hall J, W. Auditory evoked response measurement principles. W: *Handbook of auditory evoked responses*. Wyd. Hall JW, Allyn and Bacon, 1992: 221-262.
11. Kileny PR, Telian SA, Keming JL. Acoustic neuroma: diagnosis and management. W: *Diagnostic audiology*. Ed. Jacobson JP, Northern JL, Pro-ed, Austin, Texas, 1991: 217-234.
12. Musiek F, Gollegly K. ABR in eighth nerve and low brainstem lesions. W: *The auditory brainstem responses*. Wyd. Jacobson J, Pro-ed, Austin, 1985: 181-202.

13. Moller A, Jannetta P. Neural generators of the auditory brainstem response. W: The auditory brainstem response. Wyd. Jacobson J, Boston, College-Hill Press, 1985: 13-31.
14. Don M, Masuda A, Nelson R, Brackmann D. Successful detection of small acoustic tumors using the stacked derived-band auditory brain stem response amplitude. *Am J Otolaryngol* 1997; 18, 5: 608-621.
15. Don M, Ponton CW, Eggermont JJ, Kwong B. The effects of sensory hearing loss on cochlear filter times estimated from auditory brainstem response latencies. *J Acoust Soc Am* 1998;104, 4: 2280-2289.
16. Jacobson JJ. Principles and applications in auditory evoked potentials. Allyn and Bacon, Boston.
17. Cashman M, Stanton S, Sagle C, Barber H. The effect of hearing loss on ABR interpretation: use of correction factor. *Scand Audiol* 1993; 22: 153-158.
18. Starr A, Sininger Y, Nguyen T, Michalewski HJ, Oba S, Abdala C. Cochlear receptor (microphonic and summating potentials, otoacoustic emissions) and auditory pathway (auditory brain stem potentials) activity in auditory neuropathy. *Ear Hear* 2001; 22, 2: 91-99.
19. Gstoettner W, Neuwirth-Riedl K, Swoboda H, Mostbeck W, Burian M. Specificity of auditory brainstem response audiometry criteria in acoustic neuroma screening as a function of deviations of reference values in patients with cochlear hearing loss. *Eur Arch Otorhinolaryngol*, 1992; 249 (5): 253-256.
20. Thomason J, Murdoch B, Smyth V, Plath B. ABR latency-intensity function abnormality in the early detection of a cerebellopontine angle tumor: a case study. *Scand Audiol* 1993; 22: 57-59.
21. Kochanek K, Tacikowska G, Pierchała K i wsp. Przydatność słuchowych potencjałów wywołanych z pnia mózgu w diagnostyce uszkodzeń słuchu typu pozaślimakowego. Wybrane przypadki kliniczne. *Otolaryngol Pol* 1998; 1: 69-76.

Literatura zalecana

- Hall III J. W. (1992) Handbook of auditory evoked responses, Needham Heights, Allyn and Bacon
- Hall III J. W., Mueller G. H. (1997) Audiologists' desk reference v. I Diagnostic audiology, procedures, and practices, San Diego, Singular Publishing Group
- Musiek F. E., Rintelmann W. F. (1999) Contemporary perspectives in hearing assessment, Boston, Allyn and Bacon