

Analiza korelacji pomiędzy latencją fali V odpowiedzi ABR dla krótkich tonów o intensywności 90 dB nHL i wielkością ubytku słuchu typu ślimakowego

The analysis of correlation between the latency of wave V in ABRs elicited by tone-pips of 90 dB nHL intensity, and the amount of cochlear hearing loss

Krzysztof Kochanek¹, Ewa Orkan-Łęcka², Adam Piłka¹, Lech Śliwa¹

¹ Instytut Fizjologii i Patologii Słuchu, Warszawa

² Akademia Medyczna, Warszawa

Streszczenie

Przy wykorzystaniu słuchowych potencjałów wywołanych pnia mózgu – ABR w diagnostyce zaburzeń pozaślimakowych pojawia się problem wpływu ubytku ślimakowego na analizowane parametry odpowiedzi. Niezależnie od rodzaju bodźca jednym z zasadniczych parametrów odpowiedzi ABR jest latencja fali V. Powszechnie wiadomo, że w odpowiedziach ABR dla trzasku latencja fali V w ubytkach ślimakowych zwiększa się w sposób znaczący dopiero dla ubytków powyżej 50 dB HL. W przypadku odpowiedzi ABR, dla krótkich tonów wpływ ubytku ślimakowego na latencję fali V jest mało poznany, ale w pracach, w których stosowano metody specyficzne częstotliwościowo, obserwowano skrócenie latencji fali V na skutek redukcji czasu filtracji ślimakowej [Don 1998]. W celu oceny wpływu wielkości ubytku słuchu typu ślimakowego na latencję fali V w odpowiedziach wywoływanych krótkimi tonami o częstotliwościach 1000, 2000 i 4000 Hz oraz trzaskiem analizowano funkcję korelację liniową. Wyniki przeprowadzonych analiz wykazały, że dla częstotliwości 1000 i 2000 Hz, w badanym zakresie ubytków słuchu (do 75 dB HL), ubytek nie zmienia w sposób znaczący latencji fali V. Dla 4000 Hz i dla trzasku wpływ ubytku ślimakowego na latencję fali V był istotny.

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

Summary

When using auditory brainstem potentials (ABR) in the diagnosis of retrocochlear hearing loss, one must take into account the influence of cochlear hearing loss on the analyzed parameters of ABRs. Irrespective of the kind of stimulus, one of the essential response parameters is the latency of wave V. It is commonly known that in click-evoked ABRs this latency significantly increases, in the presence cochlear hearing loss, only when the loss is greater than 50dB. In the case when ABRs are elicited by tone pips, the influence of cochlear hearing loss on the latency of wave V is not so well recognized yet. However, some authors who applied frequency specific method have observed a decrease of wave V latency as an effect of reduction of the cochlear filtration time [Don 1998]. In order to evaluate the influence of cochlear hearing loss on latency of wave V in ABRs elicited by tone pips at frequencies of 1000, 2000 and 4000 Hz, the authors applied a correlation analysis. The results have shown that, at frequencies of 1000 and 2000 Hz, the presence of hearing loss had no significant effect on wave V latency in the examined range of hearing losses (up to 75 dB HL). However, at 400 Hz, as well as for click stimuli, the influence of hearing loss on wave V latency was significant.

Key words: auditory brainstem responses, tone pips.

Wprowadzenie

Metoda słuchowych potencjałów wywołanych pnia mózgu – ABR z zastosowaniem trzasku charakteryzuje się bardzo wysoką czułością przy wykrywaniu różnego rodzaju zaburzeń pozaślimakowych słuchu. Według niektórych autorów czułość tej metody nawet w przypadku małych nerwiaków nerwu słuchowego o średnicy poniżej 1 cm [Don 1997; Zappia 1997; El-Kashlan 2000] przekracza 90%. Wiadomo, że do oceny użyteczności klinicznej metod diagnostycznych nie wystarczy jedynie analiza czułości. Poza czułością w praktyce stosuje się szereg innych wskaźników, takich jak specyficzność metody (inaczej swoistość), dodat-

nia wartość predykcyjna oraz odsetek wyników fałszywie dodatnich i fałszywie ujemnych. Dopiero zespół tych wszystkich wskaźników pozwala ocenić w pełni użyteczność kliniczną metody.

W przypadku stosowania metody ABR we wczesnej diagnostyce nerwiaków nerwu słuchowego, czy guzów kąta mostowo-mózdkowego, należy dążyć przede wszystkim do uzyskania wysokiej czułości metody ABR, ale nie pomijać zagadnienia jej specyficzności (odsetek wyników prawdziwie ujemnych). Jeżeli specyficzność metody będzie zbyt niska, wzrośnie odsetek wyników fałszywie dodatnich i duża liczba pacjentów z podejrzeniem zaburzeń pozaślimakowych

będzie kierowana na badanie rezonansu magnetycznego z gadolinium. W związku z tym mogą znacznie zwiększyć się koszty procedury wykrycia nerwiaka nerwu słuchowego.

W przypadku wykorzystania w diagnostyce zaburzeń pozaślimakowych odpowiedzi ABR wywołanych krótkimi tonami jedynym użytecznym parametrem jest latencja fali V. Możliwość wyznaczenia interwałów czasowych I-III i III-V, powszechnie stosowanych w analizie odpowiedzi dla trzasku, jest bardzo ograniczona, bowiem nawet w odpowiedziach uszu normalnie słyszących dość rzadko występuje fala I, a bardzo często stwierdza się również brak fali III. Jest to skutek gorszej jakości odpowiedzi ABR dla krótkich tonów spowodowany przede wszystkim dłuższymi czasami narastania bodźców w porównaniu z bardzo krótkim czasem narastania trzasku. Wiadomo powszechnie, że wzrost czasu narastania krótkiego tonu powoduje zwiększenie latencji poszczególnych fal, spadek szybkości narastania ciśnienia dźwięku, redukcję stopnia synchronizacji odpowiedzi pojedynczych włókien nerwu słuchowego, a co za tym idzie spadek amplitudy oraz częstości występowania poszczególnych fal [Stapells 1981; Hecox 1983; Jacobson 1983; Takagi 1985; Perez-Abalo 1988; Jiang 1991]. W odpowiedziach ABR dla krótkich tonów o stosunkowo dużych wartościach czasów narastania jedynie fala V jest obecna w 100 % przypadków uszu normalnie słyszących. Zatem w pełni użytecznym parametrem stosowanym w analizie odpowiedzi ABR dla krótkich tonów jest jedynie latencja fali V. Jej amplituda, podobnie jak w odpowiedziach ABR dla trzasku, cechuje się dużą zmiennością, co utrudnia jej praktyczne wykorzystanie w analizie odpowiedzi.

W przypadku wykorzystania w analizie latencji fali V u osób z podejrzeniem obecności zaburzeń pozaślimakowych wyniki fałszywie dodatnie mogą być generowane przede wszystkim z uwagi na towarzyszące zaburzeniom pozaślimakowym innego rodzaju ubytki słuchu, które podobnie jak sam ubytek pozaślimakowy mogą powodować zwiększenie wartości latencji fali V. Zatem kluczowym zagadnieniem we wczesnej diagnostyce zaburzeń pozaślimakowych słuchu jest ograniczenie wpływu obecności ubytków towarzyszących zaburzeniom pozaślimakowym na wynik analizy latencji fali V.

Najczęściej zaburzeniom pozaślimakowym słuchu towarzyszą ubytki ślimakowe, które jeżeli są duże, mogą w sposób znaczący zwiększyć latencję fali V. Dlatego niezwykle istotnym zagadnieniem, z uwagi na konieczność ograniczenia ilości wyników fałszywie dodatnich w diagnostyce zaburzeń pozaślimakowych, jest odróżnienie wpływu ubytku ślimakowego i pozaślimakowego na wartość latencji fali V. Wielu autorów zaleca stosowanie u osób z podejrzeniem zaburzeń pozaślimakowych, u których występują spadki czułości słuchu, wskaźników korekcyjnych dla latencji fali V, uwzględniających obecność ubytku ślimakowego [Selters 1977; Hyde 1981; Rosenhamer 1981; Oates (i in.) 1992]. Dopiero skorygowane wartości latencji zaleca się porównywać z wartościami normowymi. W ten sposób zmniejsza się ilość wyników fałszywie dodatnich.

W przypadku trzasku wpływ ubytku słuchu typu ślimakowego na latencję fali V jest dość dobrze poznany i wiadomo, że dopiero dla ubytków przekraczających 50-60 dB HL zmiany latencji są na tyle istotne, że należy stosować wskaźniki korekcyjne. W przypadku odpowiedzi ABR dla

krótkich tonów zmiany latencji fali V, towarzyszące ubytkom ślimakowym, mogą być różne. W zależności od konfiguracji audiogramu [Kochanek 2000] oraz od specyficzności częstotliwościowej metody można obserwować wydłużenie bądź skrócenie latencji [Don 1998]. Skrócenie latencji fali V w ubytkach ślimakowych, które jest obserwowane tylko wtedy gdy odpowiedzi ABR rejestrowane są metodami specyficznymi częstotliwościowymi, niektórzy autorzy wiążą z faktem skrócenia czasu filtracji ślimakowej [Don 1998].

W celu oceny wpływu wielkości ubytku ślimakowego na latencję fali V w odpowiedziach wywołanych krótkimi tonami o częstotliwościach 1000, 2000 i 4000 Hz oraz trzaskiem w niniejszej pracy analizowano funkcję korelacji liniowej pomiędzy latencją fali V i wielkością ubytku słuchu

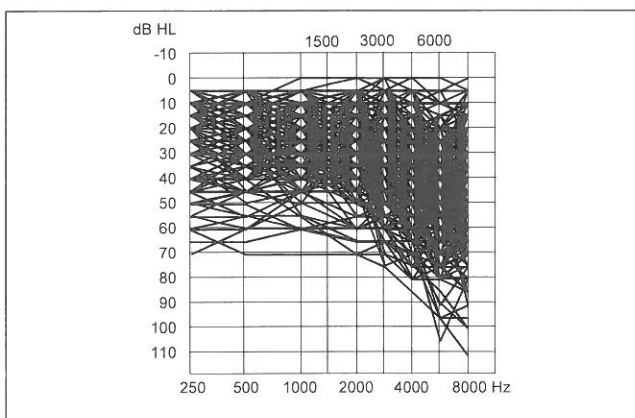
Materiał i metoda

Analizę wpływu wielkości ubytku słuchu na latencję fali V przeprowadzono w grupie 298 uszu z ubytkami słuchu typu ślimakowego. Materiał pracy obejmował 80 kobiet i 69 mężczyzn. Średni wiek badanych osób wynosił 50 +/- 15 lat. Do analizy włączano uszy, w których przynajmniej dla jednej z częstotliwości w zakresie 1000-4000 Hz próg słyszenia był większy od 20 dB HL.

W badaniach stosowano krótkie tony o obwiedni Gaussa o częstotliwościach 1000, 2000 i 4000 Hz oraz bodziec typu trzask. Wartości czasów narastania i opadania krótkich tonów były takie same, jak w pracy Kochanek [2002] i wynosiły: dla częstotliwości 1000 Hz – 4 okresy, dla częstotliwości 2000 i 4000 Hz – 8 okresów. Bodźce prezentowano przez słuchawki nauszne TDH-49 firmy Telephonics z natężeniem wynoszącym 90 dB nHL, z polaryzacją naprzemienną i częstotnością powtarzania 31/s.

Odpowiedzi rejestrowano za pomocą polskiego systemu do badań elektrofizjologicznych słuchu o nazwie „Eptest” z czasem analizy, wynoszącym 20 ms. Pasma wzmacniacza biologicznego wynosiło od 200 do 2000 Hz.

Przedmiotem analizy statystycznej były funkcje korelacji liniowej latencji fali V i ubytku słuchu. W analizie statystycznej stosowano poziomy istotności $p < 0,05$.



Ryc. 1. Indywidualne audiogramy osób z ubytkami słuchu typu ślimakowego

Na ryc. 1 przedstawiono indywidualne audiogramy wszystkich uszu, natomiast w tab. 1 średnie wartości ubytków słuchu dla poszczególnych częstotliwości. Z danych

przedstawionych w tab. 1 wynika, że wielkość ubytku słuchu wzrasta systematycznie wraz ze wzrostem częstotliwości.

Tab. 1. Średnie wartości progu słyszenia

Częstotliwość (Hz)	Próg słyszenia (dB HL)
250	18,1 ± 12,7
500	19,7 ± 13,0
1000	21,3 ± 13,2
2000	24,9 ± 14,7
3000	30,9 ± 16,8
4000	36,2 ± 18,2
6000	44,8 ± 19,7
8000	43,6 ± 21,7

Wartości latencji fali V dla krótkiego tonu o określonej częstotliwości korelowano z wartościami progu słyszenia dla tej samej częstotliwości. W przypadku odpowiedzi dla trzasku latencję fali V korelowano zarówno ze średnią wartością progu słyszenia dla częstotliwości 2000 i 4000 Hz, jak i z wartością progu słyszenia dla 4000 Hz.

Na ryc. 2 przedstawiono diagramy korelacyjne oraz wykresy funkcji korelacji liniowej latencji fali V w funkcji ubytku słuchu dla krótkich tonów i trzasku, przy czym dla trzasku wielkość ubytku słuchu dotyczy średniej wartości progu słyszenia dla częstotliwości 2000 i 4000 Hz. Analiza statystyczna wykazała, że wartości współczynników korelacji liniowej dla częstotliwości 1000 i 2000 Hz są nieistotne statystycznie, natomiast są istotne dla bodźca o częstotliwości 4000 Hz i dla trzasku.

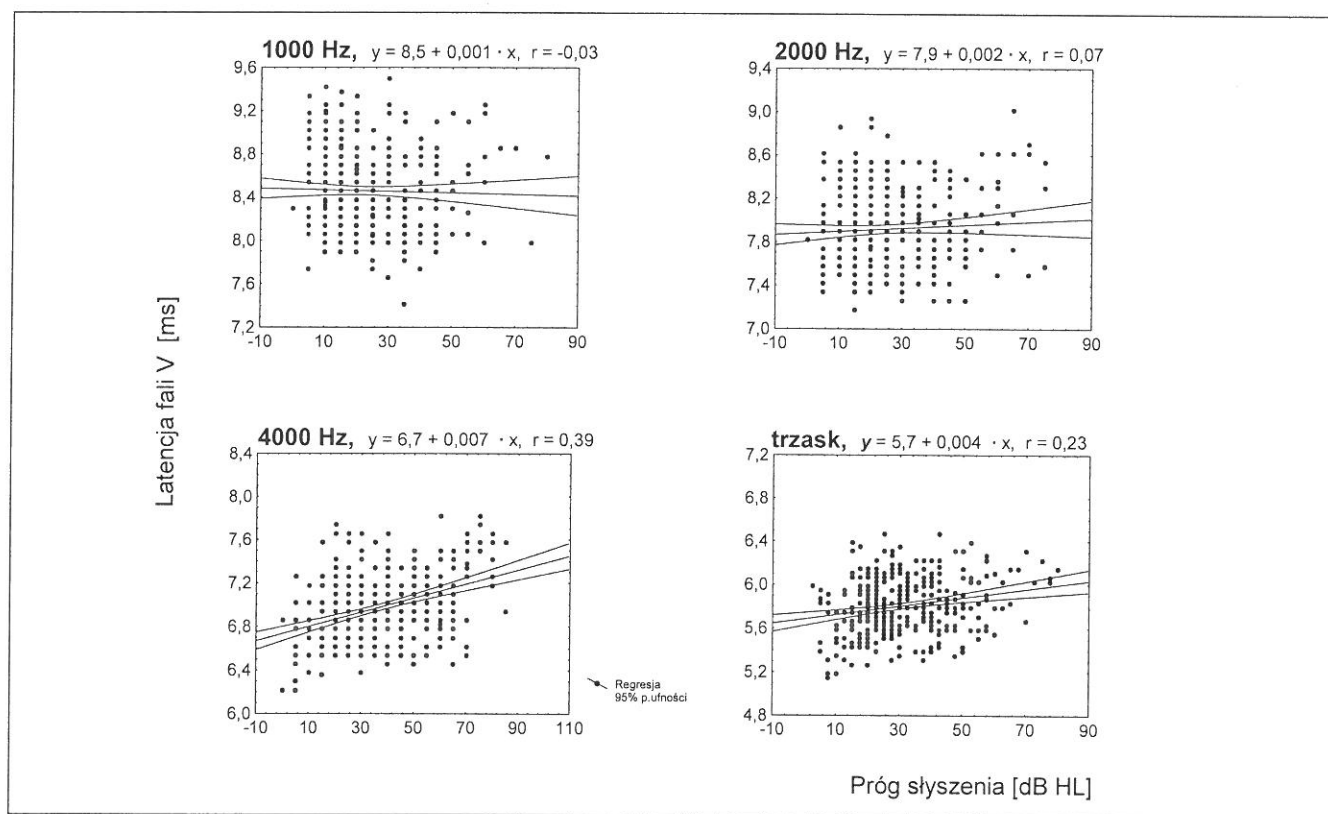
W nawiązaniu do wyników prac innych autorów, dotyczących wpływu wielkości ubytku słuchu na wartości latencji fali V w odpowiedziach dla trzasku [Selters 1977; Hyde 1981;

Rosenhamer 1981], wydzielono dla częstotliwości 4000 Hz i dla trzasku podgrupy uszu z ubytkami mniejszymi i większymi od 50 dB HL. Analiza statystyczna wykazała, że zarówno dla ubytków mniejszych od 50 dB HL, jak i większych wartości współczynników korelacji liniowej były istotne statystycznie, przy czym dla ubytków słuchu powyżej 50 dB HL wartości współczynników korelacji liniowej były większe (tab. 2).

Tab. 2. Wartości współczynników nachylenia wykresów latencji fali V w całej grupie ubytków słuchu oraz w dwóch podgrupach wielkości ubytku

Rodzaj bodźca	Nachylenie wykresu (w ms/10 dB)			Wartość współczynnika korelacji liniowej		
	cała grupa	próg słyszenia		cała grupa	próg słyszenia	
		≤ 50 dB HL	> 50 dB HL		≤ 50 dB HL	> 50 dB HL
4000 Hz	0,07	0,06	0,17	0,39	0,27	0,43
trzask (korelacja ze średnim progiem 2-4 kHz)	0,04	0,04	0,16	0,26	0,17	0,52
trzask (korelacja z progiem 4 kHz)	0,05	0,05	0,13	0,38	0,33	0,54

Zarówno dla trzasku, jak i dla bodźca o częstotliwości 4000 Hz wartości współczynników nachylenia wykresów funkcji korelacji liniowej oraz współczynników korelacji liniowej były większe dla ubytków słuchu powyżej 50 dB HL. Np. dla bodźca o częstotliwości 4000 Hz wartość współczynnika korelacji liniowej dla ubytków poniżej 50 dB HL wynosiła 0,27, natomiast dla ubytków większych 0,43. Stwierdzono również, że silniejsza korelacja latencji fali V dla trzasku z progiem słyszenia występowała w sytuacji,



Ryc. 2. Diagramy korelacyjne i wykresy funkcji liniowej latencji fali V w funkcji ubytku słuchu w połączonych grupach SJ i SO

gdy latencję korelowano z wartością progu słyszenia dla 4000 Hz, a nie ze średnią wartością progu słyszenia w zakresie częstotliwości 2000-4000 Hz. Podobnie jak wartość współczynnika korelacji liniowej również wartość nachylenia wykresu korelacji liniowej wzrastała wraz ze zwiększeniem wielkości ubytku słuchu. Np. dla częstotliwości 4000 Hz wzrost ubytku słuchu spowodował zwiększenie wartości współczynnika nachylenia wykresu korelacji liniowej z 0,06 do 0,17 ms/10 dB.

Dyskusja

Zasadniczym celem pracy była analiza wpływu ubytku ślimakowego na latencję fali V słuchowych potencjałów pnia mózgu, wywoływanych trzaskiem oraz krótkimi tonami o częstotliwościach 1000, 2000 i 4000 Hz. Analiza ta została wykonana pod kątem wyznaczenia poprawek korekcyjnych latencji fali V, związanych z ubytkiem ślimakowym, które powinny być stosowane u osób z podejrzeniem zaburzeń pozaślimakowych, u których występuje jednocześnie ubytek ślimakowy.

Analiza funkcji korelacji liniowej latencji fali V i ubytku słuchu wykazała, że dla częstotliwości 1000 i 2000 Hz wartości współczynników korelacji liniowej są nieistotne statystycznie. Oznacza to, że dla tych częstotliwości ubytki słuchu w zakresie do 75 dB HL nie zwiększają w sposób istotny wartości latencji. Brak zwiększenia istotnego wartości latencji fali V wraz ze wzrostem ubytku słuchu może być spowodowany zmniejszeniem czasu filtracji ślimakowej, na co zwraca uwagę Don [1998]. W pracy Dona, w której stosowano specyficzną częstotliwościowo metodę odpowiedzi różnicowych, stwierdzono zmniejszanie się wartości latencji fali V wraz ze wzrostem ubytku słuchu typu ślimakowego w zakresie częstotliwości 0,7 kHz i 1,4 kHz. Analiza diagramów korelacyjnych, przedstawionych na ryc. 2, pokazuje, że dla częstotliwości 1000 i 2000 Hz występują uszy, dla których przy ubytkach powyżej 50 dB HL wartości latencji są bardzo małe. Zwraca uwagę fakt, że dla częstotliwości 1000 Hz w żadnym przypadku dla ubytków słuchu powyżej 50 dB HL nie występowały latencje dłuższe od wartości latencji dla ubytków mniejszych i dla uszu, w których wartość progu słyszenia była w normie. Pomimo że wartość współczynnika korelacji liniowej dla częstotliwości 1000 Hz były nieistotne statystycznie, można zauważyć tendencję do skracania się wartości latencji wraz ze wzrostem wielkości ubytku słuchu. Być może powyższe obserwacje znalazłyby potwierdzenie w wynikach analiz statystycznych, gdyby w całym materiale liczba uszu z większymi ubytkami była bardziej znacząca.

Dla trzasku i bodźca o częstotliwości 4000 Hz wartości współczynników były istotne statystycznie, a ich wartości były zbliżone do siebie szczególnie wtedy, gdy wartość latencji dla trzasku korelowano z wartością progu słyszenia dla 4000 Hz. Wartości współczynników nachylenia wykresów korelacji liniowej latencji fali V w funkcji ubytku słuchu, wyznaczone w niniejszej pracy dla trzasku i 4000 Hz w całej grupie uszu były nieco niższe niż w pracach innych autorów. Np. w pracy Kochanka [2000] wartość współczynnika nachylenia wynosiła dla trzasku 0,09 ms/10 dB przy intensywności 90 dB nHL, w pracy Oatesa [1992] 0,08 ms/10 dB przy intensywności 95 dB, natomiast w pracy Prossera [1987] 0,07 ms/10 dB. Wydaje się, że nieco niższe wartości

współczynników nachylenia wykresów korelacji liniowej w niniejszej pracy można wiązać z małą liczebnością uszu z dużymi ubytkami słuchu w materiale pracy w porównaniu z materiałem innych autorów.

Dla ubytków słuchu poniżej 50 dB HL wartości współczynników nachylenia wykresów korelacji liniowej były bardzo niewielkie, co oznacza, że można zrezygnować ze stosowania korekcji wartości latencji w przedziale ubytków od 20 do 50 dB HL. Gdyby np. zastosować poprawkę korekcyjną dla latencji fali V dla trzasku w uchu ze średnim ubytkiem słuchu w zakresie częstotliwości 2000-4000 Hz wynoszącym 50 dB HL, to jej wartość wynosiłaby 0,12 ms ($0,04 \text{ ms} \times 3$). Ponieważ wartość ta jest zbliżona do wartości skoku kursora przy oznaczaniu latencji fali V, dlatego z praktycznego punktu widzenia stosowanie takiej poprawki nie ma większego znaczenia.

Przy ubytkach słuchu powyżej 50 dB HL wartości współczynników korelacji liniowej dla trzasku były praktycznie takie same, niezależnie od tego, czy latencję korelowano z progiem słyszenia dla 4000 Hz, czy też ze średnim progiem słyszenia dla częstotliwości 2000 i 4000 Hz. Dla ubytków słuchu powyżej 50 dB HL wartości współczynników nachylenia wykresów korelacji liniowej były ponaddwukrotnie większe w porównaniu z wartościami współczynników dla ubytków poniżej 50 dB HL. Oznacza to, że w dla większych ubytków słuchu występuje silniejszy wpływ ubytku słuchu na wartości latencji fali V niż dla ubytków mniejszych.

Stwierdzenie istotnej korelacji latencji fali V w funkcji ubytku słuchu dla częstotliwości 4000 Hz i dla trzasku oraz znacznie większych wartości współczynników nachylenia wykresów korelacji liniowej dla ubytków powyżej 50 dB HL oznacza konieczność stosowania poprawek korekcyjnych latencji z uwagi na obecność ubytku słuchu w przypadku osób z podejrzeniem zaburzeń słuchu typu pozaślimakowego. Po zaokrągleniu do dziesiątych części po przecinku (z uwagi na typowy skok kursora przy oznaczaniu latencji fali V) wartości współczynników korelacji liniowej dla ubytków powyżej 50 dB HL wynoszą: 0,1 ms/10 dB dla trzasku (korelacja latencji fali V z progiem słyszenia dla 4000 Hz) oraz 0,2 ms/10 dB dla bodźca o częstotliwości 4000 Hz i dla trzasku (korelacja latencji ze średnią wartością progu słyszenia dla 2000 i 4000 Hz).

W przypadku osób z podejrzeniem zaburzeń pozaślimakowych słuchu, u których występują ubytki słuchu powyżej 50 dB HL, należy odjąć wartość poprawki i dopiero skorygowaną wartość latencji porównać z wartością normową. Jeżeli np. dla częstotliwości 4000 Hz wielkość ubytku słuchu wynosi 80 dB HL, to wielkość poprawki dla latencji fali V dla bodźca o częstotliwości 4000 Hz wynosi $0,2 \text{ ms} \times 3 = 0,6 \text{ ms}$. Wartość mnożnika 3 jest związana z wielkością ubytku słuchu (30 dB powyżej granicy 50 dB HL). Jeżeli zatem wartość latencji fali V wynosiła przed korektą np. 7,6 ms, to po korekcie uwzględniającej fakt obecności ubytku ślimakowego o wielkości 80 dB HL latencja fali V wyniesie 7 ms (7,7 - 0,6 ms).

Na podstawie uzyskanych wyników sformułowano następujące wnioski:

- w badanym zakresie ubytków słuchu nie stwierdzono istotnego wpływu wielkości ubytku słuchu na latencję fali V dla bodźców o częstotliwościach 1000 i 2000 Hz

- wpływ ubytku ślimakowego na latencję fali V dla bodźca o częstotliwości 4000 Hz i dla trzasku jest znaczący przy ubytkach słuchu powyżej 50 dB HL

- dla trzasku i krótkiego tonu o częstotliwości 4000 Hz należy stosować poprawki korygujące wartość latencji fali V z uwagi na obecność ubytku ślimakowego przy ubytkach większych od 50 dB HL

Bibliografia

- Don M., Masuda A., Nelson R., Brackmann D. [1997]. Successful detection of small acoustic tumors using the stacked derived-band auditory brain stem response amplitude. „American Journal of Audiology” 18, 5, 608-621.
- Don M., Ponton C. W., Eggermont J. J., Kwong B. [1998]. The effects of sensory hearing loss on cochlear filter times estimated from auditory brainstem response latencies. „Journal of the Acoustical Society of America” 104, 4, 2280-2289.
- El-Kashlan H. K., Eisenmann D., Kileny P. R. [2000]. Auditory brain stem response in small acoustic neuromas. „Ear and Hearing” 21 (3), 257-62.
- 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.
- Hyde M. L., Blair R. L. [1981]. The auditory brainstem response in neuro-otology: perspectives and problems. „The Journal of Otolaryngology” 10 (2), 117-125.
- Jacobson J. [1983]. Effects of rise time and noise masking on tone pip auditory brainstem responses. „Seminars in Hearing” 4, 363-373.
- Jiang Z. [1991]. Intensity effect on amplitude of auditory brainstem responses in human. „Scandinavian Audiology” 20, 41-47.
- Kochanek K. [2000]. Ocena progu słyszenia za pomocą słuchowych potencjałów wywołanych pnia mózgu w zakresie częstotliwości 500-4000 Hz. Rozprawa habilitacyjna. Wydawnictwa Akademii Medycznej w Warszawie.
- Kochanek K., Piłka A., Skarżyński H., Orkan-Łęcka E. [2002]. Wpływ czasu narastania krótkiego tonu na parametry słuchowych potencjałów wywołanych pnia mózgu. „Audiofonologia” 21, 103-112.
- Oates P., Stapells D. R. [1992]. Interaction of click intensity and cochlear hearing loss on auditory brain stem response wave V latency. „Ear and Hearing” 13, 28-34.
- Perez-Abalo M., Valdes-Sosa M., Bobes M., Galan L., Biscay R. [1988]. Different functional properties of on and off components in auditory brainstem responses to tone bursts. „Audiology” 27, 5, 249-259.
- Prosser S., Arslan E. [1987]. Prediction of auditory brainstem wave V latency as a diagnostic tool of sensorineural hearing loss. „Audiology” 26, 179-187.
- Rosenhamer H. J., Lindstrom B., Lundborg T. [1981]. On the use of click-evoked electric brainstem responses in audiological diagnosis. III. Latencies in cochlear hearing loss. „Scandinavian Audiology” 10, 3-11.
- Selters W. A., Brackmann D. E. [1977]. Acoustic tumor detection with brain stem electric response audiometry. „Archives of Otolaryngology” 103 (4), 181-187.
- Stapells D. R., Picton T. W. [1981]. Technical aspects of brainstem-evoked potentials audiometry using tones. „Ear and Hearing” 2, 20-29.
- Takagi K. N., Suzuki T., Kobayashi K. [1985]. Effect of tone-burst frequency on fast and slow components of auditory brain-stem response. „Scandinavian Audiology” 14, 75-79.
- Zappia J. J., O'Connor C. A., Wiet R. J., Dinces E. A. [1997]. Rethinking the use of auditory brainstem response in acoustic neuroma screening. „Laryngoscope” 107 (10), 1388-1392.

Adres do korespondencji

Krzysztof Kochanek
01-914 Warszawa,
ul. Saska 48a m 35