

Krzysztof Kochanek^{1,2}, Grzegorz Janczewski¹,
Henryk Skarżyński^{1,2}, Beata Zakrzewska-Pniewska³,
Andrzej Marchel⁴, Antoni Grzanka², Adam Piłka¹,
Mirosław Jaśkiewicz², Grażyna Tacikowska²

¹Klinika Otolaryngologii Akademii Medycznej

²Instytut Fizjologii i Patologii Słuchu

³Klinika Neurologiczna Akademii Medycznej

⁴Klinika Neurochirurgii Akademii Medycznej
Warszawa

Ocena wielkości maskowania poprzedzającego słuchowych potencjałów wywołanych pnia mózgu w uszach normalnych oraz w ubytkach słuchu typu pozaślimakowego

Forward masking of auditory brainstem responses
in normal and in retrocochlear hearing loss

Słowa kluczowe: słuchowe potencjały wywołane pnia mózgu, adaptacja,
maskowanie poprzedzające

Key words: auditory brainstem responses, adaptation, forward masking

Streszczenie

Celem niniejszej pracy było porównanie wielkości maskowania poprzedzającego słuchowych potencjałów wywołanych pnia mózgu w uszach normalnych i w zaburzeniach słuchu typu pozaślimakowego. Efekt maskowania poprzedzającego oceniano zmianami latencji fali V. W procedurze maskowania poprzedzającego stosowano bodziec typu trzask o intensywności 60 dB nHL. Do maskowania stosowano bramkę szumu szerokopasmowego o intensywności 80 dB SPL i czasie trwania 100 ms. Odstęp między maskerem a trzaskiem wynosił 12 ms, natomiast między trzaskiem a kolejnym maskerem – 200 ms. Badania wykonano w grupie uszu normalnych oraz u osób ze stwardnieniem rozsianym, z nerwiakami nerwu VIII i guzami kąta mostowo-mózdzkowego. W grupie osób o słuchu normalnym średnie zmiany latencji fali V spowodowane maskowaniem wynosiły ok. 1 ms, natomiast w pozostałych grupach osób były statystycznie mniejsze i nie przekraczały 0,6 ms.

Summary

Wave V of auditory brainstem responses were recorded from normal hearing adults and groups of subjects with retrocochlear hearing loss. The group of subjects with retrocochlear hearing loss consists of patients with multiple sclerosis, unilateral acoustic neuroma and cerebello-pontine angle. The diagnosis of retrocochlear hearing loss was based on neurological and audiological examination, electronystagmography investigation, radiological findings, and ABR examination. In a few cases retrocochlear hearing loss was confirmed at surgery. The forward masker was a 100 ms duration, 80 dB SPL broadband noise with forward-masker interval 12 ms. The probe click was presented with intensity of 60 dB nHL, at a repetition rate 3,2/s. The latency shift of wave V induced by changing of masker intensity from 0 to 80 dB SPL was used to assess forward masking effects on ABR. Mean values of wave V latency shift were statistically significant reduced in groups of subjects with retrocochlear hearing loss. On the basis of result 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.

WPROWADZENIE

Badania słuchowych potencjałów wywołanych pnia mózgu – ABR (ang. *auditory brainstem responses*) od wielu lat zajmują znaczące miejsce w diagnostyce zaburzeń słuchu typu pozaślimakowego. Według niektórych autorów czułość ABR w diagnostyce zaburzeń pozaślimakowych, szczególnie w przypadkach nerwiaków i guzów kąta mostowo-mózdkowego średniej i dużej wielkości przekracza 95% [Gstoettner 1992; Kotlarz 1992; Chandrasekhar 1995]. Jednakże w odniesieniu do małych nerwiaków, o średnicy poniżej 1 cm, czułość ABR jest mniejsza, co stwierdzili w swoich retrospektywnych badaniach m.in. Josey [1988] i Wilson [1992].

Od wielu lat poszukuje się nowych metod rejestracji i analizy odpowiedzi pnia mózgu, które zwiększą czułość badań ABR w odniesieniu do wykrywania niewielkich zmian pozaślimakowych. Wiele uwagi poświęcono badaniom adaptacji słuchowych potencjałów wywołanych pnia mózgu metodą, w której bodźce prezentowano z dużą częstotliwością powtarzania, w granicach do 100/s, zakładając że stymulacja ta jest na tyle obciążająca dla układu słuchowego, że pozwoli ujawnić niewielkie zaburzenia pozaślimakowe wcześniej, niż metoda standardowa, w której bodźce są prezentowane z niewielką częstotliwością powtarzania, np. 10/s. Wielkość adaptacji oceniano w tych badaniach najczęściej wartością zmian latencji fali V spowodowanej wzrostem częstotliwości powtarzania bodźców. Wyniki tych badań nie są jednak jednoznaczne. Pomimo, że wielu autorów stwierdza u pacjentów z nerwiakami większe niż u osób normalnie słyszących przyrosty latencji fali V [Josey 1985; Campbell 1987; Freeman 1991; Lightfoot 1992; Tanaka 1996], to jednak niektórzy, jak np. Campbell [1987], zauważają że nieprawidłowy wynik badania adaptacji potwierdza jedynie nieprawidłowy wynik badania ABR dla niskiej częstotliwości powtarzania bodźca.

Alternatywnymi metodami badania adaptacji słuchowej, mało jeszcze rozpowszechnionymi są badania ciągów maksymalnej długości – MLS (ang. *maximum length sequences*) oraz maskowania poprzedzającego – FM (ang. *forward masking*) [Burkard 1983; Burkard 1990]. Wyniki badań ABR z zastosowaniem metody MLS i maskowania poprzedzającego u osób o słuchu normalnym wykazują, że oba sposoby stymulacji stresują układ słuchowy w większym stopniu niż metoda badania adaptacji oparta na tradycyjnej technice uśredniania odpowiedzi dla dużej częstotliwości powtarzania bodźców, czego efektem są znacznie większe zmiany latencji fali V, przekraczające wartość 1 ms [Burkard 1983; Kramer 1982]. Można zatem założyć, że w porównaniu z tradycyjnymi metodami badania adaptacji, metody te okażą się bardziej czułe w diagnostyce zaburzeń słuchu typu pozaślimakowego.

Celem pracy było porównanie wielkości maskowania poprzedzającego słuchowych potencjałów wywołanych pnia mózgu u osób słyszących normalnie oraz u pacjentów z zaburzeniami pozaślimakowymi. We wszystkich uszach, których wyniki badań poddano analizie, czułość słuchu była w granicach normy.

MATERIAŁ I METODA

Badania wykonano w 5 grupach osób:

Grupa A – 38 osób (14 mężczyzn, 24 kobiety) o słuchu normalnym w wieku od 15 do 42 lat.

Grupa B – 11 pacjentów (5 mężczyzn, 6 kobiet) w wieku od 36 do 44 lat ze stwardnieniem rozsianym, z prawidłowymi wynikami standardowych badań ABR.

Grupa C – 11 osób (6 mężczyzn, 5 kobiet) w wieku od 31 do 42 lat ze stwardnieniem rozsianym, z nieprawidłowymi wynikami standardowych badań ABR.

Grupa D – 8 osób (2 mężczyzn, 6 kobiet) w wieku od 18 do 42 lat ze średniej wielkości nerwiakami n. VIII (AN) i guzami kąta mostowo-mózdkowego (CPA) o średnicy od 1 do 2,5 cm.

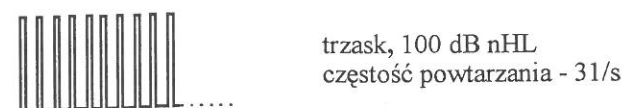
Grupa E – 5 osób (3 mężczyzn, 2 kobiety) w wieku od 18 do 45 lat z dużymi guzami kąta mostowo-mózdkowego o średnicy od 2,5 do 6 cm.

Ponieważ u pacjentów z grupy E po stronie guza nie uzyskiwano odpowiedzi ABR lub co najwyżej rejestrowano jedynie falę I, dlatego do analizy statystycznej włączono wyniki badań ucha przeciwnego. W grupie osób, które włączono do analizy, średnie wartości progu słyszenia w zakresie częstotliwości od 250 do 8000 Hz nie przekraczały 20 dB HL. Pozaślimakowe uszkodzenie słuchu rozpoznawano na podstawie badań: neurologicznych, audiologicznych, elektronystagmografi-cznych, radiologicznych (TK i MRJ) i na podsta-

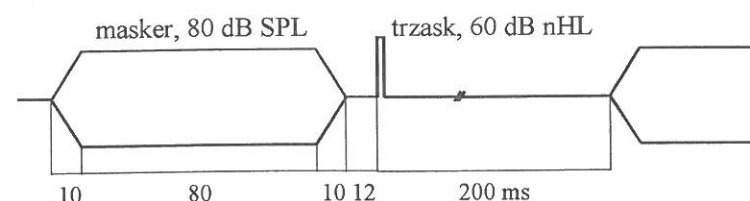
wie wyników konwencjonalnych badań ABR. W grupach D i E obecność nerwiaków n. VIII i guzów kąta mostowo-mózdkowego potwierdzono śródoperacyjnie.

Badania ABR prowadzono dwoma metodami: standardową oraz procedurą maskowania poprzedzającego (ryc. 1). W obu metodach stosowano bodziec

Procedura standardowa



Procedura maskowania poprzedzającego



Ryc. 1. Parametry procedury standardowej i maskowania poprzedzającego w badaniach słuchowych potencjałów wywołanych pnia mózgu

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 wynosiło od 200 do 2000 Hz. Srebrne elektrody miseczkowe były umieszczane na czole, na wyrostku sutkowym ucha badanego oraz na wyrostku sutkowym ucha przeciwnego (elektroda uziemiająca). 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. W badaniach ABR procedurą maskowania poprzedzającego trzask prezentowano z intensywnością 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 między bodźcem i kolejnym maskerem 200 ms. Podobną procedurę badania stosowali Kramer [1982], Burkard [1982] oraz Lasky [1992]. Do kontroli bodźców stosowano wzmacniacz pomiarowy 2607 i sztuczne ucho typ 4153 firmy Brüel & Kjaer oraz oscyloskop.

Wielkość adaptacji słuchowej oceniano za pomocą zmian latencji fali V. Wartość przyrostu latencji fali – DL wyznaczano jako różnicę latencji fali V

odpowiedzi z maskerem i bez maskera. W analizie statystycznej stosowano test t z poziomem istotności $p < 0,05$.

WYNIKI

W tab. 1 przedstawiono wartości średnie i odchylenie standardowe interwałów czasowych I-III, III-V i I-V w poszczególnych grupach osób. Nie stwierdzono istotnych statystycznie różnic między wartościami interwałów czasowych w grupie A i B. W odniesieniu do wartości interwałów osób o słuchu normalnym w sposób istotny statystycznie większe były wartości wszystkich interwałów w grupach C i D oraz wartości interwałów III-V i I-V w grupie E.

Ryc. 2 przedstawia przykład rejestracji ABR metodą standardową oraz procedurą maskowania poprzedzającego u osoby o słuchu normalnym. Latencje

Tab. 1. Średnie wartości i odchylenie standardowe ($\bar{x} \pm s.d.$) interwałów czasowych I-III, III-V i I-V w poszczególnych grupach osób

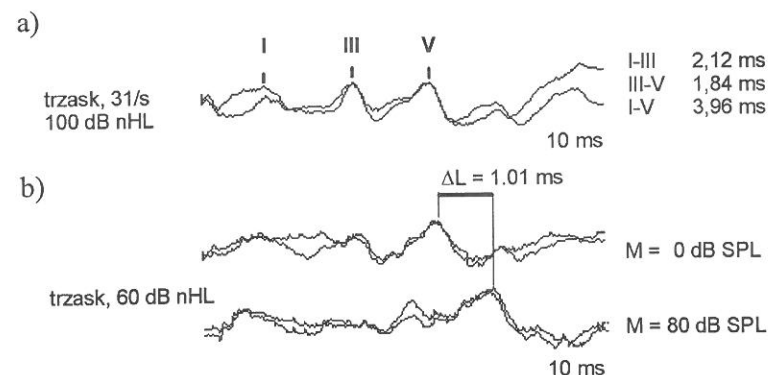
	<i>n</i>	I-III	III-V	I-V
Grupa A	38	$2,21 \pm 0,11$	$1,88 \pm 0,13$	$4,09 \pm 0,15$
Grupa B	11	$2,14 \pm 0,11$	$1,84 \pm 0,11$	$3,89 \pm 0,14$
Grupa C	11	$2,43 \pm 0,28^*$	$2,19 \pm 0,26^*$	$4,62 \pm 0,22^*$
Grupa D	8	$2,96 \pm 0,48^*$	$1,99 \pm 0,15^*$	$4,95 \pm 0,50^*$
Grupa E	5	$2,32 \pm 0,21$	$2,19 \pm 0,29^*$	$4,44 \pm 0,31^*$

* $p < 0,05$

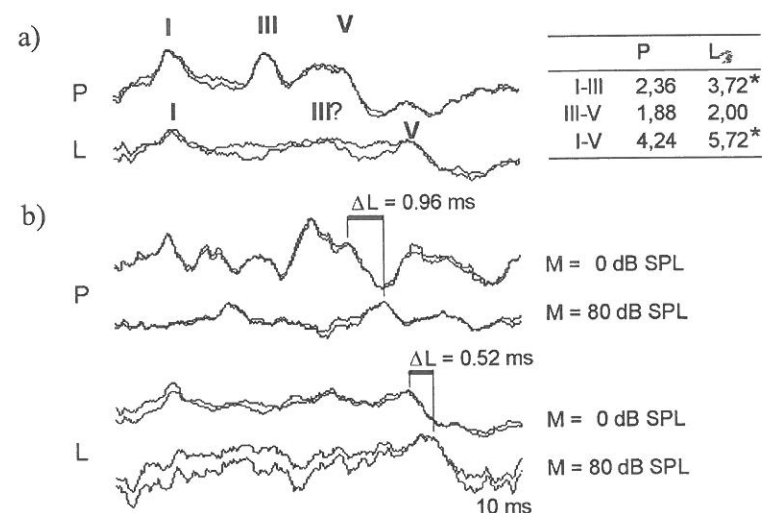
cje i interwały czasowe odpowiedzi zarejestrowanych w metodzie standardowej są w granicach normy. W odpowiedziach zarejestrowanych procedurą maskowania poprzedzającego zmiany latencji fali V – ΔL wywołane obecnością maskera wynosiły ok. 1 ms, natomiast nie zmieniła się amplituda fali V. W całej grupie osób o słuchu normalnym przyrosty latencji fali V zawierały się w granicach od 0,85 do 1,3 ms.

Ryc. 3 przedstawia wyniki badań ABR u 38-letniej kobiety (grupa D) bez subiektywnych objawów wskazujących na zaburzenia w narządzie słuchu, u której stwierdzono obecność 3 cm nerwiaka nerwu VIII po stronie lewej. Próg słyszenia był obustronnie w granicach normy. Wartości interwałów czasowych wyznaczonych w standardowym badaniu były prawidłowe w prawym uchu, natomiast w uchu lewym wydłużone były interwały I-III i III-V. Przyrost latencji fali V spowodowany maskowaniem był prawidłowy w uchu prawym i zmniejszony do 0,52 ms w uchu lewym.

Ryc. 4 przedstawia wyniki badań ABR u kobiety w wieku 39 lat, chorej od 17 lat na stwardnienie rozsiane (grupa B). W standardowym badaniu



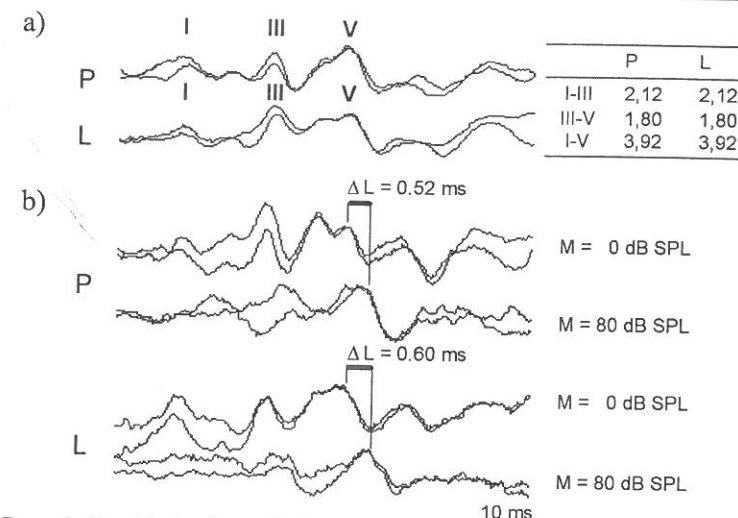
Ryc. 2. Przykład rejestracji ABR u osoby o słuchu normalnym dwoma procedurami: a) procedura standardowa, b) procedura maskowania poprzedzająca



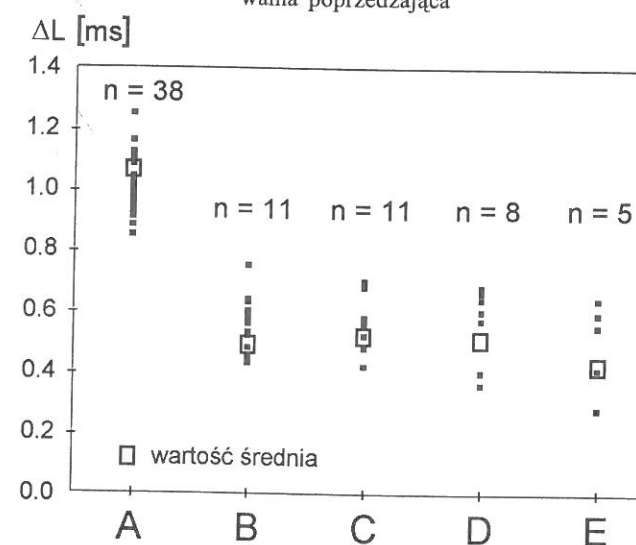
Ryc. 3. Przykład rejestracji ABR u osoby z nerwiakiem nerwu VIII po stronie lewej dwoma procedurami: a) procedura standardowa, b) procedura maskowania poprzedzająca

wartości interwałów czasowych były prawidłowe w obu uszach natomiast przyrost latencji fali V był zmniejszony do 0,6 ms w uchu prawym i 0,52 ms w uchu lewym.

Na ryc. 5 przedstawiono rozkład oraz średnie wartości przyrostów latencji fali V – ΔL w poszczególnych grupach osób, natomiast w tabeli II zakresy zmian przyrostów – ΔL , ich wartości średnie oraz odchylenie standardowe. Największe zmiany latencji występowały u osób o słuchu normalnym, natomiast w pozostałych grupach wartości ΔL były w sposób istotny statystycznie mniejsze.



Ryc. 4. Przykład rejestracji ABR u osoby ze stwardnieniem rozszanym dwoma procedurami: a) procedura standardowa, b) procedura maskowania poprzedzająca



Ryc. 5. Rozrzut i średnie wartości przyrostów latencji fali V w badaniu maskowania poprzedzającego w poszczególnych grupach osób: grupa A osoby o słuchu normalnym, B – grupa pacjentów ze stwardnieniem rozszanym i prawidłowym wynikiem standardowego badania ABR, grupa C – osoby ze stwardnieniem rozszanym i nieprawidłowym wynikiem standardowego badania ABR, grupa D – osoby z nerwiakami n. VIII i guzami kęta mostowo-mózdkowego średniej wielkości, grupa E – osoby z dużymi guzami z obustronnie nieprawidłowymi wynikami badań ABR, prezentowane wyniki dotyczą ucha przeciwnego do guza

Tab. 2. Zakres zmian, wartości średnie i odchylenie standardowe przyrostów latencji fali V – ΔL w poszczególnych grupach osób

	n	zakres	$\bar{x} \pm s.d.$
Grupa A	38	0,85-1,30	1,01 $\pm$ 0,09
Grupa B	11	0,43-0,75	0,56 $\pm$ 0,09*
Grupa C	11	0,42-0,70	0,58 $\pm$ 0,10*
Grupa D	8	0,36-0,68	0,57 $\pm$ 0,12*
Grupa E	5	0,28-0,64	0,49 $\pm$ 0,15*

*) – $p < 0,05$

DYSKUSJA

Wyniki dotychczasowych badań ABR prowadzonych procedurą maskowania poprzedzającego w uszach normalnych, wskazują że maskowanie powoduje wzrost latencji poszczególnych fal, większy dla fali V niż dla fali I oraz redukcję ich amplitud [Burkard 1983; Kramer 1982a; Lasky 1991, 1993]. Amplituda fali V zmniejsza się w niewielkim stopniu lub prawie w ogóle, natomiast znacznie obniża się amplituda fali I [Kramer 1982b]. Maskowanie poprzedzające powoduje również wzrost wartości interwałów czasowych, przy czym w większym stopniu interwału III-V niż interwału I-III, co przez wielu autorów jest interpretowane jako dowód wskazujący na obecność czynnika centralnego w procesie adaptacji.

Średnie wartości przyrostów latencji fali V spowodowane maskowaniem poprzedzającym w grupie uszu normalnie słyszących wynosiły ok. 1 ms i są zgodne z wynikami prac Kramera i Teasa [1982a] oraz Burkarda i Hecoxa [1983], którzy stosowali procedury maskowania poprzedzającego o podobnych parametrach. Przyrosty te są większe, niż zmiany latencji fali V stwierdzane w badaniach adaptacji prowadzonych procedurą standardową, w których stosowano zwiększoną częstość powtarzania bodźca. Na przykład w badaniach Jacobsona [1989] średni przyrost latencji fali V spowodowany wzrostem częstości powtarzania trzasku od 21 do 81/s wynosił 0,56 ms, w pracy Jianga [1991] – 0,7 ms przy zmianie częstości powtarzania z 10 do 90/s oraz w pracy Lina-Granade [1994] – 0,58 ms, przy zmianie częstości powtarzania trzasku z 10 do 100/s. Można zatem powiedzieć, że w przypadku uszu normalnie słyszących procedura maskowania poprzedzającego jest dla układu słuchowego „bodźcem” silniej stresującym niż procedura zwiększonej częstości powtarzania bodźca i pozwala w szerszym zakresie ocenić dynamikę procesu adaptacji.

W niniejszej pracy u wszystkich osób z nerwiakami nerwu VIII oraz guzami kąta mostowo-mózdkowego średniej wielkości (grupa D) przyrost latencji fali V był mniejszy niż w uszach normalnie słyszących. W podobnym

stopniu zmniejszona była wartość ΔL w odpowiedziach rejestrowanych po stronie przeciwnej do guza w grupie osób z guzami kąta mostowo-mózdkowego o dużej średnicy (grupa E). Ucisk ze strony guza na pień mózgu był na tyle duży, że w konwencjonalnym badaniu ABR stwierdzono wzrost wartości interwału III-V po stronie przeciwnej do guza. Również u osób ze stwardnieniem rozsianym, u których w badaniu standardowym stwierdzono wzrost wartości wszystkich interwałów czasowych, zmiany latencji fali V były mniejsze niż w grupie uszu normalnie słyszących. Zatem we wszystkich przypadkach, w których stwierdzono wzrost wartości interwałów czasowych w standardowych badaniach ABR, zmiany latencji fali V w badaniu procedurą maskowania poprzedzającego była mniejsze. Oznacza to, że wielkość adaptacji zmniejsza się w zaburzeniach przewodnictwa w nerwie słuchowym i pniu mózgu, co można wiązać z redukcją liczby aktywnych neuronów lub z zaburzeniami w pracy mechanizmów synchronizacji.

Ponieważ w dostępnym piśmiennictwie nie opublikowano dotychczas wyników prac dotyczących oceny wielkości maskowania poprzedzającego słuchowych potencjałów wywołanych pnia mózgu w zaburzeniach słuchu typu pozaślimakowego, dlatego wyniki niniejszej pracy można odnieść jedynie do wyników prac, w których adaptację badano metodą zwiększonej częstości powtarzania bodźca. Porównanie wyników badań adaptacji dwoma metodami wykazuje, że pozostają one w pewnej sprzeczności. W pracach, w których wielkość adaptacji badano metodą zwiększonej częstości powtarzania bodźca obserwowano większe przyrosty latencji fali V w zaburzeniach pozaślimakowych niż w uszach normalnie słyszących [Josey 1985; Campbell 1987; Lightfoot 1992; Tanaka 1996]. W niektórych przypadkach stwierdzano nawet brak fali V przy wzroście częstości powtarzania bodźca [Lightfoot 1992]. Wyniki przeprowadzonych badań wskazują, że maskowanie poprzedzające w odniesieniu do zmian latencji fali V powoduje efekt zupełnie odwrotny. Przyrosty latencji są mniejsze w uszach z ubytkami słuchu typu pozaślimakowego niż w uszach o słuchu normalnym. Odmienne zachowanie się przyrostów latencji fali V w obu metodach, w odniesieniu do tego samego rodzaju ubytku słuchu, świadczy być może o tym, że mechanizmy odpowiedzialne za zmiany latencji fali V w obu metodach badania adaptacji nie są zupełnie takie same.

Wyniki niniejszej pracy wskazują na obecność interakcji pomiędzy skutkami zaburzeń pozaślimakowych w układzie słuchowym i efektami maskowania poprzedzającego. Zaburzenie przewodnictwa w nerwie słuchowym lub pniu mózgu spowodowane obecnością guza lub demielinizacją nie zwiększa przyrostu latencji fali V spowodowanego adaptacją, obserwowanego w uszach normalnie słyszących. Nie występuje proces sumowania przyrostów latencji fali V spowodowanych zaburzeniami pozaślimakowymi i maskowaniem poprzedzającym, co oznacza, że mechanizmy maskowania poprzedzającego

mają lokalizację nie tylko obwodową, ale również centralną (nerw słuchowy, jądra ślimakowe, zespół oliwki górnej, jądra wstęgi bocznej). W wielu pracach dotyczących wpływu maskowania poprzedzającego oraz dużej częstości powtarzania bodźca na parametry ABR, wykazano, że w wyniku procesu adaptacji dochodzi do zwiększenia latencji poszczególnych fal oraz do wzrostu wartości interwałów czasowych słuchowych potencjałów wywołanych pnia mózgu, co jest interpretowane jako dowód obecności czynników obwodowych i centralnych w procesie adaptacji [van Olphen 1979; Kramer 1982; Lina-Granade 1994]. Stwierdzona interakcja pomiędzy skutkami zaburzeń przewodnictwa w nerwie słuchowym i pniu mózgu oraz efektami maskowania poprzedzającego wydaje się potwierdzać wnioski płynące z tych prac.

W dobie coraz doskonalszych metod chirurgicznych, pozwalających oszczędzić słuch chorego z nerwiakiem nerwu słuchowego, konieczne jest stosowanie i rozwój metod diagnostycznych umożliwiających wykrycie nerwiaka, gdy jego wielkość nie przekracza 1 cm. Stosowana powszechnie w Polsce tomografia komputerowa w przypadku tak małych nerwiaków jest zawodna. W krajach Europy Zachodniej i USA metodą z wyboru, we wcześniejszej diagnostyce uszkodzeń pozaślimakowych słuchu, staje się badanie za pomocą rezonansu magnetycznego z kontrastem typu gadolinium [Jackler 1990; Selesnic 1993]. Badanie to pozwala wykryć nerwiaki wielkości kilku milimetrów. Jest to metoda kosztowna, zatem nie może być powszechnie stosowana w każdym przypadku podejrzenia nerwiaka [Kotlarz 1992]. Poszukuje się skutecznych metod przesiewowych, które pozwolą zmniejszyć liczbę pacjentów, z podejrzeniem nerwiaka lub guza kąta mostowo-mózdkowego, kierowanych na badanie za pomocą rezonansu magnetycznego. Tą metodą może być badanie potencjałów pnia mózgu, pod warunkiem, że zwiększy się jego czułość w odniesieniu do małych nerwiaków wykrywanych za pomocą MRJ. Jedną z czułych metod wydaje się być badanie ABR techniką „sumowania odpowiedzi różnicowych”, której skuteczność w odniesieniu do detekcji niewielkich nerwiaków nerwu VIII wykazał Don [1997].

Być może taką metodą okaże się również badanie ABR procedurą maskowania poprzedzającego. Przedstawione wyniki badań wykazały, że przyrosty latencji fali V był mniejszy nie tylko w przypadkach zaburzeń pozaślimakowych, w których stwierdzono zwiększone wartości interwałów czasowych, ale również w grupie osób ze stwardnieniem rozsianym, w której wyniki standardowych badań ABR były prawidłowe. Być może nieprawidłowy przebieg zjawiska maskowania poprzedzającego pozwolił ujawnić w tej grupie pacjentów obecność subklinicznych zmian w pniu mózgu, których nie wykryto w standardowym badaniu ABR. Jest jednak oczywiste, że do wyciągnięcia ostatecznych wniosków dotyczących czułości metody konieczne jest prowadzenie dalszych badań tej grupy pacjentów w celu oceny korelacji wyników otrzymanych w badaniach ABR z ich stanem klinicznym.

Porównanie wyników badania adaptacji w grupach uszu normalnych i z ubytkami pozaślimakowymi wykazało, że tworzą one odrębne zbiory (ryc. 5). Można zatem w oczywisty sposób wyznaczyć granice normy i patologii pozaślimakowej. Na podstawie otrzymanych wyników można przyjąć, że wartość $\Delta L = 0,8$ ms różnicuje w sposób jednoznaczny normę od patologii pozaślimakowej. Z klinicznego punktu widzenia oznacza to, że osoby z normalną czułością słuchu i przyrostem latencji fali V w badaniu maskowania poprzedzającego mniejszym niż 0,8 ms mogą być kwalifikowane do grupy osób z podejrzeniem zaburzeń pozaślimakowych.

Z uwagi na ograniczoną liczbę przypadków, trudno jest obecnie formułować ostateczne wnioski dotyczące przydatności klinicznej opracowanej metody we wczesnej diagnostyce zaburzeń słuchu typu pozaślimakowego. Konieczne są dalsze badania na większej liczbie osób z normalną czułością słuchu i podejrzeniem zaburzeń pozaślimakowych, które umożliwią pełniejszą ocenę korelacji wyników badań ABR metodami standardowymi i procedurą maskowania poprzedzającego.

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.
- Burkard R., Shi Y., Hecox K. E., 1990a: A comparison of maximum length and Legendre sequences for the derivation of brain-stem auditory-evoked responses at rapid rates of stimulation. *J. Acoust. Soc. Am.*, 87, 1656-1664.
- Burkard R., Shi Y., Hecox K. E., 1990b: Brain-stem auditory-evoked responses elicited by maximum length sequences: effect of simultaneous masking noise. *J. Acoust. Soc. Am.*, 87, 1665-1672.
- Campbell K., Abbas P., 1987: The effect of stimulus repetition rate on the auditory brainstem response in tumour and nontumour patients. *J. Speech. Hear. Res.*, 30, 494-502.
- Chandrasekhar S., Brackmann D., Devgan K., 1995: Utility of auditory brainstem response audiometry in diagnosis of acoustic neuromas. *Am. J. Otol.*, 16, 1, 63-67.
- 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.
- Freeman S., Sohmer H., Silver S., 1991: The effect of stimulus repetition rate on the diagnostic efficacy of the auditory nerve-brain stem evoked response. *Electroenceph. Clin. Neurophysiol.*, 78, 284-290.
- Gstoettner W., Neuwirth-Riedl K., Swoboda H., Mostbeck W., Burian M., 1992: 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.*, 249, 5, 253-256.
- 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.
- Jacobson G., Newman C., 1989: Absence of rate-dependent BAEP P5 latency changes in patients with definite multiple sclerosis: possible physiological mechanisms. *Electroenceph. Clin. Neurophysiol.*, 74, 19-23.

- Jiang Z., Wu Y., Zheng W., Sun D., Feng L. Liu X., 1991: The effect of click rate on latency and interpeak interval of the brain-stem auditory evoked potentials in children from birth to 6 years. *Electroenceph. Clin. Neurophysiol.*, 80, 60-64.
- Josey A., 1985: Auditory brainstem response in site of lesion testing. W: Katz J. ed. *Handbook of clinical audiology*. Williams and Wilkins, Baltimore, 534-548.
- Josey A., Glascock M., Musiek F., 1988: Correlation of ABR and medical imaging in patients with cerebellopontine angle tumors. *Am J Otol.*, 9, 12-16.
- Kotlarz J., Eby T., Borton T., 1992: Analysis of the efficiency of retrocochlear screening. *Laryngoscope*, 1108-1112.
- Kramer S., Teas D., 1982a: Forward masking of auditory nerve and brainstem responses using high-pass noise maskers. *Hear Res.*, 8, 317-337.
- 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.
- Lasky R., 1991: The effect of rate and forward masking on human adult and newborn auditory evoked brainstem response thresholds. *Dev. Psychobiol.*, 24, 51-64.
- Lasky R., 1993: The effect of forward masker duration, rise/fall time, and integrated pressure on auditory brain stem evoked responses in human newborns and adults. *Ear Hear.*, 14, 95-103.
- Lightfoot G., 1992: ABR screening for acoustic neuromata: the role of rate-induced latency shift measurements. *Br. J. Audiol.*, 26, 217-227.
- Lina-Granade G., Collet L., Morgon A., 1994: Auditory-evoked brainstem responses elicited by maximum-length sequences in normal and sensorineural ears. *Audiology*, 33, 218-236.
- Patterson J., Kistler D., Hecox K., 1985: The effect of broadband noise on brainstem auditory evoked response. paper presented at the meeting of the American Speech-Language-Hearing Association, Washington, D. C.
- Selesnic S., Jackler R., Pitts L., 1993: The changing clinical presentation of acoustic tumors in the MRI era. *Laryngoscope*, 103, 431-436.
- Tanaka H., Komatsuzaki A., Hentona H., 1996: Usefulness of auditory brainstem responses at high stimulus rates in the diagnosis of acoustic neuroma. *ORL J. Otorhinolaryngol. Relat. Spec.* 58, 224-228.
- Van Olphen A., Rodenburg M., Vervey C., 1979: Influence of the stimulus repetition rate on brain-stem-evoked responses in man. *Audiology*, 18, 388-394.
- Wilson D., Hodgson R., Gustafson M., Hogue S., Mills L., 1992: The sensitivity of auditory brainstem response testing in small acoustic neuromas. *Laryngoscope*, 102, 961-964.