

Porównanie progów i latencji fali V słuchowych potencjałów wywołanych pnia mózgu dla stymulacji powietrznej i kostnej u dzieci z prawidłowym słuchem

Comparison of thresholds and latencies of wave V of auditory brainstem responses elicited by air- and bone-conduction stimulation in normal hearing children

KARINA MRUGALSKA-HANDKE^{1,2/}, ANDRZEJ STEFANIAK^{1/}, ADAM PIŁKA^{3/}, KRZYSZTOF KOCHANEK^{3/}

^{1/} NZOZ Laryngologia i Aparaty Słuchowe w Poznaniu

^{2/} Uniwersytet im. Adama Mickiewicza w Poznaniu

^{3/} Instytut Fizjologii i Patologii Słuchu w Warszawie

Wprowadzenie. Kluczową rolę we wczesnej diagnostyce u małych dzieci odgrywa badanie słuchowych potencjałów wywołanych pnia mózgu (ABR), które w praktyce klinicznej wykonuje się prawie wyłącznie przy zastosowaniu stymulacji na drodze przewodnictwa powietrznego. Jednak w niektórych sytuacjach klinicznych, takich jak: mikrocja czy wrodzona atrezja, istnieje konieczność oceny progu słyszenia również na drodze przewodnictwa kostnego.

Cel pracy. Celem pracy było porównanie latencji i progu fali V dla przewodnictwa powietrznego i kostnego dla trzasku i bodźca o częstotliwości 1000 Hz.

Materiał i metody. Badaniem objęto grupę 40 dzieci w wieku 9-12 lat z prawidłowym słuchem. Odpowiedzi ABR dla obu rodzajów bodźców i stymulacji rejestrowano procedurą szeregu natężeniowego ze skokiem 10 dB.

Wyniki. Analiza statystyczna nie wykazała istotnych różnic statystycznych pomiędzy latencjami uzyskanymi podczas rejestracji odpowiedzi ABR na drodze przewodnictwa powietrznego i kostnego, bez względu na rodzaj stosowanego bodźca. Wartości różnic pomiędzy progami wyznaczonymi w badaniu ABR dla 1000 Hz i trzasku a progami audiometrycznymi dla tego samego zakresu częstotliwości nie przekraczały 10 dB.

Wnioski. Cechy odpowiedzi ABR dla trzasku i bodźca o częstotliwości 1000 Hz są zbliżone dla obu rodzajów przewodnictwa.

Słowa kluczowe: słuchowe potencjały wywołane pnia mózgu, próg słyszenia, przewodnictwo powietrzne, przewodnictwo kostne

Introduction. Auditory brainstem responses (ABR) play a key role in early diagnosis in children. In clinical practice, they are usually measured by applying air-conduction stimulation. However, in some cases, such as microtia or congenital atresia, there is a need to evaluate auditory threshold also by bone conduction.

Aim. The aim of the study was to compare the latency and threshold of wave V evoked by a click and a 1000 Hz tone pip for air and bone conduction.

Material and methods. A group of 40 normal-hearing children at the age between 9 and 12 were examined. ABRs were recorded for both stimuli and conduction types at stimulus intensities varied in 10 dB steps.

Results. Statistical analysis did not reveal any significant differences between the latencies measured in ABRs evoked by air and bone conduction, irrespective of the kind of stimulus applied. The differences between ABR and audiometric thresholds determined for the 1000 Hz and click stimuli at respective frequency ranges were within 10 dB.

Conclusions. The characteristics of ABRs evoked by the click and 1000 Hz tone pip using air and bone conduction are similar.

Key words: auditory brainstem responses, auditory threshold, air conduction, bone conduction

WSTĘP

W praktyce klinicznej przy ocenie słuchowych potencjałów wywołanych pnia mózgu (*auditory brainstem responses* – ABR), rejestrowanych na drodze przewodnictwa powietrznego i kostnego analizuje się przede wszystkim dwa parametry: latencję i próg fali V. Powszechnie wiadomo, że latencja fali V zależy nie tylko od rodzaju stosowanego bodźca, ale również od intensywności bodźca. Wraz ze zmniejszaniem intensywności bodźca, zarówno na drodze przewodnictwa powietrznego jak i kostnego, latencja odpowiedzi wzrasta, a amplituda maleje. Próg fali V jest skorelowany z progami słyszenia wyznaczonymi w badaniu audiometrycznym w różnym stopniu, w zależności od rodzaju i częstotliwości bodźca, rodzaju ubytku słuchu oraz konfiguracji audiogramu. Na podstawie progu odpowiedzi ABR dla przewodnictwa powietrznego szacuje się próg słyszenia, który stanowi między innymi podstawę przy doborze aparatu słuchowego u małego dziecka.

W wielu sytuacjach klinicznych, takich jak mikrocja czy też wrodzona atrezja, zachodzi potrzeba wykonania badania ABR również przy stymulacji ucha na drodze przewodnictwa kostnego. Wielu autorów uważa, że połączenie badań ABR na drodze przewodnictwa powietrznego i kostnego pozwala zwiększyć skuteczność diagnostyki audiologicznej, poprzez obniżenie liczby wyników fałszywie dodatnich oraz poprzez możliwość określenia wartości rezerwy ślimakowej w zaburzeniach słuchu typu przewodzeniowego i mieszanego [1-8].

Odpowiedzi pnia mózgu rejestrowane na drodze przewodnictwa kostnego nie są rutynowo stosowane w praktyce klinicznej, m.in. z uwagi na brak standardowej procedury oraz z problemów z mocowaniem przetwornika kostnego na głowie pacjenta, a szczególnie małego dziecka. Istotnymi problemami mogą być również: konieczność zapewnienia odpowiednich warunków akustycznych podczas badania, czy też wzrost artefaktu elektromagnetycznego przy dużych poziomach bodźca podczas badania ABR. To wszystko sprawia, że badanie ABR na drodze przewodnictwa kostnego jest bardzo rzadko stosowane w praktyce klinicznej, pomimo że wielu autorów jest zgodnych, co do potrzeby wykonywania tych badań, szczególnie w przypadku otrzymania nieprawidłowego wyniku na drodze przewodnictwa powietrznego lub znacznego wydłużenia latencji fali V [6,7,9,10].

Nowoczesna aparatura do badań słuchowych potencjałów wywołanych zapewnia możliwość stymulacji nie tylko trzaskiem, ale również za pomocą krótkich tonów o różnych częstotliwościach.

Pomimo tego powszechną praktyką w większości europejskich ośrodków audiologicznych jest w dalszym ciągu badanie ABR tylko dla trzasku.

W Niepublicznym Zakładzie Opieki Zdrowotnej – Laryngologia i Aparaty Słuchowe w Poznaniu, w którym zrealizowano niniejszą pracę, w badaniach progowych ABR na drodze przewodnictwa powietrznego stosowany jest nie tylko trzask, ale również krótki ton o częstotliwości 1000 Hz, a jeżeli tylko pozwalają możliwości czasowe to również ton o częstotliwości 500 Hz. W niniejszej pracy badania ABR dotyczące porównania obu rodzajów stymulacji (powietrznej i kostnej) wykonano dla trzasku oraz krótkiego tonu o częstotliwości 1000 Hz.

Zasadniczym celem pracy było:

- porównanie wykresów funkcji latencja-natężenie dla przewodnictwa powietrznego i kostnego dla trzasku oraz tonu krótkiego o częstotliwości 1000 Hz,
- porównanie progów ABR wyznaczonych i progów audiometrycznych dla przewodnictwa powietrznego i kostnego dla obu rodzajów bodźców.

MATERIAŁ I METODY

Badania wykonano w oparciu o retrospektywną analizę materiału Niepublicznego Zakładu Opieki Zdrowotnej – Laryngologia i Aparaty Słuchowe w Poznaniu. Grupę badaną stanowiły dzieci z prawidłowym słuchem, u których badania ABR były wykonywane w ramach procedury diagnostycznej stosowanej w NZOZ. Badaniami objęto grupę 40 dzieci (18 chłopców i 22 dziewczynki) w przedziale wiekowym 9-12 lat (średnia wieku $9,93 \pm 1,07$), u których wartość progu słyszenia wyznaczona w audiometrii tonalnej progowej dla przewodnictwa powietrznego w zakresie częstotliwości 250-8000 Hz nie przekraczała 20 dB HL, a ocena funkcji ucha środkowego przeprowadzona badaniem otoskopowym i audiometrią impedancyjną nie wykazywała odchyłań od normy.

Wartość progu słyszenia wyznaczano z zastosowaniem audiometru AC40 firmy Interacoustics w kabinie audiometrycznej spełniającej wymogi międzynarodowej normy ISO. Natomiast badanie audiometrii impedancyjnej przeprowadzono z wykorzystaniem urządzenia AT 235, firmy Interacoustics.

Odpowiedzi ABR rejestrowano procedurą szeregu natężeniowego ze skokiem 10 dB z wykorzystaniem systemu do badań słuchowych potencjałów wywołanych EP15 firmy Interacoustics. Elektrody pomiarowe mocowano na wyrostkach sutkowych, na czole w linii środkowej tuż poniżej włosów oraz na policzku. Pasma wzmacniacza biologicznego

zawierało się w granicach od 200 do 2000 Hz, a czas analizy odpowiedzi wynosił 15 ms i 20 ms. W badaniach ABR wykorzystano dwa rodzaje bodźców – trzask oraz impulsy sinusoidalne o obwiedni Blackmana o częstotliwości 1000 Hz. Czas trwania trzasku wynosił 100 μ s, natomiast czasy narastania i opadania impulsu sinusoidalnego wynosiły po 2 ms, a czas plateau 0 ms. Częstość powtarzania bodźców wynosiła 31/s, a liczba uśrednień minimum 1000, przy czym w pobliżu progu rejestrację odpowiedzi powtarzano 2 lub 3-krotnie. Bodźce prezentowano z naprzemienną polaryzacją przez słuchawki powietrzne Ear Tone 3A firmy Etimotic Research oraz przez przetwornik kostny B71 firmy Radioear. Przetwornik kostny z pałąkiem nagłównym był mocowany na wyrostku sutkowym ucha badanego, tuż poniżej elektrody. Siła docisku przetwornika kostnego do powierzchni wyrostka sutkowego była zgodna z normą IEC 373 i wynosiła 5,4 N. W celu zmniejszenia wpływu hałasu otoczenia na parametry odpowiedzi ABR rejestrowanych na drodze przewodnictwa kostnego w obu przewodach słuchowych zewnętrznych były umieszczone słuchawki wewnętrzne Ear Tone 3A. Ucho niebadane było maskowane, a poziom szumu maskującego był wyższy o 20 dB od poziomu podawanego bodźca.

Do oceny parametrów odpowiedzi ABR dla stymulacji drogą powietrzną i kostną zastosowano pomiary funkcji latencja-nateżenie fali V w zakresie intensywności bodźca 10 do 80 dB nHL dla przewodnictwa powietrznego i 10 do 60 dB nHL dla przewodnictwa kostnego. Wykresy funkcji latencja-

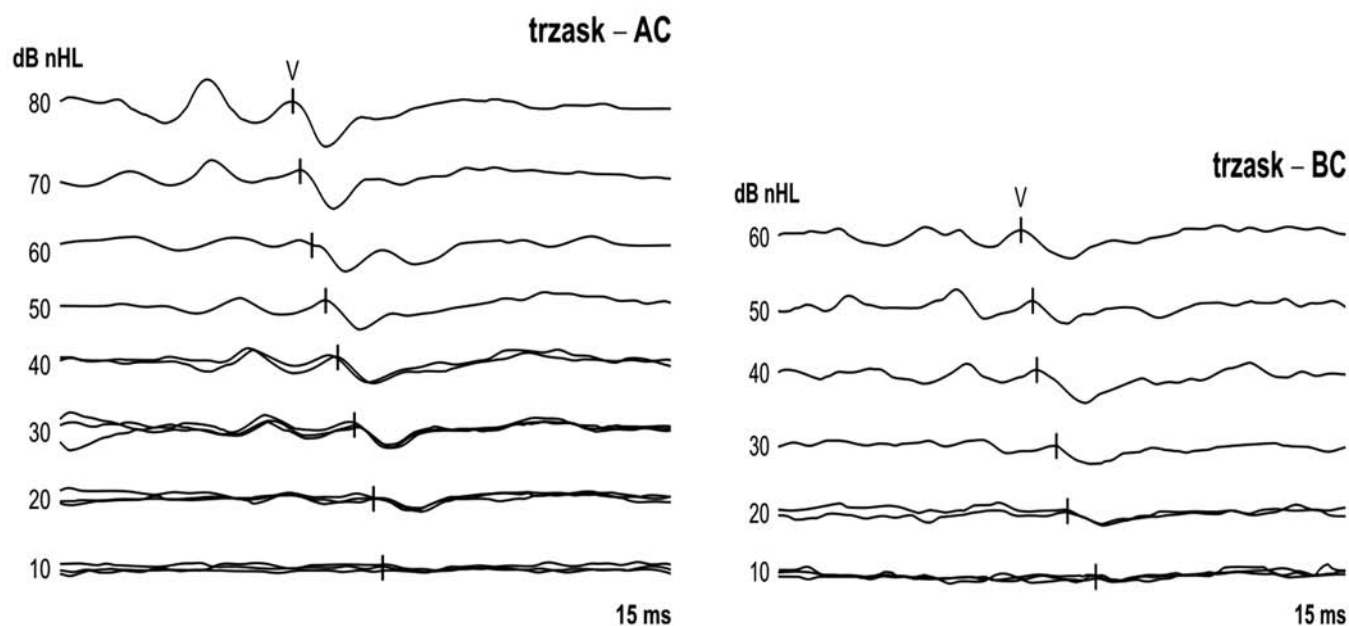
nateżenie dla odpowiedzi wywołanych trzaskiem i bodźcem o częstotliwości 1000 Hz dla przewodnictwa powietrznego porównano z wykresami funkcji latencja-nateżenie dla przewodnictwa kostnego. Analizy statystyczne wyników zostały przeprowadzone z zastosowaniem pakietu statystycznego STATISTICA. Zastosowano wieloczynnikową analizę wariancji ANOVA. Wyniki wieloczynnikowej analizy ANOV-y z testami post hoc (test HSD Tukey'a) były istotne przy poziomie istotności $p < 0,05$. Na przeprowadzenie powyższych badań uzyskano zgodę Komisji Bioetycznej przy Instytucie Fizjologii i Patologii Słuchu.

WYNIKI

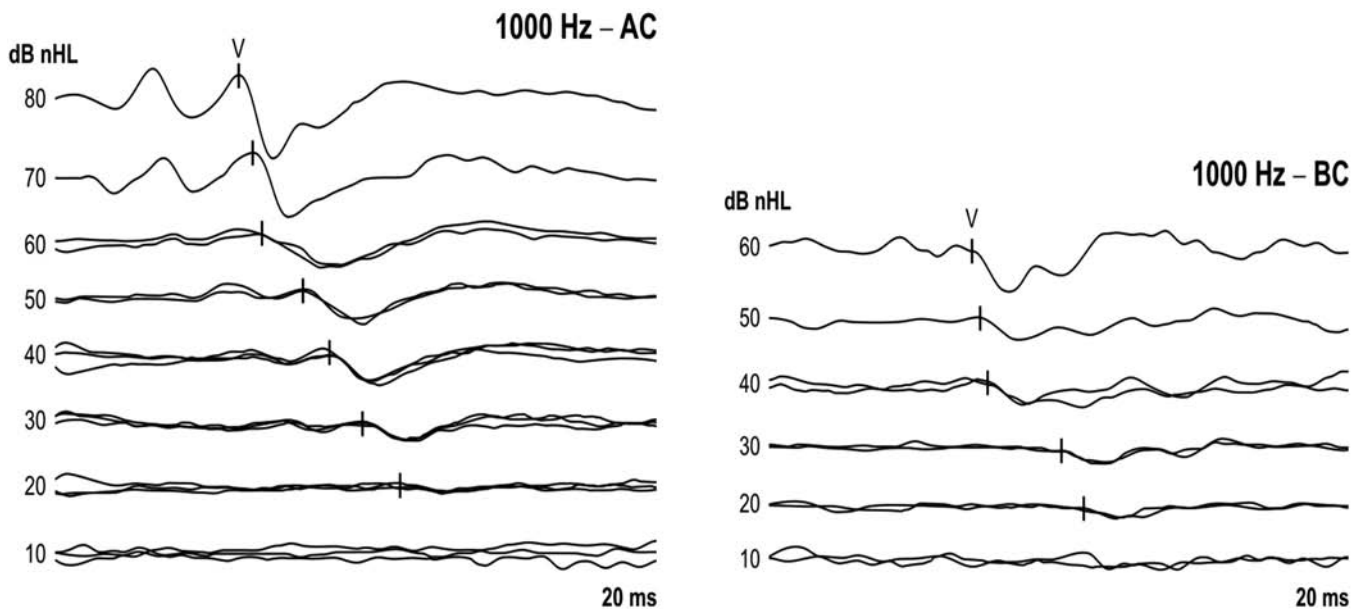
Na rycinie 1 przedstawiono zapisy odpowiedzi ABR z zaznaczonymi szczytami fali V dla trzasku, otrzymanymi przy stymulacji drogą powietrzną i kostną. Jakość odpowiedzi u pozostałych dzieci była zbliżona. Wartość progu fali V dla bodźca typu trzask dla przewodnictwa powietrznego i kostnego wynosiła 10 dB nHL.

Na ryc. 2 przedstawiono odpowiedzi ABR z zaznaczonymi szczytami fali V dla bodźca o częstotliwości 1000 Hz przy stymulacji drogą powietrzną i kostną. Próg ABR dla obu rodzajów przewodnictwa wynosił 20 dB nHL. Jakość odpowiedzi u pozostałych dzieci była podobna bez względu na rodzaj stymulacji. Bez trudu można było oznaczyć zarówno próg jak i latencję fali V.

W tabeli I zestawiono wartości średnie i odchylenie standardowe latencji fali V dla różnych inten-



Ryc. 1. Odpowiedzi ABR dla trzasku dla przewodnictwa powietrznego – AC i kostnego – BC u dziecka z prawidłowym słuchem



Ryc. 2. Odpowiedzi ABR dla bodźca o częstotliwości 1000 Hz dla przewodnictwa powietrznego – AC i kostnego – BC u dziecka z prawidłowym słuchem

sywności trzasku i bodźca o częstotliwości 1000 Hz dla przewodnictwa powietrznego. Niezależnie od rodzaju bodźca wartość latencji fali V zwiększała się wraz z redukcją poziomu bodźca. Przyrost latencji fali V w funkcji natężenia bodźca był większy dla bodźca o częstotliwości 1000 Hz.

W tabeli II zestawiono wartości średnie i odchylenie standardowe latencji fali V przy różnych poziomach intensywności trzasku i bodźca o częstotliwości 1000 Hz dla przewodnictwa kostnego. Porównanie latencji fali V dla trzasku i bodźca o częstotliwości 1000 Hz wykazało większy przyrost wartości latencji fali V dla bodźca o częstotliwości 1000 Hz (podobną zależność otrzymano przy stymulacji powietrznej). Wartość odchylenia standardowego średnich wartości latencji fali V dla bodźca o częstotliwości 1000 Hz przy stymulacji kostnej była większa niż dla trzasku.

Tabela I. Średnie wartości latencji fali V wraz z odchyleniem standardowym dla trzasku i bodźca o częstotliwości 1000 Hz dla przewodnictwa powietrznego

Intensywność bodźca [dB nHL]	trzask	1000 Hz
80	5,73±0,11 n=20	6,87±0,16 n=20
70	5,93±0,14 n=20	7,23±0,21 n=20
60	6,24±0,18 n=20	7,71±0,26 n=20
50	6,58±0,25 n=20	8,29±0,26 n=20
40	7,01±0,29 n=20	9,04±0,34 n=20
30	7,43±0,30 n=20	9,75±0,28 n=20
20	7,99±0,34 n=20	10,48±0,25 n=20
10	8,47±0,32 n=14	11,20±0,23 n=8

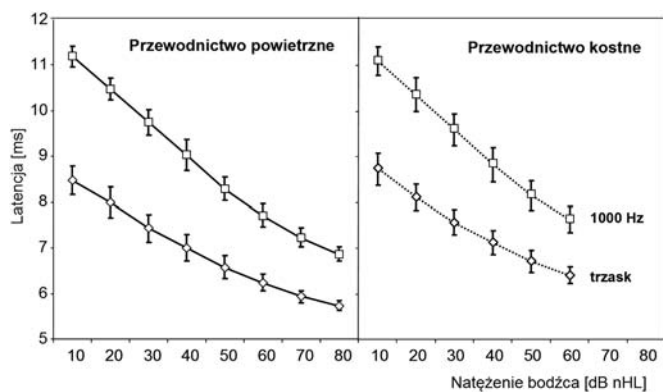
Na podstawie danych z tabeli I i II sporządzono wykresy funkcji latencja-natężenie dla przewodnictwa powietrznego i kostnego (ryc. 3). Z przedstawionych wykresów wynika, że krótsze latencje fali V występowały dla trzasku, zarówno dla przewodnictwa powietrznego jak i kostnego, niezależnie od intensywności bodźca, a wzrost intensywności bodźca powodował typowe, stopniowe zmniejszanie się wartości latencji fali V. Analiza wariancji latencji fali V wykonana testem HSD Tukey'a wykazała, że różnice latencji dla trzasku i tonu o częstotliwości 1000 Hz są istotne statystycznie bez względu na rodzaj stymulacji.

Porównanie latencji fali V dla przewodnictwa powietrznego i kostnego (ryc. 4) wykazało, że wartości latencji nie różniły się między sobą w sposób istotny statystycznie dla obu bodźców. Wykresy mają, zatem takie same cechy dla obu rodzajów stymulacji.

W tabeli III przedstawiono wartości średnie i odchylenie standardowe progów słyszenia wy-

Tabela II. Średnie wartości latencji fali V wraz z odchyleniem standardowym dla trzasku i bodźca o częstotliwości 1000 Hz dla przewodnictwa kostnego

Intensywność bodźca [dB nHL]	trzask	1000 Hz
60	6,41±0,19 n=13	7,63±0,30 n=17
50	6,71±0,24 n=20	8,15±0,33 n=20
40	7,12±0,27 n=20	8,83±0,38 n=20
30	7,57±0,28 n=20	9,61±0,35 n=20
20	8,12±0,29 n=20	10,37±0,38 n=20
10	8,74±0,35 n=13	11,10±0,31 n=9



Ryc. 3. Średnie wartości latencji fali V i odchylenie standardowe w funkcji intensywności bodźca w odpowiedziach rejestrowanych dla przewodnictwa powietrznego i kostnego

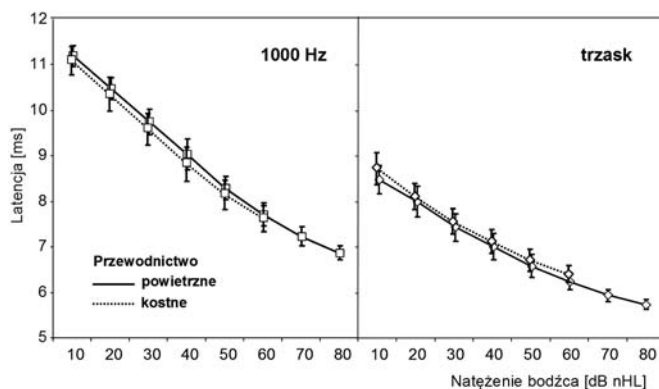
znaczonych za pomocą audiometrii tonalnej (AUD) i progów fali V (ABR), oraz różnice progów AUD-ABR dla przewodnictwa powietrznego i kostnego. Próg słyszenia w zakresie 2-4 kHz wyznaczono, jako średnią arytmetyczną z wartości progów dla 2000 i 4000 Hz.

Dla obu rodzajów przewodnictwa i obu bodźców różnice pomiędzy średnimi wartościami progu słyszenia wyznaczonymi za pomocą audiometrii tonalnej, a średnimi wartościami progu fali V nie przekraczały 10 dB i miały wartość dodatnią, co oznacza, że próg fali V ma większą wartość niż próg audiometryczny. Analiza statystyczna różnic pomiędzy dwoma rodzajami progów wykonana testem Studenta dla prób zależnych przy poziomie istotności $p < 0,05$ wykazała, że różnice te są istotne statystycznie. Porównanie różnic pomiędzy progami fali V i progami audiometrycznymi dla poszczególnych bodźców dla obu rodzajów stymulacji wykazało, że nieco mniejsze wartości różnic występują dla przewodnictwa powietrznego.

DYSKUSJA

Rejestracja słuchowych potencjałów wywołanych pnia mózgu na drodze przewodnictwa kostnego jest cennym narzędziem diagnostycznym umożliwiającym ocenę ślimaka, nerwu słuchowego i pnia mózgu. Jednakże badania tego typu nie są rutynowo stosowane w praktyce klinicznej z powodu braku ujednoliconych standardów.

Przykładowe zapisy odpowiedzi ABR przedstawione na ryc. 1 i 2 pokazują, że jakość odpowiedzi zarejestrowanych na drodze przewodnictwa kostnego i powietrznego jest taka sama dla obu rodzajów bodźca. Podobne cechy obu rodzajów odpowiedzi stwierdzono również w innych pracach [1,4,5]. W nielicznych pracach obserwowano wzrost arte-



Ryc. 4. Wykresy funkcji latencja-natężenie fali V dla dwóch rodzajów bodźca dla przewodnictwa powietrznego i kostnego

Tabela III. Średnie wartości i odchylenie standardowe progów słyszenia (AUD), progów fali V (ABR) oraz różnic progów ABR – AUD w grupie dzieci o słuchu prawidłowym dla trzasku i krótkiego tonu o częstotliwości 1000 Hz dla przewodnictwa powietrznego (AC) i kostnego (BC)

Progi i różnice	1000 Hz	2000-4000 Hz
AUD AC [dB HL]	10,3±4,1	8,6±3,5
ABR AC [dB nHL]	16,0±5,0	13,0±4,7
AUD BC [dB HL]	6,7±3,0	5,6±3,2
ABR BC [dB nHL]	15,5±5,1	13,5±4,9
ABR AC – AUD AC [dB]	5,7±6,3	4,4±4,2
ABR BC – AUD BC [dB]	8,8±6,1	7,9±4,3

faktu elektromagnetycznego przy dużym poziomie intensywności bodźca [2,3,7] przy stymulacji na drodze przewodnictwa kostnego, którego nie obserwowano w niniejszej pracy. Być może jest to wynik zastosowania węższego pasma wzmacniacza biologicznego (200-2000 Hz), co mogło ograniczyć amplitudę artefaktów elektromagnetycznych. Poza tym w niniejszej pracy zastosowano naprzemienną polaryzację obu bodźców, co w założeniu powinno eliminować z zapisu artefakt elektromagnetyczny słuchawki i przetwornika kostnego.

Wyniki pomiarów latencji fali V dla przewodnictwa powietrznego i kostnego zestawione w tabeli I i II oraz w postaci wykresów funkcji latencja-natężenie na ryc. 3 i 4 wykazały, że w całym zakresie intensywności latencje fali V dla bodźca o częstotliwości 1000 Hz są dłuższe niż dla trzasku. Podobne zależności stwierdzono również we wcześniejszych pracach [1, 2]. W całym zakresie intensywności latencje fali V dla bodźca o częstotliwości 1000 Hz i dla trzasku różniły się między sobą w sposób istotny statystycznie. Uzyskanie większych wartości latencji dla bodźca o częstotliwości 1000 Hz oznacza, że odpowiedzi te są generowane w ślimaku w większej odległości od okienka owalnego niż odpowiedzi dla trzasku. Zmiana intensywności

bodźca z 60 do 20 dB nHL spowodowała zmianę latencji fali V dla trzasku o 1,75 ms dla przewodnictwa powietrznego (wyliczone na podstawie danych z tabeli I) i 1,71 ms dla przewodnictwa kostnego (wyznaczone w oparciu o dane z tabeli II), natomiast dla bodźca o częstotliwości 1000 Hz – 2,77 ms dla przewodnictwa powietrznego i 2,74 ms dla przewodnictwa kostnego. W pracy Beattie'go [6] zmiana intensywności bodźca z 55 dB nHL do 20 dB nHL powodowała zmianę wartości latencji dla trzasku o 1,47 ms dla przewodnictwa powietrznego i 0,98 ms dla przewodnictwa kostnego.

Dokładne porównanie zakresu zmiany latencji fali V w funkcji intensywności bodźca z wynikami innych autorów jest nieco utrudnione ze względu na różnice w zakresie rodzaju i parametrów bodźca czy też zakresu intensywności bodźca stosowanego w różnych pracach. Przykładowo w pracy Kramera [11] porównano zakres zmiany latencji na poziomie 10 dB nHL i 40 dB nHL pomiędzy trzaskiem a bodźcem o częstotliwości 500 Hz dla przewodnictwa kostnego. Z badań tych wynika, że różnica latencji fali V dla przewodnictwa kostnego pomiędzy trzaskiem a częstotliwością 500 Hz wynosi dla poziomu 40 dB nHL 5 ms, natomiast dla 10 dB nHL 10 ms. A zatem różnica wartości latencji zwiększała się wraz z redukcją intensywności bodźca. Z kolei Fox i Stapells [2] wykazali, że różnica latencji fali V dla tonu o częstotliwości 500 i 2000 Hz wynosiła 4,27 ms dla poziomu 20 dB nHL u osób dorosłych i była większa niż u noworodków (2,59 ms). Natomiast w badaniach Stapellsa i Rubena [1] różnica ta u noworodków wynosiła 1,5 ms dla poziomu 40 dB nHL. Porównanie wykresów funkcji latencja-natężenie dla trzasku i bodźca o częstotliwości 1000 Hz (ryc. 3) wykazało, że większy przyrost latencji fali V występuje dla częstotliwości 1000 Hz, zarówno dla przewodnictwa powietrznego i kostnego. Z porównania latencji fali V uzyskanych w niniejszej pracy z wynikami prac innych autorów, w takim samym zakresie natężeń, wynika, że zakresy zmian latencji są zbliżone, co oznacza, że wyniki badań uzyskiwane w różnych laboratoriach, pomimo pewnych różnic w protokołach badań, są zbliżone.

Nie zaobserwowano natomiast w badaniach własnych istotnych różnic statystycznych pomiędzy latencjami uzyskanymi podczas rejestracji odpowiedzi ABR dla tego samego bodźca na drodze przewodnictwa powietrznego i kostnego (ryc. 4). Podobne stwierdzenia znajdują się w pracy Stuarta [12] oraz Yanga [13,14], którzy oceniali odpowiedzi u noworodków. Z kolei w pracy Muchnik i wsp. [3] istotne różnice statystyczne pomiędzy latencjami fali V na drodze przewodnictwa powietrznego i kostnego

obserwowano zarówno w grupie noworodków jak i osób dorosłych.

Innym bardzo ważnym aspektem badań ABR jest próg fali V. Opinie badaczy w tej kwestii są niejednoznaczne. Muchnik i wsp. [3] stwierdził, że próg ABR u osób dorosłych dla przewodnictwa kostnego był wyższy niż dla przewodnictwa powietrznego i różnice te były istotne statystycznie. Wynik ten był zgodny z wynikami opisanymi w pracach Freitas i wsp. [4], Cornacchia i wsp. [15], czy też Stuarta i wsp. [5]. Z kolei w pracy Gorga i wsp. [16] stwierdzono brak istotnych różnic statystycznych pomiędzy progiem przewodnictwa powietrznego i kostnego u osób dorosłych. Brak istotnych różnic statystycznych pomiędzy progiem przewodnictwa powietrznego i kostnego obserwowano również u noworodków [3,5].

Średnia wartość progów fali V dla trzasku otrzymana w naszej pracy wynosiła 13 dB nHL i jest zbliżona do wartości progów fali V u osób dorosłych uzyskanych przez innych autorów. W pracy Muchnik i wsp. [3] średni próg fali V dla trzasku wynosił około 11 dB nHL, w pracy Freitas i wsp. [4] 19,54 dB nHL, natomiast w pracy Stuarta i wsp. [5] był znacząco niższy i wynosił 3,75 dB nHL.

Średnia wartość progów fali V dla przewodnictwa kostnego dla częstotliwości 1000 Hz była wyższa niż dla trzasku i wynosiła w naszej pracy 16 dB nHL (tab. III). W pracy Foxa i Stapellsa [2], w której wyznaczano próg przewodnictwa kostnego dla częstotliwości 500 Hz i 2000 Hz stwierdzono, że u osób dorosłych dla częstotliwości 500 Hz próg był wyższy niż u noworodków i wynosił 4,62 dB nHL, natomiast dla częstotliwości 2000 Hz niższy o ok. 5 dB nHL.

Wielu autorów sugeruje, że różnice pomiędzy progami dla przewodnictwa powietrznego i kostnego pomiędzy noworodkami i dorosłymi związane są między innymi z budową czaszki, oraz wielkością energii docierającą do ślimaka [10,13,14]. Wyniki innych prac wskazują, że próg fali V w odpowiedziach ABR wywołanych trzaskiem jest silnie skorelowany ze średnią wartością progów słyszenia w zakresie częstotliwości 2000-4000 Hz [17,18], a wartości współczynników korelacji liniowej przedstawione w innych pracach dotyczących ubytków słuchu typu ślimakowego wahały się w granicach od 0,48 [18], 0,93 [17], do 0,96 [19]. Ponieważ w grupie uszu normalnie słyszących nie jest możliwe wyznaczenie funkcji korelacyjnych, dlatego w przedstawionej pracy związek pomiędzy progiem fali V a progiem audiometrycznym oceniano za pomocą wielkości różnic pomiędzy dwoma rodzajami progów.

Analiza wartości różnic pomiędzy progami fali V dla 1000 Hz i trzasku, a progami audiometrycznymi wyznaczonymi dla tego samego zakresu częstotliwości dla obu rodzajów przewodnictwa wykazała, że średnie wartości różnic nie przekraczają 9 dB (tab. III), przy czym niższe wartości różnic obserwowano dla trzasku, a większe dla częstotliwości 1000 Hz. Z klinicznego punktu widzenia te różnice nie mają większego znaczenia. Wyniki te są zgodne z wynikami prac innych autorów, np. van der Drifta i wsp. [17].

WNIOSKI

1. Cechy wykresów funkcji latencja-natężenie są takie same dla obu rodzajów przewodnictwa, powietrznego i kostnego.

Piśmiennictwo

1. Stapells DR, Ruben RJ. Auditory brainstem responses to bone-conducted tones in infants. *Ann Otol Rhinol Laryngol* 1989; 98(12): 941-949.
2. Foxe J, Stapells DR. Normal infant and adult auditory brainstem responses to bone-conducted tones. *Audiology* 1993; 32: 95-109.
3. Muchnik C, Neeman RK, Hildesheimer M. Auditory brainstem responses to bone-conducted clicks in adults and infants with normal hearing and conductive hearing loss. *Scand Audiol* 1995; 24: 185-191.
4. Freitas VS, Freitas Alvarenga K, Morettin M, de Souza EF, Costa Filho OA. Bone conduction auditory brainstem responses in normal hearing individuals. *Pro-Fono* 2006; 18: 323-332.
5. Stuart A, Yang EY, Stenstrom R, Reindorp AG. Auditory brainstem response thresholds to air and bone conducted clicks in neonates and adults. *Am J Otolaryngol* 1993; 14(2): 176-182.
6. Beattie RC. Normative wave V latency-intensity functions using the Eartone 3A insert earphone and the radioear B-71 bone vibrator. *Scand Audiol* 1998; 27: 120-126.
7. Cone-Wesson B, Ramirez GM. Hearing Sensitivity in Newborns Estimated from ABRs to bone-conducted sound. *J Am Acad Audiol* 1997; 8: 299-307.
8. Yang EY, Stuart A, Mencher GT, Mencher LS, Vincer MJ. Auditory brain stem responses to air- and bone-conducted clicks in the audiological assessment of at-risk infants. *Ear Hear* 1993; 14(3): 175-182.
9. Van der Drift JFC, van Zanten GA, Brocaar MP. Brainstem electric response audiometry: estimation of the amount of conductive hearing loss with and without use of the response threshold. *Audiology* 1989; 28: 181-193.
10. Hooks RD, Weber BA. Brainstem responses of premature infants to bone-conducted stimuli: a feasibility study. *Ear Hear* 1984; 5(1): 42-46.
11. Kramer SJ. Frequency-specific auditory brainstem responses to bone-conducted stimuli. *Audiology* 1992; 31: 61-71.
12. Stuart A, Yang EY. Effect of High-Pass Filtering on the Neonatal Auditory Brainstem Response to Air and Bone Conducted Clicks. *J Speech Hear Res* 1994; 37: 475-479.
13. Yang EY, Rupert AL, Moushegian G. A developmental study of bone conduction auditory brain stem response in infants. *Ear Hear* 1987; 8 (4): 244-251.
14. Yang EY, Stuart A, Stenstrom R, Hollett S. Effect of vibrator to head coupling force on the auditory brain stem response to bone conducted clicks in newborn infants. *Ear Hear* 1991; 12(1): 55-60.
15. Cornacchia L, Martini A, Morra B. Air and bone conduction brainstem responses in adults and infants. *Audiology* 1983; 22: 430-437.
16. Gorga MP, Kaminski JR, Beauchaine KL, Bergman BM. A comparison of auditory brain stem response thresholds and latencies elicited by air- and bone-conducted stimuli. *Ear Hear* 1993; 14(2): 85-94.
17. Van der Drift JFC, Brocaar MP, van Zanten GA. The relation between the pure-tone audiogram and the click auditory brainstem response threshold in cochlear hearing loss. *Audiology* 1987; 26: 3-10.
18. Jerger J, Mauldin L. Prediction of sensorineural hearing level from the brainstem evoked response. *Arch Otolaryngol* 1978; 104: 456-461.
19. Kochanek K, Janczewski G, Skarżyński H, Grzanka A, Orkan-Łęcka E, Piłka A. Związek pomiędzy progiem słyszenia i progiem odpowiedzi ABR w różnych konfiguracjach audiogramów osób z ubytkami słuchu typu ślimakowego. *Audiofonologia* 2000; 18(1): 71-86.

2. Dla obu rodzajów przewodnictwa latencje fali V przy tym samym natężeniu bodźca nie różniła się między sobą w sposób istotny statystycznie, dla obu rodzajów bodźców, trzasku i krótkiego tonu o częstotliwości 1000 Hz.
3. Różnice pomiędzy progami fali V i progami audiometrycznymi dla krótkiego tonu o częstotliwości 1000 Hz i trzasku są zbliżone dla obu rodzajów przewodnictwa i nie przekraczają 10 dB.
4. Cechy odpowiedzi ABR dla trzasku i krótkiego tonu o częstotliwości 1000 Hz są zbliżone dla obu rodzajów przewodnictwa.

Praca związana jest z realizacją grantu NCN N N403 153940