

# Porównanie progów i latencji fali V słuchowych potencjałów wywołanych pnia mózgu dla stymulacji powietrznej i kostnej u dzieci z niedosłuchem odbiorczym i przewodzeniowym

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

KARINA MRUGALSKA-HANDKE<sup>1,2/</sup>, ANDRZEJ STEFANIAK<sup>1/</sup>, ADAM PIŁKA<sup>3/</sup>, KRZYSZTOF KOCHANEK<sup>3/</sup>, HENRYK SKARŻYŃSKI<sup>3/</sup>

<sup>1/</sup> NZOZ Laryngologia i Aparaty Słuchowe w Poznaniu

<sup>2/</sup> Uniwersytet im. Adama Mickiewicza w Poznaniu

<sup>3/</sup> Instytut Fizjologii i Patologii Słuchu w Warszawie

**Wprowadzenie.** Porównanie zapisu słuchowych potencjałów wywołanych pnia mózgu (ABR) na drodze przewodnictwa powietrznego i kostnego daje możliwość rozpoznania w bardziej wiarygodny sposób zaburzeń przewodzeniowych oraz ilościowego określenia wartości rezerwy ślimakowej.

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

**Materiał i metody.** Badaniem objęto grupę 66 dzieci w wieku 9-12 lat z niedosłuchem odbiorczym i przewodzeniowym. Odpowiedzi ABR dla obu rodzajów bodźców i stymulacji rejestrowano procedurą szeregu natężeniowego ze skokiem 10 dB. Dla potwierdzenia użyteczności metody ABR na drodze przewodnictwa kostnego w ocenie progu słyszenia wartości progu fali V porównano z wartościami progów słyszenia wyznaczonych w badaniach audiometrycznych.

**Wyniki.** Latencja fali V dla krótkiego tonu o częstotliwości 1000 Hz jest dłuższa, niezależnie od rodzaju stymulacji, od latencji fali V dla trzasku. W grupie dzieci z niedosłuchem odbiorczym analiza statystyczna nie wykazała istotnych różnic pomiędzy latencjami fali V w odpowiedziach ABR rejestrowanych na drodze przewodnictwa powietrznego i kostnego, bez względu na rodzaj stosowanego bodźca. Istotnie statystycznie różnice stwierdzono natomiast w grupie dzieci z niedosłuchem przewodzeniowym.

**Wnioski.** Badanie ABR dla przewodnictwa kostnego może być cennym uzupełnieniem standardowej procedury ABR na drodze przewodnictwa powietrznego.

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

**Introduction.** Comparison of recordings of air-conduction and bone-conduction auditory brainstem responses (ABRs) offers a possibility of recognizing, in a more reliable way, the degree of conductive hearing losses, and quantitatively assessing the size of the air-bone gap.

**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-burst for air and bone conduction.

**Material and methods.** A group of 66 sensorineural and conductive hearing loss children at the age between 9 and 12 were examined. ABR responses were recorded for both stimuli and conduction types at stimulus intensities varied in 10 dB steps. In order to assess the usefulness of the bone conduction ABR method for hearing sensitivity evaluation, the ABR wave V threshold values were compared with the hearing threshold values obtained in audiometric tests.

**Results.** The latency of wave V for tone-burst stimulus at 1000 Hz was longer than that for the click stimulus, irrespective of the stimulation conduction type. 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 in the group of children with sensorineural hearing loss. Significant differences were found in the group of children with conductive hearing loss.

**Conclusions.** Auditory brainstem responses elicited through bone conduction can be a valuable supplement to standard ABR for air conduction.

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

## WSTĘP

Ponieważ w praktyce klinicznej badania progowe słuchowych potencjałów wywołanych pnia mózgu (*auditory brainstem responses* – ABR) wykonywane są nie tylko u osób z niedosłuchem odbiorczym, ale również u osób z niedosłuchem przewodzeniowym, dlatego ważne jest określenie wpływu rodzaju ubytku słuchu na parametry słuchowych potencjałów wywołanych pnia mózgu na drodze przewodnictwa kostnego i powietrznego. W zaburzeniach słuchu typu przewodzeniowego energia bodźca, która dociera do ślimaka, jest zmniejszona proporcjonalnie do wielkości rezerwy ślimakowej, próg odpowiedzi ABR dla przewodnictwa powietrznego jest podwyższony, natomiast dla przewodnictwa kostnego pozostaje w normie [1-3].

Rejestracja słuchowych potencjałów wywołanych pnia mózgu na drodze przewodnictwa kostnego jest niezbędna w celu oceny progu słyszenia u pacjentów z obustronnym niedosłuchem przewodzeniowym zwłaszcza w przypadku obustronnej atrezji czy mikrocji [4-6] czy też w przypadku niemożności wykonania wiarygodnego badania audiometrycznego [7]. Informacja o stanie ucha wewnętrznego jest niezwykle istotna nie tylko dla rodziców dziecka, ale również dla chirurgów, którzy podejmują dalszą decyzję odnośnie postępowania chirurgicznego czy terapeutycznego.

W ubytkach ślimakowych przebieg funkcji latencja-natężenie fali V w odpowiedziach ABR AC zależy od rodzaju bodźca, wielkości ubytku słuchu i kształtu audiogramu [8]. W ubytkach nie przekraczających 60 dB HL latencja fali V dla trzasku o poziomach 80, 90 i 100 dB nHL jest praktycznie taka sama jak w uszach z prawidłowym słuchem. Dopiero dla niższych natężeń latencja fali V jest dłuższa niż w uszach normalnie słyszających [9,10]. Dla bodźców o niższych częstotliwościach 500 lub 1000 Hz ubytek ślimakowy powoduje znaczący wzrost latencji w całym zakresie natężeń [9,11-14]. Biorąc pod uwagę mechanizm uszkodzenia ślimakowego można się spodziewać, że przy stymulacji drogą kostną przebieg funkcji latencja-natężenie powinien być zbliżony do przebiegu wykresu dla stymulacji drogą powietrzną, przy założeniu, że parametry stymulacji w obu metodach będą takie same. Wyniki innych badaczy wykazały również, że przebieg wykresu funkcji latencja-natężenie dla stymulacji drogą kostną w ubytkach przewodzeniowych jest taki sam jak w grupie osób z prawidłowym słuchem [1]. W przypadku niedosłuchu przewodzeniowego latencja dla przewodnictwa powietrznego jest dłuższa niż dla przewodnictwa kostnego [5]. W dostępnym piśmiennictwie nie opublikowano

do tej pory pracy, w której w sposób kompleksowy oceniono parametry słuchowych potencjałów wywołanych ABR rejestrowanych na drodze przewodnictwa kostnego dla bodźców tonalnych i trzasku w grupach osób z ubytkami ślimakowymi i przewodzeniowymi w porównaniu z metodą ABR dla przewodnictwa powietrznego. Ten stan rzeczy przyczynił się do podjęcia własnych badań w tym zakresie. W niniejszej pracy badania ABR, dotyczące porównania obu rodzajów stymulacji (powietrznej i kostnej), wykonano w grupie dzieci z niedosłuchem odbiorczym i przewodzeniowym przy zastosowaniu trzasku oraz krótkiego tonu o częstotliwości 1000 Hz. Wyniki badań u osób z prawidłowym słuchem zostały przedstawione we wcześniejszej pracy [15].

Celem pracy była ocena wpływu ubytku ślimakowego i przewodzeniowego na przebieg funkcji latencja-natężenie dla obu rodzajów bodźców oraz porównanie progów słyszenia wyznaczonych w audiometrii tonalnej dla przewodnictwa powietrznego (AUD AC) z progami fali V dla przewodnictwa powietrznego (ABR AC) oraz odpowiednio dla przewodnictwa kostnego (AUD BC z ABR BC).

## MATERIAŁ I METODY

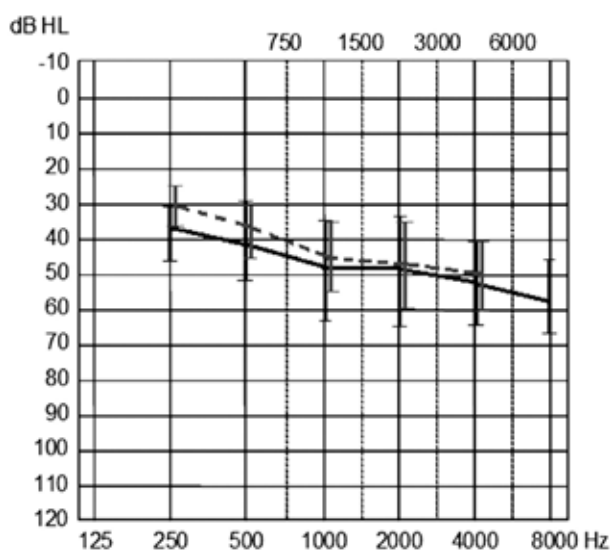
Badania wykonano w oparciu materiał Niepublicznego Zakładu Opieki Zdrowotnej – Laryngologia i Aparaty Słuchowe w Poznaniu. Badaniami objęto grupę 66 dzieci (35 chłopców i 31 dziewczynek) w przedziale wiekowym 9-12 lat (średnia wieku  $9,93 \pm 1,07$ ). Grupy dzieci z niedosłuchem odbiorczym (grupa A) i z niedosłuchem przewodzeniowym (grupa B) liczyła po 33 dzieci.

Zaburzenia słuchu rozpoznano na podstawie wyników audiometrii tonalnej i audiometrii impedancyjnej. Wartość progu słyszenia wyznaczono za pomocą audiometru AC40 firmy Interacoustics w kabinie audiometrycznej spełniającej wymogi międzynarodowej normy ISO. Natomiast badanie audiometrii impedancyjnej przeprowadzono z wykorzystaniem urządzenia AT 235 firmy Interacoustics.

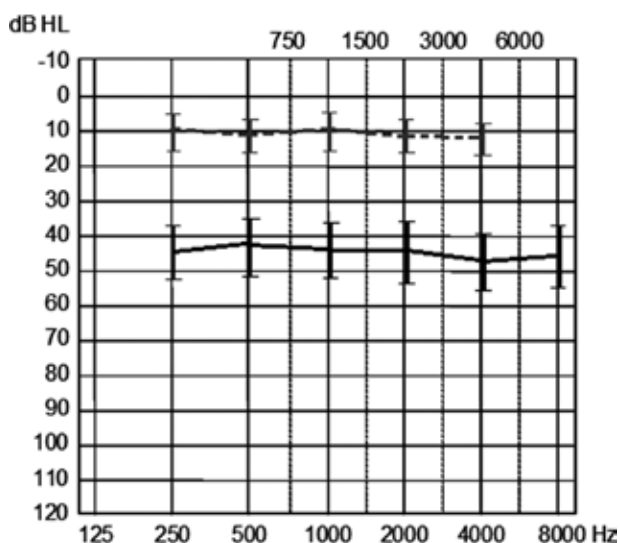
Średnie wartości oraz odchylenie standardowe progów słyszenia w poszczególnych grupach przedstawiono na rycinie 1.

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

## Grupa A



## Grupa B



Ryc. 1. Średnie wartości i odchylenia standardowe progów słyszenia w poszczególnych grupach dzieci

zawierało się w granicach od 200 do 2000 Hz, a czas analizy odpowiedzi wynosił 15 ms i 20 ms, odpowiednio dla trzasku i 1000 Hz. W badaniach wykorzystano dwa rodzaje bodźców – trzask oraz impulsy sinusoidalne o obwiedni Blackmana o częstotliwości 1000 Hz. Czas trwania trzasku wynosił 100  $\mu$ 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 rejestracji 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 nagłownym 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.

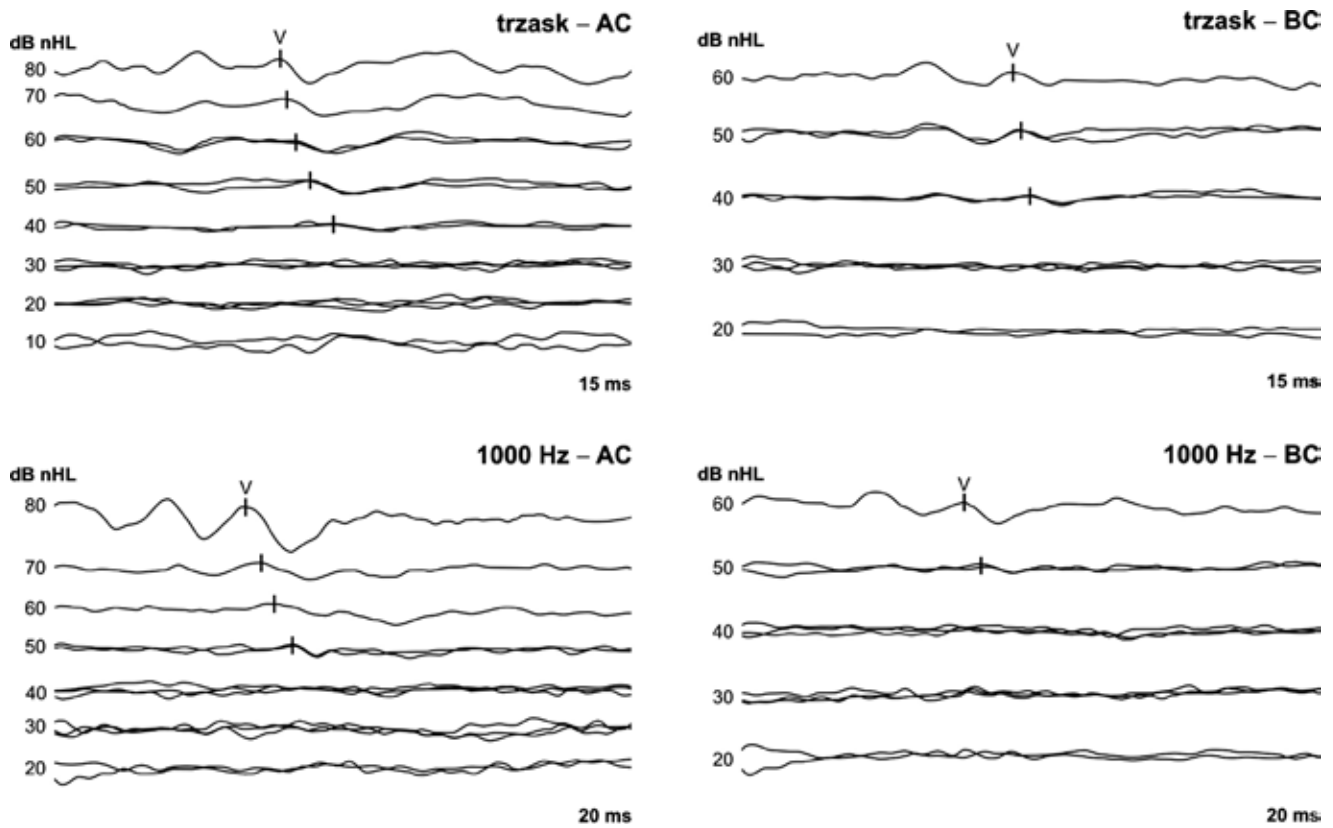
Przedmiotem analizy statystycznej były średnie wartości latencji fali V i jej progi dla stymulacji powietrznej i kostnej oraz wartości progu słyszenia wyznaczone w badaniu audiometrycznym dla przewodnictwa powietrznego i kostnego w grupie dzieci z niedosłuchem odbiorczym i przewodzeniowym. W analizie statystycznej danych, przy porównaniu średnich wartości latencji fali V dla stymulacji powietrznej i kostnej dla dwóch rodzajów bodźca (trzask, 1000 Hz), w poszczególnych grupach dzieci, stosowano wieloczynnikową analizę wariancji ANOVA. Wyniki wieloczynnikowej analizy testem ANOVA z testami post hoc (test HSD Tukey'a) były istotne przy poziomie istotności  $p < 0,05$ . Raporty statystyczne zostały sporządzone wykorzystując pakiet programu STATISTICA firmy Stat Soft.

## WYNIKI

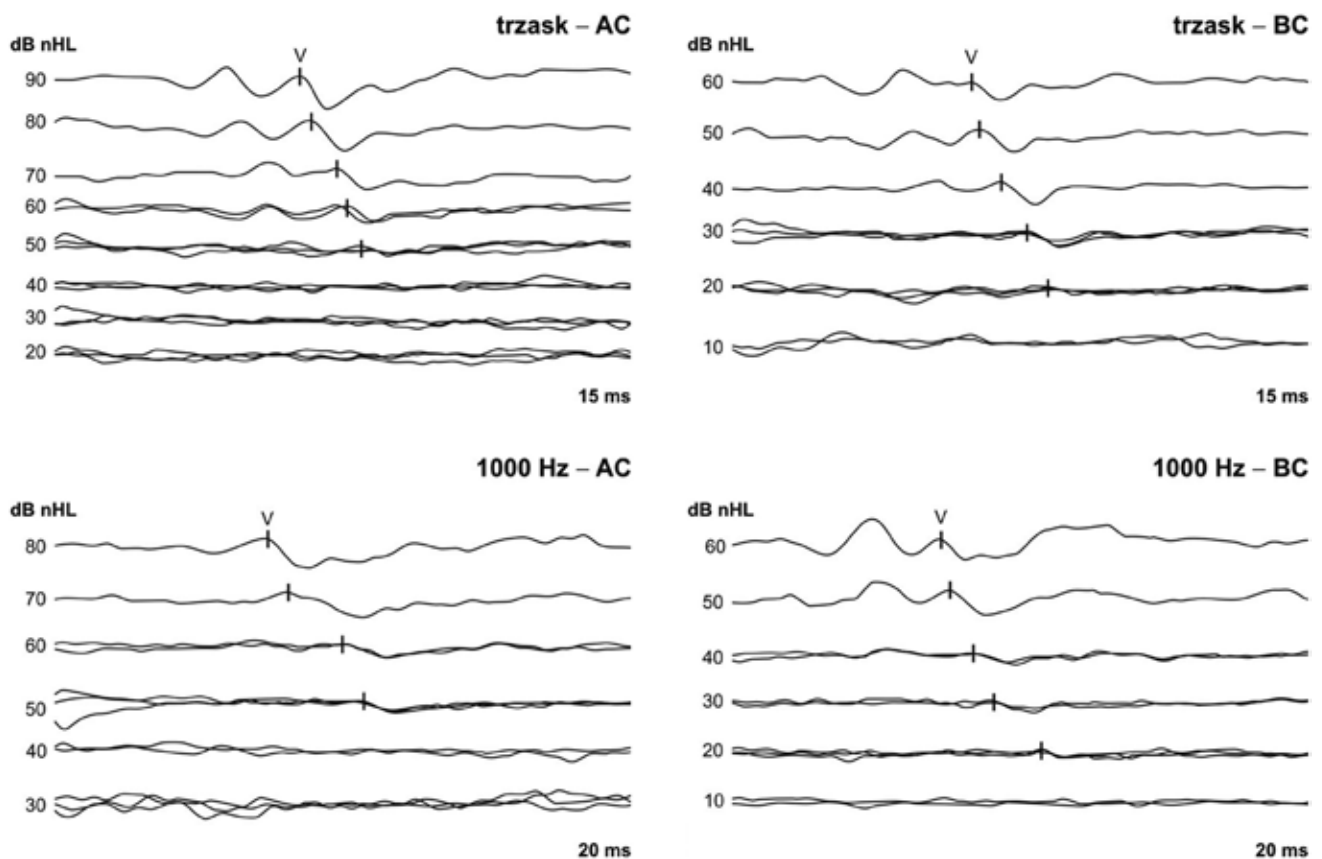
Na rycinie 2 przedstawiono zapisy odpowiedzi ABR otrzymane przy stymulacji drogą powietrzną (AC) i kostną (BC) z zaznaczonymi szczytami fali V dla trzasku i bodźca o częstotliwości 1000 Hz wyznaczone u dziecka z niedosłuchem odbiorczym. Jakość odpowiedzi u pozostałych dzieci objętych badaniami była zbliżona. W przedstawionym przykładzie progi fali V dla przewodnictwa powietrznego i kostnego były takie same i wynosiły 40 dB nHL dla trzasku oraz 50 dB nHL dla bodźca o częstotliwości 1000 Hz.

Na rycinie 3 przedstawiono zapisy odpowiedzi ABR dla przewodnictwa powietrznego (AC) i kostnego (BC) z zaznaczonymi szczytami fali V dla trzasku i krótkiego tonu o częstotliwości 1000 Hz u dziecka z niedosłuchem przewodzeniowym. Próg fali V dla trzasku wynosił dla przewodnictwa powietrznego 50 dB nHL oraz 20 dB nHL dla przewodnictwa kostnego. Progi fali V dla częstotliwości 1000 Hz były takie same jak i dla trzasku i odpowiednio wynosiły 50 i 20 dB nHL.

W tabeli I zestawiono wartości średnie i odchylenie standardowe latencji fali V dla trzasku i bodźca o częstotliwości 1000 Hz przy stymulacji ucha drogą powietrzną i kostną w grupie dzieci z niedosłuchem



Ryc. 2. Odpowiedzi ABR dla trzasku i bodźca o częstotliwości 1000 Hz dla przewodnictwa powietrznego – AC i kostnego – BC u dziecka z niedosłuchem odbiorczym (grupa A)



Ryc. 3. Odpowiedzi ABR dla trzasku i bodźca o częstotliwości 1000 Hz dla przewodnictwa powietrznego – AC i kostnego – BC u dziecka z niedosłuchem przewodzeniowym (grupa B)

odbiorczym. Niezależnie od rodzaju bodźca i stymulacji 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.

Tabela I. Średnie wartości latencji fali V i odchylenia standardowe odpowiedzi ABR wywołanych trzaskiem i bodźcem o częstotliwości 1000 Hz dla przewodnictwa powietrznego – AC i kostnego – BC w grupie dzieci z niedosłuchem odbiorczym

Poziom bodźca [dB nHL]	Bodziec			
	trzask		1000 Hz	
	AC	BC	AC	BC
90	5,68±0,08 n=7	-	-	-
80	5,82±0,13 n=20	-	6,89±0,35 n=20	-
70	6,03±0,15 n=20	-	7,39±0,39 n=20	-
60	6,41±0,16 n=20	6,42±0,14 n=12	7,88±0,41 n=20	7,68±0,42 n=15
50	6,89±0,19 n=16	6,91±0,17 n=16	8,58±0,42 n=17	8,26±0,44 n=20
40	7,30±0,14 n=15	7,32±0,13 n=15	9,22±0,42 n=6	8,85±0,45 n=12
30		7,57±0,19 n=5		

W tabeli II zestawiono wartości średnie i odchylenie standardowe latencji fali V dla trzasku i bodźca o częstotliwości 1000 Hz przy stymulacji ucha drogą powietrzną i kostną w grupie dzieci z niedosłuchem przewodzeniowym. Porównanie latencji fali V dla trzasku i bodźca o częstotliwości 1000 Hz dla stymulacji powietrznej i kostnej wykazało większy przyrost wartości latencji fali V dla bodźca o częstotliwości 1000 Hz w funkcji natężenia bodźca.

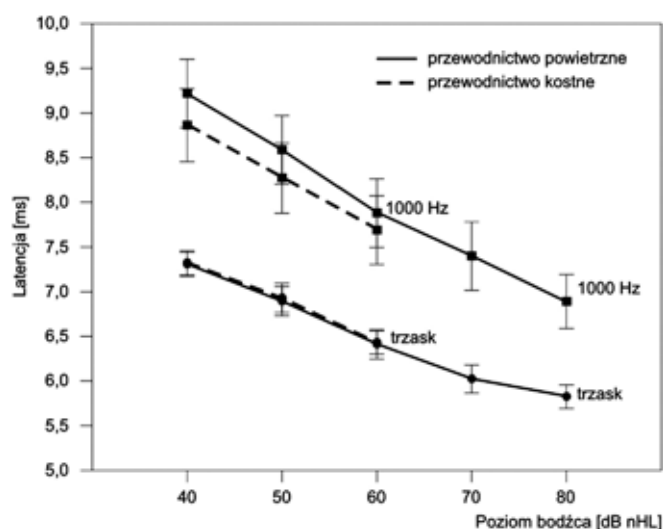
Na podstawie danych z tabel I i II sporządzono wykresy funkcji latencja-natężenie dla przewodnictwa powietrznego i kostnego w grupie dzieci z niedosłuchem odbiorczym (ryc. 4), i z niedosłuchem przewodzeniowym (ryc. 5). Z przedstawionych wykresów wynika, że niezależnie od poziomu bodźca i bez względu na rodzaj niedosłuchu, najkrótsze latencje fali V występowały dla trzasku, a najdłuższe dla częstotliwości 1000 Hz, zarówno dla przewodnictwa powietrznego jak i kostnego. Wzrost poziomu bodźca powodował typowe stopniowe zmniejszanie się wartości latencji fali V dla obu rodzajów przewodnictwa. W analizie wariancji latencji fali V wykonanej testem Tukey'a HSD stwierdzono, że istotne statystycznie różnice występowały pomiędzy latencjami fali V dla poszczególnych bodźców w grupie dzieci z niedosłuchem odbiorczym i przewodzeniowym, dla wszystkich poziomów i dla

Tabela II. Średnie wartości latencji fali V i odchylenia standardowe odpowiedzi ABR wywołanych trzaskiem i bodźcem o częstotliwości 1000 Hz dla przewodnictwa powietrznego – AC i kostnego – BC w grupie dzieci z niedosłuchem przewodzeniowym

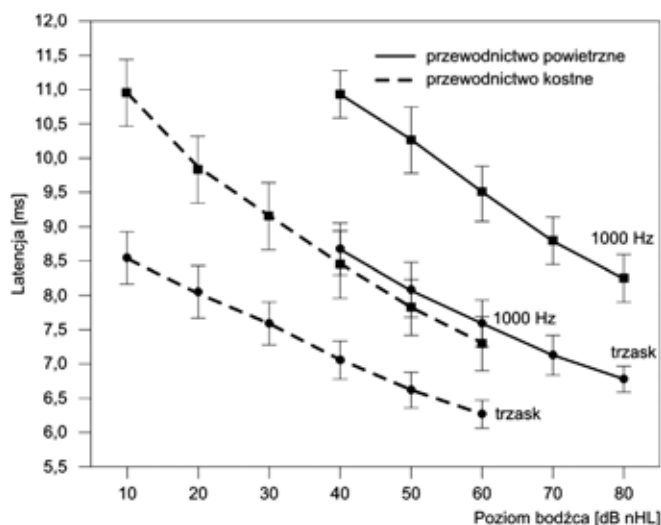
Poziom bodźca [dB nHL]	Bodziec			
	Trzask		1000 Hz	
	AC	BC	AC	BC
90	6,52±0,18 n=7	-	-	-
80	6,78±0,19 n=20	-	8,24±0,33 n=20	-
70	7,13±0,29 n=20	-	8,78±0,35 n=20	-
60	7,59±0,35 n=20	6,59±0,21 n=11	9,48±0,40 n=20	7,61±0,41 n=18
50	8,09±0,38 n=15	6,93±0,27 n=20	10,25±0,49 n=17	8,15±0,41 n=20
40	8,67±0,38 n=9	7,37±0,28 n=20	10,92±0,36 n=7	8,77±0,44 n=20
30		7,87±0,33 n=20		9,46±0,48 n=19
20		8,35±0,36 n=20		10,16±0,51 n=19
10		8,92±0,36 n=6		11,29±0,54 n=7

obu rodzajów stymulacji przy poziomie istotności  $p < 0,05$  oraz brak statystycznie istotnych różnic pomiędzy średnimi wartościami latencji fali V dla przewodnictwa powietrznego i kostnego dla obu rodzajów bodźców w grupie dzieci z niedosłuchem odbiorczym.

W tabeli III przedstawiono wartości średnie i odchylenie standardowe progów słyszenia – AUD



Ryc. 4. Wykresy funkcji latencja-natężenie fali V dla dwóch rodzajów bodźca dla przewodnictwa powietrznego i kostnego w grupie dzieci z niedosłuchem odbiorczym



Ryc. 5. Wykresy funkcji latencja-natężenie fali V dla dwóch rodzajów bodźca dla przewodnictwa powietrznego i kostnego w grupie dzieci z niedosłuchem przewodzeniowym

(wyznaczonych w audiometrii tonalnej) oraz progów fali V (ABR) dla przewodnictwa powietrznego (ABR AC) i kostnego (ABR BC) oraz różnice progów ABR-AUD w grupie dzieci z niedosłuchem odbiorczym i przewodzeniowym. Większość różnic pomiędzy średnią wartością progów słyszenia, a progami fali V była nieistotna statystycznie. Istotne statystycznie były jedynie różnice dla częstotliwości 1000 Hz dla przewodnictwa kostnego w grupie dzieci z niedosłuchem przewodzeniowym oraz dla trzasku w grupie ubytków odbiorczych dla przewodnictwa powietrznego i kostnego. Różnice pomiędzy średnimi wartościami progów słyszenia oraz progów fali V dla obu bodźców nie przekraczały 10 dB.

Tabela III. Średnie wartości i odchylenia standardowe progów słyszenia wyznaczonych w audiometrii tonalnej (AUD), progów fali V (ABR) dla przewodnictwa powietrznego (AC) i kostnego (BC) oraz różnice pomiędzy progami w grupach dzieci z niedosłuchem odbiorczym (grupa A) i przewodzeniowym (grupa B). Symbolem „\*” zaznaczono różnice istotne statystycznie ( $p < 0,05$ )

	Progi słyszenia i różnice	Rodzaj bodźca			
		1000 Hz		trzask	
		AC	BC	AC	BC
Grupa A	AUD [dB HL]	48,1±12,7	45,6±10,4	50,9±12,1	48,8±10,6
	ABR [dB nHL]	47,6±6,6	42,3±5,6	44,5±8,3	42,5±10,7
Grupa B	ABR-AUD [dB]	-0,6±10,1	-3,3±9,8	-6,4±11,1*	-6,3±12,4*
Grupa B	AUD [dB HL]	44,1±6,9	9,6±4,4	46,6±7,4	12,0±3,1
	ABR [dB nHL]	45,3±6,4	15,3±5,2	47,2±7,5	16,6±4,9
	ABR-AUD [dB]	1,2±8,9	5,7±6,5*	0,6±10,8	4,7±4,3*

## DYSKUSJA

Rozszerzenie protokołu badań audiometrycznych oraz badań słuchowych potencjałów wywołanych pnia mózgu o pomiary na drodze przewodnictwa kostnego umożliwi lepsze różnicowanie pomiędzy odbiorczym i przewodzeniowym ubytkiem słuchu, a w szczególności ułatwia diagnostykę zaburzeń słuchu typu mieszanego oraz diagnostykę ucha wewnętrznego. Z analizy przebiegu funkcji latencja-natężenie i progów fali V uzyskanych na drodze przewodnictwa powietrznego i kostnego możemy wnioskować o rodzaju uszkodzenia słuchu.

Wyniki pomiarów latencji fali V w grupie dzieci z niedosłuchem odbiorczym i przewodzeniowym dla trzasku oraz bodźca o częstotliwości 1000 Hz dla przewodnictwa powietrznego i kostnego przedstawione w tabelach I i II oraz na ryc. 4 i 5 wykazały, że niezależnie od poziomu bodźca, rodzaju niedosłuchu i stymulacji latencja fali V rośnie wraz z redukcją poziomu bodźca. W całym zakresie poziomów latencje fali V dla poszczególnych bodźców różniły się między sobą w sposób statystycznie istotny. Podobne zależności stwierdzono w pracy Vander Werff'a [1] który analizował wpływ latencji fali V na drodze przewodnictwa powietrznego i kostnego dla krótkich impulsów tonalnych w grupie noworodków z prawidłowym słuchem i z niedosłuchem przewodzeniowym. Z kolei w pracy Stapells'a [4] porównanie wartości latencji fali V na drodze przewodnictwa kostnego w grupie noworodków z dysfunkcją ucha środkowego wykazało, że dla bodźca o częstotliwości 500 Hz latencja fali V jest ok. 1,5 ms dłuższa niż dla bodźca o częstotliwości 2000 Hz (dla poziomu 40 dB nHL).

Porównanie wykresów funkcji latencja-natężenie dla trzasku i bodźca o częstotliwości 1000 Hz w grupie dzieci z niedosłuchem odbiorczym i przewodzeniowym wykazało, że większy przyrost latencji fali V związany ze zmianą poziomu bodźca występuje dla częstotliwości 1000 Hz zarówno dla przewodnictwa powietrznego jak i kostnego. Np. zmiana poziomu bodźca dla trzasku i niedosłuchu przewodzeniowego z 60 do 40 dB nHL powodowała zmianę latencji fali V o 1,08 ms dla przewodnictwa powietrznego i 0,78 ms dla przewodnictwa kostnego, natomiast dla bodźca o częstotliwości 1000 Hz – 1,44 ms dla przewodnictwa powietrznego i 1,16 ms dla przewodnictwa kostnego (ryc. 5). W przypadku niedosłuchu odbiorczego różnice te wynosiły odpowiednio – dla trzasku 0,89 ms i 0,9 ms dla przewodnictwa powietrznego i kostnego, a dla bodźca o częstotliwości 1000 Hz – 1,34 ms i 1,17 ms dla przewodnictwa powietrznego i kostnego (ryc. 4). A zatem nachylenie wykresu funkcji

latencja-natężenie maleje ze wzrostem częstotliwości bodźca zarówno dla przewodnictwa powietrznego jak i kostnego. Obserwacje te są zgodne z wynikami uzyskanymi przez Vander Werff'a [1], który wykazał, że największe nachylenie wykresu uzyskano dla bodźca o częstotliwości 500 Hz dla przewodnictwa kostnego a najmniejsze dla częstotliwości 4000 Hz dla przewodnictwa powietrznego.

Porównanie średnich wartości latencji fali V dla trzasku i bodźca o częstotliwości 1000 Hz w grupie dzieci z niedosłuchem odbiorczym (ryc. 4) wykazało, że dla bodźca o częstotliwości 1000 Hz latencje fali V dla przewodnictwa kostnego, w całym zakresie stosowanych poziomów, są nieco krótsze niż dla przewodnictwa powietrznego, przy czym różnice te nie były istotne statystycznie. Podobne obserwacje poczyniono w pracy Vander Werff'a [1] w grupie osób z prawidłowym słuchem, dla bodźców o częstotliwościach 500 Hz. Z kolei w pracy Gorga [16] nie obserwowano podobnej zależności w zakresie częstotliwości 250-4000 Hz. Natomiast w grupie dzieci z niedosłuchem przewodzeniowym obserwowano statystycznie istotne różnice pomiędzy średnimi wartościami latencji fali V bez względu na rodzaj bodźca (ryc. 5). Dla tego rodzaju niedosłuchu latencja fali V dla przewodnictwa powietrznego była ok. 1 ms dłuższa od latencji na drodze przewodnictwa kostnego dla trzasku i ok. 1,8 ms dla tonu o częstotliwości 1000 Hz. Podobną zależność co do różnicy latencji fali V dla przewodnictwa powietrznego i kostnego dla trzasku i niedosłuchu przewodzeniowego stwierdzono w pracy Muchnik [5] oraz van der Drift [17].

Podsumowując wyniki analizy latencji dla przewodnictwa powietrznego i kostnego można powiedzieć, że uzyskane wyniki są zasadniczo zgodne z wynikami uzyskanymi przez innych autorów. Warto zwrócić uwagę, że latencje fali V uzyskane na drodze przewodnictwa powietrznego i kostnego w grupie dzieci z niedosłuchem odbiorczym nie są istotne statystycznie, a nieznacznie krótsze wartości latencji fali V dla przewodnictwa kostnego dla bodźca o częstotliwości 1000 Hz nie ma istotnego znaczenia z klinicznego punktu widzenia. Z kolei w grupie dzieci z niedosłuchem przewodzeniowym bez względu na rodzaj stosowanego bodźca latencje fali V na drodze przewodnictwa powietrznego ze względu na osłabioną energię bodźca jaka dociera do ślimaka, są zgodnie z oczekiwaniami dłuższe niż na drodze przewodnictwa kostnego.

Analiza wartości modułu różnic pomiędzy średnimi wartościami progu fali V i progu słyszenia wyznaczonymi z audiometrii tonalnej (ABR-AUD) dla tego samego zakresu częstotliwości dla przewod-

nictwa powietrznego i kostnego wykazała, że wartości różnic nie przekraczają 7 dB (tab. III). W grupie dzieci z niedosłuchem odbiorczym różnice te miały wartość ujemną dla trzasku i tonu o częstotliwości 1000 Hz, zarówno dla przewodnictwa powietrznego jak i kostnego. Oznacza to, że wartości progu słyszenia wyznaczone w audiometrii tonalnej były nieco większe niż wartości progu fali V (tab. III). W grupie dzieci z niedosłuchem przewodzeniowym otrzymano relację odwrotną – różnice były dodatnie dla obu rodzajów stymulacji i bodźców, co oznacza, że próg fali V zawyża wartość progu słyszenia wyznaczoną w audiometrii tonalnej. Podobną zależność w przypadku niedosłuchu ślimakowego stwierdzono w pracy Stapells'a [18]. Uzyskanie dodatniej czy też ujemnej różnicy pomiędzy progiem fali V a progiem audiometrycznym niewątpliwie związany jest z kształtem audiogramu, jak również może być wynikiem przeszacowania czy też niedoszacowania elektrofizjologicznych progów słyszenia względem progów uzyskanych w audiometrii tonalnej, związanego z subiektywną oceną progu fali V. Być może zastosowanie w badaniach ABR skoku tłumika wynoszącego 5 dB zmniejszyłoby różnice pomiędzy progami audiometrycznymi i progami fali V.

W niniejszej pracy nie stwierdzono wpływu rodzaju, a zatem częstotliwości bodźca, na wielkość różnic pomiędzy progiem fali V, a progiem audiometrycznym. Dla bodźca o częstotliwości 1000 Hz i trzasku różnica pomiędzy progiem fali V, a średnią wartością progu słyszenia wyznaczoną z audiometrii tonalnej, dla przewodnictwa kostnego, nie przekraczała odpowiednio (-4 dB) i (-7 dB) w grupie dzieci z niedosłuchem odbiorczym. Natomiast w grupie dzieci z niedosłuchem przewodzeniowym 6 dB dla 1000 Hz i 5 dB dla trzasku. Różnice pomiędzy progiem audiometrycznym a progiem fali V obserwowane w niniejszej pracy były zbliżone do wyników otrzymanych w pracy Stapells'a [19] oraz nieznacznie niższe niż w pracy Vander Werff'a [1]. Nie mniej z uwagi na fakt, że wartości modułu różnic nie przekraczały 10 dB należy uznać, że z klinicznego punktu widzenia obserwowane różnice są nieznaczne.

Podsumowując, można powiedzieć, że metoda ABR na drodze przewodnictwa kostnego dla trzasku i tonu o częstotliwości 1000 Hz pozwala wyznaczać próg słyszenia z dokładnością zbliżoną do badania ABR na drodze przewodnictwa powietrznego.

## WNIOSKI

1. W zaburzeniach ślimakowych słuchu wykresy funkcji latencja-natężenie dla trzasku i krótkiego tonu o częstotliwości 1000 Hz w zakresie

- natężeń do 60 dB nHL mają taki sam przebieg dla obu rodzajów przewodnictwa.
2. W zaburzeniach przewodzeniowych, dla obu rodzajów bodźców, wartości latencji fali V dla przewodnictwa powietrznego są znacznie dłuższe niż dla przewodnictwa kostnego.
  3. Różnice pomiędzy progami dla obu rodzajów przewodnictwa wyznaczone w badaniach audiometrycznych i ABR są zbliżone dla obu rodzajów bodźców.
  4. Badanie ABR dla przewodnictwa kostnego dla trzasku i krótkiego tonu o częstotliwości 1000 Hz może być cennym uzupełnieniem standardowej procedury ABR dla przewodnictwa powietrznego.

*Praca wykonana w ramach grantu nr NCN N N403 153940.*

## Piśmiennictwo

1. Vander Werff KR, Prieve BA, Georgantas LM. Infant air and bone conduction tone burst auditory brain stem responses for classification of hearing loss and the relationship to behavioral thresholds. *Ear Hear* 2009; 30: 350-68.
2. 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: 120-6.
3. Steinhoff HJ, Bohnke F, Janssen T. Click ABR intensity-latency characteristics in diagnosing conductive and cochlear hearing losses. *Arch Otorhinolaryngol* 1988; 245: 259-265.
4. Stapells DR, Ruben RJ. Auditory brainstem responses to bone-conducted tones in infants. *Ann Otol Rhinol Laryngol* 1989; 98(12): 941-9.
5. 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: 185-91.
6. Kaga K, Tanka Y. Auditory air and bone conduction brainstem responses and damped rotation test for young children with bilateral congenital atresia of the ears. *Int J Pediatric Otorhinolaryngol* 1995; 32(1): 13-21.
7. 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): 176-82.
8. Kochanek K, Janczewski G, Skarżyński H, Piłka A, Grzanka A. Wpływ wielkości ubytku słuchu typu ślimakowego na przebieg funkcji: latencja-natężenie fali V odpowiedzi ABR. *Audiofonologia* 1999; 15: 35-48.
9. Oates P, Stapells DR. Interaction of click intensity and cochlear hearing loss on auditory brain stem response wave V latency. *Ear Hear* 1992; 13(1): 28-34.
10. Shepard NT, Webster JC, Baumen M, Schnuch P. Effect of hearing loss of cochlear origin on the auditory brain stem response. *Ear Hear* 1992; 13: 173-80.
11. Prosser S, Arslan E. Prediction of auditory brainstem wave V latency as a diagnostic tool of sensorineural hearing loss. *Audiology* 1987; 26: 179-87.
12. Kochanek K, Janczewski G, Skarżyński H, Piłka A, Grzanka A. Wpływ wielkości ubytku słuchu typu ślimakowego na przebieg funkcji: latencja-natężenie fali V odpowiedzi ABR. *Audiofonologia* 1999; 15: 35-48.
13. Kochanek K. Ocena progę słyszenia za pomocą słuchowych potencjałów wywołanych pnia mózgu w zakresie częstotliwości 500-4000 Hz. Praca habilitacyjna, Warszawa, Wydawnictwa Akademii Medycznej w Warszawie, 2000.
14. Kochanek K, Skarżyński H, Janczewski G, Grzanka A, Piłka A. Specyficzność częstotliwościowa słuchowych potencjałów pnia mózgu wywołanych impulsem tonu o obwiedni Gaussa o częstotliwości 500 Hz. I. Uszy normalnie słyszące. *Audiofonologia* 2001; 20: 113-23.
15. Mrugalska-Handke K, Stefaniak A, Piłka A, Kochanek K. Porównanie progów i latencji fali V słuchowych potencjałów wywołanych pnia mózgu dla stymulacji powietrznej i kostnej u dzieci z prawidłowym słuchem. *Otorinolaryngologia* 2011; 10(2): 87-93.
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. Brainstem Response Audiometry. I its use in distinguishing between conductive and cochlear hearing loss. *Audiology* 1988; 27: 260-70.
18. Stapells DR. Threshold Estimation by the Tone-Evoked Auditory Brainstem Response: A Literature Meta-Analysis. *J Speech-Lang Pathol Audiol* 2000; 24(2): 74-83.
19. Stapells DR, Gravel JS, Martin BA. Thresholds for auditory brain stem responses to tones in notched noise from infants and young children with normal hearing or sensorineural hearing loss. *Ear Hear* 1995; 16: 361-71.