

Opracowanie norm latencji fali V i różnicy międzysusznej latencji – IT5 dla odpowiedzi ABR wywołanych krótkimi tonami o intensywności 90 dB nHL

Normative data of latency of wave V and interaural latency difference - IT5 for ABRs elicited by tone-pips of 90 dB nHL intensity

Ewa Orkan-Łęcka¹, Krzysztof Kochanek², Adam Piłka², Lech Śliwa²

¹ Akademia Medyczna, Warszawa

² Instytut Fizjologii i Patologii Słuchu, Warszawa

Streszczenie

W praktyce klinicznej w ocenie zaburzeń słuchu typu pozaślimakowego za pomocą słuchowych potencjałów wywołanych pnia mózgu – ABR standardowym bodźcem jest trzask, chociaż podejmowane są również próby zastosowania w tych badaniach krótkich tonów. W ocenie odpowiedzi ABR stosuje się szereg parametrów, ale w pierwszej kolejności analizuje się parametry fali V – jej obecność, amplitudę i latencję. Bardzo czułym parametrem w przypadku jednostronnych zaburzeń pozaślimakowych jest różnica międzysusznej latencji fali V, tzw. wskaźnik IT5. Odpowiedzi ABR dla trzasku charakteryzują się bardzo małym rozrzutem śród- i międzysobniczym wartości latencji, co znacznie ułatwia porównywanie wyników pomiędzy laboratoriami. Normy latencji fali V i wskaźnika IT5 są powszechnie znane dla odpowiedzi wywołanych trzaskiem, a różnice pomiędzy laboratoriami są bardzo niewielkie. Nie zostały natomiast opracowane normy latencji fali V i wskaźnika IT5 dla odpowiedzi ABR wywołanych krótkimi tonami, co wynika przede wszystkim z braku standardu dotyczącego parametrów czasowych bodźców. Dlatego w niniejszej pracy podjęto badania, których celem było opracowanie norm latencji fali V i wskaźnika IT5 dla odpowiedzi ABR wywołanych krótkimi tonami o częstotliwościach 1000, 2000 i 4000 Hz, których wartości czasów narastania są dłuższe niż standardowe. Ponadto przeanalizowano wpływ wieku i płci na wymienione parametry fali V.

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

Summary

In clinical practice, when assessing retrocochlear hearing loss by means of ABRs, the click is commonly used as a standard stimulus, although some attempts are also made to employ tone pip stimuli. To evaluate the response, one examines a number of parameters of individual waves. In the first place, the presence and parameters of wave V are analyzed such as amplitude and latency. In the cases of unilateral retrocochlear hearing loss, interaural latency difference of wave V, the so-called IT5 index, is a very sensitive parameter. The characteristic feature of ABRs is very low inter- and intrasubject variability of latency values, which significantly facilitates comparisons between results from different laboratories. The norms for wave V latency and IT5 index for ABRs elicited by click are commonly known, and the differences between laboratories are very low. However, there are not any norms for wave V and IT5 latencies in the ABRs elicited by tone pips. The aim of this work was to elaborate the norms for latencies of wave V and the IT5 index in ABRs elicited by tone pips at frequencies 1000, 2000 and 4000 Hz, whose rise-times were longer than the standard ones. The influence of age and gender on the parameters of wave V was also analyzed.

Key words: auditory brainstem responses, tone pips, latency of wave V, normative data.

Wprowadzenie

Standardowym bodźcem w badaniach słuchowych potencjałów wywołanych pnia mózgu (ABR) jest trzask, który ze względu na dużą szybkość narastania fali ciśnienia akustycznego zapewnia bardzo dobrą synchronizację odpowiedzi pojedynczych włókien nerwu słuchowego, co w praktyce przekłada się na dużą amplitudę odpowiedzi oraz jej wysoką jakość. Z uwagi na szerokie widmo mocy trzasku odpowiedzi ABR nie są specyficzne częstotliwościowo. Dla niskich intensywności o cechach odpowiedzi decyduje odpowiedź ślimaka w zakresie częstotliwości od 2000 do 4000 Hz, natomiast w zakresie wyższych intensywności

aktywność zakrętu podstawnego [Don 1978; Eggermont 1980].

Powszechnie znane są normy latencji fali V dla trzasku oraz wpływ różnych czynników na jej wartość, takich jak np. płeć, wiek czy temperatura ciała. Jeżeli parametry stymulacji i akwizycji są zbliżone w poszczególnych ośrodkach elektrofizjologicznych, to różnice w normach są nieznaczące. Jest to niewątpliwie ogromna zaleta odpowiedzi ABR na trzask. Równie ważną cechą tych odpowiedzi jest niewielki rozrzut śród- i międzysobniczy, co przekłada się w praktyce na niewielkie wartości odchylenia standardowego średnich wartości latencji. Z klinicznego punktu widzenia ta cecha

odpowiedzi na trzask ma ogromne znaczenie, ponieważ ułatwia różnicowanie normy od patologii na podstawie pomiarów latencji. Jest to niewątpliwie skutek bardzo dobrej synchronizacji odpowiedzi pojedynczych włókien nerwu słuchowego przy pobudzaniu ślimaka trzaskiem, który gwarantuje bardzo dużą szybkość narastania fali ciśnienia dźwięku w początkowej fazie bodźca.

Jak wiadomo, krótkie tony charakteryzują się znacznie dłuższymi czasami narastania, a zatem szybkość narastania fali ciśnienia krótkiego tonu jest znacznie mniejsza niż dla trzasku. Np. dla krótkiego tonu o częstotliwości 1000 Hz minimalna wartość czasu narastania wynosi 1 okres, czyli 1 ms, podczas gdy wartość czasu narastania trzasku wynosi 0,05 ms. Zatem wartość czasu narastania krótkiego tonu jest 20-krotnie większa niż trzasku. Oznacza to w praktyce mniejszą szybkość narastania fali ciśnienia dźwięku dla krótkich tonów i spadek synchronizacji odpowiedzi pojedynczych włókien nerwu słuchowego. Dlatego fala V w odpowiedziach dla krótkich tonów ma mniejszą amplitudę oraz większą szerokość [Campbell 1995; Stapells 1997; 2000; Kochanek 2000; Purdy 2002].

Do tej pory nie opracowano jednolitego standardu stymulacji za pomocą krótkich tonów, nie tylko w odniesieniu do badań progowych, ale szczególnie w odniesieniu do badań nadprogowych. Z reguły poszczególne ośrodki audiologiczne posługują się własnymi metodami, osiągając często satysfakcjonujące wyniki dotyczące rekonstrukcji audiogramu [Kochanek, 2000; Stapells 2000].

Brak standardu w zakresie parametrów stymulacji za pomocą krótkich tonów o obwiedniach nieliniowych powoduje, że brak jest powszechnie dostępnych norm latencji fali V dla krótkich tonów. Dlatego w niniejszej pracy, w nawiązaniu do wstępnych wyników badań w uszach normalnie słyszących, przedstawionych w pracy Kochanka i wsp. [2003], podjęto badania, których celem było wyznaczenie norm latencji fali V i różnicy międzysusznej latencji – wskaźnika IT5 w odpowiedziach ABR dla krótkich tonów. Analizowano również wpływ wieku i płci na wartości latencji fali V oraz wskaźnika IT5.

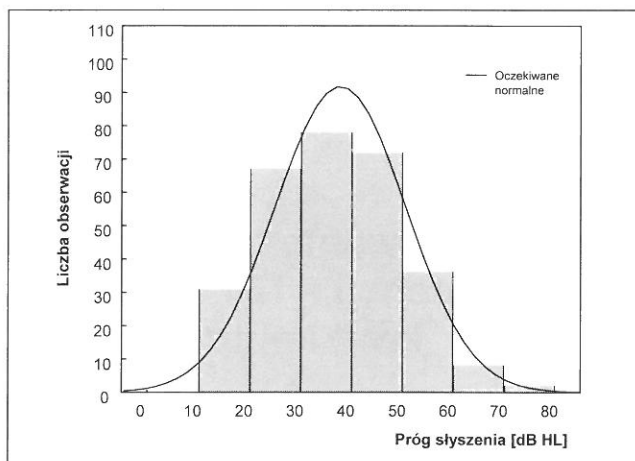
Materiał i metoda

Badania wykonano w grupie 148 osób o słuchu normalnym w wieku od 12 do 75 lat. Próg słyszenia badanych osób w zakresie częstotliwości 250-8000 Hz nie przekraczał 20 dB HL. Na ryc.1 przedstawiono histogram wieku badanych osób w przedziałach 10-letnich. Z przedstawionego rozkładu wynika, że większość osób była w wieku od 20 do 50 lat.

Z uwagi na małe liczebności grup osób w wieku poniżej 20 lat i powyżej 50 lat do dalszej analizy wyodrębniono cztery grupy wiekowe: grupa 1 – osoby w wieku poniżej 30 lat, grupa 2 – osoby w wieku od 30 do 40 lat, grupa 3 – osoby w wieku od 40 do 50 lat i grupa 4 – osoby w wieku powyżej 50 lat.

W tab. 1 zestawiono przedstawiono charakterystykę materiału pod względem liczebności płci i wieku badanych osób.

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 Kochanka i wsp. [2002]: dla częstotliwości 1000 Hz – 4 okresy (4 ms), natomiast dla częstotliwości 2000 i 4000 Hz – 8 okresów (4 i 2 ms). Bodźce



Ryc. 1. Rozkład wieku w badanej grupie osób normalnie słyszących

Tab. 1. Liczba kobiet i mężczyzn w poszczególnych grupach wiekowych

Grupa	Liczba osób	Liczba kobiet	Liczba mężczyzn
Grupa 1	98	50	48
Grupa 2	78	41	37
Grupa 3	72	39	33
Grupa 4	46	26	20
Ogółem	294	158	136

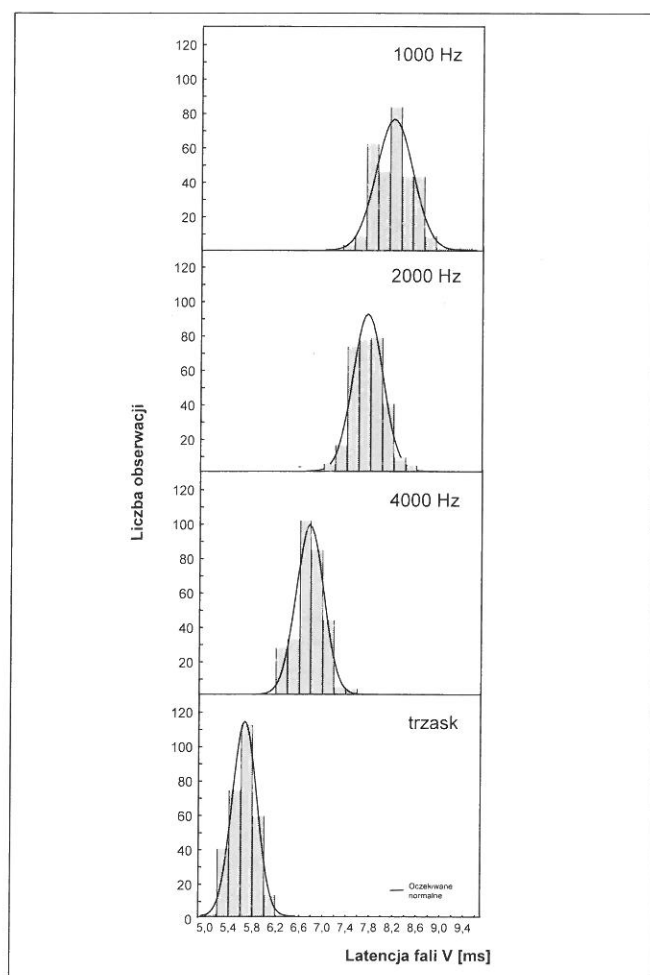
były generowane bez odcinka plateau. Intensywność wszystkich bodźców wynosiła 90 dB nHL.

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. Bodźce prezentowano przez słuchawki nauszne TDH-49 firmy Telephonics z częstotliwością powtarzania 31/s. Przedmiotem analizy statystycznej były latencje fali V oraz wartości różnicy międzysusznej – IT5 wyznaczone z odpowiedzi dla poszczególnych bodźców. Skok kursora przy wyznaczaniu latencji wynosił 0,08 ms. W analizie statystycznej stosowano test t-Studenta dla prób zależnych i niezależnych, analizę wariancji oraz funkcję korelacji liniowej. Jako istotne rozważano wyniki z poziomem istotności $p < 0,05$.

Wyniki

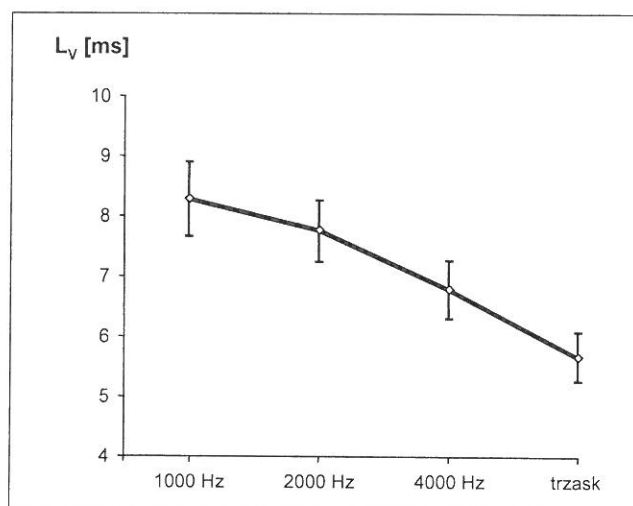
Latencja fali V

Na ryc. 2 przedstawiono histogramy latencji fali V w całej grupie osób dla poszczególnych bodźców, natomiast na ryc. 3 średnie wartości latencji fali V wraz z odchyleniami standardowymi. Najkrótsze latencje występowały w odpowiedziach dla trzasku, a najdłuższe dla krótkiego tonu o częstotliwości 1000 Hz. Odchylenia standardowe mają zbliżoną wartość dla poszczególnych bodźców, przy czym dla częstotliwości 1000 Hz wartość odchylenia jest nieznacznie większa niż dla pozostałych bodźców. Analiza statystyczna wykazała, że średnie wartości dla poszczególnych bodźców różnią się między sobą w sposób istotny statystycznie. Opierając się na średnich wartościach latencji i wartości dwóch odchylen standardowych, wyznaczono zakresy normy dla poszczególnych bodźców (tab. 2).



Ryc. 2. Histogramy latencji fali V w całej grupie osób dla poszczególnych bodźców

Na ryc. 4 przedstawiono diagramy korelacyjne latencji fali V w funkcji wieku. Analiza statystyczna wykazała, że pomimo niskich wartości współczynników korelacji liniowej, korelacje były istotne statystycznie dla wszystkich bodźców



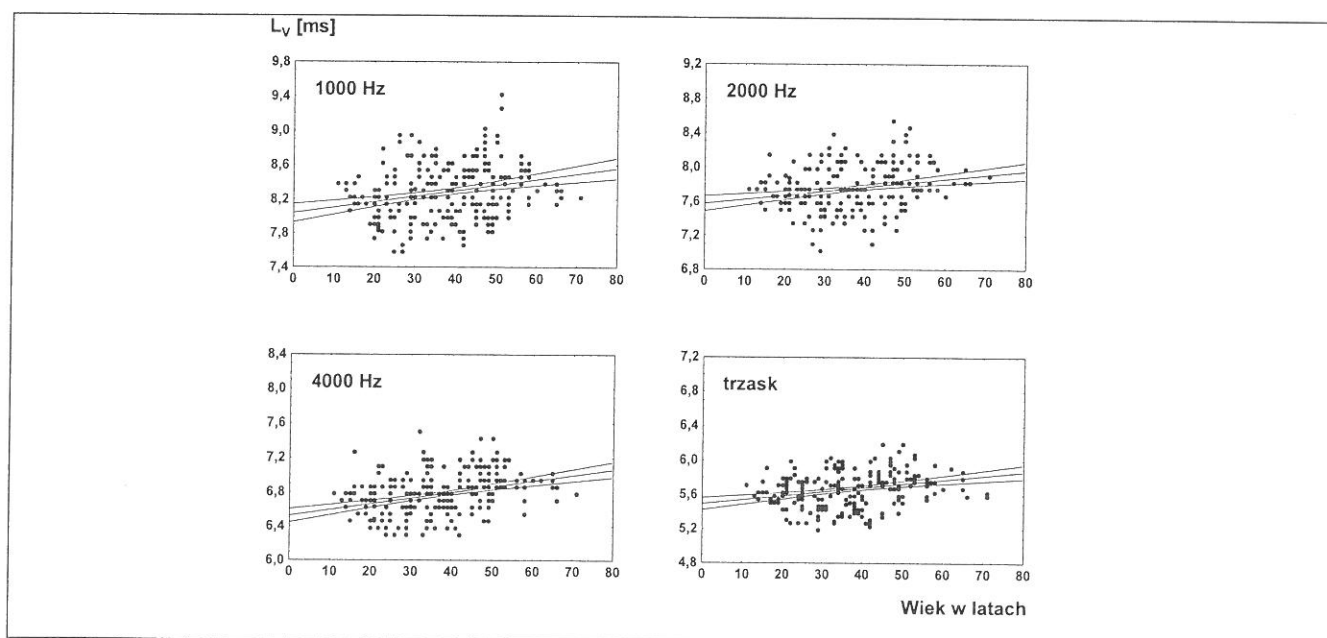
Ryc. 3. Średnie wartości latencji fali V wraz z dwoma odchyleniami standardowymi dla poszczególnych bodźców

Tab. 2. Średnie wartości latencji oraz dolny i górny zakres normy latencji fali V (w ms) dla poszczególnych bodźców

Bodziec	$\bar{x} \pm SD$	Zakres normy
1000 Hz	$8,28 \pm 0,31$	7,66 – 8,90
2000 Hz	$7,75 \pm 0,26$	7,23 – 8,27
4000 Hz	$6,78 \pm 0,24$	6,77 – 7,25
trzask	$5,67 \pm 0,21$	5,25 – 6,09

W tab. 3 przedstawiono wartości współczynników nachylenia wykresów latencji fali V w funkcji wieku oraz wartości współczynników korelacji liniowej dla poszczególnych bodźców. Najwyższa wartość współczynnika korelacji liniowej występowała dla bodźca o częstotliwości 4000 Hz. Nachylenia wykresów były zbliżone dla wszystkich bodźców.

W tab. 4 oraz na ryc. 5 przedstawiono średnie wartości latencji fali V dla poszczególnych bodźców w różnych grupach wiekowych. Dla bodźców tonalnych wpływ wieku był nieco większy niż dla trzasku.



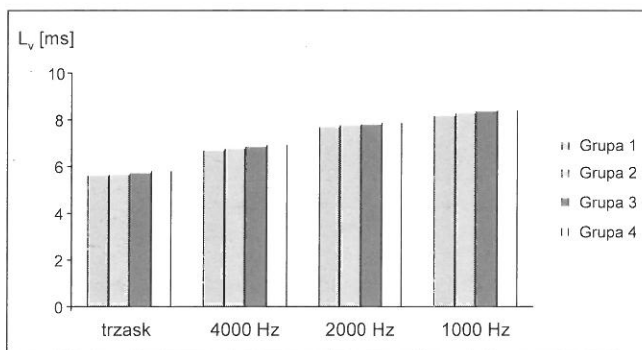
Ryc. 4. Diagramy korelacyjne latencji fali V w funkcji wieku dla poszczególnych bodźców

Tab. 3. Wartości współczynników nachylenia wykresów latencji fali V w funkcji wieku oraz wartości współczynników korelacji liniowej dla poszczególnych bodźców

Rodzaj bodźca	Nachylenie wykresu	Wartość współczynnika korelacji liniowej
1000 Hz	7 μ s/dB	0,27
2000 Hz	5 μ s/dB	0,24
4000 Hz	7 μ s/dB	0,36
trzask	5 μ s/dB	0,29

Tab. 4. Średnie wartości i odchylenie standardowe latencji fali V (w ms) dla poszczególnych bodźców w różnych grupach wiekowych

Grupa	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	trzask
Grupa 1	8,15 $\pm$ 0,28	7,66 $\pm$ 0,22	6,66 $\pm$ 0,21	5,58 $\pm$ 0,17
Grupa 2	8,20 $\pm$ 0,29	7,74 $\pm$ 0,26	6,75 $\pm$ 0,22	5,64 $\pm$ 0,21
Grupa 3	8,35 $\pm$ 0,34	7,79 $\pm$ 0,30	6,86 $\pm$ 0,25	5,74 $\pm$ 0,24
Grupa 4	8,41 $\pm$ 0,26	7,89 $\pm$ 0,24	6,94 $\pm$ 0,21	5,78 $\pm$ 0,19
Ogółem	8,28 $\pm$ 0,31	7,75 $\pm$ 0,26	6,78 $\pm$ 0,24	5,67 $\pm$ 0,21



Ryc. 5. Średnie wartości latencji fali V (w ms) w różnych grupach wiekowych dla poszczególnych bodźców (grupa 1 – wiek poniżej 30 lat; grupa 2 – przedział wieku od 30 do 40 lat; grupa 3 – przedział wieku od 40 do 50 lat; grupa 4 – wiek powyżej 50 lat)

W tab. 5 zestawiono średnie wartości latencji fali V dla poszczególnych bodźców w grupach kobiet i mężczyzn. Analiza wariancji wykazała istotny statystycznie wpływ płci na wartości latencji fali V. Porównanie latencji fali V w obu

podgrupach osób za pomocą testu t-Studenta dla prób niezależnych wykazało, że latencje w grupie mężczyzn są dla każdego bodźca dłuższe w sposób istotny statystycznie ($p < 0,05$). Dla częstotliwości 1000 i 2000 Hz różnice latencji pomiędzy grupą mężczyzn i kobiet były nieco większe niż dla bodźca o częstotliwości 4000 Hz i dla trzasku.

Tab. 5. Średnie wartości latencji fali V (w ms) wraz z odchyleniem standardowym w grupach kobiet i mężczyzn dla poszczególnych bodźców

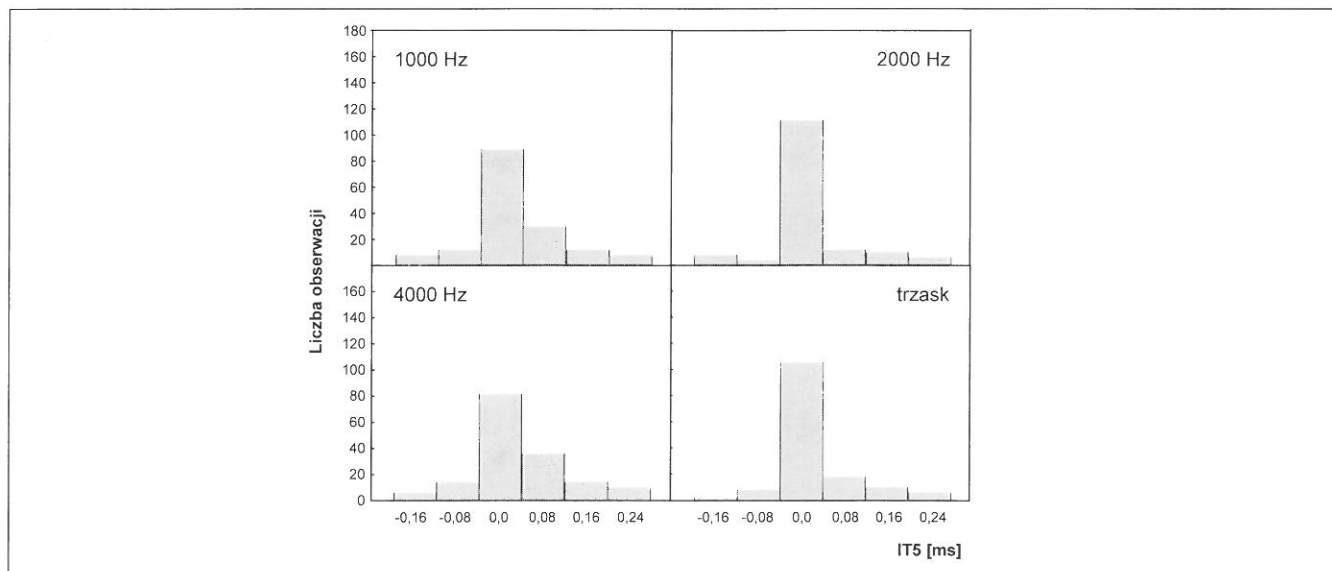
Grupa	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	trzask
Kobiety	8,20 $\pm$ 0,28	7,69 $\pm$ 0,23	6,72 $\pm$ 0,23	5,62 $\pm$ 0,20
Mężczyźni	8,45 $\pm$ 0,32	7,90 $\pm$ 0,25	6,90 $\pm$ 0,20	5,78 $\pm$ 0,17

Różnica międzysusna latencji fali V – IT5

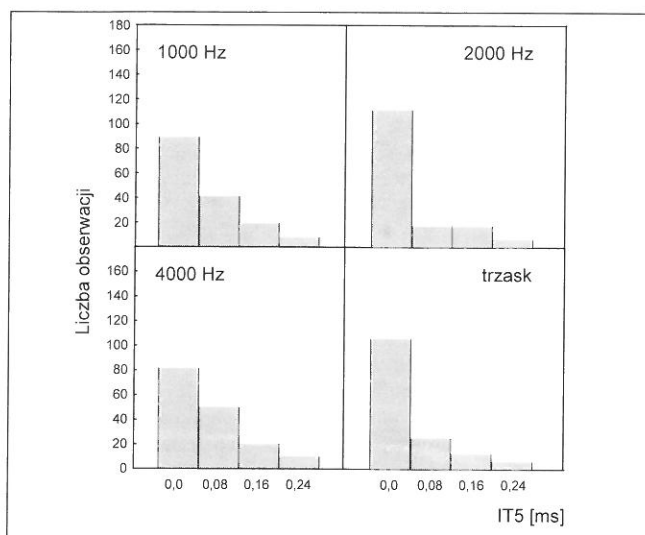
Na ryc. 6 przedstawiono histogramy wartości różnic międzysusnych latencji fali V – IT5 dla poszczególnych bodźców. W przedstawionych rozkładach zdecydowanie dominują wartości zerowe wskaźnika IT5.

Ponieważ z klinicznego punktu widzenia nie ma znaczenia znak różnicy międzysusnej latencji, ale jej wartość bezwzględna, dlatego dalsza analiza statystyczna IT5 została wykonana w odniesieniu do wartości bezwzględnych. Na ryc. 7 przedstawiono histogramy wartości bezwzględnych wskaźnika IT5. Podobnie jak w histogramach na ryc. 6, niezależnie od rodzaju bodźca, wyraźnie dominują zerowe wartości IT5. W analizowanym materiale nie występowały wartości IT5 powyżej 0,24 ms (trzy skoki kursora na ekranie urzędzenia EPTTEST).

W tab. 6 przedstawiono średnie wartości bezwzględnych wartości IT5 dla poszczególnych bodźców oraz górne zakresy normy, wyznaczone w oparciu o wartości średnie IT5 i wartość dwóch odchyłeń standardowych. Najniższa średnia wartość IT5 występowała dla trzasku, natomiast dla pozostałych bodźców wartości IT5 nie różniły się istotnie między sobą i były około dwu razy większe od wartości dla trzasku. Analiza wariancji nie wykazała istotnego statystycznie wpływu wieku oraz płci na wartość IT5.



Ryc. 6. Histogramy wartości względnego wskaźnika IT5 dla poszczególnych bodźców



Ryc. 7. Histogramy wartości bezwzględnych wskaźnika IT5 dla poszczególnych bodźców

Tab. 6. Średnie wartości różnicy międzysusznej latencji fali V – IT5 (w ms) oraz górny zakres normy dla poszczególnych bodźców

Bodziec	$\bar{x} \pm SD$	Górny zakres normy
1000 Hz	$0,06 \pm 0,07$	0,20
2000 Hz	$0,05 \pm 0,07$	0,19
4000 Hz	$0,07 \pm 0,08$	0,23
trzask	$0,03 \pm 0,06$	0,15

Dyskusja

Zasadniczym celem niniejszej pracy było opracowanie zakresów norm dla dwóch parametrów fali V słuchowych potencjałów pnia mózgu wywoływanych krótkimi tonami – latencji i różnicy międzysusznej latencji – IT5. Dla porównania analizę tych samych parametrów wykonano również dla odpowiedzi wywoływanych trzaskiem.

Zgodnie z wynikami badań innych autorów latencje fali V dla krótkich tonów były w sposób istotny statystycznie dłuższe niż w odpowiedziach dla trzasku [Campbell 1995; Kochanek 2002; Purdy 2002]. Dla krótkich tonów wartość latencji fali V zwiększała się wraz z redukcją częstotliwości bodźca, co jest zależnością ogólnie znaną. Średnia wartość latencji fali V dla trzasku oraz wartość odchylenia standardowego były zbliżone do wartości opracowanych przez innych autorów [Sturzebecher 1985; Eggermont 1986; Musiek 1989; 1995].

Z klinicznego punktu widzenia w diagnostyce różnicowej istotnym parametrem jest wartość rozrzutu międzysobniczego latencji, którego miarą może być wartość odchylenia standardowego wartości średniej. Analiza wartości odchylenia standardowych latencji fali V (tab. 2) wykazała, że najniższa wartość występowała dla trzasku, nieco większe wartości dla krótkich tonów o częstotliwościach 2000 i 4000 Hz, a największa dla tonu o częstotliwości 1000 Hz. Nie jest to wynik zaskakujący z uwagi na różnice w wartościach czasów narastania poszczególnych bodźców. Najkrótszy czas narastania posiada bowiem trzask, a najdłuższy – ton o częstotliwości 1000 Hz. Ponieważ wartość czasu narastania bodźca silnie wpływa na stopień synchronizacji odpowiedzi włókien nerwu słuchowego, dlatego odpowiedzi dla trzasku cechują

się mniejszym rozrzutem międzysobniczym niż odpowiedzi dla krótkiego tonu o częstotliwości 1000 Hz.

Analiza wpływu płci i wieku na latencję fali V w odpowiedziach dla krótkich tonów potwierdziła ogólnie znane zależności, dotyczące wpływu tych czynników na latencję fali V w odpowiedziach dla trzasku [Serpanos 2004; Burkard 2002; Don 1994; Foxe 1993; Costa Neto 1991; Durrant 1990]. Dla krótkich tonów stwierdzono podobne zależności, przy czym przyrosty latencji związane ze wzrostem wieku (tab. 4) były nieco większe niż dla trzasku. Różnice średnich wartości latencji w grupach kobiet i mężczyzn były nieco większe dla krótkich tonów niż dla trzasku i zwiększały się wraz ze zmniejszaniem częstotliwości. Wartości różnic pomiędzy średnimi wartościami latencji fali V dla trzasku w grupach kobiet i mężczyzn, uzyskane w niniejszej pracy, były zbliżone do wartości znanych z prac innych autorów [Don 1994].

Analiza statystyczna różnic międzysusznych latencji fali V – IT5 dla trzasku i krótkich tonów wykazała, że wartości średnie IT5 dla tonów są dwukrotnie większe niż dla trzasku. Jest to zapewne, podobnie jak w przypadku pomiarów latencji, wynik gorszej synchronizacji odpowiedzi pojedynczych włókien nerwu słuchowego w przypadku bodźców o dłuższych czasach narastania niż trzask [Hecox 1976; 1983; Koder 1979; Beattie 1997]. Podobny efekt zwiększenia rozrzutu międzysobniczego latencji fali V, jak w przypadku zwiększania wartości czasu narastania, jest obserwowany w przypadku redukcji intensywności bodźca [Bauch 1980; Don 1978; Eggermont 1980]. Na skutek zmniejszania szybkości narastania ciśnienia dźwięku wraz z redukcją intensywności bodźca zmniejsza się stopień synchronizacji odpowiedzi we włóknach nerwu słuchowego, skutkiem czego zwiększa się wielkość rozrzutu środ- i międzysobniczego pomiarów latencji. Zatem nieco większy rozrzut międzysobniczy latencji fali V i wskaźnika IT5 dla krótkich tonów w porównaniu z odpowiedziami dla trzasku jest prawdopodobnie związany z różnicami w wartościach czasów narastania tych bodźców.

Analiza wpływu płci i wieku na wartość wskaźnika IT5 nie wykazała zgodnie z oczekiwaniami istotnego wpływu tych czynników na jego wartość. Z klinicznego punktu widzenia fakt ten ma duże znaczenie, ponieważ nie istnieje konieczność uwzględniania wpływu tych czynników w diagnostyce różnicowej zaburzeń słuchu z zastosowaniem wskaźnika IT5. Z uwagi na specyfikę pomiaru wskaźnika IT5 (różnica latencji u tej samej osoby) wartość odchylenia standardowego była 3-4 razy mniejsza niż w pomiarach latencji fali V. Z klinicznego punktu widzenia fakt ten może oznaczać większą użyteczność i efektywność wskaźnika IT5 w diagnostyce różnicowej ubytków słuchu.

Na podstawie uzyskanych wyników sformułowano następujące wnioski:

- wielkość rozrzutu międzysobniczego latencji fali V w odpowiedziach dla krótkich tonów jest większa niż dla trzasku
- wielkość rozrzutu międzysobniczego różnicy międzysusznej latencji fali V – IT5 jest zbliżona w odpowiedziach dla krótkich tonów i dla trzasku
- wiek i płeć mają istotny wpływ na latencję fali V w odpowiedziach dla trzasku i krótkich tonów

- wpływ wieku i płci na latencję fali V w odpowiedziach dla tonów i trzasku jest podobny
- wartość wskaźnika IT5 nie zależy od płci i wieku
- rozróżnienie międzyosobniczy wartości wskaźnika IT5 jest znacznie mniejszy niż latencji fali V

Bibliografia

- Bauch C. D., Rose D. E., Harner S. G. [1980]. Brainstem responses to tone pip and click stimuli. „*Ear and Hearing*” 1(4), 181-184.
- Beattie R. C., Torre P. [1997]. Effects of rise-fall time and repetition rate on the auditory brainstem response to 0.5 and 1 kHz tone bursts using normal-hearing and hearing-impaired subjects. „*Scandinavian Audiology*” 26, 23-32.
- Burkard R. F., Sims D. [2002]. A comparison of the effects of broadband masking noise on the auditory brainstem response in young and older adults. „*American Journal of Audiology*” 11 (1), 13-22.
- Campbell K. C. M., Brady B. A. [1995]. Comparison of 1000-Hz tone bursts and click stimuli in otoneurologic ABR. „*American Journal of Audiology*” 4, 2, 55-60.
- Costa Neto T. T., Ito Y. I., Fukuda Y., Ganancia M.M., Caovilla H. H. [1991]. Effects of gender and head size on the auditory brainstem response. „*Revue de Laryngologie – Otologie – Rhinologie*” 112 (1), 17-19.
- Don M., Eggermont J. [1978]. Analysis of the click-evoked brainstem potentials in man using high-pass noise masking. „*The Journal of the Acoustical Society of America*” 63, 4, 1084-1092.
- Don M., Ponton C. W., Eggermont J. J., Masuda A. [1994]. Auditory brainstem response (ABR) peak amplitude variability reflects individual differences in cochlear response times. „*The Journal of the Acoustical Society of America*” 96, 3476-3491.
- Durrant J. D., Sabo D. L., Hyre R. J. [1990]. Gender, head size, and ABRs examined in large clinical sample. „*Ear and Hearing*” 11 (3), 210-214.
- Eggermont J. J., Don M. [1980]. Analysis of the click-evoked brainstem potentials in humans using high-pass noise masking. II. Effects of click intensity. „*The Journal of the Acoustical Society of America*” 68, 1671-1675.
- Eggermont J. J., Don M. [1986]. Mechanisms of central conduction time prolongation in brain-stem auditory evoked potentials. „*Archives of Neurology*” 43, 116-120.
- Foxe J. J., Stapells D. R. [1993]. Normal infant and adult auditory brainstem responses to bone-conducted tones. „*Audiology*” 32, 95-109.
- Hecox K., Deegan D. [1983]. Rise-fall time effects on the brainstem auditory evoked response. Mechanisms. „*The Journal of the Acoustical Society of America*” 73, 2109-2116.
- Hecox K., Squires N., Galambos R. [1976]. Brainstem evoked responses in man. I. Effect of stimulus rise-fall time and duration. „*The Journal of the Acoustical Society of America*” 60, 1187-1192.
- Kochanek K. [2000]. Ocena progu słyszenia za pomocą słuchowych potencjałów wywołanych pnia mózgu w zakresie częstotliwości 500-4000 Hz. Rozprawa habilitacyjna. Warszawa: Wydawnictwo Akademii Medycznej.
- Kochanek K., Orkan-Łęcka E., Piłka A. [2003]. Porównanie odpowiedzi ABR dla krótkich tonów o częstotliwościach 1000, 2000 i 4000 Hz oraz dla trzasku w uszach normalnie słyszących. „*Audiofonologia*” 24, 53-60.
- 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.
- Kodera K., Hink R., Yamada O., Suzuki J. [1979]. Effects of rise time on simultaneously recorded auditory-evoked potentials from the early, middle, and late ranges. „*Audiology*” 18, 395-402.
- Musiek F. E., Lee W. W. [1995]. The auditory brain stem response in patients with brain stem or cochlear pathology. „*Ear and Hearing*” 16 (6), 631-636.
- Musiek F. E., Johnson G. D., Gollegly K. M., Josey A. F., Glasscock M. E. 3rd. [1989]. The auditory brain stem response interaural latency difference (ILD) in patients with brain stem lesions. „*Ear and Hearing*” 10 (2), 131-134.
- Purdy S. C., Abbas P. C. [2002]. ABR thresholds to tone bursts gated with Blackman and linear windows in adults with high-frequency sensorineural hearing loss. „*Ear and Hearing*” 23, 4, 358-368.
- Serpanos Y. C. [2004]. ABR and DPOAE indices of normal loudness in children and adults. „*Journal of the American Academy of Audiology*” 15 (8), 555-565.
- Stapells D. R. [2000]. Threshold estimation by tone-evoked auditory brainstem response: a literature meta-analysis. „*Journal of Speech-Language Pathology and Audiology*” 224, 74-83.
- Stapells D. R., Oates P. [1997]. Estimation of the pure-tone audiogram by the auditory brainstem response, a review. „*Audiology and Neuro-Otology*” 2, 5, 257-280.
- Sturzebecher E., Kevanishvili Z., Werbs M., Meyer E., Schmidt D. [1985]. Interpeak intervals of auditory brainstem response, interaural differences in normal-hearing subjects and patients with sensorineural hearing loss. „*Scandinavian Audiology*” 14(2), 83-87.

Adres do korespondencji

Ewa Orkan-Łęcka
03-846 Warszawa,
ul. Stanisława Augusta 42 m 44
e-mail: ewaorkan@amwaw.edu.pl