

Krzysztof Kochanek^{1,2}, Grażyna Tacikowska¹, Henryk Skarżyński^{1,2},
Jan Zając¹, Adam Pilka^{1,2}, Mirosław Jaśkiewicz¹

¹ Instytut Fizjologii i Patologii Słuchu, Warszawa

² Klinika Otolaryngologii Akademii Medycznej, Warszawa

Ocena wpływu intensywności bodźca na wielkość adaptacji słuchowej ocenianej metodą MLS ABR

Effects of Click Intensity on Magnitude of Auditory Adaptation of Auditory Brainstem Responses Elicited by Maximum Length Sequences – MLS

Słowa kluczowe: słuchowe potencjały wywołane pnia mózgu, adaptacja słuchowa, ciągi maksymalnej długości.

Key words: auditory brainstem responses, auditory adaptation, maximum length sequences.

Streszczenie

W pracy badano wpływ intensywności trzasku na przyrosty latencji fali V spowodowane wzrostem częstości stymulacji z 31 do 152, 333 i 667/s. Intensywności trzasku wynosiły: 80, 70, 60, 55, 50, 45, 40, 30 i 20 dB nHL. Dla wszystkich częstości stymulacji największe przyrosty latencji fali V obserwowano dla intensywności 50, 55 i 60 dB nHL. Przeprowadzone badania wykazały, że wielkość adaptacji słuchowej zależy od intensywności trzasku.

Summary

The aim of this study was to evaluate the stimulus intensity effects on wave V latency shift induced by increasing of the click repetition rate in extended range, using MLS technique. The ABRs were recorded by using conventional and MLS technique in group of young adults with normal hearing sensitivity. Using MLS technique responses were registered to stimulus repetition rates of 152, 333 i 667 clicks per second. Conventional ABRs were obtained for clicks presented at 31/s. Stimulus intensities were 80, 70, 65, 60, 55, 50, 45, 40, 30 and 20 dB nHL. For all stimulus repetition rates greatest latency shifts were observed at 50, 55 and 60 dB nHL stimulus intensities.

Badania adaptacji słuchowej za pomocą słuchowych potencjałów pnia mózgu rejestrowanych techniką MLS umożliwiają stosowanie znacznie większych częstości powtarzania bodźca niż tradycyjna technika uśredniania. Wielu autorów podkreśla, że metody stymulacji, które umożliwiają uzyskiwanie dużych przyrostów latencji fali V w uszach normalnie słyszących mogą być bardziej przydatne we wczesnej diagnostyce zaburzeń słuchu typu pozaślimakowego niż metody tradycyjne, w których wartości przyrostów są niewielkie. W pracy Tacikowskiej [1998] wykazano, że przyrosty latencji fali V w uszach normalnie słyszących spowodowane wzrostem częstości powtarzania trzasku z 31 do 190 i 356/s przekraczają wartość 1 ms.

Stosowanie testu adaptacji dla celów klinicznych wymaga oceny wielu czynników, które mogą mieć wpływ na wielkość adaptacji. Między innymi ważna jest ocena wpływu intensywności bodźca. W pracy Tacikowskiej [1998] wykazano, że istnieje związek pomiędzy intensywnością bodźca a wielkością przyrostów latencji fali V, spowodowanych wzrostem szybkości stymulacji. Największe przyrosty latencji otrzymywano dla intensywności 50 i 60 dB nHL, a najmniejsze dla intensywności 70 i 80 dB nHL. Ponieważ wyniki pracy Tacikowskiej stoją w pewnej sprzeczności z wynikami wcześniejszych prac, kiedy stosowano mniejsze częstości powtarzania bodźca i nie stwierdzono istotnego wpływu intensywności trzasku na wielkość przyrostów latencji fali V, dlatego w niniejszej pracy postanowiono powtórzyć badania przeprowadzone przez Tacikowską na innej grupie osób normalnie słyszących, z mniejszym – 5 dB skokiem tłumika w zakresie intensywności od 40 do 70 dB nHL oraz z rozszerzeniem zakresu badanych intensywności do 20 dB nHL.

I. MATERIAŁ I METODA

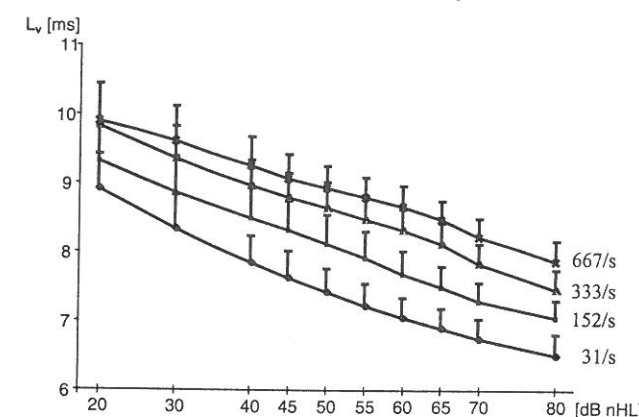
Badania wykonano w grupie 14 osób o słuchu normalnym (6 kobiet i 8 mężczyzn) w wieku 15-26 lat. U 10 osób badania wykonano dla obu uszu, natomiast u czterech osób w jednym, losowo wybranym uchu. Metoda rejestracji odpowiedzi ABR została szczegółowo opisana w pracy Tacikowskiej [1998]. Słuchowe potencjały wywołane pnia mózgu rejestrowano dwoma metodami: metodą standardową – ABR STD, dla trzasku o częstości 31/s oraz metodą ciągów maksymalnej długości – ABR MLS dla maksymalnych częstości 152, 333 i 667/s. Częstości maksymalne bodźca stosowane w metodzie ABR MLS odpowiadają średnim częstościom z pracy Tacikowskiej – 86,6, 190 i 356/s. W badaniach stosowano słuchawki wewnątrzuszne ER-3A firmy Etimotic Research.

Z odpowiedzi zarejestrowanych procedurą ABR STD wyznaczano wartości interwałów czasowych I-III, III-V i I-V, natomiast z odpowiedzi rejestrowanych procedurą ABR MLS – wartości latencji fali V. Wielkość adaptacji wyznaczano na podstawie przyrostów latencji fali V spowodowanych wzrostem częstości powtarzania bodźca z 31/s do 152, 333 i 667/s oraz ze 152 do 333 i 667/s. Intensywności trzasku stosowane w badaniach ABR MLS były następujące: 20, 30, 40, 45, 50, 55, 60, 65, 70 i 80 dB nHL.

W analizie statystycznej stosowano test t-Studenta dla prób powiązanych i niezależnych oraz funkcję korelacji liniowej. Różnice uważano za znaczące przy poziomach istotności $p < 0,05$. Ogółem analizie poddano odpowiedzi 24 uszu. Opierając się na wartościach latencji fali V i przyrostach latencji spowodowanych adaptacją, wyznaczano wykresy funkcji: latencja-natężenie, latencja-częstość powtarzania bodźca oraz wykresy przyrostów latencji w funkcji intensywności bodźca.

II. WYNIKI

Wartości interwałów czasowych odpowiedzi rejestrowanych metodą ABR STD u wszystkich osób były w granicach normy.



Ryc. 1. Wykresy funkcji: latencja-natężenie średnich wartości i odchylenie standardowe latencji fali V dla różnych częstości bodźca

Na ryc. 1 przedstawiono wykresy funkcji: latencja-natężenie fali V dla różnych częstości stymulacji, wyznaczone na podstawie średnich wartości latencji fali V, zestawionych w tab. 1. Na wykresach zaznaczono również wartość jednego odchylenia standardowego. Niezależnie od częstości powtarzania wartości latencji

fali V zmniejszają się wraz ze wzrostem intensywności bodźca, przy czym dla większych częstości stymulacji, począwszy od 152/s, wykres przyjmuje charakter funkcji liniowej, szczególnie w zakresie intensywności trzasku poniżej 60 dB nHL. Przy ustalonym poziomie bodźca wartości latencji fali V rosną wraz ze wzrostem częstości stymulacji.

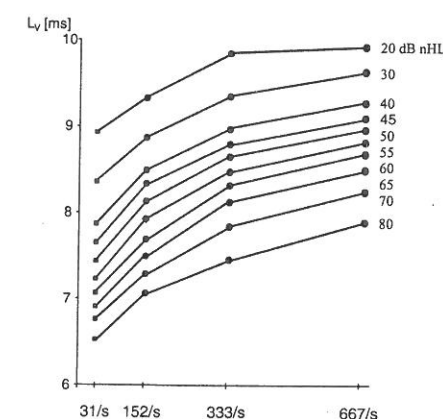
Tab. 1. Średnie wartości latencji fali V dla różnych intensywności i częstości powtarzania trzasku

Intensywność [dB nHL]	Częstość powtarzania bodźca			
	31/s	152/s	333/s	667/s
80	6,51 ± 0,30	7,06 ± 0,24	7,46 ± 0,29	7,87 ± 0,30
70	6,75 ± 0,28	7,29 ± 0,27	7,84 ± 0,29	8,22 ± 0,27
65	6,89 ± 0,29	7,49 ± 0,31	8,12 ± 0,30	8,47 ± 0,28
60	7,05 ± 0,29	7,68 ± 0,33	8,32 ± 0,31	8,66 ± 0,30
55	7,22 ± 0,32	7,92 ± 0,39	8,47 ± 0,34	8,79 ± 0,30
50	7,42 ± 0,35	8,12 ± 0,42	8,64 ± 0,38	8,93 ± 0,31
45	7,63 ± 0,39	8,32 ± 0,42	8,79 ± 0,37	9,07 ± 0,35
40	7,85 ± 0,39	8,48 ± 0,45	8,96 ± 0,37	9,25 ± 0,43
30	8,33 ± 0,50	8,86 ± 0,53	9,35 ± 0,48	9,61 ± 0,51
20	8,91 ± 0,52	9,32 ± 0,51	9,83 ± 0,62	9,90 ± 0,53

Tab. 2. Średnie wartości nachyleń oraz wartości współczynników korelacji liniowej wykresów funkcji: latencja–natężenie dla różnych częstości stymulacji

Częstość powtarzania bodźca	Nachylenie funkcji latencja–natężenie	Wartość współczynnika korelacji liniowej
31/s	-32 μs/dB	-0,982
152/s	-32 μs/dB	-0,997
333/s	-34 μs/dB	-0,999
667/s	-38 μs/dB	-0,999

W tab. 2 przedstawiono średnie wartości nachylenia wykresów funkcji: latencja–natężenie dla różnych częstości powtarzania bodźca oraz wartości współczynników korelacji liniowej. Nachylenie funkcji nieznacznie zwiększa się wraz ze wzrostem częstości powtarzania bodźca. Wartość współczynnika dla wszystkich funkcji wynosiła w przybliżeniu 1, co oznacza, iż rzeczywiste wykresy funkcji były dobrze aproksymowane wykresem funkcji liniowej.

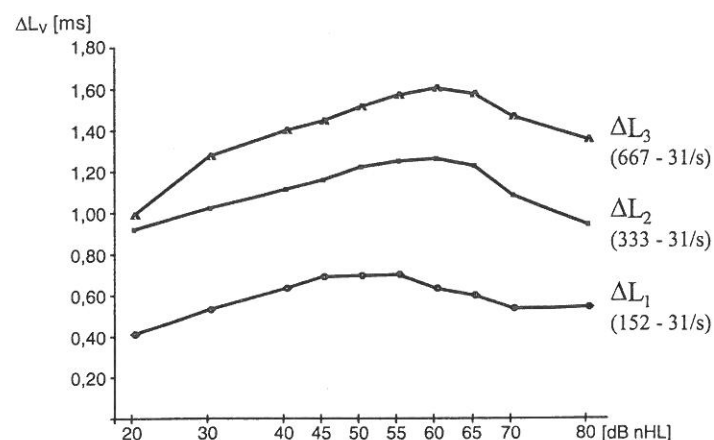


Ryc. 2. Wykresy funkcji: latencja–częstość powtarzania bodźca dla różnych intensywności bodźca

Na ryc. 2 przedstawiono wykresy latencji fali V w funkcji częstości powtarzania bodźca dla różnych intensywności trzasku. Niezależnie od intensywności bodźca wartości latencji fali V zwiększają się wraz ze wzrostem częstości stymulacji, osiągając maksymalne wartości dla częstości 667/s. Dla najniższej intensywności bodźca – 20 dB nHL – zmiany latencji fali V spowodowane wzrostem częstości powtarzania z 333 do 667/s są znacznie mniejsze niż dla pozostałych intensywności.

Tab. 3. Średnie wartości przyrostów latencji fali V spowodowane wzrostem częstości powtarzania bodźca z 31 do 152, 333 i 667/s

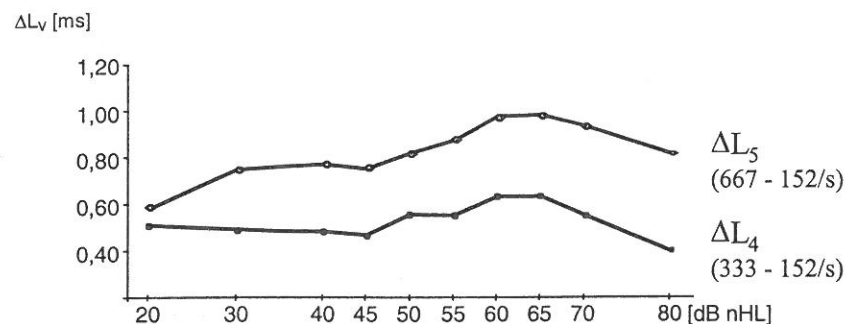
Intensywność [dB nHL]	Zmiany latencji fali V spowodowane wzrostem częstości powtarzania bodźca [ms]		
	ΔL_1	ΔL_2	ΔL_3
80	0,54 ± 0,13	0,94 ± 0,18	1,36 ± 0,28
70	0,54 ± 0,11	1,09 ± 0,11	1,47 ± 0,21
65	0,60 ± 0,11	1,23 ± 0,13	1,58 ± 0,20
60	0,63 ± 0,13	1,26 ± 0,14	1,61 ± 0,20
55	0,70 ± 0,21	1,25 ± 0,16	1,57 ± 0,19
50	0,70 ± 0,25	1,22 ± 0,18	1,51 ± 0,18
45	0,69 ± 0,21	1,16 ± 0,17	1,44 ± 0,21
40	0,63 ± 0,19	1,11 ± 0,14	1,40 ± 0,19
30	0,53 ± 0,22	1,02 ± 0,16	1,28 ± 0,23
20	0,41 ± 0,17	0,92 ± 0,28	0,99 ± 0,33



Ryc. 3. Wykresy przyrostów latencji fali V spowodowanych wzrostem częstotliwości stymulacji z 31 do 152, 333 i 667/s w funkcji intensywności trzasku

ΔL_1 – różnica latencji fali V dla częstotliwości 152 i 31/s
 ΔL_2 – różnica latencji fali V dla częstotliwości 333 i 31/s
 ΔL_3 – różnica latencji fali V dla częstotliwości 667 i 31/s

Opierając się na danych z tab. 3, na ryc. 3 przedstawiono wykresy przyrostów latencji fali V – ΔL , spowodowanych wzrostem częstotliwości powtarzania bodźca z 31 do 152, 333 i 667/s w funkcji intensywności trzasku. Największe przyrosty latencji występowały dla intensywności z zakresu 50-65 dB nHL. Dla intensywności poniżej 50 dB nHL i powyżej 65 dB nHL przyrosty latencji ΔL_1 , ΔL_2 , ΔL_3 zmniejszają się w sposób istotny statystycznie. Niezależnie od intensywności trzasku najniższe wartości przyrostów latencji fali V otrzymano dla częstotliwości 152/s, a największe dla częstotliwości 667/s.



Ryc. 4. Wykresy przyrostów latencji fali V – ΔL spowodowanych wzrostem częstotliwości powtarzania bodźca z 152 do 333 i 667/s w funkcji intensywności trzasku

ΔL_4 – różnica latencji fali V dla częstotliwości 333 i 152/s
 ΔL_5 – różnica latencji fali V dla częstotliwości 667 i 152/s

Tab. 4. Średnie wartości przyrostów latencji fali V wzrostem częstotliwości powtarzania bodźca ze 152 do 333 i 667/s.

Intensywność [dB nHL]	Zmiany latencji fali V spowodowane wzrostem częstotliwości powtarzania bodźca [ms]	
	ΔL_4	ΔL_5
80	0,40 ± 0,16	0,81 ± 0,22
70	0,55 ± 0,16	0,93 ± 0,17
65	0,63 ± 0,17	0,98 ± 0,22
60	0,63 ± 0,17	0,98 ± 0,19
55	0,55 ± 0,21	0,87 ± 0,25
50	0,55 ± 0,20	0,82 ± 0,26
45	0,46 ± 0,20	0,75 ± 0,27
40	0,48 ± 0,21	0,77 ± 0,25
30	0,49 ± 0,28	0,75 ± 0,30
20	0,51 ± 0,25	0,58 ± 0,32

Na ryc. 4 przedstawiono wykresy przyrostów latencji fali V – ΔL spowodowanych wzrostem częstotliwości powtarzania bodźca z 152 do 333 i 667/s w funkcji intensywności trzasku. Wartości przyrostów latencji fali V – ΔL_4 i ΔL_5 nie różnią się w sposób istotny statystycznie w zakresie intensywności 20- dB nHL, natomiast zwiększają się dla intensywności z zakresu 50- 70 dB nHL. Dla 80 dB nHL wartości przyrostów – ΔL_4 i ΔL_5 są niższe w odniesieniu do przyrostów latencji dla intensywności 60 i 65 dB nHL.

III. DYSKUSJA

Zasadniczym celem niniejszej pracy jest potwierdzenie wyników badań adaptacji słuchowej metodą ABR MLS przeprowadzonych przez Tacikowską w 1998 r. z uwagi na fakt, że wyniki te stoją w pewnej sprzeczności z wynikami wcześniejszych prac z tego zakresu [Debruyne 1986; Don 1977; Paludetti 1983], w których nie stwierdzano wpływu intensywności bodźca na wielkość adaptacji słuchowej. W porównaniu z pracą Tacikowskiej [1998] w niniejszej pracy badania prowadzono z mniejszym – 5 dB skokiem tłumika w zakresie intensywności 40-70 dB nHL oraz z poszerzonym zakresem intensywności do 20 dB nHL.

Ogólnie można stwierdzić, że wyniki badań uzyskane w niniejszej pracy, przeprowadzone na innej grupie osób o słuchu normalnym, potwierdzają wyniki uzyskane przez Tacikowską. Podobnie jak we wcześniejszych badaniach, stwierdzono przy wzroście częstotliwości stymulacji zmianę charakteru funkcji: laten-

cja-nateżenie z nieliniowego na liniowy (ryc. 1). Analiza wykresów przedstawiających zależność latencji fali V od częstości powtarzania bodźca dla różnych intensywności (ryc. 2) wykazała, że wzrost częstości powtarzania bodźca powoduje wzrost wartości latencji dla wszystkich intensywności trzasku, a wykres ma charakter funkcji logarytmicznej. Redukcja intensywności bodźca w zakresie 65-40 dB nHL powoduje prawie równoległe i proporcjonalne do spadku intensywności przesunięcie wykresu ku górze. Natomiast dla intensywności 20, 30, 70 i 80 dB nHL wykresy są nieco inne, a zmiany latencji spowodowane wzrostem częstości są mniejsze niż dla pozostałych intensywności. W zakresie intensywności 20-60 dB nHL zbliżone wyniki uzyskał Leung [1998], który oceniał latencje fali V dla częstości powtarzania w zakresie 9,1- 500/s. Przebieg wykresu funkcji dla bodźca o intensywności 80 dB nHL oraz średnie wartości latencji fali V otrzymane w niniejszej pracy są bardzo zbliżone do wyników przedstawionych w pracy Thornton'a [1993].

Analiza przyrostów latencji fali V spowodowanych wzrostem częstości stymulacji z 31/s do 86,6/s, 190/s i 356/s w funkcji intensywności trzasku (ryc. 3 i tab. 3) wykazała, że wartości przyrostów latencji zależą od intensywności bodźca. Przyrosty latencji ΔL_1 i ΔL_2 rosną wraz ze wzrostem intensywności bodźca 20-60 dB nHL, a następnie zmniejszają się, osiągając najniższe wartości dla intensywności 80 dB nHL. Przyrosty latencji ΔL_3 w zakresie intensywności 30-60 dB nHL nie różnią się między sobą w sposób istotny statystycznie, natomiast są mniejsze dla intensywności 20 i 80 dB nHL. Zatem dla wszystkich przyrostów największe wartości występują dla średnich intensywności trzasku – 50 i 60 dB nHL.

Analiza statystyczna przyrostów latencji wyznaczonych w odniesieniu do częstości 152/s wykazała, że przyrosty latencji fali V – ΔL_4 i ΔL_5 są największe dla intensywności trzasku 60 i 65 dB nHL. Dla pozostałych intensywności przyrosty latencji są mniejsze i nie różnią się między sobą w sposób istotny statystycznie.

Na podstawie przeprowadzonych badań można zatem powiedzieć, że wartości przyrostów latencji fali V spowodowanych wzrostem częstości stymulacji z 31 do większych niż 100/s zależą od intensywności trzasku. Największe przyrosty występują w zakresie średnich intensywności, natomiast najmniejsze dla najwyższych i dla najniższych intensywności. W pracy Tacikowskiej [1998] nie stwierdzono istotnie statystycznego zmniejszenia wartości przyrostów latencji fali V dla najmniejszych intensywności, ale należy zauważyć, że badania te prowadzono w zakresie intensywności do 30 dB nHL. W porównaniu z pracą Tacikowskiej [1998] w niniejszej pracy stwierdzono spadek wielkości adaptacji latencji nie tylko dla najwyższych, ale również dla najniższej intensywności.

Próbie wyjaśnienia mechanizmów odpowiedzialnych za wpływ intensywności trzasku na wartości przyrostów latencji fali w zakresie średnich i wysokich intensywności przedstawiła Tacikowska [1998], opierając się na wynikach pracy

Burkarda [1991], który stwierdził, że wielkość adaptacji zależy od częstotliwości bodźca i jest większa w rejonie niższych częstotliwości niż wysokich. Zatem adaptacja dla wysokich intensywności, dla których odpowiedzi ABR pochodzą z rejonu wysokich częstotliwości [Bauch 1988; Van der Drift 1987; Eggermont 1980] jest mniejsza niż dla średnich intensywności, gdzie pobudzany jest zakręt środkowy ślimaka. Opierając się na tych założeniach, trudno jest jednak wyjaśnić, dlaczego spadek wielkości adaptacji występuje nie tylko dla wysokich, ale również dla najniższych intensywności trzasku, gdzie w dalszym ciągu jest pobudzany rejon środkowy ślimaka. Być może w tym przypadku siła bodźca jest zbyt mała, aby dokonać znaczącej adaptacji.

Wyniki niniejszej pracy potwierdzają, że optymalne intensywności trzasku, z uwagi na możliwość otrzymania dużych przyrostów latencji spowodowanych wzrostem częstości stymulacji, powinny być wybierane z zakresu 50-60 dB nHL. Ponieważ latencje fali V oznacza się tym łatwiej im większa jest intensywność bodźca, dlatego z tego punktu widzenia lepiej jest stosować intensywność 60 dB nHL. Podobnie jak w pracy Tacikowskiej, wiele osób zwracało uwagę na fakt, że dla częstości powtarzania bodźca – 356/s głośność stosowanych bodźców była zbyt duża. Dlatego na użytek kliniczny oceny adaptacji słuchowej można przyjąć niższą częstość powtarzania bodźca, wynoszącą 190/s, która również zapewnia uzyskiwanie dużych przyrostów latencji fali V, o wartościach powyżej 1 ms. Zatem optymalne parametry testu adaptacyjnego opartego na ocenie przyrostów latencji fali V spowodowanych wzrostem częstości powtarzania to: częstość powtarzania – 190/s oraz intensywność – 60 dB nHL.

Ogólnie na podstawie uzyskanych wyników można sformułować wniosek, że przyrosty latencji fali V spowodowane wzrostem częstości powtarzania trzasku z 31 do 152, 333 i 667/s zależą od intensywności bodźca, przy czym najmniejsze wartości przyrostów latencji występują dla najniższych i najwyższych intensywności trzasku. Uzyskane wyniki potwierdzają w pełni wyniki i obserwacje pracy Tacikowskiej [1999], w której badania przeprowadzono na innej grupie osób o słuchu normalnym. Brak wpływu intensywności trzasku na przyrosty latencji fali V spowodowane wzrostem szybkości stymulacji, opisywany we wcześniejszych pracach, wynikał prawdopodobnie z faktu, że w pracach tych stosowano znacznie mniejsze częstości stymulacji.

Bibliografia

- Bauch C., Olsen W. (1988): Auditory brainstem responses as a function of average hearing sensitivity for 2000-4000 Hz. „Audiology” 27, 156-163.
Burkard R. (1991): Human brain-stem auditory evoked responses obtained by cross correlation to trains of clicks, noise bursts, and tone bursts. „J. Acoust. Soc. Am.” 90, 1398-1404.

- Debruyne F. (1986): Influence of age and hearing loss on the latency shifts of the auditory brainstem responses as a results of increased stimulus rate. „Audiology” 25, 101-106.
- Don M., Allen A. R., Starr A. (1977): Effects of click rates on the latency of the auditory brainstem responses in humans. „Ann. Otol. Rhinol. Laryngol.” 86, 186-195.
- Drift J. F. C. van der, Brocaar M. P., Zanten van G. A. (1987): The relation between the pure – ton audiogram and the click auditory brainstem responses threshold in cochlear hearing loss. „Audiology” 26, 1-10.
- Eggermont J., Don M. (1980): Analysis of the click-evoked auditory brainstem potentials in humans using high-pass noise masking. II. Effect of click intensity. „J. Acoust. Soc. Am.” 68, 1671-1675.
- Leung S., Slaven A., Thornton A., Brickley G. (1998): The use of high stimulus rate auditory brainstem responses in the estimation of hearing threshold. „Hear. Res.” 123, 201-205.
- Paludetti G., Maurizi M., Ottaviani F. (1983): Effects of stimulus repetition rate on the auditory brain stem responses (ABR). „Am. J. Otol.” 4, 226-234.
- Tacikowska G., Kochanek K., Janczewski G., Skarżyński H., Piłka A., Zając J., Jaśkiewicz M. (1998): Zmiany latencji fali V słuchowych potencjałów wywołanych pnia mózgu rejestrowanych techniką ciągów maksymalnej długości – MLS w funkcji częstości powtarzania bodźca i jego intensywności. „Audiofonologia” XIII, , 159-172.
- Thornton A. R. D., Slaven A. (1993): Auditory brainstem responses recorded at fast stimulation rates using maximum length sequences. „Br. J. Audiol.” 27, 205-210.