

Rejestracja słuchowych odpowiedzi stanu ustalonego (ASSR) w polu swobodnym u pacjentów korzystających z aparatów słuchowych

Recording of auditory steady state responses in hearing aid users in free acoustic field

Adam Piłka, Lech Śliwa, Anna Charukiewicz, Łukasz Olszewski, Krzysztof Kochanek

Instytut Fizjologii i Patologii Słuchu, Warszawa

Streszczenie

W pracy przedstawiono wyniki badań dotyczących możliwości oznaczenia progu słuchowego na podstawie pomiarów słuchowych potencjałów wywołanych stanu ustalonego - ASSR w polu swobodnym w grupie pacjentów z obustronnym, głębokim niedosłuchem typu zmysłowo-nerwowego. Wyznaczono audiometryczne i elektrofizjologiczne progi słyszenia przed i po założeniu aparatu słuchowego. Przedyskutowano dokładność obiektywnej metody badania słuchu w zastosowaniu do oceny poprawności dopasowania aparatów słuchowych.

Słowa kluczowe: próg słyszenia, słuchowe potencjały wywołane stanu ustalonego, obiektywne badania słuchu, aparaty słuchowe.

Summary

In the paper, the authors present results of investigation on determining hearing threshold based on measurement of the auditory steady-state responses - ASSR in free acoustic field. The subjects were a group of patients with deep and profound, bilateral sensorineural hearing loss. The differences between physiological and behavioural hearing thresholds were determined, as well as the standard deviations of the differences. One gives an assessment of accuracy of the objective method, and discusses its usability to evaluate correctness of hearing aid fitting.

Key words: hearing threshold, auditory steady-state responses, objective diagnostics of hearing, hearing aids.

Wprowadzenie

Wdrożenie do praktyki klinicznej programu wczesnej interwencji słuchowej niesie za sobą konieczność udoskonalania narzędzi diagnostycznych, szczególnie w dziedzinie badań obiektywnych. Obecnie powszechnie stosowaną metodą w obiektywnej ocenie progu słyszenia u małych dzieci jest badanie słuchowych potencjałów wywołanych pnia mózgu – ABR. Na podstawie wyznaczonych w badaniu ABR wartości progu słyszenia przeprowadza się procedury dopasowania protezy słuchowej, które są weryfikowane w badaniu audiometrycznym przeprowadzanym w polu swobodnym. Ponieważ impulsowe bodźce stosowane w badaniach ABR nie są przenoszone bez zniekształceń przez aparat słuchowy, nie jest więc możliwe wykorzystanie badania ABR w swobodnym polu akustycznym w celu w określeniu zysku z protezowania. U osób dorosłych stosuje się w tym celu behawioralne badania audiometryczne, które u kilkumiesięcznych dzieci są trudne lub niemożliwe do wykonania.

Wiele nadziei wiąże się obecnie z metodą słuchowych potencjałów stanu ustalonego – ASSR, w której do stymulacji wykorzystuje się tony modulowane amplitudowo i częstotli-

wościowo, które przenoszone są przez aparaty słuchowe bez istotnych zniekształceń [Olszewski (i in.) 2005].

Doniesienia dotyczące badania narządu słuchu przy wykorzystaniu słuchowych potencjałów wywołanych stanu ustalonego – ASSR sugerują, iż metoda ta może być przydatna do szacowania zysku z aparatów słuchowych, przede wszystkim u małych dzieci, u których audiometryczna ocena progu słyszenia przed i po zaopatrzeniu w aparaty słuchowe jest mało wiarygodna [Cone-Wesson (i in.) 2002; Piłka (i in.) 2006]. Wyniki przedstawione w cytowanych pracach wykazały, że istnieje dobra zgodność pomiędzy wynikami badania progu słyszenia metodą audiometryczną oraz w metodą ASSR.

W ramach niniejszej pracy podjęto badania, których celem była ocena możliwości wyznaczenia progu odpowiedzi ASSR w polu swobodnym w aparatach słuchowych.

Materiał i metoda

Badania wykonano w grupie 10 osób (5 kobiet i 5 mężczyzn) z obustronnym, głębokim niedosłuchem typu zmysłowo-nerwowego. Wszyscy pacjenci mieli wszczepione im-

planty ślimakowe w jednym uchu, zaś w drugim uchu, gdzie zachowały się resztki słuchu naturalnego, pacjenci korzystali z aparatów słuchowych. Średni wiek badanych osób wynosił 31 lat. Do badań ASSR wybierano ucho o zachowanym słuchu.

Wszyscy pacjenci posiadali aparaty cyfrowe dużej mocy, z mikrofonem wszechkierunkowym: DigiFocus II SP firmy Oticon, Supero 412 firmy Phonak, Senso P38 firmy Widex, Phoenix 313 firmy Siemens. Aparaty zostały dopasowane zgodnie z procedurą DSL I/O.

Przed przystąpieniem do rejestracji odpowiedzi ASSR, u każdego pacjenta wykonano badania audiometrii tonalnej, audiometrii impedancyjnej oraz audiometrii wolnego pola, bez aparatu słuchowego oraz w aparacie słuchowym. Na ryc. 1 przedstawiono indywidualne audiogramy uszu, które objęto badaniami wyznaczone w badaniu poprzez słuchawki oraz wyznaczone w polu swobodnym po założeniu aparatu słuchowego.

Rejestracje odpowiedzi ASSR przeprowadzono w kabinie audiometrycznej IAC 401-A za pomocą urządzenia GSI Audera. Osoba badana umieszczana była w kabinie w pozycji leżącej.

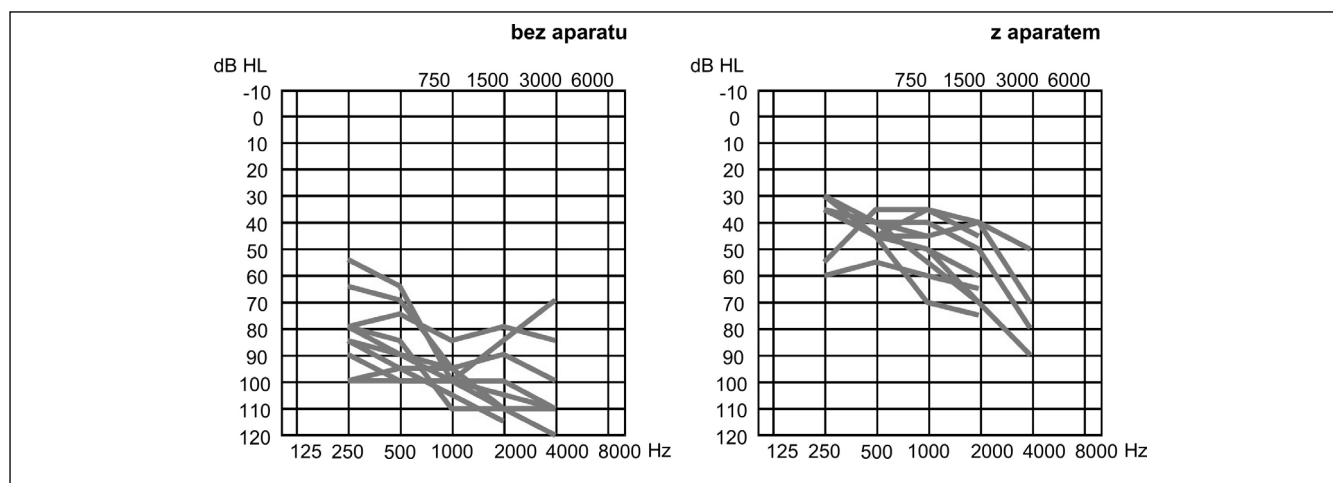
W badaniach elektrofizjologicznych przyjęto standardowe rozmieszczenie elektrod. Elektroda aktywna umieszczona była na czole pacjenta w punkcie Fpz, odniesienia za uchem badanym (A1 lub A2), natomiast elektrodę uziemia-

jącą umieszczono na czole poniżej elektrody aktywnej [van der Reijden (i in.) 2004]. Podczas badań prowadzonych swobodnym bodźce prezentowano poprzez zestaw głośnikowy Canton LE 150 CM, który był umieszczony centralnie, na wysokości uszu, w odległości 1 m od pacjenta.

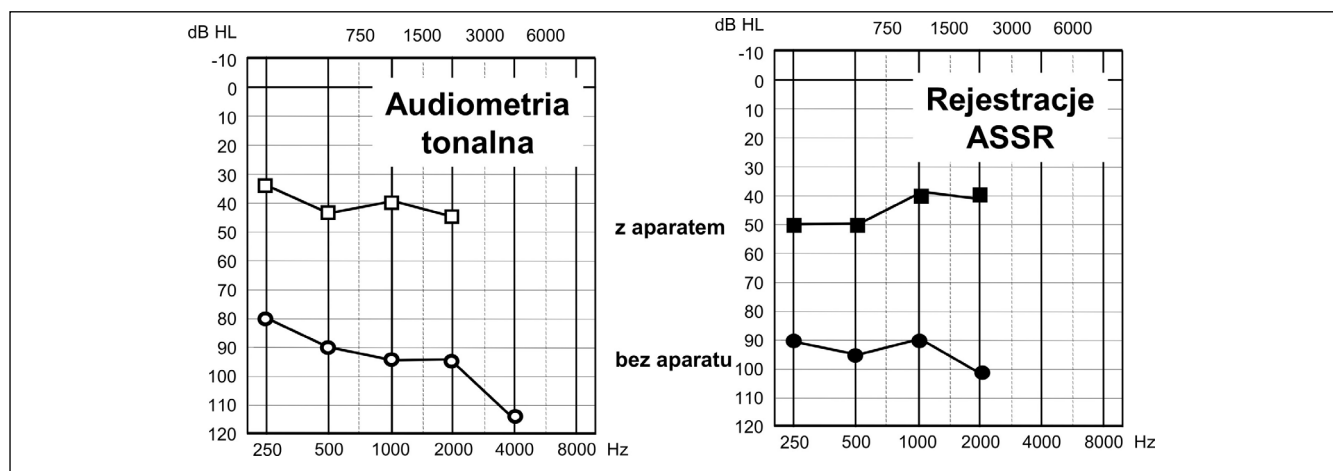
Rejestracje ASSR wykonano dla 5 częstotliwości nośnych 250, 500, 1000, 2000 i 4000 Hz z wykorzystaniem modulacji mieszanej. Głębokość modulacji amplitudowej wynosiła 100%, natomiast dziewięć częstotliwości 10%. Prace innych autorów pokazały, że amplituda odpowiedzi ASSR dla tego rodzaju bodźców jest większa przeciętnie o 30% niż amplituda otrzymana dla bodźców modulowanych tylko amplitudowo [John (i in.) 2000]. Pacjenci byli badani w stanie czuwania i dlatego zgodnie z zaleceniami producenta stosowano częstotliwość modulującą 46 Hz. Intensywność bodźców zmieniano ze skokiem 10 dB dla poziomów od 20 do 80 dB HL w badaniu w polu swobodnym oraz od 20 do 120 dB HL w badaniu w słuchawkach ER-3a.

Poziomy bodźców stosowanych w badaniach ASSR w wolnym polu akustycznym zostały wyskalowane za pomocą analizatora widmowego firmy Bruel & Kjaer typ 2143. Mikrofon pomiarowy umieszczono na statywie w odległości 1,2 m od głośnika.

Wcześniejsze badania prowadzone przez autorów niniejszej pracy wykazały, że sygnały akustyczne stosowane w badaniach ASSR przenoszone są poprzez aparaty słu-

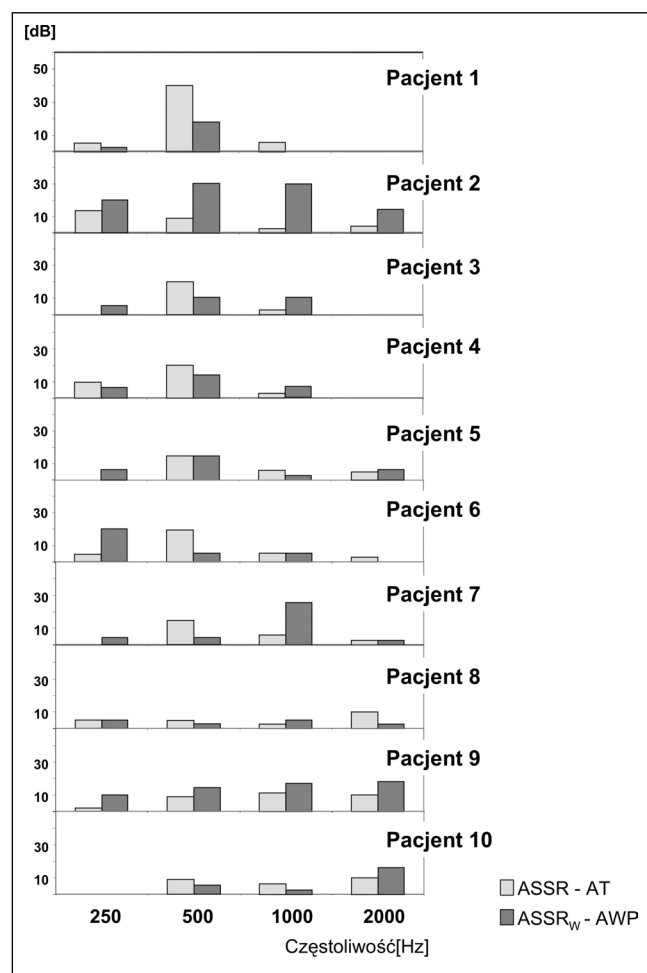


Ryc. 1. Indywidualne wyniki badań progu słyszenia w audiometrii tonalnej oraz w polu swobodnym w aparacie słuchowym



Ryc. 2. Przykład wyników badań progu słyszenia oraz progu odpowiedzi ASSR, bez aparatu słuchowego i z aparatem

chowe bez istotnych zniekształceń zarówno w dziedzinie czasu jak i częstotliwości [Olszewski (i in.) 2005].



Ryc. 3. Wartości różnic pomiędzy progami audiometrycznym i progiem odpowiedzi ASSR w badaniu bez aparatu słuchowego (AT ASSR) oraz w polu swobodnym z aparatem słuchowym (AWP ASSRw) dla poszczególnych pacjentów

Wyniki

U każdej z osób wyznaczano wartości progów psychoakustycznych metodą audiometrii tonalnej – bez aparatu słuchowego, w słuchawkach TDH (AT), oraz w aparacie słuchowym, w wolnym polu akustycznym (AWP). Wyznaczano również wartości progów elektrofizjologicznych na podstawie pomiarów odpowiedzi ASSR – podobnie jak poprzednio w słuchawkach ER-3a (ASSR) oraz w polu swobodnym (ASSRw).

Na ryc. 2 przedstawiono przykład wyników badań audiometrycznych i pomiarów odpowiedzi ASSR wykonanych u jednej z osób uczestniczących w badaniach. Z przedstawionych audiogramów oraz wykresów progów odpowiedzi ASSR wyraźnie widać, że obie metody dają spójne wyniki, zarówno jeżeli chodzi o wartości progów słyszenia wyznaczone bez aparatów słuchowych jak w aparatach słuchowych.

Na ryc. 3 przedstawiono dla poszczególnych pacjentów wartości różnic pomiędzy progami słyszenia wyznaczonym bez aparatu słuchowego (ASSR – AT) oraz w polu swobodnym z aparatem słuchowym (ASSRw – AWP).

Uzyskane wyniki pokazują, że w 80% przypadków różnice pomiędzy progami odpowiedzi ASSR i progami słyszenia mieściły się granicach od 0 do 20 dB. Dotyczyło to zarówno różnic progów wyznaczonych bez aparatu słuchowego jak z aparatem słuchowym. Należy zauważyć, że u niektórych pacjentów (nr 5 i 6) po zastosowaniu aparatu słuchowego udaje się uzyskać odpowiedź ASSR dla małych częstotliwości, pomimo, że nie wykazują oni tam żadnej reakcji słuchowej podczas badania audiometrii tonalnej bez aparatu (badanie w słuchawkach). Badanie ASSR potwierdza więc w tym przypadku korzyść z aparatu słuchowego, pomimo że badanie w audiometrii tonalnej mogłoby sugerować, że w pewnym przedziale częstotliwości aparaty nie dają korzyści słuchowych.

Średnie wartości różnic pomiędzy progami odpowiedzi ASSR i audiometrycznymi progami słyszenia dla badanej grupy pacjentów przedstawiono w tab. 1. Dla wszystkich częstotliwości nieco wyższe różnice uzyskano w pomiarach wykonanych bez aparatów słuchowych.

Tab. 1. Średnie wartości oraz odchylenie standardowe różnic pomiędzy progami odpowiedzi ASSR oraz progami słyszenia w badaniu bez aparatu słuchowego (ASSR – AT) oraz w polu swobodnym z aparatem słuchowym (ASSRw – AWP).

Częstotliwość [w Hz]	ASSR – AT [w dB]		ASSRw – AWP [w dB]	
	Wartość średnia	Odchylenie standardowe	Wartość średnia	Odchylenie standardowe
250	8,3	7,1	6,7	5,2
500	12,0	8,9	17,0	9,8
1000	11,1	11,1	4,0	3,9
2000	10,8	9,2	5,7	4,5

Na podstawie wartości progów ASSR i audiometrycznych progów słyszenia wyznaczono wzmocnienie funkcjonalne aparatu słuchowego. Wartość wzmocnienia można wyrazić jako różnicę pomiędzy progiem AT i AWP w badaniu psychoakustycznym oraz jako różnicę ASSR i ASSRw w metodzie ASSR. Średnie wartości oraz odchylenie standardowe różnic przedstawiono w tab. 2.

Tab. 2. Średnie wartości oraz odchylenie standardowe różnic pomiędzy progami audiometrii tonalnej i progami ASSR w badaniu bez aparatu słuchowego (ASSR – ASSRw) oraz w polu swobodnym z aparatem słuchowym (AT – AWP).

Częstotliwość [w Hz]	ASSR – ASSRw [w dB]		AT – AWP [w dB]	
	Wartość średnia	Odchylenie standardowe	Wartość średnia	Odchylenie standardowe
250	44,0	15,2	47,1	22,2
500	43,0	15,9	54,5	17,7
1000	50,0	13,5	57,8	11,5
2000	42,8	15,0	57,5	12,9

Z danych przedstawionych w tab. 2. wynika, że wartości wzmocnienia aparatów słuchowych oszacowane na podstawie pomiarów audiometrycznych i elektrofizjologicznych są zbliżone dla częstotliwości 250 i 1000 Hz, natomiast różnią się istotnie dla częstotliwości 500 i 2000 Hz. Szacunkowe wzmocnienie aparatów słuchowych było większe w metodzie ASSR. Analiza statystyczna wykazała jednak, że wzmocnienia aparatów szacowanych za pomocą obu metod nie różnią się między sobą w sposób istotny statystycznie.

Dyskusja

W pracy podjęto badania dotyczące oceny możliwości szacowania wielkości wzmocnienia aparatu słuchowego poprzez porównanie wartości progów odpowiedzi ASSR wyznaczonych bez oraz z aparatem słuchowym. Dla porównania wykonano również pomiary wartości progów psychoakustycznych.

Różnica między progiem słyszenia wyznaczonym w wolnym polu akustycznym w aparatach słuchowych i progiem słyszenia bez aparatu słuchowego, która określa efektywne (funkcjonalne) wzmocnienie aparatu słuchowego, jest miarą korzyści ze stosowania tego aparatu. Analiza statystyczna uzyskanych wyników wykazała, że różnice pomiędzy średnimi wartościami wzmocnienia wyznaczonymi metodą audiometryczną i elektrofizjologiczną (tab. 2) były nieistotne statystycznie dla wszystkich częstotliwości pomiarowych. Oznacza to, że dla badanej grupy pacjentów nie można stwierdzić, że średni błąd oszacowania korzyści z aparatu słuchowego na podstawie pomiaru ASSR różni się istotnie od błędu, który popęnia się oceniając tę korzyść za pomocą audiometrii tonalnej.

Analizując wyniki rejestracji odpowiedzi ASSR należy wziąć pod uwagę fakt, że na próg detekcji odpowiedzi ma wpływ wiele czynników zewnętrznych, takich jak: zakłócenia elektrofizjologiczne [Śliwa (i in.) 2004; Łapiński (i in.) 2004; Picton (i in.) 2004], stan pacjenta, kształt audiogramu [John (i in.) 2002] czy zastosowanie metody analizy statystycznej sygnału [Dobie (i in.) 1996; Stapells (i in.) 1987] oraz fakt, że różnice pomiędzy progami maleją wraz z wielkością ubytku słuchu [Kochanek (i in.) 2004; Dimitrijevic (i in.) 2002]. Dlatego na obecnym etapie rejestracji za pomocą ASSR są traktowane jako uzupełnienie innych badań, głównie ABR.

W pojedynczych przypadkach zaobserwowano większe różnice pomiędzy progami elektrofizjologicznym i behawioralnym. Podobnie jak w badaniach innych autorów [Herman (i in.) 2003], największe różnice między wynikami uzyskanymi obiema metodami – elektrofizjologiczną i behawioralną – zaobserwowano dla częstotliwości 500 Hz. Ze względu na ograniczenia wzmocnienia aparatu w zakresie wysokich częstotliwości, dla pacjentów z głębokimi ubytkami słuchu uzyskanie odpowiedzi w wolnym polu akustycznym dla częstotliwości 4 kHz okazało się trudne lub niemożliwe.

Wyniki niniejszej pracy pokazują, że możliwe jest obiektywne wyznaczenie charakterystyki wzmocnienia funkcjonal-

nego aparatu słuchowego w zakresie podstawowych częstotliwości audiometrycznych (250-4000 Hz). Różnice pomiędzy progami odpowiedzi ASSR wyznaczonymi bez i z aparatem słuchowym, uzyskane w omawianych badaniach, były zbliżone do wartości różnic progów słyszenia bez i z aparatem słuchowym wyznaczonych w badaniach audiometrycznych. Oznacza to, że obie metody pozwalają wyznaczyć wielkość wzmocnienia aparatu słuchowego z podobną dokładnością. Zatem, gdy pacjentem jest małe dziecko, skuteczność dopasowania protezy można dobrze ocenić poprzez porównanie progów ASSR, wyznaczonych bez i z aparatem słuchowym. Otrzymane wyniki są zbliżone z tymi, które autorzy niniejszej pracy uzyskali we wcześniejszych badaniach [Piłka (i in.) 2005]. Wciąż jednak nierozwiązana pozostaje kwestia wpływu ustawień układów wspomagających słyszenie stosowanych w aparatach słuchowych. Autorzy prowadzą dalsze prace nad oceną przydatności klinicznej metody w omawianych zastosowaniach.

Należy jednak zaznaczyć, że szczególne warunki pomiarowe, sposób przetwarzania dźwięku w aparatach oraz zaawansowane procesy percepcji sygnałów złożonych nie pozwalają na prognozowanie poprawy rozumienia mowy na podstawie jedynie informacji o wzmocnieniu funkcjonalnym aparatu słuchowego (traktowanego jako miara zysku z protezowania). Niemniej, w przypadku małych dzieci jest to często jedyna i najlepsza metoda wstępnej oceny prawidłowości dopasowania protezy.

Wnioski

Na podstawie przeprowadzonych badań sformułowano następujące wnioski:

- istnieje możliwość poprawnego pomiaru progu odpowiedzi ASSR w wolnym polu akustycznym u pacjentów korzystających z aparatów słuchowych;
- pomiary słuchowych odpowiedzi stanu ustalonego ASSR można wykorzystać do wyznaczenia wzmocnienia funkcjonalnego aparatu słuchowego w zakresie częstotliwości 250-4000 Hz, co pozwala obiektywnie ocenić korzyść z aparatu;
- wadą metody jest stosunkowo duży rozrzut wyników, który będzie można zmniejszyć przez udoskonalenie metod pomiaru słuchowych potencjałów stanu ustalonego.

Bibliografia

- Cone-Wesson B., Rickards F., Poulis C., Parker J., Tan L., Pollard J. [2002]. The auditory steady state response. I. Clinical applications in infants and children. „Journal of the American Academy of Audiology” 13, 270-282.
- Dimitrijevic A., John M. S., van Roon P., Purcell D. W., Adamonis J. Ostroff J., Nedzelski J. M., Picton T. W. [2002]. Estimating the audiogram using multiple auditory steady-state responses „Journal of the American Academy of Audiology” 13, 205-224.
- Dobie R. A., Wilson M. J. [1996]. A comparison of t test, F test, and coherence methods of detecting steady-state auditory-evoked potentials, distortion-product otoemissions, or other sinusoids. „Journal of the Acoustical Society of America” 100, 2236-2246.
- Herman A. T., Stapells D. R. [2003]. Auditory steady-state response thresholds of adults with sensorineural hearing impairments. „International Journal of Audiology” 42, 237-248.
- John M. S., Dimitrijevic A., Picton T. W. [2003]. Efficient stimuli for evoking auditory steady-state responses „Ear and Hearing” 24, 406-423.
- Kochanek K., Śliwa L., Skarżyński H., Piłka A. [2004]. Evaluation of intra- and intersubject variability of ASSR threshold in normal hearing subjects. 5th International Symposium „Modern Problems of Physiology and Pathology of Hearing”, Suzdal, Rosja, 7-11. 06. 2004, Program and Proceedings 97-98.
- Łapiński P., Grzanka A. [2004]. Słuchowe potencjały wywołane w stanach ustalonych. „Audiofonologia” 26, 41-51.
- Olszewski Ł., Piłka A., Kochanek K., Charukiewicz A. [2005]. Ocena możliwości przenoszenia bodźców stosowanych w badaniach ASSR przez aparaty słuchowe. Wyniki badań wstępnych. „Audiofonologia” 27, 43-46.
- Picton T. W., John M. S. [2004]. Avoiding electromagnetic artifacts when recording auditory steady-state responses. „Journal of the American Academy of Audiology” 15, 541-554.
- Piłka A., Charkiewicz A., Olszewski Ł., Piotrowska A., Kochanek K., Śliwa L. [2005]. Rejestracja słuchowych odpowiedzi stanu ustalonego (ASSR) w polu swobodnym u pacjentów aparatowanych – doniesienie wstępne. „Audiofonologia” 27, 47-50.
- Stapells D. R., Makeig S., Galambos R. [1987]. Auditory Steady-State Responses – Threshold Prediction Using Phase Coherence. „Electroencephalography and Clinical Neurophysiology” 67, 260-270.
- Śliwa L., Kochanek K., Piotrowska A., Piłka A. [2004]. Podstawy metod rejestracji i wykorzystania słuchowych potencjałów wywołanych stanu ustalonego. „Audiofonologia” 26, 21-29.
- Van der Reijden Ch., Mens L. H. M., Snik A. F. M. [2004]. Signal-to-Noise Ratios of the Auditory Steady-State Response from Fifty-Five Derivations in Adults. „Journal of the American Academy of Audiology” 15, 692-701.

