

Rejestracja słuchowych odpowiedzi stanu ustalonego (ASSR) w polu swobodnym u pacjentów aparatuowanych – doniesienie wstępne

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

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

Instytut Fizjologii i Patologii Słuchu, Warszawa

Streszczenie

W związku z wdrażaniem do praktyki klinicznej programów wczesnej interwencji słuchowej dobór aparatu u dzieci z ubytkami słuchu odbywa się już w 5–6 miesiącu życia. W tym wieku nie daje się wyznaczyć audiometrycznego pomiaru progu słyszenia w polu swobodnym metodami behawioralnymi, toteż poszukuje się metod obiektywnych, które pozwoliłyby ocenić próg słyszenia małego dziecka zaopatrzonego w aparat słuchowy. Z uwagi na impulsowy charakter pobudzenia i zniekształcenia impulsów przez aparaty słuchowe, nie jest możliwe wykorzystanie w tych badaniach słuchowych potencjałów wywołanych pnia mózgu (ABR). Możliwość taka istnieje natomiast w przypadku zastosowania słuchowych potencjałów wywołanych stanu ustalonego – ASSR, które wywoływane są bodźcami ciągłymi. Bodźce te przenoszone są przez aparaty słuchowe bez istotnych zniekształceń. W pracy przedstawiono wstępne wyniki badań nad możliwością oznaczenia progu słuchowego za pomocą metody 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

As the programs of early intervention are implemented to clinical practice, hearing aid fitting in children takes place already in 5–6 month of life. In this age, determining audiometric hearing threshold with the use of behavioural tests in free acoustic field is practically impossible. Therefore, there is a growing need for objective methods. The auditory brainstem responses, ABRs, commonly used in objective audiometry, cannot be applied to hearing aid users, because the stimuli have a form of short pulses. Such a possibility exists, however, when using the auditory steady state responses, ASSRs, which are evoked by continuous modulated-tone stimuli, and these can be transmitted through hearing aids without significant distortions. In the paper, the authors present preliminary results of investigation on determining hearing threshold with the use of the ASSR method 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

W związku z wdrażaniem na szeroką skalę programów wczesnej interwencji słuchowej istnieje konieczność oceny progu słyszenia w pierwszych miesiącach życia dziecka. Metodą standardową jest w tych przypadkach metoda słuchowych potencjałów wywołanych pnia mózgu – ABR. Progi słyszenia wyznaczone w tych badaniach stanowią obecnie podstawę przy dobieraniu aparatu słuchowego. Istotnym problemem, który dotyczy zaopatrzenia małych dzieci w aparaty słuchowe jest sprawdzenie skuteczności dobranej protezy słuchowej. Ogólnie chodzi tu przynajmniej o porównanie

progów słyszenia bez aparatu oraz z aparatem słuchowym. Porównanie progów słyszenia wyznaczonych w tych dwóch sytuacjach jest miarą wzmocnienia funkcjonalnego protezy słuchowej.

Od wielu lat poszukuje się metod, które pozwolą przeprowadzić taką ocenę w sposób obiektywny u małych dzieci. Z uwagi na charakter impulsowy pobudzenia i wynikające stąd zniekształcenia bodźców przez aparaty słuchowe nie jest możliwe wykorzystanie w tych badaniach słuchowych potencjałów wywołanych pnia mózgu – ABR. Wiele nadziei wiąże się natomiast z metodą słuchowych potencjałów stanu

ustalonego – ASSR, w której do stymulacji wykorzystuje się tony modulowane amplitudowo i częstotliwościowo, które przenoszone są przez aparaty słuchowe bez istotnych zniekształceń [Olszewski (i in.) 2005].

W 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 6 osób (2 kobiety i 4 mężczyzn) z obustronnym, głębokim niedosłuchem typu zmysłowo-nerwowego. Wszyscy pacjenci mieli wszczepione implanty ślimakowe w jednym uchu, zaś w drugim uchu, gdzie zachowały się resztki słuchu naturalnego, pacjenci korzystali z aparatów słuchowych. Wiek pacjentów zawierał się w przedziale od 7 do 53 lat. Do badań audiometrycznych wybierano ucho o zachowanym słuchu naturalnym.

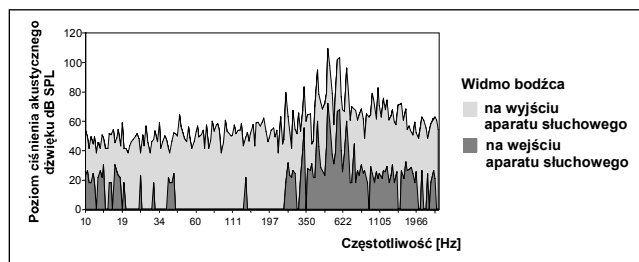
Wszyscy pacjenci posiadali aparaty cyfrowe, z mikrofonem wszechkierunkowym: 2 osoby stosowały aparaty Digi-Focus II SP firmy Oticon, 2 osoby aparaty Supero 412 firmy Phonak, natomiast pozostałe 2 osoby aparaty Senso P38 firmy Widex. Aparaty zostały dopasowane zgodnie z procedurą DSL I/O.

Przed przystąpieniem do rejestracji odpowiedzi ASSR, u każdego pacjenta wykonano badania audiometrii tonalnej oraz audiometrii impedancyjnej. Ponadto wyznaczono audiogram tonalny w polu swobodnym w aparacie słuchowym. Rejestracje odpowiedzi ASSR przeprowadzono w kabine audiometrycznej IAC 401-A za pomocą urządzenia GSI Audera. Osoba badana umieszczana była w pozycji leżącej. Kąt azymutalny kierunku źródła sygnału (głośnika) wynosił 0° , kąt podniesienia zawierał się w granicach $30^\circ - 40^\circ$.

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

Rejestracje wykonano dla 5 częstotliwości: 250, 500, 1000, 2000 i 4000 Hz. Głębokość modulacji amplitudowej wynosiła 100%, natomiast dewiacja częstotliwości 10%. Pacjenci byli badani w stanie czuwania i dlatego zgodnie z zaleceniami wytwórcy stosowano częstotliwość modulującą 46 Hz. Intensywność bodźców zmieniano ze skokiem 10 dB dla poziomów od 20 do 70 dB HL w badaniu w polu swobodnym oraz od 20 do 120 dB HL w badaniu w słuchawkach ER-3a.

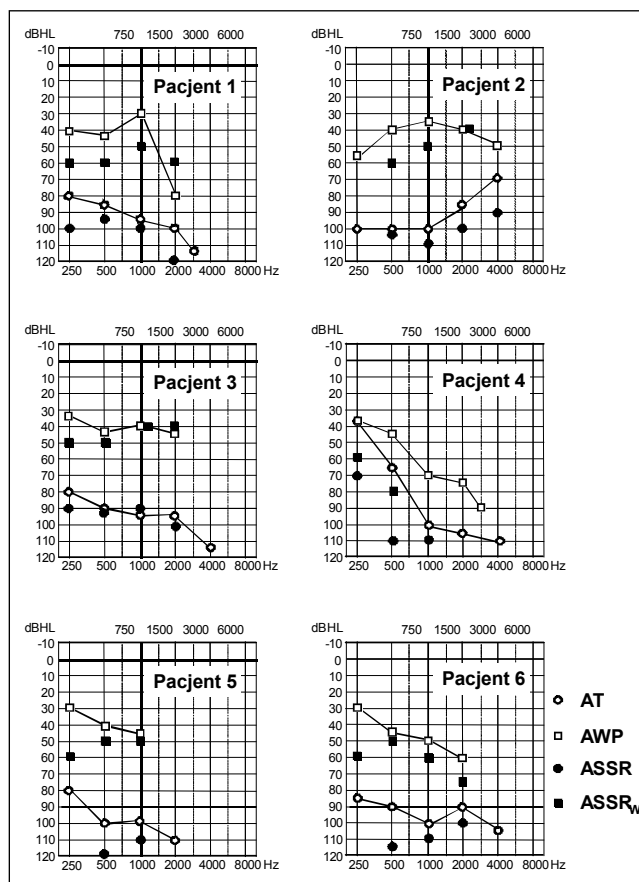
Przed wykonaniem rejestracji ASSR poziomy bodźców zostały wyskalowane za pomocą analizatora widmowego firmy Bruel & Kjaer typ 2143. Mikrofon pomiarowy umieszczono na statywie w odległości 1,2 m od głośnika. Przy pomiarach widm aparatów słuchowych zastosowano sprzęgacz 2 cm^3 . Porównanie widm sygnałów na wyjściu głośnika i aparatu słuchowego nie wykazało istotnych różnic (rys. 1). Oznacza to, że aparaty słuchowe przenoszą bodźce stosowane w badaniach ASSR bez istotnych zniekształceń. Wniosek ten jest zgodny z wynikami badań prezentowanych w innych doniesieniach [Olszewski (i in.) 2005].



Rys. 1. Widma akustyczne zmierzone na wejściu i wyjściu aparatu słuchowego dla bodźca ASSR o częstotliwości 500 Hz prezentowanego z głośnika

Wyniki

Na rys. 2 przedstawiono wartości progów słyszenia poszczególnych pacjentów otrzymane w badaniu audiometrii tonalnej w słuchawkach, bez aparatu słuchowego (AT) oraz w polu swobodnym w aparacie słuchowym (AWP). Pokazano także progi elektrofizjologiczne dla odpowiedzi ASSR otrzymane bez aparatu słuchowego przy stymulacji poprzez słuchawkę ER-3a (ASSR) oraz progi zmierzone w polu swobodnym w aparacie słuchowym (ASSR_w).



Rys. 2. Wyniki badań audiometrii tonalnej oraz wartości progów ASSR w grupie 6 pacjentów

Jak widać z przedstawionych na rys. 2 wyników u pacjentów nr 1, 2 i 3 wartości progów audiometrycznych i elektrofizjologicznych otrzymane bez aparatu oraz w aparacie słuchowym nie różniły się między sobą o więcej niż 20 dB. U pacjenta nr 4 otrzymano różnice pomiędzy progami dla częstotliwości 250 i 500 Hz większe niż 20 dB. U pacjentów

nr 5 i 6 dla częstotliwości 250 Hz otrzymano odpowiedź elektrofizjologiczną w aparacie słuchowym pomimo, że nie uzyskano jej podczas badania w słuchawkach bez aparatu. Indywidualne wartości różnic pomiędzy progami dla poszczególnych pacjentów przedstawiono w tab. 1.

Tab. 1. Wartości różnic pomiędzy progiem audiometrii tonalnej i progiem ASSR w badaniu bez aparatu słuchowego (ASSR – AT) oraz w polu swobodnym z aparatem słuchowym (ASSRW – AWP) dla poszczególnych pacjentów

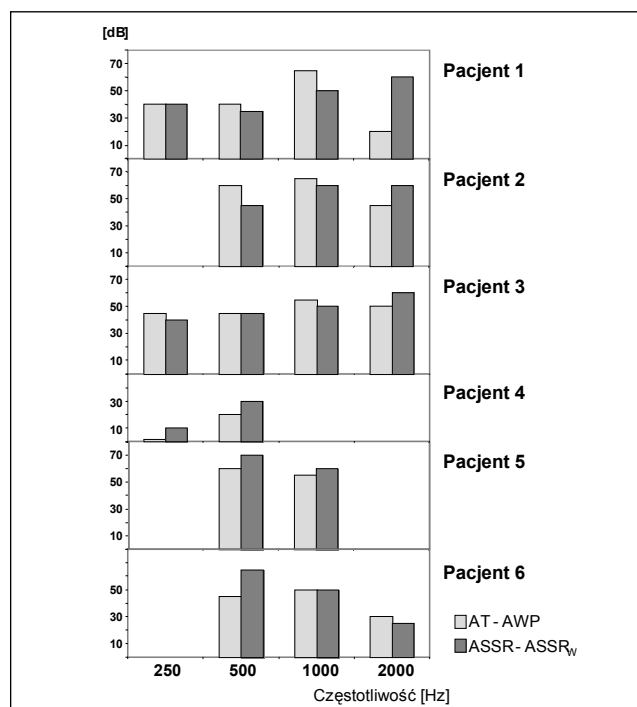
Pacjent	Wartość różnicy	Częstotliwość [Hz]			
		250	500	1000	2000
1	ASSRW – AWP	20	15	20	-20
	ASSR – AT	20	10	5	20
2	ASSRW – AWP		20	15	0
	ASSR – AT		5	10	15
3	ASSRW – AWP	15	5	0	-5
	ASSR – AT	10	5	-5	5
4	ASSRW – AWP	25	35		
	ASSR – AT	35	45		
5	ASSRW – AWP	30	10	5	
	ASSR – AT		20	10	
6	ASSRW – AWP	30	5	10	15
	ASSR – AT		25	10	10

W tab. 2 przedstawiono średnie wartości różnic oraz odchylenie standardowe. Analiza statystyczna otrzymanych wartości nie wykazała różnic istotnych statystycznie pomiędzy różnicą progu ASSR i AT oraz ASSRW i AWP. Największe wartości różnic pomiędzy progami występowały dla częstotliwości 250 i 500 Hz.

Tab. 2. Średnie wartości oraz odchylenie standardowe różnic pomiędzy progami dla poszczególnych częstotliwości

Częstotliwość	ASSRW – AWP		ASSR – AT	
	\bar{x}	SD	\bar{x}	SD
250 Hz	24	7	22	13
500 Hz	15	11	18	15
1000 Hz	10	8	8	3
2000 Hz	10	9	13	6

Skuteczność dopasowania protezy w badaniach audiometrycznych można ocenić również poprzez wyznaczenie różnicy pomiędzy progiem słyszenia wyznaczonym bez aparatu słuchowego oraz zmierzonym z aparatem słuchowym. W przypadku gdy pacjentem jest małe dziecko skuteczność dopasowania protezy można ocenić, podobnie jak w badaniach audiometrycznych, poprzez porównanie progów ASSR wyznaczonych bez i z aparatem słuchowym. Na ryc. 3 przedstawiono wykresy słupkowe różnic pomiędzy progami audiometrycznymi (AT-AWP) oraz różnic pomiędzy progami ASSR (ASSR-ASSRW) u poszczególnych osób. Należy zwrócić uwagę, że oba pomiary „zysku” z zastosowania aparatów słuchowych – audiometryczny i elektrofizjologiczny dają zbliżone wyniki, a różnica pomiędzy nimi nie przekracza 15 dB. Analiza statystyczna wykazała, że średnie wartości różnic AT – AWP oraz ASSR – ASSRW nie różnią się między sobą w sposób istotny statystycznie. Wyniki analizy statystycznej materiału świadczą o tym, że możliwa jest ocena korzyści z założenia aparatu słuchowego za pomocą słuchowych potencjałów wywołanych stanu ustalonego – ASSR.



Rys. 3. Wartości różnic pomiędzy progiem audiometrii tonalnej bez aparatu (AT) i progiem audiometrii w wolnym polu (AWP) oraz różnic pomiędzy progiem ASSR bez aparatu (ASSR) i w aparacie słuchowym (ASSRW) w funkcji częstotliwości dla poszczególnych pacjentów

Dyskusja

Przydatność kliniczna potencjałów wywołanych stanu ustalonego – ASSR z uwagi na ich złożony charakter oraz towarzyszące tym rejestracjom zakłócenia elektrofizjologiczne jest ciągle przedmiotem badań [Śliwa 2004, Łapiński 2004]. Mała wartość amplitudy odpowiedzi ASSR powoduje konieczność stosowania urządzeń pomiarowych odpowiednio wysokiej klasy. Zalety metody wynikają natomiast m.in. z faktu, że ocena odpowiedzi ASSR odbywa się automatycznie za pomocą złożonej statystycznej oceny pojawiania się składowej widma częstotliwości modulującej [Dobie, Wilson, 1996; Stapells (i in.) 1987].

Na wartość progu ASSR wpływ ma wiele czynników związanych ze stanem pacjenta, amplitudą odpowiedzi, kształtem audiogramu [John (i in.) 2002], a także zniekształceniami elektromagnetycznymi związanymi z bodźcem [Picton (i in.) 2004]. Na obecnym etapie rejestracje za pomocą ASSR są traktowane jako uzupełnienie badań ABR. Wyniki prac innych autorów wykazują, że u osób o słuchu normalnym występują największe różnice pomiędzy progami ASSR i progiem audiometrii tonalnej [Kochanek 2004], zaś różnica między tymi progami maleje w miarę zwiększania ubytku słuchu [Dimitrijevic 2002]. Istnieje pogląd, że u osób z głębokim ubytkiem słuchu uzyskuje się lepszą korelację między wartościami progów elektrofizjologicznego i behawioralnego.

Kolejnym źródłem zakłóceń mógł być sam aparat słuchowy, umieszczony bardzo blisko elektrody odniesienia. W celu oceny wpływu tych zakłóceń, jako materiał pracy wybrano pacjentów implantowanych z całkowitą jednostronną głuchotą, u których w uchu zaopatrzonym w implant nie występowały żadne reakcje słuchowe na bodźce akustyczne.

ne. Po wykonaniu rejestracji ASSR ucha zaopatrzonego w aparat słuchowy, przekładano aparat do drugiego ucha i ponawiano pomiar. U żadnego z pacjentów nie uzyskano w tych warunkach odpowiedzi ASSR, co oznaczało, że zakłócenia elektromagnetyczne zestawu stymulującego oraz aparatu słuchowego nie generują sygnałów, które byłyby rejestrowane przez system pomiarowy. Dobór grupy badanej pacjentów z jednostronną całkowitą głuchotą pozwolił również na pominięcie maskowania ucha przeciwstronnego.

W niniejszej pracy podjęto się opracowania i wstępnej oceny możliwości rejestracji odpowiedzi elektrofizjologicznych dla bodźców przechodzących przez aparat słuchowy. Dokonano porównania wartości progów psychoakustycznych oraz elektrofizjologicznych. Ze względu na różne kształtów bodźców wykorzystywanych w obu tych technikach należy zauważyć, iż próg słyszenia otrzymany w badaniu psychoakustycznym przy użyciu bodźców modulowanych mógłby różnić się od otrzymanego dla bodźców tonalnych stosowanych w klasycznym badaniu w polu swobodnym. Przeprowadzone badania wykazały jednak, że próg dla bodźców modulowanych nie różnił się jednak w istotny sposób od progów wyznaczonych w badaniu audiometrycznym. Stąd też możliwe było porównanie wyników dla odmiennych bodźców.

Porównanie wartości różnic pomiędzy progami audiometrii tonalnej oraz ASSR w słuchawkach i w polu swobodnym, nie wykazało istotnych statystycznie różnic między nimi. Przedstawione w tabeli 3 średnie wartości oraz odchylenie standardowe różnic pomiędzy progami wskazują na ich dobrą zgodność i są podobne do wyników prac innych autorów [Herman i Stapells 2003].

Różnice większe od 20 dB uzyskane u jednego z pacjentów można wytłumaczyć tym, że było to dziecko w wieku 7 lat, niedosłyszące od urodzenia. W przypadku oceny progów u małych dzieci należy pamiętać o tym, iż wyznaczenie progów słyszenia metodą subiektywną wymaga współpracy ze strony osoby badanej, a wynik jest uzależniony od chwilowej dyspozycji badanego. Może to powodować większy błąd wyznaczania progów audiometrycznych u dzieci.

Miarą zysku ze stosowania protezy słuchowej jest wartość różnicy między progiem słyszenia wyznaczonym w polu swobodnym w aparatach słuchowych, a progiem uzyskanym w klasycznym badaniu słuchu. Na podstawie przeprowadzonych badań stwierdzono, że oba pomiary – audiometryczny i elektrofizjologiczny w zbliżonym stopniu umożliwiają ocenę „zysku” z aparatów słuchowych. W pracy porównano te różnice z podobnymi różnicami wyznaczonymi metodą elektrofizjologiczną.

Wyniki przeprowadzonych badań wskazują na możliwość zastosowania pomiaru progów ASSR u pacjentów aparatowanych do obiektywnego wyznaczania progów słyszenia w zakresie 250–4000 Hz u osób w aparacie słuchowym. Autorzy prowadzą dalsze prace nad oceną jej przydatności klinicznej.

Bibliografia

- 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, nr 8
- 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.

Adres do korespondencji

Adam Piłka
Międzynarodowe Centrum Słuchu i Mowy
Instytutu Fizjologii i Patologii Słuchu
ul. Mokra 17, Kajetany k. Nadarzyna
05-830 Nadarzyna
e-mail: a.pilka@ichs.pl