

Detekcja emisji otoakustycznych w paśmie 500 Hz: pacjenci z częściową głuchotą

Detection of otoacoustic emissions in the 500 Hz band: patients with partial deafness

EDYTA PIŁKA, W. WIKTOR JĘDRZEJCZAK, ANNA PIOTROWSKA, ARTUR LORENS, KRZYSZTOF KOCHANEK, HENRYK SKARŻYŃSKI

Instytut Fizjologii i Patologii Słuchu, ul. Zgrupowania AK „Kampinos” 1, 01-943 Warszawa

Wprowadzenie. Częściowa głuchota to rodzaj wysokoczęstotliwościowej utraty słuchu, charakteryzującej się znacząco zaburzoną odczuwaniem tonów wysokich przy prawidłowej lub w niewielkim stopniu ograniczonej percepcji tonów niskich.

Cel. Celem pracy była ocena przydatności emisji otoakustycznej wywołanej trzaskiem (CEOAE) oraz krótkim bodźcem tonalnym o częstotliwości 500 Hz (TBOAE 500 Hz) w diagnostyce pacjentów z częściową głuchotą.

Materiał i metody. Badaniem objęto grupę 15 osób w wieku od 19 do 48 lat z wysokoczęstotliwościowym ubytkiem słuchu. Grupę kontrolną stanowiło 12 osób w wieku od 21 do 53 lat, u których progi słyszenia w całym paśmie nie przekraczały 20 dB. W obu grupach przeprowadzono badania CEOAE i TBOAE 500 Hz. Pacjentów z częściową głuchotą podzielono na dwie podgrupy ze względu na otrzymane progi słyszenia.

Wyniki. Zaobserwowano, że w przypadku pacjentów z częściową głuchotą, większa jest wiarygodność oceny emisji otoakustycznej za pomocą pasmowego parametru powtarzalności pomiaru, niż całkowitego. Ponadto zastosowanie krótkiego tonu o częstotliwości 500 Hz spowodowało, że mimo występowania niedosłuchu dla sąsiednich częstotliwości, udało się zarejestrować prawidłowy sygnał emisji otoakustycznej u wszystkich badanych osób, niezależnie od częstotliwości, w której występował niedosłuch.

Wnioski. Uzyskane wyniki wskazują, że TBOAE 500 Hz jest bardziej wartościowym testem niż CEOAE przy badaniu funkcji ślimaka dla niskich częstotliwości. Pomiar TBOAE 500 Hz może być wykorzystany w diagnostyce pacjentów z częściową głuchotą, u których po podaniu trzasku odpowiedź zwykle nie jest rejestrowana. Dodatkowo, stosowanie pasmowego parametru powtarzalności pomiaru może zwiększyć wiarygodność testu.

Słowa kluczowe: emisja otoakustyczna, parametr powtarzalności pomiaru, swoistość testu, częściowa głuchota

Introduction. Partial deafness is a type of hearing loss that is characterized by normal thresholds at low frequencies and almost total deafness at high frequencies.

Aim. The aim of the study was to evaluate the otoacoustic emissions evoked by clicks and by 500 Hz tone bursts in the diagnosis of patients with partial deafness.

Material and methods. The study group consisted of 15 subjects with high-frequency hearing loss, whose age ranged from 19 to 48 years. Control group comprised 12 subjects aged from 21 to 53 years whose hearing thresholds did not exceed 20 dB in the whole 250-8000 Hz range. In both groups, CEOAEs and 500 Hz TBOAEs were determined. Patients with partial deafness were divided into two subgroups according to hearing threshold values.

Results. It was observed that, in case of partially deaf subjects, there was a higher reliability of evaluation of otoacoustic emissions by the band than global reproducibility values. Furthermore, the application of 500 Hz tone burst made it possible to record otoacoustic emissions in all subjects, irrespective of the affected frequencies.

Conclusions. The results of the study indicate that 500 Hz TBOAE is a more valuable test than CEOAE when cochlear function at low frequency is concerned. 500 Hz TBOAE may be used to diagnose partial deafness in patients in whom commonly used CEOAEs are not usually present. Additionally, use of band reproducibility parameter may increase the reliability of the test.

Key words: otoacoustic emissions, reproducibility, specificity of the test, partial deafness

WSTĘP

Częściowa głuchota (*Partial Deafness*) to rodzaj niedosłuchu, w którym chory ma znacząco zaburzone odczuwanie tonów wysokich, natomiast prawidłową lub tylko nieznacznie ograniczoną percepcję tonów niskich. Przy takim rodzaju ubytku słuchu aparat słuchowy najczęściej nie jest w stanie zapewnić odpowiedniego wzmocnienia. Po pierwsze, uszkodzenia ślimaka w zakresie wysokich częstotliwości mogą być na tyle duże, że uniemożliwiają wzmocnienie akustyczne. Po drugie, przy stromej charakterystyce niedosłuchu (powyżej 25 dB na oktawę), gdy występuje znaczne uszkodzenie słuchu w zakresie wysokich częstotliwości aparat może wprowadzać zniekształcenia przy odbiorze dźwięków, a co za tym idzie wpływać niekorzystnie na rozumienie mowy [1,2]. W pewnych przypadkach częściowej głuchoty jedną z opcji postępowania jest wszczęcie implantu ślimakowego. Zastosowanie odpowiedniej techniki chirurgicznej i elektrody pozwala zachować funkcję szczytowej części ślimaka z jednoczesną poprawą słyszenia dla częstotliwości wysokich i średnich [3,4]. Ciągły wzrost liczby pacjentów z wysokoczęstotliwościowymi ubytkami słuchu powoduje potrzebę weryfikacji istniejących i opracowania nowych procedur diagnostycznych kwalifikujących do tego zabiegu.

Emisje otoakustyczne są z powodzeniem stosowane do obiektywnej diagnostyki niedosłuchów o różnej etiologii. Najbardziej rozpowszechniony, ze względu na prostotę i szeroki zakres częstotliwości jest test z użyciem trzasku szerokopasmowego (*click evoked otoacoustic emission* – CEOAE). Uważa się, że gdy przynajmniej dla jednej częstotliwości próg słyszenia jest lepszy niż 35 dB, istnieje możliwość zarejestrowania emisji. Dotyczy to głównie częstotliwości z zakresu 1000-4000 Hz. Zauważono jednak, że ubytki w wyższych częstotliwościach mogą mieć negatywny wpływ na poziom emisji w niższych częstotliwościach [5]. Niektórzy autorzy wskazują na możliwość zwiększenia informacji, którą można uzyskać za pomocą otoemisji, poprzez pomiar sygnałów wywołanych przez krótkie tony. Na przykład ostatnio zaproponowano rozszerzenie badania przesiewowego dla noworodków o test z użyciem krótkiego tonu o częstotliwości 1000 Hz [6].

Zastosowanie bodźców w postaci krótkich tonów jest dosyć szeroko stosowane w innym obiektywnym badaniu słuchu – słuchowych potencjałach wywołanych pnia mózgu (ABR) [7]. Rekonstrukcja audiogramu za pomocą metody ABR wzbogaconej o krótki ton o częstotliwości 500 Hz stosowana była między innymi u pacjentów z częściową głuchotą [8]. Także przy pomiarze emisji otoakustycznych

zastosowanie krótkiego tonu o częstotliwości 500 Hz (*tone burst evoked otoacoustic emission 500 Hz* – TBOAE 500 Hz) może umożliwić zaobserwowanie emisji w trudnych przypadkach [9,10].

W artykule poprzedzającym niniejszą pracę [11] przeprowadzono analizę emisji otoakustycznych wywołanych krótkim tonem o częstotliwości 500 Hz w grupie osób z prawidłowym słuchem. Badania wykazały, że odpowiedź na taki bodziec charakteryzuje się zarówno lepszą powtarzalnością, jak i większym poziomem OAE w rejonie 500 Hz, niż odpowiedź uzyskana podczas standardowego pomiaru z użyciem trzasku.

Celem niniejszej pracy jest ocena przydatności emisji otoakustycznej wywołanej trzaskiem szerokopasmowym oraz tonem o częstotliwości 500 Hz w diagnostyce pacjentów z częściową głuchotą.

PACJENCI I METODY

Pacjenci

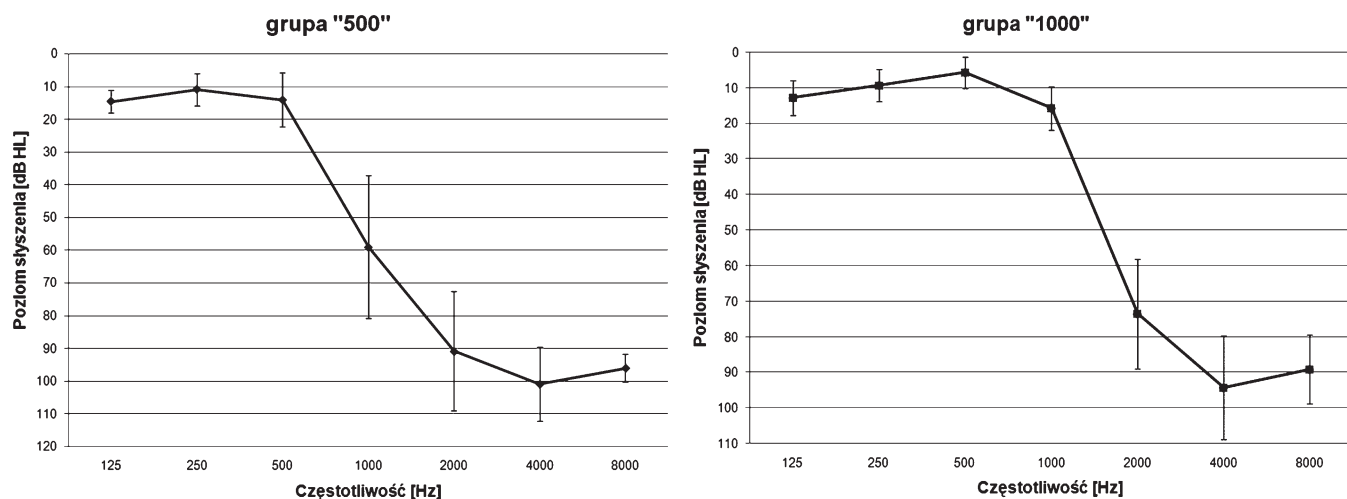
Badania wykonano w grupie 15 osób (11 kobiet, 4 mężczyzn), w wieku od 19 do 48 lat (średnia wieku wynosiła 36 lat przy odchyleniu standardowym 9,9 lat), z częściową głuchotą. Do analizy kwalifikowano niezależnie każde ucho u badanego pacjenta (18 uszu).

Na podstawie uzyskanych wartości progów słyszenia materiał badawczy podzielono na dwie podgrupy, w zależności od częstotliwości progowej, powyżej której obserwowano spadek czułości słyszenia:

1. grupa „500” – osoby, u których wartości progów słyszenia w paśmie od 125 do 500 Hz nie przekraczały 25 dB, natomiast dla pozostałych częstotliwości wartość progów była większa od 25 dB (11 uszu, średni wiek 36, przy odchyleniu standardowym 9,3 lat);
2. grupa „1000” – osoby, u których wartości progów słyszenia w paśmie od 125 do 1000 Hz nie przekraczały 25 dB, natomiast dla pozostałych częstotliwości wartość progów była większa od 25 dB (7 uszu, średni wiek 37, przy odchyleniu standardowym 11,8 lat).

Średnie wartości progów słyszenia dla poszczególnych podgrup w grupie badanej przedstawiono na rycinie 1.

Grupę kontrolną dobrano pod względem wieku do grupy badanej. Stanowiły ją 12 osób (24 uszu) w wieku od 21 do 53 lat (średnia 35, odchylenie standardowe 9,9 lat), bez problemów otologicznych, u których progi słyszenia w zakresie od 125 do 8000 Hz nie przekraczały 20 dB.



Ryc. 1. Średnie wartości progów słyszenia i odchyłeń standardowych dla poszczególnych podgrup w grupie badanej

Metody

Kryterium kwalifikacji pacjentów do określonej grupy był wywiad, badanie otoskopowe oraz badanie audiometrii impedancyjnej i audiometrii tonalnej. Po wykluczeniu zmian w obrębie ucha środkowego, wykonywano badanie emisji otoakustycznej. Procedura była taka sama jak w artykule wcześniejszym [11]. Poniżej przedstawiono jej skrótowy opis.

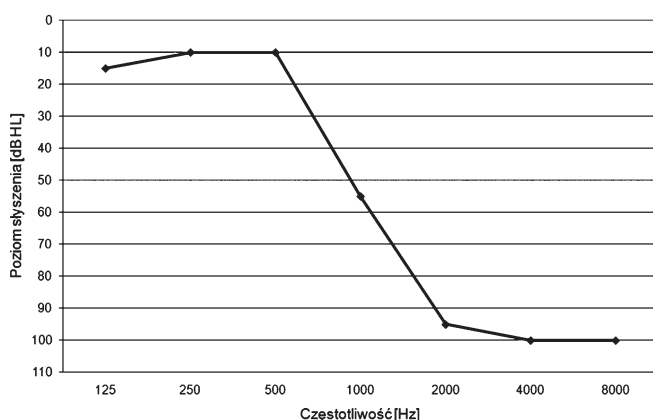
Rejestracje sygnałów otoemisji wykonano za pomocą systemu ILO 96 (Otdynamics Ltd, Londyn). Mierzono emisje wywołane trzaskiem (CEOAE) oraz wywołane krótkim tonem o częstotliwości 500 Hz (TBOAE 500 Hz). Stosowano bodźce o intensywności 80 ± 3 dB SPL z protokołem nieliniowym. W badaniu TBOAE 500 Hz zwiększono okno zapisu sygnału do 30 ms.

Jako kryterium obecności sygnału otoemisji przyjęto wartość parametru powtarzalności pomiaru (współczynnik korelacji pomiędzy dwoma buforami uśrednień, wyrażony w procentach) dla CEOAE na poziomie 70% oraz dla TBOAE 500 Hz – 60%. Na tej podstawie wyznaczono swoistość testu (inaczej specyficzność) dla parametru powtarzalności pomiaru całkowitego oraz dla parametru w paśmie 500 Hz dla obu stosowanych w badaniach bodźców [6].

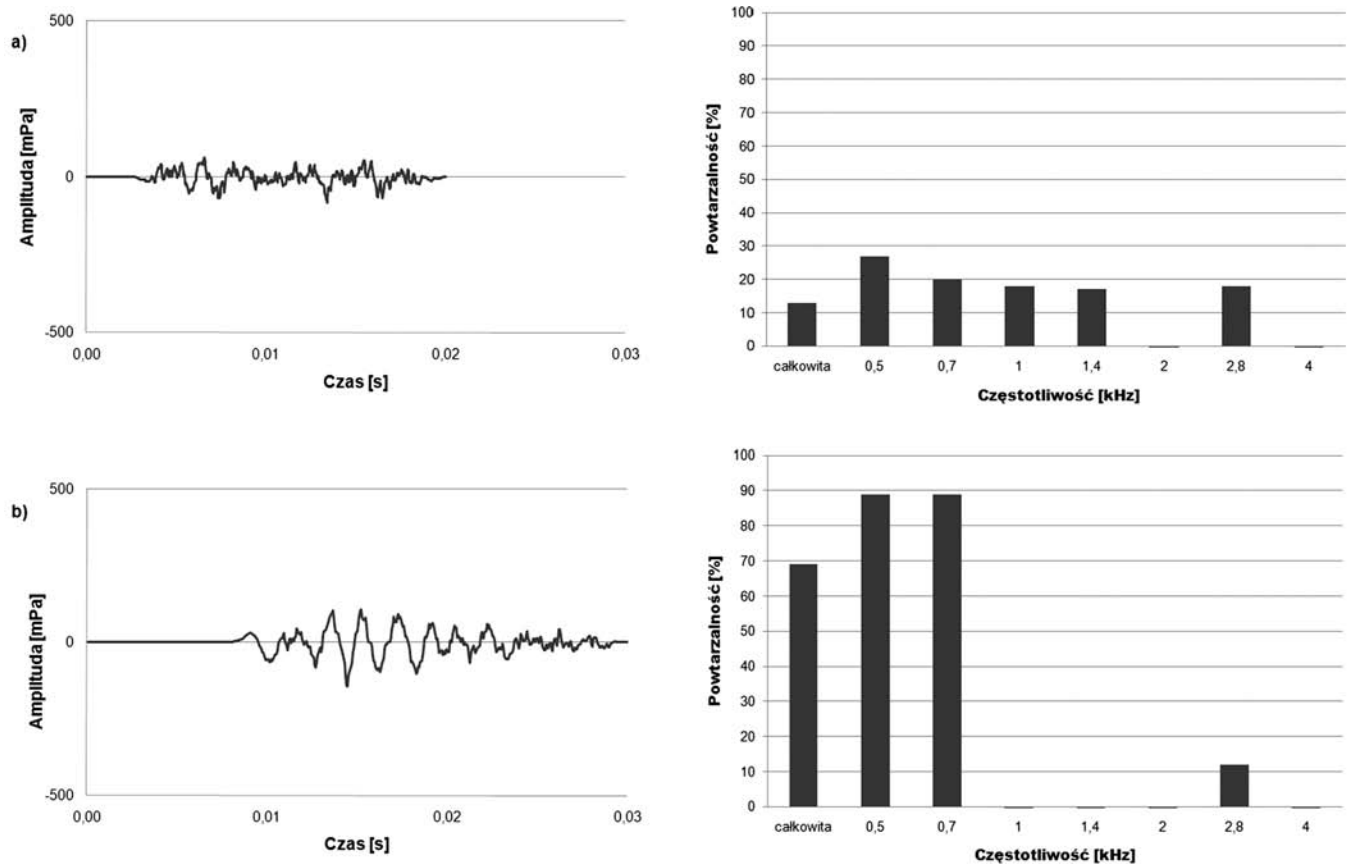
Uzyskane wyniki poddano porównawczej analizie statystycznej testem t-studenta dla prób niepowiązanych, gdy uzyskane wartości miały rozkład normalny lub testem U-Manna-Whitneya, gdy badana próbka nie posiadała tych cech. Analizy przeprowadzono w pakiecie Statistica 7.0 firmy Stat-Soft, przyjmując za różnice istotne statystycznie te, dla których wartość współczynnika $p < 0,05$.

WYNIKI

Na rycinie 2 zobrazowano audiogram dla przykładowej osoby z częściową głuchotą. Można zauważyć, że próg słyszenia jest prawidłowy dla częstotliwości od 125 Hz do 500 Hz, natomiast dla wyższych częstotliwości następuje gwałtowny spadek. Rycina 3 pokazuje przebieg czasowy sygnału emisji otoakustycznej (średnią z dwóch buforów) oraz jego wartości parametru powtarzalności pomiaru (całkowity i pasmowy) dla bodźca typu trzask (3a) oraz dla krótkiego tonu o częstotliwości 500 Hz (3b) dla tej osoby. W przypadku stosowania krótkiego tonu 500 Hz użyto okna pomiarowego wydłużonego do 30 ms, ze względu na fakt, że dla niskich częstotliwości emisje są obecne jeszcze po upływie standardowo stosowanych 20 ms. Można zauważyć, że przy pomiarze emisji otoakustycznej wywołanej trzaskiem szerokopasmowym parametr powtarzalności pomiaru w pasmach nie przekracza 30% w całym zakresie pobudzenia, a całkowity osiąga tylko około 13%. Natomiast przy zastosowaniu krótkiego bodźca tonalnego 500 Hz, parametr



Ryc. 2. Audiogram pacjenta z częściową głuchotą

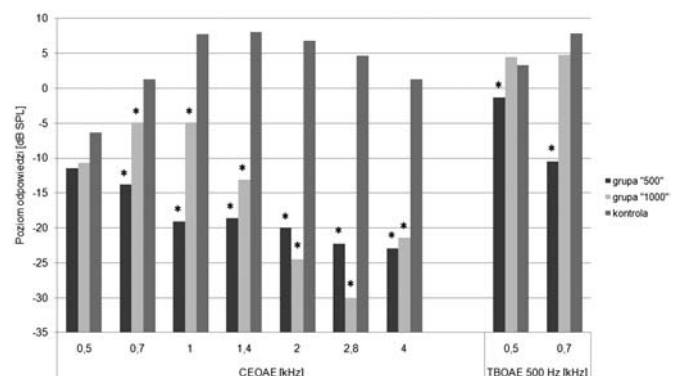


Ryc. 3. Wyniki badań CEOAE i TBOAE 500 Hz u pacjenta, którego audiogram przedstawiono na rycinie 2
 a) Przebieg czasowy CEOAE oraz wartości parametru powtarzalności pomiaru (całkowity i pasmowe)
 b) Przebieg czasowy TBOAE 500 Hz oraz wartości parametru powtarzalności pomiaru (całkowity i pasmowe)

powtarzalności pomiaru w paśmie 500 Hz i 707 Hz przekracza 80% przy całkowitym parametrze powtarzalności pomiaru równym 69%.

Rycina 4 obrazuje średnie poziomy odpowiedzi OAE u pacjentów z częściową głuchotą zestawione z wynikami z grupy ze słuchem prawidłowym. Wartości liczbowe wraz z odchyleniami standardowymi przedstawiono w tabeli I. Należy zwrócić uwagę na fakt, że poziomy odpowiedzi CEOAE w paśmie największego pobudzenia od 1000 Hz do 4000 Hz u osób z częściową głuchotą, zarówno dla grupy „500” jak i „1000” mają dużo niższe wartości niż u osób ze słuchem prawidłowym (dla obu grup $p < 0,001$, test U-Manna-Whitneya). Wiąże się to z pogorszeniem progu słyszenia w tym rejonie. Z kolei w paśmie 500 Hz amplituda CEOAE nie różni się statystycznie pomiędzy wynikami uzyskanymi u osób z częściową głuchotą, a wynikami osób z normalnym słuchem. Natomiast otoemisje wywołane za pomocą krótkiego bodźca tonalnego o częstotliwości 500 Hz mają istotnie wyższe wartości amplitudy sygnału w każdej z badanych grup w porównaniu z wartościami uzyskanymi dla trzasku. Podobnie jak w badaniu CEOAE, również

przy ocenie odpowiedzi TBOAE 500 Hz w paśmie 500 Hz nie zaobserwowano wpływu ubytku słuchu na wartość amplitudy (brak istotnych statystycznie różnic). Natomiast zaobserwowano istotne statystycznie zmniejszenie amplitudy sygnału emisji TBOAE w paśmie 707 Hz w grupie 500 ($p < 0,001$, test U-Manna-Whitneya), podczas gdy wartości



Ryc. 4. Średnie poziomy odpowiedzi CEOAE i TBOAE 500 Hz u pacjentów z częściową głuchotą i osób z prawidłowym słuchem. Różnice istotne statystycznie pomiędzy grupami „500” i „1000”, a grupą kontrolną zaznaczono na rycinie za pomocą „*”.

Tabela I. Średnie poziomy odpowiedzi CEOAE i TBOAE 500 Hz oraz odchylenia standardowe dla badanych grup

		CEOAE [kHz]						TBOAE 500 Hz [kHz]		
		0,5	0,7	1	1,4	2	2,8	4	0,5	0,7
Grupa „500”	Wartość średnia	-11,40	-13,75	-19,07	-18,63	-19,93	-22,29	-22,96	-1,33	-10,45
	Odchylenie standardowe	6,11	11,95	10,93	8,19	8,44	7,88	9,12	4,20	13,63
Grupa „1000”	Wartość średnia	-10,70	-4,87	-4,90	-12,53	-22,53	-23,67	-17,69	4,44	4,81
	Odchylenie standardowe	10,37	12,24	11,55	13,66	9,38	10,81	9,12	5,64	5,36
Kontrola	Wartość średnia	-6,35	1,33	7,73	8,03	6,84	4,64	1,31	3,35	7,90
	Odchylenie standardowe	7,46	7,08	5,40	5,53	4,97	4,60	5,07	6,83	6,57

Tabela II. Średnie wartości całkowitego i pasmowego parametru powtarzalności pomiaru odpowiedzi CEOAE i TBOAE 500 Hz oraz odchylenia standardowe dla badanych grup

		CEOAE [kHz]								TBOAE 500 Hz [kHz]		
		całkowity	0,5	0,7	1	1,4	2	2,8	4	całkowity	0,5	0,7
Grupa „500”	Wartość średnia	26,99	31,70	9,97	10,27	10,19	-2,17	4,69	-0,57	56,46	89,04	46,26
	Odchylenie standardowe	26,76	44,18	31,33	22,87	22,84	17,57	17,00	11,35	19,57	5,85	45,62
Grupa „1000”	Wartość średnia	50,16	59,80	68,61	22,49	6,58	-7,97	0,62	-1,08	80,09	89,16	90,02
	Odchylenie standardowe	30,57	36,99	37,17	53,94	18,44	12,55	13,90	7,79	16,49	12,59	10,32
Kontrola	Wartość średnia	96,36	54,68	86,35	94,83	98,42	97,34	94,83	86,05	89,89	90,13	93,75
	Odchylenie standardowe	2,38	37,97	18,72	8,76	1,18	2,79	4,58	18,61	11,10	17,14	9,90

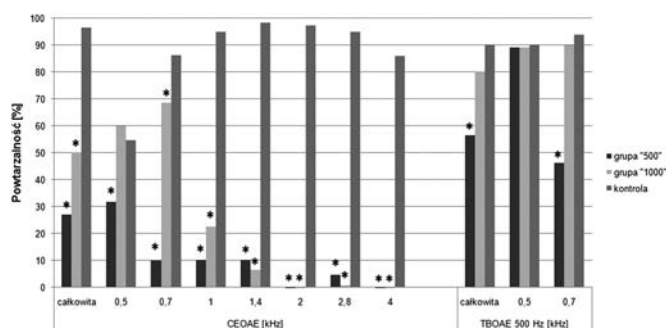
w grupie „1000” nie różniły się statystycznie od wartości uzyskanych w grupie kontrolnej.

Średnie wartości całkowitego i pasmowego parametru powtarzalności uzyskane dla CEOAE oraz dla TBOAE 500 Hz w grupie kontrolnej oraz w dwóch grupach badanych przedstawiono na rycinie 5 i w tabeli II. W przypadku CEOAE całkowity parametr powtarzalności dla obu grup z częściową głuchotą nie przekracza 51%. Zwraca też uwagę fakt, że w paśmie 500 Hz parametr powtarzalności jest niski nie tylko dla grup z ubytkami słuchu, ale także dla grupy kontrolnej. Potwierdza to zaobserwowaną w poprzedniej pracy [11] małą przydatność trzasku, jeśli chodzi o detekcję odpowiedzi w rejonie 500 Hz. W przypadku TBOAE 500 Hz całkowity parametr powtarzalności jest również niższy dla grup z częściową głuchotą. Jednakże porównanie parametrów powtarzalności w pasmach pół-oktawowych wykazało, że w paśmie 500 Hz wartości te nie różnią się statystycznie z grupą kontrolną. Nie zaobserwowano także istotnych różnic pomiędzy badanymi grupami. Natomiast w paśmie 707 Hz różnice wartości były istotnie mniejsze tylko dla grupy „500” $p < 0,001$ (test U-Manna-Whitneya) w odniesieniu do grupy kontrolnej.

W tabelach III i IV przedstawiono ilość wyników prawidłowych i nieprawidłowych oraz wartość swoistości testu otoemisji przy ocenie całkowitego współczynnika powtarzalności oraz współczynnika wyznaczonego w paśmie pół-oktawowym wokół częstotliwości 500 Hz. Jako kryterium kwalifikacji

wyników prawidłowych i nieprawidłowych przyjęto wartość parametru powtarzalności pomiaru, która dla trzasku wynosiła 70%, a dla bodźca o częstotliwości 500 Hz – 60%.

Z przedstawionych w tabeli III wartości swoistości testu wynika, że na podstawie całkowitego współczynnika powtarzalności sygnału TBOAE 500 Hz, jako wartości prawidłowe zakwalifikowano od 45 do 85% wyników z grupy badanej. Przy zastosowaniu bodźca 500 Hz najwięcej wyników prawdziwie ujemnych uzyskano w grupie „1000”. Pokazuje to słabą przydatność testu opartego na analizie całkowitego współczynnika powtarzalności



Ryc. 5. Średnie wartości całkowitego i pasmowego parametru powtarzalności pomiaru odpowiedzi CEOAE i TBOAE 500 Hz oraz odchylenia standardowe u pacjentów z częściową głuchotą i osób z prawidłowym słuchem. Różnice istotne statystycznie pomiędzy grupami „500” i „1000”, a grupą kontrolną zaznaczono na rycinie za pomocą „*”.

Tabela III. Ilość wyników prawidłowych i nieprawidłowych oraz swoistość testu otoemisji przy ocenie całkowitego parametru powtarzalności pomiaru. Przy określaniu swoistości testu zastosowano 70% dla trzasku i 60% dla tonu 500 Hz

	CEOAE		TBOAE 500 Hz	
	Grupa „500”	Grupa „1000”	Grupa „500”	Grupa „1000”
Brak otoemisji	10	5	6	1
Obecna otoemisja	1	2	5	6
Swoistość testu	9,09%	28,6%	45,45%	85,7%

Tabela IV. Ilość wyników prawidłowych i nieprawidłowych oraz swoistości testu otoemisji przy ocenie pasmowego parametru powtarzalności pomiaru. Przy określaniu swoistości testu zastosowano 70% dla trzasku i 60% dla tonu 500 Hz

	CEOAE		TBOAE 500 Hz	
	Grupa „500”	Grupa „1000”	Grupa „500”	Grupa „1000”
Brak otoemisji	9	3	0	0
Obecna otoemisja	2	4	11	7
Swoistość testu	18,2%	57,14%	100%	100%

w wykrywaniu otoemisji w grupie osób z częściową głuchotą.

Dane w tabeli IV wskazują, że o ile stosując bodziec typu trzask nie uzyskujemy dla obu grup satysfakcjonujących wyników (grupa „500” – 18%; grupa „1000” – 57%), to przy zastosowaniu bodźca tonalnego o częstotliwości 500 Hz osiągamy 100% prawidłowych wyników dla obu grup.

DYSKUSJA

W artykule poprzedzającym [11] wykazano, że u osób z prawidłowym słuchem dla CEOAE, nawet przy wysokim całkowitym parametrze powtarzalności pomiaru (>80%), w paśmie 500 Hz powtarzalność przyjmuje często wartości poniżej 50%. Jest to spowodowane różnymi czynnikami, takimi jak szum fizjologiczny, czy filtry niskoczęstotliwościowe używane w aparaturze [10]. W niniejszej pracy pokazano, że w przypadku częściowej głuchoty, gdy znaczny ubytek zaczyna się już powyżej częstotliwości 500 Hz, CEOAE najczęściej nie występuje. Prawdopodobieństwo wystąpienia CEOAE zwiększa się, gdy ubytek zaczyna się powyżej 1000 Hz. Jednakże, aby wiarygodnie ocenić zmierzony sygnał, konieczne jest analizowanie pasmowego, a nie tylko całkowitego parametru powtarzalności pomiaru. Aby rozwiązać problem pomiaru dla niskich częstotliwości, można zastosować dodatkową rejestrację wykorzystującą bodziec w postaci krótkiego tonu o częstotliwości 500 Hz. Odpowiedź na ten bodziec ma z reguły inną zawartość widmową niż odpowiedzi na trzask. Zauważono, że stosując bodziec o częstotliwości 500 Hz przy pomiarach w częściowej głuchocie, poziom odpowiedzi emisji otoakustycznej był zbliżony do poziomu uzyskanego u osób z prawidłowym słuchem. Ocena TBOAE

500 Hz poprzez całkowity parametr powtarzalności pomiaru dała wyniki prawidłowe tylko w grupie „1000”. Natomiast uwzględniając pasmowy parametr powtarzalności pomiaru otrzymano 100% wykrywalności emisji w obu grupach („500” i „1000”). Istnieje, zatem duże prawdopodobieństwo, że oceniając zapis emisji otoakustycznej na podstawie pasmowego parametru powtarzalności pomiaru, będzie można uzyskać bardziej wiarygodną ocenę wyniku, niż w oparciu o całkowity parametr powtarzalności. Zjawisko to jest szczególnie widoczne w obszarze 500 Hz. W przypadku pacjentów z częściową głuchotą następuje zaniżanie wartości całkowitego parametru powtarzalności przez szum z wyższych rejonów częstotliwości. Zawężenie pasma analizy do pół oktawy niweluje błąd generowany przy ocenie tego parametru.

Zastosowanie krótkich tonów o częstotliwości 500 Hz do wywołania emisji otoakustycznej może znacząco podnieść zarówno wartość parametru powtarzalności pomiaru, jak i poziomu odpowiedzi w stosunku do wyników uzyskiwanych dla tej częstotliwości przy użyciu trzasku. Ma to szczególne znaczenie u osób z częściową głuchotą, u których dokładna ocena funkcjonowania rejonu ślimaka dla niskich częstotliwości ma wpływ na rodzaj stosowanej techniki implantacji [12]. Dotyczy to między innymi wyboru odpowiedniej elektrody oraz metody operacyjnej [13], co jest ważnym elementem tego procesu, ze względu na możliwość zachowania naturalnego słuchu w rejonach nieuszkodzonych. Ma to olbrzymie znaczenie u małych dzieci, u których wykonanie audiogramu jest niemożliwe [14]. Ocena progu słyszenia opiera się wówczas wyłącznie na badaniach obiektywnych, takich jak audiometria impedancyjna, potencjały wywołane z pnia mózgu oraz standardowo stosowana emisja otoakustyczna

wywołana trzaskiem. Jednakże standardowe procedury, zwłaszcza w przypadku OAE, nie w każdej sytuacji mogą pomóc ocenić rzeczywisty stan słuchu małego pacjenta. Wzbogacenie tych badań o pomiar TBOAE 500 Hz, może dać dodatkową informację, istotną dla postawienia poprawnej diagnozy.

Najczęściej stosowany typ emisji do uzyskania informacji specyficznej częstotliwościowo to emisje otoakustyczne produktów zniekształceń (*distortion product otoacoustic emission* – DPOAE). W pracy Lonsbury-Martin z 1991 r. [15] pokazano dużą zgodność pomiędzy badaniem audiometrycznym i DPOAE w przypadkach ubytków słuchu zaczynających się powyżej 1000 Hz. Jednakże, jak wykazano w pracy Gorgi z 1993 r. [16], DPOAE nie dają wiarygodnych wyników dla niskich częstotliwości, takich jak 500 i 1000 Hz. W większości prac DPOAE wykorzystuje się raczej do badania odpowiedzi dla wyższych częstotliwości, zaczynając od 2000 Hz [17,18].

Przeprowadzone badania wykazały, że zastosowanie jako bodźca krótkiego tonu o częstotliwości

500 Hz umożliwia wiarygodny pomiar OAE u pacjentów z częściową głuchotą. Właściwości TBOAE 500 Hz u pacjentów z takim ubytkiem słuchu są zbliżone do tych mierzonych u osób ze słuchem prawidłowym. Zarejestrowanie emisji z rejonu 500 Hz może mieć istotny wpływ na dalszą procedurę postępowania w przypadku małych dzieci, diagnozowanych pod kątem wszczęcia implantu ślimakowego. Mimo wykazanych w niniejszej pracy wysokich specyficzności dla TBOAE 500 Hz, trzeba być świadomym, że badane grupy były stosunkowo małe. Należy zwrócić również uwagę na fakt, że pomiędzy pojedynczymi wynikami występuje duży rozrzut. Jest to wprawdzie charakterystyczne także dla emisji u osób ze słuchem prawidłowym [19], ale powoduje że mimo prawidłowości zobrazowanych na danych uśrednionych, każdy przypadek musi być analizowany indywidualnie.

Praca naukowa finansowana ze środków na naukę w latach 2007-2010 jako projekt badawczy.

Piśmiennictwo

1. Skinner MW. Speech intelligibility in noise-induced hearing loss: effects of high-frequency compensation. *J Acoust Soc Am.* 1980; 67:306-317.
2. Ching T, Dillon H, Byrne D. Speech recognition of hearing-impaired listeners: Predictions from audibility and the limited role of high-frequency amplification. *J Acoust Soc Am.* 1998; 103:1128-1140.
3. Skarżyński H, Lorens A, Piotrowska A. A new method of partial deafness treatment. *Med Sci Monit.* 2003 Apr; 9(4): CS20-4.
4. Skarżyński H, Lorens A, Piotrowska A, Anderson I. Partial deafness cochlear implantation provides benefit to a new population of individuals with hearing loss. *Acta Otolaryngol* 2006; 126(9): 934-40.
5. Murnane OD, Kelly JK. The effects of high-frequency hearing loss on low-frequency components of the click-evoked otoacoustic emission. *J. Am. Acad. Audiol.* 2003; 14, 525–533.
6. Zhang VW, McPherson B, Shi BX, Tang JL, Wong BY. Neonatal hearing screening: a combined click evoked and tone burst otoacoustic emission approach. *Int J Pediatr Otorhinolaryngol* 2008; 72(3):351-60.
7. Gorga MP, Johnson TA, Kaminski JR, Beauchaine KL, Garner CA, Neely ST. Using a combination of click-and tone burst-evoked auditory brainstem response measurements to estimate pure-tone thresholds. *Ear Hear.* 2006; 27(1): 60-74.
8. Kochanek K, Skarżyński H, Piłka A i wsp. Ocena proggu słyszenia dla 500 Hz za pomocą słuchowych potencjałów wywołanych pnia mózgu w resztkach słuchowych i częściowej głuchocie. *Audiofonologia* 2003; 24: 71-78
9. Lichtenstein V, Stapells DR. Frequency-specific identification of hearing loss using transient-evoked otoacoustic emissions to clicks and tones. *Hear Res* 1996; 98: 125-136.
10. Jędrzejczak WW, Lorens A, Piotrowska A, Kochanek K, Skarżyński H. Otoacoustic emissions evoked by 0,5 Hz tone burst. *J Acoust Soc Am* 2009; 125(5): 3158-65.
11. Piłka E, Jędrzejczak WW, Piotrowska A, Lorens A, Kochanek K, Skarżyński H. Detekcja emisji otoakustycznych w paśmie 500 Hz: osoby ze słuchem prawidłowym. *Otorinolarygologia* 2010; 9(2): 76-81.
12. Skarżyński H, Lorens A, Piotrowska A, Anderson I. Preservation of low frequency hearing in partial deafness cochlear implantation (PDCI) using the round window surgical approach. *Acta Oto-laryngologica* 2007; 127(1): 41-48.
13. Skarżyński H, Lorens A, Piotrowska A, Podskarbi-Fayette R. Results of partial deafness cochlear implantation using various electrode designs. *Audiol Neurootol.* 2009; 14 Suppl 1:39-45.
14. Skarżyński H, Lorens A. Electric acoustic stimulation in children. *Adv Otorhinolaryngol.* 2010; 67:135-43.
15. Lonsbury-Martin BL, Whitehead ML, Martin GK. Clinical applications of otoacoustic emissions. *J Speech Hear Res.* 1991 Oct; 34(5): 964-81.
16. Gorga MP, Neely ST, Bergman B, Beauchaine KL, Kaminski JR, Peters J, Jesteadt W. Otoacoustic emissions from normal-hearing and hearing-impaired subjects: distortion product responses. *J Acoust Soc Am.* 1993; 93(4 Pt 1): 2050-60.

17. Torre P 3rd, Cruickshanks KJ, Nondahl DM, Wiley TL. Distortion product otoacoustic emission response characteristics in older adults. *Ear Hear.* 2003; 24(1): 20-9.
18. Marshall L, Lapsley Miller JA, Heller LM, Wolgemuth KS, Hughes LM, Smith SD, Kopke RD. Detecting incipient inner-ear damage from impulse noise with otoacoustic emissions. *J Acoust Soc Am.* 2009 Feb;125(2): 995-1013.
19. Dieler R, Shehata-Dieler WE, Klagges T, Moser LM. Intra- and intersubject variability of acoustically evoked otoacoustic emissions. I. Transiently evoked otoacoustic emissions. *Laryngorhinootologie.* 1999; 78(6): 339-44.