

## Przydatność emisji otoakustycznych wywołanych trzaskiem w ocenie zaburzeń funkcji trąbki słuchowej – studium przypadku

### Usefulness of transiently evoked otoacoustic emissions in the assessment of Eustachian tube dysfunction – a case study

Małgorzata Pastucha<sup>1A-F</sup>, Edyta Piłka<sup>1AC-E</sup>, Wiesław W. Jędrzejczak<sup>1AC-E</sup>,  
Henryk Skarżyński<sup>2,G</sup>

Wkład autorów:  
A Projekt badania  
B Gromadzenie danych  
C Analiza danych  
D Interpretacja danych  
E Przygotowanie pracy  
F Przegląd literatury  
G Gromadzenie funduszy

<sup>1</sup> Instytut Fizjologii i Patologii Słuchu, Światowe Centrum Słuchu, Zakład Audiologii  
Eksperymentalnej, Kajetany

<sup>2</sup> Instytut Fizjologii i Patologii Słuchu, Światowe Centrum Słuchu, Kajetany

#### Streszczenie

**Wstęp:** Emisje otoakustyczne (OAEs) należą do obiektywnych metod badań słuchu. Pozwalają na ocenę stanu ucha wewnętrznego oraz monitorowanie zmian zachodzących na drodze słuchowej.

**Cel:** Celem pracy była analiza przydatności emisji otoakustycznych wywołanych trzaskiem w ocenie zaburzeń funkcji trąbki słuchowej u osoby dorosłej.

**Materiał i metoda:** U 23-letniego pacjenta określono próg słyszenia z wykorzystaniem audiometrii tonalnej. Następnie sprawdzono stan ucha środkowego (audiometria impedancyjna) i oceniono drożność trąbki słuchowej. Do rejestracji emisji otoakustycznych wywołanych trzaskiem (TEOAE) wykorzystano nieliniowy protokół z bodźcem o poziomie 80 dB SPL.

**Opis przypadku:** W standardowo wykonywanych badaniach diagnostycznych – audiometrii tonalnej i impedancyjnej – nie zaobserwowano istotnych różnic pomiędzy wynikami otrzymanymi w momencie wystąpienia zaburzenia funkcji trąbki słuchowej w stosunku do tych sprzed incydentu i po zastosowaniu leczenia. Natomiast zauważono, że w momencie gdy wyniki wskazywały na zaburzenia funkcji trąbki słuchowej, nastąpiło zmniejszenie poziomu odpowiedzi OAE, głównie dla 1 kHz i 1,4 kHz w stosunku do poziomu emisji, który rejestrowano u pacjenta w chwili, gdy trąbka pracowała prawidłowo.

**Wnioski:** Audiometria tonalna i impedancyjna to badania, które są mniej czułe na niewielkie zmiany zachodzące w układzie przewodzącym narządu słuchu niż emisje otoakustyczne. Największe zmiany w OAE widoczne były głównie dla częstotliwości średnich – 1 kHz i 1,4 kHz.

**Słowa kluczowe:** emisje otoakustyczne • protokół liniowy • protokół nieliniowy • test drożności trąbki słuchowej

#### Abstract

**Introduction:** Otoacoustic emissions (OAEs) are among the objective methods of hearing testing. They allow the assessment of the condition of the inner ear and monitoring of changes taking place in the auditory pathway.

**Aim:** The aim of the study was to assess the usefulness of transiently evoked otoacoustic emissions in the assessment of disturbances in the Eustachian tube function in an adult.

**Material and methods:** In a 23-year-old patient, the hearing threshold was determined using tonal audiometry. Then, the condition of the middle ear was checked (impedance audiometry) and the patency of the Eustachian tube was assessed. A non-linear protocol with a stimulus of 80 dB SPL was used to record the transiently evoked otoacoustic emissions (TEOAE).

**Adres autora:** Małgorzata Pastucha, Zakład Audiologii Eksperymentalnej, Światowe Centrum Słuchu, Instytut Fizjologii i Patologii Słuchu, ul. Mokra 17, 05-830, Nadarzyn, e-mail: m.pastucha@ifps.org.pl

**Case study:** In standard diagnostic tests – tonal and impedance audiometry, no significant differences were observed between the results obtained at the time of the onset of the Eustachian tube dysfunction as compared to those obtained before the incident and after treatment. On the other hand, it was noticed that when the results indicated disturbances in the Eustachian tube function, there was a reduction in the OAE response level, mainly at 1 and 1.4 kHz, compared to the emission level that was recorded in the patient when the Eustachian tube was working properly.

**Conclusions:** Pure tone and impedance audiometry are less sensitive to small changes in the in the conductive system of the hearing organ than the otoacoustic emission. The largest changes in the emission results were visible at low frequencies 1 and 1.4 kHz.

**Key words:** otoacoustic emissions • linear protocol • non-linear protocol • Eustachian tube patency test

## Wstęp

Emisje otoakustyczne (ang. *otoacoustic emissions*, OAEs) należą do obiektywnych metod badań słuchu. Są to sygnały generowane w uchu wewnętrznym, a źródłem ich generacji są komórki słuchowe zewnętrzne. Pozwalają one na ocenę stanu ucha wewnętrznego, topodiagnostykę narządu słuchu oraz monitorowanie zmian zachodzących na drodze słuchowej [1,2].

Podczas pomiarów OAE dźwięk transmitowany jest od błony bębenkowej do ślimaka, a następnie w odwrotnym kierunku. Oznacza to, że energia dwukrotnie przechodzi przez ucho środkowe. Dlatego też nawet niewielkie nieprawidłowości występujące w tej części drogi słuchowej mogą powodować osłabienie sygnałów OAE lub ich całkowity zanik. Na poziom emisji otoakustycznych ma wpływ m.in. ciśnienie panujące w uchu środkowym. Naeve i wsp. wykazali, że zmiany w kierunku dodatnich lub ujemnych ciśnień powyżej 200 daPa powodują osłabienie zarejestrowanych sygnałów OAE [3]. Całkowity zanik emisji występuje natomiast w przypadku wysiękowego zapalenia ucha środkowego oraz w otosklerozie [4].

Głównym celem pracy była analiza przydatności emisji otoakustycznych wywołanych trzaskiem (ang. *transiently otoacoustic emissions*, TEOAE) w ocenie zaburzeń funkcji trąbki słuchowej u osoby dorosłej.

## Materiał i metoda

Niniejsza praca opisuje przypadek 23-letniego mężczyzny ze słuchem prawidłowym, który w trakcie badań związanych z projektem dotyczącym diagnostyki słuchu zgłosił uczucie „wypełnienia” w uszach oraz subiektywne pogorszenie progu słyszenia. W czasie wywiadu okazało się, że pacjent miał już wcześniej skłonność do okresowego przytykania się uszu, co skutkowało subiektywnym pogorszeniem słyszenia, o czym nie poinformował w czasie rekrutacji do projektu realizowanego przez Instytut Fizjologii i Patologii Słuchu (IFPS). Lekarz w IFPS wiązał tę skłonność bezpośrednio z alergią. W celu zdiagnozowania zgłaszanych problemów u pacjenta wykonano audiometrię tonalną, audiometrię impedancyjną, test drożności trąbki słuchowej oraz badanie emisji otoakustycznych. Po ustaleniu, że przyczyną dyskomfortu pacjenta jest zaburzenie funkcji trąbek słuchowych, skierowano go na leczenie w postaci inhalacji górnych dróg oddechowych inhalatorem typu AMSA. Wymienione badania były wykonywane u pacjenta również przed wystąpieniem zaburzenia funkcji trąbek słuchowych, a także po zastosowanym leczeniu.

Audiometrię tonalną wykonano w dźwiękoszczelnej kabine z wykorzystaniem audiometru Madsen Astera (GN Otometrics). Progi słyszenia w zakresie od 0,125 kHz do 8 kHz wyznaczono w pasmach oktawowych z wykorzystaniem słuchawek Sennheiser HDA200. Za prawidłową wartość przyjęto położenie krzywej przewodnictwa powietrznego na poziomie do 20 dB HL według skali BIAP [5].

Tympanometrię wykonano za pomocą audiometru impedancyjnego Zodiac 901 firmy Madsen (GN Otometrics). Zastosowano standardowy ton pomiarowy o częstotliwości 226 Hz. Interpretacji wyników tympanometrycznych dokonano na podstawie analizy wartości podatności statycznej [6] oraz oceny kształtu tympanogramu zaproponowanych przez Jergera, Lidena i wsp., w której wyróżnia się 7 typów tympanogramów (A, As, Ad, B, C, D, E) [7,8].

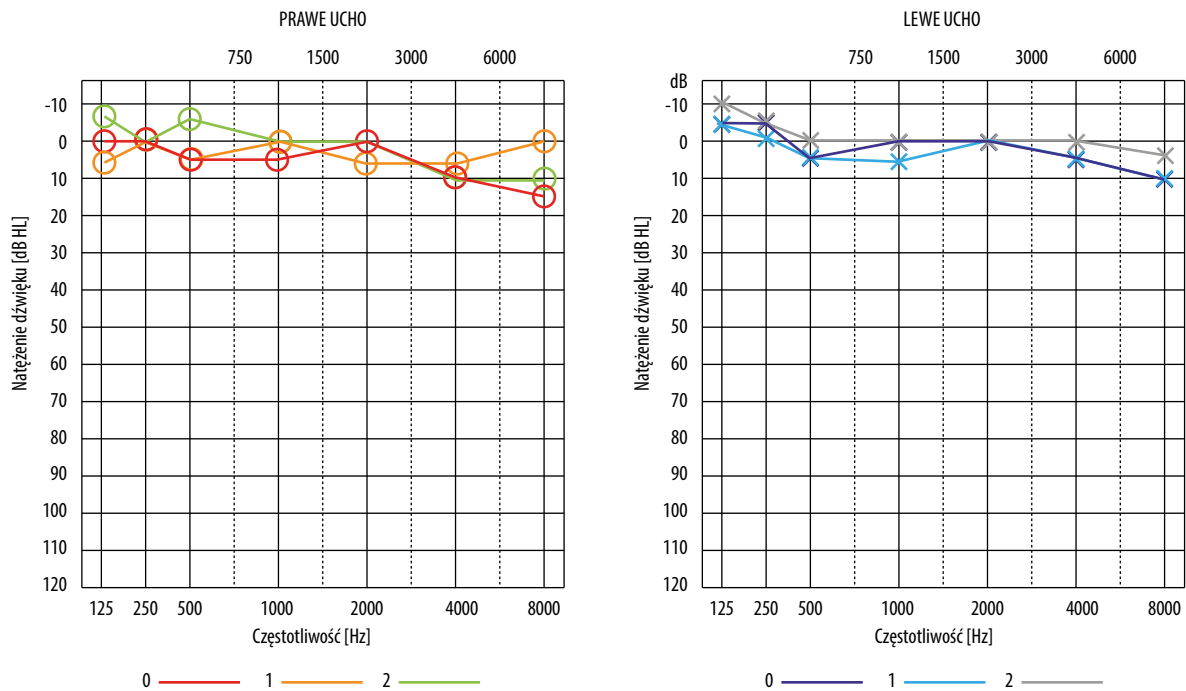
Test drożności trąbki słuchowej przeprowadzono z wykorzystaniem audiometru impedancyjnego Zodiac 901 firmy Madsen (GN Otometrics). Istotą testów drożności trąbki słuchowej jest ocena przesunięć wykresu krzywej tympanometrycznej wzdłuż osi odciętych układu, co jest konsekwencją zmian ciśnienia powietrza w obrębie ucha środkowego. Wyniki oceniono na podstawie kryteriów opisanych w literaturze [9–11].

Emisje otoakustyczne wywołane trzaskiem szerokopasmowym rejestrowano za pomocą systemu ILO 292 (Otodynamics Ltd, Hatfield). Pomiar wykonano z zastosowaniem nieliniowego bodźca o poziomie  $80 \pm 3$  dB SPL. W analizie wyników uwzględniono poziom globalnych odpowiedzi oraz poszczególnych pasm obejmujących częstotliwości od 1 kHz do 4 kHz. Na podstawie analizy stosunku poziomu sygnału do poziomu szumu (ang. *signal to noise ratio*, SNR) oceniono obecność sygnału OAE, uznając za prawidłową wartość 6 dB.

Pomiar 0 oznacza rejestrację bazową, gdy pacjent nie zgłaszał problemów ze słyszeniem, pomiar 1 to rejestracja w momencie wystąpienia subiektywnego pogorszenia słuchu, a pomiar 2 to rejestracja w momencie zauważenia poprawy słyszenia po zastosowanym leczeniu.

## Wyniki

Rycina 1 przedstawia wyniki audiometrii tonalnej w trzech sytuacjach: przed wystąpieniem zaburzeń funkcji trąbki słuchowej (pomiar 0), w momencie wykrycia zaburzeń (pomiar 1) oraz po zastosowanym leczeniu (pomiar 2). Analiza wartości progów słyszenia dla przewodnictwa powietrznego wykazała, że różnice pomiędzy otrzymanymi wartościami dla poszczególnych częstotliwości oscylowały w granicach błędu pomiarowego wynoszące 5–10 dB [12]. Według przyjętej klasyfikacji wszystkie



**Rycina 1.** Wartości progów słyszenia dla ucha prawego i lewego przed wystąpieniem zaburzeń funkcji trąbki słuchowej (pomiar 0), w czasie trwania zaburzenia (pomiar 1) i po jego ustąpieniu (pomiar 2)

**Figure 1.** Hearing threshold values for the right and left ear before the incident of disorder of the eustachian tube (measurement 0), during the incident (measurement 1) and after its retreat (measurement 2)

otrzymane krzywe audiometryczne zawierały się w granicach normy słuchowej [5].

W tabeli 1 zestawiono wyniki audiometrii impedancyjnej. Uzyskane tympanogramy sklasyfikowano jako typ A, ponieważ wszystkie oceniane parametry dla poszczególnych pomiarów mieściły się w zakresie normatywnym.

Na rycinie 2 przedstawiono wyniki oceniające prawidłowość funkcjonowania trąbki słuchowej dla obojga uszu. Analiza krzywych tympanometrycznych pomiaru 0 i pomiaru 2 wskazała na prawidłową funkcję trąbek słuchowych zarówno w uchu prawym, jak i lewym. Natomiast wyniki uzyskane w pomiarze 1 pokazują zaburzenia w funkcjonowaniu trąbek słuchowych w uchu prawym i lewym. Pomimo że test był wykonywany powtórnie, nie zarejestrowano przesunięcia szczytu tympanogramu w kierunku ciśnień ujemnych w przypadku przełknięcia śliny przy zatkanym nosie, ani przesunięcia szczytu tympanogramu w kierunku ciśnień dodatnich w przypadku wdmuchnięcia powietrza przy zatkanym nosie.

Rycina 3 przedstawia wykresy poziomu odpowiedzi dla TEOAE wraz z poziomem szumu dla obojga uszu. Analiza wyników pokazała, że w momencie wystąpienia subiektywnego pogorszenia słuchu u pacjenta nastąpiło zmniejszenie poziomu odpowiedzi OAE, głównie dla 1 kHz i 1,4 kHz w stosunku do poziomu OAE, który rejestrowano w chwili, gdy trąbka pracowała prawidłowo. Średnia różnica w odpowiedzi OAE pomiędzy następującymi po sobie pomiarami dla częstotliwości 1 kHz w uchu prawym wyniosła 2,8 dB, a w uchu lewym 7,6 dB.

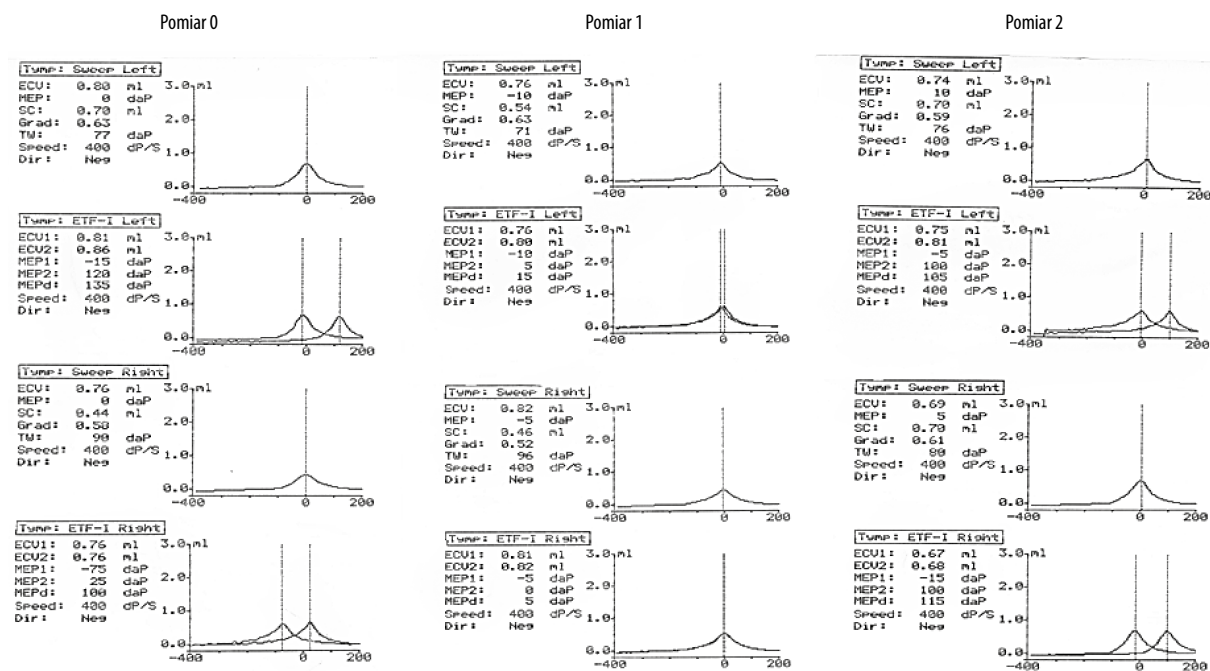
**Tabela 1.** Wyniki audiometrii impedancyjnej dla ucha prawego i lewego uzyskane podczas kolejnych wizyt pacjenta: pomiar 0 (bazowy), pomiar 1 (pogorszenie słyszenia), pomiar 2 (poprawa po zastosowanym leczeniu)

**Table 1.** Impedance audiometry results for the right and left ear obtained during subsequent patient visits are provided: measurement 0 (base), measurement 1 (deterioration in hearing), measurement 2 (improvement after treatment)

Ucho	Pomiar	ECV [ml]	MEP [daPa]	SC [ml]
Prawe	0	0,76	0	0,44
	1	0,82	-5	0,46
	2	0,69	5	0,70
Lewe	0	0,80	0	0,70
	1	0,76	-10	0,54
	2	0,74	10	0,70

Opis: ECV – objętość kanału słuchowego zewnętrznego; MEP – ciśnienie panujące w jamie bębnowej; SC – podatność akustyczna ucha środkowego.

Natomiast dla częstotliwości 1,4 kHz średnie różnice dla odpowiedzi OAE wyniosły 2 dB dla ucha prawego i 5 dB dla ucha lewego. Średnie różnice w poziomie szumu pomiędzy następującymi po sobie pomiarami dla częstotliwości 1 kHz dla ucha prawego osiągały wartość 3,7 dB, a dla ucha lewego 2 dB. Natomiast dla częstotliwości 1,4 kHz – około 1 dB dla ucha prawego i lewego. Dodatkowo można zauważyć, że odpowiedzi OAE dla



**Rycina 2.** Wyniki testu oceniającego drożność trąbki słuchowej przed wystąpieniem zaburzeń w jej funkcjonowaniu (pomiar 0), w czasie trwania zaburzenia (pomiar 1) i po jego ustąpieniu (pomiar 2)

**Figure 2.** Results of the test assessing the patency of the Eustachian tube before the incident of disorder in its functioning (measurement 0), during the incident (measurement 1) and after its retreat (measurement 2)

ucha prawego są niższe w stosunku do wyników otrzymanych dla ucha lewego.

**Podsumowanie**

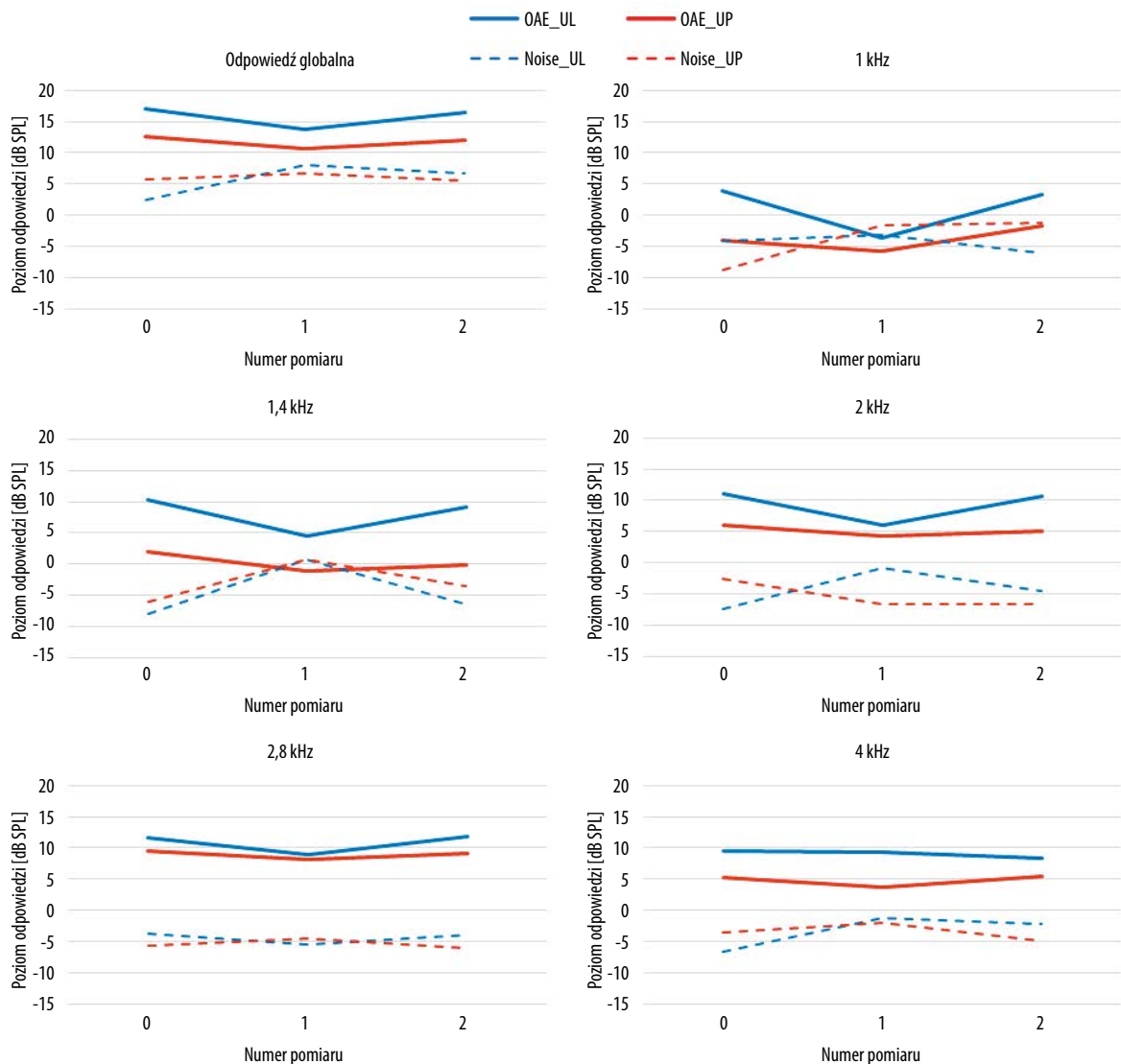
W niniejszej pracy przedstawiono wpływ stanu ucha środkowego na poziom emisji otoakustycznych na podstawie studium przypadku 23-letniego mężczyzny. Analiza wyników badań, standardowo wykonywanych w czasie diagnostyki słuchu, nie potwierdziła wystąpienia u pacjenta zaburzeń funkcji trąbki słuchowej w czasie nasilenia się objawów alergii [13,14]. Zauważono jednak istotne zmiany w pomiarach emisji

otoakustycznych, co potwierdza, że OAE są bardzo czułe w przypadku niewielkich zaburzeń zachodzących na drodze słuchowej [15]. Innymi słowy, w badaniach tych mogą wystąpić istotne spadki wartości odpowiedzi, nawet gdy wyniki badań audiometrii tonalnej czy impedancyjnej, wykorzystywane standardowo w diagnostyce zaburzeń słuchu, nie wykazują znaczących różnic. Ponadto uzyskane odpowiedzi OAE były zgodne z subiektywną oceną słyszenia pacjenta.

Badania częściowo finansowane ze środków Narodowego Centrum Nauki przyznanych na projekt OPUS numer 2014/15/B/NZ4/00700.

**Piśmiennictwo**

1. Kemp DT. Stimulated acoustic emissions from within the human auditory system. *J Acoust Soc Am*, 1978; 64(5): 1386-91.
2. Kotyło P, Śliwińska-Kowalska M. Emisje otoakustyczne w monitorowaniu uszkodzeń słuchu spowodowanych hałasem. *Otorinolaryngologia*, 2014, 13(2): 67-76.
3. Naeve SL, Margolis RH, Levine SC, Fournier EM. Effect of ear-canal air pressure on evoked otoacoustic emissions. *J Acoust Soc Am*, 1992; 91(4 Pt 1): 2091-5.
4. Robinette MS, Glatcke TJ. *Otoacoustic Emissions: Clinical Applications*. New York: Thieme; 1997.
5. International Bureau for Audiophonology BIAP, <http://www.biap.org/en/recommendations/recommendations/tc-0-2-classification/213-rec-02-1-en-audiometric-classification-of-hearing-impairments/file> [dostęp: 15.05.2020].
6. Kochanek K, Śliwa L. Metody obiektywne badania słuchu, w: Protetyka słuchu. Hojan E (red.). Poznań: Wydawnictwo Naukowe UAM; 2014, s. 211-48.
7. Jerger J. Clinical experience with impedance audiometry. *Arch Otolaryngol*, 1970; 92(4): 311-24.
8. Liden G, Harford E, Hallen O. Automatic tympanometry in clinical practice. *Audiology*, 1974; 13(2): 126-39.
9. Williams PS. A tympanometric pressure swallow test for assessment of Eustachian tube function. *Ann Otol Rhinol Laryngol*, 1975; 84(3 Pt 1): 339-43.
10. Biswas A. Eustachian tube function test: a new dimension in the management of CSOM. *Indian J Otolaryngol Head Neck Surg*, 1999; 51(2): 14-22.
11. Piłka E, Dobrzyński P. Testy oceniające drożność trąbki słuchowej w codziennej praktyce audiologicznej. *Now Audiofonol*, 2015; 4(1): 67-71.



**Rycina 3.** Poziom odpowiedzi TEOAE (linia ciągła) wraz z poziomem szumu (linia przerywana); podano wartości globalne (szerokopasmowe) oraz w półoktawowych pasmach dla częstości środkowych z zakresu 1–4 kHz; podano wartości dla pomiarów wykonanych podczas kolejnych wizyt pacjenta: pomiar 0 (bazowy), pomiar 1 (pogorszenie słyszenia), pomiar 2 (poprawa po zastosowanym leczeniu)

**Figure 3.** TEOAE response level (solid line) with the noise level (dashed line); global (broadband) values and in half-octave bands for center frequencies in the 1–4 kHz range are given; values for measurements taken during subsequent patient visits are provided: measurement 0 (base), measurement 1 (deterioration in hearing), measurement 2 (improvement after treatment)

12. Polski Komitet Normalizacyjny. Akustyka – Metodyka pomiarów audiometrycznych. Część 1: Audiometria tonowa dla przewodnictwa powietrznego i kostnego PN-EN ISO 8253-1. Warszawa: Polski Komitet Normalizacyjny, 2005.
13. Hurst DS, Denne CM. The Relation of Allergy to Eustachian Tube Dysfunction and the Subsequent Need for Insertion of Pressure Equalization Tubes. *Ear Nose Throat J*, 2020; 145561320918805.
14. Hurst DS. The role of allergy in otitis media with effusion. *Otolaryngol Clin North Am*, 2011; 44(3): 637–54, viii–ix.
15. Robinette MS. Clinical observations with evoked otoacoustic emissions at Mayo Clinic. *J Am Acad Audiol*, 2003; 14(4): 213–24.