

Zastosowanie emisji otoakustycznej produktów zniekształceń nieliniowych w monitorowaniu uszkodzeń słuchu spowodowanych hałasem

Distortion product otoacoustic emission in the monitoring of noise-induced hearing loss

BEATA HENDLER ^{1/}, PIOTR KOTYŁO ^{2/}, MARTA FISZER ^{2/}, MARIOLA ŚLIWIŃSKA-KOWALSKA ^{2/}

^{1/} Zakład Usług Medycznych "Transfer-Medrom", 97-200 Tomaszów Mazowiecki, ul. Partyzantów 4

^{2/} Centrum Profilaktyki i Leczenia Zaburzeń Głosu i Słuchu, Instytut Medycyny Pracy w Łodzi, 90-950 Łódź ul. Św. Teresy 8

Wprowadzenie. Szereg doniesień wskazuje na przydatność emisji otoakustycznej w ocenie zmian słuchu związanych z ostrym narażeniem na hałas. Jednakże rola otoemisji w monitorowaniu uszkodzeń słuchu spowodowanych przewlekłym zawodowym narażeniem na hałas nie jest, jak dotąd, ustalona.

Cel pracy. Ocena wartości badania emisji otoakustycznej produktów zniekształceń nieliniowych (DPOAE) w porównaniu z audiometrią tonalną w monitorowaniu zawodowych uszkodzeń słuchu.

Materiał i metody. Badaniami objęto dwie grupy osób – 23 pracowników przemysłu metalowego, z krótkim stażem pracy w narażeniu na hałas (6 miesięcy – 6 lat) oraz 40 mężczyzn i kobiet – pracowników przemysłu włókienniczego z długim stażem pracy w narażeniu na hałas (6-16 lat). Wyniki badania audiometrii tonalnej oraz DPOAE wykonywano dwukrotnie w odstępach roku i porównywano do wyników badań słuchu przeprowadzonych w odpowiednio dobranych grupach kontrolnych, nie-narażonych zawodowo na hałas.

Wyniki. W trakcie roku obserwacji w żadnej z grup nie stwierdzono istotnych zmian w progach audiometrycznych słuchu. Badania DPOAE wykazały natomiast istotne słabnięcie sygnału emisji w obu grupach narażonych na hałas, zwłaszcza nasilone u osób z długim stażem pracy. Stwierdzono istotną zależność między stażem pracy a amplitudą DPOAE w szerokim zakresie częstotliwości 1-6 kHz oraz wiekiem a amplitudą DPOAE, jednakże jedynie w częstotliwościach wysokich (5 i 6 kHz).

Wnioski. Badanie DPOAE wydaje się lepiej niż audiometria tonalna oceniać głębokość zniszczenia komórek słuchowych i stanowić czułe narzędzie monitorowania uszkodzeń słuchu spowodowanych działaniem hałasu.

Otolaryngologia, 2003, 2(1), 27-33

Słowa kluczowe: emisja otoakustyczna produktów zniekształceń nieliniowych (DPOAE), hałas, zawodowe uszkodzenia słuchu, starcze uszkodzenie słuchu

Introduction. Otoacoustic emission (OAE) is useful in the assessing of hearing changes after acute exposure to noise. However, the role of OAE in the monitoring of hearing loss due to prolonged occupational exposure to noise has not been determined.

Aim. The aim of the study was to assess the value of distortion-product otoacoustic emission (DPOAE) as compared to pure-tone audiometry (PTA) in the monitoring of noise-induced hearing loss.

Materials and methods. The study included two groups of workers – 23 employees in metal industry, with relatively short period of occupational exposure to noise (6 months to 6 years) and 40 subjects (males and females) working in textile industry with the history of long term occupational exposure to noise (6-16 years). PTA and DPOAE were repeated twice in the period of one year and compared with matched control groups, not exposed to noise.

Results. One year observation did not reveal any significant changes of hearing as assessed by means of PTA. DPOAE however, demonstrated a decrease of signal level in both groups exposed to noise, particularly with longer time of employment. There was a significant correlation between tenure of occupational exposure to noise and the level of DPOAE over the board range of frequencies (1-6 kHz), and between age and DPOAE level at high frequencies only (5-6 kHz).

Conclusions. DPOAE appears more useful than PTA for assessment of the extent of outer hair cell loss and it seems to be a sensitive tool to monitor hearing loss induced by noise.

Otolaryngologia, 2003, 2(1), 27-33

Key words: distortion product otoacoustic emissions (DPOAE), noise, occupational hearing loss, presbycusis

Uszkodzenie słuchu spowodowane hałasem stanowi jedną z najczęstszych chorób zawodowych zarówno w Polsce, jak i na świecie. Z uwagi na to, że zmiany w uchu wewnętrznym powodowane przez hałas są nieodwracalne, istotne znaczenie ma zapobieganie tym uszkodzeniom. W profilaktyce medycznej zawodowych

uszkodzeń słuchu stosowana jest ocena stanu słuchu za pomocą audiometrii tonalnej. Jest to badanie czasochłonne, subiektywne (wymagające współpracy badanego) i mało czułe. Wraz z wprowadzeniem do kliniki badań emisji otoakustycznej, pojawiły się sugestie dotyczące większej czułości tego pomiaru w porównaniu z audiometrią

tonalną w wykrywaniu wczesnych uszkodzeń słuchu spowodowanych hałasem. W przeciwieństwie do audiometrii tonalnej badanie emisji otoakustycznej jest pomiarem krótkotrwałym i obiektywnym (nie wymaga współpracy badanego). Ze względu na dużą zmienność międzyosobniczą w nasileniu emisji otoakustycznych u osób z prawidłowym słuchem ocena przydatności tego badania w wykrywaniu wczesnych uszkodzeń ślimaka musi być oparta na monitorowaniu stanu słuchu i odniesieniu ewentualnych zmian do stanu wyjściowego u tej samej osoby. W kilku dotychczasowych publikacjach przedstawiono wyniki oceny stanu słuchu przed i po ostrym narażeniu na hałas. W badaniach tych stosowano emisję otoakustyczną spontaniczną [1], emisję otoakustyczną wywołaną trzaskiem [2,3] oraz produkty zniekształceń nieliniowych [4,5,6,7,8]. Jedynie pojedyncze doniesienia dotyczą oceny przydatności badań emisji otoakustycznych w monitorowaniu zmian zachodzących w uchu wewnętrznym pod wpływem przedłużonego narażenia na hałas, typowego dla ekspozycji zawodowych [9].

Celem pracy była ocena wartości badania emisji otoakustycznej produktów zniekształceń nieliniowych (DPOAE) w porównaniu z audiometrią tonalną w monitorowaniu stanu słuchu u osób zawodowo narażonych na hałas.

BADANI I METODY

Badani

Badaniami objęto 63 pracowników, wyselekcjonowanych z populacji 100 osób, dwóch łódzkich zakładów przemysłowych – metalowego i włókienniczego, narażonych na stanowiskach pracy na hałas o poziomach od 85 do 94 dB (A). Kryteria włączenia do badań stanowiły: staż pracy w narażeniu min. 6 miesięcy, wykluczenie w wywiadzie innych, poza narażeniem na hałas i procesem starzenia się, czynników ryzyka uszkodzenia słuchu, prawidłowy obraz otoskopowy oraz prawidłowy tympanogram i obecny odruch strzemiączkowy w badaniu audiometrii impedancyjnej. Ze względu na różne procesy technologiczne w obu zakładach pracy oraz różny okres zatrudnienia pracowników, wyodrębniono dwie grupy badane. Grupę I stanowiło 23 mężczyzn zakładów metalowych, w wieku od 19 do 36 lat, narażonych na hałas ponadnormatywny przez okres od 6 miesięcy do 6 lat. Grupę II stanowiło 40 osób zatrudnionych w zakładach włókienniczych, w tym 15 mężczyzn w wieku od 24 do 50 lat i 25 kobiet w wieku od 25 do 47 lat. Były to osoby z dłuższym stażem pracy w narażeniu na hałas, tj. od 6 do 16 lat. Pracownicy z grupy badanej II w okresie obserwacji regularnie stosowali ochronniki słuchu, podczas gdy pracownicy z grupy badanej I używali ich sporadycznie.

Do obu grup badanych dobrano odpowiednio pod względem płci i wieku dwie grupy kontrolne – osób nie narażonych zawodowo na działanie hałasu. Charakterystykę badanych grup podano w tabeli I.

Tabela I. Charakterystyka badanych podgrup pod względem wieku i płci

	Mężczyźni		Kobiety	
	liczba	średnia wieku	liczba	średnia wieku
grupa kontrolna I	18	26,7 ± 5,6	-	-
grupa badana I	23	27,1 ± 4,6	-	-
grupa kontrolna II	15	29,3 ± 7,8	25	32,7 ± 7,5
grupa badana II	15	33,5 ± 9,9	25	35,7 ± 6,1

Metody

U wszystkich osób przeprowadzono szczegółowy wywiad zawodowy i lekarski z wykorzystaniem specjalnie przygotowanej ankiety. Następnie wykonywano badanie laryngologiczne i audiometrię impedancyjną. Do dalszych badań słuchu kwalifikowano jedynie osoby, u których wykluczono inne, poza hałasem i procesem starzenia się, przyczyny uszkodzeń słuchu oraz stwierdzono prawidłowy wynik otoskopii i tympanometrii. U osób tych wykonywano badanie audiometrii tonalnej oraz rejestrowano otoemisję produktów zniekształceń nieliniowych (*distortion product otoacoustic emission* – DPOAE) w funkcji częstotliwościowej (DP-gramy) i funkcji „input/output” dla częstotliwości 4 kHz.

Badania słuchu powtarzano po roku pracy w hałasie. W tym samym czasie wykonywano badania słuchu w grupach kontrolnych I i II.

Badanie podmiotowe

Ankieta zawierała pytania dotyczące wieku, płci, stażu pracy oraz rodzaju wykonywanej pracy. Szczególną uwagę zwracano na urazy i zawroty głowy, szumy uszne, zwyczaj słuchania głośnej muzyki, używanie walkmanów, stosowanie leków ototoksycznych, przebyte stany zapalne ucha środkowego, choroby ogólnoustrojowe, mogące wpływać na stan słuchu, choroby dziedziczne, palenie papierosów, picie alkoholu oraz służbę wojskową.

Badania audiometrii impedancyjnej i tonalnej

Do badań audiometrii impedancyjnej użyto zestawu ZO 2020 firmy Madsen. U każdego z badanych wykonywano badanie tympanometryczne i rejestrowano odruchy z mięśnia strzemiączkowego dla częstotliwości 0,5, 1, 2, 4 i 5 kHz po stymulacji ipsilateralnej tonem czystym o poziomach natężenia od 70 do 115 dB.

Badanie słuchu za pomocą audiometrii tonalnej przeprowadzono w kabinie ciszy, posługując się audiometrem typu OB 822 firmy Madsen. Próg słuchu dla przewodnictwa powietrznego oceniano dla częstotliwości od 125 Hz do 8 kHz oraz dla przewodnictwa kostnego w zakresie częstotliwości od 500 Hz do 4 kHz.

Badanie emisji otoakustycznej produktów zniekształceń nieliniowych (DPOAE)

Pomiary DPOAE wykonywano w cichym pomieszczeniu laboratoryjnym używając zestawu ILO 92 Otodynamics LTD. Do badań stosowano sondy o wymiarach przystosowanych dla dorosłych z nałożoną miękką nakładką zapewniającą ścisłe przyleganie do ścian przewodu słuchowego zewnętrznego. Przed badaniem program automatycznie sprawdzał rezonans przewodu słuchowego oraz szczelność przylegania sondy.

W badaniu DPOAE ucho stymulowano dwoma tonami czystymi o częstotliwościach f_1 i f_2 , pozostającymi w stosunku $f_2/f_1 = 1,22$. W badaniu DPOAE w funkcji częstotliwościowej poziomy bodźców f_1 i f_2 były sobie równe i wynosiły 70 dB SPL. Badania wykonywano dla częstotliwości f_2 w zakresie od 1 do 6 kHz w odstępach co 1/2 oktawy, analizując odpowiedź dla częstotliwości $f_3 = 2f_1 - f_2$. Wynik zapisywano w postaci DP-gramu.

DPOAE oceniano również w funkcji intensywności bodźca. Badanie przeprowadzono dla częstotliwości 4 kHz stosując tony czyste f_1 i f_2 o równym poziomie, zmniejszając ich intensywność od 70 do 45 dB SPL w skokach co 5 dB. Wyniki graficzne przedstawiono w postaci wykresu „input/output”.

Do analizy kwalifikowano wyniki, które przewyższyły poziom szumu co najmniej o 3 dB. Przy braku odpowiedzi jako wynik przyjmowano poziom szumu.

Statystyka

Do obliczeń statystycznych wykorzystano test Kałmogorowa-Smirnowa. Ze względu na różny od normalnego rozkład porównywanych danych w grupach badanych i kontrolnych, do analizy statystycznej zastosowano nieparametryczny test U Manna-Whitneya. Przy ocenie wyników tej samej grupy w czasie stosowano test par skojarzonych. Ponadto oceniano zależności między badaniem słuchu a wiekiem i stażem pracy w narażeniu na hałas stosując test wielowymiarowej regresji wielokrotnej.

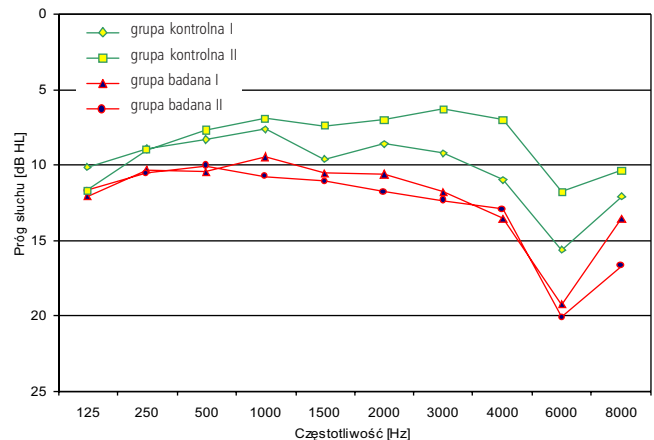
Za poziom istotności przyjęto wartość $p < 0,05$.

WYNIKI

Badanie wstępne

Audiometria tonalna

W audiometrii tonalnej we wszystkich grupach najwyższe progi słuchu obserwowano dla 6 kHz (w postaci załamka). Porównanie wyników wstępnych w grupie badanej I i grupie kontrolnej I wykazało istotnie gorszy średni próg słuchu dla częstotliwości 6 kHz u osób narażonych na hałas. Dla pozostałych częstotliwości progi słuchu nie różniły się istotnie, jakkolwiek w grupie osób ekspozowanych na hałas dla wszystkich częstotliwości były wyższe (ryc. 1).



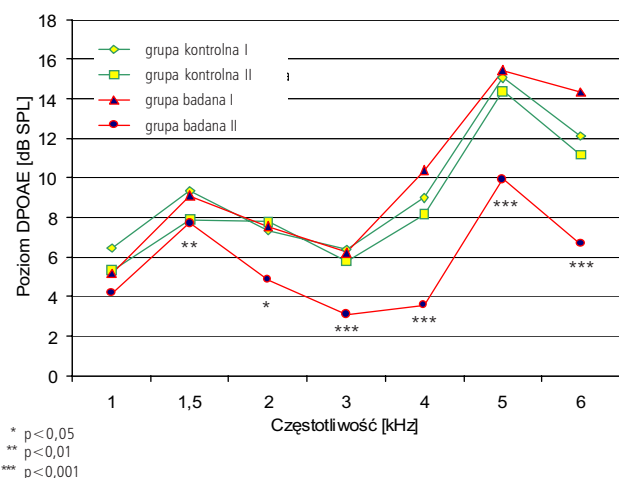
Ryc. 1. Porównanie średnich audiogramów w grupach w badaniu wstępnym (opis istotności statystycznych w tekście)

Porównanie wyników wstępnych w grupie badanej II i grupie kontrolnej II wykazało istotne różnice między średnimi progami dla wszystkich częstotliwości. Były one gorsze u osób narażonych na hałas (ryc. 1).

Porównanie wstępnych wyników audiometrii tonalnej w obu grupach narażonych na hałas wykazało brak istotnych różnic między progami słuchu dla żadnej z częstotliwości, mimo istotnych różnic w okresach stażu pracy w obu grupach.

Badania wstępne DPOAE

W badaniu wyjściowym w grupie kontrolnej I średnie wartości DPOAE zawierały się w granicach od ok. 6,5 dB SPL dla 1 i 3 kHz do 15 dB SPL dla 5 kHz, zaś w grupie I osób narażonych na hałas od 5 dB SPL dla 1 kHz do 15,5 dB SPL dla 5 kHz i nie różniły się istotnie od kontroli I (ryc. 2). Odmienne przedstawia się porównanie wstępnych DP-gramów w grupie badanej II i odpowiedniej grupie kontrolnej. Poziomy DPOAE u osób z długim stażem pracy w hałasie były istotnie niższe, przy czym różnice były największe dla wysokich



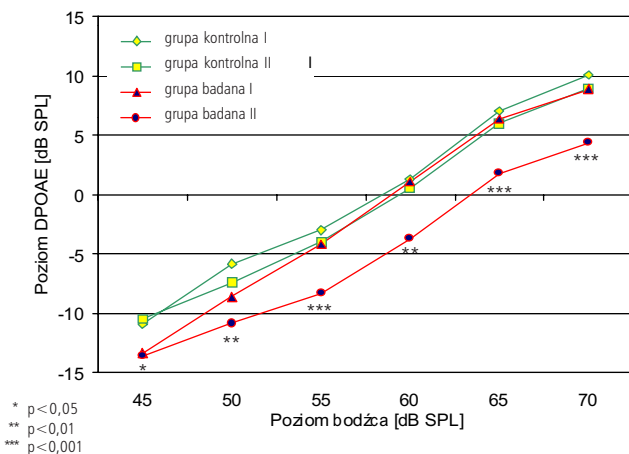
* $p < 0,05$
 ** $p < 0,01$
 *** $p < 0,001$

Ryc. 2. Porównanie średnich wartości DPOAE w grupach w badaniu wstępnym

częstotliwości (od 4 do 6 kHz) (ryc. 2). Średnie wartości amplitud DPOAE w grupie kontrolnej II zawierały się w granicach od ok. 5,5 dB SPL dla 1 kHz do ok. 14,5 dB SPL dla 5 kHz, natomiast w grupie badanej II w granicach od ok. 3 dB SPL dla 3 kHz do ok. 10 dB SPL dla 5 kHz.

Należy zwrócić uwagę, że amplitudy DPOAE w grupie II – osób narażonych przez długi okres na hałas były istotnie słabsze również w porównaniu z poziomem otoemisji grupy I – pracowników krótko ekspozowanych na hałas, mimo, że w audiometrii tonalnej nie stwierdzono różnic między tymi grupami.

Podobnie, jak w analizie DP-gramów, w ocenie funkcji „input/output” dla 4 kHz nie stwierdzono istotnych różnic w nasileniu emisji otoakustycznej między grupą I – osób krótko narażonych na hałas a grupą kontrolną I. Stwierdzono natomiast istotne różnice w nasileniu DPOAE między grupą badaną II a grupą kontrolną II, na niekorzyść pierwszej z nich, zwłaszcza dla bodźców o intensywnościach 55, 65 i 70 dB SPL ($p < 0,001$) (ryc. 3). Podobnie, jak w analizie DPOAE w funkcji częstotliwościowej, wartości DPOAE w funkcji intensywności bodźca w grupie II – osób długo narażonych na hałas były istotnie niższe, a kąt nachylenia krzywej mniejszy, w porównaniu z wynikami grupy I badanej i grup kontrolnych (ryc. 3).



Ryc. 3. Porównanie średnich wartości DPOAE w funkcji input/output dla 4 kHz w grupach w badaniu wstępnym

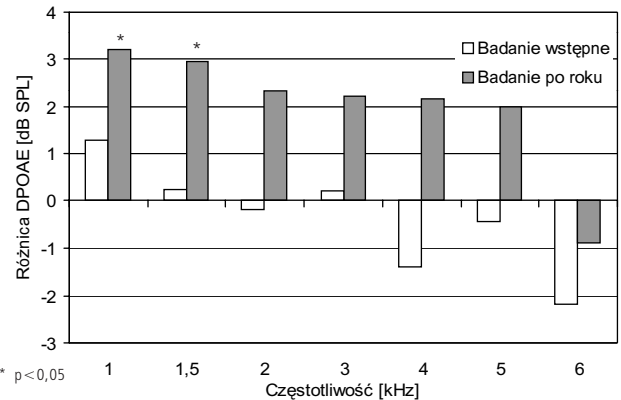
Wyniki monitorowania stanu słuchu

Grupa I

W badaniu audiometrii tonalnej wykonanym po roku pracy w warunkach narażenia na hałas nie stwierdzono istotnego pogorszenia słuchu, zarówno w grupie krótko narażonej na hałas, jak i w odpowiedniej grupie kontrolnej.

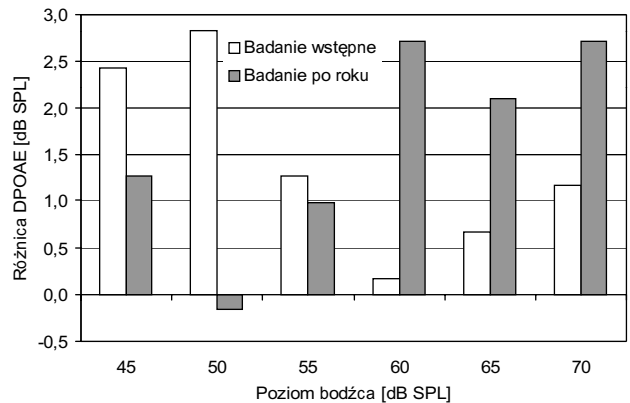
W grupie kontrolnej I po roku obserwacji średnie wartości DPOAE utrzymywały się na podobnym poziomie, jak w badaniu wstępnym. Natomiast w grupie

badanej I po rocznej obserwacji stwierdzono osłabienie nasilenia otoemisji dla wszystkich częstotliwości. Porównanie różnic średnich wartości DPOAE między grupą kontrolną I i badaną I wykazało istotny wzrost tych wartości dla częstotliwości 1 i 1,5 kHz (ryc. 4).



Ryc. 4. Porównanie różnic średnich wartości DPOAE w grupie kontrolnej I i grupie badanej I w odstępie 1 roku

W badaniu DPOAE w funkcji „input/output” zarówno w grupie kontrolnej I, jak i narażonej na hałas nie stwierdzono istotnych statystycznie zmian w nasileniu otoemisji po roku obserwacji. Ocena różnic między średnimi wartościami DPOAE wykazała spadek tych wartości dla niskich poziomów bodźca (do 55 dB SPL) oraz wzrost – dla wyższych poziomów bodźca (>55 dB SPL), jednakże zmiany te nie były istotne statystycznie (ryc. 5).



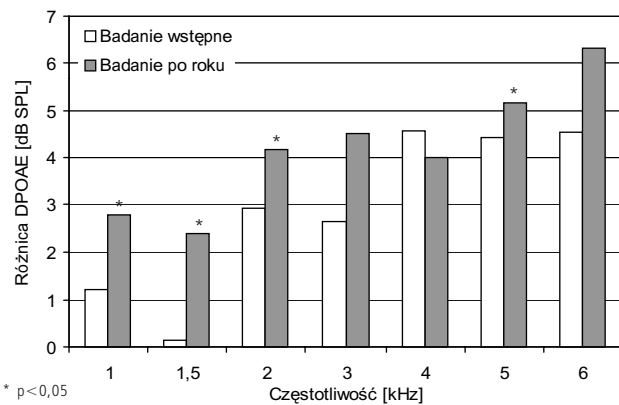
Ryc. 5. Porównanie różnic średnich wartości DPOAE w funkcji input/output dla 4 kHz w grupie kontrolnej I i grupie badanej I w odstępie 1 roku

Grupa II

Podobnie, jak w grupie I, w badaniu audiometrii tonalnej wykonanym w odstępie roku nie stwierdzono istotnych zmian w progach słuchu, zarówno w grupie narażonej na hałas, jak i odpowiedniej grupie kontrolnej.

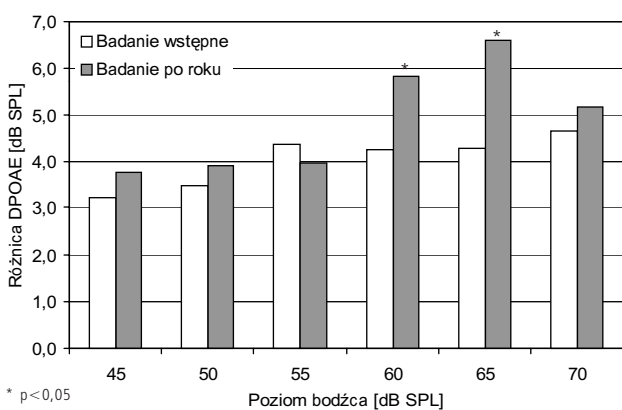
W grupie kontrolnej II po roku obserwacji średnie wartości DPOAE utrzymywały się na podobnym poziomie, jak w badaniu wyjściowym. Natomiast w grupie narażonej na hałas badanie wykonane w odstępie 1 roku

wykazało słabszą otoemisję w całym niemal zakresie częstotliwości (z wyjątkiem częstotliwości 4 kHz), zwłaszcza zaś dla częstotliwości 1,5 i 2 kHz ($p < 0,05$). Porównanie różnic między średnimi amplitudami DPOAE w grupie kontrolnej II i badanej II wykazało istotne zwiększenie tych wartości dla częstotliwości 1, 1,5, 2 i 5 kHz (ryc. 6)



Ryc. 6. Porównanie różnic średnich wartości DPOAE w grupie kontrolnej II i grupie badanej II w odstępie 1 roku

W badaniu DPOAE w funkcji „input/output” w grupie kontrolnej II po roku obserwacji średnie wartości nie różniły się istotnie statystycznie w porównaniu z badaniem wyjściowym. Natomiast w grupie badanej II obserwowano w tym czasie istotne zmniejszenie amplitudy DPOAE dla bodźca o intensywności 65 dB SPL ($p < 0,05$). Również porównanie różnic między średnimi amplitudami DPOAE w grupie kontrolnej i badanej wykazało istotny wzrost tych wartości dla bodźców o intensywnościach 60 i 65 dB SPL (ryc. 7).



Ryc. 7. Porównanie różnic średnich wartości DPOAE w funkcji input/output dla 4 kHz w grupie kontrolnej II i grupie badanej II w odstępie 1 roku

Ocena zależności między DPOAE a narażeniem na hałas i wiekiem

Celem oszacowania wpływu wieku i hałasu na zapis emisji otoakustycznych, dla całej grupy osób narażonych na hałas i osób z grup kontrolnych przeprowadzono ana-

lizę regresji wielokrotnej, z uwzględnieniem obu tych czynników.

Stwierdzono istotną zależność między poziomem DPOAE a stażem pracy w hałasie dla wszystkich badanych częstotliwości, z wyjątkiem 1,5 kHz (tab. II), oraz istotną zależność między poziomem DPOAE a wiekiem, jednakże jedynie dla dwóch najwyższych z badanych częstotliwości (tj. 5 i 6 kHz) (tab. II). Analiza zależności między DPOAE w funkcji „input/output” ocenianej dla 4 kHz wykazała silną zależność sygnału emisji otoakustycznej ze stażem pracy i brak takiej zależności w odniesieniu do wieku (tab. III).

Tabela II. Zależność między poziomem DPOAE w poszczególnych częstotliwościach a stażem pracy w narażeniu na hałas i wiekiem

Częstotliwość w kHz	1	1,5	2	3	4	5	6
Sтаж pracy w narażeniu na hałas							
Współczynnik regresji	-0,14	-0,01	-0,22	-0,17	-0,21	-0,24	-0,24
Wartość p	p < 0,05	p > 0,05	p < 0,001	p < 0,01	p < 0,01	p < 0,001	p < 0,001
Wiek							
Współczynnik regresji	-0,02	-0,06	-0,01	-0,02	-0,09	-0,19	-0,33
Wartość p	p > 0,05	p > 0,05	p > 0,05	p > 0,05	p > 0,05	p < 0,01	p < 0,001

Tabela III. Zależność między poziomem DPOAE (funkcja I/O dla 4,0 kHz) a stażem pracy w narażeniu na hałas i wiekiem

Poziom bodźca w dB SPL	70	65	60	55	50	45
Sтаж pracy w narażeniu na hałas						
Współczynnik regresji	-0,22	-0,25	-0,32	-0,31	-0,27	-0,30
Wartość p	p < 0,01	p < 0,01	p < 0,001	p < 0,001	p < 0,001	p < 0,001
Wiek						
Współczynnik regresji	-0,09	-0,05	-0,06	-0,02	-0,05	-0,07
Wartość p	p > 0,05	p > 0,05	p > 0,05	p > 0,05	p > 0,05	p > 0,05

DYSKUSJA

Oslabienie sygnału emisji otoakustycznej wywołanej wiąże się z utratą funkcji komórek słuchowych zewnętrznych narządu Cortiego. W populacji ogólnej najczęściej jest to spowodowane narażeniem na hałas, który uszkadza te komórki oraz procesem starzenia się narządu słuchu (presbycusis). Mimo, że wyróżniono wiele typów presbycusis (czuciowy, nerwowy, metaboliczny, mechaniczny), większość doniesień wskazuje na utratę komórek słuchowych zewnętrznych, jako główną przyczynę tego procesu. Wiadomym jest, że emisje otoakustyczne wywołane słabną wraz z upływem lat życia. Są bardzo nasilone u noworodków i niemowląt, obecne u wszystkich osób młodych z prawidłowym słuchem oraz u znacznie mniejszego odsetka osób starszych. Spadek emisji otoakustycznych wraz z upływem lat życia jest równoległy do przesunięcia progu słuchu w audiometrii tonalnej, jakkolwiek może być również wynikiem innych zmian u osób starszych (np. w uchu środkowym) [10].

W badaniach własnych monitorowaniem objęto dwie zróżnicowane pod względem stażu pracy w narażeniu na hałas grupy. Podział taki pozwala na odniesienie wyników badań otoemisji do dynamiki uszkodzeń słuchu spowodowanych hałasem. Wiadomym jest bowiem, że zawodowe uszkodzenie słuchu dotyczy w głównej mierze częstotliwości wysokich (w początkowej fazie 4-6 kHz), narasta stosunkowo szybko w pierwszych latach narażenia, po czym, po ok. 10 latach narażenia, osiąga fazę „plateau”, co oznacza jedynie bardzo niewielką dalszą progresję uszkodzenia słuchu związanego z narażeniem. W badaniu słuchu za pomocą audiometrii tonalnej nie stwierdzono istotnych różnic między grupą krótko i długo narażoną na hałas. Wynikać to mogło z różnej struktury płci w obu grupach (pierwsza z grup obejmowała jedynie mężczyzn, u których generalnie progresja uszkodzenia słuchu wraz z wiekiem postępuje szybciej niż u kobiet) i/lub z ochronnego działania ochronników słuchu (systematycznie stosowanych w grupie II, a rzadko w grupie I). Mimo braku różnic w progach audiometrycznych zanotowano znaczne zróżnicowanie średnich wartości DPOAE w tych grupach. W badaniu wyjściowym poziom emisji otoakustycznych w podgrupie II – osób długo narażonych na hałas, był istotnie niższy w porównaniu zarówno z grupami kontrolnymi, jak i grupą I – osób krótko narażonych na działanie hałasu w miejscu pracy. Różnice w zapisie DPOAE dotyczyły szerokiego pasma częstotliwości od 2 do 6 kHz, natomiast w funkcji „input/output” poziomów bodźca od 50 do 70 dB SPL. Zważywszy, że w obu grupach narażonych na hałas nie stwierdzono różnic w progach słuchu ocenianych za pomocą audiometrii tonalnej, świadczyć to może o braku równoległości zmian zachodzących w obu pomiarach. Wydaje się, że badanie DPOAE dokładniej ocenia wielkość uszkodzenia komórek słuchowych ucha wewnętrznego, niż badanie konwencjonalne. Hipotezę tę potwierdza fakt, że w czasie rocznej obserwacji w obu grupach narażonych na hałas stwierdzano słabnięcie sygnałów DPOAE, mimo braku

zmian w audiometrii tonalnej. Szczególnie zauważalne było to w grupie osób długo zatrudnionych w narażeniu na hałas. Podobne osłabienie sygnału emisji otoakustycznej wywołanej trzaskiem obserwowano w grupie żołnierzy po 17-tygodniowym okresie służby wojskowej, podczas której narażeni byli oni na wystrzały broni palnej [9]. Obserwacje te potwierdzają ostatnie publikacje [11,12].

W badaniach własnych jako bodźce stymulujące stosowano tony czyste o równych poziomach. W świetle nowszych badań wydaje się, że zastosowanie bodźców o różnych i niższych poziomach (np. 65 i 40 dB SPL) pozwala na lepsze zróżnicowanie zmian DPOAE zachodzących po narażeniu na hałas [13].

W pracy starano się również oszacować, jaki wpływ ma hałas, a jaki proces starzenia się na poziom DPOAE. Stosując analizę regresji wielokrotnej stwierdzono wysoce istotną odwrotną zależność zarówno dla stażu pracy, jak i wieku, przy czym dla stażu pracy zależność ta występowała w całym paśmie badanych częstotliwości (od 1 do 6 kHz), podczas gdy dla wieku jedynie dla dwóch najwyższych częstotliwości. Sugeruje to, że badanie DPOAE, które daje możliwość oceny stanu ślimaka w poszczególnych częstotliwościach, pozwala na jakościowe rozróżnienie zmian powodowanych przez hałas i proces starzenia się. Potwierdza to wcześniejsze sugestie w tym zakresie [14].

Reasumując, przeprowadzone badania wskazują, że zarówno narażenie na hałas, jak i proces starzenia się, wpływają istotnie na poziom (DPOAE). Jednakże narażenie na hałas, w porównaniu z wiekiem, powoduje szybszy spadek DPOAE, dotyczący przy tym znacznie szerszego zakresu częstotliwości. Badanie DPOAE wydaje się lepiej niż audiometria tonalna różnicować stadium zniszczeń komórek słuchowych i może stanowić czułe narzędzie monitorowania uszkodzeń słuchu spowodowanych działaniem hałasu.

Piśmiennictwo

1. Norton SJ, Mott JB, Champlin CA. Behavior of spontaneous otoacoustic emissions following intense ipsilateral acoustic stimulation. *Hear Res* 1989; 38: 243-258.
2. Kvaerner KJ, Engdahl B, Arnesen AR, Mair IWS. Temporary threshold shift and otoacoustic emissions after industrial noise exposure. *Scand Audiol* 1995; 24: 137-141.
3. Śliwińska-Kowalska M, Kotyło P, Hendler B. Comparing changes in transient-evoked otoacoustic emission and pure-tone audiometry following short exposure to industrial noise. *Noise & Health* 1999; 2: 50-57.
4. Dolan TG, Abbas PJ. Short term effects of sound exposure on the 2f1-f2 acoustic emission. *J Acoust Soc Am* 1985; 77: 1614-1616.
5. Whitehead ML, McCoy MJ, Lonsbury Martin BL, Martin GK. Dependence of distortion-product otoacoustic emission on primary levels in normal and impaired ears. I. Effects of decreasing L2 below L1. *J Acoust Soc Am* 1995; 97: 2346-58.
6. Whitehead ML, Stagner BB, Mc Coy MJ, Lonsbury Martin BL, Martin GK. Dependence of distortion-product otoacoustic emissions on primary levels in normal and impaired ears. II. Asymmetry in L1, L2 space. *J Acoust Soc Am* 1995; 97: 2359-77.
7. Sutton LA, Lonsbury Martin BL, Martin GK, Whitehead ML. Sensitivity of distortion product otoacoustic emissions in humans to tonal over-exposure: time course of recovery and effects of lowering L2. *Hear Res* 1994; 75: 161-74.
8. Liebel J, Delb W, Andes C, Koch A. Die Erfassung von Lärmschaden bei Besuchern einer Diskothek mit Hilfe der TEOAE und DPOAE. *Laryngorhinootologie* 1996; 75:295-64.

9. Hotz MA, Probst R, Harris FP, Hauser R. Monitoring the effects of noise exposure using transiently evoked otoacoustic emissions. *Acta Otolaryngol (Stockh)* 1993; 113: 478-82.
10. Oeken J, Lenk A, Bootz F. Influence of age presbycusis on DPOAE. *Acta Otolaryngol* 2000; 120: 396-403.
11. Konopka W, Zalewski P, Pietkiewicz P. Evaluation of transient and distortion product otoacoustic emissions before and after shooting practice. *Noise & Health* 2001; 10(3): 29-37.
12. Konopka W, Pawlaczyk-Łuszczynska M, Zalewski P, Miłośki J. Ocena i analiza środowiska akustycznego u żołnierzy narażonych na hałas impulsowy. *Medycyna Pracy* 2002; 5: 391-396.
13. Delb W, Hoppe U, Liebel J, Iro H. Determination of acute noise effects using distortion product otoacoustic emissions. *Scand Audiol* 1999; 28: 67-76.
14. Śliwińska-Kowalska M. The role of evoked and distortion product otoacoustic emissions in diagnosis of occupational noise - induced hearing loss. *J Audiological Medicine* 1998; 7(1): 29-45.