mgr inż. Edyta Piłka

Emisje otoakustyczne produktów zniekształceń nieliniowych dla wysokich częstotliwości

Streszczenie

Wprowadzenie

Na obecnym poziomie rozwoju cywilizacji słuch pełni kluczową rolę w procesie komunikacyjnym człowieka. Z uwagi na nadmierny hałas czy też stany chorobowe funkcje narządu słuchu mogą ulegać zaburzeniom, co może mieć bezpośredni wpływ na jakość odbioru informacji. Badania dotyczące zmian w ślimaku ucha wewnętrznego pokazują, że w pierwszej kolejności uszkodzeniu ulegają obszary percepcji najwyższych częstotliwości.

Standardowa diagnostyka nie pozwala na wykrycie bardzo małych zmian patologicznych w narządzie słuchu, ponieważ podstawowe badania słuchu obejmują często tylko zakres pasma mowy, czyli częstotliwości od 0,125 kHz do 8 kHz. Natomiast ucho ludzkie może odbierać dźwięki w paśmie częstotliwości od około 0,016 kHz do 20 kHz. Rozszerzenie oceny słuchu o częstotliwości powyżej 8 kHz może mieć kluczowe znaczenie w profilaktyce wczesnych uszkodzeń słuchu spowodowanych hałasem czy przyjmowaniem leków ototoksycznych. Wykazano również, że słuch dla wysokich częstotliwości może ulegać zmianie m.in. u osób z przewlekłymi chorobami takimi jak cukrzyca czy niewydolność nerek, u pacjentów z szumami usznymi czy u dzieci z dysfunkcją ucha środkowego.

Podstawowym narzędziem diagnostycznym służącym do obiektywnej oceny stanu ślimaka jest pomiar emisji otoakustycznej (OAE). Najczęściej wykorzystywane są emisje otoakustyczne produktów zniekształceń nieliniowych (DPOAE), standardowo mierzone w zakresie 1–8 kHz. Jednakże od niedawna, dostępne są również urządzenia umożliwiające

badanie DPOAE dla częstotliwości aż do 16 kHz. Do tej pory opublikowano niewiele prac podkreślających wartość diagnostyczną odpowiedzi DPOAE dla wysokich częstotliwości.

Cel pracy

Celem pracy jest ocena przydatności metody emisji otoakustycznej produktów zniekształceń nieliniowych do detekcji preklinicznych zmian w narządzie Cortiego w zakresie wysokich częstotliwości w grupie osób dorosłych z prawidłowym słuchem w paśmie częstotliwości od 0,125 kHz do 16 kHz. Głównym przedmiotem zainteresowania były emisje dla bardzo wysokich częstotliwości z zakresu 8–16 kHz. W trakcie realizacji celu głównego badano następujące zależności:

1. Wpływ trybu dopasowania sondy na wielkość poziomu sygnału DPOAE (trzy pomiary – w tym dwa w trybie pojedynczego dopasowania sondy (bez wyjmowania sondy z kanału słuchowego) oraz jeden w trybie wielokrotnego dopasowania (po ponownym włożeniu sondy do kanału słuchowego)).
2. Wpływ rodzaju sprzętu pomiarowego na wielkość poziomu sygnału DPOAE (dwa systemy komercyjne, umożliwiające pomiar emisji produktów zniekształceń nieliniowych w paśmie wysokich częstotliwości).
3. Wpływ czynników:

a) zewnętrznych (nadmierna ekspozycja na hałas)
b) wewnętrznych (szumy uszne) na parametry DPOAE.

Materiał

Badania wykonano w grupie 133 osób, z czego wybrano 231 uszu ze słuchem prawidłowym w zakresie od 0,125 kHz do 16 kHz, oraz 4 uszy z ubytkami słuchu. Uszy z ubytkami słuchu wykorzystano do zobrazowania pewnych specyficznych właściwości DPOAE. Dodatkowo, aby zrealizować cel główny i poszczególne zależności materiał badawczy podzielono na podgrupy:

I (cel 1 – wpływ trybu dopasowania sondy urządzenia HearID Mimosa Acoustics, Inc., USA na wielkość poziomu odpowiedzi DPOAE u osób dorosłych) – 53 uszy, słuch prawidłowy do 16 kHz, średnia wieku 26,13 przy odchyleniu standardowym 6,76 lat;

II (cel 2 – wpływ rodzaju sprzętu pomiarowego na poziom odpowiedzi DPOAE) – 15 uszu , średnia wieku 26,66 przy odchyleniu standardowym 5,23 lat;

III (cel 3a – wpływ czynników zewnętrznych na parametry DPOAE w grupie osób z prawidłowym słuchem) – 65 uszu, średnia wieku 21,8 przy odchyleniu standardowym 1,81 lat. Osoby z grupy III narażone były na codzienną długotrwałą ekspozycję na hałas – zawodowi muzycy i wieloletni studenci szkół muzycznych grający w orkiestrach. Przed wykonaniem baterii badań audiologicznych wypełniano ankietę, w której określano między innymi czas ekspozycji na hałas. Wszystkie osoby biorące udział w projekcie były praworęczne;

IV (cel 3b – wpływ czynników wewnętrznych na parametry DPOAE w grupie osób z prawidłowym słuchem) – 27 uszu, średnia wieku 29,53 przy odchyleniu standardowym 6,5 lat. Szumy uszne, występujące w omawianej grupie były zlokalizowane w całej głowie. Najczęściej były to tony proste o wyższych częstotliwościach o średnim natężeniu 15 dB SL. U osób biorących udział w projekcie nie stwierdzono nadwrażliwości słuchowej.

V (grupa kontrolna z prawidłowym słuchem w paśmie od 0,125 kHz do 16 kHz, nie narażona na hałas, bez szumów usznych) – 123 uszy, średnia wieku w grupie wynosiła 25,48 przy odchyleniu standardowym 6,11 lat.

Metoda

Badania przeprowadzono w Zakładzie Audiologii Eksperymentalnej w Światowym Centrum Słuchu Instytutu Fizjologii i Patologii Słuchu. Procedura badań obejmowała omówienie przebiegu badania, podpisanie formularza świadomej zgody, wykonanie pomiarów audiometrii impedancyjnej, testu oceniającego funkcjonowanie trąbki słuchowej, audiometrii wysokoczęstotliwościowej oraz rejestracja DPOAE.

Pomiary DPOAE były wykonywane według różnych protokołów i na różnych sprzętach pomiarowych w zależności od rodzaju dokonywanych analiz. Zastosowano trzy systemy do pomiarów DPOAE: HearID Mimosa Acoustics, Inc., USA, SmartOAE Intelligent Hearing Systems, USA i Echoport ILO 292 Otodynamics Ltd.

Do oceny trybu dopasowania sondy na wielkość poziomów DPOAE (cel 1) wykorzystano urządzenie HearID Mimosa Acoustics, Inc., USA. Wpływ rodzaju sprzętu pomiarowego na poziom sygnału DPOAE (cel 2) oceniono poprzez rejestrację DPOAE do 16 kHz na dwóch różnych systemach komercyjnych – HearID Mimosa Acoustics, Inc., USA oraz SmartOAE Intelligent Hearing Systems, USA. Urządzeniem referencyjnym był system Echoport ILO 292 Otodynamics, UK.

Przy ocenie wpływu czynników zewnętrznych (cel 3a) i wewnętrznych (cel 3b) na parametry DPOAE wykorzystano HearID Mimosa Acoustics, Inc., USA.

Wyniki

Analizy powtarzalności wyników DPOAE dokonano na podstawie danych zmierzonych na systemie pomiarowym HearID u osób ze słuchem prawidłowym w paśmie częstotliwości od 0,125 kHz do 16 kHz oraz dla dwóch przypadków specyficznych rodzajów niedosłuchu.

Wyniki uzyskane w grupie osób ze słuchem prawidłowym w trybie pojedynczego dopasowania sondy w kanale słuchowym pokazały, że różnica bliska 2 dB wystąpiła tylko dla częstotliwości 12 kHz. Analiza wartości w trybie wielokrotnego dopasowania wskazała na to, że fluktuacje pomiędzy pomiarami przekroczyły poziom 1 dB dla częstotliwości 8 kHz i 16 kHz oraz w paśmie od 12 (p=0,01) do 13 kHz. Istotną statystycznie różnicę, sięgającą 0,7 dB, uzyskano dla częstotliwości 0,5 kHz (p=0,03).

Analiza wyników powtarzalności pomiarów DPOAE u osoby z wysokoczęstotliwościowym ubytkiem słuchu pokazała, że w trybie pojedynczego dopasowania sondy w kanale słuchowym zewnętrznym największa zmienność była dla 16 kHz i sięgała powyżej 7 dB oraz dla 12 kHz – około 6 dB. Najmniejsze fluktuacje uzyskano dla 1,5 kHz oraz 15 kHz (bliskie 0 dB). W trybie wielokrotnego dopasowania sondy największe różnice sięgające 5 dB zarejestrowano dla 8 kHz i 15 kHz. Najmniejsze natomiast uzyskano w paśmie od 0,5 do 2 kHz oraz dla częstotliwości 5, 6, 9 i 11 kHz. Warto podkreślić to, że dla wielu z badanych częstotliwości różnica pomiędzy pomiarami nie przekraczała 1 dB.

Dokonano także analizy powtarzalności poziomów DPOAE u osoby z jednostronną głuchotą. Najlepsza powtarzalność wyników w uchu zdrowym w trybie pojedynczego

dopasowania sondy uzyskano dla pasma od 2 do 4 kHz, natomiast najgorsza, powyżej 11 dB dla najniższych częstotliwości i dla 10 kHz sięgająca 9 dB. Dla wielokrotnego dopasowania sondy stwierdzono największe fluktuacje dla 10 kHz (powyżej 13 dB) i dla 12 kHz (ok. 8 dB). Najmniejszą zmienność uzyskano dla pasma od 1,5 do 6 kHz.

W uchu niesłyszącym w trybie pojedynczego dopasowania sondy tylko dla 8 kHz i 12 kHz różnice sięgały poniżej 1 dB. Fluktuacje najczęściej nie przekraczały 5 dB, jednakże w paśmie od 4 do 6 kHz zarejestrowano nawet 20 dB zmienności. W trybie wielokrotnego dopasowania sondy największe różnice, powyżej 10 dB uzyskano dla 0,75 kHz oraz dla pasma od 4 do 8 kHz, a najmniejsze dla częstotliwości 1,5 kHz (około 1 dB) i 10 kHz (bliskie zera). Niestety trzeba podkreślić to, że pacjent w czasie pomiaru był niespokojny co mogło wpłynąć na zapis.

Analiz wpływu rodzaju sprzętu na poziom odpowiedzi DPOAE dokonano na podstawie danych zmierzonych na systemach pomiarowych HearID oraz SmartOAE u osób ze słuchem prawidłowym paśmie częstotliwości od 0,125 kHz do 16 kHz. Odpowiedzi DPOAE zarejestrowane na urządzeniu HearID miały wyższy poziom dla 1,5 kHz oraz w paśmie częstotliwości od 4 do 7 kHz, a także dla 9 i 12 kHz. Poziom szumu był niższy dla SmartOAE dla zakresu od 7 do 11 kHz i 12,5 kHz, a znacznie wyższy dla niskich częstotliwości oraz w paśmie od 14 do 16 kHz. Analizy pokazują, że istotne statystycznie różnice dla pojedynczego dopasowania sondy wystąpiły dla 0,5 kHz, w paśmie 4–6 kHz, a także dla 9 kHz. Natomiast dla wielokrotnego w pasmie niskich częstotliwości oraz od 4 do 6 kHz i dla 9. Większe wartości różnic pomiędzy pomiarami wykonanymi na różnych urządzeniach uzyskano w trybie wielokrotnego dopasowania sondy. Najmniejsze różnice pomiędzy dopasowaniami uzyskano dla częstotliwości 0,75; 1,5; 3; 4; 7 i 16 kHz, największe dla 5 kHz.

Analiz wpływu czynników zewnętrznych na parametry DPOAE dokonano na podstawie danych zmierzonych u muzyków orkiestrowych narażonych na wielogodzinną ekspozycję na hałas z prawidłowym słuchem w paśmie częstotliwości od 0,125 kHz do 16 kHz. Uzyskane wyniki z ucha prawego pokazały, że istotne statystycznie różnice pomiędzy badanymi osobami a grupą kontrolną wystąpiły dla niskich częstotliwości. Największą różnicę pomiędzy pomiarami uzyskano dla częstotliwości 16 kHz (powyżej 4 dB),

a najmniejsza dla 4 kHz (0,12 dB). Analiza wyników z ucha lewego pokazała, że istotne statystycznie różnice pomiędzy badaną grupą a grupą kontrolną wystąpiły tylko dla 0,75 kHz. Największa różnica została zarejestrowana dla 12 kHz (4,79 dB), a najmniejsza dla 0,5 kHz.

Analiz wpływu czynników wewnętrznych na parametry DPOAE dokonano na podstawie danych zmierzonych u osób z szumami usznymi z prawidłowym słuchem w paśmie częstotliwości od 0,125 kHz do 16 kHz. Analiza wyników w uchu prawym nie wykazała istotności statystycznej pomiędzy pomiarami. Największe różnice wystąpiły dla częstotliwości 6 kHz (ok. 4 dB), natomiast najmniejsze dla 12 kHz. W uchu lewym dla częstotliwości 0,5, 1 i 4 kHz różnice pomiędzy pomiarami u osób z szumem usznym a osobami z grupy kontrolnej były istotne statystycznie. Największą różnicę pomiędzy grupami uzyskano dla częstotliwości 4 kHz – powyżej 6 dB, a najmniejszą dla 8 kHz. Większe różnice pomiędzy pomiarami w obu grupach uzyskano dla ucha lewego.

Wnioski

Na podstawie przeprowadzonych badań sformułowano następujące wnioski:

1. W badaniach wykonanych na tym samym urządzeniu nie wykazano istotnych różnic pomiędzy pomiarami wykonanymi bez wyjmowania sondy z przewodu słuchowego oraz po wyjęciu i ponownym włożeniu jej do kanału słuchowego.
2. Wykazano różnice pomiędzy wynikami otrzymanymi z różnych urządzeń pomiarowych – inny poziom odpowiedzi DPOAE i rejestrowanego szumu w tych samych warunkach – większe różnice w poziomach odpowiedzi DPOAE w paśmie częstotliwości do 8 kHz, większe różnice dla wielokrotnego dopasowania sondy w uchu.
3. U osób z prawidłowym słuchem narażonych na hałas niższe poziomy odpowiedzi DPOAE w uchu lewym.
4. U osób z prawidłowym słuchem z obustronnymi szumami usznymi niższe poziomy odpowiedzi w pasmach częstotliwości odpowiadającym szumom usznym.
5. Pomiar DPOAE dla wyższych częstotliwości wydaje się być wiarygodnym, ponieważ odległość poziomu odpowiedzi od szumu jest znaczna.

6. Różnice zaobserwowane pomiędzy wynikami przedstawionymi w tej pracy, a opisanymi w innych artykułach mogą wynikać z wielkości użytej próby, albo zastosowania do rejestracji OAE innego sprzętu pomiarowego.
7. Przy ocenie wyników DPOAE warto wziąć pod uwagę rodzaj kryterium oceny obecności odpowiedzi OAE, ponieważ odchylenia między pomiarami mogą wynikać nie tylko z patologicznych zmian w układzie słuchowym, ale również z różnorodności implementowanych kryteriów oceny zapisu OAE w danym urządzeniu.
8. W przypadku monitorowania wpływu różnych czynników na stan ślimaka, takich jak hałas czy leki ototoksyczne konieczne jest zatem wykonywanie pomiarów za pomocą tego samego urządzenia.