

Przegląd możliwości pomiarowych wybranych systemów do rejestracji emisji otoakustycznych

The overview of measurement capabilities of the selected otoacoustic emissions testing systems

Bartosz Trzaskowski^{ABCDEF}

Instytut Fizjologii i Patologii Słuchu, Światowe Centrum Słuchu, Warszawa/Kajetany

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

Streszczenie

Na rynku dostępnych jest wiele komercyjnych systemów umożliwiających wykonywanie badań emisji otoakustycznych. Urządzenia te różnią się od siebie przeznaczeniem i funkcjonalnością. Niniejsza praca ma na celu przedstawienie możliwości rejestracji OAE przy użyciu wybranych systemów.

Słowa kluczowe: emisje otoakustyczne • obiektywne badania słuchu • urządzenia medyczne

Abstract

There are many commercial systems enabling otoacoustic emission testing, which differ in terms of their intended use and functionality. This paper aims to present OAE testing capabilities of the selected systems.

Key words: otoacoustic emissions • objective hearing testing • medical equipment

Wstęp

Emisje otoakustyczne (ang. *Otoacoustic Emissions*, OAEs) są to słabe sygnały akustyczne powstające w ślimaku. Pomiar OAE wykonuje się przy użyciu czułego mikrofonu umieszczonego w zewnętrznym kanale słuchowym. Po raz pierwszy zostały zarejestrowane w 1978 r. przez Kempa [1]. OAE pozwalają na monitorowanie funkcji zewnętrznych komórek słuchowych (ang. *Outer Hair Cells*, OHCs) i nie wymagają współpracy ze strony osoby badanej, dzięki czemu znalazły zastosowanie przy obiektywnej ocenie funkcjonowania ucha wewnętrznego. Obecnie stanowią jedną z najczęściej stosowanych metod obiektywnego badania słuchu. Znajdują zastosowanie w aplikacjach badawczych, klinicznych i przesiewowych. W wielu krajach narodowe programy przesiewowych badań słuchu noworodków oparte są częściowo lub w całości na badaniach OAE.

Mechanizmy generacji emisji otoakustycznych nie zostały jeszcze do końca poznane, ale uważa się, że są one ubocznym efektem nieliniowego mechanizmu odpowiedzialnego za czułość i selektywność częstotliwościową ślimaka, tzw. wzmacniacza ślimakowego, i wynikają z normalnej funkcji zewnętrznych komórek słuchowych. Obecnie przyjmuje

się, że są wynikiem złożenia dwóch czynników: emisji nieliniowych zniekształceń związanych bezpośrednio z aktywnością OHC i liniowych odbić związanych z rozpraszaniem fali wędrównej na lokalnych niejednorodnościach w impedancji ślimaka [2,3].

Najogólniej, emisje otoakustyczne można podzielić na emisje wywołane bodźcem słuchowym (ang. *Evoked Otoacoustic Emissions*, EOAEs) i emisje spontaniczne (ang. *Spontaneous Otoacoustic Emissions*, SOAEs). Te ostatnie, w odróżnieniu od emisji rejestrowanych w odpowiedzi na podawane bodźce akustyczne, powstają w ślimaku bez podania bodźca i przyjmuje się, że występują u ok. 50% dzieci i dorosłych ze słuchem normalnym [4]. Różnice w doniesieniach na temat tego odsetka wahają się pomiędzy 40% [5] a 72% [6], jednak ze względu na jego wartość, emisje spontaniczne nie znalazły zastosowania jako badanie użyteczne klinicznie.

Emisje wywołane można podzielić ze względu na rodzaj bodźca słuchowego na trzy grupy. Emisje otoakustyczne wywołane tonem (ang. *Stimulus Frequency Otoacoustic Emissions*, SFOAE) są rejestrowane jako odpowiedzi o składowych tej samej częstotliwości co podawany

Adres autora: Bartosz Trzaskowski, Światowe Centrum Słuchu, ul. Mokra 17, Kajetany
05-830 Nadarzyn, e-mail: b.trzaskowski@outlook.com

Zgłoszono: 31.07.2015
Zaakceptowano: 31.01.2017
Opublikowano: 31.03.2017

w sposób ciągły bodziec tonalny. Obecnie SFOAE są wykonywane głównie jako metoda badawcza, a nie kliniczna i bardzo niewiele urządzeń posiada możliwość ich rejestracji. W zastosowaniach diagnostycznych i przesiewowych stosowane są dwa pozostałe rodzaje emisji. Emisje otoakustyczne wywołane krótkimi bodźcami (ang. *Transient-Evoked Otoacoustic Emissions*, TEOAEs) to najdłużej znany rodzaj emisji, odkryty przez Kempa [1]. Ze względu na rodzaj bodźca podzielić je można na emisje otoakustyczne wywołane trzaskiem (ang. *Click-Evoked Otoacoustic Emissions*, CEOAEs) i krótkimi tonami (ang. *Toneburst-Evoked Otoacoustic Emissions*, TBOAEs). W tej grupie emisji odpowiedzi rejestrowane są po zakończeniu bodźca i zależą istotnie od charakterystyk pobudzenia. Odpowiedzi wywołane krótkimi tonami wywołują odpowiedzi bardziej specyficzne częstotliwościowo, jednak najczęściej stosowanym bodźcem jest trzask o widmie pozwalającym na pobudzenie błony podstawnej w szerokim zakresie częstotliwości. Bodźce te przeważnie podawane są w trybie nieliniowym – naprzemiennie trzy bodźce o polaryzacji dodatniej i jeden o trzykrotnie większej amplitudzie o polaryzacji ujemnej. W założeniu, taki rodzaj pobudzenia powinien umożliwić przede wszystkim rejestrację nieliniowej części odpowiedzi. Po uśrednieniu wystarczającej liczby pojedynczych odpowiedzi, zarejestrowane zapisy są poddawane analizie całosciowej oraz w wybranych pasmach częstotliwości. Parametrami uwzględnianymi przy ocenie wyniku są powtarzalność pojedynczych rejestracji, poziom odpowiedzi i stosunek sygnału do szumu (ang. *Signal-to-Noise Ratio*, SNR) całosciowo lub w określonych pasmach częstotliwości.

Ostatnim rodzajem emisji otoakustycznych są emisje produktów zniekształceń nieliniowych (ang. *Distortion-Product Otoacoustic Emissions*, DPOAEs) [7,8] wywoływane dwoma jednocześnie podawanymi bodźcami tonalnymi o częstotliwościach f_1 i f_2 i odpowiednio dobranych poziomach. Odpowiedź rejestrowana jest dla konkretnej częstotliwości, najczęściej $2f_1 - f_2$, i określana na podstawie oszacowania stosunku sygnału do szumu. W zastosowaniach klinicznych najczęściej wykorzystywane są wykresy poziomów DPOAE i szumu w funkcji częstotliwości f_2 bodźca, tzw. DP-gramy lub funkcje wejścia-wyjścia (ang. *DPOAE I/O*).

Najczęściej stosowanymi klinicznie typami OAE są emisje otoakustyczne wywołane trzaskiem i emisje produktów zniekształceń nieliniowych. Są jednak prace pokazujące, że w przypadku niektórych badań lepsze wyniki mogą być uzyskane przy wykorzystaniu kombinacji różnych typów emisji [9] lub innych protokołów, np. opartych na liniowym trzasku [10]. Wynik badania czy to przesiewowego, czy diagnostycznego może więc zależeć między innymi od połączenia metod, typu emisji otoakustycznych, protokołu czy parametrów pomiaru. Nawet w przypadku zastosowania jednego protokołu wciąż można spodziewać się niewielkich różnic w wynikach w zależności od użytego systemu lub sondy [11,12].

Obecnie na rynku dostępnych jest wiele systemów przeznaczonych specjalnie do pomiarów emisji otoakustycznych lub posiadających taką opcję dodatkowo. Urządzenia te mają zróżnicowaną funkcjonalność. Niniejsza praca ma na celu przedstawienie możliwości rejestracji emisji otoakustycznych oferowanych przez wybrane systemy.

Urządzenia do badań emisji otoakustycznych

Pierwszą klasą urządzeń do pomiarów emisji otoakustycznych są urządzenia przeznaczone do przesiewowych badań słuchu. Najczęściej są to niewielkie urządzenia ręczne, oferujące znaczną automatyzację pomiarów i ograniczone możliwości ingerencji w ustawienia parametrów. Systemy te przeważnie dostarczają wyniki w postaci niewymagającej interpretacji. Druga klasa to urządzenia przeznaczone do zastosowań diagnostycznych lub badawczych, posiadające znacznie większe możliwości konfiguracji parametrów pomiaru i prezentacji, przetwarzania oraz analizy wyników.

GN Otometrics A/S

Przykładem systemu z pierwszej grupy może być Madsen Alpha OAE firmy GN Otometrics A/S [13]. Urządzenie pozwala na wykonywanie przesiewowych badań DPOAE w trybie automatycznym. Testowane są częstotliwości: 5, 4, 3 i 2 kHz, a końcowym wynikiem badania jest wskazanie „PASS” lub „REFER” wraz z wykresem słupkowym pokazującym poziomy sygnał i szumu. Domyślnym kryterium jest obecność odpowiedzi w przynajmniej trzech spośród czterech badanych częstotliwości. Badanie zatrzymuje się automatycznie w momencie, gdy trzy częstotliwości zostaną oznaczone jako PASS lub dwie jako REFER.

Trochę większe możliwości posiada urządzenie Madsen Accuscreen tej samej firmy [14]. Dostępne jest w wariantach pozwalających na wykonywanie dowolnej kombinacji badań: ABR, TEOAE i DPOAE. Zostało ono zoptymalizowane dla niemowląt w wieku do 6 miesięcy. Może być wykorzystane do badań osób starszych, jednak w przypadku tej grupy należy oczekiwać dłuższych czasów badań i większego odsetka wyników dodatnich. AccuScreen posiada 4 różne protokoły do rejestracji DPOAE:

1. Częstotliwości: 5, 4, 3, 2 kHz, kryterium PASS/REFER: trzy z czterech częstotliwości. Badanie jest przerywane, gdy trzy częstotliwości zostaną oznaczone jako PASS lub dwie jako REFER. Jest to protokół domyślny.
2. Częstotliwości: 6, 5, 4, 3,5, 3, 2 kHz, kryterium PASS/REFER: cztery z sześciu częstotliwości. Badanie jest przerywane, gdy cztery częstotliwości zostaną oznaczone jako PASS lub trzy jako REFER.
3. Częstotliwości: 4, 3, 2, 1 kHz, kryterium PASS/REFER: trzy z czterech częstotliwości. Wszystkie częstotliwości są badane.
4. Częstotliwości: 6, 5, 4, 3, 2, 1 kHz, kryterium PASS/REFER: cztery z sześciu częstotliwości. Wszystkie częstotliwości są badane.

Inne protokoły mogą być załadowane do urządzenia za pomocą oprogramowania AccuLink. Badania TEOAE wykonywane są przy użyciu bodźca w postaci nieliniowej sekwencji trzasków dla zakresu częstotliwości 1,5–4,5 kHz. Podobnie jak w Alpha OAE automatycznie dostarczane są wyniki badania przesiewowego niewymagające dodatkowej interpretacji.

Trzecim urządzeniem tego producenta, zrealizowanym we współpracy z firmą Intelligent Hearing Systems, jest Madsen Capella² [15]. Jest to system diagnostyczny o nieporównywalnie większych możliwościach konfiguracyjnych. Pozwala na pomiary TEOAE, DPOAE i SOAE.

DPOAE mogą być mierzone dla częstotliwości w przedziale 500–10 000 Hz z krokiem zmiany 1 Hz, dla poziomu bodźca 0–75 dB SPL w zależności od częstotliwości, zmiennym co 1 dB. Dla zaawansowanych użytkowników istnieje możliwość ręcznego konfigurowania kombinacji badanych częstotliwości w DPOAE, zapewniając praktycznie nieskończoną liczbę punktów pomiarowych na oktawę. TEOAE mogą być wywoływane bodźcami typu trzask lub krótkie tony dla natężeń 40–90 dB SPL w zakresie 450–5000 Hz. SOAE rejestrowane są jako zsynchronizowane SOAE (ang. *Synchronized Spontaneous Otoacoustic Emissions*, SSOAE) dla natężeń bodźca 40–60 dB SPL i określane w sposób automatyczny na podstawie stosunku sygnału do szumu. Urządzenie przedstawia wyniki badań w rozbudowanej formie. Mogą one być dowolnie analizowane w dziedzinie czasu i częstotliwości oraz porównywane z wynikami z historii pacjenta. Jest to przykład urządzenia z drugiej grupy systemów o dużej funkcjonalności, dedykowanych do zastosowań diagnostycznych lub badawczych.

Grason-Stadler

Producent Grason-Stadler posiada aktualnie w swojej ofercie trzy urządzenia do pomiarów emisji otoakustycznych. Pierwszy z tych systemów – Corti [16] umożliwia pomiary DPOAE i TEOAE. Oferuje sześć opcji konfiguracyjnych pozwalających na dopasowanie możliwości urządzenia do potrzeb kliniki: trzy opcje do badań przesiewowych i trzy opcje do badań diagnostycznych. Opcje przesiewowe umożliwiają pomiary DPOAE, TEOAE lub DPOAE + TEOAE. Konfiguracje diagnostyczne oferują diagnostykę DPOAE, TEOAE lub DPOAE + TEOAE oraz dodatkowo definiowalne protokoły badań przesiewowych. Jednostki przesiewowe mają możliwość ulepszenia do konfiguracji diagnostycznych. W zależności od konfiguracji i typu badania urządzenie posiada odmienną funkcjonalność:

Badania diagnostyczne DPOAE:

- 4 konfigurowalne protokoły,
- czas uśredniania: 4 sekundy na częstotliwość,
- częstotliwości: od 1,5 do 12 kHz,
- maksymalna liczba częstotliwości w jednym badaniu: 12,
- możliwe do wyboru natężenia: 40–70 dB SPL,
- możliwe do wyboru SNR: 3–10 dB,
- możliwe do wyboru czasu uśredniania: 0,5, 1, 2, 4 s,
- możliwe do wyboru liczby częstotliwości dla wskazania PASS: 0–6,
- kryteria wskazania PASS: konfigurowalne.

Badania przesiewowe DPOAE w konfiguracjach diagnostycznych:

- 1 ustalony protokół,
- częstotliwości: 2, 3, 4, 5 kHz,
- natężenia L1/L2: 65/55 dB,
- SNR: 6 dB,
- kryteria wskazania PASS: w 3 częstotliwościach: SNR 6 dB,
- czas uśredniania: 4 s.

Badania przesiewowe DPOAE w konfiguracjach przesiewowych:

- 2 ustalone protokoły,

- częstotliwości: 2, 3, 4, 5 kHz,
- natężenia L1/L2: 65/55 dB,
- SNR: 6 dB,
- kryteria wskazania PASS: w 3 częstotliwościach: SNR 6 dB,
- czas uśredniania: 2 i 4 s.

Badania diagnostyczne TEOAE:

- 2 konfigurowalne protokoły,
- częstotliwości: od 0,7 do 4 kHz,
- możliwe do wyboru SNR: 3–10 dB,
- możliwe do wyboru czasu uśredniania: 8, 16, 32 i 64 s,
- możliwe do wyboru liczby częstotliwości dla wskazania PASS: 0–6,
- kryteria wskazania PASS: konfigurowalne.

Badania przesiewowe TEOAE w konfiguracjach diagnostycznych:

- 1 ustalony protokół,
- pasma częstotliwości: 1,5, 2, 2,5, 3, 3,5, 4 kHz,
- SNR: 4 dB,
- kryteria wskazania PASS: w 3 częstotliwościach SNR 4 dB,
- maksymalny czas uśredniania: 64 s.

Badania przesiewowe TEOAE w konfiguracjach przesiewowych:

- 2 ustalone protokoły,
- pasma częstotliwości: 1,5, 2, 2,5, 3, 3,5, 4 kHz,
- SNR: 4 dB,
- kryteria wskazania PASS: w 3 częstotliwościach SNR 4 dB,
- maksymalny czas uśredniania: 32 i 64 s.

Drugi system Grason-Stadler, GSI AUDIOscreeener+ [17] jest urządzeniem przesiewowym łączącym możliwość pomiaru emisji otoakustycznych oraz słuchowych potencjałów wywołanych pnia mózgu (ang. *Auditory Brainstem Responses*, ABR). Możliwy jest wybór urządzenia w jednej z trzech konfiguracji:

- do badań OAE/ABR pozwalającej na rejestrację TEOAE i DPOAE oraz ABR,
- do badań OAE umożliwiającej pomiary TEOAE i DPOAE,
- tylko do badań ABR.

AUDIOscreeener+ pozwala na pomiary DPOAE w zakresie częstotliwości od 2000 do 6000 Hz z rozdzielczością 50 Hz. Posiada zautomatyzowane kryteria przesiewowe oparte na SNR i poziomie odpowiedzi. Są one ustawione zgodnie z protokołem NIH 2000 i mogą być konfigurowane przez użytkownika. TEOAE są analizowane w zakresie częstotliwości od 250 do 5250 Hz z rozdzielczością 50 Hz. Zautomatyzowane kryteria przesiewowe oparte są na SNR i powtarzalności odpowiedzi.

Urządzenie zostało zaprojektowane do obsługi przez niewykwalifikowany personel i nie wymaga interpretacji danych. Wciśnięcie przycisku wykonuje automatycznie badanie przesiewowe i prezentuje wynik w postaci oznaczenia PASS/REFER. Jednocześnie istnieje możliwość programowania badanych częstotliwości (5 par częstotliwości dla DPOAE i 5 pasm dla TEOAE) przez wyszkolony personel. Ograniczone dane diagnostyczne OAE i ABR są zbierane

przez urządzenie w celu zmniejszenia częstości występowania klasyfikacji fałszywych dodatnich i fałszywych ujemnych. Dane te mogą następnie zostać odczytane przez wykwalifikowany personel lub przesłane w celu konsultacji.

Trzecim system do pomiarów OAE w ofercie Grason-Stadler jest GSI Audera [18]. Pozwala na badanie słuchowych potencjałów wywołanych, emisji otoakustycznych i słuchowych potencjałów wywołanych stanu ustalonego (ang. *Auditory Steady State Response*, ASSR). W ramach badań emisji otoakustycznych można rejestrować DPOAE, emisje spontaniczne i funkcje wejścia-wyjścia DPOAE. System posiada zdefiniowane protokoły: domyślny diagnostyczny i przesiewowy, które mogą być konfigurowane przez użytkownika. Umożliwia analizę DP-gramów, I/O-gramów, wykresów FFT i wartości SNR w wybranych punktach oraz porównywanie wyników.

DPOAE może być badane w zakresie częstotliwości 500–12 000 Hz. Poziom może być regulowany w przedziale 20–80 dB SPL, w 5-dB krokach. Zakresy oktaf to: 500–1000, 1000–2000, 2000–4000, 4000–8000 i 8000–12 000 Hz. Liczba punktów na oktawę może wynosić od 1 do 12. Stosunek częstotliwości f_2/f_1 może być: 1,1–1,8. Ułatwieniem w interpretacji wyników jest możliwość porównania do danych normatywnych.

Intelligent Hearing Systems

System SmartScreener-Plus 2 [19] firmy Intelligent Hearing Systems jest rozwiązaniem przeznaczonym do badań przesiewowych noworodków. Oferuje możliwość wyboru opcji: automatycznych badań przesiewowych ABR, badań przesiewowych OAE lub obydwu. Posiada możliwość dodania opcjonalnie diagnostycznych badań ABR (SmartEP) oraz diagnostycznych badań OAE (SmartOAE [20] i SmartTrOAE [21]). Urządzenie jest proste w obsłudze i nie wymaga specjalnych umiejętności technicznych ani interpretacji wyników przez operatora urządzenia. Rozwiązaniem sprzętowym wykorzystywanym w tym systemie jest platforma USB Lite. Urządzenie pozwala na ocenę emisji otoakustycznych przy wykorzystaniu TEOAE lub DPOAE. Zaimplementowany jest pięcioczęstotliwościowy protokół przesiewowych badań DPOAE oraz pięciopasmowy TEOAE, jednak mogą być one ustawiane przez użytkownika poprzez zabezpieczone hasłem funkcje administratora, umożliwiające pełną kontrolę nad protokołami i parametrami.

Firma Intelligent Hearing Systems posiada w swojej ofercie dwa systemy przeznaczone do przesiewowych i diagnostycznych badań emisji otoakustycznych osób w każdym wieku: SmartOAE [20] i SmartTrOAE [21].

SmartOAE służy do wykonywania badań DPOAE. System prezentuje DP-gramy i szczegółowe informacje dla każdej z badanych częstotliwości. Dostarcza także jednoznacznych wskazań PASS/REFER opartych na kryteriach wybranych przez użytkownika. Istnieje możliwość wyświetlenia na DP-gramie zakresów normatywnych, co ułatwia ocenę wyniku. Parametry badania i kryteria zatrzymania mogą być konfigurowane przez użytkownika. System umożliwia oglądanie wyników dla obojga uszu różnicowanych za pomocą kolorów lub obok siebie na jednym ekranie. Można

także wyświetlić dane dla wszystkich punktów w postaci tabelarycznej.

SmartOAE może być używany z każdą platformą sprzętową tej firmy. Badania przesiewowe i diagnostyczne DPOAE mogą być wykonywane przy wykorzystaniu modułów: USB Lite, USB Jr. i USB Box. Platformy USB Jr. i USB Box pozwalają na wykonywanie I/O DPOAE, a platforma USB Box posiada dodatkowo możliwość badania wysokich częstotliwości w zastosowaniach badawczych i ograniczonych klinicznych. Wszystkie trzy platformy wykorzystują sondę 10D OAE, a w przypadku modułu USB Box istnieje możliwość użycia mikrofonu 10B+ OAE przy zastosowaniu zewnętrznego stymulatora.

Urządzenie ma wiele cech przydatnych w zastosowaniach badawczych, takich jak np. pomiary do wysokich częstotliwości – 16 kHz w przypadku ludzi i 32 kHz w przypadku zwierząt, funkcja wejścia-wyjścia (DP-IO) czy DPOAE Scripting – opcja dająca możliwość zaprogramowania badania DPOAE za pomocą pliku skryptowego.

System udostępnia także uproszczony tryb ustawień własnych, który wymaga określenia tylko zakresu częstotliwości oraz liczby badanych częstotliwości na oktawę. Poziomy bodźca, stosunek częstotliwości f_1/f_2 , poziom odrzucania artefaktów i liczba pojedynczych rejestracji mogą być określane przez użytkownika w sposób dowolny. Poziom odrzucania artefaktów może być automatycznie dostosowywany do warunków panujących w czasie pomiaru.

SmartTrOAE to system do pomiarów TEOAE. Umożliwia badania standardowych TEOAE wywołanych trzaskiem oraz emisji spontanicznych. Wyniki automatycznie oznaczane są jako PASS lub REFER. W przypadku platformy USB Box istnieje możliwość ciągłego maskowania szumem ucha przeciwnego do badanego oraz możliwość dodania opcjonalnego modułu „Ipsilateral Suppression”. W ramach wsparcia zastosowań badawczych, system posiada możliwość wykonywania analiz czasowo-częstotliwościowych i szczegółowej interpretacji charakterystyk widmowych oraz graficznej prezentacji ich wyników.

SmartTrOAE również może być używany z każdą platformą sprzętową tej firmy. Badania przesiewowe i diagnostyczne TEOAE oraz emisji spontanicznych mogą być wykonywane przy użyciu modułów: USB Lite, USB Jr. i USB Box. Platforma USB Box pozwala dodatkowo na maskowanie ucha przeciwnego i badania supresji ipsilateralnej. Moduł USB Box przy wykorzystaniu zewnętrznego stymulatora pozwala na użycie mikrofonu 10B OAE. Tak samo jak w przypadku SmartOAE, dopuszczalne jest rozszerzenie możliwości pomiarowych o dodatkowe funkcjonalności oferowane przez producenta. Moduły będą wówczas wykorzystywać jedną zintegrowaną bazę danych pacjentów i jeden wspólny mechanizm tworzenia raportów.

Interacoustics

System OtoRead [22] firmy Interacoustics to urządzenie ręczne, które może być wykorzystywane jako przesiewowe lub diagnostyczne. Dostępny jest w sześciu wersjach licencjonowanych oddzielnie, różniących się możliwościami badań. Posiada kilkanaście protokołów dla TEOAE

i DPOAE dostępnych w zależności od wybranego wariantu licencji. Trzy licencje przesiewowe mają ustalone protokoły, natomiast trzy licencje przeznaczone do badań klinicznych pozwalają dodatkowo na konfigurowanie protokołów predefiniowanych.

Licencja Screener DP pozwala na badanie DPOAE w zakresie od 2 do 5 kHz. Kryterium dla wyniku PASS to przynajmniej trzy spośród czterech testowanych częstotliwości z SNR powyżej 6 dB. Przy licencji Screener TE badane są TEOAE w zakresie od 1,5 do 4 kHz. Kryterium dla oznaczenia PASS to 3 z 6 częstotliwości z SNR powyżej 4 dB. Ostatnia z licencji przesiewowych – Screener+ oferuje połączenie możliwości pomiarowych obu wcześniej przedstawionych licencji.

W trzech licencjach przeznaczonych do badań klinicznych: poziomy bodźca, czasy badania, liczba testowanych częstotliwości oraz progowa wartość SNR do oznaczenia PASS wszystkie mogą być ustawiane przez użytkownika. Licencja Standard TE pozwala na badania TEOAE w przedziale częstotliwości 0,7–4 kHz, a licencja Standard DP na badania DPOAE w przedziale 1,5–12 kHz. W przypadku obu tych licencji, różne częstotliwości mogą być wybrane i wszystkie parametry protokołów mogą być zmienione. Licencja Clinical DP & TE łączy w sobie funkcjonalność obydwu licencji klinicznych. Protokoły rozszerzone pozwalają na badanie do sześciu częstotliwości, aż do 12 kHz w modelu DPOAE. Protokoły DPOAE/TEOAE mogą być ustawione przy użyciu standardowych lub własnych kryteriów PASS/REFER. Zakres natężenia bodźca przy pomiarach DPOAE wynosi: od 40 dB do 70 dB SPL. Pomiar TEOAE wykonywane są przy 83 dB SPL (± 3 dB).

System Eclipse [23] producenta Interacoustics pozwala na pomiary: AEP, ASSR, VEMP i OAE jednak funkcjonalność urządzenia jest zależna od wyboru dedykowanych modułów sprzętowych. Do pomiarów emisji otoakustycznych przeznaczone są moduły DPOAE20 i TEOAE25.

Moduł DPOAE20 pozwala na badania DPOAE wywołanych bodźcami w zakresie częstotliwości 500–8000 Hz, o natężeniu od 30 dB do 75 dB SPL (70 dB dla częstotliwości powyżej 6 kHz). Oprogramowanie wyświetla szczegółowe DP-gramy dla protokołów predefiniowanych lub zaprojektowanych przez użytkowników oraz wykresy funkcji wejścia–wyjścia DP. Umożliwia tworzenie własnych zbiorów danych normatywnych lub korzystanie z norm dostarczonych przez producenta. Możliwe jest także ręczne nadpisanie długości badania.

Moduł TEOAE25 do wywołania emisji otoakustycznych wykorzystuje liniowe lub nieliniowe trzaski o szerokości pasma 400–4000 Hz i natężeniu w przedziale 50–90 dB SPL. Czas badania może być regulowany w zakresie 25–32 000 pojedynczych rejestracji (ang. *sweeps*). Szeroka gama opcji klinicznych zapewnia pełną kliniczną ocenę TEOAE. Oprogramowanie umożliwia analizę widmową, wyświetlanie poziomu odpowiedzi i odstępu SNR. TEOAE25 umożliwia ustawienia protokołu do automatycznego wyświetlania wyników PASS/REFER w badaniach przesiewowych słuchu. Dostępne są także predefiniowane ustawienia fabryczne. Szerokość pasm do kryteriów oznaczeń PASS/REFER wynosi 1 kHz, możliwość wyświetlania 1/3,

1/6, 1/12-oktawowych pasm. W celu potwierdzenia detekcji OAE wykonywane są testy istotności. Poziomy czułości i odrzucania hałasu również mogą być kontrolowane przez użytkownika.

Trzeci system z oferty firmy Interacoustics – Titan [24] może być dostosowany do wykorzystania w celach przesiewowych, diagnostycznych i zaawansowanych badań klinicznych. W zależności od wyboru programowych modułów urządzenie może być używane do badań impedancji, ABR, OAE i wykonywania tympanometrii szerokopasmowej.

Dostępne są cztery moduły:

IMP440 – dostępny w wersji diagnostycznej przesiewowej i klinicznej. Umożliwia standardowe badania tympanometryczne, odruchów ipsi- i kontralateralnych, zanikania odruchu, a także trzy testy funkcji trąbki słuchowej.

ABRIS440 – umożliwia szybkie automatyczne testowanie ABR dla niemowląt i dorosłych. Moduł wykorzystuje bodziec CE-Chirp® i wagi Bayesa, co umożliwia skrócenie czasu badania o 50% w porównaniu z tradycyjnymi bodźcami typu trzask.

DPOAE440 – dostępne są dwie różne wersje DPOAE w zależności od potrzeb klinicznych: przesiewowa – do badania słuchu noworodków i zaawansowana diagnostyka – umożliwiająca wykonywanie pomiarów DPOAE pod ciśnieniem, co jest przydatne podczas badania niemowląt przy warunkach panujących w uchu środkowym. Funkcjonalność przesiewowa pozwala na wykonywanie pomiarów w maksymalnie sześciu częstotliwościach z zakresu 500–6000 Hz oraz wykreślenie DP-gramu. Protokoły mogą być definiowane przez użytkownika i istnieje możliwość włączenia wskazań PASS/REFER. Dane normatywne mogą być przeglądane i edytowane oraz importowane lub eksportowane. Opcja kliniczna pozwala na badanie nieograniczonej liczby częstotliwości z przedziału 500–10 000 Hz oraz dodatkowo umożliwia pomiar funkcji wejścia–wyjścia.

TEOAE440 – dostępne są dwie wersje badań TEOAE. Wersja przesiewowa oferuje dużą szybkość pomiaru, precyzję i łatwość obsługi. Umożliwia badania w zakresie częstotliwości 1000–4500 Hz dla natężenia bodźca 60–84 dB SPL. Czas pomiaru ograniczony jest do 6 minut lub do 4500 pojedynczych rejestracji. Częstotliwości środkowe pasm wynoszą 1, 1,5, 2, 3 i 4 kHz. Możliwe jest włączenie wskazań PASS/REFER oraz definiowanie protokołów przez użytkownika. Dane normatywne mogą być importowane i eksportowane oraz zmieniane. Wersja kliniczna zapewnia większą elastyczność, udostępniając centralny, liniowy lub w pełni konfigurowalny zakres częstotliwości do pełnej diagnostyki lub zastosowań badawczych. Pozwala na pomiary w zakresie częstotliwości 500–5500 Hz dla natężenia bodźca 30–90 dB SPL. Urządzenie umożliwia rejestrację dowolnej liczby pojedynczych odpowiedzi. Poza funkcjonalnością modułu przesiewowego, system pozwala dodatkowo na definiowanie przez użytkownika własnych pasm częstotliwości, wyświetlanie FFT oraz rozszerzony ręczny tryb badania.

Moduły mogą być dodawane w miarę potrzeb w trakcie użytkowania urządzenia.

Labat International

System EchoLab firmy Labat International [25] pozwala na wykonywanie badań w trybie przesiewowym oraz klinicznym. Jest to urządzenie ręczne, umożliwiające pracę z ładowanego akumulatora. Możliwe badania to: TEOAE, DPOAE, przesiewowe ABR, automatyczne ABR (AABR). Badania AABR używają opcjonalnego przedwzmacniacza. Badania supresji są możliwe z opcjonalnymi słuchawkami wewnątrzusznymi do podawania szumu. Łączność z komputerem odbywa się za pomocą specjalnego oprogramowania umożliwiającego pobieranie danych pacjenta, wykonywanie wydruków oraz przesyłanie protokołów badań. Protokoły mogą być programowane przez użytkownika.

Do rejestracji TEOAE wykorzystywane są bodźce liniowe i nieliniowe. Zakres badanych częstotliwości jest od 1000 do 5000 Hz, z rozdzielczością 50 Hz. Poziom bodźca może być ustawiany w zakresie 0–90 dB SPL z dokładnością ± 2 dB SPL.

System pozwala na badania DPOAE dla częstotliwości od 250 do 10 000 Hz. Rozdzielczość w częstotliwości jest programowalna i może wynosić 5, 10 lub 25 Hz. Poziom bodźca może być ustawiany w zakresie 0–90 dB SPL.

MAICO Diagnostics

System ERO•SCAN Plus [26] firmy MAICO Diagnostics jest dostępny w dwóch wersjach: przesiewowej i diagnostycznej. ERO•Scan z funkcją badań przesiewowych jest zalecany do zastosowań w programach przesiewowych badań słuchu lub w przypadku konieczności szybkiej oceny systemu ślimakowego na podstawie dostarczanych wyników PASS lub REFER. Urządzenie może być używane do badań osób w każdym wieku, ale jest rozwiązaniem przeznaczonym szczególnie do badań przesiewowych noworodków, niemowląt i dzieci w wieku przedszkolnym. Posiada dwa protokoły przeznaczone do badań przesiewowych DPOAE i dwa do TEOAE. DPOAE mogą być rejestrowane dla częstotliwości z zakresu 2–5 kHz, przy natężeniu bodźca 65/55 dB. TEOAE mogą być badane dla częstotliwości 1,5–4 kHz dla natężenia bodźca 83 dB SPL.

ERO•Scan w wersji diagnostycznej umożliwia bardziej zaawansowane zastosowania. System ten jest przeznaczony dla pediatrów, ale został również dostosowany do szczególnych potrzeb otolodów, audiologów i otolaryngologów. Dostarcza obiektywne informacje o stanie słuchu i umożliwia określenie funkcji komórek włosowych zewnętrznych w ślimaku na podstawie jednego badania. Urządzenie posiada 5 protokołów diagnostycznych DPOAE i 3 protokoły diagnostyczne TEOAE, z których 4 dla DPOAE i 2 dla TEOAE są konfigurowalne. Możliwość wykonywania badań TEAOE jest dostępna jako opcja rozbudowy systemu, a możliwości pomiarowe zależą od wybranej konfiguracji. DPOAE mogą być rejestrowane dla częstotliwości 1,5–12 kHz, dla natężenia bodźca 40–70 dB SPL, z czasem uśredniania 0,5, 1, 2 lub 4 sekundy. TEOAE można badać dla częstotliwości 0,7–4 kHz, przy natężeniu bodźca 83 dB, dla czasu uśredniania 8, 16, 32 lub 64 sekundy. Urządzenie wykonuje badania szybko i w sposób automatyczny, a wynik wyświetlany jest w postaci graficznej lub jednoznacznych wskazań PASS/REFER niewymagających interpretacji.

Drugi system firmy MAICO Diagnostics do pomiaru OAE – ERO•SCAN Pro [27] to ręczne urządzenie umożliwiające także badania tympanometryczne. Został zaprojektowany do szybkiego i automatycznego badania słuchu noworodków, dzieci i dorosłych. Jest przeznaczony do gabinetów oraz klinik otolaryngologicznych. Wszystkie badania zaczynają się autostartem. Wyniki dla maksymalnie 12 częstotliwości są wyświetlane jako widok SNR lub wykres wartości. Możliwe są wyniki: PASS, REFER, NOISY i SEAL.

Podobnie jak w przypadku systemu ERO•SCAN [26], dostępne są dwie wersje urządzenia: przesiewowa i diagnostyczna, a możliwości pomiarowe zależą od wybranej konfiguracji. Wersja przesiewowa posiada dwa ustalone protokoły do pomiaru DPOAE dla czterech częstotliwości z zakresu 2–5 kHz i natężenia bodźca 65/55 dB SPL oraz dwa stałe protokoły TEOAE dla częstotliwości 1,5–4 kHz i natężenia bodźca 83 dB SPL.

Wersja diagnostyczna posiada 1 ustalony protokół do badań przesiewowych DPOAE oraz 20 protokołów badań diagnostycznych, z czego 4 są konfigurowalne. DPOAE mogą być rejestrowane dla 10 częstotliwości z zakresu 1,5–12 kHz, przy natężeniu bodźca 40–70 dB SPL. Urządzenie posiada 1 ustalony protokół przesiewowego badania TEOAE oraz 20 protokołów diagnostycznych, wliczając 2 protokoły w pełni konfigurowalne. Badane mogą być odpowiedzi dla częstotliwości z przedziału 0,7–4 kHz, dla natężenia bodźca 83 dB SPL.

Podobnie jak ERO•SCAN, system ERO•SCAN Pro występuje w konfiguracjach: DPOAE, TEOAE i DPOAE+TEOAE.

Mimosa Acoustics

Przenośne urządzenie Otostat [28] firmy Mimosa Acoustics umożliwia przesiewowe i diagnostyczne badania ucha wewnętrznego za pomocą emisji produktów zniekształceń nieliniowych (DPOAE) oraz badania charakterystyk ucha środkowego (ang. *Middle-Ear Power Analysis*, MEPA). Pozwala na pomiar DPOAE w częstotliwości $2f_1-f_2$ z zakresu 1000–8000 Hz. Stosunek częstotliwości f_2/f_1 wynosi 1,2, a poziomów bodźców L1/L2: 65/55 dB SPL. Zaimplementowane są 3 protokoły kliniczne, wykorzystujące 4, 6, lub 12 częstotliwości testowych. Dane normatywne dla każdej grupy wiekowej ułatwiają ocenę badania i interpretację wyniku. System umożliwia określenie zasad zatrzymania dla obu wyników (PASS i REFER), dzięki czemu pozwala zaoszczędzić czas podczas badań dorosłych i dzieci. Czas badania jednej częstotliwości waha się od 2 do 6 sekund.

System diagnostyczny układu słuchowego Mimosa Acoustics HearID [29] oferuje różne metody oceny stanu ucha środkowego i ucha wewnętrznego. Łączy elektronikę pozwalającą na rejestrację danych z wysokiej czułości sondą ER10C firmy Etymotic Research o niskim szumie. Urządzenie wymaga do pracy komputera, a główną jednostkę przetwarzającą audio podłącza się do standardowego portu USB2 w komputerze przenośnym. Oprogramowanie HearID zapewnia dostęp do dokumentacji pacjenta, zapisów historii badania i modułów umożliwiających pomiary, m.in.: refleksji (MEPA3), DPOAE, TEOAE, SSOAE, SFOAE i odruchu układu oliwkowo-ślimakowego

przysiódkowego (ang. *Medial-Olivocochlear Reflex Module*, MOCR).

HearID pozwala na badania przesiewowe i diagnostyczne ucha środkowego i wewnętrznego osób w każdym wieku przy użyciu jednej dopasowanej sondy.

Badania DPOAE mogą być przeprowadzane w dwóch trybach: przesiewowym i zaawansowanym. Można badać do 50 punktów na oktawę w zakresie częstotliwości 500–16 000 Hz. W systemie zdefiniowane są następujące punkty DP: f_2-f_1 ; $2f_2-f_1$; $2f_1-f_2$; $3f_1-2f_2$; $3f_2-2f_1$; $4f_1-3f_2$; $4f_2-3f_1$. Zakres poziomu bodźców: 0–70 dB SPL. Zaprogramowane są protokoły pomiarów dla 4 i 6 częstotliwości protokołów Boystown oraz dla 6 i 12 częstotliwości w celu przejrzystego zestawienia. Protokoły pomiarów mogą być konfigurowane przez użytkownika. System wspiera zasady zatrzymania i wyposażony jest w bazę danych normatywnych ułatwiających ocenę wyniku.

Pomiary TEOAE mogą być wykonywane w trybie badawczym lub klinicznym. System umożliwia zastosowanie bodźców typu trzask lub chirp w kilku różnych wariantach oraz regulacji szerokości pasmowej, czasu trwania, poziomu, wyboru białego lub różowego widma i polaryzacji bodźca. Odstęp pomiędzy bodźcami jest także regulowany i możliwy jest wybór pomiędzy liniowymi i nielinowymi trybami podawania bodźca. Urządzenie wyposażone jest w gotowe zaprogramowane protokoły pomiarów. Pozwala też na zapisywanie ulubionych protokołów pod własnymi nazwami. Filtry dolno- i górnoprzepustowe odpowiedzi oraz szerokość okna akwizycji mogą być regulowane. Możliwe jest użycie ustawianego przez użytkownika graficznego poziomu odrzucania szumu lub zastosowanie opcjonalnego trybu automatycznego. System dostarcza jednoznacznych wskazań wyniku PASS/REFER i umożliwia ich konfigurację. Zasady zatrzymania pozwalają zakończyć badanie wcześniej przy osiągnięciu wyniku PASS. Zasady szerokopasmowe i wąskopasmowe mogą być konfigurowane indywidualnie. System umożliwia także pomiar synchronizowanych spontanicznych emisji otoakustycznych (SSOAE).

Badania SFOAE w urządzeniu HearID są dostępne dzięki modułowi SF i dedykowane są dla klientów badawczych. W urządzeniu zaimplementowane zostały protokoły zgodne z [30]. Protokoły badań SFOAE są elastyczne i konfigurowalne. Częstotliwości badawcze mogą być równomiernie rozmieszczone w sposób liniowy, logarytmicznie lub potęgowo i skupione w pobliżu kluczowych częstotliwości. Grupowanie pozwala na to, żeby opóźnienie grupowe SFOAE było oszacowane efektywnie bez konieczności pomiaru całego widma. Spośród wszystkich rodzajów pomiarów OAE, SFOAE zapewniają najbardziej bezpośredni i wyraźny pomiar składowej OAE związanej z odbiciem, która jest uważana za najmocniej narażoną na uszkodzenia ślimakowe [31].

Dla użytkowników badawczych dostępny jest również dla modułu SF kontralateralny dodatek stymulatora. Generuje on cyfrowy szerokopasmowy szum lub ton, synchronizuje wyjście z pomiarami SFOAE, w tym programowalne przesunięcia uwzględniające opóźnienia, i automatycznie zapisuje pliki danych ze wspólnym przedrostkiem nazw

plików. Ten dodatek jest tylko programowy – odpowiednia karta dźwiękowa i skalibrowane słuchawki muszą być zapewnione niezależnie.

Natus

Systemy firmy Natus: AuDX Pro, AuDX Pro II, AuDX Pro Plus [32–34] to przenośne urządzenia do badań DPOAE i TEOAE przeznaczone dla wszystkich grup wiekowych, wyposażone w kolorowy wyświetlacz i przyjazne użytkownikowi oprogramowanie. W wyniku badania dostarczają jednoznacznych oznaczeń PASS/REFER.

AuDX Pro jest przeznaczony do stosowania w programach UNHS, szkołach i ośrodkach podstawowej opieki zdrowotnej. Oferuje tryby badań przesiewowych DPOAE lub TEOAE, w tym protokół badań przesiewowych dorosłych, który pozwala uniknąć nadmiernej liczby wyników REFER związanych z protokołami pediatrycznymi. Załączone jest oprogramowanie do konfiguracji protokołów. Pamięć urządzenia jest w stanie pomieścić 50 badań.

AuDX Pro II jest przeznaczony dla audiologów i lekarzy otorynolaryngologów lub osób potrzebujących systemu o większej elastyczności. Względem AuDX Pro załączone są trzy dodatkowe protokoły DPOAE, w tym protokół dla osób dorosłych oraz AuDX-Scout Link umożliwiający pobieranie danych AuDX do wersji odczytowej aplikacji Scout na komputerze PC w celu przeglądania i drukowania danych. Pamięć urządzenia mieści 100 badań.

AuDX Pro Plus łączy możliwości przenośnych badań przesiewowych i diagnostyki komputerowej. Oprócz opcji dostępnych w AuDX Pro II dostarcza dodatkowo funkcjonalność rejestracji danych w oprogramowaniu Scout.

System Echo-Screen III [35] tego samego producenta, to urządzenie przesiewowe z dużym ekranem dotykowym i klawiaturą QWERTY do badań TEOAE, DPOAE i ABR. Urządzenie jest dostępne w dowolnej kombinacji najczęściej wykorzystywanych funkcji – TEOAE, DPOAE oraz ABR – zapewniając użytkownikom te narzędzia do wykonywania przesiewowych badań słuchu, które są w danym momencie potrzebne. Istnieje możliwość rozbudowy urządzenia o dodatkowe funkcjonalności. Możliwości pomiarów TEOAE i DPOAE zależą od konfiguracji. Urządzenie to, jako przeznaczone do badań przesiewowych, jest w pełni zautomatyzowane i posiada wstępnie ustawione standardowe parametry. Wyniki przedstawiane są automatycznie w postaci wskazań PASS/REFER i nie wymagają interpretacji. System używa tych samych sprawdzonych i zaufanych algorytmów wraz z automatycznymi, wstępnie ustalonymi parametrami badań przesiewowych, które zostały użyte w wielu programach przesiewowych. Przeznaczony jest do badań pacjentów w każdym wieku.

Urządzenie ABAer [36] firmy Natus jest systemem przesiewowym typu „wszystko w jednym”, wykorzystywanym w badaniach noworodków. Umożliwia badania: ABR, DPOAE i TEOAE w różnych kombinacjach. Dostępne są wersje: ABR, ABR + TEOAE, ABR + DPOAE, ABR + TEOAE + DPOAE. Charakteryzuje go szybka i prosta obsługa oraz zautomatyzowane wyniki PASS/REFER. Dzięki wstępnie ustawionym parametrom przesiewowym nie

jest konieczna konfiguracja użytkownika. Samouczki wideo dostarczają pomocnych wskazówek, jak przeprowadzić badanie przesiewowe. Predefiniowane konfiguracje DPOAE umożliwiają wykonanie specyficznego częstotliwościowo badania przesiewowego dla częstotliwości: 2, 3, 4 i 5 kHz. System umożliwia wewnętrzną kalibrację bodźca i sprawdzenie stabilizacji sondy przed badaniem. Funkcjonalność TEOAE pozwala na badanie częstotliwości w zakresie od 1,2 do 3,5 kHz. Kontrola dopasowania sondy może odbywać się podczas badania. Czasy pomiarów są krótkie i wynoszą około 10 sekund na jedno ucho.

Neurosoft

Neuro-Audio-Screen [37] firmy Neurosoft to przesiewowy system ręczny do badań OAE i ABR, przeznaczony do diagnostyki słuchu noworodków. Dostępny jest w dwóch wariantach. Neuro-Audio-Screen umożliwia pomiary: ABR, TEOAE i DPOAE, a Neuro-Audio-Screen/OAE umożliwia pomiary: TEOAE i DPOAE. System pozwala na wprowadzenie danych dziecka, kontrolę procesu badania i zapis wyników do bazy danych. Według producenta, urządzenie to może być zaliczone do klasy urządzeń diagnostycznych ze względu na możliwość wykonywania badań w trybie eksperckim. Ustawienia testowe mogą być zmieniane za pomocą menu konfiguracyjnego. Można użyć różnych trybów badania emisji otoakustycznych, np. „Screening”, „Noisy (screening)”. System pomaga szybko dostosować ustawienia w celu wykonania dowolnego testu, począwszy od badań przesiewowych słuchu w hałaśliwym pomieszczeniu, po ekspertyzę w specjalistycznym szpitalu.

System Neuro-Audio [38] tej firmy posiada większe możliwości i umożliwia zastosowanie zarówno przesiewowe, jak i diagnostyczne. Przeznaczony jest do obiektywnych badań słuchu noworodków, dzieci i dorosłych. W urządzeniu udostępniona jest większość testów potrzebnych w codziennej praktyce audiologicznej.

Neuro-Audio pozwala na badanie:

- słuchowych potencjałów wywołanych z pnia mózgu (ABR),
- słuchowych potencjałów stanu ustalonego ASRR z możliwością równoczesnej stymulacji w 4 częstotliwościach dla obojga uszu (multi-ASSR),
- emisji otoakustycznych OAE (TEOAE, DPOAE, SOAE),
- słuchowych potencjałów słuchowych (AEP: MLR, LLR),
- przedsińkowych miogennych potencjałów wywołanych (VEMP),
- audiometrii tonalnej (PTA),
- elektrokocholeografii (ECoChG),
- poznawczych potencjałów wywołanych (MMN, P300).

Badania DPOAE i TEOAE można wykonywać także w trybie przesiewowym. W tym trybie do wykonania badań wymagane jest minimum oddziaływania z urządzeniem, ponieważ oprogramowanie podpowiada kolejne kroki lub wykonuje je w sposób automatyczny. Wyniki zostają wyświetlone w postaci wskazania PASS lub REFER. Technicy mogą zostać łatwo przeszkoleni do wykonywania badań przesiewowych. Dostępny jest także 12-punktowy tryb DPOAE, o częstotliwościach do 12 kHz. Dostęp do wszystkich ustawień wzmacniaczy, stymulatorów i opcji przetwarzania sygnałów pozwala na tworzenie własnych

szablonów niestandardowych badań dla potrzeb badań naukowych. Producent zapewnia, że w przypadku braku pewnej elastyczności lub funkcji można skontaktować się bezpośrednio z potężnym zespołem inżynierów firmy.

Otodynamics

System Echoport ILO288 [39,40] firmy Otodynamics to wszechstronny system OAE, przeznaczony do badań przesiewowych i klinicznych osób w każdym wieku. Jest to najbardziej popularny na świecie komputerowy system do badań emisji otoakustycznych. Posiada predefiniowane automatyczne protokoły przesiewowe i może dostarczać automatycznie wyniki badań przesiewowych niewymagające interpretacji. Umożliwia konfigurację przez użytkownika czterech protokołów do badań przesiewowych i diagnostycznych. Posiada automatyczne ustawienia rozpoczęcia i zatrzymania badania oraz konfigurowalne kryteria PASS dla każdego trybu. System dostępny jest w dwóch wersjach. Wersja ILO288-I jest urządzeniem do badań TEOAE, szczególnie nadającym się do zastosowania w narodowych programach przesiewowych. Wersja ILO288-II jest urządzeniem przesiewowym do badań TEOAE i DPOAE. Sprawdzona metoda rejestracji TEOAE – ILO Quickscreen dobrze nadaje się do badań przesiewowych i klinicznych. Umożliwia badania częstotliwości z zakresu 1–4 kHz. Poziom bodźców typu trzask jest konfigurowalny. System ma możliwość wyświetlania pasmowych wskazań PASS/REFER opartych na kryteriach. Opcja analizy DP-gramów jest dostępna w ILO288-II. Można badać odpowiedzi DPOAE do częstotliwości 8 kHz. Użytkownik ma możliwość wyboru poziomów bodźców i liczby punktów na oktawę, włączając opcję utworzenia wysokiej rozdzielczości DP-gramu do 8 punktów, przy wyświetlaniu wyników dla 27 częstotliwości.

System Echoport ILO292 [41,42] firmy Otodynamics jest dostępny również w dwóch modelach. Echoport ILO292-I oferuje pełen zakres badań klinicznych w tym: TEOAE, DPOAE, SOAE i DP-Growth. Echoport ILO292-II to zaawansowany system do klinicznych obustronnych pomiarów OAE z oprogramowaniem ILOV6. Pozwala badać: TEOAE, DPOAE, SOAE, DP-Growth, obuuszne TEOAE i DPOAE oraz supresję kontralateralną. Posiada predefiniowane automatyczne protokoły przesiewowe oraz ustawienia rozpoczęcia i zatrzymania badania. Może dostarczać wyniki niewymagające interpretacji. Protokoły badań i kryteria PASS mogą być dowolnie konfigurowane przez użytkownika.

Pomiary TEOAE są możliwe przy wykorzystaniu metody Quickscreen oraz standardowej rejestracji diagnostycznej ILO o oknie akwizycji 20 ms. Dostępne są bodźce trzask lub konfigurowalne impulsy tonowe. Natężenie stymulacji może być regulowane, a kalibracja przeprowadzana jest w uchu. Bodziec i dopasowanie sondy są monitorowane w czasie rzeczywistym. System umożliwia analizę ILO wykorzystującą poziomy OAE w dB SPL i parametry powtarzalności w półoktawowych pasmach częstotliwości. Posiada również zaimplementowane skuteczne wyszukiwanie SSOAE w celu wykrycia rzeczywistych i ukrytych składowych emisji spontanicznych. W przypadku modelu Echoport ILO292-II możliwa jest jednoczesna obustronna rejestracja TEOAE.

Opcja DPOAE umożliwia tworzenie wysokorozdzielczych DP-gramów – do 8 punktów na oktawę. System posiada ustawienia wstępne parametrów bodźców, ale pozwala też na ich konfigurację. Programowalne są poziomy L1 i L2, częstość podawania bodźca, liczba punktów na oktawę, zakres częstotliwości, ręczna/automatyczna/inteligentna progresja częstotliwości, analiza funkcji wejścia/wyjścia, tempa wzrostu i ocena całkowitej mocy DP. Model Echoport ILO292-II umożliwia jednoczesną obustronną rejestrację. Wyświetlanie pełnego widma podczas badania pokazuje DPOAE wyższego rzędu.

System udostępnia szeroki zestaw narzędzi analitycznych. Umożliwia jednoczesną ocenę i porównanie funkcji dla kombinacji DP-DP, TE-DP i TE-TE. Pozwala na ocenę pełnych cross-korelacji, analizę częstotliwościową, powtarzalności i stosunku sygnału do szumu dla danych z pojedynczego badania lub między parami badań. Możliwa jest analiza zapisu przebiegu z wydobyciem odpowiedzi i szczegółowa analiza widma TEOAE z rozdzielczością 50 Hz oraz półoktawowe oszacowanie mocy OAE. Wyniki mogą być prezentowane w pełni numerycznych tabelach danych.

Firma Otodynamics oferuje również serię ręcznych urządzeń do pomiarów OAE Otoport [43]. Poszczególne modele różnią się od siebie funkcjonalnością i przeznaczeniem.

System Otoport Advance [44] jest przeznaczony do wszystkich zastosowań klinicznych i przesiewowych oraz badań diagnostycznych. Posiada szerokie możliwości przetwarzania i zaawansowanej analizy danych. Umożliwia badania DPOAE i TEOAE.

Zaawansowany DP-gram pozwala na badanie DPOAE w zakresie częstotliwości 1–8 kHz, od 2 do 16 punktów na oktawę, 1–13 częstotliwości. Standardowy DP-gram zawiera 6 punktów, z przedziału 1–8 kHz i do 2 punktów na oktawę. Możliwe jest przybliżenie (DP Zoom) aż do pasma półoktawowego i do rozdzielczości 16 punktów na oktawę. Częstotliwości bodźców f_1 i f_2 są programowalne, podobnie jak ich natężenie w zakresie 40–75 dB SPL. System umożliwia także badanie funkcji wejścia–wyjścia DPOAE.

W badaniach TEOAE możliwe jest wykorzystanie metody QuickScreen z analizą „ILO”. Urządzenie wyświetla przebieg sygnału, poziomy w dB SPL, SNR i parametry powtarzalności. Dostępna jest analiza półoktawowa z zakresu częstotliwości 1–6 kHz, w 6 pasmach. Widmo jest prezentowane w wysokiej rozdzielczości, o minimalnej szerokości pasma 80 Hz.

System umożliwia konfigurowanie wyświetlania znaczników zakresu danych normatywnych. Wyposażony jest w potężne narzędzia odrzucania artefaktów. Posiada 12 trybów badań, w tym 10 w pełni konfigurowalnych. Umożliwia sprawdzenie dopasowania sondy w czasie rzeczywistym i wyświetlanie dokładności. Wspiera konfigurowalne zasady zatrzymania badania oparte na jakości odpowiedzi lub klinicznych kryteriach wskazań PASS/REFER.

Model Otoport DP+TE [45] to uniwersalny system do przesiewowych i klinicznych badań DPOAE i TEOAE przeznaczony dla pacjentów w każdym wieku. Jest szybki,

łatwy w obsłudze i prosty w konfiguracji. Posiada zoptymalizowany tryb pediatryczny. Umożliwia badania TEOAE w zakresie od 1–4 kHz przy wykorzystaniu metody QuickScreen oraz pozwala na wykonanie DP-gramów w zakresie 1–8 kHz w dwóch trybach: 12 konfigurowalnych częstotliwości lub 4 punktów na oktawę. Prezentuje wyniki w postaci wskazań PASS/REFER całkowitych i w półoktawowych pasmach lub szczegółowo wyświetla parametry OAE w numerycznych tabelach. Znaczniki zakresu normatywnego mogą być konfigurowane.

System umożliwia natychmiastowy wybór trybu DPOAE lub TEOAE na początku badania. Pozwala na konfigurowanie kryteriów wskazań PASS dla 2, 3, 4 lub 5 częstotliwości w badaniach DPOAE i dla 2, 3 lub 4 półoktawowych pasm w przypadku TEOAE. System ma opcję automatycznego startu szybkiego badania przesiewowego i tryb inteligentny zarządzania badaniem w celu szybszego wykonywania pomiarów. Odrzucanie szumu dla aktualnych warunków otoczenia jest konfigurowalne.

Model Otoport Lite [46] dostępny jest poza Ameryką Północną. Jest to prosty w użyciu przenośny system OAE z intuicyjnym interfejsem. Otoport Lite jest dostępny w dwóch wariantach: TEOAE lub DPOAE. Dedykowany jest do badań przesiewowych TEOAE noworodków lub do badań przesiewowych noworodków i badań pediatrycznych DPOAE.

Wybór modelu TEOAE pozwala badać emisje otoakustyczne w przedziale 1–4 kHz dla 5 pasm częstotliwości, przy użyciu 3 trybów przesiewowych i metody QuickScreen. Posiada konfigurowalne kryterium 6 dB SNR w 2, 3 lub 4 pasmach półoktawowych lub całej odpowiedzi, przy szerokich lub wąskich pasmach. Model DPOAE pozwala badać 4 punkty częstotliwości z przedziału 2–6 kHz i konfigurację kryterium 6 dB SNR w 2, 3 lub 4 częstotliwościach.

System jest automatyczny i prosty w obsłudze. Prezentuje wyniki w postaci wskazań PASS/REFER, umożliwiając wybór wyświetlania całościowego lub dla pasm częstotliwości. Wyświetla także ostrzeżenia w przypadku złego dopasowania sondy, wysokiego poziomu hałasu lub dzwonienia bodźca.

Otodynamics oferuje również systemy będące rozszerzeniem modeli: Otoport Advance, Otoport DP+TE i Otoport Lite o możliwość rejestracji słuchowych potencjałów wywołanych pnia mózgu. Dostępne są one jako gotowe rozwiązania łączące dany model ze sprzętowym modułem ABR lub jako opcja rozszerzenia posiadanego urządzenia o funkcjonalność ABR poprzez dokupienie modułu.

System Otoport DP+TE OAE+ABR [47] to rozwiązanie dedykowane do badań klinicznych OAE z możliwością badań przesiewowych OAE i ABR, przeznaczone dla pacjentów w każdym wieku. Umożliwia szczegółowe oraz szybkie, zautomatyzowane badania przesiewowe TEOAE i DPOAE. Analiza dopasowania sondy i hałasu przeprowadzana jest w sposób automatyczny. Kryteria oznaczeń PASS są konfigurowalne, umożliwiając wykorzystanie 2, 3, 4 lub 5 częstotliwości w badaniach DPOAE i 2, 3 lub 4 półoktawowe pasma w przypadku TEOAE. System wyświetla histogram sygnału i szumu ze wskazaniami PASS/REFER

w pasmach częstotliwości i zapis przebiegu TEOAE. Pozwala na wykonanie konfigurowalnego 12-punktowego DP-gramu w zakresie częstotliwości 1–8 kHz oraz umożliwia badanie TEOAE metodą QuickScreen w zakresie 1–4 kHz. Udostępnia cztery tryby przeprowadzania badań. Protokoły badań są programowalne.

System składa się z urządzenia Otoport DP+TE lub Otoport Advance umieszczonych w module umożliwiającym badania ABR. Moduł ten może być także dokupiony do obu modeli urządzenia oddzielnie w celu dodania funkcjonalności ABR.

W przypadku modelu Advance, możliwe jest dodatkowo wykonywanie analizy widmowej, analizy DPOAE w powiększeniu do 16 punktów na oktawę, badanie funkcji wejścia-wyjścia DPOAE i możliwość badania sześciu półoktawowych pasm w zakresie 1–6 kHz w TEOAE.

Otoport OAE+ABR Lite Model [48] to ręczny, przenośny system przeznaczony do przesiewowych badań OAE i ABR noworodków. Funkcjonalność OAE pozwala na przeprowadzanie automatycznych badań przesiewowych OAE, konfigurację kryteriów PASS/REFER, SNR dla: 2, 3 lub 4 częstotliwości. Tryb DPOAE umożliwia badanie 4 częstotliwości z zakresu 2–6 kHz, a TEOAE – 5 pasm półoktawowych w przedziale 1–4 kHz. Dokładna analiza jest dostępna za pośrednictwem pakietu oprogramowania Otolink do zarządzania i pełnego śledzenia wyników badań na podstawie surowych danych. Użytkownicy modelu Otoport Lite mają możliwość rozszerzenia urządzenia do tej wersji systemu poprzez dokupienie modułu do badań ABR.

Otoport OAE+ABR Upgrade [49] to zautomatyzowany system do badań przesiewowych OAE i ABR dla pacjentów w każdym wieku, umożliwiający analizę DPOAE i TEOAE uważaną za złoty standard. Umożliwia wykonanie DP-gramu w zakresie częstotliwości 1–8 kHz dla 12 konfigurowalnych częstotliwości lub dla 4 punktów na oktawę, oraz badania TEOAE częstotliwości 1–4 kHz przy wykorzystaniu metody ILO QuickScreen. Wyświetlacz w sposób intuicyjny pokazuje postęp SNR i wskaźniki poziomu OAE i szumu oraz wskazania PASS/REFER dla pasm półoktawowych. Wyniki mogą być prezentowane w postaci tabel numerycznych poziomu sygnału, szumu i SNR. Wskaźniki wyświetlania zakresu normatywnego są programowalne.

Na samym początku badania możliwy jest wybór trybu badania OAE: DPOAE lub TEOAE. Urządzenie posiada dwa tryby bodźca: DP high i DP low oraz konfigurowalne poziomy. System posiada konfigurowalne kryteria wskazań PASS DPOAE dla 2, 3, 4 lub 5 częstotliwości oraz 2, 3 lub 4 półoktawowe, szeroko- lub wąskopasmowe kryteria PASS dla TEOAE. Opcja automatycznego startu znajduje zastosowanie przy szybkich testach przesiewowych. Poziom odrzucania szumu z otoczenia może być konfigurowany.

Otoport Screener [50] to model polecany do dużych programów UNHS. System posiada bazę danych i możliwości konfiguracyjne. Umożliwia przeprowadzanie przesiewowych badań TEOAE przy wykorzystaniu popularnej w wielu krajach od 1990 r. metody QuickScreen dla 5 częstotliwości w przedziale 1–4 kHz. Urządzenie wyświetla

półoktawowy histogram TEOAE oraz tabele z wartościami numerycznymi parametrów OAE.

System posiada 4 tryby przesiewowe, regulowane kryteria oznaczeń PASS/REFER, w pełni konfigurowalne protokoły oraz statystyki programu UNHS poprzez oprogramowanie EZ-Screen. Umożliwia szczegółową analizę przebiegu czasowego odpowiedzi. Emisje wywoływane są nieliniowym szerokopasmowym bodźcem trzask, o natężeniu 60–90 dB SPL p.e., podawanym z częstością 80 Hz. System pozwala na regulację odrzucania artefaktów w zakresie 40–74 dB SPL. Okno czasowe rejestracji odpowiedzi jest w przedziale 3–13 ms. Umożliwia półoktawową widmową analizę w czasie rzeczywistym nieliniowej składowej OAE w zakresie 1–4 kHz oraz automatyczną ocenę dopasowania sondy z opcją kalibracji ręcznej. Użytkownik może wykorzystać opcję automatycznych oznaczeń PASS/REFER, ręcznej konfiguracji kryteriów na podstawie SNR w 2, 3 lub 4 pasmach częstotliwości lub wykrywania całkowitego braku odpowiedzi. Oprogramowanie do zarządzania danymi z badań Otolink i EZ-Screen PC jest dostarczane wraz z urządzeniem.

Ostatni system firmy Otodynamics z tej serii to urządzenie Otocheck LE [51]. Jest to szybkie, niedrogi i proste urządzenie przeznaczone do badań przesiewowych OAE noworodków i dzieci w trudnych warunkach środowiskowych, gdzie nie ma wymogu przechowywania danych testowych. Minimalizuje liczbę instrukcji i posiada zaledwie 7 przycisków sterujących. System charakteryzuje się prostą obsługą „press-and-go”. Prezentuje wyniki w postaci jednoznacznych wskazań PASS/REFER. Umożliwia wybór wyników całkowitych lub dla pasm częstotliwości w modelu TEOAE. Posiada ostrzeżenia złego dopasowania sondy i wysokiego poziomu hałasu. Posiada tryb szybki, odporny na hałas i wyposażony jest w intuicyjny wyświetlacz graficzny pokazujący postęp SNR. Występuje w dwóch wersjach. Model TEOAE przeznaczony jest do badań dla noworodków. Umożliwia badanie OAE w zakresie 1–4 kHz przy użyciu metody QuickScreen dla 5 pasm częstotliwości w zakresie 1–4 kHz. Posiada konfigurowalne kryteria oznaczeń PASS – 6 dB SNR w 2, 3 lub 4 półoktawowych pasmach, w zakresie 1–3 kHz lub dla całej odpowiedzi. Model DPOAE, przeznaczony do zastosowań w pediatrii, posiada tryb szybki – badanie 4 częstotliwości z zakresu 2–6 kHz. Zawiera konfigurowalne kryteria oznaczeń PASS oparte na odstępnie SNR 6 dB dla 2, 3 lub 4 częstotliwości zoptymalizowane do stosowania w pediatrii.

PATH medical GmbH

Sentiero Desktop [52] firmy PATH medical GmbH to kompaktowy system posiadający możliwość wykonywania badań: audiometrii tonalnej i słownej, TEOAE, DPOAE, tympanometrii i odruchów strzemiączkowych. Emisje otokustyczne mogą być mierzone w obu uszach równocześnie. Jest odpowiedni dla pacjentów w każdym wieku, ale wyposażony jest też w zoptymalizowany tryb pediatryczny.

Posiada szybkie i diagnostyczne protokoły testowe DPOAE, umożliwiając badania częstotliwości od 1 do 10 kHz, w wysokiej rozdzielczości – aż do 30 punktów na oktawę oraz pozwalające na oszczędność czasu, badanie FMD-POAE (ang. *Frequency Modulated DPOAE*). Umożliwia

wykonanie opatentowanego przez firmę oszacowania progu słyszenia DPOAE do 50 dB HL w zakresie częstotliwości: od 1,5 do 8 kHz. Poziom bodźców jest w tym badaniu w zakresie od 20 dB HL do 65 dB HL. Urządzenie posiada także szybkie i diagnostyczne tryby testowe TEOAE dla zakresu od 0,7 do 4 kHz z pasmami półoktawowymi z wielokrotnymi kryteriami zatrzymania i ustawieniami SNR.

Vivosonic Inc.

Integrity V500 [53] firmy Vivosonic to przenośny, bezprzewodowy system umożliwiający wykonywanie diagnostycznych i automatycznych przesiewowych badań DPOAE i TEOAE. Technologia bezprzewodowej rejestracji Vivo-Link automatycznie pobiera dane kalibracji sondy OAE i wykonuje test systemu przed rozpoczęciem badania pacjenta, reguluje poziom bodźca i wykonuje pomiary OAE. Wyświetla jednoznaczne wskazania PASS/REFER lub szczegółowe wyniki OAE. Kryteria wskazań PASS/REFER są wielokrotne, elastyczne i konfigurowalne przez użytkownika.

DPOAE mogą być wywoływane bodźcami dla częstotliwości f_2 : 0,5, 0,75, 1, 1,5, 2, 2,5, 3, 3,2, 3,5, 4, 4,5, 5, 5,5, 6, 7, 8 kHz o poziomach: 40–75 dB SPL. Stosunek częstotliwości f_2/f_1 może wynosić 1,2 i 1,22. Mierzone są sygnał DPOAE, szum i SNR.

TEOAE wywoływane są liniowymi lub nieliniowymi bodźcami trzask 80, 120 μ s, o natężeniu w przedziale 60–85 dB pe SPL. Mierzone są wartości sygnału, szumu, stosunku SNR w paśmie 1 kHz i pasmach 1, 1/2, 1/4, 1/6-oktawowych.

Podsumowanie

W niniejszej pracy przedstawione zostały możliwości pomiarowe 34 systemów do badań emisji otoakustycznych dostępnych na rynku. Zestawienie uwzględnia aktualną ofertę 12 producentów. Przedstawione zostały urządzenia o bardzo zróżnicowanej funkcjonalności, przeznaczone dla osób w różnym wieku i do różnych zastosowań, począwszy od programów przesiewowych słuchu noworodków, po badania diagnostyczne w warunkach klinicznych.

Wszystkie systemy oferowały możliwości pomiarów emisji otoakustycznych u dzieci, a w szczególności u niemowląt.

Tabela 1. Funkcje wybranych systemów do rejestracji OAE
Table 1. Functions of chosen systems for the OAE registration

System	Możliwe badania
Madsen Alpha	DPOAE
Madsen Accuscreen	TEOAE, DPOAE, ABR
Madsen Capella ²	TEOAE, DPOAE, SEOAE
GSI Corti	TEOAE, DPOAE
GSI AudioScreener+	TEOAE, DPOAE, ABR
GSI Audera	DPOAE, SOAE, AEP (ECochG, ABR, MLR, LLR), ASSR
SmartScreener-Plus 2	TEOAE, DPOAE, ABR
SmartDPOAE	DPOAE

Część urządzeń, szczególnie tych przeznaczonych do badań przesiewowych, wyposażono w zoptymalizowane pediatryczne tryby badań. Niektóre posiadały protokoły przeznaczone dla dorosłych, pozwalające uniknąć nadmiernej liczby wyników dodatnich związanych z protokołami pediatrycznymi. Funkcje omówionych urządzeń zebrane zostały w tabeli 1. Praktycznie wszystkie przedstawione systemy umożliwiały pomiary dwóch typów OAE, najczęściej wykorzystywanych w badaniach przesiewowych i diagnostycznych: TEOAE i DPOAE. Możliwości pomiarowe TEOAE i DPOAE wybranych urządzeń zestawiono zostały w tabeli 2. Opcje pomiaru SOAE, SFOAE lub wsparcie zastosowań badawczych w omówionych systemach były rzadkością.

Połowę opisanych systemów stanowiły urządzenia przeznaczone wyłącznie do pomiarów emisji otoakustycznych, jednak pozostałe umożliwiały wykonywanie także innych badań słuchu, takich jak: słuchowe potencjały wywołane (w szczególności ABR i ASSR), tympanometria czy audiometria tonalna lub słowna.

Urządzenia przeznaczone do badań przesiewowych posiadały predefiniowane protokoły, umożliwiały szybkie i proste wykonanie pomiarów oraz prezentowały wyniki w postaci wskazań PASS/REFER, które nie wymagały interpretacji. Urządzenia przeznaczone do zastosowań diagnostycznych przeważnie umożliwiały regulację parametrów rejestracji w szerszym zakresie oraz pozwalały na szczegółową analizę odpowiedzi i wybór formy prezentacji wyników.

W chwili obecnej dostępna jest bardzo szeroka oferta urządzeń do badań emisji otoakustycznych. Dodatkowo część systemów występuje w kilku różnych wariantach licencyjnych. Tak duża różnorodność opcji umożliwia wybór rozwiązania dokładnie dopasowanego do potrzeb wynikających z przeznaczenia i oczekiwanej funkcjonalności urządzenia.

Artykuł powstał w związku z realizacją projektu „Zintegrowany system narzędzi do diagnostyki i telerehabilitacji schorzeń narządów zmysłów (słuchu, wzroku, mowy, równowagi, smaku, powonienia)” współfinansowanego przez Narodowe Centrum Badań i Rozwoju w ramach Programu STRATEGMED.

System	Możliwe badania
SmartTrOAE	TEOAE
OtoRead	TEOAE, DPOAE
Eclipse	TEOAE, DPOAE, AEP (ABR, MLR, LLR, P300, MMN, ECochG, eABR), ASSR, VEMP
Titan	TEOAE, DPOAE, AABR, IMP
EchoLab	TEOAE, DPOAE, ABR, AABR
EROSCAN Plus	TEOAE, DPOAE
EROSCAN Pro	TEOAE, DPOAE, TYMP, REFLEX
OtoStat	DPOAE, MEPA
HearID	TEOAE, DPOAE, SFOAE, MEPA, MOCR
AuDX Pro, AuDX Pro II, AuDX Pro Plus	TEOAE, DPOAE
Echo-Screen III	TEOAE, DPOAE, ABR
ABaer	TEOAE, DPOAE, ABR
Neuro-Audio-Screen	TEOAE, DPOAE, ABR
Neuro-Audio	TEOAE, DPOAE, SOAE, AEP (ABR, MLR, LLR, P300, MMN, ECochG), ASSR, VEMP, PTA
Echoport ILO288 -I, Echoport ILO288 -II	ILO288-I: TEOAE; ILO288-II: TEOAE, DPOAE
Echoport ILO292-I, Echoport ILO292-II	TEOAE, DPOAE, SOAE
Otoport OAE+ABR (Upgrade)	TEOAE, DPOAE, ABR
Otoport DP+TE OAE+ABR	TEOAE, DPOAE, ABR
Otoport Lite OAE+ABR	TEOAE, DPOAE, ABR
Otoport Advance	TEOAE, DPOAE
Otoport DP+TE	TEOAE, DPOAE
Otoport Lite	TEOAE lub DPOAE
Otoport Screener	TEOAE
Otocheck LE	TEOAE lub DPOAE
Sentiero Desktop	TEOAE, DPOAE, PTA, SPEECH, TYMP, REFLEX
Integrity V500	TEOAE, DPOAE, ABR, ASSR, ECochG, ERP-40Hz

Tabela 2. Możliwości pomiarowe DPOAE i TEOAE wybranych systemów do rejestracji OAE

Table 2. DPOAE and TEOAE measurement capabilities of chosen systems for the OAE registration

System	DPOAE	TEOAE
Madsen Alpha	Badane częstotliwości: 5, 4, 3 i 2 kHz Bodziec: para tonów, $F2/F1=1,24$ Dostępne częstotliwości badane: $F2=2, 3, 4$ i 5 kHz Domyślne częstotliwości badane: $F2=2, 3, 4$ i 5 kHz (PASS przy 3 z 4) Domyślny poziom: $L1/L2=65/55$ dB SPL SNR: 6–8 dB Minimalna amplituda: – 5 dB	
Madsen Accuscreen	Dostępne częstotliwości: konfigurowalne, $F2$ w zakresie od 1 do 6 kHz Bodziec: para tonów, $F2/F1=1,24$ Dostępne są 4 różne protokoły różniące się częstotliwościami oraz kryteriami PASS/REFER. Protokół domyślny: 5, 4, 3, 2 kHz (PASS przy 3 z 4) Poziom: $L1/L2=60/50$ lub $65/55$ dB SPL	Zakres częstotliwości: od 1,5 do 4,5 kHz Metoda szacowania: uśrednianie ważone w zależności od szumu, zliczanie istotnych pików w sygnale Bodziec: nieliniowa sekwencja trzasków Natężenie bodźca: 70–84 dB SPL (45–60 dB HL), automatyczna kalibracja zależna od objętości kanału słuchowego Częstość podawania bodźca: ok. 60 Hz

System	DPOAE	TEOAE
Madsen Capella ²	Zakres częstotliwości: 500–10000 Hz Krok zmiany częstotliwości: 1 Hz Poziom: 0–75 dB SPL (w zależności od częstotliwości) Krok zmiany poziomu: 1 dB Czas akwizycji: 204,27 ms Rozdzielczość A/C: 16 bit Kryterium SNR: Wybór przez użytkownika Istnieje możliwość ręcznego konfigurowania kombinacji badanych częstotliwości, zapewniając praktycznie nieskończoną liczbę punktów pomiarowych na oktawę	Trzask i krótkie tony Poziomy: 40–90 dB SPL Zakres częstotliwości: 450–5000 Hz Częstość odświeżania: wybór przez użytkownika Kryterium SNR: – wybór przez użytkownika – korelacja i SNR (na pasmo, i/lub całkowita)
GSI Corti	<u>Diagnostyka DPOAE</u> – 4 konfigurowalne protokoły – Czas uśredniania: 4 sekundy na częstotliwość – Częstotliwości: od 1,5 do 12 kHz – Maksymalna liczba częstotliwości w jednym badaniu: 12 – Możliwe do wyboru natężenia: 40–70 dB SPL – Możliwe do wyboru SNR: 3–10 dB – Możliwe do wyboru czasu uśredniania: 0,5, 1, 2, 4 s – Możliwe do wyboru liczby częstotliwości dla PASS: 0–6 – Kryteria PASS: konfigurowalne <u>Przesiew DPOAE w konfiguracjach diagnostycznych</u> – 1 ustalony protokół – Częstotliwości: 2, 3, 4, 5 kHz – L1/L2: 65/55 dB – SNR: 6 dB – Kryteria PASS: w 3 częstotliwościach: SNR 6 dB – Czas uśredniania: 4 s <u>Przesiew DPOAE w konfiguracjach przesiewowych</u> – 2 ustalone protokoły – Częstotliwości: 2, 3, 4, 5 kHz – L1/L2: 65/55 dB – SNR: 6 dB – Kryteria PASS: w 3 częstotliwościach: SNR 6 dB – Czas uśredniania: 2 i 4 s	<u>Diagnostyka TEOAE</u> – 2 konfigurowalne protokoły – Częstotliwości: od 0,7 do 4 kHz – Możliwe do wyboru SNR: 3–10 dB – Możliwe do wyboru czasu uśredniania: 8, 16, 32 i 64 s – Możliwe do wyboru liczby częstotliwości dla PASS: 0–6 – Kryteria PASS: konfigurowalne <u>Przesiew TEOAE w konfiguracjach diagnostycznych</u> – 1 ustalony protokół – Pasma częstotliwości: 1,5, 2, 2,5, 3, 3,5, 4 kHz – SNR: 4 dB – Kryteria PASS: w 3 częstotliwościach: SNR 4 dB – Maksymalny czas uśredniania: 64 s <u>Przesiew TEOAE w konfiguracjach przesiewowych</u> – 2 ustalone protokoły – Pasma częstotliwości: 1,5, 2, 2,5, 3, 3,5, 4 kHz – SNR: 4 dB – Kryteria PASS: w 3 częstotliwościach: SNR 4 dB – Maksymalny czas uśredniania: 32 i 64 s
GSI AudioScreener+	Zakres częstotliwości: od 2000 do 6000 Hz $\pm 2\%$ Rozdzielczość w częstotliwości: 50 Hz Dokładność pomiaru poziomu: ± 1 dB SPL Zakres dynamiki: 96 dB Czas badania: różni się w zależności od wybranych parametrów Zautomatyzowane kryteria PASS: DPOAE SNR i/lub poziom DPOAE	Zakres częstotliwości: od 250 do 5250 Hz $\pm 2\%$ Rozdzielczość w częstotliwości: 50 Hz Dokładność pomiaru poziomu: ± 1 dB SPL Zakres dynamiki: 96 dB Czas badania: różni się w zależności od wybranych parametrów Zautomatyzowane kryteria PASS: TEOAE SNR i powtarzalność TEOAE
GSI Audera	Zakres częstotliwości: 500–12 000 Hz Poziom: 20–80 dB SPL, w 5 dB krokach, dokładność: ± 3 dB Zakres dynamiczny: 85 dB SPL F1 i F2=65 dB SPL Zakresy oktaw: 500–1000, 1000–2000, 2000–4000, 4000–8000, 8000–12000 Hz Punktów na oktawę: 1–12 punktów Stosunek F2/F1: 1,1–1,8	
SmartDPOAE / SmartTrOAE	Parametry badania i kryteria zatrzymania wybierane przez użytkownika Zakres częstotliwości: 500–8000 Hz Liczba częstotliwości na oktawę: 3 lub więcej Stosunek częstotliwości F2/F1: 1,22 Liczba pojedynczych rejestracji: 16 na częstotliwość Poziom: 65 dB SPL maksymalnie dla L1 i 55 dB SPL dla L2 Kryteria na PASS: 65% lub więcej Konfiguracja wyświetlania zakresów normatywnych.	Automatyczne sprawdzenie dopasowania sondy Oznaczenia badań jako PASS lub REFER Możliwość ciągłego maskowania szumem kontralateralnie Poziom odrzucania artefaktów może być ustawiony przez użytkownika. Bodziec: trzask 75 μ s Częstość: 19,30 na s Liczba pojedynczych rejestracji: 1024, 512 dla badań przesiewowych Natężenie: 90–95 dB SPL Tryb akwizycji: nieliniowy dla natężeń powyżej 65 dB SPL, w pozostałych przypadkach liniowy Odrzucanie artefaktów: 6% lub powyżej w razie potrzeby Kryteria na PASS: 3 z 5 przy 6 dB SNR i 90% korelacja

System	DPOAE	TEOAE
OtoRead	Różne protokoły w zależności od wybranego wariantu z czterech możliwych licencji. Screener + lub Screener DP (Ustalone protokoły) Częstotliwości od 2 do 5 kHz – 4 częstotliwości badane (3 dla PASS) – Średni czas badania: 10 lub 15 s – SNR 6 dB Standard DP lub Clinical DP&TE Ustawiane przez użytkownika: poziomy bodźca, SNR, średni czas badania, liczba częstotliwości dla PASS Różne częstotliwości do wyboru pomiędzy 1,5–12 kHz	Różne protokoły w zależności od wybranego wariantu z czterech możliwych licencji Screener + lub Screener TE (Ustalone protokoły) TE od 1,5 do 4 kHz – 6 częstotliwości badanych (3 dla PASS) – Średni czas testu: 12 s – SNR 4 dB Standard TE lub Clinical DP&TE Ustawiane przez użytkownika: poziomy bodźca, SNR, średni czas badania, liczba częstotliwości dla PASS Różne częstotliwości do wyboru pomiędzy 0,7–4 kHz
Eclipse	DP-gramy dla protokołów predefiniowanych przez użytkowników. Możliwość tworzenia własnych zbiorów danych normatywnych lub korzystania z norm dostarczonych przez Interacoustics Poziom bodźca: 30–75 dB SPL (70 dB dla częstotliwości powyżej 6 kHz) Zakres częstotliwości bodźca: 500–8000 Hz Czas badania: 2 s – nieograniczony Opcja wyświetlenia danych normatywnych Protokoły definiowane przez użytkownika Ręczne nadpisanie długości badania	Poziom bodźca: 50–90 dB SPL Bodziec: liniowy lub nieliniowy szerokopasmowy trzask Szerokość pasma bodźca: 400–4000 Hz Czas badania: 25–32 000 poj. rejestracji Wyświetlanie: FFT, 1 kHz pasm PASS/REFER, 1/3, 1/6, 1/12 oktauwowych pasm, SNR, poziomu OAE Automatyczny algorytm przesiewowy (wsk. PASS/REFER) lub algorytm definiowany przez użytkownika
Titan	<u>Badania przesiewowe:</u> Zakres częstotliwości: 500–6000 Hz Liczba badanych częstotliwości: maksymalnie 6 na badanie DP-gram DPOAE pod ciśnieniem (opcjonalne), włączenie PASS/REFER, dane normatywne (możliwa edycja), protokoły definiowane przez użytkownika <u>Badania kliniczne:</u> Zakres częstotliwości: 500–10000 Hz Liczba badanych częstotliwości: nieograniczona DP-gram, DP Input/Output DPOAE pod ciśnieniem, włączenie PASS/REFER, dane normatywne (możliwa edycja), badanie ręczne (dodawanie punktów badanych, rozszerzenie badań), protokoły definiowane przez użytkownika	<u>Badania przesiewowe:</u> Zakres częstotliwości 1000–4500 Hz Czas badania: maksymalnie 6 minut lub 4500 pojedynczych rejestracji Natężenie bodźca: 60–84 dB SPL Częstotliwości środkowe pasm: 1, 1,5, 2, 3, 4 kHz TEOAE pod ciśnieniem (opcjonalne), włączenie PASS/REFER, dane normatywne (możliwa edycja), rozszerzone badania, protokoły definiowane przez użytkownika <u>Badania kliniczne:</u> Zakres częstotliwości: 500–5500 Hz Czas badania: nieograniczony Natężenie bodźca: 30–90 dB SPL Częstotliwości środkowe pasm: 1, 1,5, 2, 3, 4 kHz Liniowe pasma częstotliwości: 5 pasm oktauwowych 0,5–5,5 kHz lub definiowane przez użytkownika TEOAE pod ciśnieniem, włączenie PASS/REFER, dane normatywne (możliwa edycja), rozszerzone badania, protokoły definiowane przez użytkownika
EchoLab	Zakres częstotliwości: 250–10 000 Hz Rozdzielczość w częstotliwości: 5, 10, 25 Hz–programowalny Dokładność częstotliwości: 0,01% Natężenie bodźca: 0–90 dB Dokładność poziomu bodźca: ± 2 dB SPL Zakres dynamiki: 90 dB SPL Mikrofon: 15 dB SPL w 1000 Hz, 20 dB SPL w 2000 Hz Automatyczna kalibracja	Bodźce liniowe i nieliniowe Zakres częstotliwości: 1000–5000 Hz Rozdzielczość częstotliwości: 50 Hz Dokładność częstotliwości: $\pm 0,01\%$ Poziom bodźca: 0–90 dB SPL Dokładność poziomu bodźca: ± 2 dB SPL Zakres dynamiki: 90 dB SPL Mikrofon: 15 dB SPL w 1000 Hz, 20 dB SPL w 2000 Hz Automatyczna kalibracja
EROSCAN Plus	<u>Wersja przesiewowa:</u> <u>Przesiewowe DPOAE</u> 2 stałe protokoły (2/4 s) Częstotliwości: 2–5 kHz PASS: 3 z 4 częstotliwości Intensywność: 65/55 dB SNR: 6 dB <u>Wersja diagnostyczna:</u> <u>Przesiewowe DPOAE</u> 1 ustalony protokół (4 s) Częstotliwości: 2–5 kHz PASS: 3 z 4 częstotliwości Intensywność: 65/55 dB SNR: 6 dB <u>Diagnostyczne DPOAE</u> 4 protokoły konfigurowalne Częstotliwości: 1,5–12 kHz Częstotliwości dla PASS: 0–6 Intensywność: 40–70 dB SPL SNR: 3–10 dB Czas uśredniania: 0,5, 1, 2, 4 s	<u>Wersja przesiewowa:</u> <u>Przesiewowe TEOAE</u> 2 stałe protokoły (32/64 s) Częstotliwości: 1,5–4 kHz PASS: 3 z 6 częstotliwości Intensywność: 83 dB SPL SNR: 4 dB <u>Wersja diagnostyczna:</u> <u>Przesiewowe TEOAE</u> 1 ustalony protokół (64 s) Częstotliwości: 1,5–4 kHz PASS: 3 z 6 częstotliwości Intensywność: 83 dB SPL SNR: 4 dB <u>Diagnostyczne TEOAE</u> 2 konfigurowalne protokoły Częstotliwości: 0,7–4 kHz Częstotliwości dla PASS: 0–6 Intensywność: 83 dB SPL SNR: 3–10 dB Czas uśredniania: 8, 16, 32, 64 s

System	DPOAE	TEOAE
EROSCAN Pro	<p>Wersja przesiewowa: Badania przesiewowe DPOAE 2 stałe protokoły (2/4 s) Zakres częstotliwości: 2–5 kHz, Liczba częstotliwości: 4 PASS: 3 z 4 częstotliwości Intensywność: 65/55 dB SPL SNR: 6 dB</p> <p>Wersja diagnostyczna Standardowe badania DPOAE Liczba protokołów badań: 20 4 protokoły konfigurowalne Zakres częstotliwości: 1,5–12 kHz Liczba częstotliwości: 10 Częstotliwości dla PASS: 0–6 Intensywność: 40–70 dB SPL SNR: 3–10 dB Czas uśredniania: 0,5, 1, 2, 4 s Przesiewowe badania DPOAE 1 ustalony protokół (4 s) Zakres częstotliwości: 2–5 kHz PASS: 3 z 4 częstotliwości Intensywność: 65/55 dB SPL SNR: 6 dB</p>	<p>Wersja przesiewowa: Badania przesiewowe TEOAE 2 stałe protokoły (32/64 s) Zakres częstotliwości: 1,5–4 kHz Liczba częstotliwości: 4 PASS: 3 z 6 częstotliwości Intensywność: 83 dB SPL SNR: 4 dB</p> <p>Wersja diagnostyczna Standardowe badania TEOAE Liczba protokołów badań: 20 2 Protokoły konfigurowalne Zakres częstotliwości: 0,7–4 kHz Liczba częstotliwości: 10 Częstotliwości dla PASS: 0–6 Intensywność: 83 dB SPL SNR: 3–10 dB Czas uśredniania: 8, 16, 32, 64 s Przesiewowe badania TEOAE 1 ustalony protokół (64 s) Zakres częstotliwości: 1,5–4 kHz PASS: 3 z 6 częstotliwości Intensywność: 83 dB SPL SNR: 4 dB</p>
OtoStat	<p>Zasady zatrzymania dla obu wyników PASS/REFER. Zakres częstotliwości: 1000–8000 Hz Poziom L1/L2: 65/55 dB SPL Stosunek f2/f1: 1,2 Czas testu na częstotliwość: 2 do 6 sekund Pomiar DPOAE: 2f1–f2 3 protokoły kliniczne, wykorzystujące 4, 6, lub 12 częstotliwości testowych Normy dla każdej grupy wiekowej</p>	
HearID	<p>Zakres częstotliwości: 500–16000 Hz Liczba badanych punktów na oktawę: 1–50 Zakres poziomu: 0–70 dB SPL Stosunek F2/F1: 1,1–1,8 Odrzucenie artefaktów Zasady zatrzymania Zdefiniowane punkty DP: f2-f1; 2f2-f1; 2f1-f2; 3f1-2f2; 3f2-2f1; 4f1-3f2; 4f2-3f1. Zaprogramowane protokoły pomiarów dla 4 i 6 częstotliwości protokołów Boystown i 6 i 12 testów częstotliwości dla wygodnego zestawienia. Konfigurowalne protokoły pomiarów Dane normatywne</p>	<p>Tryby badawczy i kliniczny Zaprogramowane protokoły pomiarów Typy bodźca: prostokątny trzask, dwufazowy prostokątny trzask, trzask Gaussa, differentiated Gaussian click, flat group-delay chirp, linear group-delay chirp, Dau group-delay chirp, Shera group-delay chirp Konfigurowalne: szerokość pasmowa bodźca, czas trwania, poziom, białe lub różowe widmo, polaryzacja. Regulowany odstęp pomiędzy bodźcami. Liniowe i nieliniowe tryby podawania bodźca Regulowane filtry dolno- i górnoprzepustowe odpowiedzi TEOAE. Regulowane okno odpowiedzi TEOAE Regulowany poziom odrzucania szumu oraz opcjonalny tryb automatyczny. Kalibracji sondy w uchu, opcja kompensacji widma Wyraźne wskazanie wyniku PASS/REFER i możliwość ich konfiguracji przez użytkownika Zasady zatrzymania zakończają test wcześniej przy osiągnięciu wyniku PASS. Zasady szerokopasmowe i wąskopasmowe mogą być konfigurowane indywidualnie</p>
ABaer	<p>Przesiewowe badanie w zakresie częstotliwości: 2, 3, 4 i 5 kHz Szybki czas badania – około 10 sekund na ucho Wewnętrzna kalibracja bodźca i sprawdzenie stabilizacji sondy przed badaniem</p>	<p>Zakres częstotliwości testowanych: 1,2 do 3,5 kHz Krótkie czasy badań – około 10 sekund na ucho Kontrola stabilności sondy równocześnie podczas całego badania ucha</p>
Echoport ILO288-I, Echoport ILO288-II	<p>DPOAE tylko w modelu ILO288-II 1–8 kHz DPOAE Wybierane przez użytkownika poziomy bodźców i liczba punktów na oktawę DP-gram (tylko w ILO288-II) – do wyboru przez użytkownika poziom bodźców i punktów na oktawę w tym wysokiej rozdzielczości DP-gram do 8 punktów (wyświetlane 27 częstotliwości)</p>	<p>Półoktawowy histogram częstotliwości przedstawiający OAE i szum 1–4 kHz TEOAE Pasmowe wskaźniki PASS oparte na kryteriach Zapis przebiegu TEOAE i widok widma TEOAE Quickscreen – do badań przesiewowych lub do badań klinicznych w połączeniu z DPOAE – konfigurowalny poziom bodźców typu trzask</p>

System	DPOAE	TEOAE
Echoport ILO292-I, Echoport ILO292-II	<p>Wysokorozdzielcze DP-gramy, do 8 punktów na oktawę</p> <p>Wstępnie ustawione lub konfigurowalne bodźce</p> <p>Programowalne poziomy L1 i L2, częstotliwość, punkty/oktawę, zakres częstotliwości</p> <p>Ręczna/automatyczna/inteligentna zmiana częstotliwości, analiza DP I/O</p> <p>Jednoczesna obustronna rejestracja dla Echoport ILO292-II</p> <p>Ocena całkowitej mocy DP. Rzeczywiste uśrednianie w dziedzinie czasu i statystyki szumu</p> <p>Wyświetlanie pełnego widma podczas badania DPOAE obejmuje DPOAE wyższego rzędu</p>	<p>Quickscreen i standardowa rejestracja diagnostyczna ILO 20 ms</p> <p>Bodźce typu trzask lub konfigurowalny impuls tonalny</p> <p>Regulowana intensywność stymulacji, kalibracja w uchu</p> <p>Monitorowanie w czasie rzeczywistym bodźca i dopasowania sondy</p> <p>Analiza ILO dająca poziomy OAE w dB SPL i parametr powtarzalności w półoktawowych pasmach częstotliwości</p> <p>Jednoczesna obustronna rejestracja dla Echoport ILO292-II</p>
Otoport OAE+ABR (Upgrade)	<p>1–8 kHz DP-gram, 12 częstotliwości (konfigurowalne)</p> <p>1–8 kHz 4 pkt/oktawę – DP-gram</p> <p>Zoptymalizowany tryb pediatryczny.</p> <p>Wyświetlanie w trybie PASS/REFER lub szczegółowe</p>	<p>1–4 kHz TEOAE ILO QuickScreen</p> <p>Zoptymalizowany tryb pediatryczny. Wyświetlanie w trybie PASS/REFER lub szczegółowe</p>
Otoport DP+TE OAE+ABR	<p>Szybkie zautomatyzowane badania przesiewowe DPOAE</p> <p>Automatyczna analiza dopasowania sondy i poziomu szumu</p> <p>Konfigurowalne kryteria PASS</p> <p>2, 3, 4 lub 5 częstotliwości PASS w DPOAE</p> <p>Histogram sygnału i szumu ze wskaźnikami PASS w pasmach</p> <p>Konfigurowalny 12 punktowy DP-gram 1–8 kHz</p> <p>Cztery tryby testowe</p> <p>Tylko w modelu Advance: analiza widmowa, analiza DPOAE w powiększeniu, 16 pkt/oktawę wzrost DP I/O growth i macro-multi test</p>	<p>Szybkie zautomatyzowane badania przesiewowe TEOAE</p> <p>Automatyczna analiza dopasowania sondy i poziomu szumu</p> <p>Konfigurowalne kryteria PASS</p> <p>2, 3 lub 4 półoktawowe pasma PASS w TEOAE</p> <p>Histogram sygnału i szumu ze wskaźnikami PASS w pasmach</p> <p>Cztery tryby testowe</p> <p>TEOAE QuickScreen 1–4 kHz</p> <p>Zapis przebiegu TEOAE</p> <p>Tylko w modelu Advance: analiza widmowa, TEOAE 1–6 kHz, sześć półoktawowych pasm</p>
Otoport Lite OAE+ABR	<p>Funkcje DPOAE</p> <ul style="list-style-type: none"> – Automatyczne badania przesiewowe OAE – Automatyczne dopasowanie sondy i analiza hałasu – Konfigurowalne kryteria PASS/REFER – SNR dla 2, 3 lub 4 częstotliwości – Tryb DPOAE 2–6 kHz, 4 częstotliwości 	<p>Funkcje TEOAE</p> <ul style="list-style-type: none"> – Automatyczne badania przesiewowe OAE – Automatyczne dopasowanie sondy i analiza hałasu – Konfigurowalne kryteria PASS/REFER – SNR dla 2, 3 lub 4 częstotliwości – Tryb TEOAE 1–4 kHz, 5 pasm półoktawowych
Otoport Advance	<p>DPOAE</p> <ul style="list-style-type: none"> – Zaawansowany DP-gram 1–8 kHz, 2–16 pkt/oktawę, 1–13 częstotliwości – Standardowy DP-gram 6 pkt, 1–8 kHz, 2 pkt/oktawę – Przybliżenie DP aż do pasma półoktawowego i do rozdzielczości 16 pkt/oktawę – Programowalne bodźce DP f1 i f2, 40–75 dB SPL – Analiza funkcji wzrostu DP I/O – Inteligentne lub ręczne zarządzanie do szybkiego badania <p>TEOAE + DPOAE</p> <ul style="list-style-type: none"> – Programowalne makro badania i automatyczna kontrola OAE – Konfigurowalne wyświetlanie zakresu markerów danych normatywnych – Narzędzia odrzucania artefaktów – 12 trybów badań, 10 w pełni konfigurowalnych – Sprawdzanie sondy w czasie rzeczywistym i wyświetlanie dokładności 	<p>TEOAE</p> <ul style="list-style-type: none"> – QuickScreen z analizą ILO – Wyświetlanie przebiegu sygnału, dB SPL, SNR i Repro – Analiza częstotliwości: 1–6 kHz, 6 pasm, analiza półoktawowa – Widmo w wysokiej rozdzielczości (szerokość pasma 80 Hz) <p>TEOAE + DPOAE</p> <ul style="list-style-type: none"> – Programowalne makro badania i automatyczna kontrola OAE – Konfigurowalne wyświetlanie zakresu markerów danych normatywnych – Narzędzia odrzucania artefaktów – 12 trybów badań, 10 w pełni konfigurowalnych – Sprawdzanie sondy w czasie rzeczywistym i wyświetlanie dokładności

System	DPOAE	TEOAE
Otoport DP+TE	1–8 kHz DP-gram oraz 12 częstotliwości (konfigurowalne) 1–8 kHz 4 pkt/oktawę DP-gram Natychmiastowe DPOAE lub TEOAE wybór trybu na początku badania Tryby DP wysokiego bodźca i DP niskiego bodźca, konfigurowalne poziomy Tryb 12 częstotliwości DP dla wyższych rozdzielczości badań Konfigurowalne dowolne kryteria PASS DPOAE dla 2, 3, 4 lub 5 częstotliwości Opcja automatycznego startu dla szybkiego testu przesiewowego Tryb inteligentny zarządzania testem do szybkiego badania Konfigurowalne odrzucanie szumu dla danego otoczenia	1–4 kHz TEOAE ILO Quickscreen Natychmiastowe DPOAE lub TEOAE wybór trybu na początku badania 2, 3 lub 4 półoktawowe, szeroko- lub wąskopasmowe kryteria PASS dla TEOAE Opcja automatycznego startu dla szybkiego testu przesiewowego Tryb inteligentny zarządzania testem do szybkiego badania Konfigurowalne odrzucanie szumu dla danego otoczenia
Otoport Lite	Dedykowany do badań przesiewowych w pediatrii, częstotliwości 2–6 kHz, 4 punkty Prosta obsługa „press-and-go”. Wyniki PASS/REFER Szybki tryb odporny na hałas Intuicyjny wyświetlacz graficzny pokazuje zmiany SNR Graficzne wskazanie dopasowania sondy Alarmy dla złego dopasowania sondy lub wysokiego poziomu szumu	Przeznaczony do badań przesiewowych noworodków Zakres: 1–4 kHz Quickscreen, 84 dB SPL, bodziec nieliniowy, 5 pasm częstotliwości, 3 tryby kontroli bezpieczeństwa Prosta obsługa „press-and-go”. Wyniki PASS/REFER Szybki tryb odporny na hałas Intuicyjny wyświetlacz graficzny pokazuje zmiany SNR Graficzne wskazanie dopasowania sondy Wybór wyświetlania całościowego lub pasm częstotliwości Alarmy dla złego dopasowania sondy lub wysokiego poziomu szumu
Otoport Screener		Badania przesiewowe TEOAE TEOAE QuickScreen, 60–90 dB SPL, 5 częstotliwości, zakres: 1–4 kHz Histogram TEOAE półoktawowy Tabele numeryczne OAE 4 tryby przesiewowe z konfigurowalnymi parametrami Konfigurowalne kryteria zatrzymania i klasyfikacji wyników
Otocheck LE	Model DPOAE przesiewowy dla dzieci i młodzieży, 2–6 kHz, 4 punkty częstotliwości Prosta obsługa w trybie „press-and-go” Wyniki: PASS/REFER Szybki tryb odporny na hałas Intuicyjny wyświetlacz graficzny pokazuje postęp SNR Graficzne wskazania sondy (checkfit)	Model TEOAE przesiewowy dla niemowląt, 1–4 kHz QuickScreen, 5 pasm częstotliwości Prosta obsługa w trybie „press-and-go” Wyniki: PASS/REFER Szybki tryb odporny na hałas Intuicyjny wyświetlacz graficzny pokazuje postęp SNR Graficzne wskazania sondy (checkfit) Wybór ogólnych wskaźników lub dla pasm częstotliwości w modelu TEOAE
Sentiero Desktop	Szybkie/diagnostyczne tryby testowe DPOAE: – zakres: od 1 do 10 kHz, wysokiej rozdzielczości – do 30 punktów na oktawę – wielokanałowa stymulacja oszczędza czas – FM DPOAE – Frequency Modulated DPOAE DPOAE – oszacowanie progu słuchu, automatyczny audiogram ślimakowy do 50 dB HL: – poziom bodźców: od 20 dB HL do 65 dB HL – zakres częstotliwości: od 1,5 kHz do 8 kHz	Szybkie/diagnostyczne tryby testowe TEOAE: – zakres: od 0,7 do 4 kHz, szybki test/test diagnostyczny z pasmami półoktawowymi – wielokrotne kryteria zatrzymania – możliwość ustawienia SNR
Integrity V500	Diagnostyczne i automatyczne badania przesiewowe DPOAE Bodźce – częstotliwości F2: 0,5, 0,75, 1, 1,5, 2, 2,5, 3, 3,2, 3,5, 4, 4,5, 5, 5,5, 6, 7, 8 kHz Poziomy: 40-75 dB SPL, stosunek F2/F1: 1,2 i 1,22 Szum systemu i system DP: ≤ -10 dB SPL przy bodźcu 75/75 dB SPL Zmienne mierzone: sygnał, szum, SNR na częstotliwościach f2 Kryteria PASS/REFER: wielokrotne, elastyczne, do wyboru przez użytkownika Kalibracja sondy VivoLink automatycznie pobiera dane kalibracji sondy OAE i wykonuje autotest systemu przed rozpoczęciem badania, reguluje poziom bodźca i wykonuje pomiary OAE	Diagnostyczne i automatyczne badania przesiewowe TEOAE Bodźce: trzask 80, 120 μs, 60–85 dB pe SPL, liniowe, nieliniowe Mierzone wartości: sygnał, szum, SNR w 1-kHz, 1, 1/2, 1/4, 1/6-oktawowych pasmach Kryteria PASS/REFER: wielokrotne, elastyczne, do wyboru przez użytkownika Kalibracja sondy VivoLink automatycznie pobiera dane kalibracji sondy OAE i wykonuje autotest systemu przed rozpoczęciem badania, reguluje poziom bodźca i wykonuje pomiary OAE

Piśmiennictwo:

1. Kemp DT. Stimulated acoustic emissions from within the human auditory system. *J Acoust Soc Am*, 1978; 64(5): 1386–91.
2. Shera CA, Guinan JJ. Evoked otoacoustic emissions arise by two fundamentally different mechanisms: a taxonomy for mammalian OAEs. *J Acoust Soc Am*, 1999; 105: 782–98.
3. Knight RD, Kemp DT. Indications of different distortion product otoacoustic emission mechanisms from a detailed f1, f2 area study. *J Acoust Soc Am*, 2000; 107(1): 457–73.
4. Katz J. *Handbook of Clinical Audiology*. LWW; Seventh, North American Edition; 2014.
5. Strickland AE, Burns EM, Tubis A. Incidence of spontaneous otoacoustic emissions in infants and children. *J Acoust Soc Am*, 1985; 78: 931–35.
6. Talmadge CL, Long GR, Murphy WJ, Tubis A. New off-line method for detecting spontaneous otoacoustic emissions in human subjects. *Hear Res*, 1993; 71: 170–82.
7. Kemp DT. Evidence of mechanical nonlinearity and frequency selective wave amplification in the cochlea. *Arch Otorhinolaryngol*, 1979; 224(1–2): 37–45.
8. Kemp DT. The evoked cochlear mechanical response and the auditory microstructure – evidence for a new element in cochlear mechanics. *Scand Audiol Suppl*, 1979; 9: 35–47.
9. 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.
10. Hatzopoulos S, Petrucci J, Pelosi G, Martini A. A TEOAE screening protocol based on linear click stimuli: performance and scoring criteria. *Acta Otolaryngol*, 1999; 119(2): 135–39.
11. Keppler H, Dhooge I, Maes L, D'haenens W, Bockstael A, Philips B i wsp. Transient-evoked and distortion product otoacoustic emissions: A short-term test-retest reliability study. *Int J Audiol*, 2010; 49(2): 99–109.
12. Piłka E, Jędrzejczak WW, Trzaskowski B, Skarżyński H. Variability of distortion product otoacoustic emissions at 10, 12, and 16 kHz: a preliminary study. *JHS*, 2014; 4(4): 59–64.
13. <http://www.otometrics.com/Screening/MADSEN-Alpha-OAE>.
14. <http://www.otometrics.com/Screening/newborn-hearing-screening-madsen-accuscreen>.
15. <http://www.otometrics.com/Hearing-assessment/otoacoustic-emissions-testing-oe-capella-2>.
16. <http://www.grason-stadler.com/products/corti>.
17. <http://www.grason-stadler.com/products/gsi-audioscreener/>.
18. <http://www.grason-stadler.com/products/gsi-audera/>.
19. <http://www.ihsys.com/site/SmartScreenerPlus.asp?tab=0>.
20. <http://www.ihsys.com/site/SmartDPOAE.asp?tab=2>.
21. <http://www.ihsys.com/site/SmartTrOAE.asp?tab=2>.
22. <http://www.interacoustics.com/otoread>.
23. <http://www.interacoustics.com/eclipse>.
24. <http://www.interacoustics.com/titan>.
25. <http://www.labatinternational.com/international-products/otoacoustic-emission/echolabs/>.
26. <http://www.maico-diagnostic.com/products/oe/eroscan/>.
27. <http://www.maico-diagnostic.com/products/oe/ero-scan-pro/>.
28. <http://www.mimosaacoustics.com/products/otostat.html>.
29. <http://www.mimosaacoustics.com/products/hearid.html>.
30. Shera CA, Guinan JJ. Evoked otoacoustic emissions arise by two fundamentally different mechanisms: a taxonomy for mammalian OAEs. *J Acoust Soc Am*, 1999; 105: 782–98.
31. Shera CA. Mechanisms of mammalian otoacoustic emission and their implications for the clinical utility of otoacoustic emissions. *Ear Hear*, 2004; 25: 86–97.
32. http://www.natus.com/index.cfm?page=products_1&crd=217.
33. http://www.natus.com/index.cfm?page=products_1&crd=967.
34. http://www.natus.com/index.cfm?page=products_1&crd=968.
35. http://www.natus.com/index.cfm?page=products_1&crd=970.
36. http://www.natus.com/index.cfm?page=products_1&crd=19.
37. <http://www.neurosoft.ru/eng/product/neuro-audio-screen/index.aspx>.
38. <http://www.neurosoft.ru/eng/product/neuro-audio-2010/index.aspx>.
39. http://otodynamics.com/product_info.asp?id=22.
40. http://otodynamics.com/product_info.asp?id=130.
41. http://otodynamics.com/product_info.asp?id=111.
42. http://otodynamics.com/product_info.asp?id=129.
43. http://www.otodynamics.com/product_otoport.asp.
44. http://www.otodynamics.com/product_info.asp?id=246.
45. http://www.otodynamics.com/product_info.asp?id=300.
46. http://www.otodynamics.com/product_info.asp?id=301.
47. http://www.otodynamics.com/product_info.asp?id=322.
48. http://otodynamics.com/product_info.asp?id=265.
49. http://otodynamics.com/product_info.asp?id=323.
50. http://otodynamics.com/product_info.asp?id=215.
51. http://otodynamics.com/product_info.asp?id=270.
52. <http://www.pathme.de/index.php/en/products/sentiero-desktop>.
53. <http://www.vivosonic.com/integrity-v500-system/>.