

Henryk Skarżyński¹, Andrzej Czyżewski^{1,2}, Andrzej Senderski¹

¹Instytut Fizjologii i Patologii Słuchu, Warszawa

²Katedra Inżynierii Dźwięku i Obrazu, Politechnika Gdańska

Badania przesiewowe słuchu u dzieci i młodzieży w wieku szkolnym I. Tester słuchu „Słyszę...”

Hearing screening in school age children
I. Hearing screening tester „I can hear...”

Słowa kluczowe: badania przesiewowe słuchu, dzieci w wieku szkolnym, testy przesiewowe słuchu.
Key words: hearing screening, school age children, hearing screening tests.

Streszczenie

Badania przesiewowe słuchu u dzieci i młodzieży w wieku szkolnym pozwalają na wczesne wykrycie i leczenie zaburzeń słuchu w tej populacji. W latach 1999-2001 Instytut Fizjologii i Patologii Słuchu wdrożył badania przesiewowe słuchu w szkołach całego kraju. Przy współpracy specjalistów Politechniki Gdańskiej opracowano i przetestowano nowy tester słuchu wykorzystujący komputer multimedialny do prowadzenia badań słuchu. W pracy przedstawiono program komputerowy „Słyszę...”, który wraz ze specjalistycznym oprzyrządowaniem umożliwia przeprowadzenie trójtonegowego przesiewowego testu tonalnego oraz testu rozumienia mowy w szumie. Zaprezentowano również wyniki wstępnych badań oceniających czułość i specyficzność przesiewowego testu trójtonegowego wykorzystanego w testerze „Słyszę...”.

Summary

Hearing screening programs in school age children are necessary for early detection and treatment of hearing impairments in this population. In the years 1999-2001 the Institute of Physiology and Pathology of Hearing implemented hearing screening program at schools in Poland. In cooperation with Technical University of Gdańsk new tools for hearing screening were elaborated. The screening tests were conducted using multimedia computer based tester „I can hear...”. The authors present hearing screening tester „I can hear ...” and the results showing sensitivity and specificity of tonal test used in this program.

Problem niewykrytych zaburzeń słuchu u dzieci w wieku szkolnym znany jest od dawna, zarówno na świecie, jak i w Polsce. Odsetek dzieci z zaburzeniami słuchu według statystyk poszczególnych autorów zagranicznych waha się od 3% niedosłuchów większych niż 25 dB HL w badaniach Leske [1981] do 26% dzieci 6-letnich z wysiękowym zapaleniem uszu [Hallet 1982]. Najnowsze badania Niskara i in. [2001] wskazują, że ponad 14% dzieci amerykańskich ma uszkodzenie słuchu większe niż 16 dB HL w co najmniej jednym uchu. Badania epidemiologiczne przeprowadzone przez Instytut Fizjologii i Patologii Słuchu w 1999 r. po raz pierwszy w Polsce na dużą skalę wykazały, że co piąte dziecko w wieku 6-19 lat ma problemy ze słuchem. Konsekwencją tych zaburzeń często niewielkich, których nie zauważamy w życiu codziennym, są inne problemy, m.in. gorsze wyniki w nauce, zaburzony rozwój mowy, języka, różnego stopnia problemy podczas komunikowania się z otoczeniem, wzrost agresji, nadpobudliwość nerwowa.

Biorąc pod uwagę wysoką częstość występowania zaburzenia, jego niekorzystny wpływ na rozwój dziecka, lepsze efekty leczenia przy wcześniejszym jego wykryciu – prowadzenie badań przesiewowych słuchu u dzieci i młodzieży szkolnej jest w pełni uzasadnione. Badania takie są rekomendowane między innymi przez Amerykańskie Stowarzyszenie Mowy i Słuchu [ASHA 1990]. W USA badania przesiewowe słuchu u dzieci i młodzieży szkolnej są prowadzone w różnym zakresie od lat 60., ale nawet obecnie nie jest nimi objęta cała populacja. Badania słuchu w szkołach prowadzi się głównie przy użyciu audiometrii przesiewowej. Obecnie standardem jest stosowanie dźwięków o częstotliwości od 1 do 4 kHz i natężeniu 20 dB HL [ASHA 1990]. Wielu autorów zwraca jednak uwagę na nieefektywność stosowania wyłącznie testu tonalnego, szczególnie w wykrywaniu dzieci z wysiękowym zapaleniem uszu. Sugerują oni, że najbardziej efektywne jest łączne stosowanie badania tympanometrycznego oraz testu tonalnego [Brooks 1985; Downs 1978; Renvall, Liden 1980; Mc Kenzie (i in.) 1982].

W Polsce już w latach 60. również podejmowano próby wdrożenia badań przesiewowych słuchu do szkół. Głównie przy użyciu badania akumetrycznego prowadzonego przez pielęgniarki szkolne oraz za pomocą audiometrii słownej [Kruk-Zagajewska (i in.) 1967]. Badania akumetryczne, pomimo że były stosowane na dużą skalę przez ponad 15 lat, w niewielkim stopniu pozwoliły na poprawę stopnia wykrywalności dzieci z zaburzeniami słuchu. Główną przeszkodą była ich zbyt mała czułość w odniesieniu do niedosłuchów niewielkich bądź ograniczonych do pewnego zakresu częstotliwości. Znacznie większą wartość kliniczną miały badania przy użyciu audiometrii słownej. Jednak ze względu na ograniczenia sprzętowe badania te nie zostały wdrożone do praktyki na skalę masową.

I. CEL PRACY

Celem pracy jest prezentacja testera słuchu „Słyszę...” z uwzględnieniem jego zalet i wad w odniesieniu do innych narzędzi do prowadzenia badań przesiewowych słuchu. W pracy przedstawiono również wyniki badań pilotażowych oceniających czułość i specyficzność testu tonalnego wykorzystywanego w testerze „Słyszę...”

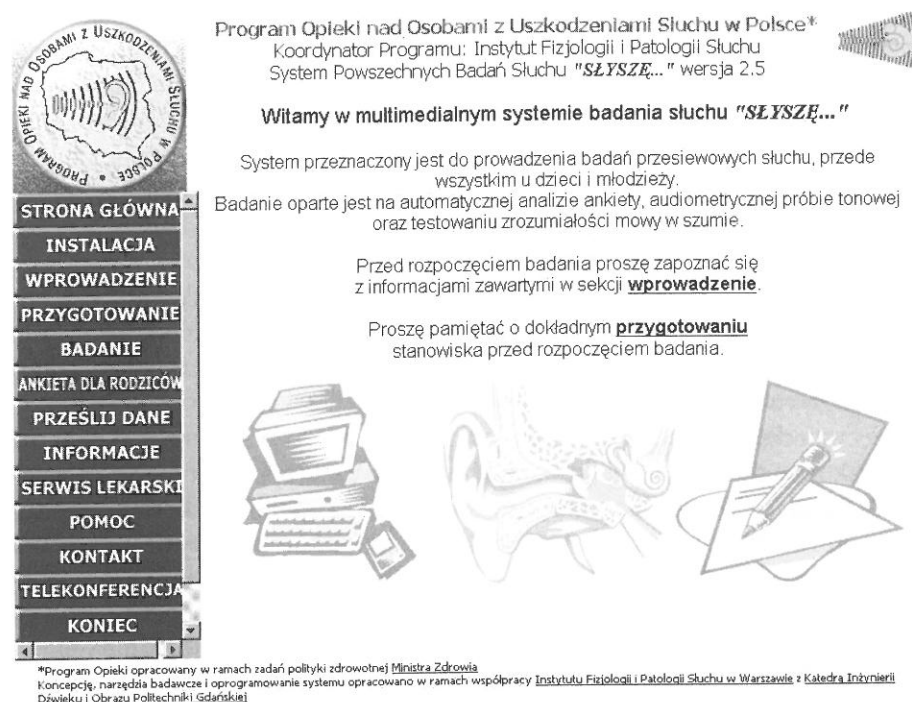
II. OPIS TESTERA „SŁYSZĘ...”

Założeniem twórców testera „Słyszę...” było stworzenie narzędzia umożliwiającego prowadzenie badań przesiewowych słuchu u dzieci i młodzieży oraz osób dorosłych, pozwalającego na wykrycie jedno- lub obustronnych niedosłuchów przewodzeniowych i zmysłowo-nerwowych większych niż 25 dB HL, oraz dzieci z centralnymi zaburzeniami słuchu. Tester „Słyszę...” wykorzystuje do tego celu komputer multimedialny oraz specjalistyczne oprogramowanie i oprzyrządowanie. Słuch jest badany przy wykorzystaniu trójttonowego testu tonalnego oraz testu rozumienia mowy w szumie. Stosowanie testów tonowych w badaniach przesiewowych jest rekomendowane przez prestiżowe towarzystwo naukowe ASHA [1990], natomiast dołączenie testu słownego było podyktowane koniecznością wykrywania dzieci z zaburzeniami w zakresie centralnych procesów przetwarzania dźwięków, czyli dzieci z problemem rozumienia mowy, szczególnie w obecności hałasu, przy jednocześnie prawidłowym odbiorze tonów czystych.

Tester „Słyszę...” został opracowany przez Instytut Fizjologii i Patologii Słuchu we współpracy z Katedrą Inżynierii Dźwięku Politechniki Gdańskiej. Jest on multimedialnym programem komputerowym przeznaczonym do badania słuchu, przede wszystkim dzieci i młodzieży. W skład testera oprócz programu komputerowego wchodzi także słuchawki audiometryczne i kalibrator poziomu dźwięku. Kalibrator jest niewielkim urządzeniem elektronicznym i stanowi integralną całość z konkretnymi egzemplarzami słuchawek. Kalibrator jest produkowany przez Instytut Fizjologii i Patologii Słuchu. Bez zestawu kalibrator-słuchawki, tester „Słyszę...” może być wykorzystywany wyłącznie w celach szkoleniowych, a po zapewnieniu odpowiednich warunków akustycznych może służyć do badań orientacyjnych słuchu, np. w warunkach domowych. Działanie systemu przypomina poruszanie się po Internecie. Jeśli komputer, na którym uruchamiany jest system „Słyszę...” podłączony jest do Internetu, można także korzystać z dodatkowych usług, np. z kontaktu przez pocztę elektroniczną z autorami systemu.

Po uruchomieniu systemu wyświetlana jest strona informacyjna, z której poprzez naciśnięcie przycisku *Start* przechodzi się do strony głównej systemu

(ryc. 1). Za pomocą menu wyświetlanego po lewej stronie możliwy jest wybór następujących opcji:

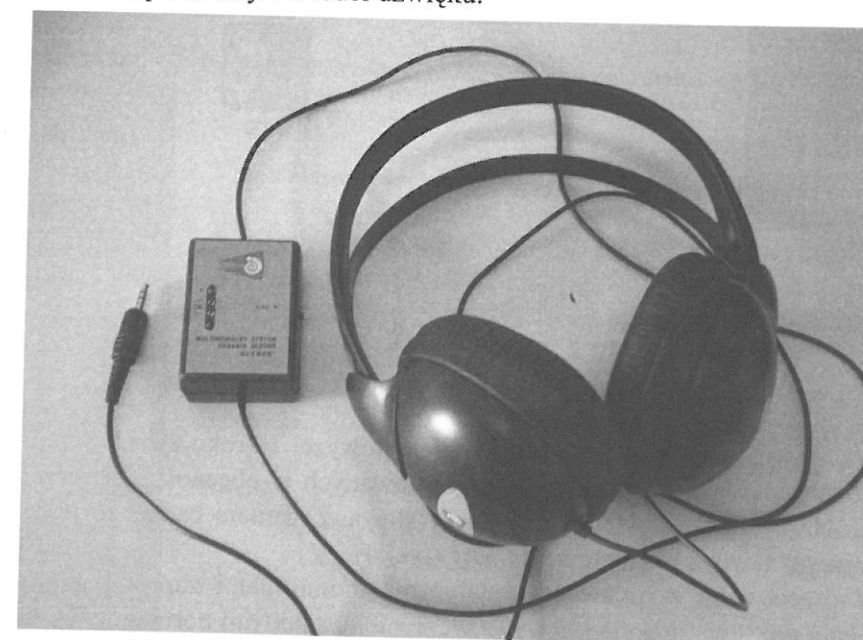


Ryc. 1. Strona główna systemu „Słyszę...”

- Strona główna – powrót do głównej strony systemu w dowolnym momencie.
- Wprowadzenie – ogólne informacje dla użytkowników korzystających z systemu po raz pierwszy.
- Przygotowanie – informacje dotyczące przygotowania stanowiska do badań, w tym kalibracji systemu.
- Badanie – rozpoczęcie badania słuchu, wybór testu.
- Prześlij dane – przesłanie wyników badań do bazy danych lub skopiowanie danych na dyskietkę.
- Informacje – odpowiedzi na często zadawane pytania dotyczące wad słuchu, środków poprawy słuchu oraz metod rehabilitacji osób z wadami słuchu.
- Pomoc – informacje dotyczące rozwiązywania problemów technicznych podczas pracy z systemem.
- Kontakt – wysłanie listu elektronicznego (e-mail) do IFPS.
- Koniec – zakończenie pracy z systemem.

Przed przystąpieniem do wykonywania badań po raz pierwszy, należy dokonać instalacji systemu „Słyszę...” na komputerze oraz przeprowadzić procedurę kalibracji poziomu dźwięków. Od dokładności kalibracji zależy wiarygodność wyników badań. Jeśli wszystkie instrukcje zostały poprawnie wykonane, system jest wykalibrowany i gotowy do prowadzenia badań.

Przed rozpoczęciem cyklu badań należy zwrócić szczególną uwagę na zapewnienie odpowiednich warunków akustycznych. W związku z tym ważne jest wyciszenie niepotrzebnych źródeł dźwięku.

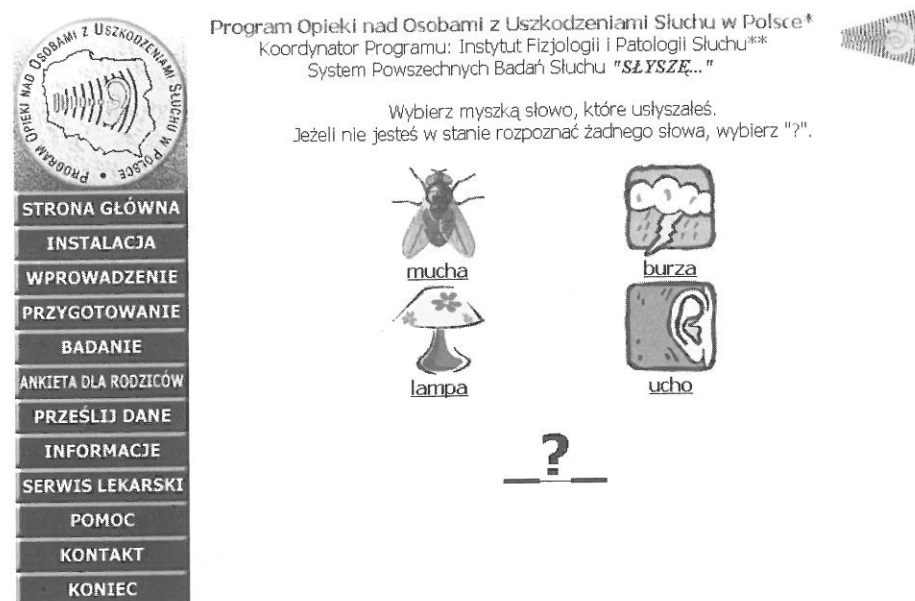


Ryc. 2. Zestaw kalibrator-słuchawki

Badanie słuchu oparte jest na automatycznej analizie ankiety, audiometrycznej próbie tonowej oraz na testowaniu zrozumiałości mowy w szumie. Test tonalny jest przeznaczony dla dzieci w wieku 7-19 lat. W teście wykorzystywane są tony o częstotliwościach: 1, 2 i 4 kHz i intensywności 25 dB HL. Zadaniem osoby badanej jest przyciskanie przycisku *Słyszę* za każdym razem, gdy usłyszy dźwięk (ryc. 1).

Test rozumienia mowy w szumie występuje w dwóch wersjach, jako test obrazkowy i test słowny.

Test obrazkowy przeznaczony dla dzieci młodszych (do 10 roku życia) składa się z dwudziestu słów dwusylabowych, prezentowanych w obecności zagłuszającego szumu. Na ekranie pojawiają się podpisane obrazki ilustrujące słowa. Zadaniem dziecka jest wybór przy pomocy myszy komputerowej obrazka ilustrującego usłyszane słowo (ryc. 3).



Ryc. 3. Test obrazkowy

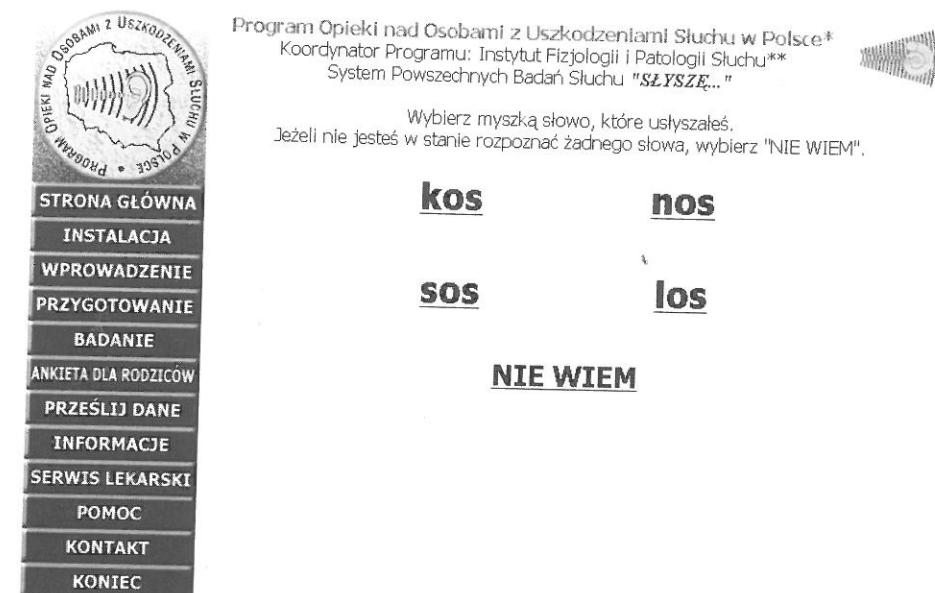
Test słowny przeznaczony jest dla dzieci powyżej 10 roku życia i składa się z dwudziestu słów jednosylabowych, prezentowanych w obecności zagłuszającego szumu. Na ekranie wyświetlane są cztery słowa. Zadaniem badanego jest wybór usłyszanego słowa z prezentowanej listy (ryc. 4).

W czasie testu komputer automatycznie monitoruje i zapisuje odpowiedzi badanego, a następnie porównuje je z wcześniej ustalonymi normami. W przypadku nieprawidłowego wyniku program sugeruje konieczność powtórzenia testu. Dopiero jeżeli powtórzone badanie również jest nieprawidłowe, osoba nadzorująca badanie może taki wynik zaakceptować jako nieprawidłowy.

System „Słyszę...” może pracować na standardowym komputerze PC wyposażonym w stereofoniczną kartę dźwiękową. System jest dostępny w dwóch wersjach: internetowej dostępnej w sieci WWW pod adresem <http://www.telezdrowie.pl> oraz na płycie CD-ROM. Unikatową cechą programu „Słyszę...” jest możliwość gromadzenia i przesyłania wyników badań w formie elektronicznej. Pozwala to na przeprowadzenie zaawansowanych badań statystycznych dotyczących epidemiologii chorób słuchu na skalę niespotykaną w literaturze światowej.

Przed wdrożeniem opisanych powyżej metod do badań na szeroką skalę przeprowadzono badania, których celem była ocena skuteczności zastosowanych nowych metod w odniesieniu do wykrywania zaburzeń słuchu u dzieci w wieku szkolnym. Badania obejmowały ocenę czułości i specyficzności przesiewowego testu tonalnego oraz badania pilotażowe w szkołach w celu weryfikacji funkcjonal-

ności programu „Słyszę...”. Pierwszy etap badań, czyli oceną czułości i specyficzności testu tonalnego przeprowadzono w Instytucie Fizjologii i Patologii Słuchu w Warszawie na grupie 104 pacjentów. Metodą referencyjną był progowy test audiometryczny. Na podstawie wyników tego badania wyróżniono dwie grupy osób: normy słuchowej oraz zaburzeń słuchu (próg słyszenia >20 dB HL). Czułość wyliczono ze wzoru $a/(a+c) \times 100\%$, a specyficzność ze wzoru $d/(b+d) \times 100\%$ (a – wyniki prawdziwie dodatnie, b – wyniki fałszywie dodatnie, c – wyniki fałszywie ujemne, d – wyniki prawdziwie ujemne).



*Program Opieki opracowany w ramach zadań polityki zdrowotnej Ministra Zdrowia
 **System Powszechnych Badań Słuchu wdrażany w ramach kontraktu wytypowanych ośrodków z Mazowiecką Regionalną Kasą Chorych
 Narzędzia badawcze systemu opracowano we współpracy z Katedrą Inżynierii Dźwięku i Obrazu PG

Ryc. 4. Test słowny

Wyniki równoległe przeprowadzonych testów: progowego testu audiometrycznego i testu „Słyszę...” na materiale 208 uszu przedstawiono w tab. 1.

Obliczenia wykazały, że czułość i specyficzność testu tonalnego „Słyszę...” wyniosły odpowiednio: 92,6% i 80,4%. Tego rzędu wartości charakteryzują powszechne badania przesiewowe słuchu u noworodków oparte na rejestracji otoemisji akustycznych, które są rutynowo stosowane w praktyce klinicznej.

Tab. 1. Wyniki badań przesiewowych słuchu przeprowadzonych z użyciem testu tonalnego „Słyszę...” przedstawione w formie macierzy decyzyjnej

Wynik testu tonalnego „Słyszę...”	Audiometryczne badanie progu słyszenia	
	Zaburzenia słuchu (n=162)	Norma słuchu (n=46)
+	150	9
-	12	37

Dalszym etapem wdrażania programu „Słyszę...” było przeprowadzenie badań pilotażowych w szkołach woj. mazowieckiego i pomorskiego. Badania te wykonano u 4356 uczniów ściśle według opracowanej wcześniej procedury. Pozwoliło to na wszechstronnie praktyczne przetestowanie testera „Słyszę...” oraz ocenę opracowanego modelu organizacyjnego powszechnych badań przesiewowych słuchu.

Badania pilotażowe pozwoliły również na wyznaczenie zakresu normy dla testów słownych. Dla dzieci z klas 1-4 szkoły podstawowej wynik w granicach normy oznacza prawidłowe zrozumienie 90% i więcej prezentowanych słów. Dla dzieci z klas 5 i 6 szkoły podstawowej 75% i więcej poprawnie zrozumianych słów. Natomiast dla dzieci z gimnazjum i szkoły średniej normą jest, gdy badany prawidłowo rozumiał 80% i więcej prezentowanych słów. Różne granice procentowego zrozumienia testu słownego w zależności od wieku są związane z różnicami w materiale słownym poszczególnych testów.

Program „Słyszę...” przez pierwszy rok po wprowadzeniu do praktyki klinicznej podlegał sukcesywnym zmianom, które miały na celu dalszą poprawę jego efektywności. Aby ocenić wartość kliniczną ostatecznej wersji testera „Słyszę...”, przeprowadzono badania weryfikujące czułość i specyficzność metody na większym materiale. Wyniki tych badań będą opublikowane w osobnym doniesieniu.

III. OMÓWIENIE

Przy ocenie testera słuchu „Słyszę...” analizowano szereg elementów, które mają wpływ na jego przydatność kliniczną.

Czułość i specyficzność testu

Wykonane badania wykazały, że czułość testu wynosi ponad 90%, a jego specyficzność ponad 80%, co jest wynikiem wystarczającym w badaniach przesiewowych. Uzyskanie większej specyficzności testu, przy realizacji badań w szkołach, wymaga zapewnienia dobrych warunków akustycznych oraz ścisłego przestrzegania procedury badania (m.in. powtarzania badania w przypadku uzyskania wyniku nieprawidłowego oraz upewnienia się przed badaniem, czy dziecko zrozumiało instrukcję).

Łatwość instalacji i obsługi

Przy pierwszym uruchomieniu testera „Słyszę...” wymaga przeprowadzenia procedury instalacji i kalibracji trwającej około 15 min. W przypadku audiometru przesiewowego urządzenie jest gotowe do pracy po podłączeniu do sieci.

Koszt urządzenia

Koszt audiometru przesiewowego wynosi od 1,5 do 5 tys. zł, natomiast koszt testera jest niższy i wynosi ok. 800 zł.

Czasochłonność badań

Czas badania przesiewowego słuchu za pomocą testera jest porównywalny z czasem badania za pomocą audiometru przesiewowego.

Uwzględniając te kryteria można uznać, że obydwie metody są porównywalne.

Tester „Słyszę...” pozwala na łatwe gromadzenie i przysyłanie do bazy danych wyników prowadzonych badań. Dzięki temu, że każde zbadane dziecko otrzymuje osobisty numer identyfikacyjny (ONI), przy niewielkim nakładzie pracy można okresowo weryfikować jakość prowadzonych badań w danym województwie, powiecie czy nawet w pojedynczej szkole. Powyższe możliwości mają duże znaczenie przy prowadzeniu badań na dużą skalę.

Oprócz testera „Słyszę...” na tym samym komputerze mogą być zainstalowane także inne multimedialne programy przesiewowe „Widzę” i „Mówię”, pozwalające na prowadzenie badań wzroku i mowy. Stworzony w ten sposób uniwersalny tester przesiewowy może stać się przydatnym narzędziem w codziennej pracy logopedy szkolnego oraz może ułatwić prowadzenie przesiewowych badań wzroku.

Tab. 2. Tabela porównawcza testera „Słyszę...” i przesiewowej audiometrii tonalnej

Oceniany aspekt narzędzia	Tester „Słyszę...”	Audiometria tonalna
Czułość i specyficzność	+	+
Łatwość instalacji i obsługi	+/-	+
Koszty	+	+/-
Możliwość okresowej oceny efektywności programu	+	-
Możliwość rozszerzenia zastosowania testera o badania mowy i wzroku	+	-

IV. WNIOSKI

1. Zaprezentowane nowe narzędzie jest przydatne do prowadzenia na szeroką skalę (powszechnie) badań przesiewowych słuchu w różnych grupach wiekowych, a szczególnie u dzieci i młodzieży szkolnej.

2. Wdrożenie, w oparciu o tester „Słyszę...”, badań diagnostycznych pozwala na ocenę skali problemu zaburzeń słuchu w środowisku polskim, na jego monitorowanie oraz na organizację polityki zdrowotnej państwa w tym zakresie.

Bibliografia

- American Speech – Language – Hearing Association (ASHA) [1990]. Guidelines for screening for hearing impairment and middle-ear disorders „ASHA” 32, Supl. 2, 17-24.
- Brooks D. N. [1985]. Acoustic impedance measurements as a screening procedure in children: Discussion paper. „J. R. Soc. Med.” 78, 119-121.
- Downs M. P. [1978]. Auditory screening. „Otolaryngologic Clinics in North America” 11, 611-629.
- Hallet C. P. [1982]. The screening and epidemiology of middle-ear disease in a population of primary school entrants. „J. Laryngol. Otol.” 96, 899-914.
- Kruk-Zagajewska A., Szmaja Z., Prusiewicz A. [1967]. Wyniki eliminacji grupowej słuchu u dzieci szkolnych za pomocą audiometrii mowy „Otolaryngol. Pol.” 21(2), 173-178.
- Leske M. C. [1981]. Prevalence estimates of communicative disorders in the U. S.: „Language, hearing, and vestibular disorders. „ASHA” 23, 229-237.
- Mc Kenzie E., Magian V., Stokes R. [1982]. A study of the recommended pass/fail criteria for impedance audiometry with school age children. „J. Otolaryngol.” 11, 40-45.
- Niskar A. S., Kieszak S. M., Holmes A. E., Esteban E., Rubin C., Brody D. J. [2001]. Estimated prevalence of noise induced threshold shifts among children 6 to 19 years of age: The Third National Health and Nutrition Examination Survey, 1988-1994 United States. „Pediatrics” 108(1), 40-43.
- Renvall U., Liden G. [1980]. Screening procedure for detection of middle and cochlear disease. „Ann. Otol. Rhinol. Laryngol.” 89, Supl. 68, 214-216.