

Porównanie progów słyszenia wyznaczonych za pomocą różnych aplikacji na telefony komórkowe

Comparing of hearing thresholds determined with the help of different apps for mobile phones

Rita Zdanowicz^{1A-F}, Krzysztof Kochanek^{2AC-E}, Natalia Czajka^{1E},
Piotr H. Skarżyński^{1,3,4G}

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

¹ Instytut Fizjologii i Patologii Słuchu, Światowe Centrum Słuchu, Zakład Teleaudiologii i Badań Przesiewowych, Warszawa/Kajetany

² Instytut Fizjologii i Patologii Słuchu, Światowe Centrum Słuchu, Warszawa/Kajetany

³ Warszawski Uniwersytet Medyczny, II Wydział Lekarski, Zakład Niewydolności Serca i Rehabilitacji Kardiologicznej, Warszawa

⁴ Instytut Narządów Zmysłów, Kajetany

Streszczenie

Wstęp: Wady słuchu należą do najczęstszych, biorąc pod uwagę uszkodzenia narządów zmysłów. Na niedosłuch cierpi ponad 1,5 mld ludzi na świecie. Duża część z nich zamieszkuje obszary, w których nie ma dostępu do opieki audiologicznej i odpowiednich badań. Późno rozpoznany lub nieleczone ubytek słuchu może doprowadzić do poważnych konsekwencji, dlatego tak ważna jest profilaktyka i przeprowadzanie badań przesiewowych słuchu. Dzięki rozwojowi technologii dobrą alternatywą dla badań audiometrycznych wykonywanych na profesjonalnych urządzeniach mogą być aplikacje badające słuch na telefony komórkowe. Istnieje cały szereg aplikacji na smartfony, które mają na celu sprawdzenie stanu słuchu, szerzenie świadomości na temat niedosłuchów i konieczności wczesnego rozpoznania, diagnozowania i podejmowania terapii audiologicznej.

Cel: Celem pracy była ocena przydatności wybranych aplikacji telefonicznych pod kątem użyteczności do badań słuchu u osób dorosłych oraz określenie dokładności wyznaczania progów słyszenia za pomocą aplikacji na smartfony w porównaniu z Platformą Badań Zmysłów.

Materiał i metody: Przeprowadzono badania porównawcze w grupie 21 osób w wieku 24–63 lata. Wyznaczono progi słyszenia za pomocą Platformy Badań Zmysłów oraz trzech aplikacji: Tester Słuchu, Badanie Słuchu i Hearing Test.

Wyniki: Analiza wyników badań wykazała, że aplikacje na telefon komórkowy dają podobne wyniki do tych uzyskanych za pomocą Platformy Badań Zmysłów. Najbardziej zbliżone wyniki uzyskano za pomocą aplikacji Badanie Słuchu. Dla wszystkich częstotliwości odsetek różnic, nie większych niż 10 dB, pomiędzy progami wyznaczonymi za pomocą aplikacji i audiometru – Platformą Badań Zmysłów, przekraczał 90%. Równie dobry wynik uzyskano za pomocą aplikacji Hearing Test. Najgorsze wyniki uzyskano w przypadku aplikacji Tester Słuchu, która wykazała najmniejszą zgodność z wynikami uzyskanymi za pomocą Platformy Badań Zmysłów, zwłaszcza dla częstotliwości 250 Hz.

Wnioski: Przeprowadzone badania pokazały, że testowane aplikacje mogą być stosowane jako narzędzie do przesiewowego badania słuchu, a wyniki uzyskane za pomocą aplikacji w większości przypadków pokrywają się z wynikami uzyskanymi na Platformie Badań Zmysłów.

Słowa kluczowe: aplikacje do badań słuchu • przesiewowe badania słuchu • teleaudiologia

Adres autora: Rita Zdanowicz, Zakład Teleaudiologii i Badań Przesiewowych, Światowe Centrum Słuchu, Instytut Fizjologii i Patologii Słuchu, Kajetany, ul. Mokra 17, 05-830, Nadarzyn; email: r.zdanowicz@ifps.org.pl

Abstract

Introduction: Hearing defect is the most common damage of the sensory organs. Over 1.5 billion people suffer from hearing loss in the world. A lot of them live in the areas where there is no access to audiological care and appropriate tests. Late diagnosis or lack of treatment can lead to serious consequences, that's why it is so important to implement prophylaxis and hearing screening tests. Thanks to the development of technology, a good alternative to audiometric tests, performed on professional devices, are mobile phones. There are different smartphone apps developed to check the condition of hearing, to spread awareness about hearing loss and the necessity for early diagnosis, diagnosis and audiological therapy.

Aim: The aim of the research was the evaluation of the usefulness of selected telephone applications in terms of usability in hearing tests in adults and to define the accuracy of determination of hearing thresholds using a smartphone app compared to a Senses Examination Platform.

Material and methods: A comparative test was conducted in a group of 21 people aged 24 to 63 years old. Hearing thresholds were determined with Senses Examination Platform and three applications: Tester Słuchu, Badanie Słuchu and Hearing Test.

Results: The analysis of the research results showed that mobile phone applications gave the similar results to those obtained using the Senses Examination Platform. The closest results were produced with the Badanie Słuchu application. For all frequencies the percentage of differences between the programs, determined using the application and the audiometer – Platform Sensory Research, exceeded 90%. An equally good result was obtained with the application Hearing Test. The worst results were produced with the Tester Słuchu app which showed the lowest match with the results obtained with the Senses Examination Platform, especially for a frequency of 250 Hz.

Conclusions: The conducted research has shown that the tested applications can be used as a hearing screening tool, and the results obtained with the application in most cases coincide with the results obtained with the Senses Examination Platform.

Key words: hearing test applications • hearing screening test • teleaudiology

Wprowadzenie

Wszechobecny hałas i starzenie się społeczeństwa sprawiają, że uszkodzenie słuchu należy do najczęstszych, biorąc pod uwagę uszkodzenia narządów zmysłów, a wady słuchu stały się chorobą cywilizacyjną. Szacuje się, że ponad 1,5 mld ludzi na świecie żyje z ubytkiem słuchu, a do 2030 r. liczba ta może wzrosnąć do 2,5 mld [1,2]. Ogromna większość z nich mieszka w krajach o niskim i średnim dochodzie, w których brakuje dostępu do niezbędnych usług medycznych [2–4]. Wczesne rozpoznanie ubytku słuchu na podstawie badania przesiewowego jest ważne w kontekście przeciwdziałania jego negatywnych skutków [5,6]. Utrata słuchu ma istotny wpływ na samopoczucie, funkcjonowanie psychospołeczne i niezależność ekonomiczną. Jeśli niedosłuch pojawił się w dzieciństwie, przed rozwojem mowy, może powodować trudności w rozwoju języka, a w konsekwencji ograniczać postępy edukacyjne [1,4,5,7]. Nawet minimalne jednostronne, trwałe, nieleczone ubytki słuchu mogą skutkować gorszymi wynikami w nauce, większą częstością występowania niepowodzeń szkolnych, dysfunkcjami w sferze zachowania oraz niskim poczuciem własnej wartości [1,5]. Badania wykazują, że oprócz wysokiego odsetka ubytku słuchu wśród osób dorosłych, istnieje duża grupa tych osób, które opóźniają leczenie lub pozostawiają ubytek słuchu bez leczenia. Nieleczony ubytek słuchu u starszych osób skutkuje gorszym stanem psychicznym, komunikacyjnym oraz obniżeniem funkcji poznawczych i zwiększa ryzyko rozwoju demencji [8]. Ubytek słuchu wiąże się również z wysokimi kosztami społecznymi, wynikającymi głównie z utraty produktywności [1,7,9]. Jeśli zostanie wcześniej rozpoznany i leczony, można uniknąć wielu jego negatywnych skutków [5,7,9].

Przeprowadzenie badań przesiewowych w kierunku niedosłuchu jest zasadne w każdej grupie wiekowej. W grupie noworodków ich celem jest wykrycie wrodzonych wad słuchu; u dzieci w wieku szkolnym – wykrycie nabytego lub wcześniej niezdiagnozowanego wrodzonego ubytku słuchu; u osób starszych – zidentyfikowanie ubytku słuchu związanego z wiekiem [7,9]. Ponadto badania przesiewowe

w kierunku niedosłuchu przeprowadza się w badaniach populacyjnych w celu określenia rozmiarów zjawiska i odpowiedniego zaplanowania świadczeń [7].

Obecnie złotym standardem w badaniach przesiewowych słuchu dla osób w wieku ≥ 4 lat jest audiometria tonalna. Jednak przeszkody finansowe i logistyczne sprawiają, że nie jest ona dostępna w każdym ośrodku zdrowia na świecie [5,10,11]. W ostatnich latach wzrasta zainteresowanie zastosowaniem łączności globalnej w celu poszerzenia dostępu do usług medycznych [12]. Dla audiologii oznacza to wprowadzenie nowych modeli i procedur przeprowadzania badań słuchu. Dzięki rozwojowi nauki i technologii wzrosło wykorzystanie urządzeń przenośnych o najróżniejszych zastosowaniach, a aplikacje oparte na androidach i systemie iOS odpowiadają na szereg potrzeb ich użytkowników [2]. Na przestrzeni ostatnich lat opracowano wiele aplikacji na urządzenia przenośne, które ułatwiają wczesną diagnozę ubytku słuchu. Są to urządzenia obsługiwane przez użytkownika, tanie i łatwo dostępne [5]. Aby przeprowadzić badanie, należy jedynie zainstalować daną aplikację, nie jest wymagane posiadanie fachowego sprzętu ani specjalistycznej wiedzy. Z powodu mniejszej dostępności badań przesiewowych słuchu dla osób dorosłych, łatwy dostęp do aplikacji sprawdzających słuch, wydaje się być dobrą alternatywą.

Material i metody

Badania przeprowadzono na grupie 21 osób – 11 kobiet i 10 mężczyzn, w wieku od 24 do 63 lat. Średni wiek wyniósł 35 lat. Łącznie przebadano 42 uszu. U 16 osób stwierdzono normę słuchową, a u 5 słuch nieprawidłowy, przy czym za nieprawidłowy wynik badania przyjęto wartość progu słyszenia powyżej 25 dB HL dla co najmniej jednej częstotliwości w jednym uchu. Dwie osoby przed wykonaniem badania zasygnalizowały problemy ze słyszeniem. Trzy osoby (w tym dwie zgłaszające niedosłuch) skarżyły się na występowanie szumów usznych. Wszyscy badani to osoby mieszkające w mieście.

Tabela 1. Średnie różnice pomiędzy progami słyszenia (dB) wyznaczonymi za pomocą poszczególnych aplikacji oraz za pomocą Platformy Badań Zmysłów**Table 1.** Mean differences between hearing thresholds (dB) determined using individual apps and using the Senses Examination Platform

Rodzaj aplikacji	Częstotliwość [Hz]					
	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	8000 Hz
Tester Słuchu	12 ± 4,5	5,2 ± 5,9	4,3 ± 5,9	5 ± 6	6,5 ± 6,7	0,6 ± 6,6
Badanie Słuchu	2,4 ± 6,1	4,5 ± 5,3	1,9 ± 5,5	1,4 ± 6,8	0,5 ± 6,2	0,4 ± 7,4
Hearing Test	1,2 ± 5,9	2,7 ± 5,7	1,7 ± 6,2	2,4 ± 6,5	0,4 ± 7,4	8,8 ± 9,6

Badania przebiegały kilkietapowo. W pierwszej kolejności dokonano przeglądu aplikacji dostępnych w sklepie Google Play. Główne kryteria, które brano pod uwagę przy wyborze aplikacji, były następujące: wynik badania przedstawiony w postaci audiogramu, aplikacje obsługiwane w języku polskim lub angielskim, aplikacje darmowe, a dodatkowo – prostota i intuicyjna obsługa. Ostatecznie wyłoniono trzy aplikacje: Hearing Test, Badanie Słuchu i Tester Słuchu. Do przeprowadzenia badań wybrano ciche i odizolowane miejsca, a poziom hałasu w pomieszczeniach sprawdzono za pomocą aplikacji na telefon komórkowy pn. Miernik dźwięku (wersja 1.66). W żadnym z pomieszczeń natężenie dźwięku nie przekraczało 20 dB SPL.

W drugim etapie za pomocą Platformy Badań Zmysłów przeprowadzono badanie audiometryczne metodą wstępującą oddzielnie dla każdego ucha dla przewodnictwa powietrznego; uwzględniono sześć częstotliwości: 250, 500, 1000, 2000, 4000 i 8000 Hz. Natężenie tonu zmieniano ze skokiem 5 dB. Zadaniem osoby uczestniczącej w badaniu było naciśnięcie przycisku w momencie, gdy zaczęła słyszeć dźwięk. Wynikiem badania był audiogram.

W kolejnym etapie badania przeprowadzono za pomocą trzech aplikacji na telefon komórkowy: Hearing Test, Badanie Słuchu i Tester Słuchu. Badania były przeprowadzane przez tę samą osobę, na tym samym urządzeniu i przy użyciu tych samych słuchawek. Korzystano z telefonu komórkowego Xiaomi Redmi Note 5A Prime MDG6S i komercyjnych słuchawek dousznych marki Panasonic. Badani zostali poinformowani, w jaki sposób będzie przebiegać badanie. Ustalono sposób sygnalizacji za pomocą podniesienia ręki – gdy dźwięk zacznie być słyszalny – i jej opuszczenia, gdy przestanie być słyszalny. Badanie za pomocą Platformy Badań Zmysłów trwało średnio 6 minut, a za pomocą każdej z aplikacji ok. 2–3 minuty. Czas trwania badania dla jednej osoby wyniósł ok. 15 min. Badania za pomocą aplikacji przeprowadzono w kolejności losowej.

Wyniki

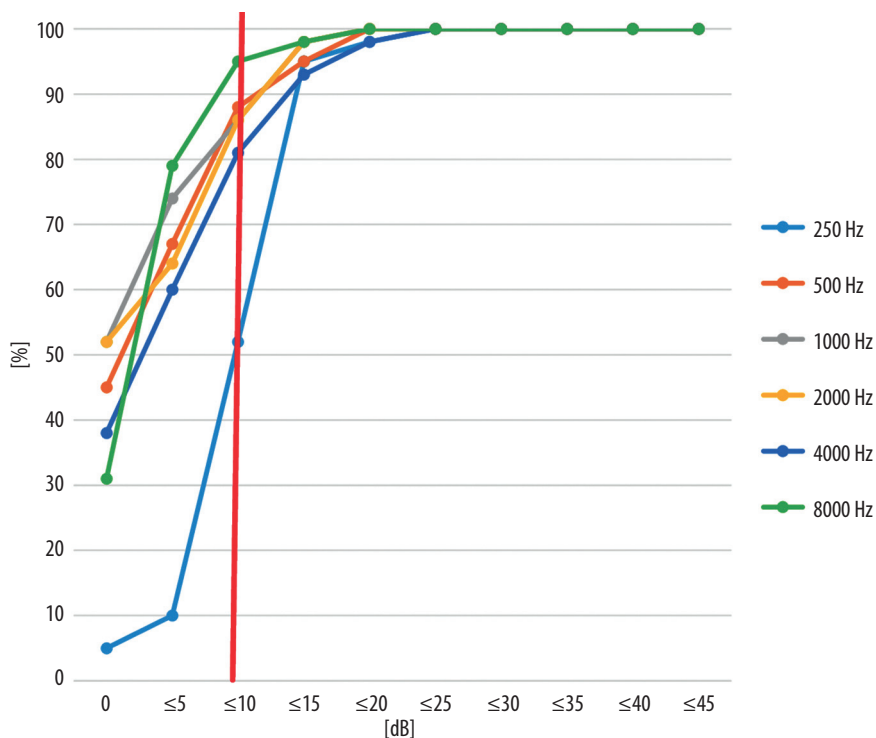
Przed przystąpieniem do analizy wyników ważnym zagadnieniem było określenie dokładności wyznaczania progów słyszenia, a następnie porównanie wyników otrzymanych za pomocą aplikacji z wynikami uzyskanymi za pomocą Platformy Badań Zmysłów. W pierwszym etapie wyznaczono średnią arytmetyczną i odchylenie standardowe dla różnic między progami uzyskanymi w poszczególnych aplikacjach i za pomocą Platformy Badań Zmysłów (**tabela 1**).

Dla częstotliwości 250, 500, 1000 i 4000 Hz najmniejsze różnice pomiędzy progami występowały w badaniach wykonanych za pomocą aplikacji Hearing Test. Natomiast dla częstotliwości 2000 i 8000 Hz najmniejsze różnice występowały w przypadku aplikacji Badanie Słuchu. Największą różnicę odnotowano dla częstotliwości 250 Hz w aplikacji Tester Słuchu.

Następnie wyznaczono skumulowane liczebności wartości bezwzględnych różnic pomiędzy progami słyszenia wyznaczonymi za pomocą poszczególnych aplikacji i Platformy Badań Zmysłów dla wszystkich częstotliwości. W badaniu za pomocą aplikacji Tester Słuchu największe różnice progów wystąpiły dla częstotliwości 250 Hz. Maksymalna różnica dla tej częstotliwości wyniosła 25 dB, a najczęściej występujące różnice to 10 i 15 dB. Najwyższa różnica dla 500 Hz to 20 dB, najczęściej powtarzającymi się różnicami było 5 i 10 dB. Wśród częstotliwości średnich – 1000 i 2000 Hz – najczęściej występującą różnicą było 0 dB. Tylko w jednym pomiarze różnica pomiędzy progami wyniosła 20 dB. W przypadku częstotliwości wysokich – 4000 i 8000 Hz – wśród wszystkich pomiarów tylko raz została przekroczona granica 25 dB (dla 4000 Hz), najczęściej powtarzającymi się różnicami było 0 i 5 dB.

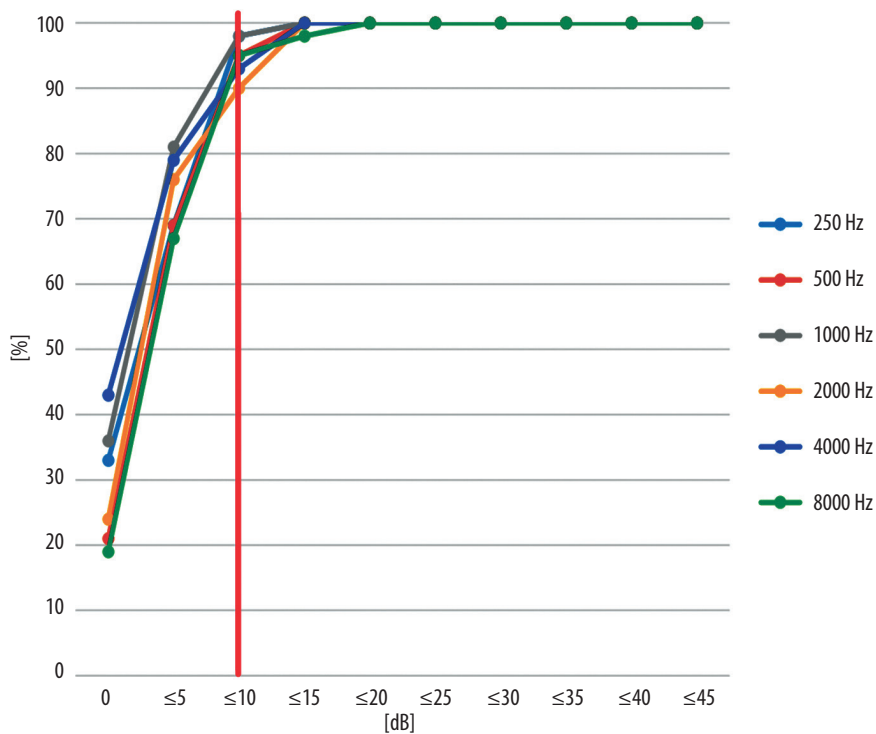
Na **rycynie 1** przedstawiono wykresy skumulowanych liczebności różnic dla wszystkich częstotliwości. Odsetek różnic pomiędzy progami nieprzekraczający 10 dB wyniósł 52% dla częstotliwości 250 Hz, 88% dla 500 Hz, 86% dla 1000 Hz, 86% dla 2000 Hz, 81% dla 4000 Hz i 95% dla 8000 Hz. Wyniki pomiarów dla 250 Hz zdecydowanie odbiegały od wyników uzyskanych dla pozostałych częstotliwości.

Na **rycynie 2** przedstawiono zbiorczy wykres skumulowanych liczebności różnic pomiędzy progami słyszenia wyznaczonymi za pomocą aplikacji Badanie Słuchu oraz za pomocą Platformy Badań Zmysłów. W przypadku aplikacji Badanie Słuchu dla żadnej częstotliwości różnice pomiędzy progami nie przekroczyły 25 dB, a różnica 20 dB wystąpiła tylko raz dla częstotliwości 8000 Hz. Wykresy dla wszystkich częstotliwości są bardzo zbliżone. Najczęściej występowały różnice 0 i 5 dB. Odsetek różnic pomiędzy progami nieprzekraczających 10 dB wyniósł 98% dla częstotliwości 250 Hz, 95% dla 500 Hz, 98% dla 1000 Hz, 90% dla 2000 Hz, 93% dla 4000 Hz i 95% dla 8000 Hz. Najczęściej powtarzające się różnice nie przekraczają 10 dB, co jest bardzo dobrym wynikiem. Odnotowano tylko jeden wynik powyżej 20 dB na 8000 Hz.



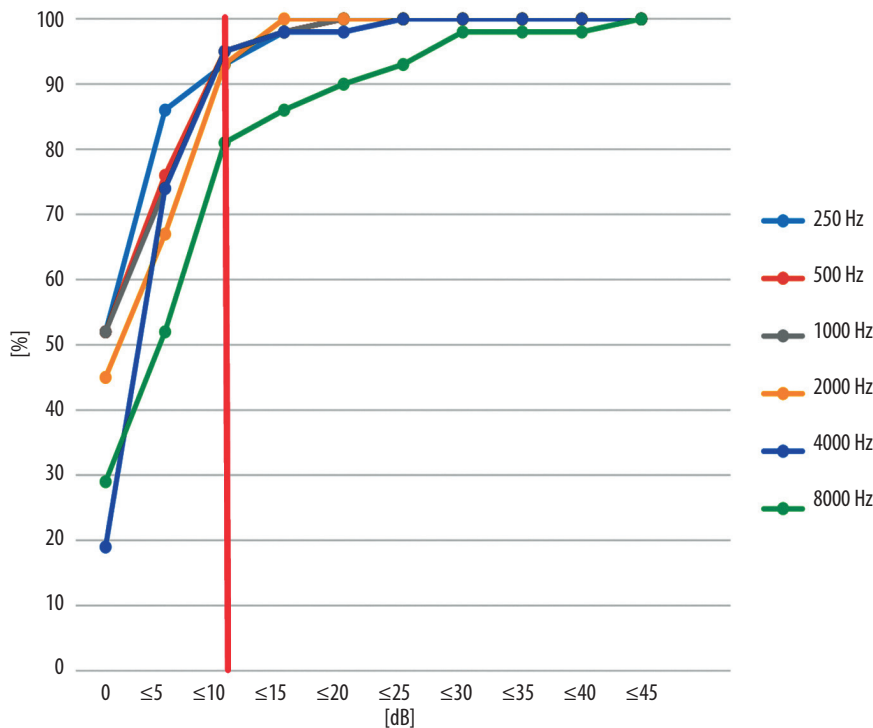
Rycina 1. Zbiorczy wykres skumulowanych liczebności różnic pomiędzy progami słyszenia wyznaczonymi za pomocą aplikacji Tester Słuchu oraz za pomocą Platformy Badań Zmysłów dla poszczególnych częstotliwości

Figure 1. Summary plot of cumulative counts of differences between hearing thresholds determined with the Tester Słuchu application and with the Senses Examination Platform for each frequency



Rycina 2. Zbiorczy wykres skumulowanych liczebności różnic pomiędzy progami słyszenia wyznaczonymi za pomocą aplikacji Badanie Słuchu oraz za pomocą Platformy Badań Zmysłów dla poszczególnych częstotliwości

Figure 2. Summary plot of cumulative counts of differences between hearing thresholds determined using the Badanie Słuchu application and using the Senses Examination Platform for each frequency



Rycina 3. Zbiórny wykres skumulowanych liczebności różnic pomiędzy progami słyszenia wyznaczonymi za pomocą aplikacji Hearing Test oraz za pomocą Platformy Badań Zmysłów dla poszczególnych częstotliwości

Figure 3. Summary plot of cumulative counts of differences between hearing thresholds determined using the Hearing Test app and using the Senses Examination Platform for each frequency

Tabela 2. Odsetek wartości bezwzględnych różnic pomiędzy progami słyszenia wyznaczonymi za pomocą poszczególnych aplikacji oraz za pomocą Platformy Badań Zmysłów, nieprzekraczających 10 dB dla poszczególnych częstotliwości

Table 2. Percentage of absolute values of differences between hearing thresholds determined with individual apps and with the Senses Examination Platform not exceeding 10 dB for individual frequencies

Rodzaj aplikacji	Częstotliwość [Hz]					
	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	8000 Hz
Tester Słuchu	52%	88%	86%	86%	81%	95%
Badanie Słuchu	98%	95%	98%	90%	93%	95%
Hearing Test	93%	95%	95%	93%	95%	81%

Na rycinie 3 przedstawiono wykresy skumulowanych liczebności różnic w teście Hearing Test dla wszystkich częstotliwości. Największe różnice pomiędzy progami odnotowano dla częstotliwości 8000 Hz. Maksymalna różnica dla tej częstotliwości wyniosła 45 dB, a najczęściej występującymi różnicami było 0 dB i 10 dB. Najwyższa różnica dla 250 Hz, 500 Hz i 1000 Hz to 20 dB, dla 2000 Hz – 15 dB, a dla 4000 Hz – 25 Hz. Jednak dla częstotliwości 250, 500 i 1000 Hz ponad połowa wyników nie przekroczyła 0 dB, co jest bardzo dobrym rezultatem. Odsetek różnic nieprzekraczających 10 dB pomiędzy progami wynosił: 93% dla częstotliwości 250 Hz, 95% dla 500 Hz, 95% dla 1000 Hz, 93% dla 2000 Hz, 95% dla 4000 Hz i 81% dla 8000 Hz. Większość różnic nie przekraczała 10 dB. Natomiast na wysokich częstotliwościach odnotowano jeden wynik powyżej 45 dB i dwa wyniki powyżej 30 dB.

W tabeli 2 zaprezentowano odsetek wartości bezwzględnych różnic pomiędzy progami słyszenia wyznaczonymi za pomocą poszczególnych aplikacji oraz za pomocą Platformy Badań Zmysłów nieprzekraczających 10 dB dla poszczególnych częstotliwości. Zestawiono odsetek różnic pomiędzy progami, które nie przekraczały 10 dB. Biorąc pod uwagę wszystkie częstotliwości największy odsetek różnic nieprzekraczających 10 dB stwierdzono dla aplikacji Badanie Słuchu. Dla wszystkich częstotliwości odsetek tych różnic przekraczał 90%. Dla częstotliwości 250 i 1000 Hz wyniósł aż 98%. Równie dobrze wypadła aplikacja Hearing Test. Tylko na jednej częstotliwości (8000 Hz) wynik był poniżej 90%. Spośród tych trzech aplikacji najgorsze wyniki odnotowano w przypadku aplikacji Tester Słuchu. Dla wszystkich częstotliwości, oprócz 250 Hz, odsetek różnic, nie większych niż 10 dB, pomiędzy progami przekroczył 80%. Szczególnie dobry wynik

odnotowano dla 8000 Hz – 95%. Najślabszy wynik to tylko 52% na 250 Hz.

Analiza wyników badań wykazała, że największą zgodność z wynikami uzyskanymi za pomocą Platformy Badań Zmysłów daje aplikacja Badanie Słuchu. Dla pozostałych aplikacji gorsze wyniki uzyskano dla częstotliwości 250 Hz (Tester Słuchu) i dla 8000 Hz (Hearing Test). Jako dopuszczalny błąd badania uznano 10 dB różnicy między progami wyznaczonymi za pomocą Platformy Badań Zmysłów a aplikacjami. Wszystkie trzy aplikacje uzyskały satysfakcjonujące wyniki, w których bezwzględne różnice nie przekraczały 10 dB. Najlepszy wynik uzyskano za pomocą aplikacji Badanie Słuchu – dla wszystkich częstotliwości w ponad 90% przypadków bezwzględne różnice pomiędzy progami nie przekraczały 10 dB. Odsetek różnic nieprzekraczających 10 dB wyniósł aż 98% dla częstotliwości 1000 i 2000 Hz. Dla aplikacji Hearing Test odsetek ten tylko dla 8000 Hz był poniżej 90%, a dla częstotliwości 250 Hz i 1000 Hz wyniósł 98%. Natomiast w przypadku aplikacji Tester Słuchu odsetek dla wszystkich częstotliwości przekroczył 80%, a na 8000 Hz – nawet 90%. Spośród wszystkich częstotliwości najniższy odsetek różnic nieprzekraczających 10 dB stwierdzono dla częstotliwości 250 Hz dla aplikacji Tester Słuchu.

Badania przeprowadzone przez twórcę aplikacji Tester Słuchu wykazały średni błąd wyznaczania progów słyszenia dla aplikacji i audiometru wynoszący 5,2 dB. Natomiast audiogramy dla aplikacji miały podobny kształt do uzyskanych za pomocą klasycznego audiometru [14]. Brakuje publikacji innych badaczy, aby stwierdzić, skąd wynika tak słaby wynik dla częstotliwości 250 Hz. Należy wziąć pod uwagę zakres natężenia w Platformie Badań Zmysłów, w przypadku której najniższa wartość wynosi 0 dB. Może gdyby obejmowała też minusowe natężenia, różnice między Platformą a aplikacją byłyby mniejsze.

Inna publikacja dotycząca użyteczności aplikacji Badanie Słuchu pokazuje, że jest ona skutecznym narzędziem do samodzielnej oceny słuchu. Oszacowano, że bezwzględna różnica w wyznaczonych progach słyszenia za pomocą aplikacji i konwencjonalnego audiometru wynosiła mniej niż 8,8 dB [15].

Dyskusja

Uzyskane w pracy wyniki potwierdzają wnioski z prac innych autorów i wskazują, że testowane aplikacje mogą służyć do samodzielnego badania słuchu, a wynik nieprawidłowy powinien skłonić do wizyty u specjalisty. Badania przeprowadzane przez różnych badaczy na całym świecie pokazują, że pomiary uzyskiwane za pomocą aplikacji na telefony komórkowe dają wiarygodne wyniki. Pojawienie się możliwości sprawdzenia słuchu za pomocą telefonu komórkowego zwiększyło szanse na dotarcie z tym badaniem do większej liczby osób, zwłaszcza mieszkających w rejonach, gdzie dostęp do specjalistów jest utrudniony.

Badania, których celem było dokonanie oceny tajwańskiej aplikacji Ear Scale przeznaczonej do przeprowadzania rutynowych badań przesiewowych słuchu u dzieci w wieku szkolnym, wykazały, że wyniki testu wykazują dużą zgodność z wynikami uzyskanymi za pomocą konwencjonalnego audiometru. Aplikacja osiągnęła 100-procentową czułość

i specyficzność, co oznacza, że może być używana do przeprowadzania przesiewowych badań słuchu [4].

Testując aplikację Audiogram Mobile stwierdzono, że wyniki osiągnięte za pomocą aplikacji są podobne (choć nie jednakowe) w porównaniu do złotego standardu. Ustalono, że aplikacja może służyć do orientacyjnego badania słuchu [16].

Aplikacja uSound pozwala na samodzielne wykonanie badania słuchu, a wyniki uzyskane za jej pomocą pokrywają się z wynikami uzyskanymi za pomocą standardowych urządzeń [17].

Badając użyteczność aplikacji uHear, wskazano, że jest to aplikacja, która może być dokładna w ocenie progów słyszenia i badaniach przesiewowych w przypadku lekkich lub większych ubytków słuchu [11]. Jest miarodajna przy ilościowym określaniu stopnia ubytku słuchu pacjentów, o których wiadomo, że mają nieprawidłowy słuch. Aplikacja jest czuła na wykrywanie zmian w zakresie wysokich częstotliwości, a mobilność i łatwość użytkowania sprawiają, że jest odpowiednia do stosowania w społecznościach krajów rozwijających się, które nie posiadają programów przesiewowych [3].

Wdrażanie programów badań przesiewowych słuchu jest konieczne do wczesnej identyfikacji osób z ubytkiem słuchu, a dokładne rozpoznanie powinno doprowadzić do rozpoczęcia stosownych działań – leczenia i rehabilitacji. Dzięki szybkiemu rozwojowi technologicznemu możliwe staje się przeprowadzenie wstępnego, orientacyjnego badania audiometrycznego za pomocą telefonów komórkowych i zainstalowanych na nich aplikacji. Badanie takie można przeprowadzić w zaciszu swojego domu, a jedynym wymogiem jest posiadanie smartfonu z dostępem do Internetu. Te zmiany mogą przynieść duże korzyści i poprawić wyniki w dziedzinie audiologii. Dzięki oferowanym możliwościom, przy użyciu łatwo dostępnych technologii, audiolodzy będą mieli możliwość sprawniejszego dotarcia do grupy osób potrzebujących konsultacji i zaoferowania odpowiedniej usługi medycznej.

Należy jednak pamiętać o ograniczeniach aplikacji, a m.in. o tym, że oceniają one jedynie przewodnictwo powietrzne, a co najważniejsze – służą jedynie pogłądowej ocenie słuchu i nie zastąpią profesjonalnego badania wykonane przez fachowca.

Wnioski

Na podstawie analizy uzyskanych wyników sformułowane następujące wnioski:

1. Progi słyszenia wyznaczone za pomocą ocenianych aplikacji w większości przypadków pokrywają się z wynikami uzyskanymi za pomocą Platformy Badań Zmysłów.
2. W badaniu przeprowadzonym przy pomocy aplikacji Tester Słuchu nie jest możliwe uzyskanie wiarygodnych wyników dla częstotliwości 250 Hz, natomiast w przypadku aplikacji Hearing Test – dla 8000 Hz.
3. Testowane aplikacje mogą być stosowane jako narzędzia do przesiewowego badania słuchu.

Piśmiennictwo

1. World Health Organization. Deafness and hearing loss, https://www.who.int/health-topics/hearing-loss#tab=tab_1 [dostęp: 16.03.2022].
2. Sandström J, Swanepoel de W, Carel Myburgh H, Laurent C. Smartphone threshold audiometry in underserved primary health-care contexts. *Int J Audiol*, 2016; 55(4): 232–8.
3. Peer S, Fagan JJ. Hearing loss in the developing world: evaluating the iPhone mobile device as a screening tool. *S Afr Med J*, 2015; 105(1): 35–9.
4. Chu YC, Cheng YF, Lai YH, Tsao Y, Tu TY, Young ST i wsp. A mobile phone-based approach for hearing screening of school-age children: cross-sectional validation study. *JMIR Mhealth Uhealth*, 2019; 7(4): e12033.
5. Prithivi T, Nayak CK, Kavitha GS, Shoban B, Jeevan G, Pruthvik SP i in. Comparison of hearing thresholds using audiometric versus android-based application. *Indian J Otol*, 2019; 25: 206–9.
6. Wu W, Lü J, Li Y, Kam AC, Fai Tong MC, Huang Z i wsp. A new hearing screening system for preschool children. *Int J Pediatr Otorhinolaryngol*, 2014; 78(2): 290–5.
7. Bright T, Pallawela D. Validated smartphone-based apps for ear and hearing assessments: a review. *JMIR Rehabil Assist Technol*, 2016; 3(2): e13.
8. Barczik J, Serpanos YC. Accuracies of smartphone self-hearing test applications across frequencies and earphone styles in adults. *Am J Audiol*, 2018; 27(4): 570–80.
9. Dewyer NA, Jiradejvong P, Lee DS, Kemmer JD, Henderson Sabes J, i wsp. Automated smartphone audiometry: a preliminary validation of a bone-conduction threshold test app. *Ann Otol Rhinol Laryngol*, 2019; 128(6): 508–15.
10. Szudek J, Ostevik A, Dziegielewski P, Robinson-Anagor J, Gomma N, i wsp. Can uHear me now? Validation of an iPod-based hearing loss screening test. *J Otolaryngol Head Neck Surg*, 2012; 41 (Suppl. 1): S78–84.
11. Al-Abri R, Al-Balushi M, Koletheekkat A, Bhargava D, Al-Alwi A, Al-Bahlani H i wsp. The accuracy of IOS Device-based uHear as a screening tool for hearing loss: a preliminary study from the Middle East. *Oman Med J*, 2016; 31(2): 142–5.
12. Swanepoel de W, Myburgh HC, Howe DM, Mahomed F, Eikelboom RH. Smartphone hearing screening with integrated quality control and data management. *Int J Audiol*, 2014; 53(12): 841–9.
13. Bush ML, Sprang R. Management of hearing loss through telemedicine. *JAMA Otolaryngol Head Neck Surg*, 2019; 145(3): 204–5.
14. Krzyzek K, Klaczynski M. Hearing tester – mobile application for hearing loss screening. *Diagnostyka*, 2019; 20(3): 87–95.
15. Renda L, Selçuk ÖT, Eyigör H, Osma Ü, Yılmaz MD. Smartphone based audiometric test for confirming the level of hearing: Is it useable in underserved areas? *J Int Adv Otol*, 2016; 12(1): 61–6.
16. Corry M, Sanders M, Searchfield GD. The accuracy and reliability of an app-based audiometer using consumer headphones: pure tone audiometry in a normal hearing group. *Int J Audiol*, 2017; 56(9): 706–10.
17. Kutymba J, Kochanek K, Piłka A, Skarżyński PH. Wykorzystanie aplikacji uSound do badań przesiewowych słuchu u osób dorosłych. *Now Audiofonol*, 2018; 7(2): 17–24.