POLITECHNIKA GDAŃSKA

Imię i nazwisko autora rozprawy: **Piotr Szymański**
Dyscyplina naukowa: Informatyka Techniczna i Telekomunikacja

ROZPRAWA DOKTORSKA

Tytuł rozprawy w języku polskim: **System oceny efektywności użytkowania aparatów słuchowych**

Tytuł rozprawy w języku angielskim: **Hearing aid use effectiveness evaluation system**

Doktorat wdrożeniowy

Promotor *podpis*	Drugi promotor *podpis*
prof. dr hab. inż. Bożena Kostek	<Tytuł, stopień, imię i nazwisko>
Promotor pomocniczy *podpis*	Kopromotor *podpis*
<Stopień, imię i nazwisko>	<Tytuł, stopień, imię i nazwisko>

Gdańsk, rok 2023

MOST WIEDZY Pobrano z mostwiedzy.pl

ROZPRAWA DOKTORSKA

Politechnika Gdańska

Wydział Elektroniki, Telekomunikacji i Informatyki

Szkoła Doktorska Wdrożeniowa

System oceny efektywności użytkowania aparatów słuchowych

Hearing aid use effectiveness evaluation system

Piotr Szymański

Doktorat wdrożeniowy

Promotor: prof. dr hab. inż. Bożena Kostek

Opiekun ze strony firmy: dr inż. Tomasz Poremski

Dyscyplina naukowa: informatyka techniczna i telekomunikacja

Gdańsk, 2023

MOST WIEDZY Pobrano z mostwiedzy.pl

POLITECHNIKA GDAŃSKA

OŚWIADCZENIE

Autor rozprawy doktorskiej: Piotr Szymański

Ja, niżej podpisany(a), oświadczam, iż jestem świadomy(a), że zgodnie z przepisem art. 27 ust. 1 i 2 ustawy z dnia 4 lutego 1994 r. o prawie autorskim i prawach pokrewnych (t.j. Dz.U. z 2021 poz. 1062), uczelnia może korzystać z mojej rozprawy doktorskiej zatytułowanej:
System oceny efektywności użytkowania aparatów słuchowych
do prowadzenia badań naukowych lub w celach dydaktycznych.[1]

Gdańsk, dnia ....

podpis doktoranta

Świadomy(a) odpowiedzialności karnej z tytułu naruszenia przepisów ustawy z dnia 4 lutego 1994 r. o prawie autorskim i prawach pokrewnych i konsekwencji dyscyplinarnych określonych w ustawie Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz.U.2021.478 t.j.), a także odpowiedzialności cywilno-prawnej oświadczam, że przedkładana rozprawa doktorska została napisana przeze mnie samodzielnie.
Oświadczam, że treść rozprawy opracowana została na podstawie wyników badań prowadzonych pod kierunkiem i w ścisłej współpracy z promotorem prof. dr hab. inż. Bożeną Kostek.
Niniejsza rozprawa doktorska nie była wcześniej podstawą żadnej innej urzędowej procedury związanej z nadaniem stopnia doktora.
Wszystkie informacje umieszczone w ww. rozprawie uzyskane ze źródeł pisanych i elektronicznych, zostały udokumentowane w wykazie literatury odpowiednimi odnośnikami zgodnie z art. 34 ustawy o prawie autorskim i prawach pokrewnych.
Potwierdzam zgodność niniejszej wersji pracy doktorskiej z załączoną wersją elektroniczną.

Gdańsk, dnia ....

podpis doktoranta

Ja, niżej podpisany(a), wyrażam zgodę/nie wyrażam zgody* na umieszczenie ww. rozprawy doktorskiej w wersji elektronicznej w otwartym, cyfrowym repozytorium instytucjonalnym Politechniki Gdańskiej.

Gdańsk, dnia ....

podpis doktoranta

*niepotrzebne usunąć

[1] Art. 27. 1. Instytucje oświatowe oraz podmioty, o których mowa w art. 7 ust. 1 pkt 1, 2 i 4–8 ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. – Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce, mogą na potrzeby zilustrowania treści przekazywanych w celach dydaktycznych lub w celu prowadzenia działalności naukowej korzystać z rozpowszechnionych utworów w oryginale i w tłumaczeniu oraz zwielokrotniać w tym celu rozpowszechnione drobne utwory lub fragmenty większych utworów.

2. W przypadku publicznego udostępniania utworów w taki sposób, aby każdy mógł mieć do nich dostęp w miejscu i czasie przez siebie wybranym korzystanie, o którym mowa w ust. 1, jest dozwolone wyłącznie dla ograniczonego kręgu osób uczących się, nauczających lub prowadzących badania naukowe, zidentyfikowanych przez podmioty wymienione w ust. 1.

MOST WIEDZY Pobrano z mostwiedzy.pl

Pracę niniejszą dedykuję mojej Mamie

MOST WIEDZY Pobrano z mostwiedzy.pl

Podziękowania

Pragnę złożyć serdeczne podziękowania Pani Promotor, Profesor dr hab. inż. Bożenie Kostek za cierpliwość, wyrozumiałość oraz wszelkie wskazówki i uwagi udzielone podczas przygotowywania niniejszej rozprawy.
Dziękuję Tomaszowi Poremskiemu, opiekunowi ze strony firmy, bez którego inspiracji i wsparcia praca niniejsza nie powstałaby.
Pragnę podziękować również firmie Sonova Audiological Care Polska Sp. z o.o. za umożliwienie przeprowadzenia przewodu doktorskiego.
Dziękuję mojej Żonie Beacie, za wyrozumiałość, wsparcie i niezachwianą wiarę we mnie.

MOST WIEDZY Pobrano z mostwiedzy.pl

STRESZCZENIE

Celem rozprawy jest opracowanie metody oceny efektywności protezowania słuchu przy użyciu aparatów słuchowych, która pozwoli w łatwy sposób poddawać ocenie korzyść z użytkowania protez słuchowych w najbardziej typowych sytuacjach akustycznych. Przedstawiono genezę podjętych badań i na tej podstawie zaproponowano cele i tezy rozprawy doktorskiej. W pracy w pierwszej kolejności zawarto przegląd dotyczący rodzajów ubytku słuchu i jego wpływu na jakość życia, rozwiązania wspomagające osoby z ubytkiem słuchu oraz stosowane metody oceny efektywności użytkowania aparatów słuchowych. Wybrane metody omówiono zgodnie ze stanem wiedzy, ze szczególnym uwzględnieniem kwestionariusza APHAB (Abbreviated Profile of Hearing Aid Benefit), który jest jedną z najważniejszych i najczęściej aktualnie stosowanych metod dopasowania aparatów słuchowych. W celu realizacji badań i zebrania danych przygotowano aplikację internetową, która została wdrożona w około 200 punktach protetycznych. Uzyskane dane poddano analizie statystycznej. Analiza wykorzystująca test MUSHRA (MUltiple Stimuli with Hidden Reference and Anchor) oraz wnioskowanie regułowe oparte na logice rozmytej stała się podstawą modyfikacji zaproponowanego systemu. We wnioskach odniesiono się do tez badawczych, wdrożenia zaproponowanej metody, jak również podano kierunki rozwoju prowadzonych badań.

Słowa kluczowe: protezy słuchu, kwestionariusz APHAB (Abbreviated Profile of Hearing Aid Benefit), test MUSHRA, analiza statystyczna, wnioskowanie regułowe, logika rozmyta

DYSCYPLINA: Informatyka techniczna i telekomunikacja

DYSCYPLINA DODATKOWA:

MOST WIEDZY Pobrano z mostwiedzy.pl

MOST WIEDZY Pobrano z mostwiedzy.pl

ABSTRACT

The purpose of this dissertation is to develop a method of assessing the effectiveness of hearing aid fitting, which should determine the benefits of using hearing aids in the most typical acoustic situations. The motivation for the research undertaken is presented, and the theses of the dissertation are proposed on this basis. The dissertation starts with an overview of the types of hearing loss and their impact on quality of life, solutions to help people with hearing loss, and methods of assessing the effectiveness of using hearing aids according to the state-of-the-art. The selected methods are discussed in more detail, with a particular focus on the APHAB (Abbreviated Profile of Hearing Aid Benefit) questionnaire, which is one of the most important and currently most widely used methods of fitting hearing aids. For research and data collection purposes, a web-based application is developed and implemented at about 200 hearing aid dispensing centers. The analysis using MUSHRA (MUltiple Stimuli with Hidden Reference and Anchor) and rule-based inference employing fuzzy logic become the basis for modifying the proposed system. Analyses performed conform to the reliability of the proposed assessing methods. The conclusions refer to the research theses, the implementation of the proposed method, as well as provide directions for the development of the research carried out.

Keywords: hearing aid, APHAB (Abbreviated Profile of Hearing Aid Benefit), MUSHRA test, statistical analysis, rule-based inference, fuzzy logic

DISCIPLINE: **ADDITIONAL DISCIPLINE:**

Information and communication technology

MOST WIEDZY Pobrano z mostwiedzy.pl

MOST WIEDZY Pobrano z mostwiedzy.pl

WYKAZ WAŻNIEJSZYCH SKRÓTÓW I OZNACZEŃ

ANOVA	Analysis Of Variance	(jednoczynnikowa) analiza wariancji
ANL	Acceptable Noise Level	akceptowalny poziom hałasu
APHAB	Abbreviated Profile of Hearing Aid Benefit	kwestionariusz oceny korzyści związanych z użyciem aparatu słuchowego
AV	Aversiveness of Sounds	podkategoria kwestionariusza APHAB
BAI	Bone Anchored Instrument	aparat słuchowy zakotwiczony w kości
BN	Background Noise	podkategoria kwestionariusza APHAB
BTE	Behind-the-Ear	zauszny aparat słuchowy
CIC	Completely-In-the-Canal	aparat słuchowy wewnątrzkanałowy o wysokim stopniu miniaturyzacji
COSI	Client Oriented Scale of Improvement	kwestionariusz oceny korzyści związanych z użyciem aparatu słuchowego
CPHI	Communication Profile for the Hearing Impaired	kwestionariusz oceny korzyści związanych z użyciem aparatu słuchowego
CROS	Contralateral Routing Of Signal	kontralateralne przekazywanie sygnału
CSV	Comma-Separated values	wartości rozdzielone przecinkiem
DALY	disability adjusted life-years	lata życia korygowane niepełnosprawnością
DOSO	Device-Oriented Subjective Outcom	kwestionariusz oceny korzyści związanych z użyciem aparatu słuchowego
DTC	Direct-To-Consumer	model sprzedaży bezpośredniej do konsumenta
EC	Ease of Communication	podkategoria kwestionariusza APHAB
EHC	Ear and Hearing Care	opieka na uchem i słuchem
EHIMA	The European Hearing Instrument Manufacturers Association	Europejskie Stowarzyszenie Producentów Aparatów Słuchowych
FDA	Food and Drug Administration	Agencja Żywności i Leków
FM	frequency modulation	modulacja częstotliwości

MOST WIEDZY Pobrano z mostwiedzy.pl

GBD	Global Burden of Disease	globalne obciążenie chorobami
GHABP	Glasgow Hearing Aid Benefit Profile	kwestionariusz oceny korzyści związanych z użyciem aparatu słuchowego
HAI	Hearing Aid Interview	kwestionariusz oceny korzyści związanych z użyciem aparatu słuchowego
HANA	Hearing Aid Needs Assessment	kwestionariusz oceny korzyści związanych z użyciem aparatu słuchowego
HAPI	Hearing Aid Performance Inventory	kwestionariusz oceny korzyści związanych z użyciem aparatu słuchowego
HAUQ	Hearing Aid Users Questionnaire	kwestionariusz oceny korzyści związanych z użyciem aparatu słuchowego
HHIA	earing Handicap Inventory for Adults	kwestionariusz oceny korzyści związanych z użyciem aparatu słuchowego
HHIE	Hearing Handicap Inventory for the Elderly	kwestionariusz oceny korzyści związanych z użyciem aparatu słuchowego
HIA	Hearing Industries Association	Stowarzyszenie instytucji i firm zajmujących się ochroną zdrowia słuchu w zakresie polityki publicznej, innowacji produktów, bezpieczeństwa pacjentów i edukacji.
HINT	Hearing in Noise Test	test słuchu w hałasie
HPI	Hearing Performance Inventory	kwestionariusz oceny korzyści związanych z użyciem aparatu słuchowego
HPI-R	Hearing Performance Inventory - Revised	kwestionariusz oceny korzyści związanych z użyciem aparatu słuchowego
IOI-HA	International Outcome Inventory Hearing Aid	kwestionariusz oceny korzyści związanych z użyciem aparatu słuchowego (7-stopniowy)
IPC-EHC	Integrated People-Centered Ear And Hearing Care	zintegrowana opieka zdrowotna ukierunkowana na ochronę słuchu i problemy ze słuchem
ITC	In-the-Canal	wewnątrzkanałowy aparat słuchowy
ITE	In-the-Ear	wewnątrzuszny aparat słuchowy
LMS	Learning Management System	system zarządzania nauczaniem

MOST WIEDZY Pobrano z mostwiedzy.pl

MANOVA	Multivariate Analysis Of Variance	wielowariantowa analiza wariancji
MCL	Most Comfortable Level	komfortowy poziom słyszenia
MUSHRA	MUltiple Stimuli with Hidden Reference and Anchor	test subiektywny z zakotwiczonym (ukrytym) sygnałem referencyjnym
ODS	Open Document Spreadsheet	arkusz kalkulacyjny Open Document
OTC	Over-The-Counter	aparaty dystrybuowane bez recepty / bez zlecenia lekarskiego
PAL	Profile of Aided Loudness	kwestionariusz oceny korzyści związanych z użyciem aparatu słuchowego
PHP	PHP: Hypertext Preprocessor	PHP: preprocesor hipertekstowy
PK		przewodnictwo kostne
PP		przewodnictwo powietrzne
PSAP	Personal Sound Amplification Products	osobisty (personalny) wzmacniacz dźwięku
PTA	Pure Tone Audiometry	audiometria tonalna
QuickSIN	Quick speech-in-noise test	test słuchu w hałasie (test o charakterze przesiewowym)
REM	Real Ear Measurement	pomiar na uchu rzeczywistym
RIC	Receiver-In-the-Canal	odbiornik wewnątrzkanałowy
RITE	Receiver-In-The-Ear-Canal	odbiornik wewnątrzuszny
RV	Reverberation	podkategoria kwestionariusza APHAB
SADL	Satisfaction with Amplification in Daily Life	kwestionariusz oceny korzyści związanych z użyciem aparatu słuchowego
SNR	Signal-to-Noise Ratio	stosunek sygnału do szumu
SSQ	Speech, Spatial and Qualities of Hearing Scale	kwestionariusz oceny korzyści związanych z użyciem aparatu słuchowego

MOST WIEDZY Pobrano z mostwiedzy.pl

TDH	Total Harmonic Distortion	współczynnik zawartości harmonicznych
WHO	World Health Organization	Światowa Organizacja Zdrowia
WHO-DAS 2.0	World Health Organization Disability Assessment Schedule	kwestionariusz oceny korzyści związanych z użyciem aparatu słuchowego
YLD	years lived with disability	czas funkcjonowania z niepełnosprawnością

MOST WIEDZY Pobrano z mostwiedzy.pl

SPIS RYSUNKÓW

Rysunek 1.1 Słuch na przestrzeni całego życia 26
Rysunek 1.2 Częstość występowania ubytku słuchu w [%] (w stopniu umiarkowanym lub wyższym) u osób starszych według dekad i regionów zamieszkania 27
Rysunek 1.3 Struktura rozprawy doktorskiej 31
Rysunek 2.1 Liczba osób i procentowa częstość (prevalence w [%]) występowania według stopni ubytku słuchu 34
Rysunek 2.2 Globalna częstość (prevalence w [%]) występowania umiarkowanego lub wyższego stopnia ubytku słuchu 34
Rysunek 2.3 Prognozowany wzrost częstości występowania umiarkowanego i wyższego stopnia ubytku słuchu, lata 2019-2050 36
Rysunek 2.4 Prognozowany wzrost częstości występowania wszystkich stopni ubytku słuchu w regionach WHO 36
Rysunek 2.5 Ilustracja łącznych bezpośrednich, pośrednich i niematerialnych kosztów utraty słuchu (w miliardach dolarów) 42
Rysunek 3.1 Podejścia do rehabilitacji słuchu 46
Rysunek 3.2 Liczba i odsetek osób potrzebujących, ale niekorzystających z aparatów słuchowych w regionach WHO 49
Rysunek 3.3 Liczba i odsetek osób potrzebujących, ale niekorzystających z aparatów słuchowych w grupach dochodowych Banku Światowego 49
Rysunek 3.4 Pakiet H.E.A.R.I.N.G. obejmujący interwencje dotyczące uszu i słuchu [204] 55
Rysunek 4.1 Typowa lokalizacja komponentów w wewnątrzusznym ITC i zausznym BTE aparacie słuchowym 63
Rysunek 4.2 Zauszne aparaty słuchowe i wkładki uszne. Zauszny aparat słuchowy ze standardowym dźwiękowodem w lewym górnym rogu może być mocowany do niestandardowej wkładki otwartej lub zamkniętej. Aparaty zauszne RITA i RITE mogą być mocowane do niestandardowych wk wkładek lub do standardowych nakładek silikonowych w różnych rozmiarach, które mogą być otwarte lub zamknięte 64
Rysunek 4.3 Aparaty słuchowe ITE, ITC i CIC 65
Rysunek 4.4 System adapterów do okularów różne adaptery i zauszne aparaty słuchowe, wkładka uszna, i pałąk okularowy 66
Rysunek 4.5 Przykład okularowego aparatu słuchowego na przewodnictwo kostne [184] ... 66
Rysunek 4.6 Schemat blokowy analogowego aparatu słuchowego 67

MOST WIEDZY Pobrano z mostwiedzy.pl

Rysunek 4.7 Schemat blokowy cyfrowego aparatu słuchowego 69
Rysunek 4.8 Przykładowa strona z wytycznych EHIMA (European Hearing Instrument Manufacturers Association) dotyczących klasyfikacji aparatów słuchowych i akcesoriów... 70
Rysunek 4.9 Schemat blokowy koncepcji immersyjnego aparatu słuchowego, który wykorzystuje dane z biosensorów do oszacowania skupienia uwagi użytkownika 74
Rysunek 4.10 Ogólne ramy zarządzania dopasowaniem aparatów słuchowych 82
Rysunek 4.11 Aparat słuchowy podłączony do sprzęgacza, z mikrofonem kontrolnym umieszczonym obok mikrofonu aparatu słuchowego 87
Rysunek 4.12 REM, Przykład prawidłowo włożonej sondy mikrofonowej do przewodu słuchowego zewnętrznego..... 88
Rysunek 4.13 Kwestionariusz APHAB 90
Rysunek 4.14 Pierwsza strona kwestionariusza SADL 92
Rysunek 4.15 Kwestionariusz HHI 93
Rysunek 4.16 Kwestionariusz IOI-HA 94
Rysunek 4.17 Kwestionariusz SSQ12, lista sytuacji słuchowych 95
Rysunek 4.18 Kwestionariusz GHABP ..... **Error! Bookmark not defined.**
Rysunek 4.19 Kwestionariusz COSI..... 97
Rysunek 5.1 Architektura systemu Moodle 101
Rysunek 5.2 Schemat infrastruktury systemu oceny efektywności stosowania aparatów słuchowych 102
Rysunek 5.3 Dostępne rodzaje pól bazy danych na potrzeby konfiguracji interfejsu użytkownika..... 103
Rysunek 5.4 Przykładowe pola bazy danych 104
Rysunek 5.5 Przykład możliwości modyfikacji pól formularza bazy danych ..... **Error! Bookmark not defined.**
Rysunek 5.6 Możliwe formaty eksportu danych z bazy 105
Rysunek 5.7 Schemat zbierania danych..... 106
Rysunek 5.8 Papierowe wersje zastosowanych ankiet 110
Rysunek 5.9 Korzyści uzyskane podczas krótkotrwałego użytkowania aparatów słuchowych o różnym poziomie technologii, przedstawione w postaci wskaźników globalnych odpowiednio dla trzech i czterech środowisk..... 114
Rysunek 5.10 Korzyści uzyskane w różnych środowiskach akustycznych podczas krótkotrwałego użytkowania aparatów słuchowych o poziomie technologii A i B 115

MOST WIEDZY Pobrano z mostwiedzy.pl

Rysunek 5.11 Korzyści z krótkotrwałego stosowania aparatów słuchowych dla użytkowników z różnym stopniem ubytku słuchu, określone za pomocą wskaźników globalnych 117
Rysunek 5.12 Korzyści z krótkotrwałego stosowania aparatów słuchowych dla użytkowników o różnym poziomie ubytku słuchu, wyznaczone osobno dla czterech środowisk..... 118
Rysunek 5.13 Rozkład średnich porównywalnych grup dla zmiennej BN..... 121
Rysunek 5.14 Rozkład średnich porównywalnych grup dla zmiennej RV..... 121
Rysunek 5.15 Rozkład średnich porównywalnych grup dla zmiennej APHAB3 122
Rysunek 5.16 Korzyści z krótkotrwałego (7 dni) stosowania dwóch rodzajów aparatów słuchowych przedstawione za pomocą wskaźników globalnych APHAB3 i APHAB4. Linia przerywana oznaczona jako 10% wskazuje na istotną korzyść w przypadku wskaźników globalnych 124
Rysunek 5.17 Korzyści z dłuższego (do 3 miesięcy) stosowania dwóch rodzajów aparatów słuchowych dla 24 spośród 110 użytkowników wyznaczone za pomocą wskaźników globalnych APHAB3 i APHAB4. Linia przerywana oznaczona jako 10% wskazuje na istotną korzyść w przypadku wskaźników globalnych 125
Rysunek 5.18 Korzyści z krótkotrwałego (7 dni) stosowania aparatu u 110 osób (Kohorta 2) określone za pomocą globalnych wskaźników APHAB3 i APHAB4 w kontekście różnych stopni ubytku słuchu. Linia przerywana oznaczona jako 10% wskazuje na znaczącą korzyść w przypadku wskaźników globalnych 127
Rysunek 5.19 Korzyść z dłuższego (do 3 miesięcy) stosowania u 24 ze 110 badanych określona za pomocą globalnych wskaźników APHAB3 i APHAB4. Linia przerywana oznaczona jako 10% wskazuje na istotną korzyść w przypadku wskaźników globalnych .. 127
Rysunek 5.20 Korzyści z krótkotrwałego (7 dni) użytkowania dla 110 osób (Kohorta 2) określone oddzielnie dla czterech środowisk w kontekście różnych stopni ubytku słuchu. Linia przerywana oznaczona jako 22% wskazuje na znaczące korzyści dla poszczególnych wskaźników 129
Rysunek 5.21 Korzyści z długotrwałego (do 3. miesiąca) użytkowania dla 24 ze 110 badanych (Kohorta 2), określone oddzielnie dla czterech środowisk w kontekście różnych stopni ubytku słuchu. Linia przerywana oznaczona jako 22% wskazuje na znaczące korzyści dla poszczególnych wskaźników 130
Rysunek 6.1 Mapowanie skali APHAB na skalę MUSHRA 136
Rysunek 6.2 Przykładowa funkcja przynależności dla kategorii EC 137

MOST WIEDZY Pobrano z mostwiedzy.pl

Rysunek 6.3 Przykładowa skala zysku kategorii EC 137
Rysunek 6.4 Przykładowy system wnioskowania rozmytego z czterema wejściami i jednym wyjściu dla wyznaczania zysku w jednej kategorii 138
Rysunek 6.5 Przykładowa funkcja przynależności zysku kategorii EC, BN i RV 139
Rysunek 6.6 Przykładowy system wnioskowania rozmytego o 3 wejściach i jednym wyjściu dla wyznaczania zysku w 3 kategoriach 140
Rysunek 6.7 Wynik ankiety nr 1 (pierwsza wizyta) 141
Rysunek 6.8 Wynik ankiety nr 2 (druga wizyta) 142
Rysunek 6.9 Zysk protezowania po 7 dniach (druga wizyta) 142

MOST WIEDZY Pobrano z mostwiedzy.pl

SPIS TABEL

Tabela 2.1 Stopnie ubytku słuchu i związane z nimi wrażenia słuchowe przyjęte prze WHO w roku 2021 33
Tabela 3.1 Odsetek osób niedosłyszących i zaopatrzonych w aparaty słuchowe w różnych krajach Europy oraz USA 50
Tabela 3.2 Możliwości podziału zadań między różnymi kadrami specjalistów 54
Tabela 4.1 Porównanie możliwości aparatu słuchowego i wzmacniacza słuchu 76
Tabela 5.1 Poglądowa zawartość i struktura ankiety wykorzystywanej podczas pierwszej wizyty pacjenta. 106
Tabela 5.2 Poglądowa zawartość i struktura ankiety wykorzystywanej podczas wizyty kontrolnej pacjenta po 7 dniach 108
Tabela 5.3 Różnice między cechami aparatów słuchowych 112
Tabela 5.4 Struktura niedosłuchów (obustronnych i symetrycznych) dla obu grup badanych 112
Tabela 5.5 Wyniki analizy statystycznej dla określenia istotności różnic uzyskanych przy stosowaniu aparatów słuchowych typu A i B 116
Tabela 5.6 Wyniki testów wielowariantowych 120
Tabela 5.7 Struktura niedosłuchów (obustronnych i symetrycznych) dla Kohorty 2 z podziałem na drugą i trzecią wizytę 123
Tabela 5.8 Korzyść dla poszczególnych wskaźników APHAB (procent uczestników, których korzyść była ≥22% dla poszczególnych czynników EC, RV, BN, AV) 126
Tabela 6.1 Przykładowy fragment listy reguł dla systemu z dwoma wejściami 138
Tabela 6.2 Odpowiedzi badanych dotyczące występowania sytuacji dźwiękowych bądź braku takiego wystąpienia 140

MOST WIEDZY Pobrano z mostwiedzy.pl

SPIS TREŚCI

STRESZCZENIE 7
WYKAZ WAŻNIEJSZYCH SKRÓTÓW I OZNACZEŃ 11
SPIS RYSUNKÓW 15
SPIS TABEL 19
1. WPROWADZENIE 23
1.1. GENEZA BADAŃ 23
1.2. CELE PRACY 28
1.3. TEZY PRACY 29
1.4. STRUKTURA PRACY 29
2. RODZAJE UBYTKU SŁUCHU I WPŁYW NA JAKOŚĆ ŻYCIA 32
2.1. TRENDY DEMOGRAFICZNE I POPULACYJNE 35
2.2. WPŁYW NIELECZONEGO UBYTKU SŁUCHU 36
2.2.1. Wpływ na poziomie indywidualnym 37
2.2.2. Wpływ na poziomie rodziny/partnera komunikacyjnego 40
2.2.3. Wpływ ekonomiczny 40
3. ROZWIĄZANIA WSPOMAGAJĄCE OSOBY Z UBYTKIEM SŁUCHU 43
3.1. IDENTYFIKACJA UBYTKU SŁUCHU 43
3.2. OPIEKA I REHABILITACJA 45
3.3. TECHNOLOGIE SŁUCHOWE 46
3.4. SYSTEMY OPIEKI ZDROWOTNEJ − POTENCJALNE ROZWIĄZANIA 53
3.4.1. Wdrożenie pakietu „H.E.A.R.I.N.G.” 54
3.4.2. Zakres usług EHC – cele do 2030 r. 57
3.4.3. Wnioski i zalecenia przedstawione w raporcie WHO [204]: udostępnienie opieki nad uchem i słuchem dla wszystkich 58
4. PROBLEMATYKA OCENY EFEKTYWNOŚCI UŻYWANIA APARATÓW SŁUCHOWYCH 61
4.1. RODZAJE URZĄDZEŃ POPRAWIAJĄCYCH SŁYSZENIE 61
4.1.1. Aparaty słuchowe 61
4.2.1. Rodzaje aparatów słuchowych 62
4.3.1. Aparaty słuchowe nowej generacji 70
4.4.1. Aparaty słuchowe przyszłości 72
4.5.1. Osobiste wzmacniacze dźwięku PSAP 74
4.6.1. Aplikacje wykorzystujące smartfony i/lub inne urządzenia elektroniczne 75
4.7.1. Różnice pomiędzy urządzeniami poprawiającymi słyszenie 76

MOST WIEDZY Pobrano z mostwiedzy.pl

4.2. DOPASOWANIE APARATÓW SŁUCHOWYCH 82
4.3. PRZEGLĄD METOD OCENY EFEKTYWNOŚCI UŻYWANIA APARATÓW SŁUCHOWYCH 87
4.3.1. Kwestionariusze subiektywnej oceny korzyści 89
4.3.2. Ocena korzyści w oparciu o pomiar w polu swobodnym 99
5. OPIS ZAPROPONOWANEJ METODY OCENY EFEKTYWNOŚCI STOSOWANIA APARATÓW SŁUCHOWYCH 101
5.1. DYSKUSJA UZYSKANYCH WYNIKÓW 111
5.1.1. LICZBA BADANYCH 111
5.1.2 DANE DEMOGRAFICZNE 112
5.1.3. RODZAJ, GŁĘBOKOŚĆ I LICZBA NIEDOSŁUCHÓW 112
5.1.4. RODZAJE UŻYWANYCH APARATÓW 113
5.2. ANALIZA UZYSKANYCH WYNIKÓW 113
5.2.1. ANALIZA STATYSTYCZNA UZYSKANYCH WYNIKÓW 113
5.2.2. OCENA SKUTECZNOŚCI ZAPROPONOWANEJ METODY OCENY 130
6. MODYFIKACJA METODY 134
6.1. MODYFIKACJA METODY 134
6.2. MODYFIKACJA APLIKACJI 141
7. WNIOSKI I PODSUMOWANIE 144
KIERUNKI DALSZYCH BADAŃ 146
BIBLIOGRAFIA 148
DODATEK A: SKRÓCONY OPIS PROCEDURY BADAWCZEJ ORAZ ALGORYTMU SZACOWANIA ZYSKU Z UŻYTKOWANIA APARATÓW W ZMODYFIKOWANEJ METODZIE 162

MOST WIEDZY Pobrano z mostwiedzy.pl

MOST WIEDZY Pobrano z mostwiedzy.pl

1. WPROWADZENIE

1.1. GENEZA BADAŃ

Słuch jest to zmysł, za pomocą którego odbierane są otaczające dźwięki; dzięki słuchowi człowiek angażuje się w otoczenie, komunikuje się, wyraża myśli, zdobywa wykształcenie. W roku 2021 organizacja WHO (World Health Organization) opublikowała, obejmujący 272 strony, raport pt.: „WORLD REPORT ON HEARING" [204]. Poniżej przedstawiono najbardziej istotne zagadnienia zawarte w tym raporcie.

Nadrzędnym celem opracowanego przez WHO raportu jest wskazanie, że ochrona słuchu powinna stać się jednym z globalnych priorytetów zdrowia publicznego. Cele nakreślone w raporcie obejmują:

- przyjęcie faktu, że ubytek słuchu niezależnie od etapu życia (od etapu prenatalnego do dorosłości i starszego wieku), w którym się pojawia, powinien stać się priorytetem dla decydentów zdrowia publicznego;
- zwrócenie uwagi na istniejące rozwiązania w zakresie zapobiegania i rehabilitacji ubytku słuchu, a także na wyzwania związane z dostępem do opieki zdrowotnej w tym zakresie;
- dokumentowanie dowodów naukowych i doświadczeń krajowych w zakresie podejść do tworzenia zintegrowanych, usług medycznych i okołomedycznych skoncentrowanych na słuchu, świadczonych w ramach krajowych systemów opieki zdrowotnej;
- formułowanie zaleceń i wyznaczanie celów, które stymulują działania na poziomie krajowym w celu poprawy dostępu do opieki nad słuchem poprzez integrację pakietu interwencji H.E.A.R.I.N.G. w ramach powszechnego ubezpieczenia zdrowotnego.

Zgodnie z danymi zawartymi w raporcie WHO nieleczony ubytek słuchu jest trzecią co do wielkości przyczyną lat życia z niepełnosprawnością na świecie. Dotyczy osób w każdym wieku, stanowi problem mikro i makro skali w kontekście gospodarki krajowej/globalnej.

Ubytek, a także utrata słuchu, jeśli nie zostaną dostatecznie szybko zidentyfikowane i nie zostaną podjęte kroki w kierunku wyleczenia, zaaplikowania protez słuchowych, może mieć daleko idące konsekwencje, negatywnie wpływając na rozwój języka, dobrostan psychospołeczny, jakość życia, osiągnięcia edukacyjne i niezależność ekonomiczną na różnych etapach życia. Nieleczona ubytek słuchu generuje globalne koszty w wysokości ponad 980 miliardów dolarów rocznie i potencjalnie zagraża globalnemu celowi państw

MOST WIEDZY Pobrano z mostwiedzy.pl

członkowskich Organizacji Narodów Zjednoczonych, jakim jest wyeliminowanie ubóstwa i zapewnienie wszystkim dobrobytu do 2030 roku.

Raport zwraca uwagę, że wielu przyczynom utraty słuchu można zapobiec. Powszechne infekcje uszu, choroby, którym można zapobiegać poprzez szczepienia oraz narażenie na hałas i chemikalia zagrażają słuchowi wielu osób w różnym wieku. Światowa Organizacja Zdrowia (WHO) szacuje, że ponad miliard młodych ludzi naraża się na ryzyko trwałej utraty słuchu, często nieświadomie, słuchając głośnej muzyki przez długi czas. Ograniczenie takiego ryzyka poprzez działania w zakresie zdrowia publicznego ma zasadnicze znaczenie dla przeciwdziałania utracie słuchu.

W ciągu całego życia osoby z chorobami uszu lub ubytkiem słuchu mogą odnieść znaczne korzyści ze skutecznych i dostępnych interwencji w ramach opieki zdrowotnej. W ciągu ostatnich kilku dekad innowacje, które pojawiły się w dziedzinie technologii słuchowych oraz diagnostyki, umożliwiają identyfikację chorób uszu i ubytku słuchu w każdym wieku i praktycznie w każdym otoczeniu. W ostatnich latach coraz większego znaczenia nabiera telemedycyna, a w tym przypadku teleaudiologia, która może zapewnić lepszy dostęp do opieki, skrócenie czasu i kosztów dotarcia do specjalisty [2] [39], ma to szczególne znaczenie w krajach o niskich i średnich dochodach [155]. Leczenie medyczne i chirurgiczne, aparaty słuchowe, implanty ślimakowe, terapia rehabilitacyjna, język migowy i napisy dla osób niedosłyszących czy niesłyszących stanowią ogół rozwiązań, które mogą zapewnić osobom z chorobami uszu lub ubytkiem słuchu dostęp do edukacji i komunikacji, a tym samym możliwość wykorzystania ich potencjału.

Chociaż czynniki wpływające na zdolność słyszenia można napotkać w różnych okresach życia danej osoby, niektóre czynniki są bardziej prawdopodobne − lub osoby mogą być najbardziej podatne na ich skutki − w określonych etapach życia. Na całym świecie ponad 1,5 miliarda ludzi doświadcza pewnego stopnia ubytku słuchu. Szacuje się, że 430 milionów z nich ma ubytek słuchu o umiarkowanym lub większym nasileniu w lepiej słyszącym uchu. Częstość występowania ubytku słuchu różni się w zależności od regionu WHO; zdecydowana większość osób dotkniętych ubytkiem słuchu żyje w krajach o niskich i średnich dochodach [112]. Wpływ ubytku słuchu na daną osobę zależy nie tylko od stopnia i profilu ubytku słuchu, ale także w dużej mierze od tego czy ubytek słuchu jest objęty skutecznymi interwencjami klinicznymi lub rehabilitacyjnymi oraz od stopnia, w jakim środowisko odpowiada na potrzeby danej osoby. Jeśli ubytek słuchu nie jest leczony, może negatywnie wpływać na wiele aspektów życia: komunikację, rozwój języka i mowy u dzieci, funkcje poznawcze, edukację, zatrudnienie, zdrowie psychiczne i relacje międzyludzkie. Coraz więcej dowodów

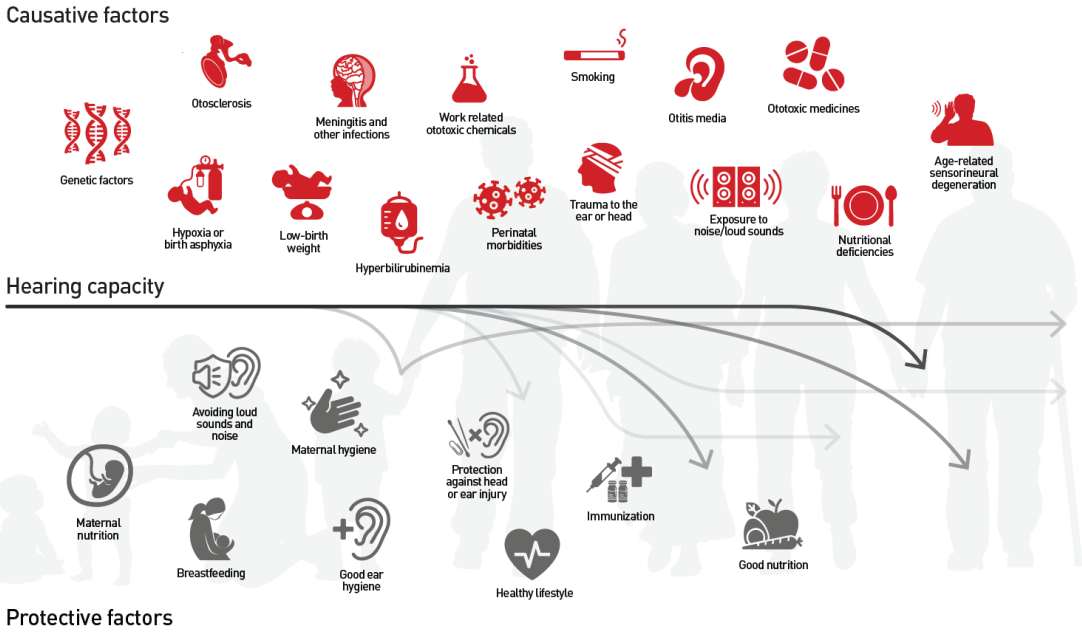
MOST WIEDZY Pobrano z mostwiedzy.pl

epidemiologicznych sugeruje, że dorośli z ubytkiem słuchu wykazują mniejszą aktywność fizyczną niż osoby bez ubytku słuchu, co może zwiększać ryzyko przewlekłych chorób [59]. Utrata słuchu może powodować niską samoocenę, często wiąże się z napiętnowaniem i może znacząco wpływać na rodziny i partnerów komunikacyjnych osób żyjących z tym schorzeniem. W skali globalnej nierozwiązany problem ubytku słuchu generuje roczny koszt w wysokości ponad 980 miliardów dolarów. Obejmuje to koszty związane z opieką zdrowotną, edukacją, utratą produktywności i koszty społeczne. Wiele z tych kosztów można ograniczyć poprzez zastosowanie opłacalnych interwencji prozdrowotnych [208]. Słuch stanowi kluczowy element komunikacji człowieka; jest to zmysł, na którym najbardziej polega się w komunikacji i kontaktach z innymi. Jakikolwiek spadek zdolności słyszenia w dowolnym momencie życia, jeśli nie zostanie rozwiązany w odpowiednim czasie, może negatywnie wpłynąć na codzienne funkcjonowanie.

W ciągu swojego życia ludzie – z jednej strony są narażeni na wiele czynników ryzyka powodujących ubytek czy utratę słuchu, zaś z drugiej – pojawiają się czynniki związane z ochroną zdrowia, które przyczyniają się do ogólnej zdolności słyszenia (patrz rys. 1.1). Model zdrowia należy traktować jako przebieg dynamiczny w czasie. Model ten uznaje zdrowie − w tym słuch − jako zależne od wielu czynników, w tym genetycznych i biologicznych aż po psychospołeczne i ekonomiczne. Zachowanie słuchu jest ważnym celem, a ubytek czy utrata słuchu nie jest w tym schemacie pojedynczym zdarzeniem, ale wynikiem czynników, które mogą mieć wpływ od okresu prenatalnego przez dzieciństwo i dorosłość aż po starszy wiek. Stwarza to możliwości interwencji w postaci zapobiegania, identyfikacji, leczenia i rehabilitacji w ciągu całego życia

Słuch w ciągu całego życia można przedstawić w formie trajektorii (ang. *hearing trajectory*), której przebieg określa zdolność słyszenia [204]. Trajektoria zdolności słyszenia danej osoby zależy od uwarunkowań wyjściowych, tj. okresu prenatalnego, genetyki, itd. oraz wielu czynników ryzyka lub czynników środowiskowych, jak przedstawiono to na rys. 1.1 [204].

MOST WIEDZY Pobrano z mostwiedzy.pl



Rysunek 1.1 Słuch na przestrzeni całego życia [204]

Oczywiste jest, że wiele czynników determinujących zdolność słyszenia − genetycznych, biologicznych, psychospołecznych i środowiskowych − doświadczanych na różnych etapach życia (okres prenatalny, okołoporodowy, dzieciństwo i dorastanie, młodość, wiek dojrzały, starszy) wpływa na słuch i może albo go chronić, albo prowadzić do utraty słuchu. Wiele chorób uszu można leczyć, a wielu przyczyn utraty słuchu − na przykład związanym z higieną uszu czy z narażeniem na hałasu − można uniknąć, podejmując działania zapobiegawcze na poziomie osobistym. Zarówno czynniki przyczynowe, jak i zapobiegawcze mają wpływ na występowanie, charakter, nasilenie i progresję ubytku słuchu, a zatem zdolność słyszenia danej osoby może być określona przez:

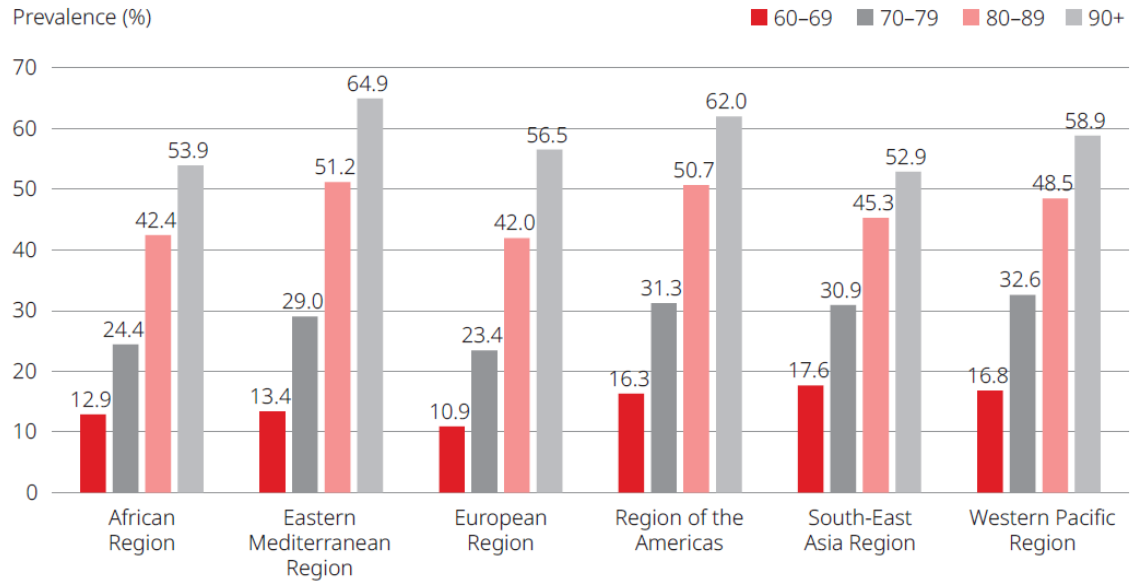
1. Podstawowa zdolność słyszenia po urodzeniu.
2. Narażenie lub obecność czynników przyczynowych (genetycznych, biologicznych, behawioralnych lub środowiskowych).
3. Działania ochronne łagodzące czynniki ryzyka.

Oprócz zagrożeń związanych z ubytkiem/utratą słuchu występujących w dzieciństwie, młodości i w wieku dojrzałym, szczególnie istotne są choroby przewlekłe, otoskleroza, palenie, uszkodzenie czuciowo-nerwowe związane z wiekiem. W szczególności zmiany zwyrodnieniowe wpływają na zdolność słyszenia w uchu wewnętrznym i wyższych ośrodkach

MOST WIEDZY Pobrano z mostwiedzy.pl

przetwarzania i rozróżniania sygnałów akustycznych, co objawia się trudnościami w słyszeniu dźwięków i rozumieniu mowy.

Biorąc pod uwagę wysoką częstość występowania w społeczeństwie, ubytek słuchu związany z wiekiem (ARHL, Age-Related Hearing Loss) − znany również jako presbycusis − stanowi największe obciążenie społeczne i ekonomiczne związane z utratą słuchu w ciągu całego życia i oczekuje się, że wzrośnie wraz z obecnymi zmianami demograficznymi. Utrata słuchu nie tylko dotyczy w dużym stopniu osób starszych, ale jest także główną przyczyną niepełnosprawności. Zgromadzone dowody wskazują na wzajemne oddziaływanie między sprawnością funkcji słuchowych a innymi aspektami zdrowia [105]. Obecne szacunki wskazują, że ponad 42% osób z jakimkolwiek stopniem ubytku słuchu jest w wieku powyżej 60 lat. Na całym świecie częstość występowania ubytku słuchu (w stopniu umiarkowanym lub wyższym) rośnie wykładniczo wraz z wiekiem, zwiększając się z 15,4% wśród osób w wieku 60 lat do 58,2% wśród osób w wieku powyżej 90 lat. Tendencja ta jest obserwowana we wszystkich regionach WHO. Wykres z rysunku 1.2 pokazuje częstość występowania w regionach wynoszącą 10,9-17,6% wśród osób w wieku 60-69 lat, wzrastającą do 41,9-51,2% wśród osób w wieku 80-89 lat i osiągającą 52,9-64,9% wśród osób w wieku powyżej 90 lat.



Rysunek 1.2 Częstość występowania ubytku słuchu w [%] (w stopniu umiarkowanym lub wyższym) u osób starszych według dekad i regionów zamieszkania [204]

Rozwój ARHL można przypisać urazom fizycznym i środowiskowym, w połączeniu z predyspozycjami genetycznymi i zwiększoną podatnością na fizjologiczne czynniki stresogenne oraz modyfikowalnym stylem życia doświadczanym w ciągu całego życia.

MOST WIEDZY Pobrano z mostwiedzy.pl

Czynniki te obejmują narażenie na głośny hałas, ototoksyczne leki lub chemikalia, palenie tytoniu i nawyki żywieniowe, a także choroby przewlekłe, takie jak choroby serca czy cukrzyca. Podczas gdy czynniki powodujące ARHL u danej osoby nie mogą być rozdzielone, ich addytywny charakter − w połączeniu z podatnością biologiczną − zwiększa ryzyko utraty słuchu. Przyjęcie działań zapobiegawczych i dokonywanie wyborów zdrowego stylu życia w postaci właściwego odżywiania, ćwiczeń i unikania palenia, może zmniejszyć ryzyko utraty słuchu w starszym wieku.

Skutki nieleczonego ubytku słuchu u dorosłych obejmują wycofanie społeczne, utratę produktywności z powodu wcześniejszego przejścia na emeryturę oraz koszty nieformalnej opieki, pogorszenie stanu psychicznego i fizycznego. Bez szybkiej interwencji, ARHL wiąże się z gorszą jakością życia, a także z szerokim zakresem negatywnych skutków dla partnerów komunikacyjnych osób dotkniętych chorobą. Wczesne wykrycie ubytku słuchu i odpowiednie interwencje w zakresie ARHL mogą złagodzić wiele związanych z nim negatywnych skutków [138][146][212].

1.2. CELE PRACY

Przedstawiona geneza problematyki związanej z ubytkiem/utratą słuchu oraz konsekwencjami tego stanu nie wyczerpuje ogółu zagadnień związanych z działaniem mającym na celu protetykę słuchu. Istotny jest również proces protezowania, wybór urządzenia korygującego, dopasowanie aparatu słuchowego oraz osiągany efekt stosowania protezy słuchu, który będzie postrzegany przez użytkownika jako korzyść. Postrzegana przez użytkownika korzyść, szczególnie krótkoterminowa, może przełożyć się na podjęcie decyzji o używaniu aparatów słuchowych w ogólności i w konsekwencji o regularnym ich użytkowaniu. Dlatego główne cele rozprawy zostały sformułowane w sposób następujący:

- opracowanie metody oceny efektywności protezowania słuchu przy użyciu aparatów słuchowych, która byłaby dostosowana do potrzeb oraz panujących warunków w środowiskach akustycznych, w których najczęściej przebywają osoby w podeszłym wieku,
- opracowanie metody oceny efektywności protezowania słuchu przy użyciu aparatów słuchowych w postaci aplikacji internetowej, która pozwoli w łatwy sposób poddawać

MOST WIEDZY Pobrano z mostwiedzy.pl

ocenie korzyść z użytkowania protez słuchowych w najbardziej typowych sytuacjach akustycznych, na które napotyka osoba niedosłysząca,

- stworzenie narzędzia pozwalającego na agregację i porządkowanie danych uzyskanych zarówno z subiektywnej oceny użytkowników aparatów słuchowych oraz danych zarejestrowanych przez aparaty słuchowe w celu ich analizy,
- przeprowadzenie badań nad krótkoterminową, kilkudniową oceną efektywności stosowania aparatów słuchowych i obserwacji jej długoterminowych efektów.

1.3. TEZY PRACY

W oparciu o przeprowadzone badania efektywności protezowania słuchu przy użyciu aparatów słuchowych sformułowano następujące tezy badawcze:

Teza nr 1:

Użycie aplikacji internetowej przyspiesza i ułatwia oszacowanie korzyści z użytkowania aparatów słuchowych i pozwala na przewidywanie tego rodzaju efektu na podstawie próby krótkoterminowej.

Teza nr 2:

Możliwe jest na podstawie statystycznie istotnej próbki wyników badań pacjentów z niedosłuchem wyselekcjonowanie grupy niedosłuchów, dla której jest możliwe dokonanie krótkoterminowej oceny korzyści z użytkowania aparatów słuchowych.

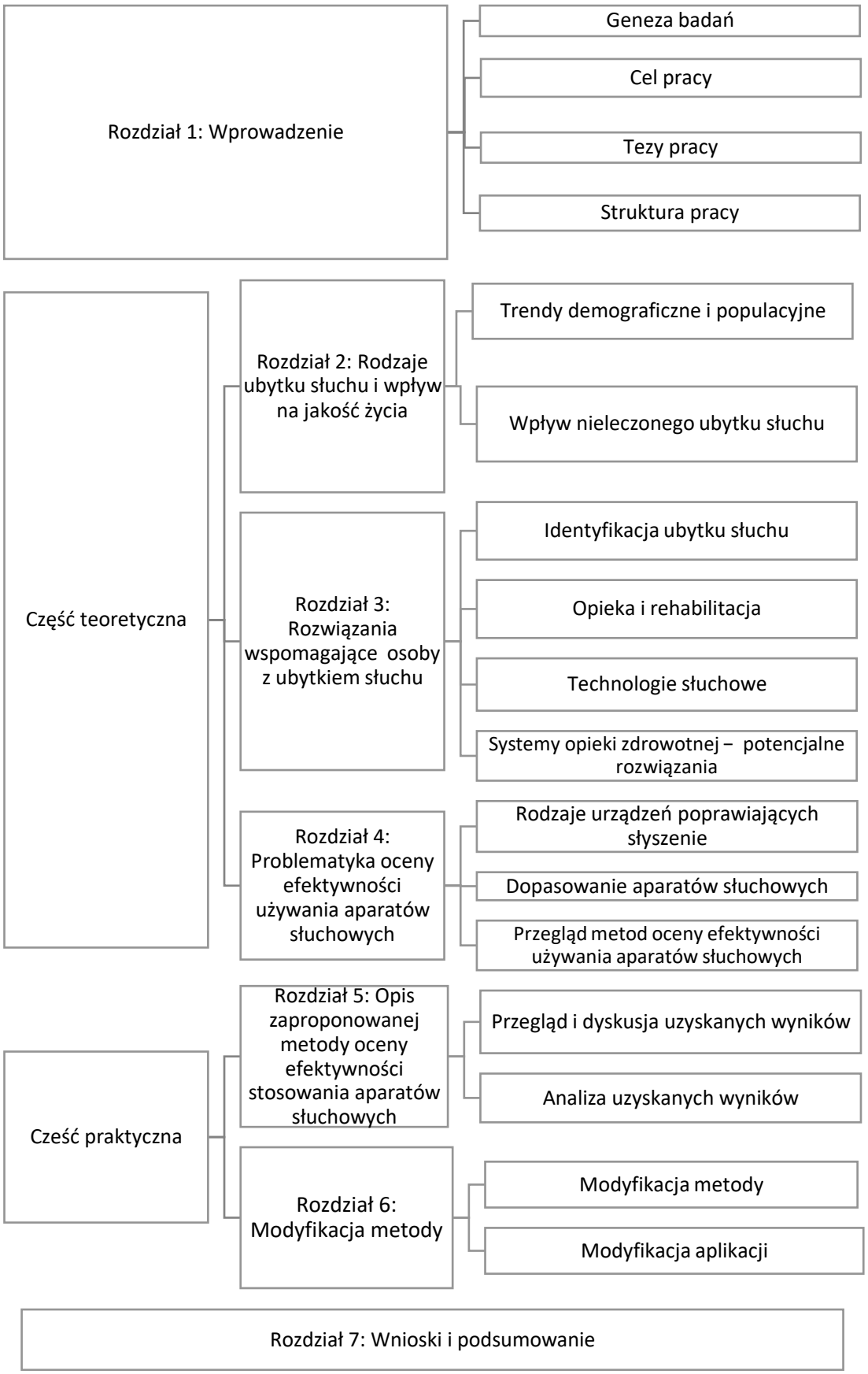
1.4. STRUKTURA PRACY

Struktura pracy została przedstawiona na rys. 1.3. W rozdziale drugim przedstawiono zagadnienia związane z rodzajami ubytków słuchu oraz ich wpływem na jakość życia (wiele płaszczyzn i wymiarów). Rozdział 3 stanowi przegląd aktualnych rozwiązań technologicznych związanych z protetyką narządu słuchu. Kolejny rozdział obejmuje metody dopasowania słuchu, w szczególności dotyczy metod badania efektów protezowania słuchu. Rozdział 5 zawiera zaproponowaną metodę oceny efektywności stosowania aparatów słuchowych oraz analizę uzyskanych wyników. Zawiera też dyskusję, która pozwoliła wykazać słuszność zaproponowanych tez rozprawy doktorskiej. Efektem przeprowadzonych analiz i dyskusji jest propozycja modyfikacji systemu badania efektywności wykorzystania protez słuchowych. W dalszej kolejności omówiono metodę badania wykorzystującą wnioskowanie regułowe. W tym

MOST WIEDZY Pobrano z mostwiedzy.pl

celu wykorzystano test MUSHRA (Multiple Stimuli with Hidden Reference and Anchor), mapujący wyniki ze skali 7-stopniowej na skalę procentową, tj. 1−100%. Rozdział ten (rozdział 6) zawiera przykłady reguł, wygenerowanych w topologii logiki rozmytej, sprawdzających możliwość zastosowania w dopasowaniu protez słuchowych. W rozdziale 7 przedstawiono podsumowanie i wnioski, wynikające z udowodnienia tez badawczych, odniesienie do aspektów wdrożeniowych, jak również kierunki rozwoju prowadzonych badań.

MOST WIEDZY Pobrano z mostwiedzy.pl



Rysunek 1.3 Struktura rozprawy doktorskiej

MOST WIEDZY Pobrano z mostwiedzy.pl

2. RODZAJE UBYTKU SŁUCHU I WPŁYW NA JAKOŚĆ ŻYCIA

Rozdział 2 pokazuje jak ważny jest problem niedosłuchu i jego konsekwencje na wielu płaszczyznach życia: socjologicznej, psychologicznej, zdrowotnej, edukacyjnej, ekonomicznej, itp. oraz w wielu wymiarach, niezależnie od tego czy dotyczą osób mniej lub lepiej sytuowanych. Przedstawione informacje wzmacniają motywację podjętych działań, ukierunkowanych na jeden z ważnych aspektów procesu walki z niedosłuchem, jakim jest adekwatne dopasowanie aparatu słuchowego, dlatego te zagadnienia zostaną dokładniej przedstawione.

Zdolność słyszenia odnosi się do zdolności odbierania dźwięków i jest powszechnie mierzona za pomocą audiometrii tonalnej (PTA, ang. *Pure Tone Audiometry*) − uważanej za złoty standard oceny. Przesunięcia progów słyszenia w audiometrii tonalnej pomagają określić charakter ubytku słuchu, który może być przewodzeniowy, odbiorczy lub mieszany i może być określony od łagodnego do całkowitej głuchoty.

Aby ujednolicić sposób zgłaszania stopnia ubytku słuchu, WHO przyjęła system klasyfikacji oparty na pomiarach audiometrycznych. System ten jest rewizją wcześniejszego podejścia przyjętego przez WHO w 1991 roku [110][200], (patrz tabela 2.1) i różni się od wcześniejszej klasyfikacji tym, że łagodny ubytek słuchu został obniżony z 26 dB do 20 dB. Ubytek słuchu jest sklasyfikowany jako łagodny, umiarkowany, umiarkowanie ciężki, ciężki, głęboki lub całkowity; dodano również jednostronny ubytek słuchu.

Rodzaje ubytku słuchu obejmują:

• *Przewodzeniowy ubytek słuchu*: termin ten jest używany, gdy utrata słuchu jest spowodowana problemami zlokalizowanymi w przewodzie słuchowym lub uchu środkowym, które utrudniają "przewodzenie" dźwięku do ucha wewnętrznego.

• *Niedosłuch odbiorczy*: termin ten jest używany, gdy przyczyna utraty słuchu jest zlokalizowana w ślimaku lub nerwie słuchowym, a niekiedy dotyczy obu części drogi słuchowej. Ubytek "sensoryczny" odnosi się do ślimaka, który jest "narządem zmysłu"; zaś "nerwowy" do nerwu słuchowego.

• *Mieszany ubytek słuchu*: Termin ten jest używany, gdy w tym samym uchu występuje zarówno przewodzeniowy, jak i odbiorczy ubytek słuchu.

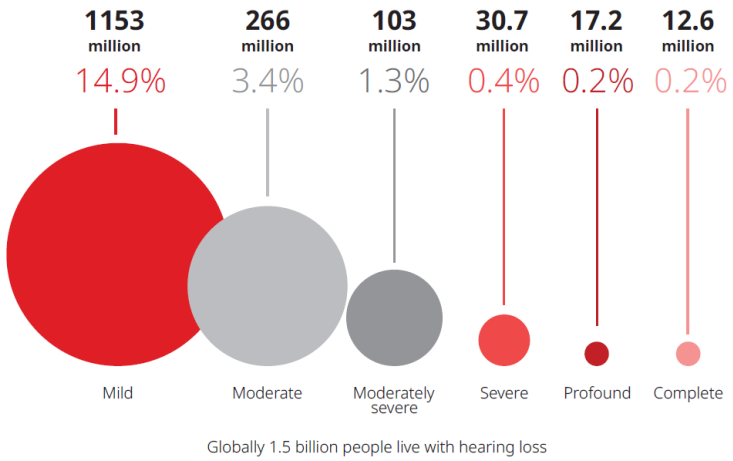
MOST WIEDZY Pobrano z mostwiedzy.pl

Tabela 2.1 Stopnie ubytku słuchu i związane z nimi wrażenia słuchowe przyjęte prze WHO w roku 2021 [204]

Stopień	Próg słyszenia w lepiej słyszącym uchu w decybelach [dB]	Wrażenia słuchowe w cichym otoczeniu dla większości dorosłych	Doświadczenie słuchowe w hałaśliwym otoczeniu dla większości dorosłych
Słuch prawidłowy	Mniej niż 20 dB	Brak problemów ze słyszeniem dźwięków	Brak lub minimalny problem ze słyszeniem dźwięków
Łagodny ubytek słuchu	20 do < 35 dB	Nie ma problemów ze słyszeniem mowy	Może mieć trudności ze słyszeniem mowy konwersacyjnej
Umiarkowany ubytek słuchu	35 do < 50 dB	Może mieć trudności ze słyszeniem mowy konwersacyjnej	Trudności ze słyszeniem i udziałem w rozmowie
Umiarkowanie ciężki (znaczny) ubytek słuchu	50 do < 65 dB	Trudności ze słyszeniem mowy konwersacyjnej; bez trudności można słyszeć podniesione głosy	Trudności ze słyszeniem większości mowy i udziałem w rozmowie
Ciężki (znaczny) ubytek słuchu	65 do <80 dB	Nie słyszy większości mowy konwersacyjnej; może mieć trudności ze słyszeniem i zrozumieniem podniesionych głosów	Skrajne trudności ze słyszeniem mowy i udziałem w rozmowie
Głęboki ubytek słuchu	80 do < 95 dB	Ekstremalne trudności ze słyszeniem podniesionych głosów	Mowa konwersacyjna jest niesłyszalna
Całkowita utrata słuchu/głuchota	95 dB lub więcej	Nie słyszy mowy i większości dźwięków otoczenia dźwięki	Nie słyszy mowy i większości dźwięków otoczenia dźwięki
Jednostronny	< 20 dB w lepszych ucho, 35 dB lub więcej w gorsze ucho	Problem może nie wystąpić chyba, że dźwięk jest blisko słabiej słyszącego ucha. Może mieć trudności ze zlokalizowaniem dźwięków.	Problem może nie wystąpić chyba, że dźwięk jest blisko słabiej słyszącego ucha. Może mieć trudności ze zlokalizowaniem dźwięków.

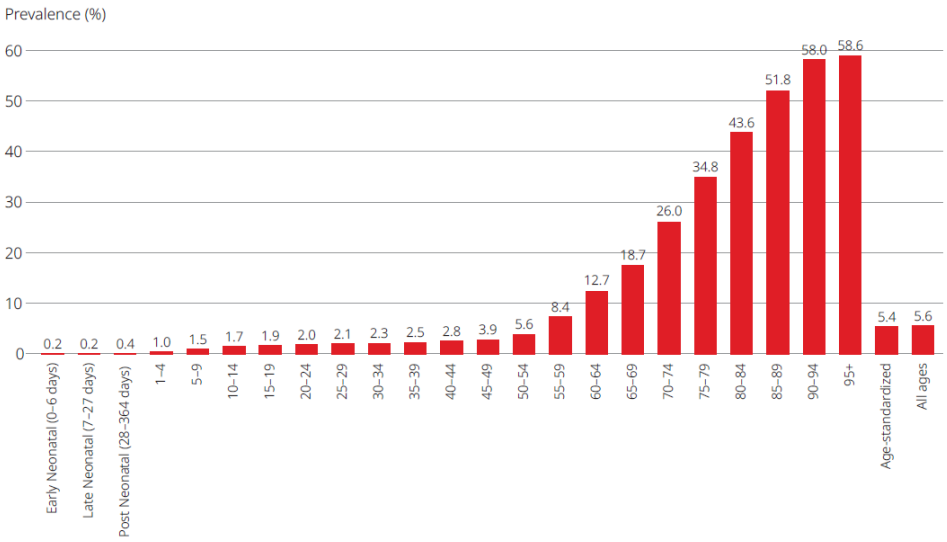
Ubytek słuchu dotyka obecnie ponad 1,5 miliarda ludzi lub 20% światowej populacji (patrz rysunek 3.1); większość z nich (1,16 miliarda) ma łagodny ubytek słuchu. Jednak znaczna część, czyli 430 milionów osób (odnosi się do liczby osób z progiem słuchu wyższym niż 35 dB w lepiej słyszącym uchu), tj. 5,5% światowej populacji, doświadcza umiarkowanego lub wyższego poziomu ubytku słuchu, który, jeśli nie zostanie wyleczony, najprawdopodobniej wpłynie na ich codzienne czynności i jakość życia. Bardziej szczegółowe informacje na temat nasilenia i rozmieszczenia ubytków słuchu przedstawiono w poniższych danych.

MOST WIEDZY Pobrano z mostwiedzy.pl



Rysunek 2.1 Liczba osób i procentowa częstość (*prevalence* w [%]) występowania według stopni ubytku słuchu [204]

Globalna częstość występowania umiarkowanego lub wyższego stopnia ubytku słuchu wzrasta wraz z wiekiem, z 12,7% w wieku 60 lat do ponad 58% w wieku 90 lat (patrz rysunek 2.1). Warto zauważyć, że ponad 58% ubytków słuchu w stopniu umiarkowanym lub wyższym występuje u osób dorosłych w wieku powyżej 60 lat. Rys. 2.2 przedstawia globalną częstość występowania umiarkowanego lub wyższego stopnia ubytku słuchu [204].



Rysunek 2.2 Globalna częstość (*prevalence* w [%]) występowania umiarkowanego lub wyższego stopnia ubytku słuchu [204]

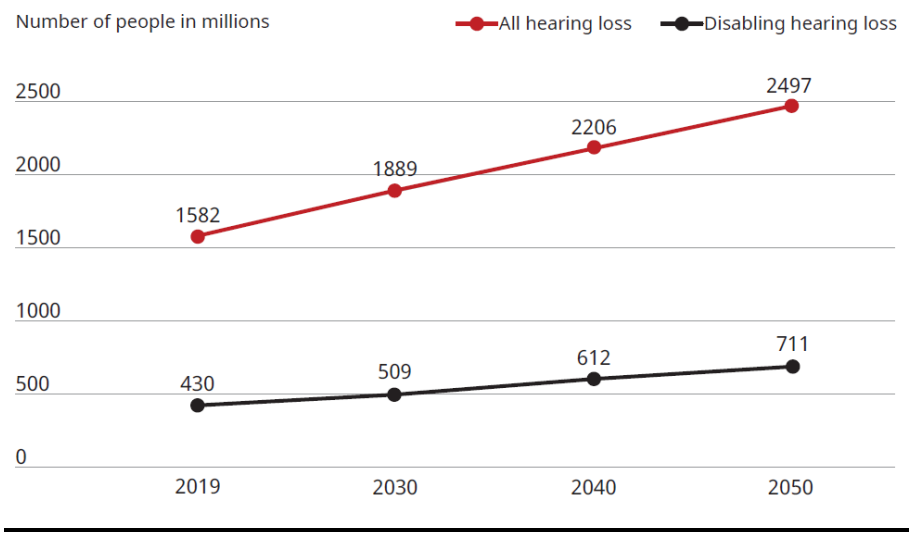
MOST WIEDZY Pobrano z mostwiedzy.pl

2.1. TRENDY DEMOGRAFICZNE I POPULACYJNE

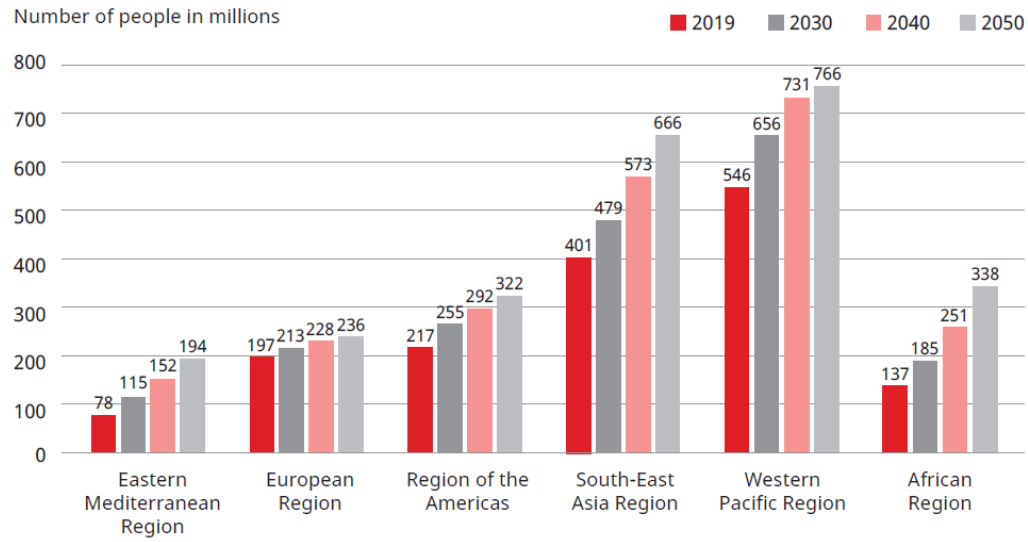
Trendy demograficzne i populacyjne odzwierciedlają wysoką i rosnącą globalną częstość występowania ubytku słuchu w ciągu całego życia. Szacuje się, że do 2050 roku około 2,5 miliarda (1 na 4) osób doświadczy ubytku słuchu, z czego prawie 700 milionów (1 na 14) będzie żyło z umiarkowanym lub wyższym poziomem ubytku słuchu w lepiej słyszącym uchu [56].

Główne zmiany demograficzne przewidywane na nadchodzące dziesięciolecia to wzrost liczby ludności i starzenie się społeczeństwa, które w znacznym stopniu wpłyną na epidemiologię ubytku słuchu. Wraz ze wzrostem liczby ludności na świecie - badania szacują, że globalna populacja wzrośnie z obecnych 7,7 miliarda do prawie 10 miliardów do 2050 roku - przewiduje się, że do 2050 roku prawie 2,5 miliarda ludzi będzie miało ubytek słuchu o łagodnym lub wyższym nasileniu w uchu lepiej słyszącym.17 Spośród tych 2,5 miliarda, prawie 700 milionów najprawdopodobniej doświadczy ubytku słuchu o umiarkowanym lub wyższym nasileniu w uchu lepiej słyszącym (patrz rysunek 2.3). Tak więc na całym świecie do 2050 r. prawie 1 na 4 osoby może mieć pewien stopień ubytku słuchu, a 1 na 14 (co najmniej 7%) będzie wymagać opieki słuchowej. Wszystkie regiony WHO mogą spodziewać się tego wykładniczego wzrostu, proporcjonalnego do ich profilu populacji. Podczas gdy maksymalny wzrost będzie prawdopodobnie obserwowany w regionach wschodniego wybrzeża Morza Śródziemnego i Afryki, gdzie przewiduje się, że liczba osób z ubytkiem słuchu wzrośnie ponad dwukrotnie do 2050 r., największa liczba osób w 2050 r. będzie prawdopodobnie występować w regionach zachodniego Pacyfiku (około 760 mln) i Azji Południowo-Wschodniej (około 660 mln) (patrz rysunek 2.4.).

MOST WIEDZY Pobrano z mostwiedzy.pl



Rysunek 2.3 Prognozowany wzrost częstości występowania umiarkowanego i wyższego stopnia ubytku słuchu, lata 2019-2050 [204]



Rysunek 2.4 Prognozowany wzrost częstości występowania wszystkich stopni ubytku słuchu w regionach WHO [204]

2.2. WPŁYW NIELECZONEGO UBYTKU SŁUCHU

W 2019 r. globalna liczba lat przeżytych z niepełnosprawnością (YLD) przypisywana ubytkowi słuchu wyniosła 43,5 mln (95% UI 29,7-61,8). Liczba ta wzrosła o 73% od 1990 r. (25,0 mln YLD). Utrata słuchu związana z wiekiem była trzecim co do wielkości źródłem globalnych YLD w 2019 r. i wiodącym źródłem dla osób dorosłych w wieku powyżej 70 lat.

MOST WIEDZY Pobrano z mostwiedzy.pl

Wskaźnik YLD (ang. *years lived with disability*) – oznacza liczbę lat życia z niepełnosprawnością. Wskaźnik YLD mierzony jest poprzez pomnożenie częstości występowania danego schorzenia przez wagę niepełnosprawności dla tego schorzenia. Wagi niepełnosprawności odzwierciedlają stopień ciężkości różnych schorzeń i są opracowywane na podstawie badań opinii publicznej. Wskaźnik YLD jest iloczynem liczby przypadków choroby i średniego czasu jej trwania oraz wagi przypisanej chorobie w zależności od ciężkości schorzenia (0 – zupełne zdrowie, 1 – zgon). Wagi są nadawane dla 220 stanów zdrowia.

Ankiety przeprowadzone są wśród osób chorych, członków rodzin/krewnych, ekspertów medycznych i ekspertów ze zdrowia publicznego/systemu opieki zdrowotnej, ogółu społeczeństwa [179] [205].

2.2.1. Wpływ na poziomie indywidualnym

Niezidentyfikowany i nieleczony ubytek słuchu wpływa na wiele aspektów życia:

Słuchanie i komunikacja

Największym wyzwaniem dla osób z nieleczonym ubytkiem słuchu jest utrzymanie komunikacji z innymi osobami w ich otoczeniu. Zakres problemu może wahać się od trudności w słuchaniu cichej mowy lub mowy w hałaśliwym otoczeniu, do niemożności usłyszenia nawet głośnych dźwięków ostrzegawczych, w tym alarmów. Osoby z ubytkiem słuchu często muszą prosić innych o powtórzenie i mogą mieć trudności z komunikacją w miejscu pracy lub prowadzeniem rutynowej rozmowy.

Język i mowa

Rozwój języka mówionego u dzieci jest bezpośrednio związany z ich zdolnością słyszenia. Większość badań przeprowadzonych na dzieciach z ubytkiem słuchu pokazuje, że doświadczają one opóźnień w rozwoju mowy i języka, które prawdopodobnie będą kontynuowane w wieku dorosłym. Stopień upośledzenia jest proporcjonalny do trudności w percepcji mowy i deficytów językowych. Jednak nawet łagodne lub jednostronne ubytki słuchu, które są powszechnie pomijane, mają negatywny wpływ na rozwój mowy i języka u dzieci. U dzieci (a także dorosłych), u których ubytek słuchu rozwinął się po rozwoju mowy (ubytek postlingwalny), może wpływać na jakość mowy, która może być przytłumiona i niewyraźna, jeśli dana osoba nie poddaje się rehabilitacji.

Funkcje poznawcze

Deprywacja językowa grozi opóźnieniem rozwoju poznawczego u dzieci, czego można uniknąć, jeśli otrzymają one odpowiednią interwencję w pierwszych latach życia. Nawet jednostronny ubytek słuchu występujący u dzieci wpływa na rozwój umiejętności

MOST WIEDZY Pobrano z mostwiedzy.pl

poznawczych. Wpływ na funkcje poznawcze nie ogranicza się do dzieci, ale jest wyraźnie widoczny również w przypadku ubytku słuchu u dorosłych.

Osoby z problemami ze słuchem są prawie trzy do czterech razy bardziej narażone na szumy uszne, problemy poznawcze oraz problemy z równowagą i upadkami niż osoby bez problemów ze słuchem [84].

Demencja i utrata słuchu są bardzo rozpowszechnionymi schorzeniami wśród osób starszych. W porównaniu z osobami z prawidłowym słuchem, osoby z ubytkiem słuchu miały o 42% wyższe ryzyko demencji, a korzystanie z aparatów słuchowych wiązało się z ryzykiem demencji podobnym do osób bez ubytku słuchu. Związki te zaobserwowano zarówno w przypadku demencji wszystkich przyczyn, jak i podtypów demencji specyficznych dla przyczyny (choroba Alzheimera, demencja naczyniowa i demencja nienaczyniowa niezwiązana z chorobą Alzheimera) [82].

Utrata słuchu jest największym potencjalnie modyfikowalnym czynnikiem ryzyka demencji związanej z wiekiem. Chociaż dwie trzecie ryzyka demencji zostało zidentyfikowane jako genetyczne, szacuje się, że ponad jednej trzeciej przypadków demencji można zapobiec poprzez zmianę stylu życia, lepszą edukację, ograniczenie palenia tytoniu oraz „zarządzanie" ubytkiem słuchu, cukrzycą i otyłością [149].

Edukacja

Ubytek słuchu może mieć długotrwały wpływ na wyniki w nauce. Osoby z ubytkiem słuchu osiągają gorsze wyniki w nauce, wolniej przechodzą przez system akademicki, mają większe ryzyko porzucenia szkoły i mniejsze prawdopodobieństwo ubiegania się o przyjęcie na studia wyższe, w porównaniu z ich słyszącymi rówieśnikami.

Zatrudnienie

Związek między ubytkiem słuchu a zatrudnieniem u dorosłych jest oczywisty. Studenci z ubytkiem słuchu często wykazują brak umiejętności planowania kariery i podejmowania decyzji, które są niezbędne do odniesienia sukcesu w miejscu pracy. Ogólnie rzecz biorąc, dorośli z ubytkiem słuchu w większym stopniu narażeni są na bezrobocie lub niedostateczne zatrudnienie [107]. W przypadku zatrudnienia osoby z ubytkiem słuchu często zarabiają mniej i przechodzą na emeryturę wcześniej niż ich słyszący rówieśnicy [61].

Izolacja społeczna i samotność

W ciągu całego życia osoby z ubytkiem słuchu często mają wyższe wskaźniki depresji i zgłaszają niższą jakość życia w porównaniu z ich słyszącymi rówieśnikami [74]. Wycofanie społeczne i zmienione interakcje społeczne są często obserwowane u osób z ubytkiem słuchu,

MOST WIEDZY Pobrano z mostwiedzy.pl

a także uczucie wstydu, odrzucenia i niepokoju. Często podczas rozmowy ich partnerzy komunikacyjni doświadczają frustracji i złości.

Relacje

Ponad 90% niesłyszących dzieci rodzi się słyszącym rodzicom, którzy najczęściej nie mają w pełni skutecznych sposobów komunikowania się ze swoim dzieckiem. Wiele badań wskazuje, że rodzice mają trudności z nawiązaniem znaczącej komunikacji z dzieckiem z ubytkiem słuchu, a także z zarządzaniem jego zachowaniem, zwłaszcza jeśli cierpi ono na inne schorzenia, takie jak zaburzenia ze spektrum autyzmu. U dorosłych ubytek słuchu może mieć negatywny wpływ na relacje osobiste, powodując trudności w komunikacji, nieporozumienia i konflikty. Efekt ten jest widoczny zarówno dla osoby z ubytkiem słuchu, jak i jej partnerów komunikacyjnych.

Tożsamość i stygmatyzacja

Ubytek słuchu u dzieci, młodzieży i dorosłych często wiąże się z poczuciem nieadekwatności i niską samooceną. Osoby z ubytkiem słuchu, nawet jeśli się do niego odnoszą, mogą często odzwierciedlać stygmatyzację związaną z ubytkiem słuchu i korzystaniem z aparatów słuchowych i próbować ukryć swoje upośledzenie. Wiele osób decyduje się nie używać aparatów słuchowych z powodu uprzedzeń i stereotypów związanych z wiekiem [14].

Sukces interwencji w zakresie zdrowia publicznego zależy nie tylko od ich skuteczności i dostępności, ale także od przygotowania populacji do ich przyjęcia. Wiedza, postawy i praktyki populacji korzystającej z takich usług są bardzo istotne, podobnie jak wiedza, postawy i praktyki świadczeniodawców opieki zdrowotnej, którzy umożliwiają takie interwencje.

Aktualne wyzwania w tym kontekście podsumowano poniżej:

- stygmatyzacja spowodowana ubytkiem słuchu, związanymi z nim trudnościami w komunikacji i korzystaniem z aparatów słuchowych − jest prawdopodobnie najbardziej krytyczną przeszkodą w opiece nad osobami niedosłyszącymi i występuje na wszystkich etapach życia [13][34][147]. Głęboko zakorzenione przekonania kulturowe i mity na temat ubytku słuchu utrzymują się w wielu społecznościach na świecie. Podczas gdy stygmatyzacja skierowana do dzieci może być uważana za mającą najbardziej dalekosiężne konsekwencje, jest ona nie mniej znacząca lub wyniszczająca, gdy napotyka się ją w późniejszym okresie życia, na przykład u dorosłych, u których ubytek słuchu rozwija się w młodym wieku lub wraz z wiekiem. Zachowania wynikające z doświadczania stygmatyzacji najczęściej przejawiają się jako zaprzeczanie trudnościom w słyszeniu i komunikacji, izolowanie się lub nienoszenie aparatu słuchowego. Ponieważ ubytek słuchu jest powszechnie uważany za naturalne zjawisko

MOST WIEDZY Pobrano z mostwiedzy.pl

towarzyszące starzeniu się, osoba korzystająca z aparatu słuchowego może być postrzegana jako starsza niż wskazuje na to wiek (ageizm). Doświadczanie takiego dyskryminującego zachowania może skutkować długimi okresami zaprzeczania i ukrywania, co z kolei prowadzi do narastającego stresu społecznego i pogorszenia słuchu. Stygmatyzacja związana z aparatami słuchowymi jest istotnym czynnikiem ograniczającym ich stosowanie; rozmiar i widoczność urządzenia są zgłaszane jako kluczowe cechy związane z niechęcią użytkowników. Strategie marketingowe mają na celu poprawę absorpcji aparatów słuchowych poprzez promowanie tych, które są małe i ledwo zauważalne podczas użytkowania. Przewrotnie jednak, takie praktyki mogą wzmacniać przekonanie, że ubytek słuchu i korzystanie z aparatów słuchowych są stygmatyzujące i powinny być ukrywane.

2.2.2. Wpływ na poziomie rodziny/partnera komunikacyjnego

Większość dzieci niesłyszących lub niedosłyszących rodzi się z rodzicami o normalnym słuchu. Na przykład w USA tylko około 4% niesłyszących lub niedosłyszących niemowląt ma niesłyszących rodziców; kolejne 4% ma jednego rodzica z ubytkiem słuchu. Rodzice z niesłyszącym lub niedosłyszącym dzieckiem często doświadczają większego obciążenia emocjonalnego i fizycznego niż inni rodzice; ich kariera może być zagrożona, aby opiekować się dzieckiem w pełnym wymiarze godzin, a czasami mogą być zmuszeni do zmiany miejsca zamieszkania, aby być bliżej wymaganych usług.

Wpływ na rodziny, zwłaszcza na partnerów komunikacyjnych, jest również godny uwagi, ponieważ mogą oni doświadczyć ograniczenia funkcji społecznych z powodu ograniczeń uczestnictwa związanych z ubytkiem słuchu partnera; zwiększony stres związany z komunikacją; i zmniejszona satysfakcja w związku.

2.2.3. Wpływ ekonomiczny

Oprócz trudności finansowych na poziomie indywidualnym, ubytek słuchu ma znaczący wpływ ekonomiczny na całe społeczeństwo. Dane WHO pokazują, że całkowity globalny koszt nieleczonego ubytku słuchu wynosi ponad 980 miliardów dolarów rocznie (patrz rysunek 2.5).

Obejmują one koszty związane z:

- sektorem opieki zdrowotnej: szacuje się, że koszty te wynoszą około 314 miliardów dolarów i obejmują koszty opieki zdrowotnej nad dziećmi i dorosłymi, wynikające z zaniedbania ubytku słuchu. Nie obejmują one kosztów świadczenia usług i rehabilitacji;
- sektorem edukacyjnym: szacunki kosztów zapewnienia wsparcia dzieciom (tj. w wieku 5-14 lat) z nieleczonym ubytkiem słuchu wynoszą prawie 27 miliardów dolarów;

MOST WIEDZY Pobrano z mostwiedzy.pl

Zakłada się, że tylko dzieci z co najmniej umiarkowanym ubytkiem słuchu (tj. poziomem słuchu powyżej 50 dB w lepiej słyszącym uchu) wymagają wsparcia edukacyjnego;

- utratą produktywności: koszty związane z bezrobociem i przedwczesnym przejściem na emeryturę wśród osób z ubytkiem słuchu są ostrożnie szacowane jako 182,5 mld USD rocznie;
- kosztami społecznymi: wynikające z izolacji społecznej, trudności w komunikacji i stygmatyzacji dodają kolejne 456,5 miliarda dolarów każdego roku. Koszty te są obliczane na podstawie wartości pieniężnej związanej z uniknięciem roku życia z niepełnosprawnością i opierają się na latach życia korygowanych niepełnosprawnością DALY, (ang. *disability adjusted life-years*) [68], w tym przypadku przypisywanych utracie słuchu. Należy również zauważyć, że 53% wszystkich kosztów przypada na kraje o niskim i średnim dochodzie.

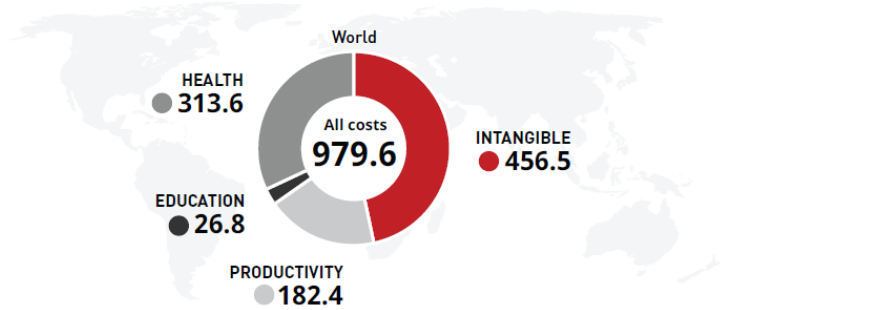
Wskaźnik DALY (ang. *disability adjusted life-years*) [121]– lata życia korygowane niepełnosprawnością/utracona długość życia korygowana niepełnosprawnością [63]– stosowany jest do określenia stanu zdrowia danego społeczeństwa. Wyraża łącznie lata życia utracone wskutek przedwczesnej śmierci bądź uszczerbku na zdrowiu w wyniku urazu lub choroby.

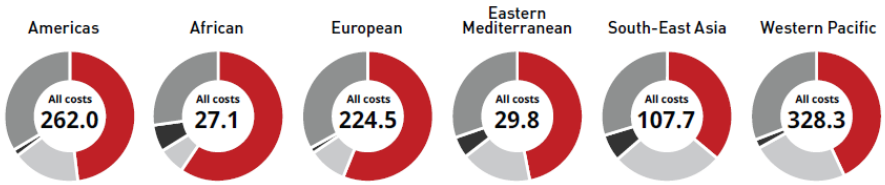
Wskaźnik DALY jest sumą liczby utraconych lat życia z powodu przedwczesnego zgonu (years of life lost – YLL) oraz liczby lat przeżytych z niepełnosprawnością (*years of life with disability* – YLD [179] [205]. Jedna jednostka DALY jest tożsama z jednym utraconym rokiem życia w zdrowiu. DALYs pozwalają na oszacowanie całkowitej liczby lat utraconych z powodu określonych przyczyn i czynników ryzyka na poziomie krajowym, regionalnym i globalnym. Dodatkowo pozwala na ocenę skuteczności podejmowanych działań w procesie monitorowania zmian w obciążeniu chorobami lub poprzez ocenę DALY zyskanych przez zastosowanie danej interwencji.

Wystąpienie choroby u osoby zdrowej niesie ze sobą dwa możliwe skutki:

- obniżenie jakości życia (niesprawność o różnym stopniu w zależności od choroby),
- przedwczesny zgon (jako skutek istniejącej choroby).

MOST WIEDZY Pobrano z mostwiedzy.pl





HEALTH	88.6	7.3	74.5	9.0	32.2	101.8
EDUCATION	3.8	3.6	3.2	1.6	7.0	7.4
PRODUCTIVITY	44.1	3.5	21.1	5.2	29.7	78.5
INTANGIBLE	125.3	12.4	125.6	13.9	38.7	140.5

* All costs are calculated for moderate or higher degrees of hearing loss, i.e. hearing level greater than 35 dB in the better-hearing ear. The costs are estimated in 2015 International dollars (a unit of currency defined by the World Bank and represented simply as "$" in the table).

N.B. *The analysis takes no account of certain aspects of hearing loss, the costs of which are not well documented in literature, such as the costs of providing informal care, or pre-school learning and higher education for people with unaddressed hearing loss (201).*

Rysunek 2.5 Ilustracja łącznych bezpośrednich, pośrednich i niematerialnych kosztów utraty słuchu (w miliardach dolarów) [204]

MOST WIEDZY Pobrano z mostwiedzy.pl

3. ROZWIĄZANIA WSPOMAGAJĄCE OSOBY Z UBYTKIEM SŁUCHU

Wielu przyczyn prowadzących do utraty słuchu można uniknąć dzięki strategiom zdrowia publicznego i interwencjom klinicznym wdrażanym w ciągu całego życia. Zapobieganie utracie słuchu ma zasadnicze znaczenie w ciągu całego życia − od okresu prenatalnego i okołoporodowego po starszy wiek. U dzieci prawie 60% ubytków słuchu jest spowodowanych możliwymi do uniknięcia przyczynami, którym można zapobiec poprzez wdrożenie środków zdrowia publicznego. Podobnie u dorosłych, najczęstsze przyczyny utraty słuchu, takie jak narażenie na głośny hałas i ototoksyczne substancje chemiczne, są możliwe do uniknięcia.

Po zidentyfikowaniu ubytku słuchu ważne jest, aby zająć się nim jak najwcześniej i w odpowiedni sposób, aby złagodzić negatywne skutki. Takie strategie wczesnej interwencji muszą przyjmować podejście skoncentrowane na danej osobie, biorąc pod uwagę jej potrzeby i preferencje komunikacyjne, a także dostępne zasoby [161].

Dostępne środki rehabilitacji osób z ubytkiem słuchu obejmują:

- wykorzystanie technologii słuchowych poprzez aparaty słuchowe, implanty ślimakowe i implanty ucha środkowego [25][97][135];
- korzystanie z języka migowego i innych środków zastępowania zmysłów, takich jak odczytywanie mowy, korzystanie z druku na dłoni lub Tadoma, komunikacja migowa [7][165];
- terapia rehabilitacyjna mająca na celu poprawę zdolności percepcyjnych oraz rozwój zdolności komunikacyjnych i językowych [54][117][168].

Korzystanie z technologii wspomagających słyszenie oraz usług takich jak systemy radiowe nadawczo-odbiorcze FM, systemy wykorzystujące pętle indukcyjne, urządzenia ostrzegawcze, urządzenia telekomunikacyjne, usługi napisów i tłumaczenia na język migowy mogą jeszcze bardziej poprawić dostęp do komunikacji i edukacji dla osób z ubytkiem słuchu.

3.1. IDENTYFIKACJA UBYTKU SŁUCHU

Wczesna identyfikacja jest pierwszym krokiem w walce z ubytkiem słuchu. Ponieważ ubytek słuchu jest niewidoczny, często pozostaje niewykryty. W przypadku niemowląt i osób starszych może to mieć negatywne konsekwencje dla funkcji poznawczych i jakości życia.

Biorąc pod uwagę globalne trendy demograficzne, zapotrzebowanie na opiekę słuchową wśród dorosłej populacji prawdopodobnie będzie nadal rosło w nadchodzących

MOST WIEDZY Pobrano z mostwiedzy.pl

dziesięcioleciach. Szacunki Global Burden of Disease sugerują, że ponad 65% światowej populacji w wieku powyżej 60 lat doświadcza pewnego stopnia ubytku słuchu.

Pomimo ograniczeń funkcjonalnych związanych z ubytkiem słuchu, dorośli zazwyczaj czekają od dziewięciu do dziesięciu lat, zanim zwrócą się do protetyka słuchu. Warto zwrócić uwagę, że w badaniu EuroTrak Poland 2019 [50]stwierdzono, że czas ten jest krótszy, tj. od momentu uświadomienia sobie ubytku słuchu do zakupu aparatów słuchowych mijają średnio 3 lata.

GBD– globalne obciążenie chorobami (ang. *Global Burden of Disease*) – jest próbą sprecyzowania rozmiaru utraty zdrowia z powodu chorób, urazów i czynników zagrożenia według wieku oraz płci. Analizy prowadzone są na poziomie poszczególnych krajów, w oparciu o dane sięgające wiele lat wstecz. Dzięki temu można dokonywać porównań międzynarodowych oraz obserwować zmiany wartości wskaźników w czasie.
GBD jest kompletną miarą stanu zdrowia obejmującą analizę umieralności, niesprawności oraz czynników zagrażających zdrowiu.

Wytyczne WHO dotyczące zintegrowanej opieki nad osobami starszymi zalecają, aby osobom starszym oferować badania przesiewowe, a następnie aparaty słuchowe [202].

Zalecenie wytycznych WHO stanowi, że badania przesiewowe, po których następuje zaopatrzenie w aparaty słuchowe, powinny być oferowane osobom starszym w celu terminowej identyfikacji i leczenia ubytku słuchu.

Istotne aspekty wdrożenia wytycznych WHO[202]:

1. Świadomość społeczna na temat ubytku słuchu powinna być promowana wraz z pozytywnymi korzyściami płynącymi z rehabilitacji audiologicznej u osób starszych.
2. Pracownicy służby zdrowia powinni być zachęcani do przeprowadzania badań przesiewowych osób starszych pod kątem ubytku słuchu poprzez okresowe zadawanie im pytań na temat ich słuchu. Zalecane są również badania audiologiczne, otoskopowe i test szeptanego głosu.
3. Aparaty słuchowe są leczeniem z wyboru dla osób starszych z ubytkiem słuchu ponieważ minimalizują one pogorszenie słuchu i poprawiają codzienne funkcjonowanie.
4. Leki powinny zostać zweryfikowane pod kątem potencjalnej ototoksyczności.
5. Osoby z przewlekłym zapaleniem ucha środkowego lub nagłą utratą słuchu, lub które nie przejdą testów przesiewowych, powinny zostać skierowane do otolaryngologa.

MOST WIEDZY Pobrano z mostwiedzy.pl

WHO oszacowała zwrot z inwestycji w badania przesiewowe słuchu u dorosłych w wieku powyżej 50 lat. Wyniki oparte na rzeczywistych kosztach przybliżyły wartość możliwego zwrotu w wysokości 1,62 dolara międzynarodowego za każdego 1 dolara zainwestowanego w badania przesiewowe słuchu wśród osób starszych w środowisku o wysokich dochodach i 0,28 dolara międzynarodowego w środowisku o średnich dochodach [203].

Ponadto oszacowano wartość uniknięcia życia z niepełnosprawnością słuchową (DALY) w ciągu całego życia dla 10 000 osób poddanych badaniom przesiewowym, wyniosłaby ona 8 877 785 dolarów międzynarodowych. W przypadku środowiska o wysokim dochodzie wartość ta wyniosłaby 788 604 dolarów dla podobnej populacji.

3.2. OPIEKA I REHABILITACJA

Po zidentyfikowaniu u danej osoby schorzenia ucha lub słuchu, może ona skorzystać z szeregu dostępnych obecnie interwencji klinicznych, rehabilitacyjnych i środowiskowych. Charakter, stopień i progresja ubytku słuchu, wraz z wszelkimi podstawowymi lub towarzyszącymi warunkami zdrowotnymi (np. zapalenie ucha środkowego, otoskleroza, itp.), określają profil kliniczny danej osoby, chociaż osoby o tym samym profilu klinicznym mogą mieć bardzo różne codzienne potrzeby w zakresie opieki nad słuchem. Wynika to z faktu, że wpływ ubytku słuchu zależy nie tylko od profilu klinicznego, ale wpływ mają także czynniki kontekstowe, takie jak potrzeby komunikacyjne, czynniki środowiskowe i dostęp do rehabilitacji.

Przyjęcie podejścia skoncentrowanego na danej osobie jest niezbędne do określenia jej potrzeb w zakresie protetyki słuchu i rehabilitacji. Skoncentrowana na osobie opieka nad uchem i słuchem obejmuje zrozumienie jej profilu klinicznego, potrzeb i preferencji komunikacyjnych oraz dostępnych zasobów.

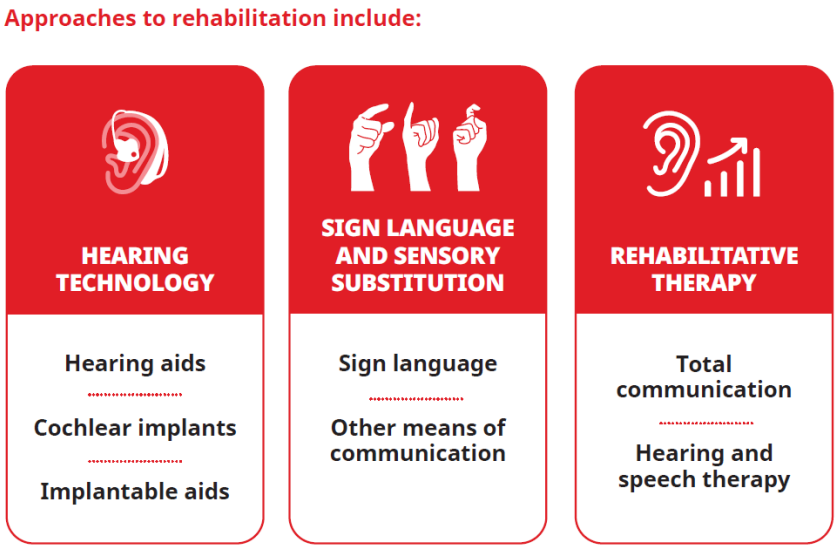
Należy przy tym pamiętać, że większość ubytków słuchu jest nieodwracalna, a rehabilitacja jest wymagana na wszystkich etapach życia. Rehabilitacja jest niezbędna do poprawy funkcjonowania, aktywności, uczestnictwa i ostatecznie zapewnienia lepszej jakości życia osobom z ubytkiem słuchu. Rysunek 3.1 przedstawia przyjęte podejścia w rehabilitacji; obejmują one [204]:

i. technologię słuchową w postaci aparatów słuchowych, implantów ślimakowych i wszczepialnych aparatów słuchowych;

MOST WIEDZY Pobrano z mostwiedzy.pl

ii. język migowy i inne substytuty sensoryczne, takie jak alfabet Braille'a, Tadoma, druk na dłoni i czytanie mowy;

iii. terapię rehabilitacyjną, jak np. *Total Communication* oraz terapię słuchu i mowy.



Rysunek 3.1 Podejścia do rehabilitacji słuchu [204]

3.3. TECHNOLOGIE SŁUCHOWE

Termin "technologie wspomagające słyszenie" obejmuje urządzenia takie jak aparaty słuchowe i implanty ślimakowe. Technologie wspomagające lub umożliwiające percepcję słuchową stanowią kluczowy element rehabilitacji słuchu. Wykorzystanie takich technologii daje użytkownikom zwiększony dostęp do informacji przenoszonych przez dźwięk i mowę. Stanowi ona jednak tylko jedną część strategii rehabilitacyjnej. Różne rodzaje technologii słuchowych obejmują aparaty słuchowe i implanty ślimakowe. Technologie te zostaną dokładniej omówione w rozdziale 4. Poniżej zawężono się do przedstawienia typów tych urządzeń.

- **Aparaty słuchowe** są nieinwazyjną, mało ryzykowną i skuteczną opcją najczęściej wykorzystywaną do rehabilitacji ubytku słuchu. Zdecydowana większość osób z ubytkiem słuchu dotyczy osób dorosłych, które doświadczają ubytku słuchu w stopniu łagodnym do umiarkowanego, co stwarza trudności w ich codziennym życiu. Ten poziom ubytku słuchu może być dobrze rozwiązany poprzez zastosowanie aparatów słuchowych, które poprawiają jakość życia i zdolność słyszenia. Nawet w przypadku osób z poważnym ubytkiem słuchu,

MOST WIEDZY Pobrano z mostwiedzy.pl

osób z zaburzeniami poznawczymi i dzieci, korzystanie z aparatów słuchowych może poprawić zdolność postrzegania bodźców sensorycznych i wyników funkcjonalnych. Te wyniki funkcjonalne nie są jednak wyłącznie wynikiem wzmocnienia słuchu, ale zależą od innych interwencji i czynników wspierających.

- **Implanty ślimakowe** są to urządzenia elektroniczne, szczególnie przydatne, gdy konwencjonalny aparat słuchowy przynosi niewielkie korzyści lub nie może być [18][162]. Zazwyczaj urządzenia te omijają struktury ucha środkowego i wewnętrznego, aby bezpośrednio stymulować nerw słuchowy i mogą zapewnić osobie niesłyszącej użyteczną reprezentację dźwięków w otoczeniu, umożliwiając rozumienie mowy [103][130]. Podczas, gdy implanty ślimakowe stanowią niezwykły potencjał w kontekście możliwości, jakie stwarzają, ich zastosowanie jest ograniczone w przypadku wielu schorzeń i osób. Ponadto, potrzeba terapii rehabilitacyjnej i usług wsparcia, które muszą towarzyszyć implantacji ślimakowej, może być znaczna. Implantacja ślimakowa musi być zatem podejmowana tylko po dokładnej ocenie klinicznej w celu zapewnienia potencjalnych korzyści i tylko wtedy, gdy istnieje infrastruktura wspierająca terapię rehabilitacyjną.

- Technologie wspomagające słyszenie

Oprócz rehabilitacji, technologie wspomagające słyszenie są przydatne w poprawie dostępu do komunikacji. Poprawiając jakość dźwięku i rozróżnianie mowy, wspomagają one interakcję danej osoby z otoczeniem. Różne rodzaje dostępnych technologii wspomagających słyszenie obejmują urządzenia do ulepszonego słuchania, które poprawiają stosunek sygnału do szumu w celu lepszego słuchania w hałaśliwym otoczeniu; urządzenia ostrzegawcze; oraz urządzenia telekomunikacyjne.

Powszechne technologie stosowane w urządzeniach do ulepszonego słuchania obejmują:

- **Systemy radiowe oparte na modulacji częstotliwości (FM)** − które konwertują dźwięk na sygnały FM.
- **System podczerwieni** − który wykorzystuje promienie podczerwone do przesyłania dźwięku.
- **Pętla indukcyjna** − przesyła sygnał audio bezpośrednio do aparatu słuchowego za pomocą pola magnetycznego.
- **System przewodowy** − w którym dźwięk jest przenoszony z mikrofonu do odbiornika za pośrednictwem połączenia przewodowego.

- Urządzenia ostrzegawcze, sygnalizujące

Urządzenia alarmowe wykorzystują dźwięk, światło, wibracje lub ich kombinację, aby zwrócić uwagę osoby niedosłyszącej lub niesłyszącej. Przykłady urządzeń ostrzegawczych

MOST WIEDZY Pobrano z mostwiedzy.pl

obejmują alarmy wstrząsowe, wibratory na poduszce, wibratory na łóżku, wibrujące pagery, wibratory na nadgarstku, wibrujące i wstrząsowe budziki, sygnalizator ruchu, sygnalizator ruchu, sygnalizator pożaru i dymu oraz sygnalizator dzwonka do drzwi.

- Urządzenia telekomunikacyjne

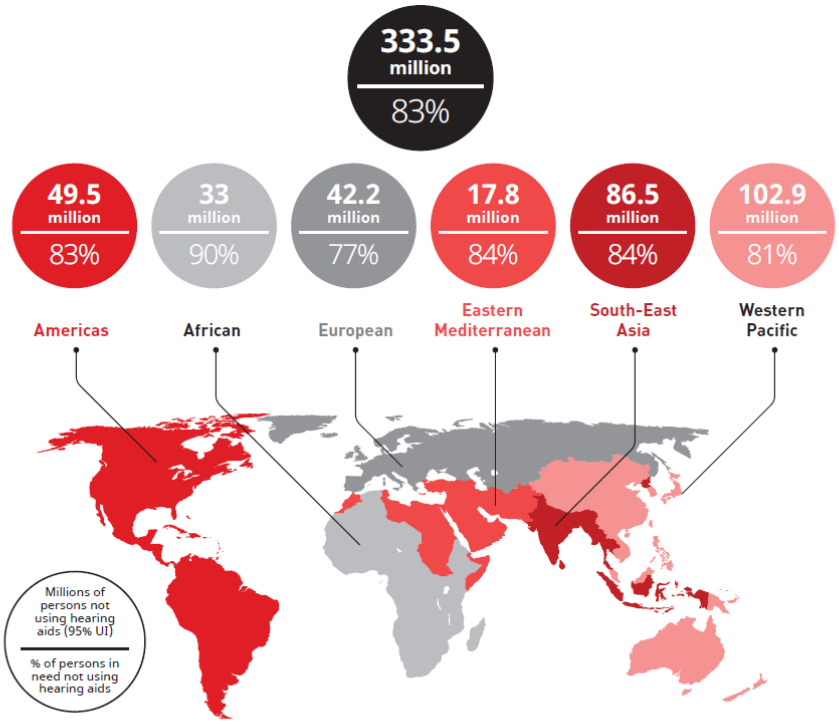
Urządzenia telekomunikacyjne przesyłają wiadomości mówione w formie pisemnej. Przykłady obejmują:

- teleprinter, który działa jako dwukierunkowy telefon do pisania, w którym osoba wpisuje wiadomość i odpowiada na telekonwersację;
- telefon z napisami, w którym słowa mówione są konwertowane na tekst.

W przypadku dorosłych − stosowanie aparatów słuchowych i implantów ślimakowych poprawia zdolność słyszenia i jakość życia. Korzystanie z aparatów słuchowych może również chronić przed pogorszeniem funkcji poznawczych [98]. Istnieją przekonujące dowody na to, że leczenie ubytku słuchu jest obiecującym sposobem na zmniejszenie ryzyka demencji. Aparaty słuchowe mogą być potężnym narzędziem zmniejszającym ryzyko demencji u osób z ubytkiem słuchu [100].

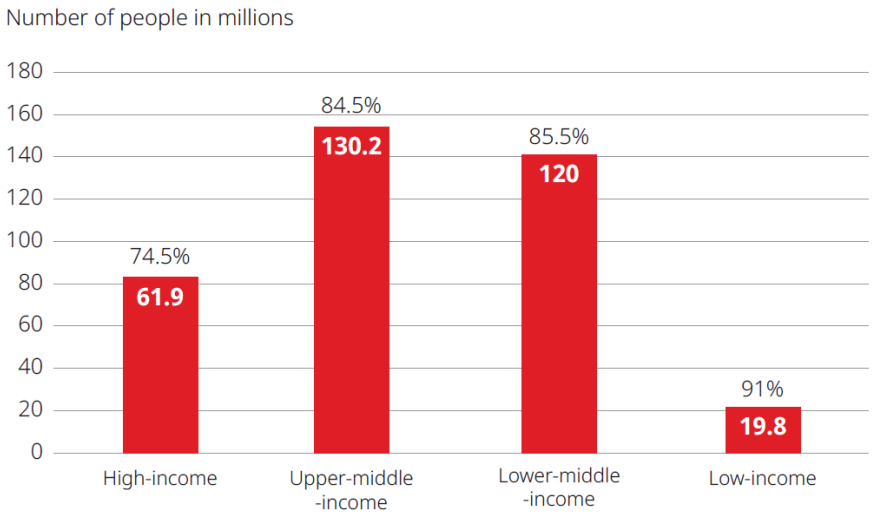
Wykazano, że korzystanie z tych urządzeń jest opłacalne w różnych warunkach ekonomicznych. WHO szacuje, że w krajach o niskim i średnim dochodzie mniej niż 15% osób potrzebujących urządzeń wspomagających ma do nich dostęp. W ramach przeprowadzonego badania *Global Burden of Disease* (WHO) oszacowano, że na całym świecie ponad 400 milionów ludzi odniosłoby korzyści z używania aparatów słuchowych; spośród nich mniej niż 68 milionów faktycznie z nich korzysta, co sugeruje istniejącą lukę w zasięgu wynoszącą 83%. Luka ta jest najniższa w regionie europejskim WHO (77%) i najwyższa w regionie afrykańskim WHO (90%) (patrz rysunek 3.2). Podczas gdy kraje o niskich dochodach borykają się z największą luką w dostępie do aparatów słuchowych (91%), nawet w krajach o wysokich dochodach prawie trzy czwarte populacji potrzebującej aparatów słuchowych nie korzysta z tych urządzeń (patrz rysunek 3.3). W tabeli 3.1 przedstawiono przykładowe dane dla kilku krajów europejskich oraz USA.

MOST WIEDZY Pobrano z mostwiedzy.pl



Note: This illustration represents WHO regions, not country boundaries.

Rysunek 3.2 Liczba i odsetek osób potrzebujących, ale niekorzystających z aparatów słuchowych w regionach WHO [204]



Rysunek 3.3 Liczba i odsetek osób potrzebujących, ale niekorzystających z aparatów słuchowych w grupach dochodowych Banku Światowego [204]

MOST WIEDZY Pobrano z mostwiedzy.pl

Tabela 3.1 Odsetek osób niedosłyszących i zaopatrzonych w aparaty słuchowe w różnych krajach Europy oraz USA

Źródło danych	Liczba osób niedosłyszących w całej populacji [%]	Liczba osób niedosłyszących zaopatrzonych w aparaty słuchowe [%]	Liczba obuusznych zaopatrzeń [%]
EuroTrak Poland 2016 [43]	16	17,8	33
EuroTrak Poland 2019 [50]	17,4	21,4	42
EuroTrak Germany 2018 [44]	12,2	36,9	71
EuroTrak Germany 2022 [48]	11,1	41,1	74
EuroTrak France 2018 [45]	10	41	71
EuroTrak France 2022 [51]	11,9	45,7	73
EuroTrak UK 2018 [46]	9,7	47,6	61
EuroTrak UK 2022 [59]	10,4	52,8	62
MarkeTrak IX 2014 USA [144]	10,6	30,2	72
MarkeTrak 2022 USA [131]	10	38,4	70

Analiza, oparta na danych GBD, pokazuje ponadto, że korzystanie z aparatu słuchowego znacznie zmniejsza niepełnosprawność związaną z ubytkiem słuchu (pod względem YLD), zwłaszcza u osób z umiarkowanie ciężkim lub ciężkim ubytkiem słuchu. Ogólnie rzecz biorąc, ubytek słuchu odpowiadał za 29 milionów YLD, bez uwzględnienia korzystania z aparatów słuchowych. Uwzględnienie obecnego zasięgu aparatów słuchowych (17%) zwiększyło tę wartość do 25,3 miliona YLD, co oznacza zmniejszenie zachorowalności o 12,6% (13,9-11,5%). Szacuje się, że gdyby każda osoba potrzebująca aparatu słuchowego korzystała z niego, obciążenie chorobami w tej populacji zostałoby zmniejszone z 25 milionów do 10,3 miliona YLD - możliwe zmniejszenie o 59%.

WHO oszacowała zwrot z inwestycji w jednostronne aparaty słuchowe (tj. aparat słuchowy dopasowany na jedno ucho) i implanty ślimakowe u dzieci. Jeśli chodzi o jednostronne aparaty słuchowe, szacunki oparte na rzeczywistych kosztach w warunkach wysokiego dochodu wykazały możliwy zwrot w wysokości 1,84 dolara międzynarodowego za każdego zainwestowanego 1 dolara oraz wartość unikniętych DALY w ciągu całego życia w wysokości 60 183 dolarów dla każdej osoby. W warunkach o niższych i średnich dochodach wskaźnik zwrotu z inwestycji wyniósł 1,62, a wartość unikniętych DALY w ciągu całego życia wyniosła 3564 dolarów. W przypadku jednostronnych implantów ślimakowych szacunki oparte na rzeczywistych kosztach w środowisku o wysokich dochodach wykazały zwrot w wysokości

MOST WIEDZY Pobrano z mostwiedzy.pl

2,59 dolara międzynarodowego za każdego zainwestowanego dolara oraz wartość unikniętych DALY w ciągu całego życia w wysokości 38 153 dolarów dla każdej osoby. Na przykładzie środowiska o niższych średnich dochodach wskaźnik zwrotu z inwestycji wynosił 1,46 dolara międzynarodowego, a wartość unikniętych DALY w ciągu całego życia wyniosła 6907 dolarów. W przypadku środowiska o średnim i wyższym dochodzie wskaźnik zwrotu z inwestycji oszacowano na 4,09 dolara międzynarodowego, a wartość unikniętych DALY w ciągu całego życia na 24 161 dolarów.

Ograniczony dostęp do aparatów słuchowych jest jednym z aspektów ograniczonego dostępu do usług EHC. W kontekście aparatów słuchowych przyczyny tego stanu rzeczy można podsumować jako:

i. wysoki koszt aparatów słuchowych;
ii. brak zasobów ludzkich i usług w zakresie dostarczania, dopasowywania, konserwacji i wspierania korzystania z aparatów słuchowych;
iii. niska świadomość i stygmatyzacja związana z ubytkiem słuchu.

Rozwiązanie problemu w dostępie do technologii wspomagających słyszenie wymaga wielopłaszczyznowego podejścia. Aparaty słuchowe i implanty ślimakowe powinny być uwzględnione jako priorytetowe produkty wspomagające udostępniane w ramach usług rządowych, a ich stosowanie powinno być promowane poprzez:

- politykę prozdrowotną, która może zapewnić łatwy dostęp do wysokiej jakości, przystępnych cenowo i bezpiecznych technologii i usług;
- przyjęcie przystępnych cenowo, wysokiej jakości produktów, które są zgodne z zaleceniami WHO;
- uwzględnienie nowszych, przełomowych osiągnięć w dziedzinie technologii słuchowych przy podejmowaniu decyzji o technologiach słuchowych najbardziej odpowiadających potrzebom danego kraju;
- zatwierdzanie i wdrażanie skutecznych modeli świadczenia usług, które nie opierają się wyłącznie na wysoko wykwalifikowanych specjalistach; na przykład teleaudiologia; korzystanie z samodopasowujących się lub szkoleniowych aparatów słuchowych; usługi bezpośrednie dla klientów; korzystanie z platform e-zdrowia i m-zdrowia; oraz szkolenie lokalnie dostępnej siły roboczej. Takie modele świadczenia usług powinny być dostosowane do potrzeb i systemu opieki zdrowotnej w danym kraju;

MOST WIEDZY Pobrano z mostwiedzy.pl

- podnoszenie świadomości na temat ubytku słuchu i zmniejszanie związanej z nim stygmatyzacji poprzez:
    - ✓ kampanie komunikacyjne zapewniające dokładne i dostępne informacje,
    - ✓ wzmocnienie stowarzyszeń osób z ubytkiem słuchu;
- Obniżenie kosztów poprzez przyjęcie środków, takich jak zniesienie ceł przywozowych lub podatków; wspólne zamówienia; wykorzystanie baterii słonecznych i materiałów pochodzących z lokalnych źródeł; oraz innowacyjne systemy zwrotu kosztów*;*
- Badania i innowacje w projektowaniu i dostarczaniu aparatów słuchowych i implantów ślimakowych w celu spełnienia unikalnych wymagań poszczególnych krajów, a także rozwój technologii słuchowych dostosowanych do potrzeb użytkowników, które odzwierciedlają różnorodne potrzeby osób z ubytkiem słuchu.

Udział producentów aparatów słuchowych w wysiłkach na rzecz poprawy dostępu poprzez wykorzystanie zasobów na szkolenia i wspieranie większej liczby protetyków słuchu (praktyków). Producenci odgrywają również rolę w zapewnieniu, że ich praktyki są dostosowane do maksymalizacji dostępu do aparatów słuchowych wśród wszystkich grup społecznych.

Warto też pamiętać, że niektóre problemy z użytkowaniem technologii słuchowych wiążą się z brakiem ich akceptacji przez osoby z ubytkiem słuchu.

- **ograniczona wiedza na temat słuchu i protezowania słuchu w całej populacji** − powszechnie wiadomo, że ludzie często unikają szukania opieki medycznej, nawet jeśli podejrzewają, że może to być konieczne. Niewiele badań zostało przeprowadzonych w celu zrozumienia przyczyn tego zjawiska; jeszcze mniej w dziedzinie protetyki słuchu. Istniejąca literatura ujawnia, że nawet gdy ludzie są świadomi ryzyka utraty słuchu − na przykład w przypadku narażenia na hałas w środowisku zawodowym lub rekreacyjnym − i gdy mają do dyspozycji środki ochronne (takie jak zatyczki do uszu i nauszniki), nadal niechętnie z nich korzystają. Można to częściowo przypisać kilku czynnikom: dyskomfortowi spowodowanemu noszeniem tych urządzeń; podstawowym przekonaniom i normom społecznokulturowym związanym z narażeniem na hałas; brakowi oceny stwarzanego zagrożenia; lub brak postrzeganych korzyści z ich używania. Niektórzy ludzie latami zwlekają z badaniem słuchu lub szukaniem pomocy. Kiedy ubytek słuchu zostaje zidentyfikowany i sugerowane są interwencje naprawcze, ludzie często odkładają ich użycie na bliżej nieokreśloną przyszłość, twierdząc, że "nie ma potrzeby" ich używania lub że "na razie sobie poradzą". Taka postawa

MOST WIEDZY Pobrano z mostwiedzy.pl

przekłada się na konsekwentnie niskie wskaźniki korzystania z usług protetyki słuchu i stosowania aparatów słuchowych, nawet w krajach o wysokich dochodach, w których te usługi i aparaty są dostępne. Biorąc pod uwagę duży wpływ nieleczonego ubytku słuchu na zdrowie psychiczne, zdolność do kontynuowania pracy oraz jakość życia i relacji, jest to poważny powód do niepokoju.

3.4. SYSTEMY OPIEKI ZDROWOTNEJ − POTENCJALNE ROZWIĄZANIA

Aby zapewnić dostępność przez całe życie, usługi EHC (ang. Ear and Hearing Care) muszą być zintegrowane z krajowymi usługami zdrowotnymi i świadczone na wszystkich poziomach opieki, tj. środowiskowej, podstawowej, wtórnej i trzeciorzędowej zgodnie z rezolucją World Health Assembly WHA70.13 [199].

Zapewnienie równego dostępu do wymaganych usług zależy od wyszkolonego personelu medycznego, który zapewnia opiekę nad uszami i słuchem w różnym wieku i na wszystkich poziomach opieki. Brak odpowiednio przeszkolonych pracowników stanowi barierę dla poprawy dostępu do usług. Raport WHO [201], ujawnił znaczne braki w dostępności specjalistów świadczących usługi EHC, takich jak laryngolodzy, audiolodzy i logopedzi.

Aby ocenić rzeczywisty wpływ luk i niedoborów w zasobach ludzkich w opiece nad uchem i słuchem oraz oszacować obciążenie dla istniejących specjalistów, WHO opracowała scenariusze, biorąc przykłady z rzeczywistych sytuacji. Scenariusze te pozwoliły na bardzo ostrożne wskazanie luk między obecnie dostępnymi zasobami ludzkimi a tymi, które są wymagane do podjęcia pięciu powszechnych interwencji w ramach usług EHC: badanie ucha i usuwanie woskowiny; ocena stanu słuchu; dopasowanie aparatu słuchowego; doradztwo po dopasowaniu aparatu słuchowego; oraz diagnozowanie typowych chorób ucha, takich jak ostre lub przewlekłe zapalenie ucha środkowego u dzieci.

W tabeli 3.2 [204]przedstawiono role tradycyjnie reprezentowane przez różne instytucje i specjalistów w opiece nad słuchem oraz możliwości podziału zadań, gdy ta kadra jest niewystarczająca, aby zaspokoić potrzeby populacji.

MOST WIEDZY Pobrano z mostwiedzy.pl

Tabela 3.2 Możliwości podziału zadań między różnymi kadrami specjalistów [204]

	Primary level health workers and nurses*	General practitioners	Audiologists	Ear nose and throat specialists	Speech therapists
Hearing screening	Community level screening and referral			Community level screening	Community level screening
Hearing loss assessment	Audiological diagnosis in adults with recognition of red flags that indicate need for specialized care				Audiological diagnosis in adults with recognition of red flags
Hearing aid fitting	In adults without any red flags			Mainly in adults without red flags	Mainly in adults without any red flags
Hearing rehabilitation	Auditory training and counselling for adults			Auditory training and counselling for adults	
Identification care for common ear diseases (wax, otitis media)	Identification and primary level care in the community, referral	Diagnosis and management of common uncomplicated conditions	Triaging, diagnosis and management of uncomplicated ear conditions		

Traditional roles Possible roles

3.4.1. Wdrożenie pakietu „H.E.A.R.I.N.G.”

Opieka słuchem odnosi się do szerokiego zakresu usług dotyczących problemów z uszami i słuchem na wszystkich etapach życia, świadczonych w ramach krajowych systemów opieki zdrowotnej i obejmujących promocję zdrowia, profilaktykę, identyfikację, zarządzanie i rehabilitację. Zakres opieki nad uszami i słuchem wykracza poza systemy opieki zdrowotnej i obejmuje zapewnienie dostępnej edukacji i komunikacji (np. poprzez naukę języka migowego lub dostęp do napisów itp.); a także inne wsparcie (np. wsparcie społeczne) wymagane dla osób z ubytkiem słuchu i ich rodzin, świadczone w ramach współpracy wielosektorowej, zgodnie z zasadami zintegrowanej opieki nad uszami i słuchem skoncentrowanej na ludziach.

Proponowany pakiet interwencji EHC, który odpowiada akronimowi "H.E.A.R.I.N.G." (patrz rysunek 3.4), obejmuje działania wymagane do holistycznego zapewnienia EHC poprzez zintegrowane podejście do całego życia. Działania te muszą być brane pod uwagę przez państwo lub instytucję publiczną.

MOST WIEDZY Pobrano z mostwiedzy.pl

Rysunek 3.4 Pakiet H.E.A.R.I.N.G. obejmujący interwencje dotyczące uszu i słuchu [204]

- Badania przesiewowe słuchu i interwencja

Cel: Zapewnienie szybkiego wykrywania i interwencji w przypadku utraty słuchu u osób najbardziej zagrożonych.

Obejmuje: Badania przesiewowe słuchu i programy wczesnej interwencji ukierunkowane na:

- noworodki i niemowlęta;
- dzieci w wieku przedszkolnym i szkolnym;
- wszystkie osoby o podwyższonym ryzyku utraty słuchu, na przykład z powodu narażenia na hałas lub ototoksyczne substancje chemiczne w miejscu pracy, a także osoby otrzymujące leki ototoksyczne z powodu innych chorób; oraz
- osoby starsze.

- Zapobieganie chorobom uszu i zarządzanie nimi

Cel: Zapobieganie i leczenie chorób uszu na jak najwcześniejszym etapie, aby uniknąć związanej z nimi utraty słuchu i innych powikłań.

Obejmuje: Przeciwdziałanie powszechnym chorobom uszu poprzez:

- zapobieganie (np. dobre praktyki EHC lub szczepienia);
- wczesną identyfikację na poziomie społeczności i podstawowym dzięki przeszkolonej sile roboczej;
- leczenie medyczne i chirurgiczne.

MOST WIEDZY Pobrano z mostwiedzy.pl

- Dostęp do technologii

Cel: Poprawa dostępu do aparatów słuchowych, implantów ślimakowych lub technologii wspomagających słyszenie i powiązanych usług dla wszystkich potrzebujących.

Obejmuje:

- dostęp do przystępnych cenowo, wysokiej jakości aparatów słuchowych i implantów ślimakowych, wraz z akumulatory i usługi serwisowe;
- dostępność technologii wspomagających słyszenie (np. systemy pętli indukcyjnych w miejscach publicznych i szkołach).

- Usługi rehabilitacyjne

Cel: Optymalizacja funkcjonowania osób z ubytkiem słuchu poprzez usługi rehabilitacji słuchu i mowy.

Obejmuje:

- multidyscyplinarne, skoncentrowane na rodzinie usługi rehabilitacji słuchu i mowy dla dzieci z ubytkiem słuchu; oraz doradztwo i rehabilitacja słuchowa dla osób dorosłych z ubytkiem słuchu, zwłaszcza osób starszych.

- Lepsza komunikacja

Cel: Ułatwienie uczestnictwa we wszystkich działaniach istotnych dla osób z ubytkiem słuchu.

Obejmuje:

- nauka języka migowego i usługi tłumaczeń ustnych, zwłaszcza w placówkach edukacyjnych i opieki zdrowotnej;
- Usługi napisów w środowisku zawodowym i rekreacyjnym jako sposób n a poprawę dostępu do treści audio dla osób z ubytkiem słuchu.

- Redukcja hałasu

Cel: Zapewnienie, że żadna osoba nie będzie narażona na ryzyko utraty słuchu z powodu głośnych dźwięków.

Obejmuje:

- programy ochrony słuchu w miejscu pracy w celu zmniejszenia ubytku słuchu w miejscu pracy.
- przyjęcie globalnego standardu bezpiecznych urządzeń odsłuchowych (ITU-T H.87026) jako standardu krajowego;
- przepisy dotyczące bezpiecznych miejsc odsłuchowych;
- ukierunkowane programy mające na celu zmianę zachowań słuchowych wśród dzieci i młodzieży.

MOST WIEDZY Pobrano z mostwiedzy.pl

- Większe zaangażowanie społeczności

Cel: Zmiana zachowań i postaw wobec ubytku słuchu i jego przyczyn.

Obejmuje:

- wielopłaszczyznową strategię komunikacji, która generuje większą świadomość i zaangażowanie społeczności w promowanie:
  - ✓ zdrowe praktyki EHC i bezpieczne słuchanie
  - ✓ wczesna identyfikacja i interwencje w przypadku ubytku słuchu. wzmocnienie lub utworzenie organizacji i stowarzyszeń reprezentujących osoby niedosłyszące lub niesłyszące;
- umożliwienie tym grupom stania się aktywnymi i wyrazistymi interesariuszami;
- współpraca ze wszystkimi zainteresowanymi stronami, w tym osobami niesłyszącymi i niedosłyszącymi, w celu zidentyfikowania i wyeliminowania przyczyn stygmatyzacji związanej z utratą słuchu i problemami z uszami.

3.4.2. Zakres usług EHC – cele do 2030 r.

- **Względny wzrost o 20% efektywnego zasięgu badań przesiewowych słuchu u noworodków do 2030 r.**
  - ✓ Kraje, w których wskaźnik skutecznego pokrycia wynosi poniżej 50%, powinny dążyć do osiągnięcia co najmniej 50% skutecznego pokrycia.
  - ✓ Kraje, w których efektywny zasięg wynosi 50-80%, powinny dążyć do 20% względnego wzrostu efektywnego zasięgu.
  - ✓ Kraje, w których efektywny wskaźnik pokrycia wynosi obecnie ponad 80%, powinny dążyć do powszechnego zasięgu.
  - ✓ Kraje, w których grupy ludności objęte są badaniami przesiewowymi słuchu noworodków, powinny zapewnić zasięg na poziomie 95% lub wyższym.
- **Względne zmniejszenie o 20% częstości występowania przewlekłych chorób uszu i nieleczonego ubytku słuchu u dzieci w wieku szkolnym, w wieku 5-9 lat.**
- **Względny wzrost o 20% efektywnego zasięgu osób dorosłych z ubytkiem słuchu korzystających z technologii słuchowych (tj. aparatów słuchowych i implantów) do 2030 r.**
  - ✓ Kraje, w których wskaźnik skutecznego pokrycia wynosi poniżej 50%, powinny dążyć do osiągnięcia co najmniej 50% skutecznego pokrycia.

MOST WIEDZY Pobrano z mostwiedzy.pl

- ✓ Kraje, w których efektywny zasięg wynosi 50-80%, powinny dążyć do 20% względnego wzrostu efektywnego zasięgu.
- ✓ Kraje, w których efektywny wskaźnik pokrycia wynosi obecnie ponad 80%, powinny dążyć do dla powszechnego zasięgu.

3.4.3. Wnioski i zalecenia przedstawione w raporcie WHO [204]: udostępnienie opieki nad uchem i słuchem dla wszystkich

Zalecenie 1:
WŁĄCZENIE IPC-EHC DO POWSZECHNEGO UBEZPIECZENIA ZDROWOTNEGO (IPC-EHC - integrated people-centred ear and hearing care, zintegrowana, skoncentrowana na ludziach opieka nad uchem i słuchem)

Działania:

- Określenie potrzeb populacji i priorytetów w zakresie opieki nad uszami i słuchem w poszczególnych krajach oraz włączenie pakietu H.E.A.R.I.N.G. do powszechnej opieki zdrowotnej w oparciu o zidentyfikowane priorytety.
- Zapewnienie równego dostępu do usług EHC dla wszystkich, w tym osób mieszkających w odległych obszarach lub należących do grup szczególnie wrażliwych.
- Zapewnienie ochrony przed ryzykiem finansowym i zmniejszenie wydatków bieżących dla ucha i protetyka słuchu.
- Zaangażowanie innych sektorów rządowych i społeczeństwa obywatelskiego, w tym organizacji zrzeszających osoby niesłyszące i niedosłyszące, w proces planowania i wdrażania, w celu wspierania holistycznego, opartego na współpracy podejścia.

Zalecenie 2:
WZMOCNIENIE SYSTEMÓW OPIEKI ZDROWOTNEJ W CELU ZAPEWNIENIA IPC-EHC NA WSZYSTKICH POZIOMACH OPIEKI

Działania:

- Uwzględnienie IPC-EHC jako części krajowych planów opieki zdrowotnej w celu zapewnienia opieki na wszystkich poziomach świadczenia usług (na poziomie społeczności, podstawowym, średnim i wyższym) w sposób zintegrowany, z uwzględnieniem potrzeb wszystkich grup ludności, w tym grup szczególnie wrażliwych.
- Zapewnienie integracji opieki nad uchem i słuchem z usługami zdrowotnymi świadczonymi przez całe życie, w tym m.in. z programami dotyczącymi zdrowia dzieci, zdrowego starzenia się, usługami w zakresie zdrowia w miejscu pracy, zdrowia

MOST WIEDZY Pobrano z mostwiedzy.pl

środowiskowego i działań promujących zdrowie. Ustanowienie lub rozszerzenie programów edukacyjnych w celu rozwoju profesjonalnych kadr w zakresie opieki nad uchem i słuchem.

- Wzmocnienie szkolenia innych (spoza EHC) świadczeniodawców opieki zdrowotnej i innych osób (np. nauczycieli, pracowników socjalnych itp.) w zakresie ubytku słuchu, jego wpływu i ich roli we wspieraniu dostępu do skutecznej komunikacji.
- Poprawa dostępu do wysokiej jakości, przystępnych cenowo technologii słuchowych (aparatów słuchowych, implantów ślimakowych i innych urządzeń wspomagających) oraz usług niezbędnych do ich skutecznego stosowania.

Zalecenie 3:

PODEJMOWANIE KAMPANII UŚWIADAMIAJĄCYCH, KTÓRE ODNOSZĄ SIĘ DO POSTAW I STYGMATYZACJI ZWIĄZANYCH Z CHOROBAMI USZU I UTRATĄ SŁUCHU

Działania:

- Informowanie społeczeństwa o możliwych do uniknięcia przyczynach chorób uszu i utraty słuchu, ich wpływ i skuteczność interwencji w ciągu całego życia.
- Opracowanie skutecznej strategii komunikacji w celu zmiany zachowań związanych ze słuchaniem wśród osób zagrożonych utratą słuchu z powodu niebezpiecznych praktyk słuchowych.
- Każdego roku Światowy Dzień Słuchu jest okazją do informowania i edukowania społeczeństwa w zakresie protetyki słuchu.
- Włączenie modułów dotyczących IPC-EHC do profesjonalnych kursów szkoleniowych, takich jak laryngologia, audiologia i logopedia, w celu promowania podejścia do zdrowia publicznego wśród specjalistów EHC.
- Współpraca z odpowiednimi sektorami rządowymi w zakresie komunikacji i edukacji poprzez świadczenie usług w języku migowym i innych środków, takich jak napisy.

Zalecenie 4:

OKREŚLANIE CELÓW, MONITOROWANIE TENDENCJI KRAJOWYCH I OCENA POSTĘPÓW

Działania:

- Ocena postępów w realizacji celów EHC przy użyciu zidentyfikowanych wskaźników.
- Określenie i włączenie kompleksowych wskaźników EHC do krajowych systemów informacji zdrowotnej oraz zapewnienie ich regularnego monitorowania.

MOST WIEDZY Pobrano z mostwiedzy.pl

- Publikowanie wskaźników i ocena postępów w osiąganiu celów w ramach krajowych raportów zdrowotnych.
- Ocena ubytku słuchu w ramach populacyjnych badań zdrowotnych i zgłaszanie tego faktu w ustandaryzowany sposób (tj. zgodnie ze stopniami ubytku słuchu WHO32).
- Dzielenie się danymi, wiedzą i zasobami z innymi krajami i regionami poprzez silne partnerstwa i sieci współpracy.

Zalecenie 5:

PROMOWANIE WYSOKIEJ JAKOŚCI BADAŃ NAD ZDROWIEM PUBLICZNYM W ZAKRESIE OCHRONY USZU I SŁUCHU

Działania:

- Opracowanie krajowego programu badań zgodnie z globalnymi i krajowymi priorytetami.
- Promowanie i wspieranie badań i analiz, które koncentrują się na znaczeniu, implikacjach i zastosowanie wyników badań w zakresie zdrowia publicznego.
- Wzmocnienie powiązań między ministerstwami zdrowia, organizacjami badawczymi i instytucjami w celu zapewnienia, że badania są dostosowane do krajowych priorytetów EHC.
- Ustanowienie mechanizmu zachęcającego do finansowania badań nad zdrowiem publicznym, które koncentrują się na ochronie uszu i słuchu.

MOST WIEDZY Pobrano z mostwiedzy.pl

4. PROBLEMATYKA OCENY EFEKTYWNOŚCI UŻYWANIA APARATÓW SŁUCHOWYCH

W niniejszym rozdziale omówione zostaną zagadnienia związane z technologią, która wspomaga słyszenie, proces dopasowania protez słuchowych, jak również metody oceny skuteczności protezowania aparatami słuchowymi.

4.1. RODZAJE URZĄDZEŃ POPRAWIAJĄCYCH SŁYSZENIE

Wśród urządzeń poprawiających słyszenie w pierwszej kolejności należy wymienić aparaty słuchowe. Z uwagi na to, że wiedza na ich temat jest dość powszechna, dlatego w niniejszej pracy ich szczegółowe omówienie zostanie pominięte. Biorąc pod uwagę wspomniane wcześniej amerykańskie prawodawstwo, pozostałe urządzenia można podzielić na trzy grupy:

1. Aparaty słuchowe, w tym aparaty słuchowe OTC (Over-The-Counter − aparaty dystrybuowane bez recepty / bez zlecenia lekarskiego);
2. Osobiste wzmacniacze dźwięku PSAP;
3. Aplikacje wykorzystujące smartfony i/lub inne urządzenia elektroniczne.

4.1.1. Aparaty słuchowe

Aparat słuchowy jest rozumiany jako urządzenie zaprojektowane i oferowane w celu wspomagania osoby niedosłyszącej i kompensacji niedosłuchu. Aparaty słuchowe są traktowane jako urządzenia medyczne I lub II klasy. Mogą być stosowane dla osób z niedosłuchem od lekkiego do głębokiego stopnia [178]. W USA ich sprzedażą i dopasowaniem mogą zajmować się tylko wykwalifikowani audiolodzy i protetycy słuchu. W Polsce, tak jak wspomniano wcześniej, nie ma takiego wymogu, jeżeli sprzedaż aparatów odbywa się na rynku prywatnym.

Główną różnicą w USA pomiędzy tradycyjnym aparatem słuchowym a aparatem OTC wydawanym bez zlecenia lekarskiego polega na tym, że nie jest wymagana konsultacja lekarska czy też wizyta u protetyka słuchu. Wymagane jest jednak, aby osoba zaopatrująca się w taki aparat została zbadana w celu stwierdzenia braku poważnych schorzeń wykluczających stosowanie aparatów lub aby podpisała oświadczenie, że odmawia takiej oceny medycznej.

Z praktycznego punktu widzenia różnica między tymi dwoma rozwiązaniami polega na tym, że tradycyjny aparat słuchowy jest dopasowywany indywidualnie dla danego pacjenta z

MOST WIEDZY Pobrano z mostwiedzy.pl

uwzględnieniem jego obrazu audiologicznego oraz sytuacji akustycznych, w których przebywa i oczekuje poprawy słyszenia. Dobór aparatu odbywa się zgodnie przyjętymi regułami i zasadami przez protetyka słuchu po uprzedniej konsultacji lekarskiej. Natomiast aparat słuchowy OTC wydawany bez recepty najczęściej jest już wstępnie zaprogramowany. Ma zazwyczaj zapisanych kilka ustawień, które odpowiadają najczęściej występującym niedosłuchom starczym. Rolą osoby niedosłyszącej jest wybór najbardziej odpowiadającego ustawienia lub próba samodzielnej regulacji takiego aparatu. Do tego celu służą dedykowane aplikacje na smartfony, które bezpośrednio komunikują się z aparatami słuchowymi. W zależności od rozwiązania pozwalają one na regulację różnych parametrów akustycznych aparatów słuchowych. Możliwe jest również w niektórych przypadkach wykonanie testu słuchu „*in situ*" z wykorzystaniem aparatu słuchowego. Nie jest to co prawda badanie audiometryczne i nie spełnia standardów takiego badania, gdyż urządzenie nie jest właściwie skalibrowane, ale pozwala na wyznaczenie powietrznego progu słyszenia w danych warunkach w aparatach słuchowych. Pomiar ten może być wykorzystany do ustawienia aparatów słuchowych. Do regulacji mogą również służyć różnego rodzaju aplikacje internetowe, komputerowe bądź instrukcje, które pozwalają na regulację aparatów z użyciem np. klawiatury telefonicznej lub dźwięków generowanych przez program komputerowy. Prace nad opracowaniem systemów służących do samodzielnego ustawiania aparatów były prowadzone przez ostatnie kilkadziesiąt lat. Powstało wiele prac dotyczących różnego rodzaju systemów wspomagających samodzielny dobór i regulacje aparatów słuchowych oraz ich oceny [40][53][71][120][166][211]. Prace w tym zakresie były prowadzone również w Polsce [29][170][171][172]. Pokazują one, że możliwy jest samodzielny dobór parametrów akustycznych aparatów słuchowych w taki sposób, aby odpowiadały one oczekiwaniom osób niedosłyszących.

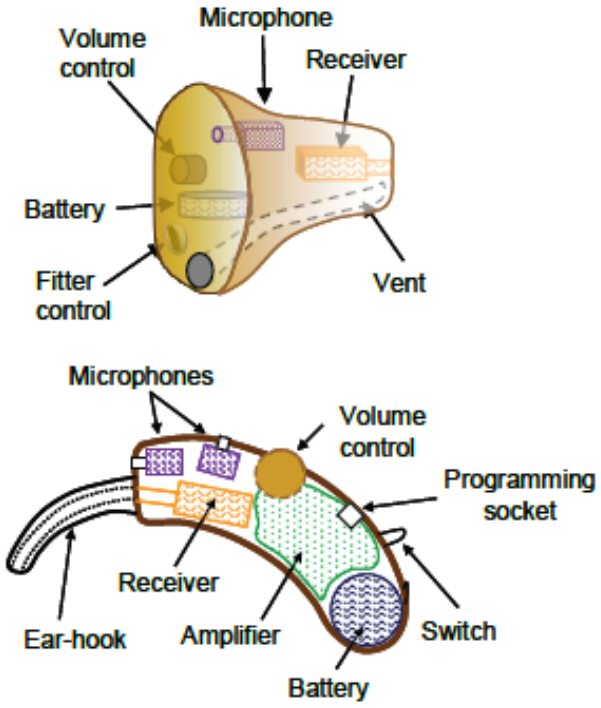
4.2.1. Rodzaje aparatów słuchowych

Podział ze względu na formę aparatu:

- Aparaty zauszne (BTE) – mikrofon, słuchawka, układy regulujące, wzmacniacz i źródło prądu znajdują się w jednej obudowie (patrz rysunek 4.1 [35]). Kształt obudowy umożliwia umiejscowienie aparatu słuchowego za uchem. Odbiór dźwięku w tego typu aparatach odbywa się poprzez mikrofon umiejscowiony w różnym miejscu. Otwór, poprzez który wchodzi dźwięk, znajduje się ponad małżowiną na jej górnej krawędzi lub pod małżowiną, przy jej dolnej krawędzi. Nowszą odmianą aparatu zausznego jest słuchawka w przewodzie słuchowym RITE (Receiver-In-The-Ear-Canal) [69][182], w której słuchawka znajduje się w

MOST WIEDZY Pobrano z mostwiedzy.pl

przewodzie słuchowym, a nie w obudowie aparatu zausznego. w przewodzie słuchowym, a nie w obudowie zausznej, oraz kabel elektryczny zamiast przewodu akustycznego biegnie od elektroniki do przewodu słuchowego. Aparaty zauszne RITE są znane również jako RIC (Receiver-In-the-Canal [133][196]. Te dwa typy aparatów zauszny ch są niekiedy określane przez sposób połączenia między obudową a elementem w przewodzie słuchowym: tradycyjne Tradycyjne aparaty zauszne są znane jako aparaty zauszne z rurką standardową lub cienką, a aparaty zauszne RITE są znane jako aparaty zauszne z cienkim przewodem. Model tradycyjny aparatu zausznego o dowolnej średnicy dźwiękowodu jest określany jako słuchawka w aparacie (RITA) dla odróżnienia od terminologii RITE. Rysunek 4.2 przedstawia aparaty zauszne ze standardowym dźwiękowodem, cienkim dźwiękowodem i słuchawką zewnętrzną zamocowaną do aparatu za pomocą cienkiego przewodu [35].



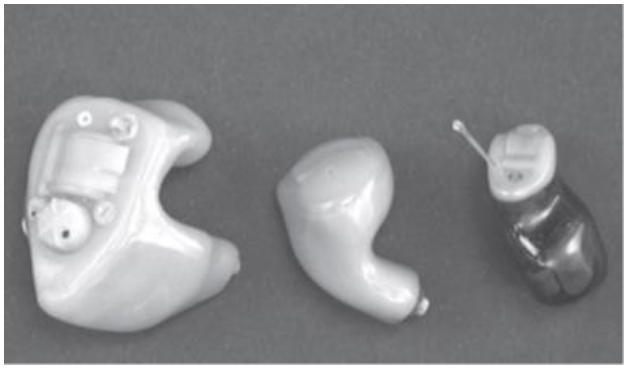
Rysunek 4.1 Typowa lokalizacja komponentów w wewnątrzusznym ITC i zausznym BTE aparacie słuchowym [35]

MOST WIEDZY Pobrano z mostwiedzy.pl

Rysunek 4.2 Zauszne aparaty słuchowe i wkładki uszne. Zauszny aparat słuchowy ze standardowym dźwiękowodem w lewym górnym rogu może być mocowany do niestandardowej wkładki otwartej lub zamkniętej. Aparaty zauszne RITA i RITE mogą być mocowane do niestandardowych wk wkładek lub do standardowych nakładek silikonowych w różnych rozmiarach, które mogą być otwarte lub zamknięte [35]

- **Wewnątrzuszne (ITE)** - mikrofon, słuchawka, układy regulujące, wzmacniacz i źródło prądu znajdują się w jednej obudowie (patrz rysunek 4.3 [35]). Kształt obudowy umożliwia umiejscowienie aparatu słuchowego w uchu. Zależnie od wielkości wyróżnimy różne typy aparatów słuchowych wewnątrzusznych. Różnią się one rozmiarem od modeli, które wypełniają całą jamę muszli wraz łódką muszli, aż po modele wielkości około połowy długości przewodu słuchowego. Gdy aparat słuchowy ITE zajmuje wystarczająco małą część małżowiny usznej, a jego zewnętrzna powierzchnia jest równoległa do otworu kanału słuchowego, określa się go jako aparat wewnątrzkanałowy (ITC) [35] [184]. Aparaty słuchowe, które mieszczą się całkowicie w przewodzie słuchowym, są znane jako aparaty słuchowe całkowicie wewnątrzkanałowe (CIC) [35] [184]. Te aparaty słuchowe wykorzystują komponenty na tyle małe, że żaden z aparatów słuchowych nie musi wystawać do małżowiny usznej. Wyjmowanie tych aparatów słuchowych z ucha może być trudne, dlatego często do aparatu słuchowego przymocowany jest mały uchwyt, podobny do nylonowej żyłki wędkarskiej z małym zgrubieniem na końcu, który wystaje do w kierunku jamy muszli. Podstawowe modele aparatów wewnątrzusznych pokazano na rysunku 4.3.

MOST WIEDZY Pobrano z mostwiedzy.pl



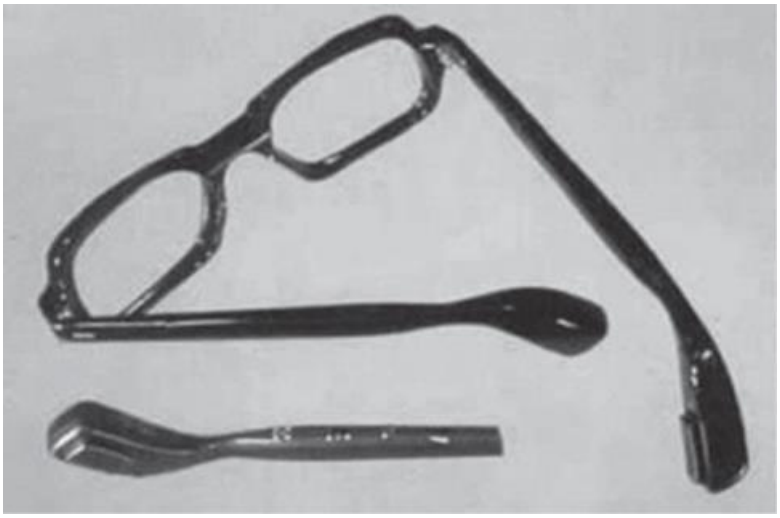
Rysunek 4.3 Aparaty słuchowe ITE, ITC i CIC [35]

- Kieszonkowe/ pudełkowe (ang. body-worn)[35][65]– obudowa jest wymiaru pudełka papierosów, w którym ulokowane są mikrofon, wzmacniacz, układy regulujące i źródło prądu. Aparaty te nosi się w kieszeni. Są stosunkowo duże i ciężkie. Słuchawka, wyraźnie widoczna, połączona jest z wkładką uszną. Liczba aparatów słuchowych tego rodzaju na rynku ciągle maleje.

- Okularowe (Spectacle aids) [35]– są to rozwiązania konstrukcyjne podobne, jak w aparatach słuchowych zausznych, montowane wprost w oprawkę okularów lub na nią nakładane. Jak sama nazwa wskazuje, są one połączeniem okularów i jednego lub dwóch aparatów słuchowych. W rzeczywistości istnieją dwa rodzaje aparatów okularowych. W pierwszym typie, boczna ramka okularów (pałąk) zawiera wszystkie elementy aparatu słuchowego. Były to pierwsze produkowane aparaty słuchowe o nieporęcznym wyglądzie. W obecnych modelach część pałąka, która pasuje za ucho w konwencjonalnej parze okularów, jest odcinana, a na jej miejsce przyklejany jest krótki adapter, jak pokazano na rysunku 4.4. Aparat słuchowy w okularach (zasadniczo zauszny) mocuje się do tego adaptera, a dźwiękowód prowadzi od słuchawki aparatu słuchowego do ucha. Są one mniej widoczne, a wygląd z przodu niewiele różni się od wyglądu samych okularów. W aparatach słuchowych okularowych można sygnał akustyczny przekazywać do ucha wewnętrznego nie tylko drogą powietrzną, ale i kostną (patrz rysunek 4.5) [35] [184].

MOST WIEDZY Pobrano z mostwiedzy.pl

Rysunek 4.4 System adapterów do okularów różne adaptery i zauszne aparaty słuchowe, wkładka uszna, i pałąk okularowy [35]



Rysunek 4.5 Przykład okularowego aparatu słuchowego na przewodnictwo kostne [184]

Podział ze względu sposób przekazywania dźwięku do ucha wewnętrznego:

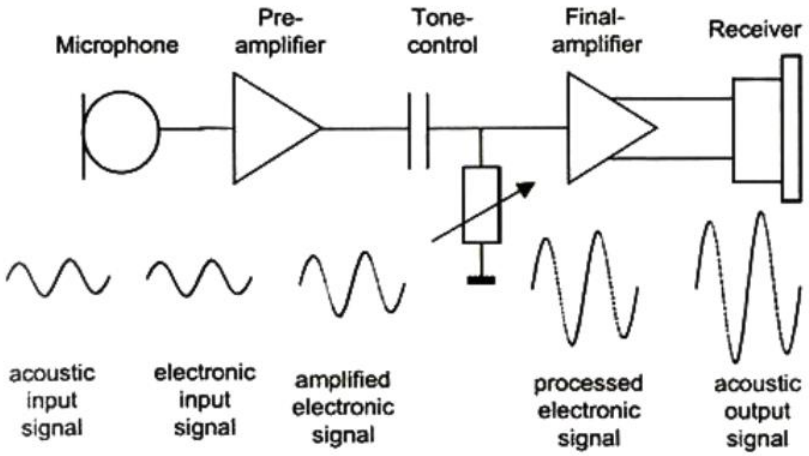
Na przewodnictwo powietrzne – dźwięk do ucha wewnętrznego przekazywany jest na drodze powietrznej. Droga powietrzna wiedzie poprzez zagłębienie małżowiny, przewód słuchowy zewnętrzny, jamę bębenkową i płyny ucha wewnętrznego do narządu spiralnego.

MOST WIEDZY Pobrano z mostwiedzy.pl

Na przewodnictwo kostne − dźwięk do ucha wewnętrznego przekazywany jest na drodze kostnej. Drgania kości czaszki przenoszą się na puszkę kostną błędnika, a stąd na płyny ucha wewnętrznego. Ten typ przewodnictwa stanowi komponent fizjologicznego słyszenia.

Podział ze względu na sposób przetwarzania sygnału przez aparat słuchowy:

- Analogowe [35] [184] − aparat słuchowy analogowy składa się z mikrofonu, który zmienia dźwięki na sygnał elektryczny [36], wzmacniacza odpowiednio przetwarzającego sygnał elektryczny, elementów regulacyjnych, takich jak np. potencjometr głośności oraz słuchawki zamieniającej sygnały elektryczne na dźwięk (patrz rysunek 4.6 [33]). Dźwięk ze słuchawki za pomocą wkładki usznej kierowany jest do ucha pacjenta. Przetwarzanie sygnału przez wzmacniacz polega głównie na odpowiednim wzmocnieniu, które powinno zależeć zarówno od częstotliwości jak i od poziomu dźwięku dochodzącego do aparatu tak, aby dopasować dźwięk z niego wychodzący do tzw. resztkowego pola słuchowego, wynikającego z konkretnego uszkodzenia słuchu. Sygnały o różnych częstotliwościach mogą być wzmacniane w różnym stopniu dzięki filtrom wbudowanym we wzmacniacz. Wzmocnienie zależne od poziomu dźwięku, noszące nazwę kompresji, jest realizowane przez układ zwany kompresorem. Elementy regulacji służą do indywidualnego ustawienia zarówno wzmocnienia, filtracji jak i kompresji w odniesieniu do konkretnego uszkodzenia słuchu. Przetwarzane w aparatach analogowych sygnały elektryczne mają tzw. postać analogową czyli ciągłą: wartość chwilowa sygnału zmienia się w sposób ciągły w czasie.



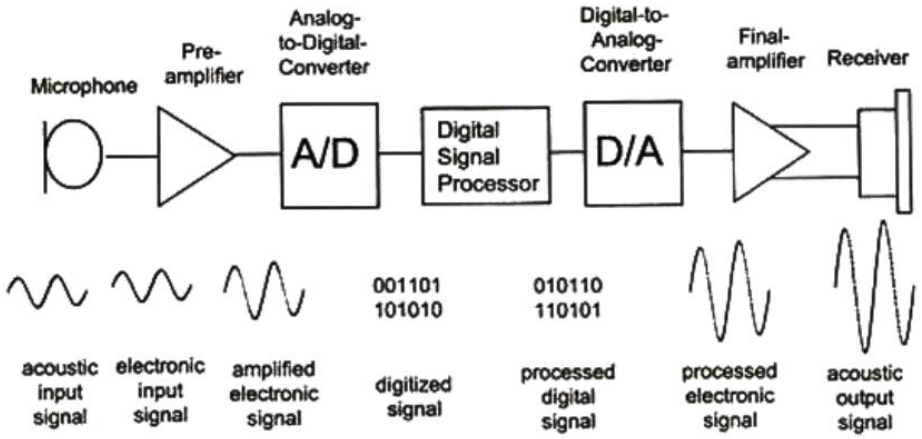
Rysunek 4.6 Schemat blokowy analogowego aparatu słuchowego [33]

MOST WIEDZY Pobrano z mostwiedzy.pl

- Cyfrowe [35][37][184]− składają się one z mikrofonu, tzw. przetwornika analogowo-cyfrowego (A/C), procesora sygnałowego (DSP) oraz przetwornika cyfrowo-analogowego (C/A) i słuchawki. Podobnie jak w analogowych aparatach słuchowych, cyfrowe aparaty słuchowe wykorzystują mikrofon do konwersji dźwięku na napięcie analogowe (patrz rysunek 4.7 [33]). W technologii cyfrowej dźwięk jest reprezentowany jako stale zmieniający się ciąg liczb. Zadaniem przetwornika analogowo-cyfrowego (ADC) jest zamiana analogowego napięcia elektrycznego pochodzącego z mikrofonu na te liczby. Próbkowanie jest pierwszym krokiem w tym procesie. Sygnał jest próbkowany poprzez odnotowanie wielkości sygnału w regularnych odstępach czasu i całkowite zignorowanie wartości sygnału w innych momentach pomiędzy tymi punktami próbkowania. Oznacza to, że wartość chwilowa sygnału mierzona jest w określonych odstępach czasu, np. co 125 μs i następnie przekazywana do procesora sygnałowego jako ciąg określonych liczb. Po tym, jak cyfrowy procesor sygnału zmieni dźwięk w pożądany sposób, aparat słuchowy musi zaprezentować użytkownikowi zmodyfikowany i wzmocniony dźwięk. Ponieważ nie ma sensu prezentować użytkownikowi aparatu ciągu liczb, zmodyfikowane liczby muszą zostać przekształcone w sygnał akustyczny. Konwersja ta jest zadaniem przetwornika cyfrowo-analogowego (DAC) połączonego z odbiornikiem aparatu słuchowego. Urządzenia cyfrowe tradycyjnie realizują to zadanie poprzez posiadanie przetwornika cyfrowo-analogowego, który generuje napięcie analogowe, które z kolei jest podawane do odbiornika pewnego typu w celu dokonania ostatecznej konwersji na dźwięk.

Ze względu na wiele zalet cyfrowych aparatów słuchowych, w pełni zastąpiły one analogowe aparaty słuchowe, ponieważ nie projektuje się aktualnie nowych analogowych aparatów słuchowych. Największą zaletą jest to, że aparaty te mogą wykonywać bardziej złożone przetwarzanie niż jest to możliwe w analogowych aparatach słuchowych. Cyfrowe aparaty słuchowe są również w stanie podejmować decyzje dotyczące sposobu przetwarzania dźwięku, w zależności od tego, jakie jest ich ogólne środowisko akustyczne. Co więcej, pod warunkiem, że mają wystarczającą pojemność przetwarzania, obwody cyfrowe zawierające ogólny procesor arytmetyczny mogą być potencjalnie aktualizowane o nowe schematy przetwarzania w miarę postępu wiedzy lub zmiany ubytku słuchu.

MOST WIEDZY Pobrano z mostwiedzy.pl



Rysunek 4.7 Schemat blokowy cyfrowego aparatu słuchowego [33]

Zmiany i innowacje w technologiach aparatów słuchowych stwarzają niekiedy wyzwania w zakresie klasyfikacji wyrobów medycznych i akcesoriów. Szczególnie, jest to widoczne w kontekście dyrektyw i rozporządzeń UE (Unii Europejskiej): dyrektywa 93/42/EWG w sprawie wyrobów medycznych (MDD − Medical Devices Directive), rozporządzenie w sprawie wyrobów medycznych 2017/745 (MDR − Medical Device Regulation); czy FDA (Food and Drug Administration): US FDA 21CFR800s.

W związku z tym EHIMA (European Hearing Instrument Manufacturers Association − Europejskie Stowarzyszenie Producentów Aparatów Słuchowych) opracowało i opublikowało 17 sierpnia 2020 wytyczne dotyczące klasyfikacji aparatów słuchowych i akcesoriów zgodnie z powyższymi wymogami. Na rysunku 4.8 przedstawiono stronę z tego dokumentu [47].

MOST WIEDZY Pobrano z mostwiedzy.pl

5. Classification		EU MDD 93/42/EEC Annex IX and MEDDEV 2.4/1 Rev 9 (Accessory - MEDDEV 2.1/1 Apr94)			FDA regulations		Comments and Rationale for Classification
No.	Product	Classification/ Rule/ Accessory?	Product carry CE mark?	MDR Notes	Classification/ Regulation/ Product Code	Pre-market approval	
8	Bone conduction Hearing Aid (no implant)	Class IIa Rule 9 Not Accessory	Yes	No Change	Class 2 874.3300 LXB	510(k) required	**General:** A bone conductor directly affects the output of hearing aids **EU:** Active medical device (active therapeutic device that administers energy and acts by converting electrical output to vibration). Classified as IIa. They are also sold separate from the hearing aid, and must therefore be CE marked.
9.1	Behind-the-ear (BTE) hearing aids (Non-Wireless)	Class IIa Rule 9 Not Accessory	Yes	No Change	Class 1 874.3300 ESD	510(k) Exempt	**US:** Class I (general controls) for the air-conduction hearing aid. The air-conduction hearing aid is exempt from the premarket notification procedures in subpart E of part 807 of this chapter subject to 874.9. **EU:** Active medical device (active therapeutic device that administers energy and acts by converting electrical output to vibration).
9.2	Behind-the-ear (BTE) hearing aids (Wireless)	Class IIa Rule 9 Not Accessory	Yes	No Change	Class 2 874.3305 OSM	510(k) Exempt	**US:** (special controls). The special controls for this device are (see 874.3305). **EU:** Active medical device (active therapeutic device that administers energy and acts by converting electrical output to vibration).
10	Body-worn hearing aids (BW)	Class IIa Rule 9 Not Accessory	Yes	No Change	Class 1 874.3300 ESD	510(k) Exempt	**US:** Class I (general controls) for the air-conduction hearing aid. The air-conduction hearing aid is exempt from the premarket notification procedures in subpart E of part 807 of this chapter subject to 874.9. **EU:** Active medical device (active therapeutic device that administers energy and acts by converting electrical output to vibration).

Guidance Document for Classification of Hearing Aids and Accessories, *Revision 15.2* Page **7** of **15**

Rysunek 4.8 Przykładowa strona z wytycznych EHIMA (European Hearing Instrument Manufacturers Association) dotyczących klasyfikacji aparatów słuchowych i akcesoriów [135]

4.3.1. Aparaty słuchowe nowej generacji

Postępy w dziedzinie DSP, które doprowadziły do poprawy jakości dźwięku, przynoszą również znaczące korzyści audiologiczne użytkownikom aparatów słuchowych. Szerszy zakres dynamiki sygnału wejściowego niż ten dostępny w pierwszych generacjach cyfrowych aparatów słuchowych może zapewnić użytkownikowi bardziej klarowny sygnał. Pozwala to na wzmocnienie bardzo niskich poziomów wejściowych przy niewielkim dodanym szumie, a także przetwarzanie bardzo wysokich poziomów bez zniekształceń wynikających z przeciążenia cyfrowej konwersji dźwięku.

Ze względu na wysoką integrację i wydajność, procesory dźwięku nie są swobodnie programowalne, tj. komercyjne aparaty słuchowe są dostarczane z zestawem stałych opcji przetwarzania. Jedynie parametry przetwarzania mogą być modyfikowane w celu aktywacji lub dezaktywacji opcji przetwarzania, np. włączania lub wyłączania redukcji szumów, a także w celu dopasowania przetwarzania do indywidualnego ubytku słuchu pod względem wzmocnienia, odpowiedzi częstotliwościowej i innych parametrów.

MOST WIEDZY Pobrano z mostwiedzy.pl

Najnowszą funkcją, którą umożliwił rozwój technologii w ciągu ostatnich 10 lat, jest cyfrowa łączność bezprzewodowa z inteligentnymi urządzeniami i źródłami dźwięku. Dostępność cyfrowej łączności bezprzewodowej w aparatach słuchowych ma oczywiste i łatwe do wykazania korzyści dla użytkowników. Dla przykładu badania wykazały, że bezprzewodowe kierowanie sygnałów telefonicznych do obu uszu zapewnia korzyści w porównaniu do korzystania z telefonu akustycznego, zwłaszcza jeśli sygnał dociera do obu uszu [9][26]. Zdalne mikrofony, które przesyłają głos rozmówcy (lub inne podłączone dane wejściowe) do aparatów słuchowych użytkowników, są również dobrze znane jako. Użytkownicy aparatów słuchowych zgłaszali dodatkowe korzyści z korzystania z akcesoriów do bezprzewodowego przesyłania strumieniowego [12][180].

Pojawienie się akumulatorów litowo-jonowych (Li-ion) w połączeniu z rozwojem cyfrowego przetwarzania aparatów słuchowych spełnia długotrwałe życzenie użytkowników dotyczące ładowalnych aparatów słuchowych. W przeszłości podejmowano liczne próby stworzenia ładowalnych aparatów słuchowych lub baterii do aparatów słuchowych. Jednak rozwiązania akumulatorowe do aparatów słuchowych nie sprawdziły się wcześniej ze względu na wielkość akumulatora, zawodność, zbyt krótki czas użytkowania lub wszystkie powyższe. Obecne akumulatory litowo-jonowe mają dużą pojemność, obsługują niskie napięcia i mają bardzo niski współczynnik samorozładowania, co oznacza, że nadają się do zminiaturyzowanych urządzeń, takich jak aparaty słuchowe. Jako część ich bezpieczeństwa i niezawodności, ten typ baterii posiada system samozarządzania, który chroni przed problemami z napięciem, obciążeniem prądowym i nadmierną temperaturą wewnętrzną. Co więcej, może przekazywać te informacje do aparatu słuchowego i zewnętrznej ładowarki. Pozwala to między innymi użytkownikowi uzyskać informacje o stanie baterii i ładowania z aparatu słuchowego, ładowarki lub aplikacji na smartfonie, która komunikuje się z aparatem słuchowym [64].

Rozwiązania techniczne stosowane obecnie w aparatach słuchowych [184]:

- Wiele kanałów;
- Wiele programów/pamięci;
- Klasyfikacja sygnałów;
- Redukcja szumów (wiele różnych rodzajów i technik, od modeli statystycznych po uczenie maszynowe [6][60][152];
- Technologia mikrofonów kierunkowych, w tym formowanie wiązki (*beamforming* [32][62][188]− nowoczesne aparaty słuchowe najczęściej mają wiele mikrofonów,

MOST WIEDZY Pobrano z mostwiedzy.pl

które wzmacniają lub tłumią dźwięki w zależności od kierunku, z którego pochodzą. Zasada ta może być również określana jako kierunkowość, przetwarzanie kierunkowe lub przetwarzanie przestrzenne. Nowoczesne aparaty słuchowe mają zazwyczaj dwa mikrofony zamontowane w odległości od około 6 do 12 mm, w zależności od modelu i marki aparatu. W zależności od kierunku padania dźwięku, może on dotrzeć do jednego mikrofonu nieco wcześniej niż do drugiego. Chociaż ta różnica czasowa jest niewielka (maksymalnie ~35 mikrosekund), zawiera cenne informacje o kierunku dźwięku. *Beamforming* pozwala na ogromną elastyczność w ciągłej rekonfiguracji właściwości kierunkowych aparatu słuchowego w zależności od aktualnego środowiska słuchowego lub pożądanego skupienia użytkownika. Aparaty słuchowe mogą oferować szereg stałych wzorców kierunkowych, a także adaptacyjne wzorce kierunkowe, które zmieniają się w sposób ciągły, aby dopasować się do charakterystyki otoczenia.

- Przesyłanie danych audio między aparatami słuchowymi;
- Obniżanie częstotliwości (kompresja lub transformacja liniowa);
- Wykrywanie własnego głosu;
- Wykrywanie ruchu użytkownika;
- Adaptacyjna kontrola sprzężenia zwrotnego;
- Rejestrowanie danych (DataLogging);
- Uczenie się danych (trenowane wzmocnienie, kompresja, strategia mikrofonu itp.);
- Łączność bezprzewodowa;
- Pomiary *in situ*.

4.4.1. Aparaty słuchowe przyszłości

Obecne aparaty słuchowe zostały zaprojektowane przy założeniu pasywnego modelu komunikacji, tj. przy założeniu, że nadawca emituje dźwięk, który jest przekazywany i odbierany przez słuchacza bez jakiejkolwiek interakcji między słuchaczem a nadawcą oraz ze statyczną ścieżką transmisji dźwięku między nadawcą a odbiorcą. Dlatego też większość uznanych metod laboratoryjnych do testowania aparatów słuchowych wykorzystuje kilka głośników w ustalonych lokalizacjach do prezentacji mowy i hałasu oraz aparaty słuchowe przymocowane do manekina głowy umieszczonego w ustalonym miejscu względem głośników. W takich warunkach obecne aparaty słuchowe okazują się bardzo skuteczne w tłumieniu hałasu i wzmacnianiu mowy. W rzeczywistości jednak większość komunikacji

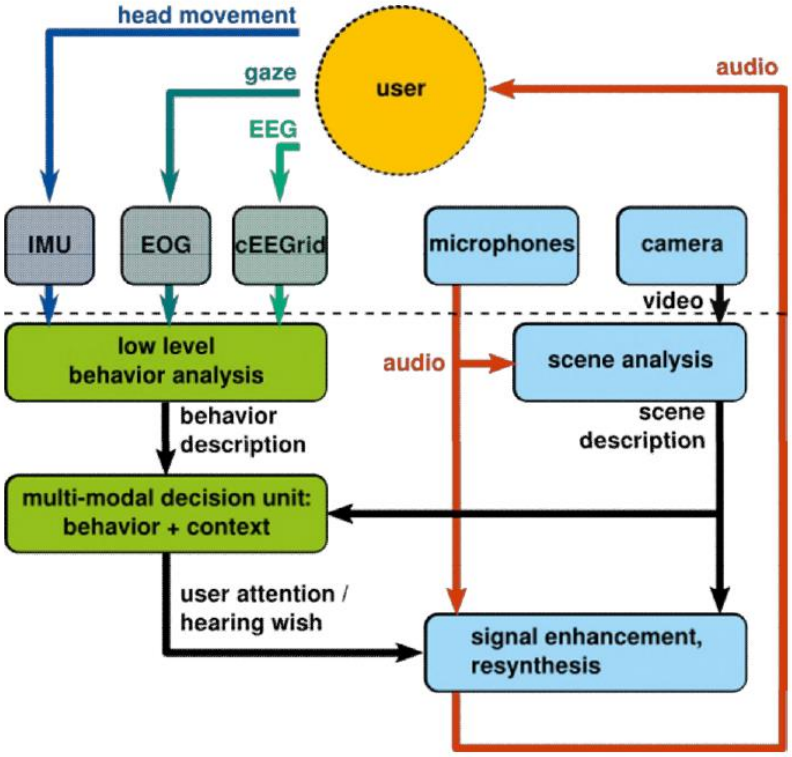
MOST WIEDZY Pobrano z mostwiedzy.pl

rozwija się w dynamicznej pętli między nadawcą (lub nadawcami) a słuchaczem, obejmując aktywne zachowanie, takie jak wykonywanie zwrotów, względny ruch między nadawcą a słuchaczem, a także inne aktywne zachowania, takie jak obracanie głowy. Oznacza to, że pasywny model komunikacji nie jest odpowiedni i musi zostać zastąpiony *modelem pętli komunikacyjnej,* aby lepiej odzwierciedlić dynamikę interaktywnej komunikacji w prawdziwym życiu. W szczególności aparat słuchowy musi być „świadomy", tj. działać w pętli komunikacyjnej, aby być w stanie w stanie dostosować przetwarzanie sygnału do dynamicznie zmieniających się warunków komunikacji. Szczególnym problemem w integracji pętli komunikacyjnej z urządzeniem jest selektywna uwaga. Podczas komunikacji w trudnych warunkach komunikacyjnych z kilkoma źródłami dźwięku i hałasem w tle, słuchacze aktywnie koncentrują się na określonym źródle dźwięku, którego chcą słuchać, jednocześnie umieszczając wszystkie inne źródła dźwięku w tle. To skupienie uwagi może zostać dobrowolnie przeniesione na inne źródło, np. podczas rozmowy przy stole z kilkoma osobami mówiącymi w tym samym czasie. Aby pomóc słuchaczowi w skupieniu uwagi na konkretnym źródle dźwięku, aparat słuchowy musi wiedzieć, które z aktualnie aktywnych źródeł dźwięku znajduje się w centrum uwagi słuchacza, aby móc je selektywnie wzmacniać. Problem polega jednak na tym, że nie można łatwo wywnioskować, na którym źródle koncentruje się uwaga słuchacza na podstawie samego sygnału akustycznego [76].

Rysunek 4.9 przedstawia schemat blokowy nowej koncepcji aparatu słuchowego, tzw. *Immersive Hearing Device* [76], która jest badana w kilku laboratoriach na całym świecie i może w przyszłości rozwiązać problem selektywnej uwagi (ang. *Acuity Immersion*). Ogólna idea polega na mierzeniu zachowania i aktywności użytkownika za pomocą multimodalnego przetwarzania sygnału. W tym celu do aparatu słuchowego podłączone są różne czujniki (lewa kolumna bloków przetwarzania na rysunku 4.9), w szczególności inercyjna jednostka pomiarowa (IMU) do pomiaru ruchu głowy, zestaw elektrod w pobliżu ucha do pomiaru spojrzenia oczu i potencjalnie także kilka elektrod wokół ucha (cEEGrid) do pomiaru aktywności mózgu (EEG). Scena akustyczna jest analizowana na podstawie sygnałów z mikrofonów, szacując obecność, aktywność i lokalizację przestrzenną źródeł dźwięku (prawa kolumna bloków przetwarzania). Analizę sceny można poprawić za pomocą danych wizualnych z małej kamery podłączonej do aparatu słuchowego, np. poprzez wykrywanie ruchów ust/warg. Następnie jednostka decyzyjna łączy dane akustyczne sceny z danymi z czujników w celu oszacowania uwagi użytkownika. Jednostka decyzyjna wykorzystuje techniki uczenia maszynowego do uczenia się relacji między sceną akustyczną a danymi z czujników na podstawie dużych ilości danych testowych w celu osiągnięcia wysokiego

MOST WIEDZY Pobrano z mostwiedzy.pl

poziomu dokładności w szacowaniu obsługiwanego źródła. Wreszcie, blok wzmacniania sygnału wzmacnia wykryty sygnał i prezentuje go użytkownikowi. Obecnie opracowywane są schematy wzmacniania sygnału oparte na uczeniu maszynowym, które zapewniają lepsze wzmocnienie sygnału i lepszą jakość dźwięku niż tradycyjne metody. Aparaty tego typu pomagają angażować się w życie w sposób bardziej spersonalizowany.



Rysunek 4.9 Schemat blokowy koncepcji immersyjnego aparatu słuchowego, który wykorzystuje dane z biosensorów do oszacowania skupienia uwagi użytkownika [76]

4.5.1. Osobiste wzmacniacze dźwięku PSAP

Innym rozwiązaniem, stanowiącym alternatywę dla aparatów słuchowych, może być tzw. osobisty wzmacniacz dźwięku (PSAP, Personal Sound Amplifier). Zgodnie z definicją [178] jest to produkt konsumencki, przeznaczony dla konsumentów bez ubytku słuchu w celu wzmocnienia niektórych dźwięków otoczenia. Jako przykłady sytuacji, w których możliwe jest stosowanie wzmacniaczy dźwięku podaje się np.: słuchanie dźwięków natury, oddalonego wykładowcy oraz słuchanie cichych dźwięków, które byłyby trudne do usłyszenia dla osób z prawidłowym słuchem [137]. Urządzenia te są dostępne w różnych postaciach: od urządzeń przypominających zestawy słuchawkowe Bluetooth do urządzeń prawie identycznych

MOST WIEDZY Pobrano z mostwiedzy.pl

wyglądem jak aparaty słuchowe zauszne lub wewnątrzuszne. Są to produkty przeznaczone do bezpośredniej sprzedaży dla konsumenta, jednak ich zastosowanie nie ma na celu kompensacji niedosłuchu (w swoich założeniach nie łagodzą skutków niedosłuchu). W związku z tym również w USA tego typu urządzenia nie są nadzorowane przez wyspecjalizowane jednostki kontrolujące. Urządzenia te podlegają jedynie regulacjom i wymogom dotyczących wszystkich innych urządzeń elektronicznych wzmacniających dźwięki.

PSAP jest najbliższy rozwiązaniom dostępnym powszechnie na polskim rynku, które są popularnie nazywane jako **wzmacniacze słuchu, wzmacniacze akustyczne**, itp. Należy zauważyć, że dostępne powszechnie w Polsce wzmacniacze słuchu są najczęściej prostymi technicznie rozwiązaniami, a co za tym są to najmniej skutecznymi urządzeniami z całej palety szeroko rozumianych wzmacniaczy typu PSAP dostępnych w krajach zachodnich. Bardziej zaawansowane urządzenia PSAP są cenowo porównywalne do najtańszych aparatów słuchowych, które można zakupić w stacjonarnym punkcie protetycznym, wykorzystując refundację. Zatem, w Polsce zakup bardziej zaawansowanego urządzenia PSAP jest zwykle ekonomicznie nieuzasadnione.

Urządzenia dostępne obecnie w Polsce najczęściej pełnią jedynie rolę liniowego wzmacniacza akustycznego, bez układów zmiany dynamiki sygnału (kompresji) i bez ogranicznika maksymalnego poziomu wyjściowego. Posiadają jedną niezmienną charakterystykę częstotliwości, co oznacza brak możliwości dostosowania ich parametrów do indywidualnej charakterystyki słyszenia użytkownika. Możliwość regulacji ogranicza się do zmiany wzmocnienia słyszanych dźwięków. Z uwagi na to, ze możliwy jest zakup takich urządzeń bez jakiegokolwiek nadzoru i wsparcia osób wykwalifikowanych możliwe są sytuacje, w których korzystają z nich osoby niedosłyszące, ponosząc tego negatywne konsekwencje. Bardziej szczegółowy opis wzmacniaczy słuchu znajduje się w kolejnym podrozdziale.

4.6.1. Aplikacje wykorzystujące smartfony i/lub inne urządzenia elektroniczne

Ostatnią grupą rozwiązań mogących służyć poprawie słyszenia są różnego rodzaju programy komputerowe i aplikacje, które wykorzystując komputery lub smartfony pozwalają na wzmacnianie dźwięków otoczenia, jak i na dostosowywanie ustawień według preferencji użytkownika. Możliwości regulacji ogranicza w tym przypadku tylko moc obliczeniowa takiego urządzenia oraz moc wbudowanego wzmacniacza. Mimo, iż zazwyczaj są one

MOST WIEDZY Pobrano z mostwiedzy.pl

przewidziane dla użytkowników z prawidłowym słuchem, można wyobrazić sobie również ich wykorzystanie przez osoby niedosłyszące.

4.7.1. Różnice pomiędzy urządzeniami poprawiającymi słyszenie

W przypadku osób dorosłych, u których niedosłuch został nabyty w okresie postlingwalnym zadaniem klasycznego aparatu słuchowego jest przede wszystkim: kompensacja niedosłuchu, rehabilitacja słuchowa, przywrócenie zdolności słyszenia dźwięków, poprawy rozumienia mowy oraz ograniczenie dźwięków, których poziom mógłby doprowadzać do dyskomfortu. Aparaty słuchowe dobierane są z uwzględnieniem: stopnia i rodzaju niedosłuchu, dynamiki resztkowej niedosłyszącego, otoczenia akustycznego, w jakim przebywa, budowy anatomicznej ucha zewnętrznego, jego zdolności manualnych, itd. Ustawianie parametrów akustycznych aparatów dokonywane jest z wykorzystaniem ustandaryzowanych i zwalidowanych metod dopasowania. W procesie tym bardzo ważną rolę odgrywa laryngolog/audiolog i protetyk słuchu. Zadaniem protetyka jest indywidualny dobór aparatów słuchowych uwzględniający wszystkie aspekty dopasowania wymienione powyżej.

Z uwagi na to, aparaty słuchowe są najlepiej zbadaną grupą nieinwazyjnych protez służących poprawie słyszenia, stanowią one bazę i punkt odniesienia dla pozostałych alternatywnych urządzeń zarówno w niniejszym opracowaniu, ale również w pracach innych autorów [5][78][108]. Obiektywne porównanie rozwiązań służących poprawie słyszenia będących alternatywą dla klasycznych aparatów słuchowych jest dość trudne z uwagi na ograniczoną ilość badań i opublikowanych wyników w tym zakresie.

W tabeli 4.1 dokonano ogólnego porównania możliwości klasycznych aparatów słuchowych i wzmacniaczy słuchu [108].

Tabela 4.1 Porównanie możliwości aparatu słuchowego i wzmacniacza słuchu [108]

Cecha	Znaczenie w dopasowaniu i rehabilitacji słuchu	Aparat słuchowy	Wzmacniacz słuchu
Wzmocnienie dźwięku	Całościowe, nieselektywne zwiększenie poziomu ciśnienia wszystkich dźwięków. Jest to jednocześnie cecha liniowego wzmacniacza akustycznego	Tak	Tak
Ogólna regulacja wzmocnienia	Ogólna, całościowa zmiana poziomu ciśnienia dźwięku	Tak	Tak

MOST WIEDZY Pobrano z mostwiedzy.pl

Kształtowanie charakterystyki częstotliwościowej	Dostosowanie wzmocnienia dla poszczególnych częstotliwości adekwatnie do progu słyszenia (do niedosłuchu)	Tak	Nie
Ograniczenie maksymalnego poziomu sygnału wyjściowego	Zabezpieczenie przed przekroczeniem progu dyskomfortu słyszenia (np. UCL) a przez to ochrona słuchu przed szkodliwymi, głośnymi dźwiękami	Tak	Nie
Kompresja dynamiki sygnału	Zaopatrzenie niedosłuchów odbiorczych, czuciowo-nerwowych (w tym m.in. niedosłuchów starczych). Dostosowanie zakresu cichych i głośnych dźwięków do resztkowej dynamiki słyszenia. Zapewnia równoczesne większe wzmocnienie dźwięków cichych i proporcjonalnie mniejsze wzmocnienie dźwięków głośnych. Poprawia to komfort słyszenia cichych dźwięków i ograniczenie dźwięków głośnych. Kompresja cechuje nieliniowe wzmacniacze akustyczne	Tak	Nie
Poprawa stosunku sygnału do szumu (tzw. SNR)	Zaawansowane adaptacyjne układy uwydatniania mowy na tle szumu, redukcji hałasów impulsowych oraz mikrofony kierunkowe i in. sprawiają, że sygnał użyteczny (np. mowa) jest wzmacniana przy jednoczesnej redukcji sygnałów zakłócających. Wpływa to na poprawę rozumienia mowy w trudnych sytuacjach akustycznych zwłaszcza w przypadku niedosłuchów czuciowo-nerwowych	Tak	Nie
Układ redukcji sprzężenia zwrotnego	W przypadku lekkich i umiarkowanych niedosłuchów wysokoczęstotliwościowych umożliwia zastosowanie tzw. otwartego dopasowania, które zmniejsza efekt okluzji (zatkanego ucha). W przypadku większych niedosłuchów umożliwia zastosowanie wkładki z odpowiednio większą wentylacją	Tak	Nie
Zaopatrzenie niedosłuchów czuciowo-nerwowych, odbiorczych	Zalecane zastosowanie nieliniowego wzmacniacza akustycznego z wykorzystaniem kompresji sygnału oraz układów poprawiających SNR	Tak	Nie

MOST WIEDZY Pobrano z mostwiedzy.pl

Zaopatrzenie niedosłuchów przewodzeniowych	Zalecane zastosowanie liniowego wzmacniacza akustycznego w postaci aparatu na przewodnictwo powietrzne (PP) lub kostne (PK)	Tak (dla PP) Tak (dla PK)	Tak (dla PP) Nie (dla PK)
Zastosowanie indywidualnej wkładki usznej	Anatomiczna, indywidualna wkładka uszna zapewnia właściwą wentylację i transmisję dźwięku do przewodu słuchowego zewnętrznego, zabezpiecza ściany przewodu przed otarciami i uszkodzeniami, stabilnie utrzymuję protezę w/na uchu zwiększa komfort użytkowania protezy	Tak	Nie

Z porównania aparatu słuchowego i wzmacniacza słuchu widać, że ten ostatni ma ograniczone zastosowanie. Może on jedynie pełnić rolę urządzenia wzmacniającego ciche dźwięki otoczenia dla osób normalnie słyszących. Słuchanie głośnych dźwięków za pośrednictwem wzmacniaczy słuchu może potencjalnie uszkadzać słuch. Wynika to z braku układów ograniczających poziom sygnału na wyjściu (słuchawce) takiego wzmacniacza, którego poziom może przekraczać 130 dB SPL. Z audiologicznego punktu widzenia właściwe dopasowanie wzmacniacza słuchu do niedosłuchu odbiorczego, czuciowo-nerwowego jest praktycznie niemożliwe. Ponieważ jest to najbardziej powszechnie występujący rodzaj niedosłuchu, zwłaszcza u osób w podeszłym wieku, dlatego wzmacniacz słuchu, bez rozwiązań poprawiających stosunek sygnału do szumu (ang. SNR), nie jest w stanie wspomagać i poprawiać rozumienia mowy w niedosłuchu odbiorczym, gdyż nie poprawia rozdzielczości częstotliwościowej.

Kolejnymi parametrami, które ograniczają zastosowanie wzmacniaczy słuchu, jako narzędzia służącego poprawie rozumienia mowy przy niedosłuchach odbiorczych, czuciowo-nerwowych to: wysoki (w porównaniu do aparatów słuchowych) poziom szumów własnych, duża zawartość zniekształceń harmonicznych (TDH) oraz zawężone pasmo przenoszonych dźwięków w zakresie wysokich częstotliwości (do ok. 4-5 kHz) [108] Zwłaszcza ostatni parametr ma kluczowe znaczenie w rehabilitacji niedosłuchów wysokoczęstotliwościowych ograniczając rozumienie mowy.

Z kolei, można rozważyć możliwość zastosowania wzmacniacza słuchu w przypadku niedosłuchu przewodzeniowego. W tym bowiem przypadku ucho wewnętrzne jest w pełni sprawne, a pogorszenie słyszenia związane jest z tłumieniem dźwięku na drodze przewodzenia go do ślimaka. W tym przypadku rolą wzmacniacza jest więc pokonanie bariery na drodze przewodzenia dźwięku.

MOST WIEDZY Pobrano z mostwiedzy.pl

Należy podkreślić, że w takim przypadku w pierwszej kolejności powinna zostać przeprowadzona rzetelna diagnostyka następnie, jeżeli tylko możliwe, powinno się wdrożyć leczenie mające na celu „zamknięcie" lub zmniejszenie rezerwy ślimakowej. Jeżeli leczenie nie jest skuteczne wówczas ostatnim etapem jest zastosowanie konwencjonalnych aparatów słuchowych na przewodnictwo powietrzne lub kostne a przy większych niedosłuchach implantów zakotwiczonych w kości. Aparaty na przewodnictwo powietrzne (a co za tym idzie również wzmacniacze słuchu) mają w przypadku niedosłuchów przewodzeniowych ograniczone zastosowanie. Zawsze bowiem, gdy mamy do czynienia z nawracającymi stanami zapalnymi ucha środkowego lub zewnętrznego bądź z wyciekami konieczne jest stosowanie aparatów na przewodnictwo kostne, które nie zamykają światła przewodu słuchowego zewnętrznego. Warto więc jeszcze raz w tym miejscu zwrócić szczególną uwagę na właściwą drogę postępowania w niedosłuchu przewodzeniowym. Zastosowanie wzmacniacza słuchu zamiast podjęcia decyzji o właściwym leczeniu niedosłuchu przewodzeniowego może prowadzić do nieodwracalnych zmian narządu słuchu i pogorszenia stanu zdrowia.

W pracach innych autorów można znaleźć badania, w których ocenie poddano z kolei bardziej zaawansowane urządzenia poprawiające słyszenie, jak OTC, PSAP i aplikacje na smartfony. Mimo, że uzyskane wyniki nie są jednoznaczne, można na ich podstawie wysnuć kilka wniosków.

W pracy Manchaiaha i współautorów [108] dokonano przeglądu urządzeń dystrybuowanych w modelu *direct-to-consumer*, uwzględniając zarówno aparaty słuchowe OTC, jak i osobiste wzmacniacze dźwięku PSAP. Oceny dokonano, biorąc pod uwagę:

1. charakterystyki elektroakustyczne urządzeń,
2. efekty stosowania urządzeń i
3. ankiety konsumenckie.

Analiza parametrów i charakterystyk elektroakustycznych wskazuje na ich dużą zmienność w zależności od urządzenia. W większości urządzeń maksymalny poziom dźwięku mieści się w granicach 110-120 dB SPL. Jednak w niektórych przypadkach przekraczał 130 dB SPL, co może być szkodliwe, zwłaszcza w przypadku mniejszych wymiarów ucha zewnętrznego. Uzyskuje się bowiem wówczas podwyższenie poziomu ciśnienia akustycznego ze względu na małą objętość resztkową przewodu słuchowego zewnętrznego oraz przesunięcie szczytowej wartości rezonansu przewodu w kierunku wyższych częstotliwości. Większość urządzeń osiągało szczyt (pik) wzmocnienia w zakresie 1400-2000 Hz, co sugeruje małą korzyść z ich stosowania w przypadku ubytków wysokotonowych związanych np. z niedosłuchem starczym. Dodatkowo w przypadku większości urządzeń odnotowano wysoki

MOST WIEDZY Pobrano z mostwiedzy.pl

poziom szumów własnych (>28 dB). Szum o tym poziomie może być słyszalny i uciążliwy zwłaszcza w przypadku osób normalnie słyszących i z lekkim niedosłuchem.

Badania dotyczące oceny efektów stosowania sugerują, że aparaty OTC wydają się przynosić korzyści osobom z ubytkami w zakresie od lekkiego do umiarkowanego, porównywalne z tymi uzyskanymi z aparatów słuchowych dopasowanych przez specjalistę przy użyciu najlepszych praktyk. Te korzyści dotyczą przede wszystkim poprawy słyszenia w ciszy i hałasie, poprawy komunikacji w codziennych aktywnościach [31].

Ankiety konsumenckie ujawniły, że w USA, wśród osób z ubytkiem słuchu mniej niż 5% kupuje swoje aparaty słuchowe za pośrednictwem poczty (*direct-mail hearing aids*). Natomiast w Japonii odsetek ten wynosi aż 19%. Analiza ankiet sugeruje również, że w porównaniu z tradycyjnym modelem dystrybucji aparatów słuchowych (zaopatrzenie w profesjonalnym punkcie protetycznym), użytkownicy kupujący aparaty słuchowe i PSAP za pośrednictwem poczty zgłaszali niższą satysfakcję ze swoich urządzeń.

Podobnych obserwacji dokonał Humes i współ.[78] w badaniu porównującym dwa modele dystrybucji urządzeń poprawiających słyszenie. Tradycyjny model, bazuje na prowadzonym i kontrolowanym przez audiologa/protetyka słuchu procesie badania słuchu i dopasowaniu aparatów słuchowych. W drugim modelu konsument wybiera wstępnie zaprogramowane aparaty słuchowe OTC. Na bazie uzyskanych wyników przez wspomnianych autorów, można stwierdzić, że model z aparatami słuchowymi OTC przynosi słabsze wyniki niż model tradycyjny. Niemniej wyniki dla uczestników testu wariantu OTC uległy znacznej poprawie, gdy po czterech tygodniach użytkowników poddano badaniom kontrolnym i regulacji aparatów przez protetyka słuchu zgodnie ze standardem modelu tradycyjnego. Widać zatem, z rola protetyka słuchu w procesie dopasowania aparatów jest nadal bardzo duża. Wyniki badań pozwalają wysnuć wniosek, że jak na razie dystrybucja i dopasowanie aparatów słuchowych w tradycyjnym modelu, gdzie zaopatrzenie dokonywane jest w profesjonalnym punkcie protetycznym, wiąże się z większym prawdopodobieństwem osiągnięcia sukcesu w dopasowaniu aparatów słuchowych. Wiąże się to z większą satysfakcją z używanych urządzeń [108], a nawet osiągnięcia znacząco lepszych wyników protezowania urządzeniami OTC, o ile uprzednio przeprowadzono konsultacje i dopasowanie parametrów elektroakustycznych tak, jak w przypadku klasycznych aparatów słuchowych [78].

W dniu 17 sierpnia 2022 r. Food and Drug Administration (FDA) wydała ostateczną zasadę ustanawiającą nową kategorię aparatów słuchowych dostępnych bez recepty (OTC) dla osób dorosłych w wieku 18 lat i starszych z lekkim lub umiarkowanym ubytkiem słuchu (FDA, 2022). Pozwala to osobom dorosłym z postrzeganym ubytkiem słuchu od lekkiego do

MOST WIEDZY Pobrano z mostwiedzy.pl

umiarkowanego na zakup aparatów słuchowych bezpośrednio w sklepach lub sklepach internetowych bez pomocy pracownika służby zdrowia/protetyka słuchu.

Wprowadzenie aparatów słuchowych OTC na rynek może być postrzegane jako wielki krok w zwiększaniu autonomii pacjentów w dostępie do aparatów słuchowych. Niedrogie aparaty słuchowe OTC do samodzielnego dopasowania mogą być dostępną opcją interwencji słuchowej z wynikami podobnymi do tych uzyskiwanych w przypadku aparatów słuchowych dopasowanych przez specjalistę.

Jednak ze względu na różne stopnie wsparcia oferowanego w celu pomocy przy tych urządzeniach, korzystanie z profesjonalnej opieki słuchowej może pomóc wypełnić lukę między pacjentami, którzy są w stanie samodzielnie dopasować aparaty słuchowe, a tymi, którzy mogą potrzebować większej pomocy ze strony służby zdrowia/protetyka słuchu [128].

Z kolei w jednej z prac [5] porównano aplikację na smartfony z aparatem słuchowym klasy ekonomicznej (Unitron Shine + Moda II 312), w którym dezaktywowano zaawansowane funkcje aparatu. Obiektywne testy wykazały podobne parametry elektroakustyczne między tymi rozwiązaniami. Podobne okazało się również działanie i wydajność obu rozwiązań w warunkach mowy w hałasie. Do subiektywnej oceny słyszenia wykorzystano z kolei trzy kwestionariusze APHAB, IOI-HA oraz ankietę badającą satysfakcję, zaprojektowaną na bazie pytań MarkeTrak [5][132]. Wyniki tych testów pokazały, że badani preferowali aplikacje na smartfony w aspekcie korzyści ze słyszenia (APHAB i IOI-HA), natomiast tradycyjne rozwiązanie w postaci aparatu słuchowego spełniało ogólne potrzeby i oczekiwania uczestników w aspekcie zadowolenia i satysfakcji (IOI-HA oraz ankieta oceniająca satysfakcję).

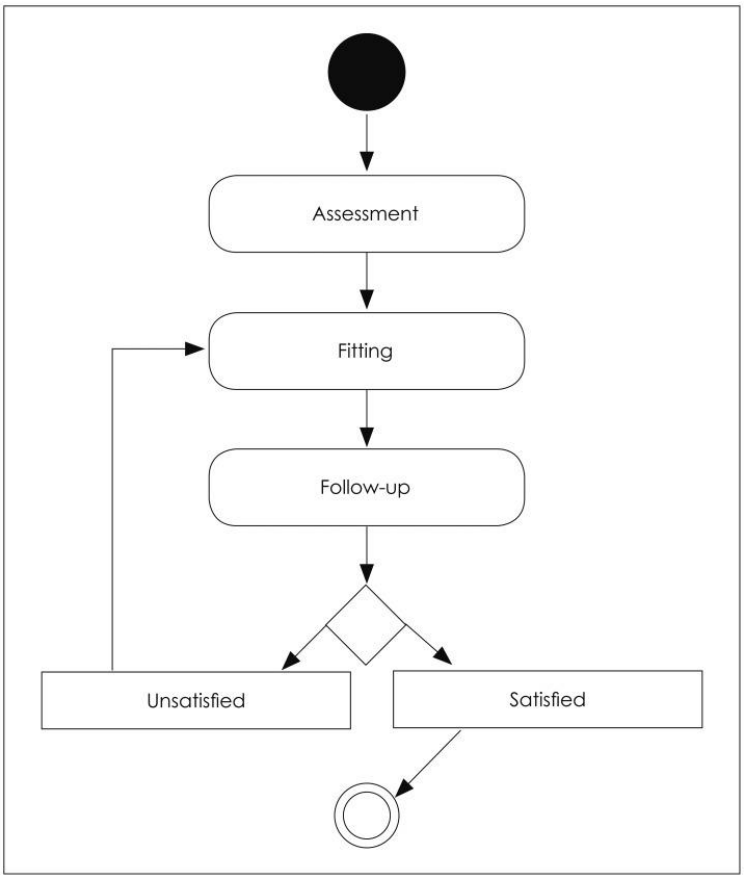
Wyniki tego badania pokazują, że wykorzystanie aplikacji na smartfony może być rozwiązaniem tymczasowym nawet dla osób z deficytami słuchu. Badani wskazują, że może istnieć bariera dla akceptacji klasycznych aparatów słuchowych przez użytkowników aplikacji na smartfony jako docelowego rozwiązania polepszającego słyszenia. Wynika to z tego, że wiele aplikacji opartych na smartfonach daje użytkownikowi możliwość manualnego dostosowania głośności, charakterystyki częstotliwościowej, itp. Widać zatem, że aparaty słuchowe OTC mogą spełniać oczekiwania potencjalnych użytkowników. Poza tym coraz więcej klasycznych aparatów słuchowych umożliwia w mniejszym lub większym stopniu samodzielną regulację podstawowych parametrów słyszenia, dlatego można założyć, że w przyszłości również model zaopatrzenia w aparat słuchowy ulegnie zmianie. Może to dotyczyć zwłaszcza osób, które w sposób w pełni świadomy (zdający sobie sprawę z działania danego

MOST WIEDZY Pobrano z mostwiedzy.pl

urządzenia) będą chciały brać udział w procesie dopasowania aparatu słuchowego (lub urządzenia wzmacniającego).

4.2. DOPASOWANIE APARATÓW SŁUCHOWYCH

Termin "dopasowanie aparatu słuchowego" jest powszechnie stosowany w sektorze usług i przemysłu. Słowo dopasowanie może być różnie interpretowane. Z jednej strony może obejmować całość działań mających pomóc osobom niedosłyszącym lepiej rozpoznawać i interpretować dźwięki za pomocą aparatów słuchowych poprzez zapewnienie treningu słuchowego, a także optymalizację słyszalności i komfortu. Schemat takich działań przedstawiono na rysunku 4.10 [126].



Rysunek 4.10 Ogólne ramy zarządzania dopasowaniem aparatów słuchowych [126]

Ocena aktualnego stanu słuchu i potrzeb (ang. *assesment*):

- Wywiad z pacjentem (anamneza);
  - informacje na temat środowiska akustycznego, w którym żyje pacjent;
  - ocena stopnia inteligencji i zdolności manualnych pacjenta;

MOST WIEDZY Pobrano z mostwiedzy.pl

- ocena oczekiwań pacjenta od wybieranej protezy słuchu;

- Pomiary audiometryczne i testy audiologiczne uszkodzonego narządu słuchu;

Wybór i regulacja aparatów słuchowych (ang. *fitting*):

- Wybór (dobór) urządzenia oraz inicjalizacja jego ustawień na podstawie wyników pomiarów audiometrycznych uszkodzonego słuchu;

Działania uzupełniające (ang. *follow-up*):

- Weryfikacja i optymalizacja parametrów protezy słuchu;
- Walidacja skuteczności dopasowania protezy słuchu;

Warto w tym miejscu zwrócić uwagę, że dynamiczny rozwój usług związanych z telemedycyną umożliwia świadczenie usług i konsultacji pacjentom zdalnie, bez konieczności ich fizycznej obecności w punkcie protetycznym. Zdalne programowanie aparatów słuchowych przy użyciu nowoczesnej technologii jest skuteczne i zapewnia porównywalne wyniki ze standardowym programowaniem twarzą w twarz, nawet dla pacjentów bez wcześniejszego doświadczenia w dopasowywaniu aparatów słuchowych zarówno w przypadku osobistego programowania fizycznej obecności, jak i zdalnie przez Internet za pomocą telekonferencji, która jest znana jako teleaudiologia. Teleaudiologia, staje się istotną częścią usług związanych z zaopatrzeniem w aparaty słuchowe [10].

Satysfakcja z użytkowania aparatu słuchowego (ang. *satisfaction*); *satisfied* − nie wymaga dalszych działań, jeśli wynik jest zadowalający; *unsatisfied* – regulacja nastaw urządzenia, jeśli wynik jest niezadowalający.

Z drugiej strony dopasowanie może być interpretowane jako wybór aparatów słuchowych, wybór określonej metody według, której obliczane parametry charakterystyki wzmocnienia w funkcji częstotliwości (punkt włączenia układów automatycznej regulacji wzmocnienia (AGC), współczynnik kompresji, punkt włączenia układu zabezpieczającego PC).

Wychodząc z tego punktu widzenia, procedury dopasowania aparatu słuchowego mają na celu taki jego wybór metody spośród istniejących, by maksymalnie skompensować ubytek

MOST WIEDZY Pobrano z mostwiedzy.pl

słuchu pacjenta, przywrócić mu zdolność komunikacji oraz komfort słyszenia w sytuacjach, w których ma problemy.

Zasadniczym celem każdej metody dopasowania protez słuchu jest taki wybór urządzenia korygującego wadę słuchu oraz takie ustawienie jego charakterystyki aby w możliwie optymalny sposób poprawić komfort słyszenia osoby niedosłyszącej, a w szczególności poprawić stopień rozumienia mowy.

Różne konfiguracje i nasilenie ubytku słuchu wymagają różnych ilości wzmocnienia. Innymi słowy jest to obliczenie idealnej ilości wzmocnienia wymaganego dla każdej częstotliwości w celu przywrócenia słyszalności określonych dźwięków.

Obecnie najczęściej wykorzystywanymi metodami dopasowania aparatów słuchowych są:

1. NAL-NL2 [88] − został również opracowany przez National Acoustics Laboratory. Jest to zaktualizowana wersja NAL-NL1 [19], która jest przeznaczona dla nieliniowych aparatów słuchowych. Urządzenia te zalecają różne poziomy wzmocnienia dla dźwięków cichych, średnich i głośnych. Jest to obecnie najczęściej weryfikowana recepta na ubytek słuchu.
2. DSL-5 − Desired Sensation Level Version 5. Metoda została ona opracowana w oparciu o potrzebę weryfikowalnej recepty dla dzieci [153]. Jednak dorośli również mogą z niej korzystać. Dzieci często wymagają większego wzmocnienia niż dorośli, co zapewnia im dostęp do dźwięku krytycznego dla rozwoju mowy. Formuła ta skutkuje innymi krzywymi charakterystyki częstotliwościowej, wzmocnieniem wtrąceniowym i parametrami kompresji niż formuły NAL.

Obie powyższe NAL-NL2 i DSL v.5 są najczęściej stosowanymi metodami, i często stanowią punkt odniesienie w ocenie innych metod [55][159].

3. Metody zalecane przez producentów − wszyscy producenci aparatów słuchowych mają własne zalecenia dotyczące ubytku słuchu. Dla przykładu Phonak opracowa Adaptive Phonak Digital, Signia NxFit, ReSound Audiogram+, a Oticon ma VAC+.

Zarówno ogólnie dostępne, jak i komercyjne, zastrzeżone metody dopasowania aparatów słuchowych z czasem zmniejszyły zalecane wzmocnienie, a redukcja była największa w dość szerokim zakresie częstotliwości około 1 kHz. Niektóre zmiany w zastrzeżonych metodach miały miejsce przed zmianą ogólnie dostępnych metod, głównie poprzez zastosowanie

MOST WIEDZY Pobrano z mostwiedzy.pl

specjalnych ustawień wzmocnienia dla początkujących użytkowników aparatów słuchowych. Wydaje się również, że wielu producentów aparatów słuchowych zapewnia obecnie domyślne wzmocnienie, które jest dość podobne do zalecanego wzmocnienia NAL-NL2 i DSL v5. Wielkość redukcji wzmocnienia dla początkujących użytkowników aparatów słuchowych różni się w zależności od producenta [163].

Współcześnie metody powyższe stanowią punkt wyjścia do badań nad zaawansowanymi technikami optymalizacji ustawień parametrów wzmocnienia w oparciu o preferencje użytkownika z wykorzystaniem uczenia maszynowego [3][118][164] czy aplikacji na smartfony [91][124][145].

Ocena jakości dopasowania aparatów słuchowych w kontekście korzyści, jakie może przynieść proteza jest złożonym zagadnieniem. W łatwy sposób można wyznaczyć obiektywne parametry aparatów takie, jak wzmocnienie, zniekształcenia harmoniczne, pasmo przenoszenia, itd. Parametry te jednak nie zawsze mają bezpośredni i decydujący wpływ na subiektywną ocenę jakości dopasowania protezy słuchowej przez pacjenta Nowoczesne aparaty słuchowe starają się zapewnić jak najlepsze rozumienie mowy, a jednocześnie naturalne wrażenia słuchowe, aby zapewnić komfort w różnych sytuacjach akustycznych. W teorii wszystkie te cechy powinny poprawić jakość słyszenia i zadowolenie użytkownika aparatu słuchowego. Jednak w codziennej praktyce zarówno użytkownik aparatów słuchowych, jak i protetyk słuchu muszą dokonywać pewnych wyborów i kompromisów. Biorąc pod uwagę, że rodzaj i stopień ubytku słuchu również ma bezpośredni wpływ na wynik, końcowa satysfakcja i zadowolenie z aparatów słuchowych może być trudna do przewidzenia. Obecne aparaty słuchowe posiadają szereg zaawansowanych rozwiązań, które ułatwiają i poprawiają zwłaszcza rozumienie mowy w różnych, trudnych sytuacjach akustycznych, ale ich porównanie lub pomiar nie jest w pełni możliwy.

W badaniu przeprowadzonym przez Wu i współ. [207] porównano działanie aparatów słuchowych wyposażonych w podstawowe i zaawansowane (premium) mikrofony kierunkowe, jak również podstawowe i zaawansowane algorytmy redukcji hałasu, w warunkach laboratoryjnych, jak również w rzeczywistych, codziennych warunkach użytkowania. Do porównania użyto również aparatów słuchowych z wyłączonym trybem kierunkowym i wyłączonym tłumieniem hałasu. Oceniano rozumienie mowy, wysiłek słuchowy, jakość dźwięku, lokalizację i zadowolenie. Dane zebrane w warunkach laboratoryjnych potwierdziły wyższość rozwiązań zaawansowanych technologicznie nad podstawowymi w zakresie poprawy rozumienia mowy i możliwości lokalizacji. Dane wskazują również, że rozwiązania

MOST WIEDZY Pobrano z mostwiedzy.pl

te mogą zmniejszyć wysiłek słuchowy i poprawić postrzeganą jakość dźwięku w porównaniu z aparatami słuchowymi bez mikrofonów kierunkowych i redukcji hałasu.

Liczba i jakość układów zastosowanych w aparatach słuchowych wpływa na cenę danego rozwiązania. To z kolei sprawia, że najlepsze z możliwych rozwiązań nie jest zawsze osiągalne dla pacjenta ze względów finansowych. Z drugiej strony różnorodność rozwiązań technicznych w oferowanych przez producentów aparatach słuchowych sprawia, że są one trudne do porównania i obiektywnej oceny. Wynika to z tego, że rozwiązania oferowane w aparatach słuchowych mimo, iż w swojej zasadzie są podobne do siebie, to ich jakość i wpływ na poprawę percepcji słuchowej zależą m.in. od indywidulanej konfiguracji oraz pracy algorytmów, które nimi zarządzają.

Pomiary efektywności aparatu słuchowego mogą dotyczyć wielu aspektów, między innymi kompensacji niedosłuchu, akceptacji, zysku czy też satysfakcji z protezowania. Ze względu na specyficzny zakres wiedzy dostępne obecnie narzędzia do pomiaru efektywności protezowania dostępne są jedynie specjalistom. Stworzenie łatwej w obsłudze i intuicyjnej aplikacji internetowej pozwoliłoby na udostępnienie jej zarówno protetykom słuchu jak i pacjentom. W ten sposób zobiektywizowana ocena efektywności protezowania byłaby pomocna przy wyborze najbardziej optymalnego rozwiązania poprawiającego słuch oraz w jego precyzyjnym dopasowaniu i regulacji. W późniejszym okresie służyłaby natomiast do monitorowania postępów w rehabilitacji słuchu. Uzyskiwane wskaźniki mogą być wykorzystywane do przewidywania długoterminowych efektów protezowaniu już po krótkim, próbnym okresie użytkowania protez słuchowych.

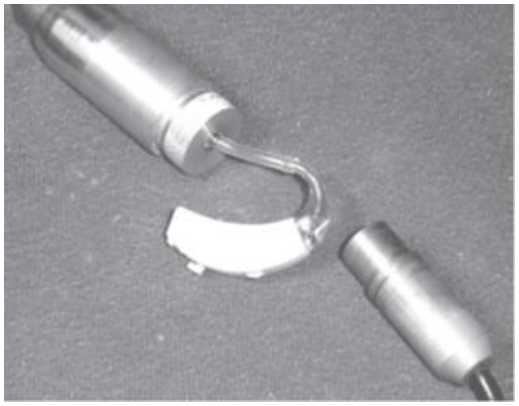
Rozwijana w ramach niniejszej rozprawy aplikacja internetowa, jak równie prowadzone badania mogą przyczynić się do powstania innowacyjnego narzędzia oceny efektywności dopasowania aparatów słuchowych. Może ono zostać zaimplementowanie w dużej ilości punktów protetycznych oraz udostępnione, w odpowiednio przygotowanej formie pacjentom. Dzięki temu pacjenci mogliby dokonywać oceny protezowania nie tylko w punkcie protetycznym, ale również np. w domu lub innym otoczeniu akustycznym, które jest dla nich szczególnie ważne. Wyniki oceny mogą zatem służyć jako narzędzie do bardziej zobiektywizowanej oceny słyszenia w aparatach i ułatwić pacjentowi dokonania wyboru pomiędzy różnymi dostępnymi rozwiązaniami już po krótkim okresie ich użytkowania (testowania).

MOST WIEDZY Pobrano z mostwiedzy.pl

4.3. PRZEGLĄD METOD OCENY EFEKTYWNOŚCI UŻYWANIA APARATÓW SŁUCHOWYCH

Metody oceny skuteczności protezowania aparatami słuchowymi można podzielić na obiektywne i subiektywne [95][99][141] Ocena obiektywna wiąże się najczęściej z pojęciem weryfikacji, natomiast ocena subiektywna z pojęciem walidacji [83].

Weryfikacja to obiektywny pomiar parametrów akustycznych: wzmocnienia i maksymalnego poziomu wyjściowego w funkcji częstotliwości oraz charakterystyki dynamicznej aparatu słuchowego, czyli zależności pomiędzy sygnałami na wejściu i wyjściu aparatu [95][99][183]. Pomiary przeprowadza się z wykorzystaniem analizatorów aparatów słuchowych, sprzęgacza 2 cm3 (patrz rysunek 4.11) i/lub na uchu pacjenta przy użyciu sond mikrofonowych (technika tzw. in situ, REM − Real Ear Measurement, patrz rysunek 4.12) [95][99][183]. Pomiar parametrów aparatów słuchowych na uchu rzeczywistym jest określany „złotym standardem", jeżeli chodzi o ich weryfikację [4][134]. Zatem weryfikacja parametrów akustycznych aparatu słuchowego pozwala sprawdzić czy sygnał akustyczny, który dociera do błony bębenkowej użytkownika aparatu ma charakterystykę zgodną z wymogami określonej, wybranej metody dopasowania. Z kolei walidacja odnosi się do oceny korzyści, które przynosi stosowanie aparatu słuchowego.



Rysunek 4.11 Aparat słuchowy podłączony do sprzęgacza, z mikrofonem kontrolnym umieszczonym obok mikrofonu aparatu słuchowego [35]

MOST WIEDZY Pobrano z mostwiedzy.pl

Rysunek 4.12 REM, Przykład prawidłowo włożonej sondy mikrofonowej do przewodu słuchowego zewnętrznego [184]

Hojan i in. [42] wiążą walidację procesu dopasowania aparatu słuchowego subiektywną oceną korzyści płynących z zastosowania aparatu słuchowego przez osobę niedosłyszącą. Walidacja możliwa jest z zastosowaniem różnych procedur opartych na kwestionariuszach, a także na bezpośrednich ocenach percepcyjnych dźwięku przez użytkownika pomocy słuchowej w wolnym polu [42].

Mendel, Cox, Humes, Wang i in., Kwak i in. [94][95] [99] [141] [189] rozdzielają procedury oceny korzyści z zastosowania aparatu słuchowego w procesie walidacji na subiektywne i obiektywne. Do procedur subiektywnych zaliczają również wszelkie kwestionariusze i ankiety, natomiast do procedur obiektywnych zaliczają pomiary poprawy słyszalności i rozumienia mowy w warunkach pola swobodnego.

Poniżej przedstawiono przegląd aktualnie stosowanych metod oceny skuteczności protezowania. W pierwszej kolejności zostaną omówione kwestionariusze, następnie metody oparte na pomiarze w polu swobodnym.

Pomiary efektywności aparatu słuchowego mogą dotyczyć wielu aspektów, między innymi kompensacji niedosłuchu, akceptacji, zysku czy też satysfakcji z protezowania. W ciągu ostatnich trzydziestu lat powstało wiele różnych kwestionariuszy uwzględniające te aspekty.

MOST WIEDZY Pobrano z mostwiedzy.pl

4.3.1. Kwestionariusze subiektywnej oceny korzyści

Jednym z najważniejszych i najczęściej aktualnie stosowanych kwestionariuszy o sprawdzonej czułości jest APHAB (*Abbreviated Profile of Hearing Aid Benefit,* patrz rysunek 4.13) [57][101] [183]. Z tego też względu zostanie on omówiony bardziej szczegółowo.

APHAB to kwestionariusz zamknięty, wypełniany samodzielnie przez pacjenta. Opracowany w 1995 roku jako narzędzie bardziej „przyjazne" w zastosowaniach klinicznych niż PHAB [17][28]. Składa się z 24 elementów (twierdzeń) w czterech podkategoriach (po 6 stwierdzeń na kategorię):

- EC (ang. *Ease of Communication*) – zdolność komunikacji w ciszy, wysiłek związany z komunikacją w relatywnie łatwych warunkach odsłuchu;
- RV (ang. *Reverberation*) – zdolność komunikowania się w obecności echa, opisuje rozumienie mowy w warunkach umiarkowanego pogłosu;
- BN (ang. *Background Noise*) – zdolność komunikowania się w obecności szumu otoczenia opisuje rozumienie mowy w obecności wielu rozmówców lub innych konkurencyjnych warunkach akustycznych (hałas środowiskowy);
- AV (ang. *Aversiveness of Sounds*) – stopień akceptacji nieprzyjemnych dźwięków, opisuje negatywne reakcje na dźwięki środowiskowe [17] [28] [42].

Poszczególne punkty oceniane są w skali 7-stopniowej. Każdy stopień skali od A do G, zawiera opis i związaną z nim wartość procentową

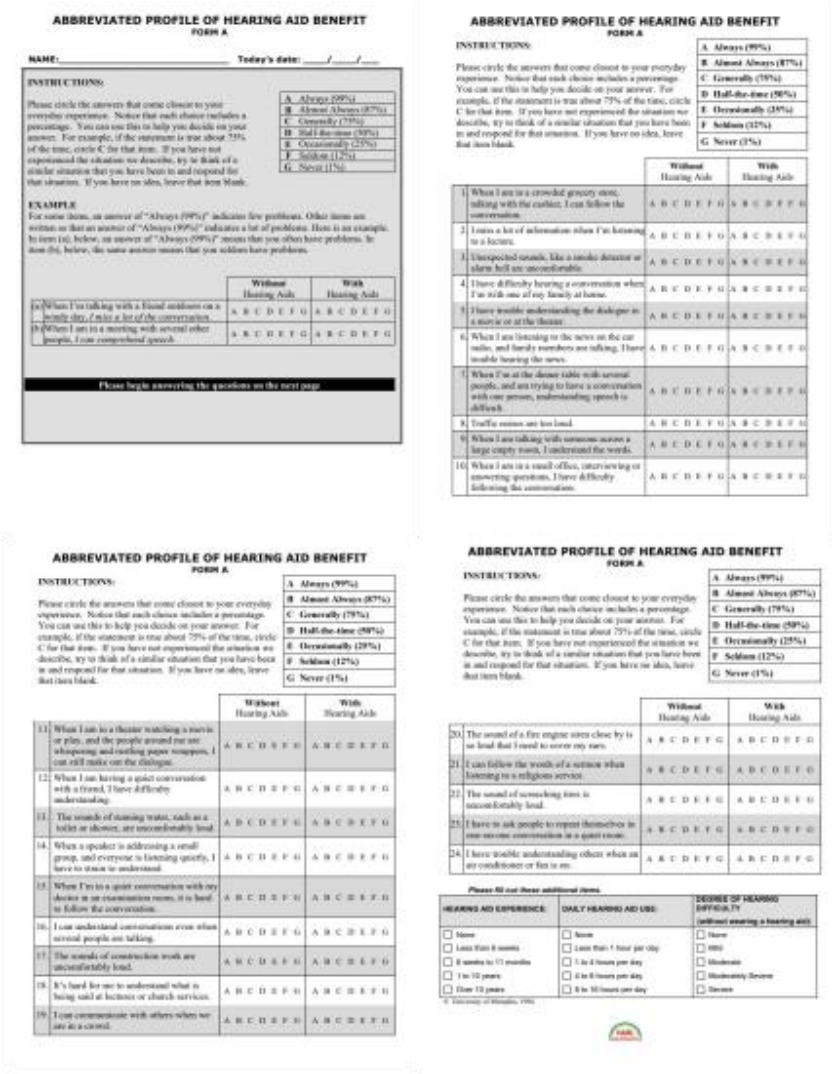
Celem stosowania kwestionariusza APHAB może być:

- przewidywanie prawdopodobnego powodzenia z zastosowania aparatu słuchowego [28] lub alternatywnych urządzeń wspomagających słyszenie [106]
- porównanie funkcjonowania osoby stosującej aparat słuchowy (aparaty słuchowe) z wynikami grupy referencyjnej, używającej z sukcesem aparatów słuchowych [28],
- dokumentacja korzyści z zastosowania aparatów słuchowych w różnych środowiskach w celu poprawy (wyeliminowania) nieskutecznego dopasowania jak i porównania zysku przy zastosowaniu różnych aparatów słuchowych lub różnych programów w danym aparacie słuchowym [28],
- potwierdzenie skuteczności nowych procedur doboru i strojenia aparatów słuchowych czy też innych urządzeń wspomagających słyszenie [148].

Korzyść, wynikającą z zastosowania aparatu słuchowego, można ocenić, analizując średnie wartości procentowe dla poszczególnych kategorii (EC, RV, BN, AV − im wyższa wartość,

MOST WIEDZY Pobrano z mostwiedzy.pl

tym większa częstotliwość występowania problemów) [28] [42], jak również wartość średnią dla kilku kategorii (ang. Global Score). Według Hojana i współ. [42] jest to wartość średnia dla wszystkich 4 kategorii, według Jani i in. [80]jest to wartość średnia – dla kategorii EC, RV, BN. Kwestionariusz ten używany jest w wielu krajach i wersjach językowych.



Rysunek 4.13 Kwestionariusz APHAB [72]

Chociaż APHAB jest jednym z najczęściej stosowanych kwestionariuszy, ma również ograniczenia. Wśród tych ograniczeń można wymienić liczbę kategorii sytuacji akustycznych czy różnorodność warunków akustycznych podlegających ocenie. Stąd na przestrzeni dziesięcioleci podejmowano wiele prób opracowania nowych formularzy lub narzędzi do oceny protokołów dopasowania, dla których APHAB stanowił punkt wyjścia [111][158] [186] [198]. Jedną z wad może być samodzielne wypełnianie takiej ankiety przez użytkownika aparatów słuchowych, zwłaszcza jeśli weźmie się pod uwagę wiek użytkownika i ogólny stan zdrowia. Ponadto wiadomo, że użytkownik aparatów słuchowych jest bardziej krytyczny

MOST WIEDZY Pobrano z mostwiedzy.pl

wobec korzyści, jakie daje aparat, niż członkowie jego rodziny. Kolejna kwestia dotyczy tego, czy ankieta powinna być otwarta, zamknięta, czy mieszana.

Warto zauważyć w tym miejscu, że ostatnio pojawiło się nowe podejście do oceny rzeczywistości słuchowej i aparatów słuchowych z wykorzystaniem metody rejestrowania codziennych zachowań i sytuacji (EMA, *ecological momentary assessment*), szeroko stosowanej w badaniach psychologicznych [58][81][151]. EMA jest metodą oceny samoopisowej, która może zminimalizować błąd związany z przypominaniem w porównaniu z metodami retrospektywnego przywoływania. W szczególności EMA zazwyczaj obejmuje samodzielne raportowanie środowiska i zachowania wiele razy w ciągu dnia i przez wiele dni, albo w odpowiednim czasie, albo po zaangażowaniu się w zachowanie docelowe. EMA odróżnia się od innych metod oceny samoopisowej czterema cechami: (1) oceny koncentrują się na aktualnym stanie lub aktywności uczestników, czyli pamięć retrospektywna i tendencyjność raportów są znacznie zmniejszone w EMA, nawet w porównaniu z dziennikami na koniec dnia, ponieważ uczestnicy są pytani o to, co robili, czuli lub myśleli w danym momencie lub w ciągu ostatniej godziny. (2) oceny są przeprowadzane w określonych warunkach; (3) oceny obejmują powtarzane pomiary; powtarzające się oceny na osobę pozwalają badać efekty wewnątrzosobnicze (np. jak zmienność snu wpływa na samopoczucie), a także dynamikę wewnątrzosobniczą w znacznym okresie czasu dłuższym niż typowe eksperymenty (np. jak uczucia i zachowanie zmieniają się z 1 godziny, dnia lub tygodnia na inny (4) oceny są przeprowadzane w naturalnym środowisku danej osoby.

Chociaż EMA została początkowo opracowana przy użyciu metod papierowych i ołówkowych, badacze wdrażający EMA coraz częściej stosują metody wykorzystujące ogólnie dostępne technologie, jak np. smartfony czy osobisty asystent cyfrowy (PDA, Personal Digital Assistant). Te mobilne metody EMA (mEMA) zwiększają wygodę raportowania, biorąc pod uwagę dostępność smartfonów. Kolejną zaletą korzystania z mEMA w porównaniu tradycyjnymi metodami papierowymi i ołówkowymi jest to, że zmniejsza ona możliwość "udawania" zgodności poprzez nagrywanie odpowiedzi po wyznaczonym czasie ankiety, ponieważ dane zebrane elektronicznie są zwykle oznaczone znacznikiem czasu. W tym celu metody mEMA zasadniczo zastąpiły papierowe i ołówkowe metody EMA w najnowszej literaturze [167] [206].

Innym stosowanym obecnie kwestionariuszem jest *Satisfaction with Amplification in Daily Life* (SADL) [150] (patrz rysunek 4.14). Jest to kwestionariusz zamknięty, wypełniany samodzielnie przez pacjenta. Opracowany w 1999 roku. Zaprojektowany do zmierzenia satysfakcji z aparatów słuchowych. Zawiera 15 ocenianych elementów. Każdy element

MOST WIEDZY Pobrano z mostwiedzy.pl

oceniany jest w 7-stopniowej skali. Wynik obliczany jest dla każdej podkategorii osobno jak również dla wszystkich razem (średnia dla wszystkich ocenianych 15 elementów – *Global Score*) [17][125][142] [207].

SATISFACTION WITH AMPLIFICATION IN DAILY LIFE

NAME _____ **DATE OF BIRTH** ___/___/___ **TODAY'S DATE** ___/___/___

INSTRUCTIONS

Listed below are questions on your opinions about your hearing aid(s). For each question, please circle the letter that is the best answer for you. The list of words on the right gives the meaning for each letter.

Keep in mind that your answers should show your general opinions about the hearing aids that you are wearing now or have most recently worn.

A Not At All
B A Little
C Somewhat
D Medium
E Considerably
F Greatly
G Tremendously

1.	Compared to using no hearing aid at all, do your hearing aids help you understand the people you speak with most frequently?	A B C D E F G
2.	Are you frustrated when your hearing aids pick up sounds that keep you from hearing what you want to hear?	A B C D E F G
3.	Are you convinced that obtaining your hearing aids was in your best interests?	A B C D E F G
4.	Do you think people notice your hearing loss more when you wear your hearing aids?	A B C D E F G
5.	Do your hearing aids reduce the number of times you have to ask people to repeat?	A B C D E F G
6.	Do you think your hearing aids are worth the trouble?	A B C D E F G
7.	Are you bothered by an inability to get enough loudness from your hearing aids without feedback (whistling)?	A B C D E F G
8.	How content are you with the appearance of your hearing aids?	A B C D E F G
9.	Does wearing your hearing aids improve your self-confidence?	A B C D E F G
10.	How natural is the sound from your hearing aids?	A B C D E F G
11.	How helpful are your hearing aids on MOST telephones with ***NO*** amplifier or loudspeaker? (If you hear well on the telephone *without* hearing aids, check here ☐)	A B C D E F G
12.	How competent was the person who provided you with your hearing aids?	A B C D E F G

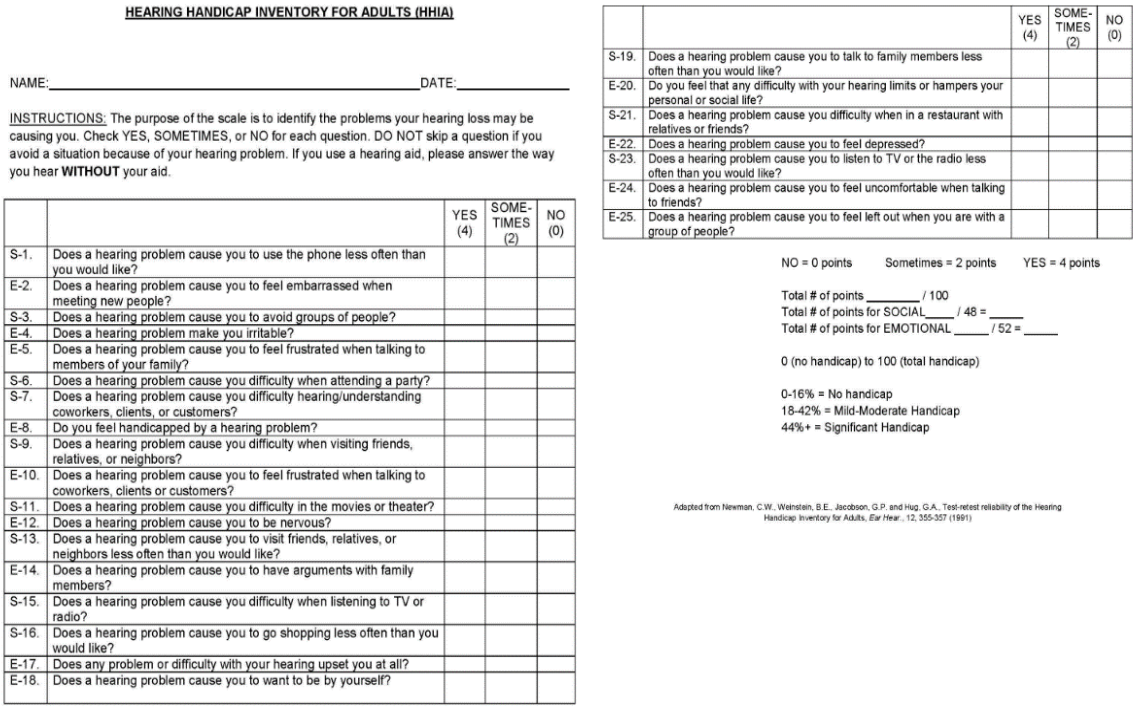
(Continued)

Rysunek 4.14 Pierwsza strona kwestionariusza SADL [150]

Kolejnymi kwestionariuszami są *Hearing Handicap Inventory for Adults* (HHIA) and *Hearing Handicap Inventory for the Elderly* (HHIE) – kwestionariusze zamknięte, wypełniane samodzielnie przez pacjenta. HHIA (patrz rysunek 4.15), opracowany w 1991 roku, jest poprawioną i zaktualizowaną wersją HHIE (opracowanego w roku 1986). HHIA została

MOST WIEDZY Pobrano z mostwiedzy.pl

zaprojektowana tak, aby oceniać zarówno upośledzenie/ubytek słuchu, jak i korzyści, mierząc zmianę postrzeganego upośledzenia po założeniu aparatów słuchowych. HHIA zawiera 25 pytań w 2 podkategoriach (konsekwencje emocjonalne i społeczne, efekty sytuacyjne). Podobnie jak HHIA, HHIE zawiera 25 pytań w 2 podkategoriach. Celem HHIE jest zmierzenie postrzeganego efektu utraty słuchu. Zarówno w HHIE jak i HHIA na pytania są trzy możliwe odpowiedzi (tak / ang. *yes*, czasami / *sometimes*, nie / ang. *no* [17] [20] [23] [125][156][181].



HEARING HANDICAP INVENTORY FOR ADULTS (HHIA)

NAME:_____ DATE:_____

INSTRUCTIONS: The purpose of the scale is to identify the problems your hearing loss may be causing you. Check YES, SOMETIMES, or NO for each question. DO NOT skip a question if you avoid a situation because of your hearing problem. If you use a hearing aid, please answer the way you hear **WITHOUT** your aid.

		YES (4)	SOME-TIMES (2)	NO (0)
S-1.	Does a hearing problem cause you to use the phone less often than you would like?			
E-2.	Does a hearing problem cause you to feel embarrassed when meeting new people?			
S-3.	Does a hearing problem cause you to avoid groups of people?			
E-4.	Does a hearing problem make you irritable?			
E-5.	Does a hearing problem cause you to feel frustrated when talking to members of your family?			
S-6.	Does a hearing problem cause you difficulty when attending a party?			
S-7.	Does a hearing problem cause you difficulty hearing/understanding coworkers, clients, or customers?			
E-8.	Do you feel handicapped by a hearing problem?			
S-9.	Does a hearing problem cause you difficulty when visiting friends, relatives, or neighbors?			
E-10.	Does a hearing problem cause you to feel frustrated when talking to coworkers, clients or customers?			
S-11.	Does a hearing problem cause you difficulty in the movies or theater?			
E-12.	Does a hearing problem cause you to be nervous?			
S-13.	Does a hearing problem cause you to visit friends, relatives, or neighbors less often than you would like?			
E-14.	Does a hearing problem cause you to have arguments with family members?			
S-15.	Does a hearing problem cause you difficulty when listening to TV or radio?			
S-16.	Does a hearing problem cause you to go shopping less often than you would like?			
E-17.	Does any problem or difficulty with your hearing upset you at all?			
E-18.	Does a hearing problem cause you to want to be by yourself?			

		YES (4)	SOME-TIMES (2)	NO (0)
S-19.	Does a hearing problem cause you to talk to family members less often than you would like?			
E-20.	Do you feel that any difficulty with your hearing limits or hampers your personal or social life?			
S-21.	Does a hearing problem cause you difficulty when in a restaurant with relatives or friends?			
E-22.	Does a hearing problem cause you to feel depressed?			
S-23.	Does a hearing problem cause you to listen to TV or the radio less often than you would like?			
E-24.	Does a hearing problem cause you to feel uncomfortable when talking to friends?			
E-25.	Does a hearing problem cause you to feel left out when you are with a group of people?			

NO = 0 points Sometimes = 2 points YES = 4 points

Total # of points _____ / 100
Total # of points for SOCIAL____ / 48 = _____
Total # of points for EMOTIONAL _____ / 52 = _____

0 (no handicap) to 100 (total handicap)

0-16% = No handicap
18-42% = Mild-Moderate Handicap
44%+ = Significant Handicap

Adapted from Newman, C.W., Weinstein, B.E., Jacobson, G.P. and Hug, G.A., Test-retest reliability of the Hearing Handicap Inventory for Adults, *Ear Hear.*, 12, 355-357 (1991)

Rysunek 4.15 Kwestionariusz HHI [185]

Innym kwestionariuszem jest *International Outcome Invento*ry *for Hearing Aids* (IOI-HA). Jest to kwestionariusz zamknięty, wypełniany samodzielnie przez pacjenta (patrz rysunek 4.16). Składa się z siedmiu pytań ocenianych w skali 5-stopniowej (1 - najniższa/najgorszy ocena, 5 - najwyższa/najlepsza ocena). Celem IOI-HA jest ocena korzyści, satysfakcji i zmian, jakości życia związanych z użyciem aparatu słuchowego. IOI-HA został zaprojektowany nie jako samodzielny kwestionariusz, ale jako dodatek, uzupełnienie innych narzędziami do samodzielnej oceny, takimi jak APHAB [17][139][140] [181].

MOST WIEDZY Pobrano z mostwiedzy.pl

INTERNATIONAL OUTCOME INVENTORY – HEARING AIDS
(IOI-HA)

1. Think about how much you used your present hearing aid(s) over the past two weeks. On an average day, how many hours did you use the hearing aid(s)?

none	less than 1 hours a day	1 to 4 hours a day	4 to 8 hours a day	more than 8 hours a day
❑	❑	❑	❑	❑

2. Think about the situation where you most wanted to hear better, before you got your present hearing aid(s). Over the past two weeks, how much has the hearing aid helped in that situation?

helped not at all	helped slightly	helped moderately	helped quite a lot	helped very much
❑	❑	❑	❑	❑

3. Think again about the situation where you most wanted to hear better. When you use your present hearing aid(s), how much difficulty do you STILL have in that situation?

very much difficulty	quite a lot of difficulty	moderate difficulty	slight difficulty	no difficulty
❑	❑	❑	❑	❑

4. Considering everything, do you think your present hearing aid(s) is worth the trouble?

not at all worth it	slightly worth it	moderately worth it	quite a lot worth it	very much worth it
❑	❑	❑	❑	❑

5. Over the past two weeks, with your present hearing aid(s), how much have your hearing difficulties affected the things you can do?

affected very much	affected quite a lot	affected moderately	affected slightly	affected not at all
❑	❑	❑	❑	❑

6. Over the past two weeks, with your present hearing aid(s), how much do you think other people were bothered by your hearing difficulties?

bothered very much	bothered quite a lot	bothered moderately	bothered slightly	bothered not at all
❑	❑	❑	❑	❑

7. Considering everything, how much has your present hearing aid(s) changed your enjoyment of life?

worse	no change	slightly better	quite a lot better	very much better
❑	❑	❑	❑	❑

Rysunek 4.16 Kwestionariusz IOI-HA [139]

Przykładem zamkniętego kwestionariusza jest *Speech, Spatial and Qualities of Hearing Scale* (SSQ). Został opracowany w 2004 roku, aby określić zakres upośledzenia słuchu w kilku obszarach. Szczególną uwagę poświęca się słuchaniu i rozumieniu mowy w różnych konkurencyjnych kontekstach jak również komponentom słyszenia przestrzennego takim jak, kierunkowość, odległość i ruch źródła dźwięku. Ponadto ocenianie jest śledzenie różnych strumieni mowy (ang. *speech streams*) przy jednoczesnej umiejętności segregacji dźwięków otoczenia, co odzwierciedla rzeczywiste, codzienne sytuacje. Przy ocenie, jakości słyszenia brane są pod uwagę: łatwość słuchania, naturalność, czystość i możliwość identyfikowania

MOST WIEDZY Pobrano z mostwiedzy.pl

różnych rozmówców, różne utwory muzyczne i instrumenty oraz różnorodne dźwięki codzienne. Kwestionariusz SSQ zawiera 49 opisów sytuacji oraz pytań do nich nawiązujących. W celu ułatwienia zastosowań klinicznych i rehabilitacyjnych została opracowana skrócona wersja kwestionariusza zawierająca 12 opisów sytuacji oraz nawiązujących do nich pytań, ocenianych od 0 („*Not at all*") do 10 („*Perfect*"). Uzyskany wynik można w czterech skalach, tj. skala mowy (sytuacje 1-4), skala przestrzenna (sytuacje 6-8), skala jakości słyszenia (sytuacje 9-12), ogólny średni wynik dla wszystkich 12 sytuacji. Opisywany jest skrótem SSQ12 (patrz rysunek 4.17), w odróżnieniu o wersji pełnej, która jest opisywana skrótem SSQ49. Aby wykorzystać SSQ12 jako narzędzie przesiewowe w kierunku ubytku słuchu, należy uzyskać wynik ≤ 8,5 punktu dla całkowitej średniej (dla wszystkich 12 pozycji). Stosując SSQ12 otrzymuje się podobne wyniki jak przy zastosowaniu [22] [125] [148] [193] [207].

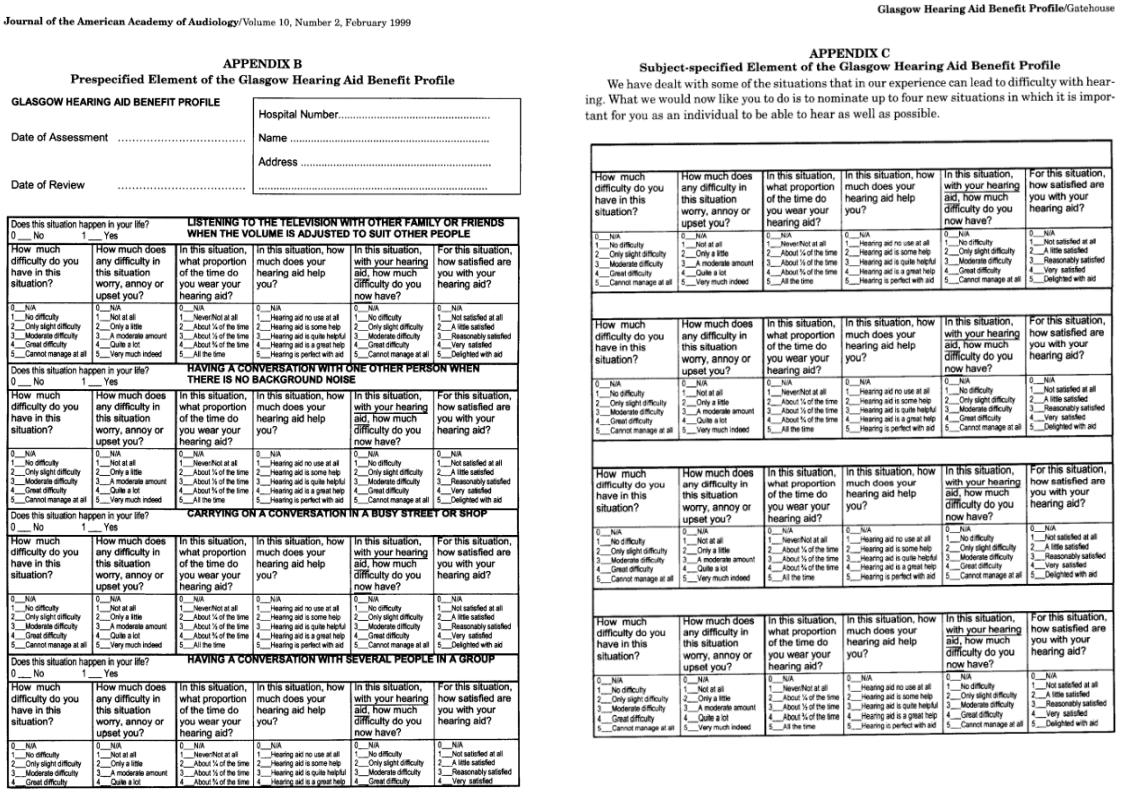
SSQ49 index	*SSQ12 index*	*Item*	*Pragmatic subscale*
1.1	1	You are talking with one other person and there is a TV on in the same room. Without turning the TV down, can you follow what the person you're talking to says?	Speech in noise
1.10	2	You are listening to someone talking to you, while at the same time trying to follow the news on TV. Can you follow what both people are saying?	Multiple speech streams
1.11	3	You are in conversation with one person in a room where there are many other people talking. Can you follow what the person you are talking to is saying?	Speech in speech
1.4	4	You are in a group of about five people in a busy restaurant. You can see everyone else in the group. Can you follow the conversation?	Speech in noise
1.12	5	You are with a group and the conversation switches from one person to another. Can you easily follow the conversation without missing the start of what each new speaker is saying?	Multiple speech streams
2.6	6	You are outside. A dog barks loudly. Can you tell immediately where it is, without having to look?	Localization
2.9	7	Can you tell how far away a bus or a truck is, from the sound	Distance and movement
2.13	8	Can you tell from the sound whether a bus or truck is coming towards you or going away?	Distance and movement
3.2	9	When you hear more than one sound at a time, do you have the impression that it seems like a single jumbled sound?	Segregation
3.7	10	When you listen to music, can you make out which instruments are playing?	Identification of sound
3.9	11	Do everyday sounds that you can hear easily seem clear to you (not blurred)?	Quality & naturalness
3.14	12	Do you have to concentrate very much when listening to someone or something?	Listening effort

Rysunek 4.17 Kwestionariusz SSQ12, lista sytuacji słuchowych [193]

Kolejny kwestionariusz to *Glasgow Hearing Aid Benefit Profile* (GHABP). Ten kwestionariusz można go nazwać kwestionariuszem mieszanym, łączącym formę zamkniętą i otwartą (patrz rysunek 4.18). Wypełniany samodzielnie przez pacjenta. Został opracowany w 1999 roku jako narzędzie do oceny skuteczności działania aparatu słuchowego i skuteczności rehabilitacji słuchowej. Zawiera cztery zdefiniowane sytuacje oraz cztery sytuacje wybrane i opisane przez pacjenta. Każda sytuacja oceniana jest w sześciu obszarach. Jeden obszar (ang. *In this situation, how much does your hearing aid help you?* / Jak bardzo, w tej sytuacji aparatu

MOST WIEDZY Pobrano z mostwiedzy.pl

słuchowy jest pomocny?) oceniany jest w skali 7-stopniowej [169][183]. Stosowany jako jedno z narzędzi, m. in. przy porównaniu korzyści z zastosowania systemu CROS (*Contralateral Routing Of Signal*) w technologii bezprzewodowej i systemu BAI (*Bone Anchored Instrument*) [75]. Jest też tłumaczony na inne języki [136].



Journal of the American Academy of Audiology/Volume 10, Number 2, February 1999

APPENDIX B
Prespecified Element of the Glasgow Hearing Aid Benefit Profile

GLASGOW HEARING AID BENEFIT PROFILE

Date of Assessment .....
Date of Review .....

Hospital Number.....
Name .....
Address .....
.....

Does this situation happen in your life? 0 ___ No 1 ___ Yes — **LISTENING TO THE TELEVISION WITH OTHER FAMILY OR FRIENDS WHEN THE VOLUME IS ADJUSTED TO SUIT OTHER PEOPLE**

How much difficulty do you have in this situation?	How much does any difficulty in this situation worry, annoy or upset you?	In this situation, what proportion of the time do you wear your hearing aid?	In this situation, how much does your hearing aid help you?	In this situation, with your hearing aid, how much difficulty do you now have?	For this situation, how satisfied are you with your hearing aid?
0___N/A 1___No difficulty 2___Only slight difficulty 3___Moderate difficulty 4___Great difficulty 5___Cannot manage at all	0___N/A 1___Not at all 2___Only a little 3___A moderate amount 4___Quite a lot 5___Very much indeed	0___N/A 1___Never/Not at all 2___About ¼ of the time 3___About ½ of the time 4___About ¾ of the time 5___All the time	0___N/A 1___Hearing aid no use at all 2___Hearing aid is some help 3___Hearing aid is quite helpful 4___Hearing aid is a great help 5___Hearing is perfect with aid	0___N/A 1___No difficulty 2___Only slight difficulty 3___Moderate difficulty 4___Great difficulty 5___Cannot manage at all	0___N/A 1___Not satisfied at all 2___A little satisfied 3___Reasonably satisfied 4___Very satisfied 5___Delighted with aid

Does this situation happen in your life? 0 ___ No 1 ___ Yes — **HAVING A CONVERSATION WITH ONE OTHER PERSON WHEN THERE IS NO BACKGROUND NOISE**

How much difficulty do you have in this situation?	How much does any difficulty in this situation worry, annoy or upset you?	In this situation, what proportion of the time do you wear your hearing aid?	In this situation, how much does your hearing aid help you?	In this situation, with your hearing aid, how much difficulty do you now have?	For this situation, how satisfied are you with your hearing aid?
0___N/A 1___No difficulty 2___Only slight difficulty 3___Moderate difficulty 4___Great difficulty 5___Cannot manage at all	0___N/A 1___Not at all 2___Only a little 3___A moderate amount 4___Quite a lot 5___Very much indeed	0___N/A 1___Never/Not at all 2___About ¼ of the time 3___About ½ of the time 4___About ¾ of the time 5___All the time	0___N/A 1___Hearing aid no use at all 2___Hearing aid is some help 3___Hearing aid is quite helpful 4___Hearing aid is a great help 5___Hearing is perfect with aid	0___N/A 1___No difficulty 2___Only slight difficulty 3___Moderate difficulty 4___Great difficulty 5___Cannot manage at all	0___N/A 1___Not satisfied at all 2___A little satisfied 3___Reasonably satisfied 4___Very satisfied 5___Delighted with aid

Does this situation happen in your life? 0 ___ No 1 ___ Yes — **CARRYING ON A CONVERSATION IN A BUSY STREET OR SHOP**

How much difficulty do you have in this situation?	How much does any difficulty in this situation worry, annoy or upset you?	In this situation, what proportion of the time do you wear your hearing aid?	In this situation, how much does your hearing aid help you?	In this situation, with your hearing aid, how much difficulty do you now have?	For this situation, how satisfied are you with your hearing aid?
0___N/A 1___No difficulty 2___Only slight difficulty 3___Moderate difficulty 4___Great difficulty 5___Cannot manage at all	0___N/A 1___Not at all 2___Only a little 3___A moderate amount 4___Quite a lot 5___Very much indeed	0___N/A 1___Never/Not at all 2___About ¼ of the time 3___About ½ of the time 4___About ¾ of the time 5___All the time	0___N/A 1___Hearing aid no use at all 2___Hearing aid is some help 3___Hearing aid is quite helpful 4___Hearing aid is a great help 5___Hearing is perfect with aid	0___N/A 1___No difficulty 2___Only slight difficulty 3___Moderate difficulty 4___Great difficulty 5___Cannot manage at all	0___N/A 1___Not satisfied at all 2___A little satisfied 3___Reasonably satisfied 4___Very satisfied 5___Delighted with aid

Does this situation happen in your life? 0 ___ No 1 ___ Yes — **HAVING A CONVERSATION WITH SEVERAL PEOPLE IN A GROUP**

How much difficulty do you have in this situation?	How much does any difficulty in this situation worry, annoy or upset you?	In this situation, what proportion of the time do you wear your hearing aid?	In this situation, how much does your hearing aid help you?	In this situation, with your hearing aid, how much difficulty do you now have?	For this situation, how satisfied are you with your hearing aid?
0___N/A 1___No difficulty 2___Only slight difficulty 3___Moderate difficulty 4___Great difficulty	0___N/A 1___Not at all 2___Only a little 3___A moderate amount 4___Quite a lot	0___N/A 1___Never/Not at all 2___About ¼ of the time 3___About ½ of the time 4___About ¾ of the time	0___N/A 1___Hearing aid no use at all 2___Hearing aid is some help 3___Hearing aid is quite helpful 4___Hearing aid is a great help	0___N/A 1___No difficulty 2___Only slight difficulty 3___Moderate difficulty 4___Great difficulty	0___N/A 1___Not satisfied at all 2___A little satisfied 3___Reasonably satisfied 4___Very satisfied

Glasgow Hearing Aid Benefit Profile/Gatehouse

APPENDIX C
Subject-specified Element of the Glasgow Hearing Aid Benefit Profile

We have dealt with some of the situations that in our experience can lead to difficulty with hearing. What we would now like you to do is to nominate up to four new situations in which it is important for you as an individual to be able to hear as well as possible.

How much difficulty do you have in this situation?	How much does any difficulty in this situation worry, annoy or upset you?	In this situation, what proportion of the time do you wear your hearing aid?	In this situation, how much does your hearing aid help you?	In this situation, with your hearing aid, how much difficulty do you now have?	For this situation, how satisfied are you with your hearing aid?
0___N/A 1___No difficulty 2___Only slight difficulty 3___Moderate difficulty 4___Great difficulty 5___Cannot manage at all	0___N/A 1___Not at all 2___Only a little 3___A moderate amount 4___Quite a lot 5___Very much indeed	0___N/A 1___Never/Not at all 2___About ¼ of the time 3___About ½ of the time 4___About ¾ of the time 5___All the time	0___N/A 1___Hearing aid no use at all 2___Hearing aid is some help 3___Hearing aid is quite helpful 4___Hearing aid is a great help 5___Hearing is perfect with aid	0___N/A 1___No difficulty 2___Only slight difficulty 3___Moderate difficulty 4___Great difficulty 5___Cannot manage at all	0___N/A 1___Not satisfied at all 2___A little satisfied 3___Reasonably satisfied 4___Very satisfied 5___Delighted with aid

How much difficulty do you have in this situation?	How much does any difficulty in this situation worry, annoy or upset you?	In this situation, what proportion of the time do you wear your hearing aid?	In this situation, how much does your hearing aid help you?	In this situation, with your hearing aid, how much difficulty do you now have?	For this situation, how satisfied are you with your hearing aid?
0___N/A 1___No difficulty 2___Only slight difficulty 3___Moderate difficulty 4___Great difficulty 5___Cannot manage at all	0___N/A 1___Not at all 2___Only a little 3___A moderate amount 4___Quite a lot 5___Very much indeed	0___N/A 1___Never/Not at all 2___About ¼ of the time 3___About ½ of the time 4___About ¾ of the time 5___All the time	0___N/A 1___Hearing aid no use at all 2___Hearing aid is some help 3___Hearing aid is quite helpful 4___Hearing aid is a great help 5___Hearing is perfect with aid	0___N/A 1___No difficulty 2___Only slight difficulty 3___Moderate difficulty 4___Great difficulty 5___Cannot manage at all	0___N/A 1___Not satisfied at all 2___A little satisfied 3___Reasonably satisfied 4___Very satisfied 5___Delighted with aid

How much difficulty do you have in this situation?	How much does any difficulty in this situation worry, annoy or upset you?	In this situation, what proportion of the time do you wear your hearing aid?	In this situation, how much does your hearing aid help you?	In this situation, with your hearing aid, how much difficulty do you now have?	For this situation, how satisfied are you with your hearing aid?
0___N/A 1___No difficulty 2___Only slight difficulty 3___Moderate difficulty 4___Great difficulty 5___Cannot manage at all	0___N/A 1___Not at all 2___Only a little 3___A moderate amount 4___Quite a lot 5___Very much indeed	0___N/A 1___Never/Not at all 2___About ¼ of the time 3___About ½ of the time 4___About ¾ of the time 5___All the time	0___N/A 1___Hearing aid no use at all 2___Hearing aid is some help 3___Hearing aid is quite helpful 4___Hearing aid is a great help 5___Hearing is perfect with aid	0___N/A 1___No difficulty 2___Only slight difficulty 3___Moderate difficulty 4___Great difficulty 5___Cannot manage at all	0___N/A 1___Not satisfied at all 2___A little satisfied 3___Reasonably satisfied 4___Very satisfied 5___Delighted with aid

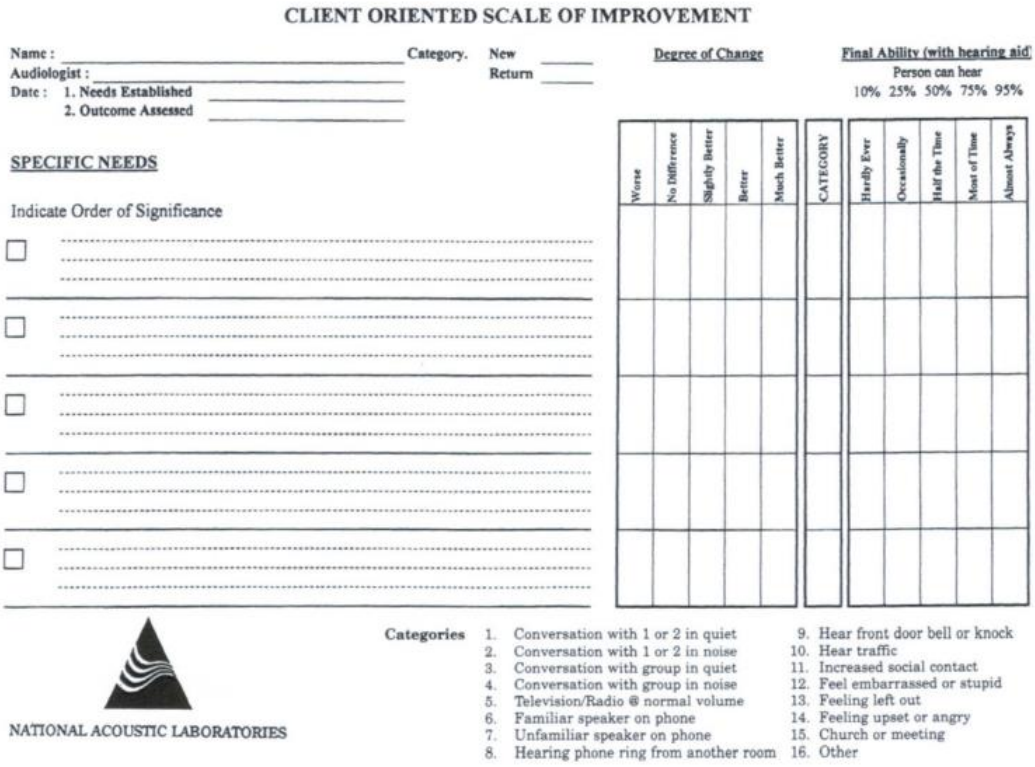
How much difficulty do you have in this situation?	How much does any difficulty in this situation worry, annoy or upset you?	In this situation, what proportion of the time do you wear your hearing aid?	In this situation, how much does your hearing aid help you?	In this situation, with your hearing aid, how much difficulty do you now have?	For this situation, how satisfied are you with your hearing aid?
0___N/A 1___No difficulty 2___Only slight difficulty 3___Moderate difficulty 4___Great difficulty 5___Cannot manage at all	0___N/A 1___Not at all 2___Only a little 3___A moderate amount 4___Quite a lot 5___Very much indeed	0___N/A 1___Never/Not at all 2___About ¼ of the time 3___About ½ of the time 4___About ¾ of the time 5___All the time	0___N/A 1___Hearing aid no use at all 2___Hearing aid is some help 3___Hearing aid is quite helpful 4___Hearing aid is a great help 5___Hearing is perfect with aid	0___N/A 1___No difficulty 2___Only slight difficulty 3___Moderate difficulty 4___Great difficulty 5___Cannot manage at all	0___N/A 1___Not satisfied at all 2___A little satisfied 3___Reasonably satisfied 4___Very satisfied 5___Delighted with aid

Rysunek 4.18 Kwestionariusz GHABP [169]

Z kolei COSI (*Client Oriented Scale of Improvement*) jest to kwestionariusz otwarty, wypełniany samodzielnie przez pacjenta (patrz rysunek 4.19). Został opracowany w *National Acoustic Laboratories* (NAL) 1997, w Melbourne w Australii. Jest to otwarta skala, w której pacjent wskazuje do pięciu sytuacji akustycznych, w których oczekuje poprawy słyszenia. Ocena aparatu słuchowego przebiega na dwóch etapach. Na pierwszym etapie osoba niedosłysząca deklaruje/identyfikuje sytuacje akustyczne (środowiska akustyczne), które uznaje za najważniejsze (sytuacji, w których pacjent chciałby słyszeć/rozumieć lepiej). Na drugim etapie, po dopasowaniu aparat słuchowego, osoba niedosłysząca określa stopień zmiany słyszenia w wybranych na etapie pierwszym sytuacjach akustycznych. W tym samym czasie, dla tych samych wybranych przez siebie sytuacji akustycznych pacjent dokonuje oceny swojej zdolności słyszenia/rozumienia w tych sytuacjach [17] [42] [70]. Jest stosowany nie

MOST WIEDZY Pobrano z mostwiedzy.pl

tylko do oceny poprawy słyszenia w aparatach słuchowych. Znalazł zastosowanie m.in. w planowaniu celów terapii szumów usznych i oceny wyników tejże [154], jak również zbadaniu zależności między wiekiem, płcią, ubytkiem słuchu i asymetrią słuchu a zgłaszanymi problemami ze słuchem i postrzeganymi korzyściami z aparatów słuchowych [195].



CLIENT ORIENTED SCALE OF IMPROVEMENT

Name : _____ Category. New _____
Audiologist : _____ Return _____
Date : 1. Needs Established _____
2. Outcome Assessed _____

Degree of Change: Worse | No Difference | Slightly Better | Better | Much Better | CATEGORY

Final Ability (with hearing aid): Person can hear 10% 25% 50% 75% 95% | Hardly Ever | Occasionally | Half the Time | Most of Time | Almost Always

SPECIFIC NEEDS

Indicate Order of Significance

☐ .....
☐ .....
☐ .....
☐ .....
☐ .....

NATIONAL ACOUSTIC LABORATORIES

Categories
1. Conversation with 1 or 2 in quiet
2. Conversation with 1 or 2 in noise
3. Conversation with group in quiet
4. Conversation with group in noise
5. Television/Radio @ normal volume
6. Familiar speaker on phone
7. Unfamiliar speaker on phone
8. Hearing phone ring from another room
9. Hear front door bell or knock
10. Hear traffic
11. Increased social contact
12. Feel embarrassed or stupid
13. Feeling left out
14. Feeling upset or angry
15. Church or meeting
16. Other

Rysunek 4.19 Kwestionariusz COSI [70]

Powyższe kwestionariusze są również punktem wyjścia do opracowywania nowych narzędzi służących ocenie skuteczności protezowania aparatami słuchowymi [57][99] lub mogą stanowić element szerszej procedury testowej [127] [148] [181] [207].

Innymi, rzadziej stosowanymi kwestionariuszami są:

- Device-Oriented Subjective Outcome (DOSO − 2009) [143]
- Profile of Aided Loudness (PAL – 1999) [24] [42][66][104]
- Hearing Aid Performance Inventory (HAPI – 1984) [16] [17] [125]
- Hearing Performance Inventory (HPI - 1979) oraz Hearing Performance Inventory − Revised (HPI-R – 1983) [17] [125][157][177]

MOST WIEDZY Pobrano z mostwiedzy.pl

- Hearing Aid Users Questionnaire (HAUQ – 1999) [17][67]
- Hearing Aid Needs Assessment (HANA − 1999) [17][38]
- Communication Profile for the Hearing Impaired (CPHI − 1991) [17][109][173]
- Hearing Aid Interview (HAI-2004) [96] [125]
- World Health Organization Disability Assessment Schedule (WHO-DAS II)/WHODAS 2.0 – 1990 [17][85][176]

Warto wspomnieć jeszcze o dwóch kwestionariuszach, które co prawda nie są narzędziami codziennej pracy protetyków słuchu, jednak stanowią narzędziem badań porównawczych dotyczących ubytku słuchu i korzystania z aparatów słuchowych na przestrzeni wielu lat.

- MarkeTrak − Od 1989 roku HIA (Hearing Industries Association) zbiera dane na temat szacowanej częstości występowania ubytku słuchu w USA, dochodów gospodarstw domowych i wykształcenia związanego z używaniem aparatów słuchowych, zadowolenia z aparatów słuchowych, liczby nowych użytkowników w zależności od wieku, psychicznych i fizycznych skutków ubytku słuchu i wielu innych. Co trzy do czterech lat HIA zleca przeprowadzenie szczegółowej ankiety zawierającej kompleksowe wyniki na te tematy. Pełne raporty są poufne dla naszych członków. Publicznie dostępne artykuły zawierające najważniejsze informacje z każdego raportu MarkeTrak. Ostatni raport MakeTrak został opublikowany w 2022 [73][129].
- EuroTrak − Zainicjowane przez EHIMA (European Hearing Instrument Manufacturers Association) w 2009 roku, EuroTrak zostało zaprojektowane jako sposób na podniesienie świadomości społecznej w kluczowych kwestiach związanych z ubytkiem słuchu i opieką nad osobami niedosłyszącymi. Badanie rzuca światło na częstość występowania ubytku słuchu, a także na korzystanie z aparatów słuchowych i doświadczenia osób niedosłyszących z aparatami słuchowymi. Obecnie badania EuroTrak obejmują wiele krajów w Europie, regionie Azji i Pacyfiku oraz poza nim. Powtarzanie krajowych badań co trzy lata pozwala na identyfikację trendów w czasie i poza granicami. EuroTrak został zaprojektowany jako internetowe badanie panelowe, oparte na samodzielnie zgłaszanych przez uczestników ubytkach słuchu. Jest ono przeprowadzane przez instytut badań rynkowych ANOVUM w imieniu EHIMA. Kwestionariusz został zaprojektowany tak, aby był kompatybilny z amerykańskim MarkeTrak w celu zapewnienia porównania między kontynentami [52].

MOST WIEDZY Pobrano z mostwiedzy.pl

4.3.2. Ocena korzyści w oparciu o pomiar w polu swobodnym

- Audiogram tonalny w polu swobodnym – badanie audiometryczne wykonuje się dwukrotnie dla danego pacjenta, w minimum dwutygodniowych odstępach. Badanie przeprowadza się bez aparatu słuchowego, a następnie przy założonym aparacie słuchowym. Zysk dopasowania oblicza się, porównując krzywe przebiegu progu słuchowego w obecności aparatu słuchowego i bez aparatu dla trzech składowych częstotliwości: 500, 1000 i 2000 Hz [1][15].
- Test akceptowalnego poziomu hałasu (ANL − *Acceptable Noise Level*) − jest to metoda określania, jak duży hałas pacjent jest w stanie tolerować podczas słuchania docelowego sygnału/głośnika. Test przeprowadza się go, najpierw ustawiając mowę pacjenta na najbardziej komfortowym poziomie (MCL). Następnie dodawany jest hałas, taki jak bełkot mowy, a pacjent jest proszony o dostosowanie go do najwyższego poziomu, który może zaakceptować lub "znieść", jednocześnie śledząc historię opowiadaną w oryginalnym sygnale mowy. Wybrany poziom nazywany jest poziomem szumu tła (BNL − Background Noise Level). ANL jest zdefiniowany jako MCL minus BNL. Jest to najniższy SNR, który jest akceptowalny dla pacjenta. Osoby z niskim poziomem ANL (<7 dB) mogą stać się stałymi użytkownikami aparatów słuchowych (ponieważ są gotowi znosić wzmocniony hałas o poziomie zbliżonym do sygnału będącego przedmiotem zainteresowania). I odwrotnie, osoby z dużym ANL (>13 dB) prawdopodobnie będą używać aparatów słuchowych rzadziej lub wcale, ponieważ uważają, że wzmocniony hałas jest niepożądany w zbyt wielu sytuacjach. Oczywiście istnieje duży szary obszar pośrodku (wartości ANL między 7 a 13 dB), dla którego akceptacja aparatów słuchowych jest niepewna. Jest on wykorzystywany jako predyktor tego, jak dobrze pacjent poradzi sobie ze wzmocnieniem, gdy otrzyma aparat słuchowy [122][123].

- Badanie zrozumiałości mowy w ciszy - najczęściej stosowanym materiałem słownym są listy słów jednosylabowych. Zadaniem pacjenta jest powtarzanie słów podawanych przez głośnik oddalony od słuchacza o 1 m. Poziom dźwięku podawanego testu wynosi 65 dB [41][114] lub 70 dB [42]. Według Hojana i współ. [42] badanie przeprowadza się trzykrotnie. Jako pierwszy bada się procent poprawnie powtórzonych słów w przypadku, gdy pacjent nie ma aparatu słuchowego, a następnie procedurę powtarza się z założonym aparatem słuchowym. Badanie w polu swobodnym powtarza się po minimum dwóch tygodniach. Korzyść w ocenie zrozumiałości mowy wyraża się jako

MOST WIEDZY Pobrano z mostwiedzy.pl

różnica procentu poprawnie powtórzonych słów w obecności aparatu słuchowego i bez aparatu [42].

- Badanie zrozumiałości mowy w obecności szumu − Zadaniem pacjenta jest powtarzanie słów podawanych przez głośnik oddalony od słuchacza o 1 m. Jednocześnie z drugiego głośnika (lub z tego samego, z którego podawane są słowa) również oddalonego od pacjenta o 1 m emitowany jest szum. Poziom dźwięku podawanego testu słownego wynosi 65 dB [41]lub 70 dB [42]. Poziom szumu jest o 5 dB niższy. Jako pierwszy bada się procent poprawnie powtórzonych słów w przypadku, gdy pacjent nie ma aparatu słuchowego, a następnie procedurę powtarza się z założonym aparatem słuchowym. Badanie w polu swobodnym powtarza się po minimum dwóch tygodniach. Korzyść w ocenie zrozumiałości mowy wyraża się jako różnica procentu poprawnie powtórzonych słów w obecności aparatu słuchowego i bez aparatu [42].
- *Hearing in Noise Test* (HINT) − test słuchu w hałasie, który mierzy rozpoznawanie zdań na tle szumu. Materiał słowny składa się z 250 zdań, które są podzielone na 25 list. Test ten można przeprowadzić w ciszy. W tym przypadku uzyskuje się próg dla rozpoznawania zdań. Jeśli test jest przeprowadzany w hałasie, umożliwia on oszacowanie progu SNR dla rozpoznawania mowy w hałasie. Za pomocą tego testu można pokazać przewagę obuusznego, kierunkowego słyszenia, a co za tym idzie obuusznego protezowania [77][86][87][175].
- Quick speech-in-noise test (QuickSIN) – test słuchu w hałasie. Pozwala na szybkie (czas trwania testu to ok. 1 min) oszacowanie poziomu SNR, przy którym pacjent osiągnie 50% prawidłowych odpowiedzi. Materiałem słownym są zdania, które zawierają po 5 słów kluczowych, prezentowane na tle szumu (ang. four-talker babble noise). Poziom SNR można regulować. Możliwe ustawienia to 25, 20, 15, 10, 5 i 0 dB [90]. Test QuickSIN jest jednym z najbardziej czułych testów do pomiaru poprawności rozpoznawania mowy w hałasie [174] [194].

Pomiary w polu swobodnym wraz z kwestionariuszami stanowią często element rozbudowanych i bardziej złożonych procedur testowych służących ocenie skuteczności [127] [148] [181] [207] lub przewidywaniu efektu/efektów protezowania aparatami słuchowymi [102].

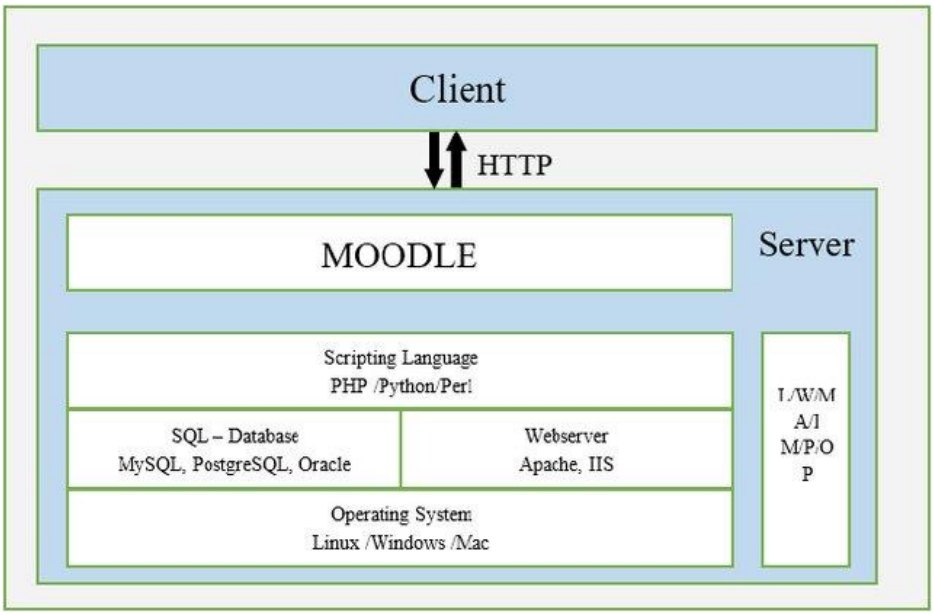
MOST WIEDZY Pobrano z mostwiedzy.pl

5. OPIS ZAPROPONOWANEJ METODY OCENY EFEKTYWNOŚCI STOSOWANIA APARATÓW SŁUCHOWYCH

Aby zrealizować trzy z czterech postawionych w rozprawie celów, tj.:

- opracowanie metody oceny efektywności protezowania słuchu przy użyciu aparatów słuchowych, która byłaby dostosowana do potrzeb oraz panujących warunków w środowiskach akustycznych, w których najczęściej przebywają osoby w podeszłym wieku,
- opracowanie metody oceny efektywności protezowania słuchu przy użyciu aparatów słuchowych w postaci aplikacji internetowej, która pozwoli w łatwy sposób poddawać ocenie korzyść z użytkowania protez słuchowych w najbardziej typowych sytuacjach akustycznych, na które napotyka osoba niedosłysząca,
- stworzenie narzędzia pozwalającego na agregację i porządkowanie danych uzyskanych zarówno z subiektywnej oceny użytkowników aparatów słuchowych oraz danych zarejestrowanych przez aparaty słuchowe w celu ich analizy,

przygotowano aplikację internetową, która pozwoliłaby na systematyzowanie i porządkowanie zbieranych wyników oraz jej łatwe wdrożenie w około 200 punktach protetycznych. Aplikacja ta została przygotowana z wykorzystaniem Moodle [119]. Na rys. 5.1 przedstawiono schemat blokowy systemu, tj. *Moodle to Learning Management System* (LMS).

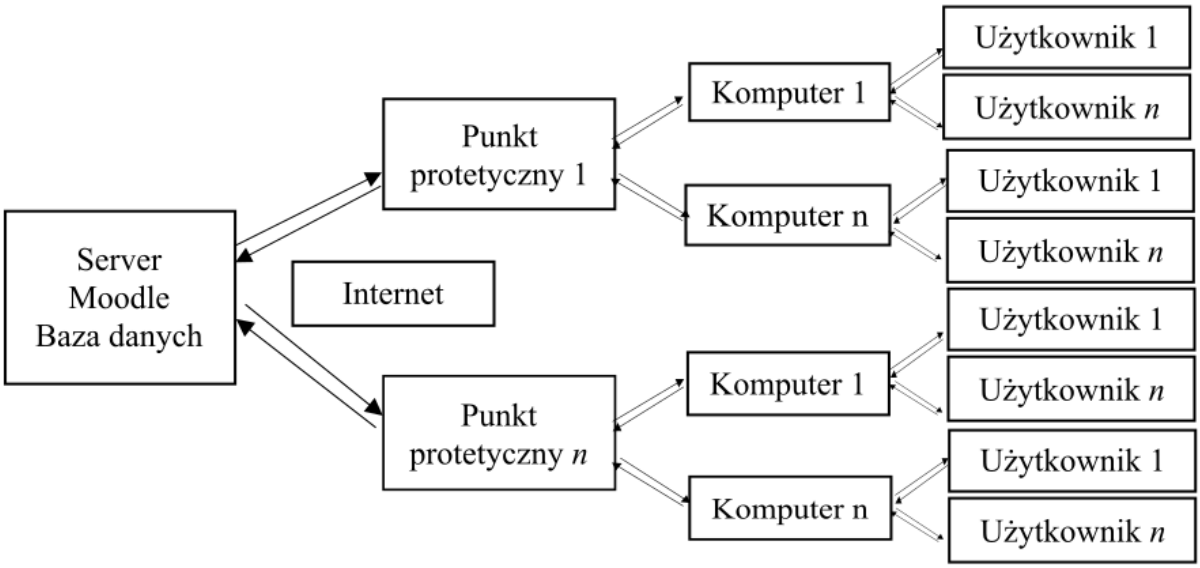


Rysunek 5.1 Architektura systemu Moodle [89]

MOST WIEDZY Pobrano z mostwiedzy.pl

Moodle jest aplikacją internetową napisaną w PHP. Jest oprogramowaniem typu open source. Instalacja Moodle składa się z kodu Moodle wykonywanego na serwerze WWW obsługującym PHP; bazy danych zarządzanej przez MySQL, PostgreSQL, Microsoft SQL Server, MariaDB lub Oracle; oraz magazynu plików dla przesłanych i wygenerowanych plików. Wszystkie elementy mogą działać na jednym serwerze lub mogą być rozdzielone za pomocą wielu serwerów WWW z równoważeniem obciążenia, klastra baz danych i serwera plików. Moodle ma strukturę rdzenia aplikacji, otoczonego licznymi wtyczkami zapewniającymi określoną funkcjonalność. Moodle został zaprojektowany tak, aby był wysoce rozszerzalny i konfigurowalny bez modyfikowania podstawowych bibliotek.

Zdecydowano się tę platformę e-learningową również ze względu na jej dostępność w punktach protetycznych (każdy użytkownik posiada unikatowy login i hasło), znajomość jej obsługi przez potencjalnych użytkowników. Wykorzystuje ona model serwer-klient (patrz rysunek 5.2)



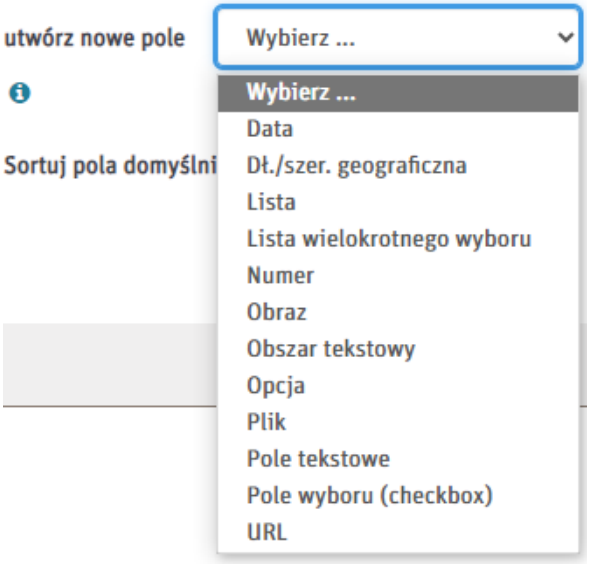
Rysunek 5.2 Schemat infrastruktury systemu oceny efektywności stosowania aparatów słuchowych

Do przygotowania aplikacji użyto modułu bazy danych dostępnej na platformie. Baza danych umożliwia tworzenie, wyświetlanie i przeszukiwanie banku wpisów na dowolny możliwy temat. Format i struktura tych wpisów mogą być prawie nieograniczone, w tym między innymi obrazy, pliki, adresy URL, liczby i tekst.

Zaprojektowany interfejs użytkownika bazy danych ma postać formularza, którego strukturę i formę można w prosty sposób modyfikować dzięki zamkniętemu zbiorowi pól i etykiet. Pola te obejmują (patrz rysunki 5.3 i 5.4):

MOST WIEDZY Pobrano z mostwiedzy.pl

- Pole wyboru
- Data
- Plik
- Szerokość/długość geograficzna
- Lista
- Lista wielokrotnego wyboru
- Numer
- Obraz
- Obszar tekstowy
- Pole tekstowe
- Obszar tekstowy
- URL



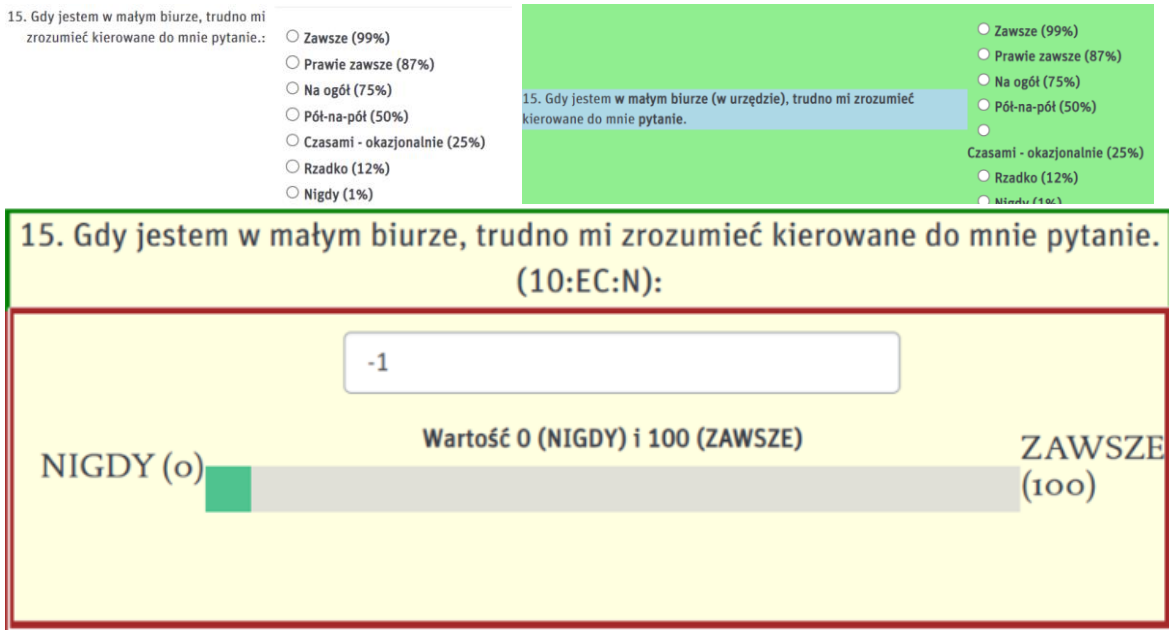
Rysunek 5.3 Dostępne rodzaje pól bazy danych na potrzeby konfiguracji interfejsu użytkownika

MOST WIEDZY Pobrano z mostwiedzy.pl

Ucho Lewe - wartość średniego niedosłuchu (średnia arytmetyczna dla 0.5, 1,2 i 4 kHz). Proszę wpisać wartość zaokrągloną do pełnej liczby.	Pole liczbowe	Nie	Ucho Lewe - wartość ...
Jaka jest wartość Socjalnej Wydolności Słuchu (pomiar w wolnym polu) bez aparatów słuchowych podczas I wizyty? Wprowadź wartość liczbową bez znaku "%".	Pole liczbowe	Nie	Jaka jest wartość Socjalnej...
Jaka jest wartość Socjalnej Wydolności Słuchu (pomiar w wolnym polu) w aparatach słuchowych podczas I wizyty? Wprowadź wartość liczbową bez znaku "%".	Pole liczbowe	Nie	Jaka jest wartość Socjalnej...
1. Gdy jestem w zatłoczonym sklepie spożywczym i rozmawiam z ekspedientką, rozumiem co mówi.	Pole wyboru (radio button)	Nie	1. Gdy jestem w zatłoczonym...
2. Gdy słucham wykładu [lub gdy np. słucham kogoś z większej odległości w dużym pomieszczeniu] wówczas ucieka mi wiele informacji.	Pole wyboru (radio button)	Nie	2. Gdy słucham wykładu [lub...
3. Niespodziewane dźwięki, jak dzwoniący telefon, czy sygnał alarmowy [np. dźwięk pogotowia, straży, itp..], odczuwam jako [nieprzyjemne] dyskomforowe.	Pole wyboru (radio button)	Nie	3. Niespodziewane dźwięki, ...
4. W domu, gdy jest cicho z trudnością słyszę słowa, które ktoś do mnie mówi.	Pole wyboru (radio button)	Nie	4. W domu, gdy jest cicho z...
5. Gdy siedzę przy stole, podczas obiadu, w towarzystwie kilku rozmawiających osób i próbuję rozmawiać z jedną z nich, mam wtedy trudności ze zrozumieniem mowy.	Pole wyboru (radio button)	Nie	5. Gdy siedzę przy stole, ...

Rysunek 5.4 Przykładowe pola bazy danych

Dostępny edytor HTML i obsługa JavaScript pozwala na elastyczne dopasowanie wyglądu i zachowania dostępnych pól do potrzeb użytkownika (patrz rysunek 5.5).



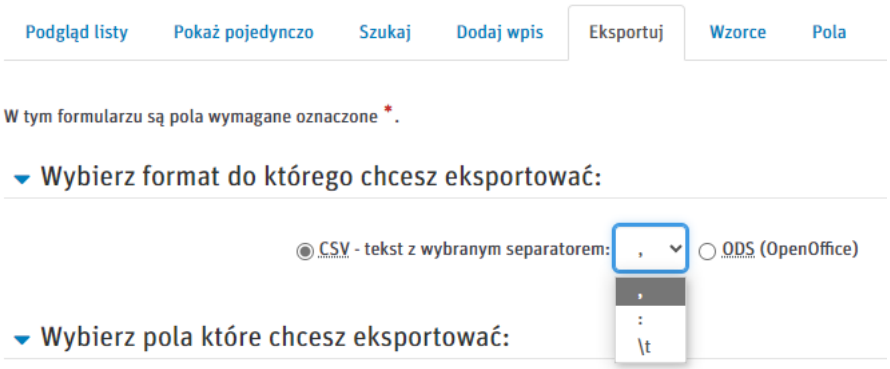
Rysunek 5.5 Przykład możliwości modyfikacji pól formularza bazy danych

MOST WIEDZY Pobrano z mostwiedzy.pl

Baza danych została skonfigurowana w taki sposób, aby użytkownik mógł przeglądać i edytować tylko rekordy pacjentów, z którymi pracował. Moduł bazy danych platformy Moodle pozwala również na konfigurację zakresu eksportowanych danych. Wpisy można eksportować w formacie CSV (wartości oddzielone przecinkami) lub ODS (OpenOffice Calc). Zarówno format CSV, jak i ODS można otworzyć w programie MS Excel.

Korzystając z formatu CSV, użytkownik może wybrać przecinek, średnik lub tabulator do oddzielenia pól. Wybór odpowiedniego znaku jest ważny. Jeśli użytkownik wybierze przecinek do oddzielenia pól, a niektóre pola zawierają dane z przecinkami, wówczas liczba kolumn będzie nieprawidłowo wyrównana i prawdopodobnie spowoduje zamieszanie.

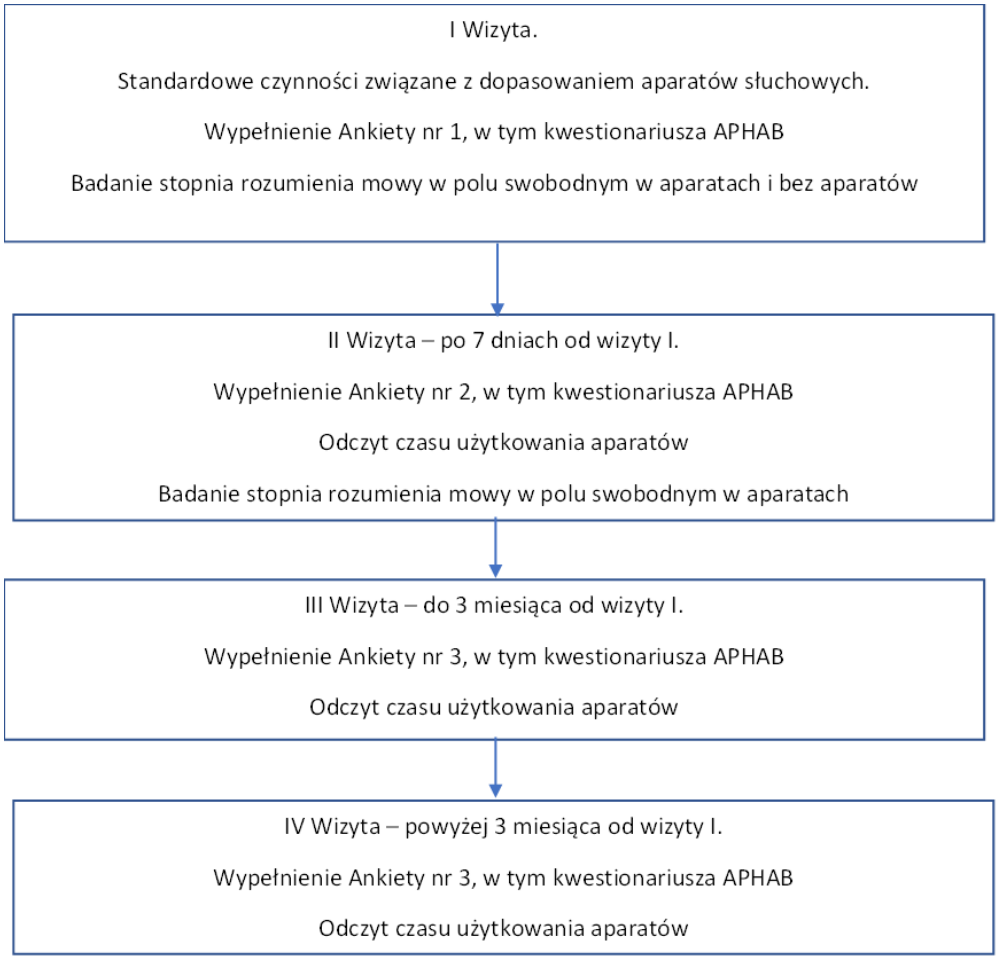
Użytkownicy mogą wybrać, które pola z bazy danych chcą wyeksportować. Domyślnie wszystkie pola są zaznaczone (patrz rysunek 5.6). Przed wypełnieniem ankiety badani wyrażają zgodę na przetwarzanie danych niewrażliwych.



Rysunek 5.6 Możliwe formaty eksportu danych z bazy

Aplikacja zawiera w sobie trzy rodzaje ankiet, które są ścisłe związane z kolejnymi wizytami pacjenta. Poniżej na rysunku 5.7 przedstawiono schemat zbierania danych.

MOST WIEDZY Pobrano z mostwiedzy.pl



Rysunek 5.7 Schemat zbierania danych

Ankiety porządkują i wskazują czynności, których należy dokonać na kolejnych etapach obsługi użytkownika protezy słuchu, dlatego należy je wypełniać w odpowiedniej kolejności. Poniżej w tabeli 5.1 przedstawiono poglądowo zawartość Ankiety nr 1.

Tabela 5.1 Poglądowa zawartość i struktura ankiety wykorzystywanej podczas pierwszej wizyty pacjenta.

ID Pacjenta				
Czy pacjent jest użytkownikiem aparatów słuchowych?	Tak ☐		Nie ☐	
Nazwa używanych aparatów słuchowych				
Jak długo Pacjent używa aparatów słuchowych (lata)?	nie dotyczy	mniej niż 1	1-2	więcej niż 2
Ucho Prawe – średnia arytmetyczna niedosłuchu (dla f: 0.5, 1, 2 i 4 kHz)				
Ucho Lewe – średnia arytmetyczna niedosłuchu (dla f: 0.5, 1, 2 i 4 kHz)				

MOST WIEDZY Pobrano z mostwiedzy.pl

Rozumienie słów jednosylabowych w polu swobodnym bez aparatów słuchowych (65 dB, 1m)							
Rozumienie słów jednosylabowych w polu swobodnym z aparatami słuchowymi (65 dB, 1m)							
APHAB (Abbreviated *Profile Of Hearing Aid Benefit*) – ocena bez aparatów słuchowych							
	Zawsze (99%)	Prawie zawsze (87%)	Na ogół (75%)	Pół-na-pół (50%)	Czasami (25%)	Rzadko (12%)	Nigdy (1%)
1. Gdy jestem w zatłoczonym sklepie spożywczym i rozmawiam z ekspedientką, rozumiem co mówi	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
2 … . .	☐ . .	☐ . .	☐ . .	☐ . .	☐ . .	☐ . .	☐ . .
Inne uwagi, sugestie, spostrzeżenia Badanego:							

Podczas pierwszej wizyty pacjenta − na wstępie − przeprowadza się wszystkie standardowe czynności związane z dopasowaniem aparatów słuchowych. Należą do nich m.in. wywiad medyczny, otoskopowanie, badanie audiometryczne i dopasowanie aparatów słuchowych. W związku z przeprowadzaną oceną korzyści, wykonywany jest poszerzony wywiad, który jest uzupełniany o pytania zawarte w kwestionariuszu APHAB. Wypełniana jest część kwestionariusza, która odnosi się do słyszenia pacjenta w różnych sytuacjach bez aparatów słuchowych. Po dopasowaniu aparatów słuchowych przeprowadzana jest audiometria słowna (ang. speech audiometry) bez aparatów oraz z aparatami słuchowymi. Na koniec badany jest instruowany na temat obsługi, użytkowania i pielęgnacji aparatów słuchowych. Zaleca mu się użytkowanie aparatów przez 7 kolejnych dni, przynajmniej 4 godzinny dziennie. Górna granica użytkowania nie jest określona i zależy jedynie od osoby badanej.

Druga wizyta odbywa się standardowo po 7 dniach użytkowania aparatów. Celem tej wizyty jest określenie krótkoterminowych korzyści z użytkowania aparatów. W tym celu przeprowadzany jest wywiad z pacjentem z wykorzystaniem Ankiety nr 2 (patrz tabela 5.2). Jednym z najważniejszych elementów tej wizyty jest odczytanie danych z aparatów i zapisanie ich w programie do obsługi aparatów. Na tej podstawie Ankieta nr 2 jest uzupełniania o rzeczywisty czas użytkowania aparatów, który można ustalić co do godziny. Jest to ważny parametr, który jest następnie brany pod uwagę przy ocenie korzyści z aparatów słuchowych.

MOST WIEDZY Pobrano z mostwiedzy.pl

Okazuje się bowiem, że dochodzi do rozbieżności pomiędzy deklarowanym przez pacjenta wykorzystaniem aparatów a stanem faktycznym. Dzięki temu możliwa jest ocena subiektywnych korzyści pacjenta w odniesieniu do obiektywnego parametru, jakim jest właśnie czas użytkowania aparatów. Kolejnym etapem jest ponowne badanie rozumienia słów jednosylabowych w polu swobodnym oraz wypełnienie drugiej części formularza APHAB. Tym razem pytania dotyczą słyszenia w różnych sytuacjach w aparatach słuchowych. Różnice procentowe w odpowiedziach udzielonych na pierwszej (Ankieta nr 1) i drugiej wizycie (Ankieta nr 2) stanowią ocenę poprawy słyszenia w wymienionych sytuacjach.

W dalszej części zawarto również pytania, które odnoszą się do osób z najbliższego otoczenia pacjenta, a przede wszystkim ich reakcji na zmianę zdolności percepcyjnych pacjenta. Na końcu znajduje się pytanie, które dotyczy planów pacjenta w kontekście użytkowania aparatów słuchowych w przyszłości, a co za tym idzie trwałej poprawy zdolności słyszenia i rozumienia mowy. Celem tego pytania jest sprawdzenie, na ile krótkoterminowe korzyści z użytkowania aparatów słuchowych mogą wpływać na decyzję o ich zakupie. W ankietach przewidziano również miejsce na dodatkowe uwagi i sugestie pacjenta.

Tabela 5.2 Poglądowa zawartość i struktura ankiety wykorzystywanej podczas wizyty kontrolnej pacjenta po 7 dniach

Model aparatu, który pacjent testuje na uchu prawym				
Rodzaj wężyka zastosowany w aparacie na uchu Prawym.	nie dotyczy ☐	standardowy ☐	cienki ☐	RIC ☐
Wielkość zastosowanej wentylacji w uchu prawym:				
Wpisz model aparatu, który badany testuje na uchu lewym				
Rodzaj wężyka zastosowany w aparacie na uchu lewym.	nie dotyczy ☐	standardowy ☐	cienki ☐	RIC ☐
Wielkość zastosowanej wentylacji w uchu lewym:				
Jak długo badany testował aparaty (ilość dni)?				
Odczyt DataLogging. Rzeczywisty czas użytkowania aparatów (ilość godzin)				
Rozumienie słów jednosylabowych w polu swobodnym z aparatami słuchowymi				
APHAB (Abbreviated *Profile Of Hearing Aid Benefit*) – ocena w aparatach słuchowych				

MOST WIEDZY Pobrano z mostwiedzy.pl

	Zawsze (99%)	Prawie zawsze	Na ogół (75%)	Pół-na-pół (50%)	Czasami (25%)	Rzadko (12%)	Nigdy (1%)
1. Gdy jestem w zatłoczonym sklepie spożywczym i rozmawiam z ekspedientką, rozumiem co mówi	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
2 … . .	☐ . .	☐ . .	☐ . .	☐ . .	☐ . .	☐ . .	☐ . .

Dodatkowe pytania dotyczące użytkowania aparatów słuchowych oraz aspektów							
Czy słyszenie w hałaśliwym otoczeniu było komfortowe?	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Czy głośność słyszenia w aparatach była odpowiednia?	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Czy aparaty były wygodne w użytkowaniu?	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐

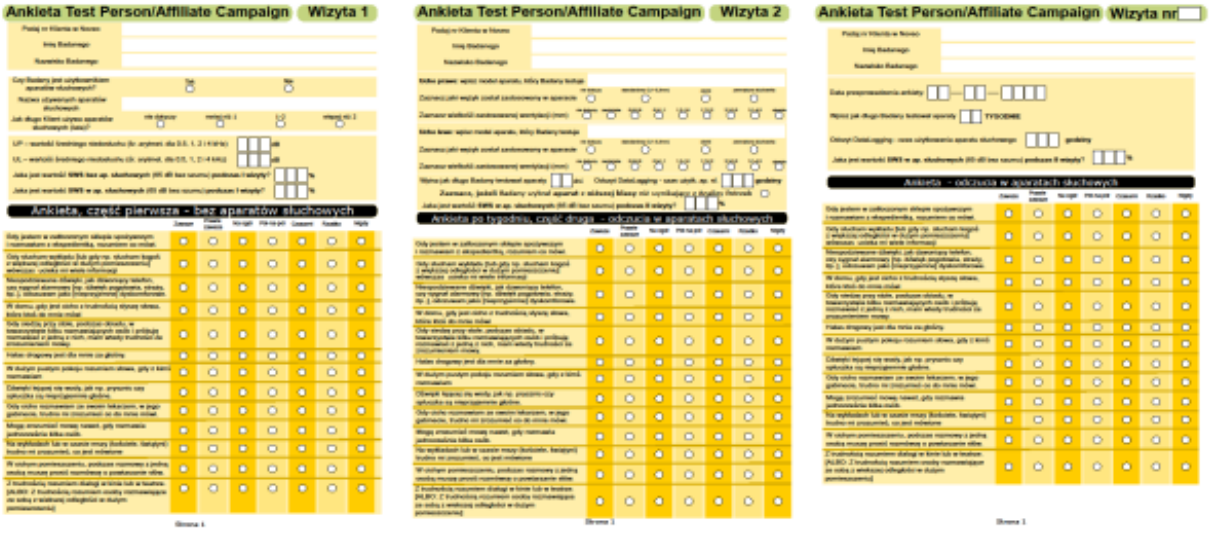
Jakie były reakcje najbliższych na fakt, że nosi Pan/Pani aparaty słuchowe?	Pozytywna ☐	Obojętna ☐	Negatywna ☐
Czy ogólnie jest Pan/Pani zadowolony z wypróbowanych aparatów słuchowych?	Tak ☐	Nie ☐	Nie wiem ☐
Czy aparaty poprawiły Panu/Pani komfort życia i rozumienie mowy?	Tak ☐	Nie ☐	Nie wiem ☐
Czy zamierza Pan/Pani zaopatrzyć się w aparaty słuchowe?	Tak ☐	Nie ☐	Nie wiem ☐
Inne uwagi, sugestie, spostrzeżenia Badanego:			

Trzecia wizyta odbywa się przed upływem 3 miesiąca użytkowania aparatów. Podczas tej wizyty celu przeprowadzany jest wywiad z pacjentem z wykorzystaniem Ankiety nr 3, która pozwala na ocenę korzyści z użytkowania aparatów. W jej skład wchodzi odczyt aparatów, określenie rzeczywistego czasu użytkowania oraz formularz APHAB.

Ostatnia wizyta odbywa się po upływie 3 miesięcy użytkowania aparatów słuchowych. Podczas tej wizyty celu przeprowadzany jest wywiad z pacjentem z wykorzystaniem Ankiety nr 3, która pozwala na ocenę korzyści z użytkowania aparatów. W jej skład wchodzi odczyt aparatów, określenie rzeczywistego czasu użytkowania oraz formularz APHAB.

MOST WIEDZY Pobrano z mostwiedzy.pl

Poza aplikacją przygotowano również papierowe wersje ankiet (patrz rysunek 5.8), które osoba badana mogła zabrać z sobą do domu, aby ją wypełnić.



Rysunek 5.8 Papierowe wersje zastosowanych ankiet

Wynikiem powyższych wizyt jest powstanie zbioru danych, który dla każdego badanego zawiera będzie:

- Płeć osoby badanej,
- Wiek osoby badanej,
- Średni ubytek słuchu, osobno ucho lewe i ucho prawe (średnia arytmetyczna dla 0,5, 1, 2, 4 kHz),
- Stopień ubytku słuchu wg WHO [200], osobno ucho lewe i ucho prawe,
- Nowy lub doświadczony użytkownik - tak/nie,
- Ubytek słuchu symetryczny/asymetryczny,
- Wynik rozumienia mowy w polu swobodnym z aparatem słuchowym,
- Wynik rozumienia mowy w wolnym polu bez aparatu słuchowego,
- Wynik APHAB bez aparatu słuchowego (wizyta I),
- Wynik APHAB z aparatem słuchowym 7 dni po wizycie I,
- Wynik APHAB z aparatem słuchowym do 3 miesięcy po wizycie I,
- Wynik APHAB z aparatem słuchowym ponad 3 miesiące po wizycie I,
- Ogólna opinia użytkownika aparatów słuchowych na temat komfortu i wygody użytkowania,
- Czas użytkowania aparatu/ów słuchowych,
- Używane aparaty słuchowe,

MOST WIEDZY Pobrano z mostwiedzy.pl

- Parametry akustyczne używanych aparatów słuchowych (sposób doprowadzenia dźwięku do błony bębenkowej, średnica dźwiękowodu, średnica otworu wentylacyjnego),
- Obustronne/jednostronne dopasowanie aparatów słuchowych.

5.1. DYSKUSJA UZYSKANYCH WYNIKÓW

5.1.1. LICZBA BADANYCH

Dane zebrano dla dwóch grup badanych. Cechą wspólną dla obu grup była obecność niedosłuchu. Cechą różniącą obie grupy był przede wszystkim czas zbierania danych dotyczących tych grup. Dla pierwszej grupy, nazwanej umownie Kohortą 1, było to maksymalnie 14 dni, dla grupy drugiej nazywanej umownie Kohortą 2 były to maksymalnie 3 miesiące. W obrębie kohort badani różnili się między sobą m. in. głębokością niedosłuchu, wiekiem i płcią. , nazwanych umownie: Kohorta 1 i Kohorta 2.

Kohorta 1 − byli to badani, którzy odbyli 2 wizyty, tj. wypełnili Ankietę nr 1 i Ankietę nr 2. W grupie tej było 275 dorosłych osób o różnym stopniu ubytku słuchu (tj. jedno-, obuuszny, symetryczny i niesymetryczny) i używających różnych aparatów słuchowych. Stopień niedosłuchu został określony zgodnie z definicją WHO z roku 1991, jako średnia progu słyszenia dla częstotliwości 500, 1000, 2000, 4000 Hz dla ucha lepszego [110] [200]. Stopnie niedosłuchu i średnie ubytki zostały przedstawione w tabeli 5.3. Dane uzyskane dla tej grupy badanych posłużyły ocenie korzyści po krótkotrwałym użytkowaniu aparatów słuchowych.

Kohorta 2 − byli to badani nie należący do Kohorty 1, którzy odbyli 2 lub 3 wizyty, tj. po 7 dniach użytkowania aparatów i do 3 miesięcy użytkowania aparatów. W grupie tej było 287 dorosłych osób o różnym stopniu ubytku słuchu (tj. jedno-, obuuszny, symetryczny i niesymetryczny) i używających różnych aparatów słuchowych. Dane uzyskane dla tej grupy badanych posłużyły ocenie korzyści po krótkotrwałym użytkowaniu aparatów słuchowych, porównaniu z wynikami uzyskanymi dla Kohorty 1 oraz ocenie korzyści po dłuższym okresie użytkowania aparatów słuchowych.

Aby zapewnić odpowiednią porównywalność danych, w analizach uwzględniono z obydwu grup tylko wyniki uczestników badania z obustronnym symetrycznym ubytkiem słuchu tego samego stopnia, ponieważ inne przypadki były słabo reprezentowane w uzyskanych danych.

Dodatkowym kryterium wyboru było stosowanie aparatów słuchowych jednego producenta należących do tej samej rodziny, ale o dwóch poziomach technologicznych (A i B). W tabeli 5.3 przedstawiono różnice pomiędzy aparatami słuchowymi typu A i B. Pozostałe cechy aparatów słuchowych, takie jak wzmocnienie, zakres dopasowania, adaptacyjny mikrofon

MOST WIEDZY Pobrano z mostwiedzy.pl

kierunkowy, redukcja hałasu, wzmocnienie mowy itp. są takie same w obu analizowanych typach w obu analizowanych typach aparatów słuchowych, jednak są one indywidualnie dobierane w zależności od stopnia ubytku słuchu.

Tabela 5.3 Różnice między cechami aparatów słuchowych

Poziom technologiczny aparatów słuchowych	A	B
Liczba dostępnych kanałów	8	12
Liczba środowisk akustycznych spotykanych w życiu codziennym, w których ustawienia aparatów słuchowych są automatycznie dostosowywane	2 Spokojne sytuacje Mowa w hałasie	3 Spokojne sytuacje Mowa w hałasie Komfort w hałasie
Charakterystyka mikrofonu symulująca działanie małżowiny (ang. *Pinna effect*)	Nie	Tak

5.1.2 DANE DEMOGRAFICZNE

Kohorta 1: wśród 275 osób było 195 mężczyzn (średni wiek 65,2 lat; odchyl. stand. 8) i 80 kobiet (średni wiek 65,3 lat; odchyl. stand. 11,4), z czego osób z obustronnym symetrycznym ubytkiem słuchu tego samego stopnia było 109, w tym 82 mężczyzn (średnia wieku 66,1, odchylenie standardowe 9,2) i 27 kobiet (średnia wieku 65,3, odchylenie standardowe 12,7).
Kohorta 2: wśród 287 osób było 190 mężczyzn (średni wiek 69,0 lat, odchylenie standardowe 12,2) i 97 kobiet (średni wiek 69,1 lat, odchylenie standardowe 11,1), z czego osób z obustronnym symetrycznym ubytkiem słuchu tego samego stopnia było 71 mężczyzn (średnia wieku 70,2, odchylenie standardowe 12,3) i 39 kobiet (średnia wieku 72,1, odchylenie standardowe 9,1).

5.1.3. RODZAJ, GŁĘBOKOŚĆ I LICZBA NIEDOSŁUCHÓW

Należy podkreślić, że dane uzyskane dla dwóch niezależnych grup badanych. Z tego powodu grupy różnią się strukturą badanych pod względem ubytku słuchu.

Tabela 5.4 Struktura niedosłuchów (obustronnych i symetrycznych) dla obu grup badanych

		Kohorta 1 (109 badanych)	Kohorta 2 (110 badanych)
Stopień niedosłuchu wg. skali WHO [200]	ŁAGODNY	28	17
	UMIARKOWANY	73	84

MOST WIEDZY Pobrano z mostwiedzy.pl

	ZNACZNY	8	9
	SUMA	109	110

5.1.4. RODZAJE UŻYWANYCH APARATÓW

W Kohorcie 1, spośród 109 osób z obustronnym symetrycznym ubytkiem słuchu tego samego stopnia, 49 używało aparatów słuchowych aparatów słuchowych typu A. Wśród nich było 16 kobiet (średnia wieku: 68,0, odchylenie standardowe: 11,1) i 33 mężczyzn (średnia wiek: 65,5, odchylenie standardowe: 7.7). Pozostali, tj. 60 badanych używało aparatów słuchowych typu B. Badanie dotyczyło 11 kobiet (średni wiek: 61,4 lat, odchylenie standardowe: 14,3) i 49 mężczyzn (średnia wieku: 66,5 lat, odchylenie standardowe: 10,2).

W Kohorcie 2, spośród 110 osób z obustronnym symetrycznym ubytkiem słuchu tego samego stopnia, 59 używało aparatów słuchowych aparatów słuchowych typu A. Wśród nich było 18 kobiet (średnia wieku: 72,2, odchylenie standardowe: 8,8) i 41 mężczyzn (średnia wiek: 71,6, odchylenie standardowe: 12,5). Pozostali, tj. 51 badanych używało aparatów słuchowych typu B. Badanie dotyczyło 21 kobiet (średni wiek: 72,0 lat, odchylenie standardowe: 9,5) i 30 mężczyzn (średnia wieku: 68,6 lat, odchylenie standardowe: 11,6).

5.2. ANALIZA UZYSKANYCH WYNIKÓW

5.2.1. ANALIZA STATYSTYCZNA UZYSKANYCH WYNIKÓW

Analiza dla badanych z Kohorty 1

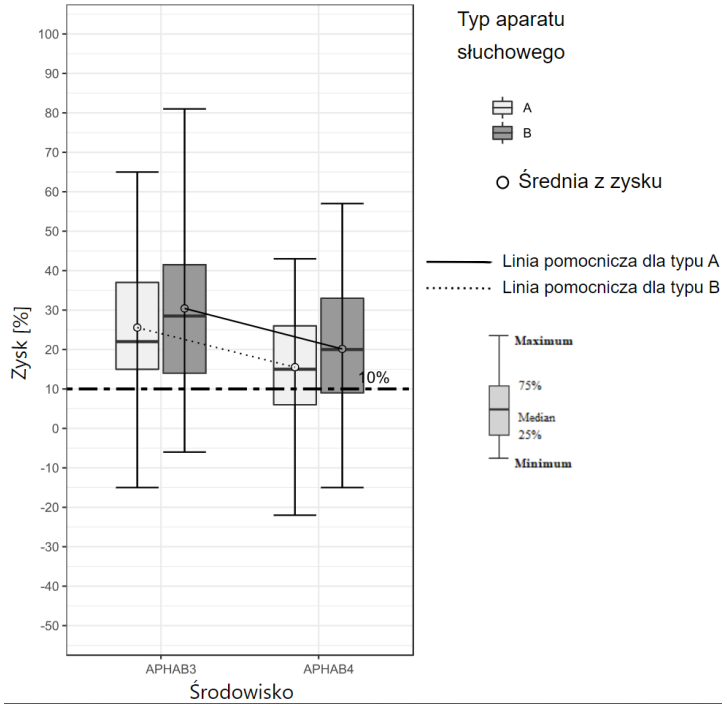
Analizie poddano wyniki kwestionariusza APHAB, ogólne zadowolenie z badanych aparatów słuchowych oraz stopień ubytku słuchu. Uzyskane wyniki przedstawiono w postaci wykresu pudełkowego. Zdecydowano się na przedstawienie wyników w postaci pudełka i wąsów, aby pokazać rozrzut danych oraz ich rozkład. W dalszej dyskusji wyników brano pod uwagę średnie wartości, ponieważ korelują one bezpośrednio z uzyskanymi wynikami jak i przyjętymi kryteriami oceny wyników. Na wykresach umieszczono linie pomocnicze łączące wartości średnie osiągniętego zysku z zastosowania aparatów słuchowych dla zobrazowania relacji pomiędzy osiągniętym zyskiem w różnych sytuacjach akustycznych i ułatwienia interpretacji uzyskanych wyników.

Najpierw przeanalizowano wyniki pokazujące krótkoterminowe korzyści w zależności od rodzaju zastosowanych aparatów słuchowych.

Na rysunku 5.9 przedstawiono podsumowanie ogólnych, uśrednionych wyników (*Global Score*) przedstawianych zwykle jako średnia arytmetyczna procentowych korzyści ze stosowania aparatów słuchowych we wszystkich ocenianych sytuacjach słuchowych, tj. EC,

MOST WIEDZY Pobrano z mostwiedzy.pl

BN, RV i AV, oznaczanych tu jako APHAB4. Natomiast APHAB3 uwzględnia tylko te sytuacje, które są bezpośrednio związane z komunikacją lub rozmową (EC, BN, RV), a pomija sytuacje (AV), w których oceniana jest akceptacja nieprzyjemnych dźwięków.



Rysunek 5.9 Korzyści uzyskane podczas krótkotrwałego użytkowania aparatów słuchowych o różnym poziomie technologii, przedstawione w postaci wskaźników globalnych odpowiednio dla trzech i czterech środowisk [27]

Przyjęto następujące kryteria klasyfikacji wyników: korzyść ≤ 0% oznacza brak poprawy lub pogorszenie słuchu, czyli nieskuteczne stosowanie aparatów słuchowych. Korzyść <10% uznaje się za małą, choć pozytywną. Kolejne dwa przedziały stworzono uwzględniając kryteria innych autorów, którzy w zależności od konfiguracji wyników proponują zastosowanie kryteriów na poziomie 10% w przypadku wskaźników globalnych (APHAB3 i APHAB4) oraz 22% dla wskaźników indywidualnych (EC, RV, BN, AV) [27] [42].

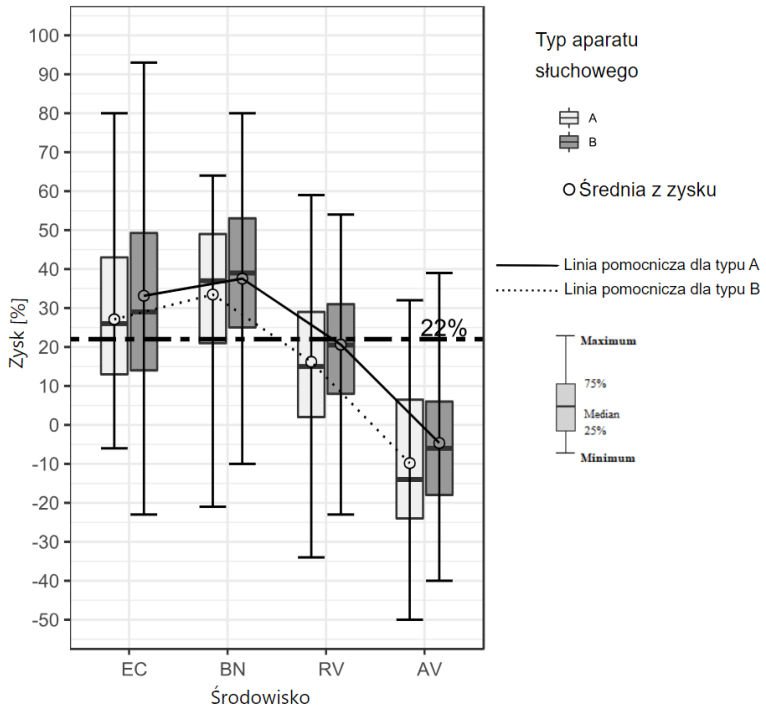
Interesujące jest zaobserwowanie, jak poziom technologiczny aparatów słuchowych wpływa na osiągane korzyści. Można zauważyć, że użytkownicy aparatów słuchowych typu B uzyskują lepsze wyniki niż aparatów typu A, zarówno dla APHAB3, jak i APHAB4. W celu sprawdzenia, czy wyniki te różnią się istotnie, przeprowadzono analizę statystyczną. Założenie o normalności zmiennych sprawdzono za pomocą testu Shapiro-Wilka. Zmienne te mają rozkład normalny, dlatego do sprawdzenia istotności statystycznej różnic zastosowano test ANOVA, który nie dał wyniku istotnego statystycznie. Można więc stwierdzić, że pomimo

MOST WIEDZY Pobrano z mostwiedzy.pl

różnic w osiąganych korzyściach dla obu typów aparatów, nie są one istotne statystycznie (patrz tab. 5.5).

Ponadto można zauważyć, że korzyść z zastosowania aparatu słuchowego w sytuacjach związanych wyłącznie z prowadzeniem rozmów w różnych środowiskach (APHAB3) jest wyraźnie większa niż w przypadku wskaźnika APHAB4, który uwzględnia również akceptację nieprzyjemnych dźwięków. Analizując cały zestaw danych uzyskanych w trakcie przeprowadzonego badania można stwierdzić, że dla wskaźnika APHAB3 ponad 87% użytkowników (liczonych łącznie dla urządzeń typu A i B) uzyskuje korzyść powyżej 10%, co oznacza skuteczne zaopatrzenie w aparaty słuchowe.

Biorąc pod uwagę wskaźnik APHAB4, odsetek użytkowników uzyskujących wystarczającą korzyść ze stosowania aparatów słuchowych maleje do łącznie 67%. Widać zatem, że na ogólną korzyść ze stosowania aparatów słuchowych szczególny wpływ będzie miała ocena akceptacji nieprzyjemnych dźwięków. W celu bardziej szczegółowej analizy danych, na rys. 5.10 przedstawiono wyniki uzyskane podczas krótkotrwałego użytkowania aparatów słuchowych o różnym poziomie technologii dla poszczególnych środowisk.



Rysunek 5.10 Korzyści uzyskane w różnych środowiskach akustycznych podczas krótkotrwałego użytkowania aparatów słuchowych o poziomie technologii A i B [27]

Przeprowadzono analizę w celu sprawdzenia, czy różnice widoczne w korzyściach osiąganych przez użytkowników aparatów słuchowych typu A i B są istotne statystycznie.

MOST WIEDZY Pobrano z mostwiedzy.pl

Zmienne EC, BN i RV mają rozkład normalny, dlatego zastosowano test ANOVA. W przypadku zmiennej AV, która nie ma rozkładu normalnego, do analizy statystycznej zastosowano nieparametryczny test Manna-Whitneya. Przeprowadzona analiza wykazała, że różnice pomiędzy wynikami uzyskanymi w aparatach A i B nie są istotne statystycznie. W tabeli 5.5 zestawiono wyniki analizy statystycznej zebrane dla różnic pomiędzy wynikami uzyskanymi przez użytkowników aparatów słuchowych typu A i B.

Tabela 5.5 Wyniki analizy statystycznej dla określenia istotności różnic uzyskanych przy stosowaniu aparatów słuchowych typu A i B

Zmienna	Test statystyczny	Poziom istotności *p*
APHAB3	ANOVA	p=0.1712
APHAB4	ANOVA	p=0.1226
EC	ANOVA	p=0.1636
BN	ANOVA	p=0.3237
RV	ANOVA	p=0.3094
AV	test Manna-Whitneya U	p=0.9282

Pomimo tego, że różnice uzyskane przy zastosowaniu dwóch typów aparatów (A i B) nie się istotnie statystycznie, korzyści ze stosowania obu typów aparatów słuchowych różnią się znacząco w zależności od środowiska akustycznego, w którym przebywa użytkownik aparatu. Najlepszy wynik uzyskano w przypadku komunikacji w głośnym środowisku (BN), a najgorszy dotyczy akceptacji nieprzyjemnych dźwięków (AV). Przyjmując poziom 22% jako wynik graniczny wskazujący na efektywne zaopatrzenie w aparaty słuchowe, można podać odsetek użytkowników korzystających z łącznego stosowania aparatów typu A i B w ciągu pierwszych 7 dni. I tak, prowadzenie rozmowy w spokojnym środowisku akustycznym (EC) przyniosło korzyść około 64% użytkowników, komunikacja w głośnym środowisku (BN) dla 78%, a w sytuacji pogłosowej (RV) dla 42% z nich. Natomiast tylko 8% użytkowników akceptowało nieprzyjemne dźwięki (AV) w pierwszym okresie użytkowania aparatów słuchowych.

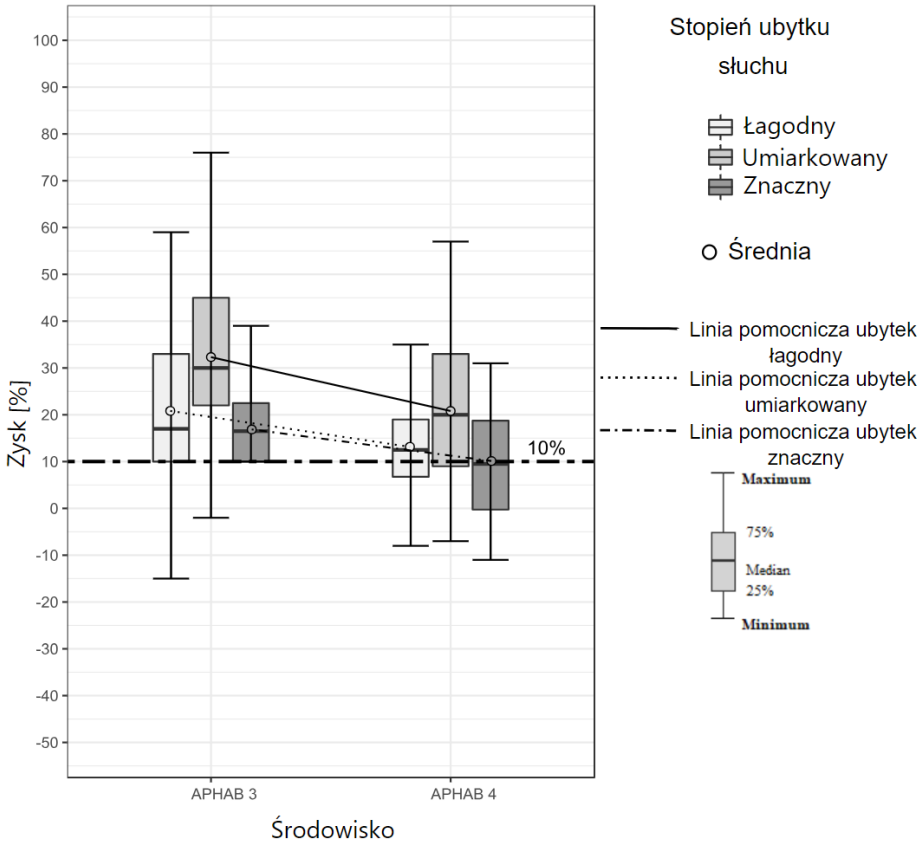
Ze względu na fakt, że analiza wyników dla typu aparatów słuchowych A i B nie daje różnic istotnych statystycznie, w dalszej części pracy przeprowadzono analizę wyników bez uwzględnienia typu aparatów słuchowych. Takie podejście oznacza, że analizowana zmienna AV, ze względu na wzrost liczebności, przyjmuje rozkład normalny, co w konsekwencji pozwala na zastosowanie w dalszej części pracy testu MANOVA (Multivariate Analysis of Variance) do analizy statystycznej.

MOST WIEDZY Pobrano z mostwiedzy.pl

W ten sposób udowodniono tezę nr 1 w części dotyczącej:

„Użycie aplikacji internetowej przyspiesza i ułatwia oszacowanie korzyści z użytkowania aparatów słuchowych ...”. Dane zostały uporządkowane oraz wyeksportowane w formacie, który przyspieszył i ułatwił ich analizę, co pozwoliło na oszacowanie korzyści z użytkowania aparatów słuchowych za pomocą analizy statystycznej.

Na rysunku 5.11 przedstawiono uzyskane wyniki oceny wpływu stopnia ubytku słuchu na krótkoterminowe korzyści ze stosowania aparatów słuchowych (wskaźniki globalne).

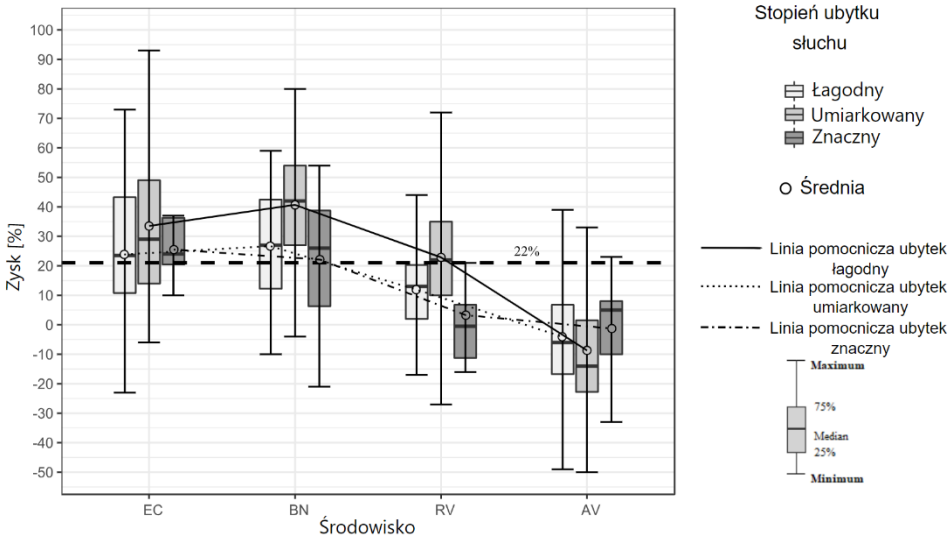


Rysunek 5.11 Korzyści z krótkotrwałego stosowania aparatów słuchowych dla użytkowników z różnym stopniem ubytku słuchu, określone za pomocą wskaźników globalnych [27]

Można zauważyć, że największe korzyści z krótkotrwałego stosowania urządzeń dotyczą użytkowników z umiarkowanym, a następnie z lekkim stopniem ubytku słuchu. Najmniejsza korzyść dotyczy użytkowników ze znacznym (ciężkim) ubytkiem słuchu. Jest to zrozumiałe ze względu na niższe zdolności percepcyjne, które są wynikiem uszkodzenia narządu słuchu. Można zauważyć, podobnie jak w poprzednich analizach, że korzyści zmniejszają się, gdy w ich ocenie uwzględni się akceptację dźwięków nieprzyjemnych (APHAB4). W sytuacjach słuchowych związanych z prowadzeniem rozmowy, dla wskaźnika APHAB3 wystarczające

MOST WIEDZY Pobrano z mostwiedzy.pl

korzyści uzyskuje 75% użytkowników ze stopniem łagodnym i ciężkim oraz ponad 93% ze stopniem umiarkowanym. Gdy w ocenie uwzględnia się również akceptację dźwięków nieprzyjemnych, wówczas wszystkie wskaźniki spadają, a odsetek korzyści zmniejsza się znacznie poniżej 75%. Obrazuje to analiza przedstawiona na rysunku 5.12.



Rysunek 5.12 Korzyści z krótkotrwałego stosowania aparatów słuchowych dla użytkowników o różnym poziomie ubytku słuchu, wyznaczone osobno dla czterech środowisk [27]

Analizując powyższe wyniki dla poszczególnych środowisk, można zauważyć, że w przypadku łagodnych ubytków słuchu najwięcej korzyści czerpią oni z komunikacji w spokojnych sytuacjach EC (53% użytkowników) oraz w głośnych BN (60% użytkowników). Odsetek odbierających zyski w pogłosie wynosi 25%, a nieprzyjemne dźwięki akceptuje tylko około 7%. Wynik ten jest zaskakujący zwłaszcza, że korzyści w hałasie są większe niż w cichym otoczeniu. Podobnie jest w przypadku innych ubytków słuchu. Wynika to najprawdopodobniej z faktu, że nowoczesne aparaty słuchowe są w stanie skutecznie wzmocnić mowę/wyeksponować sygnał mowy (*speech enhancement*) w obecności tła hałasu i tym samym poprawić odbiór mowy w tych sytuacjach. Natomiast nowi użytkownicy aparatów słuchowych są często przytłoczeni nagłą zdolnością słyszenia codziennych hałasów, zwłaszcza w cichym otoczeniu. Co więcej, niższy wynik w sytuacjach spokojnych dla EC wynika najprawdopodobniej z faktu, że w przypadku lekkich i umiarkowanych ubytków słuchu komunikacja w spokojnym otoczeniu nie sprawia zbyt dużych trudności. Dobre efekty stosowania aparatów słuchowych przez użytkowników z lekkim ubytkiem słuchu są istotne, ponieważ zdarza się, że w Polsce większość osób z takim ubytkiem słuchu nie decyduje się na stosowanie aparatów słuchowych, najprawdopodobniej ze względu na fakt, że nie odczuwają

MOST WIEDZY Pobrano z mostwiedzy.pl

znacznego pogorszenia słyszenia i rozumienia mowy (inny czynnik może być związany z tym, że nie przysługuje im refundacja).

W przypadku umiarkowanych ubytków słuchu zysk z zastosowania aparatów słuchowych jest najwyższy spośród wszystkich innych sytuacji konwersacyjnych (EC, BN, RV), ale jest jednym z najgorszych dla sytuacji związanych z akceptacją nieprzyjemnych dźwięków AV. Odsetek użytkowników odnoszących korzyści w poszczególnych środowiskach wynosi w przybliżeniu: 67% dla EC, 86% dla BN, 52% dla RV i tylko 8% dla AV.

Dla osób z dużym ubytkiem słuchu wyniki są inne. W tym przypadku efektywna korzyść osiągana jest na poziomie ok. 75% w EC i 62% w BN. W innych sytuacjach krótkotrwałe stosowanie aparatów słuchowych nie przynosi wystarczających korzyści. Dla przedstawionych na rysunkach 5.11 i 5.12 danych obrazujących korzyści z krótkotrwałego stosowania aparatów słuchowych u użytkowników z różnym stopniem ubytku słuchu przeprowadzono analizę statystyczną. Jej celem jest sprawdzenie zależności pomiędzy stopniem ubytku słuchu a zyskiem z użytkowania aparatów słuchowych określonym za pomocą kwestionariusza APHAB.

W tym celu zastosowano wielowymiarową analizę wariancji (MANOVA) dla wszystkich prezentowanych zmiennych zależnych (EC, BN, RV, AV, APHAB3 i APHAB4) względem zmiennej niezależnej, czyli stopnia ubytku słuchu.

Analiza wielowymiarowa wariancji (MANOVA) umożliwia analizę regresji oraz analizy wariancji wielu zmiennych zależnych względem dowolnej liczby czynników i/lub współzmiennych. Jeśli określona jest więcej niż jedna zmienna zależna, w analizie wariancji wielu zmiennych stosuje się testy takie jak ślad Pillaia (Pillai's trace), lambda Wilksa (Wilks' lambda), ślad Hotellinga (Hotelling's trace) i kryterium największego pierwiastka Roya (Roy's largest root). Najszerzej znanym jest test lambda Wilksa. Ślad Pillaia jest najbardziej konserwatywny, ale stosunkowo odporny w przypadku naruszenia założeń stosowania MANOVA i preferowany przy mało licznych próbach. Każdy z powyższych parametrów podlega rozkładowi F-Snedecora z DF1 i DF2 stopniami swobody (są one zdefiniowane dla każdego testu) [8][79] [190] [192].

Jeżeli testy powyższe dadzą wynik istotny statystycznie, przeprowadza się jednokierunkową analizę wariancji (ANOVA) dla poszczególnych zmiennych. Jeżeli ta analiza da istotnie statystycznych wynik, przeprowadza się test post-hoc, które umożliwi odpowiedź na pytanie, które z analizowanych grup różnią się między sobą. Jednym z najczęściej stosowanych testów post-hoc jest test rozsądnej istotnej różnicy Tukeya (Tukeys's *honestly significant difference*) [199].

MOST WIEDZY Pobrano z mostwiedzy.pl

Przed zastosowaniem wielowymiarowej analizy wariancji sprawdzono założenie normalności rozkładu zmiennych. Zastosowano test Shapiro-Wilka. W przypadku stopnia niedosłuchu założenie normalności rozkładu zmiennych potwierdziło się. Następnie przeprowadzono testy wielowariantowe. Wszystkie przeprowadzone testy wielowariantowe (tj. Wilks' lambda, Hotelling-Lawley's trace, Pillai's trace i Roy's largest root)) dały wyniki statystycznie istotne na poziomie $p \leq 0{,}0089$. Zestawienie wyników testów wielowariantowych pokazano w tabeli 5.6. Dlatego też możliwe było przeprowadzenie jednokierunkowej analizy wariancji (ANOVA) dla poszczególnych zmiennych (EC, BN, RV, AV, APHAB3 i APHAB4). BN, RV i APHAB3 to zmienne, czyli środowiska, dla których w dalszym etapie analizy ANOVA uzyskano statystycznie istotne różnice pomiędzy porównywanymi grupami.

Zebranie danych za pomocą ankiety internetowej, ich uporządkowanie oraz wyeksportowanie tych danych w jednolitym formacie, pozwoliło na przyspieszenie i ułatwienie przeprowadzenia analizy statystycznej odnoszącej się do oszacowania korzyści z użytkowania aparatów słuchowych, a także przewidywania tego rodzaju efektu na podstawie próby krótkoterminowej.

W ten sposób udowodniono tezę nr 1:

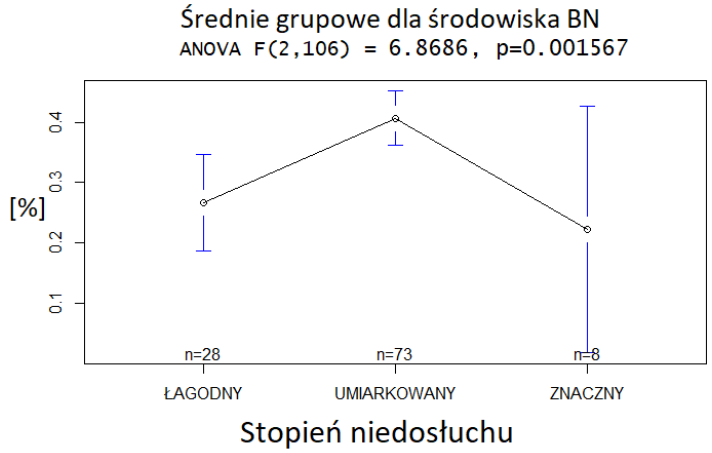
„Użycie aplikacji internetowej przyspiesza i ułatwia oszacowanie korzyści z użytkowania aparatów słuchowych i pozwala na przewidywanie tego rodzaju efektu na podstawie próby krótkoterminowej."

Tabela 5.6 Wyniki testów wielowariantowych

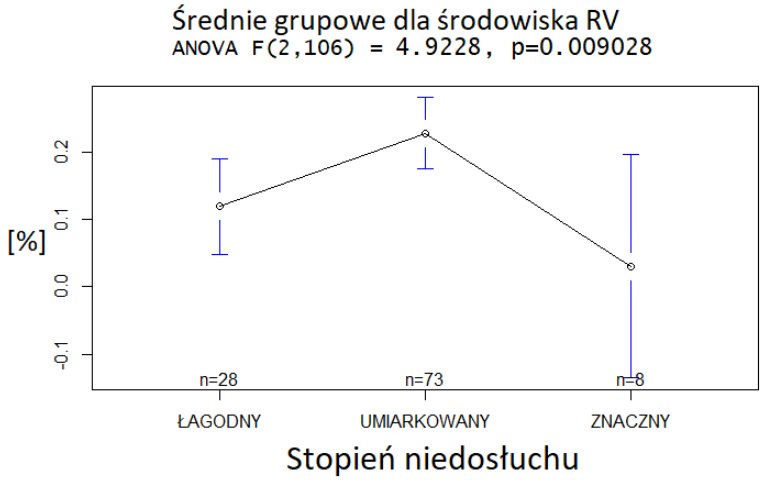
Test statystyczny	Wartość uzyskana w teście statystycznym	Stopień swobody DF1	Stopień swobody DF2	Wartość krytyczna rozkładu F-Snedecora	Poziom istotności *p*
Lambda Wilksa	0,72176	12	202	2,9807	0,0007436
ślad Hotellinga-Lawleya	0,35253	12	200	2,9377	0,00088
ślad Pillaia	0,30223	12	204	3,0263	0,0006214
kryterium największego pierwiastka Roya	0,1786	6	102	3,0362	0,008981

Rysunki 5.13, 5.14 oraz 5.15 przedstawiają rozkład średnich porównywanych grup dla zmiennych BN, RV i APHAB3.

MOST WIEDZY Pobrano z mostwiedzy.pl

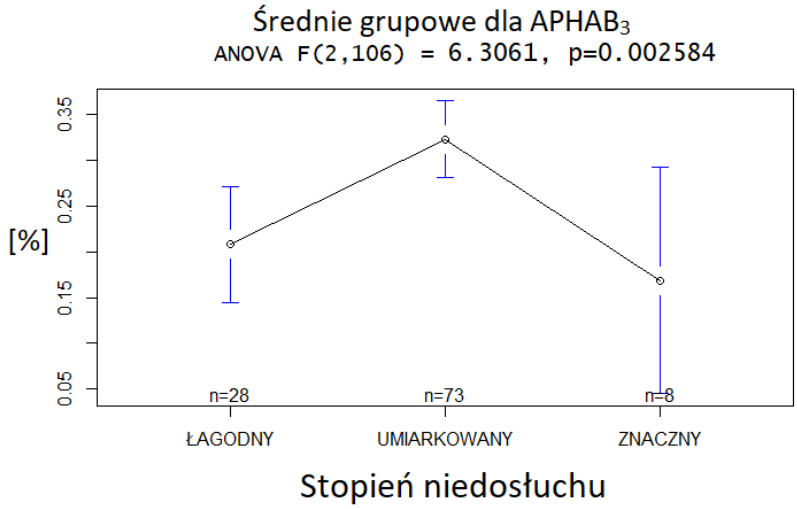


Rysunek 5.13 Rozkład średnich porównywalnych grup dla zmiennej BN



Rysunek 5.14 Rozkład średnich porównywalnych grup dla zmiennej RV

MOST WIEDZY Pobrano z mostwiedzy.pl



Rysunek 5.15 Rozkład średnich porównywalnych grup dla zmiennej APHAB3

Dlatego dla tych grup wykonano dodatkowo test post-hoc, test rozsądnej istotnej różnicy Tukeya, co pozwoliło na wyróżnienie ubytków słuchu w danym środowisku, których pary średnich istotnie się różnią. W ten sposób stwierdzono, że w przypadku zmiennej BN istotne statystycznie różnice stwierdzono między średnimi dla stopni niedosłuchów umiarkowanego i łagodnego (p = 0,0062) oraz średnimi dla stopni niedosłuchów umiarkowanego i znacznego (p = 0,0395). W przypadku zmiennej RV istotne statystycznie różnice stwierdzono między średnimi dla stopni niedosłuchów znacznego i umiarkowanego (p = 0,0381). W przypadku zmiennej APHAB3 istotne statystycznie różnice stwierdzono między średnimi dla stopni niedosłuchów umiarkowanego i łagodnego (p = 0,0097) oraz średnimi dla stopni niedosłuchów umiarkowanego i znacznego (p = 0,0483).

Jak widać na powyższych rysunkach (5.13-5.15), w niektórych przypadkach rozrzut uzyskanych odpowiedzi jest duży w stosunku do wartości średniej. Wynika to zapewne z tego, że − po pierwsze − używany kwestionariusz APHAB służy do subiektywnej oceny słyszenia użytkownika, a zatem ocena ta jest zależna m. in. od oczekiwań i nastawienia użytkownika. Niemniej jednak nie można również wykluczyć, że spośród 109 badanych, mogły się zdarzyć pojedyncze przypadki negatywnej oceny, gdzie ze względu na krótki okres użytkowania aparaty nie zostały optymalnie wyregulowane ze względu na np. dynamikę resztkową, próg UCL lub preferencje słyszenia lub zastosowaną wkładkę uszną (ang. *ear mold*), itp.

W związku z tym, że analiza ANOVA w przypadku pozostałych zmiennych (EC, AV, APHAB4) nie wykazała istotnych statystycznie różnic pomiędzy porównywanymi grupami, dla tych zmiennych nie przeprowadzono testu Tukeya.

MOST WIEDZY Pobrano z mostwiedzy.pl

Można zatem stwierdzić, że krótkoterminowo dla zmiennej BN (tj. zdolności komunikowania się w obecności szumu otoczenia) i zmiennej APHAB3 (wskaźnik globalny dla sytuacji konwersacyjnych) uzyskano istotne statystycznie różnice dla niedosłuchów stopnia umiarkowanego względem pozostałych stopni niedosłuchu, co wskazuje na to, że możliwa jest dla tej grupy niedosłuchów ocena uzyskanego efektu po krótkoterminowym użytkowaniu.

W ten sposób została udowodniona teza nr 2 w brzmieniu:

„Możliwe jest na podstawie statystycznie istotnej próbki wyników badań pacjentów z niedosłuchem wyselekcjonowanie grypy niedosłuchów, dla której jest możliwe dokonanie krótkoterminowej oceny korzyści z użytkowania aparatów słuchowych."

Analiza dla badanych z Kohorty 2:

Jak już wspomniano, dane uzyskane dla tej grupy badanych posłużyły:

- Ocenie krótkoterminowych (po upływie do 7 dni) korzyści uzyskanych z użytkowania aparatów słuchowych;
- Porównanie z wynikami uzyskanymi dla Kohorty 1;
- Ocenie długoterminowej (do 3 miesiąca) perspektywy korzyści uzyskanych z użytkowania aparatów słuchowych.

Kryteria oceny korzyści były takie same jak dla Kohorty 1, tj. korzyść ≤ 0% oznacza pogorszenie słuchu, czyli nieskuteczne stosowanie aparatów słuchowych. Korzyść <10% uznaje się za niewielką, choć pozytywną. Kolejne dwa przedziały przyjęto do kryteriów opisanych przez Cox [27], która zaproponowała zastosowanie kryteriów na poziomie 10% w przypadku wskaźników globalnych APHAB3 i APHAB4 oraz 22% dla poszczególnych czynników wskaźników takich jak (APHABEC, APHABRV, APHABBN, APHABAV).

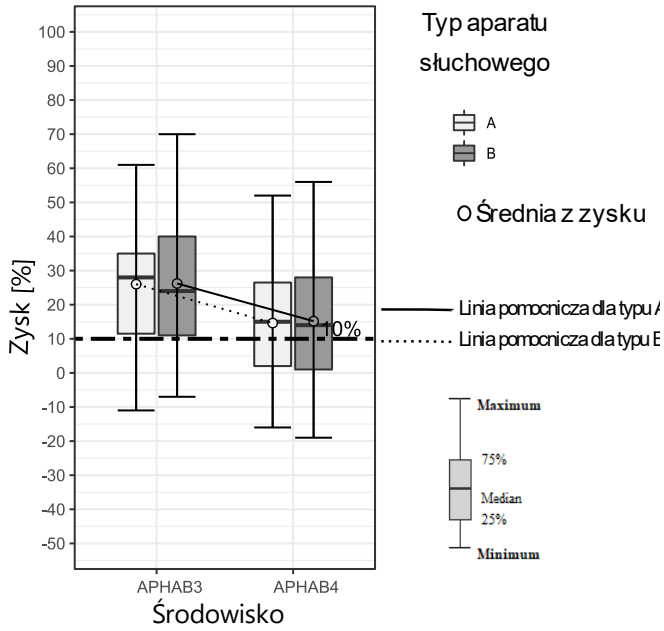
Tabela 5.7 Struktura niedosłuchów (obustronnych i symetrycznych) dla Kohorty 2 z podziałem na drugą i trzecią wizytę

		Kohorta 2 (liczba badanych po drugiej wizycie)	Kohorta 2 (liczba badanych po trzeciej wizycie)
Stopień niedosłuchu	ŁAGODNY	17	1
	UMIARKOWANY	84	20

MOST WIEDZY Pobrano z mostwiedzy.pl

wg. skali WHO [200]	ZNACZNY	9	3
	SUMA	110	24

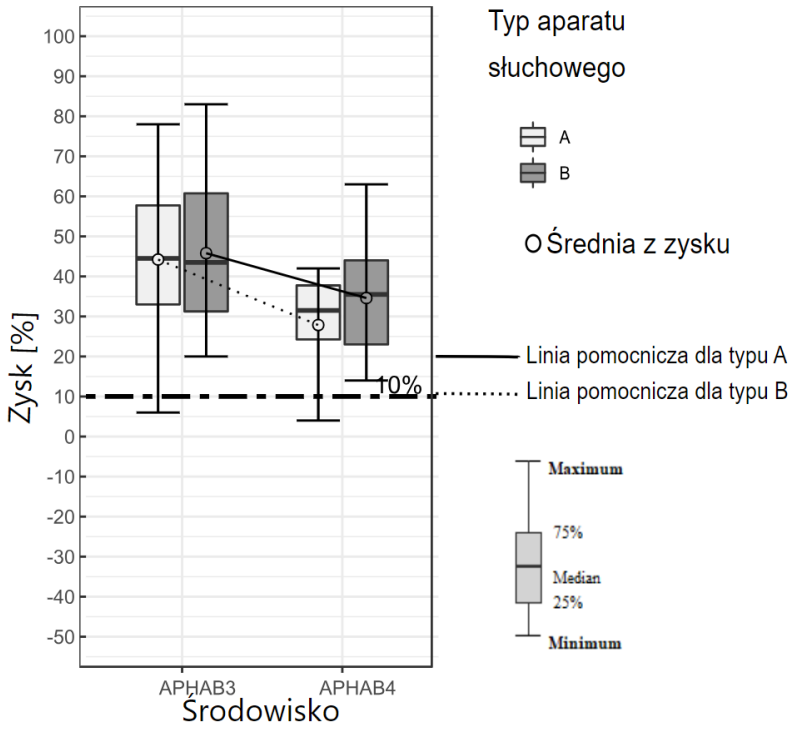
Na rys. 5.16 przedstawiono wyniki dla krótkiego krótkotrwałego użytkowania, a na rys. 5.17 wyniki dla dłuższego użytkowania aparatów słuchowych, dla wskaźników globalnych odpowiednio dla trzech i czterech środowisk, czyli APHAB3 i APHAB4.



Rysunek 5.16 Korzyści z krótkotrwałego (7 dni) stosowania dwóch rodzajów aparatów słuchowych przedstawione za pomocą wskaźników globalnych APHAB3 i APHAB4. Linia przerywana oznaczona jako 10% wskazuje na istotną korzyść w przypadku wskaźników globalnych [27]

Obserwowano, w jakim stopniu poziom technologiczny aparatu słuchowego wpływa na korzyści osiągane do 3 miesiąca użytkowania. Ogólnie rzecz biorąc, użytkownicy aparatów słuchowych typu B uzyskują lepsze wyniki niż aparatów słuchowych typu A, zarówno dla APHAB3, jak i APHAB4. Aby sprawdzić, czy wyniki te różnią się istotnie, przeprowadzono analizę statystyczną. Założenie o normalności zmiennych sprawdzono za pomocą testu Shapiro-Wilka. Zmienne te mają rozkład normalny, dlatego do sprawdzenia istotności statystycznej różnic zastosowano test ANOVA, nie wykazując jednak wyniku istotnego statystycznie.

MOST WIEDZY Pobrano z mostwiedzy.pl



Rysunek 5.17 Korzyści z dłuższego (do 3 miesięcy) stosowania dwóch rodzajów aparatów słuchowych dla 24 spośród 110 użytkowników wyznaczone za pomocą wskaźników globalnych APHAB3 i APHAB4. Linia przerywana oznaczona jako 10% wskazuje na istotną korzyść w przypadku wskaźników globalnych [27]

Dla zmiennych, które mają rozkład normalny, zastosowano test ANOVA. Dla tych zmiennych, które nie miały rozkładu normalnego, do analizy statystycznej zastosowano nieparametryczny test Manna-Whitneya. Przeprowadzona analiza wykazała, podobnie jak w przypadku Kohorty 1, że różnice pomiędzy wynikami uzyskanymi w aparatach A i B nie są istotne statystycznie. Jest to ciekawy wniosek, gdyż świadczy to o tym, że istnieją ważniejsze czynniki niż tylko technologia. Jednak pomimo tego, że różnice uzyskane w obu typach aparatów słuchowych (A i B) nie są istotne statystycznie, korzyści z ich stosowania różnią się znacząco w zależności od środowiska akustycznego, w którym przebywa użytkownik aparatu słuchowego. Najlepszy wynik uzyskano w przypadku komunikacji w głośnym środowisku (BN), a najgorszy dotyczy akceptacji nieprzyjemnych dźwięków (AV).

Ponieważ analiza wyników dla aparatów słuchowych typu A i B nie daje różnic istotnych statystycznie, w dalszej części analizę wyników przeprowadzono bez uwzględnienia rodzaju aparatów słuchowych. W tabeli 5.8 przedstawiono istotne korzyści dla poszczególnych wskaźników APHAB (29) (EC, RV, BN, AV) według wyników poprzednich i obecnych.

MOST WIEDZY Pobrano z mostwiedzy.pl

Tabela 5.8 Korzyść dla poszczególnych wskaźników APHAB (procent uczestników, których korzyść była ≥22% dla poszczególnych czynników EC, RV, BN, AV)

	Krótkotrwałe użytkowanie (7 dni), Kohorta 1	Krótkotrwałe użytkowanie (7 dni), Kohorta 2	Do 3 miesięcy użytkowania, Kohorta 2
APHAB >22%	109 badanych [%]	110 badanych [%]	24 badanych [%]
EC	64,22	50,91	72,00
BN	77,98	72,73	91,67
RV	42,20	40,00	75,00
AV	8,26	4,55	0

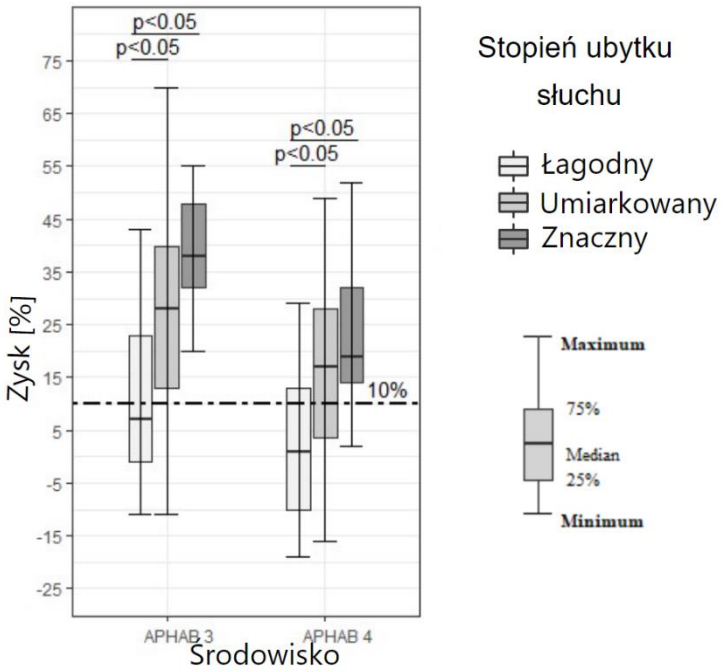
Interesujące jest spostrzeżenie, że korzyści z krótkotrwałego stosowania aparatów słuchowych dla użytkowników o różnym stopniu ubytku słuchu, określone za pomocą wskaźników globalnych różnią się pomiędzy dwoma grupami badanych. Dla Kohorty 1 stwierdzono, że największe korzyści z krótkotrwałego stosowania aparatów dotyczyły użytkowników z umiarkowanym i lekkim stopniem ubytku słuchu. Natomiast po zastosowaniu tej samej analizy do danych uzyskanych dla Kohorty 2 (patrz rysunek 5.18) okazuje się, że największe korzyści z krótkotrwałego użytkowania aparatów odnoszą użytkownicy z ciężkim i umiarkowanym stopniem ubytku słuchu.

W ten sposób potwierdzono dodatkowo tezę nr 2 w brzmieniu:

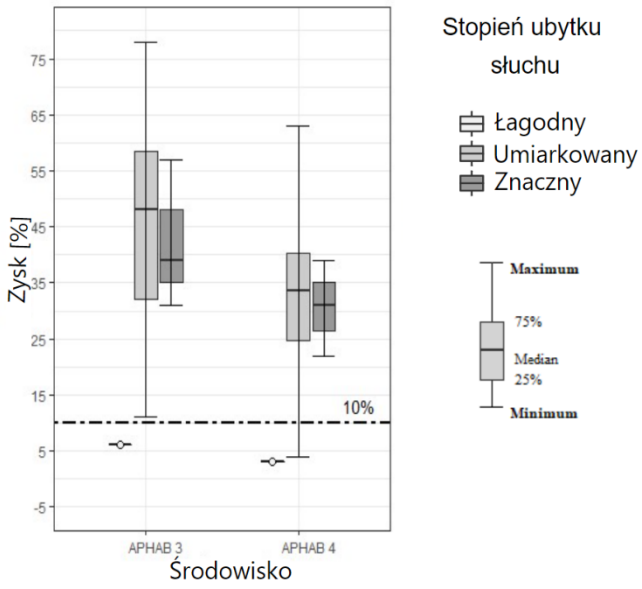
„Możliwe jest na podstawie statystycznie istotnej próbki wyników badań pacjentów z niedosłuchem wyselekcjonowanie grypy niedosłuchów, dla której jest możliwe dokonanie krótkoterminowej oceny korzyści z użytkowania aparatów słuchowych.”

Dalsza analiza prowadzi do wniosków dotyczących użytkowania aparatów słuchowych do 3 miesiąca, czyli można zauważyć, że największe korzyści z dłuższego użytkowania aparatów dotyczą użytkowników z umiarkowanym stopniem ubytku słuchu (patrz rysunek 5.19). Podobnie jak w poprzednich analizach, korzyści zmniejszają się, gdy w ich ogólnej ocenie uwzględnia się akceptację nieprzyjemnych dźwięków (APHAB4).

MOST WIEDZY Pobrano z mostwiedzy.pl



Rysunek 5.18 Korzyści z krótkotrwałego (7 dni) stosowania aparatu u 110 osób (Kohorta 2) określone za pomocą globalnych wskaźników APHAB3 i APHAB4 w kontekście różnych stopni ubytku słuchu. Linia przerywana oznaczona jako 10% wskazuje na znaczącą korzyść w przypadku wskaźników globalnych [27]



Rysunek 5.19 Korzyść z dłuższego (do 3 miesięcy) stosowania u 24 ze 110 badanych określona za pomocą globalnych wskaźników APHAB3 i APHAB4. Linia przerywana oznaczona jako 10% wskazuje na istotną korzyść w przypadku wskaźników globalnych [27]

Wreszcie, analizując wyniki dla poszczególnych środowisk, okazało się, że w przypadku łagodnych ubytków słuchu osoby noszące aparaty słuchowe odnoszą największe korzyści z komunikacji w głośnych sytuacjach BN oraz w pogłosie RV (patrz rysunek 5.20). Odsetek

MOST WIEDZY Pobrano z mostwiedzy.pl

odbioru zysków w pogłosie wynosi 25%, a nieprzyjemne dźwięki akceptuje tylko około 7%. W ubytkach słuchu umiarkowanych zysk z zastosowania aparatów słuchowych jest najwyższy spośród wszystkich pozostałych sytuacji konwersacyjnych (EC, BN, RV). Odsetek użytkowników czerpiących korzyści w poszczególnych środowiskach wynosi około: 55% dla EC, 77% dla BN, 40% dla RV i tylko 5% dla AV. Dla osób z dużym ubytkiem słuchu wyniki są inne. W tym przypadku efektywna korzyść osiągana jest na poziomie ok. 89% w EC i 89% w BN, ale jest ona jedną z najgorszych dla sytuacji związanych z akceptacją nieprzyjemnych dźwięków AV. W pozostałych warunkach krótkotrwałe stosowanie aparatów słuchowych nie przynosi wystarczających korzyści. Wielowariantową analizę wariancji (MANOVA) zastosowano dla zmiennych EC, BN, RV, AV, APHAB3 i APHAB4. Wszystkie przeprowadzone testy wielowariantowe (tj. Wilks' lambda, Hotelling-Lawley's trace, Pillai's trace oraz Roy's largest root) [207] dały wyniki istotne statystycznie na poziomie $p \leq 0{,}0075$.

Przeprowadzono jednokierunkową analizę wariancji (ANOVA) dla poszczególnych zmiennych. EC, BN, APHAB4 i APHAB3 to zmienne, czyli środowiska, dla których w dalszym etapie analizy ANOVA uzyskano statystycznie istotne różnice pomiędzy porównywanymi grupami. Dlatego też dla tych grup wykonano test Tukeya, który pozwolił na wyróżnienie ubytków słuchu w danym środowisku, których pary średnich różnią się istotnie. Stwierdzono, że w przypadku zmiennej EC istotne statystycznie różnice stwierdzono między średnimi dla stopni niedosłuchów umiarkowanego i łagodnego (p=0,0234) oraz średnimi dla stopni niedosłuchów znacznego i łagodnego (p=0,0005). W przypadku zmiennej BN istotne statystycznie różnice stwierdzono między średnimi dla stopni niedosłuchów umiarkowanego i łagodnego (p=0,093) oraz średnimi dla stopni niedosłuchów znacznego i łagodnego (p=0,0403). W przypadku zmiennej APHAB4 istotne statystycznie różnice stwierdzono między średnimi dla stopni niedosłuchów umiarkowanego i łagodnego (p=0,0175) oraz średnimi dla stopni niedosłuchów znacznego i łagodnego (p=0,0105). Z kolei dla zmiennej APHAB3 istotne statystycznie różnice stwierdzono między średnimi dla stopni niedosłuchów umiarkowanego i łagodnego (p=0,0190) oraz średnimi dla stopni niedosłuchu znacznego i łagodnego (p=0,0020).

Należy pamiętać, że najistotniejsza korzyść powinna być związana z komunikacją mowy. Dotychczas dla analizowanej grupy użytkowników aparatów słuchowych, prowadzących rozmowę, dla wskaźnika APHAB3 wystarczające korzyści osiąga 75% użytkowników ze stopniem lekkim i ciężkim oraz ponad 93% ze stopniem umiarkowanym. Nie dziwi również fakt, że gdy w procesie oceny uwzględni się akceptację nieprzyjemnych dźwięków, wówczas wszystkie wskaźniki spadają, a odsetek korzyści zmniejsza się znacznie poniżej 75%. Dzieje

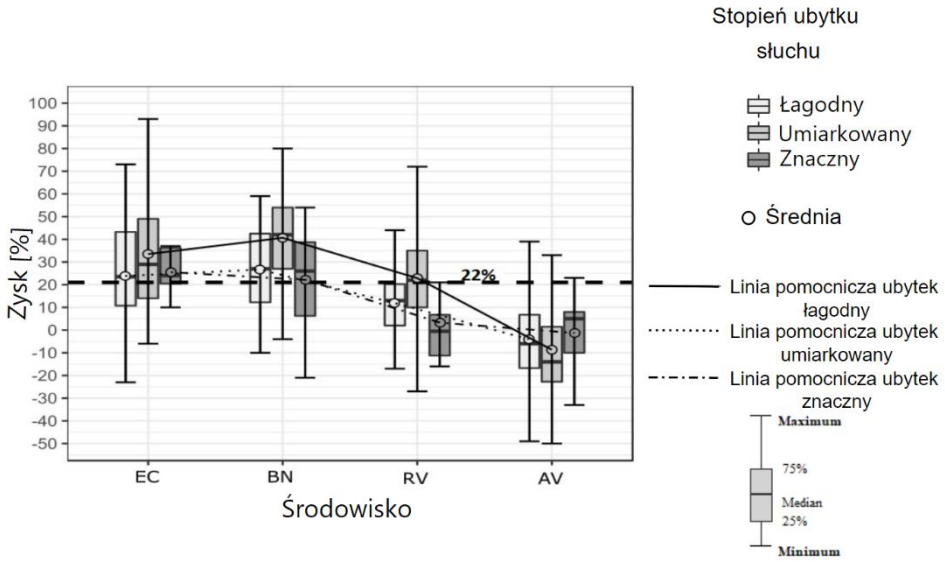
MOST WIEDZY Pobrano z mostwiedzy.pl

się tak dlatego, że takie przeszkadzające dźwięki są ponownie słyszane z aparatem słuchowym, co jest typowe dla niedosłuchu odbiorczego.

Można zatem stwierdzić, że krótkoterminowo dla zmiennej BN (tj. zdolności komunikowania się w obecności szumu otoczenia) i zmiennej APHAB3 (wskaźnik globalny dla sytuacji konwersacyjnych) uzyskano istotne statystycznie różnice dla niedosłuchów stopnia umiarkowanego względem pozostałych stopni niedosłuchu, co wskazuje na to, że możliwa jest dla tej grupy niedosłuchów ocena uzyskanego efektu po krótkoterminowym użytkowaniu.

Potwierdza to dodatkowo tezę 1:

„Użycie aplikacji internetowej przyspiesza i ułatwia oszacowanie korzyści z użytkowania aparatów słuchowych i pozwala na przewidywanie tego rodzaju efektu na podstawie próby krótkoterminowej."



Rysunek 5.20 Korzyści z krótkotrwałego (7 dni) użytkowania dla 110 osób (Kohorta 2) określone oddzielnie dla czterech środowisk w kontekście różnych stopni ubytku słuchu. Linia przerywana oznaczona jako 22% wskazuje na znaczące korzyści dla poszczególnych wskaźników [27]

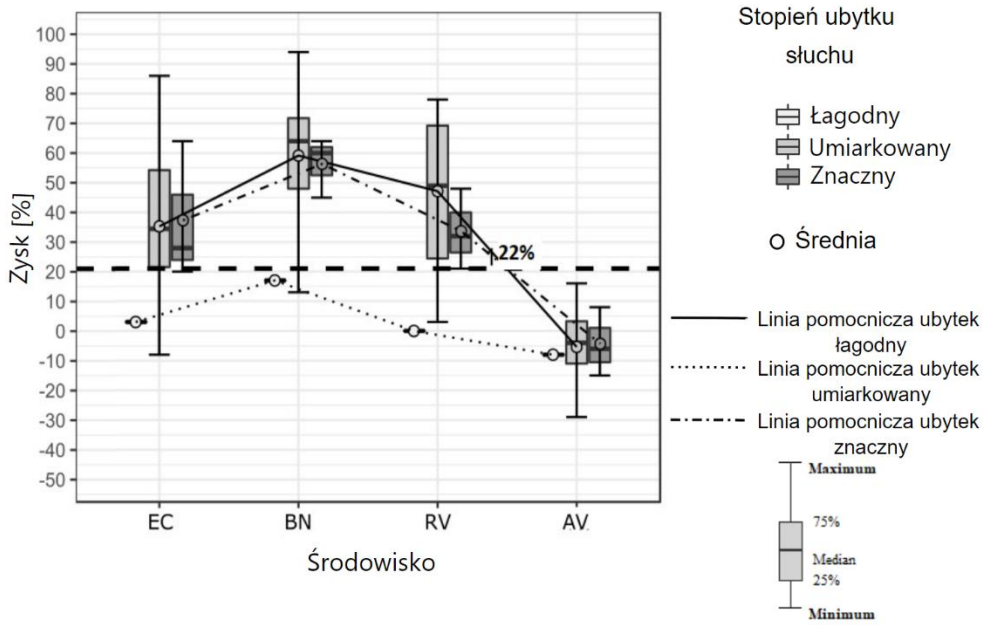
Ze względu na tylko jedną obserwację (do 3 miesiąca użytkowania) dla lekkich ubytków słuchu nie jest ona brana pod uwagę. Po dłuższym czasie użytkowania aparatów słuchowych (max. 3 miesiące) można zauważyć, że korzyści są znacznie większe, zwłaszcza w głośnych sytuacjach BN.

W umiarkowanym ubytku słuchu odsetek użytkowników odnoszących korzyści w poszczególnych środowiskach wynosi około: 76% dla EC, 95% dla BN, 80% dla RV i 0% dla

MOST WIEDZY Pobrano z mostwiedzy.pl

AV. Dla osób z ciężkimi ubytkami słuchu efektywne korzyści osiągane są na poziomie ok. 67% dla EC, 100% dla BN, 67% dla RV, ale 0% dla AV (patrz rysunek 5.21).

Wielowariantową analizę wariancji (MANOVA) zastosowano dla zmiennych EC, BN, RV, AV, APHAB3 i APHAB4. Wszystkie przeprowadzone testy wielowariantowe (tj. Wilks' Lambda, Hotelling-Lawley's Trace, Pillai's Trace i Roy's Largest Root) nie dały wyników istotnych statystycznie ($p \geq 0{,}0691$). Dlatego też nie było możliwe przeprowadzenie jednokierunkowej analizy wariancji (ANOVA) dla poszczególnych zmiennych.



Rysunek 5.21 Korzyści z długotrwałego (do 3. miesiąca) użytkowania dla 24 ze 110 badanych (Kohorta 2), określone oddzielnie dla czterech środowisk w kontekście różnych stopni ubytku słuchu. Linia przerywana oznaczona jako 22% wskazuje na znaczące korzyści dla poszczególnych wskaźników [27]

5.2.2. OCENA SKUTECZNOŚCI ZAPROPONOWANEJ METODY OCENY

Przedstawiona metoda oceny skuteczności stosowania aparatów słuchowych po krótkim czasie, dzięki jej implementacji w postaci aplikacji internetowej, pozwala na systematyczną i uporządkowaną ocenę korzyści uzyskanych z użytkowania aparatu słuchowego. Zebrane w ten sposób dane mogą być łatwo gromadzone i analizowane, co jest jednym z celów rozprawy. Ocenę użytkowania aparatów słuchowych przeprowadza się dla pojedynczego uczestnika badania, ale analizę uzyskanych wyników można przeprowadzić w odniesieniu do całych grup uczestników badania, których można uszeregować według stopnia ubytku słuchu, czasu użytkowania aparatów słuchowych, doświadczenia w użytkowaniu aparatów słuchowych, rodzaju aparatu słuchowego, rodzaju indywidualnych wkładek usznych itp. Przeprowadzenie oceny z osobą badaną może służyć jako narzędzie do bardziej obiektywnej oceny

MOST WIEDZY Pobrano z mostwiedzy.pl

wspomaganego słuchu i ułatwić jej wybór spośród różnych dostępnych rozwiązań po krótkim okresie użytkowania aparatów słuchowych. Uzyskane w ten sposób informacje mogą być wykorzystane przez protetyków słuchu do dostosowania ustawień aparatów w celu zwiększenia satysfakcji badanych.

Przedstawione wyniki badań dla Kohorty 1 oraz ich omówienie wskazują, że możliwe jest uzyskanie istotnych i wiarygodnych informacji pomocnych w ocenie skuteczności krótkotrwałego użytkowania aparatów słuchowych, co dowodzi prawdziwości tezy nr 2 zaproponowanej w niniejszej rozprawie doktorskiej.

Analizowane wyniki uzyskano dla 109 badanych osób. Biorąc pod uwagę całkowitą liczbę badanych, można stwierdzić, że poprawa rozpoznawania mowy we wszystkich środowiskach akustycznych (APHAB3) o 10% po krótkotrwałym stosowaniu aparatów słuchowych została osiągnięta u ponad 75% badanych. Zaobserwowano, że w początkowym okresie użytkowania aparatów słuchowych duży wpływ na ocenę wspomaganej poprawy słuchu ma percepcja nieprzyjemnych dźwięków. Niewłaściwe dobranie parametrów akustycznych aparatu słuchowego w tym zakresie może zniechęcić użytkownika do korzystania z aparatów słuchowych i przesłonić potencjalne korzyści, jakie można by uzyskać z długotrwałego użytkowania. Dlatego podczas dopasowania aparatów słuchowych na pierwszej wizycie należy zwrócić szczególną uwagę na staranny dobór parametrów akustycznych odpowiedzialnych za percepcję dźwięków nieprzyjemnych. Coraz większa adaptacja do dźwięków nieprzyjemnych następuje z czasem, po dłuższym okresie użytkowania aparatów słuchowych. Proces adaptacji słuchowej będzie przedmiotem dalszych badań z wykorzystaniem wyników ankietowych z kolejnych wizyt osób badanych.

Analizując korzyści ze stosowania aparatów słuchowych w każdym ze środowisk akustycznych osobno, zauważono, że w środowisku cichym największy odsetek osób uzyskujących korzyści stanowiły osoby z umiarkowanym ubytkiem słuchu. Najsłabsze wyniki uzyskali badani z lekkim ubytkiem słuchu. Wynika to prawdopodobnie z faktu, że osoby słyszące są w stanie wystarczająco dobrze porozumiewać się w ciszy bez aparatów słuchowych. Ogólnie można stwierdzić, że we wszystkich sytuacjach związanych z rozmową najwięcej korzyści odnoszą użytkownicy aparatów słuchowych z umiarkowanym ubytkiem słuchu.

Ogólny odsetek badanych, którzy odnieśli korzyść podczas komunikowania się w hałasie, jest najwyższy spośród wszystkich analizowanych. Jest to dość zaskakujący wniosek, ponieważ pokazuje, że badani subiektywnie wskazują na większe korzyści z używania aparatów słuchowych podczas komunikowania się w hałasie niż w ciszy. Można było się

MOST WIEDZY Pobrano z mostwiedzy.pl

spodziewać raczej, że przy tak krótkotrwałym stosowaniu aparatów słuchowych sytuacja będzie odwrotna. Może to świadczyć o tym, że współczesne aparaty słuchowe są dość sprawne w selekcjonowaniu i wzmacnianiu sygnału mowy na tle hałasu. Dlatego też okres adaptacji do aparatów słuchowych może ulec skróceniu.

Inaczej wygląda sytuacja w przypadku oceny korzyści podczas porozumiewania się w pomieszczeniach pogłosowych. Ogólny odsetek badanych uzyskujących korzyść w tym środowisku jest najniższy spośród wszystkich analizowanych sytuacji, które dotyczą rozmowy. Można zatem stwierdzić, że o ile nowoczesne aparaty słuchowe dobrze radzą sobie z poprawą rozpoznawania mowy w hałasie, to pogłos jest nadal dużym wyzwaniem zarówno dla producentów aparatów słuchowych, jak i ich użytkowników.

Przeprowadzona analiza statystyczna potwierdza, że w środowiskach akustycznych, w których prowadzona jest rozmowa, subiektywna korzyść APHAB3 jest statystycznie istotna w zależności od stopnia ubytku słuchu. Istotne statystycznie różnice w zależności od stopnia ubytku słuchu występują również osobno dla środowiska głośnego BN, jak i pogłosowego RV. Należy jednak pamiętać, że badanie to jest ograniczone do trzech rodzajów ubytków słuchu, tj. łagodnego, umiarkowanego i ciężkiego, ponieważ nie dostarczono wystarczającej ilości danych dla potencjalnych użytkowników aparatów słuchowych z głębokim ubytkiem słuchu.

Bezpośrednie rozmowy z pacjentami i protetykami słuchu pokazują jednocześnie, że przyjęta metoda ma również swoje słabe strony. Jej głównym ograniczeniem jest duża liczba pytań, co w przypadku osób starszych jest uciążliwe. Największa trudność dotyczy 24 pytań zawartych w kwestionariuszu APHAB. Ich zakres, w przypadku niektórych pytań, wykracza poza sytuacje, z którymi osoba starsza ma do czynienia na co dzień. Do podobnego wniosku doszli również inni badacze [101].W efekcie może to prowadzić do nieścisłości w odpowiedziach lub nawet do błędnej interpretacji. Z tego powodu wydaje się, że w przyszłości pożądane byłoby opracowanie nieco węższego zakresu pytań dedykowanych tej grupie wiekowej użytkowników aparatów słuchowych.

Analizując zysk z używania aparatów słuchowych dla badanych w Kohorcie 2 w każdym ze środowisk osobno (patrz tabela 5.8), stwierdzono, że we wszystkich rozpatrywanych środowiskach, porównując krótkotrwałe używanie aparatów słuchowych, badani z Kohorty 1 uzyskali lepsze wyniki. Największą różnicę zaobserwowano w ocenie wzmocnienia podczas komunikowania się w cichych środowiskach. Może to wynikać z proporcji (struktury) ubytków słuchu w obu grupach badanych (patrz tabela 5.4). W Kohorcie 1 więcej było osób z lekkim ubytkiem słuchu (28) niż w Kohorcie 2 (17), natomiast mniej było osób z umiarkowanym ubytkiem słuchu (73 w Kohorcie 1, 84 w Kohorcie 2).

MOST WIEDZY Pobrano z mostwiedzy.pl

Jednocześnie, zarówno dla Kohorty 1, jak i Kohorty 2, największą poprawę odnotowano w przypadku komunikowania się w hałaśliwym otoczeniu. Może to wskazywać, że współczesne aparaty słuchowe dość sprawnie selekcjonują i wzmacniają sygnały mowy na tle hałasu. Może to skrócić okres adaptacji do aparatów słuchowych. Warto zauważyć, że badani, którzy używali aparatów słuchowych przez dłuższy czas (do 3 miesięcy), odnotowali poprawę na poziomie ponad 90%.

W ten sposób został zrealizowany cel pracy w brzmieniu:

„Przeprowadzenie badań nad krótkoterminową, kilkudniową oceną efektywności stosowania aparatów słuchowych i obserwacji jej długoterminowych efektów."

Najniższa ocena zysku (w obu grupach) dotyczyła percepcji nieprzyjemnych dźwięków. Niewłaściwe dopasowanie aparatów słuchowych w tym kontekście może zniechęcić do podjęcia decyzji o ich użytkowaniu i przesłonić potencjalne korzyści, jakie w dłuższej perspektywie może przynieść korzystanie z aparatów słuchowych. Wynika z tego, że podczas dopasowania aparatów słuchowych na pierwszej wizycie należy zwrócić szczególną uwagę na staranne dopasowanie parametrów akustycznych odpowiedzialnych za percepcję nieprzyjemnych dźwięków. Adaptacja nieprzyjemnych dźwięków będzie się zwiększać z czasem, po dłuższym okresie użytkowania aparatów słuchowych. Warto również zauważyć, że choć wpływ technologii aparatów słuchowych na korzyść nie jest istotny statystycznie, to użytkownicy aparatów słuchowych typu B zgłaszają wyższy efekt długoterminowy (APHAB3 i APHAB4).

Ogólnie rzecz biorąc, taki subiektywny proces oceny jest dość uciążliwy dla osób noszących aparaty słuchowe. Dlatego w wyniku powyższej dyskusji zdecydowano o przeprojektowaniu ankiety APHAB, zwracając uwagę na potrzebę skrócenia czasu wypełniania ankiety przy zachowaniu jej wiarygodności. **Zaproponowana modyfikacja metody** oraz aplikacji zostanie przedstawiona w kolejnym rozdziale (rozdział 6).

MOST WIEDZY Pobrano z mostwiedzy.pl

6. MODYFIKACJA METODY

W ramach modyfikowanej metody wykorzystano podejście regułowe wykorzystujące logikę rozmytą (ang. *fuzzy logic*) [209][210]. Ponieważ zarówno podstawy logiki rozmytej, jak i jej wykorzystanie w systemach i technologii jest bardzo mocno osadzone w literaturze [21][92][113], dlatego poniżej krótko przedstawiono tylko słownik wykorzystywanych pojęć [93] [197]:

- Uniwersum – zbiór uniwersalny, przestrzeń;
- Zmienna lingwistyczna – nazwa cechy;
- Wartość lingwistyczna (etykieta) – nazwa określająca w sposób intuicyjny wartości;
- Funkcja przynależności – funkcja, według której obliczany jest stopień przynależności badanego elementu do danego zbioru;
- Rozmywanie (ang. *fuzzification*) – przekształcenie wejścia systemu w postaci liczb na wartości rozmyte, tj. polega na wyznaczeniu wartości lingwistycznych w oparciu o wartości zwracane przez funkcje przynależności dla danej zmiennej wejściowej;
- Interpretacja i ocena reguł (ang. *inferrence; rule evaluation*) – typowa reguła w logice rozmytej ma postać wyrażenia złożonego z poprzednia (przesłanek reguły) i następnika (decyzji). Interpretacja reguł przebiega w dwóch fazach. Najpierw oblicza się moc reguły (ang. *rule evaluation*), czyli określa się, jak silna jest decyzja uzyskana przez obliczenie reguły dla danych wartości wejściowych. Po wyznaczeniu mocy wszystkich reguł występujących w systemie logiki rozmytej następuje faza agregacji reguł, która polega na sumowaniu wszystkich wynikowych zbiorów rozmytych, reprezentujących poszczególne reguły.
- Mechanizm wnioskowania rozmytego wykorzystuje reguły rozmyte IF – THEN do określenia odwzorowania ze zbioru rozmytego wejściowej przestrzeni rozważań;
- Precyzowanie, wyostrzanie (ang. *defuzzification*) – jest to operacja odwrotna do rozmywania, pozwala na wyznaczenie wartości wypadkowej zmiennej wyjściowej, np. metodą wyznaczania „środka ciężkości" (ang. *Center of Gravity*, COG);

6.1. MODYFIKACJA METODY

Porównując wyniki uzyskane dla dwóch grup badanych, stwierdzono, że członkowie jednej z grup uzyskali w ogólności lepsze wyniki. Może to wynikać ze skali oceny słyszenia stosowanej w formularzu APHAB. Połączenie skali literowej, procentowej i opisowej może

MOST WIEDZY Pobrano z mostwiedzy.pl

stanowić trudność w interpretacji dla osób badanych, którymi w przewarzającej części są osoby w podeszłym wieku.

W związku z powyższym została opracowana koncepcja modyfikacji kwestionariusza, tj. przemapowaniu skali APHAB na skalę zgodną ze skalą testu MUSHRA (MUltiple Stimuli with Hidden Reference and Anchor) [115] przy jednoczesnym wykorzystaniu logiki rozmytej. Test MUSHRA znajduje zastosowanie w ocenie jakości dźwięku aparatów słuchowych, zarówno przez osoby z ubytkiem słuchu, jak i słuchem normalnym [11][160][187]. Z kolei logika rozmyta znajduje zastosowanie choćby procedurach regulacji aparatów słuchowych z wykorzystaniem skalowania głośności [170].

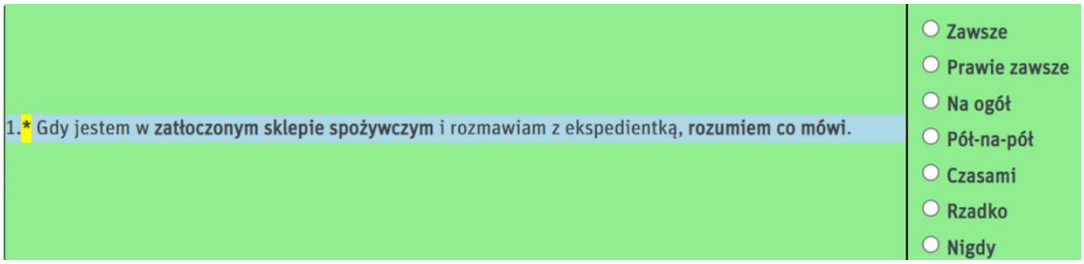
Przy modyfikacji kwestionariusza, przy każdej wymienionej sytuacji dźwiękowej dodano dwa dodatkowe pytania: „Czy opisana wyżej sytuacja występuje?" oraz „Jeżeli powyższa sytuacja występuje, to czy jest ważna/istotna?" Zebrane odpowiedzi badanych mają pomóc wyeliminować sytuacje niewystępujące lub występujące rzadko, co przełoży się na ewentualnie skrócenie kwestionariusza.

Zadaniem użytkownika aparatów słuchowych, jest ocena słyszenia (jakości dźwięku) bez aparatów i w aparatach według skali 100-punktowej, według mapowania przedstawionego rysunku 6.1 dla przykładowej sytuacji.

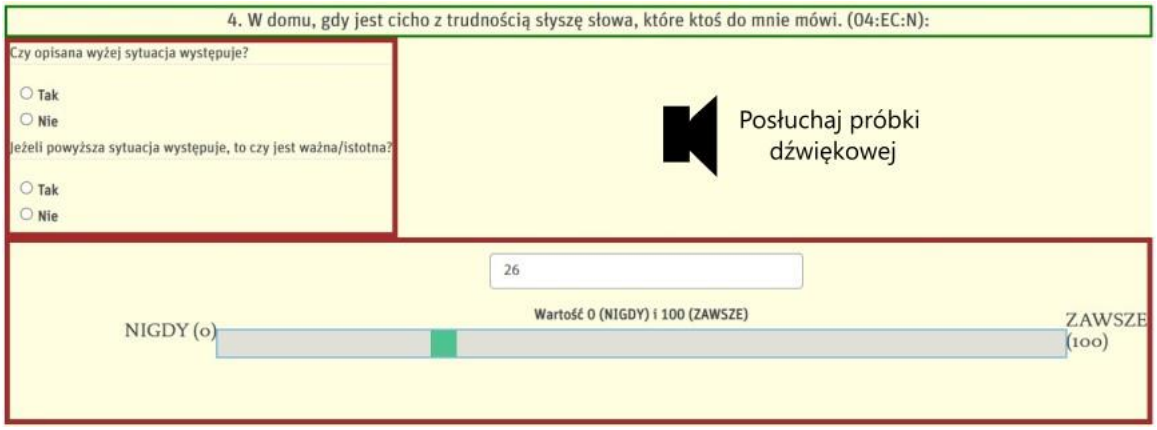
Kategoria EC: „Gdy jestem w zatłoczonym sklepie spożywczym i rozmawiam z ekspedientką, rozumiem co mówi."

MOST WIEDZY Pobrano z mostwiedzy.pl

APHAB



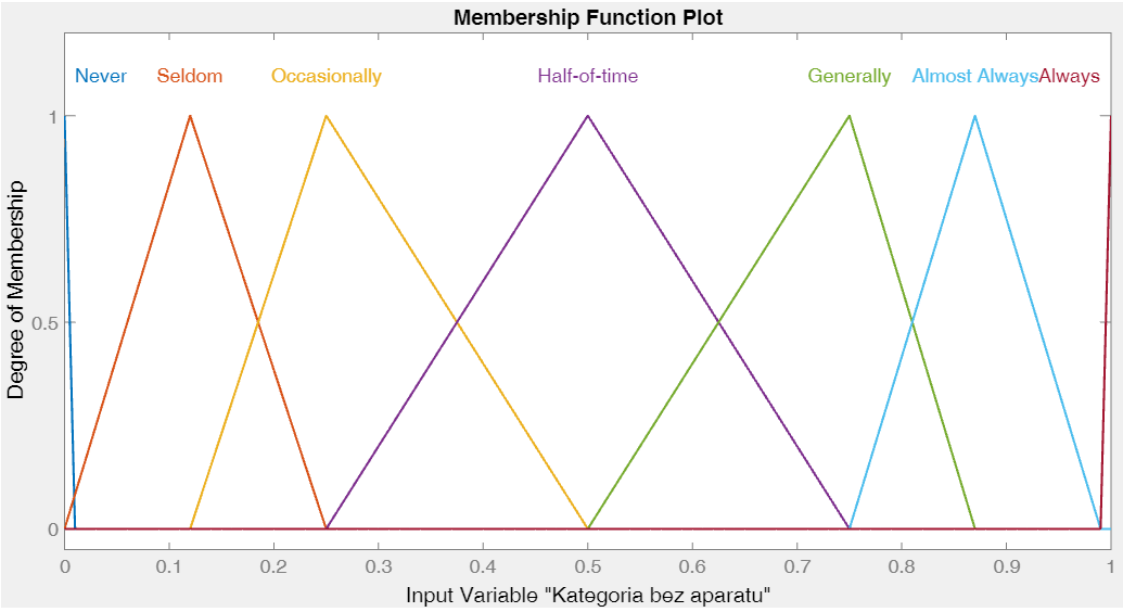
MUSHRA



Rysunek 6.1 Mapowanie skali APHAB na skalę MUSHRA

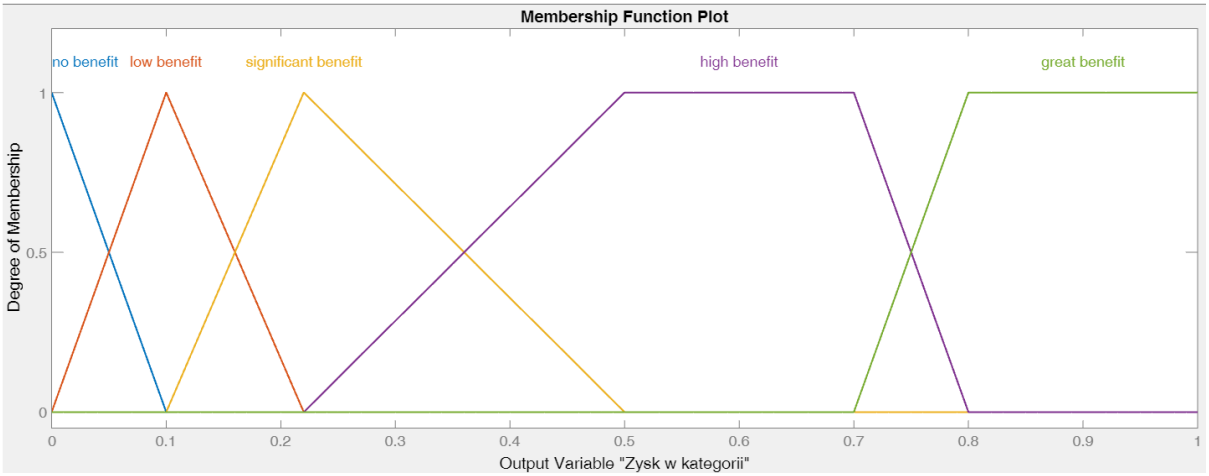
Odpowiedzi użytkownika zostaną przypisane do odpowiedniej funkcji przynależności dla danej kategorii. Na rysunku 6.2 przedstawiono przykładową funkcję przynależności dla kategorii EC. Ponieważ w APHAB wszystkie kategorie ocenianie są w takiej samej, siedmiostopniowej skali, stąd funkcje przynależności są takie same dla wszystkich czterech kategorii (EC, BN, RV, AV).

MOST WIEDZY Pobrano z mostwiedzy.pl



Rysunek 6.2 Przykładowa funkcja przynależności dla kategorii EC

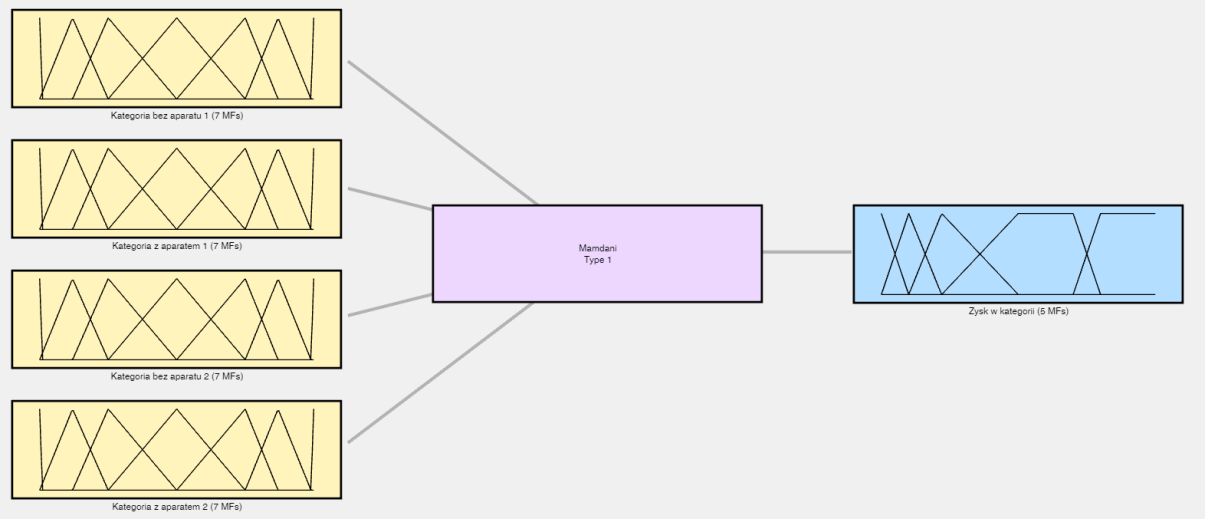
Na bazie oceny użytkownika, przy zastosowaniu reguł logiki rozmytej, zostanie wyznaczony zysk dla określonej kategorii. Na rysunku 6.3 przedstawiono przykładową skalę zysku kategorii EC.



Rysunek 6.3 Przykładowa skala zysku kategorii EC

Dla wyznaczania zysku dla pojedynczej kategorii wykorzystano systemy wnioskowania rozmytego o wejściach od 2 do 12 i o jednym wyjściu. Liczba reguł dla tych systemów to odpowiednio 49 i 294, fragment listy reguł pokazano w tabeli 6.1. Przykładowy system z czterema wejściami przedstawiono na rysunku 6.4.

MOST WIEDZY Pobrano z mostwiedzy.pl



Rysunek 6.4 Przykładowy system wnioskowania rozmytego z czterema wejściami i jednym wyjściu dla wyznaczania zysku w jednej kategorii

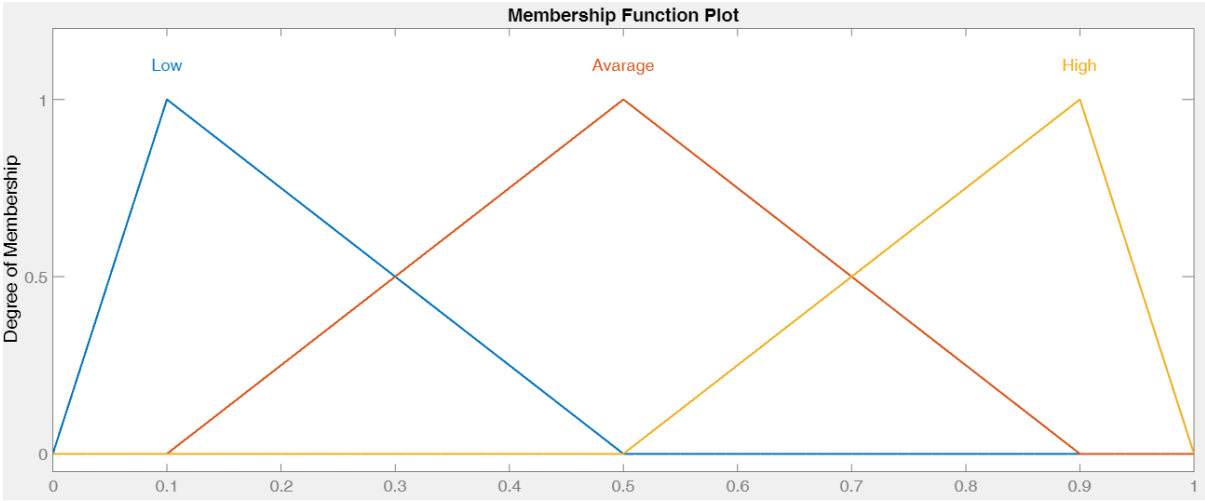
Tabela 6.1 Przykładowy fragment listy reguł dla systemu z dwoma wejściami

		Ocena			Ocena		Stopień zysku
IF	Kategoria bez aparatu	Nigdy	OR	Kategoria z aparatem	Nigdy	THEN	brak korzyści
IF	Kategoria bez aparatu	Nigdy	OR	Kategoria z aparatem	Rzadko	THEN	niewielka korzyść
IF	Kategoria bez aparatu	Nigdy	OR	Kategoria z aparatem	Sporadycznie	THEN	niewielka korzyść
IF	Kategoria bez aparatu	Nigdy	OR	Kategoria z aparatem	Pół-na-pół	THEN	znacząca korzyść
IF	Kategoria bez aparatu	Nigdy	OR	Kategoria z aparatem	Generally	THEN	duza korzyść
IF	Kategoria bez aparatu	Nigdy	OR	Kategoria z aparatem	Prawie zawsze	THEN	wielka korzyść
IF	Kategoria bez aparatu	Nigdy	OR	Kategoria z aparatem	Zawsze	THEN	wielka korzyść
IF	Kategoria bez aparatu	Rzadko	OR	Kategoria z aparatem	Nigdy	THEN	brak korzyści
IF	Kategoria bez aparatu	Rzadko	OR	Kategoria z aparatem	Rzadko	THEN	brak korzyści
IF	Kategoria bez aparatu	Rzadko	OR	Kategoria z aparatem	Sporadycznie	THEN	niewielka korzyść
IF	Kategoria bez aparatu	Rzadko	OR	Kategoria z aparatem	Pół-na-pół	THEN	znacząca korzyść

MOST WIEDZY Pobrano z mostwiedzy.pl

IF	Kategoria bez aparatu	Rzadko	OR	Kategoria z aparatem	Na ogół	THEN	duża korzyść
IF	Kategoria bez aparatu	Rzadko	OR	Kategoria z aparatem	Prawie zawsze	THEN	wielka korzyść
IF	Kategoria bez aparatu	Rzadko	OR	Kategoria z aparatem	Zawsze	THEN	wielka korzyść
IF	Kategoria bez aparatu	Sporadycznie	OR	Kategoria z aparatem	Nigdy		brak korzyści

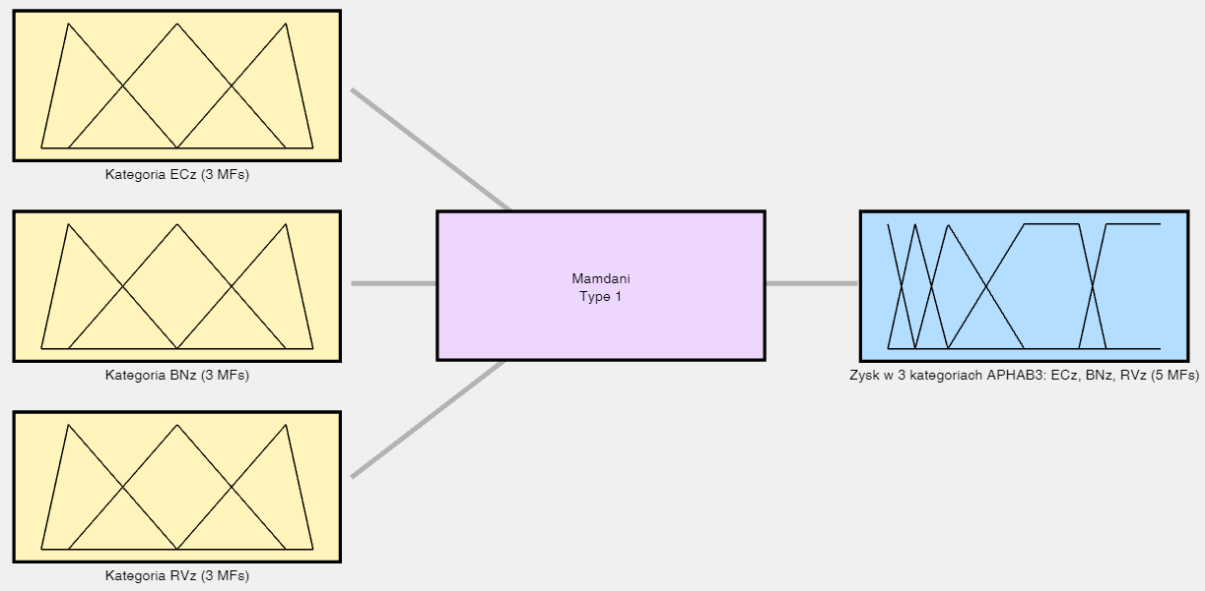
W ten sposób uzyskane wartości zysku dla poszczególnych kategorii zostaną przy zastosowaniu reguł logiki rozmytej wykorzystane do wyznaczenia zysku dla kilku kategorii. Na rysunku 6.5 przedstawiono przykładową funkcję przynależności zysku kategorii EC, BN i RV.



Rysunek 6.5 Przykładowa funkcja przynależności zysku kategorii EC, BN i RV

Skala zysku dla kilku kategorii jest identyczna ze skalą dla pojedynczej kategorii (patrz rysunek 6.3). Dla wyznaczania zysku dla pojedynczej kategorii wykorzystano systemy wnioskowania rozmytego o 3 (kategorie EC, BN, RV) oraz 4 (kategorie EC, BN, RV, AV) wejściach i o jednym wyjściu. Liczba reguł dla tych systemów to odpowiednio 27 i 81. Przykładowy system z trzema wejściami przedstawiono na rysunku 6.6.

MOST WIEDZY Pobrano z mostwiedzy.pl



Rysunek 6.6 Przykładowy system wnioskowania rozmytego o 3 wejściach i jednym wyjściu dla wyznaczania zysku w 3 kategoriach

Aktualnie dostępne są dane dla 16 badanych po zastosowaniu modyfikacji przedstawionej metody. Jedną z przyczyn małej liczby zebranych odpowiedzi była pandemia COVID-19, która ze względu na ograniczenia w możliwości poruszania się i kontaktu z innymi ludźmi nie pozwoliła na swobodne prowadzenie testów z użytkownikami protez słuchowych.

Z 16 badanych tylko 8 osób odbyło drugą wizytę (po 7 dniach). Jednak wszystkie badane osoby wskazały, które z 24 sytuacji dźwiękowych występują w ich otoczeniu, a które nie. W tabeli 6.2 przedstawiono sumaryczne zestawienie ich odpowiedzi.

Tabela 6.2 Odpowiedzi badanych dotyczące występowania sytuacji dźwiękowych bądź braku takiego wystąpienia

Nr sytuacji dźwiękowej	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Występuje	13	12	8	12	14	9	12	10	14	14	13	13	7	13	8	7	11	8	8	12	5	12	6	9
Nie występuje	2	3	7	3	1	6	3	5	1	1	2	2	8	2	7	8	4	7	7	3	10	3	9	6

Ważnym wnioskiem z tego wstępnego badania był fakt, że niektóre z badanych osób wskazywały na potrzebę odsłuchania dźwięków środowiskowych, które odnoszą się do wybranych pytań. Dlatego w ramach propozycji modyfikacji aplikacji przewidziano możliwość podłączenia zbioru dźwięków środowiskowych (patrz rysunek 6.1). W tym celu zostaną wykorzystane nagrania przygotowane na potrzeby systemu A-life 9000 oraz systemu

MOST WIEDZY Pobrano z mostwiedzy.pl

Geers.net [71]. Zbiór nagrań zawiera ponad 170 przykładów dźwięków z różnych obszarów, tj. sygnały ostrzegawcze (np. syrena alarmowa, klakson samochodu), dźwięki natury (np. słowik, szczekanie psa), dźwięki muzyki (np. koncert kameralny, flet), dźwięki związane z pracą (np. tokarka, drukarka, plac budowy), sytuacje konwersacyjne niezakłócane i zakłócane (np. rozmowa w domu, rozmowa w tramwaju), dźwięki związane z ruchem ulicznym czy też innymi obszarami ludzkiej aktywności.

6.2.MODYFIKACJA APLIKACJI

Konsekwencją modyfikacji metody była zmiana projektu i implementacji aplikacji. Architektura systemu pozostała bez zmian. Do przygotowanie aplikacji wykorzystano ponownie platformę LMS Moodle. Dodano między innymi tabele i wykresy wizualizujące stopień upośledzenia zdolności komunikacji w środowiskach akustycznych wymienionych w kwestionariuszu APHAB, jak również zysk z protezowania w tych środowiskach akustycznych. Pozwala to na łatwiejszą ocenę wyników, zarówno dla protetyka słuchu, jak i pacjenta. Na poniższych rysunkach 6.7−6.9 można zobaczyć przykładowe tabele i wykresy pochodzące z wykonanych badań. Jak też wcześniej wspomniano dodano możliwość instalacji bazy dźwięków.

Rysunek 6.7 Wynik ankiety nr 1 (pierwsza wizyta)

MOST WIEDZY Pobrano z mostwiedzy.pl

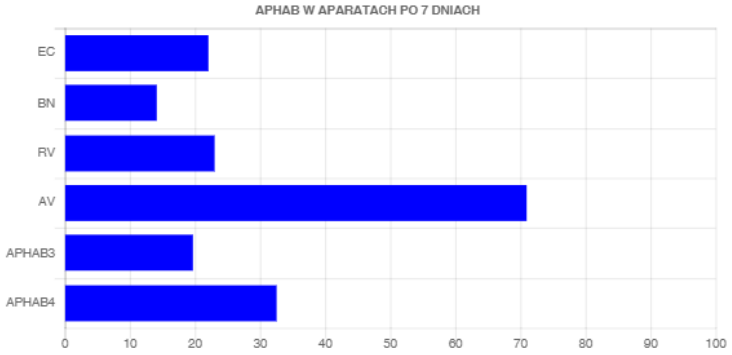
WYNIK ANKIETY

Rysuj tabelę i wykres | Usuń tabelę | Ukryj tabelę i wykres | Pokaż tabelę i wykres

EC - upośledzenie zdolności komunikacji w ciszy	BN - upośledzenie zdolności komunikowania się w obecności szumu otoczenia	RV - upośledzenie zdolności komunikowania się w obecności echa	AV - upośledzenie akceptacji nieprzyjemnych dźwięków	APHAB3 - wartość średnia dla trzech środowisk: EC, BN, RV	APHAB4 - wartość średnia dla czterech środowisk: EC, BN, RV, AV
22.00	14.00	23.00	71.00	19.67	32.50

Powrót do menu

WYKRES: APHAB W APARATACH PO 7 DNIACH



Rysunek 6.8 Wynik ankiety nr 2 (druga wizyta)

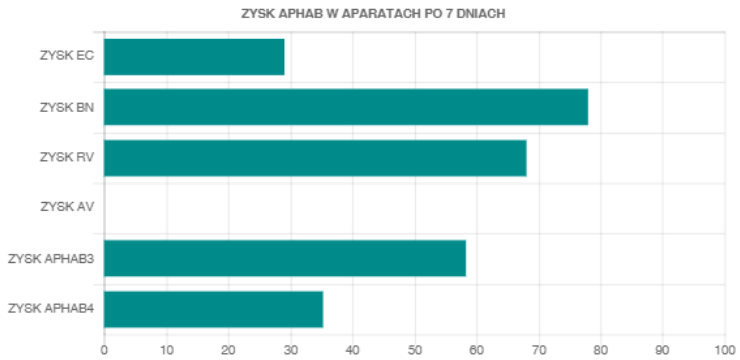
ZYSK Z PROTEZOWANIA PO 7 DNIACH:

Rysuj tabelę i wykres | Usuń tabelę | Ukryj tabelę i wykres | Pokaż tabelę i wykres

EC - poprawa zdolności komunikacji w ciszy	BN - poprawa zdolności komunikowania się w obecności szumu otoczenia	RV - poprawa zdolności komunikowania się w obecności echa	AV - poprawa akceptacji nieprzyjemnych dźwięków	APHAB3 - wartość średnia, POPRAWA dla trzech środowisk: EC, BN, RV	APHAB4 - wartość średnia, POPRAWA, dla czterech środowisk: EC, BN, RV, AV
29.00	78.00	68.00	-34.00	58.33	35.25

Powrót do menu

WYKRES ZYSKU Z PROTEZOWANIA PO 7 DNIACH:



Rysunek 6.9 Zysk protezowania po 7 dniach (druga wizyta)

MOST WIEDZY Pobrano z mostwiedzy.pl

Dla ośmiu badanych wyznaczono zysk z użytkowania aparatów słuchowych z wykorzystaniem reguł logiki rozmytej, które zostały opisane w Dodatku A.

Jednym z aspektów jest czas wypełniania kwestionariusza APHAB. Już obecnie można zauważyć, że istnieje możliwość skrócenia kwestionariusza APHAB poprzez pozostawienie pytań, które są najczęściej związane z sytuacją środowiskową, w której dana osoba przebywa. Można wstępnie oszacować, że pozwoliłoby to na znaczne (śr. ok. 50%) skrócenie czasu związanego z wypełnianiem ankiety. Jednak, aby potwierdzić tę hipotezę należy przeprowadzić badanie na większej grupie osób, mierząc jednocześnie czas wypełniania kwestionariusza.

MOST WIEDZY Pobrano z mostwiedzy.pl

7. WNIOSKI I PODSUMOWANIE

Niniejszy końcowy rozdział rozprawy zawiera podsumowanie wykonanych prac wraz z odniesieniem się do zaproponowanych we Wprowadzeniu tez rozprawy. Dodatkowo zostaną przedstawione możliwe kierunki rozwoju opracowanej metody oceny efektywności protezowania słuchu przy użyciu aparatów słuchowych.

Głównym celem prowadzonych badań było opracowanie metody oceny efektywności protezowania słuchu przy użyciu aparatów słuchowych, która byłaby dostosowana do potrzeb oraz panujących warunków w środowiskach akustycznych, w których najczęściej przebywają osoby w podeszłym wieku. Metoda – w założeniach − miała być łatwa do wdrożenia i możliwa do wykorzystania w punktach protetycznych w oparciu o istniejące zasoby personalne oraz typowe wyposażenie audiologiczne. Metoda powyższa miała też pozwolić oszacowanie korzyści z użytkowania aparatów słuchowych i pozwala na przewidywanie tego rodzaju efektu na podstawie próby krótkoterminowej. Warto podkreślić, że zwykle pod pojęciem krótkoterminowej oceny efektywności rozumie się dokonanie takiej oceny po 30-45 dniach od pierwszego dopasowania aparatów słuchowych [104] [111]. W niniejszej pracy oceniane będą dane uzyskane po 7 dniach użytkowania aparatów słuchowych.

W ramach zaproponowanej schematu działań opracowano aplikację internetową, która została wdrożona w około 200 punktach protetycznych. W trakcie wdrożenia przeszkolono personel tych punktów w posługiwaniu się aplikacją. W trakcie prowadzonych badań zbierano opinie protetyków na temat metody, łatwości oraz od czasochłonności jej stosowania. W ten sposób aspekt wdrożeniowy niniejszej rozprawy doktorskiej został spełniony.

Aplikacja pozwoliła na łatwe gromadzenie i analizowanie danych, co było jednym z celów rozprawy. Warto zaznaczyć, że w trakcie badań nad metodą, w punktach protetycznych, w których została ona wdrożona, zmianie uległa infrastruktura informatyczna, co wiązało się z migracją bazy danych i aplikacji do nowego środowiska. Proces ten przebiegł jednak bez komplikacji. Dane zostały uporządkowane, wyeksportowane w formacie, który ułatwił ich analizę. Autor niniejszej rozprawy był osobą odpowiedzialną za wdrożenie nowego systemu.

Dzięki wdrożeniu metody wraz z aplikacją uzyskano dane dla kilkuset użytkowników aparatów słuchowych, które posłużyły weryfikacji tez i celów pracy.

Przeprowadzono analizę statystyczną uzyskanych wyników uwzględniającą rodzaj użytkowanego aparatu (aparaty jednego producenta należących do tej samej rodziny, ale o dwóch poziomach technologicznych: A i B), jak również stopień niedosłuchu (łagodny, umiarkowany i znaczny).

MOST WIEDZY Pobrano z mostwiedzy.pl

Z przeprowadzonych analiz wynika, że różnice pomiędzy wynikami uzyskanymi w aparatach A i B nie są istotne statystycznie. Warto jednak zauważyć, że korzyści ze stosowania obu typów aparatów słuchowych różnią się znacząco w zależności od środowiska akustycznego, w którym przebywa użytkownik aparatu. Najlepszy wynik uzyskano w przypadku komunikacji w głośnym środowisku (BN), a najgorszy dotyczy akceptacji nieprzyjemnych dźwięków (AV).

W ten sposób udowodniono tezę nr 1:

„Użycie aplikacji internetowej przyspiesza i ułatwia oszacowanie korzyści z użytkowania aparatów słuchowych i pozwala na przewidywanie tego rodzaju efektu na podstawie próby krótkoterminowej."

Z kolei biorąc pod uwagę stopień niedosłuchu, można stwierdzić, że krótkoterminowo dla zmiennej BN (tj. zdolność komunikowania się w obecności szumu otoczenia) i zmiennej APHAB3 (wskaźnik globalny dla sytuacji konwersacyjnych) uzyskano istotne statystycznie różnice dla niedosłuchów stopnia umiarkowanego względem pozostałych stopni niedosłuchu, co wskazuje na to, że możliwa jest dla tej grupy niedosłuchów ocena uzyskanego efektu po krótkoterminowym użytkowaniu.

Potwierdza to tezę nr 2

„Możliwe jest na podstawie statystycznie istotnej próbki wyników badań pacjentów z niedosłuchem wyselekcjonowanie grypy niedosłuchów, dla której jest możliwe dokonanie krótkoterminowej oceny korzyści z użytkowania aparatów słuchowych".

Po dłuższym czasie użytkowania aparatów słuchowych (max. 3 miesiące) można co prawda zauważyć, że korzyści są znacznie większe, zwłaszcza w głośnych sytuacjach BN. Jednak przeprowadzone analizy nie dały wyników istotnych statystycznie. Najprawdopodobniej wpływ na to ma wielkość próby, tj. liczba badanych, którzy byli na trzeciej wizycie. Z 24 badanych, najliczniejszą grupę stanowiły osoby z umiarkowanym stopniem ubytku słuchu (20 osób), najmniejszą z łagodnym stopniem ubytku słuchu (1 osoba).

W niniejszej rozprawie można wyróżnić oryginalne osiągnięcia autora:

- Zaproponowano nową metodę oceny efektywności protezowania słuchu przy użyciu aparatów słuchowych;
- Proponowana metoda została wdrożona w około 200 punktach protetycznych;

MOST WIEDZY Pobrano z mostwiedzy.pl

- Przeprowadzono badania nad krótko- i długoterminowymi (do 3 miesięcy) efektami użytkowania aparatów słuchowych;
- Przygotowano aplikację internetową w ramach metody i przeszkolono personel punktów protetycznych w jej użytkowaniu;
- Przygotowano modyfikację metody oceny efektywności protezowania słuchu przy użyciu aparatów słuchowych;
- Przeprojektowano i przebudowano aplikację internetową pod kątem modyfikacji metody, co pozwoli przeszkolonym już protetykom słuchu na jej wdrożenie w codziennej pracy przy ocenie i wizualizacji zysku z protezowania aparatami słuchowymi.

Modyfikacja zaproponowanej metody uwzględnia możliwość dołączenia zbioru dźwięków, co pozwoliłoby na słuchowe zapoznanie się z sytuacjami środowiskowymi. Ponadto zmodyfikowana wersja aplikacji powinna w przyszłości pozwolić na skrócenie czasu potrzebnego na wypełnienie kwestionariusza dotyczącego środowisk akustycznych, z którymi użytkownik aparatu słuchowego ma do czynienia. Dlatego dalsze prace będą zmierzały do implementacji tej metody i przebadania jej dla kolejnej grupy użytkowników protez słuchowych.

KIERUNKI DALSZYCH BADAŃ

Jeżeli skrócenie ankiety, bez utraty jej wiarygodności, powiedzie się, następnym krokiem może być wykorzystanie metody EMA, czyli przygotowanie kwestionariusza w postaci aplikacji na smartfon, do której użytkownik aparatów miałby dostęp w każdej chwili, i mógłby oceniać słyszenie bez żadnej zwłoki, w czasie rzeczywistym. To z kolei może pozwolić opracowanie danych referencyjnych, które mogłyby pozwolić na porównanie efektu dla osoby rozpoczynającej noszenie aparatów słuchowych z osobami z powodzeniem korzystającymi z tych aparatów oraz w przewidywaniu korzyści, jakie dana osoba odniesie w przyszłości ze stosowania aparatów słuchowych. Inni badacze [111], na podstawie uzyskanych wyników wykazują, że efekty w 2 i 6 miesiącu po interwencji z użyciem aparatów słuchowych nie różniły się istotnie, co sugeruje, że początkowa poprawa zdolności komunikacyjnych mierzona globalnym wynikiem APHAB utrzymywała się przez co najmniej 6 miesięcy po zastosowaniu aparatów słuchowych. Warto zatem zbadać, kiedy uzyskane wyniki nie ulegają już dalszej zmianie.

MOST WIEDZY Pobrano z mostwiedzy.pl

W jednym z artykułów przeglądowych [30] dotyczących przewidywanej satysfakcji z użytkowania aparatów słuchowych, autorzy wskazują, że testy mowy w hałasie mogą mieć największy związek z satysfakcją z aparatów słuchowych, co sugeruje większą rolę oceny percepcji mowy w hałasie w rehabilitacji słuchowej. Zatem sensowne wydaje się również uzupełnienie metody o badanie zrozumiałości mowy w obecności hałasu.

Ponadto przyszły rozwój powinien być ukierunkowany na ekosystem obejmujący bezprzewodowe konsumenckie produkty elektroniczne noszone w, na lub wokół ucha, np. słuchawki połączone ze smartfonem (tzw. *hearables* (HA)). Produkty te spełniają różne funkcje, przede wszystkim komunikacyjno-informacyjno-rozrywkowe, ale również mogą wspomagać i wzmacniać słyszenie, dlatego metodologia zaproponowana przez autora rozprawy doktorskiej może być wykorzystana w formie aplikacji do dopasowania HA.

Warto też zwrócić uwagę, że co prawda istnieje termin audiologii obliczeniowej (ang. *computational audiology* [191]), ale dotyczy on tylko niektórych obszarów, takich jak zdalna ocena słuchu, narzędzia internetowe do zdalnego testowania słuchu lub automatyczne szacowanie audiogramu. Pojawił się również chatbot AI (sztucznej inteligencji), nazwany „Alan the Virtual Audiologist" [https://computationalaudiology.com/ais-latest-frontier-part-3-an-ai-chatbot-for-audiology], który ma odpowiadać na pytania związane z audiologią, należy on jednak do nielicznych przykładów zastosowań sztucznej inteligencji w tej dziedzinie. Można jednak sądzić, że obserwowany intensywny rozwój uczenia maszynowego i inteligentnego przetwarzania sygnałów wpływający na wiele obszarów zdrowia wywarze w niedalekiej przyszłości wpływ na audiologię. Dotyczyć to zapewne będzie konsultacji z użytkownikiem aparatu słuchowego w kontekście dopasowania protezy słuchu. Ocena jakości dopasowania aparatu słuchowego pod kątem korzyści, jakie może zapewnić aparat słuchowy, jest złożonym zagadnieniem. Jeszcze trudniej jest znaleźć wskaźniki, które mogą wskazać przyszłe korzyści z noszenia aparatów słuchowych. Można określić obiektywne parametry aparatu słuchowego, takie jak wzmocnienie, zniekształcenia harmoniczne, pasmo przenoszenia, itp., jednak parametry te nie zawsze mają bezpośredni i decydujący wpływ na subiektywną ocenę jakości dopasowania aparatu słuchowego przez użytkownika. Dlatego można założyć, że właśnie ten obszar zostanie zagospodarowany przez algorytmy decyzyjne.

MOST WIEDZY Pobrano z mostwiedzy.pl

BIBLIOGRAFIA

[1] Abd Elhameed, M., Kamal, N. M., Khalil, G. M., and Bushnaq, M. H. (2023). "Outcome measures of cochlear implant recipients versus hearing aid users in severe sensorineural hearing loss among Egyptian children," https://journals.ekb.eg/article_307115.html, 74(2), pp. 445-42. doi:10.21608/asmj.2023.307115

[2] Abrams, H. B., and Singh, J. (2023). "Preserving the Role of the Audiologist in a Clinical Technology, Consumer Channel, Clinical Service Model of Hearing Healthcare," *Seminars in Hearing*, 44(03), pp. 302-318. doi:10.1055/s-0043-1769627

[3] Akbarzadeh, S., Lobarinas, E., and Kehtarnavaz, N. (2022). "Online Personalization of Compression in Hearing Aids via Maximum Likelihood Inverse Reinforcement Learning," *IEEE Access*, 10, pp. 58537-58546. doi:10.1109/ACCESS.2022.3178594.

[4] Almufarrij, I., Dillon, H., and Munro, K. J. (2021). "Does Probe-Tube Verification of Real-Ear Hearing Aid Amplification Characteristics Improve Outcomes in Adults? A Systematic Review and Meta-Analysis," *Trends in Hearing*, 25. doi:10.1177/2331216521999563

[5] Amalani, A. M., Tylor, B., Levy, C., and Robbins, R. (2013). "Utility of Smartphone-basedHearing Aid Applications as a Substitute to Traditional Hearing Aids," *The Hearing Review*, 20(13).

[6] Andersen , A. H., Santurette , S., Pedersen , M. S., Alickovic, E., Fiedler , L., Jensen , J., and Behrens , T. (2021). "Creating Clarity in Noisy Environments by Using Deep Learning in Hearing Aids," *Seminars in Hearing*, 42(03), pp. 260-281. doi:10.1055/s-0041-1735134

[7] Ardiansyah, A., Hitoyoshi, B., Halim, M., Hanafiah, N., and Wibisurya, A. (2021). "Systematic Literature Review: American Sign Language Translator," *Procedia Computer Science*, 179(2), pp. 541-549. doi:10.1016/j.procs.2021.01.038

[8] Ateş, C., Kaymaz, Ö., Kale, E. H., and Tekindal, A. M. (2019). "Comparison of Test Statistics of Nonnormal and Unbalanced Samples for Multivariate Analysis of Variance in terms of Type-I Error Rates," *Computational and Mathematical Methods in Medicine*, 2019. doi:10.1155/2019/2173638

[9] Au, A., Blakeley, J. M., Dowell, R. C., and Rance, G. (2018). "Wireless binaural hearing aid technology for telephone use and listening in wind noise," *International Journal of Audiology*, 58(4), pp. 1499-2027. doi:10.1080/14992027.2018.1538573

[10] Ba Mashmous, M. H. (2022). "Efficacy of Remote Hearing Aids Programming Using Teleaudiology: A Systematic Review," *E-Health Telecommunication Systems and Networks*, 11, pp. 14-33. doi:10.4236/etsn.2022.111002

[11] Beck, D., Tryanski, D., and Kai Loong Man, B. (2021). "Sound Quality and Hearing Aids," *The Hearing Review*, 28(8), pp. 30-31. Retrieved from https://hearingreview.com/hearing-products/hearing-aids/psap/sound-6

[12] Bennett, R. J., Swanepoel, D., Ratinaud, P., Bailey, A., Pennebake, J. W., and Manchaiah, V. (2021). "Hearing aid acquisition and ownership: what can we learn from online consumer reviews?" *International Journal of Audiology*, 60(7), pp. 1-10. doi:10.1080/14992027.2021.1931487

[13] Blustein, J., Weinstein, B. E., and Chodosh, J. (2023). "It is time to change our message about hearing loss," *Journal of the American Geriatrics Society*, 71(8), pp. 3676-2679. doi:10.1111/jgs.18323

MOST WIEDZY Pobrano z mostwiedzy.pl

[14] Blustein, J., Wienstein, B. E., Chodosh, J. (2023). "A Closer Look at Hearing Loss, Dementia, and Stigma," *The Hearing Journal*, 76(6), pp. 23-24. doi:10.1097/01.HJ.0000938616.47591.bf
[15] Bray, V., and Nilsson, M. (2002). "Assessing Hearing Aid Fittings: An Outcome Measures Battery Approach. In M. Valente, Strategies for Selecting and Verifying Hearing Aid Fittings", (pp. 151-175). Thieme.
[16] Brian, E. W., Marilyn, E. D., and Ernest, L. H. (1984). "Self-report approach to assessing benefit derived from amplification," *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 27, pp. 49-56.
[17] Brian, T. A. (2007). AudiologyOnline. Retrieved 07 06, 2017, from AudiologyOnline: http://www.audiologyonline.com/articles/self-report-assessment-hearing-aid-931
[18] Brodie, A., Smith, B., and Ray, J. (2018). "The impact of rehabilitation on quality of life after hearing loss: a systematic review," *European Oto-Rhino-Laryngology*, 275(10), pp. 2435-2440. doi:10.1007/s00405-018-5100-7
[19] Byrne, D., Dillon, H., Ching, T., Katsch, R., and Keidser, G. (2001, 01). "NAL-NL1 procedure for fitting nonlinear hearing aids: characteristics and comparisons with other procedures," 12(1), pp. 37-51. doi.org/10.1055/s-0041-1741117
[20] C., N., B., W., G., J., and G., H. (1991). "Test-retest reliability of the Hearing Handicap Inventory for Adults," *Ear and Hearing*, 12(5), pp. 355-357.
[21] Calegari, R., Ciatto, G., Denti, E., and Omicini, A. (2020). "Logic-Based Technologies for Intelligent Systems: State of the Art and Perspectives," *Information*, 11(3), p. 167. doi:10.3390/info11030167
[22] Cañete, O. M. (2023). "The 12-item Speech, Spatial and Qualities of Hearing Scale questionnaire: administration suggestions and guidance," *Audito Spanish Journal of Audiology*, 7. doi:10.51445/sja.auditio.vol7.2023.0094
[23] Cassarly, C., Matthews, L. J., Simpson, A. N., and Dubno, J. R. (2020). "The Revised Hearing Handicap Inventory and Screening Tool Based on Psychometric Reevaluation of the Hearing Handicap Inventories for the Elderly and Adults," *Ear and Hearing*, 41(1), pp. 95-105. doi:10.1097/AUD.0000000000000746
[24] Catherine, V. P., Gustav, H. M., and Melanie, M. (1999). "Profile of Aided Loudness: A validation procedure," *The Hearing Journal*, 52 (6), pp. 34,36,40-42.
[25] Chandrasekhar, S. S., Tsai Do, B. S., Schwartz, S. R., Bontempp, L. J., Faucett, E. A., Finestone, S. A., et al. (2019). "Clinical Practice Guideline: Sudden Hearing Loss (Update)," *Otolaryngology–Head and Neck Surgery*, 161(1), pp. S1-S45. doi:10.1177/0194599819859885
[26] Cho, Y. S., Kang, S. J., Lim, J. H., Kang, H. S., Seo, W. J., Moon, J. I., and Hong, S. H. (2020). "Effectiveness of Wireless Streaming on Telephone Conversation in Users of Hearing Aids," *Korean Journal of Otorhinolaryngology - Head and Neck Surgery*, 63(3), pp. 101-107. doi:10.3342/kjorl-hns.2019.00528
[27] Cox, R. M. (1997). "Administration And Application Of The APHAB," *The Hearing Journal*, 50(4), pp. 32,35-36,38,40-41,44-45,48. doi:10.1097/00025572-199704000-00002
[28] Cox, R. M., and Alexander, G. C. (1995). "The abbreviated profile of hearing aid benefit," *Ear and Hearing*, 16(2), pp. 176-186. doi:10.1097/00003446-199504000-00005
[29] Czyżewski A., K. B. (2000). "Expert System for Hearing Aids Fitting," 108th AES Convention, Preprint 5094(D-5).
[30] Davidson, A., Marrone, N., Wong, B., and Musiek, F. (2021). "Predicting Hearing Aid Satisfaction in Adults: A Systematic Review of Speech-in-noise Tests and Other

MOST WIEDZY Pobrano z mostwiedzy.pl

Behavioral Measures," *Ear and Hearing*. 42(6), pp. 1485-1498. doi:0.1097/AUD.0000000000001051
[31] De Sousa, K. C., Manchaiah, V., Moore, D. R., Graham, M. A., and Swanepoel, D. W. (2023). "Effectiveness of an Over-the-Counter Self-fitting Hearing Aid Compared With an Audiologist-Fitted Hearing Aid," *JAMA Otolaryngol Head Neck Surgery*, 149(6), pp. 522–530. doi:10.1001/jamaoto.2023.0376
[32] Derleth , P., Georganti, E., Latzel, M., Courtois, G., Hofbauer, M., Raether, J., and Kuehnel, V. (2021). "Binaural Signal Processing in Hearing Aids," *Seminars in Hearing*, 42(3), pp. 206-223. doi:10.1055/s-0041-1735176
[33] Devis, T., and Manju, M. (2018). "Multirate and Filterbank Approaches in Digital Hearing Aid Design: A Review," *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 396. doi:10.1088/1757-899X/396/1/012036
[34] Dikec, G., Türk, E., Yüksel, E., Çelebi, K., and Özdemir, M. (2023). "Experiences of Hearing Parents of Children with Hearing Loss: A Qualitative Study," *Children*, 10(7). doi:10.3390/children10071129
[35] Dillon, H. (2012). "Hearing Aids" (2nd edition ed.). Thieme.
[36] Dobrucki, A. (2007). "Przetworniki elektroakustyczne," Warszawa: Wydawnictwo Naukowo-Techniczne.
[37] Dobrucki, A. (2011). "Nonlinear Distortions in Electroacoustic Device," *Archives of Acoustics*, 36(2), pp. 437-460. doi:10.2478/v10168-011-0031-y
[38] Donald, J. S. (1999). "Perceived Hearing Aid Benefit in Relation to Perceived Needs," *Journal of the American Academy of Audiology*, 10 (1), pp. 40-45.
[39] D'Onofrio, K. L., and Zeng, F.-G. (2022). "Tele-Audiology: Current State and Future Directions," *Frontiers in Digital Health*, 3. doi:10.3389/fdgth.2021.788103
[40] Dreschler, W. G. (2008). "Client-based adjustments of hearing aid gain: The effect of different control configurations," *Ear and Hearing*, 29(2): pp. 214-227.
[41] Edward, H. (2009). "Dopasowanie aparatów słuchowych," Łódź: Mediton Oficyna Wydawnicza.
[42] Edward, H. (2014). "Protetyka Słuchu," Poznań: Wydawnictwo Naukowe UAM.
[43] EHIMA. (2018). Retrieved 07 29, 2023, from EHIMA |Documents | EuroTrak Poland: https://www.ehima.com/wp-content/uploads/2021/02/EuroTrak_2016_POLAND.pdf
[44] EHIMA. (2018). Retrieved 07 29, 2023, from Documents | EHIMA | EuroTrak Germany: https://www.ehima.com/wp-content/uploads/2018/06/EuroTrak_2018_GERMANY.pdf
[45] EHIMA. (2018). Retrieved 07 29, 2023, from Documents | EHIMA | EuroTrak France: https://www.ehima.com/wp-content/uploads/2018/07/EuroTrak_2018_FRANCE.pdf
[46] EHIMA. (2018). Retrieved 07 29, 2023, from Documents | EHIMA | EuroTrak UK: https://www.ehima.com/wp-content/uploads/2021/02/EuroTrak_2018_UK.pdf
[47] EHIMA. (2020). EHIMA. Retrieved 07 29, 2023, from Classification of Hearing Aids and Accessories: https://www.ehima.com/wp-content/uploads/2020/08/Classification-Document-v15.2.pdf
[48] EHIMA. (2022). Retrieved from EHIMA |Documents | EuroTrak Germany 2022: https://www.ehima.com/wp-content/uploads/2022/06/EuroTrak_Germany_2022.pdf
[49] EHIMA. (2022). Retrieved 08 11, 2023, from Documents | EHIMA | EuroTrak UK: https://www.ehima.com/wp-content/uploads/2023/01/EuroTrak-UK_2022_Report.pdf
[50] EHIMA. (2019). Retrieved 08 11, 2023from EHIMA |Documents | EuroTrak Poland 2019: https://www.ehima.com/wp-content/uploads/2019/11/Anovum_EuroTrak_2019_Poland.pdf

MOST WIEDZY Pobrano z mostwiedzy.pl

[51] EHIMA. (2023). Retrieved from EHIMA | Documents | Eurotrak France 2022: https://www.ehima.com/wp-content/uploads/2022/06/EuroTrak-France-2022.pdf
[52] EHIMA. (2023). EHIMA. Retrieved 08 01, 2023, from Surveys: https://www.ehima.com/surveys/
[53] Elberling C, K. V. (1999). "Hearing instruments: Interaction with user preference. In Auditory Models and Non-Linear Hearing Instruments," *Proc 18th Danavox Symposium (eds. AN Rasmussen, PA Osterhammel, T Andersen, and T Poulsen)*, 341-347.
[54] Ferguson, M., Maidment, D., Henshaw, H., and Heffernan, E. (2019). "Evidence-Based Interventions for Adult Aural Rehabilitation: That Was Then, This Is Now," *Seminars in Hearing*, 40(01), pp. 068-084. doi:10.1055/s-0038-1676784
[55] Furuki, S., Sano, H., Kurioka, T., Nitta, Y., Umehara, S., Hara, Y., and Yamashita, T. (2023). "Investigation of hearing aid fitting according to the national acoustic laboratories' prescription for non-linear hearing aids and the desired sensation level methods in Japanese speakers: a crossover-controlled trial," *Auris Nasus Larynx*, 50(5), pp. P708-713. doi:10.1016/j.anl.2023.01.004
[56] GBD 2019 Hearing Loss Collaborators. (2021). "Hearing loss prevalence and years lived with disability, 1990–2019: findings from the Global Burden of Disease Study 2019," *The Lancet Journal*, 397(10278), pp. 996-1009. doi:10.1016/S0140-6736(21)00516-X
[57] Giordano, P., Argentero, P., Canale, A., Lacilla, M., and Albera, R. (2013). "Evaluation of hearing aid benefit through a new questionnaire: CISQ (Complete Intelligibility Spatiality Quality)," *Acta Otorhinolaryngologica Italica*, 5(33), pp. 329-336.
[58] Glista,, D., O'Hagan, R., Van Eeckhoutte, M., Lai, Y., and Scollie, S. (2021). "The use of ecological momentary assessment to evaluate real-world aided outcomes with children," *International Journal of Audiology*, 60(sup1), pp. S68-S78. doi:10.1080/14992027.2021.1881629
[59] Goodwin, M. V., Hogervorst, E., and Maidment, D. W. (2023). "Physical activity interventions for adults with hearing loss: a systematic review," *Speech, Language and Hearing*. doi:10.1080/2050571X.2023.2222261
[60] Graetzer, S., Barker, J., Cox, T. J., Akeroyd, M., Culling, J. F., Naylor, G., et al. (2021). Clarity-2021 challenges : machine learning challenges for advancing hearing aid processing," *Proceedings of the Annual Conference of the International Speech Communication Association*, INTERSPEECH, 2, pp. 686-690. doi:10.21437/Interspeech.2021-1574
[61] Granberg, S., and Gustafsson, J. (2021). "Key findings about hearing loss in the working-life: a scoping review from a well-being perspective," *International Journal of Audiology*, 60(sup2), pp. 60-70. doi:10.1080/14992027.2021.1881628
[62] Green, T., Hilkhuysen, G., Huckvale, M., Rosen, S., Brookes, M., Moore, A., et al. (2022). "Speech recognition with a hearing-aid processing scheme combining beamforming with mask-informed speech enhancement," *Trends in Hearing*, 26. doi:10.1177/23312165211068629
[63] Gromulska, L., Wysocki, M. J., and Goryński, P. (2008). "Lata przeżyte w zdrowiu (Healthy Life Years, HLY – zalecany przez unię europejską syntetyczny wskaźnik sytuacji zdrowotnej ludności," *Przegląd Epidemiologiczny*, 62, pp. 811-820. Retrieved 08 02, 2023, from http://www.eurohex.eu/bibliography/pdf/Gromulska_2008-1416585985/Gromulska_2008.pdf
[64] Groth, J., Ruggles, D., and Ellison, J. (2020). AudiologyOnline. Retrieved 07 29, 2023, from Articles | Hearing Aids - Adults :

MOST WIEDZY Pobrano z mostwiedzy.pl

https://www.audiologyonline.com/articles/resound-21st-century-hearing-aids-27299?print=true
[65] Guirguis, D., and Parham, K. (2020). "Operative techniques in Otolaryngology: Hearing restoration options," *Operative Techniques in Otolaryngology-Head and Neck Surgery*, 31(3), pp. 223-230. doi:10.1016/j.otot.2020.07.007
[66] Gustav, H. M., and Catherine, V. P. (1998). "The Profile of Aided Loudness: A new "PAL" for '98," *The Hearing Journal*, 51(1), pp. 10, 12-19.
[67] H., D., G., B., and R., L. (1999). "Measuring outcomes of a national rehabilitation program: Normative date for the Client Oriented Scale of Improvement (COSI) and the Hearing Aid User's Questionnaire (HAUQ)," *Journal of the American Academy of Audiology*, 10(2), pp. 67-79.
[68] Hackenberg, B., Döge, J., Lackner, K. J., Beutel, M. E., Münzel, T., Pfeiffer, N., . . . Bahr, K. (2022). "Hearing Loss and Its Burden of Disease in a Large German Cohort—Hearing Loss in Germany," *The Laryngoscope*, 132(9), pp. 1843-1849. doi:10.1002/lary.29980
[69] Hallenbeck, S. A., and Groth, J. (2008). "Thin-tube and receiver-in-canal devices There is positive feedback on both!" *The Hearing Journal*, 61(1), pp. 28, 30, 34. doi:10.1097/01.HJ.0000306251.55189.50
[70] Harvey, D., and James, A. G. (1997). "Client Oriented Scale of Improvement (COSI) and Its Relationship to Several other Measures of Benefit and Satisfaction Provided by Hearing Aids," *Journal of the American Academy of Audiology*, 8(1), pp. 27-43. Retrieved from https://www.researchgate.net/publication/14165199_Client_Oriented_Scale_of_Improvement_COSI_and_its_relationship_to_several_other_measures_of_benefit_and_satisfaction_provided_by_hearing_aids
[71] Haubold J., S. C. (2000). "Fitting for an "Auditory Life"," *The Hearing Review*; 7(9); 42-51; 76.
[72] Hearing Aid Research Lab (HARL). (n.d.). Hearing Aid Research Lab (HARL). Retrieved 07 29, 2023, from Abbreviated Profile of Hearing Aid Benefit (APHAB): https://harlmemphis.org/wp-content/uploads/2020/05/Aphab_A_new.pdf
[73] Hearing Industries Association. (2023). Better Hearing. Retrieved 08 01, 2023, from Polis/Research | MakeTrak: https://betterhearing.org/policy-research/marketrak/
[74] Heffernan, E., Withanachchi, C. M., and Ferguson, M. A. (2022). "'The worse my hearing got, the less sociable I got': a qualitative study of patient and professional views of the management of social isolation and hearing loss," *Age and Aging*, 51(2). doi:10.1093/ageing/afac019
[75] Hillary, A. S., Fred, D. H., Xuezhong, L., and Suhrud, M. R. (2017). "Comparison of Speech-in-Noise and Localization Benefits in Unilateral Hearing Loss Subjects Using Contralateral Routing of Signal Hearing Aids or Bone-Anchored Implants,' *Otology and Neurotology*, 38(1), pp. 11-18.
[76] Hohmann, V. (2023). "The future of hearing aid technology," *Zeitschrift für Gerontologie und Geriatrie*, 56. doi:10.1007/s00391-023-02179-y
[77] https://starkeypro.com. (2017). Retrieved 08 10, 2017, from https://starkeypro.com/research/research-resources/hearing-in-noise-test
[78] Humes, L. E., Rogers, S. E., Quigley, T. M., Main, A. K., Kinney, D. L., and Herring, C. (2017). "The Effects of Service-Delivery Model and Purchase Price on Hearing-Aid Outcomes in Older Adults: A Randomized Double-Blind Placebo-Controlled Clinical Trial," *American Journal of Audiology*, 26, pp. 53-79. doi:10.1044/2017_AJA-16-0111

MOST WIEDZY Pobrano z mostwiedzy.pl

[79] IBM. (2021). IBM Documentation. Retrieved 08 03, 2023, from Analiza wielowymiarowa wariancji (MANOVA): https://www.ibm.com/docs/pl/spss-statistics/beta?topic=statistics-multivariate-analysis-variance-manova
[80] Jani, A. J., Robyn, M. C., and Genevieve, C. A. (2010). "Development of APHAB Norms for WDRC Hearing Aids and Comparisons with Original Norms," *Ear and Hearing*, 31(1), pp. 47-55. doi:10.1097/AUD.0b013e3181b8397c
[81] Jensen, N. S., Hau, O., Lelic, D., Herrlin, P., Wolters, F., and Smeds, K. (2019). "Evaluation of auditory reality and hearing aids using an ecological momentary," *PROCEEDINGS of the 23rd International Congress on Acoustics*. Achen. Retrieved from https://www.researchgate.net/publication/335988604_Evaluation_of_auditory_reality_and_hearing_aids_using_an_ecological_momentary_assessment_EMA_approach
[82] Jiang, F., Mishra, S. R., Shrestha, N., Ozaki, A., Virani, S. S., Bright, T., et al. (2023). "Association between hearing aid use and all-cause and," *The Lancet Public Health*, 8(5), pp. e329–38. doi:10.1016/
[83] Jorgensen, L. E. (2016). "Verification and validation of hearing aids: Opportunity not an obstacle," Journal of otology, 11, pp. 57-62. doi:10.1016/j.joto.2016.05.001
[84] Joseph, A. R. (2022). "Hearing Health Outcomes as a Function of Age, Gender, and Diversity," *Seminars in Hearing*, 43(4), pp. 324–338. doi:10.1055/s-0042-1758377
[85] Jürgen, R., T., B. Ü., and Shekhar, S. (1999). "On the development and psychometric testing of the WHO screening instrument to assess disablement in the general population.," *International Journal of Methods in Psychiatric Research*, 8(2), pp. 110-122.
[86] Kamal, W. A., Essawy, W. M., Emara, A. A., and El-Gharib, A. M. (2023). "Using the hearing in noise test (HINT) in the assessment of the performance of directional microphone," *The Egyptian Journal of Otolaryngology*, 39(23). doi:10.1186/s43163-023-00390-7
[87] Kathy, R. D., and Nancy, L. A. (2006). "A Comparison of the HINT and Quick SIN Tests," *Journal of Speech-Language Pathology and Audiology*, 30(2), pp. 86-94.
[88] Keidser, G., Dillon, H., Carter, L., and O'Brien, A. (2012). "NAL-NL2 Empirical Adjustments," *Trends in Amplification*, 16(4), pp. 211-223. doi:10.1177/1084713812468511
[89] Kellel, I., and Fourati, H. C. (2018). "Integrating Emotion Extraction from Text into Moodle E-learning Platform," *2018 17th International Conference on Information Technology Based Higher Education and Training* (ITHET). doi:10.1109/ITHET.2018.8424795
[90] Kilion, M. C., Niquette, P. A., Gudmundsen, G. I., Revit, L. J., and Banerjee, S. (2004). "Development of a quick speech-in-noise test for measuring signal-to-noise ratio loss in normal-hearing and hearing-impaired listeners," *The Journal of the Acoustical Society of America*, 4(116), pp. 2395-2405. doi:https://doi.org/10.1121/1.1784440
[91] Kliesch, S., Chalupper, J., Lenarz, T., and Büchner, A. (2023). "Evaluation of Two Self-Fitting User Interfaces for Bimodal CI-Recipients," *Applied Sciences*, 13(14). doi:10.3390/app13148411
[92] Kosko, B. (1997). "Fuzzy Engineering," Prentice Hall.
[93] Kostek, B. (n.d.). Katedra Systemów Multimedialnych. Retrieved from Materiały pomocnicze do zajęć: https://multimed.org/student/wsi/ai_tech_Wpro_SI_W5_logika-rozmyta_student.pdf
[94] Kwak, M. Y., Choi, R. W., Park, W. J., Hwang, E. J., Ha, Y. R., Chung, J. W., and Kang, S. W. (2019). "Assessment of Objective Audiometry to Predict Subjective

MOST WIEDZY Pobrano z mostwiedzy.pl

Satisfaction in Patients With Hearing Aids," *Clinical and Experimental Otorhinolaryngology*, 13(2), pp. 141-147. doi:10.21053/ceo.2019.00871
[95] Larry, E. H. (1999). "Dimensions of hearing aid outcome," *Journal of the American Academy of Audiology*, 10 (1), pp. 26-39. doi:10.1055/s-0042-1748328
[96] Larry, E. H., and Lauren, E. H. (2004). "Factors Affecting Long-Term Hearing Aid Success," *Seminars in Hearing*, 25(1), pp. 63-72.
[97] Lieu, J. E., Kenna, M., Anne, S., and Davidson, L. (2020). "Hearing Loss in Children A Review," *Journal of the American Medical Association*, 324(21), pp. 2195-2205. doi:10.1001/jama.2020.17647
[98] Link, F. R., Pike, J. R., Albert, M. S., Arnold, M., Burgard, S., Chisolm, T., et al. (2023). "Hearing intervention versus health education control to reduce cognitive decline in older adults with hearing loss in the USA (ACHIEVE): a multicenter, randomized controlled trial," *The Lancet*. 17:S0140-6736(23)01406-X. doi:10.1016/S0140-6736(23)01406-X
[99] Lisa, L. M. (2009). AudiologyOnline. Retrieved 07, 2017, from http://www.audiologyonline.com/articles/subjective-and-objective-measures-hearing-891
[100] Livingston, G., and Costafreda, S. (2023). "Preventing dementia through correcting hearing: huge progress but more to do," *The Lancet Public Health*, 8(5), pp. E319-E320. doi:10.1016/S2468-2667(23)00058-0
[101] Löhler, J., Gräbner, F., Wollenberg, B., Schalttmann, P., and Schönweiler, R. (2017). "Sensitivity and specificity of the abbreviated profile of hearing aid benefit (APHAB)," *European Archives of Oto-Rhino-Laryngology*, 274(10), pp. 3593-3598. doi:10.1007/s00405-017-4680-y
[102] Lopez-Poveda, E. A., Johannesen, P. T., Pe´rez-Gonzalez, P., Blanco, J. L., Kalluri, S., and Edwards, B. (2017). "Predictors of Hearing-Aid Outcomes," *Trends in Hearing*, 21, pp. 1-28. doi:10.1177%2F2331216517730526
[103] Lorens, A., Kruszyńska, M., Obrycka, A., Skarżyński, P. H., Wilson, B., and Skarżyński, H. (2019). "Binaural advantages in using a cochlear implant for adults with profound unilateral hearing loss," *Acta Oto-Laryngologica*, 139(2), pp. 153-161. doi:10.1080/00016489.2018.1535190
[104] Lu-Feng, S., and Karen, A. D. (2007). "Aided loudness growth and satisfaction with everyday loudness perception in compression hearing aid users," *Journal of the American Academy of Audiology*, 18(3), pp. 206-219. doi: 10.3766/jaaa.18.3.3
[105] Madiment, D. W., Wallhagen, M. I., Dowd, K., Mick, P., Erin, P., Spankovich, C., and Urry, E. (2023). "New horizons in holistic, person-centred health promotion for hearing healthcare," *Age and Ageing*, 52(4), pp. 1-8. doi:10.1093/ageing/afad040
[106] Maidment, D. W., Barker, A. B., Xia, J., and Ferguson, M. A. (2018). "A systematic review and meta-analysis assessing the effectiveness of alternative listening devices to conventional hearing aids in adults with hearing loss," *International Journal of Audiology*, 57(10), pp. 721-729. doi:10.1080/14992027.2018.1493546
[107] Malcolm, K. A., Suen, J. J., and Nieman, C. L. (2022). "Socioeconomic position and hearing loss: current understanding and recent advances," *Current Opinion in Otolaryngology and Head and Neck Surgery*, 30(5), pp. 351-357. doi:10.1097/MOO.0000000000000831
[108] Manchaiah, V., Taylor, B., Dockens, A. L., Tran, N. R., Lane, K., Castle, M., and Gover, V. (2017). "Applications of direct-to-consumer hearing devices for adults with hearing loss: a review," *Clinical Interventions in Aging*, 12, pp. 859-871. doi:https://doi.org/10.2147/CIA.S135390

MOST WIEDZY Pobrano z mostwiedzy.pl

[109] Marilyn, E. D., and Sue, A. E. (1987). "Development of the communication profile for the hearing impaired," Journal of Speech and Hearing Disorders, 52(2), pp. 129-143.
[110] Mathers, C., Smith, A., and Concha, M. (2000). "Global burden of hearing loss in the year 2000," *Global Burden of Disease*. Retrieved from https://www.researchgate.net/publication/242491774_Global_burden_of_hearing_loss_in_the_year_2000
[111] McArdel, R., Chisolm, T. H., Abrams, H. B., Wilson, R. H., and Doyle, P. J. (2005). "The WHO-DAS II: measuring outcomes of hearing aid intervention for adults," *Trends in Amplification*, 9(3), pp. 127-143. doi:10.1177/108471380500900304
[112] McDaid, D., Park, A., and Chadha, S. (2021). "Estimating the global costs of hearing loss,". *International Journal of Audiology*, 60(3), pp. 162-170. doi:10.1080/14992027.2021.1883197
[113] Mendel, J. M. (1995). "Fuzzy logic systems for engineering: a tutorial," *Proceedings of the IEEE*, 83(3), pp. 345-377. doi:10.1109/5.364485
[114] Mertens, G., Andreis, E., Clement, c., Cochet, E., Hofkens - Vand den Brandt, A., Jacquemin, l., and Jonssen, I. (2023). "Contralateral hearing aid use in adult cochlear implant recipients: retrospective analysis of auditory outcomes," *International Journal of Audiology*. doi:10.1080/14992027.2023.2209697
[115] Method for the subjective assessment of intermediate quality level of audio systems. (n.d.). ITU-R BS.1534-3 (10/2015).
[116] Midway, S., Robertson, M., Flinn, S., and Kaller, M. (2020). "Comparing multiple comparisons: practical guidance for choosing the best multiple comparisons test," *PeerJ*. doi:10.7717/peerj.10387
[117] Moberly, A. C., Vasil, K., Baxter, J., Klamer, B., Kline, D., and Ray, C. (2020). "Comprehensive auditory rehabilitation in adults receiving cochlear implants: A pilot study," *Laryngoscope Investigative Otolaryngology*, 5(5), pp. 911-918. doi:10.1002/lio2.442
[118] Mondol, R. S., Kim, H. J., Kim, K. S., and Lee, S. (2022). "Machine Learning-Based Hearing Aid Fitting Personalization Using Clinical Fitting Data," *Journal of Healthcare Engineering*, 2022. doi:doi.org/10.1155/2022/1667672
[119] Moodle Open source learning platform. (2018). Retrieved from About Moodle: https://moodle.org/
[120] Moore, B. J. (2005). "Comparison of two adaptive procedures for fitting a multi-channel compression hearing aid," *International Journal of Audiology*, 44(6): 345-357.
[121] Murray, C. J., Ezzati, M., Flaxman, A. D., Lim, S., Lozano, R., Michaud, C., et al. (2012). "GBD 2010: design, definitions, and metrics," *The Lancet*, 380(9859), pp. 2063-2066. doi:10.1016/S0140-6736(12)61899-6
[122] Nabelek, A. K., Freyaldenhoven Bryan, M., Tampas, J. W., Burchfiel, S. B., and Muenchen, R. A. (2006). "Acceptable noise level as a predictor of hearing aid use," *Journal of the American Academy of Audiology*, 17(9), pp. 626-639. doi:10.3766/jaaa.17.9.2
[123] Nabelek, A. K., Tucker, F. M., and Letowski, T. R. (1991). "Toleration of background noises: Relationship with patterns of hearing aid use by elderly persons," *Journal of Speech and Hearing Research*, 34(3), pp. 679-685. Retrieved from https://www.researchgate.net/publication/21082723_Toleration_of_background_noises_Relationship_with_patterns_of_hearing_aid_use_by_elderly_persons
[124] Ni, A., Lobarinas, E., and Kehtarnavaz, N. (2023). "Personalization of Hearing AID DSLV5 Prescription Amplification in the Field via a Real-Time Smartphone APP,"

MOST WIEDZY Pobrano z mostwiedzy.pl

2023 24th International Conference on Digital Signal Processing (DSP), (pp. 1-5). Rhodes (Rodos). doi:10.1109/DSP58604.2023.10167984
[125] Noble, W. (2013). "Self-Assessment of Hearing," Plural Publishing Inc.
[126] Oh, S. H., and Lee, J. (2016). "General Framework of Hearing Aid Fitting Management," *Journal of Audiology and Otology*, 20(1), pp. 1-7. doi:10.7874/jao.2016.20.1.1
[127] Pedersen, C. C., Redersen, E. R., Laugesen, S., Sanchez-Lopez, R., Nielsen, J., Sørensen , C. B., et al. (2023). "Comparison of hearing aid fitting effectiveness with audiograms from either user-operated or traditional audiometry in a clinical setting: a study protocol for a blinded non-inferiority randomized controlled trial," *BMJ Open*, 13(3). doi:10.1136/bmjopen-2022-065777
[128] Perez-Heydrich, C., Zenczak , C., Roque , L., Ryan , C., Agrawal , Y., and Sayyid, Z. N. (2023). "The role of hearing professionals for over-the-counter hearing aids," *Frontiers in Audiology and Otology*, 1. doi:10.3389/fauot.2023.1167853
[129] Picou, E. M. (2022). "Hearing Aid Benefit and Satisfaction Results from the MarkeTrak 2022 Survey: Importance of Features and Hearing Care Professionals," *Seminars in Hearing*, 43(4), pp. 301-316. doi:10.1055/s-0042-1758375
[130] Pieper, S. H., Hamze, N., Brill, S., Hochmuth, S., Exter, M., Polak, M., et al. (2022). "Considerations for Fitting Cochlear Implants Bimodally and to the Single-Sided Deaf," *Trends in Hearing*, 26, pp. 1-25. doi:10.1177/23312165221108259
[131] Powers, T. A., and Bisgaard, N. (2022). "MarkeTrak and EuroTrak: What We Can Learn by Looking Beyond the U.S. Market," *Seminars in Hearing*, 43(4), pp. 348-356. doi:10.1055/s-0042-1758361
[132] Powers, T. A., and Carr, K. (2022). "MarkeTrak 2022: Navigating the Changing Landscape of Hearing Healthcare," *The Hearing Review*. Retrieved from https://hearingreview.com/inside-hearing/research/marketrak-2022-navigating-the-changing-landscape-hearing-healthcare
[133] Prabhu, P., and Barman, A. (2017). "Effectiveness of Low Cut Modified Amplification using Receiver in the Canal Hearing Aid in Individuals with Auditory Neuropathy Spectrum Disorder," *International Archives of Otorhinolaryngology*, 21(03), pp. 243-249. doi:10.1055/s-0036-1593471
[134] Pumford, J., Scollie, S., Folkeard, P., Pietrobon, J., and Abbasalipour, P. (2021). Audilogyonline. Retrieved 07 29, 2023, from Vent Corrections for Simulated Real-Ear Measurements of Hearing Aid Fittings in the Test Box: https://www.audiologyonline.com/articles/audioscan-vent-corrections-27884?utm_source=hearingtracker.com
[135] Ratuszniak, A., Lorens, A., Obrycka, A., Witkowska, J., Skarżyński, H., and Skarżyński, P. H. (2022). "New technology can benefit established middle ear implant users: Samba 2 vs previous models of audio processors for Vibrant Soundbridge," *European Archives of Oto-Rhino-Laryngology*, 280, pp. 2387-2396. doi:10.1007/s00405-022-07741-9
[136] Redfors, D. Y., Jönsson, R., and Finizia, C. (2022). "A validation study of the Swedish version of the Glasgow hearing aid benefit profile evaluated in otosclerosis subjects," *Laryngoscope Investigative Otolaryngology*, 7(3), pp. 653-905. doi:10.1002/lio2.787
[137] Regulatory Requirements for Hearing Aid Devices and Personal Sound Amplification Products. FDA Draft Guidance. (2013). Retrieved from https://www.fda.gov/downloads/MedicalDevices/DeviceRegulationandGuidance/GuidanceDocuments/UCM373747.pdf

MOST WIEDZY Pobrano z mostwiedzy.pl

[138] Ren, H., Hu, B., and Jiang, G. (2022). "Advancements in prevention and intervention of sensorineural hearing loss," *Therapeutic Advances in Chronic Disease*, 13. doi:10.1177/20406223221104
[139] Robyn, M. C., and Genevieve, C. A. (2002). "The International Outcome Inventory for Hearing Aids (IOI-HA): psychometric properties of the English version," *International Journal of Audiology*, 41(1), pp. 30-35. doi:10.3109/14992020209101309
[140] Robyn, M. C., Genevieve, C. A., and Cynthia, M. B. (2003). "Norms for the international inventory for hearing aids," *Journal of the American Academy of Audiology*, 14(8), pp. 403-413. Retrieved from https://harlmemphis.org/wp-content/uploads/2020/06/5.pdf
[141] Robyn, M. C. (1999). "Measuring Hearing Aid Outcomes: Part 1," *Journal of the American Academy of Audiology*, 10(1), p. Editorial.
[142] Robyn, M. C., and Genevieve, C. A. (1999). "Measuring Satisfaction with Amplification in Daily Life: The SADL Scale," *Ear and Hearing*, 20(4), pp. 306-320.
[143] Robyn, M. C., Genevieve, C. A., and Jingjing, X. (2014). "Development of the Device-Oriented Subjective Outcome (DOSO) Scale," *Journal of the American Academy of Audiology*, 25(8), pp. 727-736.
[144] Rogin, C., and Abrams, H. B. (2018). AudiologyOnline. Retrieved 07 29, 2018, from MarkeTrak 9 Points the Way in a Time of Change: https://www.audiologyonline.com/articles/marketrak-9-points-way-in-16512
[145] Ross, F. (2020). "Hearing Aid Accompanying Smartphone Apps in Hearing Healthcare. A Systematic Review," *Applied Medical Informatics*, 42(4), pp. 189-199. Retrieved 07 29, 2023, from https://ami.info.umfcluj.ro/index.php/AMI/article/view/792/743
[146] Rostkowska, J., Kobosko, J., Wojewódzka, B., and Skarżyński, H. (2014). "Percepcja słuchowa mowy pacjentów ogłuchłych postlingwalnie zaopatrzonych w implant ślimakowy po 60. roku życia," *Otolaryngologia*, 13(2), pp. 91-99. Retrieved 08 12, 2023, from https://www.researchgate.net/publication/266318348_Percepcja_sluchowa_mowy_pacjentow_ogluchlych_postlingwalnie_zaopatrzonych_w_implant_slimakowy_po_60_roku_zycia_Auditory_speech_perception_in_the_postlingually_deafened_patients_implanted_after_60_year
[147] Ruusuvouri, J. E., Aaltonen, T., Kosekla, I., Ranta, J., Lonka, E., Salmenlinna, I., and Laakso, M. (2021). "Studies on stigma regarding hearing impairment and hearing aid use among adults of working age: a scoping review," *Disability and Rehabilitation*, 43(3), pp. 436-446. doi:10.1080/09638288.2019.1622798
[148] Sabin, A. T., Van Tasell, D. J., Rabinowitz, B., and Dhar, S. (2020). "Validation of a Self-Fitting Method for Over-the-Counter Hearing Aids," *Trends in Hearing*, 3(24), pp. 1-19. doi:10.1177/2331216519900589
[149] Sarant, J., Harris, D., Busbz, P., Maruff, P., Schembri, A., Lemke, U., and Launer, S. (2020). "The Effect of Hearing Aid Use on Cognition in Older Adults: Can We Delay Decline or Even Improve Cognitive Function?" *Journal of Clinical Medicine*, 9(1), p. 254. doi:10.3390/jcm9010254
[150] Satisfaction with Amplification in Daily Living (SADL). Hearing Aid Research Lab (HARL). Retrieved 07 29, 2023, from Satisfaction with Amplification in Daily Living (SADL): https://harlmemphis.org/satisfaction-with-amplification-in-daily-living-sadl/
[151] Schinkel-Bielefeld, N., Kunz, P., Zutz, A., and Buder, B. (2020). "Evaluation of Hearing Aids in Everyday Life Using Ecological Momentary Assessment: What

MOST WIEDZY Pobrano z mostwiedzy.pl

Situations Are We Missing?" *American Journal of Audiology*, 29(3S), pp. 591-609. doi:https://doi.org/10.1044/2020_AJA-19-00075

[152] Schröter, H., Rosenkranz, T., Escalante-B, A. N., Aubreville, M., and Maier, A. (2020). "CLCNET: deep learning-based noise reduction for hearing aids using." *ICASSP 2020 - 2020 IEEE International Conference on Acoustics, Speech and Signal Processing (ICASSP)*, (pp. 6949-6953). Barcelona. doi:10.1109/ICASSP40776.2020.9053563.

[153] Scollie, S., Seewald, R., Cornelisse, L., Moodie, S., Bagatto, M., Laurnagaray, D., et al. (2005). "The Desired Sensation Level Multistage Input/Output Algorithm," *Trends in Hearing*, 9(4). doi:doi.org/10.1177/108471380500900403

[154] Searchfield , E. M. (2019). "A Client Oriented Scale of Improvement in Tinnitus for Therapy Goal Planning and Assessing Outcomes," *Journal of the American Academy of Audiology*, 30(4), pp. 327-337. doi:10.3766/jaaa.17119

[155] Sebothoma, B., and Khoza-Shangase, K. (2023). "Programmatic Approach to Hearing Health in Low- and Middle-Income Countries," *The Hearing Journal*, 76(06), pp. 28-29. doi:10.1097/01.HJ.0000938628.78258.4a

[156] Servidoni, A. B., and de Oliveira Conterno, L. (2018). "Hearing Loss in the Elderly: Is the Hearing Handicap Inventory for the Elderly - Screening Version Effective in Diagnosis When Compared to the Audiometric Test?" *International Archives of Otorhinolaryngology*, 22(1), pp. 1-8. doi:10.1055/s-0037-1601427

[157] SH, L., E, O., and ED, S. (1983). "The revised form of the Hearing Performance Inventory," Journal of speech and hearing disorder, 4(3), pp. 152-157.

[158] Shi, L.-F., Doherty, K. A., Kordas, T. M., and Pellegrino, J. T. (2007). "Short-Term and Long-Term Hearing Aid Benefit and User Satisfaction: A Comparison between Two Fitting Protocols," *Journal of the American Academy of Audiology*, 18(6), pp. 482-495. doi:10.3766/jaaa.18.6.3

[159] Shyekhaghaei, S., Sameni, S., and Rahbar, N. (2021). "The comparison of gains prescribed for digital behind-the-ear hearing aids using the manufacturer-specific and conventional prescriptive formulas," *Auditory and Vestibular Research*, 30(2). doi:10.18502/avr.v30i2.6097

[160] Simonsen, C. S., and Legarth, S. V. (2010). "A Procedure for Sound Quality Evaluation of Hearing Aids," *The Hearing Review*, 25(3), pp. 32-37. Retrieved from https://hearingreview.com/practice-building/practice-management/a-procedure-for-sound-quality-evaluation-of-hearing-aids

[161] Skarżyński, H., Włodarczyk, E., Kowalczuk, A., Stawowski, B., and Skarżyński, P. H. (2019). "Leczenie zaburzeń słuchu z użyciem implantów ślimakowych i pniowych w 2014 roku – diagnostyka , potrzeby, dostępność w różnych regionach Polski," *Nowa Audiofonologia*, 2, pp. 45-52. doi:10.17431/1003326

[162] Skarżyński, P. H., Olszewski, Ł., Lorens, A., Włodarczyk, A. W., and Skarżyński, H. (2015). "Cochlear Implantation in the Elderly," *Audiology and Neurotology*, 19(suppl. 1), pp. 33-35. doi:10.1159/000371607

[163] Smeds, K., Dahlquist, M., Larsson, J., Herzman, S., Båsjö, S., and Paludan-Müller, C. (2015). "Proprietary Hearing Aid Gain Prescriptions: Changes Over Time," *The Hearing Review*, 22(5). Retrieved from https://hearingreview.com/inside-hearing/research/proprietary-hearing-aid-gain-prescriptions-changes-time

[164] Søgaard , N. J., Hau, O., Nielsen, J. B., Nielsen, T. B., and Legrath, V. S. (2019). "Perceptual Effects of Adjusting Hearing-Aid Gain by Means of a Machine-Learning Approach Based on Individual User Preference," *Trends in Hearing*, 23, pp. 1-23. doi:10.1177/2331216519847413

MOST WIEDZY Pobrano z mostwiedzy.pl

[165] Sruthi , R., Gururaj , D., Pallavi , K. N., and Niju, R. (2021). “Text to Braille Converting Communication Device forthe Visual and Hearing Impaired Persons,” *2021 International Conference on Computer Communication and Informatics (ICCCI)*, (pp. 1-5). Coimbatore. doi:10.1109/ICCCI50826.2021.9402590
[166] Staab W, C. M. (2015). “Rants! Some things we would change – if we could,” *The Hearing Review*, 30, pp. 14-17.
[167] Stinson, L., Liu, Y., and Dallery, J. (2022). “Ecological Momentary Assessment: A Systematic Review of Validity Research,” *Perspectives on Behavior Science*, 45, pp. 469–493. doi:https://doi.org/10.1007/s40614-022-00339-w
[168] Stropahl, M., Besser, J. and Launer, S. (2020). "Auditory Training Supports Auditory Rehabilitation: A State-of-the-Art Review," *Ear and Hearing*, 41(4), pp. 697-704. doi:10.1097/AUD.0000000000000806
[169] Stuart, G. (1999). "Glasgow Hearing Aid Benefit Profile: Derivation and Validation of a Client-centered Outcome Measure for Hearing Aid Services," *Journal of the American Academy of Audiology*, 10(2), pp. 80-103. doi:10.1055/s-0042-1748460
[170] Suchomski P., K. B. (2008). "Hearing aid fitting method based on fuzzy logic processing," *Archives of Acoustics*, No. 4, vol. 33, pp. 153 - 158.
[171] Suchomski P., K. B. (2008). „Przetwarzanie rozmyte w metodzie dopasowania aparatów słuchowych,” *55 Otwarte Seminarium z Akustyki OSA 2008*, pp. 481 - 486, Piechowice, Polska, 8.9.2008 - 12.9.
[172] Suchomski, P. (2003). "Weryfikacja systemu dopasowania protez słuchu w oparciu o badanie percepcji sygnału mowy w szumie," *X Sympozjum Inżynierii i Reżyserii Dźwięku ISSET 2003*, vol. 24, preprint 84, pp. 165 - 170, Wrocław, Polska, 11.9.2003 - 13.9.2003.
[173] Sue, A. E., and Marilyn, E. D. (1990). "CPHI manual: A guide to clinical use," Simpsonville.
[174] Sultan, O., Elmahallawy, T. H., Kilkaila, E. A., and Lasheen, R. M. (2020). "Comparison between Quick Speech in Noise Test (QuickSIN test) and Hearing in Noise Test (HINT) in Adults with Sensorineural Hearing Loss," *Egyptian Journal of Ear, Nose, Throat and Allied Sciences*, 21(3), pp. 176-185. doi:10.21608/ejentas.2020.28080.1195
[175] Śliwińska-Kowalska, M., Kotyło, P., and Soli, S. S. (2013). "Opracowanie list zdaniowych testu rozumienia zdań," *Otorynolaryngologia*, 4(12), pp. 176-182.
[176] T., B. Ü., Somnath, C., Nenad, K., Jürgen, R., Cille, K., Joanne, E.-J., et al. (2010). http://www.who.int. Retrieved 07 28, 2017, from http://www.who.int/bulletin/volumes/88/11/09-067231/en/
[177] TG, G., E, O., SH, L., and ED, S. (1979). "Hearing performance inventory," *Journal of speech and hearing disorder*, 44(2), pp. 169-195.
[178] "The audiologist’s guide to hearing aids, PSAPs, hearables and OTC devices," *American Academy Of Audiology*, (2018). Retrieved from https://www.audiology.org/sites/default/files/publications/resources/20180130_AuD_Guide_OTC.pdf
[179] THE INSTITUTE FOR HEALTH ME. (2019). Retrieved 07, 2023, from Home | Research and analysis | Global Burden of Disease (GBD): https://www.healthdata.org/research-analysis/about-gbd
[180] Thibodeau, L. M. (2020). "Between the Listener and the Talker: Connectivity Options," *Seminars in Hearing*, 41(04), pp. 247-253. doi:10.1055/s-0040-1718710
[181] Tognola, G., Mainardi, A., Vincenti, V., and Cuda, D. (2019). "Benefit of hearing aid use in the elderly: the impact of age, cognition and hearing impairment," *ACTA Otorhinolaryngologica Italica*, 39(6). doi:10.14639/0392-100X-2165

MOST WIEDZY Pobrano z mostwiedzy.pl

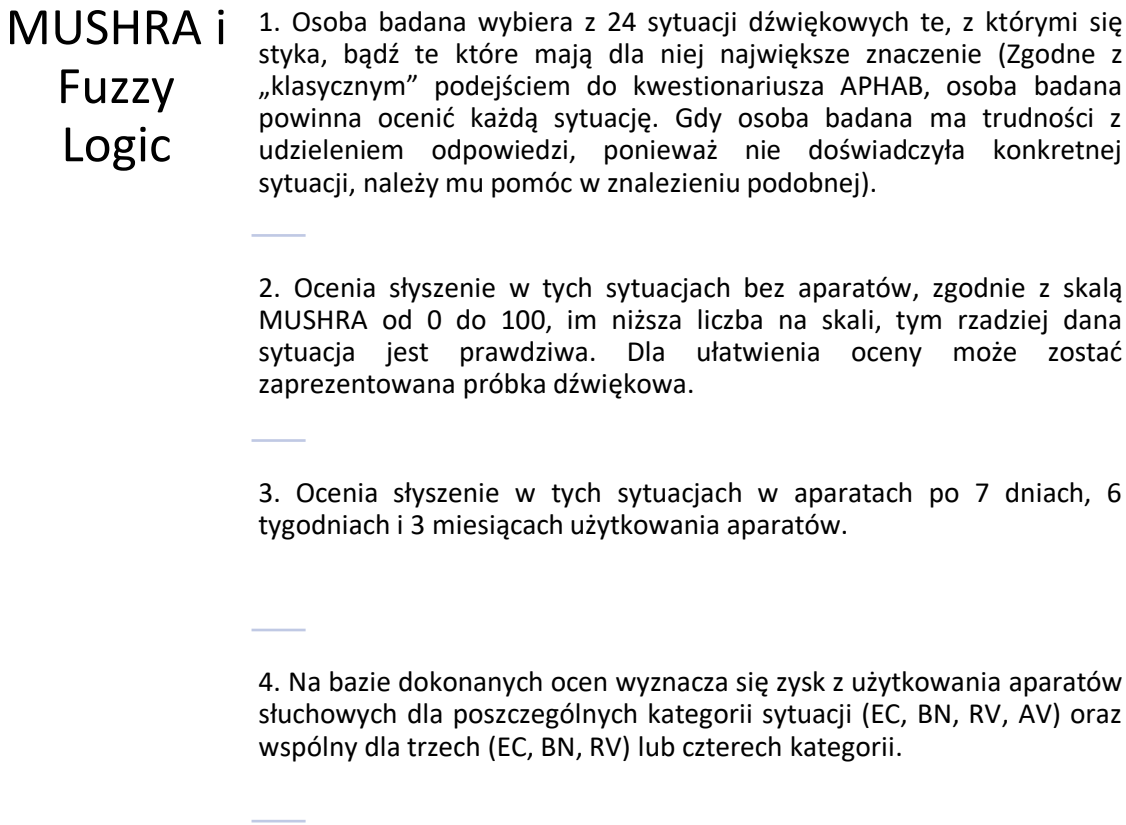
[182] "Triangular Delta from Oticon targets younger consumers," (2006). *The Hearing Journal*, 59(04), p. 85. doi:10.1097/01.HJ.0000286707.83738.cd
[183] Turan, S., Unsal, S., and Kurtaran, H. (2019). "Satisfaction assessment with Abbreviated Profile of Hearing Aid Benefit (APHAB) questionnaire on people using hearing aid having Real Ear Measurement (REM) eligibility," *The International Tinnitus Journal*, 2(23), pp. 97-102. doi:10.5935/0946-5448.20190017
[184] Tylor, B., and Mueller, G. H. (2020). "Fitting and Dispensing Hearing Aids" (Third Edition ed.). Plural Publishing.
[185] UMass Memorial Health. UMass Memorial Health System. Retrieved 07 29, 2023, from https://www.ummhealth.org/sites/umass-memorial-hospital/files/Documents/Services/Ear_Nose_Throat/Hearing%20Handicap%20Inventory%20For%20Adults.pdf
[186] Valente, M., and Mispagel, K. M. (2008). "Unaided and aided performance with a directional open-fit hearing aid," *International Journal of Audiology*, 47(6), pp. 329-336. doi:doi.org/10.1080/14992020801894832
[187] Völker , C., Bisitz, T., Huber, R., Kollmeier, B., and Ernst, S. (2018). "Modifications of the MUlti stimulus test with Hidden Reference and Anchor (MUSHRA) for use in audiology," *International Journal of Audiology*, 57(sup3), pp. 92-104. doi:10.1080/14992027.2016.1220680
[188] Voss, S. C., Pichora-Fuller, K. M., Ishida, I., Pereira, A., Seiter, J., El Guindi, N., et al. (2022). "Evaluating the benefit of hearing aids with motion-based beamformer adaptation in a real-world setup," *International Journal of Audiology*, 61(8). doi:10.1080/14992027.2021.1948120
[189] Wang, X., Zheng, Y., Li , G., Lu, J., and Yin, Y. (2022). "Objective and Subjective Outcomes in Patients with Hearing Aids: A Cross-Sectional, Comparative, Associational Study," *Audiology and Neurotology*, 27(2), pp. 166-174. doi:10.1159/000516623
[190] Warne, R. T. (2014). "A Primer on Multivariate Analysis of Variance (MANOVA) for Behavioral Scientists," *Practical Assessment, Research, and Evaluation*, 19(17). doi:doi.org/10.7275/sm63-7h70
[191] Wasmann, J.-W. A., Lanting, C. P., Huinck, W. J., Mylanus, E. A., van der Laak, J. W., Govaerts, P. J., et al. (2021). "Computational Audiology: New Approaches to Advance Hearing Health Care in the Digital Age," *Ear and Hearing*, 42(6), pp. 1499-1507. doi:10.1097/AUD.0000000000001041
[192] Wątroba, J. (2012). media.statsoft.pl. Retrieved from https://media.statsoft.pl/_old_dnn/update/downloads/jak_poprawnie_zastosowac_wielowymiarowa_analize_wariancji.pdf
[193] William, N., N. S., and G. N. (2013). "A short form of the Speech, Spatial and Qualities of Hearing scale suitable for clinical use: The SSQ12," *International Journal of Audiology*, 52(6), pp. 409-412. doi:10.3109/14992027.2013.781278
[194] Wilson, R. H., McArdle, R. A., and Smith, S. L. (2007). "An evaluation of the BKB-SIN, HINT, QuickSIN, and WIN materials on listeners with normal hearing and listeners with hearing loss," *Journal of Speech Language and Hearing Research*, 50(4), pp. 844-856. doi:10.1044/1092-4388(2007/059)
[195] Windle, R. (2021). "Trends in COSI responses associated with age and degree of hearing loss," *International Journal of Audiology*, 61(11), pp. 1-12. doi:10.1080/14992027.2021.1937347
[196] Winkler, A., Latzel, M., and Holube, I. (2016). "Open Versus Closed Hearing-Aid Fittings: A Literature Review of Both Fitting Approaches," *Trends in Hearing*, 20. doi:10.1177/2331216516631741

MOST WIEDZY Pobrano z mostwiedzy.pl

[197] Włodzisław Duch. (n.d.). Retrieved from Sztuczna Inteligencja i Systemy Ekspertowe: https://www.is.umk.pl/~duch/Wyklady/AI/AI05-2.pdf
[198] Wood, S. A., and Lutman, M. E. (2004). "Relative benefits of linear analogue and advanced digital hearing aids," *International Journal of Audiology*, 43(3), pp. 144-155. doi:doi.org/10.1080/14992020400050020
[199] World Health Organization. (2017). Official records. Retrieved 08 03, 2023, from WHA70/2017/REC/1: https://apps.who.int/gb/or/e/e_wha70r1.html
[200] World Health Organization. (1991, 02 01). "Report of the Informal Working Group on Prevention of Deafness and Hearing Impairment Programme Planning," Geneva, 18-21 June 1991. Geneva. Retrieved 07 27, 2023, from https://apps.who.int/iris/handle/10665/58839
[201] World Health Organization. (2013, 02 04). World Health Organization. Retrieved 08 03, 2023, from Multi-country assessment of national capacity to provide hearing care: https://www.who.int/publications/i/item/9789241506571
[202] World Health Organization. (2017). World Health Organization. Retrieved 08 03, 2023, from Integrated care for older people: guidelines on community-level interventions to manage declines in intrinsic capacity: https://apps.who.int/iris/handle/10665/258981
[203] World Health Organization. (2021). World Health Organization. Retrieved 08 02, 2023, from World report on hearing: web annexes: https://apps.who.int/iris/handle/10665/339906
[204] World Health Organization. (2021). "World report on hearing," Geneva. Retrieved from https://www.who.int/publications/i/item/9789240020481
[205] World Health Organization. Retrieved 07 29, 2023, from Data | GHO | Indicator Metadata Registry List: https://www.who.int/data/gho/indicator-metadata-registry
[206] Wrzus, C., and Neubauer, A. B. (2023). "Ecological Momentary Assessment: A Meta-Analysis on Designs, Samples, and Compliance Across Research Fields," *Assessment*, 30(3), pp. 825–846. doi:10.1177/10731911211067538
[207] Wu, Y.-H., Stangl, E., Chipara, O., Hasan, S. S., DeVries, S., and Oleson, J. (2019). "Efficacy and Effectiveness of Advanced Hearing Aid Directional and Noise Reduction Technologies for Older Adults With Mild to Moderate Hearing Loss," *Ear and Hearing*, 40(4), pp. 805-822. doi:10.1097/AUD.0000000000000672
[208] Ye, H., Zhu, D., Wang, Y., Chen, S., Gao, J., Yali , D., et al. (2022). "Impacts of the hearing aid intervention on healthcare utilization and costs among middle-aged and older adults: results from a randomized controlled trial in rural China," *The Lancet Regional Health - Western Pacific*, 31. doi:10.1016/j.lanwpc.2022.100594
[209] Zadeh, L. A. (1965). "Fuzzy sets," *Information and Control*, 8(3), pp. 338-353. doi:10.1016/S0019-9958(65)90241-X
[210] Zadeh, L. A. (1996). "Fuzzy logic = computing with words," IEEE Transactions on Fuzzy Systems, 4(2), pp. 103-111. doi:0.1109/91.493904
[211] Zakis, J. H. (2007). "The design and evaluation of a hearing aid with trainable amplification parameters," *Ear and Hea*ring, 28(6): pp. 812-830.
[212] Zielińska, E., Kobosko, J., Pankowska, A., and Skarżyński, H. (2022). "Implant ślimakowy z perspektywy osób dorosłych z głuchotą postlingwalną – badanie jakościowe," *Nowa Audiofonolgia*, 11(1), pp. 31-42. doi:10.17431/894294

MOST WIEDZY Pobrano z mostwiedzy.pl

DODATEK A: SKRÓCONY OPIS PROCEDURY BADAWCZEJ ORAZ ALGORYTMU SZACOWANIA ZYSKU Z UŻYTKOWANIA APARATÓW W ZMODYFIKOWANEJ METODZIE



Rysunek A1. Opis procedury badawczej i algorytmu szacowania korzyści z użytkowania aparatów słuchowych w zmodyfikowanej metodzie

Zgodnie z rysunkiem A1 − na podstawie uzyskanych danych − zostały wyprowadzone reguły wyznaczania zysku z użytkowania aparatów słuchowych dla poszczególnych kategorii sytuacji (EC, BN, RV, AV) oraz wspólny dla trzech (EC, BN, RV) lub czterech kategorii.

a. Klasycznie zysk obliczany jest jako różnica średnich ocen bez aparatów i średnich ocen w aparatach słuchowych (A – na wykresie na rys. A2).

b. W modyfikacji metody wykorzystującej logikę rozmytą do wyznaczenia zysku w danej kategorii (EC, BN, RV, AV) zastosowano następujące warianty reguł:
   i. **IF** Category without HA Evaluation **OR** Category with HA Evaluation **THEN** Rating of benefit − w takim przypadku liczba wejść systemu odpowiadać będzie liczbie dokonanych ocen w danej kategorii, tj. od 2 do 12 (B – na wykresie na rys. A2);
   ii. **IF** Category without HA Evaluation **AND** Category with HA **Evaluation** **THEN** Rating of benefit − w takim przypadku liczba wejść

MOST WIEDZY Pobrano z mostwiedzy.pl

systemu odpowiadać będzie liczbie dokonanych ocen w danej kategorii, tj. od 2 do 12 (C – na wykresie na rys. A2);

iii. **IF** Mean of category without HA Evaluation **OR** Mean of category with HA **Evaluation** **THEN** Rating of benefit − w takim przypadku liczba wejść systemu równa się 2 (D – na wykresie na rys. A2);

iv. **IF** Mean of category without HA Evaluation **AND** Mean of category with HA **Evaluation** **THEN** Rating of benefit − w takim przypadku liczba wejść systemu równa się 2 (E – na wykresie na rys. A2).

c. W modyfikacji metody wykorzystującej logikę rozmytą do wyznaczenia wspólnego zysku dla trzech kategorii (EC, BN, RV) zastosowano następujące warianty reguł:

   i. **IF** Benefit of EC category Evaluation **OR** Benefit of BN category Evaluation **OR** Benefit of RV category Evaluation **THEN** Rating of benefit − w takim przypadku liczba wejść system odpowiada liczbie kategorii (APHAB3: B_OR, C_OR, D_OR, E_OR – na wykresie na rys. A2).

   ii. **IF** Benefit of EC category Evaluation **AND** Benefit of BN category Evaluation **AND** Benefit of RV category Evaluation **THEN** Rating of benefit − w takim przypadku liczba wejść system odpowiada liczbie kategorii (APHAB3: B_AND, C_AND, D_AND, E_AND – na wykresie na rys. A2).

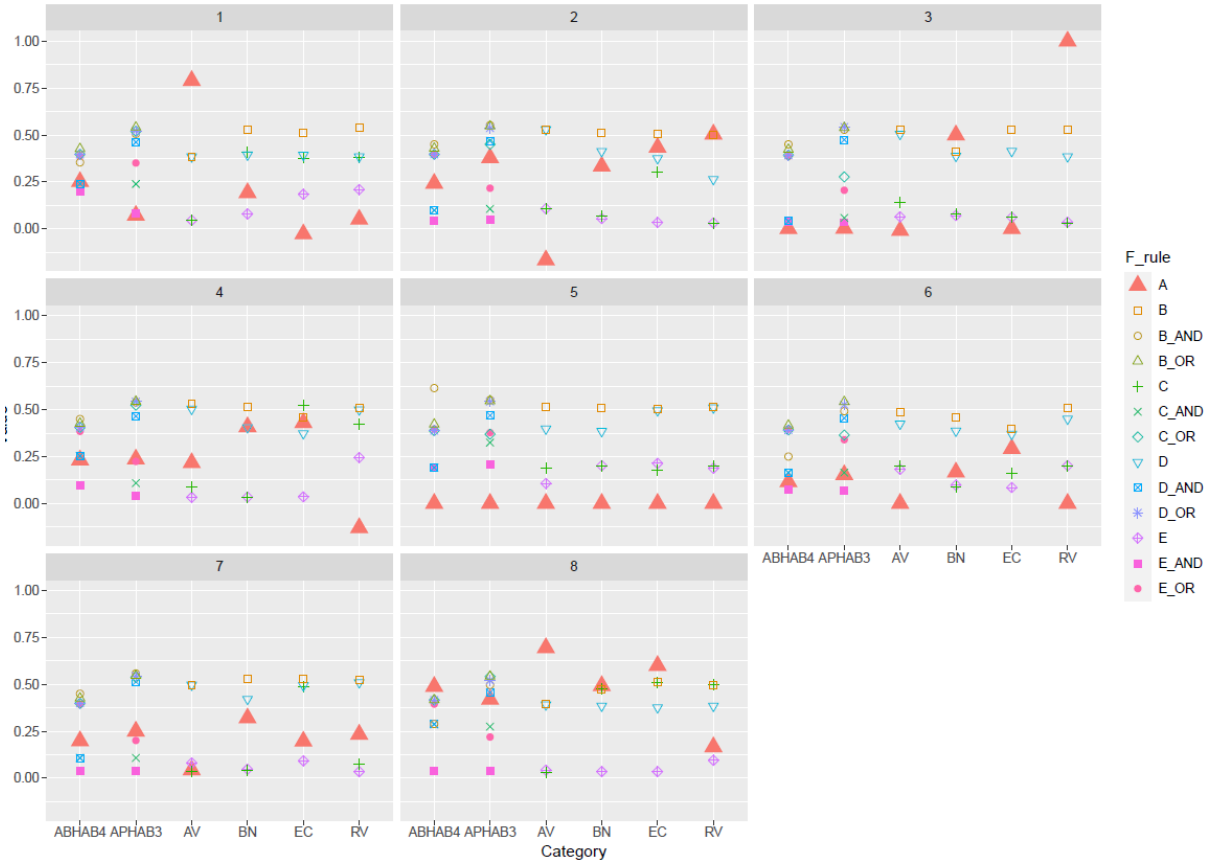
d. W modyfikacji metody wykorzystującej logikę rozmytą do wyznaczenia wspólnego zysku dla czterech kategorii (EC, BN, RV, AV) zastosowano następujące warianty reguł:

   i. **IF** Benefit of EC category Evaluation **OR** Benefit of BN category Evaluation **OR** Benefit of RV category Evaluation **OR** Benefit of AV category Evaluation **THEN** Rating of benefit − w takim przypadku liczba wejść system odpowiada liczbie kategorii (APHAB4: B_OR, C_OR, D_OR, E_OR – na wykresie na rys. A2).

   ii. **IF** Benefit of EC category Evaluation **AND** Benefit of BN category Evaluation **AND** Benefit of RV category Evaluation Benefit of RV category Evaluation **AND** Benefit of AV category Evaluation **THEN** Rating of benefit − w takim przypadku liczba wejść system odpowiada liczbie kategorii (APHAB4: B_AND, C_AND, D_AND, E_AND – na wykresie na rys. A2).

Poniższe wykresy na rysunku A2 przedstawiają korzyści z użytkowania aparatów słuchowych określone zgodnie z powyższymi zasadami dla ośmiu badanych.

MOST WIEDZY Pobrano z mostwiedzy.pl



Rysunek A2. Wyniki analizy korzyści przy użyciu klasycznej reguły APHAB i reguł logiki rozmytej, która została przeprowadzona dla ośmiu badanych osób

MOST WIEDZY Pobrano z mostwiedzy.pl