

Powtarzalność pomiarów absorbancji ucha środkowego u osób dorosłych – badanie pilotażowe

Intrasubject variability of acoustic absorbance in adults – pilot study

Patrycja Grzesiuk^{1A-F}, Krzysztof Kochanek^{2AC-D}, Wiesław W. Jędrzejczak^{2D-F}

Wkład autorów:

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

¹ Uniwersytet Marii Curie-Skłodowskiej, Katedra Logopedii i Językoznawstwa Stosowanego, Lublin

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

Streszczenie

Wprowadzenie: Tympanometria szerokopasmowa (ang. *wideband tympanometry*, WBT) to relatywnie nowa metoda badania ucha środkowego cechująca się większymi możliwościami badawczymi niż klasyczna tympanometria. Jednak do chwili obecnej nie ustalono zakresów wartości pomiarów, które pozwoliłyby jednoznacznie odróżniać normę od patologii. Dlatego też aby WBT mogło być efektywnie stosowane klinicznie, wymaga wciąż badań nad czynnikami, które mogą wpływać na dokładność tej metody. Celem niniejszej pracy było sprawdzenie powtarzalności pomiarów WBT.

Materiał i metody: Grupa badawcza składała się z 4 mężczyzn i 7 kobiet, w wieku 22–53 lata, niezgłaszających większych problemów ze słuchem. Wśród narzędzi badawczych znalazły się: kwestionariusz wywiadu oraz arkusz samooceny słuchu. Badanie właściwe przeprowadzono za pomocą sprzętu InteracousticTitan. U każdej osoby badanej wykonano 10 pomiarów w odstępie 7-dniowym.

Wyniki: Przebiegi wykresów absorbancji prezentowały dużą zmienność śród- jak i międzysobniczą. Minimalny rozrzut wyników absorbancji wynosił około 0,06, a maksymalny sięgał około 0,16. Obserwując wyniki poszczególnych osób, można było zaobserwować, że u większości z nich najmniejszy rozrzut wyników absorbancji uzyskiwany był w zakresie niskich częstotliwości, a największy – w zakresie średnich i wysokich.

Wnioski: Dzięki uzyskanym wynikom można stwierdzić, że rozrzut wyników absorbancji jest zmienny w zależności od częstotliwości. Można także zauważyć zróżnicowanie międzysobnicze.

Słowa kluczowe: ucho środkowe • absorbancja • powtarzalność • rozrzut • tympanometria szerokopasmowa • audiometria impedancyjna

Abstract

Background: Wideband tympanometry (WBT) is a relatively new method of examining the middle ear, which offers greater research possibilities than classic tympanometry. However, to date, no ranges of measurement values have been established that would clearly distinguish norm from pathology. Therefore, for WBT to be effectively used clinically, research on factors that may affect the accuracy of this method is still required. This study aimed to check the repeatability of WBT measurements.

Material and methods: The research group consisted of 4 men and 7 women, aged 22–53, who reported no major hearing problems. The research tools included: an interview questionnaire and a hearing self-assessment sheet. The actual examination was carried out using InteracousticTitan equipment, with 10 measurements performed on each subject at an interval of 7 days.

Results: Absorbance graphs showed high intra- and inter-individual variability. The minimum spread of absorbance results was approximately 0.06, and the maximum was approximately 0.16. Observing the results of individual people, it was possible to observe that for most of them the smallest spread of absorbance results was obtained in the low frequency range, and the largest in the medium and high frequency range.

Conclusions: Thanks to the obtained results, it can be concluded that the scatter of absorbance results varies depending on the frequency and inter-individual differences can be noticed.

Key words: middle ear • absorbance • repeatability • scatter • wideband tympanometry • impedance audiometry

Autor korespondencyjny: Patrycja Grzesiuk, Katedra Logopedii i Językoznawstwa Stosowanego, Uniwersytet Marii Curie-Skłodowskiej, ul. J. Słowńskiego 7, 20-040 Lublin; email: patrycja.cetnar@o2.pl

Wykaz skrótów

Skrót	Rozwinięcie skrótu	Odpowiednik w języku polskim
DPOAE	distortion product otoacoustic emissions	emisje otoakustyczne produktów zniekształceń
EA	energy absorbance	absorbancja
RF	resonance frequency	częstotliwość rezonansowa
SAC	(Patient) <i>Self-Assessment of Communications</i>	<i>Kwestionariusz samooceny komunikacji (pacjenta)</i>
TEOAE	transiently evoked otoacoustic emission	emisje otoakustyczne wywołane trzaskiem
TPP	tympanometric peak pressure	szczytowe ciśnienie tympanometryczne
WBT	wideband tympanometry	tympanometria szerokopasmowa

Wprowadzenie

Od kilkunastu lat prowadzone są badania nad nową metodą oceny funkcjonowania ucha środkowego. Jest nią tympanometria szerokopasmowa (ang. *wideband tympanometry*, WBT) [1,2]. W porównaniu do tympanometrii klasycznej różni się między innymi rodzajem sygnału pomiarowego. W tympanometrii szerokopasmowej pomiar obejmuje impulsowy bodziec szerokopasmowy, będący trzaskiem lub krótkim tonem z modulacją częstotliwości w przedziale 226–8000 Hz. W klasycznej zaś jest to tona częstotliwości 226 Hz (u dzieci do 6 miesięcy stosuje się ton 1000 Hz [3]).

Typowy zestaw wyników w badaniu WBT złożony jest z trójwymiarowego wykresu absorbancji, tympanogramów dla różnych częstotliwości oraz danych dotyczących absorbancji w funkcji częstotliwości. Trójwymiarowy wykres absorbancji pokazuje zmiany absorbancji w funkcji częstotliwości przy określonym ciśnieniu. Test można przeprowadzić również przy maksymalnym ciśnieniu bębnowym lub ciśnieniu otoczenia.

Wiele prac wskazuje na to, że tympanometria szerokopasmowa ma ogromne perspektywy w diagnostyce, ale może również służyć jako badanie przesiewowe. Wyróżnia ją to, że można ją stosować w każdej grupie wiekowej. Liczne badania dowiodły przydatności tej metody w diagnostyce przewodzeniowych ubytków słuchu [4–9]. Wyróżnia się charakterystyczne przebiegi absorbancji, które wskazują na konkretne patologie w obrębie ucha środkowego. Mowa tu o takich zmianach chorobowych jak: tympanosklerozę, płyn w uchu, przerwanie łańcucha kosteczek słuchowych, zmiany ciśnienia w jamie ucha środkowego, perforacja błony bębnowej [1,2].

W 2012 roku Kotowski i wsp. [10] dowiedli, że przebiegi krzywych absorbancji w grupie 12 dzieci po operacji wysiękowego zapalenia ucha środkowego (4 tygodnie po zabiegu) wykazały największą zmienność w zakresie <2 kHz (zaobserwowano podwyższenie ich wartości). Pomiar absorbancji wykonane zaś przed operacją były niższe od wartości uznawanych za normatywne.

W 2019 roku przeprowadzono badanie na 182 osobach. Wyniki dowiodły, że u pacjentów z perforacją błony bębnowej stwierdzono bardzo niskie ciśnienie szczytowe oraz częstotliwość rezonansową. Niskie ciśnienie szczytowe (bez zmian w częstotliwości rezonansowej) wykazywali pacjenci mający problem z łańcuchem kosteczek słuchowych.

Z kolei u osób z problemami z wyrostkiem sutkowatym była nieznacznie obniżona częstotliwość rezonansowa oraz zmniejszona absorbancja na wszystkich częstotliwościach. U pacjentów z perforacją błony bębnowej wykazano mniejszą absorbancję tylko w zakresie niskich częstotliwości, natomiast u pacjentów z nieprawidłowościami w obrębie kosteczek słuchowych widoczny był spadek absorbancji przy wysokich częstotliwościach [11].

Myers [12] uważa, że tympanometria klasyczna nie jest wystarczająca w diagnostyce niemowląt i wskazuje właśnie tympanometrię szerokopasmową jako skuteczniejszą. Badania przeprowadzone przez innego badacza dowiodły, że wykresy absorbancji różnią się, jeżeli porównamy noworodka i dziecko 6-miesięczne. Absorbancja zaraz po urodzeniu była niższa i utrzymywała się przez około miesiąc, a po upływie pół roku była zbliżona do wykresów u osób dorosłych [13].

Podsumowując, WBT ma wiele zalet. Wykorzystanie w niej wielu parametrów dla różnych częstotliwości daje możliwość uzyskania bardziej dokładnych wyników w zakresie działania ucha środkowego, co znacznie poszerza diagnostykę wszelkich patologii. Atutem tej metody jest możliwość badania niemowląt i dzieci (szczególnie w diagnostyce wysiękowego zapalenia uszu). Może być stosowana przed wykonaniem DPOAE i TEOAE lub jako ich uzupełnienie. Niestety tympanometria szerokopasmowa nie jest powszechnie stosowana. Ankieta przeprowadzona wśród 132 amerykańskich audiologów klinicznych potwierdziła, że największymi barierami w zastosowaniu klinicznym WBT jest kosztowna aparatura (również utrudniony do niej dostęp) oraz brak odpowiedniego przeszkolenia w zakresie pomiarów i interpretacji wyników [14].

Istnieją różnice w pomiarach absorbancji w zależności od rasy, płci, użytego sprzętu, doświadczenia osoby badającej czy wieku osoby badanej. W licznych pracach badawczych przeanalizowano powtarzalność oraz zmienność śród- i międzypersonalną w zależności od różnych czynników. W literaturze znaleźć można wyniki badań przedstawiające pewną powtarzalność wykresów oraz wartości absorbancji w zakresach normowych dla uszu normalnie słyszących [15–18]. Umowną prawidłowość podają również producenci sprzętów pomiarowych. Jednak wciąż istnieje potrzeba prowadzenia dalszych badań.

Celem badania było sprawdzenie powtarzalności wyników WBT w okresie kilkunastu dni.

Material i metody

Grupę badawczą stanowiło 11 osób (4 mężczyzn i 7 kobiet) w wieku 22–53 lata. Badani nie zgłaszali problemów ze słuchem. Przed przystąpieniem do badania właściwego badani wypełnili dwa kwestionariusze:

- autorski arkusz wywiadu, który zawierał pytania o choroby przewlekłe, choroby uszu, występowanie zawrotów głowy oraz szumów usznych, pracy w hałasie oraz obecności niedosłuchu w rodzinie osób badanych;
- arkusz samooceny słuchu – przetłumaczony na język polski kwestionariusz (Patient) *Self-Assessment of Communications* (SAC) do samooceny komunikacji przez osobę badaną; pytania w nim zawarte dotyczą obecności problemów z porozumiewaniem się w życiu codziennym, których powodem może być pogorszenie się słuchu.

Badanie właściwe obejmowało pomiar tympanometrii szerokopasmowej przy użyciu sprzętu InteracousticTitan. Badaniem wykonano 10 pomiarów w odstępie 7-dniowym. Każdy pomiar trwał około 30 sekund, rozpoczynał się od ucha prawego, a kończył na uchu lewym. Badani mieli również każdorazowo przeprowadzone badanie otoskopowe uszu.

Wyniki

Na **rycynie 1** przedstawiono wykresy absorbancji na wybranych częstotliwościach (odpowiadających $\frac{1}{4}$ oktawy), z których została wyznaczona średnia geometryczna: 241,2 Hz, 288,8 Hz, 408,5 Hz, 485,5 Hz, 697 Hz, 828,8 Hz, 985,7 Hz, 1172,2 Hz, 1393,9 Hz, 1657,7 Hz, 1971,3 Hz, 2344,4 Hz, 2787,9 Hz, 3315,4 Hz, 3942,7 Hz, 4688,6 Hz, 5575,8 Hz, 6630,7 Hz i 7660,8 Hz.

Analizując przedstawione na **rycynie 1** wykresy uśrednionych absorbancji, zauważyć można duże podobieństwo przebiegów dla ucha lewego i prawego. Obserwuje się wykresy jednowierzchołkowe, np. u badanych nr 3 i 4, oraz dwuwierzchołkowe, np. u badanych nr 7 i 8. Wartość absorbancji w funkcji częstotliwości jest zmienna. Najniższe wartości osiągnięte są w przypadku niskich częstotliwości, a największe – w średnich i wysokich. Zauważono również dużą zmienność między- i śródosobniczą przebiegów wykresów absorbancji (**rycina 2**).

Indywidualne wykresy absorbancji oraz średnie i odchylenia różnic pomiędzy kolejnymi pomiarami (liczone jako wartości bezwzględne) pokazują, że u znacznej części osób rozrzut śródosobniczy wartości absorbancji jest mniejszy w przypadku niskich częstotliwości, a większy w wyższych częstotliwościach. Minimalny rozrzut wyników absorbancji wynosił około 0,06, a maksymalny sięgał około 0,16.

Dyskusja

Celem badań było określenie powtarzalności pomiarów WBT w czasie 10 tygodni w grupie dorosłych osób z prawidłowym słuchem. W niniejszych badaniach zaobserwowano zróżnicowanie międzypersoniczne przebiegów wykresów absorbancji. Wykresy różniły się kształtem (wyróżniono wykresy jednowierzchołkowe i dwuwierzchołkowe) oraz uzyskiwanymi wartościami. Potwierdzono

zmiennosc wartości absorbancji w zależności od częstotliwości. Zmienność śródosobnicza pomiarów sięgała 16% i była najniższa w zakresie niskich częstotliwości, a znacznie większa w zakresie wysokich częstotliwości. Natomiast kształt krzywej absorbancji w zależności od częstotliwości był charakterystyczny dla każdego badanego i stabilny podczas przeprowadzonych pomiarów. Podobne wyniki otrzymała również Mieszczankowska [7], która wskazała, że są to wartości powyżej 4688 Hz.

Powtarzalność absorbancji oceniana była także przez Stańczak [15] w 2016 roku. Podczas pięciu pomiarów WBT u osób z normą słuchową, badaczka uzyskała dużą powtarzalność w wynikach. Z kolei wyniki Burdick [16] w 2013 roku wskazały, że z każdym kolejnym badaniem absorbancja wzrastała na niskich częstotliwościach, na wysokich zaś wykazywała tendencję malejącą.

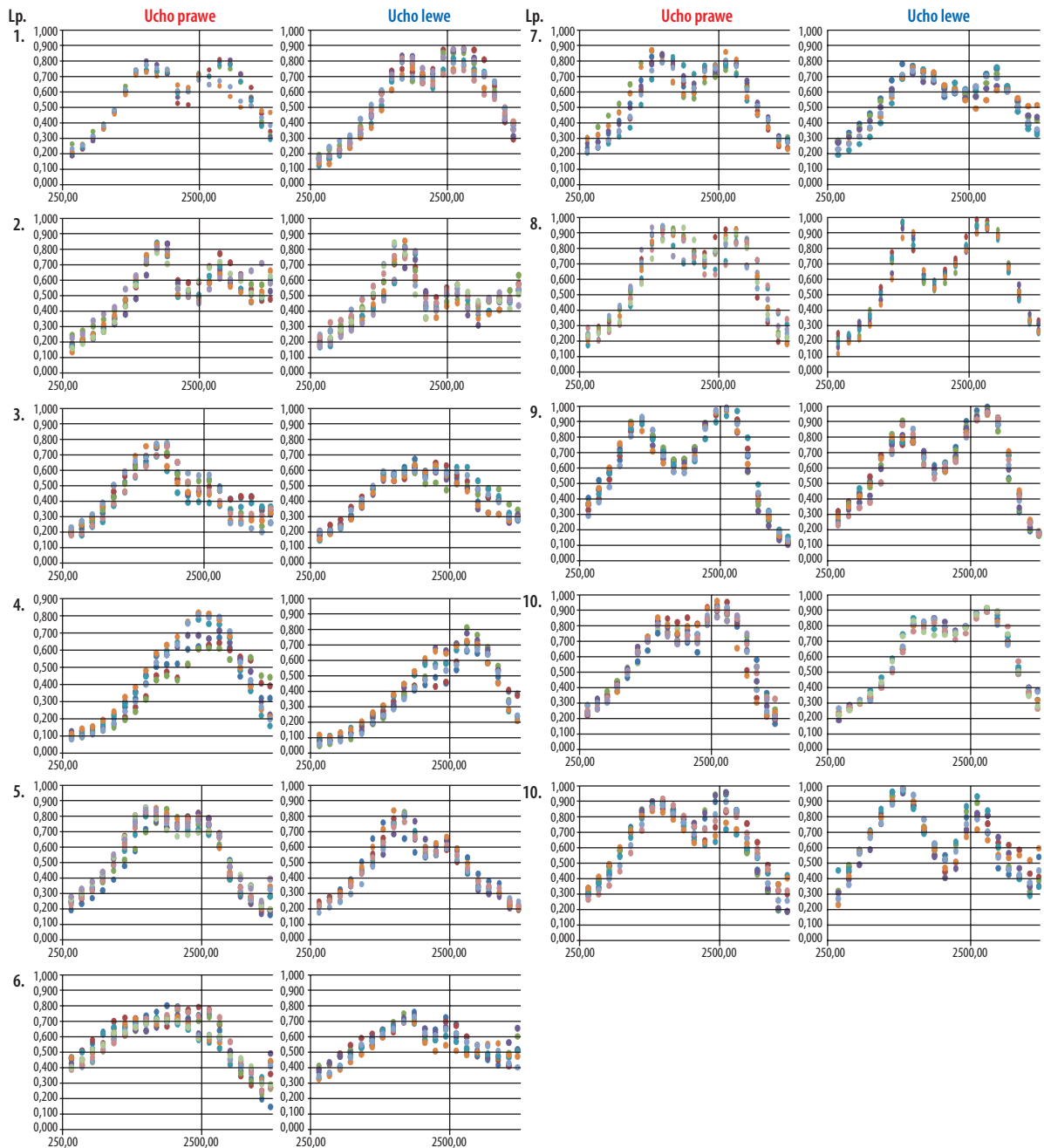
Inne badania dowodzą, że pomiar absorbancji może być różny z powodu wpływających na niego czynników. W 2006 roku Shahnaz i Davies [19] zaobserwowali zmienność w zależności od rasy ludzkiej. Ich grupami porównawczymi były osoby pochodzenia kaukaskiego i chińskiego. U badanych z Chin na wysokich częstotliwościach absorbancja malała, natomiast w drugiej grupie było przeciwnie – na niskich częstotliwościach.

Porównywane były również wyniki uzyskiwane przy pomocy dwóch różnych urządzeń pomiarowych. Michałek [20] poddała analizie urządzenia HearId (Mimosa Acoustics) i Titan (Interacoustics) na grupie 15 osób z normalnym słuchem – w przypadku większości częstotliwości zaobserwowała istotne różnice, wskazała jednak wpływ różnych czynników (np. warunków akustycznych, kalibracji sprzętu, zmiany ciśnienia czy rodzaju użytego bodźca) jako powód zróżnicowania pomiarów. Także Huk [21] w 2017 roku podjęła się porównania dwóch urządzeń z różną techniką pomiaru: z wyjmowaniem sondy i zostawieniem w uchu. Wyniki nie wykazały znacznych różnic.

W 2019 roku Dao Lien [22] wykazał, że pomiary absorbancji wykonane przez osoby doświadczone były mniej zróżnicowane niż pomiary dokonane przez osoby bez doświadczenia. Jednak rozbieżność ta była nieduża. Stwierdzono również, że wyniki absorbancji są bardziej zależne od osoby badanej i jej anatomicznej charakterystyki niż od doświadczenia osoby badającej.

Dowiedziano także [23], że potrzebne jest ustalenie norm dla różnych grup wiekowych. Zmierzono absorbancję w grupie dzieci w wieku od urodzenia do pierwszego roku życia (w 1, 6, 9 i 12 miesiącu życia). Absorbancja na niskich częstotliwościach u dzieci do 1 miesiąca odbiegała od krzywej wzorcowej, natomiast u dzieci mających pół roku i więcej wykresy wykazywały znaczne podobieństwo do wykresów osób dorosłych.

W 2004 roku Feeney i Sanford [24] wykazali, że wyższe wartości absorbancji zauważa się u osób po 60 roku życia, niż u osób młodych. Powodem tego jest to, że z wiekiem sztywność układu przewodzącego jest coraz mniejsza. Najnowsze badania z 2023 roku [25] również potwierdzają wpływ wieku i płci na wyniki pomiarów tympanometrii



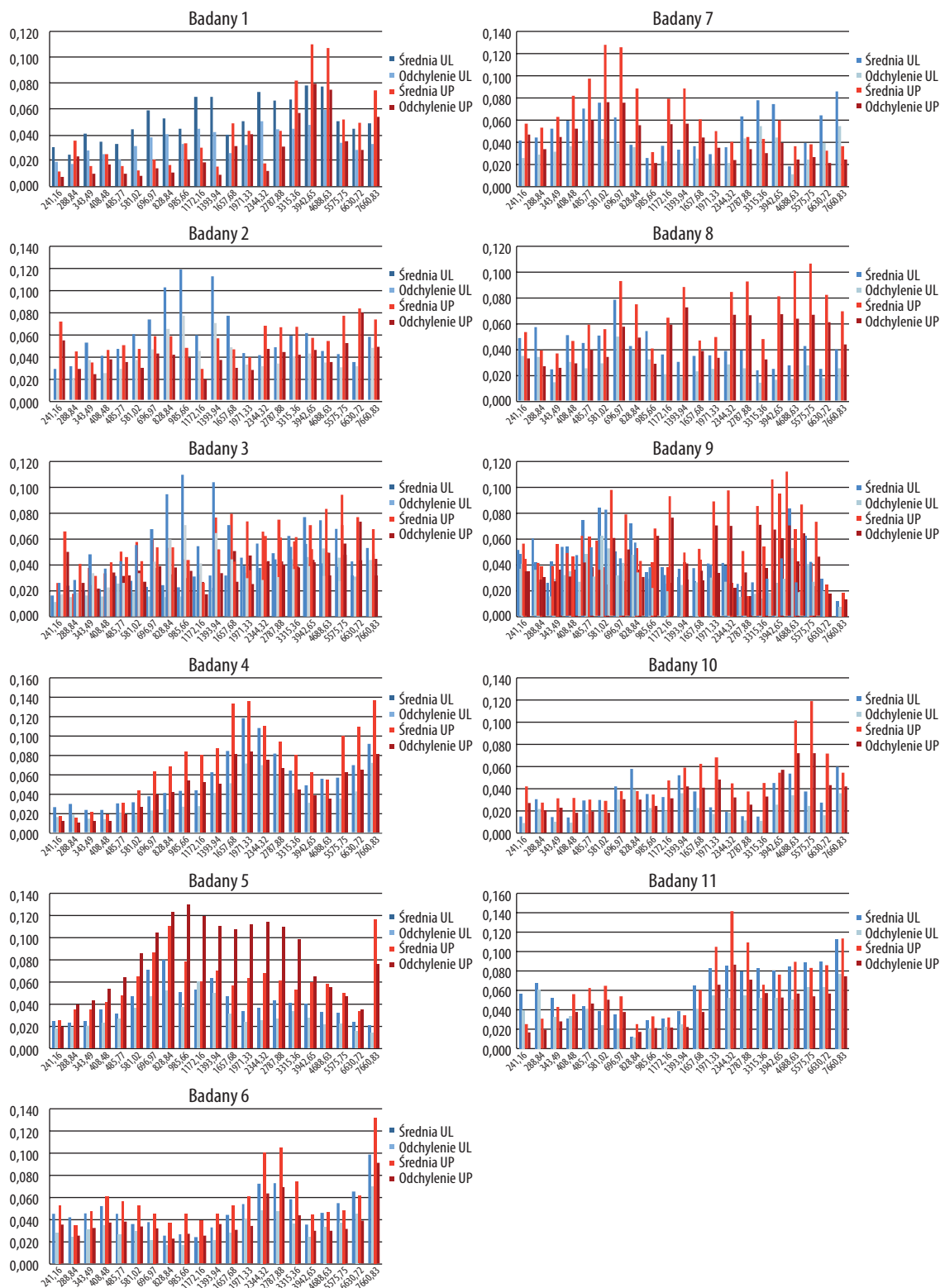
Rycina 1. Wykresy pomiarów absorpcji uśrednionych dla wybranych zakresów częstotliwości dla obojga uszu w całej grupie badanej (10 pomiarów wykonywanych co 7 dni)

Figure 1. Absorbance plots averaged for selected frequency ranges for both ears in the entire research group (10 measurements made each 7 days)

szerokopasmowej. Oceniono łącznie 95 osób dorosłych i wykazano, że średnia absorpcja przy ciśnieniu szczytowym (ang. *energy absorbance at tympanometric peak pressure*, EA TPP) była istotnie wyższa w przedziale od 500 Hz do 794 Hz oraz przy 5040 Hz i 6350 Hz, a także istotnie niższa w przedziale od 1587 Hz do 3175 Hz u osób starszych w porównaniu z młodymi dorosłymi. Dane dotyczące płci pokazały, że u mężczyzn średnia EA TPP była wyższa w przypadku niskich częstotliwości oraz niższa w przypadku wysokich. Częstotliwość rezonansowa (RF)

była także znacząco niższa u osób starszych. Dowiedziono również [25], że u mężczyzn RF była nieco niższa niż u kobiet młodych i starszych, a znacznie niższa niż u kobiet w średnim wieku.

Tympanometria szerokopasmowa jest obiecującym badaniem, które daje olbrzymie możliwości diagnostyczne w obrębie ucha środkowego. Potwierdzają to liczne badania. W 1997 roku Shahnaz i wsp. [26] zbadali wartości absorpcji u osób z prawidłowym słuchem (60 osób)



Rycina 2. Wielkości rozrzutu pomiarów absorpcji wyznaczone jako wartości bezwzględne różnic pomiędzy wynikami pomiarów uzyskanych w poszczególnych sesjach, przedstawione jako średnie i odchylenia standardowe oddzielnie dla każdego z dwójga uszu; ucho lewe (UL) – kolor niebieski, ucho prawe (UP) – kolor czerwony w całej grupie badanej

Figure 2. Sizes of dispersion of absorbance measurements determined as absolute values of differences between measurement results obtained in individual sessions, presented as means and standard deviations separately for both ears; left ear (UL) – shades of blue, right ear (UP) – shades of red in the entire study group

oraz u osób z otosklerozą (28 osób). W drugiej grupie absorbancja była obniżona. Jedne z nowszych badań [27] także wykazały, że WBT nadaje się do identyfikacji uszu sklerotycznych, jak również do różnicowania ze zdrowymi uszami na podstawie WBT od 250 do 1500 Hz.

Wpływ różnych czynników wskazuje na potrzebę przeprowadzenia badań nad zmiennością pomiarów absorbancji w rozmaitych grupach pacjentów. Jest to ważne chociażby z uwagi na jej przydatność w kontroli przewodzeniowych ubytków słuchu lub w kontroli po terapiach otocirurgicznych. Niniejsze badania badały wspomnianą zmienność, lecz WBT nadal wymaga ustalenia dokładnych norm, aktualnych danych potwierdzających, które wyniki są normą, a które uznajemy za patologie oraz jakie różnice występują w pomiarach śród- i międzypersonicznych.

Badana grupa nie była liczna (jak również zróżnicowana wiekowo), dlatego wskazane jest przeprowadzenie pomiarów na większej grupie z podziałem na grupy wiekowe.

Piśmiennictwo

- Śliwa L, Kochanek K. Nowe metody audiometrii impedancyjnej. Część II. Szerokopasmowa tympanometria reflektacyjna. *Now Audiofonol*, 2016; 5(4): 11–23; <https://doi.org/10.17431/900746>.
- Niemczyk E, Lachowska M. Tympanometria szerokopasmowa – nowa metoda oceny ucha środkowego. *Polski Przegląd Otolaryngologiczny*, 2016; 5(1): 65–74; https://doi.org/10.1044/2014_JSLHR-H-13-0344.
- Piłka E, Kochanek K, Jędrzejczak WW, Saczek A, Skarżyński H, Niedzielski A. Comparison of tympanometry results for probe tones of 226 Hz and 1000 Hz in newborns. *Int J Pediatr Otorhinolaryngol*, 2021; 147: 110804; <https://doi.org/10.1016/j.ijporl.2021.110804>.
- Gersdorff M. [Clinical value of multifrequency tympanometry]. *Acta Otorhinolaryngol Belg*, 1980; 34(3): 270–8 [w języku francuskim].
- Feeney MP, Grant IL, Marryott LP. Wideband energy reflectance measurements in adults with middle-ear disorders. *J Speech Lang Hear Res*, 2003; 46(4): 901–11; [https://doi.org/10.1044/1092-4388\(2003\)070](https://doi.org/10.1044/1092-4388(2003)070).
- Prieve BA, Feeney MP, Stenfelt S, Shahnaz N. Prediction of conductive hearing loss using wideband acoustic immittance. *Ear Hear*, 2013; 34 (Suppl 1): 54S–59S; <https://doi.org/10.1097/AUD.0b013e31829c9670>.
- Mieszczankowska J. Ocena krótkoterminowej i długoterminowej zmienności śródosobniczej wyników otrzymany w pomiarach absorbancji u osób normalnie słyszających (praca magisterska). Wydział Humanistyczny Uniwersytetu Marii Curie-Skłodowskiej w Lublinie, 2019.
- Callahan S, Newby M, Saoji AA, Ramadan J, Carr MM. Assessment of pediatric middle ear effusions with wideband tympanometry. *Otolaryngol Head Neck Surg*, 2021; 165(3): 465–9; <https://doi.org/10.1177/0194599820978262>.
- Şentürk M, Ardiç FN, Tümkaya F, Kara CO. Wideband tympanometry and absorbance for diagnosing middle ear fluids in otitis media with effusion. *J Int Adv Otol*, 2023; 19(2): 140–8; <https://doi.org/10.5152/jao.2023.22697>.
- Kotowski M. Zastosowanie kliniczne pomiarów tympanometrii szerokopasmowej u dzieci w otolaryngologii. *Otorinolaryngologia*, 2015; 14(1): 30–35.
- Kim SY, Han JJ, Oh SH, Lee JH, Suh MW, Kim MH, Park MK. Differentiating among conductive hearing loss conditions with wideband tympanometry. *Auris Nasus Larynx*, 2019; 46(1): 43–9; <https://doi.org/10.1016/j.anl.2018.05.013>.
- Myers J, Kei J, Aithal S, Aithal V, Driscoll C, Khan A, i wsp. Development of a diagnostic prediction model for conductive conditions in neonates using wideband acoustic immittance. *Ear Hear*, 2018; 39(6): 1116–35; <https://doi.org/10.1097/0000000000000565>.
- Lisa L, Hunter, Keefe DH, Feeney MP, Fitzpatrick DF, Lin L. Longitudinal development of wideband reflectance tympanometry in normal and at risk infants. *Hear Res*, 2016; 340: 3–14; <https://doi.org/10.1016/j.heares.2015.12.014>.
- Al-Salim S, Skretta D, Merchant GR. Survey of wideband acoustic immittance use by clinical audiologists. *Am J Audiol*, 2024; 33(1): 254–68; https://doi.org/10.1044/2023_AJA-23-00228.
- Stańczak A. Ocena powtarzalności tympanometrii szerokopasmowej u osób normalnie słyszających (praca magisterska). Wydział Humanistyczny, Uniwersytet Marii Curie-Skłodowskiej w Lublinie, 2016.
- Burdiek LM, Sun XM. Effects of consecutive wideband tympanometry trials on energy absorbance measures of the middle ear. *J Speech Lang Hear Res*, 2014; 57(5): 1997–2004; https://doi.org/10.1044/2016_JSLHR-H-14-0322.
- Habibi Z, Sepehrnejad M, Rahimi Ghooradel F, Nilforoush MH. Wideband tympanometry: normative data for young Iranian adults. *Audiol Neurootol*, 2023; 28(1): 22–31; <https://doi.org/10.1159/000526380>.
- Aithal S, Aithal V, Kei J, Wilson M. Wideband tympanometry findings in healthy neonates. *J Am Acad Audiol*, 2023; <https://doi.org/10.1055/a-1925-7830>.
- Szahnaz N, Davies D. Standard and multifrequency tympanometric norms for Caucasian and Chinese young adults. *Ear Hear*, 2006; 27(1): 75–90; <https://doi.org/10.1097/01.aud.0000194516.18632.d2>.
- Michałek M. Porównanie tympanometrii szerokopasmowej uzyskanych za pomocą dwóch urządzeń (praca magisterska). Wydział Humanistyczny, Uniwersytet Marii Curie-Skłodowskiej w Lublinie, 2016.

Wnioski

Na podstawie uzyskanych wyników można wyciągnąć następujące wnioski:

- Wartość absorbancji zmienia się w sposób znaczny w funkcji częstotliwości – w zakresie niskich osiągane są wartości najmniejsze, a dla średnich oraz wysokich częstotliwości – największe.
- Wyniki pomiarów absorbancji wykazują zróżnicowanie międzypersoniczne. Natomiast pomimo pewnej zmienności śródosobniczej pomiary były dosyć powtarzalne i kształt krzywej absorbancji w zależności od częstotliwości był charakterystyczny dla każdego badanego i stabilny podczas przeprowadzonych pomiarów.
- W zakresie niskich częstotliwości zmienność śródosobnicza pomiarów absorbancji jest najniższa, a w zakresie wysokich – większa.

21. Huk M. Ocena powtarzalności tympanometrii szerokopasmowej (praca magisterska). Wydział Humanistyczny, Uniwersytet Marii Curie-Skłodowskiej w Lublinie, 2017.
22. Dao Lien B. Ocena zmienności pomiarów absorpcji wykonywanych przez osoby bez doświadczenia (praca magisterska). Wydział Humanistyczny, Uniwersytet Marii Curie-Skłodowskiej w Lublinie, 2019.
23. Hunter LL, Keefe DH, Feeney MP, Fitzpatrick DF, Lin L. Longitudinal development of wideband reflectance tympanometry in normal and at-risk infants. *Hear Res*, 2016; 340: 3–14; <https://doi.org/10.1016/j.heares.2015.12.014>.
24. Feeney MP, Sanford CA. Age effects in the human middle ear: wideband acoustical measures. *Acoust Soc Am*, 2004; 116(6): 3546–58; <https://doi.org/10.1121/1.1808221>.
25. Kavruk H, Öztürk B. Investigation of age and gender effects on the middle ear with wideband tympanometry in adults. *Ear Hear*, 2024; 45(2): 476–85; <https://doi.org/10.1097/AUD.0000000000001444>.
26. Shahnaz N, Polka L. Standard and multi-frequency tympanometry in normal and otosclerotic ear. *Ear Hear*, 1997; 18(4): 268–80; <https://doi.org/10.1097/00003446-199708000-00007>.
27. Karuppanan A, Barman A. Wideband absorbance tympanometry: a novel method in identifying otosclerosis. *Eur Arch Otorhinolaryngol*, 2021; 278(11): 4305–14; <https://doi.org/10.1007/s00405-020-06571-x>.