

Przegląd badań ruchomości układu przewodzącego dźwięk w uchu środkowym za pomocą laserowej wibrometrii dopplerowskiej

Sound conduction system measurements in the middle ear using Laser Doppler Vibrometry – review of the literature

Jacek Sokołowski, Kazimierz Niemczyk

SUMMARY

Introduction: The authors present the results of the work published between 1980–2011 affecting various aspects of sound conduction system measurements in the middle ear performed using Laser Doppler Vibrometry.

Aim: The aim of this study was to analyze the methodology and results of measurements: the tympanic membrane, the ossicular chain, and its reconstruction, the round window in the published medical literature and their comparison with the results of experiments performed at Department of Otolaryngology, Medical University of Warsaw.

Method and materials: In the study were analyzed results of 30 publications related to the conductivity measurement in the middle ear using a Laser Doppler Vibrometry. In 20 of these research are described experiments on harvested human temporal bones, 10 – *in vivo*. The acoustic conductivity of the middle ear elements were measured on the eardrum, anterior and posterior branch of the stapes, incudo-stapedial joint, round window, different types of ossicular chain prosthetic. In each experiment, was used Laser Doppler Vibrometer.

Results: In most of publications authors have focused on determining the correct methodology of the study. In theoretical and experimental considerations, the authors showed that the results of measurements performed on fresh-frozen preparations of temporal bones are closest to the results obtained *in vivo*. Chien showed no significance influence of the laser beam angle on measurement in cases with approach with antromastoidectomy and posterior tympanotomy. Whittemore has proved that does not need to use a reflective element on the measuring point during surgery. In Asai, Heiland, Chien publications, authors noticed the biggest velocity of the back branch of the stapes at 1000 Hz, which was confirmed in research of the Department of Otolaryngology. Velocity of the tympanic membrane umbo differed considerably between publications.

Conclusion: Laser Doppler Vibrometry still needs to be clarified. Published results of measurements are often difficult to compare because of the lack standardization of experimental conditions. Changing the angle of the laser beam should not change significantly velocity amplitude obtained intraoperatively. For adequate sensitivity of a response, it is necessary to use reflective element. Anterior and posterior branch of the stapes, round window membrane are available for laser Doppler Vibrometry during surgery. Most preferred position of a measurement is posterior branch of the stapes. Reconstruction of ossicular chain changes the characteristics of the middle ear conduction system. These observations provide a starting point to develop an optimal procedure for air-bone gap closure. Based on the results of our research has been developed algorithm of intraoperative ossiculoplasty modification depending on the results of Laser Doppler Vibrometry measurements.

Hasła indeksowe: tympanoplastyka typu zamkniętego, ruchomość łańcucha kośćeczek słuchowych

Key words: Laser Doppler Vibrometer, tympanoplasty, ossicular chain mobility

©by Polskie Towarzystwo Otolaryngologów – Chirurgów Głowy i Szyi

Otrzymano/Received:

20.12.11

Zaakceptowano do druku/Accepted:

11.01.12

Katedra i Klinika Otolaryngologii Warszawskiego Uniwersytetu Medycznego

Kierownik: prof. dr hab. med. Kazimierz Niemczyk

Wkład pracy autorów/Authors contribution:

Wg kolejności

Konflikt interesu/Conflicts of interest:

Autorzy pracy nie zgłaszają konfliktu interesów.

Adres do korespondencji/

Address for correspondence:

imię i nazwisko: Jacek Sokołowski

adres pocztowy:

Klinika Otolaryngologii WUM,

ul. Banacha 1a

02-097 Warszawa

tel. 22 599 25 06

fax 22 599 25 23

e-mail jacsokolowski@gmail.com

Wstęp

Poprawność rekonstrukcji błony bębenkowej i łańcucha kosteczek słuchowych jest oceniana śródoperacyjnie przez chirurga metodą wizualno-dotykową. Sposób ten bazuje na obserwacji ruchomości poruszanych elementów układu przewodzącego dźwięk w uchu środkowym. Rekonstrukcja zależy od doświadczenia operatora i pozwala na zamknięcie rezerwy ślimakowej na poziomie ok. 20 dB [1]. Daje to teoretyczne przesłanki do podjęcia próby optymalizacji ossikuloplastyki. W związku z tym rodzi się potrzeba stworzenia obiektywnej metody śródoperacyjnego pomiaru zamknięcia rezerwy ślimakowej, która byłaby czulsza od metody wizualno-dotykowej i nie wymagałaby współpracy pacjenta. Jest to istotny warunek wstępny osiągnięcia najlepszej pozabiegowej poprawy słuchu.

Historia początku pomiarów przewodności akustycznej przewodzących na uchu środkowym dotyczy wieku XX i jest wynikiem rozwoju myśli technicznej. Georg Békésy [2] w 1936 roku opisał ruch strzemiączka jako obrotowy wzdłuż osi przechodzącej przez tylną część płytki strzemiączka z największym wychyleniem w części przedniej. Ta obserwacja była zgodna z anatomią więzadła pierścieniowego, które jest szersze i cieńsze z przodu płytki. Węgierski noblista, używając włosa ludzkiego, zmierzył ruchomość strzemiączka podczas pobudzania *in vitro* łańcucha kosteczek słuchowych falą akustyczną o dużym natężeniu. W tym samym czasie Kirikae [3] zauważył, że ruch strzemiączka jest kombinacją ruchu tłoczno-zawiasowego. Békésy i Kirikae używali do pomiarów preparatów kości skroniowej z usuniętym ślimakiem, co wpływało na powstawanie artefaktów podczas badania. Gundersen w 1971 r. zbadał ruchomość strzemiączka na preparatach z nietkniętym ślimakiem. Opisał ruch strzemiączka do 2 kHz jako tłoczny, a powyżej tej częstotliwości jako złożony o nieznanym wzorcu. W 1986 roku Vlaming i Feenstra po raz pierwszy spróbowali zmierzyć ruchomość łańcucha kosteczek słuchowych za pomocą metody laserowej wibrometrii dopplerowskiej (*Laser Doppler Vibrometer*; LDV). Stosując sygnał dźwiękowy o natężeniu 80 i 120 dB i zakresie częstotliwości 0,17–19 kHz, zmierzili wychylenie płytki strzemiączka w części przedniej, tylnej oraz centralnej. We wnioskach pracy autorzy określili ruch płytki strzemiączka jako tłoczny. W 1987 roku Goode użył do pomiarów ruchomości łańcucha kosteczek słuchowych bezkontaktowej metody wideo. Pępek błony bębenkowej i wyrostek soczewkowaty kowadełka drgał jak tłok do 1 kHz, a na częstotliwościach wyższych dochodziła komponenta obrotowa. Pomiędzy 1,2 kHz i 2,2 kHz dominowała komponenta obrotowa wokół długiej osi strzemiączka.

Różnorodność metod pomiarowych oraz niejednorodność sposobów przechowywania preparatów kości skroniowej utrudniają analizę oraz kliniczne zastoso-

wanie uzyskanych wyników. Teoretyczna możliwość całkowitego zamknięcia rezerwy ślimakowej od kilkudziesięciu lat stała się celem licznych doświadczeń z użyciem zaawansowanej techniki pomiarowej. Do dnia dzisiejszego świat medyczny oczekuje na rozwiązanie tego problemu. Jedną z najbardziej obiecujących metod pomiarowych jest laserowa wibrometria dopplerowska.

Z tego względu powstała potrzeba przeglądu piśmiennictwa medycznego ukierunkowanego na metodykę, zastosowanie w badaniach *in vitro* i *in vivo* laserowej wibrometrii dopplerowskiej. Z uwagi na fakt realizacji przez zespół Katedry i Kliniki Otolaryngologii WUM eksperymentalnych i klinicznych badań przewodności akustycznej w operacjach tympanoplastycznych przy użyciu laserowej wibrometrii dopplerowskiej możliwe okazało się również zestawienie otrzymanych wyników z danymi z literatury.

Materiał i metoda

W artykule poddano analizie wyniki 30 prac, które dotyczyły pomiaru przewodności akustycznej w uchu środkowym przy użyciu laserowej wibrometrii dopplerowskiej. W 20 z tych badań zostały opisane eksperymenty przeprowadzone na preparatach ludzkich kości skroniowych, w 10 w warunkach *in vivo*. Przewodność akustyczna elementów ucha środkowego została zmierzona na błonie bębenkowej, odnodze przedniej i tylnej strzemiączka, stawie kowadełkowo-strzemiączkowym, okienku okrągłym oraz różnych typach protez łańcucha kosteczek słuchowych. W każdym przypadku użyto do pomiarów laserowej wibrometrii dopplerowskiej.

System laserowej wibrometrii dopplerowskiej

Laserowy wibrometr dopplerowski składa się z mierzącej wychylenie głowicy lasera helowo-neonowego, wewnątrzprzewodowych słuchawek generujących drgania układu przewodzącego ucha środkowego, kontrolera i analizatora sprzężonego z wyposażonym w odpowiednie oprogramowanie komputerem. Promień laserowy w trakcie pomiaru skierowany jest na punkt pomiarowy, który odbija wiązkę światła. Prędkość punktu pomiarowego zgodnie z założeniami efektu Dopplera zmienia częstotliwość odbitej wiązki. Na wyjściu głowicy LCV jest wygenerowany analogowy sygnał elektryczny o napięciu proporcjonalnym do składowej prędkości mierzonej w osi promienia laserowego. Kodowana w ten sposób informacja jest przekazywana do kontrolera, w którym ulega filtracji (z reguły należy usunąć z sygnału odpowiedzi niskoczęstotliwościowe wynikające z szumów tła). Z kontrolera sygnał biegnie do analizatora, w którym jest przetwarzany do postaci cyfrowej dostarczanej do wyposażonego w odpowied-

Download English Version:

<https://daneshyari.com/en/article/3172031>

Download Persian Version:

<https://daneshyari.com/article/3172031>

[Daneshyari.com](https://daneshyari.com)