

Rozwój audiometrii impedancyjnej

The development of the impedance audiometry

PAWEŁ TRĄBKA-ZAWICKI, ANDRZEJ STECZKO

Katedra i Klinika Otolaryngologii CM UJ w Krakowie, ul. Śniadeckich 2, 31-501 Kraków

W pracy opisano rozwój badań nad opornością akustyczną narządu słuchu. Przedstawiono znaczenie różnych parametrów tympanometrycznych w diagnostyce audiologicznej.

Otolaryngologia, 2004, 3(4), 149-150

Słowa kluczowe: tympanometria, odruch mięśnia strzemiączkowego

The authors describe the development of acoustic impedance research, especially in the first half of the XX-th century. Significance of various tympanometric measures for audiological diagnosis is presented.

Otolaryngologia, 2004, 3(4), 149-150

Key words: tympanometry, stapedial reflex

Rozwój audiometrii impedancyjnej

Idea badania ucha środkowego za pomocą pomiarów akustycznych została opracowana w 1867 roku przez Lucae [1]. Przy użyciu otoskopu interferencyjnego starał się on znaleźć zależność między intensywnością odbitego dźwięku nadawanego do przewodu słuchowego zewnętrznego a rodzajem upośledzenia słuchu. Założenia impedancji akustycznej podał w 1919 roku Webster [2]. Dalsze prace nad akustyczną opornością ucha środkowego były prowadzone przez Inglis, Gray i Jenkins [3] w *Bell Telephone Laboratories*. Zastanawiali się oni, czy zmianą impedancji w przewodzie słuchowym zewnętrznym można tłumaczyć zaobserwowane różnice w polu słuchowym. West [4] analizował cechy oporności za pomocą elektroakustycznego urządzenia, które było połączone z uchem słuchawką telefoniczną. Celem jego badań było stworzenie sztucznego ucha, które można by było zastosować przy konstrukcji aparatu telefonicznego. Zaobserwował on, że przy niskiej częstotliwości faza akustycznej reaktancji jest ujemna oraz stanowi główną składową impedancji. Sugerował również wzrost akustycznej rezystancji wraz ze wzrostem częstotliwości dźwięku. Tröger [5] potwierdził, że przy niskich częstotliwościach tonu próbnego główną komponentą impedancji jest reaktancja. Choć przyznawał, że badania jego obarczone były dużym błędem to uzyskane wyniki są zgodne z dzisiejszą wiedzą. Geffcken [6] wykorzystując technikę Trögera badał pacjenta, który miał zdolność do dowolnego skurczu mięśnia strzemiączkowego. Stwierdził on, że zmiany impedancji wywołane skurczem tegoż mięśnia dotyczą głównie reaktancji. W 1934

roku Schuster [7] zbudował mechaniczny mostek do określenia akustycznej impedancji różnych materiałów. Został on zaadoptowany do pomiarów impedancji ucha środkowego przez Waetzmanna [8]. Metz [9] opierając się na wcześniejszych pracach Bekesyego i Waetzmanna zmodyfikował mostek Schustera. Prace nad impedancją rozpoczął w 1939 roku w Kopenhadze. Pod koniec 1943 roku Metz z grupą duńskich współpracowników zmuszony był opuścić kraj, emigrując do Szwecji. Metz określał akustyczną absorpcję w uszach zdrowych i patologicznie zmienionych. Stwierdził on, że nawet małe zmiany ciśnienia w uchu środkowym dają nie tylko mieralne, ale znaczne różnice w impedancji. Jako pierwszy wykorzystał próg odruchu mięśnia strzemiączkowego do obiektywizacji objawu wyrównania głośności.

W szóstej dekadzie XX wieku doszło do znacznego rozwoju aparatury pomiarowej. W 1957 w Danii został zbudowany pierwszy, ogólnie dostępny, elektroakustyczny tympanometr Madsen ZO 61. W USA Zwisłocki [10] stworzył podstawy dla wykorzystanego przez Grason-Stadler Company mechanicznego mostka impedancyjnego. Anderson, Holmgren i Holst [11] użyli terminu tympanometria przy ocenie przewodnictwa kostnego poprzez pomiar ciśnienia akustycznego w przewodzie słuchowym zewnętrznym. Terkildsen [12] dla oceny ruchów błony bębenkowej zastosował bardzo czuły manometr, zdolny zarejestrować zmianę ciśnienia wywołaną zmianą objętości przewodu słuchowego zewnętrznego o 1 mm³. Pozwoliło to zwiększyć czułość metody Metza przy ustalaniu progu odruchu mięśnia strzemiączkowego. Fakt, iż ciśnieniu ucha środkowego odpowiada

ciśnienie w przewodzie słuchowym, przy którym ma miejsce największy procent absorpcji dźwięku, ustalił Thomsen [13]. Określenie „tympnometria”, w znaczeniu jakie jest używane dzisiaj, wprowadzili Terkildsen i Thomsen. Do pomiarów stosowali urządzenie Madsen ZO 61. Od tego czasu tj. od roku 1959 rozpoczyna się niejako nowa era w obiektywnych badaniach funkcji ucha środkowego. Autorzy ci przedstawili zmiany impedancji akustycznej w zależności od zmian ciśnienia w przewodzie słuchowym zewnętrznym. Potwierdzili wcześniejsze doniesienia, że maksimum energii dźwiękowej jest przenoszone przez struktury ucha środkowego, jeżeli ciśnienie po obu stronach błony bębenkowej jest równe. W uszach zdrowych ciśnienie jest to bliskie ciśnieniu atmosferycznemu. Szereg autorów zwraca dużą uwagę na zagadnienia związane z odruchem mięśnia strzemiączkowego. Niemeyer i Sesterhenn [14], a także Jerger [15] wykorzystali różnice w wartościach progu odruchu mięśnia strzemiączkowego dla tonu czystego i białego hałasu dla obliczenia wartości progu słuchowego. Anderson [16] wprowadził test zanikania odruchu mięśnia strzemiączkowego do diagnostyki guzów nerwu przedsionkowo-ślimakowego.

W 1974 roku Alberti i Jerger [17] oraz Linden [18] przedstawili wyniki pomiarów impedancji dokonanych przy zastosowaniu tonów próbnich o częstotliwości większej niż 220 Hz, to jest 660 Hz i 800 Hz. Otrzymali tympanogramy dwuszczytowe, których występowanie w różnych patologich ucha środkowego przed-

stał Coletti [19]. Według tego autora tympanogram dwuszczytowy jest niejako patognomiczny dla przerwania ciągłości łańcucha kosteczek słuchowych, a więc w schorzeniach związanych z obniżeniem częstotliwości rezonansowej ucha środkowego. Sugeruje on wykorzystanie tympanometrii wieloczęstotliwościowej u chorych z naruszeniem ciągłości łańcucha kosteczek z powodu: urazu, przewlekłego zapalenia ucha środkowego, czy też po interpozycji. Vanhuysse, Creten i Van Camp [20] zajmując się tympanometrią wieloczęstotliwościową stwierdzili, że tympanogramy dwuszczytowe dotyczą przede wszystkim uszu chorych, aczkolwiek w niewielkim odsetku, wynoszącym 5-10% ogólnej populacji, obserwować je można również w uszach zdrowych.

W 1984 roku Funasaka [21] doniósł o tzw. „sweep - frequency” tympanometrii, w której przy stałym ciśnieniu w przewodzie słuchowym zewnętrznym są rejestrowane zmiany impedancji wywołane ciągłą zmianą częstotliwości tonu próbnego. Holte i wsp. [22] badając jednocześnie składowe admitancji tj. susceptancji i konduktancji wykazali różnice parametrów tympanometrycznych u noworodków i dorosłych. Jednocześnie zapis zmian admitancji i kąta fazy w zależności od różnego kierunku zmian ciśnienia w przewodzie słuchowym zewnętrznym znacznie zwiększa czułość i swoistość tympanometrii wieloczęstotliwościowej. Aktualnie audiometria impedancyjna stanowi integralną część współczesnej diagnostyki audiologicznej.

Piśmiennictwo

1. Lucea A. Über eine neue Methode zur Untersuchung des Gehörorganes zu physiologischen und diagnostischen Zwecken mit Hilfe des Interferens-Otoskopes. Arch Ohrenheilk 1867; 3: 186.
2. Webster AG. Acoustical impedance and the theory of horns and phonograph. Proc Natl Acad Sci UAS 1919; 5: 275.
3. Inglis AH, Gray CHG, Jenkins RT i wsp. A voice and ear for telephone measurements. Bell Sys Tech 1932; 11:293.
4. West W. Measurements of acoustical impedances of human ears. Post Office Electrical Engineers J 1928; 21: 293.
5. Tröger J. Die schallaufnahme durch das äussere ohr. Phys Zeitschrift 1930; 31: 26. Vanhuysse V, Creten W i wsp. On the W-notching of tympanograms. Scand Audiology 1975; 4: 45.
6. Geffcken W. Untersuchungen über akustische schwellenwerte III. Ann Physik 1934; 19 (ser.5): 829.
7. Schuster K. Eine Methode zum vergleich akustischer impedanzen. Phys Zeitschrift 1934; 35: 408. Terkildsen K, Thomsen KA. The influence of pressure variations on the impedance of the human eardrum. J Laryngol Otol 1959; 73: 409.
8. Waetzmann E. Absorptionmessungen am trommelfell der Schusterschen brücke. Akust Zeits 1938.
9. Metz O. The acoustic impedance in experimental studies on the middle ear. Acta Oto-Laryngol 1946; 2(suppl.): 123.
10. Zwisłocki J. Some measurements of the impedance at the eardrum. J Acoust Soc Am 1957; 29: 349.
11. Anderson H, Holmgren L, Holste HE i wsp. Tympanometry. Forh Svens Otolaryngol Foren 1956; 5: 1.
12. Terkildsen K. Movements of the eardrum following intra-aural muscle reflex. Arch Otolaryngol 1957; 66: 484.
13. Thomsen KA. Investigations on the tubal function and measurement of the middle ear pressure in pressure chamber. Acta Oto-Laryngol 1958; 140(suppl.): 269.
14. Niemeyer W, Sesterhenn G. Calculating the hearing threshold from the stapedius reflex threshold for different sound stimuli. Audiology 1974; 13: 421.
15. Jerger J, Burney P, Mauldin L i wsp. Predicting hearing loss from the acoustic reflex. J Speech Hear Disord 1974; 39: 11.
16. Anderson H, Barr B, Wedenberg E i wsp. Early diagnostic of VIII-th nerve tumours by acoustic reflex test. Acta Oto-Laryngol. 1970; 263(suppl.): 232.
17. Alberti P, Jerger J. Probe-tone frequency and the diagnostic value of tympanometry. Arch Otolaryngol 1974; 99: 206.
18. Linden G, Harford E, Hallen O i wsp. Tympanometry for diagnostic of ossicular disruption. Arch Otolaryngol 1974; 99: 23.
19. Coletti V. Multifrequency tympanometry. Audiology 1977; 16: 278.
20. Vanhuysse V, Creten W, VanCamp K i wsp. On the W-notching of tympanograms. Scand Audiology 1975; 4: 45.
21. Fumasaka S, Funai H, Kumakawa K i wsp. Sweep-frequency tympanometry: Its development and diagnostic value. Audiology 1984; 23: 366.
22. Holte L, Margolis R, Cavanaugh RM Jr i wsp. Developmental changes in multifrequency tympanogram. Audiology 1991; 31: 1.