

Wideband energy absorbance for middle ear diagnostics
Breitbandige Energie-Absorbanz zur Mittelohrdiagnostik

Alexander Mewes 1, Joachim Müller-Deile, Matthias Blau 2, Goetz Brademann 1, Matthias Hey 11 Klinik für Hals-Nasen-Ohren-Heilkunde, Kopf-und Halschirurgie, Christian-Albrechts-Universität zu Kiel (Dir.: Prof. P. Ambrosch), Deutschland 2 Jade Hochschule Oldenburg, Institut für Hörtechnik und Audiologie, Deutschland

Abstract | Acoustic impedance measurement using clinical tympanometry may essentially depend on insertion depth of the probe in the ear canal for frequencies beyond 2 000 Hz. Registration of wideband energy absorbance (absorption capacity of sound energy) in the ear canal provides another way to describe mechano-acoustical characteristics of the eardrum and middle ear system. Energy absorbance (EA) was measured applying a click stimulus in a wide frequency range between 226 and 8 000 Hz using the commercial Interacoustics "Titan" tympanometer. The presented study aimed to measure wideband EA in normal-hearing adults under variation of the air pressure in the ear canal. Here, we demonstrate characteristics of the registered wideband energy absorbance, and the influence of air pressure rate and the test-retest reliability are analyzed. Wideband energy absorbance was obtained in 18 ears of 9 normal-hearing adults. Air pressure in the ear canal was varied between 200 and -300 daPa using alteration speeds of 12.5, 50 and 150 daPa/s (descending directions). Pressure and frequency dependent energy absorbance was reduced to two-dimensional data in order to present the data in a clinically acceptable manner. Bandpass absorbance tympanograms show a single-peak shape for the pressure dependence of the absorbance averaged over frequencies from 380 to 2 000 Hz respectively a M-shape for frequencies from 3 000 to 4 600 Hz. Increasing the pressure alteration speed in the ear canal up to 150 daPa/s pressure specific parameters for describing these bandpass tympanograms may differ significantly from those at lower pressure change speed. A pressure change speed of 50 daPa/s is recommendable for clinical use of the presented measurement system. Frequency depending energy absorbance (at peak pressure) rises with increasing frequency up to about 1 000 Hz, shows a plateau between 1 000 and 3 000 Hz and falls steeply for frequencies above 3 500 Hz. In the present implementation clinically acceptable test-retest reliability of the measured energy absorbance was obtained for frequencies up to 2 000 Hz. Measurement of EA can provide additional data on mechano-acoustical characteristics of the eardrum and middle ear system compared to clinical tympanometry. Obtaining these data can require the same measuring duration as the single-frequency clinical tympanometry. The large number of measurement data was reduced to various parameters for differentiating multiple disorders of the eardrum and middle ear system and normal findings in a clinically practicable manner. However, further research on pathological ears is needed to demonstrate the actual utility of these parameters for differential diagnosis.

Keywords: Wideband energy absorbance, reflectance, tympanometry Zusammenfassung | Die Messung der akustischen Impedanz mit Hilfe der klinischen Tympanometrie kann bei Registrierung mit Frequenzen größer als 2 000 Hz wesentlich von der Platzierungstiefe der Messsonde im Gehörgang abhängen. Eine andere Möglichkeit zur Beschreibung der mechanoakustischen Eigenschaften des Trommelfell-Mittelohr-Systems bietet die Erfassung der Energie-Absorbanz (Absorptionsvermögen von Schallenergie) im Gehörgang. Mit dem hier verwendeten „Titan“-Tympanometer der Firma Interacoustics wird die Energie-Absorbanz (EA) als Antwort auf einen Klick-Reiz breitbandig im Frequenzbereich von 226 bis 8 000 Hz registriert. Das Ziel dieser Arbeit war es, die breitbandige EA in normalhörenden Ohren von Erwachsenen bei Variation des Luftdrucks im Gehörgang zu messen. Kenndaten zur Deskription der erfassten breitbandigen Energie-Absorbanz werden vorgestellt, und diese im Hinblick auf den Einfluss der Druckänderungsgeschwindigkeit sowie die Test-Retest-Reliabilität untersucht. Die Breitbandige Energie-Absorbanz wurde an 18 Ohren von neun normalhörenden Erwachsenen erfasst. Die Messungen erfolgten bei kontinuierlicher Druckänderung im Gehörgang mit Änderungsgeschwindigkeiten von 12,5, 50 und 150 daPa/s, jeweils in deszendierender Richtung zwischen 200 und -300 daPa. Für eine klinisch sinnvolle Betrachtung wurde die frequenz- und druckabhängige Energie-Absorbanz auf zweidimensionale Daten reduziert. Bandpass-Absorbanz-Tympanogramme zeigen gemittelt über Frequenzen zwischen 380 und 2 000 Hz einen eingipfligen bzw. zwischen 3 000 und 4 600 Hz einen M-förmigen Verlauf der EA in Abhängigkeit vom Luftdruck. Druckspezifische Kenndaten zur Beschreibung dieser Bandpass-Tympanogramme können bei Erhöhung der Druckänderungsgeschwindigkeit im Gehörgang auf 150 daPa/s signifikant von denen bei niedrigeren Geschwindigkeiten abweichen. Für den klinischen Einsatz der in dieser Arbeit verwendeten Messapparatur kann eine Geschwindigkeit von 50 daPa/s empfohlen werden. Der bei tympanometrischem Spitzendruck betrachtete Verlauf der frequenzabhängigen Energie-Absorbanz steigt mit zunehmender Frequenz bis ungefähr 1 000 Hz an, weist zwischen 1 000 und 3 500 Hz ein Plateau auf, und fällt für Frequenzen über 3 500 Hz steil ab. Eine klinisch akzeptable Test-Retest-Reliabilität der gemessene Energie-Absorbanz ist für Frequenzen bis 2 000 Hz gegeben. Die Messung der EA in Abhängigkeit vom Luftdruck im Gehörgang kann im Gegensatz zur klinischen Tympanometrie zusätzliche Daten über die mechanoakustischen Eigenschaften des Trommelfell-Mittelohr-Systems liefern. Diese Daten können darüber hinaus mit einer Messdauer erhalten werden, die die klinische Tympanometrie nur mit einer Messfrequenz benötigt. Für eine klinisch praktikable Anwendung der breitbandigen Absorbanz-Messung wurde die große Anzahl an Messdaten auf verschiedene Kenndaten reduziert, mit deren Hilfe verschiedene Störungsbilder des Trommelfell-Mittelohr-Systems und Normalbefunde gegeneinander abgegrenzt werden sollen. Untersuchungen an pathologischen Ohren müssen den tatsächlichen Nutzen dieser Parameter für die Differentialdiagnostik jedoch erst zeigen.

Schlüsselwörter: Breitbandige Energie-Absorbanz, Reflektanz, Tympanometrie