

8 Schlussfolgerungen

Die vorliegenden Untersuchungen zeigen, dass die akustische Rastermikroskopie geeignet ist, die akustische Impedanz von Gehörknöchelchen zu bestimmen.

Die Ultraschalltechnik ermöglicht im Gegensatz zum Lichtmikroskop die visuelle Darstellung von Knochenstrukturen ohne Anwendung von Färbetechniken und zusätzlich die Erfassung der akustischen Impedanz von der Knochenoberfläche.

In den Schnittbildern von Hammer, Amboss und Steigbügel zeigte sich in der akustischen Rastermikroskopie bei einer Arbeitsfrequenz von 25 MHz eine inhomogene Verteilung der akustischen Impedanz. Damit wurden die Resultate von Gaihede et al. [17] bestätigt. In den zentralen Anteilen des Ambosskörpers und des Hammerkopfes befanden sich Areale erniedrigter Impedanz (akustische Impedanz < 7 Mrayl). Im Bereich des Übergangs von der Steigbügelfussplatte zum vorderen und hinteren Schenkel waren hingegen Bereiche höherer akustischer Impedanz nachweisbar (akustische Impedanz > 9 Mrayl bei 25 MHz). Diese Ergebnisse stimmen mit den Untersuchungen von Gaihede et al. 1997 [17] überein.

Die mittlere akustische Impedanz bei einer Arbeitsfrequenz von 25 MHz war für die untersuchten Hämmer mit 7,13 Mrayl am größten. Die Steigbügel wiesen mit 4,67 Mrayl die geringste akustische Impedanz unter den Gehörknöchelchen auf. Die akustische Impedanz der Ambosse lag mit 6,74 Mrayl dazwischen. In Bezug auf die untersuchten Regionen der Hämmer wies der Hammerkopf mit 7,42 Mrayl eine statistisch signifikante höhere Impedanz als das Manubrium mit einer akustischen Impedanz von 6,5 Mrayl auf. Der Ambosskörper und der kurze Ambossfortsatz hatten in den geschilderten Untersuchungen bei einer Arbeitsfrequenz von 25 MHz eine akustische Impedanz von 6,9 Mrayl. Der lange Ambossfortsatz wies dagegen eine geringere akustische Impedanz von 6,04 Mrayl auf. Dieser Unterschied der akustischen Impedanz war statistisch signifikant.

In den eigenen Untersuchungen konnte erstmals an Gehörknöchelchen gezeigt werden, dass auch bei einer Arbeitsfrequenz von 900 MHz die Verteilung der akustischen Impedanz in den Schnitten von Hammer, Amboss und Steigbügel inhomogen ist.

Die mit einer Arbeitsfrequenz von 900 MHz ermittelte akustische Impedanz der untersuchten Gehörknöchelchen lag bei 3,2 bis 4,0 Mrayl. Die geringeren Impedanzwerte sind Folge der höheren Arbeitsfrequenz.

Die praktische Anwendung dieser Untersuchungen könnte darin bestehen, dass die ermittelten akustischen Impedanzen der Gehörknöchelchen neben Parametern für neu zu entwickelnde Mittelohrprothesen möglicherweise auch Eingangsgrößen für Finite Elemente Modelle liefern.

Es ist ebenfalls denkbar, die akustische Rastermikroskopie für die Beurteilung von pathologischen Prozessen im Mittelohr zu nutzen. Bei chronischen Mittelohrentzündungen kommt es häufig auch zu funktionellen und morphologischen Störungen an der Gehörknöchelchenkette. Eine mögliche Anwendung der akustischen Rastermikroskopie ist die Untersuchung der mikrostrukturellen und elastischen Veränderungen in Folge von Umbauprozessen bei chronischer Schleimhauteiterung und bei Cholesteatom. Dabei könnten eventuell schon vor einer funktionellen Störung Impedanzänderungen als mikrostruktureller Krankheitsindikator nachweisbar sein.

In weiteren Studien können richtungsabhängige Elastizitätsunterschiede der Gehörknöchelchen, die sich in den unterschiedlichen Impedanzen bei verschiedenen Untersuchungswinkeln widerspiegeln, Aufschluss über vom Schall bevorzugte Wege in den Ossikeln geben. So könnten richtungsabhängige Elastizitätsparameter bestimmt und mit Hilfe bestehender Modelle über die Knochenstruktur im mikrostrukturellen Bereich die Materialien zur Rekonstruktion des Schalleitungsapparates optimiert werden.