

Nutzung perfekter Sequenzen zur Funktionsuntersuchung der Eustachischen Röhre

E. Di Martino, C. Antweiler, A. Telle, R. Thaden, M. Westhofen

Arbeitsgruppe Tubenfunktion d. Hals-Nasen-Ohrenklinik d. UK Aachen, Aachen

Hintergrund und Fragestellung

Bei der Tubenfunktionsuntersuchung mit akustischen Signalen wurden bisher vorwiegend Sinustöne um 8kHz eingesetzt. Es zeigte sich, dass Messungen mit solchen Signalen die Tubenöffnung qualitativ und quantitativ erfassen können. Neben einer hohen Störanfälligkeit weisen Sinussignale jedoch keine ausreichende Reliabilität und Reproduzierbarkeit auf. Zur Verbesserung des Meßverfahrens wurden von uns erstmals periodisch wiederholte Rauschsignale, sog. Perfekte Sequenzen erprobt. Solche Signale werden bislang in der Nachrichtentechnik (Mobilfunk) zur Sprachübertragung angewandt. Der Einsatz dieser Signale erlaubt die Auswertung eines Frequenzspektrums von 0-16kHz und wurde zur Detektion von Tubenöffnungen genutzt.

Patienten und Methode

Es wurden zwanzig Ohr gesunde Normalhörige mit unauffälligen Verhältnissen in Nase und äußerem Gehörgang untersucht. Die Tubenöffnungen beim Schlucken, Gähnen sowie im Valsalvaversuch wurden mittels perfekter Sequenzen sowie eines 8kHz-Sinustons registriert.

Die Meßsignale wurden mit Hilfe eines von uns entwickelten Geräteprototypen über einen Lautsprecher in die Nase eingebracht und mit einem im Ohr befindlichen Mikrofon synchron aufgezeichnet. Die Abtastrate betrug 32kHz. Eine spezielle Verarbeitung ermöglicht neben der Registrierung eines Amplitudenwerts auch die Berechnung eines kompletten, breitbandigen Frequenzspektrums. Daneben wurden ein Ruhe-, ein Aktiv- und ein Passivpegel definiert um Artefakte und Fehlmessungen auf ein Minimum zu reduzieren.

Ergebnisse

Der Einsatz perfekter Sequenzen zeigte, dass die Resonanzfrequenzen und damit die signifikanten, aussagekräftigsten Frequenzanteile, die das System charakterisieren, nicht nur bei 8kHz auftreten. Es stellten sich insbesondere im Bereich um 2kHz besonders große Werte ein. Daneben fanden sich je nach durchgeführtem Provokationsmanöver auch bei 4kHz verwertbare Signalantworten.

Bei allen Probanden wurden Tubenöffnungen in beiden Verfahren nachgewiesen. Im Vergleich zur Messung mit Sinustönen konnten beim Einsatz perfekter Sequenzen signifikant mehr Tubenöffnungen detektiert werden. Der Anteil der verwertbaren Untersuchungen stieg von 55% auf 82%. In 51% war die Messqualität mit perfekten Sequenzen besser, in 45% gleich und in 4% schlechter als bei Verwendung von 8kHz Sinustönen. In nahezu einem Fünftel der Fälle gelang die Registrierung einer Tuben-

öffnung nur durch die Verwendung der Perfekten Sequenzen.

Schlussfolgerungen

Mit Hilfe des neuen Meßsignals wird erstmals ein breites Resonanzfrequenzspektrum berücksichtigt, was zu deutlich prägnanteren Messkurven führt. Demzufolge war die Ergebnisqualität der Messungen mit perfekten Sequenzen bei gleichem Messaufwand in allen Fällen gleich oder besser. Durch die Berücksichtigung zusätzlicher Pegel-Messungen ist eine wesentlich differenziertere qualitative Auswertung der Signalantworten möglich. Dadurch ist eine signifikante Verbesserung bei der Detektion von Tubenöffnungen möglich. Der Einsatz von Signalen aus der Nachrichtentechnik stellt eine neue Anwendungsmöglichkeit für die klinische Diagnostik dar. Darüber hinaus eröffnet der Einsatz der perfekten Sequenzen die Möglichkeit zukünftig Aussagen über die räumlichen Verhältnisse innerhalb des Systems Tube-Mittelohr-Gehörgang treffen zu können.

Literatur

- Antweiler C, Antweiler M. System Identification with Perfect Sequences based on the NLMS Algorithm. *AEÜ* 1995;49:129-34
- Lüke HD. *Korrelationssignale*. Springer Vlg., Berlin, Heidelberg, New York 1992
- Hoffmann M, Di Martino E, Mendes D, Thaden R, Westhofen M. Anwendung eines akustischen Meßverfahrens zur Evaluation der Tubenfunktion. *HNO-Informationen* 2003;28:122