

TEOAE – gegenwärtige Praxis und zukünftiges Potential

Hoth, S.

Univ. -HNO-Klinik Heidelberg

Transitorisch evozierte otoakustische Emissionen (TEOAE) sind als akustische Antwort des Innenohres auf akustische Reize kurzer Dauer im Gehörgang registrierbar. Ihre derzeitige praktische Anwendung beschränkt sich weitgehend auf die Pädaudiologie und das Screening zur Früherkennung kindlicher Hörstörungen. In diesem Bereich kommt es in erster Linie darauf an, mit möglichst wenig Aufwand eine zuverlässige Unterscheidung zwischen normalhörenden und interventionsbedürftigen Chren zu treffen. Aufgrund vieler günstiger Merkmale weisen sich die TEOAE für diese Aufgabe als besonders geeignet aus. Es besteht aber kaum ein Zweifel daran, daß die Methode zu mehr als nur einer einfachen dichotomen Entscheidung imstande ist. Im folgenden soll auf mögliche zukünftige Anwendungen, die sich z.T. bereits heute abzeichnen, eingegangen werden.

Frequenzspezifische Objektivierung der Hörschwelle

In der überwiegenden Mehrzahl der Anwendungen werden die TEOAE nicht mit frequenzselektiven Reizen sondern mit einem Click ausgelöst. Breitbandige Stimulation und frequenzspezifische Audiometrie schließen einander jedoch nicht aus. Anhand des Spektrums der TEOAE und mit Hilfe ihrer Latenz ist es möglich, die Beiträge unterschiedlicher Frequenzbereiche voneinander zu unterscheiden. Zumindest bei den üblicherweise verwendeten hohen Reizpegeln sind die TEOAE in Hinblick auf die Frequenzspezifität den otoakustischen Distorsionsprodukten (DPOAE) keineswegs unterlegen. Messungen mit schwelennahen Reizpegeln könnten durchaus zur Hörschwellenbestimmung beitragen. Anders als bei den DPOAE wird jedoch bei den TEOAE die Wachstumsfunktion wenig beachtet. Dies liegt z.T. daran, daß mit dem gängigen Messverfahren nicht die Amplitude der Antwort gemessen wird sondern ihre Abweichung von der Linearität. Bei Ausweitung des Messparadigmas und Betrachtung von Eingangs/Ausgangs-Funktion und Reizantwortschwelle besteht durchaus noch Potential für einen wertvollen Beitrag der TEOAE zur Schwellenbestimmung.

Früherkennung von Innenohrschäden

Immer wieder ist die Vermutung geäußert worden, daß die TEOAE eine geringfügige oder beginnende Schädigung des Innenohres empfindlicher anzeigen als die Tonaudiometrie (Brown et al. 1989, Lonsbury-Martin et al. 1991, Plinkert und Kröber 1991, Hotz et al. 1993, Hoth 2000). Eine gut dokumentierte Bestätigung dieser Vermutung liegt für die Auswirkung eines ototoxischen Zytostatikums vor (Plinkert und Kröber 1991): Während die Tonaudiogramme vor und nach Behandlung mit Cisplatin nahezu gleichwertig sind, nimmt die Amplitude der TEOAE bei allen Frequenzen signifikant ab. Bei akuten Lärmschäden hingegen zeigt sich in vielen Fällen eine

Schwellenabwanderung im Tonaudiogramm ohne eine Änderung der TEOAE (bisher unveröffentlichte Daten, Institut und Poliklinik für Arbeits- und Sozialmedizin der Universität Heidelberg, Direktor: Prof. Dr. G. Triebig). Die Berichte in der Literatur sind aber keineswegs einheitlich: Bei zeitlich begrenzter „subrisikanter Impulsreizung“ (Schießübungen) könnten die TEOAE für den Nachweis beginnender cochleärer Schäden durchaus sensibler sein als das Tonaudiogramm (Hotz et al. 1993). Nach Plinkert et al. (1995) erweisen sich die TEOAE im Methodenvergleich als das empfindlichste objektive Meßverfahren, um „durch Impuls- oder Dauerlärm hervorgerufene Schädigungen des cochleären Verstärkers zu erfassen“. Bei chronischer Lärmexposition werden sowohl Amplitudenabnahmen der TEOAE als auch temporäre Schwellenverschiebungen (TTS) beschrieben, zwischen beiden besteht aber keine Korrelation (Kværner et al. 1995). In einer kürzlich erschienenen Längsschnittstudie zeigen Miller et al. (2004) daß Schwellenverluste von lärmexponierten Arbeitern sich im allgemeinen in einer Abnahme der Amplitude von TEOAE und DPOAE widerspiegeln; dem stehen aber zahlreiche entgegengesetzte Beobachtungen gegenüber: Ebenso wie die Schwelle sich nach einer TTS zurückbilden kann, ohne daß die OAE ihre ursprüngliche Amplitude wiedererlangen, gibt es Fälle, in denen eine Schwellenabwanderung nicht mit einer Abnahme der OAE-Amplitude einhergeht. Die Vermutung, mit Hilfe der TEOAE könnte eine Früherkennung subklinischer Haarzellschäden möglich sein, erhielt eine erneute Stärkung durch einen Bericht von Lucertini et al. (2002), demzufolge die TEOAE am tonaudiometrisch unauffälligen Ohr bei unilateralen, durch Schußwaffengebrauch verursachten Lärmschäden signifikant reduziert sind.

Die durch ototoxische Substanzen oder Lärm verursachte Beeinträchtigung der Innenohrfunktion ist sicherlich von der Schädigung nach einem Hörsturz verschieden. In Verlauf der Therapie wird hier meistens ein „kongruentes Verhalten“ von Hörschwelle und OAE beobachtet, d.h. die Emissionsamplitude nimmt mit Erholung der Hörschwelle zu (Hoth und Bönhoff 1993, Nakamura et al. 1997). Bei der näheren Betrachtung individueller Daten ergibt sich jedoch, daß die Restitution des Hörvermögens häufig nicht mit einer Änderung der OAE vergesellschaftet ist (Hoth 2005). Dies ist insbesondere bei solchen Ohren der Fall, die unmittelbar nach dem Hörsturz eine in Relation zum Hörverlust auffallend große OAE-Amplitude aufweisen. Es zeigt sich darüber hinaus, daß an den dadurch gekennzeichneten Ohren eine erhöhte Wahrscheinlichkeit für eine Erholung der Hörschwelle besteht. Dieses Ergebnis beinhaltet das Potential zur Prognose guter Heilungsaussichten in solchen Fällen, bei denen die mit den OAE zusammenhängende Funktion der äußeren Haarsinneszellen durch den Hörsturz nicht wesentlich beeinträchtigt ist.

Schließlich ist als weitere Entität innenohrbedingter Hörverluste die *Presbyakusis* zu betrachten. Die Literatur ist hinsichtlich der Beschreibung der durch das Lebensalter bedingten Veränderungen der OAE nicht einheitlich. Schon lange ist bekannt, daß Inzidenz, Amplitude, Auslöseschwelle und Spektrum der TEOAE vom Alter abhängen (Bonfils et al. 1988). Die fundamentale Schwierigkeit besteht jedoch darin, den Einfluß des Alters von dem des altersbedingten Hörverlustes zu trennen. Die Bestimmung partieller Korrelationen deutet darauf hin, daß zwischen Alter und TEOAE-Amplitude eher kein direkter Zusammenhang besteht (Bertoli und Probst 1997). Den Autoren zufolge bedarf dieser Befund der weiteren Absicherung durch Untersuchung einer Vergleichsgruppe junger Probanden, deren Hörvermögen paarweise auf das der altersabhängigen Stichprobe abgestimmt ist. Für die DPOAE ist die Vermutung geäußert worden, daß ein intrinsischer, allein vom Alter abhängiger Effekt auf die Entstehungsmechanismen der OAE existieren könnte (Dorn et al. 1998). Alternativ werden Veränderungen des Mittelohres als Ursache für die altersbedingte Reduktion der OAE-Amplitude diskutiert (Oeken et al. 1999). Als weitere mögliche Defizite des alternden Gehörs kommen atrophische Veränderungen des Corti-Organes, funktionelle Neuronenverluste im ZNS und eine Atrophie der Stria vascularis in Frage (Bonfils et al. 1988). Kürzlich sind Veränderungen der Expression inhibitorischer Neurotransmitter in die Diskussion um die altersbedingten Veränderungen des Gehörs eingebracht worden (Gleich und Strutz 2005). Angesichts der Vielzahl möglicher Faktoren ist es nicht überraschend, daß die OAE bei Presbyakusis kein einheitliches Bild zeigen. Auf experimenteller Seite besteht Bedarf an einer Studie mit geeigneten Kontrollgruppen zur Trennung der unterschiedlichen Effekte.

Efferente Kontrolle der Haarzellen

Bekanntlich sind die äußeren Haarsinneszellen nahezu ausschließlich mit efferenten, nicht aber mit afferenten Hörnervenfasern verbunden (Spoendlin 1979). Die Funktion der efferenten Innervation ist noch nicht . Contralaterale Suppression (Collet et al. 1990). Effekt bei Presbyakusis weniger stark ausgeprägt (Castor et al. 1994). auditorische Neuropathie (Abdala et al. 2000). Einfluß von Vigilanz und Aufmerksamkeit?

Frequenzabstimmung des Innenohres

Theoretische Betrachtungen legen einen Zusammenhang zwischen der Latenz der TEOAE und der Güte der Frequenzabstimmung (Tuningkurven) nahe (Moleti und Sisto 2003).

Tinnitus

Modell (Zenner et al. 1992) Beobachtungen DPOAE (Janssen et al. 1998)

Literatur

- Abdala C, Sininger YS, Starr, Arnold (2000) Distortion product otoacoustic emissions suppression in subjects with auditory neuropathy. *Ear Hear* 21: 542-553
- Bertoli S, Probst R (1997) The role of transient-evoked otoacoustic emissions testing in the evaluation of elderly persons. *Ear Hear* 18(4): 286-293
- Bonfils P, Bertrand Y, Uziel A (1988) Evoked otoacoustic emissions: Normative data and presbycusis. *Audiology* 27: 27-35
- Brown AM, McDowell B, Forge A (1989) Acoustic distortion products can be used to monitor the effects of chronic gentamicin treatment. *Hear Res* 42(2-3): 143-156
- Castor X, Veuillet E, Morgon A, Collet L (1994) Influence of aging on active cochlear micromechanical properties and on the medial olivocochlear system in humans. *Hear Res* 77(1-2): 1-8
- Collet L, Kemp DT, Veuillet E, Duclaux R, Moulin A, Morgon A (1990) Effect of contralateral auditory stimulation on active cochlear micro-mechanical properties in human subjects. *Hear Res* 43: 251-261
- Dorn PA, Piskorski P, Keefe DH, Neely ST, Gorga MP (1998) On the existence of an age/threshold/frequency interaction in distortion product otoacoustic emissions. *J Acoust Soc Am* 104: 964-971
- Gleich O, Strutz J (2004) Inhibitorische Transmitter in der Hörbahn. *Z Audiol* 43(4): 176-186
- Hoth S (2000) Objektivierung von Erholungsvorgängen nach einem Hörsturz. *Z Audiol Suppl* III: 62-66
- Hoth S (2005) On a possible prognostic value of otoacoustic emissions. A study on patients with sudden hearing loss. *Eur Arch Otorhinolaryngol* 261 (accepted 16 March 2004)
- Hoth S, Bönhoff S (1993) Klinische Anwendung der transitorisch evozierten otoakustischen Emissionen zur therapiebegleitenden Verlaufskontrolle. *HNO* 41: 135-145
- Hotz MA, Probst R, Harris FP, Hauser R (1993) Monitoring the effects of noise exposure using transiently evoked otoacoustic emissions. *Acta Otolaryngol (Stockh)* 113: 478-482
- Janssen T, Kummer P, Arnold W (1998) Growth behavior of the 2f1-f2 distortion product otoacoustic emission in tinnitus. *J Acoust Soc Am* 103: 3418-3430
- Lonsbury-Martin BL, Cutler WM, Martin GK (1991) Evidence for the influence of aging on distortion-product otoacoustic emissions in humans. *J Acoust Soc Am* 89: 1749-1759
- Lucertini M, Moleti A, Sisto R (2002) On the detection of early cochlear damage by otoacoustic emission analysis. *J Acoust Soc Am* 111: 972-978

- Miller JAL, Marshall L, Heller LM (2004) A longitudinal study of changes in evoked otoacoustic emissions and pure-tone thresholds as measured in a hearing conservation program. *Int J Audiol* 43: 307-322
- Moleti A, Sisto R (2003) Objective estimates of cochlear tuning by otoacoustic emission analysis. *J Acoust Soc Am* 113: 423-429
- Nakamura M, Yamasoba T, Kaga K (1997) Changes in otoacoustic emissions in patients with idiopathic sudden deafness. *Audiology* 36: 121-135
- Oeken J, Lenk A, Bootz F (1999) Einfluß der Presbyakusis auf Distorsionsprodukte otoakustischer Emissionen (DPOAE). *Z Audiol Suppl II*: 136-137
- Plinkert PK, Hemmert W, Zenner HP (1995) Methodenvergleich zur Früherkennung einer Lärmvulnerabilität des Innenohres. *HNO* 43: 89-97
- Plinkert PK, Kröber S (1991) Früherkennung einer Cisplatin-Ototoxizität durch evozierte otoakustische Emissionen. *Laryngol Rhinol Otol* 70: 457-462
- Spoendlin H (1979) Neural connections of the outer haircell system. *Acta Otolaryngol* 87: 381-387
- Zenner HP, Gitter AH, Rudert M, Ernst A (1992) Stiffness, compliance, elasticity and force generation of outer hair cells. *Acta Otolaryngol (Stockh)* 112: 248-253