

Hörgeräte, implantierbare Hörgeräte und Cochlear implants in der Therapie des chronischen Tinnitus

Tinnitus wird dann als chronisch bezeichnet, wenn seit mehr als 3 Monaten störende Ohrgeräusche bestehen und der Patient leidet, weil er sich dadurch gestört fühlt oder Folgeerscheinungen wie Schlaf- und Konzentrationsstörungen oder psychosomatische Komorbiditäten wie Depressionen, Angst- oder Panikstörungen entwickelt.

Nach der gerade überarbeiteten und veröffentlichten AWMF-Leitlinie „Tinnitus“ steht eine spezifische medikamentöse Therapie des chronischen Tinnitus nicht zur Verfügung; vielmehr besteht die Basistherapie in einer umfassenden Beratung und Aufklärung („Counselling“) und habituationsfördernden sowie hörtherapeutischen Maßnahmen, zu denen auch die apparative Versorgung (Anpassung von Hörgeräten) gehört [3].

Akustische Stimulation ist ein wesentliches Element zur Förderung einer Tinnitushabitation: Der Tinnitus entsteht primär fast ausschließlich durch pathologische Prozesse in der Hörbahn, zumeist in den äußeren Haarzellen des Innenohrs; er verselbstständigt sich und chronifiziert dann durch Steuerungsreaktionen der zentralen Hörbahn, durch fehlende Inhibition oder kortikale Umbauprozesse. Modellhaft wurden diese Zusammenhänge von Jastreboff als „neurophysiologisches Modell“ beschrieben [23].

Die Bedeutung akustischer Stimulation für die Entwicklung und Organisation des auditorischen Kortex wurde von

der Forschungsgruppe um Eggermont in zahlreichen Studien an Katzen und auch durch Untersuchungen mit ertaubten Kindern und Erwachsenen herausgearbeitet [10]:

Während des gesamten Lebens unterliegt der auditorische Kortex plastischen Umbauprozessen. Bei normalhörenden Tieren findet man klar organisierte tonotopie Karten, wobei die charakteristische Frequenz jeweils einem spezifischen Ort im primären auditorischen Kortex zugeordnet ist. Bei plötzlichem Hörverlust, so etwa beim Lärmtrauma, finden sich neben einer Apoptose besonders der äußeren Haarzellen auch eine exzessive, wenn auch reversible Glutamatausschüttung, die wiederum zu einer erhöhten Kalziumausschüttung aus den inneren Haarzellen und zu einer Blockade der Synapsen zwischen innerer Haarzelle und Neuriten führt. Kommt es nicht zur Erholung, fehlen die geschädigten (hohen) Frequenzen: Im Kortex findet dann eine Reorganisation statt, bei der wegen fehlender lateraler Inhibition die Eck- und Randfrequenzen des Hörverlusts an Repräsentanz gewinnen.

Die Frequenz des Tinnitus entspricht i. d. R. der Frequenz des größten Hörverlusts

Es entstehen maladaptive Muster, die Ursache für einen Tinnitus oder eine Hyperakusis sein können. Deshalb entspricht die Frequenz des Tinnitus i. d. R. auch der Frequenz des größten Hörverlusts

[18]. Dies gilt auch, wenn die Schwerhörigkeit sich allmählich entwickelt.

Durch akustische Stimulation bzw. Verstärkung der fehlenden Frequenzen wird einer derartigen Reorganisation des Kortex vorgebeugt. Bei Katzen wurde dies erreicht durch akustische Anreicherung über einen kontinuierlichen Zeitraum – beim Menschen werden ähnliche Effekte durch Hörgeräte oder ein CI erreicht – jedenfalls, wenn diese Versorgung frühzeitig erfolgt. Parallel zum Umbau des Kortex durch ein Lärmtrauma oder Hörverlust steigt die Spontanaktivität in diesen Regionen an, die laterale Inhibition fehlt oder ist gestört – evtl. eine weitere Ursache für Tinnitus.

Drastischer ist die Bedeutung fehlender Stimulation für die Hörbahnreifung etwa bei tauben Kindern. Besonders die akustisch evozierten Potenziale langer Latenz entwickeln und verändern sich in der Reifung bei Normalhörenden sehr stark. Werden taube Kinder schnell mit einem CI versorgt, findet eine annähernd normale Reifung statt, die umso schwächer ausfällt, je länger die Ertaubung zu einer fehlenden Stimulation geführt hat [17]. Akustische Stimulation ist somit für die Ausbildung des Kortex wie auch zur Vorbeugung von Umbauprozessen etwa nach Lärmtrauma eminent wichtig.

Bedeutung einer Hörgeräteversorgung für die Tinnitustherapie

Die Vermeidung von Stille [22] und akustische Anreicherung wurde anfänglich mit

reinem Maskierungsrauschen für die Tinnitusbehandlung genutzt [53], schon 1980 hob Kießling jedoch die Bedeutung und zugleich Überlegenheit einer adäquaten Hörgeräteversorgung gegenüber einer Maskerversorgung hervor [24]. Bei 50% der Hörgeräteträger besserte sich der Tinnitus, bei Trägern von Tinnitusmaskern hingegen nur bei 10%. Auch v. Wedel et al. [54] hoben nach einer Untersuchung mit 462 Patienten die Bedeutung der Hörgeräteversorgung in der Therapie des Tinnitus hervor. Moffat et al. [34] sahen bei ihrer Studie nur geringe Veränderungen der Tinnituswahrnehmung bezüglich Intensität und Tonhöhe nach Anpassung von Hörgeräten. Del Bo und Ambrosetti hoben die Bedeutung einer beidohrigen und möglichst offenen Versorgung hervor, um neben einer Verbesserung des Sprachverstehens auch eine Verringerung der Tinnituswahrnehmung zu erreichen [7]. Bei der Anpassung von Hörgeräten ist zudem nach einer eigenen Studie gerade bei älteren Patienten auch eine Diagnostik der zentralen Hörwahrnehmung sinnvoll, um Defizite der Hörverarbeitung ausgleichen zu können [16].

Trotter u. Donaldson [47] belegen in einer großen prospektiven Datensammlung, dass Hörgeräte zu den wirksamsten Tinnitus Therapien gehören: 2153 Patienten wurden bezüglich ihrer Tinnitusbelastung untersucht. Bei 1440 von ihnen erfolgte die Anpassung von Hörgeräten. Die Verbesserung der Tinnituspenetranz durch die Hörgeräte war signifikant, gemessen mit visuellen Analogskalen (VAS). Dabei waren die Effekte mit digitalen Hörgeräten besser als mit analogen [47].

Konventionelle Hörgeräte

Im Ohr- und Hörinstitut der Tinnitusklinik am Krankenhaus Bad Arolsen wird in einer laufenden Studie u. a. die Wirksamkeit einer konventionellen Hörgeräteversorgung bei Patienten mit chronischem Tinnitus untersucht.

HNO 2010 · 58:1004–1012 DOI 10.1007/s00106-010-2181-z
© Springer-Verlag 2010

H. Olze · T. Zahnert · G. Hesse

Hörgeräte, implantierbare Hörgeräte und Cochlear implants in der Therapie des chronischen Tinnitus

Zusammenfassung

Chronischer Tinnitus lässt sich zentral sowohl in Bezug auf seine Bewertung als auch seine auditorische Verarbeitung positiv beeinflussen. Hier spielt die akustische Stimulation eine wesentliche Rolle, entweder durch aktives Hören oder bei Hörverlust apparativ. Der positive Effekt von Hörgeräten auf Tinnituslautheit und -belastung liegt nach vielen Studien mit großen Patientenzahlen bei bis zu 70%. Die Wirkung implantierbarer Hörsysteme bei Tinnitus ist noch nicht hinreichend untersucht, vereinzelt wurde über positive, aber auch negative Effekte berichtet. Diese Hörsysteme sind allenfalls dann bei Tinnituspatienten indiziert, wenn wegen pathologischer Prozesse im Mittelohr eine Ankopplung des Implantats an den Stapes oder das runde Fenster direkt erfolgen muss und die Versorgung mit konventionellen Hörgeräten

aufgrund der höhergradigen kombinierten Schwerhörigkeit scheitert. Cochlear implants (CI) zur Versorgung hochgradig Schwerhöriger und Ertaubter verbessern Tinnitusausprägung und -belastung in 34–93% der Fälle. Die hohe Schwankung beruht auf sehr inhomogenen, nicht immer durch valide Fragebögen belegten Parametern in den Studien. Ein bestehender Tinnitus hat jedoch auch Einfluss auf die Ergebnisse der CI-Versorgung. Die Wirksamkeit eines CI bei einseitiger Taubheit und Tinnitus wird derzeit untersucht und diskutiert.

Schlüsselwörter

Tinnitus, chronischer · Cochlear implants · Elektroden, implantierte · Hörgeräte · Akustische Stimulation

Hearing aids, implantable hearing aids and cochlear implants in chronic tinnitus therapy

Abstract

Chronic tinnitus can be influenced positively by plastic cortical changes of tinnitus assignment and auditory perception. Acoustic stimulation plays an important role, either through active hearing therapy or through a hearing device. The positive effect of hearing aids regarding tinnitus loudness and severity has been shown in many studies with large numbers of patients and amounts to up to 70%. Implantable hearing systems and their effect on tinnitus have not been examined sufficiently yet; there are reports about positive as well as negative effects on tinnitus perception. There is a strong indication, however, when pathological processes in the middle ear need direct coupling of the implantable hearing aid with the stapes or the

round window and there is no possibility of providing a conventional hearing aid due to high-grade combined hearing loss. Cochlear implants (CI) for profoundly deaf patients influence tinnitus loudness and severity in 34–93% of the patients; the large deviation is due to inhomogeneous parameters in the studies that are not always based on validated questionnaires. Existing tinnitus, however, influences the outcome of CI patients. There are studies and discussions about the effect of CI for unilateral deafness with tinnitus.

Keywords

Tinnitus, chronic · Cochlear implants · Electrodes, implanted · Hearing aids · Acoustic stimulation

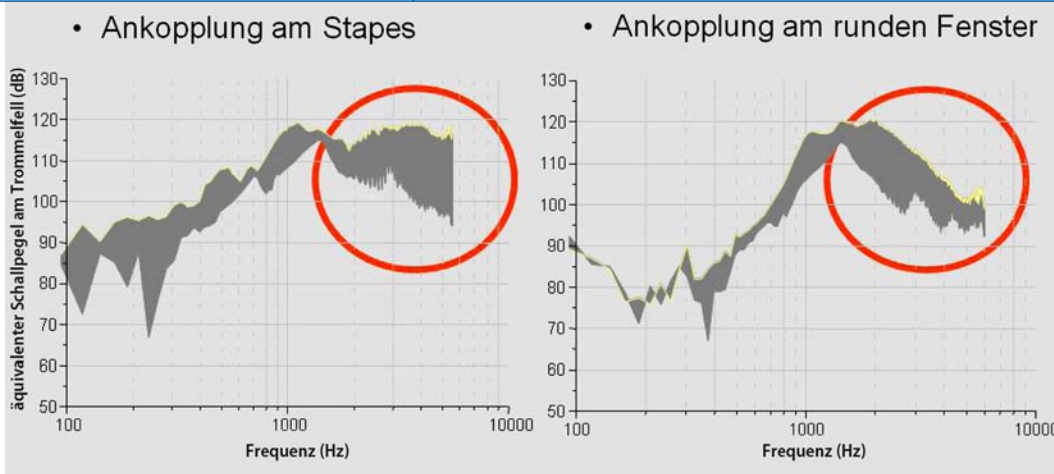


Abb. 1 Einfluss der Ankopplung des implantierten Hörsystems auf die Frequenzverstärkung. Bessere Effekte in den hohen Frequenzen bei direkter Ankopplung am Steigbügel

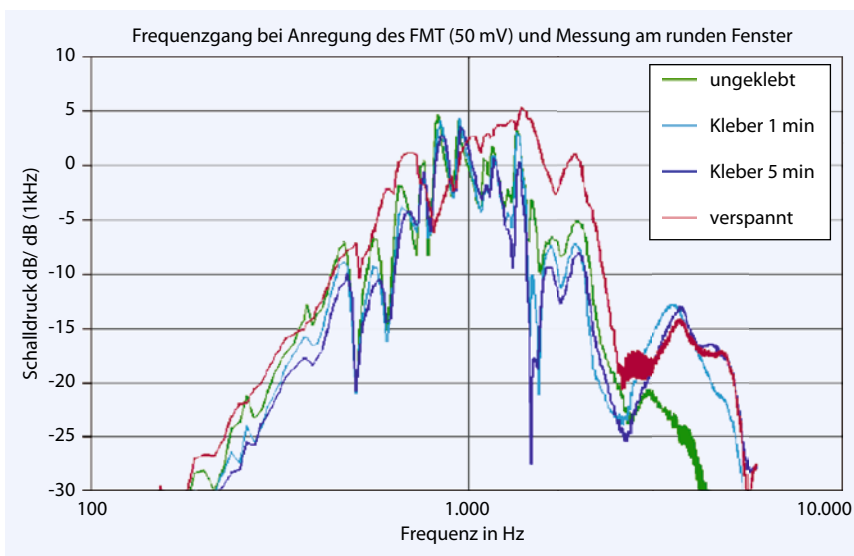


Abb. 2 Effektivität implantierbarer Hörsysteme am runden Fenster. Die beste Wirkung besteht zwischen 750 und 3000 Hz; FMT „floating mass transducer“

Studie zur Hörgeräteversorgung bei Tinnitus

Methodik, Geschlechts- und Altersverteilung

Untersucht wurden 191 Männer (66,6%) und 96 Frauen (33,4%) im Alter von 14–86 Jahren (Mittelwert: 53,2 Jahre). Alle Patienten litten unter chronischem Tinnitus. Es erfolgte eine komplette audiometrische Untersuchung mit Tonschwelle, Impedanz, Sprache, Tinnitusbestimmung und Ermittlung der Unbehaglichkeitsschwelle, Messung der Distorsionsprodukte otoakustischer Emissionen (DPOAE) und der akustisch evozierten Hirnstammpotenziale („brainstem electrical response audiometry“, BERA). Darüber hinaus wurden auch psychometrische Fragebögen (Hospital Anxiety and Depression

Scale, HADS, zur Erfassung der Depressivität) und der Mini-Tinnitus-Fragebogen 12 (Mini-TF 12) erfasst [42].

Ergebnisse

Bei 118 Patienten (41,1%) wurde eine Hörgeräteindikation gestellt und entsprechend der Leitlinie zur Hörgeräteversorgung verordnet (Hörverlust auf dem besseren Ohr 30 dB oder mehr in mindestens einer der Frequenzen zwischen 500 und 3000 Hz). Bei 157 Patienten (54%) bestand keine Psychodiagnose; 48 Patienten hatten eine Anpassungsstörung, 36 eine Depressionserkrankung, 15 eine Somatisierungsstörung und 31 litten unter einer Angsterkrankung. 29 Patienten wurde eine ambulante Psychotherapie empfohlen, bei 53 war ein stationärer Aufenthalt erforderlich. Hörgeräte wurden 21 der Pa-

tienten (23%) mit einer Psychodiagnose verordnet.

Gerade bei den hochtonschwerhörigen, mit modernen, offen angepassten digitalen Hörgeräten versorgten Patienten wird die Verringerung der Tinnituswahrnehmung sehr schnell erreicht. Langzeitwirkungen werden katamnestic derzeit untersucht.

In einer vorhergehenden Studie [40] wurde bei 42 Hörgeräteträgern erfasst, ob sich die Tinnituswahrnehmung durch das Tragen von Hörgeräten verringert bzw. verändert. Hiervon gaben 30 Patienten (71,4%) an, dass sie mit Hörgeräten den Tinnitus als weniger belastend und verringert erleben. Die restlichen 11 Patienten (26,2%) gaben eine gleiche Belastung an; bei einem Patienten hatte sich der Tinnitus mit dem Tragen des Hörgeräts verschlechtert. Eine Veränderung des Tinnitus (in Frequenz oder Intensität) erlebten 24 Patienten (57,1%), 18 Patienten (42,9%) gaben an, keine Veränderung des Ohrgeräusches bemerkt zu haben [40].

Implantierbare Hörsysteme

Allgemeine Grundlagen

Neben der akustischen Stimulation durch ein extern angepasstes Hörgerät gibt es die Möglichkeit, durch implantierbare Hörsysteme die Tinnistherapie zu unterstützen. Bei diesen Systemen erfolgt die Stimulation des auditorischen Systems nicht auf akustischem, sondern auf mechanischem oder elektrischem Weg. Das Ziel ist wie bei der akustischen Anregung die Maskierung des Tinnitus bzw. eine Konditionierung des auditorischen Systems.

Der Unterschied zur konventionellen Hörgeräteversorgung liegt in der Form der akustischen Anregung und den dabei entstehenden Begleiteffekten. Für die Tinnitustherapie grundsätzlich nutzbare Systeme sind:

- Knochenleitungshörgeräte,
- aktive Mittelohrimplantate,
- extracochleäre Elektrostimulatoren,
- Cochlear implants (CI).

Technologie

Bei implantierbaren Hörgeräten erfolgt die Anregung der Gehörknöchelchenkette oder der Rundfenstermembran mechanisch über ein Piezo- oder Magnetschwingersystem. Die Geräte werden in das Mittelohr oder Mastoid integriert, sodass im Unterschied zu konventionellen Hörgeräten der Gehörgang frei bleibt. In der Regel ergeben sich durch diese Anregung einige Vorteile:

- ein normales, belüftetes Gehörgangsmilieu (keine Probleme mit Entzündungen, Wassersport, Zerumen),
- eine geringere Stigmatisierung,
- eine geringere Rückkopplung,
- ein veränderter Frequenzgang durch Umgehung des Trommelfells.

Die beiden zuletzt genannten Vorteile sind natürlich von der Art des implantierbaren Systems abhängig. Der Wandler selbst (Magnet oder Piezokristall) sowie Güte und Lokalisation der Ankopplung haben entscheidenden Einfluss auf den Frequenzgang. Es überrascht deshalb nicht, dass die häufig mit verschiedenen Systemen und oft nur geringen Fallzahlen angelegten Studien zu sehr unterschiedlichen Ergebnissen kommen – besonders beim Vergleich mit konventionellen Hörgeräten. Zudem haben sich in den letz-

ten Jahren auch die Rückkopplungs-Unterdrückungsstrategien bei konventionellen Hörgeräten weiterentwickelt, so dass ein entscheidender Vorteil implantierbarer Systeme heute weniger zum Tragen kommt als noch vor 5 Jahren.

Therapieerfolg

Schmutziger et al. wiesen 2006 [43] in einer Studie mit 20 implantatversorgten Patienten darauf hin, dass sowohl subjektiv als auch audiometrisch messbar die Patienten mit der Vibrant Soundbridge (VSB) nicht zufriedener waren als mit einem konventionellen Hörgerät, hervorgehoben wurde lediglich der kosmetische Erfolg. Immerhin klagten 2 Patienten nach der Implantation über neu aufgetretenen persistierenden Tinnitus im operierten Ohr.

Truy et al. dagegen berichteten über 6 Patienten, die mit dem implantierbaren Hörgerät VSB ein signifikant besseres Sprachverstehen hatten als mit einem herkömmlichen Hörgerät, über Tinnitus wurde nicht berichtet [48]. Auch Lenarz et al. [26] kamen bei 34 Patienten, bei denen eine VSB implantiert wurde, zu einem gleichen oder besseren Ergebnis als mit normalen Hörgeräten. Eine vorübergehende Verstärkung ihres präoperativ bestehenden Tinnitus auf dem implantierten Ohr gaben 2 Patienten an.

Bis dato finden sich nach einer aktuellen Medline-Recherche (März 2010) keine wissenschaftlichen Studien mit größeren Patientenzahlen, die eine Verbesserung des Tinnitus nach Versorgung mit einem implantierbaren Hörgerät belegen, obwohl dies, ähnlich zumindest der Wirkung normal angepasster Hörgeräte, zu erwarten wäre.

Bei reiner Innenohrschwerhörigkeit oder Patienten mit normaler Hörschwelle wird sicher auch in Zukunft die Versorgung mit einem konventionellen Gerät zur Tinnitustherapie der Goldstandard sein. Anders kann es sich bei Tinnitus und kombinierten Schwerhörigkeiten verhalten – z. B. infolge einer Radikalhöhlenoperation mit nicht belüfteter Pauke. Hier ist die Versorgung mit einem konventionellen Gerät oft an der Leistungsgrenze und eine BAHA-Versorgung scheitert an der zu schlechten Knochenleitung. Ein implantierbares System mit direkter Ankopplung an den Steigbügel oder die Rundfenstermembran wäre hier die Methode der Wahl und könnte zu einer effektiven Tinnitustherapie beitragen. Erste Ergebnisse nach Implantation eines Magnetschwingers an die Rundfenstermembran bzw. den Steigbügel sind erfolgversprechend. Experimentelle Untersuchungen zeigen, dass die Ankopplung bei korrekter Ausführung im Wesentlichen gleichwertig ist, jedoch am Steigbügel in den hohen Frequenzen bessere Ergebnisse erzielt werden können (■ **Abb. 1**)

Die beste Wirkung der implantierbaren Hörgeräte, gemessen am runden Fenster, liegt zwischen 750 und 3000 Hz, abhängig von der Art der Fixation (Universitäts-HNO-Klinik Dresden; ■ **Abb. 2**).

Risiken

Tinnitus ist ein Symptom, welches aus chirurgischer Sicht auch für vulnerable Verhältnisse im Innenohr spricht. Neben den audiologischen Kriterien für eine Hörsystemversorgung sind deshalb auch Betrachtungen zum operativen Risiko und zur Traumatisierung des Innenohrs anzustellen: Können implantierbare Hörsysteme selbst zu Tinnitus führen?

Hier steht eine Anzeige.

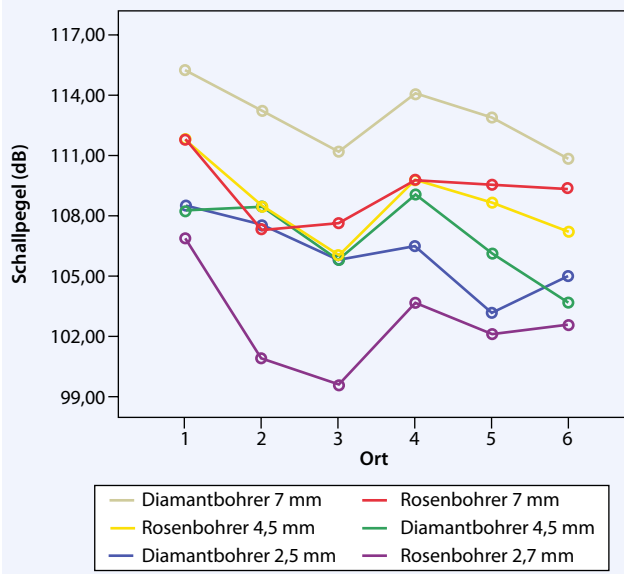


Abb. 3 ◀ Abhängigkeit der intraoperativen Lärmbelastung vom Typ des verwendeten Bohrers

Potenzielle Risiken für die erstmalige Entstehung eines Tinnitus bei der Verwendung implantierbarer Hörsysteme betreffen sowohl mögliche Schädigungen durch die Operation selbst als auch funktionstechnische Faktoren [56]. Bei der Operation könnten prinzipiell ein Tinnitus bzw. ein Lärmschaden durch den Bohrlärm entstehen [37], aber auch mechanische Druckänderungen im Innenohr oder toxische Einflüsse verursachen möglicherweise Haarzellschäden. Das Implantat selbst könnte – mechanisch oder elektrisch – ebenfalls zu Schäden der Strukturen des Innenohrs führen.

Im Tierversuch wurde untersucht, welche Schäden durch operationsbedingte Vibrationen entstehen können [45]: Vibrationen mit höheren Frequenzen (bis 1000 Hz) führten bei einwirkenden Intensitäten von 4,2–18,8 m/s² über 15 min zu größeren Hörschäden als tiefere Frequenzen (>32 Hz). Die Lärmbelastung durch Bohrlärm ist nach Untersuchungen an der HNO-Universitäts-Klinik Dresden abhängig von der Drehzahl und dem Typ des Bohrers (■ **Abb. 3**).

Hinzu kommen bisher nicht evaluierte mögliche Störungen durch das elektrische oder magnetische Feld des Implantats. Elektromagnetische Schwinger in der Nähe der Cochlea können einen bestehenden Tinnitus – durch das Grundrauschen des Implantats – beeinflussen. Inwieweit sich dieser Effekt positiv oder negativ auf die Tinnitusverarbeitung auswirkt, ist bisher nicht bekannt.

Knochenleitungshörgeräte

Bei hochgradigem einseitigem Hörverlust mit Tinnitus lohnt sich eine konventionelle Hörgeräteversorgung mit einem Contralateral-Routing-of-Signal-(CROS-)Gerät, allerdings ist die Wirkung auf den Tinnitus nur gering. Bishop u. Eby stellen in einem Literaturüberblick fest, dass mit einem knochenverankerten Hörgerät (BAHA) eine bessere Tinnitusreduktion als mit dem CROS-Gerät erzielt werden kann – durch beide Versorgungsformen lässt sich nur eine begrenzte Zufriedenheit erzielen [5].

Extracochleäre Elektrostimulation

Bereits 1994 beschrieben Matsushima et al. [27] ein Tinnitusinstrument, bei dem eine Spule in das Felsenbein implantiert und die Reizspule wie ein Hörgerät getragen wurde. Bei einer Frequenz von 30 kHz und einer Reizintensität von 100 µA konnte der Tinnitus am besten beeinflusst werden. Der Hörnerv wird hierbei direkt elektrisch stimuliert, um den Tinnitus zu maskieren, ähnlich der Stimulation durch ein CI. Die Besonderheit liegt in der extracochleären Elektrodenlage. Auf einen Einschub der Elektrode in die Cochlea wird verzichtet mit der Konsequenz, dass das Risiko der Hörverschlechterung und Ertaubung vermieden wird. Während die Stimulation – weit entfernt von den Axonen des Hörnerven – für eine Sprachwahrnehmung unzurei-

chend ist, könnte sie hingegen zur Verdeckung eines Tinnitus genügen. Neue gerätetechnische Entwicklungen haben aktuell das Modell der extracochleären Stimulation bei Tinnituspatienten wieder aufgenommen und werden experimentell und klinisch erprobt.

➤ Jeder instrumentelle Eingriff kann ein Lärmtrauma oder Tinnitus erzeugen

Festzuhalten bleibt, dass jeder instrumentelle Eingriff – und besonders Bohr- und Frästechniken bei der Implantation – das Potenzial haben, sowohl ein Lärmtrauma als auch einen Tinnitus zu erzeugen.

Cochlear implants

In zahlreichen Studien sind die Auswirkungen einer CI-Versorgung auf den Tinnitus untersucht worden. Bereits 1985 wurde nach den ersten CI-Operationen über eine Tinnitus-suppression im operierten Ohr berichtet. Thedinger et al. implantierten daher 1985 bei 5 hörenden Patienten ein CI ausschließlich zur Therapie eines dekompenzierten Tinnitus, hatten aber nur bei einem Patienten Erfolg [46].

Tinnitusprävalenz bei CI-Kandidaten

Tinnitus ist gerade bei resthörigen und erlaubten Patienten ein häufiges Symptom. Es kann daher von einer sehr hohen Prävalenz des Tinnitus unter CI-Kandidaten ausgegangen werden. Dies wird durch die Übersicht „Cochlear implants and tinnitus“ [4] nachdrücklich belegt. Bei insgesamt 1104 CI-Kandidaten, die in den 18 Studien untersucht wurden, lag der Mittelwert der Tinnitusprävalenz bei 80%. Die Ergebnisse bisheriger Studien sind jedoch aufgrund unterschiedlicher Messmethoden und Definitionen relativ inhomogen, die Angaben lagen zwischen 67 und 100% [13, 15, 28, 29, 32, 33].

CI-Wirkung auf den Tinnitus

Die aktuelle Literatur belegt die positiven Effekte des CI auf den Tinnitus bei einer großen Anzahl von CI-Nutzern [4, 13, 31, 38]. Erstmals berichtete House [21] im Jahr 1976 über eine Unterdrückung des Tinnitus nach CI-Versorgung. Demajumdar et

al. untersuchten prospektiv 99 CI-Kandidaten: 75 hatten präoperativ Tinnitus, nach der Implantation bestand der Tinnitus noch bei 61 Patienten, bei eingeschaltetem CI nur noch bei 37 Patienten [8].

1993 hatten Dauman et al. 2 CI-Patienten mit Tinnitus untersucht und herausgefunden, dass die Ausprägung der Tinnitusunterdrückung sowohl von der Lage der Elektrode als auch der Pulsrate abhing [6]. Ruckenstein et al. [41] stellten bei 95% der CI-Patienten mit Tinnitus (n=38) mittels visueller Analogskala (VAS) eine signifikante Unterdrückung des Tinnitus nach der Implantation fest. In einer interessanten Studie aus Oslo wurden 84 CI-Patienten mit 60 Hörgeräteträgern und 35 noch nicht operierten CI-Kandidaten verglichen. Mo et al. fanden, dass 54% der CI-Patienten eine Tinnitusverbesserung erlebten, aber nur 4% der Hörgeräteträger und immerhin 23% der CI-Kandidaten, jedenfalls dann, wenn sie ein Hörgerät trugen [33].

Insgesamt ist jedoch anzumerken, dass in der überwiegenden Zahl der Studien eigene, nicht normierte und nicht validierte Fragebögen zur Anwendung kamen, was den Vergleich der Ergebnisse erheblich erschwert. Der Tinnitus hatte sich bei 34–95% der Patienten gebessert. Validierte Fragebögen zur Bestimmung der Tinnitusbelastung wurden nur von wenigen Autoren verwendet [2, 32, 38, 44]. Insbesondere fehlten Aussagen zur Tinnitusbelastung vor und zum Grad der Verbesserung nach CI-Versorgung, oder es gab nur eine qualitative Einschätzung des Tinnitus, wie z. B. „besser, keine Änderung, schlechter“ [33, 49].

Tinnitusverschlechterung nach CI-Versorgung?

Die Elektrodeninsertion stellt allerdings auch ein potenzielles Trauma für die cochleären Strukturen dar [1], dass über nekrotische und apoptotische Mechanismen zu einem Zelluntergang führen und damit Einfluss auf den Tinnitus haben kann [11]. In der Literatur wird daher auch über eine Verschlechterung eines vorbestehenden Tinnitus in 2–9% der Fälle berichtet [12, 15, 32, 33, 50]. Das Risiko einer Tinnitusentstehung nach CI-Versorgung wird mit 0–4% angegeben [8, 28, 32, 49].

Greimel et al. untersuchten diese Frage etwas differenzierter und unterschieden, dass sich das Ausmaß der subjektiv erlebten Beeinträchtigung durch das Tragen eines CI reduziert, nicht jedoch die subjektive Lautheitsempfindung [14]. Insgesamt bestand bei 24 der 39 untersuchten Patienten postoperativ ein Tinnitus, bei 50% der Patienten veränderte er sich nicht, bei 26,7% verringerte er sich und bei 15,4% verschwand er. Yonehara et al. stellten sogar bei 33% der Patienten eine vollständige Tinnitusunterdrückung und bei 39% eine Besserung fest (n=29). Bei 14% verschlechterte sich der Tinnitus [55].

In einer aktuellen Studie von Pan et al. mit 244 CI-Kandidaten bestand vor CI-Versorgung bei 153 ein Tinnitus. Nach CI-Versorgung gaben 61% der Patienten eine vollständige Tinnitusunterdrückung an, bei 39% bestand eine partielle Unterdrückung. Insgesamt sanken die mit dem Tinnitus Handicap Questionnaire (THQ) ermittelten Scores von 41% vor CI-Versorgung auf 30% nach der Implantation [36]. Auch di Nardo et al. fanden bei 20 untersuchten CI-Patienten mit Tinnitus bei 40% eine Tinnitusunterdrückung, bei 30% eine Besserung, bei 25% keine Änderung und bei 5% eine Verschlechterung des Tinnitus [9].

Quaranta et al. führten 2004 eine Metaanalyse zur Frage der Tinnitusbeeinflussung durch CI-Operationen durch [39] und untersuchten besonders die Frage, ob eine einseitige Stimulation den kontralateralen Tinnitus beeinflusst: Nach Analyse von 32 Studien, bei denen allerdings die Tinnitusbewertung nicht gut vergleichbar war, verbesserte sich bei bis zu 71% der Patienten der Tinnitus nach CI-Versorgung auch auf der kontralateralen Seite. In einer neueren Studie berichteten Quaranta et al. über 41 unilateral mit einem CI versorgte Patienten mit präoperativ bestehendem bilateralem Tinnitus. Bei 65,8% der Patienten verschwand der Tinnitus bei eingeschaltetem CI sowohl auf der ipsi- als auch auf der kontralateralen Seite. Auch im Fragebogen des Tinnitus Handicap Inventory (THI) wurde eine signifikante Reduktion gemessen [38].

Nach Sichtung der zahlreichen Studien wird deutlich, dass zwar auch durch die CI-Operation an sich ein Tinnitus neu auftreten kann, i. d. R. verbessert sich je-

doch der Tinnitus bei den CI-Patienten, oft auch auf der Gegenseite.

Der zugrunde liegende Mechanismus für die subjektiv empfundene Verminderung, Beseitigung oder Veränderung des Tinnitus ist bislang nicht abschließend geklärt. Einige Autoren nehmen an, dass hier auch die generelle Verbesserung der gesundheitsbezogenen Lebensqualität („health related quality of life“, HR-QoL) eine wichtige Rolle spielt [12, 13, 25]. Der direkte Einfluss des CI auf den Tinnitus könnte durch Maskierungseffekte, die direkte elektrische Stimulation des Hörnervs und v. a. durch eine CI-induzierte Reorganisation der zentralen Hörbahn und des zentralen auditorischen Kortex wirksam werden.

Funktionelle bildgebende Verfahren, v. a. die Positronenemissionstomographie (PET) können hier wichtige Informationen liefern. So haben PET-Untersuchungen bei Patienten mit residueller Inhibition des Tinnitus nach CI-Nutzung eine Aktivierung der rechten anterioren mittleren und superioren Temporalgyri (Brodmann-Areale 21 und 38) gezeigt, dagegen war während der Tinnituswahrnehmung das rechte Kleinhirn aktiviert [35]. Eine weitere PET-Studie zeigte bei einem Patienten mit Tinnitus-Distress, dass die CI-Nutzung nicht nur die tinnitusassoziierte Aktivität im primären auditorischen Kortex und den assoziierten Arealen reduziert, sondern auch in den Arealen des ZNS, die mit Emotionen (limbisches System) und Aufmerksamkeit verbunden sind [30]. Diese Ergebnisse sind auch deshalb interessant, weil negative emotionale Assoziationen im limbischen System ganz allgemein zu einer Fokussierung auf den Tinnitus führen können.

Einfluss des CI auf psychometrische Daten

Im Gegensatz zur systematischen Erhebung audiologischer Daten wurde der tinnitusbezogene Distress bislang nicht systematisch untersucht, obwohl es nach CI-Versorgung neben einer Verbesserung auch zu einer Verschlechterung oder zu einem neu auftretenden Tinnitus kommen kann [13, 36].

In einer aktuellen Studie wurde gezeigt, dass die Tinnitusbelastung bei 24,5% der CI-Nutzer in enger Beziehung zu Hör-

problemen, Angst und Depressivität steht [2]. Allerdings fehlten detaillierte Angaben zu den Beziehungen zwischen Tinnitusbelastung, Stress und Lebensqualität – zudem wurden die Daten nur in der Situation mit CI erhoben.

Zur Veränderung der Lebensqualität ertaubter Patienten mit Tinnitus vor und nach CI-Versorgung gibt es bislang nur wenige Angaben in der Literatur. In 2 Studien mit nichtvalidierten Fragebögen kommen die Autoren zu der Annahme, dass die Verbesserung der Lebensqualität nach CI-Versorgung die Angaben zum Tinnitus beeinflussen könnten [29, 33].

Da weder Tinnitusfrequenz noch -lautheit mit der Belastung durch den Tinnitus korrelieren [19], ist im Vergleich dazu die Erfassung von Belastungsfaktoren und Stressreaktionen ein wesentlich aussagekräftigeres Maß für eine positive oder negative Beeinflussung des Tinnitus durch das Tragen eines CI [20].

Aus diesem Grund werden derzeit an der HNO-Klinik der Berliner Charité prospektive Studien zur Evaluierung der Tinnitusbelastung, des Stresserlebens, der Bewältigungsstrategien und der HRQoL postlingual ertaubter CI-Kandidaten mittels validierter Fragebögen durchgeführt, um die Effekte des CI auf psychometrische Parameter besser charakterisieren zu können.

Erste Ergebnisse weisen darauf hin, dass sich die positiven Aspekte der CI-Versorgung neben der Verbesserung des Sprachverstehens und der Lebensqualität auch auf eine Verringerung der Tinnitusbelastung, des Stresserlebens und auf verbesserte Bewältigungsstrategien erstrecken. In einer retrospektiven Studie mit 37 postlingual ertaubten Erwachsenen, die unilateral mit einem CI versorgt worden waren, wurde dies bereits gezeigt. Zur Anwendung kamen folgende validierte Fragebögen:

- der Tinnitusfragebogen nach Göbel (TQ),
- der Perceived Stress Questionnaire (PSQ),
- und zur Untersuchung der hörspezifischen Lebensqualität der Nijmegen Cochlear Implant Questionnaire (NCIQ).

Insgesamt berichteten 29 (87,8%) der 37 CI-Kandidaten über Tinnitus. Die CI-Versorgung führte zu einer signifikanten Verbesserung des TQ-Gesamt-Scores. Bei keinem Patienten verschlechterte sich der Tinnitus oder trat infolge der Op. erstmals auf. Während vor der CI-Versorgung 10 Patienten an einem dekompenzierten Tinnitus litten, waren es nach der Op. nur noch 3 Patienten. Auch der PSQ-Score und die Scores aller Subdomänen und des Gesamt-Scores des NCIQ verbesserten sich nach CI-Versorgung signifikant. Der Tinnitus-Score korrelierte dabei nach CI-Versorgung signifikant mit dem PSQ-Score und negativ signifikant mit dem NCIQ-Score, was vor der CI-Versorgung nicht der Fall war.

➤ Nach Ausgleich des Hörverlusts durch das CI tritt der Tinnitus in den Vordergrund

Die positiven Effekte des CI erstrecken sich also neben der Verbesserung des Sprachverstehens und der Lebensqualität auch auf eine Verringerung der Tinnitusbelastung und des Stresserlebens. Während vor der CI-Versorgung das eingeschränkte Hörvermögen das Stresserleben dominiert, scheint ein bestehender Tinnitus dies nicht wesentlich zu beeinflussen. Nach der Versorgung mit einem CI hat eine evtl. vorhandene Tinnitusbelastung jedoch Einfluss auf den Erfolg der CI-Versorgung, denn nach Ausgleich des Hörverlusts durch das CI tritt der Tinnitus in seiner Bedeutung und Belastung für den Patienten deutlich in den Vordergrund.

Einseitige Ertaubung mit Tinnitus als CI-Indikation?

Bislang wird die Indikation für eine CI-Versorgung nur bei beidseitiger Ertaubung oder an Taubheit grenzender Schwerhörigkeit gestellt. Jetzt aber werden an mehreren Zentren auch einseitig Ertaubte, selbst bei schon langjährig bestehender Ertaubung, mit einem CI versorgt, wenn auf dem ertaubten Ohr ein quälender Tinnitus besteht. Eine erste Studie aus Antwerpen berichtete von 21 Patienten mit schwerem Tinnitus auf einem ertaubten Ohr. Die Tinnituslautheit war bei ihnen ein und zwei Jahre nach Versorgung mit einem CI signifikant geringer, auch die Belastung

hatte, gemessen mit dem Tinnitus-Fragebogen, signifikant abgenommen [51].

In einer Folgestudie derselben Arbeitsgruppe [52] wurde über 20 Patienten berichtet, die einseitig ertaubt waren und über sehr belastenden Tinnitus auf der ertaubten Seite klagten. Auf der Gegenseite hörten 11 der Patienten normal, 9 trugen ein Hörgerät. Alle Patienten wurden auf der ertaubten Seite mit einem CI versorgt. In den Untersuchungen zum Sprachverstehen und zum Richtungshören wurden auch bezüglich der Hörfähigkeit Verbesserungen durch das CI erreicht. Die Tinnituslautheit wurde durch die elektrische Stimulation des CI signifikant verringert.

Diskussion

Sicher ist die Frage einer CI-Versorgung bei einseitiger Ertaubung und stark belastendem Tinnitus noch nicht abschließend geklärt. Dass eine elektrische Stimulation der ertaubten Seite den Tinnitus positiv beeinflusst, erscheint logisch und u. a. durch kortikale Plastizität erklärbar. Allerdings ist die Klangqualität zwischen dem CI auf der einen und dem Normalgehör auf der anderen Seite doch sehr unterschiedlich – per se eine große Herausforderung an Habituations- und Anpassungsprozesse der zentralen Hörbahn. In der Studie der Antwerpener Arbeitsgruppe wurde darüber hinaus gezeigt, dass sich auch das Sprachverstehen, zumindest partiell, durch das CI und eine beidohrige Stimulation verbessert.

➤ Die Klangqualität zwischen CI und Normalgehör ist sehr unterschiedlich

Damit ist der Tinnitus nicht mehr alleinige Op.-Indikation, auch wenn er sicher ein wichtiges Argument bleibt. Unabhängig von einer Beeinflussung des Ohrgeräusches verbessert sich die Hörsituation v. a. im Störgeräusch, auch wird das Richtungshören optimiert. Ob medizinisch und ökonomisch der Tinnitus allein eine operative Versorgung mit einem CI rechtfertigt, bleibt allerdings diskussionswürdig. Immerhin stehen Habituationstherapien zur Verfügung, die auch bei einseitiger Ertaubung wirksam sind. Und auch das CI verringert nur die Lautheit des Tinnitus

und damit die Belästigung durch das Ohrgeräusch, löscht es aber keineswegs aus.

Bei beidseitiger Ertaubung führt das CI, das belegten zahlreiche Studien, nicht nur zu einer Verbesserung des Sprachverstehens, sondern auch zu einer Verringerung der Tinnitusbelastung. Die subjektive Beeinträchtigung sinkt durch die verbesserte Wahrnehmung von Umgebungsgeräuschen und eine effektivere Kommunikation.

Bei vorhandener Hörminderung, auch wenn diese nur den Hochtonbereich betrifft, gilt dies gleichermaßen für die Versorgung mit Hörgeräten: Eine ausreichende akustische Stimulation und ein Ausgleich bestehenden Hörverlusts besonders im Frequenzbereich des Ohrgeräusches ist eine hochwirksame Therapie gegen den Tinnitus. Durch die modernen digitalen und offen angepassten Hörgeräte sind zudem der Tragekomfort und auch die Störschallunterdrückung und damit auch die Akzeptanz der Hörgeräte deutlich verbessert worden.

Generell gilt dies auch für implantierbare Hörgeräte mit ihren allerdings sehr speziellen Indikationen, auch wenn diese technisch den konventionellen Hörgeräten unterlegen sind und auch nicht bei jedem technischen Fortschritt erneuert oder zumindest aufgerüstet werden können. Eine spezielle Tinnitusindikation für implantierbare Hörgeräte gibt es sicher nicht.

Schließlich muss auch bedacht werden, dass eine Op., ob zur Versorgung mit einem CI oder einem implantierbaren Hörgerät, prinzipiell auch einen Tinnitus verstärken oder sogar hervorrufen kann, selbst wenn dies nach den referierten Studien eher selten ist.

Fazit für die Praxis

Die akustische Stimulation spielt in der Behandlung des chronischen Tinnitus eine herausragende Rolle. Apparative Versorgungen erfolgen in erster Linie durch konventionelle Hörgeräte, deren positive Effekte auf die Tinnitusbelas-

tung, insbesondere im Zeitalter moderner, digitaler und weitgehend offen anzupassender Systeme in zahlreichen Studien nachgewiesen wurden. Das gilt bei hochgradig schwerhörigen und ertaubten Patienten auch für die CI-Versorgung, die – ebenfalls durch zahlreiche Studien belegt – positiven Einfluss auf Tinnituslautheit und Tinnitusbelastung hat. In seltenen Fällen führen sowohl Hörgeräte als auch CI zu einer Verstärkung des Tinnitus. Bei operativen Eingriffen kann dies durch Lärm- oder Vibrationstraumata induziert sein. Implantierbare Hörsysteme stellen keine eigenständige Indikation für die Tinnitustherapie dar, allenfalls bieten sie bei speziellen Mittelohrprozessen eine therapeutische Option, wenn sie direkt an den Stapes oder das runde Fenster angekoppelt werden.

Hier steht eine Anzeige.

Korrespondenzadresse

PD Dr. H. Olze

HNO-Klinik, Charité - Universitätsmedizin Berlin,
Campus Virchow-Klinikum
Augustenburger Platz 1, 13353 Berlin
heidi.olze@charite.de

Interessenkonflikt. Der korrespondierende Autor gibt an, dass kein Interessenkonflikt besteht.

Literatur

- Adunka O, Kiefer J (2006) Impact of electrode insertion depth on intracochlear trauma. *Otolaryngol Head Neck Surg* 135:374–382
- Andersson G, Freijd A, Baguley D et al (2009) Tinnitus distress, anxiety, depression, and hearing problems among cochlear implant patients with tinnitus. *J Am Acad Audiol* 20:315–319
- AWMF (2010) Leitlinie „Tinnitus“. Leitlinien der Dtsch. Ges. f. Hals-Nasen-Ohren-Heilkunde, Kopf- und Halschirurgie, Leitlinie 017/064:1–16, <http://www.uni-duesseldorf.de/AWMF/II/017-064.htm>
- Baguley D, Atlas M (2007) Cochlear implants and tinnitus. *Prog Brain Res* 166:347–355
- Bishop C, Eby T (2009) The current status of audiologic rehabilitation for profound unilateral sensorineural hearing loss. *Laryngoscope* 120:552–556
- Dauman R, Tyler R, Aran J (1993) Intracochlear electrical tinnitus reduction. *Acta Otolaryngol* 113:291–295
- Del Bo L, Ambrosetti U (2007) Hearing aids for the treatment of tinnitus. *Prog Brain Res* 166:341–345
- Demajumdar R, Stoddart R, Donaldson I et al (1999) Tinnitus, cochlear implants and how they affect patients. *J Laryngol Otol Suppl* 24:24–26
- Di Nardo W, Cantore I, Cianfrone F et al (2007) Tinnitus modifications after cochlear implantation. *Eur Arch Otorhinolaryngol* 264:1145–1149
- Eggermont J (2008) The role of sound in adult and developmental auditory cortical plasticity. *Ear Hear* 29:819–829
- Eshraghi A, Van De, Water T (2006) Cochlear implantation trauma and noise-induced hearing loss: Apoptosis and therapeutic strategies. *Anat Rec A Discov Mol Cell Evol Biol* 288:473–481
- Gibson W (1992) The effect of electrical stimulation and cochlear implantation on tinnitus. In: Aran JM, Dauman R (Hrsg) Proceedings of the Fourth International Seminar. Kugler, Amsterdam Bordeaux, S 403–408
- Greimel KV (2003) Lebensqualität als Outcome-Parameter in der Medizin. *Z Audiol* 42:8–11
- Greimel KV, Meco C, Mair A et al (2003) Wie wird der Tinnitus durch eine Cochlearimplantation beeinflusst? *HNO* 51:226–231
- Hazell J, McKinney C, Aleksy W (1995) Mechanisms of tinnitus in profound deafness. *Ann Otol Rhinol Laryngol Suppl* 166:418–420
- Hesse G (2004) Hörgeräte im Alter. *HNO* 52:321–328
- Hesse G, Andres R, Schaaf H et al (2008) DPOAE und laterale Inhibition bei chronischem Tinnitus. *HNO* 56:694–700
- Hesse G, Laubert A (2001) Tinnitus-Retraining-Therapie – Indikationen und Behandlungsziele. *HNO* 49:764–779
- Hiller W, Goebel G (2007) When tinnitus loudness and annoyance are discrepant: audiological characteristics and psychological profile. *Audiol Neurootol* 12:391–400
- Hirschfelder A, Gräbel S, Olze H (2008) The impact of cochlear implantation on quality of life: the role of audiological performance and variables. *Otolaryngol Head Neck Surg* 138:357–362
- House W (1976) Cochlear implants. *Ann Otol Rhinol Laryngol* 27:1–93
- Jastreboff PJ (2007) Tinnitus retraining therapy. *Prog Brain Res* 166:415–423
- Jastreboff PJ, Hazell JWP, Graham RL (1994) Neurophysiological model of tinnitus. *Hear Res* 80:216–232
- Kießling J (1981) Erfahrung mit dem Einsatz von Maskern und Hörgeräten zur Tinnitusverdeckung. *Audiol Akustik* 1:14–21
- Kim H, Shim Y, Kim Y et al (1995) Effect of electrical stimulation on tinnitus in the profoundly deaf. In: Reich G, Vernon JE (Hrsg) Fifth International Tinnitus Seminar. American Tinnitus Association, Portland/OR
- Lenarz T, Weber B, Issing P et al (2001) Vibrant Sound Bridge System. A new kind hearing prosthesis for patients with sensorineural hearing loss. 2. Audiological results. *Laryngorhinootologie* 80:370–380
- Matsushima J, Kumagai M, Takahashi K et al (1994) Electroconduction system for implantable tinnitus suppressor. *Nippon Jibiinkoka Gakkai Kaiho* 97:654–660
- Mckerrow W, Schreiner C, Synder R et al (1991) Tinnitus suppression by cochlear implants. *Ann Otol Rhinol Laryngol* 100:552–558
- McKinney C, Nunn T, Archer K et al (2002) Factors influencing tinnitus severity in cochlear implant patients. In: Patuzzi RE (Hrsg) Seventh International Tinnitus Seminar. University of Western Australia, Australien, S 176–181
- Mirz F, Mortensen M, Gjedde A et al (2002) Positron emission tomography of tinnitus suppression by cochlear implantation. In: Patuzzi RE (Hrsg) Seventh International Tinnitus Seminar. University of Western Australia, Australien, S 136–140
- Miyamoto R, Bichey B (2003) Cochlear implantation for tinnitus suppression. *Otolaryngol Clin North Am* 36:345–352
- Miyamoto R, Wynne M, Mcknight C et al (1997) Electrical suppression of tinnitus via cochlear implants. *Int Tinnitus J* 3:35–38
- Mo B, Harris S, Lindbek M (2002) Tinnitus in cochlear implant patients – a comparison with other hearing-impaired patients. *Int J Audiol* 41:527–534
- Moffat G, Adjout K, Gallego S et al (2009) Effects of hearing aid fitting on the perceptual characteristics of tinnitus. *Hear Res* 254:82–91
- Osaki Y, Nishimura H, Takasawa M et al (2005) Neural mechanism of residual inhibition of tinnitus in cochlear implant users. *Neuroreport* 16:1625–1628
- Pan T, Tyler R, Ji H et al (2009) Changes in the tinnitus handicap questionnaire after cochlear implantation. *Am J Audiol* 18:144–151
- Pau H, Just T, Bornitz M et al (2007) Noise exposure of the inner ear during drilling a cochleostomy for cochlear implantation. *Laryngoscope* 117:535–540
- Quaranta N, Fernandez-Vega S, D'elia C et al (2008) The effect of unilateral multichannel cochlear implant on bilaterally perceived tinnitus. *Acta Otolaryngol* 128:159–163
- Quaranta N, Wagstaff S, Baguley D (2004) Tinnitus and cochlear implantation. *Int J Audiol* 43:245–251
- Repik I (2009) Ergebnisse ambulanter Untersuchung und Nachuntersuchung bei Patienten mit Tinnitus. Dissertation Universität Witten/Herdecke
- Ruckenstein M, Hedgepeth C, Rafter K et al (2001) Tinnitus suppression in patients with cochlear implants. *Otol Neurotol* 22:200–204
- Schaaf H, Eisenberg C, Hesse G (2010) Tinnitus und das Leiden am Tinnitus. *Psychotherapeut* 55:225–232
- Schmuziger N, Schimmann F, Awengen D et al (2006) Long-term assessment after implantation of the Vibrant Soundbridge device. *Otol Neurotol* 27:183–188
- Souliere CJ, Kileny P, Zwolan T et al (1992) Tinnitus suppression following cochlear implantation. A multifactorial investigation. *Arch Otolaryngol Head Neck Surg* 118:1291–1297
- Sutinen P, Zou J, Hunter L et al (2007) Vibration-induced hearing loss: mechanical and physiological aspects. *Otol Neurotol* 28:171–177
- Thedinger B, House WF, Edgerton BJ (1985) Cochlear implant for tinnitus. *Ann Oto Rhinol Laryngol* 94:10–13
- Trotter M, Donaldson I (2008) Hearing aids and tinnitus therapy: a 25-year experience. *J Laryngol Otol* 20:1–5
- Truy E, Philibert B, Vesson J et al (2008) Vibrant soundbridge versus conventional hearing aid in sensorineural high-frequency hearing loss: a prospective study. *Otol Neurotol* 29:684–687
- Tyler R (1994) Advantages of disadvantages expected and reported by cochlear implant patients. *Am J Otol* 15:523–531
- Tyler R, Kelsay D (1990) Advantages and disadvantages reported by some of the better cochlear-implant patients. *Am J Otol* 11:282–289
- Van De Heyning P, Vermeire K, Diebl M et al (2008) Incapacitating unilateral tinnitus in single-sided deafness treated by cochlear implantation. *Ann Otol Rhinol Laryngol* 117:645–652
- Vermeire K, Van De Heyning P (2009) Binaural hearing after cochlear implantation in subjects with unilateral sensorineural deafness and tinnitus. *Audiol Neurootol* 14:163–171
- Vernon J (1981) The history of masking as applied to tinnitus. Tinnitus proceedings of the 1st International Tinnitus Seminar 1979. *J Laryng Otol Suppl* 4:76–79
- Wedel VH, Strahlmann U, Zorowka P (1989) Effektivität verschiedener nicht medikamentöser Therapiemaßnahmen bei Tinnitus. *Laryngorhinootologie* 68:259–266
- Yonehara E, Mezzalana R, Porto Pr et al (2006) Can cochlear implants decrease tinnitus? *Int Tinnitus J* 12:172–174
- Zahnert T (2005) Hearing disorder. Surgical management. *Laryngorhinootologie* 84:537–550