

## Redaktion

P.K. Plinkert, Heidelberg

S. Arndt<sup>1</sup> · R. Laszig<sup>1</sup> · A. Aschendorff<sup>1</sup> · R. Beck<sup>1</sup> · C. Schild<sup>1</sup> · F. Hassepaß<sup>1</sup> ·  
 G. Ihorst<sup>2</sup> · S. Kroeger<sup>1</sup> · P. Kirchem<sup>1</sup> · T. Wesarg<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Universitätsklinik für Hals-, Nasen- und Ohrenheilkunde und Poliklinik,  
 Universitätsklinikum Freiburg

<sup>2</sup> Studienzentrum, Universitätsklinikum Freiburg

# Einseitige Taubheit und Cochleaimplantat- Versorgung

## Audiologische Diagnostik und Ergebnisse

Mit der erfolgreichen Indikationserweiterung der Cochleaimplantation für Patienten mit Restgehör als bimodale Versorgung mit zusätzlichem Hörgerät auf der kontralateralen Seite [11, 21] sowie der gleichzeitigen elektroakustischen Stimulation auf der Cochleaimplantat-Seite i. S. einer Hybridversorgung [2, 8, 14] war es nur eine Frage der Zeit, auch Patienten mit einseitiger Taubheit bzw. Schwerhörigkeit eine binaurale Hörrehabilitation mit einem Cochleaimplantat (CI) zu ermöglichen. Obwohl diese Patienten bisher oft keine Rehabilitation erhielten, da sie auf einer Seite ein gutes Hörvermögen aufweisen, sind die Behinderungen im täglichen Leben erheblich, insbesondere bei Kindern in der Schule, aber auch bei Erwachsenen im Berufsalltag [4, 15, 18, 22, 28]. Infolge der monauralen akustischen Stimulation berichten die Patienten über Sprachverständnisprobleme bei Gesprächen in geräuschvoller Umgebung und in halligen Räumen, wenn der Gesprächspartner von der tauben Seite spricht und über Schwierigkeiten, Geräusche zu lokalisieren. Folglich ist ein hohes Maß an Konzentration erforderlich, welches zu schnellerem Ermüden, zu möglichen Missverständnissen, Frustration, Abwesenheit, Abgelenktheit und Verhaltensauffälligkeiten führt [28]. Zusätzlich wird die Lebensqualität bis zu 86% der Pa-

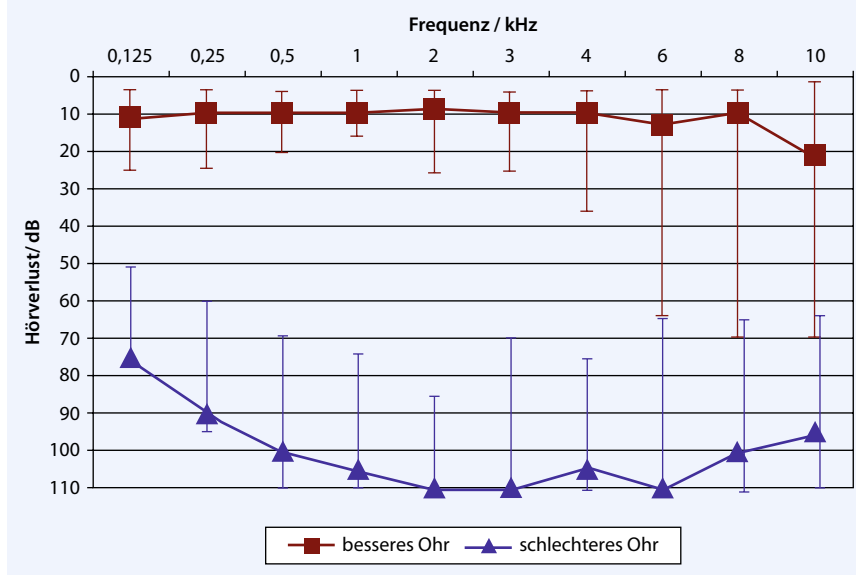
tienten durch einen Tinnitus beeinträchtigt [17, 28].

Die bisher angewendeten Rehabilitationsmethoden für einseitig taube Patienten sind die CROS-Versorgung („contralateral routing of signal“) mit konventionellen Hörgeräten (CROS-HG) und die CROS-Versorgung mit knochenverankerten Hörgeräten (BAHA, „bone-anchored hearing aid“). Mit diesen alternativen Methoden kann lediglich ein pseudostereophones Hörvermögen erreicht werden, da in diesen Fällen die akustischen Signale entweder per Funk oder Kabel sowie im Fall des BAHA über den Knochen auf das Innenohr der gesunden Seite geleitet werden.

Wir führten eine monozentrische Untersuchung zur klinischen Anwendung der einseitigen elektrischen Stimulation mit einem CI bei Patienten mit einseitiger Taubheit durch. Diese Untersuchungen wurden von der Ethikkommission der Universität Freiburg (Nr. 69/2009/Arndt) genehmigt. Die präoperativen audiologischen Untersuchungen und Ergebnisse zum Sprachverständnis im Störgeräusch und Lokalisationsvermögen 12 Monate nach CI-Erstanpassung im Vergleich mit der unversorgten Situation, mit BAHA und konventionellen CROS-HG werden im Folgenden beschrieben.

**Tab. 1** Demographische Daten der 11 Patienten

Patient	Alter bei Op. (Jahre)	Taubheitsdauer (Monate)	Taubheitsursache
1	47	43	Hörsturz
2	68	31	Hörsturz
3	23	4	Felsenbeinfraktur
4	38	34	Hörsturz
5	39	6	Hörsturz
6	41	10	Labyrinthitis
7	41	11	Labyrinthitis
8	46	110	M. Menière
9	54	10	Hörsturz
10	51	9	Hörsturz
11	31	4	Nach Ohr-Op.



**Abb. 1** ▲ Tonhörschwellen in Luftleitung. Medianwerte, Minima und Maxima des besseren und des schlechteren Ohrs von 11 einseitig tauben Patienten

## Material und Methode

### Patientenselektion und präoperative Diagnostik

#### Taubheitsdauer und -ursache

Elf erwachsene Patienten mit erworbener einseitiger hochgradiger Schwerhörigkeit bis Taubheit wurden in die Untersuchung einbezogen (■ Tab. 1). Die mittlere Taubheitsdauer betrug 25 Monate. Nach unserer Auffassung ist die sorgfältige Auswahl der Patienten eine wichtige Voraussetzung für den Erfolg der CI-Versorgung bei einseitiger Taubheit. Wie schon bei Patienten mit hochgradigem bilateralem Hörverlust nachgewiesen, stellt die Taubheitsdauer einen wichtigen Einflussfaktor auf das Ergebnis im Sprachverstehen dar [23]. In Übereinstimmung mit diesen Erkenntnissen sollten Patienten mit postlingual erworbener einseitiger Taubheit zum jetzigen Zeitpunkt innerhalb von etwa 10 Jahren nach Ertaubung mit einem CI versorgt werden. Bei längerer Taubheitsdauer und fehlender Stimulation des Hörnervs besteht die Gefahr, dass die Rehabilitation der binauralen Verarbeitung erschwert wird. Die häufigste Taubheitsursache in unserem Patientengut war ein Hörsturz. Zwei Patienten wurden aufgrund einer Ertaubung nach Labyrinthitis mit einem CI versorgt. In diesen Fällen ist eine Bildgebung (Magnetresonanztomographie, MRT) zwingend notwen-

dig, um eine narbige oder knöcherne Obliteration der Cochlea auszuschließen.

Vor Indikationsstellung zur CI-Versorgung ist die Aufklärung der Patienten über die Rehabilitationsalternativen wie die CROS-Versorgung mit einem konventionellen Hörgerät oder einem BAHA notwendig. In unserer Klinik erfolgt daher vor der Empfehlung einer CI-Implantation grundsätzlich eine 3-wöchige Testphase sowohl mit einem konventionellen CROS-HG (Phonak Una M) als auch einem BAHA (Intenso/BP100) am Stirnband/Testbügel.

### Subjektive Beurteilung der Beeinträchtigung bzw. des Erfolgs

Die subjektive Beeinträchtigung durch die einseitige Taubheit bzw. den subjektiven Erfolg erhoben wir mittels folgender Fragebögen: „Hearing Handicap Inventory for the Elderly“ (HHIE), „Speech, Spatial and Quality Scale“ (SSQ) und „International Outcome Inventory for Hearing Aids“ (IOI-HA).

#### HHIE

Nicht alle Patienten mit einseitiger Taubheit berichten über Beeinträchtigungen im täglichen Alltag durch ihren Hörverlust. Insbesondere Patienten mit angeborener einseitiger Taubheit oder Patienten mit einer langen Taubheitsdauer können bereits ausreichende Kompensationsme-

chanismen entwickelt haben. Daher ermitteln wir im Rahmen der Voruntersuchung das subjektive Handicap durch den Hörverlust mittels des HHIE-Fragebogens. Dies ist ein Screening-Fragebogen für Patienten ab dem Alter von 60 Jahren. Wir wählten trotzdem diesen Bogen, da er eine ausreichende Übersicht hinsichtlich der Beeinträchtigungen durch den Hörverlust vermittelt und eine Reduktion des Zeitaufwands für die Patienten beim Ausfüllen bietet. Damit erhoffen wir uns eine erhöhte Compliance der Patienten. Der HHIE-Fragebogen beinhaltet 10 Punkte zur Beurteilung der sozialen und emotionalen Auswirkungen des Hörverlusts. Je höher der HHIE-Score ist, desto größer ist die Behinderung durch die Hörstörung. Die höchste Punktzahl von 40 Punkten entspricht der stärksten subjektiven Einschränkung. Ab einer Punktzahl von 10 liegt ein leichtgradiges und ab 26 Punkten ein schwerwiegendes Handicap vor [3, 27].

#### SSQ

Dieser Fragebogen hat 3 Abschnitte und bewertet das Sprachverständnis, das räumliche Hören und die Hörqualität mit einem Score zwischen 0 und 10 für jede Frage, wobei 0 den schlechtesten Wert und 10 den besten Wert (perfekte Leistung) darstellt [9]. Der SSQ-Fragebogen wurde jeweils bei Erstvorstellung, nach konventioneller CROS-HG- und BAHA-Testphase sowie 12 Monate nach CI-Erstanpassung ausgefüllt.

#### IOI-HA

Der IOI-HA-Fragebogen enthält 7 Fragen zur Beurteilung des subjektiven Rehabilitationserfolgs mit Hörgeräten [6]. Die Patienten erhielten diesen Fragebogen nach der CROS-HG- und BAHA-Testphase sowie 12 Monate nach CI-Erstanpassung.

### Audiologische Diagnostik

Die präoperative audiologische Diagnostik orientierte sich an den audiologischen Untersuchungen von beidseits hochgradig schwerhörigen bis ertaubten Patienten mit CI-Indikation und beinhaltete die Ermittlung des Reintonaudiogramms, des Sprachaudiogramms ohne und mit Hörgerät (falls vorhanden), des Tympano-

gramms, der Stapediusreflexschwellen, der transtympanalen Elektrocochleographie mit Messung der Mikrofonpotenziale, der Summationspotenziale und der Summenaktionspotenziale sowie die Registrierung der frühen akustisch mit Klicks evozierten Potenziale. Zusätzlich erfolgte die Ermittlung des Sprachverständnisses im Störgeräusch und des Lokalisationsvermögens.

### Ton- und Sprachaudiometrie

Im Rahmen unserer Untersuchungen wiesen die Patienten im Tonaudiogramm im Frequenzbereich von 0,5–3 kHz eine Hörschwelle über Luftleitung von mehr als 70 dB HV und ein Einsilberverständnis im Freiburger Sprachtest von maximal 30% bei 70 dB SPL auf der betroffenen Seite auf. Auf der besser hörenden Seite betrug die über Luftleitung gemessenen Reintonhörschwellen nicht mehr als 30 dB HV in den Frequenzen von 0,5–3 kHz und das Freiburger Einsilberverständnis bei 65 dB SPL mindestens 80% (▣ **Abb. 1**).

### Sprachverständnis im Störgeräusch

Patienten mit einseitiger Ertaubung weisen keine Sprachverständnisprobleme in ruhiger Umgebung auf, wohl aber im Störgeräusch und bei Gesprächen mit mehreren Personen. Daher ist insbesondere bei dieser Patientengruppe ein Sprachverständnistest im Störgeräusch zu empfehlen. Wir verwendeten hierfür den Hochmair-Schulz-Moser-(HSM-)Satztest [10] in den 3 Präsentationsbedingungen So°No°, S+45°N–45° und S–45°N+45°. Unter Berücksichtigung der Seite des besseren und des schwächeren Ohrs der Patienten werden diese Bedingungen den Präsentationskonfigurationen

- ▬ SoNo (Sprache und Geräusch von vorn),
- ▬ SnhNssd (Sprache von der hörenden Seite/Geräusch von der tauben Seite) und
- ▬ SssdNnh (Sprache von der tauben Seite/Geräusch von der normalhörenden Seite)

individuell zugeordnet. Die Sprachverständnistests wurden in einem Audiometrieräum mit jeweils 2 von 3 Lautsprechern durchgeführt, die in einem Winkel

HNO 2011 · 59:437–446 DOI 10.1007/s00106-011-2318-8  
© Springer-Verlag 2011

S. Arndt · R. Laszig · A. Aschendorff · R. Beck · C. Schild · F. Hassepaß · G. Ihorst · S. Kroeger · P. Kirchem · T. Wesarg

## Einseitige Taubheit und Cochleaimplantat-Versorgung. Audiologische Diagnostik und Ergebnisse

### Zusammenfassung

Die Versorgung mit einem Cochleaimplantat (CI) stellt eine neue Behandlungsform in der Rehabilitation der einseitigen Taubheit dar. Vor Indikationsstellung zur CI-Versorgung sind die Aufklärung der Patienten über die Rehabilitationsalternativen und eine gründliche Voruntersuchung notwendig. Bislang haben wir 28 Patienten mit einem CI versorgt. Das Sprachverständnis im Störgeräusch und das Lokalisationsvermögen waren bei 11 Patienten 12 Monate nach CI-Implantation im Vergleich zu konventionellen CROS-Hörgeräten („contralateral routing of signal“), dem BAHA („bone-anchored hearing aid“) und der unversorgten Situation signifikant besser. Zusätzlich ermittelten wir das subjektive Han-

dicap („Hearing Handicap Inventory for the Elderly“, HHIE) und den subjektiven Erfolg („International Outcome Inventory for Hearing Aids“, IOI-HA; „Spatial and Qualities of Hearing Scale“, SSQ) nach jeder Versorgungsoption, auch hierbei zeigte sich ein deutlicher Nutzen durch das CI. Die sorgfältige Patientenselektion ist ein entscheidender Faktor für die erfolgreiche Therapie. Dann ist mit einem CI bei einseitiger Ertaubung eine signifikante Verbesserung des Sprachverständnisses und des Lokalisationsvermögens möglich.

### Schlüsselwörter

Cochleaimplantat · Einseitige Taubheit · BAHA · CROS · Hörgeräte

## Unilateral deafness and cochlear implantation. Audiological diagnostic evaluation and outcomes

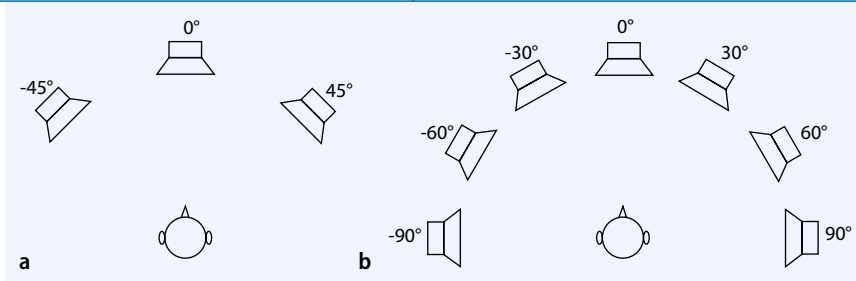
### Abstract

Cochlear implantation (CI) is a new form of treatment in the rehabilitation of single-sided deafness. The patient requires thorough initial examination and a full explanation of alternative treatment options prior to determining the indication for CI treatment. To date, we have treated 28 patients with CI, of whom data are available for 11 after 12 months. We examined speech comprehension in background noise and localisation ability 12 months after CI implantation compared to conventional CROS (contralateral routing of signal) hearing aids, BAHA (bone-anchored hearing aid) and hearing in untreated patients. In addition, we determined the subjective handicap (HHIE, hearing handicap inventory for the elderly) and the subjective success (IOI-HA, international outcome inven-

tory for hearing aids; SSQ, spatial and qualities of hearing scale) of each treatment option. After 12 months' experience, the results show a significantly better localisation ability and an improvement in speech comprehension in background noise with CI than with the other treatment options. Subjective results also show a clear benefit with CI. Careful patient selection is a decisive factor for successful treatment of this patient group. Under these conditions, CI is a treatment option with which significant improvement in speech comprehension and localization ability in single-sided deafness is possible.

### Keywords

Cochlear implant · Unilateral hearing loss · BAHA · CROS · Hearing aids



**Abb. 2** ▲ Lautsprecheranordnung. **a** Zur Untersuchung des Sprachverständnisses im Störgeräusch, **b** zur Untersuchung des Lokalisationsvermögens

von  $+45^\circ$ ,  $0^\circ$  und  $-45^\circ$  in einer Entfernung von 1 m in Kopfhöhe des Patienten lokalisiert waren (■ **Abb. 2a**). Sprache und Störgeräusch wurden jeweils mit einem Schallpegel von 65dB SPL, also mit einem Signal-Rausch-Abstand („signal-to-noise ratio“, SNR) von 0 dB dargeboten. Pro Hörbedingung und Präsentationskonfiguration wurden 2 Listen mit 20 Sätzen verwendet und das Sprachverständnis als Anteil der richtig verstandenen Worte in Prozent ermittelt.

Da sich in der Konfiguration SnhNssd Sättigungseffekte im Sprachverständnis herausstellten, verwendeten wir zusätzlich den adaptiven Oldenburger Satztest (OLSa) zur Bestimmung der Sprachverständlichkeitsschwelle (SVS) im Störgeräusch [26], wobei ein fester Störgeräuschpegel von 65dB SPL und ein Start-Sprachpegel von 65dB SPL zum Einsatz kamen. Wir verwendeten die gleichen Präsentationskonfigurationen wie auch beim HSM-Satztest. Beim OLSa wurden pro Hörbedingung und Präsentationskonfiguration 2 Listen mit jeweils 30 Sätzen eingesetzt. Beide Tests unterscheiden sich auch in der Art des verwendeten Störgeräuschs. Das Störgeräusch des HSM-Satztests ist ein unmoduliertes sprachförmiges Rauschen (CCITT-Rauschen, [10]), das die gleiche spektrale Einhüllende wie das mittlere Langzeitspektrum von Sprache aufweist. Beim OLSa wurde ein sprachsimulierendes Rauschen verwendet, dessen Langzeitspektrum mit dem Langzeitspektrum des OLSa-Sprachmaterials übereinstimmt.

Alle Sprachverständnistests erfolgten sowohl in der unversorgten Situation als auch jeweils nach den 3-wöchigen Testphasen mit dem konventionellen CROS-HG, dem BAHA und dem CI nach 12 Monaten.

## Lokalisation

Auch die Untersuchungen des Lokalisationsvermögens erfolgten in der unversorgten Situation, mit dem konventionellen CROS-HG und dem BAHA sowie mit dem CI. Dabei wurden OLSa-Sätze als Stimuli verwendet. Zum einen haben wir diese Reize anstelle von künstlichen nichtsprachlichen Stimuli aufgrund ihrer Relevanz für den durch sprachliche Kommunikation geprägten Alltag gewählt. So haben einseitig taube Patienten u. a. Probleme bei der Erkennung der Position einer sie von der Seite oder von hinten ansprechenden Person. Andererseits wurden diese Stimuli verwendet, da einseitig taube Patienten keine Verbesserung des Lokalisationsvermögens mit einem BAHA oder CROS-HG bei Verwendung von künstlichem schmalbandigem Rauschen zeigten. Die Untersuchung der Lokalisation erfolgte mittels 7 Lautsprechern, die in einem Winkelabstand von  $30^\circ$  im Halbkreis in Höhe des Kopfes vor dem Patienten angeordnet waren (■ **Abb. 2b**).

In jedem Lokalisationstest präsentierten wir aus jedem Lautsprecher 10 Sätze mit 5 verschiedenen Schallpegeln zwischen 59 und 71dB SPL und einem mittleren Pegel von 65dB SPL, in zufälliger Reihenfolge präsentiert. Das Lokalisationsvermögen wurde als Prozentsatz der korrekt identifizierten Lautsprecher gemessen. Die Ratewahrscheinlichkeit liegt bei dem von uns verwendeten Untersuchungsaufbau bei 14,3%.

## Elektrocochleographie und Promontoriumtest

Zum Nachweis der elektrischen Stimulierbarkeit der Hörbahn des hochgradig schwerhörigen oder ertaubten Ohrs wurde der subjektive Promontoriumtest mit

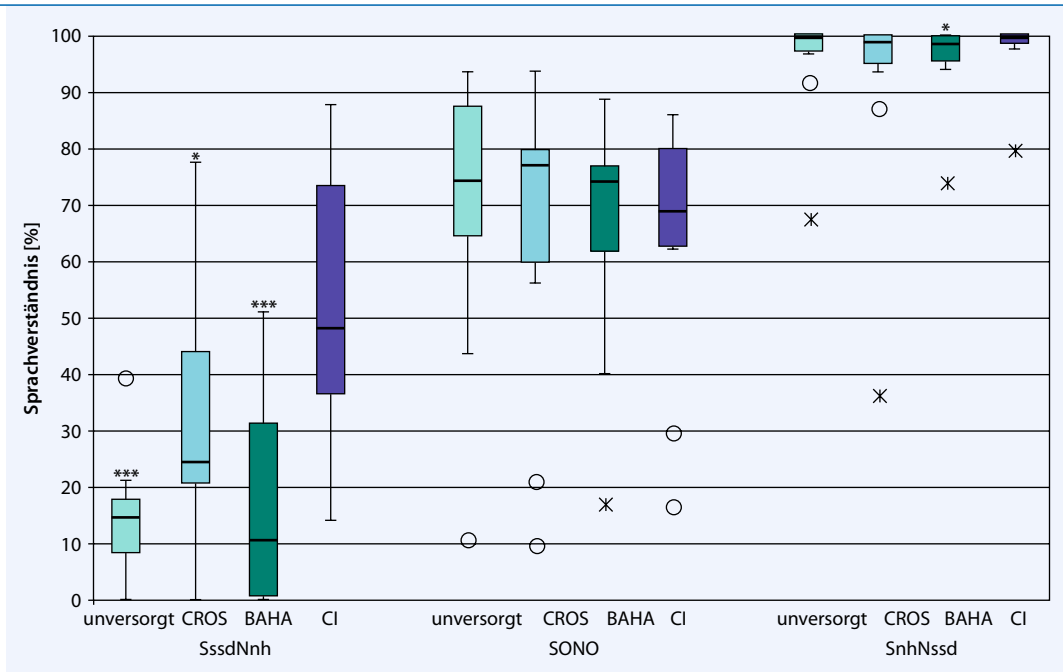
einer transtympanal auf das Promontorium aufgesetzten Nadelelektrode in Lokalanästhesie durchgeführt und dabei die Hör- bzw. Fühlschwelle, die Unbehaglichkeitsschwelle, die Rhythmuserkennung und die Frequenzunterscheidung sowie eine evtl. vorhandene Hörmüdigkeit ermittelt.

Im Fall eines negativen Testausgangs, insbesondere bei langer Taubheitsdauer, ist die Wahrscheinlichkeit, dass postoperativ mit dem CI keine Hörwahrnehmung möglich oder zumindest nur ein eingeschränktes Sprachverständnis mit dem CI allein vorhanden sein wird und somit mit dem CI kein binaurales Hören erzielt werden kann, deutlich größer als bei positivem Testausgang. Da mit der CI-Versorgung bei einseitiger Taubheit oder hochgradiger Schwerhörigkeit eine binaurale Hörrehabilitation erreicht werden soll, ist eine intensive Aufklärung des Patienten über die Erfolgsaussichten hinsichtlich des Ergebnisses des Promontoriumtests erforderlich und bei der Entscheidung für oder gegen eine CI-Versorgung zu berücksichtigen. Mit dem Promontoriumtest sollte weiterhin untersucht werden, ob und in welchem Maß die transtympanale elektrische Stimulation des Hörnervs zu einer Tinnitusreduktion führt und ob dies mit einer postoperativen Reduktion durch die intracochleäre elektrische Stimulation über das CI korreliert.

## Radiologische Diagnostik

Bei allen Patienten wurde im Rahmen der CI-Voruntersuchung sowohl eine Felsenbeindünnschicht-Computertomographie (High-Resolution-CT, HR-CT) als auch eine MRT durchgeführt. Die CT-Untersuchung gehört zur Routinediagnostik vor jeder Cochlea-implantation, um anatomische Fehlbildungen zu identifizieren. Eine MRT-Untersuchung sehen wir bei einseitig tauben Patienten als unbedingt notwendig an, um ein Akustikusneurinom, eine Obliteration der Cochlea oder eine Aplasie des Hörnervs auszuschließen. Im Rahmen der CI-Voruntersuchungen von einseitig tauben Patienten an unserer Klinik haben wir eine Patientin mit Akustikusneurinom diagnostizieren können (nicht dargestellt). Nach Labyrinthitis waren bei 4 Patienten eine be-

**Abb. 3** ▶ Sprachverständnis im Störgeräusch (HSM-Satztest). Box-Whisker-Plots für die 3 Präsentationskonfigurationen. *HSM* Hochmair-Schulz-Moser, *CROS* „contralateral routing of signal“, *BAHA* „bone-anchored hearing aid“, *CI* Cochlear implant, *SONO* Sprache und Geräusch von vorn, *SnhNssd* Sprache von der hörenden Seite/Geräusch von der tauben Seite, *SssdNnh* Sprache von der tauben Seite/Geräusch von der normalhörenden Seite



ginnende Obliteration und bei einem Patienten eine bereits vollständige Obliteration (nicht inkludiert) in der MRT nachweisbar.

## Statistik

Alle Daten haben wir mit dem Statistikprogramm SAS 9.2 analysiert. Da keine Normalverteilung der Differenzen zwischen den jeweils korrespondierenden prä- und postoperativ erhobenen Messgrößen vorlag, wurden die präoperativen Daten mit den 12 Monate nach CI-Erstanpassung erhobenen Daten mittels des Wilcoxon-Vorzeichen-Rang-Tests für gepaarte Stichproben verglichen. Dabei wurden die p-Werte auf Basis der exakten Verteilung der Teststatistik berechnet. Da es sich um eine Pilotstudie mit 11 Patienten handelt, präsentieren wir p-Werte ohne Anpassung für multiples Testen.

## Ergebnisse

### Entscheidungskriterien zur Cochleaimplantation

Die CI-Versorgung wurde den Patienten empfohlen, bei denen die Therapie mit CROS-HG oder BAHA nicht erfolgreich war, die elektrophysiologischen Untersuchungen eine stimulierbare Hörnervenfunktion zeigten und die Ergebnisse der

radiologischen Untersuchungsergebnisse keine Kontraindikation für eine CI-Versorgung darstellten. Ein weiteres Auswahlkriterium war eine kurze Taubheitsdauer mit einem Maximum von etwa 10 Jahren und ein nachgewiesenes Handicap durch die einseitige Taubheit. Acht der 11 Patienten wiesen im HHIE-Screening einen Score von über 26 Punkten auf. Zwei Patienten beurteilten ihre Behinderung als leichtgradig (22 Punkte), und ein Patient gab einen grenzwertigen Score von 10 Punkten an. Aufgrund der akuten Ertaubung infolge einer Felsenbeinfraktur erfolgte aber auf Wunsch des Patienten (Patient Nr. 3; **Tab. 1**) nach 4 Monaten die Cochleaimplantation.

Mit dem Promontoriumtest waren bei allen 11 Patienten Höreindrücke nachweisbar, die Rhythmen wurden erkannt und bei keinem der Patienten trat eine Hörermüdung auf. Präoperativ wiesen 10 der 11 Patienten einen Tinnitus auf. Bei 8 dieser 10 Patienten änderte sich der Tinnitus während der elektrischen Promontorialstimulation nicht in seiner Stärke. Nur bei jeweils einem Patienten zeigte sich eine vollständige bzw. teilweise Tinnitus-suppression.

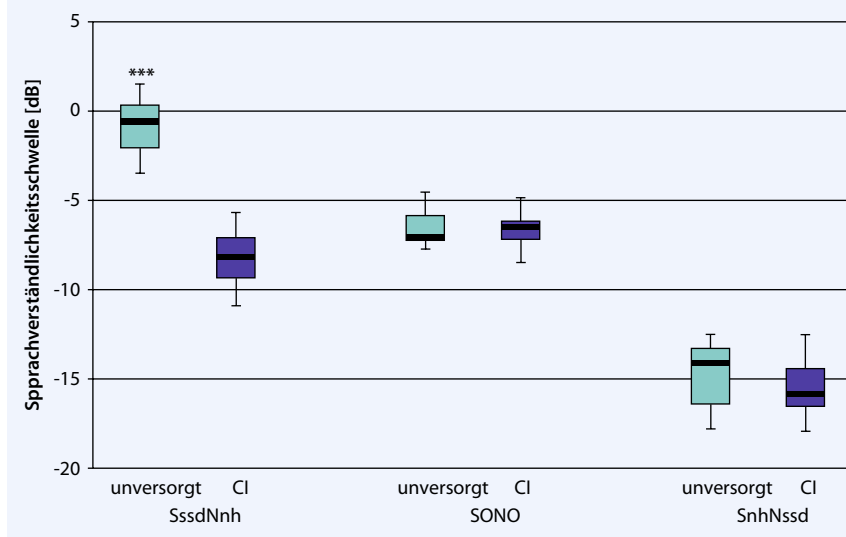
Vor der Operation wurden alle Probanden über die Risiken der Cochleaimplantation und über die Notwendigkeit einer postoperativen Rehabilitation aufgeklärt. Alle Probanden erhielten das

Nucleus-Freedom-Implantat (CI24RE; Fa. Cochlear Ltd, Lane Cove, Australien) und verwenden den Nucleus-Freedom-Sprachprozessor.

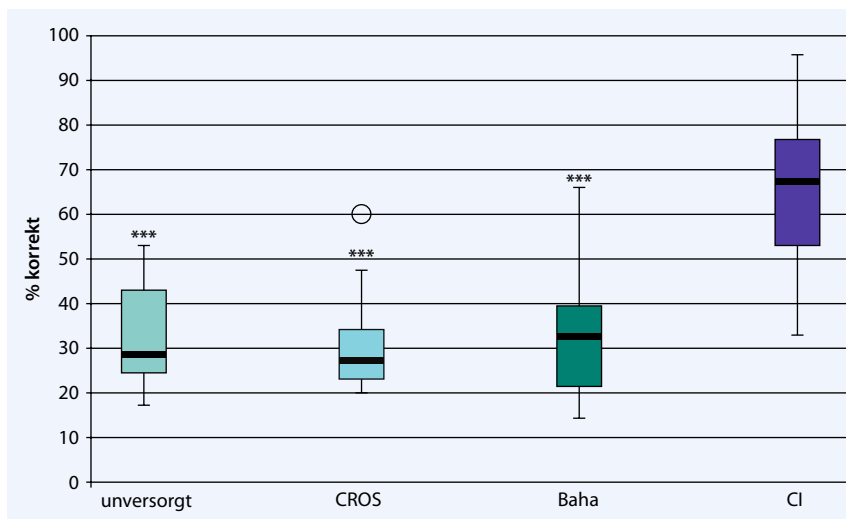
## Sprachverständnis im Störgeräusch

Die Gruppenmittelwerte des mittels HSM-Satztest ermittelten Sprachverständnisses der 11 Patienten in den verschiedenen Therapieoptionen sowie in der unversorgten Situation sind in **Abb. 3** dargestellt. Die Ergebnisse zeigen eine signifikante Verbesserung des Sprachverständnisses mit dem CI nach 12 Monaten in der Konfiguration SssdNnh im Vergleich zu allen anderen Optionen (CI vs. unversorgt,  $p < 0,001$ ; CI vs. CROS,  $p = 0,014$ ; CI vs. BAHA,  $p < 0,001$ ). Keine Unterschiede im Sprachverständnis wurden in der Situation SoNo ermittelt (CI vs. unversorgt,  $p = 0,32$ ; CI vs. CROS,  $p = 0,71$ ; CI vs. BAHA,  $p = 0,62$ ). In der Konfiguration SnhNssd war eine signifikante Verbesserung des Sprachverständnisses mit dem CI im Vergleich zum BAHA nachweisbar (CI vs. BAHA,  $p = 0,012$ ).

Sowohl im Vergleich mit der unversorgten Situation als auch mit dem CROS-HG zeigte sich jedoch keine Änderung, wobei in dieser Konfiguration auch ein Sättigungseffekt zu sehen ist. Daher erfolgten in allen 3 Konfigurationen zusätzliche Messungen mit dem adaptiven OLSa.



**Abb. 4** ▲ Sprachverständlichkeitsschwellen im Störgeräusch (Oldenburger Satztest). Box-Whisker-Plots für die 3 Präsentationskonfigurationen. *CI* Cochlear implant, *SONO* Sprache und Geräusch von vorn, *SnhNssd* Sprache von der hörenden Seite/Geräusch von der tauben Seite, *SssdNnh* Sprache von der tauben Seite/Geräusch von der normalhörenden Seite



**Abb. 5** ▲ Box-Whisker-Plots des Lokalisationsvermögens. *CROS* „Contralateral routing of signal“, *BAHA* „bone-anchored hearing aid“, *CI* Cochlear implant

Mit diesem Test konnte eine höchst signifikant bessere Sprachverständlichkeitsschwelle mit dem CI (im Gruppenmedian:  $-8,1$  dB) im Vergleich zur unversorgten Situation (Median:  $-0,6$  dB) in der Konfiguration *SssdNnh* ermittelt werden (CI vs. unversorgt,  $p < 0,001$ ; **Abb. 4**). Die Sprachverständlichkeitsschwellen in den anderen beiden Konfigurationen unterschieden sich bei Verwendung des CI nicht signifikant von den Schwellen in der unversorgten Situation.

### Lokalisationsvermögen

In der **Abb. 5** sind die Gruppenmediane zum Lokalisationsvermögen in der unversorgten Situation sowie mit den 3 Therapieoptionen dargestellt. Mit dem CI erreichen die Patienten 12 Monate nach der Erstanpassung signifikant bessere Ergebnisse im Vergleich zu allen anderen Situationen (CI vs. unversorgt,  $p < 0,001$ ; CI vs. CROS,  $p < 0,001$ ; CI vs. BAHA,  $p < 0,001$ ).

## Subjektive Beurteilung mittels Fragebögen

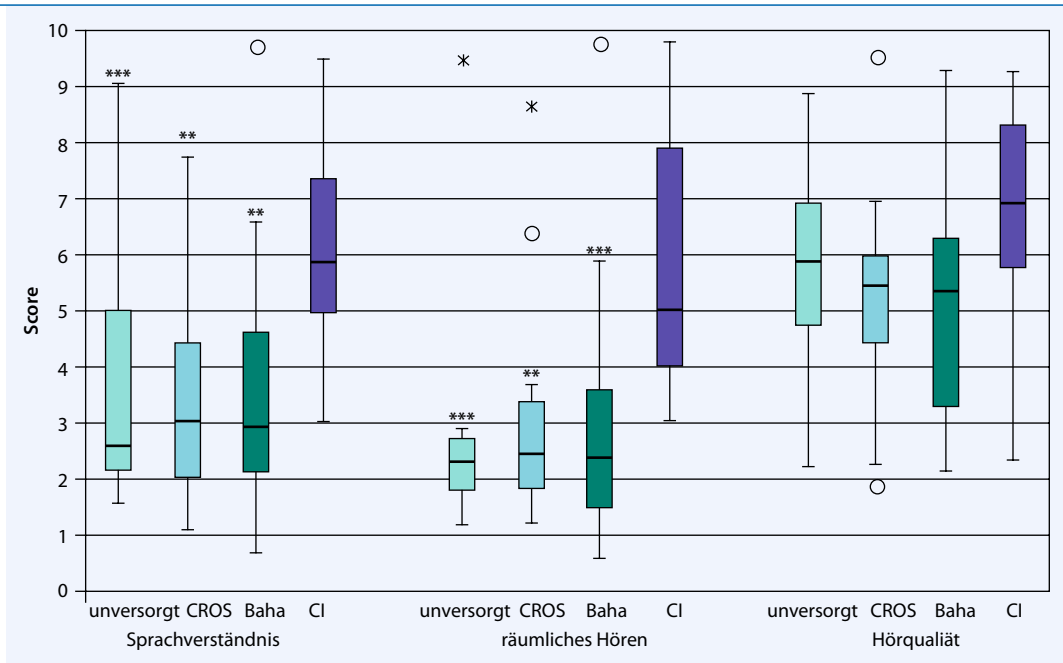
### SSQ-Fragebogen

Die Medianwerte der Scores in den 3 Abschnitten Sprachverständnis, räumliches Hören und Hörqualität des SSQ-Fragebogens sind in **Abb. 6** ersichtlich. Die Patienten geben mit dem CI ein signifikant besseres Sprachverständnis mit einem Median-Score von 5,89 im Vergleich zur unversorgten Situation mit 2,55 (CI vs. unversorgt,  $p < 0,001$ ) und im Vergleich zum BAHA (Score: 2,93;  $p = 0,002$ ) und CROS-HG (Score: 3,0;  $p = 0,002$ ) an. Das räumliche Hören wird von den Patienten mit dem CI signifikant besser sowohl in der unversorgten Situation als auch mit dem BAHA und CROS-HG eingeschätzt (CI vs. unversorgt und CI vs. BAHA, jeweils  $p < 0,001$ ; CI vs. CROS-HG,  $p = 0,002$ ). Signifikante Unterschiede in der Hörqualität waren zwischen den einzelnen Optionen nicht nachweisbar, wohl aber eine Tendenz zur signifikant besseren Hörqualität mit dem CI im Vergleich zum CROS-HG ( $p = 0,053$ ).

### IOI-HA

Die Mediane der Scores aller Untergruppen dieses Fragebogens und der Median des für jeden Patienten über alle Untergruppen gebildeten mittleren Scores (Gesamtmedian) sind in **Abb. 7** dargestellt. Der Vergleich des subjektiven Rehabilitationserfolgs bei den 3 Therapieoptionen ergab mit dem CI in allen einzelnen Untergruppen ein signifikant besseres Ergebnis im Vergleich zum BAHA und zum CROS-HG. Die Patienten trugen das CI signifikant länger als die anderen Geräte am Tag (USE: CI vs. BAHA,  $p = 0,002$ ; CI vs. CROS,  $p = 0,0078$ ). Der subjektive Nutzen (BEN) wurde mit dem CI signifikant höher eingeschätzt (BEN: CI vs. BAHA,  $p = 0,002$ ; CI vs. CROS,  $p = 0,004$ ). Auch die Untergruppen subjektive Zufriedenheit (SAT: CI vs. BAHA,  $p = 0,007$ ; CI vs. CROS,  $p = 0,002$ ), Lebensqualität (QoL: CI vs. BAHA,  $p = 0,007$ ; CI vs. CROS,  $p = 0,01$ ), Einschränkung der Aktivität (RAL: CI vs. BAHA,  $p = 0,01$ ; CI vs. CROS,  $p = 0,02$ ) beurteilten die Patienten mit dem CI signifikant besser im Vergleich zum CROS-HG und BAHA. Keine Unterschiede waren

**Abb. 6** ▶ Sprachverständnis, räumliches Hören und Hörqualität. Box-Whisker-Plots einiger Scores des SSQ-Fragebogens. *SSQ* „Spatial and Qualities of Hearing Scale“, *CROS* „contralateral routing of signal“, *BAHA* „bone-anchored hearing aid“, *CI* Cochleaimplantat

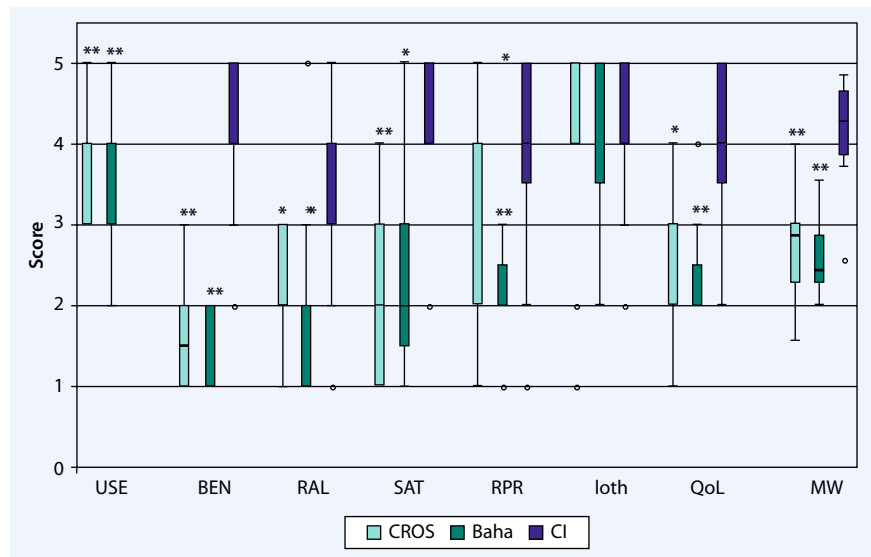


hinsichtlich der Beurteilung der Höreinschränkung durch andere Personen nachweisbar („Ioth“, „impact on others“).

## Diskussion

Unsere Ergebnisse zeigen, dass das CI bei Patienten mit einseitiger Ertaubung nach sorgfältiger präoperativer audiologischer Diagnostik und Patientenselektion den alternativen Rehabilitationsoptionen überlegen ist. Sowohl im Richtungshören als auch in der schwierigsten Hörsituation, wenn die Sprache von der tauben (versorgten) und das Geräusch von der hörenden Seite angeboten wird, weisen die Patienten mit dem CI statistisch signifikant bessere Ergebnisse als mit dem BAHA und dem CROS-HG als auch in der unversorgten Situation auf. Auch in der umgekehrten Situation, wenn das Geräusch auf das taube (versorgte) Ohr trifft und die Sprache auf das normal hörende Ohr trifft, konnten wir ein signifikant besseres Sprachverständnis mit dem CI im Vergleich zum BAHA ermitteln. Nach 12 Monaten CI-Erfahrung dieser Patienten war im Median eine deutlich bessere Sprachverständlichkeitsschwelle im Vergleich zu den Ergebnissen mit CI nach 6 Monaten nachweisbar (CI 6 Monate:  $-6,2$  dB, 12 Monate:  $-8,1$  dB; [1]).

Im Vergleich zu der von Vermeire et al. [25] angegebenen Verbesserung der Sprachverständlichkeitsschwelle von



**Abb. 7** ▲ IOI-HA-Fragebogen. Box-Whisker-Plots der Scores für die IOI-HA-Fragen sowie des gemittelten Scores aller Fragen. *IOI-HA* „International Outcome Inventory for Hearing Aids“, *CROS* „contralateral routing of signal“, *BAHA* „bone-anchored hearing aid“, *CI* Cochleaimplantat, *USE* Tragedauer/Tag; *BEN* Nutzen; *RAL* Beeinträchtigung üblicher Aktivitäten, *SAT* Zufriedenheit, *RPR* Einschränkung in Situation mit größtem erwartetem Nutzen; *Ioth* Auswirkung auf andere Menschen; *QoL* Lebensqualität; *MW* Mittelwert

$-1,3$  dB im Median konnten wir in unseren Untersuchungen eine deutlichere Verbesserung der Sprachverständlichkeitsschwelle nach 12 Monaten mit CI in der schwierigsten Konfiguration SsdNnh im Vergleich zur unversorgten Situation ermitteln (Median:  $-7,5$  dB). Eine mögliche Ursache für die deutlichere Verbesserung der Sprachverständlichkeitsschwelle unserer Patienten im Vergleich zu den Daten

von Vermeire et al. könnte in der kürzeren mittleren Taubheitsdauer unserer Patienten begründet sein (mittlere Taubheitsdauer unserer Patienten: 25 Monate; Vermeire: 5,05 Jahre).

## Snelcheffekt

Die Konfiguration SnnNssd erlaubt die Berechnung des Snelcheffekts. Die Dif-

ferenz der Sprachverständlichkeitsschwellen zwischen der binauralen und der unversorgten, monauralen Situation betrug 1,7 dB und war nicht signifikant. Auch Büchner et al. und Vermeire et al. konnten 12 Monate nach der CI-Erstanpassung bei einseitig tauben Patienten keinen signifikanten Squelcheffekt nachweisen [5, 25]. Vier von unseren 11 Patienten wiesen eine deutliche Vergrößerung des Squelcheffekts nach 12 Monaten auf (im Mittel: 3,25 dB). Bei weiteren 4 Patienten betrug dieser Effekt 0 dB. Eine Ursache für das Fehlen dieses Effekts kann in der interauralen Asymmetrie begründet sein. Darüber hinaus wird diskutiert, dass für einen signifikanten Squelcheffekt eine längere Nachbeobachtungszeit notwendig ist [7].

### Summationseffekt

Der Summationseffekt ist definiert als der Vorteil, den ein Patient in der binauralen Hörsituation im Vergleich zur besseren monauralen Situation aufweist, wenn sowohl das Störgeräusch als auch der Nutzschaall mit der gleichen Intensität beide Ohren erreicht. Dies ist in der Konfiguration SoNo gegeben. Der Summationseffekt war mit 0,5 dB nicht signifikant. Der Kopfschatteneffekt wurde nicht ermittelt, da dieser sich aus der Differenz von 2 monauralen Situationen berechnet und eine sichere Vertäubung des normalhörenden Ohrs nicht möglich ist. Dieses Problem wurde auch von Vermeire et al. [25] beschrieben.

### Lokalisationsfähigkeit

Die Lokalisationsfähigkeit von einseitig tauben mit einem CI versorgten Patienten wurde bisher nur von unserer Untersuchungsgruppe bei 11 Patienten mit 6 Monaten CI-Erfahrung beschrieben [1]. Bereits nach 6 Monaten konnte in der binauralen Situation mit dem CI eine signifikante Verbesserung des Lokalisationsvermögens im Vergleich zu allen anderen Therapieoptionen nachgewiesen werden (CI vs. unversorgt,  $p=0,003$ ; CI vs. CROS,  $p=0,001$ ; CI vs. BAHA,  $p=0,002$ ), welche sich nach 12 Monaten noch deutlicher darstellte (CI vs. unversorgt,  $p<0,001$ ; CI vs. CROS,  $p<0,001$ ; CI vs. BAHA,  $p<0,001$ ). Damit können wir nachweisen,

dass durch die CI-Versorgung postlingual einseitig ertaubter Patienten das räumliche Hören dieser Patienten wiederhergestellt werden kann.

Bei bilateraler CI-Versorgung postlingual beidseits ertaubter Patienten ist ebenfalls eine Verbesserung des Lokalisationsvermögens in der Horizontalebene bei binauralem Hören mit beiden CI gegenüber monauralem Hören mit einem CI gezeigt worden [12, 13]. Bei bilateralen CI-Patienten basiert das Lokalisationsvermögen in der Horizontalebene hauptsächlich auf der Auswertung der interauralen Pegeldifferenzen (IPD), aber auch auf der Auswertung der interauralen Laufzeitdifferenzen (ILD; [19]). Diese beiden Auswertemechanismen des binauralen Hörens liegen sicherlich auch dem horizontalen Lokalisationsvermögen postlingual einseitig ertaubter, mit CI versorgter Patienten zugrunde. Für die Einschätzung der Bedeutung der ILD sowie der IPD für die horizontale Lokalisation bei diesen Patienten können psychoakustische Untersuchungen zur Lateralisation verschiedener einfacher nichtsprachlicher Stimuli hilfreich sein.

Auch in der unversorgten Situation lag das horizontale Lokalisationsvermögen der einseitig tauben Patienten mit 28,75% deutlich über der Ratewahrscheinlichkeit von 14,3%. Dies basiert wahrscheinlich auf der Ausnutzung des Kopfschatteneffekts und der einfallstrichtungsabhängigen spektralen Veränderung von Schallsignalen durch die Ohrmuschel. So haben Slattery und Middlebrooks [20] und Van Wanrooij und Van Opstal [24] gezeigt, dass die monaurale Lokalisation in der Horizontalebene auf diesen beiden Effekten basiert.

### Fragebogenauswertung

Die objektiven Verbesserungen des Sprachverständnisses und der Lokalisationsfähigkeit mit CI wurden durch die subjektiv positiven Beurteilungen der CI-Versorgung im SSQ-Fragebogen durch die Patienten bestätigt. In allen 3 Abschnitten bewerteten die Patienten die binaurale Situation mit dem CI als besser sowohl im Vergleich zur unversorgten Situation als auch zu den alternativen Behandlungsoptionen. Signifikant bessere subjektive

Einschätzungen waren, wie auch bei Vermeire et al. [25], bzgl. des Sprachverständnisses und des räumlichen Hörens nachweisbar, nicht aber bzgl. der Hörqualität. Auch der Vergleich mit der Beurteilung nach 6 Monaten CI-Erfahrung ergab eine weitere Verbesserung bzgl. des Sprachverständnisses und des räumlichen Hörens [1]. Als bemerkenswert ist der bessere Score mit CI bzgl. der Hörqualität im Vergleich zu den anderen alternativen Rehabilitationsoptionen zu bewerten. Obwohl die Verbesserung mit dem CI nicht signifikant war, bekräftigt er aber, dass die Integration von akustischer Stimulation oder akustischem Hören der normalhörenden Seite und elektrischer Stimulation oder elektrischem Hören der kontralateralen Seite ohne negativen Einfluss auf die Hörqualität möglich ist.

Die Ergebnisse des IOI-HA-Fragebogens zeigen nach 12 Monaten CI-Erfahrung einen weiteren Vorteil des CI gegenüber BAHA und CROS-HG im Vergleich zur subjektiven Einschätzung nach 6 Monaten, insbesondere in den Untergruppen Nutzen (BEN) und Lebensqualität (QoL; [1]).

### Tinnitus suppression

Die Intention unserer Behandlung von einseitig tauben Patienten bestand in der Rehabilitation des Sprachverständnisses im Störgeräusch und der Lokalisationsfähigkeit. In den bisher veröffentlichten Berichten zur Cochleaimplantation bei einseitiger Taubheit erfolgte die CI-Versorgung mit dem Ziel, den Tinnitus durch die elektrische Stimulation zu reduzieren [5, 25]. Auch wir haben eine vollständige oder zumindest teilweise Tinnitus suppression bei 9 von 11 Patienten 6 Monate nach Aktivierung des CI bei Nutzung des Sprachprozessors als Nebeneffekt gesehen. Diese Ergebnisse haben wir bereits veröffentlicht [1].

Im Gegensatz dazu zeigte sich bei präoperativer elektrischer Stimulation am Promontorium nur bei 2 Patienten eine vollständige bzw. teilweise Suppression. Dieser Unterschied ist wahrscheinlich auf mindestens einen der 3 Parameter Stimulationsdauer, Stimulustyp und Stimulationsort zurückzuführen, die sich zwischen den beiden Beobachtungszeitpunkten



ten erheblich voneinander unterscheiden. Zum Zeitpunkt der postoperativen Tinnitusbefragung nutzten die Patienten ihren Sprachprozessor schon 6 Monate. In dieser Zeit haben mit Sicherheit plastische Veränderungen im zentralen Hörsystem stattgefunden, auf denen möglicherweise auch die Tinnitusunterdrückung bei Verwendung des Sprachprozessors basiert. Bei der alltäglichen Nutzung des Sprachprozessors wird der Hörnerv durch über mehrere intracochleäre Elektroden quasiosimultan abgegebene aperiodische elektrische Pulsfolgen erregt, die im Ergebnis der Schallkodierung der akustischen Umwelt (Sprach- und Störschall) erzeugt werden. Beim Promontoriumtest werden periodische sinusförmige Stimuli unterschiedlicher Frequenz verwendet, die jeweils nur über eine extracochleäre Elektrode dargeboten werden und im Vergleich zu den Alltagsstimuli vermutlich weniger Potenzial zur Tinnitusunterdrückung aufweisen.

## Ausblick

Hinsichtlich der Korrelation zwischen sicherem Erfolg der Versorgung von einseitig tauben Patienten mit einem CI und der Taubheitsdauer liegen uns noch zu wenig Daten mit einer ausreichenden Patientenzahl und ausreichend langer Nachuntersuchungszeit vor. Mit den Daten unserer Arbeit lässt sich lediglich die Vermutung aufstellen, dass eine kürzere Taubheitsdauer auch eine bessere binaurale Verarbeitung gewährleistet. Dies muss durch umfangreichere, im Idealfall multizentrische länderübergreifende Studien nachgewiesen werden. Das Ziel der Einschränkung der Indikationskriterien auf eine Taubheitsdauer von maximal 10 Jahren in unserer Pilotstudie war es nachzuweisen, dass eine binaurale Rehabilitation mit dem CI möglich und erfolgreich ist. Eine Erweiterung dieser Indikationskriterien hinsichtlich einer längeren Taubheitsdauer würden wir erst nach sicheren erfolgreich nachgewiesenen Langzeitstudien ( $\geq 5$  Jahre) empfehlen.

Das CI sehen wir als eine alternative Möglichkeit der Versorgung von einseitig tauben Patienten mit nachgewiesener intakter Hörnervenfunktion, ohne Obliteration der Cochlea und mit kurzer Taub-

heitsdauer an. Das konventionelle CROS-HG und das BAHA sind weiterhin gute Therapieoptionen bei nicht stimulierbarem Hörnerv, Cochleaobliteration, langer Taubheitsdauer oder subjektiv ausreichendem Nutzen mit diesen Optionen sowie von Patienten, die keine (CROS-HG) oder im Vergleich zum CI deutlich weniger invasive Eingriffe (BAHA) wünschen. Die CI-Versorgung einseitig tauber Patienten ist zzt. noch eine Sonderform der Versorgung, die aber in Kürze von den Kostenträgern akzeptiert werden sollte. Es ist nicht verständlich, dass bei Patienten mit einseitiger hochgradiger Schallleitungsschwerhörigkeit (und normalem Hörvermögen der kontralateralen Seite), alle operativen Eingriffe, wie Stapeschirurgie und Mittelohroperationen inklusive aktiver Mittelohrimplantate von den Kostenträgern finanziert werden, um das binaurale Hörvermögen dieser Patienten wiederherzustellen, aber einseitig tauben Patienten das binaurale Hören vorenthalten werden soll.

Ein weiterer wichtiger Aspekt wird das Vorgehen bei einseitig kongenital tauben Kindern sein, die im Rahmen des seit 2009 in Deutschland gesetzlich vorgeschriebenen Neugeborenen-Hörscreenings auffallen. Hier stellt sich die Frage, ob und wann die Indikation für einseitig kongenital taube Kinder und Kinder mit einseitig progredienter Taubheit für ein CI besteht. Probst äußert Bedenken, dass durch eine frühe Implantation bei Kindern die mögliche Ausbildung von Kompensationsmechanismen behindert und durch die vorhandene Stigmatisierung und die evtl. mögliche Ablehnung des CI in der Pubertät und im späteren Erwachsenenalter eine reale einseitige Taubheit induziert wird [16]. Viele schon zitierte Studien belegen aber die Behinderungen der Kinder mit einseitiger Taubheit in der schulischen Entwicklung und die reduzierten beruflichen Möglichkeiten infolge dieser Einschränkung.

Es ist anzunehmen und zu hoffen, dass mit der zunehmenden Möglichkeit der Hörrehabilitation einer größeren Anzahl von Kindern mit dem CI die Stigmatisierung durch ein Hörgerät bzw. CI reduziert wird, wie es bei der Versorgung der sehgestörten Patienten mit Brillen seit Langem der Fall ist. Wir sind der An-

Hier steht eine Anzeige.

 Springer

sicht, dass eine intensive Aufklärung der Eltern über mögliche Beeinträchtigungen durch die einseitige Taubheit sowie auch über die zzt. verfügbaren Rehabilitationsmaßnahmen wie CROS-HG-Versorgung, BAHA-Versorgung und CI-Versorgung erfolgen muss. Diesen Kindern sollte die Möglichkeit zur Entwicklung eines binauralen Hörens nicht vorenthalten werden, um ihnen die gleichen Chancen zur beruflichen Entwicklung wie beidseitig normalhörenden Kindern zu ermöglichen.

### Fazit für die Praxis

- Die Cochleaimplantation stellt eine binaurale Rehabilitationsmöglichkeit von Patienten mit einseitiger Ertaubung dar.
- Sie ist den alternativen Therapieoptionen signifikant überlegen und sollte in das Beratungsgespräch mit einseitig tauben Patienten, wenn sie indiziert ist, mit aufgenommen werden.

### Korrespondenzadresse

#### Dr. S. Arndt

Universitätsklinik für Hals-, Nasen- und Ohrenheilkunde und Poliklinik, Universitätsklinikum Freiburg  
Killianstraße 5, 79106 Freiburg  
susan.arndt@uniklinik-freiburg.de

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

### Literatur

1. Arndt S, Aschendorff A, Laszig R et al (2011) Comparison of pseudobinaural hearing to real binaural hearing rehabilitation after cochlear implantation in patients with unilateral deafness and tinnitus. *Otol Neurotol* 32(1):39–47
2. Arnoldner C, Helbig S, Wagenblast J et al (2010) Electric acoustic stimulation in patients with postlingual severe high-frequency hearing loss: clinical experience. *Adv Otorhinolaryngol* 67:116–124
3. Bertoli S, Probst R, Jordan P (1996) Hearing handicap – an addition to audiometric hearing loss. Results of an exploratory study of auditory communication disorders in the elderly. *HNO* 44(7):376–384
4. Bess FH, Tharpe AM (1988) Performance and management of children with unilateral sensorineural hearing loss. *Scand Audiol Suppl* 30:75–79
5. Buechner A, Brendel M, Lesinski-Schiedat A et al (2010) Cochlear implantation in unilateral deaf subjects associated with ipsilateral tinnitus. *Otol Neurotol* 31(9):1381–1385
6. Cox RM, Alexander GC (2000) Expectations about hearing aids and their relationship to fitting outcome. *J Am Acad Audiol* 11(7):368–382
7. Eapen RJ, Buss E, Adunka MC et al (2009) Hearing-in-noise benefits after bilateral simultaneous cochlear implantation continue to improve 4 years after implantation. *Otol Neurotol* 30:153–159
8. Gantz BJ, Turner C, Gfeller K (2004) Expanding cochlear implant technology: Combined electrical and acoustical speech processing. *Cochlear Implants Int* 5(Suppl 1):8–14
9. Gatehouse S, Noble W (2004) The Speech, Spatial and Qualities of Hearing Scale (SSQ). *Int J Audiol* 43(2):85–99
10. Hochmair Desoyer I, Schulz E et al (1997) The HSM Sentence Test as a tool for evaluating the speech understanding in noise of cochlear implant users. *Am J Otol* 18(Suppl 6):83
11. Iwaki T, Blamey P, Kubo T (2008) Bimodal studies using adaptive dynamic range optimization (ADRO) technology. *Int J Audiol* 47:311–318
12. Laske RD, Veraguth D, Dillier N et al (2009) Subjective and objective results after bilateral cochlear implantation in adults. *Otol Neurotol* 30:313–318
13. Laszig R, Aschendorff A, Stecker M et al (2004) Benefits of bilateral electrical stimulation with the nucleus cochlear implant in adults: 6-month postoperative results. *Otol Neurotol* 25(6):958–968
14. Lenarz T, Ver T, Buechner A et al (2009) Hearing conservation surgery using the hybrid-L electrode. *Audiol Neurootol* 14:22–31
15. Lieu JE (2004) Speech-language and educational consequences of unilateral hearing loss in children. *Arch Otolaryngol Head Neck Surg* 130(5):524–530
16. Probst R (2008) Cochlear implantation for unilateral deafness? *HNO* 56:886–888
17. Quaranta N, Wagstaff S, Baguley DM (2004) Tinnitus and cochlear implantation. *Int J Audiol* 43(5):245–251
18. Ruscetta MN, Arjmand EM, Pratt SR (2005) Speech recognition abilities in noise for children with severe-to-profound unilateral hearing impairment. *Int J Pediatr Otorhinolaryngol* 69(6):771–779
19. Schoen F, Mueller J, Helms J, Nopp P (2005) Sound localization and sensitivity to interaural cues in bilateral users of the Med-El Combi 40/40-cochlear implant system. *Otol Neurotol* 26(3):429–437
20. Slattery WH III, Middlebrooks JC (1994) Monaural sound localization: acute versus chronic unilateral impairment. *Hear Res* 75(1–2):38–46
21. Sucher CM, McDermott HJ (2009) Bimodal stimulation: benefits for music perception and sound quality. *Cochlear Implants Int* 10(Suppl 1):96–99
22. Tharpe AM (2008) Unilateral and mild bilateral hearing loss in children: past and current perspectives. *Trends Amplif* 12(1):7–15
23. van den Broek E, Dunnebie EA (2009) Cochlear implantation in postlingually hearing-impaired adults: choosing the most appropriate ear. *Int J Audiol* 48(9):618–624
24. Van Wanrooij MM, Van Opstal AJ (2004) Contribution of head shadow and pinna cues to chronic monaural sound localization. *J Neurosci* 24(17):4163–4171
25. Vermeire K, Van de Heyning HP (2009) Binaural hearing after cochlear implantation in subjects with unilateral sensorineural deafness and tinnitus. *Audiol Neurootol* 14(3):163–171
26. Wagener K, Brand T, Kollmeier B (1999) Development and evaluation of a German sentence test: Part III. Evaluation of the Oldenburg sentence test. *Z Audiol* 38:86–95
27. Weinstein BE, Spitzer JB, Ventry IM (1986) Test-retest reliability of the hearing handicap inventory for the elderly. *Ear Hear* 7(5):295–299
28. Wie OB, Pripp AH, Tvete O (2010) Unilateral deafness in adults: effects on communication and social interaction. *Ann Otol Rhinol Laryngol* 119(11):772–781