

Wo stehen wir heute?

Cochlea-Implantation

**Dr. med. Adrian Dalbert, PD Dr. med. Christof Rösli, Prof. Dr. med. Tobias Kleinjung,
KD Dr. med. Dorothe Veraguth, Prof. Dr. med. Alexander Huber**

Klinik für Ohren-, Nasen-, Hals- und Gesichtschirurgie, Universitätsspital Zürich

Das Editorial zu diesem
Artikel finden Sie auf S. 465
in dieser Ausgabe.

Die Cochlea-Implantation ist eine erstaunliche medizinische Erfolgsgeschichte. Sie erlaubt hochgradig schwerhörigen oder tauben Patientinnen und Patienten, ein Hörvermögen zu erlangen und an der Welt der Hörenden teilzuhaben. Dieser Artikel soll einen kurzen Überblick über den bisherigen Weg und den jetzigen Stand geben.

Einführung

Taubheit und hochgradige Schwerhörigkeit sind häufige Erkrankungen mit äusserst schweren Konsequenzen für die Betroffenen. Ungefähr ein bis drei von 1000 Kindern werden taub geboren und ein weiteres von 1000 Kindern ertaubt bis zum Erwachsenenalter. Um das 65. Lebensjahr leidet bereits ungefähr ein Drittel an einer behandlungsbedürftigen Innenohrschwerhörigkeit und dieser Anteil steigt im höheren Alter weiter an. Bei leicht- bis mittelgradigen Innenohrschwerhörigkeiten ist das konventionelle Hörgerät die Therapie der Wahl und bringt den Patientinnen und Patienten häufig einen guten Nutzen. Nimmt die Schwerhörigkeit aber weiter zu oder besteht seit Geburt eine hochgradige Schwerhörigkeit oder Taubheit, kann mit konventionellen Hörgeräten keine Abhilfe geschaffen werden. Die Patientinnen und Patienten sind auf Lippenlesen oder Gebärdensprache angewiesen. Oft resultiert in diesen Fällen ein zunehmender Rückzug aus dem sozialen Leben. Die weitere Einbindung oder der Einstieg in den Schulalltag respektive die Arbeitswelt gestalten sich schwierig und bei älteren Menschen steigt das Risiko für eine dementielle Entwicklung [1]. Für die Betroffenen ist die Cochlea-Implantation die einzige Möglichkeit, um an der Welt der Hörenden teilzuhaben.

auch über diesen Weg ein Höreindruck erreicht werden kann. In der Schweiz wurde die erste Implantation 1977 vorgenommen. Während der nächsten Jahre wurden die Elektrodenträger weiterentwickelt, was schliesslich 1984 zur ersten Zulassung eines Cochlea-Implantates in den USA führte. Dieses enthielt allerdings nur einen stimulierenden Kontakt auf dem Elektrodenträger. Dies bedeutete, dass nur von einer Lokalisation aus in der Cochlea elektrisch stimuliert wurde. Mit der Einführung von Mehrkanal-Cochlea-Implantaten konnte an mehreren Lokalisationen in der Cochlea elektrisch stimuliert werden, wodurch in den folgenden Jahren eine deutlich bessere Hörwahrnehmung und ein besseres Sprachverständnis erreicht werden konnten. Durch weitere technische Verfeinerungen, insbesondere auch, was die Signalverarbeitung angeht, konnte die Cochlea-Implantation schliesslich in den 1990er Jahren Teil der standardmässigen medizinischen Versorgung in der westlichen Welt werden. Insgesamt stellt die Cochlea-Implantation damit eine aussergewöhnliche medizinische Erfolgsgeschichte dar und das Cochlea-Implantat als erste therapeutisch eingesetzte sensorische Neuroprothese dient als Vorbild für verschiedenste Medizinbereiche.

Funktionsweise und Aufbau

Das Cochlea-Implantat besteht aus zwei Komponenten: dem Sprachprozessor, der hinter dem Ohr getragen wird, und dem eigentlichen Implantat unter der Haut (Abb. 1). Der Sprachprozessor nimmt mittels Mikrofonen die Umgebungsgeräusche auf, wandelt sie in digitale Signale um, verarbeitet diese Signale und sendet die digitale Information via Sendespule an das Implantat. Das Implantat wiederum nimmt die Signale via Sendespule auf und wandelt diese in elektrische



Adrian Dalbert

Geschichte

Erste Experimente, bei denen nachgewiesen werden konnte, dass die elektrische Stimulation des Hörnervs beim Menschen zu einer akustischen Wahrnehmung führt, wurden 1957 durchgeführt. Anschliessend, 1961 und 1964, wurden von zwei verschiedenen Forschungsgruppen in den USA die ersten Elektrodenträger in die Cochlea eingeführt. Dabei konnte gezeigt werden, dass

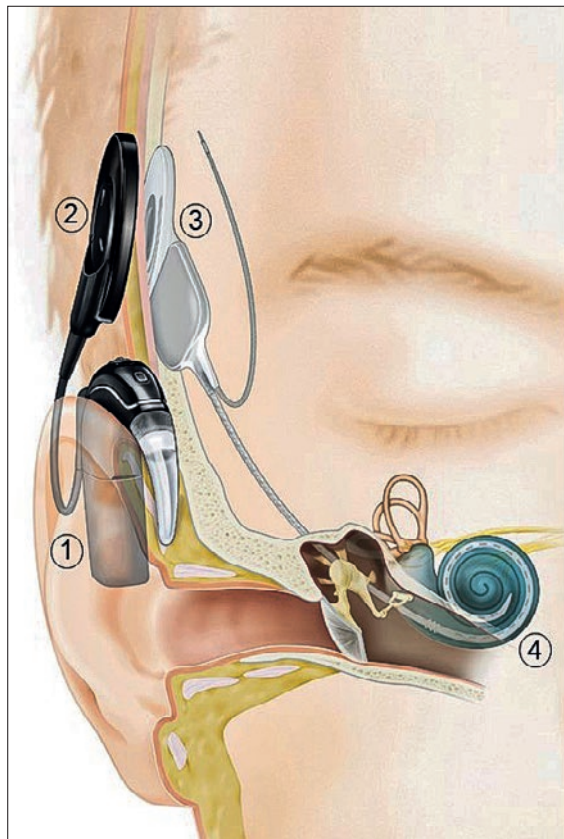


Abbildung 1: Aufbau eines Cochlea-Implantates (© Cochlear Ltd., Nachdruck mit freundlicher Genehmigung). (1) Sprachprozessor: Schallwellen werden über Mikrofone aufgenommen und in digitale Signale umgewandelt. Diese Signale werden über ein Kabel an die Sendespule (2) weitergeleitet. Über die Sendespule werden die Signale an das subkutan liegende Implantat (3) übertragen. Die Signale werden im Implantat in elektrische Impulse umgewandelt, die mittels Elektrodenträger (4), der in der Cochlea platziert wird, den Nervus cochlearis stimulieren. Auf diese Weise entsteht die auditive Wahrnehmung.

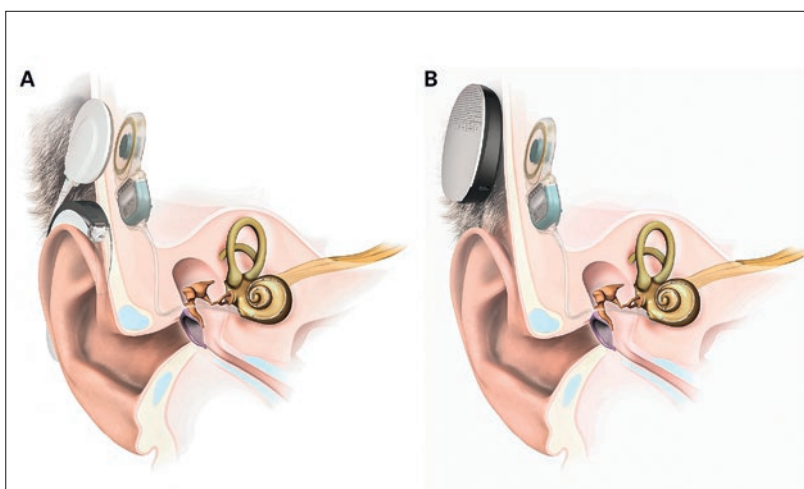


Abbildung 2: Illustration der beiden Sprachprozessorvarianten (© MED-EL Medical Electronics, Nachdruck mit freundlicher Genehmigung): (A) Hinter dem Ohr (HdO) getragener Sprachprozessor; (B) Knopfvariante, wobei der Sprachprozessor, die Sendespule und der Magnet in einem Gehäuse integriert sind.

Impulse um. Diese elektrischen Impulse werden über einen Elektrodenträger, der in der Cochlea platziert ist, an den Hörnerven weitergegeben, was zur auditiven Wahrnehmung führt.

Der Elektrodenträger hat heutzutage je nach Hersteller 12 bis 22 einzelne Elektroden, die verschiedene Orte in der Cochlea stimulieren können. Dabei wird ausgenutzt, dass die Cochlea tonotopisch angeordnet ist. Das bedeutet, dass einer bestimmten Tonhöhe ein klar definierter Ort in der Cochlea zugeordnet werden kann. In den unteren Anteilen der Cochlea werden hohe Töne wahrgenommen und weiter im Verlauf der zweieinhalb Windungen Richtung Schneckenspitze findet die Wahrnehmung der tieferen Töne statt.

Bei den Sprachprozessoren gibt es seit einigen Jahren zwei Arten des Aufbaus (Abb. 2): Beim klassischen Aufbau sind die Sendespule mit Magnet und der restliche Prozessoranteil getrennt und nur über ein Kabel verbunden. Der Sprachprozessor wird dabei hinter dem Ohr getragen, ähnlich einem konventionellen Hörgerät (Abb. 2A). Bei der neueren Variante sind Sendespule, Magnet und der restliche Sprachprozessor in einem Knopf untergebracht. Der Knopf wird über dem Magneten des Implantates getragen (Abb. 2B). Welche Sprachprozessorvariante die geeignetste ist, hängt von den individuellen Bedürfnissen bezüglich Ästhetik, Konnektivität und Bedienbarkeit ab und muss entsprechend mit jeder Patientin / jedem Patienten individuell entschieden werden.

Indikationen

Die häufigste Indikation für eine Cochlea-Implantation ist die beidseitige, hochgradige, an Taubheit grenzende Innenohrschwerhörigkeit oder Taubheit. Bei hochgradiger, an Taubheit grenzender Innenohrschwerhörigkeit besteht eine Resthörigkeit im Reintonaudiogramm, jedoch kann auch mit Hörgeräteversorgung kein genügendes Sprachverständnis mehr erreicht werden. In dieser Situation sollte sowohl Kindern als auch Erwachsenen, die nach dem Spracherwerb ertaubten, die Implantation angeboten werden. Ist die Schwerhörigkeit oder Taubheit angeboren, ist es wichtig, dass die Versorgung möglichst früh, das heisst innerhalb der ersten zwei Lebensjahre, stattfindet. Gelingt dies, ist bei taub geborenen Kindern mit einer guten Lautsprachentwicklung zu rechnen. Aus diesem Grund wurde in der Schweiz auch bereits 1999 das flächendeckende Hörscreening nach der Geburt eingeführt, das eine einfache und objektive Erfassung von Hörstörungen bei Neugeborenen erlaubt. Ist die Taubheit erst später, nach erfolgter Sprachentwicklung aufgetreten, sollte eine Cochlea-Implantation wenn

möglich innerhalb von zehn Jahren durchgeführt werden. Bei länger bestehender Taubheit steigt das Risiko eines schlechteren Sprachverstehens mit dem Cochlea-Implantat leicht an. Allerdings sind viele Fälle bekannt, bei denen auch nach jahrzehntelanger Taubheit noch ein gutes Sprachverständnis erreicht werden konnte. Bei den Erwachsenen ist zudem anzufügen, dass ein hohes Alter grundsätzlich keine Kontraindikation gegen eine Cochlea-Implantation mehr darstellt. Es konnte gezeigt werden, dass bei hochgradiger Innenohrschwerhörigkeit oder Taubheit eine einseitige Cochlea-Implantation bis ins höchste Alter ein besseres Kosten-Nutzen-Verhältnis aufweist als eine ungenügende Versorgung mit konventionellem Hörgerät [2]. Zudem erreichen geriatrische Patientinnen und Patienten im Vergleich mit jüngeren Erwachsenen durchschnittlich ein gleich gutes Sprachverständnis mit einem Cochlea-Implantat [3]. Hierbei ist es wichtig anzumerken, dass die hochgradige Schwerhörigkeit oder Taubheit nicht alle Frequenzen betreffen muss. In den tiefen Frequenzen bis und mit 500 Hz kann ein normales oder fast normales Hörvermögen vorliegen, ohne dass die Patientin oder der Patient von einem konventionellen Hörgerät alleine einen Nutzen hat (Abb. 3). In dieser Situation sollte die Möglichkeit einer Cochlea-Implantation unbedingt mit den Betroffenen besprochen werden.

Die einzige Notfallindikation für eine Cochlea-Implantation ist bei Ertaubung im Rahmen einer Infektion, klassischerweise einer Labyrinthitis im Rahmen einer Pneumokokken-Meningitis, gegeben. Ein solcher Verlauf kann sowohl bei Kindern als auch bei Erwachse-

nen auftreten. Dabei kommt es zu einer akuten bakteriellen Entzündung in der Cochlea, was zu deren Vernarbung und Ossifikation führen kann, im Extremfall innerhalb von Tagen. Eine rasche audiologische Abklärung und Bildgebung sind daher in allen Fällen bei Verdacht auf Hörverschlechterung im Rahmen einer Meningitis entscheidend.

Als weitere Indikation für die Cochlea-Implantation ist die einseitige Taubheit bei normalem Hörvermögen auf der Gegenseite zu nennen. Für diese Patientinnen und Patienten ist die Cochlea-Implantation die einzige Möglichkeit, wieder ein binaurales Hören im klassischen Sinne zu erlangen. Es konnte gezeigt werden, dass hinsichtlich Richtungshören, Sprachverständnis im Lärm und Lebensqualität ein deutlicher Benefit erreicht werden kann [4]. Zudem zeigte sich, dass bei Patientinnen und Patienten mit einseitiger, erworbener Taubheit, bei denen häufig ein Tinnitus vorliegt, die Tinnitus-Lautstärke und damit der tinnitusbedingte Leidensdruck durch die Cochlea-Implantation relevant reduziert werden können [5]. Dieser Effekt ist sogar so ausgeprägt und zuverlässig vorhanden, dass der Tinnitus alleine, bei Vorliegen einer einseitigen Taubheit, als Indikation für eine Cochlea-Implantation angesehen werden kann. Der Benefit einer Cochlea-Implantation bei kongenitaler, einseitiger Taubheit ist zurzeit aufgrund der vorhandenen Datenlage noch umstritten.

Bei angeborener, hochgradiger Innenohrschwerhörigkeit oder Taubheit beidseits wird in der Schweiz in der Regel eine bilaterale Cochlea-Implantation durchgeführt. Dies kann simultan – in der gleichen Operation werden beide Seiten implantiert – oder sequentiell erfolgen. Wird ein sequentielles Vorgehen gewählt, sollten die beiden Operationen innerhalb von sechs Monaten erfolgen. Wenn sich bei Jugendlichen oder Erwachsenen die Schwerhörigkeit im Verlauf entwickelt hat, wird normalerweise ein sequentielles Vorgehen gewählt. Dabei wird zuerst die schlechtere Seite versorgt und erst nach abgeschlossener Anpassung des Cochlea-Implantates zusammen mit der Patientin / dem Patienten entschieden, ob die zweite Seite ebenfalls versorgt werden soll. Anzuführen ist, dass vor einer Cochlea-Implantation auch immer alternative Wege, mit dem Verlust des akustischen Gehörs umzugehen, insbesondere die Gebärdensprache, thematisiert werden sollten.

Behandlung

Hat sich eine Patientin / ein Patient für eine Cochlea-Implantation entschieden, erfolgt die Einlage des Implantates in einer ungefähr 90-minütigen Operation.

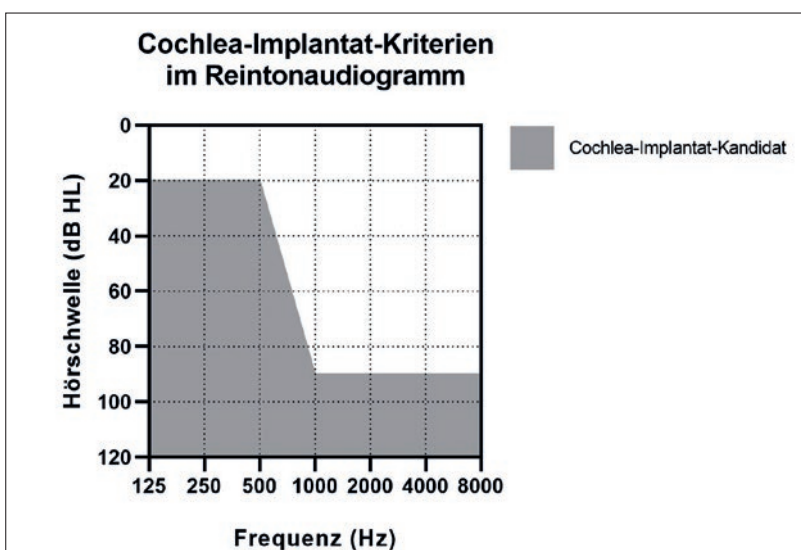


Abbildung 3: Cochlea-Implantat-Kriterien im Reintonaudiogramm. Bei einer im grauen Bereich liegenden Hörschwelle sollte eine Cochlea-Implantation mittels weiterer Abklärungen (zum Beispiel Sprachverstehen mit bestmöglicher Hörgeräteversorgung) evaluiert und mit der Patientin / dem Patienten diskutiert werden.

Dabei wird über einen Hautschnitt hinter dem Ohr ein Zugang zum Mittelohr durch den mastoidalen Knochen geschaffen. Über das runde Fenster der Cochlea oder ein kleines Bohrloch (Durchmesser 0,8 mm) in unmittelbarer Nähe des runden Fensters wird anschliessend der Elektrodenträger vorsichtig in die Cochlea eingeführt. Dabei werden noch intakte Strukturen in der Cochlea möglichst geschont, sodass auch ein allfällig noch vorhandenes Restgehör erhalten bleibt [6]. Noch im Operationssaal erfolgt eine erste Überprüfung der Funktion des Cochlea-Implantates. Dabei werden die Intaktheit des Implantates bestätigt und die Stromstärke bestimmt, die es benötigt, um eine messbare Antwort des Nervus cochlearis hervorzurufen. Postoperativ wird in der Regel zusätzlich mittels Bildgebung eine Kontrolle der korrekten Elektrodenlage in der Cochlea vorgenommen.

Ungefähr vier Wochen nach der Operation erfolgt die erste Aktivierung des Cochlea-Implantates. Das bedeutet, dass der externe Sprachprozessor das erste Mal angeschlossen wird: Die Patientin / Der Patient kann nun mit dem Cochlea-Implantat hören, wobei initial in den allermeisten Fällen nur Geräusche wahrgenommen werden. Die Einstellung ist zu Beginn sehr leise und die Lautstärke wird nur langsam über die ersten Wochen gesteigert. Wichtig in dieser Zeit ist vor allem die Mitarbeit der operierten Person, da sie lernen muss, mit dem Cochlea-Implantat Geräusche zu erkennen, einzuordnen und Sprache zu verstehen. Bis zu einem Jahr verbessern sich das Hörvermögen und insbesondere das Sprachverständnis mit dem Cochlea-Implantat stetig, teilweise werden sogar noch darüber hinaus weitere Fortschritte erzielt [6]. Um die Einstellungen des Cochlea-Implantates im Verlauf immer wieder anpassen zu können, müssen Patientinnen und Patienten lebenslang an ein Cochlea-Implantat-Zentrum angebunden bleiben.

Outcome

Zwölf Monate postoperativ wird durchschnittlich ein Einsilber-Verständnis in Ruhe von ungefähr 75% erreicht. Ungefähr zwei Drittel der erwachsenen Patientinnen und Patienten können mit dem Cochlea-Implantat telefonieren und 90% der früh implantierten Kinder eine Regelschule besuchen. Allerdings bleibt das Sprachverständnis im Hintergrundlärm auch bei gutem Einsilber-Verständnis in Ruhe häufig eine Herausforderung. Diesbezüglich ist es wichtig, dass präoperativ eine entsprechende Aufklärung stattgefunden hat, um übertriebenen Erwartungen entgegenzuwirken. Nichtsdestotrotz konnte in mehreren Studien gezeigt werden, dass die Cochlea-Implantation in allen Altersgruppen zu einer erheblichen Verbesserung der Lebensqualität insgesamt, aber auch krankheitsspezifisch führt [7]. Was die Lebensqualität insgesamt angeht, gaben 77% aller bisher in der Schweiz mit einem Cochlea-Implantat Versorgten einen guten oder exzellenten Nutzen an.

Eine Schweizer Besonderheit ist, dass der Outcome nach Cochlea-Implantation in einer gesamtschweizerischen Cochlea-Implantat-Datenbank (CI-Datenbank) aufgezeichnet wird. Dies führt zu einer landesweiten, weltweit einmaligen Qualitätskontrolle. Das Datenregister wird seit 1992 von allen fünf schweizerischen Cochlea-Implantat-Zentren geführt.

Ökonomische Aspekte

Seit den 1990er Jahren besteht ein deutlicher Aufwärtstrend, was die Anzahl an Cochlea-Implantationen pro Jahr in der Schweiz angeht. In Abbildung 4 ist zu sehen, dass dabei vor allem mehr Erwachsene einer Implantation unterzogen werden, während bei Kindern unter 12 Jahren seit ungefähr 20 Jahren keine Zunahme mehr besteht. Der Grund ist, dass bei Kindern, insbesondere auch mit der Einführung des flächendeckenden Hörscreenings 1999, eine sehr gute Versorgung erreicht wird. Praktisch jedes Kind, das für ein Cochlea-Implantat infrage kommt, erhält Zugang zu den Abklärungen und – falls sich die Eltern dafür entscheiden – ein Cochlea-Implantat.

Insgesamt wurden im Jahr 2019 in der ganzen Schweiz 288 Cochlea-Implantationen durchgeführt. In Anbetracht der obengenannten Häufigkeiten von Schwerhörigkeiten ist damit aber trotzdem auch in der Schweiz mit einer deutlichen Unterversorgung zu rechnen. Somit erhalten Erwachsene, bei denen die Indikation für eine Cochlea-Implantation bestehen würde, offensichtlich keine Information und damit auch keinen Zugang zu der ihnen zustehenden Versor-

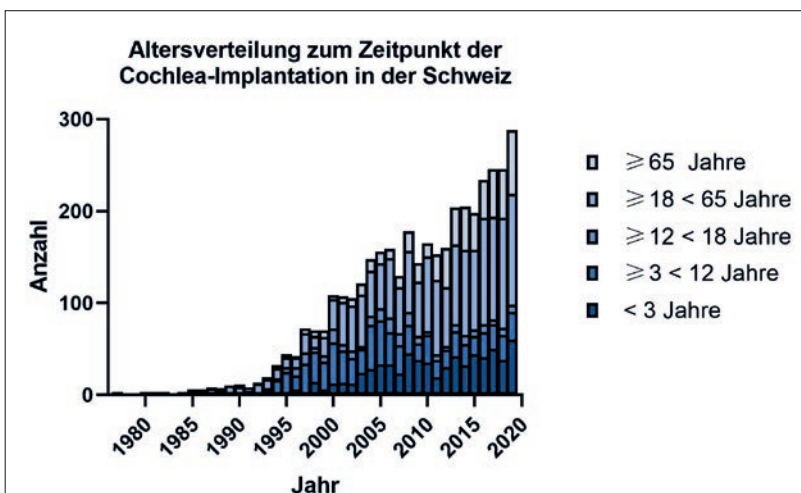


Abbildung 4: Altersverteilung aller mittels Cochlea-Implantat versorgter Patientinnen und Patienten in der Schweiz von 1977 bis 2019.

gung. Eine Verbesserung dieser Situation ist sicherlich aus medizinischer und aus Patientensicht äusserst wichtig, ergibt aber auch gesellschaftlich und aus ökonomischer Sicht Sinn. Der finanzielle Aufwand für eine Cochlea-Implantation beläuft sich auf ungefähr 50 000 Schweizer Franken. Erlaubt die Cochlea-Implantation aber Betroffenen, im Arbeitsleben integriert zu bleiben oder eine Regelklasse zu besuchen, entfallen Kosten für Sonder- und Umschulungen sowie Renten oder andere Unterstützungsleistungen, die langfristig ein Vielfaches betragen können.

Die Kosten werden bei Kindern vollständig von der Invalidenversicherung (IV) übernommen. Bei Erwachsenen werden der Sprachprozessor, die Kosten für Anpassungen, Reparaturen sowie das Hörtraining und eine jährliche Pauschale für Batteriekosten von der IV übernommen, während das Implantat sowie die Operation und Hospitalisation von der Krankenversicherung bezahlt werden.

Sicherheit

Grundsätzlich kann gesagt werden, dass die Cochlea-Implantation eine hochstandardisierte Operation ist, bei der eine grosse Sicherheit garantiert werden kann. Komplikationen können natürlich dennoch auftreten, auch wenn sie selten sind. Dabei sind einerseits allgemeinchirurgische Komplikationen wie Blutung, Infekt, Wundheilungsstörung oder ausgeprägte Narbenbildung zu erwähnen, andererseits aber auch spezifischere Risiken, die mit Ohroperationen verbunden sein können, wie Verstärkung oder Auftreten eines Tinnitus, Verlust des Resthörvermögens, Geschmackstörung, Fazialisparese und Schwindel bis zum akuten

peripher-vestibulären Ausfall. Zuletzt kommen noch zwei Cochlea-Implantat-spezifische Risiken hinzu: erstens die unvollständige oder inkorrekte Einlage des Elektrodenträgers und zweitens der Gerätedefekt.

Die allgemein gefürchtetste Komplikation ist verständlicherweise die Fazialisparese. Dazu ist aber zu sagen, dass eine Verletzung des Nervus facialis äusserst selten und unwahrscheinlich ist, da die Cochlea-Implantation in der Schweiz als Teil der hochspezialisierten Medizin nur von erfahrenen Otologen durchgeführt wird und dank des Fazialismonitorings, das bei der Cochlea-Implantation standardmässig eingesetzt wird, eine zusätzliche Sicherheit besteht.

Als weiteres wichtiges Thema ist noch die Magnetresonanztomographie-(MRT-)Tauglichkeit zu erwähnen. In diesem Bereich hat sich in den letzten Jahren erfreulicherweise ein deutlicher Fortschritt gezeigt, indem im Implantat bewegliche und sich am Magnetfeld ausrichtende Magnete eingebaut werden konnten. Inzwischen bieten alle in der Schweiz angebotenen Cochlea-Implantat-Hersteller Implantate oder Lösungen an, mit denen MRT-Untersuchungen mit einer Magnetstärke von 1,5 bis 3 Tesla, je nach Implantat-Typ, durchgeführt werden können. Trotz dieser Fortschritte ist anzufügen, dass einerseits unabhängig von der MRT-Tauglichkeit aufgrund von Artefakten eine eingeschränkte Beurteilbarkeit besteht und andererseits weiterhin viele Patientinnen und Patienten ein Implantat haben, das nur bedingt MRT-tauglich ist. Häufig wird ein Kopfverband benötigt, um das Risiko einer Magnetdislokation möglichst gering zu halten. Bei Unsicherheit sollte stets mit der Klinik, an der die Implantation durchgeführt wurde, Rücksprache gehalten werden.

Korrespondenz:
Dr. med. Adrian Dalbert
Klinik für Ohren-, Nasen-,
Hals- und Gesichtschirurgie,
Universitätsspital Zürich
Frauenklinikstrasse 24
CH-8091 Zürich
adrian.dalbert[at]usz.ch

Das Wichtigste für die Praxis

- Die Cochlea-Implantation ist bei ein- oder beidseitiger Taubheit indiziert, aber auch bei hochgradiger Schwerhörigkeit mit Resthörvermögen, falls trotz optimierter Hörgeräteversorgung auf der betroffenen Seite kein genügendes Sprachverstehen erreicht werden kann.
- Die Indikation für eine Cochlea-Implantation ist nicht altersabhängig. Auch geriatrischen Patientinnen und Patienten sollte diese Option keinesfalls vorenthalten werden, und eine Information über die Möglichkeit der Cochlea-Implantation sollte erfolgen.
- Die Cochlea-Implantat-Operation ist hochstandardisiert und weist eine äusserst geringe Komplikationsrate auf. Die Rehabilitationsphase im Anschluss an die Operation ist zeitlich aufwändig und von grosser Bedeutung. Dabei ist eine gute Mitarbeit der Operierten und viel diszipliniertes Hörtraining unabdingbar, um ein gutes Resultat zu erreichen. Fortschritte im Sprachverständnis mit dem Cochlea-Implantat werden noch über ein Jahr nach der Operation erzielt.

Wichtige Links

- Hörscreening-Empfehlungen in der Schweiz:
<https://www.paediatricschweiz.ch/aktualisierte-empfehlung-neugeborenen-hoerscreening>
- Cochlea-Implantat-Richtlinien und Jahresbericht der CI-Datenbank:
<https://www.orl-hno.ch/fuer-patienten/informationen-links.html>

Verdankung

Wir danken Dr. med. Michèle Bachmann für die Durchsicht und Korrektur des Manuskripts aus nicht fachspezifischer Sicht.

Disclosure statement

Die Autoren haben deklariert, keine finanziellen oder persönlichen Verbindungen im Zusammenhang mit diesem Beitrag zu haben.

Literatur

Die vollständige Literaturliste finden Sie in der Online-Version des Artikels unter <https://doi.org/10.4414/smfm.2021.08765>.