

Aus der Klinik und Poliklinik für Hals-Nasen-Ohrenheilkunde der  
Ludwig-Maximilians-Universität München

Direktor: Prof. Dr. med. A. Berghaus

Zum Einfluss der Cochlea Implantation auf das Vestibularorgan

Dissertation  
zum Erwerb des Doktorgrades der Medizin  
an der Medizinischen Fakultät der  
Ludwig-Maximilians-Universität zu München

vorgelegt von

Julia Palo Rodrigues Louzã

aus

São Paulo, Brasilien

2010

Mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät  
der Universität München

Berichterstatter: Prof. Dr.med. A. Berghaus

Mitberichterstatter: Priv.-Doz. Dr. med. B. Feddersen  
Prof. Dr. med. P. A. Winkler

Mitbetreuung durch den  
promovierten Mitarbeiter: Dr. med. R. Gürkov

Dekan: Prof. Dr. med. Dr. h.c. M. Reiser  
FACR, FRCR

Tag der mündlichen Prüfung: 16.12.2010

# Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis.....	1
1 Einleitung.....	4
1.1 Das Hörorgan.....	4
1.1.1 Anatomie.....	4
1.1.2 Physiologie.....	5
1.1.3 Pathologie.....	7
1.1.4 Diagnostik.....	8
1.2 Das Gleichgewichtsorgan.....	8
1.2.1 Anatomie.....	8
1.2.2 Physiologie.....	9
1.2.3 Pathologie.....	11
1.2.4 Diagnostik.....	12
1.2.4.1 Schwindelanamnese.....	12
1.2.4.2 Klinische Untersuchung.....	13
1.2.4.3 Elektronystagmographie.....	15
1.2.4.4 Videokulographie.....	16
1.2.4.5 Otolithenfunktionsprüfung.....	17
1.3 Das Cochlea-Implantat.....	17
1.3.1 Historische Aspekte.....	17
1.3.2 Aufbau und Technik.....	18
1.3.3 Indikationen.....	19
1.3.4 Voruntersuchung.....	20
1.3.5 Das operative Verfahren.....	20
1.3.6 Postoperative Betreuung.....	21
1.3.7 Risiken und Nebenwirkungen.....	21
2 Ziele und Fragestellungen.....	22
3 Material und Methoden.....	24
3.1 Patientenkollektiv.....	24
3.2 Schwindelfragebogen.....	24
3.3 Nystagmographie.....	25

3.4	Die Cochlea Implantation .....	29
3.4.1	Operationstechnik .....	29
3.4.2	Cochlea Implantate .....	30
3.5	Statistische Auswertung .....	31
4	Ergebnisse.....	32
4.1	Analyse demographischer Merkmale .....	32
4.2	Subjektive Schwindelsymptomatik der Patienten nach CI .....	33
4.3	Apparative Gleichgewichtsuntersuchung.....	35
4.3.1	Spontannystagmus horizontal .....	35
4.3.2	Rotatorische Prüfung .....	36
4.3.3	Kalorische Prüfung.....	38
4.3.3.1	Kalorik der CI-Seite - Absolutwerte .....	38
4.3.3.2	Quantitative Auswertung der kalorischen Reizantworten des implantierten Ohres .....	39
4.3.3.3	Kalorik im Seitenvergleich.....	41
4.4	Risikofaktoren für die Entstehung postoperativen Schwindels.....	43
4.4.1	Alter .....	43
4.4.2	Geschlecht .....	44
4.4.3	Implantatseite und Implantattyp.....	45
4.4.4	Operateur.....	46
4.4.5	Ertaubungsursache .....	47
4.4.6	Computertomographie Felsenbein CI Seite.....	49
4.4.7	Präoperativer Schwindel .....	49
4.4.8	Präoperative Befunde der rotatorischen Prüfung.....	50
4.4.9	Präoperative Befunde der kalorischen Prüfung .....	51
4.4.10	Zusammenhang von postoperativer kalorischer Prüfung und postoperativem Schwindel .....	52
4.4.11	Übersicht Risikofaktoren und Schwindel postoperativ .....	53
5	Diskussion .....	55
5.1	Die postoperative Schwindelsymptomatik .....	55
5.2	Funktionelle Veränderungen des Gleichgewichtsorgans nach Cochlea Implantation .....	57
5.3	Risikofaktoren für die Entstehung postoperativen Schwindels.....	59

5.4 Ausblick .....	62
6 Zusammenfassung .....	63
Lebenslauf .....	64
Danksagung .....	66
Abkürzungsverzeichnis .....	67
Abbildungsverzeichnis.....	68
Tabellenverzeichnis.....	70
Literaturverzeichnis .....	72
Anhang.....	76

# 1 Einleitung

## 1.1 Das Hörorgan

### 1.1.1 Anatomie

Das Hörorgan besteht aus einem peripheren und einem zentralen Teil. Zum peripheren Anteil gehören das äußere Ohr, das Mittelohr, das Innenohr und der Hörnerv. Zentral befindet sich die nervale Hörbahn vom Hirnstamm bis zum Cortex. Das äußere Ohr wird von der aus elastischem Knorpel geformten Ohrmuschel und dem äußeren Gehörgang gebildet. Der äußere Gehörgang führt zum Mittelohr. Er endet am Trommelfell. Hinter dem Trommelfell befindet sich das Mittelohr mit der Paukenhöhle, dem pneumatisierten Warzenfortsatz und der Ohrtrompete. Die Ohrtrompete ist die Verbindung zum Nasopharynx und dient der Mittelohrbelüftung. An das Mittelohr grenzen wichtige Strukturen, wie der Nervus facialis, die Arteria carotis interna, der Sinus sigmoideus, die Dura und das Innenohr (Probst et al. 2004). Die funktionelle Verbindung zwischen Trommelfell und Innenohr bilden die drei Gehörknöchelchen (Hammer, Ambos und Steigbügel) in der Paukenhöhle.

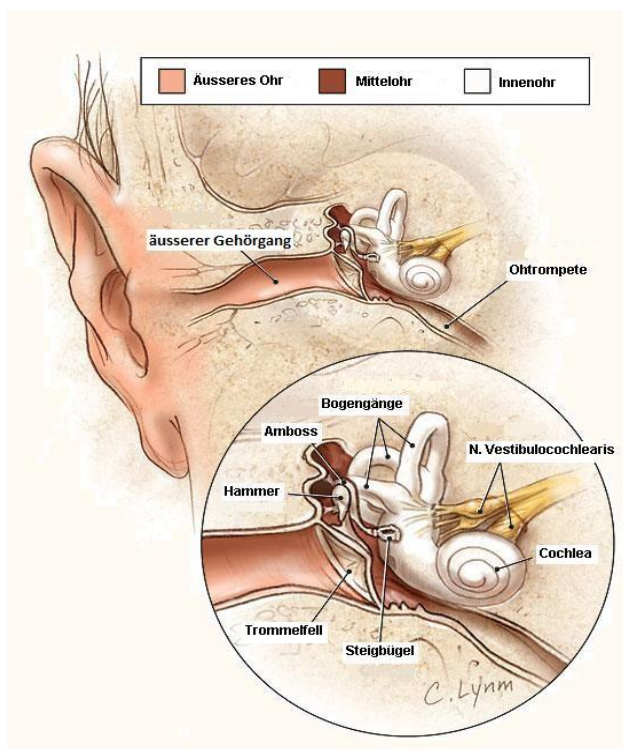


Abb. 1.1: Anatomie vom Ohr (mod. aus Parmet et al. 2007)

Das Innenohr liegt im Felsenbein und besteht aus mehreren Gängen, die zusammen als Labyrinth bezeichnet werden (Probst et al. 2004). Das innere häutige Labyrinth wird von einem äußeren knöchernen Labyrinth schützend umgeben. Man unterscheidet einen vestibulären Labyrinthenteil (Gleichgewichtsorgan) und einen cochleären Teil mit der Hörschnecke (Hörorgan). Beide sind durch einen dünnen Gang (Ductus reuniens) verbunden.

Das häutige Labyrinth ist mit Endolymphe gefüllt und enthält die Sinneszellen (Haarzellen). Zwischen häutigem Labyrinth und Knochen befindet sich der Perilymphraum (Boenninghaus et al. 2005). Die Verbindung vom Labyrinth zum Mittelohr bildet das ovale Fenster (Fenestra ovalis), welches von der Stapesfußplatte bedeckt ist.

Die Cochlea ist spiralförmig mit zweieinhalb Windungen um die Schneckenachse (Modiolus) geformt. Sie beinhaltet drei getrennte Hohlräume: die Scala media, welche mit Endolymphe gefüllt ist, die Scala vestibuli und die Scala tympani, welche beide mit Perilymphe gefüllt sind (Probst et al. 2004). Die Scala vestibuli und tympani gehen an der Schneckenspitze (Helikotrema) ineinander über. Die Scala media befindet sich zwischen Scala vestibuli und Scala tympani, die untere Wand ist die Basilarmembran und die Obere die Reissner-Membran. Auf der Basilarmembran liegt das Corti-Organ mit den äußeren und inneren Haarzellen. Die Haarzellen sind Mechanorezeptoren und somit Sinneszellen für akustische Reize. Auf den Haarzellen liegt eine sehr dünne Membran, die Tektorialmembran. Aus den Haarzellen führen Nervenfasern zum Nervus cochlearis. 90% bis 95% dieser Fasern sind mit den inneren Haarzellen verbunden und ca. 5% mit den Äußeren (Maurer 1999). Der Nervus cochlearis und der Nervus vestibularis bilden zusammen den Nervus vestibulocochlearis. Dieser achte Hirnnerv zieht durch den inneren Gehörgang zum Hirnstamm, wo die morphologische Grenze zum zentralen Teil der Hör- und Gleichgewichtsbahnen liegt.

Die nervalen Hörbahnen und alle Strukturen des Zentralnervensystems, die an der Reizverarbeitung des Hörens teilnehmen, bilden den zentralen Teil des Hörorgans (Boenninghaus et al. 2005).

### **1.1.2 Physiologie**

Die Hörfunktion beruht auf der Wahrnehmung von Schalldruckwellen. Diese erreichen das Trommelfell über die Ohrmuschel und den Gehörgang und versetzen

es in Schwingungen. Im Mittelohr übertragen die Gehörknöchelchen die Schwingungen mit einer 22-fachen Druckverstärkung auf das ovale Fenster (Silbernagl et al. 2003). Dadurch wird die Schallwelle an die Perilymphe weitergeleitet und der Impedanzsprung von Luft auf Flüssigkeit kompensiert. Dies führt zu einer fortlaufenden Auslenkung der Basilarmembran. Diese Auslenkung wird Wanderwelle genannt, da sie sich mit unterschiedlicher Geschwindigkeit, Amplitude und Reichweite in Richtung Helikotrema fortsetzt. Der Ort der maximalen Amplitude ist frequenzabhängig. Bei hoher Schallfrequenz (hohe Töne) findet sich das Maximum nahe am ovalen Fenster, bei niedriger Frequenz (tiefe Töne) nahe am Helikotrema (Silbernagl et al. 2003).

Schließlich wird im Corti-Organ die mechanische Energie von der Schallwelle in elektrische umgewandelt. Hauptsächlich im Bereich der maximalen Amplitude wird die Basilarmembran so ausgelenkt, dass eine Verschiebung der Haarzellen gegen die Tektorialmembran geschieht. Damit werden die Haarzellen depolarisiert und führen zur Transmitterfreisetzung in den synaptischen Spalt. Dies führt zur Erregung der afferenten Nervenfasern des Nervus cochlearis.

Für die eigentliche Übermittlung der Sinnesinformationen sind die inneren Haarzellen zuständig. Die äußeren Haarzellen haben die Fähigkeit zur aktiven schnellen und langsamen Bewegung. Dadurch verstärken sie die Amplitude der Wanderwelle an ihrem Maximum bzw. dämpfen benachbarte Basilarmembranabschnitte (Boenninghaus et al. 2005). Somit unterstützen die äußeren Haarzellen aktiv eine verbesserte Diskrimination und schützen wahrscheinlich auch die Cochlea vor zu hohen Schalldruckpegeln (Maurer 1999).

Die gesamte auditorische Information aus dem peripheren System wird an die zentrale Hörbahn weitergeleitet und dort verarbeitet. Die Hauptaufgabe hier ist das Trennen und Erkennen der akustischen Signale. Während die erste Stufe der Frequenztrennung in der Cochlea abläuft, wird durch Schaltmechanismen in den einzelnen Neuronen der Hörbahn ein differenziertes Tonhöhenunterscheidungsvermögen erreicht. Die unterschiedlichen Stimulationen der Neurone helfen auch bei der Analyse der Zeitstruktur, der Schallintensitäten und der akustischen Erkennungsmuster. Dadurch kann z.B. Sprache verständlich gemacht werden (Boenninghaus et al. 2005). Außerdem ist zur Erkennung der Richtung des Schalls ein binaurales Hören notwendig.



Die Schallbildererkennung mit Benennung und Identifikation ist eine sehr komplexe kognitive Großhirnfunktion. Lernprozesse und Erfahrung spielen hierbei eine wichtige Rolle (Probst et al. 2004).

### 1.1.3 Pathologie

Die Erkrankungen des Hörorgans sind vielfältig. In diesem Abschnitt wird das Hauptsymptom Hörminderung und seine Ursachen erläutert.

Die Hörminderung kann je nach Schwere der Störung zu einer Schwerhörigkeit bis hin zur Taubheit reichen. Man kann die Schwerhörigkeit nach ihrem Entstehungsort in Schalleitungs- und Schallempfindungsstörungen unterscheiden. Auch Kombinationen beider sind möglich.

- Schalleitungsschwerhörigkeit: Hier ist die Übertragung der mechanischen Schallwellen auf das Innenohr gestört. Die pathologischen Veränderungen liegen im Bereich des äußeren Ohres bzw. des Mittelohres.
- Schallempfindungsschwerhörigkeit: Hier ist die Verarbeitung der mechanischen Schallwellen beeinträchtigt. Es können sowohl Störungen in der Cochlea (innere und äußere Haarzellen), als auch retrocochleär (Hörnerv) und zentral (Hörbahn) vorhanden sein.

	Schalleitungsschwerhörigkeit	Schallempfindungsschwerhörigkeit
<b>Angeboren</b>	- syndromale Fehlbildungen	- Hereditär / syndromale Fehlbildungen - Intrauterine Infektionen - ZNS-Erkrankungen
<b>Erworben</b>	<b>Äusseres Ohr:</b> - Fremdkörper - Entzündung - Tumor - Cerumen obturans - Trommelfelldefekte <b>Mittelohr:</b> - Paukenerguss - Trauma - Cholesteatom - Tumor <b>Innenohr:</b> - Otosklerose	<b>Cochlea:</b> - Entzündung - Ototoxisch (Medikamente, Gifte) - Trauma - Knall-/Lärmtrauma - Hörsturz - Morbus Menière - Presbyakusis <b>Retrocochleär:</b> - Kleinhirnbrückenwinkeltumore (z.B. Vestibularisschwannom) - degenerative Erkrankungen - ZNS-Erkrankungen

**Tabelle 1.1: Häufige Ursachen für eine Schwerhörigkeit**

### **1.1.4 Diagnostik**

Zur Abklärung einer Hörstörung gibt es subjektive und objektive Methoden. In den meisten Fällen sind verschiedene Tests notwendig. Zu den subjektiven Methoden gehören die Stimmgabelprüfung und die Ton- und Sprachaudiometrie. Bei der Stimmgabelprüfung erfolgt eine grobe Unterscheidung zwischen einer Schalleitungsschwerhörigkeit und einer Schallempfindungsschwerhörigkeit. Für eine genauere Bestimmung der Schwerhörigkeit sowie der genauen Hörschwelle wird die Tonaudiometrie gebraucht. Als Ergänzung dazu bestimmt die Sprachaudiometrie das Sprachverständnis mit Hilfe von Zahlentests und Einsilbertests.

In den subjektiven Hörtests können die Patienten die Ergebnisse bewusst beeinflussen. Ziel der objektiven Hörtests ist hingegen einen möglichen Einfluss zu verhindern und gezielt kochleäre und retrokochleäre Hörstörungen zu unterscheiden. Zu den objektiven Hörtests gehören die Messung der Otoakustischen Emissionen, die Hirnstammaudiometrie und die überschwellige Audiometrie. Bei diesen Untersuchungen können zudem sowohl Kleinkinder als auch sprachfremde Patienten untersucht werden.

## **1.2 Das Gleichgewichtsorgan**

### **1.2.1 Anatomie**

Das periphere Gleichgewichtsorgan im vestibulären Labyrinth ist ein Teil des Innenohres. So wie die Cochlea besteht es aus mehreren schlauchförmigen Endolymphräumen, welche von Perilymphräumen umgeben sind. Es untergliedert sich in einen Bogengangsapparat und einen Otolithenapparat.

Der Bogengangsapparat wird von drei kreisförmigen Bogengängen gebildet. Jeder steht in einer Hauptebene des Raumes. An einem Schenkel sind sie zu einer Ampulle erweitert. In der Ampulle sitzen die Sinneszellen (Haarzellen). Diese sind von einer gelatinösen Masse, der Cupula, umgeben. Nach oben verschließt die Cupula den Endolymphschlauch. Die lateralen, auch horizontal genannten Bogengänge stehen bei aufrechter Körperhaltung und Nullstellung des Kopfes ventral um 30° aus der Horizontalen nach oben gekippt. Die oberen und die hinteren Bogengänge stehen jeweils senkrecht zueinander. Der linke hintere und der rechte

vordere Bogengang stehen somit in einer Raumebene und der linke vordere und der rechte hintere Bogengang entsprechend in einer dazu senkrechten anderen Ebene (Maurer 1999).

Der Otolithenapparat besteht aus dem Sacculus und dem Utriculus. Diese stehen untereinander über den Ductus utriculosaccularis in Verbindung. Von diesem zweigt sich ein weiterer Gang ab, der ebenfalls mit Endolymphe gefüllte Ductus endolymphaticus. Dieser endet blind an der hinteren Fläche der Felsenbeinpyramide. Die Sinneszellen (Haarzellen) liegen jeweils in der Macula sacculi und Macula utriculi. Sie stehen senkrecht zueinander, die Macula sacculi in der Vertikalebene und die Macula utriculi in der Horizontalebene. So wie in den Ampullen der Bogengänge, befinden sich die Sinneszellen in einer gelatinösen Masse eingebettet. Auf dieser Masse sind kleine Kristalle aus Kalziumcarbonat aufgelagert, die Otolithen.

Von jeder Ampulle und jeder Macula führen afferente Nervenfasern zur Nervus vestibularis. Zusammen mit dem Nervus cochlearis ziehen sie als achter Hirnnerv zum Hirnstamm. Dort befinden sich die Vestibulariskerne, welche Verbindungen zu den Zentren der Blickmotorik, des vestibulospinalen Systems, der Halswirbelsäule, des Kleinhirns und der Großhirnrinde haben (Boeninghaus et al. 2005).

### **1.2.2 Physiologie**

Das Gleichgewichtsorgan ist zusammen mit anderen Sinnesorganen wie dem visuellen System, der Oberflächensensibilität, der Tiefensensibilität und den Halsmuskelrezeptoren zuständig für die Erhaltung des Gleichgewichts. Dieses sehr komplexe System dient uns zudem zur Selbstorientierung im Raum.

Die Rezeptoren des Bogengangapparates sind in natura empfindlich für Drehbeschleunigungen. Bei der Drehbewegung wird die Endolymphe im Bogengang beschleunigt. Dadurch entsteht eine Ablenkung der Cupula in der Ampulle und die Haarzellen werden entweder durch eine Depolarisation stimuliert oder durch eine Hyperpolarisation inhibiert. Dieser Vorgang ist abhängig von der Richtung der Endolymphbewegung in Bezug zum Utriculus. Zum Beispiel erhöht eine utriculopetale Ablenkung der Haarzellen im horizontalen Bogengang die Ruheaktivität und eine utriculofugale inhibiert die Aktivität.

Eine unphysiologische Strömung der Endolymphe lässt sich auch durch thermische Reize an einem Schenkel des Bogenganges auslösen (Boenninghaus et al. 2005): Diese Eigenschaft wird bei der kalorischen Untersuchung genutzt (siehe Material und Methoden).

Der Otolithenapparat übernimmt die Funktion der Wahrnehmung des Körpers im Raum. Dabei reagieren Utriculus und Sacculus auf Linearbeschleunigungen sowie auf veränderte Einwirkungskräfte der Erdanziehung (Maurer 1999). Diese Kräfte bewirken eine Verschiebung der spezifisch schwereren Otolithenkristalle gegenüber den Haarzellen mit daraus resultierender Stimulierung oder Inhibierung der Haarzellruheaktivität. Die Macula utriculi steht waagrecht und die Macula sacculi steht senkrecht.

Die wichtigsten Kommunikationsverbindungen zwischen den Sinnesorganen stellen der vestibulookuläre Reflex (VOR) und der vestibulospinale Reflex (VSR) dar.

- Vestibulookulärer Reflex: Bei schnellen Kopfbewegungen ermöglicht die neurale Verbindung zwischen Vestibulariskernen und motorischen Augenmuskelkernen die visuelle Orientierung und Fixation des optischen Horizonts. Die Reize für den VOR kommen hauptsächlich aus den Bogengängen. Die Efferenzen führen Signale direkt von den Vestibulariskernen zu den Augenmuskelkernen. Zum Beispiel erfolgt eine kompensatorische Augenbewegung nach links, wenn beim Geradeausschauen und Fixieren eines Objektes der Kopf plötzlich nach rechts gedreht wird. Die Augen bewegen sich nach links, damit das Objekt weiterhin fixiert werden kann. Eine Rückmeldung zu den Vestibulariskernen erfolgt über retinale Rezeptoren. Deren Funktion ist in Dunkelheit aufgehoben (Probst et al. 2004).
- Vestibulospinaler Reflex: Dieser Reflex ist wichtig für die Spinalmotorik, die Statik und den aufrechten Gang. Außer dem Vestibularissystem werden auch das propriozeptive System und das visuelle System miteinbezogen. Von den Vestibulariskernen aus werden die Reflexe direkt über den Tractus vestibulospinalis zum Rückenmark geleitet. Damit werden Kopf- und Rumpfstellung reflektorisch gesteuert und stabilisiert.

### 1.2.3 Pathologie

Leitsymptom der Gleichgewichtsstörungen ist der Schwindel. Schwindel wird definiert als eine Störung im Orientierungs- und Gleichgewichtssystem, die zu einem allgemeinen Unwohlsein bis zu einem relativ gut bestimmbar Dreh- oder Schwankgefühl führt (Maurer 1999). Es wird unterschieden:

- der systematische Schwindel mit Angabe einer bestimmten Richtung oder Bewegung, zum Beispiel Drehschwindel, Schwankschwindel und Liftgefühl.
- der unsystematische Schwindel ohne eine Bewegungsempfindung, eher durch unspezifische Angaben wie allgemeine Unsicherheit, Benommenheitsgefühl oder Bewusstseinsbeeinträchtigung beschrieben.

Der systematische Schwindel deutet auf eine Genese der Störung im peripheren Gleichgewichtsorgan. Hingegen spricht der Unsystematische eher für eine Ursache in der zentralen Verarbeitung der Reize oder gar in anderen Körpersystemen wie den metabolischen, neurologischen oder psychogenen Systemen.

Typische periphere Gleichgewichtsstörungen sind:

- Der akute einseitige Vestibularisausfall: charakterisiert durch plötzlich auftretenden starken Drehschwindel begleitet von Übelkeit und Erbrechen. Es fehlen andere Ohrsymptome. Als Ätiologie wird eine Herpesvirusinfektion im Bereich des Nervus vestibularis angenommen (Strupp et al. 2004).
- Der Morbus Menière: Charakteristisch für die Erkrankung ist die Trias aus anfallsartigen Schwindelattacken (häufig Drehschwindel), einseitiger Hörminderung und Tinnitus. Hinzu kommt oft ein Druck oder Völlegefühl im betroffenen Ohr. Ursache ist ein endolymphatisches Hydrops mit Erweiterung des Ductus cochlearis und Verlagerung der Reissner-Membran gegen die Scala vestibuli (Probst et al. 2004). Die Ursache des Hydrops ist noch nicht abschließend geklärt. Wahrscheinlich entsteht er aufgrund einer Überproduktion von Endolymphe oder aufgrund einer Resorptionsstörung.
- Der benigne paroxysmale Lagerungsschwindel: ist charakterisiert durch rezidivierende Drehschwindelattacken provoziert durch bestimmte Lagerungen. Es wird angenommen, dass Otolithenkristalle sich aus der Macula lösen und in das Bogengangssystem gelangen. Am häufigsten ist der hintere vertikale Bogengang betroffen. Bei starker Bewegung wird dort eine Welle mit Ablenkung der Cupula ausgelöst. Dadurch entsteht eine

unphysiologische Seitendifferenz zwischen den Vestibularorganen beider Ohren. Es tritt Schwindel auf.

Folgende Tabelle stellt die häufigsten Ursachen eines otogenen Schwindels dar.

Mittelohr	Innenohr	Innerer Gehörgang
Entzündung	Labyrinthitis	Akustikusneurinom
Cholesteatom	Felsenbeinfraktur	Herpes zoster oticus
Tumor	Ototoxizität	Felsenbeinfraktur
	Hörsturz	
	Akuter Vestibularisausfall	
	Benigner paroxysmaler Lagerungsschwindel	
	Morbus Menière	
	Perilymphfistel	
	Otosklerose	

**Tabelle 1.2: Ursachen für einen otogenen Schwindel (Maurer 1999)**

## 1.2.4 Diagnostik

Ein wichtiger Teil der Cochlea Implantation-Voruntersuchung ist die neurootologische Grunduntersuchung. Diese besteht aus allgemeiner und spezieller neurootologischer Anamnese, klinischer und apparativer Untersuchung.

### 1.2.4.1 Schwindelanamnese

Die Anamnese beinhaltet, neben der allgemeinen Befragung über die Erkrankung des Patienten, die spezifische Befragung nach bestehender Schwindelsymptomatik.

Um die Symptomatik besser zu definieren, besteht die Möglichkeit einen Schwindelfragebogen als Hilfsmittel zu benutzen. Damit ist es möglich bei allen Patienten eine gezielte und vergleichbare Beschreibung der Symptome zu erhalten.

Ein anderer weltweit etablierter und standardisierter Fragebogen ist der „Dizziness Handicap Inventory“ (DHI), der von Jacobson et al. (1990) entwickelt wurde. Dieser Fragebogen erfasst die Schwindelsymptomatik bei Gleichgewichtserkrankten mit Schwerpunkt auf den Leidensdruck des Patienten. Der Fragebogen besteht aus insgesamt 25 Fragen, die in drei Einheiten gruppiert werden. Diese

Einheiten befragen jeweils die funktionelle, die emotionale und die physische Seite der subjektiven Symptome. Auf diese Weise werden die Auswirkungen der Gleichgewichtsstörungen auf das alltägliche Leben des Patienten erfasst.

#### **1.2.4.2 Klinische Untersuchung**

Nach der Anamnese wird der Patient klinisch untersucht. Dabei erfolgen zuerst die Koordinationsprüfungen. Bei der Koordinationsprüfung wird die spontane Koordination des Gesamtkörpers durch die vestibulospinalen Reflexe mit Hilfe des Romberg-Stehversuchs und des Unterberger-Tretversuchs untersucht.

Zu der klinischen Untersuchung gehört außerdem die Erfassung der Vestibulookulären Reflexe in Form eines pathologischen Nystagmus. Der Nystagmus ist eine koordinierte, rhythmische Augenbewegung um eine bestimmte Achse. Er besteht aus einer langsamen Phase und einer schnellen Phase. Die langsame Phase wird z.B. durch einen vestibulären Reiz physiologisch oder pathologisch hervorgerufen. Die entgegengesetzte schnelle Phase ist eine Rückstellbewegung, welche durch die zentrale Blickmotorik ausgelöst (Probst et al. 2004) wird. Die Richtung des Nystagmus ist nach der schnellen Phase definiert. Der Nystagmus kann physiologisch auftreten, durch eine periphere vestibuläre Störung oder eine zerebrale Störung ausgelöst werden (Boenninghaus et al. 2005).

Zur Erfassung des Nystagmus wird bei der klinischen Untersuchung die Frenzel-Brille benutzt. Die Frenzel-Brille ist eine spezielle Brille mit seitlichen Lampen und 20 Dioptrien starken Gläsern. Damit werden die Augen des Patienten beleuchtet und gleichzeitig eine optische Fixation durch die hohe Dioptriezahl verhindert.

Folgende vier Nystagmusarten werden bei der Vestibularisprüfung untersucht:

- Spontannystagmus (SPN): In Ruhe wird der Grundtonus der Vestibularorgane verglichen. Der sitzende oder stehende Patient soll dabei geradeaus durch eine Frenzel-Brille schauen. Jede regelmäßige rhythmische Augenbewegung wird als SPN bezeichnet. Der SPN kann sowohl horizontal nach rechts oder nach links schlagen, aber auch vertikal nach oben oder unten. Der horizontale Nystagmus ist klinisch die wichtigste Art spontaner Augenbewegungen (Maurer 1999). In der Regel schlägt der SPN zur gesunden Seite und gibt einen Hinweis auf ein peripher

vestibuläres Ungleichgewicht. Allerdings schließt das Fehlen eines Nystagmus eine Gleichgewichtstörung nicht aus.

- Provokationsnystagmus (PN): Durch Provokation wird die peripher-vestibuläre Funktion bei Beanspruchung unter der Frenzel-Brille geprüft. Das häufigste gebrauchte Provokationsmanöver ist dabei das Kopfschütteln. Es wird passiv vom Untersucher mit einem leichten Hin- und Herbewegen durchgeführt. Durch die Provokation kann ein latenter Nystagmus aktiviert und damit sichtbar werden (Boenninghaus et al. 2005).
- Lagenystagmus (LN): Der Patient nimmt verschiedene Körperhaltungen ein, z.B. Rücken-, Seiten- und Kopfhängelage. Der Nystagmus wird unter der Frenzel-Brille beobachtet. Ein richtungsbestimmter LN spricht eher für eine periphere Störung, ein richtungswechselnder LN hingegen für eine zentrale Schädigung. Auch Alkohol oder Medikamente können einen Lagenystagmus auslösen (Bonninghaus et al. 2005).
- Lagerungsnystagmus (LGN): Der Patient wird passiv schnell von einer Körperposition in eine andere gebracht, z.B. vom Sitzen in die Kopfhängelage. Dieser nur wenige Sekunden lange Nystagmus mit begleitender Schwindelsymptomatik ist typisch für einen benignen paroxysmalen Lagerungsschwindel bei Canalolithiasis (Siehe 1.2.3).

Anschließend erfolgt die Nystagmusprüfung mit direkter Reizung. Bei dieser Untersuchung werden Teile des Gleichgewichtsorgans direkt mit Drehbewegung oder mit kalorischer Spülung gereizt. Der horizontale Bogengang ist dafür am besten zugänglich. Die Reizung kann unter der Frenzel-Brille oder, um genauere Messungen zu erzielen, mit Hilfe der Elektronystagmographie bzw. Videookulographie durchgeführt werden. Die Drehstuhlprüfung und die kalorische Prüfung basieren auf folgenden Zusammenhang:

- Rotatorische Reizung: Hier ist der Reiz die Drehung des Patienten um eine Achse auf dem Drehstuhl. Sie stellt den physiologischen Reiz für den VOR dar. Durch die Trägheit der Endolymphe im horizontalen Bogengang wird die Cupula mit den Haarzellen abgelenkt. So wird beim Andrehen in eine Richtung ein perrotatorischer Nystagmus ausgelöst. Seine schnelle Phase schlägt in Drehrichtung (Maurer 1999). In der Plateauphase (gleichmäßige Drehgeschwindigkeit) sind die Cupulae in der Ruhelage, es entstehen keine



Nystagmen. Bei der Abbremsung entsteht ein entgegen gesetzter Reiz. Der Nystagmus, postrotatorisch genannt, schlägt jetzt in die andere Richtung.

- Kalorische Reizung: Durch die Spülung des äußeren Gehörganges einer Seite mit 44°C-warmem oder 30°C-kaltem Wasser wird der horizontale Bogengang entsprechend erwärmt bzw. abgekühlt. Dies führt zu einer nicht physiologischen Bewegung der Endolymphe durch Konvektionsströmung und damit zu einer Cupulaablenkung. Die Warmspülung eines Ohres führt zu einer Endolymphbewegung in utriculopetaler Richtung mit resultierender Verstärkung der Ruheaktivität und induziert damit einen Nystagmus zur gleichen Seite. Die Kaltspülung führt dagegen zu einer utrikulofugalen Bewegung mit Abschwächung der Ruheaktivität. Der Nystagmus schlägt also zur Gegenseite (Hallpike 1956).

Zusätzlich können am Ende der Untersuchung die zentralen Tests erfolgen. Dazu zählen der optokinetsicher Nystagmus und der Sinusblickpendeltest. Pathologische Änderungen der Testergebnisse können auf eine zentrale Störung des Gleichgewichtssinnes hinweisen.

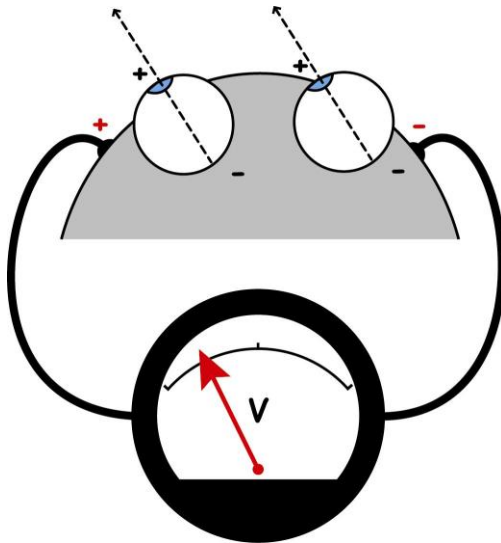
#### **1.2.4.3 Elektronystagmographie**

Die Elektronystagmographie (ENG) ist ein Verfahren um die Nystagmen zu registrieren. Vorteil gegenüber der Untersuchung mit der Frenzel-Brille ist die objektive und gezielte Bestimmung der Nystagmusgeschwindigkeit und damit eine genauere Vergleichbarkeit zwischen rechtem und linkem Vestibularorgan.

Zwischen der Hornhaut und der Netzhaut des menschlichen Auges besteht eine Potentialdifferenz von etwa 1mV. Die ENG nutzt diese Dipoleigenschaft aus, um die Augenbewegungen messbar zu machen. Wenn das Auge sich bewegt, entstehen in der umliegenden Haut Potentialverschiebungen von 20 bis 200mV (Maurer 1999). Die auf der Haut platzierten Elektroden registrieren diese Verschiebungen. Folglich ändert sich bei jeder Augenbewegung die Spannung proportional zur Augenposition. (Siehe Abb. 1.2, Seite 16)

Für die horizontale Ableitung, werden Elektroden seitlich am rechten und linken Orbitalrand des Auges in Pupillenhöhe platziert. Die Elektroden für die vertikale Ableitung werden oberhalb und unterhalb des Auges platziert. Die

Erdelektrode wird am Ohrläppchen aufgeklebt (Maurer 1999). Die gesamte Messung wird mit einem X-Y-Schreiber (Nystagmogramm) dokumentiert.



**Abb. 1.2: ENG Messung der Augenbewegungen**

Bei der ENG werden nur die Augenbewegungen in horizontaler und vertikaler Ebene aufgenommen. Die Rotationsbewegungen um die Längsachse bewirken keine Potentialverschiebung an den Elektroden auf der Haut, sodass sie nicht registriert werden können. Um pathologische Veränderungen nachweisen zu können, wird die ENG in Ruhe und mit direkter Reizung gemessen.

#### **1.2.4.4 Videookulographie**

Die technologische Weiterentwicklung der ENG ist die Videookulographie (VOG). Bei diesem computerbasierten System werden die Augenbewegungen mittels Infrarot-Videokameras aufgenommen und weiter an einen Computer gesendet. Durch die Videoanalyse des Pupillenbildes können sowohl horizontale und vertikale Bewegungen als auch rotatorische Bewegungen bestimmt werden (Wassill et al. 2000). Dem Patienten wird eine spezielle lichtdichte Maske mit zwei integrierten Kameras aufgesetzt. Sie soll fest am Kopf sitzen und so positioniert sein, dass die Augen des Patienten und die Kameras auf einer Linie liegen. Damit die Kameras auch im Dunklen aufnehmen können, sind Infrarotlichter eingebaut. Das Videobild wird im Computer so kontrolliert, dass die Pupille in der Mitte des Bildes erscheint. Der Ablauf der Untersuchung erfolgt wie bei der ENG.

Vorteile der VOG sind die einfache Handhabung und die Messung aller gerichteten Augenbewegungen. Außerdem kann durch das Computersystem die Messung gespeichert und somit reproduziert werden. Nachteil ist jedoch, dass Augenbewegungen als Nystagmen falsch interpretiert werden können und die Untersuchung nur bei geöffneten Augen durchführbar ist.

#### **1.2.4.5 Otolithenfunktionsprüfung**

Für die gezielte Untersuchung des Otolithenapparates sind spezielle technische Apparate notwendig (Scherer 2008). Um die Sacculusfunktion zu untersuchen, werden die Vestibulär Evozierten Myogenen Potentiale (VEMPs) durchgeführt. Diese Untersuchung nutzt die Eigenschaft aus, dass der Sacculus durch laute akustische Signale stimuliert werden kann und reflektorische Antworten in der Halsmuskulatur auftreten. Die Beurteilung erfolgt mithilfe des Seitenvergleichs. Für die Bestimmung der Utriculusfunktion werden die subjektive visuelle Vertikale und Horizontale (SVV bzw. SVH) bestimmt. Bei Läsionen im Utriculus zeigt sich eine Abweichung bei der Einstellung der SVV oder SVH. Es ist eine einfach durchführbare Methode, die allerdings den Nachteil hat, dass sie nur eingeschränkt reproduzierbar ist.

### **1.3 Das Cochlea-Implantat**

#### **1.3.1 Historische Aspekte**

Die Kommunikation ist ein wesentlicher Teil des menschlichen Lebens. Ein Hörverlust oder gar Taubheit stellt eine große Behinderung der körperlichen Integrität dar. Die Cochlea ist ein sehr komplexer Teil vom Hörorgan, welcher die Funktion der Übersetzung von akustischen Wellen in Nervenpotentiale übernimmt. Der starke Leidensdruck von tauben Patienten und die klinischen Fortschritte in der Medizin, Technik und Elektronik führten zu modernen Entwicklungen in der prothetischen Versorgung dieses Sinnesorgans. Die Geschichte des Cochlea Implantates (CI) hat ihre Ursprünge vor ungefähr 200 Jahren, als Alexandro Volta das Gehör direkt elektrisch zu reizen versuchte. Seitdem gab es zahlreiche

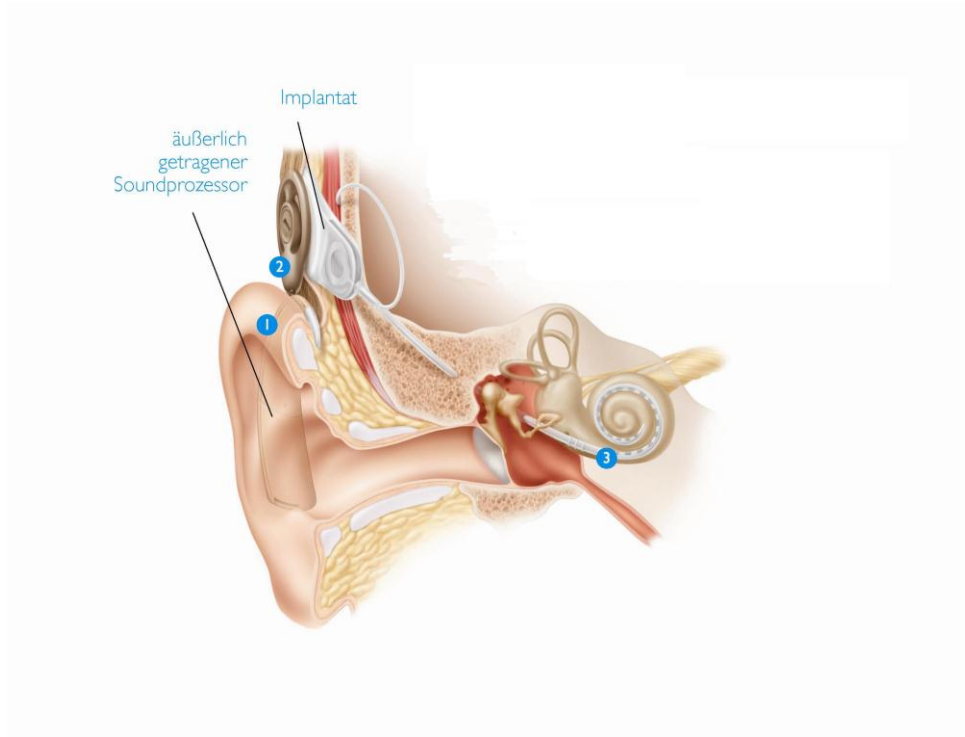
Bemühungen Lösungen zu finden, um das funktionell ausgefallene Innenohr durch elektrische Impulse zu ersetzen (Lenarz 1998).

Erst Ende der 50er Jahre gelang es zwei französischen Forschern einem ertaubten Patienten operativ eine Elektrode direkt an den Hörnerv zu platzieren und damit Hörempfindungen zu erzeugen. Nach weiteren Forschungen in den 60er Jahren konnten Anfang der 70er Jahre die ersten Patienten mit Langzeitimplantaten und tragbaren Sprachprozessoren versorgt werden. Damals war die Stimulation des Hörnervs nur einkanalig, d.h. nur an einem Stimulationsort. In den 80er Jahren wurde die Implantation von mehrkanaligen Geräten entwickelt, wodurch der Hörnerv an mehreren Stellen in der Cochlea stimuliert werden konnte. Mit der Einführung des mehrkanaligen Systems wurde das Ziel eines möglichen Sprachverständnis ohne Lippenablesen erreicht.

### **1.3.2 Aufbau und Technik**

Das Cochlea Implantat ist eine elektronische Reizprothese, mit der Funktion die ausgefallenen Haarzellen zu ersetzen und somit den Hörnerv direkt zu reizen. Höreindrücke können dabei von dem Patienten erst allmählich verstanden und interpretiert werden. Eine intensive Nachbetreuung und Schulung ist erforderlich. Das Cochlea Implantat hat zwei Teile, einen externen Sprachprozessor und das eigentliche Innenohrimplantat (Boenninghaus et al. 2005).

Der Sprachprozessor (*1 in Abb. 1.3, Seite 19*) wird wie ein Hörgerät hinter dem Ohr getragen und enthält ein Mikrofon zur Schallaufnahme. Der Prozessor analysiert die akustischen Signale und setzt diese in elektrische Impulse um. Diese Impulse werden mit Hilfe von elektromagnetischen Wellen transkutan auf das Implantat übertragen. Das Implantat besteht aus einem im Schläfenbein platzierten elektronischen Empfänger (*2 in Abb. 1.3, Seite 19*) und einer mehrkanaligen Elektrode (*3 in Abb. 1.3, Seite 19*). Der Empfänger wandelt die Impulse wieder in elektrische Signale um und leitet sie in die intracochleäre Elektrode. Dadurch stimulieren die einzelnen Kanäle direkt den Hörnerv (Probst et al. 2004). Die Stimulation erfolgt entlang der Cochlea an mehreren Stellen des Hörnervs, damit verschiedene Tonhöhen empfunden werden können. Die benötigte Energie für das Implantat wird auch transkutan von Batterien im Sprachprozessor übertragen.



**Abb. 1.3: Das Cochlea Implantat (mit freundlicher Genehmigung der Cochlear GmbH)**

### 1.3.3 Indikationen

Die Planung einer Cochlea Implantation ist eine komplexe Entscheidung und muss interdisziplinär bedacht und ausführlich mit dem Patienten besprochen werden. Sie ist notwendig, wenn bei normal angelegtem Hörnerv die inneren Haarzellen nicht funktionstüchtig sind. Typische Indikationen sind:

- Erworbene beidseitige cochleäre Taubheit,
- Kongenitale Gehörlosigkeit bei Kindern,
- Hörreste mit Hörgeräteversorgung, die trotz optimaler Einstellung der Hörgeräte nicht mehr für ein Sprachverstehen reichen,
- Tonaudiometrie: Mittlere Tonhörschwelle von 80dB Hearing Level oder schlechter im Hauptsprachbereich,
- Sprachaudiometrie: Maximales Einsilbverstehen bei 30% oder schlechter.

Wichtige Grundvoraussetzung ist eine hohe Motivation und Lernbereitschaft des Patienten und der Angehörigen.

Eine retrocochleäre Taubheit und schwere Cochlea-Missbildungen bzw. Cochlea-Sklerosierung sind eine relative Kontraindikation, da sie meist mit

schlechten Rehabilitationsergebnissen einhergehen (Marangos et al. 1998). Andere Faktoren, die die Ergebnisse beeinflussen, sind: Dauer der Taubheit, Art und Grad der Schwerhörigkeit, Intelligenz und Bildung des Patienten sowie Begleiterkrankungen.

#### **1.3.4 Voruntersuchung**

Ziel der Cochlea Implantation Voruntersuchung ist die Prüfung auf Eignung des Patienten und seine Aufklärung über den Ablauf und die Weiterbehandlung. Sie umfasst verschiedene Bereiche des Krankenhauses. Es sind klinische, audiologische, neurootologische, radiologische, pädagogische und psychologische Untersuchungen erforderlich, die an spezialisierten Zentren von CI-Teams durchgeführt werden (Kempf et al. 2003).

Die HNO-Untersuchung umfasst auch die audiologische und vestibuläre Diagnostik. Außerdem werden bildgebende Verfahren wie die hochauflösende Computertomographie (CT) des Felsenbeins und eine Magnetresonanztomografie durchgeführt. Zusätzliche Informationen über die Erregbarkeit des Hörnervs kann der Promontorialtest liefern. Dazu wird das Promontorium (unterste Cochleawindung) direkt über eine transtympanale oder Gehörgangselektrode stimuliert.

Alle Ergebnisse müssen dann als Gesamtbefund beurteilt werden. Besondere Rücksicht sollte auf die postoperative Rehabilitationsfähigkeit des Patienten genommen werden. Eine schriftliche Einverständniserklärung muss vorliegen. Zusätzlich sollte eine aktive Impfung gegen Haemophilus influenzae Typ B, Pneumokokken und Meningokokken durchgeführt werden, um dem Risiko einer postoperativen Meningitis vorzubeugen.

#### **1.3.5 Das operative Verfahren**

Die Implantationstechnik ist mittlerweile ein standardisierter Eingriff und unterscheidet sich wenig zwischen den verschiedenen Implantattypen. Der typische Ablauf wird detailliert unter Material und Methoden beschrieben.

### **1.3.6 Postoperative Betreuung**

Die Rehabilitation beginnt mit der individuellen Anpassung des Sprachprozessors nach Abschluss der Wundheilung vier bis sechs Wochen nach OP und dauert in der Regel einige Monate. Außerdem werden technische Funktionskontrollen und Hörtrainings durchgeführt. Die Patienten werden von Psycholinguisten und Logopäden angeleitet, um das Verstehen der elektrischen Impulse als Sprache zu erlernen. Über 90% der CI-Patienten profitieren von ihrem Implantat und mehr als 50% können Sprache ohne Lippenablesen zum Beispiel am Telefon verstehen (Probst et al. 2004). Jährliche Kontrollen sind notwendig, um eine individuelle Erfolgskontrolle zu ermöglichen und um technische Weiterentwicklungen einzubringen.

### **1.3.7 Risiken und Nebenwirkungen**

Die Operation ist in der Regel ein nebenwirkungs- und risikoarmer Eingriff. Allgemeine Operationsrisiken sind Weichteilschwellungen des Wundgebietes, sowie seltener Hämatome oder Serome. Diese treten in der Regel direkt postoperativ auf. In seltenen Fällen können auch Infektionen auftreten. Eine weitere Frühkomplikation dieser Operation ist die Gesichtsnervenlähmung. Die Häufigkeit ist jedoch bei sorgfältigen Präparationen und erfahrenen Operateuren sehr selten geworden (Kempf et al. 1998). Auch Spätkomplikationen (nach mehr als drei Monaten) sind insgesamt selten. Dazu zählen eine Meningitis, Cholesteatombildung, Elektroden-durchwanderung oder Dislokation, Otitis media, Tinnitus und technische Defekte.

Aufgrund der engen anatomischen und funktionellen Verhältnisse zwischen Hörorgan und Gleichgewichtsorgan besteht das Risiko einer postoperativen Gleichgewichtsstörung. Dabei können Schwindelbeschwerden auftreten, sowohl als Frühkomplikation als auch Spätkomplikation. Die Inzidenz von Schwindel nach der Implantation wurde in der Literatur mit bis zu 75% (Stearneson et al. 2001) beschrieben. Andere Studien zeigten histopathologische Veränderungen in der Cochlea und Otolithenorgane nach der Implantation (Handzel et al. 2005). Somit können möglicherweise direkte Schädigungen des Implantates einen Einfluß auf die Gleichgewichtsfunktion haben und eine Gleichgewichtsstörung verursachen.

## 2 Ziele und Fragestellungen

Ziel dieser Arbeit war, den Einfluss der CI-Versorgung auf das Gleichgewichtssystem genauer zu untersuchen, die subjektiven Schwindelsymptome der Patienten zu erfassen und zu analysieren und Risikofaktoren für die Entwicklung einer Gleichgewichtsstörung festzustellen.

Es ergaben sich folgende Fragestellungen:

- 1) Wie setzt sich unser CI-Patientenkollektiv zusammen? Was sind die demographischen Merkmale?
- 2) Wie häufig entwickeln CI-Patienten postoperativ Schwindel? Welche Schwindelsymptome treten auf?
- 3) Lassen sich Schwindelsymptome durch vestibuläre Funktionsprüfungen objektivieren? Verschlechtert sich die Gleichgewichtsfunktion postoperativ? Hierfür wurden folgende Zielparameter definiert:
  - a) Wie häufig findet sich postoperativ ein neu aufgetretener Spontannystagmus zur nicht implantierten Seite?
  - b) Wie häufig findet sich postoperativ bei rotatorischer Reizung ein neu aufgetretenes Seitenüberwiegen zur nicht implantierten Seite?
  - c) Wie verhalten sich die kalorischen Antworten des implantierten Ohres prä- und postoperativ? Wie unterscheiden sich Mittelwerte, Mediane, Spannweite und Standardabweichungen im Patientenkollektiv?
  - d) Wie verhalten sich die kalorischen Antworten des implantierten Ohres prä- und postoperativ semiquantitativ (normal, untererregt, übererregt und Ausfall)? Wie unterscheidet sich die prä- und postoperative Verteilung im Patientenkollektiv?
  - e) Wie verhalten sich die kalorischen Antworten des implantierten Ohres prä- und postoperativ im Seitenvergleich zum nichtimplantierten Ohr?
- 4) Gibt es prädisponierende Risikofaktoren für die Entstehung postoperativer Schwindelsymptome hinsichtlich Alter, Geschlecht, Ertaubungsursache,



Felsenbein-Computertomographie, Implantattyp, Implantatseite, Operateur oder vorbestehender Schwindelsymptomatik?

- 5) Gibt es präoperativ erfassbare Risikofaktoren in der vestibulären Funktionsprüfung für postoperative Schwindelsymptome?

## **3 Material und Methoden**

### **3.1 Patientenkollektiv**

Die Studie wurde im Zeitraum von 2003 bis 2007 durchgeführt. Das Kollektiv bestand aus 47 Patienten, 15 (32%) waren männlich und 32 (68%) waren weiblich. Das Alter reichte von 16 Jahren bis 83 Jahren. Der Mittelwert lag bei 54 Jahren (Standardabweichung  $\pm 19$  Jahre, Median 59 Jahre). Es wurde bei 26 Patienten rechts und bei 21 Patienten links ein CI implantiert. Die implantierte Seite wurde unabhängig von vestibulären Untersuchungsbefunden oder vorhandenen Schwindelbeschwerden ausgewählt.

Einschlusskriterien waren:

- Indikation zur CI
- Alter > 16 Jahre
- Teilnahme an Voruntersuchungen und Nachbetreuung in unserem CI Zentrum

Ausschlusskriterien waren:

- Bilaterale Implantation
- Voroperiertes Ohr
- Reimplantation

Kinder wurden nicht eingeschlossen, da sie in unserer Klinik nicht langfristig nachbetreut werden, sondern in speziellen Kinder-CI-Zentren (z.B. in Straubing). Außerdem können sie nicht bei allen hier durchgeführten Untersuchungen teilnehmen.

Die Daten zur Ertaubungsursache, Felsenbein-CT, Operateure und VOG bzw. ENG Ergebnisse der untersuchten Gruppe wurden durch Befragung und mithilfe der Patientenakten bzw. dem Datenbanksystem der HNO-Klinik Großhadern der Ludwig-Maximilians-Universität München erfasst.

### **3.2 Schwindelfragebogen**

Um die qualitativen Schwindelsymptome bei CI-Patienten optimal zu erfassen wurden zwei spezielle Schwindelfragebögen entwickelt:

- Fragebogen zu Schwindelsymptomen vor einer Cochlea Implantation (*siehe Anhang Abb. A.I, Seite 76*)
- Fragebogen zu Schwindelsymptomen nach der Cochlea Implantation (*siehe Anhang Abb. A.II, .Seite 77*).

Mit der ersten Frage des Fragebogens wurde zunächst das Vorhandensein von Schwindel oder Gleichgewichtsstörungen abgefragt. Bei Vorhandensein von Symptomen wurden diese mit den folgenden Auswahlfragen detailliert charakterisiert:

- Zeitbeginn der Symptome
- Qualität des Schwindels (Drehschwindel, Schwankschwindel, Liftgefühl und/oder allgemeine Unsicherheit)
- Frequenz der Attacken (Dauerschwindel, Attackenschwindel - täglich bis jährlich oder unregelmäßig)
- Dauer (Sekunden bis Tage)
- Auslöser (offene Frage)
- Vorboten (offene Frage)
- Begleitsymptome (Ohrgeräusche, Kopfschmerzen, Hörminderung, Übelkeit und Erbrechen, Schwitzen, Angst und/oder sonstige Symptome)
- Subjektive Stärkeeinschätzung (Visuelle Analog Skala: 0 = gar nicht/harmlos, 100 = extrem stark/ nicht auszuhalten).

Diese Befragung ermöglicht eine gezielte Erfassung der klinischen Schwindelsymptomatik des Patienten vor und nach der CI-OP. Von den 47 Patienten wurden 11 retrospektiv über ihre Schwindelsymptomatik vor- und nach der CI befragt (Jahr 2003). Die anderen 36 Patienten wurden prospektiv vor der CI im Rahmen der üblichen Voruntersuchungen und am zweiten bis zum neunten Tag postoperativ nach der CI befragt. Alle Patienten wurden über das Ziel der Erhebung aufgeklärt und gaben ihr Einverständnis, dass ihre Angaben nach den Vorschriften der Datenschutzverordnung für eine wissenschaftliche Studie benutzt werden dürfen.

### **3.3 Nystagmographie**

Die apparativen Gleichgewichtsprüfungen wurden präoperativ als Teil der Cochlea Implantation-Vorbereitung durchgeführt und fanden postoperativ drei Wochen bis zwei Jahre nach der Cochlea Implantation statt. Alkohol oder

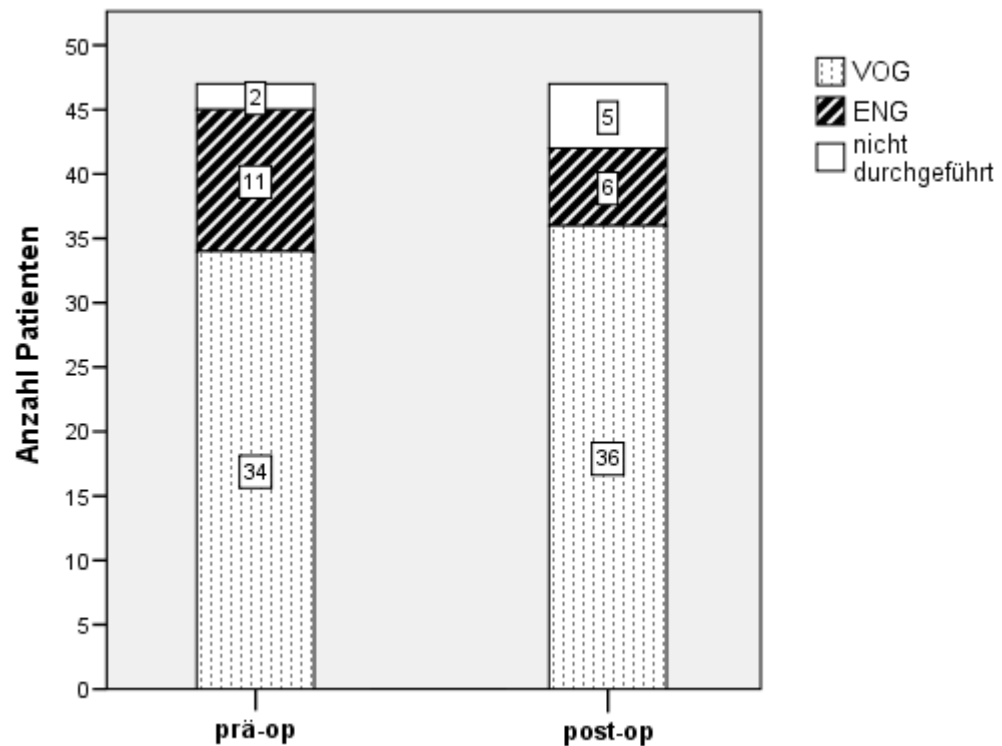
Medikamente mit zentralnervösen Nebenwirkungen (z.B. Sedativa, Betablocker und Psychopharmaka) wurden vor der Untersuchung entsprechend ihrer Wirkdauer pausiert.

Die Nystagmographie wurde zunächst mittels Elektronystagmographie durchgeführt. Im Jahr 2004 wurde sie dann in unserer HNO-Klinik durch die Videookulographie ersetzt. Es wurde eine Elektronystagmographie-Einheit mit Drehstuhl der Firma Servo Med (Vestibular Examination System 6200, Fa. Servo Med, Stockholm, Schweden) und zur kalorischen Prüfung das Spülgerät Variotherm der Firma ATMOS, Deutschland benutzt. Zur VOG wurde das computergestützte 2D VOG-Gerät mit der Software Video-Oculography® Version 4 von der Firma SensoMotoric Instruments GmbH, Deutschland verwendet. Das Computersystem misst die Geschwindigkeit der langsamen Phase (GLP) der Nystagmen in °/s und berechnet die mittlere GLP. Bei der kalorischen Prüfung wird außerdem die Seitendifferenz zwischen beiden Ohren mit folgender Formel berechnet:

$$\text{Seitendifferenz} = 100 \times \frac{\text{mGLP}_{\text{rechtes Ohr}} - \text{mGLP}_{\text{linkes Ohr}}}{\text{mGLP}_{\text{rechtes Ohr}} + \text{mGLP}_{\text{linkes Ohr}}}$$

(2D VOG- Video-Oculography® Version 4)

Präoperativ wurden 11 Patienten mittels ENG untersucht und 34 mittels VOG: Bei zwei Patienten lag ein angeborener nicht vestibulärer Nystagmus vor, so dass keine sinnvolle Durchführung der Nystagmografie möglich war. Postoperativ wurden sechs Patienten mittels ENG untersucht, 36 mittels VOG. Drei weitere Patienten fielen heraus, da sie die postoperativen Anschlussbehandlungen in anderen CI-Zentren durchführten und nicht an unseren Kontrolluntersuchungen teilnehmen konnten. (Siehe Abb.3.1, Seite 27)



**Abb. 3.1: Untersuchungsformen prä- und postoperativ (n=47)**

Der Ablauf und die Auswertung der Untersuchungen folgte einer standardisierten Reihenfolge:

- Der horizontale Spontannystagmus: Dieser wird im vollständig verdunkelten Raum gemessen, um eine optische Fixation auszuschließen. Die Messdauer beträgt zwei Minuten. Für die Auswertung wurde der horizontale Spontannystagmus als positiv bewertet, wenn dieser größer als  $1^\circ/s$  war. Die Ergebnisse wurden in drei Kategorien eingeteilt: kein SPN, SPN zur nicht implantierten Seite und SPN zur CI-Seite.
- Die Drehstuhlprüfung: Der Patient sitzt auf einem motorbetriebenen Stuhl, den Kopf um etwa  $30^\circ$  nach vorne geneigt. So liegen die horizontalen Bogengänge etwa auf Drehebene und werden bei der Drehung optimal stimuliert. Der Stuhl beschleunigt sich bis eine Endgeschwindigkeit zwischen  $40^\circ/s$  und  $90^\circ/s$  erreicht wird. Danach dreht der Stuhl drei Minuten gleichmäßig weiter (Plateauphase) und wird nachher möglichst schnell abgebremst. Die perrotatorischen Nystagmen bei der Beschleunigung und die postrotatorischen Nystagmen bei der Abbremsung werden im Nystagmogramm registriert und ausgewertet.

Die Erregbarkeit beider Gleichgewichtsorgane wurde verglichen, indem die mittlere GLP (°/s) des postrotatorischen Nystagmus bei Rechtsdrehung und bei Linksdrehung ermittelt wurde. Der Unterschied beider Werte wurde hinsichtlich Richtungsüberwiegen geprüft. Die Formel lautete:

$$\text{Seitenvergleich Rotatorik} = 100 \times \frac{\text{mGLP}_{\text{postrot}} (\text{max}) - \text{mGLP}_{\text{postrot}} (\text{min})}{\text{mGLP}_{\text{postrot}} (\text{max}) + \text{mGLP}_{\text{postrot}} (\text{min})}$$

Eine Differenz von mehr als 20% wurde als Seitenüberwiegen definiert. Die Kategorien für die Drehstuhlprüfung waren:

- seitengleich
  - überwiegen zur nicht implantierten Seite
  - überwiegen zur CI-Seite
  - Ausfall beidseitig (falls bei beiden Drehungen jeweils eine mGLP <5°/s vorlag).
- Die kalorische Prüfung: Der Patient liegt auf einer Liege, die eine Neigung von 60° gegenüber der Horizontalen hat. Dadurch werden die horizontalen Bogengänge in die senkrechte Position gebracht (Optimumsstellung) (Maurer 1999). Eine Läsion im Trommelfell muss vor kalorischer Reizung mit Wasser ausgeschlossen sein. Ggf. kann eine Luftreizung erfolgen. Jedes Ohr wird dann mit warmem (44°C) und kaltem (30°C) Wasser jeweils für 30 Sekunden mit 50-100ml gespült. Die Nystagmographie registriert die Nystagmen und die mittlere GLP in °/s kann anschließend berechnet werden. Diese Untersuchung ermöglicht eine seitengetrennte Prüfung der Vestibularorgane.

Zunächst wurden die absoluten Werte der mGLP für Kalt- und Warmspülung der CI Seite summiert. Damit ergab es sich die Stärke der Antwort auf die Reize im implantierten Ohr. Zweitens wurde die Antwort der CI-Seite quantitativ ausgewertet. Die Kategorien waren:

- normale Erregung, wenn Antwort größer als 10°/s und kleiner als 40°/s
- Untererregt, wenn Antwort sowohl der kalten Spülung als auch der warmen Spülung kleiner oder gleich 10°/s
- Übererregt, wenn die Antwort einer der beiden Spülungen größer als 40°/s
- Ausfall, wenn bei beiden Spülungen die Antwort kleiner als 5°/s.

Drittens wurde die kalorische Prüfung als Seitenvergleich zwischen CI Seite und nicht implantiertem Ohr ausgewertet. Die Formel lautete:

$$\text{Seitenvergleich Kalorik} = 100 \times \frac{\text{mGLP}_{\text{kalt+warm}}(\text{max}) - \text{mGLP}_{\text{kalt+warm}}(\text{min})}{\text{mGLP}_{\text{kalt+warm}}(\text{max}) + \text{mGLP}_{\text{kalt+warm}}(\text{min})}$$

Wenn das Ergebnis größer als 20% war, wurde eine Seitendifferenz zu Ungunsten der CI Seite festgestellt, wenn der größere Wert beim nicht implantierten Ohr auftrat wurde eine Seitendifferenz zu Ungunsten der nicht implantierten Seite ermittelt. Die qualitativen Kategorien für den kalorischen Seitenvergleich waren:

- seitengleich
- Seitendifferenz zu Ungunsten der nicht implantierten Seite
- Seitendifferenz zu Ungunsten der CI Seite
- Ausfall beidseitig (wenn bei beiden Ohren die Summe beider Spülungen jeweils <5°s).

## 3.4 Die Cochlea Implantation

### 3.4.1 Operationstechnik

Im Untersuchungszeitraum wurden die Cochlea Implantationen durch drei unterschiedliche Ärzte unserer Klinik durchgeführt. Die Auswahl erfolgte ohne Einfluss oder Berücksichtigung dieser Studie. Sie werden in unserer Untersuchung als Operateur A, B und C bezeichnet. 18 Patienten wurden vom Operateur A implantiert, 20 Patienten vom Operateur B und neun Patienten vom Operateur C. Alle drei Operateure verwendeten die gleiche, standardisierte Operationstechnik, die im Folgenden erklärt wird.

Die Patienten werden nach erfolgter Indikationsstellung, Aufklärung und Einverständniserklärung durch den Patienten einen Tag vor der Operation stationär in unserer HNO-Klinik aufgenommen. Die OP erfolgt in Rückenlage in Intubationsvollnarkose. Es wird ein retroaurikulärer Hautschnitt angelegt und das Transplantatlager mit einer Schablone ("templates") festgelegt. Das Planum mastoideum wird dargestellt und das Lager für das Implantat ausgefräst. Danach wird das Mastoid im Sinne einer Mastoidektomie weiter geöffnet und die

Antrumschwelle dargestellt. Der Amboss und der horizontale Bogengang können dabei identifiziert werden. Es erfolgt eine posteriore Tympanotomie unter Schonung des Nervus facialis. Dann wird die Cochleostomie zwischen ovaler und runder Fensternische angelegt und die Reizelektrode in die Cochlea eingeführt. Der Zugang wird mit Bindegewebe abgedichtet. Die Neutralelektrode wird unterhalb des Musculus temporalis positioniert. Anschließend wird die Funktion des Implantats mittels Impedanzmessung und Stapediusreflexmessung überprüft. Gegebenenfalls kann die Sondenlage noch intraoperativ korrigiert werden. Bei gutem Testergebnis erfolgt der Wundverschluß mit Deckung durch Muskulatur, subkutaner Naht und Hautnaht. Ein steriler Verband wird für die ersten 24 Stunden angelegt. Peri- und drei Tage postoperativ wird als Antibiotikaprophylaxe ein Cephalosporin der zweiten Generation intravenös gegeben.

Der Patient wird in der Regel für die Implantation fünf Tage stationär behandelt. Die CI Erstanpassung und Nachbetreuung erfolgt anschließend ambulant etwa vier bis sechs Wochen nach der Operation.

### **3.4.2 Cochlea Implantate**

Es wurden Implantate der Hersteller Cochlear GmbH (Australien) und MedEL GmbH (Medical Electronics, Österreich) verwendet.

Von Cochlear wurde das Implantat „Nucleus 24“ mit verschiedenen Sprachprozessoren eingesetzt. Das Implantat besteht aus einer intracochleäre Elektrode mit 22 Kanälen und zwei extracochleären Referenzelektroden (eine Kugelelektrode und vier kurzgeschlossene Plattenelektroden auf der Implantatrückseite). Das Gehäuse ist aus Titan und der Magnet kann entfernt werden ([www.cochlear.de](http://www.cochlear.de)). Die Mehrzahl der Patienten (77%) unseres Kollektivs wurde mit diesem Implantat versorgt.

Von der Firma MedEL wurden zwei Implantattypen verwendet, das „Combi40+“ und das „Pulsar“. Diese Geräte bestehen aus einer introcochleären Elektrode mit 24 Kontaktkanälen und einer extracochleären Referenzelektrode. Das Gehäuse ist aus Keramik ([www.medel.de](http://www.medel.de)). Es wurden insgesamt 11 Patienten (23%), drei mit „Combi40+ und acht mit „Pulsar“ Geräten implantiert.

Mit beiden Geräten können laut Herstellerangaben Magnetresonanztomographie Untersuchungen bis 1,5 Tesla ohne Entfernung des Magnets durchgeführt werden.



### **3.5 Statistische Auswertung**

Die erhobenen Daten wurden im Programm Excel 2003 (Microsoft® Office Excel 2003) für statistische Auswertungen aufbereitet. Diese wurden mit Hilfe des Programms „SPSS 15.0 für Windows, Version 15.0.1 (22.11.2006)“, durchgeführt.

Zuerst erfolgte die deskriptive Analyse der Patientendaten. Hierzu zählen demographische Daten mit Mittelwerten, Mediane, Standardabweichungen und graphische Darstellungen. Anschließend wurde die induktive Statistik durchgeführt. Die kategorialen Variablen wurden in Kreuztabellen demonstriert. Bei 2 x 2 Feldern wurde der exakte Test nach Fisher angewendet. Der Test ist gültig, wenn null Zellen eine erwartete Häufigkeit unter fünf haben bzw. 25% der Zellen eine erwartete Häufigkeit kleiner fünf besitzen. Für stetige und nicht-parametrische Variablen wurde der Mann-Whitney-U Test benutzt und falls abhängige Variablen vorkamen der Wilcoxon-Test. Der p-Wert wurde als statistisch signifikant angenommen, wenn er einen Wert  $<0,05$  hatte (zweiseitige Betrachtung).

## 4 Ergebnisse

### 4.1 Analyse demographischer Merkmale

In unserer Studie wurden 47 Patienten untersucht, 32 Patienten (68%) waren Frauen und 15 Patienten (32%) waren Männer. Das Alter der Patienten am Tag der Operation betrug durchschnittlich 54 Jahre. Der Median war 59 Jahre bei einer Standardabweichung von 19 Jahren. Die Patienten waren mindestens 16 Jahre und maximal 83 Jahre alt. Die Abb. 4.1 zeigt die Altersverteilung im Kollektiv.

Das Alter der Männer (Mittelwert 59,1 Jahre, Standardabweichung 21,1 Jahre) war um 8,2 Jahre höher als das Alter der Frauen (Mittelwert 50,9 Jahre, Standardabweichung 17,8 Jahre). (Siehe Anhang Abb. A.III, Seite 78 und Tabelle A.I, Seite 80) Dieser Unterschied war statistisch nicht signifikant ( $p=0,103$ ). (Siehe Anhang, Tabelle A.II, Seite 80)

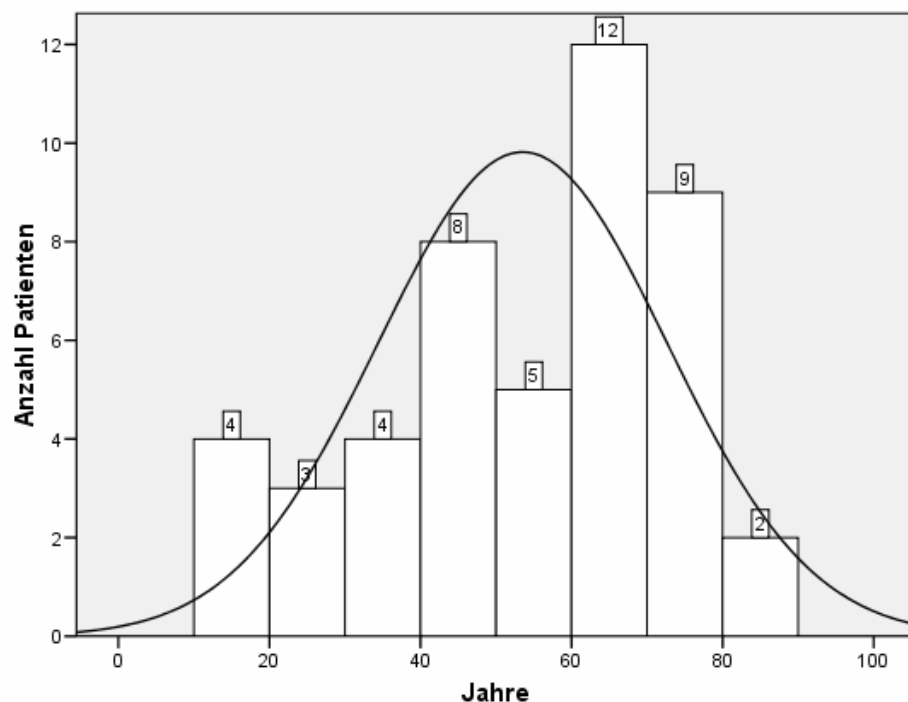


Abb. 4.1: Altersverteilung am OP Tag

## 4.2 Subjektive Schwindelsymptomatik der Patienten nach CI

Die postoperative Schwindelsymptomatik wurde anhand von unseren entwickelten Fragebögen beurteilt. Im folgenden Abschnitt wurden die Antworten nach den einzelnen Aspekten und im Kollektiv analysiert. In unserem Patientengut hatten 21 Patienten (44,7%) Schwindelsymptome nach der Cochlea Implantation. (Für die Antwortenübersicht siehe Anhang, Tabelle A.III, Seite 81) Die Eigenschaften der Symptome wurden folglich ausgewertet:

- Beginn der Symptome: Der Schwindel trat zu unterschiedlichen Zeitpunkten postoperativ auf. Bei der Hälfte dieser Patienten entwickelte sich der Schwindel direkt nach der OP, bei etwa einem Drittel innerhalb der ersten Woche. Bei vier Patienten entwickelten sich die Symptome später, zwei (10%) Patienten stellten den Schwindel nach einer bis vier Wochen fest, ein (5%) Patient erstmals nach den ersten zwei bis vier Monaten und ein (5%) Patient nach sechs Monaten.
- Schwindelqualität: Im Fragebogen berichteten die Patienten über folgende Schwindelqualitäten. Dabei waren Mehrfachantworten möglich (die Prozentzahlen beziehen sich auf n=21). Drehschwindel wurde von neun (43%) Patienten und Schwankschwindel von 12 (57%) Patienten angegeben. Schwindel als allgemeine Unsicherheit trat bei knapp einem Drittel der Patienten auf. Liftgefühl als Schwindel wurde von keinem Patienten benannt.
- Frequenz: Zum Auftreten des Schwindels wurde von der Mehrheit der Patienten (76%) ein Attackenschwindel beschrieben. Bei 10 (48%) Patienten traten die Attacken unregelmäßig auf, bei fünf (24%) Patienten täglich und bei einem (5%) Patienten wöchentlich. Zwei (10%) Patienten gaben Dauerschwindel an. Drei konnten hier keine Angaben machen.
- Dauer: Die Dauer der Schwindelattacken reichte von einigen Sekunden bis hin zu Stunden. Etwa die Hälfte der Fälle (48%) hatten minutenlange Attacken. Von vier (19%) Patienten wurde von sekundenlangen Attacken berichtet, in zwei (10%) Fällen von stundenlangen. Ein Patient berichtete über Symptome über Tage. Eine sehr variable Dauer wurden von zwei (10%) Patienten berichtet und weitere zwei Patienten gaben keine Antwort an.

- Auslöserfaktoren: Die Schwindelsymptome konnten von verschiedenen Faktoren ausgelöst werden. In unserem Patientengut haben annähernd zwei Drittel der Patienten angegeben, dass sie Auslöser für die Schwindelattacken hatten. Es wurde oft über Kopf- und Körperbewegungen, Bücken und Treppensteigen berichtet. Bei einem Fall wurde Lärm, bei einem anderen die Tageszeit (abends) als Auslöser angegeben.
- Vorboten: Fünf (24%) Patienten beschrieben Vorboten vor den Schwindelattacken. Als solche wurden z.B. Ohrdruck, Ohrenrauschen und Nackenschmerzen angegeben.
- Begleitsymptome: Bei mehr als zwei Drittel der Patienten wurden Begleitsymptome beobachtet. Es waren meistens Ohrgeräusche (ein Drittel der Fälle). Weitere Begleitsymptome wie Übelkeit und Erbrechen wurden in drei (14%) Fällen berichtet, Kopfschmerzen von vier (19%) Patienten, Angst einmal und Schwitzen zweimal. Mehrfachantworten waren auch hier möglich, die Prozentwerte beziehen sich aber auf 21 Patienten.
- Subjektive Stärkeeinschätzung: 19 der 21 Patienten markierten auf der visuellen Analogskala die Stärke ihrer Schwindelsymptome. Die Mehrheit (74%) empfand den Schwindel als gering bis mäßig beeinträchtigend (erste Hälfte der Skala). Dagegen litten fünf (26%) Patienten stark bis extrem unter den Schwindelsymptomen. Ein Patient gab aufgrund von variabler Stärke keine Antwort und ein weiterer Patient machte keine Angaben.

Zur Klassifizierung der Schwindelsymptome hinsichtlich einer otogenen Genese wurden die Patienten mit Schwindelsymptomen nach der vorhandenen Schwindelqualität und eventuellen Begleitsymptomen in drei Gruppen untergliedert.

- Gruppe A = wahrscheinlicher otogener Schwindel: gerichteter Schwindel (Dreh-, Schwankschwindel und/oder Liftgefühl) *mit* begleitenden Ohrsymptomen (Tinnitus, Hörminderung, Ohrdruck).
- Gruppe B = möglicher otogener Schwindel: gerichteter Schwindel (Dreh-, Schwankschwindel und/oder Liftgefühl) *ohne* begleitende Ohrsymptome.
- Gruppe C = eher kein otogener Schwindel: ungerichteter Schwindel (Allgemeine Unsicherheit).

In der Gruppe A waren neun (43%) Patienten. In der Gruppe B waren 10 (48%) Patienten. Die Gruppe C beinhaltet nur zwei (10%) Patienten. Das heißt bei der

deutlichen Mehrzahl der Patienten (90%) mit Gleichgewichtsstörungen finden sich in der Anamnese Hinweise für eine wahrscheinliche oder mögliche otogene Ursache.

### 4.3 Apparative Gleichgewichtsuntersuchung

In diesem Abschnitt werden die Ergebnisse der elektronystagmographischen bzw. videookulographischen Gleichgewichtsuntersuchung vor und nach der Cochlea Implantation ausgewertet. Der Spontannystagmus, die Rotatorik und die Kalorik werden für das ganze Kollektiv und im Vergleich vor und nach Operation analysiert und statistisch getestet.

#### 4.3.1 Spontannystagmus horizontal

In unserem Kollektiv hatten präoperativ zwei Drittel der Patienten keinen Spontannystagmus. Acht Patienten hatten einen Spontannystagmus zur nicht implantierten Seite im Sinne eines Ausfallnystagmus und acht Patienten zur CI-Seite. Postoperativ hatten fünf Patienten einen Nystagmus zur nicht implantierten Seite und drei Patienten zur CI-Seite. Die Mehrzahl hatte keinen Spontannystagmus. (Siehe Abb. 4.2 Seite 35 und 4.3 Seite 36)

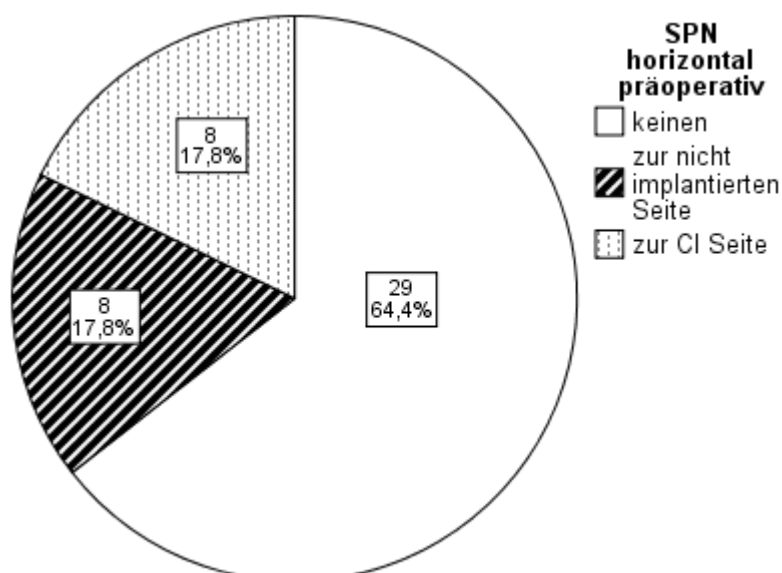
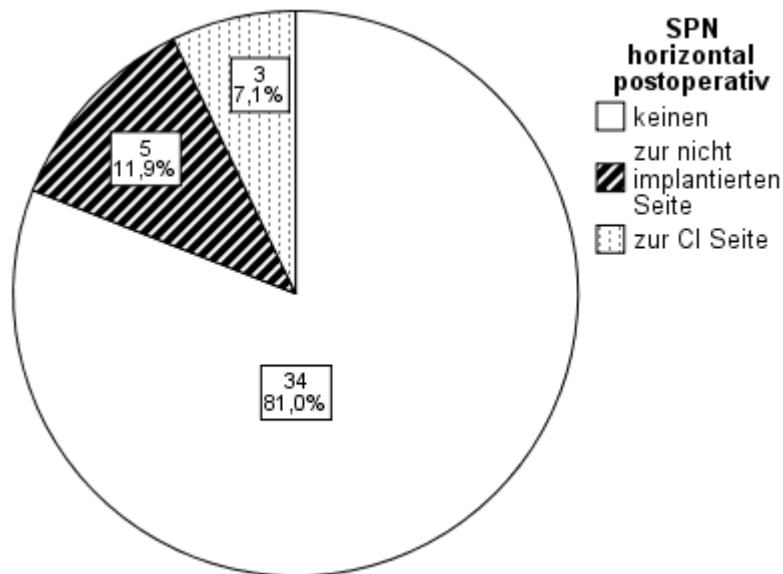


Abb. 4.2: Spontannystagmus horizontal präoperativ (n=45)



**Abb. 4.3: Spontannystagmus horizontal postoperativ (n=42)**

Nur ein Patient entwickelte postoperativ einen zuvor nicht bestehenden Ausfallnystagmus zur nicht implantierten Seite. Vier Patienten hatten sowohl prä- als auch postoperativ einen SPN zur nicht implantierten Seite. (Siehe Anhang Tabelle A.IV, Seite 82) Somit erholte sich postoperativ die Hälfte der Patienten mit einem präoperativen pathologischen SPN, wahrscheinlich aufgrund eines zentralen Kompensationsmechanismus.

#### 4.3.2 Rotatorische Prüfung

Bei der rotatorischen Prüfung fand sich präoperativ bei der Hälfte der Patienten eine seitengleiche Antwort. Eine pathologische Asymmetrie zeigte sich bei 18 (40%) der Patienten. 11 davon zeigten ein Überwiegen zur nicht implantierten Seite und sieben zur CI Seite. In zwei Fällen zeigte sich ein beidseitiger Ausfall. Im Vergleich dazu waren postoperativ knapp ein Drittel der Patienten seitengleich erregbar. Pathologisch war der Befund dagegen etwa bei der Hälfte der Patienten (55%). Mehr als ein Drittel der Patienten zeigte ein Überwiegen zur nicht implantierten Seite, sieben Patienten ein Überwiegen zur CI Seite. In zwei Fällen zeigte sich unverändert ein beidseitiger Ausfall. Bei einem Patient musste präoperativ die Rotatorik abgebrochen werden, da er die Untersuchung nicht tolerierte. Postoperativ mussten aus dem gleichen Grund bei fünf Patienten die Rotatorik abgebrochen werden. (Siehe Abb. 4.4 und 4.5, Seite 37)

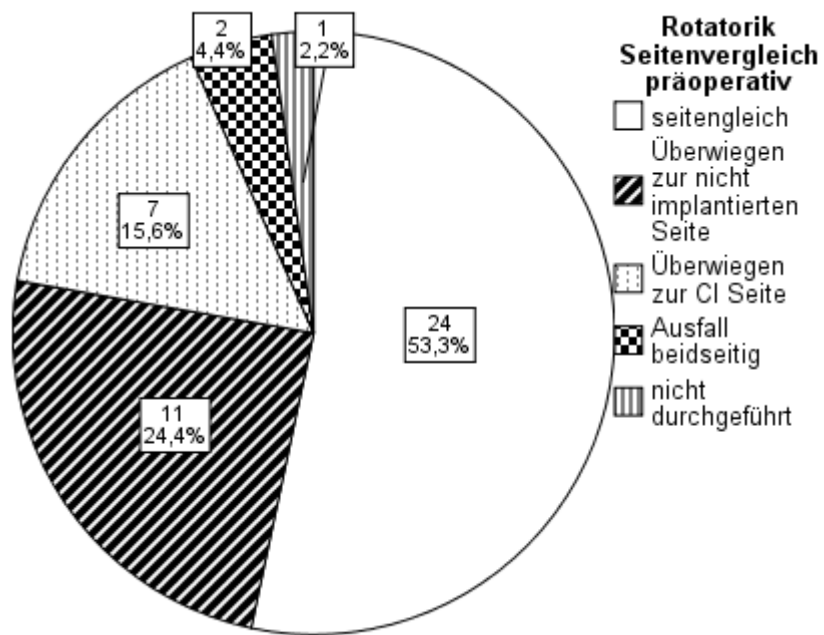


Abb. 4.4: Rotatorik Seitenvergleich präoperativ (n=45)

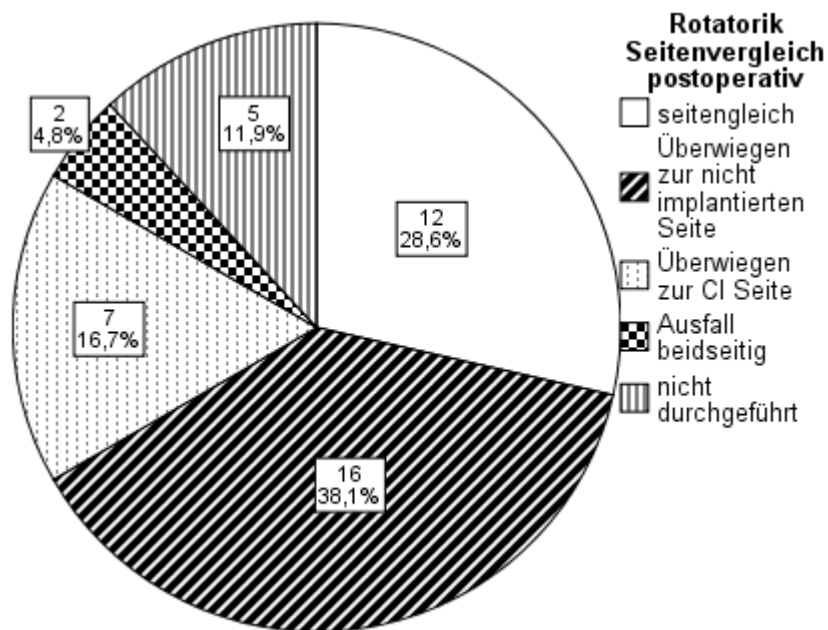


Abb. 4.5: Rotatorik Seitenvergleich postoperativ (n=42)

Im Vergleich der Testergebnisse prä- und postoperativ fand sich bei 11 Patienten (n=42) postoperativ ein neu aufgetretenes Überwiegen zur nicht implantierten Seite, wobei hiervon präoperativ acht Patienten seitengleich erregbar waren und in drei Fällen ein Überwiegen zur CI Seite vorlag. (Siehe Anhang Tabelle A.V und A.VI, Seite 83)

Die Ergebnisse der Rotatorik wurden zur weiteren Auswertung in zwei Kategorien gruppiert. Mit dieser Einteilung konnten Veränderungen nach der Implantation näher untersucht werden. Folgende Gruppen wurden eingeführt:

- Gruppe I: seitengleich + Überwiegen zur CI Seite
- Gruppe II: Ausfall + Überwiegen zur nicht implantierten Seite

Präoperativ waren mehr als zwei Drittel der Patienten in der Gruppe I, postoperativ nahm die Anzahl der Patienten ab, nämlich auf 19 Patienten. In der Gruppe II nahm postoperativ die Anzahl der Patienten auf annähernd die Hälfte zu. Sowohl die Anzahl von Patienten mit neu aufgetretenem Überwiegen zur nicht implantierten Seite, als auch die Zunahme in der Gruppe II, deuten auf eine Funktionsverschlechterung des implantierten Ohres postoperativ hin.

	Gruppe I	Gruppe II
Präoperativ (n=44)	31 (70%)	13 (30%)
Postoperativ (n=37)	19 (51%)	18 (49%)

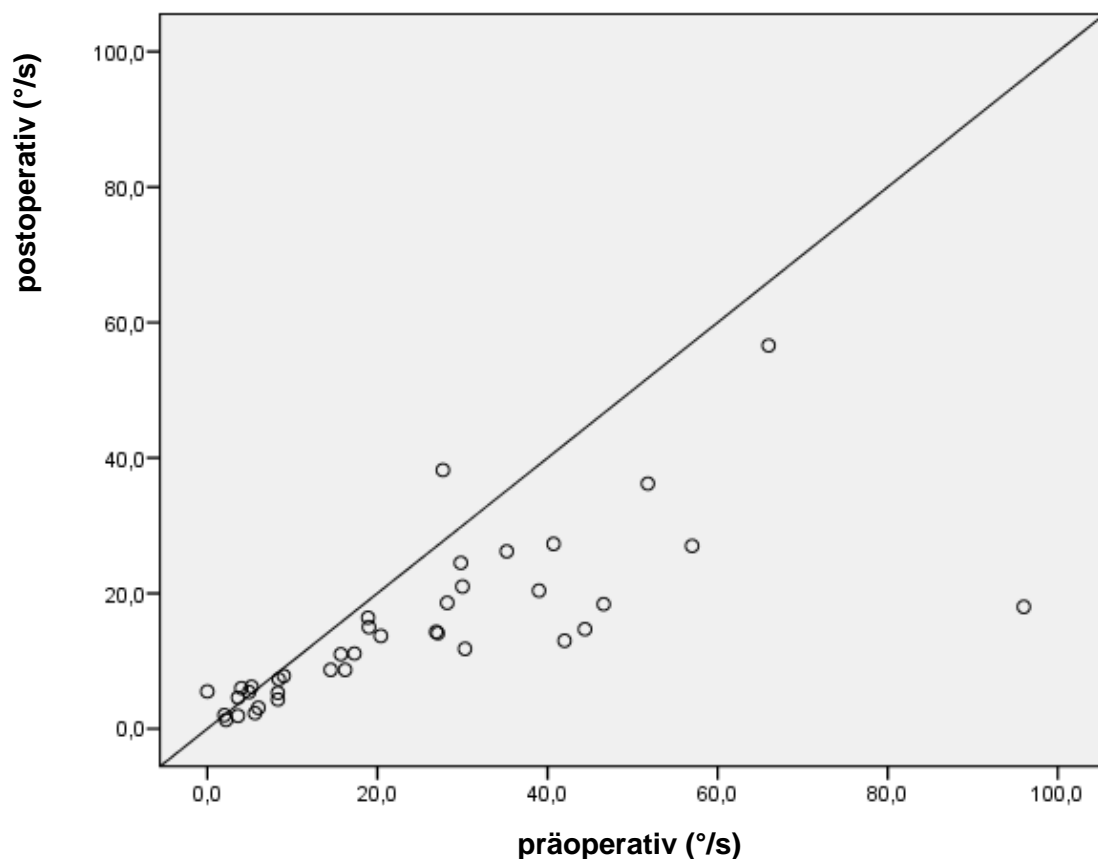
**Tabelle 4.1: Rotatorik Seitenvergleich gruppiert**

### 4.3.3 Kalorische Prüfung

#### 4.3.3.1 Kalorik der CI-Seite - Absolutwerte

Die Bestimmung der Erregung der CI Seite zeigte, dass präoperativ die Reizantwort bei durchschnittlich 24,4°/s lag. Das Intervall betrug 0°/s bis 96°/s. Die postoperative Reizantwort lag dagegen bei durchschnittlich 14,5°/s, mit einem Intervall von 1,3°/s bis 56,6°/s. Somit verringerte sich die kalorische Reizantwort postoperativ auf fast die Hälfte. Dieser Abfall war statistisch signifikant ( $p < 0,001$ ). (Siehe Anhang Tabelle A.VII und A.VIII, Seite 84) Präoperativ lehnte ein Patient die Untersuchung ab. Postoperativ musste bei drei Patienten die Untersuchung frühzeitig abgebrochen werden, weil sie die Spülung nicht tolerierten. (Siehe Anhang Abb. A.IV, Seite 78) Die Korrelation der kalorischen Antwort prä- und postoperativ ist in der folgenden Abbildung dargestellt. (Abb. 4.6, Seite 39)





**Abb. 4.6: Korrelation zwischen kalorische Antwort prä- und postop. (n=38)**

Jeder Punkt entspricht dem Ergebnis eines Patienten im Vergleich der präoperativen zur postoperativen Reizantwort (n=38). Die Punkte unterhalb der Linie (84%) zeigen somit eine Abnahme der kalorischen Antwort postoperativ auf dem implantierten Ohr. (Siehe Anhang Tabelle A.IX, Seite 85)

#### **4.3.3.2 Quantitative Auswertung der kalorischen Reizantworten des implantierten Ohres**

Um die kalorische Antwort der CI Seite zu quantifizieren, wurden die absoluten Zahlen in die vier Kategorien eingeteilt: normal, untererregbar, übererregbar und Ausfall. Präoperativ war die Hälfte der Patienten im normalen Bereich. Vier Patienten waren untererregbar und drei Patienten waren übererregbar. 12 Patienten (27%) hatten einen vorbestehenden Ausfall des Gleichgewichtsorgans. (Abb. 4.7, Seite 40) Postoperativ nahm die Anzahl an Patienten mit Ausfall oder

Untererregbarkeit deutlich zu. Postoperativ waren noch ca. ein Drittel der Patienten im normalen Bereich. (Abb. 4.8, Seite 41)

Von den 23 Patienten mit einer präoperativen kalorischen Reizantwort im Normalbereich waren sechs Patienten postoperativ untererregbar, drei Patienten hatten einen Ausfall des Gleichgewichtsorgans und 13 Patienten waren unverändert im Normalbereich. Zusammenfassend fand sich eine Verschlechterung der kalorischen Reizantwort postoperativ auf dem implantierten Ohr bei 36% der Fälle (9 von 23). Von den vier Patienten, die präoperativ schon untererregt waren, hatten drei postoperativ einen Ausfall des Gleichgewichtsorgans. Insgesamt ist bei 32% der Fälle (12 von 38) die kalorische Reizantwort quantitativ schlechter geworden. (Siehe Anhang Tabelle A.X, Seite 85)

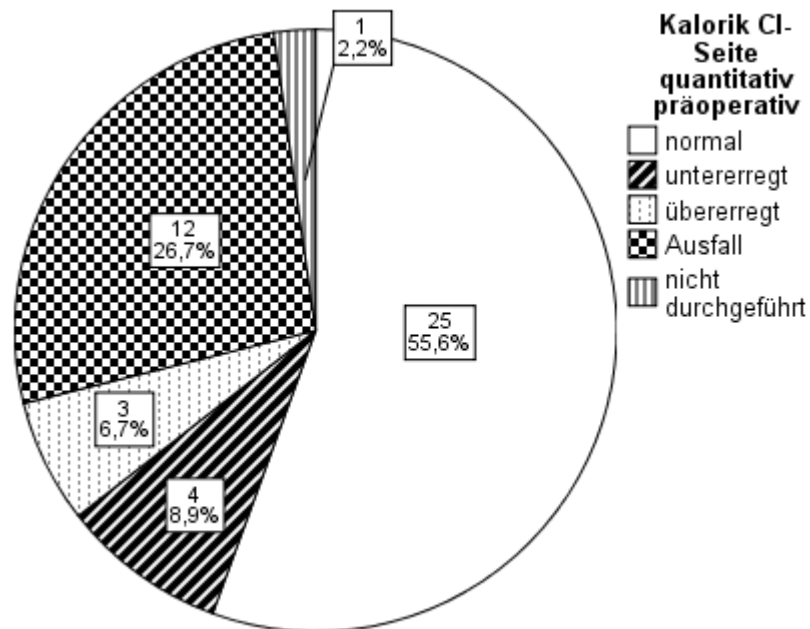


Abb. 4.7: Kalorische Antwort quantitativ präoperativ (n=45)

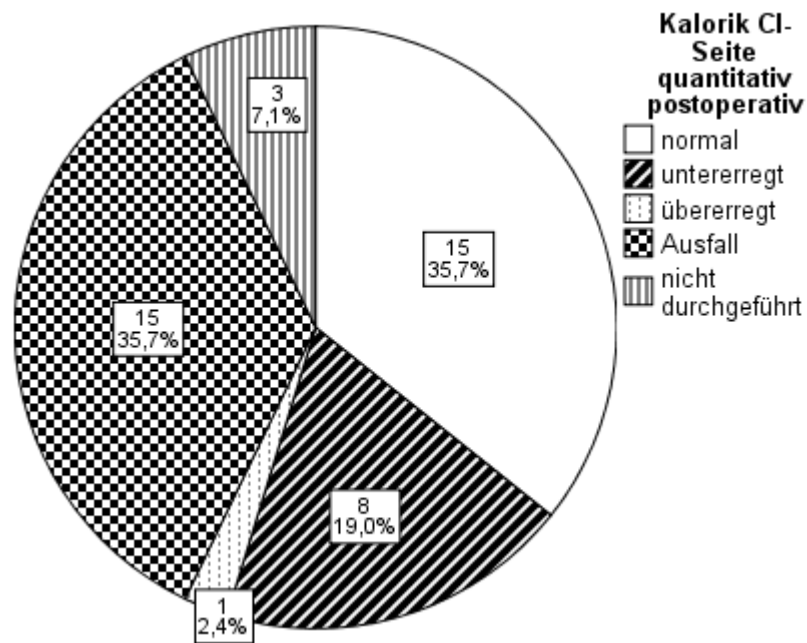


Abb. 4.8: Kalorische Antwort quantitativ postoperativ (n=42)

#### 4.3.3.3 Kalorik im Seitenvergleich

Der Seitenvergleich zwischen der kalorischen Antwort der CI Seite und der kalorischen Antwort auf dem nicht implantierten Ohr zeigte präoperativ eine Verteilung von jeweils knapp ein Drittel der Fälle mit seitengleichen Befunden, ein Drittel mit einer Seitendifferenz zu ungunsten der nicht implantierten Seite und ein Drittel mit einer Seitendifferenz zu ungunsten der CI-Seite. Bei vier Patienten gab es einen beidseitigen Ausfall. (Abb. 4.9, Seite 42) Die Verteilung postoperativ zeigte eine Zunahme der Seitendifferenz zu ungunsten der CI-Seite auf annähernd die Hälfte aller Patienten (17 von 42). Es zeigte sich eine deutliche Abnahme in der Gruppe mit Seitendifferenz zu ungunsten der nicht implantierten Seite auf fünf Fälle. Ein beidseitiger Ausfall war bei drei Patienten unverändert zu sehen. Ein Drittel der Fälle zeigte postoperativ eine seitengleiche Kalorik. (Abb. 4.10, Seite 42).

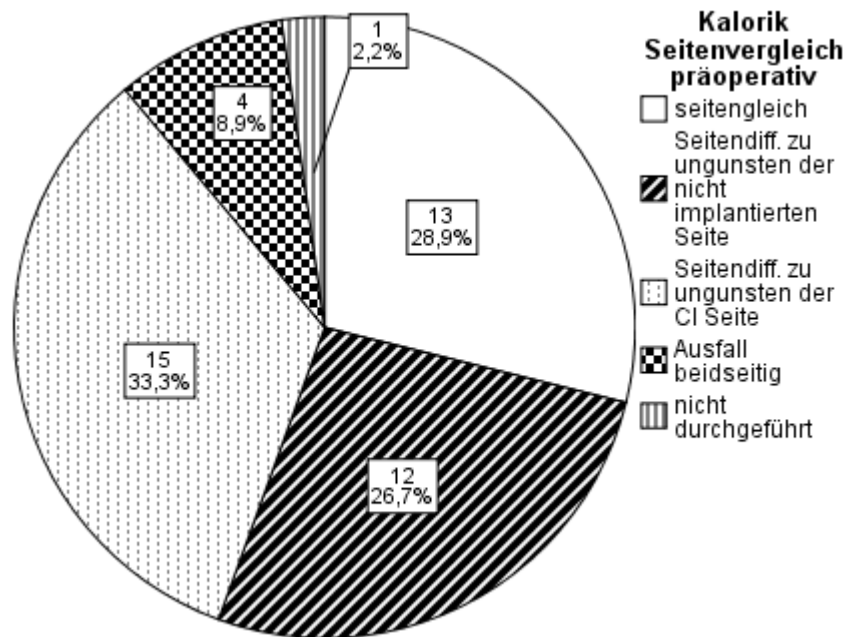


Abb. 4.9: Kalorik Seitenvergleich präoperativ (n=45)

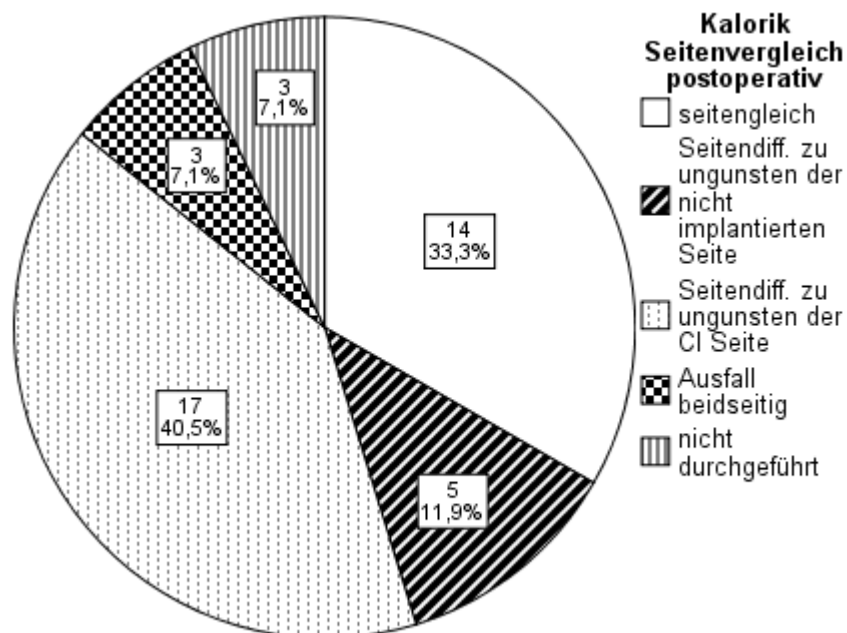


Abb. 4.10: Kalorik Seitenvergleich postoperativ (n=42)

Von 12 Patienten, die präoperativ seitengleich waren, entwickelten sechs postoperativ eine Seitendifferenz zu ungunsten der CI-Seite. Es traten keine neuen beidseitigen Ausfälle auf. (Siehe Anhang Tabelle A.XI, Seite 86)

Um Veränderungen der Kalorik im Seitenvergleich zu betrachten, wurden die Patienten wie bei den Rotatorik-Ergebnissen in folgende Gruppen eingeteilt:

- Gruppe I: seitengleich + Seitendifferenz zu Ungunsten der nicht implantierten Seite
- Gruppe II: Seitendifferenz zu Ungunsten der CI Seite + Ausfall beidseitig

Es zeigte sich postoperativ eine deutliche Abnahme der Fälle in der Gruppe I (-6 Fälle) und eine geringe Zunahme in der Gruppe II (+1 Fall). Somit zeigte sich im Seitenvergleich durch eine neue Asymmetrie eine Verschlechterung der Bogengangsfunktion des implantierten Ohrs.

	Gruppe I	Gruppe II
<b>Präoperativ (n=44)</b>	25 (57%)	19 (43%)
<b>Postoperativ (n=39)</b>	19 (49%)	20 (51%)

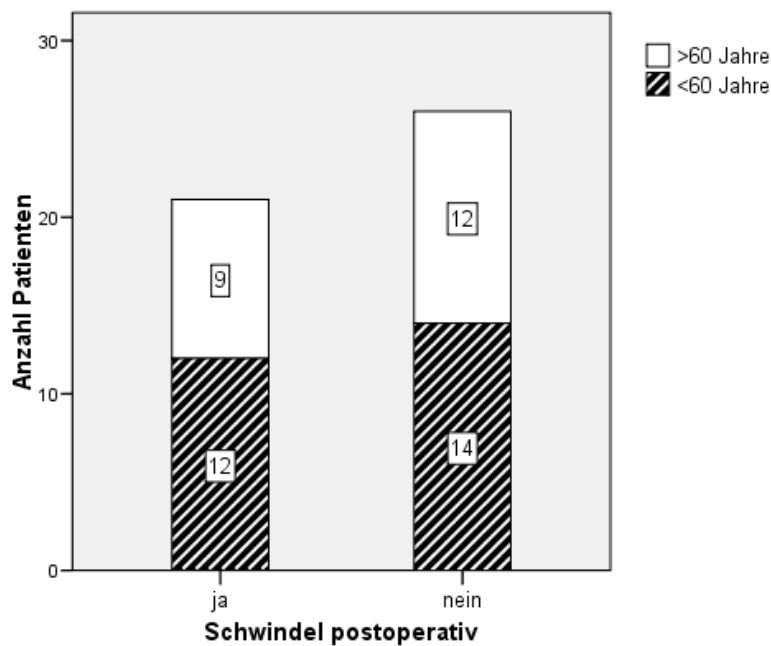
**Tabelle 4.2: Kalorik Seitenvergleich gruppiert**

## 4.4 Risikofaktoren für die Entstehung postoperativen Schwindels

Als mögliche Risikofaktoren für die Entstehung postoperativer Schwindelsymptome bei CI Patienten untersuchten wir die Merkmale Alter, Geschlecht, Implantatseite, Implantattyp, Operateur, Ertaubungsursache, Computertomographiebefund des Felsenbeins, präoperativer Schwindel, präoperative Rotatorik, prä- und postoperative Kalorik. Hierfür wurde die Gruppe der Patienten mit Schwindel mit der Gruppe ohne Schwindel auf statistisch signifikante Unterschiede verglichen.

### 4.4.1 Alter

Anhand des durchschnittlichen Alters unseres Patientenkollektivs (54 Jahren) erfolgte für die statistische Auswertung eine Einteilung in zwei Gruppen: über 60 Jahre und unter 60 Jahre. Hinsichtlich der Entwicklung von Schwindel postoperativ waren 57% der Patienten bis 60 Jahre alt. Bei den Patienten ohne Schwindel postoperativ war die Verteilung über und bis 60 Jahre annähernd die Hälfte. Im exakten Test nach Fisher zeigte sich kein statistisch signifikanter Unterschied zwischen beiden Gruppen. (*Siehe Anhang Tabelle A.XII, Seite 87*)

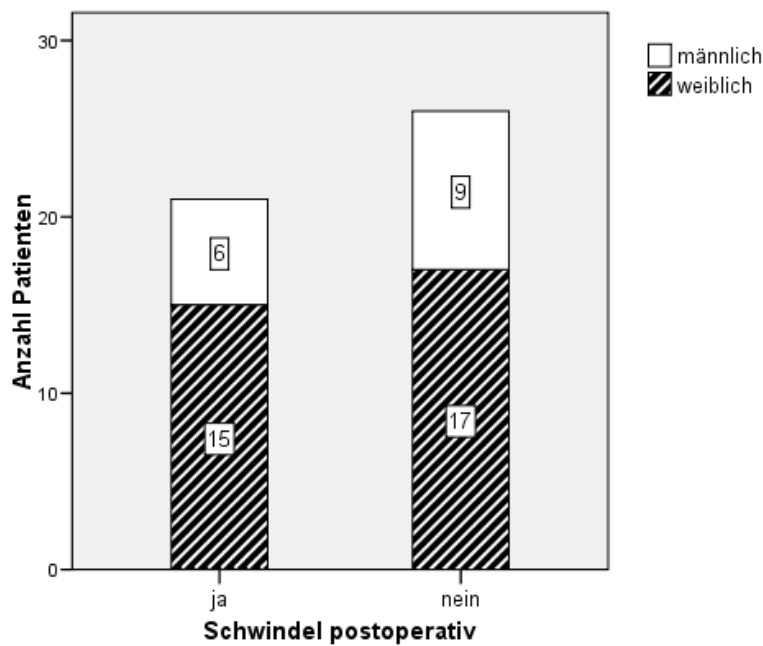


**Abb. 4.11: Alter und Schwindel postoperativ**

Der Mittelwert des Alters bei den Patienten, die postoperativ Schwindel entwickelten, war 54,8 Jahre. Bei den Patienten, die keinen Schwindel postoperativ entwickelten, war der Mittelwert 52,5 Jahre. Diese Differenz zeigte ebenfalls kein signifikant differentes Ergebnis. (Siehe Anhang Tabelle A.XIII, Seite 87)

#### 4.4.2 Geschlecht

In unserem Patientengut entwickelten 21 (45%) Patienten Schwindel postoperativ. Von diesen Patienten waren 71% Frauen. Bei den Patienten ohne Schwindel waren 65% (17) Frauen und 35% Männer. Der exakte Test nach Fisher zeigte keinen relevanten Unterschied zwischen Männer und Frauen in Bezug auf Entwicklung von postoperativem Schwindel. (Siehe Anhang Tabelle A.XIV, Seite 87) Somit entwickelten sowohl Männer als auch Frauen postoperativen Schwindel, das Geschlecht stellte keinen Risikofaktor dar.



**Abb. 4.12: Geschlecht und Schwindel postoperativ**

#### **4.4.3 Implantatseite und Implantattyp**

Es wurden 26 Patienten rechts implantiert und 21 Patienten links implantiert. In der Gruppe mit postoperativem Schwindel waren mehr als die Hälfte (57%) rechts implantiert. In der Gruppe ohne Schwindel postoperativ war die Verteilung zwischen Rechts- und Linksimplantierten annähernd gleich. Es konnte kein statistisch signifikanter Zusammenhang zwischen postoperativem Schwindel und der Seite der Implantation nachgewiesen werden. (Siehe Anhang Tabelle A.XV, Seite 88)

Bei den Implantattypen zeigte sich, dass sowohl in der Gruppe mit postoperativem Schwindel als auch in der Gruppe ohne diesen Schwindel die Geräteverteilung bei 3:1 lag. Somit hatte der Implantattyp keinen Einfluss auf die Entwicklung von postoperativem Schwindel. Der Zusammenhangstest bestätigte das Fehlen eines statistisch signifikanten Unterschieds zwischen Implantattyp und postoperativem Schwindel. (Siehe Anhang Tabelle A.XVI, Seite 88) Die Verteilung von Implantatseite und Implantattyp ist im Folgenden dargestellt.

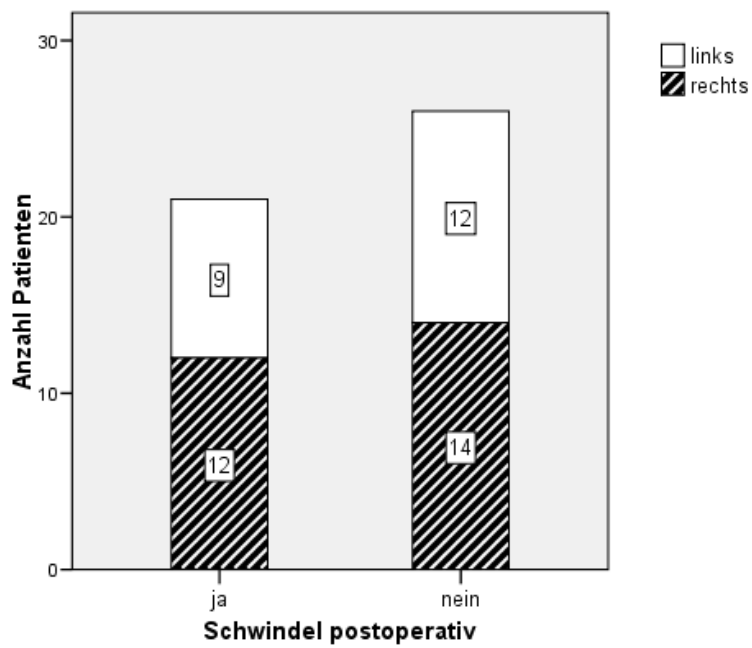


Abb. 4.13: Implantatseite und Schwindel postoperativ

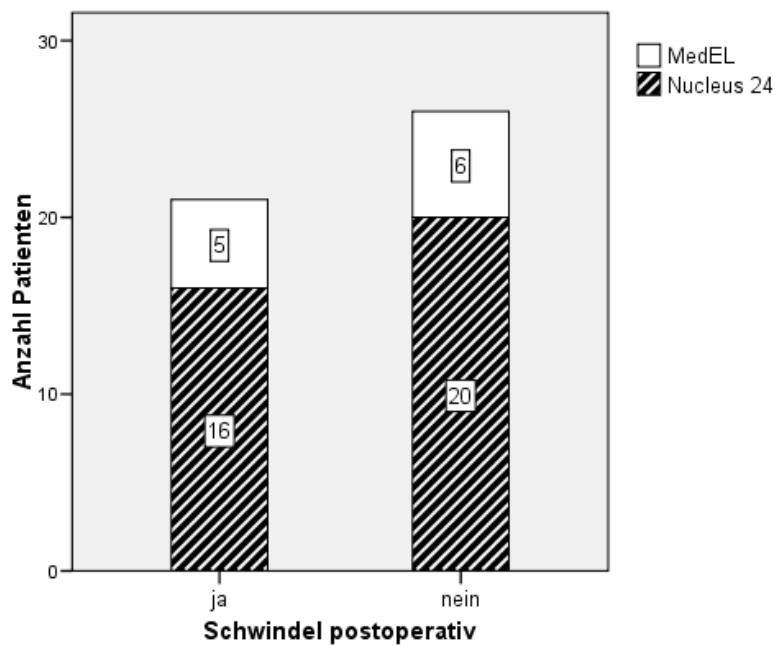


Abb. 4.14: Implantattyp und Schwindel postoperativ

#### 4.4.4 Operateur

Die Patienten wurden von drei unterschiedlichen Operateuren implantiert. Dabei lag die Verteilung zwischen Operateur A zu B zu C bei 18 zu 20 zu neun. Bei



den Patienten mit Schwindel postoperativ wurden knapp die Hälfte vom Operateur A implantiert, ein Drittel vom Operateur B und weniger als ein Viertel vom Operateur C. In der Gruppe ohne Schwindel postoperativ wurde knapp ein Drittel der Patienten vom Operateur A, die Hälfte vom Operateur B und ebenfalls knapp ein Viertel vom Operateur C implantiert. (Siehe Abb.4.15) Die statistischen Tests zeigten keine signifikanten Unterschiede in der Entwicklung von Schwindel postoperativ bei den drei Operateuren. Daher hatte in unserem Patientengut der Operateur keinen Einfluss auf die Entwicklung von postoperativem Schwindel. (Siehe Anhang Tabelle A.XVII, Seite 88)

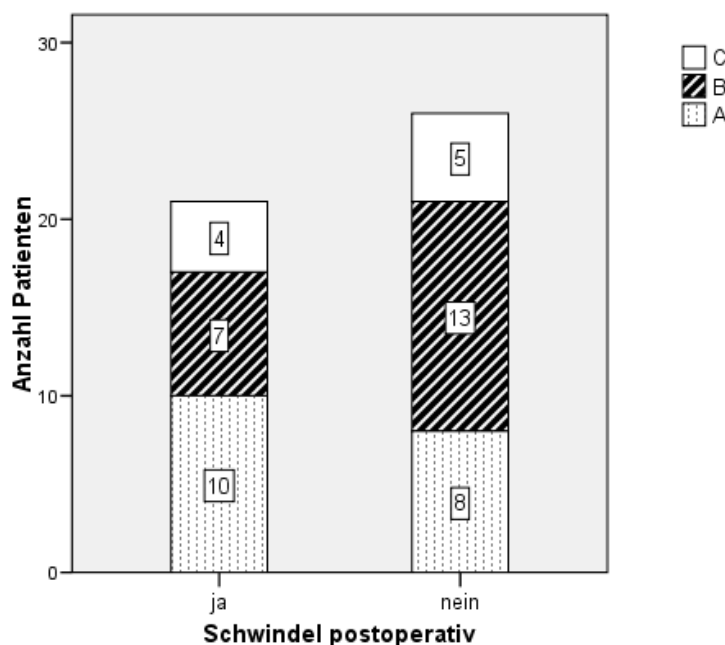


Abb. 4.15: Operateur und Schwindel postoperativ

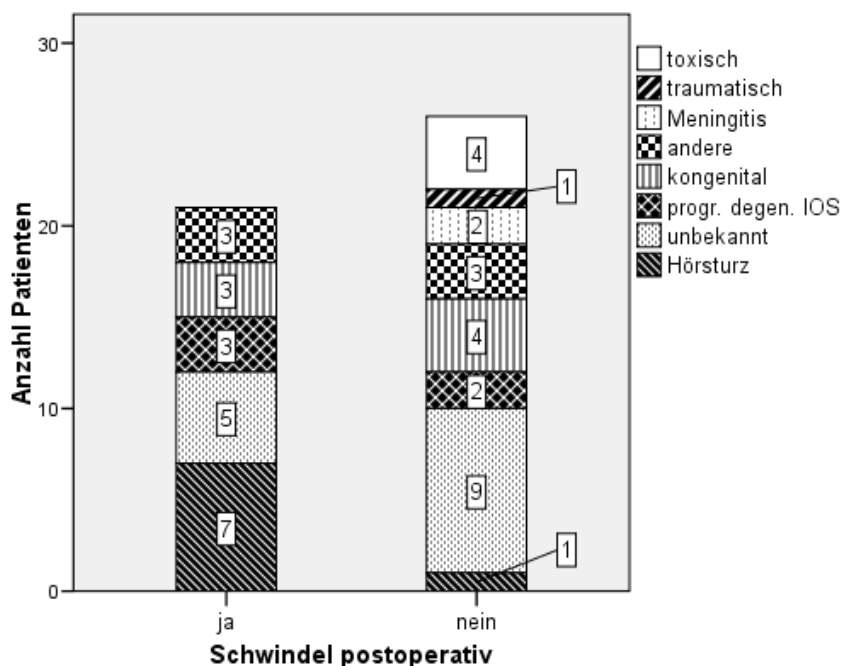
#### 4.4.5 Ertaubungsursache

In unserem Patientenkollektiv waren die häufigsten Ertaubungsursachen Hörsturz mit acht Fällen, kongenital mit sieben Fällen und progrediente degenerative Innenohrschwerhörigkeit (IOS) mit fünf Fällen. Toxisch bedingte Ertaubungsursachen (z.B. durch Medikamente) wurden bei vier Fällen beobachtet. Meningitis wurde bei zwei Fällen beobachtet und traumatisch bei einem Fall. Andere Ursachen wie Otosklerose, Pendred-Syndrom, Lärm und chronische Mittelohrentzündungen wurden in der Gruppe „andere“ zusammengefasst. Bei einem Drittel der Patienten wurde keine Ursache gefunden. Siehe folgende Tabelle.

	Anzahl	Prozent
Hörsturz	8	17,0%
kongenital	7	14,9%
progr. degen. IOS*	5	10,6%
toxisch	4	8,5%
Meningitis	2	4,3%
traumatisch	1	2,1%
andere	6	12,8%
unbekannt	14	29,8%
<b>Gesamt</b>	<b>47</b>	<b>100,0%</b>

**Tabelle 4.3: Ertaubungsursachen**

In Anbetracht der Gruppe mit Schwindel postoperativ waren die meisten Patienten, nämlich ein Drittel, aufgrund von Hörsturz ertaubt. Weitere knapp ein Viertel hatten eine unbekannte Ertaubungsursache. Die Ursachen wie progrediente degenerative IOS, kongenital und „andere“ zeigten eine niedrigere Häufigkeit (15%). Bei den Patienten mit toxisch-, traumatisch- und meningitisbedingter Ertaubung trat kein postoperativer Schwindel auf. (Siehe Anhang Tabelle A.XVIII, Seite 88) Aufgrund der sehr heterogenen Ertaubungsursachen in dem CI-Patientenkollektiv konnten wir bei diesem Faktor keinen statistischen Test benutzen. Allerdings konnten wir beobachten, dass die Entwicklung von postoperativem Schwindel in unserem Kollektiv häufiger bei Hörsturz-Ertaubten auftrat. Folgende Abbildung zeigt die Verteilung.



**Abb. 4.16: Ertaubungsursachen und Schwindel postoperativ**

#### 4.4.6 Computertomographie Felsenbein CI Seite

Die Felsenbein-Computertomographie Befunde der CI Seite wurden analysiert und nach regelrechter Anatomie der Cochlea und morphologischen Auffälligkeit der Cochlea unterteilt. Als auffällig wurden alle Befunde gezählt, die eine vermehrte Sklerosierung der Cochlea zeigten. Von den 46 Patienten hatten fünf Patienten (11%) anatomische Auffälligkeiten. Die Mehrheit der Patienten (89%) hatte eine regelrechte Cochlea.

Bei den Patienten mit Schwindel postoperativ hatten 14% eine anatomische Auffälligkeit. Die meisten hatten regelrechte Befunde. Bei den Patienten ohne postoperativen Schwindel hatten ebenfalls die meisten regelrechte Befunde. Der statistische Test zeigte keinen signifikanten Unterschied. (Siehe Anhang Tabelle A.XIX, Seite 89) Somit war eine anatomische Auffälligkeit der CI Seite im CT Felsenbein kein wahrscheinlicher Risikofaktor für die Entwicklung von Schwindel postoperativ. Folgende Abbildung stellt die Verteilung dar.

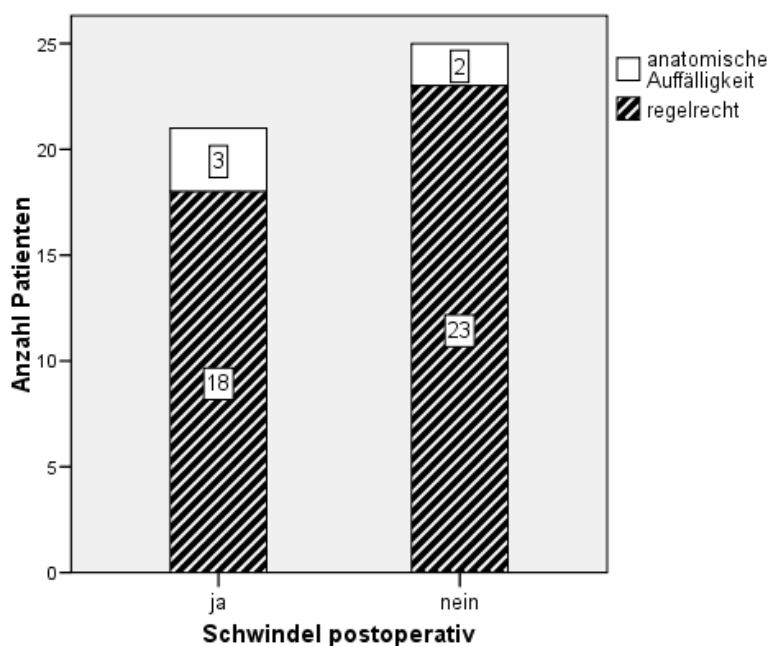


Abb. 4.17: CT Felsenbein CI Seite und Schwindel postoperativ (n=46)

#### 4.4.7 Präoperativer Schwindel

Um den präoperativen Schwindel als möglichen Risikofaktor zu untersuchen, analysierten wir die präoperativen Fragebögen in Anbetracht von vorbestehenden

Schwindelsymptomen vor der Implantation. Es zeigte sich, dass in der Gruppe mit postoperativem Schwindel zwei Drittel der Patienten schon unter Schwindel vor der Operation litten. Im Gegensatz dazu litten in der Gruppe ohne postoperativen Schwindel nur knapp 40% unter Schwindel präoperativ. Somit war das Vorbestehen von Schwindelsymptomen tendenziell häufiger bei den Patienten mit Schwindel postoperativ. (Siehe Anhang Tabelle A.XX, Seite 89) Dieser Unterschied zeigte sich im exakten Test nach Fisher jedoch statistisch nicht signifikant.

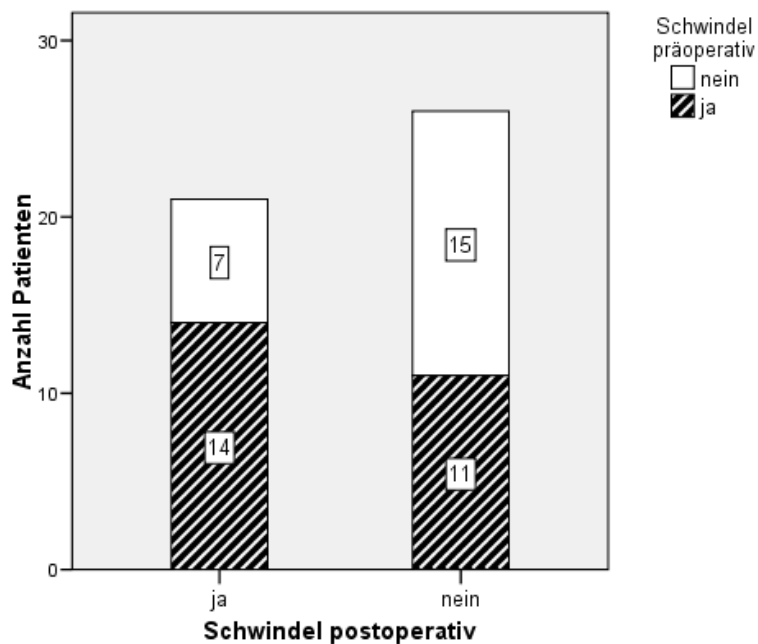


Abb. 4.18: Schwindel präoperativ und Schwindel postoperativ

#### 4.4.8 Präoperative Befunde der rotatorischen Prüfung

Im Kollektiv (n=45) mit einer präoperativen Rotatorikuntersuchung entwickelten weniger als die Hälfte der Patienten Schwindel postoperativ (19 von 45 Patienten). In der Gruppe mit Schwindel postoperativ, war präoperativ knapp die Hälfte der Patienten seitengleich erregbar. Drei (16%) der Patienten hatten ein Überwiegen zur nicht implantierten Seite und vier (21%) hatten einen Überwiegen zur CI Seite. In der Gruppe ohne Schwindel postoperativ war ebenfalls präoperativ knapp die Hälfte der Patienten seitengleich erregbar. Acht (31%) Patienten hatten ein Überwiegen zur nicht implantierten Seite und nur drei (12%) hatten ein Überwiegen zur CI Seite. Bei beiden Gruppen trat ein beidseitiger Ausfall auf. Die

Rotatorik präoperativ wurde ein Mal nicht durchgeführt, weil der Patient die Untersuchung nicht tolerierte. (Siehe Anhang Tabelle A.XXI, Seite 90)

Um diese Beobachtungen statistisch zu untersuchen, wurden hier ebenfalls die Gruppe I (seitengleich + Überwiegen zur CI-Seite) und die Gruppe II (Ausfall + Überwiegen zur nicht implantierten Seite) berücksichtigt. Bei den Patienten mit Schwindel postoperativ befand sich die Mehrheit (78%) in der Gruppe I. Bei den Patienten ohne Schwindel postoperativ waren knapp zwei Drittel in der Gruppe I. Demzufolge hatten die meisten Patienten mit postoperativem Schwindel in der präoperativen Rotatorik eine seitengleiche Erregbarkeit oder ein Überwiegen der CI-Seite. Dieser Unterschied war jedoch nicht statistisch signifikant.

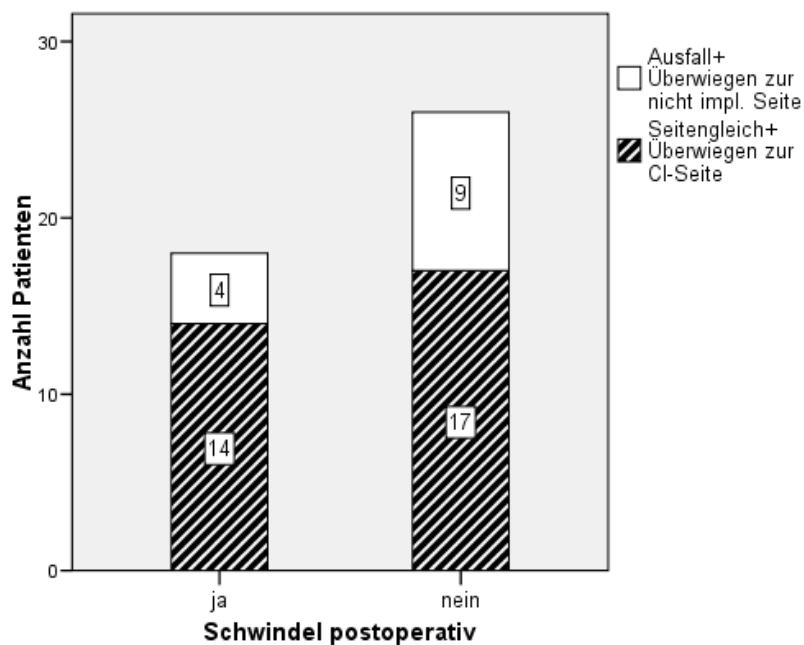


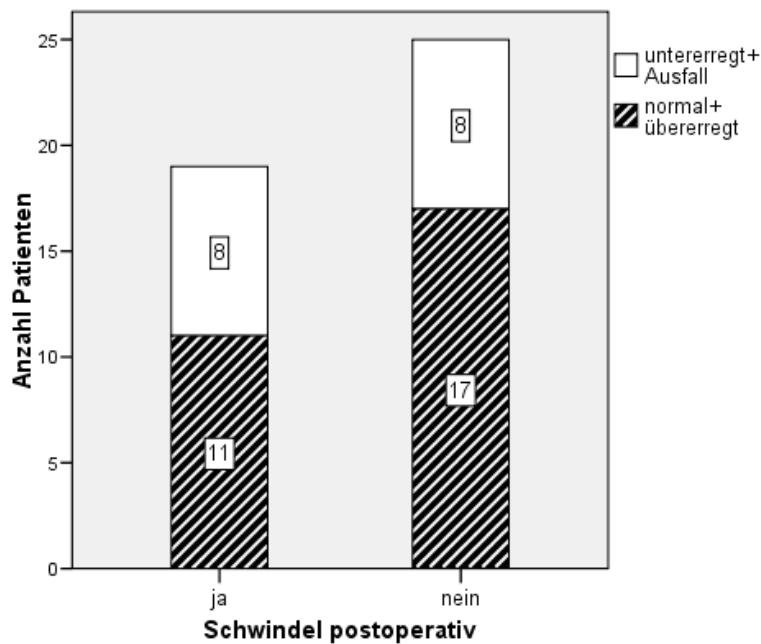
Abb. 4.19: Rotatorik Seitenvergleich präop und Schwindel postoperativ (n=45)

#### 4.4.9 Präoperative Befunde der kalorischen Prüfung

Bei der Gruppe mit postoperativem Schwindel war der Mittelwert der präoperativen kalorischen Antwort 26,6°/s mit einer Spannweite von 0°/s bis 96°/s. Bei der Gruppe ohne Schwindel war der Mittelwert dagegen mit 22,7°/s mit einer Spannweite von 2°/s bis 80,5°/s niedriger. Dieser Unterschied zeigte sich jedoch als statistisch nicht signifikant ( $p = 0,804$ ). (Siehe Anhang Tabelle A. XXIII, Seite 91 und Abb. A.V, Seite 79)

Die quantitative Einteilung der Kalorik präoperativ wurde entsprechend auch nach den Gruppen von Patienten mit und ohne Schwindel postoperativ ausgewertet. In der Gruppe mit Schwindel postoperativ war knapp die Hälfte normal erregbar. Ein Patient war untererregbar, zwei übererregbar und sieben (37%) hatten einen vorbestehenden Ausfall. In der Gruppe ohne waren annähernd zwei Drittel der Patienten normal erregbar. Fünf (19%) Patienten hatten einen Ausfall. (Siehe Anhang Tabelle A. XXII, Seite 90)

In Anbetracht der Einteilung in die Gruppen I (normal+übererregt) und II (untererregt+Ausfall), waren die meisten Patienten mit Schwindel postoperativ in der Gruppe I (58%). Somit zeigte sich kein deutlicher Hinweis auf einen Zusammenhang zwischen präoperativer pathologischer Reizung und Entwicklung von postoperativem Schwindel. Im statistischen Test gab es kein signifikantes Ergebnis.



**Abb. 4.20: Kalorik CI-Seite Quantitativ präoperativ und Schwindel postoperativ (n=45)**

#### **4.4.10 Zusammenhang von postoperativer kalorischer Prüfung und postoperativem Schwindel**

Die kalorische Erregung des CI-Ohres zeigte für das ganze Patientenkollektiv eine signifikante Verschlechterung postoperativ (siehe 4.3.3.1).

Bei 39 untersuchten Patienten war die durchschnittliche Reizantwort postoperativ bei 14,5°/s bei einem präoperativen Ausgangsbefund von 24,4°/s. Bei den Patienten mit postoperativem Schwindel war der Mittelwert der Erregbarkeit 14,5°/s (n=18). Bei den Patienten ohne Symptomatik war der Mittelwert ähnlich hoch, nämlich 14,6°/s (n=21). Es zeigte sich kein Unterschied der durchschnittlichen Erregbarkeit bei den Patienten mit und ohne Schwindel. Folgende Tabelle stellt die Ergebnisse noch einmal dar.

		Kalorik CI-Seite postoperativ (°/s)					
		Anzahl	Mittelwert	Standard- abweichung	Median	Minimum	Maximum
<b>Schwindel postop</b>	<b>ja</b>	18	14,5	13,08	12,6	2,3	56,6
	<b>nein</b>	21	14,6	10,39	13,0	1,3	38,2

**Tabelle 4.4: Schwindel postoperativ und Kalorik CI-Seite postoperativ**

Die Patienten mit Schwindel postoperativ hatten jedoch durchschnittlich eine höhere Abnahme der kalorischen Funktion. Der Mittelwert für die Abnahme (präoperativer Wert - postoperativer Wert) lag bei 12,2°/s mit einer Standardabweichung von 19,7°/s (n=38). Die Patienten ohne Schwindel postoperativ hatten eine durchschnittliche Abnahme von 7,2°/s mit einer Standardabweichung von 8,6°/s (n=38). Der Unterschied war jedoch statistisch nicht signifikant. Ein Zusammenhang scheint möglich, ließ sich jedoch nicht statistisch nachweisen. (Siehe Anhang Tabelle A.XXIV und A. XXV., Seite 91)

#### 4.4.11 Übersicht Risikofaktoren und Schwindel postoperativ

Zusammenfassend zeigt die folgende Tabelle (Tabelle 4.5, Seite 54) alle untersuchten Risikofaktoren und deren Signifikanzwerte. Es fanden sich keine statistisch signifikanten Risikofaktoren, jedoch zeigte sich eine Tendenz bei Schwindel präoperativ für die Entwicklung von postoperativem Schwindel.

Faktoren		Schwindel postoperativ		Statistische Signifikanz
		Ja	Nein	
Alter	<60 Jahre	12	14	p = 1,000
	>60 Jahre	9	12	
Geschlecht	männlich	6	9	p = 0,758
	weiblich	15	17	
Implantat-Seite	rechts	12	14	p = 1,000
	links	9	12	
Implantat-Typ	Nucleus 24	16	20	p = 1,000
	MedEL	5	6	
Operateur	A	10	8	p = 0,366 p = 0,374 p = 1,000
	B	7	13	
	C	4	5	
Ertaubungs-Ursache	Hörsturz	7	1	-
	progr. Degen. IOS	3	2	
	toxisch	0	4	
	kongenital	3	4	
	traumatisch	0	1	
	Meningitis	0	2	
	unbekannt	5	9	
CT Felsenbein CI-Seite	regelrecht	18	23	p = 0,648
	anatomische Auffälligkeit	3	2	
Schwindel präoperativ	ja	14	11	p = 0,143
	nein	7	15	
Rotatorik Seitenvergleich präoperativ (gruppiert)	seitengleich + Überwiegen zur CI-Seite	14	17	p = 0,507
	Ausfall beidseitig.+ Überwiegen zur nicht impl. Seite	4	9	
	nicht durchgeführt	1	0	
Kalorik CI-Seite quantitativ präoperativ (gruppiert)	normal + übererregt	11	17	p = 0,540
	untererregt + Ausfall	8	8	
	nicht durchgeführt	0	1	
Kalorik CI-Seite absolut präoperativ	Mittelwert	26,6°/s	22,7°/s	p = 0,804

Tabelle 4.5: Übersichtstabelle Faktoren und Schwindel postoperativ



## 5 Diskussion

In unserer Studie lag die Inzidenz von Schwindelsymptomen nach der Cochlea Implantation bei annähernd der Hälfte der untersuchten Patienten. In der Literatur treten Schwindelbeschwerden nach einer CI Operation ebenfalls relativ häufig auf. Die Inzidenzen sowie die Qualität der Beschwerden werden jedoch als stark schwankend angegeben.

Vergleichbare Studien fanden in den letzten Jahren Häufigkeiten von Schwindel postoperativ zwischen 12% (Klenzner et al. 2004) und 75% (Steerneson et al. 2001). Schon vor 20 Jahren wurde über Gleichgewichtsstörungen nach CI berichtet (Ito et al. 1998). Allerdings lässt sich keine Tendenz zu Veränderungen im Laufe der Jahre nach Analyse der Literatur feststellen. Trotz Verbesserungen in der Operationstechnik und Weiterentwicklung der Implantate bleibt die Schwindelsymptomatik als häufige Komplikation der CI Operation bestehen.

Die folgende Tabelle stellt unsere Ergebnisse mit den aktuell publizierten Studien zum Thema gegenüber.

<b>Autor</b>	<b>Schwindel Häufigkeit nach CI (Anzahl Patienten / Studienkollektiv)</b>
Ito et al., 1998	47% (26/55)
Steerneson et al., 2001	74% (35/47)
Kubo et al., 2001	49% (46/94)
Fina et al., 2003	39% (29/75)
Klenzner et al., 2003	12% (12/98)
Enticott et al., 2006	32% (47/146)
Filipo et al., 2006	35% (25/72)
Todt et al., 2008	53% (33/62)
<b>Unsere Studie</b>	<b>45% (21/47)</b>

**Tabelle 5.1: Übersicht Studien Schwindel nach CI**

### 5.1 Die postoperative Schwindelsymptomatik

Bei den meisten Patienten unserer Studie traten die Schwindelbeschwerden innerhalb der ersten postoperativen Woche auf. Die Qualität wurde am häufigsten als Dreh- oder Schwankschwindel mit unregelmäßigen, minutenlangen Anfällen

beschrieben. Typische Begleitsymptome waren Ohrgeräusche. Diese Eigenschaften weisen auf eine peripher-vestibuläre Schwindelursache hin. Insgesamt konnten wir bei 90% der symptomatischen Patienten Hinweise für einen otogenen Schwindel feststellen. Dies weist auf einen direkten Einfluss der Implantation während der Operation auf die Gleichgewichtsfunktion im Innenohr hin.

In der Literatur werden mögliche Ursachen des Schwindels postoperativ kontrovers diskutiert. Bei Kubo et al. (2001) werden eine Fremdkörperreaktion oder ein endolymphatischer Hydrops durch die Elektrodenplatzierung als mögliche Ursache bei zeitlich verzögerter Schwindelsymptomatik vermutet. Bei Fina et al. (2003) wird ebenfalls der endolymphatische Hydrops als mögliche Ursache diskutiert und damit chronische Veränderungen im Labyrinth. Diese Veränderungen würden jedoch verzögerte Beschwerden verursachen. Die Autoren beschreiben andererseits, dass die Mehrheit der Patienten Drehschwindel in den ersten 24 Stunden nach der Operation entwickelten, dies entspricht auch unseren Beobachtungen. In anderen Studien werden weitere Ursachen wie eine postoperative Perilymphfistel (Cohen et al. 1991), Tullio-Phänomen (Lesinski et al. 1998) und eine postoperative Labyrinthitis (Ito et al. 1998) vermutet.

Der Zusammenhang zwischen den verschiedenen Pathomechanismen und deren Folgen für die Symptomentstehung ist bisher noch unklar. Unsere Analyse der Schwindelsymptomatik zeigt aber, dass die Implantation einen charakteristischen Schwindel otogener Genese verursacht. Möglicherweise spielen zusätzlich weitere Faktoren wie gestörte zentrale Kompensationsmechanismen des vestibulären Systems für die Entstehung der Symptomatik eine wichtige Rolle.

In unserer Studie wurde ein spezieller Schwindelfragebogen für die Erfassung der Schwindelsymptomatik und ihren Qualitäten entwickelt. Damit konnten wir die Beschwerden erstmals genau charakterisieren, Hinweise für die Genese des Schwindels gewinnen und den Leidensdruck des Patienten mittels visueller Analogskala messen. Buchman et al. (2004) benutzte hingegen den „Dizziness Handicap Inventory“ (DHI) Fragebogen um den Leidensdruck des Patienten mit postoperativem Schwindel zu bestimmen. Vorteil des standardisierten DHI Fragebogens ist die Reproduzierbarkeit und die direkte Vergleichbarkeit zwischen verschiedenen Studien. Seine Ergebnisse zeigten nach CI eine signifikante Verbesserung in der Unterkategorie „emotionell“, jedoch keine Veränderungen in den Unterkategorien „physisch“ und „funktionell“. Die Inzidenz der Schwindelbeschwerden postoperativ wurde jedoch nicht miterfasst. Dieser

standardisierte Fragebogen kann auch keine Aussage über die Qualität der Schwindelsymptome und damit keine Hinweise zur Ursache geben.

## **5.2 Funktionelle Veränderungen des Gleichgewichtsorgans nach Cochlea Implantation**

Die Cochlea Implantation verursacht postoperativ neben den subjektiven Schwindelsymptomen auch messbare Veränderungen der Gleichgewichtsfunktion. In unserer Untersuchung zeigte sich nach der Implantation eine signifikante Verschlechterung der Funktion des horizontalen Bogengangs auf dem implantierten Ohr. Bei 32 Patienten (84%) war die kalorische Erregung auf der implantierten Seite deutlich niedriger als vor der Operation, davon hatte annähernd ein Viertel einen neu aufgetretenen kompletten Funktionsausfall. Auch die Ergebnisse der rotatorischen Erregung zeigten eine deutliche Verschlechterung im Seitenvergleich nach Implantation. Diese Befunde sprechen für eine direkte Auswirkung des CI auf die Funktion des peripheren Vestibularorgans, insbesondere des horizontalen Bogengangs.

Allerdings konnten wir keinen direkten Zusammenhang zwischen Verschlechterung der Gleichgewichtsfunktion und der Entwicklung von postoperativem Schwindel nachweisen. Möglicherweise ist die Verschlechterung der Bogengangsfunktion nicht die einzige und direkte Ursache der neu auftretenden Schwindelsymptome. Eher handelt es sich um ein multifaktorielles Geschehen.

Ähnliche Ergebnisse stellte die Arbeitsgruppe von Kubo et al. (2001) dar. Auch sie konnte einen Abfall der kalorischen Funktion nach Implantation bei allen Patienten nachweisen. Die Studie von Enticott et al. (2006) zeigte ebenfalls bei allen untersuchten Patienten eine deutliche Verschlechterung der kalorischen Antwort auf der implantierten Seite. Die Autoren konnten jedoch bei den symptomatischen Patienten zusätzlich eine verstärkte Abnahme der kalorischen Funktion nachweisen.

Buchman et al. (2004) untersuchte auch die kalorische Funktion nach Implantation. Deren Ergebnisse zeigten jedoch für das gesamte Patientengut keine signifikante Verschlechterung der kalorischen Werte. Andererseits konnten sie bei fast einem Drittel der Patienten mit präoperativ normaler kalorischer Antwort eine deutliche Abnahme feststellen. Einen Zusammenhang zur Schwindelsymptomatik konnten auch sie nicht nachweisen.

Vermutlich spielen Schädigungen anderer Anteile des Gleichgewichtsorgans ebenfalls eine wichtige Rolle für die gesamte Gleichgewichtsfunktion nach Implantation und für die Entwicklung der Schwindelsymptomatik. Histologische Untersuchungen von Tien et al. (2002) zeigten vor allem Schädigungen im Sacculusbereich, seltener auch des Utrikulus und der horizontalen Bogengänge. Sie vermuten, dass dies an der engen anatomischen Nachbarschaft zur basalen Cochlea liegen könnte.

In den vorher genannten Studien wurde bisher nur die Funktion des horizontalen Bogenganges untersucht. Andere Labyrinthanteile wie der Otolithenapparat wurden damit nicht getestet. Für die gezielte Untersuchung des Otolithenapparates sind andere spezielle Methoden notwendig, die noch nicht überall im klinischen Alltag etabliert sind. Erste Studien hierzu belegen jedoch eine potenzielle Schädigung der Otolithenorgane durch die Cochlea Implantation.

Todt et al. (2008) untersuchte neben der Bogengangsfunktion die Sacculusfunktion mittels Vestibulär evozierten Potenzialen (VEMPs). Präoperativ hatten annähernd zwei Drittel der Patienten regelrechte Potenzialantworten. Postoperativ hatte dagegen nur noch knapp die Hälfte der Patienten eine regelrechte Antwort. Diese Befunde weisen auf eine Schädigung der Sacculusfunktion hin.

Zusammenfassend verschlechtert sich die Funktion des horizontalen Bogengangs nachweisbar nach einer Cochlea Implantation. Es zeigt sich jedoch kein direkter Zusammenhang mit dem Auftreten von postoperativem Schwindel. Hierfür sind nicht nur Schädigungen der horizontalen Bogengänge ursächlich, sondern möglicherweise auch andere Pathomechanismen. Dazu zählen insbesondere die Sacculusschädigung sowie Störungen zentraler Kompensationsmechanismen. Um sichere Aussagen treffen zu können sind weitere Studien hierzu notwendig. Eine Zusammenfassung der Ergebnisse von den Studien stellt die folgende Tabelle dar (*Tabelle. 5.2, Seite 59*).

<b>Autor</b>	<b>Verschlechterung der Gleichgewichtsfunktion nach CI % (n = Patientenkollektiv)</b>
Brey et al., 1995	40-43% (n=17)
Ito et al., 1998	38% (n=24)
Kubo et al., 2001	100% (n=87)
Klenzner et al., 2003	16% (n=32)
Enticott et al., 2006	79% (n=86)
Filipo et al., 2006	87% (n=15)
Todt et al., 2008	43% (n=30)* 9% (n=32)**
Unsere Studie	84% (n=32)

**Tabelle 5.2: Übersicht Studien Gleichgewichtsfunktion nach CI**

\*: anteriore Cochleostomie, \*\*: Zugang über rundes Fenster

### **5.3 Risikofaktoren für die Entstehung postoperativen Schwindels**

Nach Indikationsstellung für eine Implantation werden die Patienten über die Rehabilitationsphase und die möglichen Komplikationen aufgeklärt. Zu den potenziellen Risiken zählen auch Gleichgewichtsstörungen, wie bereits dargestellt wurde. Für die Aufklärung der Patienten und die postoperative Rehabilitation wäre es von großer Bedeutung, wenn mögliche Risikopatienten für postoperativen Schwindel bereits präoperativ erkannt werden könnten. Faktoren wie höheres Alter, Ertaubungsursache und Ertaubungsdauer können zum Beispiel eine Rolle spielen. Aus diesem Grund wurde in dieser Studie der Zusammenhang von möglichen Risikofaktoren und der Entstehung von postoperativem Schwindel untersucht.

In unserer Arbeit untersuchten wir die folgenden möglichen Einflussfaktoren:

- Geschlecht des Patienten
- Alter des Patienten bei Implantation
- Implantatseite
- Implantattyp
- Operateur
- Ertaubungsursache
- CT Felsenbein der CI-Seite
- Präoperativer Schwindel

- Präoperative rotatorische Prüfung
- Präoperative kalorische Prüfung.

Die Kriterien Geschlecht, Implantatseite, Implantattyp sowie Operateur zeigten keinen signifikanten Unterschied zwischen den Gruppen mit und ohne postoperativen Schwindel. Auch das durchschnittliche Alter bei Implantation war in den beiden Gruppen sehr ähnlich. Sowohl jüngere Patienten als auch ältere Patienten entwickelten Schwindel. Wir analysierten dazu gezielt zwei Altersgruppen: Patienten bis 60 Jahre und über 60 Jahre. Die Entwicklung von postoperativem Schwindel bei beiden Gruppen war annähernd gleich. Es zeigte sich, dass ein Alter über 60 Jahre kein Risikofaktor ist.

Andere Studien haben sich mit einer ähnlichen Fragestellung beschäftigt. Die Arbeit von Enticott et al. (2006) untersuchte ebenfalls den Einfluss von Alter, Ertaubungsursache, präoperativer kalorischer Erregbarkeit, Operateur und Elektrodenposition. Bei den Patienten mit präoperativer bilateraler Untererregung in der Kalorik war die Entwicklung von Schwindel postoperativ ähnlich zum gesamten Kollektiv. Die Autoren stellten außerdem fest, dass keiner der untersuchten Faktoren Einfluss auf die Entwicklung von Schwindel nach CI hatte. Andererseits berichtete Fina et al. (2003), dass bei älteren Patienten sowie bei längerer Ertaubungsdauer häufiger eine Schwindelsymptomatik auftreten kann.

Unsere Ergebnisse zum Einfluss der Ertaubungsursachen auf die Entwicklung von Schwindel postoperativ zeigten, dass bei den toxisch-, traumatisch- und Meningitis-bedingten Ertaubungen kein Schwindel auftrat. Dagegen waren Patienten aus der „Hörsturz“-Gruppe anfälliger für die Entstehung von Schwindel postoperativ. Möglicherweise befanden sich in dieser Gruppe auch Patienten mit oligosymptomatischer Menière-Erkrankung ohne die komplette klassische Trias Drehschwindel, Tinnitus und Hörminderung. Im Allgemeinen ist die Ertaubungsursache allerdings kein abgrenzbarer Risikofaktor. Eine signifikante statistische Aussage war nicht möglich, da die einzelnen Patientengruppen dafür zu klein waren.

Als Ergänzung zur Ertaubungsursache wurde die Felsenbein-computertomografie der CI-Seite von allen Patienten ausgewertet. Nur bei fünf Patienten (11%) fand sich eine morphologische Auffälligkeit. Diese anatomische Auffälligkeit im Felsenbein stellte jedoch keinen Risikofaktor für die Entstehung von Schwindel dar.

Zuletzt wurde die präoperative Gleichgewichtsprüfung auch im Zusammenhang mit der Entstehung von Schwindel postoperativ analysiert. Eine Unterfunktion des horizontalen Bogenganges präoperativ stellte jedoch keinen Risikofaktor dar. Die Entstehung von postoperativem Schwindel war unabhängig von dem Überwiegen eines Gleichgewichtsorgans. Allerdings entwickelten die Patienten mit einer bereits bestehenden Schwindelsymptomatik vor der Implantation tendenziell häufiger Schwindelsymptome nach CI. Der Unterschied war jedoch statistisch nicht signifikant.

Buchman et al. (2004) sowie Enticott et al. (2006) fanden ebenfalls bei der präoperativen Gleichgewichtsfunktion keine prädisponierenden Risikofaktoren für die Entstehung von postoperativem Schwindel. Kubo et al. (2001) hingegen zeigten in ihren Studien, dass möglicherweise die präoperative Bogengangsfunktion eine Rolle als Risikofaktor spielen könnte. Die Autoren fanden bei den symptomatischen Patienten eine signifikant höhere kalorische Erregbarkeit präoperativ. In unserer Studie konnten wir eine entsprechende Tendenz beobachten, die jedoch statistisch nicht signifikant war. Möglicherweise erfolgte bei den Patienten mit schlechterer präoperativer kalorischer Funktion bereits eine zentrale Kompensation. Im Gegensatz dazu könnten Patienten mit besserer Funktion wahrscheinlich anfälliger für eine akute Schädigung durch die Implantation sein. Eine gezielte Untersuchung der Kompensationsfähigkeit des Patienten könnte ergänzende Informationen für diese Aussagen geben und ist für zukünftige Studien geplant.

Weiterhin werden heutzutage zunehmend die Operationstechniken als ein prädisponierender Faktor für Gleichgewichtsstörungen diskutiert. Todt et al. (2008) zum Beispiel untersuchte zwei verschiedene Techniken und konnte bei der Technik mit dem Zugang direkt über das runde Fenster signifikant weniger Gleichgewichtsstörungen feststellen. Diese Tatsache sollte für die Zukunft und für die Weiterentwicklung der Operationstechnik als minimal-invasive Methode mitbeachtet werden.

Wie wir in unserer Arbeit zeigen konnten, hat die Implantation einen direkten Einfluss auf die Funktion des horizontalen Bogenganges. Die Hälfte der CI-Patienten entwickelten subjektive Schwindelsymptome postoperativ. Diese Symptome bestehen aber meistens nur für eine kurze Zeit. Prädisponierende Faktoren für deren Entstehung konnten wir nicht feststellen. Unsere Ergebnisse sind bedeutend für die Rehabilitation betroffener Patienten. Um vestibuläre Symptome zu verringern, können gezielte Schwindeltrainings sowie medikamentöse

Behandlungen erfolgen. In jedem Fall sollten alle CI-Patienten vor der Operation auf diese mögliche Komplikation hingewiesen und entsprechend aufgeklärt werden. Wie wir zeigen konnten, ist die Prognose postoperativer Schwindelsymptome in den meisten Fällen gut.

## **5.4 Ausblick**

Die Gleichgewichtsuntersuchung ist ein wichtiger Teil der CI-Voruntersuchung. Sie kann die Entscheidung für die Planung der zu operierenden Seite unterstützen und liefert den Ausgangsbefund für die Funktion des peripheren Vestibularorgans. Bisher wurden hauptsächlich die Untersuchungen Kalorik und Rotatorik hierfür eingesetzt. Diese sind schon seit Jahrzehnten Teil der Routineuntersuchungen in den meisten Kliniken. Allerdings wird damit hauptsächlich die Funktion der horizontalen Bogengänge getestet. Weitere Gleichgewichtsuntersuchungen wie z.B. die VEMP für die Sacculusfunktion sowie die Subjektive Visuelle Vertikale für die Utrikulusfunktion können die komplexe Diagnostik der Gleichgewichtsfunktion ergänzen und werden daher mittlerweile für weiterführende Studien in unserer Klinik auch bei CI-Patienten eingesetzt. Wir hoffen damit zukünftig noch detaillierte Aussagen über den Einfluss der Implantation auf das vestibuläre System machen zu können.

In den letzten Jahren werden immer häufiger Patienten beidseitig implantiert. Damit können sie zum Beispiel das Richtungshören verbessern. Welchen Einfluss dies auf die Gleichgewichtsfunktion bei diesen Patienten hat, ist noch offen. Unklar ist auch noch inwiefern die bilaterale Implantation einen bilateralen Gleichgewichtsausfall verursacht und welche Konsequenzen dies für die Lebensqualität der Patienten hat. Um dies zu klären haben wir auch hierfür weiterführende Studien geplant. Nicht zuletzt ist die Entwicklung der Operationstechnik ein weiterer wichtiger Faktor für die Zukunft. Bis heute haben sich wenige Studien mit der Frage des Einflusses der Operationsmethode auf die Funktion der peripheren Gleichgewichtsfunktion beschäftigt, dagegen sehr viele mit dem Thema Hörerhalt. Die Zugangswege in die Cochlea scheinen jedoch auch für das vestibuläre System von Bedeutung, wie zum Beispiel Todt et al. (2008) zeigten. Weitere Studien mit der Fragestellung wie neue operative Techniken die vestibulären Schäden minimieren können, sind daher lohnenswert und notwendig.



## 6 Zusammenfassung

Die Versorgung von ertaubten Patienten mit Cochlea Implantaten ist seit 20 Jahren ein Routineeingriff in der Klinik für Hals-Nasen-Ohrenheilkunde des Klinikums Großhadern. Jährlich werden 40 bis 50 Patienten implantiert. Eine häufige Komplikation der Cochlea Implantation ist die Entwicklung von Gleichgewichtsstörungen. Andere Studien über die Häufigkeit von Schwindel nach Implantation zeigten unterschiedliche Ergebnisse: 12% bis 75% der CI-Patienten entwickelten Schwindel postoperativ (z.B. Enticott et al. 2006; Fina et al. 2003; Ito et al. 1998; Kubo et al. 2001). In unserer Studiengruppe lag die Inzidenz für postoperativen Schwindel bei annähernd 50 Prozent.

Die Mehrheit der symptomatischen Patienten beschrieben die Symptome als Dreh- und/oder Schwankschwindel mit unregelmäßigen und minutenlangen Attacken, die innerhalb der ersten Woche nach OP anfangen. Typische Begleitsymptome waren Tinnitus und fluktuierende Hörminderung. Somit deuteten bei 90% der Patienten die Symptome auf eine otogene Ursache. In der apparativen Gleichgewichtsprüfung zeigte sich eine signifikante Reduktion der kalorischen Antwort im operierten Ohr nach CI. Diese Ergebnisse weisen auf eine Schädigung des horizontalen Bogenganges des implantierten Ohres hin. Einen Zusammenhang mit der subjektiven Schwindelsymptomatik postoperativ konnte jedoch statistisch nicht erwiesen werden. Weiterhin konnten wir in dieser Studie keine prognostischen Risikofaktoren für die Entstehung der Schwindelsymptomatik feststellen.

Vermutlich spielen weitere Faktoren wie eine Schädigung des Sacculus, sensorische Afferenzen und zentrale kompensatorische Mechanismen eine wichtige Rolle in der Gleichgewichtsfunktion nach der Implantation. Um diese Studie zu ergänzen und zu erweitern, sollen in zukünftigen Studien mit einem größeren Patientengut nicht nur die Bogengangsfunktion sondern auch die Otolithenfunktion mit Hilfe der VEMPs untersucht werden. Außerdem kann die Untersuchung von Kompensationsmechanismen bei CI-Kandidaten eine hilfreiche Aussage über die zentrale Kompensationsfähigkeit geben. Dies ist besonders wichtig für die bilaterale Implantation, die immer häufiger durchgeführt wird.

# Lebenslauf

## Persönliche Informationen

Name Julia Palo Rodrigues Louzã  
Geburtsdatum 11.12.1983  
Geburtsort São Paulo, Brasilien

## Schulbildung

02/1989 – 12/2001 Schweizer Schule São Paulo, Brasilien  
12/2001 Matura Abschluß, International Baccalaureate Bilingual  
Diploma und Brasilianischer Schulabschluß

## Universität

10/2002 – 05/2009 Studium der Humanmedizin, Ludwig-Maximilians-  
Universität München  
08/2004 Ärztliche Vorprüfung (Physikum)  
04/2007 – 06/2007 Auslandssemester mit klinischen Tätigkeiten, „Hospital  
das Clinicas“ (Lehrkrankenhaus), Universität von São  
Paulo, Brasilien  
11/2007 – 10/2008 Praktisches Jahr  
05/2009 Abschluß 2. Ärztliche Prüfung

## Berufserfahrung

Seit 06/2009 Wissenschaftliche Assistentin an der Klinik und Poliklinik  
für Hals-Nasen- und Ohrenheilkunde der Ludwig-  
Maximilians-Universität München

## Fortbildungen

12/2008 Oto-Rhino-Laryngologische Gesellschaft zu München  
e.V., Klinikum Großhadern, 59. Tagung  
06/2009 ENT World Congress IFOS 2009, São Paulo, Brasilien –  
Freier Vortrag: „Incidence and predisposing factors of  
vertigo after Cochlear Implantation“

12/2009	Oto-Rhino-Laryngologische Gesellschaft zu München e.V.Klinikum Großhadern, 60. Tagung
02/2010	Oto-Rhino-Laryngologische Gesellschaft zu München e.V., Klinikum Großhadern, Allergologie in der HNO-Heilkunde – Grundkurs
04/2010	Prüfarztkurs („Introduction to Good Clinical Practice“), Vienna School of Clinical Research

### **Veröffentlichungen**

Krause E, **Louza JPR**, Wechtenbruch J, Gürkov R. Influence of cochlear implantation on peripheral vestibular receptor function. *Otolaryngol Head Neck Surg.* 2010, 142(6): 809-813.

Krause E, **Louza JPR**, Hempel JM, Wechtenbruch J, Rader T, Gürkov R. Prevalence and characteristics of preoperative balance disorders in Cochlear Implant candidates. *Ann Otol, Rhinol & Laryngol.* 2008; 117(10):764-768.

Krause E, **Louza JPR**, Hempel JM, Wechtenbruch J, Rader T, Gürkov R. Effect of Cochlear Implantation on horizontal semi-circular canal function. *Eur Arch Otorhinolaryngol.* 2009; 266(6):811-817.

Krause E, **Louza JPR**, Wechtenbruch J, Hempel JM, Rader T, Gürkov R. Incidence and quality of vertigo symptoms after cochlear implantation. *J Laryngol Otol.* 2009; 123(3):278-282.

## Danksagung

Herrn Privatdozent Dr. E. Krause danke ich für die Überlassung des Themas und insbesondere für die engagierte Betreuung, Geduld, Motivation und stetige Bereitschaft während der gesamten Erstellung dieser Arbeit.

Ich danke Frau Dr. J. Wechtenbruch für die Unterstützung bei der Betreuung der CI-Patienten und für Ihre Hilfe bei der Durchführung der Fragebögen.

Einen besonderen Dank an die Mitarbeiter der Neurootologie der HNO Klinik, Klinikum Großhadern, für die Terminplanung und die Durchführung der Untersuchungen.

Ich danke Herrn T. Rader für die technische Systemunterstützung.

Meiner Familie möchte ich für die stetige Begleitung und Motivation während meines Studiums und der Doktorarbeit herzlich danken.

Nicht zuletzt bedanke ich mich bei Herrn Professor Dr. A. Berghaus und der gesamten HNO-Klinik, Klinikum Großhadern, für die Betreuung und Bereitstellung der Hilfsmittel.

## Abkürzungsverzeichnis

CI .....	Cochlea Implantat
CT .....	Computertomographie
DHI.....	Dizziness Handicap Inventory
ENG .....	Elektronystagmographie
GLP.....	Geschwindigkeit der langsamen Phase
HNO .....	Hals-Nasen-Ohren
impl. ....	implantiert
LGN .....	Lagerungsnystagmus
LN .....	Lagenystagmus
mGLP.....	mittlere Geschwindigkeit der langsamen Phase
OP.....	Operation
PN.....	Provokationsnystamus
IOS.....	Innenohr Schwerhörigkeit
SPN .....	Spontannystagmus
VEMPs.....	Vestibulär Evozierte Myogene Potenziale
VOG.....	Videookulographie
VOR.....	Vestibulookulärer Reflex
VP .....	Vestibularisprüfung
VSR .....	Vestibulospinaler Reflex

# Abbildungsverzeichnis

## Abbildung im Text

Abb. 1.1: Anatomie vom Ohr (mod. aus Parmet et al. 2007).....	4
Abb. 1.2: ENG Messung der Augenbewegungen .....	16
Abb. 1.3: Das Cochlea Implantat (mit freundlicher Genehmigung der Cochlear GmbH) .....	19
Abb. 3.1: Untersuchungsformen prä- und postoperativ (n=47) .....	27
Abb. 4.1: Altersverteilung am OP Tag .....	32
Abb. 4.2: Spontannystagmus horizontal präoperativ (n=45) .....	35
Abb. 4.3: Spontannystagmus horizontal postoperativ (n=42).....	36
Abb. 4.4: Rotatorik Seitenvergleich präoperativ (n=45).....	37
Abb. 4.5: Rotatorik Seitenvergleich postoperativ (n=42) .....	37
Abb. 4.6: Korrelation zwischen kalorische Antwort prä- und postop. (n=38) .....	39
Abb. 4.7: Kalorische Antwort quantitativ präoperativ (n=45) .....	40
Abb. 4.8: Kalorische Antwort quantitativ postoperativ (n=42).....	41
Abb. 4.9: Kalorik Seitenvergleich präoperativ (n=45).....	42
Abb. 4.10: Kalorik Seitenvergleich postoperativ (n=42) .....	42
Abb. 4.11: Alter und Schwindel postoperativ .....	44
Abb. 4.12: Geschlecht und Schwindel postoperativ .....	45
Abb. 4.13: Implantatseite und Schwindel postoperativ.....	46
Abb. 4.14: Implantattyp und Schwindel postoperativ .....	46
Abb. 4.15: Operateur und Schwindel postoperativ.....	47
Abb. 4.16: Ertaubungsursachen und Schwindel postoperativ .....	48
Abb. 4.17: CT Felsenbein CI Seite und Schwindel postoperativ (n=46).....	49
Abb. 4.18: Schwindel präoperativ und Schwindel postoperativ .....	50
Abb. 4.19: Rotatorik Seitenvergleich präop und Schwindel postoperativ (n=45) .....	51
Abb. 4.20: Kalorik CI-Seite Quantitativ präoperativ und Schwindel postoperativ (n=45) .....	52

## **Abbildung im Anhang**

A.I: Fragebogen präoperativ .....	76
A.II: Fragebogen postoperativ .....	77
A.III: Altersverteilung nach Geschlechtern .....	78
A.IV: Kalorische Antwort absolut (GLP) prä- und postoperativ .....	78
A.V: Kalorik CI Seite präoperativ und Schwindel postoperativ (n=44) .....	79

# Tabellenverzeichnis

## Table im Text

Tabelle 1.1: Häufige Ursachen für eine Schwerhörigkeit .....	7
Tabelle 1.2: Ursachen für einen otogenen Schwindel (Maurer 1999) .....	12
Tabelle 4.1: Rotatorik Seitenvergleich gruppiert .....	38
Tabelle 4.2: Kalorik Seitenvergleich gruppiert.....	43
Tabelle 4.3: Ertaubungsursachen.....	48
Tabelle 4.4: Schwindel postoperativ und Kalorik CI-Seite postoperativ.....	53
Tabelle 4.5: Übersichtstabelle Faktoren und Schwindel postoperativ .....	54
Tabelle 5.1: Übersicht Studien Schwindel nach CI .....	55
Tabelle 5.2: Übersicht Studien Gleichgewichtsfunktion nach CI .....	59

## Table im Anhang

Tabelle A. I: Altersverteilung beider Geschlechtern .....	80
Tabelle A. II: Mann-Whitney-U Test: Geschlecht und Altersverteilung .....	80
Tabelle A. III: Postoperativer Schwindel und Eigenschaften (n=21).....	81
Tabelle A. IV: SPN horizontal prä- und postoperativ (n=42) .....	82
Tabelle A. V: Rotatorik Seitenvergleich prä- und postoperativ (n=42).....	83
Tabelle A. VI: Rotatorik Seitenvergleich gruppiert(n=36) .....	83
Tabelle A. VII: Kalorik CI Seite absolut.....	84
Tabelle A. VIII: Wilcoxon Test: Kalorik CI Seite absolut prä- und postoperativ (n=38) .....	84
Tabelle A. IX: Korrelation zwischen Kalorik CI Seite prä und postoperativ (n=38) ..	85
Tabelle A. X: Kalorische Antwort CI Seite quantitativ prä- und postoperativ (42) ....	85
Tabelle A. XI: Kalorik Seitenvergleich prä- und postoperativ (n=42) .....	86
Tabelle A. XII: Altersgruppen und Schwindel postoperativ.....	87
Tabelle A. XIII: Mann-Whitney-U Test: Postoperativer Schwindel und Alter .....	87
Tabelle A. XIV: Geschlecht und Schwindel postoperativ .....	87
Tabelle A. XV: Implantat Seite und Schwindel postoperativ.....	88
Tabelle A. XVI: Implantattyp und Schwindel postoperativ .....	88
Tabelle A. XVII: Operateur und Schwindel postoperativ .....	88
Tabelle A. XVIII: Ertaubungsursache und Schwindel postoperativ.....	89
Tabelle A. XIX: CT Felsenbein CI Seite und Schwindel postoperativ (n=46) .....	89



Tabelle A. XX: Schwindel präoperativ und Schwindel postoperativ .....	89
Tabelle A. XXI: Rotatorik Seitenvergleich präop und Schwindel postoperativ (n=45) .....	90
Tabelle A. XXII: Kalorik CI Seite Quantitativ präop und Schwindel postoperativ (n=45) .....	90
Tabelle A. XXIII: Mann-Whitney-U Test: Postoperativer Schwindel und Kalorik CI Seite absolut präoperativ (n=44) .....	91
Tabelle A. XXIV: Mann-Whitney-U Test: Schwindel postoperativ und Differenz Kalorik Funktion CI Seite (präop – postop) .....	91
Tabelle A. XXV: Schwindel postoperativ und Differenz Kalorik CI Seite .....	91

## Literaturverzeichnis

1. Basta D, Todt I, Goepel F, et al. Loss of saccular function after cochlear implantation: the diagnostic impact of intracochlear electrically elicited vestibular evoked myogenic potentials. *Audiol Neurootol.* 2008;13:187–92.
2. Bance ML, O'Driscoll M, Giles E et al. Vestibular stimulation by multichannel cochlear implants. *Laryngoscope* 1998, 108(2):291-4.
3. Boenninghaus HG, Lenarz T. HNO. *Springer Verlag*, Heidelberg, 12. Auflage, 2005.
4. Brey RH, Facer GW, Trine MB et al. Vestibular Effects Associated with Implantation of a Multiple Channel Cochlear Prosthesis. *Am J of Otolology* 1995, 16: 424-430.
5. Buchman CA, Joy J, Hodges A, et al. Vestibular Effects of Cochlear Implantation. *The Laryngoscope* 2004, 114: S1-22.
6. Cohen NL, Hoffman RA. Complications of cochlear implant surgery in adults and children. *Ann Otol Rhinol Laryngol.* 1991; 100:708-11.
7. Colebatch JG, Halmagyi GM, Skuse NF. Myogenic potentials generated by a click-evoked vestibulocollic reflex. *J. of Neurology, Neurosurgery, and Psychiatry* 1994, 57: 190-197.
8. Di Girolamo S, Fetoni AR, Di Nardo W et al. An unusual complication of cochlear implant: benign paroxysmal positional vertigo. *J Laryngol Otol.* 1999, 113(10):922-3.
9. Enticott JC, Tari S, Koh SM et al. Cochlear Implant and Vestibular Function. *Otology & Neurology* 2006, 27: 824-830.
10. Feldmann H. Das Gutachten des Hals-Nasen-Ohren-Arztes. *Thieme Verlag*, Stuttgart, New York, 6. Auflage, 2006.
11. Filipo R, Patrizi M, La Gamma R et al. Vestibular Impairment and Cochlear Implantation. *Acta Oto-Laryngologica* 2006, 126: 1266-1274.
12. Fina M, Skinner M, Goebel JA et al. Vestibular Dysfunction after Cochlear Implantation. *Otology & Neurology* 2003, 24: 234-242.
13. Graham SS, Dickins JR. Postimplantation Meniere's syndrome with fluctuant electrical thresholds. *Ann Otol Rhinol Laryngol Suppl.* 1995, 166:412-4.
14. Haid CT. Vestibularisprüfung und vestibuläre Erkrankungen. *Springer Verlag*, Berlin, Heidelberg, New York, 1. Auflage, 1990.
15. Hallpike CS. The caloric tests. *J Laryngol Otol.* 1956, 70(1):15-28.

16. Handzel O, Burgess BJ, Nadol JB. Histopathology of the Peripheral Vestibular System after Cochlear Implantation in the Human. *Otology & Neurology* 2005, 27: 57-64.
17. Huygen PL, Hinderink JB, van den Broek P, et al. The risk of vestibular function loss after intracochlear implantation. *Acta Otolaryngol Suppl.* 1995; 520(pt 2):270 –2.
18. Ito J. Influence of the Multichannel Cochlear Implant on Vestibular Function. *Otolaryngology-Head and Neck Surg.* 1998, 118: 900-902.
19. Jacobson GP, Newmann CW. The Development of the Dizziness Handicap Inventory. *Arch Otolaryngology Head Neck Surg.* 1990, 116: 424-427.
20. Jin Y, Nakamura M, Shinjo Y et al. Vestibular-evoked myogenic potentials in cochlear implant children. *Acta Otolaryngol.* 2006, 126(2):164-9.
21. Jongkees LB, Maas JP, Philipszoon AJ. Clinical nystagmography. A detailed study of electro-nystagmography in 341 patients with vertigo. *Pract Otorhinolaryngol.* 1962, 24:65-93.
22. Kempf HG, Büchner A, Stover T. Kochleaimplantat bei Erwachsenen: Indikation und Durchführung. *HNO* 2003, 51: 591-603.
23. Kempf HG, Tempel S, Johann K et al. Komplikationen der Cochlear Implant-Chirurgie bei Kindern und Erwachsenen. *Laryngo-Rhino-Otol.* 1998, 78: 529-537.
24. Klenzner T, Neumann M, Aschendorff A, et al. Thermische Erregbarkeit des Vestibularorgans nach Cochlear-Implantation. *Laryngo-Rhino-Otol.* 2004, 83: 659-664.
25. Kubo T, Yamamoto K, Iwaki T et al. Different Forms of Dizziness occurring after Cochlear Implant. *Eur Arch Otorhinolaryngology* 2001, 258: 9-12.
26. Lehnhardt E. Intrakochleäre Plazierung der Cochlear-Implant-Elektroden in soft surgery technique. *HNO* 1993, 41: 356-359.
27. Lenarz T. Cochlea Implantat. *Springer Verlag*, Berlin, Heidelberg, New York, 1. Auflage, 1998.
28. Lesinski A, Kempf HG, Lenarz T. Tullio phenomenon after cochlear implantation. *HNO* 1998, 46(7):692-4.
29. Limb CJ, Francis HF, Lustig LR et al. Benign positional vertigo after cochlear implantation. *Otolaryngol Head Neck Surg.* 2005, 132(5):741-5.
30. Marangos N, Laszig R. Cochlear Implants: Die prothetische Versorgung bei Taubheit um die Jahrtausendwende. *HNO* 1998, 46: 12-26.

31. Maurer J. Neurootologie. *Thieme Verlag*, Stuttgart, New York, 1. Auflage, 1999.
32. Mulch G, Leonardy B, Petermann W. Normal values of the caloric test. *Laryngol Rhinol Otol.* 1978, 57(6):528-40.
33. O'Leary MJ, Fayad J, House WF et al. Electrode insertion trauma in cochlear implantation. *Ann Otol Rhinol Laryngol.* 1991, 100:695-9.
34. Parmet et al. Adult Hearing Loss. *JAMA* 2007, 298:130.
35. Probst R, Grevers G, Iro H. Hals-Nasen-Ohren-Heilkunde. *Thieme Verlag*, Stuttgart, New York, 2. Auflage, 2004.
36. Scherer H. Der Gleichgewichtssinn – Neues aus Forschung und Klinik, 6. Henning-Symposium, Berlin. *Springer Verlag*, Wien, New York, 2008.
37. Silbernagl S, Despopoulos A. Taschenatlas der Physiologie. *Thieme Verlag*, Stuttgart, New York, 6. Auflage, 2003.
38. Steerneson RL, Gaye WC, Gary LB. Vertigo after Cochlear Implantation. *Otology and Neurology* 2001, 22: 842-843.
39. Strupp M, Zingler VC, Arbusow V et al. Methylprednisolone, valacyclovir, or the combination for vestibular neuritis. *The New England Journal of Med.* 2004, 351: 354-61.
40. Tien HC, Linthicum FH. Histopathologic Changes in the Vestibule after Cochlear Implantation. *Otolaryngology-Head and Neck Surg.* 2002, 127: 260-264.
41. Todt I, Basta D, Ernst A. Does the surgical approach in cochlear implantation influence the occurrence of postoperative vertigo? *Otolaryngology-Head and Neck Surg.* 2008, 138: 8-12.
42. Todt I, Rademacher G, Wagner J et al. Evaluation of cochlear implant electrode position after a modified round window insertion by means of a 64-multislice CT. *Acta Otolaryngol.* 2008, 31: 1-5.
43. Vibert D, Häusler R, Kompis M et al. Vestibular Function in Patients with Cochlear Implantation. *Acta Otolaryngol.* 2001, Suppl 545: 29-34.
44. Wassill KH, Kaufmann H. Binokulare Dreidimensionale Videookulographie. *Der Ophthalmologe* 2000, 97 (9): 629-632.
45. Welgampola MS, Colebatch JG. Characteristics and clinical applications of vestibular-evoked myogenic potentials. *Neurology* 2005, 64 (10): 1682-1688.
46. Wiseman M. SPSS für Windows: Eine Einführung. *Leibniz-Rechenzentrum der Bayerischen Akademie der Wissenschaften*, 10. Auflage, 2005.

47. Wiseman M. SPSS Special Topics: Einige Grundbegriffe der Statistik. *Leibniz-Rechenzentrum der Bayerischen Akademie der Wissenschaften*, 2005.
48. Zanetti D, Campovecchi CB, Balzanelli C et al. Paroxysmal positional vertigo after cochlear implantation. *Acta Otolaryngol.* 2007, 127(5):452-8.

#### **Internetadressen:**

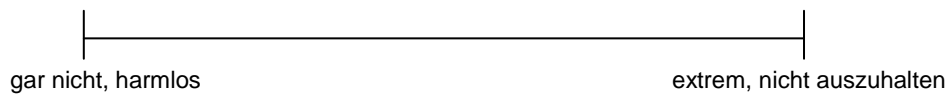
49. <http://www.bionicear-europe.com/de/how-implant-works/wie-arbeitet-es.html>  
Advanced Bionics SARL  
Rixheim, Frankreich
50. <http://www.bbcig.de/ci.html>  
Berlin-Brandenburgische Cochlear Implant Gesellschaft e.V.  
Berlin, Deutschland
51. <http://www.medel.de>  
Med-EL Deutschland GmbH  
Starnberg, Deutschland
52. <http://www.cochlear.de>  
Cochlear GmbH  
Hannover, Deutschland
53. [http://med.stanford.edu/ohns/patient\\_care/Dizziness%20Handicap%20Inventory.pdf](http://med.stanford.edu/ohns/patient_care/Dizziness%20Handicap%20Inventory.pdf) (17.09.2007)  
Stanford University  
Stanford, USA

# Anhang

## Abb. A.I: Fragebogen präoperativ

### Fragebogen zu Schwindelsymptomen vor einer Cochlea Implantation

- 1) Haben Sie Schwindel oder Gleichgewichtsstörungen?
- Ja  Nein (*fertig mit dem Fragebogen*)
- 2) Seit wann leiden Sie unter Schwindel oder Gleichgewichtsstörungen (z.B. 5 Monate, 2 Jahre...)?
- 3) Welche Qualität hat der Schwindel bzw. die Gleichgewichtsstörung?
- Drehschwindel  Liftgefühl  
 Schwankschwindel  Allgemeines Unsicherheitsgefühl
- 4) Wie oft tritt das Schwindelgefühl auf?
- Dauerschwindel (*weiter Frage 8*)  Täglich  
 Wöchentlich  Monatlich  
 Mehrmals im Jahr  Sehr unregelmäßig
- 5) Wie lange hält der Schwindel an?
- Sekunden  Minuten  
 Stunden  Tage  
 Wochen  Sehr unterschiedlich
- 6) Gibt es Auslöser für den Schwindel (z.B. Kopfbewegungen, Tätigkeiten, Lärm)?
- Ja  Nein  
Wenn ja, welche?
- 7) Kündigt sich der Schwindel durch Vorboten (z. B. Ohrdruck, Pfeiffen, Hörminderung) an?
- Ja  Nein  
Wenn ja, welche?
- 8) Welche Begleitsymptome treten auf?
- Keine  Hörminderung  
 Ohrgeräusche  Übelkeit, Erbrechen  
 Kopfschmerzen  Angst  
 Schwitzen  Sonstige, nämlich...
- 9) Wie stark leiden Sie unter dem Schwindel? (*Bitte mit senkrechtem Strich markieren!*)



Bemerkungen:

Vielen Dank für Ihre Mitarbeit!

Datum

Unterschrift

## Abb. A.II: Fragebogen postoperativ

### Fragebogen zu Schwindelsymptomen 1Woche nach der Cochlea Implantation

1) Haben Sie oder leiden Sie **seit** der Cochlea Implantationsoperation unter einem Schwindel oder Gleichgewichtsstörungen?

- Ja  Nein (*fertig mit dem Fragebogen*)

2) Wann trat der Schwindel erstmalig nach der Operation auf??

3) Welche Qualität hat der Schwindel bzw. die Gleichgewichtsstörung?

- Drehschwindel  Liftgefühl  
 Schwankschwindel  Allgemeines Unsicherheitsgefühl

4) Wie oft tritt das Schwindelgefühl auf?

- Dauerschwindel (*weiter Frage 8*)  Täglich  
 Wöchentlich  Monatlich  
 Mehrmals im Jahr  Sehr unregelmäßig

5) Wie lange hält der Schwindel an?

- Sekunden  Minuten  
 Stunden  Tage  
 Wochen  Sehr unterschiedlich

6) Gibt es Auslöser für den Schwindel (z.B. Kopfbewegungen, Tätigkeiten, Lärm)?

- Ja  Nein  
Wenn ja, welche?

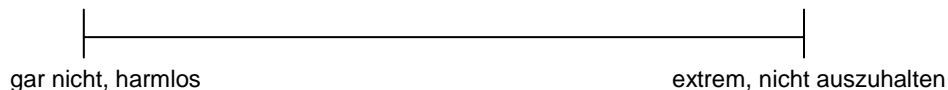
7) Kündigt sich der Schwindel durch Vorboten (z. B. Ohrdruck, Pfeiffen, Hörminderung) an?

- Ja  Nein  
Wenn ja, welche?

8) Welche Begleitsymptome treten auf?

- Keine  Hörminderung  
 Ohrgeräusche  Übelkeit, Erbrechen  
 Kopfschmerzen  Angst  
 Schwitzen  Sonstige, nämlich...

9) Wie stark leiden Sie unter dem Schwindel? (*Bitte mit senkrechtem Strich markieren!*)



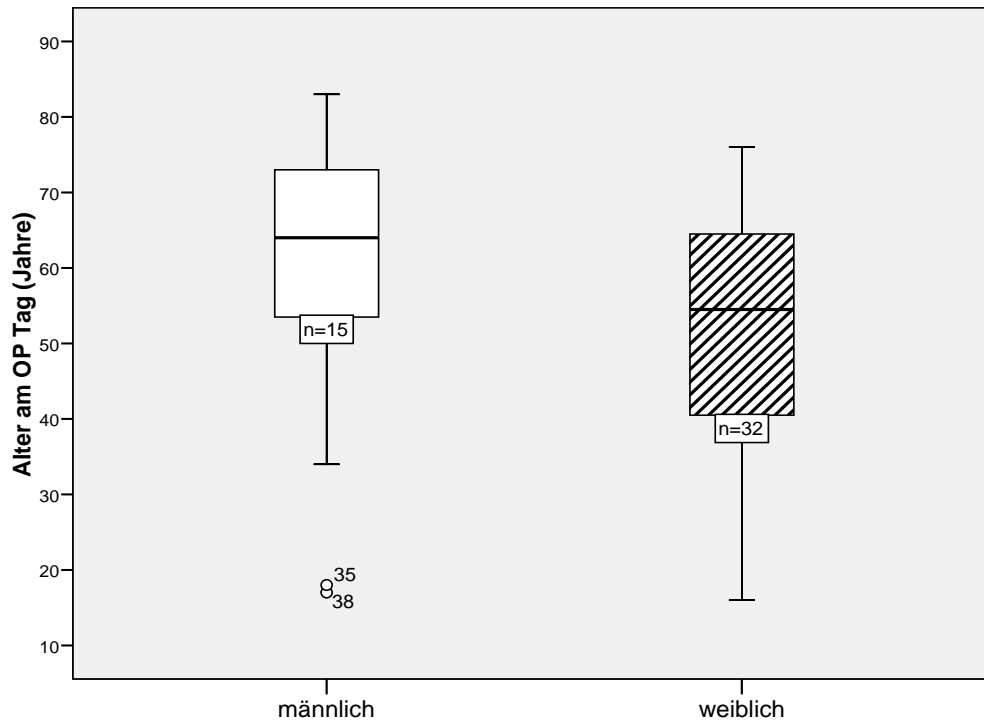
Bemerkungen:

Vielen Dank für Ihre Mitarbeit!

Datum

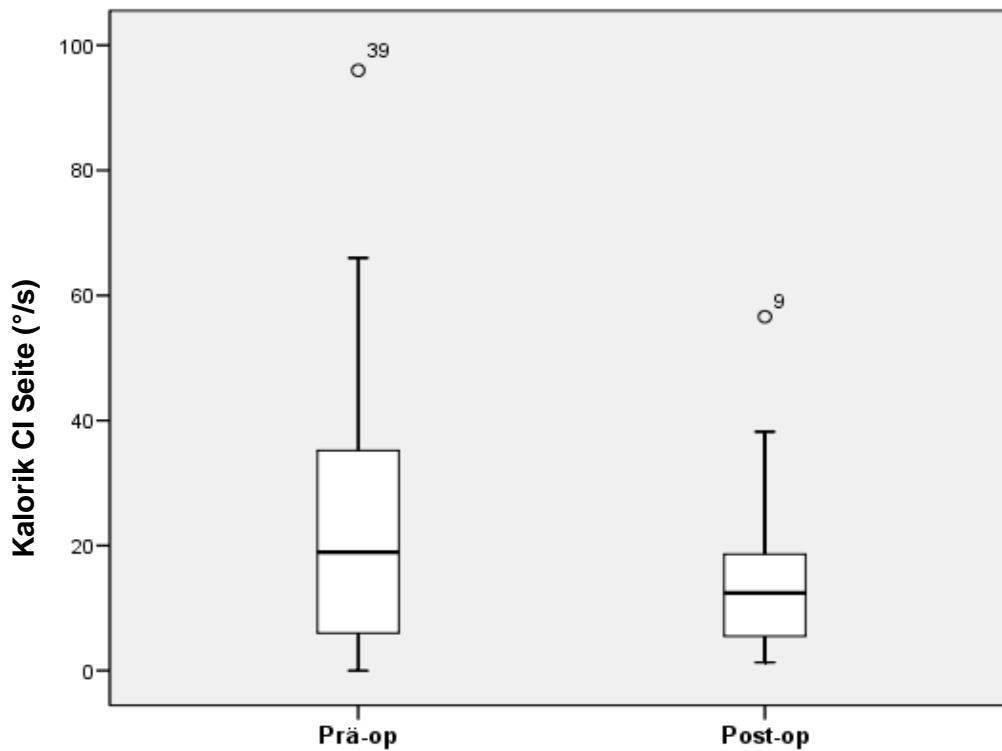
Unterschrift

**Abb. A.III: Altersverteilung nach Geschlechtern**



n=47, Median männlich=64 Jahre, Median weiblich= 54,5 Jahre

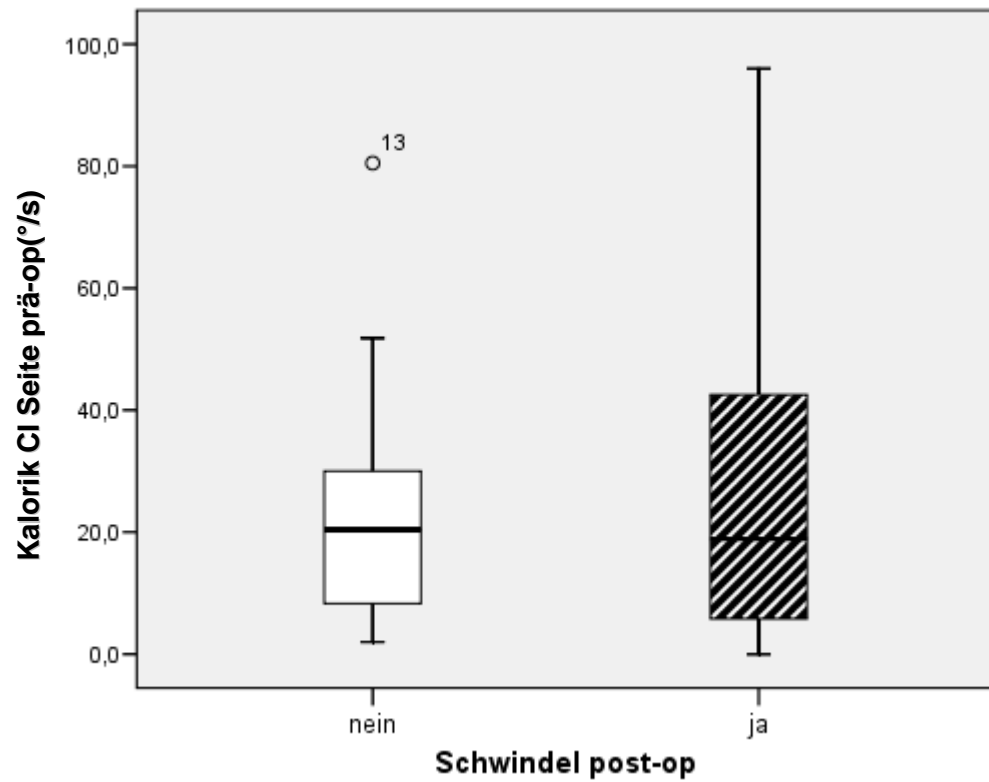
**Abb. A.IV: Kalorische Antwort absolut (GLP) prä- und postoperativ**



n=38, Median prä-op=19,7°/s, Median post-op= 13°/s



**Abb. A.V: Kalorik CI Seite präoperativ und Schwindel postoperativ (n=44)**



Nein: Mittelwert 22,7°/s, Median = 20,4°/s, Standardabw. = 18,37°/s

Ja: Mittelwert 26,6°/s, Median = 18,9°/s, Standardabw. = 25,97°/s

**Tabelle A. I: Altersverteilung beider Geschlechtern**

Geschlecht			
Alter am OP Tag (Jahre)	Männlich	Mittelwert	59,1
		Median	64,0
		Standardabweichung	21,11
		Minimum	17
		Maximum	83
		Spannweite	66
	Weiblich	Mittelwert	50,9
		Median	54,5
		Standardabweichung	17,81
		Minimum	16
		Maximum	76
		Spannweite	60

**Tabelle A. II: Mann-Whitney-U Test: Geschlecht und Altersverteilung**

	Geschlecht	Anzahl	Mittlerer Rang	Rangsumme
Alter am OP Tag	Männlich	15	28,77	431,50
	Weiblich	32	21,77	696,50
	Gesamt	47		

**Mann-Whitney-U = 168,500**

**Z = -1,633**

**Asymptotische Signifikanz (2-seitig) = 0,103**

**Tabelle A. III: Postoperativer Schwindel und Eigenschaften (n=21)**

<b>Frage</b>	<b>Anzahl</b>	<b>Prozent</b>	
<b>Wie lange nach OP?</b>	direkt nach OP	11	52,4%
	1. Tag bis 1 Woche nach OP	6	28,6%
	1 bis 4 Wochen nach OP	2	9,5%
	1 Monat bis 4 Monaten nach OP	1	4,8%
	nach 6 Monaten	1	4,8%
<b>Qualität des Schwindels? *</b>	Drehschwindel	9	42,9%
	Schwankschwindel	12	57,1%
	Liftgefühl	0	0,0%
	allgemeine Unsicherheit	6	28,6%
<b>Frequenz des Schwindels?</b>	Dauerschwindel	2	9,5%
	täglich	5	23,8%
	wöchentlich	1	4,8%
	sehr unregelmäßig	10	47,6%
	keine Angabe	3	14,3%
<b>Dauer des Schwindels?</b>	Sekunden	4	19,0%
	Minuten	10	47,6%
	Stunden	2	9,5%
	Tagen	1	4,8%
	sehr unterschiedlich	2	9,5%
	keine Angabe	2	9,5%
<b>Auslöser?</b>	ja	12	57,1%
<b>Vorboten?</b>	ja	5	23,8%
<b>Begleitsymptome?</b>	ja	15	71,4%
<b>Welche? *</b>	Hörminderung	1	4,8%
	Ohrgeräusche	8	38,1%
	Übelkeit und Erbrechen	3	14,3%
	Kopfschmerzen	4	19,0%
	Angst	1	4,8%
	Schwitzen	2	9,5%
	sonstige Begleitsymptome	1	4,8%

**\* Mehrfachantwort möglich**

**Tabelle A. IV: SPN horizontal prä- und postoperativ (n=42)**

		SPN horizontal präoperativ			Gesamt
		keinen	zur nicht impl. Seite	zur CI Seite	
SPN horizontal postoperativ	keinen	24	4	6	34
	zur nicht impl. Seite	1	4	0	5
	zur CI Seite	2	0	1	3
Gesamt		27	8	7	42

**Tabelle A. V: Rotatorik Seitenvergleich prä- und postoperativ (n=42)**

		Rotatorik Seitenvergleich präoperativ					Gesamt
		seitengleich	Überwiegen zur nicht impl. Seite	Überwiegen zur CI-Seite	Ausfall beidseitig	nicht durchgeführt	
<b>Rotatorik Seitenvergleich postoperativ</b>	seitengleich	9	2	0	0	1	12
	Überwiegen zur nicht impl. Seite	8	5	3	0	0	16
	Überwiegen zur CI-Seite	3	2	2	0	0	7
	Ausfall beidseitig	0	0	0	2	0	2
	nicht durchgeführt	3	0	2	0	0	5
<b>Gesamt</b>		<b>23</b>	<b>9</b>	<b>7</b>	<b>2</b>	<b>1</b>	<b>42</b>

**Tabelle A. VI: Rotatorik Seitenvergleich gruppiert(n=36)**

		Rotatorik Seitenvergleich gruppiert präoperativ		Gesamt
		Seitengleich+ Überwiegen zur CI-Seite	Ausfall + Überwiegen zur nicht impl. Seite	
<b>Rotatorik Seitenvergleich gruppiert postoperativ</b>	Seitengleich + Überwiegen zur CI-Seite	14	4	18
	Ausfall + Überwiegen zur nicht impl. Seite	<b>11 (30,6%)</b>	7	18
<b>Gesamt</b>		<b>25</b>	<b>11</b>	<b>36</b>

**Tabelle A. VII: Kalorik CI Seite absolut**

		<b>Kalorik CI Seite absolut präop</b> (GLP°/s)	<b>Kalorik CI Seite absolut postop</b> (GLP°/s)
<b>Anzahl</b>	Gültig	44	39
	Fehlend	3	8
<b>Mittelwert</b>		24,4	14,5
<b>Median</b>		19,7	13,0
<b>Standardabweichung</b>		21,78	11,55
<b>Spannweite</b>		96,0	55,3
<b>Minimum</b>		0,0	1,3
<b>Maximum</b>		96,0	56,6
<b>Summe aller Werte</b>		1072,6	567,1

**Tabelle A. VIII: Wilcoxon Test: Kalorik CI Seite absolut prä- und postoperativ (n=38)**

		<b>Anzahl</b>	<b>Mittlerer Rang</b>	<b>Rangsumme</b>
<b>Kalorik CI absolut postop –</b>	Negative Ränge	31(a)	20,77	644,00
	Positive Ränge	6(b)	9,83	59,00
<b>Kalorik CI absolut präop</b>	Bindungen	1(c)		
	Gesamt	38		

**Z (basiert auf positiven Rängen) = -4,413**

**Asymptotische Signifikanz (2-seitig) = 0,000**

(a) Kalorik CI absolut postop < Kalorik CI absolut präop

(b) Kalorik CI absolut postop > Kalorik CI absolut präop

(c) Kalorik CI absolut postop = Kalorik CI absolut präop

**Tabelle A. IX: Korrelation zwischen Kalorik CI Seite prä und postoperativ (n=38)**

			Kalorik CI Seite absolut postop GLP (°/s)
<b>Spearman-Rho</b>	<b>Kalorik CI Seite absolut präop GLP (°/s)</b>	Korrelationskoeffizient	0,885(**)
		Signifikanz (2-seitig)	0,000
		Anzahl	38

\*\* Die Korrelation ist auf dem 0,01 Niveau signifikant (zweiseitig).

**Tabelle A. X: Kalorische Antwort CI Seite quantitativ prä- und postoperativ (42)**

		Kalorik quantitativ präop					Gesamt
		normal	Unter- erregt	Über- erregt	Ausfall	nicht durch- geführt	
<b>Kalorik quantitativ postop</b>	normal	13	0	1	0	1	15
	untererregt	<b>6</b>	1	0	1	0	8
	übererregt	0	0	1	0	0	1
	Ausfall	<b>3</b>	3	0	9	0	15
	nicht durchgeführt	1	0	0	2	0	3
<b>Gesamt</b>		23	4	2	12	1	42

**(n=38 ohne „nicht durchgeführt“)**

**Tabelle A. XI: Kalorik Seitenvergleich prä- und postoperativ (n=42)**

		Kalorik Seitenvergleich präoperativ					Gesamt
		seitengleich	Seitendiff. zu ungunsten der nicht impl. Seite	Seitendiff. zu ungunsten der CI-Seite	Ausfall beidseitig	Nicht durchgeführt	
<b>Kalorik Seitenvergleich postoperativ</b>	Seitengleich	5	8	1	0	0	14
	Seitendiff. zu ungunsten der nicht impl. Seite	1	3	1	0	0	5
	Seitendiff. zu ungunsten der CI-Seite	6	0	10	0	1	17
	Ausfall beidseitig	0	0	0	3	0	3
	nicht durchgeführt	0	1	1	1	0	3
<b>Gesamt</b>		12	12	13	4	1	42



**Tabelle A. XII: Altersgruppen und Schwindel postoperativ**

	Schwindel postoperativ				Gesamt	
	ja		nein		Anzahl	Prozent
	Anzahl	Prozent	Anzahl	Prozent		
<b>&lt;60 Jahre</b>	12	57,1%	14	53,8%	26	55,3%
<b>&gt;60 Jahre</b>	9	42,9%	12	46,2%	21	44,7%
<b>Gesamt</b>	21	100,0%	26	100,0%	47	100,0%

Exakter Test nach Fisher p = 1,000

**Tabelle A. XIII: Mann-Whitney-U Test: Postoperativer Schwindel und Alter**

	Schwindel postop	Anzahl	Mittlerer Rang	Rangsumme
<b>Alter am OP Tag</b>	<b>ja</b>	21	24,86	522,00
	<b>nein</b>	26	23,31	606,00
	<b>Gesamt</b>	47		

Mann-Whitney-U = 255,000

Z = -0,385

Asymptotische Signifikanz (2-seitig) = 0,700

**Tabelle A. XIV: Geschlecht und Schwindel postoperativ**

	Schwindel postoperativ				Gesamt	
	ja		Nein		Anzahl	Prozent
	Anzahl	Prozent	Anzahl	Prozent		
<b>männlich</b>	6	28,6%	9	34,6%	15	31,9%
<b>weiblich</b>	15	71,4%	17	65,4%	32	68,1%
<b>Gesamt</b>	21	100,0%	26	100,0%	47	100,0%

Exakter Test nach Fisher p = 0,758

**Tabelle A. XV: Implantat Seite und Schwindel postoperativ**

	Schwindel postoperativ				Gesamt	
	ja		Nein		Anzahl	Prozent
	Anzahl	Prozent	Anzahl	Prozent		
<b>rechts</b>	12	57,1%	14	53,8%	26	55,3%
<b>links</b>	9	42,9%	12	46,2%	21	44,7%
<b>Gesamt</b>	21	100,0%	26	100,0%	47	100,0%

Exakter Test nach Fisher p = 1,000

**Tabelle A. XVI: Implantattyp und Schwindel postoperativ**

	Schwindel postoperativ				Gesamt	
	ja		nein		Anzahl	Prozent
	Anzahl	Prozent	Anzahl	Prozent		
<b>Nucleus 24</b>	16	76,2%	20	76,9%	36	76,6%
<b>MedEL</b>	5	23,8%	6	23,1%	11	23,4%
<b>Gesamt</b>	21	100,0%	26	100,0%	47	100,0%

Exakter Test nach Fisher p = 1,000

**Tabelle A. XVII: Operateur und Schwindel postoperativ**

	Schwindel postoperativ				Gesamt	
	ja		nein		Anzahl	Prozent
	Anzahl	Prozent	Anzahl	Prozent		
<b>A</b>	10	47,6%	8	30,8%	18	38,3%
<b>B</b>	7	33,3%	13	50,0%	20	42,6%
<b>C</b>	4	19,0%	5	19,2%	9	19,1%
<b>Gesamt</b>	21	100,0%	26	100,0%	47	100,0%

Chi-Quadrat nach Pearson p = 0,445

Exakter Test nach Fisher A - p = 0,366, B - p = 0,366, C - p = 1,000

**Tabelle A. XVIII: Ertaubungsursache und Schwindel postoperativ**

	Schwindel postoperativ				Gesamt	
	ja		nein		Anzahl	Prozent
	Anzahl	Prozent	Anzahl	Prozent		
<b>Hörsturz</b>	7	33,3%	1	3,8%	8	17,0%
<b>progr. degen. IOS</b>	3	14,3%	2	7,7%	5	10,6%
<b>toxisch</b>	0	0,0%	4	15,4%	4	8,5%
<b>kongenital</b>	3	14,3%	4	15,4%	7	14,9%
<b>traumatisch</b>	0	0,0%	1	3,8%	1	2,1%
<b>Meningitis</b>	0	0,0%	2	7,7%	2	4,3%
<b>unbekannt</b>	5	23,8%	9	34,6%	14	29,8%
<b>andere</b>	3	14,3%	3	11,5%	6	12,8%
<b>Gesamt</b>	21	100,0%	26	100,0%	47	100,0%

**Tabelle A. XIX: CT Felsenbein CI Seite und Schwindel postoperativ (n=46)**

	Schwindel postoperativ				Gesamt	
	ja		nein		Anzahl	Prozent
	Anzahl	Prozent	Anzahl	Prozent		
<b>regelrecht</b>	18	85,7%	23	92,0%	41	89,1%
<b>anatomische Auffälligkeit</b>	3	14,3%	2	8,0%	5	10,9%
<b>Gesamt</b>	21	100,0%	25	100,0%	46	100,0%

Exakter Test nach Fisher p = 0,648

**Tabelle A. XX: Schwindel präoperativ und Schwindel postoperativ**

		Schwindel postoperativ				Gesamt	
		ja		nein		Anzahl	Prozent
		Anzahl	Prozent	Anzahl	Prozent		
<b>Schwindel präoperativ</b>	<b>ja</b>	14	66,7%	11	42,3%	25	53,2%
	<b>nein</b>	7	33,3%	15	57,7%	22	46,8%
<b>Gesamt</b>		21	100,0%	26	100,0%	47	100,0%

Exakter Test nach Fisher p = 0,143

**Tabelle A. XXI: Rotatorik Seitenvergleich präop und Schwindel postoperativ (n=45)**

	Schwindel postoperativ				Gesamt	
	ja		nein		Anzahl	Prozent
	Anzahl	Prozent	Anzahl	Prozent		
<b>seitengleich</b>	10	52,6%	14	53,8%	24	53,3%
<b>Überwiegen zur nicht impl. Seite</b>	3	15,8%	8	30,8%	11	24,4%
<b>Überwiegen zur CI-Seite</b>	4	21,1%	3	11,5%	7	15,6%
<b>Ausfall beidseitig</b>	1	5,3%	1	3,8%	2	4,4%
<b>nicht durchgeführt</b>	1	5,3%	0	0,0%	1	2,2%
<b>Gesamt</b>	19	100,0%	26	100,0%	45	100,0%

**Tabelle A. XXII: Kalorik CI Seite Quantitativ präop und Schwindel postoperativ (n=45)**

	Schwindel postoperativ				Gesamt	
	ja		nein		Anzahl	Prozent
	Anzahl	Prozent	Anzahl	Prozent		
<b>normal</b>	9	47,4%	16	61,5%	25	55,6%
<b>untererregt</b>	1	5,3%	3	11,5%	4	8,9%
<b>übererregt</b>	2	10,5%	1	3,8%	3	6,7%
<b>Ausfall</b>	7	36,8%	5	19,2%	12	26,7%
<b>nicht durchgeführt</b>	0	0,0%	1	3,8%	1	2,2%
<b>Gesamt</b>	19	100,0%	26	100,0%	45	100,0%

**Tabelle A. XXIII: Mann-Whitney-U Test: Postoperativer Schwindel und Kalorik CI Seite absolut präoperativ (n=44)**

	Schwindel postop	Anzahl	Mittlerer Rang	Rangsumme
Kalorik CI Seite absolut präop (°/s)	ja	19	23,05	438,00
	nein	25	22,08	552,00
	Gesamt	44		

Mann-Whitney-U = 227,000

Z = -0,249

Asymptotische Signifikanz (2-seitig) = 0,804

**Tabelle A. XXIV: Mann-Whitney-U Test: Schwindel postoperativ und Differenz Kalorik Funktion CI Seite (präop – postop) (n=38)**

	Schwindel postop	Anzahl	Mittlerer Rang	Rangsumme
Kalorik CI Seite Differenz (°/s)	ja	18	19,69	354,50
	nein	20	19,33	386,50
	Gesamt	38		

Mann-Whitney-U = 176,500

Z = -0,102

Asymptotische Signifikanz (2-seitig) = 0,918

**Tabelle A. XXV: Schwindel postoperativ und Differenz Kalorik CI Seite**

		Differenz Kalorik CI Seite postoperativ (°/s)					
		Anzahl	Mittelwert	Standard-abweichung	Median	Minimum	Maximum
Schwindel postop	ja	18	12,2	19,70	6,0	-5,5	78,0
	nein	20	7,2	8,60	4,4	-10,5	29,0