

Aus der Klinik für Hals-Nasen-Ohrenheilkunde
der Medizinischen Fakultät der Charité – Universitätsmedizin Berlin

DISSERTATION

Evaluation der Sicherheit und Effektivität des CO₂-Lasers in der
Revisions-Stapedotomie

zur Erlangung des akademischen Grades
Doctor medicinae (Dr. med.)

vorgelegt der Medizinischen Fakultät
Charité – Universitätsmedizin Berlin

von

Kostas Kandilakis
aus Leipzig

Datum der Promotion: 22.09.2017

Inhaltsverzeichnis

1. Abstrakt.....	4
2. Abstract.....	6
3. Einleitung.....	8
3.1 Definition der Otosklerose.....	8
3.2 Ätiologie.....	8
3.3 Symptomatik.....	8
3.4 Therapie der Otosklerose - historische Entwicklung der Stapesoperation.....	9
3.4.1 Stellenwert unterschiedlicher Laser in der Stapeschirurgie.....	9
3.4.2 Technik der Fußplattenperforation mit unterschiedlichen Lasern.....	10
3.5 Ein-Schuss-Technik in der Revisionslaserstapedotomie.....	12
3.6 Postoperative Erfolgskontrolle - audiometrische und vestibuläre Untersuchungen.....	13
4. Fragestellung.....	15
5. Material und Methoden.....	16
5.1 Patienten.....	16
5.2 Verwendeter Laser und Lasereinstellungen.....	16
5.3 Operationstechnik.....	19
5.3.1 Darstellung der Mittelohrstrukturen.....	19
5.3.2 Darstellung der Prothese und der ovalen Nische.....	19
5.3.3 Reperforation der Stapesfußplatte.....	20
5.4 Audiometrische Untersuchungen.....	22
5.5 Statistische Auswertung.....	22
6. Ergebnisse.....	23
6.1 Patienten.....	23
6.2 Symptome vor der Revisionsstapedotomie.....	24
6.3 Intraoperative Befunde während Erst- und Zweitrevisionsoperationen.....	25
6.4 Zeit bis zur Revisionsoperation.....	26
6.5 Intraoperativ erhobene Befunde und Korrelation mit aufgetretenen Symptomen.....	26
6.5.1 Durch die Prothese verursachte Veränderungen.....	27
6.5.2 Veränderungen an der Fußplatte.....	29
6.6 Reperforation der Stapesfußplatte.....	30
6.7 Verwendete Prothesen.....	31

6.8 Hörergebnisse	32
6.8.1 Einfluss der verwendeten Laserenergie auf die Innenohrfunktion	34
6.9 Komplikationen.....	35
7. Diskussion.....	36
8. Literatur.....	40
9. Tabellenverzeichnis	44
10. Abbildungsverzeichnis.....	44
11. Lebenslauf.....	45
12. Publikationsliste.....	46
13. Eidesstattliche Versicherung.....	46
14. Danksagung.....	48
15. Widmung.....	49

1. Abstrakt

Einleitung:

Die Stapedotomie und im Besonderen die Laserstapedotomie ist in den letzten Jahren zur Standardtherapie der Otosklerose in Primär- und Revisionsfällen geworden.

Ziel der vorliegenden Arbeit war die Untersuchung der Sicherheit und Effektivität der berührungslosen Ein-Schuss-Technik mit dem CO₂-Laser, kombiniert mit einem Scannersystem, bei Stapesrevisionsoperationen.

Methodik:

Es erfolgte eine prospektive Untersuchung, Dokumentation in einem Datenbanksystem und statistische Auswertung von präoperativen Symptomen, intraoperativen Befunden sowie Hörergebnissen bei 106 Patienten, die sich im Zeitraum von 1991 bis 2006 einer Revisionsstapedotomie mit dem CO₂-Laser an der Klinik für Hals-Nasen-Ohrenheilkunde der Charité Berlin, Campus Benjamin Franklin, unterzogen.

Ergebnisse:

Die Analyse von 106 Patienten ergab, dass die berührungslose Operationstechnik mit dem CO₂-Laser bei der Revisionsstapedotomie zuverlässig und komplikationsarm (0,9%) war sowie regelmäßig zu einer Verbesserung der Luftleitungshörschwelle führte. Ein Einfluss der applizierten kumulativen Laserenergie auf die Innenohrhörschwelle wurde nicht beobachtet. Die am häufigsten beobachteten Ursachen für eine Revision waren dislozierte Prothesen, Incusarrosionen, bindegewebige Verwachsungen, knöcherne Reobliterationen oder eine zu lange bzw. zu kurze Prothese.

Unter Verwendung des CO₂-Lasers, kombiniert mit einem Scannersystem und einem Mikromanipulator, konnten nachfolgend sowohl massiv obliterierte Fußplatten und dünne Neomembranen als auch mobile Fußplatten ohne mechanisches Trauma erfolgreich perforiert werden.

Schlussfolgerung:

Es konnte gezeigt werden, dass mit dem neu vorgestellten Operationsverfahren Veränderungen im Bereich der ovalen Nische und der Stapesfußplatte mit einem minimalen Risiko für ein mechanisches Trauma und somit auch für eine Innenohrschädigung vom Bindegewebe befreit werden konnten. Dadurch gelang es, die vorliegende Pathologie eindeutig zu definieren.

Im Rahmen zukünftiger Studien wird sich zeigen, ob sich die ermutigenden postoperativen Hörergebnisse und die geringe Rate an Komplikationen bestätigen lassen. Mit zunehmender Zahl an operierten Patienten wird sich auch herausstellen, ob sich der theoretische Vorteil des neu vorgestellten berührungslosen Operationsverfahrens auch in den klinischen Ergebnissen wiederfindet.

2. Abstract

Introduction:

Stapedotomy and in particular laser stapedotomy has recently become the standard treatment for otosclerosis in primary and revision cases.

Purpose of this study was to evaluate the safety and efficacy of the one-shot non-contact technique for revision stapes surgery using a CO₂-Laser combined with a scanning system.

Methods:

A prospective study and documentation in a database of pre-operative symptoms, intra-operative findings and analysis of hearing results in 106 patients who underwent revision-stapedotomy with a CO₂-Laser from 1991 to 2006 at the ENT-Department of Charité Berlin, Campus Benjamin Franklin was performed.

Results:

The intraoperative and postoperative analysis of 106 patients showed that the non-touch technique with the CO₂-Laser is a reliable surgical technique for cases of revision stapedotomy with a low rate of complications (0.9%) that resulted regularly in an improvement of the air-conduction threshold. An influence of the applied cumulative laser energy on the inner ear hearing threshold was not observed. The most frequently observed causes for revisions were displacement of the prosthesis, incus arrosions, fibrous adhesions and bony reobliteration or a too long or too short prosthesis.

Subsequently, by using the CO₂-Laser combined with a scanning system and a micromanipulator, massively obliterated footplates, thin neomembranes and mobile footplates could successfully be perforated without mechanical trauma.

Conclusion:

It could therefore be demonstrated that alterations of the oval niche and the stapes footplate could be freed from connective tissue with a minimal risk for mechanical trauma and inner ear damage by using the newly introduced surgical technique. Thereby, the existing pathology could be defined.

Further studies need to demonstrate if these encouraging postoperative hearing results as well as the low rate of complications can be confirmed. With an increasing number of surgically

treated patients it will become obvious if the advantage of the new non-touch surgical technique is only a theoretical one or can be clinically confirmed as well.

3. Einleitung

3.1 Definition der Otosklerose

Die Otosklerose ist durch An- und Umbau von Knochen im Bereich der Labyrinthkapsel charakterisiert. Sie tritt ein- oder beidseitig auf. Der pathologische Umbau des enchondralen Knochens manifestiert sich am häufigsten im vorderen Anteil des ovalen Fensters. Die komplette Verknöcherung des ovalen Fensters wird als obliterative Otosklerose bezeichnet. Selten tritt eine sogenannte „maligne“ Otosklerose auf, die durch knöchernen Umbau sowohl im Bereich des runden als auch des ovalen Fensters sowie weiteren Otoskleroseherden im Bereich des gesamten Felsenbeines gekennzeichnet ist.

3.2 Ätiologie

Die Ätiologie der Otosklerose ist nicht vollständig geklärt und vermutlich multifaktoriell. Die familiäre Häufung der Otosklerose spricht für genetische Faktoren [1, 2]. Zu der Vielzahl von pathogenetischen Faktoren, die in der Literatur mit dem Auftreten und Fortschreiten einer Otosklerose in Verbindung gebracht werden, zählen u.a. eine veränderte Kalzium- und Phosphatkonzentration im Blut, z.B. aufgrund abnormer Funktion der Nebenschilddrüsen [3]. Weiterhin werden endokrinologische Faktoren [4, 5], Virusinfektionen und postinfektiöse immunologische Reaktionen diskutiert [6-9].

3.3 Symptomatik

Klinisch äußert sich die Otosklerose durch eine langsam progrediente Schallleitungsstörung, die alleine oder zusammen mit einer Innenohrkomponente als kombinierte Schwerhörigkeit auftreten kann. Die Innenohrschwerhörigkeit wird durch eine Verschlechterung der Mittelohrresonanz vor allem im Bereich von 2 kHz hervorgerufen [10], die als Carhart-Senke bezeichnet wird. In etwa 10% der Fälle ist eine reine Innenohrschwerhörigkeit ohne Schallleitungsstörung zu beobachten, welche dann als Kapselotosklerose bezeichnet wird. Die Schallleitungsstörung kann bis zu 40 dB betragen und ist typischerweise in den tiefen Frequenzen am stärksten ausgeprägt. In etwa der Hälfte der Fälle besteht ein Tinnitus, welcher gelegentlich mit einer vestibulären Symptomatik kombiniert ist [11, 12]. In der häufigsten

Befundausprägung ist der otoskopische Befund unauffällig und ergibt keinen Hinweis auf andere Ursachen einer Schallleitungsstörung. Der Stapediusreflex ist auf der betroffenen Seite sowohl bei Auslösung von ipsilateral als auch von kontralateral ausgefallen.

Nach erfolgreicher Stapesersatzplastik findet sich sowohl eine Verbesserung der Mittelohrschwerhörigkeit als auch der Innenohrschwerhörigkeit im Bereich der Carhart-Senke.

3.4 Therapie der Otosklerose - historische Entwicklung der Stapesoperation

Nach Einführung von Operationsmikroskopen in der Ohrchirurgie und der Entwicklung von Steigbügelersatzprothesen [13] wurden die operativen Verfahren der Stapedektomie [14] über die spätere Teilstapedektomie [15], zur Stapedotomie weiterentwickelt und verfeinert. Bei der Stapedotomie wird die Stapesfußplatte in der Regel nur im hinteren Drittel perforiert, weil dort die membranösen Strukturen des Innenohrs weiter von der Perforationsstelle entfernt sind. Während bei der konventionellen Stapedotomie hierzu spezielle mechanische Perforatoren oder feinste Diamantbohrer verwendet werden, erfolgt die Perforation der Fußplatte bei der Laserstapedotomie kontaktlos mit dem Laser. Letztere weist gegenüber der konventionell-mechanischen Stapedotomie einige Vorteile auf. So konnten klinische Studien zeigen, dass die Laserstapedotomie im Vergleich zu konventionellen Eingriffen weniger cochleäre Schädigungen und vestibuläre Störungen verursacht [16-21].

3.4.1 Stellenwert unterschiedlicher Laser in der Stapeschirurgie

In der Stapeschirurgie finden Laser mit unterschiedlichen Wellenlängen und somit unterschiedlichen physikalischen Eigenschaften Anwendung. Im Einzelnen sind dies die im sichtbaren Wellenlängenbereich strahlenden Argon- und KTP-Laser sowie der im Infrarotbereich strahlende CO₂-Laser [16-32]. Unter den gepulsten Lasersystemen scheint der Er:YAG-Laser die geeignetste Wellenlänge und damit die besten physikalischen Eigenschaften für eine Anwendung in der Mittelohrchirurgie zu haben. Die Einführung des CO₂-Lasers in die Stapeschirurgie [18] und der systematischen Untersuchung seiner Eigenschaften im Rahmen von experimentellen und klinischen Studien belegte seine Eignung und definierte seinen

Einsatzbereich [33-38]. In der Folge fand der CO₂-Laser zunehmend Akzeptanz und Verbreitung in der Ohrchirurgie [20, 29, 37, 39].

3.4.2 Technik der Fußplattenperforation mit unterschiedlichen Lasern

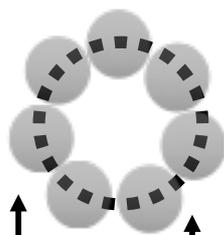
Um eine Steigbügelprothese ins Vestibulum auris einstellen zu können, ist eine Fußplattenperforation mit einem Durchmesser von 0,5 bis 0,6 mm erforderlich. Bei Verwendung des Argon- oder KTP-Lasers weist der Laserstrahl einen Strahldurchmesser von nur ca. 0,15 mm auf, weswegen die meisten Autoren bzw. Mittelohrchirurgen, die sogenannte „Rosettentechnik“ anwenden, bei der mehrere Laser-Applikationen kreisförmig angeordnet werden, um eine ausreichend große Perforation der Fußplatte zu erzielen (**Abbildung 1, links**). Da aufgrund der physikalischen Eigenschaften des Argon- und KTP-Lasers die Laserstrahlung durch die Perilymphe nicht absorbiert wird droht eine Bestrahlung der Cochlea. Aus diesem Grund werden überlappende Applikationen bei dieser Technik vermieden. Verbliebene Knochenbrücken werden instrumentell entfernt. Bei Anwendung der Mehrfach-Schuss-Technik mit dem CO₂ Laser (Strahldurchmesser 0,18mm) in zirkulärer Konfiguration ist aufgrund anderer physikalischer Eigenschaften eine versetzte, leicht überlappende Applikationstechnik möglich (**Abbildung 1, Mitte**), da die Laserstrahlung durch die Perilymphe absorbiert wird [37]. Bei Anwendung des CO₂-Lasers ist die Gefahr direkter Bestrahlung der Innenohrstrukturen lediglich bei fehlender Perilymphe im Vestibulum, z.B. nach versehentlichem Absaugen, gegeben. Eine Schädigung von Innenohrstrukturen aufgrund von thermischen Effekten ist bei Laser-Applikation ins offene Vestibulum möglich und sollte deshalb vermieden werden.

Die Perforation nach Anwendung der Rosetten- und Mehrfach-Schuss-Technik weist aufgrund der Anordnung der Laserapplikationen in der Regel eine unregelmäßige Kontur auf. Um eine glattere Kante zu erzielen ist die Applikation eines defokussierten Laserstrahls zur Vergrößerung der bestrahlten Fläche eine Möglichkeit. Diese ist jedoch aufgrund eines schlechteren Strahlenprofils auch bei hohen Leistungen durch geringere Leistungsdichten im Randbereich ineffektiv und führt nur zu kleinen Perforationen der Fußplatte mit breiten thermisch veränderten Randzonen. Außerdem besteht die Gefahr, eine größere kumulative Gesamtenergie zu applizieren, welche zu einer Schädigung von Innenohrstrukturen führen könnte. Durch die Entwicklung von Scannersystemen, die mit einem CO₂-Laser kombiniert verwendet werden, wurde es möglich, einen fokussierten Laserstrahl gleichmäßig über eine

definierte Fläche zu führen. Diese Verbesserung ermöglichte die Entwicklung der Ein-Schuss-Technik, deren Ziel es ist, mit einer einzigen Laserapplikation eine ausreichend große, nahezu kreisrunde, reproduzierbare Fußplattenperforation mit möglichst geringer thermischer und akustischer Belastung der Mittel- und Innenohrstrukturen anzulegen. Die einmalige Applikation eines fokussierten Laserstrahls führt zu einer Reduktion der applizierten Gesamtenergie auf ein Minimum und somit auch zu einer Verkleinerung des Risikos von Innenohrschädigungen [33, 36]. Auf diese Technik soll im Folgenden genauer eingegangen werden.

Abbildung 1

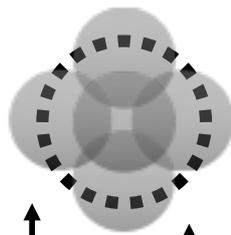
Rosetten-Technik,
KTP-, Argon-Laser



Perforationszone

Relativ großes,
rosettenförmiges
Bestrahlungsfeld mit
aneinandergesetzten
Laserapplikationen

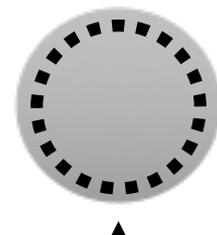
Mehrfach-Schuss-Technik,
CO₂-Laser



Perforationszone

Leicht
überlappende
Laserapplikationen
sind möglich.

Ein-Schuss-Technik,
CO₂-Laser



Annähernd
identische
Perforations-
und
Bestrahlungszone

Abbildung 1: Schematische Darstellung der Laserapplikationen bei Anwendung des KTP- und Argonlasers (Rosettenteknik) oder des CO₂-Lasers (Mehrfach-Schuss-Technik und Ein-Schuss-Technik). Bei Anwendung des KTP- und Argonlasers sind die Bestrahlungsfelder (grau) kreisförmig aneinandergesetzt. Sie sollten sich möglichst nicht überlappen, um eine Bestrahlung von Innenohrstrukturen zu vermeiden. Etwaige residuelle Knochenbrücken werden instrumentell entfernt. Bei Anwendung der Mehrfach-Schuss-Technik mit dem CO₂-Laser sind die Bestrahlungsfelder ebenfalls versetzt angeordnet. Ein leichtes Überlappen ist möglich, da die Perilymphe die Laserstrahlung absorbiert. Bei der Ein-Schuss-Technik erfolgt

meist nur eine einzige Applikation mit einem Bestrahlungsfeld in der Größe des gewünschten Perforationsdurchmessers von 0,5-0,6 mm (gestrichelte Linie) (Abbildung aus [40]).

3.5 Ein-Schuss-Technik in der Revisionslaserstapedotomie

Um das Hörvermögen im Rahmen einer Revisionslaserstapedotomie wiederherzustellen, ist die genaue Identifikation und Beseitigung der zugrundeliegenden Ursache notwendig, ohne dabei die Innenohrfunktion zu schädigen. Als Ursachen einer Schallleitungstörung nach vorausgegangener Stapesoperation kommen dabei eine Vielzahl von Gründen, allein oder in Kombination, infrage:

- eine dislozierte, fixierte oder gelockerte Prothese,
- ein fixierter oder arrodierter Amboßschenkel oder Hammerkopf sowie
- eine Fibrosierung oder Verknöcherung der ovalen Nische [41, 42].

Für eine genaue intraoperative Diagnosefindung ist es notwendig, zum einen Hammer und Amboß zu inspizieren und zum anderen die ovale Nische soweit von Bindegewebe zu befreien, bis die Fußplattenebene erkennbar ist. Schliesslich muß noch die Lage der Prothese in Bezug auf die Stapedotomieöffnung untersucht werden.

Seit der Einführung des Lasers in die Stapeschirurgie hat sich die Erfolgsrate bei Revisionsstapedotomien deutlich verbessert. Die postoperativen Hörergebnisse nach Revisionen kommen denen nach primärer Stapedotomie ziemlich nahe und die Rate postoperativer Komplikationen konnte deutlich verringert werden. Dieses liegt nicht zuletzt an den verbesserten Möglichkeiten des Operateurs, selbst im Falle wiederholter Revisionseingriffe, die genauen Ursachen der Schallleitungstörung herauszufinden und zu beseitigen. Das Risiko für die postoperative Entwicklung einer ausgeprägten Innenohrhörstörung beträgt nach Revisionsoperationen gemäß aktueller Studienlage weniger als 1%, unabhängig von der Art des verwendeten Lasersystems [29, 42-49]. Während in der konventionellen Stapeschirurgie eine Verbesserung der postoperativen Schallleitungsschwerhörigkeit bis auf 20 dB oder weniger in 49% bis 85% der Fälle möglich war, verbesserte sich dieser Wert durch den Einsatz von Lasersystemen auf 70% bis 92% [50]. Unter Berücksichtigung dieser Ergebnisse kann z.B. im Falle einer dislozierten Prothese früher zu einer Revisionsoperation geraten werden, um ggf. eine Arrosion des Amboßschenkels zu verhindern. Eine Arrosion entsteht dadurch, dass sich der Amboßschenkel über längere Zeit

gegen die fixierte Prothese bewegt. Auch im Falle von Perilymphfisteln kann ein verzögertes Eingreifen die Gefahr einer Innenohrhörstörung vergrößern, da sich diese Fisteln nicht selbst wieder verschließen [51]. Zusammenfassend betrachtet bietet der Einsatz des Lasers dem erfahrenen Ohrchirurgen ein erhöhtes Maß an Sicherheit bei der Durchführung von Stapesrevisionsoperationen.

Im Gegensatz zur Stapeserstopoperation ist es bei Revisionseingriffen nicht selten notwendig, neben Knochen auch eine Menge Binde- bzw. Narbengewebe im Bereich der ovalen Nische oder der restlichen Paukenhöhle zu vaporisieren. Dazu muß ein Laser mit entsprechenden physikalischen Eigenschaften eingesetzt werden. Zu solchen geeigneten Lasern gehört der CO₂-Laser. Wenn sich der Piston der Prothese noch in der Stapedotomieöffnung befindet kann es während der Vaporisierung des Bindegewebes durch versehentliche Bestrahlung der Prothese zu einer direkten Weiterleitung von Hitze an das Vestibulum kommen. Eine direkte und exzessive Bestrahlung der Prothese sollte daher vermieden werden. In verschiedenen experimentellen Studien konnte gezeigt werden, dass die Verwendung des CO₂-Lasers unter den genannten Bedingungen sicher und effektiv ist [33, 34, 36-38, 52-54].

Um das Risiko von Folgeschäden zusätzlich zu reduzieren, sollten bei der Revisionsstapedotomie operative Techniken Anwendung finden, die Irritationen der Gehörknöchelchenkette verringern und damit physikalische und thermische Schäden an Innenohrstrukturen vermeiden helfen.

3.6 Postoperative Erfolgskontrolle - audiometrische und vestibuläre Untersuchungen

Die präoperative Hördiagnostik umfasst ein Tonschwellenaudiogramm (Luft- und Knochenleitung) sowie die Stapediusreflexmessung. Am Nachmittag bzw. Abend nach der Operation wird ein Stimmgabeltest nach Weber durchgeführt, bei welchem eine Lateralisierung in das operierte Ohr erwartet wird. Wird nicht in das operierte Ohr lateralisiert, besteht der Verdacht auf einen Abfall des Innenohrhörvermögens, Normalhörigkeit beim anderen Ohr vorausgesetzt, und es wird zur Kontrolle eine Knochenleitungsmessung durchgeführt. Bei Bestätigung eines deutlichen Abfalles des Innenohrhörvermögens müssen weitere therapeutische Maßnahmen, wie z.B. eine Steroidtherapie erfolgen. Ebenfalls am OP-Tag erfolgt postoperativ die Untersuchung der Augen mit Hilfe der Frenzelbrille zum Ausschluss

einer vestibulären Schädigung. Am ersten postoperativen Tag folgt eine Messung der Knochenleitungshörschwelle. Das postoperative Hörergebnis wird frühestens 6 Wochen postoperativ über eine Tonschwellenaudiometrie (Luft- und Knochenleitung) ermittelt.

4. Fragestellung

Im Rahmen einer prospektiven Untersuchung sollten nach CO₂-Revisionslaserstapedotomien

- die zur Revision führenden Pathologien
- die postoperativen Hörerergebnisse und
- die postoperativen Komplikationen

untersucht werden, um die Sicherheit und Effektivität dieser Methode objektiv zu beurteilen.

5. Material und Methoden

5.1 Patienten

Die vorliegende Studie wurde von der Ethikkommission der Charité-Universitätsmedizin Berlin genehmigt. In den Jahren von 1991 bis 2006 wurde an der HNO-Klinik der Charité Berlin, Campus Benjamin Franklin, bei 727 Patienten eine CO₂-Laser-Stapedotomie durchgeführt. Während dieser Zeit erhielten 106 Patienten, bei denen bereits eine primäre Stapedotomie durchgeführt wurde, eine Revisionsstapedotomie mit dem CO₂-Laser. Das Durchschnittsalter bei diesen 106 Patienten betrug 45,9 (17 – 71) Jahre, das Durchschnittsalter der Frauen in dieser Gruppe betrug 46,2 Jahre, das der Männer 45,2 Jahre. Das Verhältnis von Frauen zu Männern betrug 1,9 : 1 (69 Frauen, 37 Männer). Es wurde der Eingriff 54mal am rechten und 53mal am linken Ohr durchgeführt. Die Daten zur Einstellung des CO₂-Lasers wurden für die Studie intraoperativ dokumentiert. Ebenfalls dokumentiert wurden Anzahl und Energie der Laserapplikationen, die zur Beseitigung von Bindegewebe oder knöchernen Strukturen und auch zur Perforation der Stapesfußplatte notwendig waren. Außerdem wurden die intraoperativen Befunde, die einen Revisionseingriff notwendig machten sowie der Typ der Stapesprothesen dokumentiert.

5.2 Verwendeter Laser und Lasereinstellungen

Für die operativen Eingriffe wurde ein CO₂-Laser 40c der Firma Lumenis Ltd., Yokneam, Israel verwendet. Dieser war zusätzlich mit einem SurgiTouch™-Scanner und Acuspot™ 712 Mikromanipulator der gleichen Firma ausgestattet. **Abbildung 2** zeigt die typische Anordnung des Gerätes im Operationssaal.

Abbildung 2



Abbildung 2: Apparativer Aufbau für eine CO₂-Laser-Stapedotomie: Operationsmikroskop mit Mikromanipulator, Scannersystem und Spiegelgelenkarm des CO₂-Lasers (Abbildung aus [40, 55]).

Dieses System wurde, wie im Kapitel „3.3 Operationstechnik“ beschrieben, verwendet. Die Parameter zur Einstellung des Lasers hinsichtlich der Vaporisierung von Bindegewebe und Knochen wurden an die Notwendigkeiten eines Revisionseingriffes angepasst (**Tabelle 1**) [37, 56, 57]. Bei allen Operationen wurde die Standardeinstellung des Lasers mit kontinuierlicher Abgabe der Laserenergie (continuous wave), dem sogenannten „cw-mode“, ein Arbeitsabstand von 250 mm sowie ein Durchmesser des fokussierten Laserstrahls von 180 µm verwendet. Da der Laserstrahl auf dem Weg durch den Spiegelgelenkarm etwa 20-30% an Energie verliert, ist die Energie, welche am Gerät eingestellt werden muß, etwas höher als die Energie, die schließlich am Gewebe appliziert wird. Die Daten in **Tabelle 1** korrespondieren mit der am Gewebe auftretenden Energie.

Tabelle 1: Effektive Laserenergieparameter für die Revisionslaserstapedotomie (Modifiziert nach [56] und [57]).

Anatomische Struktur	Effektive Energie [W]	Energiedichte [W/cm ²]	Pulslänge [s]	Betriebsart	Strahldurchmesser [mm]	Zahl der Pulse	Durchmesser der Perforation [mm]
Bindegewebe	1-2	4000-8000	0,05	cw	0,18		
Neomembran	1-2 (multiple Einzelschüsse) oder 4-8* (one-shot Technik)	4000-8000 oder 16000-32000	0,05 oder 0,03-0,05	cw	0,18 oder 0,5, 0,6 oder 0,7	6-12 oder 1	0,5-0,7
Stapesfußplatte	6 oder 20-22* (one-shot Technik)	24000 oder 80000-88000	0,05 oder 0,03-0,05	cw	0,18 oder 0,5, 0,6 oder 0,7	1	0,5-0,7

* für die one-shot Technik („Ein-Schuss-Technik“) wurde der SurgiTouch™-Scanner verwendet.

5.3 Operationstechnik

5.3.1 Darstellung der Mittelohrstrukturen

Der tympanomeatale Lappen wurde nach seiner Präparation vorsichtig angehoben und das Mittelohr eröffnet. In einigen Fällen war es notwendig, Teile der lateralen Attikwand abzutragen, um eine bessere Exposition der ovalen Nische zu erreichen. Nicht selten war es erforderlich, die chorda tympani, sofern noch vorhanden, vorsichtig aus narbigem Bindegewebe zu befreien. Hammer, Amboß und Prothese wurden sorgfältig inspiziert und mit einer Präparationsnadel vorsichtig auf ihre Unversehrtheit und Beweglichkeit hin untersucht. Das manchmal die Strukturen einhüllende Bindegewebe wurde zur Erlangung einer besseren Übersicht mit dem CO₂-Laser gezielt vaporisiert (Laserparameter siehe **Tabelle 1**).

5.3.2 Darstellung der Prothese und der ovalen Nische

Das Darstellen der Prothese wurde durch Vaporisation des umgebenden Bindegewebes deutlich vereinfacht (**Abbildung 3a und 2b**). Es wurde dafür eine Energie von 1-2 W mit einer Pulsdauer von 0,05 s verwendet. Diese Einstellungen erlaubten es, das Bindegewebe im Bereich der ovalen Nische abzutragen und so die Ränder der Fußplatte darzustellen sowie zu untersuchen, ob die Prothese noch in der ursprünglichen Perforationsstelle verblieben war. Der Einsatz des CO₂-Lasers erlaubte es, durch Anwendung dieses berührungslosen Verfahrens die mechanischen Irritationen auf das Innenohr zu minimieren. Als nächstes wurde die Prothese mit einem 90°-Häckchen vom Amboßschenkel gelöst und vorsichtig entfernt. Etwaige verbliebene Knochenbrücken konnten ebenfalls mit dem CO₂-Laser vaporisiert werden. Die dabei verwendete Energie betrug 6 W. Eine direkte Bestrahlung der Prothese wurde weitgehend vermieden, um das Risiko einer thermischen Schädigung des Innenohres zu minimieren. Handelte es sich bei der verwendeten Prothese um eine mit Teflonanteilen, so wurden Energien nicht höher als 2 W verwendet, da diese als unbedenklich gelten. Direkte Bestrahlungen mit Energien von mehr als 6 W können zu Schäden an der Prothese führen (**Abbildung 3d**).

5.3.3 Reperforation der Stapesfußplatte

Im Zuge der Reperforation der Stapesfußplatte traten drei Szenarien auf:

- a) Eine Neomembran aus Bindegewebe bedeckte die Fußplatte. In diesem Falle wurde mit einer einzigen Applikation des Laserstrahls unter Verwendung einer Energie von 4-8 W und einer Pulsdauer von 0,03 bis 0,05 s (abhängig vom Durchmesser des Scanners 0,4 mm, 0,5 mm oder 0,6 mm) die Fußplatte reperforiert. War kein Scanner vorhanden, wurden mehrere Applikationen mit einer Energie von 1-2 W und einer Pulsdauer von 0,05 s angewendet.
- b) Die Fußplatte war verknöchert oder die vorgefundene Öffnung in der Fußplatte war zu klein. In diesem Fall wurde ebenfalls mit einer einzigen Applikation, aber mit einer Energie von 20-22 W und einer Pulsdauer von 0,03 bis 0,05 s die Fußplatte reperforiert.
- c) Die vorbestehende Perforation war nur geringfügig zu klein für die neue Prothese. In diesem Fall erfolgte die Vergrößerung der Öffnung durch die gezielte Applikation mehrerer Schüsse eines fokussierten Laserstrahls mit einem Durchmesser von 180 μm (**Abbildung 3c**). Es wurden Energien von 1-2 W bei membranösem Überzug der Fußplatte bis hin zu 6-8 W bei verknöchelter Fußplatte verwendet. Die Applikation erfolgte dabei leicht überlappend mit einer Pulsdauer von 0,05 s ohne Verwendung des Scannersystems.

Unabhängig von der Art der verwendeten Technik sollte der Durchmesser im hinteren Bereich der Fußplatte ca. 0,5 mm bei einem Durchmesser des Pistons von 0,4 mm und 0,7 mm bei einem Durchmesser des Pistons von 0,6 mm betragen. Im Anschluß an die Laserapplikation sollte Perilymphe durch die Perforation hindurch sichtbar sein (**Abbildung 3c**). Die Bestrahlung eines leeren Vestibulums sollte vermieden werden. Die Länge der Prothese wurde bestimmt, indem der Abstand zwischen Unterseite des Amboßschenkels und Oberseite der Fußplatte ausgemessen und 0,2 mm zu diesem Wert hinzuaddiert wurden. Die am häufigsten verwendeten Prothesenlängen waren 4,5 mm – 4,75 mm. Die Länge der Prothese wurde so gewählt, dass sie ca. 0,1 mm – 0,2 mm in die Perforation hineinragte, um ein erneutes Dislozieren zu verhindern. Eine Platin-Teflon Prothese oder eine Titanprothese wurde in die Perforation eingesetzt und am langen Amboßschenkel befestigt, soweit dieser intakt war. War der Amboßschenkel bereits soweit arrodirt, dass eine Befestigung der Stapesprothese nicht möglich war, wurde eine

Malleovestibulopexie zur Wiedererlangung der Schallübertragung durchgeführt. Zu guter Letzt wurden die Insertionsstelle der Prothese mit Bindegewebe abgedichtet und der tympanomeatale Lappen zurückgeschlagen.

Abbildung 3

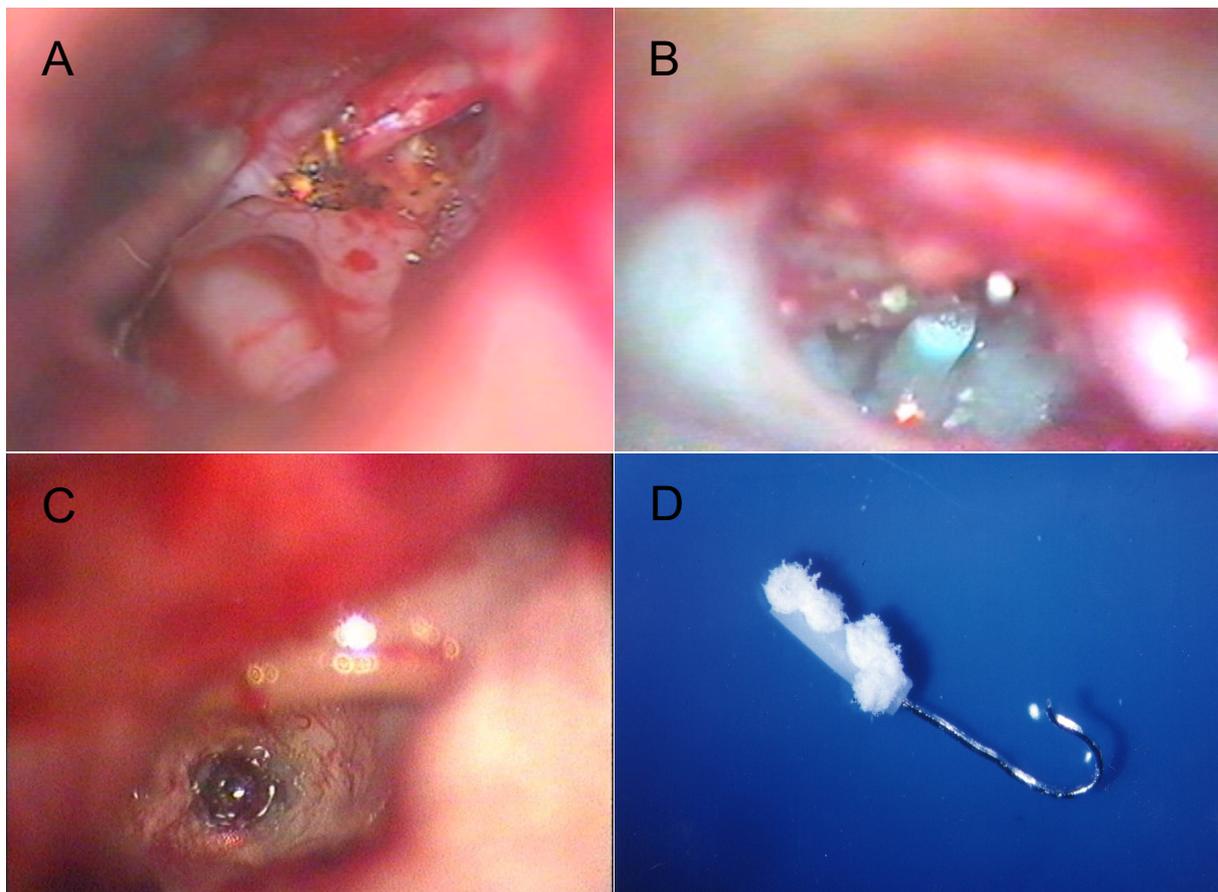


Abbildung 3a: Berührungsloses Freilegen einer Schuknechtprothese durch Vaporisation umgebenden Bindegewebes mit dem CO₂-Laser.

3b: Vaporisation von Bindegewebe, das eine Platin-Teflon-Prothese bedeckt.

3c: Perforation einer Neomembran und der knöchernen Stapesfußplatte mit einer einzigen Laserapplikation unter Verwendung des SurgiTouchTM-Scanner (one-shot Technik).

Im Zentrum der Perforation ist Perilymphe sichtbar.

3d: Deformierte Platin-Teflon-Prothese nach experimentellem Beschuss mit dem CO₂-Laser (32000 W/cm², Energie 8 W, Pulslänge 0,05 s). Vier Einschüsse sind sichtbar. (Abbildung modifiziert nach [40, 55])

5.4 Audiometrische Untersuchungen

Eine Reintonaudiometrie wurde bei jedem Patienten einen Tag vor der Operation durchgeführt. Postoperative Kontrollen der Innenohrfunktion konnten in 80 Fällen nach 1,5 bis 6 Monaten durchgeführt werden. Bei 47 Patienten konnte 1 Jahr postoperativ oder später das Hörvermögen abschließend untersucht werden. Luft- und Knochenleitungshörschwellen wurden für die Frequenzen bei 0,5, 1, 2, 3 und 4 kHz bestimmt. Der Mittelwert, die Standardabweichung und die intraindividuellen Unterschiede zwischen prä- und postoperativen Werten wurden errechnet, um den Grad der Hörverbesserung statistisch zu bewerten. Der Unterschied in der Luft- und Knochenleitung wurde errechnet aus der Differenz der Werte der Luftleitung bei 0,5, 1, 2 und 3 kHz minus der Werte der Knochenleitung bei den entsprechenden Frequenzen im Hörtest.

5.5 Statistische Auswertung

Die statistische Auswertung der prä- und postoperativen Hörtestergebnisse erfolgte mittels Wilcoxon-Test für verbundene Stichproben (paired differences). Für den Vergleich zweier Untergruppen wurde der Mann Whitney U Test verwendet. Ein signifikanter Unterschied wurde bei $p < 0,05$ angenommen.

6. Ergebnisse

6.1 Patienten

Von den 106 untersuchten Fällen einer Revisionsstapedotomie wurden 54% (n=57) in einer externen Klinik und 46% (n=49) in unserer eigenen Klinik voroperiert (**Tabelle 2**). In 90% (n=95) der Fälle war die Revisionsoperation eine Erstrevision, in 10% (n=11) eine Zweitrevision. Von den 727 CO₂-Laserstapedotomien, die zwischen 1991 und 2006 an unserer Klinik durchgeführt wurden betrug der Anteil der Erstrevisionen 5,6%, der Anteil der Zweitrevisionen 0,4%.

Tabelle 2: Verteilung der Revisionsoperationen (n=106) [57]

Revisionsstapedotomie	Operation in unserer Klinik (n=49 / 46%)	Operation an externer Klinik (n=57 / 54%)
Erste Revision (n=95 / 90%)	41 / 38%	54 / 51%
Zweite Revision (n=11 / 10%)	3 / 3% (Stapedotomie und erste Revision an unserer Klinik) 5 / 5% (Stapedotomie extern, erste Revision an unserer Klinik)	3 / 3% (Stapedotomie und erste Revision an externer Klinik durchgeführt)

6.2 Symptome vor der Revisionsstapedotomie

Die Symptomverteilung aller Patienten vor einer Revisionsstapedotomie war wie folgt (**Tabelle 3**): 75% (n=79) der Patienten litten an einer Schalleitungsstörung, 14% (n=15) litten an Schwindelgefühlen und 11% (n=12) erlitten einen sensorineuralen Hörverlust. In beiden Gruppen (Erst- und Zweitrevisionen) litt die Mehrheit der Patienten an einer Schalleitungsstörung (Erstrevision 75%, Zweitrevision 73%), gefolgt von Schwindelgefühlen (Erstrevision 16%, Zweitrevision 0%) und sensorineuralem Hörverlust (Erstrevision 9%, Zweitrevision 27%).

Tabelle 3: Präoperative Befunde vor der Revisionsstapedotomie [57]

Präoperative Befunde	Anzahl der Fälle / Prozentwert		
	Alle Revisionsionen (n=106)	Erstrevision (n=95)	Zweitrevision (n=11)
Schalleitungsstörung	79 / 75%	71 / 75%	8 / 73%
Schwindel	15 / 14%	15 / 16%	0
Sensorineuraler Hörverlust	12 / 11%	9 / 9%	3 / 27%

6.3 Intraoperative Befunde während Erst- und Zweitrevisionsoperationen

Folgende intraoperative Befunde fanden sich während der Revisionsoperationen: Bei 28 Patienten (26%) war eine Schuknecht-Prothese eingesetzt worden, bei 73 Patienten (69%) waren verschiedene Arten von Pistonprothesen verwendet worden, in 60 Fällen (57%) war dies ein Platin-Teflon-Piston gewesen, in 7 Fällen ein Gold-Piston, in 4 Fällen eine Titanprothese und in einem Fall eine Causse Teflonprothese. Bei 4 Patienten war initial eine Stapesmobilisation durchgeführt worden und in einem Fall eine Fensterung der Cochlea (Tabelle 4).

Tabelle 4: Verwendete chirurgische Technik und verwendeter Prothesentyp [57]

	Anzahl der Fälle/ Prozentwert		
	Alle Revisionen (n=106)	Erstrevision (n=95)	Zweitrevision (n=11)
Stapedektomie (Schuknecht-Prothese)	28 / 26%	25 / 26%	3 / 27%
Stapedotomie	73 / 69%	65 / 68%	8 / 73%
Platin-Teflon-Prothese	60 / 58%	54 / 57%	6 / 54%
Goldprothese	7 / 7%	6 / 6%	1 / 9%
Titanprothese	4 / 4%	3 / 3%	1 / 9%
Teflonprothese	1 / 1%	1 / 1%	0
Malleovestibulopexie (MVP) Titan-Prothese	1 / 1%	1 / 1%	0
Stapesmobilisation	4 / 4%	4 / 4%	0
vorangegangene Cochlea-Fensterung	1 / 1%	1 / 1%	0

6.4 Zeit bis zur Revisionsoperation

Die Untersuchung der Zeiträume vom Auftreten erster Symptome nach vorangegangener Stapeserstopoperation bis zur Durchführung einer Revisionsoperation war nur aus den Aufzeichnungen aus unserem eigenen Patientengut möglich (**Tabelle 5**). Ein Patient wurde bereits am ersten postoperativen Tag revidiert. Das längste Intervall zwischen Erstoperation und Revision betrug 12,5 Jahre. Die meisten Revisionen (41%) wurden innerhalb der ersten 6 Monate durchgeführt. Der Mittelwert der Zeit von der Erstoperation bis zur Durchführung der Revisionsoperation betrug bei Schwindelsymptomen 2,1 Wochen, bei sensorineuralen Hörstörungen 2,9 Wochen und bei Schalleitungsstörungen 2,6 Jahre.

Tabelle 5: Zeit bis zur Revisionsstapedotomie der 49 an der HNO-Klinik der Charité Berlin, CBF primär operierten Patienten [57].

Zeit	Anzahl der Fälle / Prozentwert
< 0,5 Jahre	20 / 41%
0,5 – 1 Jahre	7 / 14%
1 – 2 Jahre	4 / 8%
2 – 3 Jahre	3 / 6%
3 – 4 Jahre	6 / 12%
4 – 5 Jahre	2 / 2%
5 – 10 Jahre	5 / 10%
10 – 15 Jahre	2 / 4%

6.5 Intraoperativ erhobene Befunde und Korrelation mit aufgetretenen Symptomen

Eine detaillierte Übersicht der intraoperativen Befunde im Zusammenhang mit den Symptomen der Patienten findet sich in **Abbildung 4**. In der Mehrzahl der Fälle zeigt sich mehr als nur ein intraoperativer Befund.

6.5.1 Durch die Prothese verursachte Veränderungen

Die Hauptursachen für eine zunehmende Schalleitungsstörung waren eine dislozierte Prothese (41%) sowie eine narbige Einschränkung der Kettenbeweglichkeit (40%). Die Prothese war in 22% der Fälle vom Amboß abgerutscht und in 20% der Fälle aus der Fußplattenperforation herausgewandert. In etwa einem Drittel der Fälle wurde eine Arrosion des langen Amboßschenkels beobachtet (18% Teilarrosion, 12% Kompletтарrosion). Hauptursache für ein postoperativ aufgetretenes Schwindelgefühl war eine überlange Prothese (**Abbildung 4**).

Abbildung 4

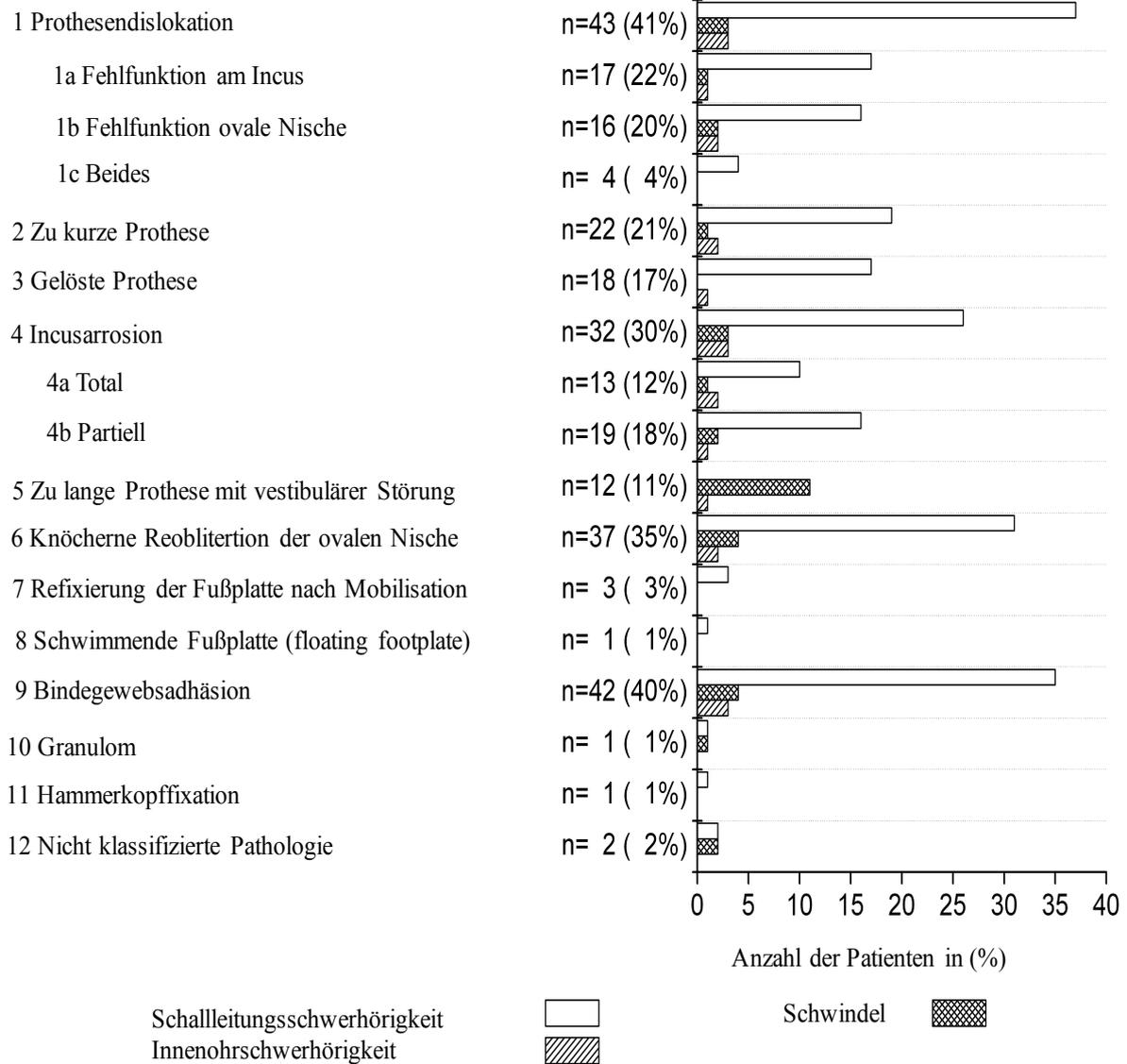


Abbildung 4: Zusammenfassung der intraoperativ erhobenen Befunde und der mit ihnen korrespondierenden Symptome. In den meisten Fällen traten mehrere Befunde gleichzeitig auf [57].

6.5.2 Veränderungen an der Fußplatte

Eine erneute Verknöcherung der Fußplatte fand sich in 35% der Fälle und eine Bindegewebsneubildung in 31% (**Tabelle 6**). In 9% der Fälle existierte noch eine Fußplattenperforation in ausreichender Größe, sodass die neue Prothese problemlos eingesetzt werden konnte. Auf einen Wechsel der Prothese konnte in 25% der Fälle verzichtet werden. Die Prothesen wurden sorgfältig von Bindegewebe befreit und neuerlich am Amboßschenkel befestigt. Interessanterweise zeigte in der Gruppe der Patienten mit einer sensorineuralen Hörstörung keine dieser Veränderungen ein gehäuftes Auftreten.

Tabelle 6: Zustand der ovalen Nische bzw. der Stapesfußplatte und erforderliche chirurgische Intervention [57].

Befund – Chirurgische Maßnahme	Anzahl der Fälle / Prozentwert
verknöcherte Stapesfußplatte – Wiedereröffnung mit dem CO ₂ -Laser	37 / 35%
Bindegewebsneomembran – Wiedereröffnung mit dem CO ₂ -Laser	33 / 31%
ausreichende Perforation vorhanden - Prothesenwechsel	10 / 9%
Bindegewebsverwachsungen – Entfernung mit dem CO ₂ -Laser, kein Prothesenwechsel	26 / 25%

6.6 Reperforation der Stapesfußplatte

In 36 Fällen wurde die Fußplatte mit dem CO₂-Laser in Kombination mit dem SurgiTouch™-Scanner perforiert. In 22% (n=8) wurde eine Perforation mit einer ausreichend großen Öffnung mit nur einem Schuß und in 8% (n=3) mit zwei Schüssen erzielt. In allen anderen Fällen, in denen mit oder ohne Scannersystem operiert wurde, wurden im Mittel fünf Schüsse appliziert. In einem Fall einer besonders ausgeprägten obliterativen Otokslerose wurden 44 Laserapplikationen benötigt, um eine Perforation ausreichender Größe zu erzielen.

In 34 Fällen wurde die Technik der mehrfachen Laserapplikation ohne Scannersystem angewandt. Hier betrug die mittlere Anzahl an Applikationen für eine Perforation 9,5 bis hin zu 59 in einem Fall einer obliterativen Otokslerose. **Abbildung 5a und 5b** zeigen die Verteilung der kumulativen Energien, die für die Erzielung eines angemessenen Perforationsdurchmessers notwendig waren. Die kumulative Energie ist das Ergebnis mehrerer Laserapplikationen. Die benötigte Gesamtenergie in Fällen ausgeprägter knöcherner Obliterationen im Bereich der Fußplatte betrug bis zu 22,4 J (**Abbildung 5a**). In Fällen, in denen die ovale Nische lediglich mit einer bindegewebigen Neomembran bedeckt war, betrug die Gesamtenergie im Mittel 8,4 J zur Perforation der Fußplatte (**Abbildung 5b**). Die mittlere Gesamtenergie in allen Fällen betrug lediglich 3,6 J. In der Mehrzahl der Fälle war zur Perforation eine Gesamtenergie von weniger als 1,5 J nötig.

Abbildung 5

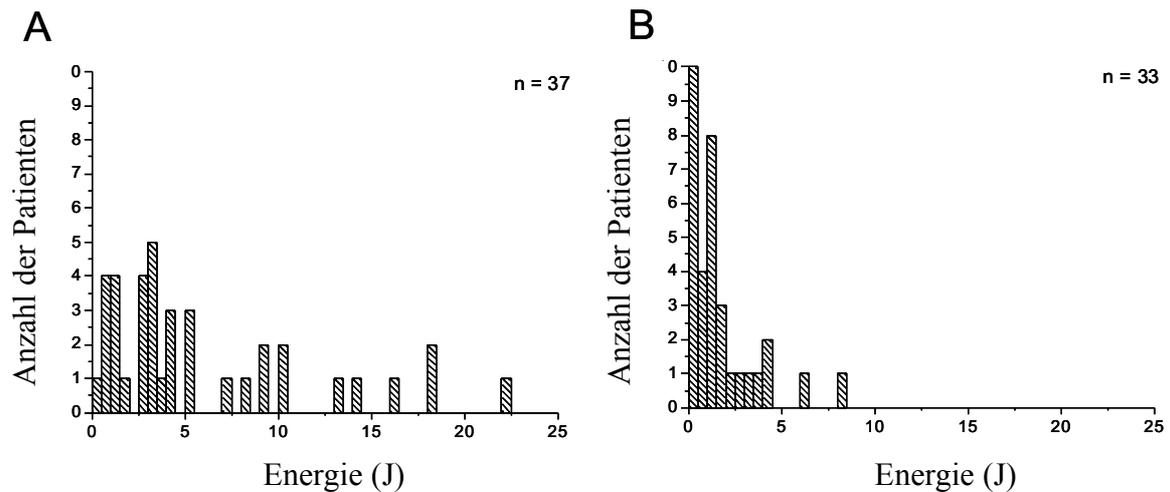


Abbildung 5: Verteilung der kumulierten Energie, die zur Perforation der Stapesfußplatte erforderlich war. Die verwendete Energie hing von der Pathologie an der Fußplatte ab:

A) knöchern reobliterierte Fußplatte, B) Bindegewebsneomembran.

In den verbliebenen 36 Fällen war keine Reperforation notwendig [57].

6.7 Verwendete Prothesen

In 69% der Fälle ($n=73$) wurde die entfernte Prothese durch einen Platin-Teflon-Piston mit einem Durchmesser von 0,4 mm (50%) oder 0,6 mm (19%) ersetzt. In 5 Fällen wurde eine Titanprothese mit dem Durchmesser von 0,4 mm verwendet. Bei einem Patienten wurde eine Malleovestibulopexie mit einer Titanprothese durchgeführt. In 25% der Fälle ($n=26$) konnte die ursprüngliche Prothese weiterverwendet werden, ein Ersatz durch eine neue Prothese war nicht nötig.

6.8 Hörergebnisse

Die Analyse der Ergebnisse der Reintonaudiometrie zeigte eine signifikante Verbesserung des Knochenleitungshörens für alle getesteten Frequenzen (Wilcoxon-test, $p < 0,001$, **Abbildung 6**). Die durchschnittlichen Verbesserungen betrugen 4 dB bei 0,5 kHz, 10 dB bei 2 kHz und 6 dB bei 4 kHz. 10% ($n=8$) der Patienten hatten einen Abfall in ihrem Knochenleitungshörvermögen postoperativ von bis zu 10 dB. 3% ($n=2$) hatten einen Abfall von mehr als 10 dB bis zu 40 dB bei einer der getesteten Frequenzen. Einer der beiden (1%) hatte den Hörverlust im Hauptsprachbereich bei 0,5, 1, 2 und 3 kHz angegeben, der andere (1%) den Hörverlust nur bei der Frequenz 4 kHz. In keinem der untersuchten Fälle trat eine Früh- oder Spätertaubung auf.

Abbildung 6

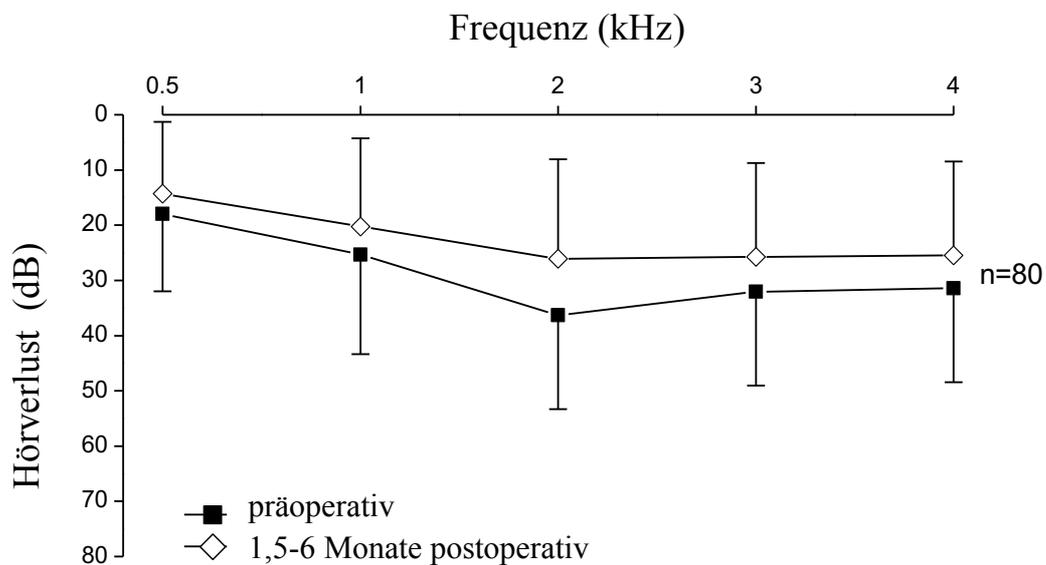


Abbildung 6: Durchschnittliche Knochenleitungshörschwelle, gemessen präoperativ und 1,5 bis 6 Monate postoperativ. In allen Frequenzen zeigte sich postoperativ eine hochsignifikante Verbesserung ($n = 80$; $p < 0,001$) [57].

Die mittlere Differenz zwischen Luft- und Knochenleitung verbesserte sich zusehends zwischen dem ersten Monat und dem ersten Jahr postoperativ (**Abbildung 7**). Nach einem Jahr betrug diese Differenz in 55% der Fälle nur 0-10 dB, in 41% der Fälle 11-20 dB und in lediglich 4% der Fälle 21-30 dB. Die abschließende Differenz zwischen Luft- und Knochenleitung betrug in 96% der Fälle 20 dB oder weniger. Keiner der Patienten hatte eine Differenz größer als 30 dB. Die postoperative Verbesserung des Hörergebnisses im Vergleich zur präoperativen Situation war hochsignifikant (Wilcoxonstest, $p < 0,001$).

Abbildung 7

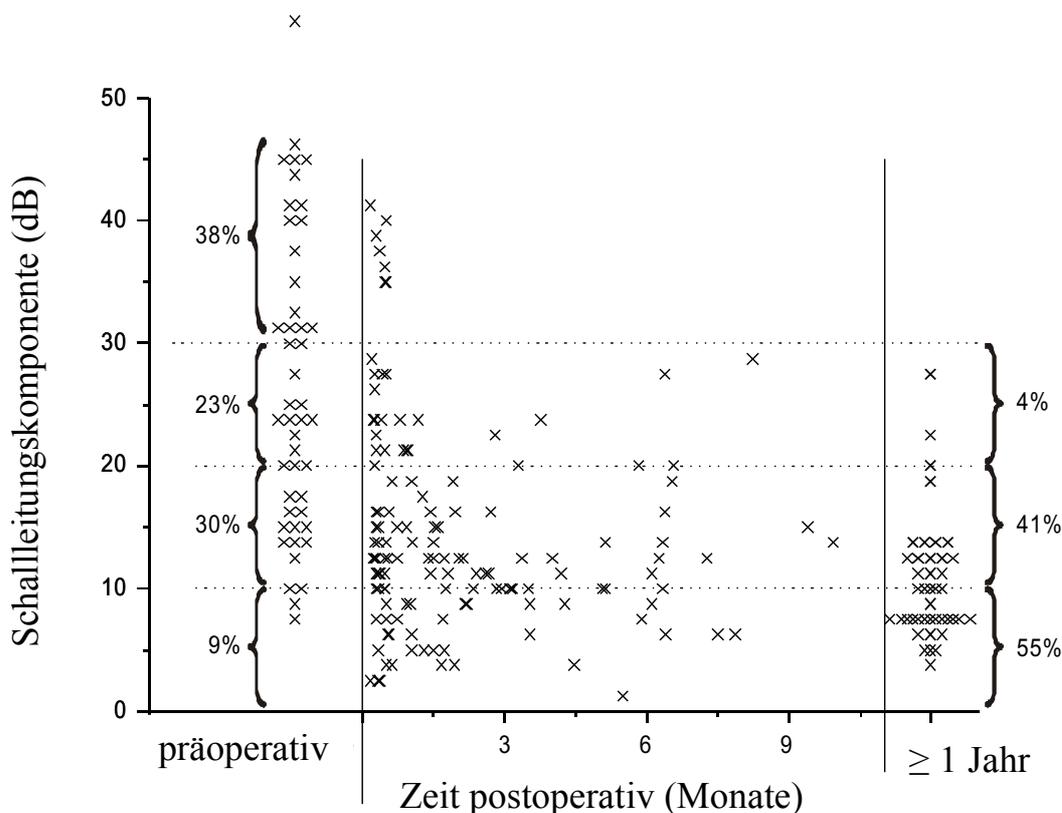


Abbildung 7: Verteilung der postoperativen Lücke zwischen Luft- und Knochenleitungshörschwelle. Dargestellt sind die Durchschnittswerte, gemessen bei 0,5 kHz, 1 kHz, 2 kHz und 3 kHz für die Luftleitungshörschwelle minus dem Durchschnitt derselben Frequenzen gemessen für die Knochenleitungshörschwelle. Messungen erfolgten präoperativ und mehrfach im Intervall 1 Monat bis 1 Jahr und im Intervall nach einem Jahr postoperativ (n=47).

6.8.1 Einfluss der verwendeten Laserenergie auf die Innenohrfunktion

Für die Analyse möglicher schädlicher Einflüsse hoher Laserenergien auf die Innenohrfunktion haben wir Revisionsoperationen bei verknöchelter Fußplatte (hohe Gesamtenergie) und Revisionsoperationen bei bindegewebig überzogener Fußplatte (geringe Gesamtenergie) miteinander verglichen. Interessanterweise gab es keinen signifikanten Unterschied in den Untersuchungen der prä- und postoperativen Knochenleitungshörschwellen beider Gruppen (**Abbildung 8**).

Abbildung 8

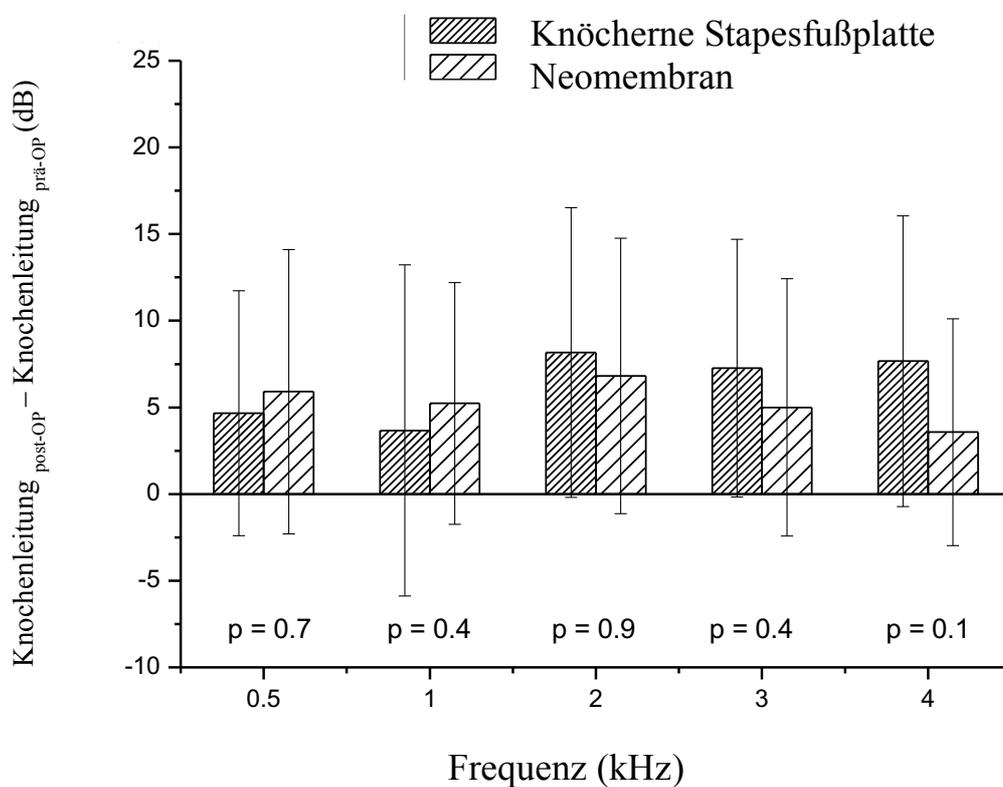


Abbildung 8: Änderung der Knochenleitungshörschwellen. Bestimmt wurde die Differenz der Knochenleitungshörschwelle 1,5 bis 6 Monate postoperativ und den entsprechenden präoperativen Werten. Verglichen wurden Patienten mit einer verknöcherten Stapesfußplatte (n=32) mit Patienten, bei denen sich eine Bindegewebsneomembran fand (n=25). Positive Messwerte korrespondieren in der Abbildung mit einer postoperativen Verbesserung der Hörschwelle. Die statistische Auswertung ergab keinen signifikanten Unterschied zwischen den Vergleichsgruppen.

6.9 Komplikationen

In einem Fall kam es versehentlich zu einer verfrühten Eröffnung des Vestibulums mit möglicher akzidentieller Laserbestrahlung des teilentleerten Vestibulums. Dieser Patient zeigte postoperativ einen pancochleären sensorineuralen Hörverlust von 40 dB mit begleitendem Tinnitus, der auch noch nach einem Jahr persistierte.

Eine Patientin entwickelte eine Woche postoperativ einen pancochleären sensorineuralen Hörverlust von 35 dB, der sich graduell bis auf 15 dB verbesserte. Keiner der beiden Patienten klagte über ein fortbestehendes Schwindelgefühl.

7. Diskussion

Im Vergleich zu konventionellen Operationstechniken bietet die Verwendung des CO₂-Lasers bei der Revisionstapedotomie drei entscheidende Vorteile:

- a) eine verbesserte Darstellbarkeit der Mittelohrstrukturen für eine größere diagnostische und therapeutische Sicherheit,
- b) eine verbesserte Stabilität der neu eingebrachten Prothese im hinteren Drittel der ovalen Nische durch größere Paßgenauigkeit der Perforation im Bereich der Stapesfußplatte und
- c) schließlich eine geringere Komplikationsrate im Bereich des Innenohres sowie verbesserte Hörergebnisse durch Reduktion des Traumas während der Operation.

In der Arbeitsgruppe wurde bereits in der Vergangenheit die Ein-Schuss-Technik für die primäre Stapedotomie etabliert [37]. Diese Neuerung wurde möglich durch den Einsatz des CO₂-Lasers in Kombination mit einem Mikromanipulator und einem Scannersystem, welches den fokussierten Laserstrahl kontrolliert über die zu perforierende Stelle der Stapesfußplatte lenkt. Darüberhinaus kann mit Hilfe des CO₂-Lasers auch Bindegewebe vaporisiert werden, was das mechanische Trauma während der Operation deutlich minimiert [37].

Im Rahmen der vorliegenden Untersuchung wurde diese Technik an die Erfordernisse der Revisionsstapeschirurgie angepaßt und die klinischen Ergebnisse hinsichtlich Hörverbesserung im Bereich der Schallleitung, Einfluss auf das Innenohr und Komplikationsrate überprüft.

Ein Revisionseingriff und somit ein Studieneinschluss von Patienten wurde bei vorliegender Schallleitungsstörung, Schwindel oder einer sensorineuralen Hörstörung nach vorangegangener Stapesoperation indiziert. Die Mehrzahl dieser Symptome trat während des ersten postoperativen Jahres auf (55%), mit einem punctum maximum in den ersten sechs Monaten. Im Zeitraum zwischen dem ersten und dem fünfzehnten Jahr postoperativ betrug die durchschnittliche jährliche Revisionsrate 7%. Das Ausmaß der beklagten Symptome konnte in jedem einzelnen Fall durch die Revisionsoperation verringert werden.

Intraoperativ stellten sich Veränderungen an der Prothese selbst als häufigste Ursache der oben beschriebenen Symptome dar. Entweder war die Prothese vom langen Amboßschenkel abgerutscht oder aus der Perforationsstelle an der Fußplatte disloziert, oder aber sie war zu lang bzw. zu kurz. Eine weitere sehr häufige Ursache für postoperative Beschwerden war die Ausbildung von narbigem Bindegewebe, welches die Mobilität der Prothese oder gar der

gesamten Ossikelkette einschränkte. In 25% der Fälle konnte eine Hörverbesserung durch Entfernung des Bindegewebes und stärkere Befestigung der Prothese am langen Amboßschenkel erreicht werden, ohne dass die Prothese selbst ausgetauscht werden musste.

Eine erneute Verknöcherung oder die Bildung einer bindegewebigen Neomembran waren die am häufigsten zu beobachtenden Veränderungen im Bereich der Fußplatte. Während Ersteres als eine Veränderung im Rahmen der Otosklerose anzusehen ist, gilt Letzteres als Reaktion des Bindegewebes auf eine fehlende Prothese in der somit offenen Perforationsstelle der Stapesfußplatte. Im Gegensatz zur primären Stapedotomie, wo es in 70% der Fälle gelingt, die Fußplatte mit nur einem Schuß zu perforieren [37], ist dies bei der Revisionsoperation nur in lediglich 22% der Fälle möglich gewesen. Durchschnittlich waren bis zu 5 Laserapplikationen mit einer entsprechend hohen kumulativen Energie notwendig, um die Fußplatte zu perforieren. Dieser Umstand warf die Frage auf, ob es nach der Applikation unterschiedlich hoher Energien einen Unterschied im Innenohrhörvermögen im Sinne eines laserinduzierten cochleären Schadens gibt. Interessanterweise konnte kein signifikanter Unterschied in der Knochenleitungshörschwelle zwischen der Gruppe mit hoher kumulativer Laserenergie (reobliterierte Stapesfußplatte) und der Gruppe mit niedriger kumulativer Laserenergie (bindegewebige Neomembran) festgestellt werden. Da die Standardabweichung allerdings sehr hoch ist, kann es gut sein, dass mit zunehmender Patientenzahl im Rahmen zukünftiger Untersuchungen doch noch eine Diskrepanz offenbar wird.

Revisionsstapedotomien mußten in 5,6% unserer eigenen Primäroperationen durchgeführt werden. Diese Zahl deckte sich mit den Angaben aus der Literatur, in der eine Revisionsrate von 5-10% nach vorangegangener Primäroperation beschrieben wurde [49].

Nach Stapesrevisionsoperation verbesserte sich die mittlere Knochenleitungshörschwelle über alle Frequenzen. Abbildung 6 verdeutlicht eindrucksvoll, wie sich die Differenz zwischen Luft- und Knochenleitungshörvermögen im Laufe des ersten postoperativen Jahres zunehmend verringerte und sich das Hörvermögen damit insgesamt verbesserte. Schließlich untersuchten wir das Luftleitungshörvermögen ein Jahr oder länger postoperativ. In diesem Zeitintervall konnte eine Differenz zwischen Luft- und Knochenleitungshörvermögen von 0-10 dB bei 55% der untersuchten Patienten, von 11-20 dB bei 41% und von 21-30 dB bei 4% festgestellt werden. In Übereinstimmung mit anderen Studien sind diese Ergebnisse schlechter als vergleichbare Untersuchungen bei Patienten nach primärer Stapedotomie, aber besser als die Ergebnisse nach konventioneller Stapesrevisionsoperation [41, 58-60]. Bei unseren eigenen

primären Stapesoperationen, bei denen wir eine identische operative Technik an der Fußplatte verwendeten wie bei der Revisionsoperation, konnte eine Differenz zwischen Luft- und Knochenleitungshörvermögen von 0-10 dB bei 70% der untersuchten Patienten, von 11-20 dB bei 29% und von 21-30 dB bei 1% erreicht werden [37]. Die Verteilung der Werte präoperativ untersuchter Luft- und Knochenleitungshörkurven bei primärer und bei Revisionsstapedotomie zeigte in unserer Studie keinen signifikanten Unterschied. Diese Beobachtung geht mit Beschreibungen in der Literatur einher, welche kürzlich von Schmid und Hausler zusammengefasst wurden [50]. Es wurde dort ebenfalls beschrieben, dass die Hörergebnisse nach Stapesrevisionsoperationen schlechter sind als nach primären Stapedotomien. Vergleicht man die Knochenleitungshörschwellen in beiden Gruppen, so fanden wir präoperativ eine signifikant höhere Schwelle in der Gruppe der Revisionsoperationen. Wir fanden postoperativ aber keinen signifikanten Unterschied des Knochenleitungshörens nach primärer oder Revisionsstapedotomie.

Die Frage, ob die während der Operation verwendete Gesamtenergie einen Einfluß auf die Innenohrfunktion hat oder nicht, ist häufig Grundlage von Diskussionen oder Bedenken. Indem wir die Fälle der Revisionsoperationen in zwei Gruppen einteilten (einerseits die Fälle mit einer die Fußplatte überdeckenden Neomembran, andererseits jene mit erneuter Verknöcherung der Fußplatte) konnten wir folgendes zu der Diskussion beitragen: Eine Eröffnung der Neomembran gelang mit Applikation einer geringen Gesamtenergie, die Reperforation einer verknöcherten Fußplatte benötigte eine höhere Gesamtenergie. Vergleichende Untersuchungen der Knochenleitungshörens über mehrere Frequenzen zeigte in beiden Gruppen keinen signifikanten Unterschied und deuten damit eine weitreichende Sicherheit der Anwendung des CO₂-Lasers an.

Der Anteil an Patienten mit einer ausgeprägten Hörstörung bewegte sich im Rahmen dessen, was auch andere Studiengruppen, die den Laser verwendeten, beobachtet hatten [51]. In einem Fall trat als Komplikation lediglich eine passagere Hörminderung auf, in einem anderen Fall kam es zu einer bleibenden Hörminderung von 40 dB. Anhaltende Schwindelbeschwerden traten nicht auf. Im Vergleich zu der früher von uns durchgeführten Studie zur primären CO₂-Laserstapedotomie war die Komplikationsrate ähnlich hoch, was die Sicherheit der von uns verwendeten Methode auch bei Revisionsoperationen unterstreicht. Allerdings ist es denkbar, dass bei der relativ umschriebenen Anzahl an Revisionseingriffen während des Beobachtungszeitraumes nicht alle möglichen Komplikationen manifest wurden. Dies stellt

eine wesentliche Limitation der Arbeit dar und sollte Gegenstand zukünftiger Untersuchungen mit einem größeren Patientenkollektiv sein.

Berücksichtigt man letztendlich den hohen Anteil an Hörverbesserungen einerseits und die niedrige Rate an Komplikationen bei der Revisionsstapedotomie mit dem CO₂-Laser andererseits, so kann die hier beschriebene berührungslose Operationstechnik den Operateur in der frühzeitigen Indikationsstellung und Empfehlung zur Revisionsoperation gegenüber dem Patienten unterstützen.

8. Literatur

- [1] M.S. Tomek, M.R. Brown, S.R. Mani, A. Ramesh, C.R. Srisailapathy, P. Coucke, R.I. Zbar, A.M. Bell, W.T. McGuirt, K. Fukushima, P.J. Willems, G. Van Camp, R.J. Smith, Localization of a gene for otosclerosis to chromosome 15q25-q26, *Hum Mol Genet*, 7 (1998) 285-290.
- [2] K. Van Den Bogaert, P.J. Govaerts, I. Schatteman, M.R. Brown, G. Caethoven, F.E. Offeciers, T. Somers, F. Declau, P. Coucke, P. Van de Heyning, R.J. Smith, G. Van Camp, A second gene for otosclerosis, OTSC2, maps to chromosome 7q34-36, *Am J Hum Genet*, 68 (2001) 495-500.
- [3] K.J. Jensen, H.E. Nielsen, O. Elbrond, H.H. Hansen, Mineral content of skeletal bones in otosclerosis, *Clin Otolaryngol Allied Sci*, 4 (1979) 339-342.
- [4] A.W. Morrison, Genetic factors in otosclerosis, *Ann R Coll Surg Engl*, 41 (1967) 202-237.
- [5] R.E. Gristwood, W.N. Venables, Otosclerotic obliteration of oval window niche: an analysis of the results of surgery, *J Laryngol Otol*, 89 (1975) 1185-1217.
- [6] W. Arnold, H.J. Altermatt, R. Kraft, C.R. Pfaltz, [Otosclerosis. A paramyxovirus-induced inflammatory reaction], *HNO*, 37 (1989) 236-241.
- [7] W. Arnold, I. Friedmann, [Detection of measles and rubella-specific antigens in the endochondral ossification zone in otosclerosis], *Laryngol Rhinol Otol (Stuttg)*, 66 (1987) 167-171.
- [8] W. Arnold, I. Friedmann, Immunohistochemistry of otosclerosis, *Acta Otolaryngol Suppl*, 470 (1990) 124-128; discussion 128-129.
- [9] H.P. Niedermeyer, W. Arnold, Otosclerosis: a measles virus associated inflammatory disease, *Acta Otolaryngol*, 115 (1995) 300-303.
- [10] H. Wada, T. Kobayashi, M. Suetake, H. Tachizaki, Dynamic behavior of the middle ear based on sweep frequency tympanometry, *Audiology*, 28 (1989) 127-134.
- [11] M. Gersdorff, J. Nouwen, C. Gilain, M. Decat, C. Betsch, Tinnitus and otosclerosis, *Eur Arch Otorhinolaryngol*, 257 (2000) 314-316.
- [12] P.G. Sobrinho, C.A. Oliveira, A.R. Venosa, Long-term follow-up of tinnitus in patients with otosclerosis after stapes surgery, *Int Tinnitus J*, 10 (2004) 197-201.
- [13] J.J. Shea, Jr., The teflon piston operation for otosclerosis, *Laryngoscope*, 73 (1963) 508-509.
- [14] J.J. Shea, Jr., Fenestration of the oval window, *Ann Otol Rhinol Laryngol*, 67 (1958) 932-951.

- [15] D. Plester, [Advances in the microsurgery of the ear during the 1st 10 years], *HNO*, 18 (1970) 33-40.
- [16] C.A. Buchman, M.J. Fucci, J.B. Roberson, Jr., A. De La Cruz, Comparison of argon and CO2 laser stapedotomy in primary otosclerosis surgery, *Am J Otolaryngol*, 21 (2000) 227-230.
- [17] K.L. Horn, S. Gherini, G.M. Griffin, Jr., Argon laser stapedectomy using an endo-otoprobe system, *Otolaryngol Head Neck Surg*, 102 (1990) 193-198.
- [18] S.G. Lesinski, Lasers for otosclerosis--which one if any and why, *Lasers Surg Med*, 10 (1990) 448-457.
- [19] T.M. McGee, The argon laser in surgery for chronic ear disease and otosclerosis, *Laryngoscope*, 93 (1983) 1177-1182.
- [20] Y.K. Shabana, H. Allam, C.B. Pedersen, Laser stapedotomy, *J Laryngol Otol*, 113 (1999) 413-416.
- [21] D.M. Vernick, A comparison of the results of KTP and CO2 laser stapedotomy, *Am J Otol*, 17 (1996) 221-224.
- [22] P.J. Antonelli, G.J. Gianoli, L.B. Lundy, M.J. LaRouere, J.M. Kartush, Early post-laser stapedotomy hearing thresholds, *Am J Otol*, 19 (1998) 443-446.
- [23] J.B. Causse, S. Gherini, K.L. Horn, Surgical treatment of stapes fixation by fiberoptic argon laser stapedotomy with reconstruction of the annular ligament, *Otolaryngol Clin North Am*, 26 (1993) 395-416.
- [24] J.R. DiBartolomeo, M. Ellis, The argon laser in otology, *Laryngoscope*, 90 (1980) 1786-1796.
- [25] S. Gherini, K.L. Horn, J.B. Causse, G.R. McArthur, Fiberoptic argon laser stapedotomy: is it safe?, *Am J Otol*, 14 (1993) 283-289.
- [26] R. Hausler, P.J. Schar, H. Pratisto, H.P. Weber, M. Frenz, Advantages and dangers of erbium laser application in stapedotomy, *Acta Otolaryngol*, 119 (1999) 207-213.
- [27] A. Huber, T. Linder, U. Fisch, Is the Er:YAG laser damaging to inner ear function?, *Otol Neurotol*, 22 (2001) 311-315.
- [28] T. Keck, M. Wiebe, G. Rettinger, H. Riechelmann, Safety of the erbium:yttrium-aluminum-garnet laser in stapes surgery in otosclerosis, *Otol Neurotol*, 23 (2002) 21-24.
- [29] S.G. Lesinski, R. Newrock, Carbon dioxide lasers for otosclerosis, *Otolaryngol Clin North Am*, 26 (1993) 417-441.
- [30] B.M. Lippert, S. Gottschlich, C. Kulkens, B.J. Folz, H. Rudert, J.A. Werner, Experimental and clinical results of Er:YAG laser stapedotomy, *Lasers Surg Med*, 28 (2001) 11-17.

- [31] D. Nagel, The Er:YAG laser in ear surgery: first clinical results, *Lasers Surg Med*, 21 (1997) 79-87.
- [32] R.C. Perkins, Laser stapedotomy for otosclerosis, *Laryngoscope*, 90 (1980) 228-240.
- [33] S. Jovanovic, D. Anft, U. Schonfeld, A. Berghaus, H. Scherer, Influence of CO2 laser application to the guinea-pig cochlea on compound action potentials, *Am J Otol*, 20 (1999) 166-173.
- [34] S. Jovanovic, U. Schonfeld, Application of the CO2 laser in stapedotomy, *Adv Otorhinolaryngol*, 49 (1995) 95-100.
- [35] S. Jovanovic, U. Schonfeld, V. Prapavat, A. Berghaus, R. Fischer, H. Scherer, G. Muller, [Modifying the stapes footplate with various laser systems. II. The pulsed laser], *HNO*, 43 (1995) 223-233.
- [36] S. Jovanovic, U. Schonfeld, V. Prapavat, A. Berghaus, R. Fischer, H. Scherer, G.J. Muller, Effects of continuous-wave laser systems on stapes footplate, *Lasers Surg Med*, 19 (1996) 424-432.
- [37] S. Jovanovic, U. Schonfeld, H. Scherer, CO2 laser stapedotomy with the "one-shot" technique--clinical results, *Otolaryngol Head Neck Surg*, 131 (2004) 750-757.
- [38] S. Jovanovic, Y. Jamali, D. Anft, U. Schonfeld, H. Scherer, G. Muller, Influence of pulsed laser irradiation on the morphology and function of the guinea pig cochlea, *Hear Res*, 144 (2000) 97-108.
- [39] S. Jovanovic, U. Schonfeld, H. Scherer, ["One shot" CO2 laser stapedotomy], *HNO*, 54 (2006) 842-850.
- [40] A.E. Albers, W. Wagner, K. Stolzel, U. Schonfeld, S. Jovanovic, [Laser stapedotomy], *Hno*, 59 (2011) 1093-1102.
- [41] J.L. Sheehy, R.A. Nelson, H.P. House, Revision stapedectomy: a review of 258 cases, *Laryngoscope*, 91 (1981) 43-51.
- [42] U. Fisch, G.O. Acar, A.M. Huber, Malleostapedotomy in revision surgery for otosclerosis, *Otol Neurotol*, 22 (2001) 776-785.
- [43] P.E. Hammerschlag, A. Fishman, A.A. Scheer, A review of 308 cases of revision stapedectomy, *Laryngoscope*, 108 (1998) 1794-1800.
- [44] L.W. Krieger, W.H. Lippy, A.G. Schuring, F.M. Rizer, Revision stapedectomy for incus erosion: long-term hearing, *Otolaryngol Head Neck Surg*, 119 (1998) 370-373.
- [45] S.G. Lesinski, J.A. Stein, Stapedectomy revision with the CO2 laser, *Laryngoscope*, 99 (1989) 13-19.

- [46] S.G. Gherini, K.L. Horn, C.A. Bowman, G. Griffin, Small fenestra stapedotomy using a fiberoptic hand-held argon laser in obliterative otosclerosis, *Laryngoscope*, 100 (1990) 1276-1282.
- [47] K.L. Horn, S.G. Gherini, D.C. Franz, Argon laser revision stapedectomy, *Am J Otol*, 15 (1994) 383-388.
- [48] T.M. McGee, E.A. Diaz-Ordaz, J.M. Kartush, The role of KTP laser in revision stapedectomy, *Otolaryngol Head Neck Surg*, 109 (1993) 839-843.
- [49] R.J. Wiet, D.C. Kubek, P. Lemberg, A.T. Byskosh, A meta-analysis review of revision stapes surgery with argon laser: effectiveness and safety, *Am J Otol*, 18 (1997) 166-171.
- [50] P. Schmid, R. Hausler, Revision stapedectomy: an analysis of 201 operations, *Otol Neurotol*, 30 (2009) 1092-1100.
- [51] S.G. Lesinski, Revision stapedectomy, *Curr Opin Otolaryngol Head Neck Surg*, 11 (2003) 347-354.
- [52] S. Jovanovic, D. Anft, U. Schonfeld, A. Berghaus, H. Scherer, Experimental studies on the suitability of the erbium laser for stapedotomy in an animal model, *Eur Arch Otorhinolaryngol*, 252 (1995) 422-427.
- [53] S. Jovanovic, U. Schonfeld, R. Fischer, M. Doring, V. Prapavat, G. Muller, H. Scherer, [Thermal stress of the inner ear during laser stapedotomy. I: Continuous-wave laser], *HNO*, 43 (1995) 702-709.
- [54] M. Szymanski, K. Morshed, R.P. Mills, The use of CO(2) laser in revision stapes surgery: experimental studies on heat transmission to the vestibule, *Adv Otorhinolaryngol*, 65 (2007) 250-254.
- [55] S. Jovanović, CO₂-Laser in der Stapeschirurgie eine Anleitung zum operativen Vorgehen, Springer, Berlin Heidelberg [u.a.], 1998.
- [56] V. Oswal, M. Remacle, S. Jovanovic, J. Krespi, Principles and practice of laser in otorhinolaryngology and head and neck surgery, (2002) 1-484.
- [57] A.E. Albers, U. Schonfeld, K. Kandilakis, S. Jovanovic, CO(2) laser revision stapedotomy, *The Laryngoscope*, 123 (2013) 1519-1526.
- [58] W.H. Lippy, R.A. Battista, L. Berenholz, A.G. Schuring, J.M. Burkey, Twenty-year review of revision stapedectomy, *Otol Neurotol*, 24 (2003) 560-566.
- [59] J.A. Crabtree, B.H. Britton, W.H. Powers, An evaluation of revision stapes surgery, *Laryngoscope*, 90 (1980) 224-227.
- [60] M.E. Glasscock, 3rd, K.X. McKennan, S.C. Levine, Revision stapedectomy surgery, *Otolaryngol Head Neck Surg*, 96 (1987) 141-148.

9. Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Effektive Laserenergieparameter für die Revisionslaserstapedotomie	18
Tabelle 2: Verteilung der Revisionsoperationen (n=106)	23
Tabelle 3: Präoperative Befunde vor der Revisionsstapedotomie	24
Tabelle 4: Verwendete chirurgische Technik und verwendeter Prothesentyp	25
Tabelle 5: Zeit bis zur Revisionsstapedotomie der 49 an der Charité-HNO-Klinik primär operierten Patienten.	26
Tabelle 6: Zustand der ovalen Nische bzw. der Stapesfußplatte und erforderliche chirurgische Intervention.	29

10. Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1:	11
Abbildung 2:	17
Abbildung 3:	21
Abbildung 4:	28
Abbildung 5:	31
Abbildung 6:	32
Abbildung 7:	33
Abbildung 8:	34

11. Lebenslauf

Mein Lebenslauf wird aus Datenschutzrechtlichen Gründen in der elektronischen Version meiner Arbeit nicht veröffentlicht

12. Publikationsliste

Albers AE, Schonfeld U, Kandilakis K, Jovanovic S. CO(2) laser revision stapedotomy. Laryngoscope. 2013;123(6):1519-26.

13. Eidesstattliche Versicherung

„Ich, Kostas Kandilakis, versichere an Eides statt durch meine eigenhändige Unterschrift, dass ich die vorgelegte Dissertation mit dem Thema: „**Evaluation der Sicherheit und Effektivität des CO₂-Lasers in der Revisions-Stapedotomie**“ selbstständig und ohne nicht offengelegte Hilfe Dritter verfasst und keine anderen als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel genutzt habe.

Alle Stellen, die wörtlich oder dem Sinne nach auf Publikationen oder Vorträgen anderer Autoren beruhen, sind als solche in korrekter Zitierung (siehe „Uniform Requirements for Manuscripts (URM)“ des ICMJE -www.icmje.org) kenntlich gemacht. Die Abschnitte zu Methodik (insbesondere praktische Arbeiten, Laborbestimmungen, statistische Aufarbeitung) und Resultaten (insbesondere Abbildungen, Graphiken und Tabellen) entsprechen den URM (s.o) und werden von mir verantwortet.

Meine Anteile an etwaigen Publikationen zu dieser Dissertation entsprechen denen, die in der untenstehenden gemeinsamen Erklärung mit dem Betreuer, angegeben sind. Sämtliche Publikationen, die aus dieser Dissertation hervorgegangen sind und bei denen ich Autor bin, entsprechen den URM (s.o) und werden von mir verantwortet.

Die Bedeutung dieser eidesstattlichen Versicherung und die strafrechtlichen Folgen einer unwahren eidesstattlichen Versicherung (§156,161 des Strafgesetzbuches) sind mir bekannt und bewusst.“

Berlin, den 06.02.2017

Kostas Kandilakis

Anteilerklärung an etwaigen erfolgten Publikationen

Herr Kostas Kandilakis hatte folgenden Anteil an den unten aufgeführten Publikationen:

Publikation 1: Albers AE, Schonfeld U, **Kandilakis K**, Jovanovic S. CO(2) laser revision stapedotomy. Laryngoscope. 2013;123(6):1519-26.

Beitrag im Einzelnen:

- Identifizierung studienrelevanter Patienten und Terminorganisation
- Sammlung, Organisation und Auswertung präoperativer Patientendaten
- Dokumentation von intraoperativen Befunden und Pathologien, Geräteparametern und klinischen Besonderheiten und Operationsassistenz
- Organisation der postoperativen Nachsorge inklusive der Veranlassung von Hörtesten
- tabellarische Zusammenfassung von Patientendaten und Pathologien
- Anteil an Komplettierung der Patientendatenbank
- Auswertung und Analyse der Daten
- Mitarbeit beim Zusammenfassen und der grafischen Aufarbeitung der Ergebnisse
- Anteil an Interpretation und Diskussion der Ergebnisse
- Mitarbeit beim Verfassen der Publikation
- Mitarbeit beim Überarbeiten der Publikation nach dem „peer review“ bis zur Veröffentlichung

Berlin, den 06.02.2017

Priv.–Doz. Dr. med. Andreas Albers

Berlin, den 06.02.2017

Kostas Kandilakis

14. Danksagung

Ich danke Herrn Prof. Dr. med. Sergije Jovanovic für die Überlassung des Dissertationsthemas, die intensive Betreuung sowie wissenschaftliche und klinische Ausbildung, die es mir ermöglicht hat, diese Arbeit zu verfassen. Insbesondere die operativen Erfahrungen und Erkenntnisse, die ich unter seiner Leitung im Bereich der Stapeschirurgie sammeln durfte, waren mir bei der Fertigstellung dieser Arbeit eine immense Hilfe.

Mein ganz besonderer Dank gilt meinem Kollegen und Betreuer, Herrn PD Dr. Andreas Albers. Seine ruhige Art, die konstruktive Kritik und seine außerordentliche Hilfsbereitschaft waren mir stets eine wichtige Quelle der Motivation. Ohne seine Hartnäckigkeit und geduldige Begleitung hätte ich diese Arbeit nie in der vorliegenden Form vollenden können.

Ferner danke ich Herrn Dr. Uwe Schönfeld für die freundliche Mitwirkung bei der Erhebung der klinischen Daten.

Zuletzt möchte ich von ganzem Herzen meiner lieben Ehefrau, Frau Katrin Kandilakis, für ihre nimmermüde Aufmunterung zum Abschluß dieser Arbeit danken.

15. Widmung

Ich widme diese Dissertation meiner Frau Katrin, meinen Kindern Linos, Sofia und Loukas, meinem Bruder Jannis und natürlich meinen Eltern Chrissula und Astros Kandilakis.

In Erinnerung an Onkel Lambros.