

Diplomarbeit

**Evaluierung der Effizienz von präoperativer
Tubendilatation im Rahmen von Tympanoplastiken**

eingereicht von

Thomas Krainz

zur Erlangung des akademischen Grades

Doktor der gesamten Heilkunde

(Dr. med. univ.)

an der

Medizinischen Universität Graz

ausgeführt an der

Universitätsklinik für Hals-, Nasen- und Ohrenheilkunde

unter der Anleitung von

Priv.-Doz. DDr. Matthias Koiner- Graupp

FA Dr. med. univ. Peter Kiss

Graz, am 30.11.2022

Eidesstattliche Erklärung

Ich erkläre ehrenwörtlich, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig und ohne fremde Hilfe verfasst habe, andere als die angegebenen Quellen nicht verwendet habe und die den benutzten Quellen wörtlich oder inhaltlich entnommenen Stellen als solche kenntlich gemacht habe.

Graz, am 30.11.2022

Thomas Krainz eh.

Inhaltsverzeichnis

Abkürzungsverzeichnis	v
Abbildungsverzeichnis	vi
Zusammenfassung	viii
Abstract	x
1 Einleitung	10
1.1 Anatomie des Ohres	12
1.1.1 Das äußere Ohr, Auris externa	12
1.1.2 Das Mittelohr, Auris Media	13
1.1.3 Das Innenohr, Labyrinth	17
1.2 Physiologie des Ohres	20
1.2.1 Der Schalltransport und das Mittelohr	21
1.2.2 Die Schallverarbeitung und das Innenohr	22
1.2.3 Die Reizfortleitung und der Hörnerv	25
1.2.4 Das Gleichgewichtsorgan.....	25
1.3 Erkrankungen des Mittelohres	27
1.3.1 Tubenfunktionsstörung	27
1.3.2 Chronische Otitis media	30
1.3.3 Mastoiditis	32
1.3.4 Cholesteatom	35
1.4 Untersuchungen und Interventionen am Ohr	40
1.4.1 Anamnese.....	41
1.4.2 Inspektion und Palpation.....	41
1.4.3 Otoskopie	41
1.4.4 Hörprüfungsmethoden	42
1.4.5 Vestibularisprüfungen	50
1.4.6 Ballondilatation der Tuba auditiva	51
1.4.7 Tympanoplastik	53
2 Material und Methode	59
2.1 Literaturrecherche.....	59
2.2 Studienziel, Hypothesen und erwartete Resultate	59
2.3 Studiendesign.....	60

2.3.1	Hauptzielgrößen	60
2.3.2	Nebenzielgrößen	61
2.4	Einschlusskriterien.....	62
2.5	Ausschlusskriterien.....	62
2.6	Datenerhebung	63
2.7	Fallzahl und Fallgruppen	63
2.8	Datenanalyse, statistische Verfahren, Datenauswertung	66
3	<i>Ergebnisse</i>	67
3.1	Fallkollektiv A: Chronische Otitis media und Mastoiditis.....	68
3.1.1	Patientendemografie.....	68
3.1.2	Resultate der 1. Nachkontrolle.....	70
3.1.3	Resultate der 2. Nachkontrolle.....	71
3.1.4	Resultate der 3. Nachkontrolle.....	71
3.1.5	Notwendigkeit weiterer Operationen	72
3.1.6	Valsalva-Manöver	73
3.1.7	Postoperative Air-Bone Gap	74
3.1.8	Änderung der mittleren Air-Bone Gap	76
3.1.9	Pure-tone average	78
3.2	Fallkollektiv B: Cholesteatom	80
3.2.1	Patientendemografie.....	80
3.2.2	Resultate der 1. Nachkontrolle.....	81
3.2.3	Resultate der 2. Nachkontrolle.....	82
3.2.4	Resultate der 3. Nachkontrolle.....	82
3.2.5	Rezidive in Second-Look Operation	83
3.2.6	Valsalva-Manöver	83
3.2.7	Postoperative Air-Bone Gap	84
3.2.8	Änderung der mittleren Air-Bone Gap	86
3.2.9	Pure-tone average	88
4	<i>Diskussion</i>.....	90
4.1	Fallkollektiv A: Chronische Otitis media und Mastoiditis.....	90
4.2	Fallkollektiv B	92
4.3	Limitationen.....	94

5	Conclusio	95
6	Literaturverzeichnis.....	96

Abkürzungsverzeichnis

ABG - Air-Bone Gap (Differenz zwischen Knochen- und Luftleitungskurve)

ATPase - Enzymklasse, die Adenosinriphosphat in Adenosindiphosphat spaltet

Ca²⁺ - Calcium-Ion

CMOM - chronisch mesotympanale Otitis media

CT - Computertomographie

dB - Dezibel (Einheit)

ETD - Eustachian Tube Dysfunction (Dysfunktion der Eustachischen Röhre)

ETS-7 - Eustachian Tube Score (Score zur Evaluierung der Tubenfunktion)

HNO - Hals, Nasen und Ohren

Hz/kHz - Hertz/Kilohertz (Einheit)

ICD - internationale statistische Klassifikation der Krankheiten der WHO

K⁺ - Kalium-Ion

M. - Musculus

Max. - Maximum

MD - Median

Min. - Minimum

MRT - Magnetresonanztomographie

mV - Millivolt (Einheit)

n - Anzahl der Stichprobe

N. - Nervus

p - Signifikanzwert

PORP - Partial Ossicular Replacement Prosthesis (teilweiser prothetischer Ossikelersatz)

PTA - Pure-tone average (Durchschnittswert in der Hörschwellenaudiometrie)

R - Wert zur Quantifizierung der Eustachischen Tubenfunktion

SD - Standardabweichung

TMM - Tubomanometrische Messung

TORP - Total Ossicular Replacement Prosthesis (totaler prothetischer Ossikelersatz)

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Schnitt durch das Ohr (9)	12
Abbildung 2: rechtes Trommelfell, anatomisches Schema (3).....	14
Abbildung 3: Schnitt durch die Paukenhöhle (3)	15
Abbildung 4: Anatomie der Eustachischen Röhre und des Ohres (2).....	17
Abbildung 5: Makula (3)	19
Abbildung 6: Ductus cochlearis mit Corti-Organ (3).....	23
Abbildung 7: Ablenkung der Sinneshaare der Makula durch Verlagerung der Otolithen (3)	26
Abbildung 8: Paukendrainage: Schema (3).....	29
Abbildung 9: linkes Trommelfell mit eingesetzter Drainage (3)	30
Abbildung 10: knorpeliger Tubenanteil während einer Tubendilatation (20).....	30
Abbildung 11: chronische Mittelohrentzündung mit zentralem Defekt (3)	32
Abbildung 12: Komplikationen der Mastoiditis (linkes Ohr) (3).....	34
Abbildung 13: Komplikationen durch Knochendestruktionen bei Cholesteatomeiterung links (3).....	37
Abbildung 14: randständiger Defekt bei chronisch epitympanaler Otitis media (3).....	38
Abbildung 15: Otoskopie mit Mikroskop (3).....	42
Abbildung 16: Einsetzen des Ohrtrichters (rechts Ohr) (3).....	42
Abbildung 17: Tympanogramm (3).....	46
Abbildung 18: Rinne-Versuch (3)	47
Abbildung 19: Weber-Versuch (3)	47
Abbildung 20: Tonaudiogramm (3).....	49
Abbildung 21: Frenzel-Brille (3).....	51
Abbildung 22: Ballonkatheter zur Tubendilatation (2)	53
Abbildung 23: Tympanoplastik Typ III mit Interposition von Ambossteil, Keramik oder Metallprothese als PORP zwischen Trommelfellebene und Steigbügelköpfchen (3).....	56
Abbildung 24: TORP zwischen Trommelfellebene und Steigbügelfußplatte (3)	56
Abbildung 25: Fallzahl und Drop-Outs	65
Abbildung 26: Kreisdiagramm Geschlechterverteilung Fallkollektiv A.....	68
Abbildung 27: Balkendiagramm Operationstypen Vergleichsgruppe Fallkollektiv A	69
Abbildung 28: Balkendiagramm Operationstypen Dilatationsgruppe Fallkollektiv A.....	70

Abbildung 29: Balkendiagramm Valsalva-Manöver Fallkollektiv A	73
Abbildung 30: Histogramm mittlere ABG postoperativ Vergleichsgruppe Fallkollektiv A	74
Abbildung 31: Histogramm mittlere ABG postoperativ Dilatationsgruppe Fallkollektiv A	75
Abbildung 32: Boxplot mittlere ABG postoperativ Fallkollektiv A	76
Abbildung 33: Histogramm Änderung der mittleren ABG Vergleichsgruppe Fallkollektiv A	77
Abbildung 34: Histogramm Änderung der mittleren ABG Dilatationsgruppe Fallkollektiv A	77
Abbildung 35: Boxplot Änderung der mittleren ABG Fallkollektiv A	78
Abbildung 36: Boxplot PTA4k postoperativ Fallkollektiv A	79
Abbildung 37: Kreisdiagramm Geschlechterverteilung Fallkollektiv B	80
Abbildung 38: Balkendiagramm Operationstypen Vergleichsgruppe Fallkollektiv B	81
Abbildung 39: Balkendiagramm Valsalva-Manöver Fallkollektiv B	84
Abbildung 40: Histogramm mittlere ABG postoperativ Vergleichsgruppe Fallkollektiv B	85
Abbildung 41: Histogramm mittlere ABG postoperativ Dilatationsgruppe Fallkollektiv B	85
Abbildung 42: Boxplot mittlere ABG postoperativ Fallkollektiv B	86
Abbildung 43: Histogramm Änderung der mittleren ABG Vergleichsgruppe Fallkollektiv B	87
Abbildung 44: Histogramm Änderung der mittleren ABG Dilatationsgruppe Fallkollektiv B	87
Abbildung 45: Boxplot Änderung der mittleren ABG Fallkollektiv B	88
Abbildung 46: Boxplot PTA4k postoperativ Fallkollektiv B	89

Zusammenfassung

Einleitung: Viele chronische Mittelohrerkrankungen wie z.B. das Cholesteatom stehen in einem klaren Zusammenhang mit Tubenventilationsstörungen. Um diese gar nicht erst entstehen zu lassen, wird seit einigen Jahren die recht moderne Methode der Ballondilatation der Eustachischen Röhre bei diagnostisch bestätigter Tubendysfunktion durchgeführt. Ist es aber erst einmal zur einer chronischen Otitis media mit Schädigung des Schallleitungsapparates gekommen, ist die Therapie der Wahl die Rekonstruktion dessen mittels Tympanoplastik. Das postoperative Outcome ist jedoch auch von der Mittelohrbelüftung beeinflusst, weswegen das Ziel dieser Beobachtungsstudie es war, herauszufinden, ob zuvor tubendilatierte Patientinnen und Patienten nach einer Tympanoplastik ein besseres postoperatives Ergebnis haben, als jene ohne Dilatation.

Methode: In einer retrospektiven Studie wurden die Daten von Patientinnen und Patienten, welche sich im Zeitraum von Januar 2016 bis März 2020 an der Abteilung für Hals-, Nasen- und Ohrenheilkunde im Landeskrankenhaus Graz einer Tympanoplastik unterzogen, erhoben und ausgewertet. Es wurden hierfür nominale Variablen, wie Rezidive, Einheilung, subjektive Beschwerdefreiheit, subjektive Hörverbesserung, weitere Operationen, Valsalva-Versuche, aber auch metrische Werte, wie die postoperative Air-Bone Gap, die mittlere Änderung der Air-Bone Gap und der PTA4k Wert herangezogen und innerhalb von tubendilatierten und nicht tubendilatierten Gruppen verglichen.

Ergebnisse: In die Studie konnten in Summe 97 Patientinnen und Patienten inkludiert werden, welche jeweils in eine tubendilatierte und nicht tubendilatierte Gruppe für Patientinnen und Patienten mit Cholesteatomerkrankung und chronischer Otitis media mesotympanalis/Mastoiditis gegliedert wurde. Es zeigten sich weder bei den nominalen noch bei den metrischen Parametern statistisch signifikante Unterschiede. Bei den Patientinnen/ Patienten mit chronischer Otitis media mesotympanalis/ Mastoiditis schnitt die tubendilatierte Gruppe in Bezug auf die subjektive Beschwerdefreiheit besser, bei der Einheilung jedoch anfangs etwas schlechter als die ohne Dilatation ab. Erst ab der 3. Nachkontrolle mit geringerer Fallzahl zeigte sich hier die Dilatationsgruppe der Vergleichsgruppe bezüglich der Einheilungsrate (80,0% zu 63,2%) überlegen. Bei den postoperativen mittleren ABGs zeigen sich zwischen den Gruppen kaum Unterscheidungen (Dilatation: 12,87dB, SD \pm 8,49, Min. 0, Max. 35, MD 12,5 vs. ohne

Dilatation: 12,54dB, SD \pm 8,2, Min. 0, Max. 36,25, MD 11,25). Bei der Verbesserung der ABG schnitt die Vergleichsgruppe (9,1dB, SD \pm 10,78, Min. -23,75, Max. 33,75, MD 7,5) leicht, aber nicht signifikant besser als die Dilatationsgruppe (7,5dB, SD \pm 12,30, Min. -12,5, Max. 33,75, MD 7,5) ab. Im deutlich kleineren Fallkollektiv der Patientinnen und Patienten mit Cholesteatomerkrankung konnten ebenfalls keine statistisch signifikanten Unterschiede festgemacht werden, was mit der sehr geringen Anzahl tubendilatierter Cholesteatomerkrankter zusammenhängt.

Diskussion: Da sich aufgrund der Ausschlusskriterien und der geringen Zahl an in Frage kommenden Patientinnen und Patienten keine statistische Signifikanz bei auch nur einem der analysierten Parameter zeigte, besteht der Bedarf für weitere gut dokumentierte Studien über einen längeren Zeitraum, um etwaige Trends dieser Beobachtungsstudie (wie z.B. eine bessere Mittelohrventilation oder im späteren Verlauf verbesserte Transplantateinheilung) zu bekräftigen oder zu entkräften.

Abstract

Background: Many chronic middle ear diseases such as cholesteatoma are related to tube ventilation disorders. In order to prevent this from occurring in the first place, the balloon dilation of the Eustachian tube has been practiced for diagnostically confirmed Eustachian tube dysfunctions for several years. But once a chronic otitis media with destruction of the sound conduction system has occurred, the therapy of choice is the middle ear tympanoplasty. However, postoperative outcome is also influenced by middle ear ventilation. Therefore, the aim of this observational study was to find out whether previously tube-dilated patients have a better postoperative outcome after tympanoplasty than those without dilation.

Methods: In a retrospective study, the data of patients who had undergone tympanoplasty at the Department of Ear, Nose and Throat Medicine in the State Hospital of Graz between January 2016 and March 2020 was collected and analyzed. Nominal variables such as recurrences, healing, subjective freedom of symptoms, hearing improvement, further operations, Valsalva maneuver but also metric values such as the postoperative air-bone gap, the mean change in the ABG and the PTA4k value were used for this purpose to compare tube-dilated and non dilated groups.

Results: A total of 97 patients could be included in the study, which was divided into a tube-dilated and non-tube-dilated group for patients with cholesteatoma disease and chronic otitis media mesotympanalis/mastoiditis. There were no statistically significant differences in either the nominal or the metric parameters. In the patients with chronic otitis media mesotympanalis/mastoiditis, the tube-dilated group performed better in terms of subjective freedom from symptoms, but initially slightly worse in terms of healing than those without dilation. Only at the 3rd follow-up with a lower case number did the dilation group show itself to be superior in comparison to the other group with regard to the healing rate of the graft (80.0% to 63.2%).

There are hardly any differences between the groups in the postoperative mean ABG (dilation: 12.87dB, SD \pm 8.49, min. 0, max. 35, MD 12.5 vs. without dilatation: 12.54dB, SD \pm 8.2, min 0, max 36.25, MD 11.25). In terms of improvement in ABG, the comparison group (9.1dB, SD \pm 10.78, min -23.75, max 33.75, MD 7.5) performed slightly better than the dilation group (7.5dB, SD \pm 12.30, min -12.5, max 33.75, MD 7.5). In the

significantly smaller case number of patients with cholesteatoma disease, no statistically significant differences could be determined either, which is related to the very small number of tube-dilated cholesteatoma patients.

Discussion: Since no statistical significance was shown for even one of the parameters analyzed due to the exclusion criteria and the small number of eligible patients, there is a need for further well-documented studies over a longer period of time in order to identify any trends in this observational study (such as better middle ear ventilation or later improved graft healing) to confirm or refute.

1 Einleitung

Die Ohrtrompete ist für den Druckausgleich zwischen Mittelohr und dem Nasopharynx bzw. der Umgebung, aber auch für den Sekretabfluss zuständig. Eine Dysfunktion der Tube kann zu einer Vielzahl von Symptomen, wie ein unangenehmes Druckgefühl, Schmerzen, Hörverlust, aber auch zu chronischen Mittelohrerkrankungen, wie der chronischen Otitis media mesotympanalis und sogar zum Cholesteatom führen. (1)

Zur Verbesserung der Tubenfunktion wurde eine Methode entwickelt, bei der die Tuba auditiva mittels Ballon dilatiert wird. Erste Anwendungen dieser Prozedur wurden im Jahr 2009 beschrieben und in den darauffolgenden Jahren fand die Ballondilatation in diesem Zusammenhang immer breiteren Anklang, wodurch es bald einige retrospektive und vereinzelt auch klinische Studien gab, welche den Erfolg und die Sicherheit dieser Methode belegen konnten. (1,2)

Seit einigen Jahren wird an der Hals-, Nasen- und Ohrenteilung des Klinikum Graz die Tubendilatation bei nachgewiesenen Tubenfunktionsstörungen in Zusammenhang mit chronischen Mittelohrerkrankungen angewendet. Dieser Eingriff wird in der Regel einige Wochen davor oder zeitgleich mit einer Tympanoplastik Operation, welche das Mittel der Wahl zur Restauration eines beschädigten Schallleitungsapparates im Mittelohr ist (3,4), durchgeführt. Da ein chronischer Unterdruck im Mittelohr, hervorgerufen durch eine eingeschränkte Funktion der Ohrtrompete, sowohl die Entstehung von Erkrankungen als auch die postoperative Heilung maßgeblich beeinflusst, (3,5,6) wird als Hypothese dieser Arbeit angenommen, dass jede Patientin und jeder Patient mit einer chronischen Otitis media mesotympanalis, Mastoiditis oder einem Cholesteatom an einer Tubendysfunktion leidet, sofern keine anderen Erkrankungen, die die Mittelohrventilation beeinflussen (z.B. Adenoide) oder eine chronische Entzündung hervorrufen können, gleichzeitig auftreten. (3,5,7)

Demzufolge müsste eine Behebung dieser Ventilationsstörung zu einem besseren postoperativen Ergebnis von chronischen Mittelohrerkrankungen führen und um diese Hypothese zu überprüfen, wurden zahlreiche Parameter, worunter sich unter anderem Rezidive, Einheilung, etc. aber auch die Audiometrie befanden, retrospektiv an einem Patientenkollektiv evaluiert. Als Fallkontingent wurden hierfür Patientinnen und Patienten, die sich im Zeitraum von Jänner 2016 bis März 2020 ihrer ersten Tympanoplastik

unterzogen, gewählt und mit jenen verglichen, die im selben Zeitraum zusätzlich tubendilatiert wurden.

Sollte sich im Laufe dieser und eventuell nachfolgender Studien herausstellen, dass Patientinnen und Patienten, die eine Tubendilatation erfuhren, in der Tat ein besseres postoperatives Outcome nach mittelohrrestaurierenden Operationen haben, könnte diese Therapiekombination weitaus breiteren Einsatz in der Behandlung chronischer Mittelohrerkrankungen finden.

1.1 Anatomie des Ohres

Das menschliche Ohr ist in drei getrennte Abschnitte unterteilbar: dem äußeren Ohr, dem Mittelohr und dem Innenohr. Hinzu kommt noch der Hörnerv (=VIII Hirnnerv), welcher sich im inneren Gehörgang befindet. (8)(3)

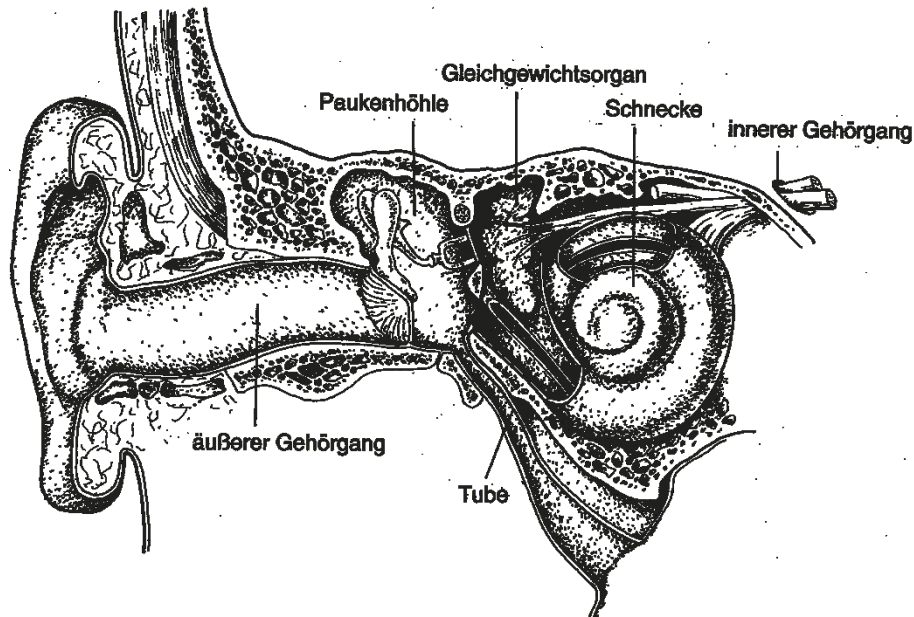


Abbildung 1: Schnitt durch das Ohr (9)

1.1.1 Das äußere Ohr, Auris externa

Das äußere Ohr besteht aus zwei Teilen: der Ohrmuschel und dem äußeren Gehörgang. Die trichterförmige Ohrmuschel, auch Auricula genannt, besteht abgesehen vom Ohrläppchen aus einem Gerüst aus elastischem Knorpel.

Der äußere Gehörgang, auch Meatus acusticus externus genannt, wird am äußeren Rand von einer rinnenförmigen Fortsetzung des Ohrmuschelknorpels gebildet und mit Bindegewebe zu einem Rohr ergänzt. Die medialen zwei Drittel des 3- 3,5cm langen, S-förmigen Meatus acusticus externus sind knöchern. Durch Ziehen der Ohrmuschel nach hinten oben lässt sich der knorpelige Anteil des äußeren Gehörganges anheben und in eine Achse mit dem starren, knöchernen Anteil bringen. Die Haut des Meatus acusticus externus besteht aus geschichtetem verhornten Plattenepithel und enthält Haare mit Talgdrüsen, deren Sekret, mit abgeschilferten Epithel vermisch, als Ohrenschmalz (Zerumen) bezeichnet wird. (3,8–10)

1.1.2 Das Mittelohr, Auris Media

Das Mittelohr besteht aus lufthaltigen, mit Schleimhaut ausgekleideten Räumen, welche durch die Ohrtrompete mit dem Schlund verbunden und durch das Trommelfell vom äußeren Gehörgang abgegrenzt werden. Die Auris media umfasst somit das Trommelfell (Membrana Tympanica), die Paukenhöhle (Cavum Tympani) mit den Gehörknöchelchen, die Ohrtrompete (Tuba auditoria/auditiva) und die pneumatischen Räume (Warzenfortsatz, Mastoid). (3,8,10)

1.1.2.1 Das Trommelfell, Membrana tympanica

Das Trommelfell ist eine schräg in den Gehörgang eingelassene, zarte Membran von ca. 1 cm und bildet die Grenze zwischen dem äußeren Gehörgang und der Paukenhöhle.

Ein aus Faserknorpel verdickter Rand (=Anulus fibrosus) umschließt das in den knöchernen Sulcus tympanicus eingelassene Trommelfell. Der Sulcus besitzt oben eine halbkreisförmige Knochenaussparung, die Incisura tympanica (Rivini). Bei der Betrachtung von außen mittels Ohrspiegelung (Otoskopie) zeigt sich eine perlmuttgraue, ovale Membran, durch die die Stria mallearis, welche dem Ansatz des Hammergriffs (Umbo) entsprechen, durchschimmern. (3,8–10)

Man unterteilt die Membrana tympanica in einen großen unteren, gespannten Teil, die Pars tensa, und einen kleineren, oberen, schlaffen, in der Incisura Rivini liegenden Teil, die Pars flaccida (Shrapnell-Membran). Zwischen diesen beiden zeigt sich vorne oben der kurze Fortsatz des Hammers, zu dem als Fortsetzung des Anulus fibrosus der vordere und hintere Grenzstrang (Plica mallearis anterior bzw. posterior) von vorn und hinten ziehen. Dieser Fortsatz setzt sich in den nach unten und innen verlaufenden Hammergriff (=Hammerstiel) fort, welcher mit der Pars tensa fest verwachsen ist und durch das Epithel hindurchscheint. Vom Umbo ausgehend erkennt man den dreieckigen, nach unten gerichteten für die Diagnostik wichtigen Lichtreflex. (3,8)



Abbildung 2: rechtes Trommelfell, anatomisches Schema (3)

1.1.2.2 Die Paukenhöhle, Cavitas Tympanica, Cavum Tympani

Die Paukenhöhle ist ein schmaler hoher Raum, der lateral vom Trommelfell begrenzt wird. In der medialen Wand befinden sich zwei Öffnungen, die die Grenze zum Innenohr markieren: das Vorhoffenster, Fenestra vestibuli und das Schneckenfenster, Fenestra cochlea. Die Paukenhöhle lässt sich von unten nach oben in drei ineinander übergehende Etagen gliedern: Das Hypotympanum (Paukenkeller) liegt über dem Bulbus venae jugularis superior. Sie trennt nur eine dünne Knochenwand (Paukenboden). Hier mündet die Tuba auditiva von vorne, unten, medial als Verbindung zum Nasenrachenraum hinein. (3,8,10)

Das Mesotympanon wird vorne vom Canalis caroticus, dem Austritt des Musculus tensor tympani aus dem Semicanalculus musculi tensoris begrenzt. Die laterale Wand bildet die Trommelfellinnenseite im Bereich der Pars tensa. Im hinteren Bereich befindet sich eine knöcherne Wand zum Warzenfortsatz, in der der N. Facialis verläuft. Oberhalb verläuft die Sehne des M. stapedius, welcher zum Steigbügelköpchen zieht. Aus dem N. facialis tritt die Chorda tympani aus und zieht bogenförmig zwischen Hammergriff und Ambossschenkel durch die Paukenhöhle in die Glaser-Spalte. Die mediale Wand des Mesotympanons markieren das vorgewölbte Promontorium (Basalwindung der Schnecke), mit dem Nervus tympanicus und dem darunter liegenden runden Fenster, welche durch die Fenstermembran von der Scala tympani der Schnecke abgeschlossen wird. Dahinter liegt oberhalb das ovale Fenster mit der Steigbügelfußplatte und dem Ringband, welches den Abschluss zum

Vestibulum des Innenohres bildet. Hier wulstet sich auch die Fazialiswulst (Prominentia canalis facialis) oberhalb des ovalen Fensters vor. (3,8)

Das Epitympanum (Kuppelraum, Attikus) öffnet sich nach hinten über dem Aditus in das Antrum mastoideum, an dessen medialer Wand hinter der Prominentia canalis facialis der Bogengangwulst liegt. Das Dach des Epitympanum (Tegmen tympani und antri) grenzt an die mittlere Schädelgrube. (3)

Die mit Schleimhaut überzogenen Gehörknöchelchen (Ossicula auditoria) befinden sich im oberen Teil der Paukenhöhle. Sie bilden zusammen mit dem Trommelfell den Schalleitungsapparat. Sie werden als Hammer (Malleus), als Amboss (Incus) und Steigbügel (Stapes) bezeichnet. Der Hammer ist der größte Knochen des Mittelohres. Er besteht aus einem Stiel (Griff), einem kurzem Fortsatz, einen vorderem Fortsatz, einem Hals und einem Kopf. Der Hammergriff ist fest am Trommelfell fixiert und über den Hals mit dem Hammerkopf verbunden. Die sattelförmige Gelenkfläche artikuliert mit dem Ambosskörper (Corpus incudis). Am langen Ambossschenkel befindet sich der rechtwinklig abstehende Processus lenticularis, welcher die Gelenkfläche für das Steigbügelkörperchen (Caput stapedis) bildet. Die Fußplatte des Stapes bedeckt das Vorhoffenster und ist via Ligamentum anulare stapedis am Rande befestigt. Mehrere mit der Paukenhöhlenwand verbundene Ligamenta halten die Knöchelchen in ihrer Position. (3,8,10)

Unter den Mittelohrmuskeln versteht man den Musculus tensor tympani, der an der Basis des Hammergriffs ansetzt und dem M. stapedius der am Steigbügelköpchen inseriert. Beide Muskeln regulieren des Spannungszustand des Schalleitungsapparates. Sie dienen als Schutzmechanismus, um das Innenohr vor starker Beschallung zu schützen. (3,8,10)

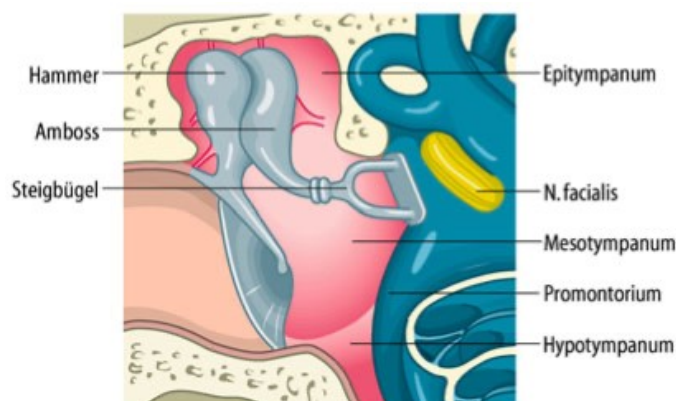


Abbildung 3: Schnitt durch die Paukenhöhle (3)

1.1.2.3 Die Ohrtrompete, Tuba auditiva

Die Ohrtrompete (Tuba auditiva eustachii) ist ca. 3,5- 4 cm lang und besteht aus einem vorderen, medialen, knorpeligen Teil, der zwei Drittel der Länge ausmacht und einem hinteren, im Felsenbein gelegenen, lateralen, knöchernen Teil, der ein Drittel ausmacht. Sie verbindet die Pars nasalis des Pharynx, vom Ostium pharyngeum tubae auditoriae, mit der Vorderwand der Paukenhöhle, bis zum Ostium tympanicum tubae auditorae. (3,8)

Der knorpelige Anteil beginnt im Nasenrachenraum mit einer trichterförmigen Erweiterung. Das Lumen im hakenförmigen, knorpeligen Bereich ist spaltförmig, die Wände liegen aneinander, somit ist die Ohrtrompete geschlossen bzw. lediglich als feiner Schlitz geöffnet. Kontrahiert sich jedoch beim Schlucken der, ventrolateral der pharyngealen Tubenöffnung gelegene, M. tensor veli platini und der medial, kaudal gelegene M. levator veli platini, wird das Lumen erweitert und Luft strömt in die Paukenhöhle, was dem physiologischen Druckausgleich entspricht und die Schwingungsfähigkeit des Trommelfells gewährleistet. Am Übergang vom knorpeligen zum knöchernen Anteil der Tube befindet sich die engste Stelle (Isthmus). Das Lumen ist rundlich und permanent offen. Die knöcherne Ohrtrompete liegt im Canalis musculotubarius unterhalb des M. tensor tympani, der sich in seinem Kanal (Semicanalismus musculus tensoris tympani) befindet. Die Tuba auditiva kreuzt die Arteria carotis interna im Felsenbein. Die Schleimhaut trägt einschichtiges Flimmerepithel mit Becherzellen im knöchernen und mehrreihiges Flimmerepithel mit Schleimdrüsen im knorpeligen Anteil, dessen Flimmerstrom Richtung Nasenrachenraum gerichtet ist. Gegen das Schlundende finden sich Lymphozyten, die Follikel oder eine mit Rachenmandeln vergleichbare Struktur (Tubentonsillen) bilden können. (3,8)

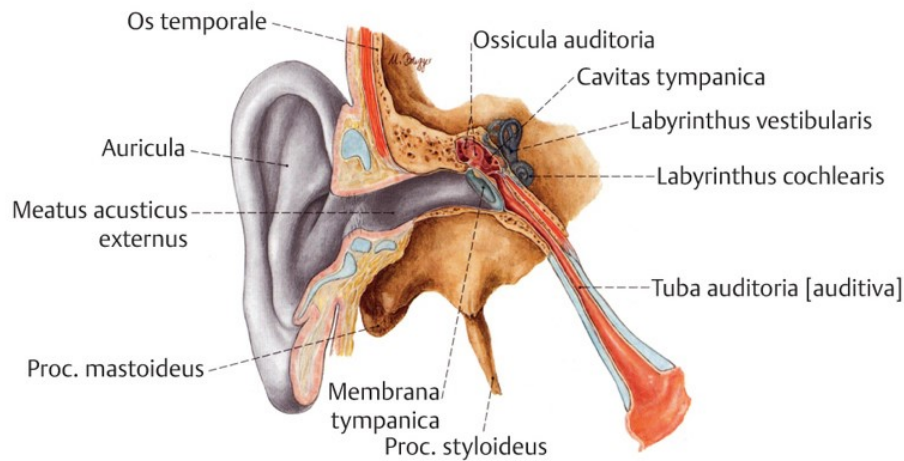


Abbildung 4: Anatomie der Eustachischen Röhre und des Ohres (2)

1.1.2.4 Die pneumatischen Räume, Warzenfortsatz, Processus mastoideus

Der hinter dem Ohr gelegene Warzenfortsatz (Processus mastoideus, Mastoid) enthält lufthaltige Zellen, die mit der Paukenhöhle in Verbindung stehen und in ihrer Ausbildung (Form, Zahl und Größe) sehr variabel sind. Die Pneumanisation des Mastoids und weiterer Teile des Schläfenbeins geht vom Antrum mastoideum aus und ist ungefähr mit dem 6. Lebensjahr vollendet. Ebenso ist die Pneumanisation von der Tubenfunktion des kindlichen Ohres abhängig. Anhaltende Tubenventilationsstörungen können den Pneumanisationsvorgang hemmen. (3,8,10)

1.1.3 Das Innenohr, Labyrinth

Das häutige Labyrinth besteht aus einem System von Blasen und Kanälen, welches von einer harten Knochenkapsel, dem knöchernen Labyrinth, umgeben ist. Zwischen diesen beiden befindet sich der Perilymphraum, der über den Ductus perilymphaticus (Aquaeductus cochlae) mit dem Subarachnoidalraum in Verbindung steht. Das häutige Labyrinth schwimmt damit in der hellgrünblauen Perilymphe und enthält selbst die Endolymphe, welche eine dunkelgrünblaue, visköse Flüssigkeit ist und aus der Stria vascularis entstammt. Sie bilden das Hör- und Gleichgewichtsorgan.

Die Corti-Lymphe ist Perilymphe und steht mit dem Perilymphraum der Scala tympani in Verbindung und umspült die Haarzellen des Corti-Organ. Während Perilymphe viel Natrium und wenig Kalium enthalten, ist die Endolymphe kaliumreich, aber natriumarm. (3,10)

1.1.3.1 Vorhof, Vestibulum

Das Vestibulum beherbergt die häutigen Bestandteile, Utriculus und Sacculus und erscheint als Vorraum zu den Bogengängen. Beide sind durch den Ductus utriculosaccularis verbunden und enthalten in einem umschriebenen Wandabschnitt Sinnesepithel, die Macula sacculi und die Macula utriculi. Die Sinneszellhaare sind in die gallertige Otolithenmembran eingebettet, in deren Oberfläche kleine Kalziumkarbonatkristalle eingelagert sind. Der Vorhof steht nach vorn mit der Schnecke (Cochlea) und nach hinten mit den Bogengängen in Verbindung. (3,8,10)

1.1.3.2 Schnecke, Cochlea

Der Gang der Schnecke windet sich zweieinhalbmal um eine kegelförmige, knöchernen Achse, die Nerven und Gefäße enthält. Man unterteilt die Cochlea in die Scala vestibuli und die Scala tympani. Dies sind mit Perilymphe gefüllte Etagen, welche durch die Lamina spiralis ossea und Ductus cochlearis getrennt werden. Beide Skalen stehen mit der Schneckenspitze durch das Helicotrema miteinander in Verbindung. Während die Scala vestibuli sich in den Vorhof öffnet, grenzt die Scala tympani mit ihrer Verbindung zum Subarachnoidalraum über den Ductus perilymphaticus an die mediale Paukenhöhlenwand, welche durch die Membran des runden Fensters den Abschluss des Mittelohrs bildet. Unter Promontorium versteht man die Basalwindungen der Schnecke, die sich in der Pauke vorwölben. Die mit Endolymphe gefüllte, häutige Schnecke (Ductus cochlearis) hat im Querschnitt eine dreieckige Form und endet blind in der Schneckenspitze. Die Reissner-Membran bildet die obere Wand und ist für Ionen durchlässig. Sie trennt den Ductus cochlearis von der Scala vestibuli. Die Stria vascularis, welche für die Endolymphbildung zuständig ist, wird von der äußeren Wand, dem Ligamentum spirale getragen. Die untere Wand des Ductus cochlearis wird von der Lamina basilaris (Basilarmembran) gebildet, die den rezeptorischen Apparat, das Corti-Organ trägt. Die Breite der Basilarmembran nimmt von der Schneckenbasis zur Spitze zu, wodurch die Anteile der Lamina spiralis ossea an der Basis größer und der Spitze kleiner sind. An der Schneckenbasis erfolgen Erregungen durch hohe Frequenzen und an der Schneckenspitze durch niedere Frequenzen. Der Ductus reuniens verbindet Sacculus mit Ductus cochlearis. Das Corti-Organ wird von der Membrana tectoria bedeckt, die vom Limbus laminae spiralis osseae ausgeht und mit den Sinneshaaren der äußeren Haarzellen in Verbindung steht. Im Corti Organ unterscheidet

man Stützzellen (innere und äußere Pfeilerzellen, Deiter-Zellen, Hensen-Zellen, Claudius-Zellen), die zwei tunnelartige mit Corti-Lymphe gefüllte Räume umschließen, von den Sinneszellen (eine Reihe innere und drei Reihen äußere Haarzellen), welche in das Stützgerüst eingebettet sind. (3,10)

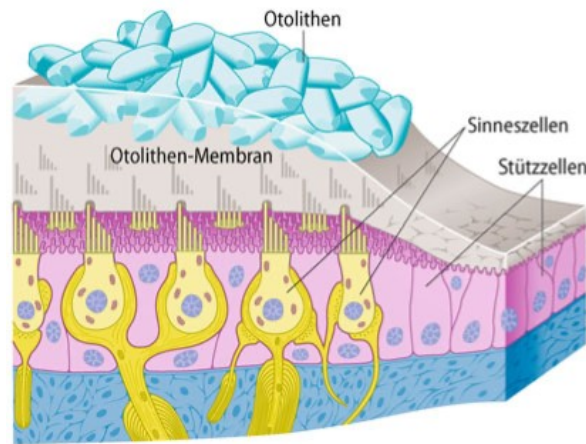


Abbildung 5: Makula (3)

1.1.3.3 Bogengänge, Ductus semicirculares

Drei halbkreisförmige, knöcherne Bogengänge stehen annähernd in den drei Hauptebenen des Raumes. Der obere und hintere Bogengang weichen von der Median- und Frontalebene um 45 Grad ab. Der seitliche Bogengang ist nach hinten unten um 30 Grad gegen die Horizontalebene gekippt. Sie gehen vom Vestibulum aus und enthalten die häutigen Bogengänge, Ductus semicirculares, die mit dem Utriculus in Verbindung stehen. Die häutigen Bogengänge sind durch Bindegewebsfasern an den Wänden des Perlymphraumes befestigt und von Perlymphe umspült. Ein Schenkel jedes knöchernen Bogenganges erweitert sich vor der Mündung in das Vestibulum zur Ampulle. Der laterale (horizontale) Bogengang grenzt an das Antrum mastoideum und bildet dort die Bogengangswulst. Der obere (anteriore) Bogengang grenzt an die mittlere Schädelgrube und tritt an der oberen Felsenbeinfläche als Eminentia arcuata hervor. Der hintere (vertikale) Bogengang steht zum oberen senkrecht. Die beiden nicht erweiterten Schenkel der vertikalen Bogengänge münden gemeinsam (Crus commune) in das Vestibulum, so dass nur fünf Öffnungen (Bogengangsmündungen) zum Vestibulum bestehen. Die häutigen Bogengänge enthalten Endolympe. Jeder Endolymphschlauch ist unter Einbeziehung des Utrikulus als ringförmiges Gebilde anzusehen, in deren Erweiterungen (Ampullen) die Sinnesendstellen liegen. Die von Stützzellen umgebenen Sinneszellen sitzen auf der Crista ampullaris und

ragen in die Cupula hinein, ein gallertartiges Gebilde, das bis ans Dach der Ampulle reicht und diese endolymphdicht abschließt. (3,10)

1.1.3.4 Hör- und Gleichgewichtsnerv

Der VIII. Hirnnerv (N. vestibulocochlearis/ N. statoacusticus) tritt zusammen mit dem VII. Hirnnerv (N. facialis) vom Hirnstamm in den inneren Gehörgang über den Porus et Meatus acusticus internus des Felsenbeines ein und teilt sich in den N. vestibularis und den N. cochlearis. Das Ganglion vestibulare befindet sich im Grund des inneren Gehörgangs und das Ganglion spirale cochleae im Modiolus der Schnecke. Vom Ganglion vestibulare zieht der N. utriculoampullaris mit seinen Ästen zur Macula utriculi und zur Crista ampullaris des lateralen und oberen Bogenganges, der Nervus saccularis zur Macula sacculi und der N. ampullaris posterior zur Crista ampullaris des hinteren Bogenganges. Neben den afferenten Fasern enthält der Hörnerv auch efferente Anteile. Vom Ganglion spirale cochleae ziehen Nervenfasern, welche in ihrem Verlauf ihre Myelinscheiden verlieren, durch die Lamina spiralis ossea und die Basilarmembran bis zu den Haarzellen des Corti-Organes. Hier bestehen ebenfalls neben afferenten Fasern, welche zum Großteil von den inneren Haarzellen stammen, auch efferente Fasern, welche hauptsächlich zu den äußeren Haarzellen ziehen und einen modulierenden Einfluss haben. (3,9)

1.2 Physiologie des Ohres

Das menschliche Ohr wird durch Schallwellen bzw. durch mechanische Schwingungen eines bestimmten Frequenzbereiches gereizt. (3) Die Frequenz wird in Schwingungen pro Sekunde gemessen und ist ausschlaggebend für die subjektiv empfundene Tonhöhe. Je niedriger die in Hertz angegebene Frequenz, umso tiefer wird der Ton wahrgenommen. Die Amplitude gibt die Intensität an und wird als Schalldruck in Pascal gemessen. Ein anderes Maß wäre der Schalldruckpegel. Dieser wird in Dezibel (dB) angegeben. (11,12) Der normale Hörbereich liegt ungefähr zwischen 18 Hz und 18 kHz. (12) Im Alter nimmt die Empfindlichkeit im hohen Frequenzbereich ab, was man als Altersschwerhörigkeit (Prebyakusis) bezeichnet. (11) Der Hauptsprachbereich liegt bei 250– 4000 Hz und der Bereich des Schalldruckpegels zwischen 0 und 130 dB, wobei 130 die Schmerzgrenze darstellt. (12)

Der Schall kann, bevor er im Innenohr analysiert wird, sowohl über die Luftleitung, sprich über den äußeren Gehörgang und das Mittelohr, als auch über die Knochenleitung, welche direkt über den Schädelknochen unter Ausschaltung der Schalleitungsorgane übertragen wird, das eigentliche Perzeptionsorgan (das Innenohr) erreichen. (3,12)

Der Verlust von Schallenergie stellt auf beiden Wegen ein Problem da, jedoch wird dieser durch das Mittelohr zum Großteil kompensiert. Knochenleitung spielt beim alltäglichen Hören einer eher untergeordnete Rolle, da zu viel Schallenergie verloren geht. Das Prinzip der Knochenleitung wird jedoch zu diagnostischen Zwecken genutzt, womit man zwischen Schalleitungs- und Schallempfindungsstörungen differenzieren kann. (12) Nach dem Schalltransport erfolgen die Schalltransformation in der Schnecke, die Reizfortleitung im Nerven und die Verarbeitung in der zentralen Hörbahn. (3)

1.2.1 Der Schalltransport und das Mittelohr

Im Rahmen des normalen Hörvorganges muss ein Schallsignal aus der Luft auf das flüssigkeitsgefüllte Innenohr übertragen werden. Der Schallwellenwiderstand (Impedanz) ist aber wesentlich geringer als in der Innenohrflüssigkeit. Dies würde bei einer direkten Übertragung zu einem Verlust von über 90% der Schallenergie durch Reflexion führen, wodurch es zu erheblichen Beeinträchtigungen des Hörvermögens käme. Der Trommelfell-Gehörknöchelchenapparat dient somit der Impedanzanpassung und reduziert den Reflexionsverlust auf ca. 40%. (11,12)

Die trichterförmige Ohrmuschel fängt den Schall auf und leitet die Schwingungen über den Gehörgang an das Trommelfell, welches das mit Luft gefüllte Mittelohr (Paukenhöhle) nach außen abgrenzt. (11) Die Ohrtrompete (Eustachische Röhre) verbindet den Rachen mit dem Mittelohr und ermöglicht beim Schlucken den Luftdruck in der Paukenhöhle an den Außendruck anzugleichen. Besondere Relevanz hat dies beim Tauchen und Fliegen. Gelingt der Druckausgleich nicht, wie etwa bei Erkältungen, führt dies zu Auswölbungen oder Eindrückungen des Trommelfells, wodurch dessen Schwingungsfähigkeit beeinträchtigt wird. (11,12)

Über die gelenkig miteinander in Verbindung stehenden Gehörknöchelchen wird der Schall ins Innenohr geleitet. Dazu liegt die Fußplatte des Steigbügels wie der Kolben einer Spritze beweglich in einer Öffnung (ovales Fenster) zum flüssigkeitsgefüllten Innenohr. (11) Die mechanische Schallverstärkung beruht zu einem Teil auf der Hebelwirkung der Gehörknöchelchenkette und zum anderen Teil auf das Flächenverhältnis von Trommelfell

zu Steigbügelplatte bzw. ovalem Fenster. Die Energieübertragung des Schallsignals findet vom größeren Trommelfell mit einer Fläche von ca. 50mm^2 auf das kleinere ovale Fenster mit einer Fläche von ca. 4mm^2 statt, wodurch der Schalldruck etwa auf das 22-fache verstärkt wird. (12)

Die Binnenohrmuskeln haben die Aufgabe die Schwingungen der Gehörknöchelchenkette zu dämpfen. Dies hat die Funktion des Schallschutzes und verhindert auch ein längeres Nachschwingen, was für die Schallübertragung nachteilig wäre. (3,12)

Unter Knochenschall versteht man, wenn Schallschwingungen direkt auf den Schädelknochen einwirken und teils unter Umgehung des Mittelohrapparates auf die Perilymphe übertragen werden. (3)

1.2.2 Die Schallverarbeitung und das Innenohr

Nachdem die Schallsignale auf das Innenohr übertragen wurden, wird in der Cochlea die Frequenz- und Intensitätsanalyse der akustischen Information vorbereitet. Im cochlearen Anteil des Innenohrs befindet sich das Corti-Organ, das für die Analyse des Schalls verantwortlich ist. Makula und Bogengangsorgane des Vestibularapparats messen die Linear- und Rotationsbeschleunigung. (12)

Die Scala media ist eine der drei schneckenförmig gewundenen Kanäle der Cochlea und mit Endolymph gefüllt, wogegen die Scala vestibuli und Scala tympani mit Perilymphe gefüllt sind. Die Endolymph wird von der Stria vascularis sezerniert, die sich an der seitlichen Schneckenwand befindet. Ebenso gibt es dort eine Reihe von Kalium-Ionen Carriern und Pumpen z.B. die Natrium-Kalium-ATPase. Durch die Ionentransportmechanismen wird zwischen dem Endo- und Perilymphraum ein elektrisches Potential von etwa $+80\text{mV}$ aufgebaut – das endocochleäre Potential – was essenziell für den Transduktionsprozess und dem sogenannten cochleären Verstärker ist. (11)

Die durch das Mittelohr verstärkten Schallwellen werden über den Stapes auf die Innenohrflüssigkeiten und die Membranen der Cochlea (Basilarmembran, Reißner-Membran und Tektorialmembran) über das ovale Fenster übertragen. Dies führt zu einer Wanderwelle entlang dieser Membranen in Richtung Helikotrema. Dabei nehmen Ausbreitungsgeschwindigkeit und Wellenlänge ab, die Amplitude wird jedoch größer, bis es an einem bestimmten Ort entlang der Basilarmembran zu der maximalen Auslenkung kommt und der Druck an dieser Stelle auf die Scala vestibuli übergeht. Die Stelle dieses

Drucküberganges hängt von den lokalen physikalischen Eigenschaften der Membran ab. Diese ändern sich auf dem Weg Richtung Helicotrema kontinuierlich und führen dazu, dass jeder Ton einer bestimmten Frequenz an einem ganz spezifischen Ort der Basilarmembran deren maximale Auslenkung verursacht. An diesem Ort stimmen die Tonfrequenz des Schalles und die Eigenfrequenz der Basilarmembran miteinander überein. Dieser passive Vorgang wird auch als Tonotopie bezeichnet. Da das gesamte Innenohr mit inkompressibler Flüssigkeit gefüllt ist, muss der Schalldruck auch wieder zum Mittelohr hin abgegeben werden. Dies geschieht nach Übertragung des Schalldrucks von der Scala vestibuli auf die Scala tympani durch Auswölbung der Membran am runden Fenster. (11,12) Zusammen mit der Basilarmembran werden auch die auf ihre liegenden Strukturen in Schwingung versetzt. Dazu zählt das Corti-Organ, in dem die kochleären Sinneszellen (eine Reihe innerer und drei Reihen äußerer Haarzellen) unterhalb der Tektorialmembran liegen. Kleinste mechanische Reize, welche durch einsetzende Schwingungen eines Schallereignisses zustande kommen, können durch sie mit hochempfindlichen Stereozilien detektiert werden. (12)

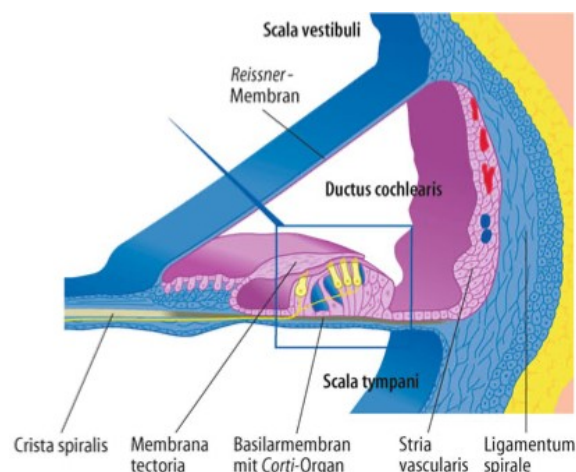


Abbildung 6: Ductus cochlearis mit Corti-Organ (3)

Die Haarzellen sind Epithelzellen, die mit benachbarten Epithelzellen durch Tight junctions verbunden sind und den peri- vom endolymphatischen Raum abgrenzen. Ihre Sensoren (Stereozilien) stehen mit der Endolymphe der Scala media in Kontakt, die basolaterale Membran dagegen mit der Perilymphe. Der adäquate Reiz für die Erregung der Haarzellen ist eine Auslenkung der Stereozilien in Richtung der längsten Stereozilie. Wird eine Stereozilie auch nur um einen Nanometer gebogen, öffnen sich Transduktionskanäle (=Kationenkanäle). Der darüber einsetzende K^+ -Strom in die Haarzelle führt zur Depolarisation bzw. zur Entstehung eines Sensorpotenzials. Durch Transduktionskanäle, die direkt durch, zwischen Stereozilien gespannte, Proteinfäden (Tip

links) geöffnet werden, kommt es zu einer extrem hohen Empfindlichkeit. Darüber hinaus treibt die große elektrische Potentialdifferenz K^+ -Ionen in die Stereozilien und sorgt damit für ausreichend große K^+ -Ströme auch bei geringer Auslenkung. Durch hocheffektive Bandsynapsen kommt es selbst bei geringen Depolarisationen zu Ca^{2+} -abhängiger Freisetzung des Neurotransmitters Glutamat, was wiederum eine Signaländerung im nachgeschalteten Neuron erzeugt. (12)

Durch die Öffnung der Transduktionskanäle kommt es an inneren und äußeren Haarzellen zu unterschiedlichen Folgen. Bei den inneren Haarzellen ermöglicht dies die Transmitterausschüttung wodurch die Informationen zu den nachgeschalteten afferenten Neuronen weitergeleitet werden. Das freigesetzte Glutamat diffundiert über den synaptischen Spalt zum ersten afferenten Neuron der Hörbahn, wo es in der Folge zu der Entstehung von Aktionspotentialen kommt. Bei geringer Lautstärke reichen jedoch die schallinduzierten Schwingungen der Basilarmembran nicht aus, um die inneren Haarzellen zu erregen, da der Schalldruck eines Tones an der Hörschwelle zur Vibration mit einer Amplitude von ca. 0,1nm erzeugt. Damit auch bei leisen Tönen eine ausreichende Bewegung der Stereozilien der inneren Haarzellen erreicht wird, ist eine kochleäre Verstärkung durch die äußeren Haarzellen vorgeschaltet. (12)

Die kochleäre Verstärkung beruht auf mehreren Mechanismen. So stehen die längsten Stereozilien der äußeren Haarzellen direkt in Kontakt mit der gelatinösen Tektorialmembran, während die inneren Haarzellen sich frei unter der Membran bewegen können. Bei Depolarisation können sich die äußeren Haarzellen verkürzen. Bei einem durch ein eintreffendes Schallsignal ausgelöste, lokale Maximalauslenkung verschiebt sich die Basilarmembran relativ zur Tektorialmembran, wodurch die Stereozilien der äußeren Haarzellen hin- und hergebogen werden und eine rhythmische Fluktuation des Membranpotentials entsteht. Über diesen Mechanismus ist eine extrem schnelle Umsetzung von elektrischen Erregungsvorgängen in mechanische Bewegung möglich. Durch das Prestinmolekül wird dies in eine Lageänderung der äußeren Haarzellen umgesetzt, was wiederum zu rhythmischen Bewegungen der Endolymphe führt. Die inneren Haarzellen nehmen als eigentliche Sensoren die Schallinformation auf und leiten sie an die nachgeschalteten afferenten Neurone weiter. (12)

1.2.3 Die Reizfortleitung und der Hörnerv

Von den einzelnen Nervenfasern aus dem Hörnerven lassen sich experimentell Aktionspotenziale ableiten, wobei die Zahl der Impulse im Verhältnis zur Lautstärke und Frequenz stehen. Jede Nervenfaser hat eine Bestfrequenz, bei der sie am leichtesten in Erregung versetzt wird und die der entsprechenden Frequenz der Basilarmembran zugeordnet ist (Tonotopie). Mehrere Nervenfasern werden zusammengeschaltet, sollte es sich um höhere Frequenzen handeln, und durch die Summe der Aktionspotenziale vieler Nervenfasern wird die Periodizität des auslösenden Schalles wieder erkennbar (Periodizitätsprinzip). Die akustische Information gelangt dann in die zentrale Hörbahn zur weiteren Verarbeitung. Die erste Stufe der Frequenzanalyse findet in der Schnecke statt, wobei das differenzierte Unterscheiden von Tonhöhen Aufgabe der einzelnen Neurone der Hörbahn ist. Über die Analyse der Zeitstruktur, Intensitätsunterschiede und akustischer Erkennungsmuster wird Sprache verständlich gemacht. Richtungshören funktioniert durch den beidohrigen Informationsfluss aus Schalldruckdifferenz, Frequenzdifferenz und Zeitdifferenz. (3)

1.2.4 Das Gleichgewichtsorgan

Der Vestibularapparat dient zusammen mit der Oberflächen- und Tiefensensibilität, dem Auge und den Halsrezeptoren der Erhaltung des Gleichgewichts. Er ermöglicht die Registrierung aller Arten von Beschleunigungen und die Orientierung im Raum. Das Gesichtsfeld wird bei Kopfbewegungen durch gegenläufige Augenbewegungen stabilisiert (vestibulo-okulärer Reflex). Durch diese Vestibularisreize werden langsame Bewegungen und schnelle Gegenbewegungen der Augen ausgelöst (Nystagmus). (3)

1.2.4.1 Makulaorgane

Die senkrecht stehende Macula sacculi und die waagrecht stehende Macula utriculi reagieren als Teil des Vestibularapparats auf rein translatorische (lineare) Beschleunigungen. (3,13) Die Ausrichtung der Haarzellen, die in einer gelartigen Matrix mit eingelagerten Kalziumcarbonat-Kristallen (Otolithen) eingebettet sind, in diesen beiden Organen ist aber nicht einheitlich, da diese in allen Organebenen vorkommen. Es werden somit bei einer Änderung der Kopfneigung gleichzeitig Haarzellen depolarisiert

(aktiviert) und andere hyperpolarisiert (gehemmt). Bei einer Kopfeigung verschiebt sich die Otolithenmembran, welche aus Gelmatrix und Otolithen besteht, und lenkt damit die Stereozilien der Haarzellen aus, was vom Gehirn als Lageänderung interpretiert wird. Bei dynamischen Beschleunigungen bleibt aufgrund der Massenträgheit die Otolithenmembran hinter dem beschleunigtem Makulagewebe ein wenig zurück und verbiegt dabei die Stereozilien der Haarzellen, wodurch das entstehende afferente Signal das Gehirn über einen Beschleunigungsvorgang informiert. (13)

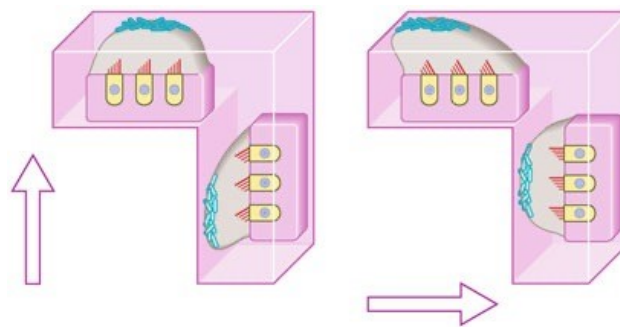


Abbildung 7: Ablenkung der Sinneshaare der Makula durch Verlagerung der Otolithen (3)

1.2.4.2 Bogengangsorgane

Die Cupula der Bogengänge weist eine ähnliche Dichte wie die sie umgebende Endolymphe auf und reagiert somit nicht auf Linearbeschleunigungen. Die Detektion der Drehbeschleunigung durch die Cupula erfolgt nach dem Trägheitsprinzip. Bei einer Drehung des Kopfes bleiben die Endolymphe kurzzeitig hinter der Bewegung des knöchernen Labyrinths und des Epithelschlauches. Da Crista ampullaris und Cupula mit dem Epithelschlauch verwachsen sind, wird durch diesen Druck die elastische Cupula entgegen der Drehrichtung ausgelenkt und die Stereovilli der Haarzellen abgelenkt, die in die Cupulagallerte ragen. Da die Stereozilien sowohl auf Zug als auch auf Stauchung reagieren, ist dies der adäquate Reiz für die ampullären Haarzellen, womit Drehbewegungen in beide Richtungen um die Achse eines Bogenganges registriert werden können. (13,14)

Die adäquaten Reize (Verschiebung der Otolithenmembran der Makula bzw. die Ausbuchtung der Cupula) bewirken eine Erregung der Haar- bzw. Sinneszellen. Hierbei handelt es sich um Mechanorezeptoren, welche mechanische in elektrische Energie umwandeln, ähnlich dem Hörsinneszellen. Eine Erregung führt zu einer Änderung der Impulsfrequenz und über den N. vestibularis erreicht die Erregung die Vestibulariskerne und schlussendlich die Formatio reticularis und das mediale Längsbündel. (3)

1.3 Erkrankungen des Mittelohres

Krankheiten des Mittelohres können in jedem Lebensalter auftreten, gehören sie jedoch gerade bei Kindern zu den häufigsten auftretenden Erkrankungen überhaupt. (3)

1.3.1 Tubenfunktionsstörung

Unter einer Eustachischen Tubenfunktionsstörung (ETD) versteht man die mangelnde Durchführbarkeit des Druckausgleiches im Mittelohr, eine gestörte mukoziliärer Clearance, sowie ein Versagen des Schutzes vom Mittelohr vor Pathogenen und Sekreten des Nasenrachenraums. (15)

1.3.1.1 Ätiologie

Man unterscheidet, je nachdem ob die Beschwerden kürzer oder länger als drei Monate anhalten, zwischen einer akuten und einer chronischen Tubenfunktionsstörung. (15,16) Darüber hinaus unterteilt man die Tubenfunktionsstörungen noch unter Baro-challenge-induced Eustachian tube dysfunction, was die Störung der Tubenöffnung bei Änderungen des Umgebungsdrucks beschreibt und zu lokalisierten Entzündungen und mukosalen Ödemen führt, Patulous ETD, welche durch eine übergroße, nicht vollständig verschließbare Tube zustande kommt, und Dilatory ETD, wo der Tubendurchmesser verringert ist. Letzteres kann durch obere Atemwegsinfektionen wie eine Rhinitis, anatomische Fehlbildungen, wie eine kurze, horizontal verlaufende Tube, oder muskuläre Dysfunktion hervorgerufen werden. (15,16) Die häufigsten Ursachen sind virale Infektionen (Rhinosinusitis, Adenoiditis), gefolgt von hyperplastischen Rachenmandeln. Des Weiteren Nasenseptumdeviation, Muschelhyperplasie, Lippen-Kiefer-Gaumenspalten, Nasenrachenkarzinome, Myxödeme, Zilienfunktionsstörung, Tonsillenhyperplasie, Barotrauma, postoperativ nach Adenotomie etc. (17)

1.3.1.2 Symptome

Die Tubenfunktionsstörung betrifft rund 1% der Bevölkerung und präsentiert sich mit Symptomen wie Hörminderung, Völlegefühl oder Klickgeräusche im Ohr, Otalgie

(besonders stark beim Landeanflug im Flugzeug (3)), Autophonie, Tinnitus, usw. Je nach ETD Typ sind gewisse Symptome vorherrschend. (15,16)

1.3.1.3 Folgen

Ein akuter Tubenmittelohrkatarrh kann unbehandelt vor allem bei Kindern in einen chronischen Tubenmittelohrkatarrh übergehen. Ebenso kann sich ein Paukenerguss durch anhaltende Tubenfunktionsstörungen bilden, bei dem es zu einer Umwandlung der Paukenhöhlenschleimhaut in aktiv sekretorisches Epithel kommt. Je nach Sekretionsart unterscheidet man Serotympanum von Mukotympanum. Jedoch kommen diese häufig als Mischform, dem Seromukotympanum, vor. (3,5)

Die Folgen des Seromukotympanums können atrophische, retrahierte Trommelfellbereiche sein, Kalkeinlagerungen im Trommelfell, Adhäsivprozesse und Verwachsungen zwischen den Gehörknöchelchen, Trommelfell und Paukenhöhlenwänden, sowie Fibrosierungsprozesse, Versteifungen der Gehörknöchelchenkette, vermehrte chronische Mittelohrentzündungen und Sprachentwicklungsstörungen in Kombination mit Entwicklungsverzögerungen und Lernproblemen. Bei Dauerretraktion von Trommelfellanteilen können sich in der Retraktionstasche Cholesteatome bilden. (3,5)

1.3.1.4 Diagnostik

In der Diagnostik sollte jedenfalls Ohrmikroskopie, Tympanometrie, Rinne-, Weber- oder eine Audiometrie und eine Nasopharyngoskopie zur Visualisierung der Tubenöffnung durchgeführt werden. (16) Mit Hilfe eines Eustachian Tube Scores (ETS) können subjektive (z.B. Klickgeräusche beim Schlucken) mit objektiven Methoden (z.B.

Tympanometrie) die Tubenfunktion bewerten. (16)

Stimmgabeltests nach Weber und Rinne, ein erfolgloses Valsalva-Manöver sowie eine hindeutende Anamnese können den Verdacht erhärten. In diesem Fall sollte in erster Linie eine Ohrmikroskopie zur Beurteilung des Trommelfells durchgeführt werden. (17)

Klassische Befunde hierfür wären eine Trommelfellretraktion, Hammergriffverkürzung, hintere Trommelfellfalte oder durchscheinen von Exsudat bei Vorliegen eines Ergusses. Im späteren Verlauf zeigen sich auch atrophisch, verdickte, kalkige, weiße Trommelfelldefekte. (3) Im Tympanogramm erwartet man beim Vorliegen einer ETD einen negativen Druck im Mittelohr (15) bzw. eine abgeflachte oder nach links

verschobene Kurve als Zeichen eines Paukenergusses. Besonders Paukenergüsse gehen oftmals bei der Tonaudiometrie mit einem signifikanten Hörverlust einher. (17)

1.3.1.5 Therapie

In erster Linie wird bei der Tubenbelüftungsstörung darauf geachtet, die Ursache der ETD zu beseitigen. Bei gastroösophagealem Reflux wird eine Life Style Änderung empfohlen, bei Allergien Allergiekarenz und bei Rachenmandelhypertrophie eine Adenotomie. (15) Die Adenotomie stellt eine effektive Methode dar, die Mittelohrbelüftung bei bestehender Rachenmandelhyperplasie zu verbessern. (18) Üblicherweise werden aufgrund der Korrelation zwischen laryngopharyngealem Reflux, allergischer Rhinitis und mukosaler Entzündung topische Steroide als First-Line Therapie der ETD verschrieben. (19) Nasentropfen, Tubendurchblasungen, Wärmebestrahlungen beschreiben konservative Methoden zur Beseitigung der akuten Tubenfunktionsstörung. Zu den operativen Eingriffen zählen Parazentese mit Absaugen des Exsudates, die Paukendrainage bei Vorliegen eines Seromukotympanons oder einer chronischen ETD, zur Belüftung und Trockenlegung der Paukenhöhlenschleimhaut (3,17) und die Tympanoplastik zur Lösung von Verwachsungen und Entfernung tympanosklerotischer Massen. (3) Als moderne Methode bietet sich die operative Erweiterung der Ohrtrompete, welche mittels Ballonkatheter durchgeführt wird. (15,17)

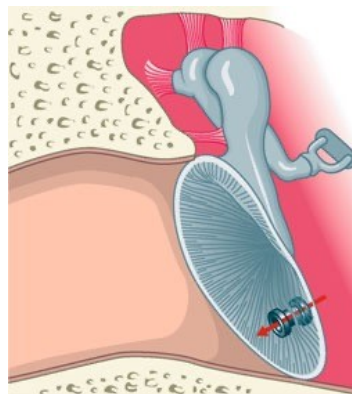


Abbildung 8: Paukendrainage: Schema (3)



Abbildung 9: linkes Trommelfell mit eingesetzter Drainage (3)



Abbildung 10: knorpeliger Tubenteil während einer Tubendilatation (20)

1.3.2 Chronische Otitis media mesotympanalis

Das charakteristische Merkmal einer chronischen Otitis media mesotympanalis und damit abzugrenzen von einer akuten Otitis media ist der auf Dauer bestehende zentrale Trommelfelldefekt, welcher nicht die knöchernen Begrenzung des Trommelfells erreicht und somit von randständigen Trommelfellperforationen, die eher für Cholesteatome klassisch sind, zu unterscheiden ist. (3,5,7,21) Für die chronische mesotympanale Otitis media (CMOM) (auch chronische Schleimhauteiterung) ist ein schubweiser Verlauf charakteristisch mit chronischen anhaltenden und/oder wiederkehrenden Entzündungen der Mittelohrschleimhaut ohne knöchernen Destruktion. (3,5,7)

1.3.2.1 Ätiologie

Bei virulenten Infektionen vom Nasenrachenraum über die Tube, welche während der Infektion höchstens kurze Zeit geschwollen ist, entsteht die akute Otitis media. Bei anhaltenden frühkindlichen Tubenventilationsstörungen und rezidivierenden Infekten kann

es als Folge zu chronischen Mittelohrentzündungen kommen. Bei blandem Verlauf ohne bakterielle Entzündung führt eine Tubendysfunktion eher zu Seromukotympanum, chronischen Tubenmittelohrkatarrh und Adhäsivprozessen. (3)

Der zentrale Faktor einer chronischen Otitis media ist somit eine Tubenbelüftungsstörung, bei der es in Folge zur einem Unterdruck im Mittelohr und Retraktion des Trommelfells kommt, was einen chronischen Entzündungsreiz verursacht, der durch die Mangelbelüftung zusätzlich begünstigt wird. (7) Weitere Ursachen für eine chronische Mittelohrentzündung können Allergien, Wegener-Granulomatose, Mittelohr-Tuberkulose oder traumatische Trommelfellperforationen sein. (5)

1.3.2.2 Symptome

Die klinischen Leitsymptome sind eine Schallleitungsschwerhörigkeit und eine intermittierende, teils schleimig-eitrig Sekretion des Mittelohres. Ohrenschmerzen sind bei der chronischen mesotympanalen Otitis media untypisch. Die Ausprägung der Schallleitungsschwerhörigkeit ist vom Ausmaß des Trommelfelldefektes sowie von eventuellen Arrosionen der Gehörknöchelchenkette abhängig. (3,5,7)

1.3.2.3 Folgen

Als Komplikationen werden gelegentlich Arrosionen des Hammergriffs oder des langen Ambossschenkels, Paukenfibrose oder Tympanosklerose beschrieben. (3)

Weitere Folgen können Mastoiditis, Polypenbildung, Otitis externa und zunehmende Innenohrschwerhörigkeit sein. (5)

1.3.2.4 Diagnostik

Die Diagnose der CMOM sollte bei Möglichkeit durch die Ohrmikroskopie gestellt werden. Relevant hierfür ist der zentrale Trommelfelldefekt der Pars tensa bei vollständig erhaltenem Anulus fibrosus mit oder ohne wässrig-schleimiger oder eitrig Sekretion und geröteter, hyperplastischer Mittelohrschleimhaut. Trommelfelldefekte variieren in Größe, Lage und Form (z.B. ovalär, rund oder nierenförmig). (3,5,7)

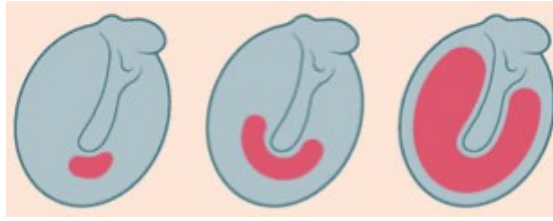


Abbildung 11: chronische Mittelohrentzündung mit zentralem Defekt (3)

Zur Hörprüfung werden Stimmgabelprüfung, Tonaudiometrie und eventuell zur erweiterten Diagnostik Sprachaudiogramm durchgeführt. Der Grad der Schallleitungsschwerhörigkeit kann Rückschlüsse auf die Ausdehnung der Erkrankung geben. Bei intakter Gehörknöchelchenkette und alleinigem Trommelfelldefekt besteht üblicherweise eine Schallleitungsschwerhörigkeit von 15-20 dB. Zur Überprüfung der Tubendurchgängigkeit können Politzer-Manöver mit Hörschlauch oder Valsalva Manöver durchgeführt werden. (5,7)

1.3.2.5 Therapie

Zur konservativen Therapie zählen die Reinigung des Gehörganges mit Küretten, Zangen, Saugern etc. Um weitere Eiterungen zu verhindern und das Ohr trocken zu halten ist es auch unabdingbar kein Wasser ins Ohr zu bekommen und den Gehörgang eventuell zu föhnen. Eine systemische Antibiotikatherapie ist seltener erforderlich und bei erfolgloser Lokalthherapie zu berücksichtigen. (3,5,7)

Eine operative Versorgung ist bei Versagen der konservativen Therapie, persistierender Otorrhoe, persistierendem Trommelfelldefekt und oder bei Mittelohrschwerhörigkeit indiziert. Ziel der Operation ist die Wiederherstellung der Funktion des Mittelohres, der Verbesserung der Hörfähigkeit und die Vermeidung weiterer entzündlicher Symptome und Komplikationen durch zum Beispiel Trommelfellverschlussplastik, Ossikuloplastik oder auch ursachenorientiert durch Adenotomie oder Septumoperationen. (3,5,7)

1.3.3 Mastoiditis

Bei der Mastoiditis handelt es sich um eine eitrige Einschmelzung der knöchernen Zellen im pneumatischen Warzenfortsatz, teilweise auch der Zellen des Jochbogenansatzes (Zygomatizitis) und der Zellen der Felsenbeinspitze (Petroapizitis) hervorgerufen durch

eine fortgeleitete Infektion aus der Paukenhöhle, die mit all diesen Zellen in Verbindung steht. (3,22)

1.3.3.1 Ätiologie

Die Mastoiditis ist eine seltene und schwere Komplikation der akuten Otitis media. Obwohl in vielen Fällen von akuten Otitiden ein Abwarten der Antibiotikatherapie empfohlen wird (22), kann ein zu langes Zögern die Komplikationsrate, wie die Möglichkeit einer Mastoiditis, erhöhen. (23)

Generell ist die Inzidenz einer Mastoiditis seit dem Einsatz antibiotischer Therapie stark zurückgegangen. Ihre Entstehung wird gefördert durch erschwerten Sekretabfluss, Virulenz der Erreger, verzögerte Antibiotikatherapie bei akuten Mittelohrentzündungen oder Immunsuppression. (3)

1.3.3.2 Symptome

Die klassischen Lokalzeichen der akuten Mastoiditis sind postaurikulärer Schmerz, Schwellung, welche zum Abstehen des Ohres führt, und Erytheme über dem Mastoid. Ohrenscherzen verstärken sich typischerweise oder treten erneut nach einer akuten Otitis media auf. Vermehrte Schalleitungsschwerhörigkeit und erneutes Auftreten von Fieber. Die Patientinnen und Patienten sind in der Regel schwer krank. (3,22,24)

1.3.3.3 Folgen

Bei Durchbruch des Eiters kommt es je nach Lokalisation zu Subperiostalabszessen, Bezold-Mastoiditis, Zygomatizis oder Petroapizitis. Des Weiteren können eine Fazialisparese, Meningitis, Labyrinthitis, Thrombose der Vena jugularis oder des Sinus Sigmoides, Hirnabszess oder das Gradenigo-Syndrom, bestehend aus Abduzensparese, Trigeminusneuralgie und gelegentlich Okulomotoriusparese, als Folgeerkrankung auftreten. (3,5)

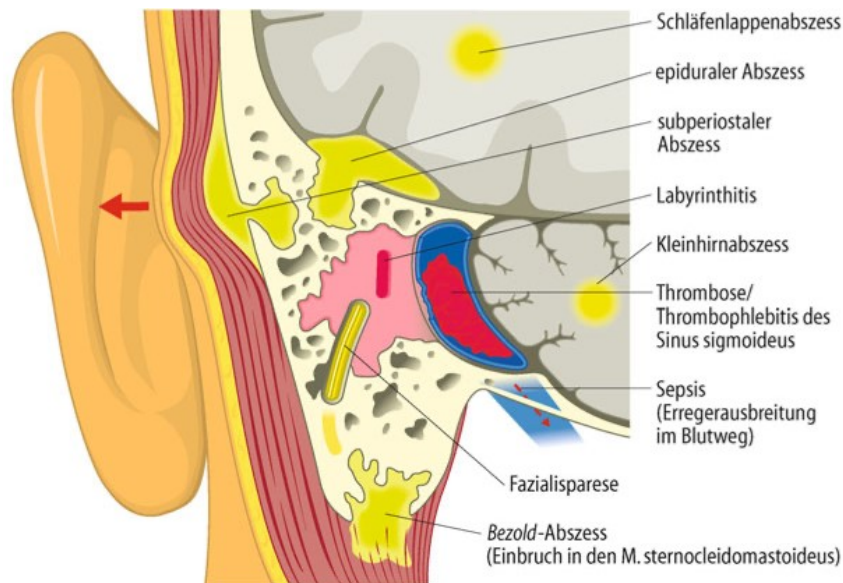


Abbildung 12: Komplikationen der Mastoiditis (linkes Ohr) (3)

1.3.3.4 Diagnostik

Erste Indizien für eine Mastoiditis können schon bei der Inspektion und Palpation erkannt werden. Rötungen der retroaurikulären Weichteile, Ohrmuschelstellung und Schonhaltungen sowie Klopf- und Druckschmerz können hinweisend sein. Differentialblutbild, CRP und BSG dienen als klassische Entzündungsmarker. In der Ohrmikroskopie findet sich ein hochrotes, geschlossenes, vorgewölbtes oder perforiertes Trommelfell mit eitriger Sekretion. Auch fistelartige Perforationen sind möglich. Mit der Hörprüfung via Stimmgabeltests und dem Audiogramm lassen sich Schallleitungs- oder kombinierte Schwerhörigkeiten feststellen. Mittels Frenzelbrille soll ein Spontannystagmus frühzeitig erkannt werden und im Röntgen bzw. Felsenbein CT sind diffuse Trübungen des Warzenfortsatzzellensystems mit gegebenenfalls reduzierten Pneumatisation, Knochensepten und ausgestanzten Defekten bei Subperiostalabszessen zu erwarten. Im Einzelfall sind Abstriche, Prüfungen der Fazialisfunktion und Doppler-Sonografie der Vena jugularis bei Thromboseverdacht nützlich. (3,5)

1.3.3.5 Therapie

Jede akute oder chronische Mastoiditis ist eine sofortige OP-Indikation. Bei geschlossenem Trommelfell oder kleiner Perforation ist eine Parazentese oder Einsetzen eines Paukenröhrchen durchzuführen. Mittels Mastoidektomie oder Antrotomie bei Säuglingen werden alle befallenen Areale ausgeräumt und daraufhin drainiert. Die Jochbeinzellen und,

falls eine Petroapizitis vorliegt, die Pyramidenspitzenzellen sollen ebenfalls ausgeräumt werden. Gehörgang und Paukenhöhle bleiben in der Regel unberührt. Als Begleittherapie werden hoch dosierte parenterale Antibiotika und wirksame Schmerzmedikation verabreicht. (3,5)

1.3.4 Cholesteatom

Als Cholesteatom bezeichnet man eine gute abgegrenzte, nicht kanzeröse zystische Läsion bestehend aus abnormen Wachstum von keratinisiertem Plattenepithel in den Mittelohr- und Mastoidräumen, was häufig auch „Haut am falschen Ort“ genannt wird. (25,26)

Die Begriffe chronische Knocheneiterung/Otitis media epitympanalis werden meist als Synonyme für diese nicht-neoplastische, destruierende, lokal invasive osteolytische Erkrankung verwendet. Es handelt sich hierbei um eine chronische Entzündung, hervorgerufen durch das entstehende Plattenepithel, welche zu einem fortschreitenden Knochenabbau führt. (3,27,28)

Es gibt mehrere Möglichkeiten, Cholesteatome in Kategorien aufzugliedern. Allen gemein ist die Unterteilung in angeboren (kongenital) und erworben. (5,25–28). Eine hierzu 3. variable Kategorie besteht aus Knocheneiterungen, deren Ursprung nicht genau bestimmt werden kann. (28) Erworbene Cholesteatome werden wiederum nach ihrer Entstehungsart in primäre (mit intaktem Trommelfell), zu welchen das Retraktionstaschencholesteatom zählt, und sekundäre (mit Trommelfelldefekt) Cholesteatome, worunter die traumatische Otitis media epitympanalis fällt, unterteilt. (3,25–28)

1.3.4.1 Ätiologie

Durch embryonale Keimversprengung von späterem Plattenepithelgewebe im Felsenbein kommt es beim kongenitalen Typ zur Bildung eines „echten“ Cholesteatoms, was auch gelegentlich als primäres Cholesteatom bezeichnet wird, da es sich hinter intaktem Trommelfell befindet. Es wird angenommen, dass es bei der Geburt bereits präsent ist, jedoch wird es erst in der frühen Kindheit, ohne das Vorkommen von Voroperationen, Trommelfelldefekte oder Otitiden in der Krankengeschichte, diagnostiziert. (3,5,26–28)

Die Entstehung des erworbenen Cholesteatoms kann man in fünf pathogenetische Modelle aufschlüsseln: Invaginationstheorie (Retraktionstaschentheorie), Theorie der epithelialen

Zellmigration, Theorie der epithelialen Metaplasie, die Theorie der Basalzellhyperplasie und die traumatische Entstehungstheorie. (25,26,28)

Die Retraktionstasche bzw. Invaginationstheorie ist die häufigste Ursache und am meisten anerkannte Erklärung für eine Cholesteatomentwicklung. Häufig auch als primäres Cholesteatom bezeichnet, da es sich hinter einem geschlossenen Trommelfell bilden kann, entsteht es bei einer Retraktion des Trommelfellepithels aus der Pars tensa oder Pars flaccida in Richtung Paukenhöhle. Ursächlich hierfür ist ein chronischer Unterdruck im Mittelohr, welcher durch eine verminderte Tubenventilation zustande kommt. (25,26,28) Vertieft sich die Retraktion oder bildet sich eine flaschenhalsartige Verengung aus, können sich Keratinschuppen und Zelldetritus in der Retraktionstasche sammeln und nicht mehr in den Gehörgang entleeren. Das eingestülpte Trommelfellepithel gewinnt allmählich Kontakt mit der Mittelohrschleimhaut, wodurch es zu rezidivierenden Entzündungen kommt, die die Proliferation unterstützen und ein aktives Vorwachsen des Epithelsackes bewirken. Der Selbstreinigungsmechanismus mit Abtransport des Epithels ist gestört und bakterielle Besiedelungen lösen weitere Entzündungsreaktionen aus, die für das Tiefenwachstum des Epithels verantwortlich gemacht werden. An den Berührungszonen zwischen Cholesteatommatrix (Trommelfellepithel) und Perimatrix (Mittelohrschleimhaut) wird der darunter liegende Knochen (vor allem Gehörknöchelchen, Fazialiskanal, horizontaler Bogengang) in den Entzündungsprozess miteinbezogen und zerstört. Sofern der Cholesteatomsack perforiert, überwächst die Matrix flächenhaft und osteolytisch destruierend die Strukturen in Paukenhöhle, Antrum und Mastoid. (5,25,28) Knocheneiterungen ohne Retraktionsstasche werden oft als sekundäre, erworbene Cholesteatome bezeichnet und finden sich oft bei Patientinnen und Patienten nach akuter Otitis media. (28)

Sekundäre, erworbene Cholesteatome benötigen einen vorbestehenden Trommelfelldefekt zur Ausbildung. Hierbei schiebt sich Plattenepithel aus dem Gehörgang durch einen randständigen Trommelfelldefekt (Zerstörung des Anulus fibrosus) im Bereich der Pars tensa oben in das Epitympanum (Theorie der epithelialen Zellmigration). (3,5,28)

1.3.4.2 Symptome

Das Cholesteatom verbleibt oft jahrelang unentdeckt in einem nicht aggressiven Stadium, bevor es sich klinisch manifestiert. Es kann unerkannt und unbehandelt über einen langen

Zeitraum wachsen, bis es die nötige Größe erlangt, um intratemporale Strukturen zu infiltrieren und Komplikationen zu verursachen. (26) Das erste und häufigste Zeichen ist eine fötide, immer wiederkehrende oder chronische Otorrhoe. Bei fortgeschrittener Größe oder Zerstörung von Gehörknöchelchen, welche sehr oft betroffen sind, tritt in der Regel eine fortgeschrittene Schalleitungsschwerhörigkeit oder eine Schallempfindungsschwerhörigkeit, bei Schädigungen der Cochlea, auf. Die Beschwerden werden nicht selten von einem Tinnitus begleitet. Ohrenscherzen und Druckgefühle im Ohr haben, sofern vorhanden, meist nur geringe Ausprägung. (3,5,26,28)

1.3.4.3 Folgen

Einbrüche der Cholesteatommatrix im Bereich des horizontalen Bogenganges können Fistelbildungen mit Schwindel und Balancestörungen verursachen. Zusätzlich können Schädigungen des Fazialiskanals zu vorübergehenden oder permanenten Fazialispareesen führen und bei Zerstörung der Gehörknöchelchen kommt es zu erheblicher Schalleitungsschwerhörigkeit. Vor der Einführung von Antibiotika waren bei Einbrüchen direkt in das Schädelinnere sekundäre Infektionen durch aerobe Bakterien eine häufige, folgenschwere Komplikationsursache, welche sich mit Fieber, Schüttelfrost, Erbrechen, Meningitis, Hirnabszess, Epiduralabszess, Sinusvenenthrombose, akuter Mastoiditis oder Subperiostalabszess präsentieren können, und sollten heute noch bei der Nachsorge berücksichtigt werden. (3,5,26)

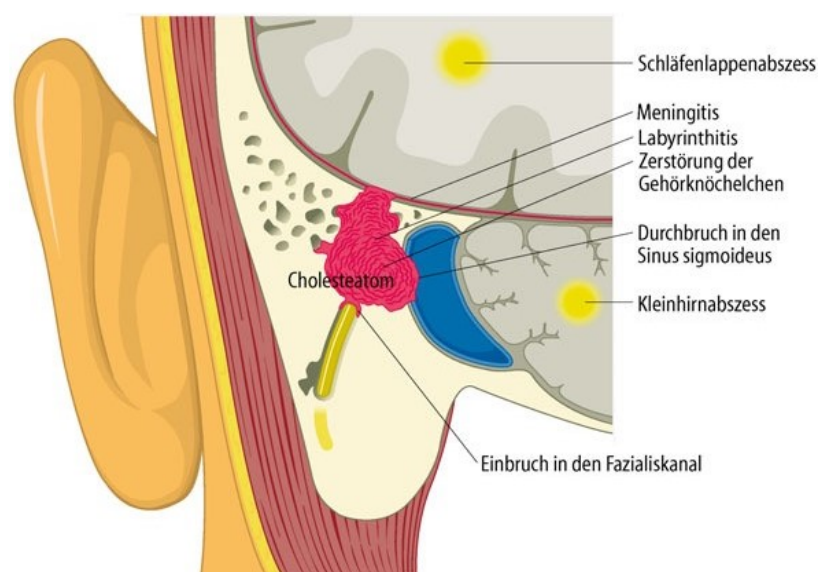


Abbildung 13: Komplikationen durch Knochenstrukturen bei Cholesteatomeiterung links (3)

1.3.4.4 Diagnostik

Nachdem in der Anamnese auf die Symptome wie Hörminderung, Ohrsekretion, Schwindel etc. geachtet wird, ist die Erhebung eines HNO-Status mittels Ohrmikroskopie und Nasenracheninspektion vorrangig. Hier findet sich häufig eine randständige Trommelfellperforation, vor allem im hinteren oberen Quadranten oder in der Shrapnell-Membran. Ziel ist es potenzielle Cholesteatom Läsionen oder deren Vorläufer (Retraktionstaschen) zu finden. (5,25,26)

Anhand der Lage unterscheidet man zwischen epitympanalem Cholesteatom, Sinuscholesteatom, Tensacholesteatom und Epidermosis. (25)

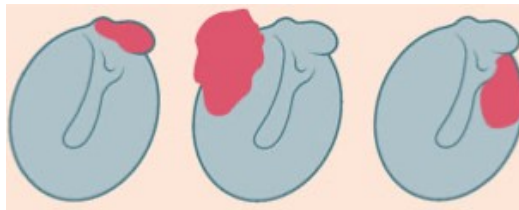


Abbildung 14: randständiger Defekt bei chronisch epitympanaler Otitis media (3)

Da die meisten Kinder mit Cholesteatomen an einer bilateralen Tubenfunktionsstörung leiden, sollte auch eine Tubenfunktionsprüfung mittels Valsalva oder Politzermanöver durchgeführt werden. Darüber hinaus werden auch eine Hörprüfungen mittels Stimmgabelversuche nach Weber und Rinne, Audiogramm oder Sprachaudiogramm zum Nachweis von Schalleitungsschwerhörigkeit, sowie Gleichgewichtsuntersuchungen mit der Frenzel-Brille, um einen Spontan-/ Provokationsnystagmus und Fistelsymptomatik zu identifizieren, vorgenommen. (5,25,26)

Die Tympanometrie wird üblicherweise in Verbindung mit der Audiometrie durchgeführt, um den Zustand des Mittelohres zu evaluieren und Trommelfellperforationen aufzuzeigen, jedoch haben beide nur eingeschränkte Aussagekraft für die Diagnosestellung. (25,26) Störungen der N. facialis oder der Chorda tympani Funktion sprechen im Zusammenhang mit Cholesteatomen für eine akute Komplikation. (25)

Aufgrund ihrer Zusammensetzung ist die chronische Otitis media epitympanalis nach wie vor auch mit moderner Bildgebung, besonders im Falle von bereits voroperierten Ohren schwierig zu detektieren. Nichtsdestotrotz wird die Computertomografie zur Diagnostik standardgemäß eingesetzt, da sie knöcherne Veränderung gut darstellt und somit eine gute Sensitivität, aber relativ niedrige Spezifität aufweist. Vor allem bei bereits zuvor

durchgeführter Tympanomastoidektomie sinkt die Sensitivität und Spezifität zur Diagnostik von neu aufgetretenen oder nicht vollständig entfernten Cholesteatomen drastisch. (26,28)

Die diffusionsgewichtete Magnetresonanztomografie ist ebenso eine nützliche Methode um Knocheneiterungen zu detektieren, da es sich auch für Kinder gut eignet und eine hohe Sensitivität und Spezifität zur Detektion von Keratinablagerungen nach stattgefundenen Operationen aufweist. Jedoch ist sie auch sehr zeitaufwändig und kann eine Second Look Operation noch nicht vollkommen ersetzen. (26,28)

Um eine histopathologische Diagnose zu stellen, bedarf es einer Kombination von Plattenepithel, Granulationsgewebe und Keratinablagerungen. Da Plattenepithel im gesunden Mittelohr nicht vorkommt, wird dies bereits als abnormal eingestuft. (28)

1.3.4.5 Therapie

Eine Heilung des Cholesteatoms ist durch konservative Therapie nicht möglich und muss immer ohrchirurgisch erfolgen. Als lokale Vorbehandlung können Ohrentropfen, Antibiotika, Nasensprays verwendet werden. Sie dienen dazu, präoperative Entzündungen und Infektionen in den Griff zu bekommen und postoperative Komplikationen zu verringern. (5,25,26)

Das Ziel der OP ist die vollständige Entfernung des Cholesteatoms und dessen Matrix, die Ausheilung der Knocheneiterung, die Behandlung otogener Komplikationen, sowie die Wiederherstellung der durch die Knocheneiterung unterbrochenen Schalleitungskette im Mittelohr mit anschließendem Verschluss des Trommelfelldefektes mit Hilfe von freiem Faszientransplantat oder Knorpel-Perichondrium-Transplantat. (3)

Man unterscheidet hauptsächlich zwischen offener (Canal wall down) und geschlossener (Canal wall up) Techniken der Cholesteatomentfernung. Bei der offenen Technik (Radikaloperation) wird durch den Gehörgang (transmeatal, enaural) oder retroaurikulär eine Knochenhöhle gebildet, die das Epitympanum, Antrum mastoideum und die von der Entzündung ergriffenen Warzenfortsatzanteile umfasst. Durch die Wegnahme der lateralen Kuppelraumwand und der hinteren knöchernen Gehörgangswand wird eine breite Verbindung zum äußeren Gehörgang gebildet. Gesunde Anteile der Gehörknöchelchen und des Trommelfells werden erhalten und große Höhlen werden durch Einlegen von Knorpelchips oder Keramikgranulat, Faszien- oder Muskeltransplantaten verkleinert, was

zu weniger postoperativen Problemen, wie dem Ansammeln von Keratinablagerungen, und somit auch zu seltener notwendigen Nachbehandlungen führt. Im Gegensatz zur offenen Technik wird bei der geschlossenen die hintere Gehörgangswand belassen oder rekonstruiert und das Cholesteatom über eine Mastoidektomie und zusätzlich vom Gehörgang aus entfernt. Es wird keine große Radikalhöhle geschaffen, der natürliche Gehörgang bleibt erhalten und die von der Tube belüfteten Mittelohrräume werden nicht ausgeschaltet, jedoch ist die Cholesteatomentfernung hierbei erschwert und die Rezidivgefahr auf das 2,87-fache erhöht. (3,25,26,28)

Die Entscheidung zu einer Second Look-OP wird während der ersten Operation vom Operateur gestellt und wird in der Regel 1-1,5 Jahre später durchgeführt. (25)

Entweder wird die Rekonstruktion des schallleitenden Apparates ein- oder zweizeitig durchgeführt. (5) Anzustreben ist prinzipiell ein funktioneller Höraufbau während des Primäreingriffs unabhängig davon, ob eine Second Look OP geplant ist oder nicht. Gegen einen simultanen Höraufbau können im Einzelfall die anatomischen Bedingungen der Pauke, Entzündungszustände der Schleimhaut oder auch chancenlose Aussichten auf eine Normalisierung der Mittelohrbelüftungsverhältnisse sprechen. (25)

Mittels Tympanoplastik, welche in 5 Haupttypen unterteilt wird, kann eine Restauration des Schallleitungsapparates durchgeführt werden, womit eine Verbesserung einer Schallleitungsschwerhörigkeit möglich wäre. Bei sensorineuraler Schwerhörigkeit stellen Hörgeräte oftmals eine praktischere Lösung da. Patientinnen und Patienten die eine Canal wall down Mastoidektomie erfuhren, tendieren zu schlechteren Resultaten bezüglich einer Wiederherstellung des Hörvermögens aufgrund des vergrößerten Raumes im Mittelohr. (3,26,29) Eine wichtige Rolle spielt hier darüber hinaus der Zustand der Mittelohrschleimhaut und des externen Gehörganges. (29)

1.4 Untersuchungen und Interventionen am Ohr

Neben der Anamnese und den direkten klinischen Untersuchungen wie der Inspektion, Palpation und Otoskopie werden in der Hals-, Nasen- und Ohrenheilkunde auch standardisierte Funktionsprüfungen zur Differenzierung und Quantifizierung von Hör- und Gleichgewichtsstörungen, aber auch von Fazialisläsionen eingesetzt. In der Bildgebung haben CT, MRT, Positronen-Emissions-Tomographie und digitale Volumetomographie die konventionellen Röntgenaufnahmen zur Darstellung von morphologischen und funktionellen Veränderungen abgelöst. (3)

1.4.1 Anamnese

Bei der Anamnese sollte nach Erhebung der Krankengeschichte folgende Symptome abgefragt werden: Schmerzen, Druckgefühl im Ohr, Ausfluss und dessen Art (fötid, eitrig, blutig, wässrig, fadenziehend), Schwerhörigkeit bzw. Kommunikationsprobleme in lärmbelasteter Umgebung, Ohrgeräusche (Art, Dauer, Lautstärke, etc.), Autophonie, Hyperakusis, familiäre Schwerhörigkeit, vorangegangene Infekte und Schwindel (Art, Ohnmacht, Übelkeit, etc.) (3,30)

1.4.2 Inspektion und Palpation

Inspektorisch sollten sich Veränderung der Ohrmuschelform (angeboren, traumatisch, tumorös), Rötungen und Schwellungen der Ohrmuschel oder des prä- und postaurikulären Bereichs, sowie Absonderungen aus dem Gehörgang (schleimig, eitrig, blutig, etc.) angeschaut werden. (3,30)

Bei der Palpation sollten sorgfältig das Mastoid, sowie der Jochbogenansatz, das Kiefergelenk und die Parotis betastet und auf Schmerzen examiniert werden. Ebenso wird die Ohrmuschel nach hinten oben gezogen und Druck auf den Tragus ausgeübt. (3,30)

1.4.3 Otoskopie

Die Otoskopie ist eine Routineuntersuchung, welche neben HNO-Fachärzten auch bei Allgemeinmedizinerinnen und Kinderärzten bei Ohrenbeschwerden Einsatz findet. (31)

Für die Ohrspiegelung benötigt man eine Lichtquelle, einen in der Mitte perforierten Hohlspiegel und einen Satz Ohrentrichter in verschiedenen Größen. Die beste und heute allgemein übliche Beurteilung des Trommelfells ist durch das Ohrmikroskop möglich. Zusätzlich kommt auch das Endoskop zum Einsatz. (3)

Der knorpelige Gehörgang wird von der Untersucherin/ dem Untersucher durch Zug an der Ohrmuschel nach oben hinten in eine Achse mit dem knöchernen gebracht, bevor der Ohrtrichter durch eine drehende Bewegung eingeführt und mit einer Hand anschließend in der Position fixiert wird. Die andere Hand steht für eventuelle Manipulationen im Gehörgang bzw. Einstellungsveränderungen des Ohrmikroskops zur Verfügung. (3,30)
Zerumen, Sekret, Eiter, Epidermisschuppen, etc. müssen zur vollständigen Übersicht über den Gehörgang mit dem Wattetriller, stumpfer Kürette, Spülungen mit der Ohrspritze oder

durch Verwendung des Ohrsaugers entfernt werden, um einen ausreichenden Einblick über das Trommelfell zu haben und eine korrekte Diagnose stellen zu können. Seit einigen Jahren wird in einigen Bereichen die Video-Otoskopie durchgeführt, womit der Untersucherin/ dem Untersucher eine bessere Interpretation des Trommelfells möglich ist. Jedoch kommt sie aufgrund der hohen Anschaffungskosten und der zeitaufwändigen Weiterbildung kaum bei praktischen Ärzten zur Anwendung. (3,31)

Bei der Otoskopie bzw. Ohrmikroskopie muss das Ohr auf Zerumen, Fremdkörper, Sekretion, Rötungen, Blutungen, Pilzrasen, Exostosen, Polypen und tumoröse Neubildungen begutachtet werden. Das Trommelfell wird in Quadranten eingeteilt, der Lichtreflex überprüft, ebenso achtet man auf Einziehungen, Rötungen, Gefäßinjektionen, Kalkeinlagerungen, Perforationen etc. (30)



Abbildung 15: Otoskopie mit Mikroskop (3)

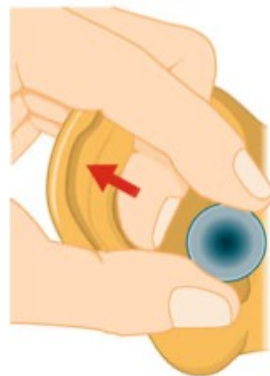


Abbildung 16: Einsetzen des Ohrtrichters (rechts Ohr) (3)

1.4.4 Hörprüfungsmethoden

Mit Hörprüfungen kann man dem Schweregrad, die Art (Frequenzbereich), den Sitz und die mögliche Ursache einer Hörstörung eruieren. Man unterscheidet hier zwischen einer Schalleitungsschwerhörigkeit (konduktiv), welche ihren Sitz im äußeren Ohr bzw.

Mittelohr hat, und einer Schallempfindungsschwerhörigkeit (sensorisch oder kochleär), deren Ursprung entweder im Innenohr, im Hörnerv (neural) oder in der zentralen Hörbahn (zentral) sitzt. Letztere beide werden als retrokochleäre Schwerhörigkeit bezeichnet. Unter einer kombinierten Schwerhörigkeit versteht man eine Störung der Schallleitung und der mechanoelektrischen Umwandlung. Im Gegensatz zu den subjektiven (psychoakustisch) Verfahren ermöglichen die objektiven Hörprüfungsmethoden eine Beurteilung des Hörvermögens ohne Angaben der Patientin/ des Patienten allein durch die Registrierung reizkorrelierter Parameter und werden deshalb vorzugsweise in der Pädaudiologie verwendet. (3,9)

Die Arbeit wird nur auf einen Teil der Hörprüfungsmethoden inhaltlich eingehen, da viele für die Studie keine Relevanz haben und sie z.B. hauptsächlich im Bereich der Pädaudiologie (Neugeborenenenscreening) oder zur Diagnostik retrokochleärer Schwerhörigkeit Verwendung finden. Der Vollständigkeit halber werden auch gängige, für die Studie irrelevante Untersuchungsmethoden erwähnt. (3)

Zu den objektiven Verfahren zählen die Tubenfunktionsprüfung, die Trommelfellimpedanzmessung, die otoakustische Emissionen, die elektrische Reaktionsaudiometrie und der Promontorialtest zur Indikationsstellung für Cochlea-Implantat-Operationen. (30) Unter subjektive Verfahren fallen die Stimmgabelprüfung, die Hörweitenbestimmung, die Tonschwellenaudiometrie, die überschwellige Tonaudiometrie, die Spielaudiometrie, die Verhaltensaudiometrie, der Richtungshörtest, der Feldmann-Test und diverse Tinnitusuntersuchungen. (23)

1.4.4.1 Tubenfunktionsprüfung: Valsalva/ Politzermanöver

Vor der Prüfung der Tubendurchgängigkeit und jeder Ohruntersuchung sollte man eine eingehende Untersuchung von Nase, Nasenrachenraum, Nasennebenhöhlen und Rachen vornehmen, da hier viele Pathologien ursächlich für Ohrerkrankungen sein können (Tonsillitis, Rachenmandelhyperplasie, etc.). (3) Seit einigen Jahren werden zur Diagnose der Tubendysfunktion hauptsächlich 2 Methoden verwendet: Der Eustachian Tube Score (ETS-7) und die Computertomografie kombiniert mit dem Valsalva Manöver. (32) Der ETS-7 ist eine einfache Bewertungsmethode der aktiven und passiven Dysfunktion, die sowohl subjektive (Klickgeräusche beim Schlucken) als auch objektive

Untersuchungen (Tympanometrie) miteinander in einem Score (Tabelle unten) vereint.
(16,32)

Symptome/Resultate	2 Punkte	1 Punkt	0 Punkte
Klickgeräusche beim Schlucken	Immer	Gelegentlich	Niemals
Positiv subj. Valsalva	Immer	Gelegentlich	Niemals
Objektives Valsalva	Sofort	Sofort schwach und langsam	Negativ
Tympanometrie	A	B	C
TMM 30 mbar	R<1	R>1	Kein R
TMM 40 mbar	R<1	R>1	Kein R
TMM 50 mbar	R<1	R>1	Kein R

Der R-Wert bei der tubomanometrischen Messung gibt die Latenz zwischen Druckapplikation im Nasopharynx und der Druckänderung im Gehörgang wieder. Bei maximal 14 zu erreichenden Punkten deutet ein Eustachian Tube Score von <7 auf das Vorliegen einer chronischen Tubefunktionsstörung hin. (32) Darüber hinaus wurde der ETS-7 immer mehr als Routineuntersuchung vor und nach Ballondilatationen etabliert. (32)

Beim Valsalva Versuch lässt man die Patientin/ den Patienten mit geschlossenem Mund und zugehaltener Nase kräftig in die Nase ausatmen. Dadurch wird die Luft aus der Tube in das Mittelohr gepresst. Bei der Auskultation ist ein Knackgeräusch zu hören, welches sich mit dem Hörschlauch objektivieren lässt. Otoskopisch sollte ebenfalls die daraus resultierende Vorwölbung des Trommelfells kontrolliert werden. (3,30)

Beim Toynbee-Versuch wird die Impedanzänderung im Tympanogramm bei Schlucken mit zugehaltener Nase betrachtet. Bei der Politzer Luftdusche wird der Druck im Nasopharynx durch das Einführen einer Olive des Politzerballons in ein Nasenloch, dem gleichzeitigen Verschluss des anderen, der Kompression des Ballons und dem gleichzeitigen Schlucken oder Sprechen von „K-Wörtern“ (Coca-Cola) erhöht. Durch Zug des M. tensor veli palatini öffnet sich die Tube und Luft strömt ins Mittelohr. Das Durchblasgeräusch wird durch einen Schlauch, der vom Gehörgang der Patientin/ des Patienten zu dem des Arztes/ der Ärztin geht, hörbar. (3,30)

1.4.4.2 Impedanzmessung: Tympanometrie/ Stapediusreflex

Sie dient der Funktionsdiagnostik der elastischen und mechanischen Eigenschaften des Gehörknöchelchen-Trommelfell-Systems. Im Normalfall wird der Großteil der Schallenergie vom Mittelohr absorbiert und dem Innenohr zugeführt. Ein kleiner Teil wird durch den akustischen Widerstand des Trommelfells und Mittelohrs reflektiert. Die Amplitude und Phase des vom Trommelfell reflektierten Schallanteils werden bei Impedanzänderungen, welche durch die Kontraktion der Mittelohrmuskeln (Stapediusreflex/ Tensorreflex) und durch Änderung des Luftdrucks im äußeren Gehörgang zustande kommen, gemessen. (3,9)

Mit der Tympanometrie erfasst man die Impedanzänderung bei Druckänderung im äußeren Gehörgang. (9) Mit Hilfe der grafischen Darstellung des Tympanogramms lassen sich auch quantitative Informationen über das Ohr gewinnen, im Gegensatz zur pneumatischen Otoskopie, die hauptsächlich qualitative Informationen liefert. Die Tympanometrie allein hat eine geringere Sensitivität und Spezifität und sollte deshalb mit der pneumatischen Otoskopie kombiniert werden, um bessere Resultate zu erzielen. (33)

Zur Durchführung wird in den äußeren Gehörgang eine Sonde mit drei Schlauchleitungen so eingeführt, dass dieser abgedichtet wird. Eine Vakuumpumpe produziert positiven und negativen Druck im äußeren Gehörgang, während die Sonde einen Ton von 220 Hz abgibt. Die reflektierte Schallenergie wird daraufhin gemessen und in einer Kurve dargestellt. (3,9,30,33) Je steifer das Trommelfell, umso niedriger ist der Kurvengipfel im Tympanogramm. (3) Man unterscheidet hierbei grob zwischen Typ A (normal), B (abgeflachte Kurve, abnormal) und C (negativer Mittelohrdruck). (33) Für die Stapediusreflex- und Tensorreflexprüfung werden die Ohren mit großer Lautstärke von 70-90 dB beschallt, damit es zu der physiologischen Kontraktion des M.stapedius auf beiden Seiten kommt, wodurch eine Versteifung der Gehörknöchelchenkette eintritt und die Trommelfellbeweglichkeit reduziert wird. Die Schwelle des Reflexes liegt normalerweise bei 80-90 dB. Voraussetzung für die Messung der reflektorischen Impedanzänderung ist ein intaktes Mittelohr und die Möglichkeit, den gleichen Druck, wie er im Mittelohr herrscht, im äußeren Gehörgang herzustellen. Die Impedanzänderung lässt direkt Rückschlüsse auf das Hörvermögen des beschallten Ohres ziehen, so wird bei hochgradiger Schwerhörigkeit die Reflexschwelle zum Beispiel nicht erreicht. (3,30)

Um dies zu veranschaulichen, zeigt das erste Bild (links oben) ein physiologisches Mittelohr mit normaler Compliance (Nachgiebigkeit) des Trommelfells und vorhandenem Stapediusreflex. Das zweite Bild (rechts oben) zeigt einen Unterdruck in der Paukenhöhle mit einem flacheren Kurvengipfel, nach links verschoben, wie es für einen Tubenmittelohrkatarrh klassisch ist. Das dritte Bild (links unten) ist typisch für eine Seromukotympanum mit abgeflachter Kurve und maximaler Impedanz. Der Stapediusreflex fehlt. Das letzte Bild (rechts unten) zeigt eine Ambossluxation mit steil, nach oben offener Kurve (überhöhte Compliance) und fehlendem Stapediusreflex. (3)

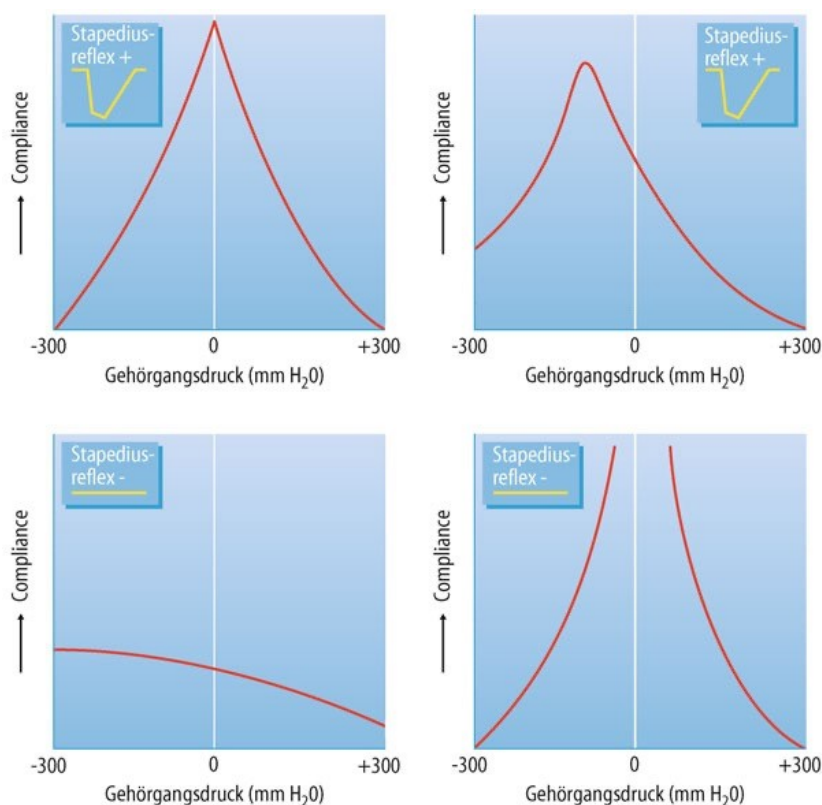


Abbildung 17: Tympanogramm (3)

1.4.4.3 Stimmgabelprüfungen

Die Stimmgabelprüfungen ermöglichen als orientierende Hörprüfungen die Unterscheidung zwischen Schallempfindungs- und Schalleitungsschwerhörigkeit. Die Tonaudiometrie bestimmt quantitativ das Ausmaß des Hörverlustes. (3)

Der Rinne-Versuch vergleicht die Luft- und Knochenleitung eines Ohres. Dafür wird die schwingende a1- Stimmgabel (435 Hz) zunächst auf den Knochen des Warzenfortsatzes gesetzt. Sobald die Patientin/ der Patient die Stimmgabel nicht mehr hört, wird diese, ohne neu angeschlagen zu werden, vor das Ohr gehalten. Hört der/die Untersuchte die

Stimmgabel nun wieder lauter und länger, wie es bei Normalhörigen der Fall ist, ist die Luftleitung besser als die Knochenleitung und Rinne somit positiv. Bei Schallleitungsschwerhörigen wird über die Knochenleitung, sprich über dem Mastoid, die Stimmgabel lauter und länger gehört als über die behinderte Luftleitung vor dem Ohr (Rinne-negativ). Bei der Schallempfindungsschwerhörigkeit ist sowohl Luft- als auch Knochenleitung verkürzt, jedoch wird der Ton vor dem Ohr stets besser gehört als über dem Knochen (Rinne-positiv). (3,30)

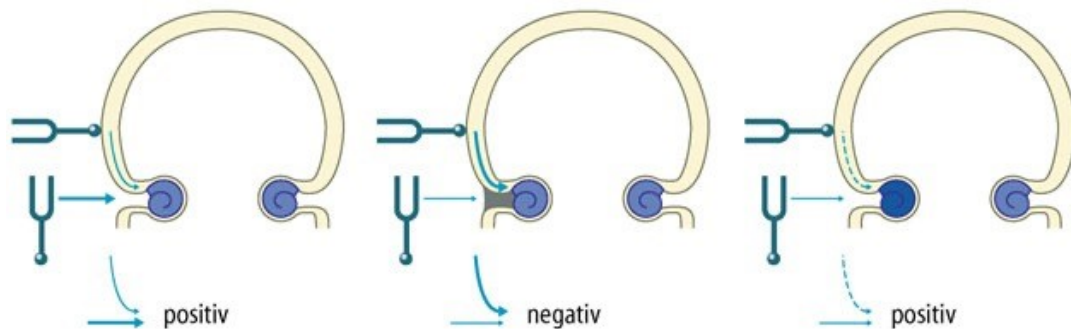


Abbildung 18: Rinne-Versuch (3)

Beim Weber-Versuch wird zur Prüfung der Kopfknochenleitung die schwingende a1-Stimmgabel auf die Mitte des Schädels aufgesetzt. Ein Normalhöriger oder seitengleich Schwerhöriger hört den Ton in beiden Ohren oder in der Kopfmittle, wohingegen der einseitig Schallleitungsschwerhörige im schlechter hörenden Ohr und der einseitig Schallempfindungsschwerhörige im besser hörenden Ohr die Stimmgabel wahrnimmt (lateralisiert). (3,30)

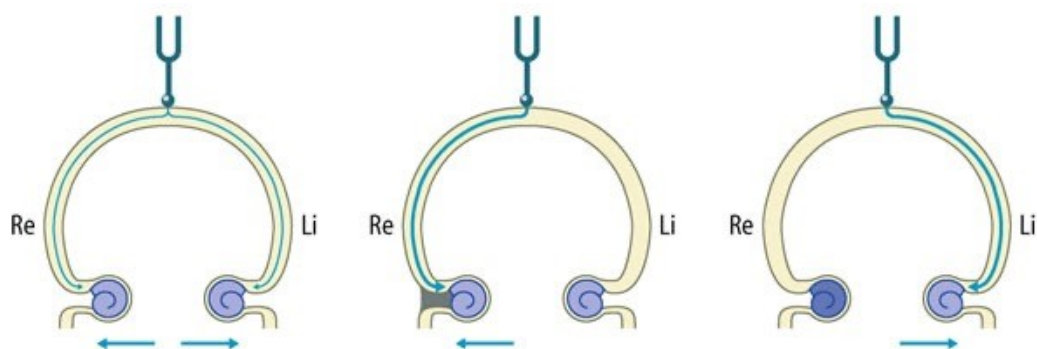


Abbildung 19: Weber-Versuch (3)

1.4.4.4 Tonaudiometrie, Tonschwellenaudiometrie

Sie dient zur Überprüfung des Tongehörs mit elektroakustischen Mitteln. Hierbei wird zwischen Schwellentest und überschwelligen Testverfahren unterschieden. (3)

Die am meisten angewandte audiometrische Untersuchungsmethode ist die Hörschwellenaudiometrie, bei der die Hörschwelle für reine Töne (Sinustöne) im Oktav- bzw. Halboktavabständen bestimmt werden. Als Tonaudiogramm bezeichnet man das international genormte Koordinatensystem, in dem die Tonschwellenkurve eingetragen wird. Wichtig ist ebenfalls eine ausreichende Schalldämmung zur Ausschaltung von Umgebungsgeräuschen, welche zu Verfälschungen führen könnten. (9)

Die Töne werden für jedes Ohr einzeln, teilweise unter Ausschaltung des anderen Ohres durch Vertaubung, zunächst mittels Kopfhörer über Luftleitung und anschließend mit einem Knochenleitungshörer, welcher auf dem Mastoid aufgesetzt wird, über Knochenleitung abgegeben. Die Nulllinie im Tonaudiogramm entspricht der psychophysischen Hörschwelle eines normalhörenden Jugendlichen (Bild oben links). Von hier aus wird jede Frequenz, beginnend mit der meist gut erkennbaren Frequenz 1000 Hz, in Stufen von je 1 dB verstärkt, bis sie von der Patientin/ vom Patienten gehört wird. (3) Eine typische Frequenzabfolge bei der Tonschwellenaudiometrie wäre 1000, 2000, 3000, 4000, 8000, 1000, 500, 250 Hz. Die Frequenz wird an der horizontalen Achse und die Intensität an der vertikalen Achse des Audiogramms eingetragen. (34)

Der Patient/ die Patientin gibt über ein vereinbartes Signal (Knopfdrücken) an, sobald er den Prüftton wahrnimmt. Die Antworten werden anschließend manuell oder automatisch vermerkt. Man erhält dann für jedes Ohr getrennt die Hörschwellenpunkte, welche mit einander verbunden werden, um die Hörschwellenkurven für Luftleitung und Knochenleitung zu erhalten. Die Nulllinie würde in einer Absolutdarstellung im tiefen und hohen Frequenzbereich abwärts gekrümmt verlaufen, da die Empfindlichkeit des Ohres im mittleren Frequenzbereich am größten ist. In den tiefen und hohen Tonlagen sind für die gleiche Lautheitsempfindung größere Schalldrücke erforderlich. (3,30) Die konventionelle Tonschwellenaudiometrie wird hauptsächlich bei Erwachsenen und ältere Kindern genutzt. (34)

Eine Schalleitungsschwerhörigkeit zeigt im Audiogramm eine Differenz der Hörschwellenkurven zwischen Knochenleitung und Luftleitung. Der Hörverlust über die Luftleitung, angegeben in Dezibel (dB), ist somit größer als über die Knochenleitung. Die Differenz wird als Air-Bone Gap bezeichnet (Bild rechts oben) und ist ein Maß für die Schalleitungsschwerhörigkeit. (3,34)

Bei Schallempfindungsschwerhörigkeit (z.B. Altersschwerhörigkeit) besteht zwischen der Schwelle für Luft- und Knochenleitung keine Differenz. Hohe Frequenzen werden von diesen Patientinnen/ Patienten für gewöhnlich besonders schlecht gehört, wodurch größere

Lautstärken benötigt werden, bis die Hörschwelle angegeben wird. Die Kurve sinkt im Hochtonbereich ab, was auch als Hochtonschwerhörigkeit bezeichnet wird. (Bild Mitte links). Beim akustischen Trauma senkt sich die Hörschwellenkurve im hohen Frequenzbereich stark ab. (Bild unten links). (3)

Bei der kombinierten Schalleitungs-Schallempfindungsschwerhörigkeit findet man eine Knochenleitungs-Luftleitungsdifferenz als Ausdruck der Schalleitungs Komponente und einen Abfall der Hörschwellenkurve für Knochenleitung als Ausdruck für die Schallempfindungskomponente (Bild Mitte rechts). Denkt man sich das Tonaudiogramm als Sprachfeld eingezeichnet (Bild unten rechts), so bekommt man eine Vorstellung vom sprachlichen Restgehör. Alle Anteile der Sprache, die bei einem Schwerhörigen, oberhalb der Kurve für die Luftleitung liegen, können nicht mehr gehört werden. (3)

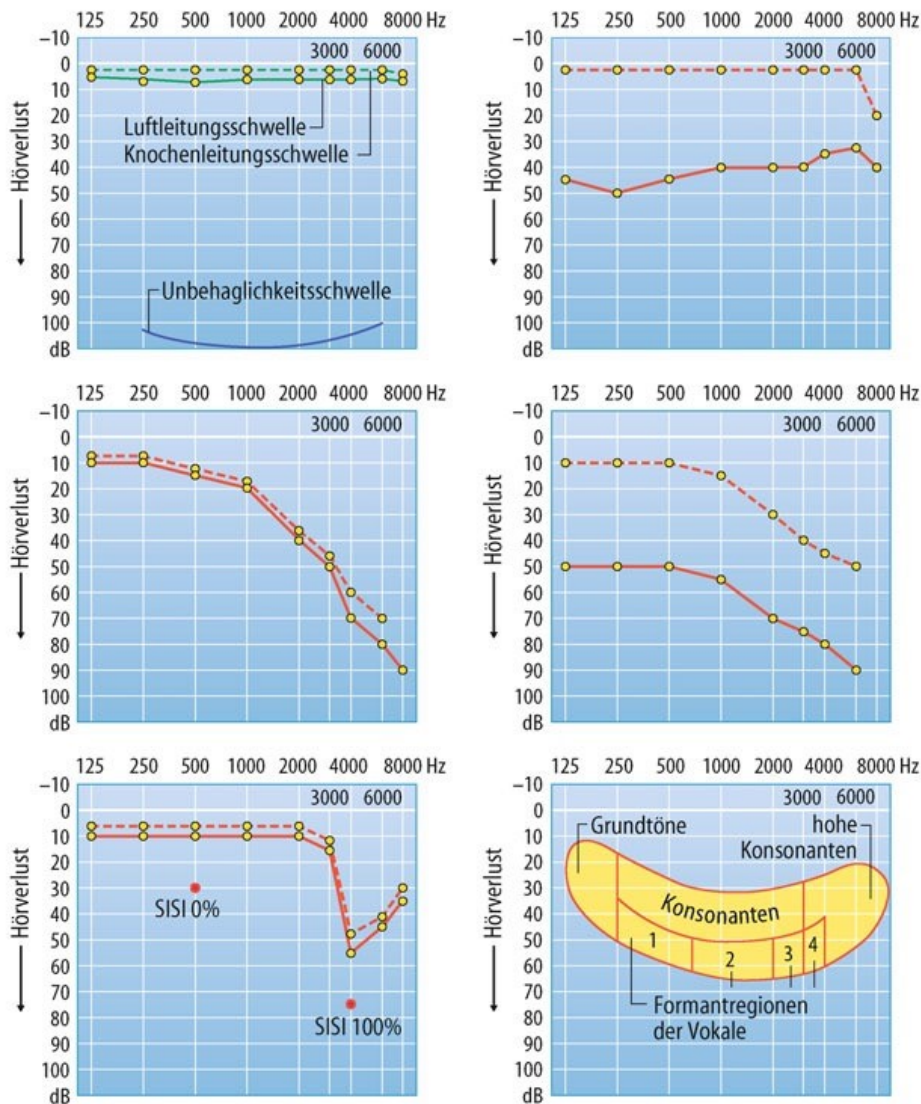


Abbildung 20: Tonaudiogramm (3)

1.4.5 Vestibularisprüfungen

Vestibularisprüfungen dienen der Feststellung, ob der angegebene Schwindel vestibulär bedingt ist und ob die Vestibularisstörung peripher oder zentral ausgelöst wird.

Vestibulärer Schwindel äußert sich bei der Patientin/ beim Patienten durch Drehschwindel, Liftschwindel, Schwankschwindel, Ziehen nach einer Seite oder Taumeligkeit. Dieser gilt vom nicht vestibulären Schwindel zu unterscheiden (Schwarzwerden vor den Augen), da dieser häufig herz-kreislaufbedingt ist. (3)

Bei Verdacht auf Vestibulariserkrankungen werden Untersuchungen wie der Romberg-Versuch (Stehen auf einem oder beiden Beinen bei geschlossenen Augen), Blindgang, Unterberger-Tretversuch (bei geschlossenen Augen auf der Stelle treten), Finger-Nase-Versuch oder Zeichentest nach Fukuda durchgeführt. (3,30)

Mit den klassischen Vestibularisprüfungen lassen sich die Funktionen des vestibulären Systems ohne experimentelle Reizung bestimmen. Eine vestibuläre Funktionsstörung zeigt sich durch Auslösen eines Spontan-, Provokations-, Lagerungs- oder Lagennystagmus. Das periphere Vestibularisorgan gibt ständig Impulse (Ruheaktivität) über den Nerven zu den Vestibulariszentren ab. Es besteht ein Tonusgleichgewicht zwischen der rechten und linken Seite. Durch Erregung des peripheren Organs (z.B. durch Ausbuchtung der Cupula in der einen oder anderen Richtung, oder durch traumatische Schädigung des Innenohres) geschieht eine Zu- oder Abnahme der Impulsfrequenz im Nerven und eine Steigerung oder Abschwächung des Tonus. Je nach Größe der Tonusdifferenz zwischen rechts und links tritt eine Nystagmusneigung, ein latenter oder manifester Nystagmus auf. (3)

Zu den Untersuchungsmethoden zum Nachweis eines Nystagmus zählen das Beobachten der Augenmotilität mit und ohne Frenzel-Brille, sowie die objektive Registrierung mittels Nystagmografie. Bei der Leuchtbrille nach Frenzel wird durch Gläser von 15 Dioptrien eine Fixation für die Patientin/ den Patienten verunmöglicht und durch die Vergrößerung und Beleuchtung der Bulbi die Untersuchung vereinfacht. (3,30)



Abbildung 21: Frenzel-Brille (3)

1.4.6 Ballondilatation der Tuba auditiva

Die Ballondilatation der Eustachischen Röhre ist eine relativ neue Operationstechnik zur Behandlung langanhaltender Tubenfunktionsstörungen bei Versagen konservativer Therapie, wie z.B. nasal applizierter Steroide. (2,20)

1.4.6.1 Indikationen

Die Indikation für die Ballondilatation der Tuba auditiva wird über die subjektiven Beschwerden, den ETS-7, Otoskopie, Tympanometrie, Stimmgabelprüfungen, Tonschwellenaudiometrie, CT Scan, Valsalva Manöver und/oder Nasopharyngoskopie gestellt. (1,20,35) Eine chronische dilatative Belüftungsstörung ist im Gegensatz zur akuten typischerweise nicht auf eine akute Erkrankung, wie obere Atemwegsinfekte, zurückzuführen. Wichtig hierfür ist auch die Unterscheidung zwischen Patulous, Dilatory und Baro-challenge-induced ETD, welche klinisch und anamnestisch getroffen werden kann. (36)

Ebenfalls ist es notwendig andere Pathologien zu diagnostizieren, welche mit einer Tubendilatation nicht behebbar wären, aber die Ventilation maßgeblich beeinflussen können, wie starke Septumdeviationen, große Polypen im Bereich des Nasopharynx etc. (20) In vielen Fällen wird die Ballondilatation bei Versagen oder schlechten Resultaten der konservativen Therapie zur Behandlung der chronischen dilatativen Belüftungsstörung empfohlen und eingesetzt. (1,36)

1.4.6.2 Ablauf

Die Prozedur kann unter Allgemeinnarkose oder lokaler Anästhesie durchgeführt werden. Der Ballon wird unter endoskopischer Sicht mittels Katheter über die Nase in die

nasopharyngeale Öffnung der Tuba auditiva so eingeführt, dass er im knorpeligen Anteil zu liegen kommt. Durch Inflation des Ballons auf üblicherweise 10 Bar wird anschließend der knorpelige Teil der Eustachische Röhre dilatiert und für 2 Minuten belassen bevor der Ballon entleert und entfernt wird. (17,20,35)

Patientinnen/Patienten können die Klinik im Regelfall noch am selben Tag verlassen.

Postoperativ können lokale Nasensprays zum Einsatz kommen. (20)

1.4.6.3 Resultate

Verschiedenste Studien bestätigten die Sicherheit des Verfahren zur Dilatation des knorpeligen Anteils der Tube, sowohl für Erwachsene als auch für Kinder. Bei 167 Patientinnen/ Patienten (295 Tubendilatationen) waren nach 2 Monaten 80% zufrieden und 231/295 Tubenscores verbesserten sich. Nach 12 Monaten gaben 87% von 53 nachuntersuchten Patientinnen/ Patienten eine Verbesserung der Beschwerden an und der Tubenscore verbesserte sich bei 80/89 Tubendilatationen. (17) Erste Langzeitstudien zeigen sogar gute Resultate nach 5 Jahren bei denen sich der Tubenscore um 82% signifikant änderte. (2) Valsalva Ergebnisse veränderten sich in 80-98% der Fälle ins Positive, otoskopische Befunde in 90% und Tympanometrie bei 24-54% im Langzeitvergleich. (1) In einer randomisiert kontrollierten Studie mit einjährigem Follow-up zeigte sich auch eine deutliche Besserung des mittleren Tubenscores im Vergleich zur Kontrollgruppe mit persistierender ETD. Ebenso wurden Verbesserungen im Tympanogramm-Typ, sowie statistisch signifikante Besserungen der ETD Symptomatik und Mittelohrfunktion (Valsalva etc.) selbst 12 Monate später festgestellt. (35) Die minimal invasive Technik zeigt sich als geeignete, effiziente und sichere Methode zur Behandlung der Tubenbelüftungsstörungen mit einem geringen OP-Risiko und minimalen postoperativen Schmerzen. (20,35)

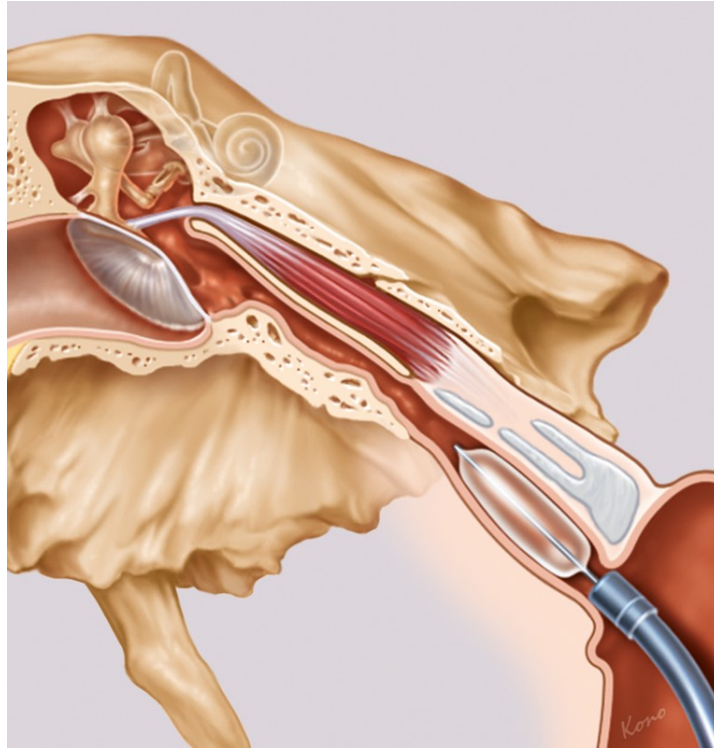


Abbildung 22: Ballonkatheter zur Tubendilatation (2)

1.4.7 Tympanoplastik

Die Tympanoplastik dient der Restauration des Schalleitungsapparates und der Hörverbesserung nach der Beseitigung krankhafter Prozesse im Mittelohr. Man unterscheidet zwischen mehreren Operations-Typen, die eine Variante der Wullstein Klassifikation darstellen. (3,4,37)

Bei der chronisch eitrigen Otitis media kommt es üblicherweise zu einer milden Schalleitungsschwerhörigkeit von 10-20 dB, wobei in einigen Fällen, bei starker Erosion der Gehörknöchelchen, sogar ein Defizit von 50-70 dB vorliegen kann. Ziel ist es, die perforierte Trommelfellmembran und, sofern notwendig, die Gehörknöchelchenkette, zu reparieren. Man verwendet hierfür sowohl endoskopische als auch mikroskopische Zugänge. (38)

Bei der chronischen mesotympanalen Otitis media, Gehörknöchelchenfrakturen oder -luxationen, Mittelohrmissbildungen, Adhäsivprozessen wird die Tympanoplastik allein wegen der zu erwartenden Hörverbesserung durchgeführt. Bei der epitympanalen Otitis media bzw. dem Cholesteatom erfolgt diese im Anschluss an die operative Entfernung der Knocheneiterung. (3)

1.4.7.1 Indikationen

Unter primäre Indikationen fallen die chronisch eitrige Otitis media, deren Sonderform als Knocheneiterung bzw. das Cholesteatom, sowie seltener Tumore und Fehlbildungen. (4,38,39) Da das Ziel die Restauration des Schalleitungsapparates darstellt, zählen auch iatrogene Perforationen, z.B. bei der Setzung von Paukenröhrchen oder traumatische Perforationen des Trommelfells, welche nicht von selbst wieder heilen, zu den Indikationen. Letztere können durch Knalltraumata, Schläge auf das Ohr aber auch direkte Penetration der Membran hervorgerufen werden. Diese Löcher verheilen jedoch in 80% der Fälle ohne Therapie. (38,39) Ein geschlossenes Trommelfell ist ebenso als Keimbarriere wichtig, was andernfalls zu häufigen Infektionen des Mittelohrs vor allem bei Kontakt mit Wasser führen würde. (4,39) Des Weiteren unterteilt man zwischen relativen und absoluten Kontraindikationen, wobei erstere unter anderem hohes Patientenalter, nicht funktionsfähige Tube und letztere schwere Komplikationen der Otitis media, wie intrakranielle Abzesse, Meningitis, Malignitäten, darstellen. (38)

1.4.7.2 Ablauf

Die Computertomographie des Os temporale ist die bevorzugte Bildgebung, die präoperativ zur Planung (vor allem bei Cholesteatomen) eingesetzt wird. (38) Die OP kann in Lokalanästhesie und Allgemeinnarkose durchgeführt werden. (4) Als Zugangsweg wird je nach Gegebenheiten entweder retroaurikulär, endaural oder transcanal in das Mittelohr vorgedrungen. (4,38) Da der Trend in Richtung geringere Invasivität geht, werden transcanal oder endoskopische Zugänge immer beliebter. Bei den Transplantaten unterscheidet man zwischen autologen, welche sowohl biokompatibel als auch kostengünstig sind und üblicherweise aus der Temporalfaszie, dem Tragus/ Ohrmuschel Perichondrium entnommen werden, und alloplastischen Materialien, welche nicht aus dem Körper entnommen werden und somit ein kosmetisch besseres Ergebnis ohne zusätzliche Narben aufweisen. (38) Beim mikroskopischen Zugang wird eine postaurikuläre oder transcanale Herangehensweise typischerweise unternommen. Retroaurikulär wird ein semizirkulärer Schnitt um das Ohr gemacht und dieses nach vorne geklappt. Der Schnitt geht bis zum Musculoperiosteum, wodurch ein Lappen entsteht, den man nun Richtung Ohrkanal vorklappen kann, um den knöchernen Gehörgang zu erreichen. Nach Anheben der Haut

wird weiter inzidiert, bis man den tympanomeatalen Lappen beiseite geben kann, um in das Mittelohr zu gelangen, wo die eigentliche Rekonstruktion stattfindet. (38)

Die weniger invasive endoskopische Zugangsweise wird endaural durchgeführt. Wie zuvor wird der Gehörgang inzidiert, um einen tympanomeatalen Lappen abzuheben. Die Perforationen des Trommelfells werden angefrischt und die dorsale Zirkumferenz des Anulus tympanicus aus dem Limbus ausgelöst, wodurch das Trommelfell vorgeklappt werden kann. Vorsicht sollte hier bei der Chorda tympani geboten sein, welche bei diesem Schritt beschädigt werden kann. (4,38)

Die Typ 1 Tympanoplastik bzw. Trommelfellplastik oder Myringoplastik wird bei alleinigen Trommelfelldefekten und erhaltener schwingungsfähiger Gehörknöchelchenkette durchgeführt. (3,38) Man verwendet als Transplantate Temporalisfaszie, Perichondrium oder Knorpel um Trommelfellperforationen zu reparieren. (3,4) Unterschieden wird hierbei hauptsächlich zwischen Underlay und Onlay Technik, wobei die Erste häufiger angewandt wird und gute Resultate verspricht. Die Myringoplastik ist eine sehr sichere und komplikationsarme Operation. Einfluss auf die Heilungstendenz haben bei dieser OP Lokalisation, Größe und Art der Perforation. So haben große, vordere, randständige Löcher ein signifikant schlechteres postoperatives Outcome. (39)

Beim Typ 2 bzw. der Ossikuloplastik geht es darum die unterbrochene Gehörknöchelchenkette wiederaufzubauen. Dies geschieht entweder durch Ersatz oder Überbrückung fehlender Kettenanteile. (3) Bei Erosion des Hammers kann somit der Amboss direkt mit dem Trommelfell verbunden werden. Dies setzt einen zumindest teilweise intakten Incus voraus. Sollte dieser jedoch durch entzündliche Prozesse zerstört worden sein, kann die Lücke zwischen Hammer und Steigbügel mit Knorpel, welcher häufig vom Tragus gewonnen wird, aber auch mit Knochenzement geschlossen werden. (37,38)

Den 3. Typ verwendet man bei defekter Gehörknöchelchenkette bzw. Hammer- und Ambosserosion. (3,37,38) Der Schalldruck wird hierfür direkt vom Trommelfell oder über ein Transplantat, welches z.B. ein autogener Ambossteil, ein Stück eines Keramikstempels oder eine Titanprothese darstellen kann, zum erhaltenem Steigbügel oder seiner Fußplatte und somit zum Innenohr übertragen. (3,37) Die Gehörknöchelchenkette wird mit Hilfe von resorbierbarem Gelatineschwamm oder seltener eines Silastic Gummibandes rekonstruiert, um die Kontinuität und Schallweiterleitung zu gewährleisten. (37)

Bei den Prothesen unterscheidet man grob zwischen einer bei erhaltenem Steigbügel zu verwendenden PORP (Partial Ossicular Chain Reconstructive Prosthesis) und der TORP (Total Ossicular Chain Reconstructive Prosthesis), welche bei alleinig erhaltener Steigbügel Fußplatte transplantiert wird. (3,40) Bei beiden resultiert eine normal hohe Pauke. Bei der Anlagerung des Trommelfells bzw. des Transplantates direkt an den Steigbügel entsteht üblicherweise eine flache Pauke. (3)

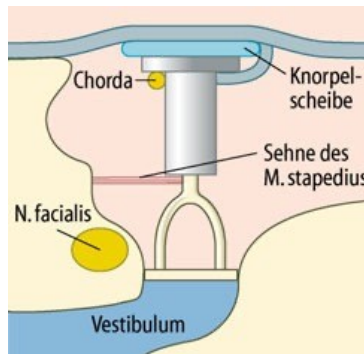


Abbildung 23: Tympanoplastik Typ III mit Interposition von Ambossteil, Keramik oder Metallprothese als PORP zwischen Trommelfellebene und Steigbügelköpfchen (3)

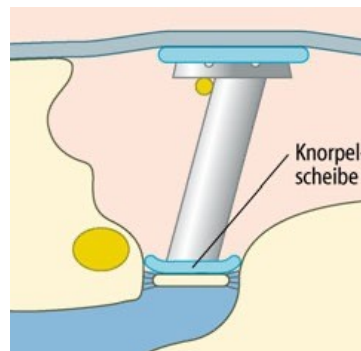


Abbildung 24: TORP zwischen Trommelfellebene und Steigbügel Fußplatte (3)

Bei der Tympanoplastik Typ 4 wird der Schalldruck vom Trommelfell direkt auf die noch bewegliche Stapediusfußplatte und somit aufs Innenohr übertragen. Es gibt keine Schalldruckweiterleitung durch Gehörknöchelchen. (3,38)

Typ 5 stellt eine Fensterungsoperation dar, welche bei Missbildungen im Bereich des ovalen Fensters oder unlösbar fixierter Steigbügel Fußplatte verwendet wird. Ovale Fenster und Pauke werden mit freiem Faszientransplantat oder Gehörgangshautlappen bedeckt.

(3,38) Bei den Typen 1-3 der Schalldrucktransformationen kann die Schalleitungskomponente der Schwerhörigkeit postoperativ weitgehend verschwinden.

Bei Typ 4 und 5, die deutlich seltener zum Einsatz kommen, bleibt jedoch wegen fehlender

Schalldrucktransformation ein Hörverlust von 25 dB zwischen Luft- und Knochenleitungsschwelle im Tonaudiogramm nachweisbar. Voraussetzungen für eine Hörverbesserung sind ein funktionsfähiges Innenohr und eine durchgängige Tuba auditiva. Sofern sich keine ausreichende Verbesserung erzielen lässt, ist die Versorgung mit einem implantierbaren Hörgerät indiziert. (3) Die Fäden werden postoperativ nach 5-7 Tagen und die Tamponade nach 2-3 Wochen entfernt. Zu diesem Zeitraum wird auch in der Regel ein Audiogramm durchgeführt. (4) Am Landeskrankenhaus Graz werden anstatt Fäden ein Kleber verwendet und der Hörtest erst nach 6-8 Wochen abgehalten.

1.4.7.3 Komplikationen

Studien zeigten, dass die Tympanoplastik mit Temporalisfaszientransplantat in über 93% der Fällen, in denen sie die erste Tympanoplastik war, erfolgreich ist. Wie jede Operation können auch bei dieser Komplikationen auftreten. Zu diesen gehören postoperative Schmerzen, Blutungen, Infektionen, Fehlschlagen des Transplantates, Schalleitungsschwerhörigkeit, Trommelfellperforation und der Bedarf eines Paukenröhrchens. Wegen der engen Lagebeziehung des Fazialisnerves in der hinteren Wand der Paukenhöhle können selten, aber doch iatrogene Verletzungen auftreten. Bei der Chorda tympani muss bei Mittelohroperationen und speziell bei Cholesteatomen immer Vorsicht geboten werden. In wenigen Fällen muss diese sogar geopfert werden, um die Geschwulst vollständig zu entfernen, was permanente Geschmacksstörungen zur Folge hat. (38)

1.4.7.4 Resultate

Die Hörschwellenaudiometrie wird am häufigsten genutzt, um den Erfolg einer Tympanoplastik zu beurteilen. Der wichtigste Parameter hierfür ist die mittlere Air-Bone Gap, welche die Differenz zwischen Luftleitungs- und Knochenleitungskurve darstellt und quantitative Aussagekraft über die Schalleitungsschwerhörigkeit hat. Vier Frequenzen werden hierfür üblicherweise betrachtet 500, 1000, 2000 und 3000 Hz. (37,40,41)

Der Zeitraum zur Beurteilung des postoperativen Outcomes variiert in vielen Studien, befindet sich aber häufig zwischen 6 und 12 Monaten und wird in einigen Fällen auf über 3 Jahre ausgedehnt, um Langzeitauswirkungen beurteilen zu können. (37,40)

Abgesehen von der Rekonstruktion des schalleitenden Apparates gibt es einige weitere Faktoren, die das Hörvermögen beeinflussen. Einer der wichtigsten ist die postoperative Belüftung des Mittelohres. Weiterhin spielen Art und Ausmaß der Grunderkrankung des Ohres, das Bestehen von noch funktionsfähigen Gehörknöchelchen, der Status der Mittelohrschleimhaut, die Operationsmethoden, postoperative Inflammationen, Erfahrung des Operateurs sowie einige weitere Faktoren eine maßgebliche Rolle. (40,41)

Unter den Gehörknöchelchen ist der Zustand des Hammers in vielen Quellen als wichtigster Einflusswert für die Besserung des postoperativen Hörvermögens beschrieben, unabhängig vom Zustand des Steigbügels. (41,42)

Obwohl einige Autoren nahezu ähnliche Ergebnisse zwischen der CWD (Canal wall down surgery) und der ICD (intact canal wall techniques) beschrieben, wird die Entfernung der hinteren Gehörwand generell als negativer prognostischer Faktor angesehen, jedoch sind Art und Ausmaß der initialen Pathologie bestimmend für die Operationstechnik und beeinflussen dadurch schon das postoperative Outcome. Der Beobachtungszeitraum wirkt sich ebenfalls aus, so können Ergebnisse nach kurzem Zeitraum, aufgrund von unzureichender Heilung des Transplantats, Schwellungen etc., schlechter oder besser im Langzeitvergleich (häufiger Prothesendislokation, Narbenbildung etc.) sein. Der Prothesenvergleich zwischen PORP und TORP zeigt, dass die Teilprothese postoperativ eine deutlich bessere ABG aufweist (19.0 ± 0.9 vs. 24.1 ± 2.5 dB), jedoch ist die absolute Gehörverbesserung bei der TORP deutlich größer (10.4 ± 3.7 vs. 4.7 ± 1.6 dB), was darauf zurückzuführen ist, dass die TORP tendenziell bei ausgedehnteren Pathologien zum Einsatz kommt, wo initial die ABG schon sehr schlecht ist. (40)

Bei den Tympanoplastik Typen zeigt sich bei Typ 1 das beste Outcome für die postoperative ABG gefolgt von Typ 2, Typ 3 und Typ 4 welche am schlechtesten abschneidet. In der Literatur werden üblicherweise postoperative Air-Bone Gaps von Typ 1 mit 16-18 dB, Typ 2 mit 19-20 dB im kurzzeitigen Follow-up, Typ 3 - abhängig von der Art der Prothese - mit rund 27 dB und Typ 4 mit 29-32 dB angegeben. Außerdem sind auf Titan basierende Prothesen den autologen Transplantaten zumindest ebenbürtig, wenn nicht sogar überlegen. Bei der Ossikuloplastik wird nach Jahren eine Verschlechterung der ABG beobachtet, was darauf zurückzuführen ist, dass teilweise resorbiertes Knorpel- oder Knochen transplantat leichter aus seiner ursprünglichen Position verschoben werden kann. (37) Verbesserung der ABG nach der Operation im Vergleich zu präoperativ beläuft sich auf zirka 12 dB. (43)

2 Material und Methode

Die notwendigen Daten wurden mit Hilfe einer monozentrischen, retrospektiven Beobachtungsstudie erhoben. Hierfür wurden Patientinnen und Patienten, die im Zeitraum von 2016 bis 2020 an der klinischen Abteilung für Hals-, Nasen- und Ohrenheilkunde des LKH-Universitätsklinikums Graz aufgrund einer chronischen Otitis media mesotympanalis, Mastoiditis oder Cholesteatoms operiert wurden, berücksichtigt. Mittels retrospektiver Analyse unter Verwendung der (elektronischen) Krankenakten, Ambulanzakten, Tonaudiogramme und Operationsberichte der Abteilung wurden die notwendigen Daten gesammelt. Zur Durchführung der Studie wurde auch ein positives Ethikvotum durch die Ethikkommission der Medizinischen Universität Graz ausgestellt. (EK-Nummer: 34-063 ex 21/22).

2.1 Literaturrecherche

Um den nötigen Wissensstand zur Bearbeitung der Forschungsfrage zu erlangen, wurde auf Fachbücher, Studien, Publikationen und Artikel aus Fachzeitschriften zurückgegriffen. Zur Literaturrecherche wurden hauptsächlich elektronische Datenbanken wie PubMed verwendet.

2.2 Studienziel, Hypothesen und erwartete Resultate

Das Ziel der Studie war es herauszufinden, ob die präoperative Durchführung einer Ballondilatation der Tuba auditiva vor einer Tympanoplastik das postoperative Outcome verbessern würde.

In den vergangenen Jahren wurde bei Patientinnen und Patienten am Universitätsklinikum Graz, welche sich einem operativen Eingriff am Mittelohr unterzogen und gleichzeitig einer diagnostizierte Tubenventilationsstörung hatten, vor der eigentlichen Operation oder in derselben Sitzung eine Ballondilatation der Tube durchgeführt. Da eine Tubenbelüftungsstörung sowohl Ursache von chronischen Mittelohrerkrankungen sein kann (3,5,7,17), sowie die Heilung behindern, (40,41) steht die Frage im Raum, ob durch eine Dilatation dieser auch das postoperative Outcome der Tympanoplastik verbessert werden könnte.

Die Nullhypothese lautet, dass sich die Patientinnen- und Patientengruppen (mit Dilatation der Tuba auditiva und ohne) nicht in ihrem postoperativen Outcome voneinander unterscheiden.

Die Alternativhypothese besagt, dass es sehr wohl einen Unterschied im postoperativen Ergebnis zwischen diesen beiden Gruppen gibt.

2.3 Studiendesign

Für die retrospektive Beobachtungsstudie war anfänglich geplant, zwei Gruppen aus einem Patientenkollektiv zu bilden, welches von Jänner 2016 bis März 2020 mit einer chronischen Otitis media, einem Cholesteatom oder einer Mastoiditis an der Abteilung für Hals-, Nasen- und Ohrenheilkunde am Universitätsklinikum Graz in Behandlung war und sich einer Tympanoplastik Operation unterzog. Die Patientinnen und Patienten wurden daraufhin in eine kleinere Gruppe, an welchen zeitgleich oder vor der eigentlichen Mittelohroperation eine Tubendilatation durchgeführt wurde, und eine größere Vergleichsgruppe ohne besagte Dilatation aufgeteilt. Da das Auftreten von Rezidiven, das Hearing Outcome als auch die OP Methoden bei den jeweiligen Erkrankungen und das Verhältnis von „tubendilatiert“ zu „nicht tubendilatiert“ innerhalb der Erkrankungen stark variiert, (41) wurde entschieden, Cholesteatompatientinnen und -patienten separat in zwei Gruppen aufzugliedern. Sowie Einschluss- und Ausschlusskriterien erfüllt waren, war es auch möglich, dass eine Patientin/ ein Patient mit beiden seiner Ohren in die Studie eingeschlossen werden konnte. Diese wurden dann unabhängig voneinander beurteilt.

2.3.1 Hauptzielgrößen

Unter den Hauptzielgrößen sind die nominalen Parameter „Vorliegen eines Rezidivs“, „Einheilung des Transplantats“, „Subjektive Beschwerdefreiheit“ und „Subjektive Hörverbesserung“, welche mit „Ja“ oder „Nein“ beurteilt wurden. Ein Transplantat gilt in unserer Studie als eingeeilt, sofern sich keine Perforationen mehr in den Nachkontrollen zeigten.

Als metrische Hauptzielgröße wurde die Änderung der mittleren Air-Bone Gap vor und nach der Operation, sowie die mittlere postoperative ABG gewählt. Der Mittelwert wurde aus der ABG bei 500,1000,2000 und 3000 Hz ermittelt, da diese Frequenzen die höchste

Relevanz im Alltag haben (12) und auch in der Literatur zur Kontrolle empfohlen werden. (37,40,41)

Für die Haupt- und Nebenzielgrößen, welche das postoperative Outcome beurteilen sollen, wurden als Zeitpunkte, die jeweiligen Nachkontrolltermine miteinander verglichen. Für gewöhnlich wurde zwei bis drei Wochen postoperativ der erste Kontrolltermin zur Detamponade durchgeführt, dieser war jedoch meist nicht aussagekräftig, da sich bis zu diesem Zeitpunkt noch eine Tamponade im Ohr befindet. (4) Die 2. Nachkontrolle wird in der Regel 6 bis 8 Wochen postoperativ inklusive Hörtests durchgeführt und eine 3. bzw. darauffolgende Nachkontrollen finden sehr variabel und bei völliger Beschwerdefreiheit seltener statt, beziehungsweise werden diese in den niedergelassenen Bereich ausgelagert, was eine Langzeitverfolgung deutlich erschwert.

Bei den beiden Cholesteatomgruppen wurde auch evaluiert, ob eine operative Revision bzw. Second Look-OP durchgeführt wurde und ob diese intraoperativ ein Rezidiv zeigte, was allein klinisch und mit Bildgebung nach Voroperationen schwer festzustellen ist. (5,26,28) Bei den zwei Gruppen der Otitis media chronica mesotympanalis und Mastoiditis wurde nur evaluiert, ob noch eine darauffolgende Operation durchgeführt wurde.

2.3.2 Nebenzielgrößen

Als nominale Nebenzielgröße dient mir das Valsalva-Manöver, welches mit positiv und negativ beurteilt wird und als metrische der PTA4k-Wert. Die Pure-tone average (PTA) gibt den durchschnittlichen Hörverlust in Dezibel für einen gewissen Frequenzbereich (meist 0,5-4k Hz) an. Im Fall dieser Beobachtungsstudie wäre hierbei die Frequenz von 4 Tausend Hertz noch inkludiert. Im Gegensatz zum Air-Bone Gap erfasst der PTA-Wert den gesamten Hörverlust und nicht nur eine mögliche Mittelohrschwerhörigkeit. (44) Das Valsalva-Manöver wurde nur in ca. 50% der Fälle durchgeführt bzw. dokumentiert und es wurde meist dann auch nur postoperativ dokumentiert und ist hiermit nur ansatzweise aussagekräftig. Da das Valsalva-Manöver im Verlauf unkonstant durchgeführt bzw. dokumentiert wurde, wurden hier nicht die einzelnen Nachkontrollen miteinander verglichen, sondern nur ob zu irgendeinem Zeitpunkt einer Nachkontrolle das Manöver positiv/negativ oder nicht beurteilbar war.

2.4 Einschlusskriterien

Zu den Einschlusskriterien zählten Patientinnen und Patienten, die an einer chronischen Otitis media mesotympanalis, einem Cholesteatom oder einer Mastoiditis erkrankten und im Zeitfenster von Jänner 2016 bis März 2020 an der Hals-, Nasen-, Ohrenabteilung des Klinikum Graz ihre erste Tympanoplastik durchführen ließen. Vor 2016 wurden nur spärlich Tubendilatationen am LKH Graz durchgeführt und ab März 2020 fanden aufgrund der Corona Pandemie wenige geplante Operationen statt, wodurch ein Vergrößern des Zeitraumes wenig sinnvoll gewesen wäre.

2.5 Ausschlusskriterien

Es wurden keine Limitierungen bezüglich des Alters gewählt. Ausgeschlossen wurden Patientinnen und Patienten mit Rezidiven bzw. vor dem berücksichtigten Zeitraum stattgefundenen Tympanoplastik-Operationen. Ebenso wurden Patientinnen und Patienten mit Erkrankungen, welche mit hoher Wahrscheinlichkeit zu einer Tubenventilationsstörung beitragen bzw. deren Ursprung, wie z.B. Adenoide oder Rachenmandelhyperplasie, sind, ebenfalls ausgeschlossen. (7,8,18)

Sofern keine Tympanoplastik, sondern nur eine Paracentese, Paukendrainage oder Mastoidektomie durchgeführt wurde, war dies auch ein Ausschlusskriterium. Auch akute Verläufe von Otitiden, Morbus Wegener oder schwere traumatische Trommelfellperforationen wurden aus der Studie exkludiert, da diese keine Ventilationsstörung als ihren Ursprung haben. (7,25) Weitere Gründe für Ausschlüsse waren das Fehlen von Tonaudiogrammen oder das fehlerhafte Vorliegen von selbigen, Fernbleiben von Nachkontrollen, prä- oder postoperative Ertaubung von Patientinnen und Patienten, wodurch kein Tonaudiogramm zu erheben war, Patientinnen und Patienten unter Therapie mit Chemotherapeutika und Patientinnen und Patienten mit Gehörgangsatresien. Im Verlauf waren Tympanoplastik Operationen des Typs 4 und 5 Grund eines Ausschlusses in der Vergleichsgruppe, da sie in der Dilatationsgruppe nicht vorkamen und ein schlechteres audiologisches Outcome als Typ 1-3 haben. (3,37)

Die Nachkontrollen einer Patientin/ eines Patienten wurden 18 Monate lang berücksichtigt oder bis es zu einer weiteren Tympanoplastik-Operation kam. Alle darauffolgende Kontrollen fanden daraufhin keine Berücksichtigung mehr.

2.6 Datenerhebung

Die Daten zur Durchführung der retrospektiven Studie wurden durch das openMEDOCS-System (elektronisches Kommunikations- und Informationsnetzwerk für die steirischen Landeskrankenhäuser) gewonnen. Durch die Abfrage der ICD-10-Codierung H65-75 (=Krankheiten des Mittelohres und des Warzenfortsatzes) und der Abfrage des Diagnosecodes H65-H75 + des Leistungscode 5-209.1 (=Andere Operationen an Mittel- und Innenohr: Andere Operationen am Mittel- und Innenohr: Operation an der Tuba auditiva) für den Zeitraum 31.01.2016 – 31.12.2020. (45,46)

Daraus ergab sich eine Fallzahl von 1878 bzw. 1567 Patientinnen und Patienten. Dem Diplomanden wurde ein eigener openMEDOCS Account mit externem Zugriff angelegt, wodurch aus dem elektronischen Kommunikations- und Informationsnetzwerk die nötigen Informationen den Patientinnen- und Patientenakten entnommen werden konnten. Mit dem Zugriff unter anderem auf Dekurse, OP-Berichte, Arztbriefe, HNO-Status, sowie den Tonaudiogrammen wurden die notwendigen Daten in einer Microsoft Excel-Tabelle gesammelt, verschlüsselt, pseudonymisiert und auf einem externen Rechner mit alleinigem Zugriff durch den Diplomanden gesichert.

2.7 Fallzahl und Fallgruppen

Aus der initialen openMEDOCS-Abfrage ergab sich durch die ICD10 Codierung eine Fallzahl von 1878. Davon mussten jedoch folgende Fälle exkludiert werden, da sie fälschlicherweise die Suchkriterien erfüllten: akute Fälle einer Otitis media, vorliegende Rezidive bei Cholesteatomen, Begleiterkrankungen, wie Adenoide, Adenoidhyperplasie, Gaumenmandelhyperplase, aber auch alle Erkrankungen, die zwar unter die ICD-Codierung H65-75 fallen, bei denen es sich jedoch nicht um eine chron. Mastoiditis, Otitis media chronica oder Cholesteatom handelt. Die Fallzahl verringerte sich dadurch auf 495, wovon 45 Fälle tubendilatiert wurden.

Im Verlauf der Datenerhebung wurden immer mehr Patientinnen und Patienten aus der Studie aussortiert, da der Leistungscode 5-209.1 auch andere Operationsarten als die Tympanoplastik codierte, wie z.B. Paracentesen oder Paukendainagen. (46) Patientinnen und Patienten, die nicht zu Nachkontrollen erschienen sind oder Nachkontrollen nur mangelhaft waren (z.B. keine Tonaudiogramme), sowie ertaubte Patienten, Patienten mit vorbestehenden systemischen Erkrankungen, wie Morbus Wegener, Gehörgangsatresien,

oder unter Chemotherapie, sowie Patientinnen und Patienten mit traumatischen, totalen oder subtotalen Trommelfellperforationen oder Tympanoplastikoperationen des Typs 4 oder 5 wurden ebenfalls aus der Studie exkludiert. Wurden Pathologien, wie Adenoide oder Rachenmandelhyperplasien, Rezidive etc. nicht via ICD-10 codiert, fielen Betroffene spätestens hier aus der Studie.

Die Fallzahl verringerte sich nachträglich auch, da Patientinnen und Patienten, die mehrerer Operationen in diesem Zeitraum durchführen ließen, auch mehrfach aufgeschienen sind. Das Zeitintervall wurde auf März 2020 verkürzt, da durch die Corona Pandemie weniger elektive Operationen an der Abteilung für Hals-, Nasen-, und Ohrenheilkunde stattgefunden haben und damit auch die Nachkontrollen bzw. Folgeoperationen Berücksichtigung in der statistischen Auswertung finden konnten.

Die endgültige Fallzahl reduzierte sich somit auf 97, welche in zwei Otitis media chronica mesotympanalis/Mastoiditisgruppen mit 64 Patientinnen und Patienten, wovon 17 tubendilatiert und 47 nicht tubendilatiert, und zwei Cholesteatomgruppen mit 33 Patientinnen und Patienten, wovon 4 tubendilatiert und 29 nicht tubendilatiert wurden, aufgeteilt wurde.

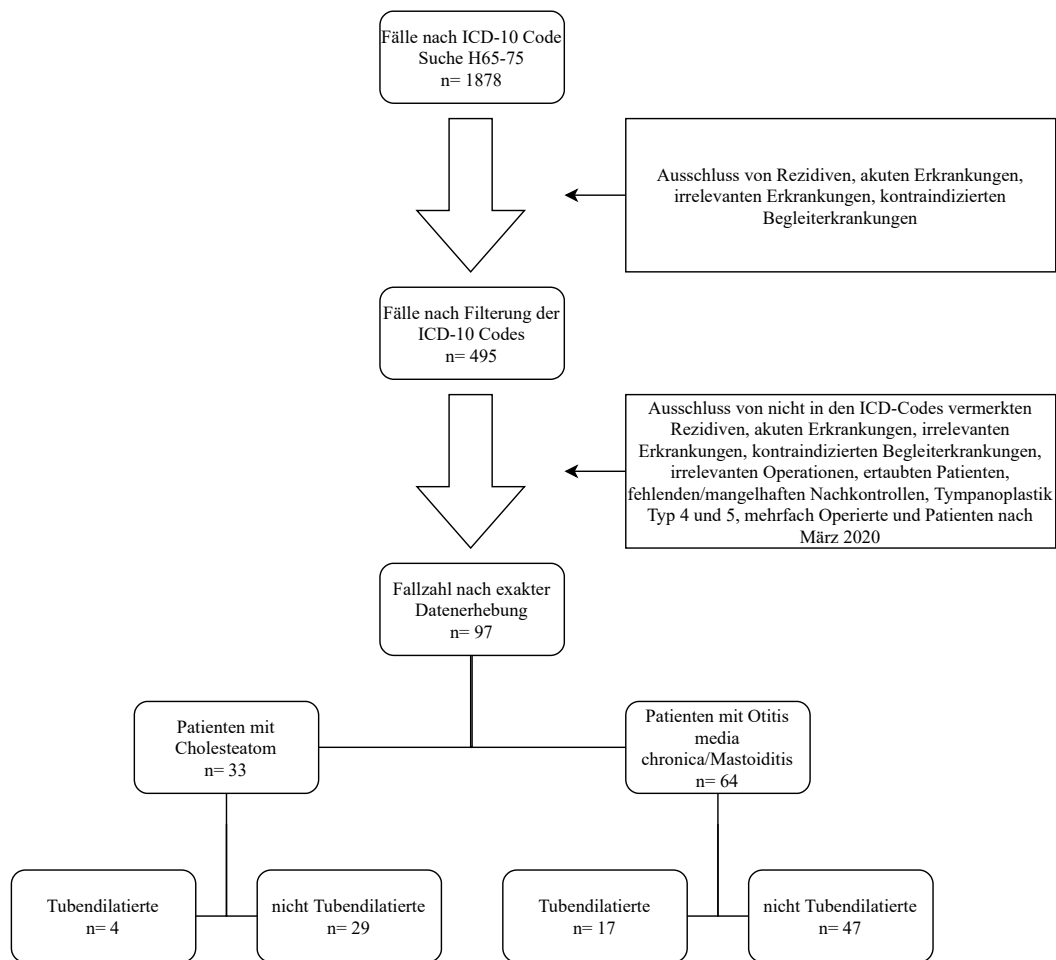


Abbildung 25: Fallzahl und Drop-Outs

2.8 Datenanalyse, statistische Verfahren, Datenauswertung

Die Weiterverarbeitung der Daten wurde mit Microsoft Excel durchgeführt. Die deskriptive Statistik, sowie die weitere Analyse und statistischen Tests, fanden in IBM SPSS Statistics © Version 26 statt.

Für alle statistischen Verfahren wurde ein Signifikanzniveau α von 5% ($p < 0,05$) festgelegt. Metrisch skalierte Daten wurden durch den Kolmogorov-Smirnov-Test und den Shapiro-Wilk-Test auf ihre Normalverteilung überprüft.

Je nach Verteilung wurden die Unterschiede zwischen den Kohorten mittels t-Test für normalverteilte, unabhängige Stichproben, Mann-Whitney-U-Test für nicht normalverteilte, unabhängige Stichproben oder Chi-Quadrat-Test nach Pearson für nominal skalierte Stichproben berechnet.

3 Ergebnisse

In Summe wurden von 97 Patientinnen und Patienten 21 (21,6%) tubendilatiert und 76 (78,3%) nicht tubendilatiert. Zusammengefasst traten in den ersten beiden Nachkontrollen in keiner der beiden Gruppen in der Ohrmikroskopie Rezidive auf. Die Heilungsrate in der tubendilatierten Gruppe beträgt zum Zeitpunkt der zweiten Nachkontrolle 81,0% und in der nicht dilatierten Gruppe 86,9%, sowie gaben zu dieser Kontrolle 66,7% der Dilatierten und 51,3% der nicht Dilatierten eine subjektive Beschwerdefreiheit an. Bei einer 3.

Nachkontrolle mit deutlich reduzierter Fallzahl ergab sich eine Einheilungsrate von 72,3% bei den Tubendilatationen und eine Einheilungsrate von 74,2% in der Vergleichsgruppe. 45,5% gaben zu dieser Kontrolle Beschwerdefreiheit an, bei den nicht Dilatierten waren 64,5% beschwerdefrei.

Beim Valsalva-Versuch wurde das Manöver bei 52,4% der Dilatierten und bei 47,4% der nicht Tubendilatierten als positiv vermerkt. Zur Quantifizierung der Hörleistung und der verbliebenen Schalleitungsschwerhörigkeit wurden die durchschnittliche postoperative Air-Bone Gap und die mittlere Änderung der ABG ermittelt, welche sich bei den Dilatierten mit 13,4 dB bzw. 6,2 dB und bei den Undilatierten auf 14,6 dB bzw. 7,38 dB präsentierte. Die Werte des durchschnittlichen PTA4k sind bei Dilatations- und Vergleichsgruppe mit 35,0 dB und 34,8 dB nahezu ident.

Bei den detaillierten Ergebnissen der Studie wird die Fallgruppe der Patientinnen und Patienten mit einer chronischen Otitis media mesotympanalis/Mastoiditis getrennt von jener mit Cholesteatomen betrachtet. Hierbei wird zur besseren Übersicht erstere als Fallkollektiv A bezeichnet und letztere als Fallkollektiv B. Beide Fallkollektive werden jeweils nochmal in zwei Gruppen, je nachdem ob eine Ballondilatation stattfand oder nicht, unterteilt. Bei den Ergebnissen werden nach der Demografie zuerst die nachkontrollspezifischen Untersuchungen und Resultate angeführt, gefolgt von den Ergebnissen, die unabhängig vom Zeitpunkt erhoben und analysiert wurden.

3.1 Fallkollektiv A: Chronische Otitis media mesotympanalis und Mastoiditis

3.1.1 Patientendemografie

In das Fallkollektiv A wurden 64 Patientinnen und Patienten eingeschlossen, wovon 17 tubendilatiert und 47 nicht tubendilatiert wurden. Von den nicht ballondilatierten Patientinnen und Patienten waren 19 (40,4%) männlich und 28 (59,6%) weiblich. Bei den Patientinnen und Patienten mit Dilatation gab es ein ähnliches Geschlechterverhältnis mit 6 Männern (35,3%) und 11 Frauen (64,7%).

Insgesamt ist die Geschlechterverteilung des Kollektivs A zugunsten der Frauen mit einer Anzahl $n=39$ (60,9%). Die Männern übernehmen mit einer Anzahl von $n=25$ einen Anteil von 39,1%.

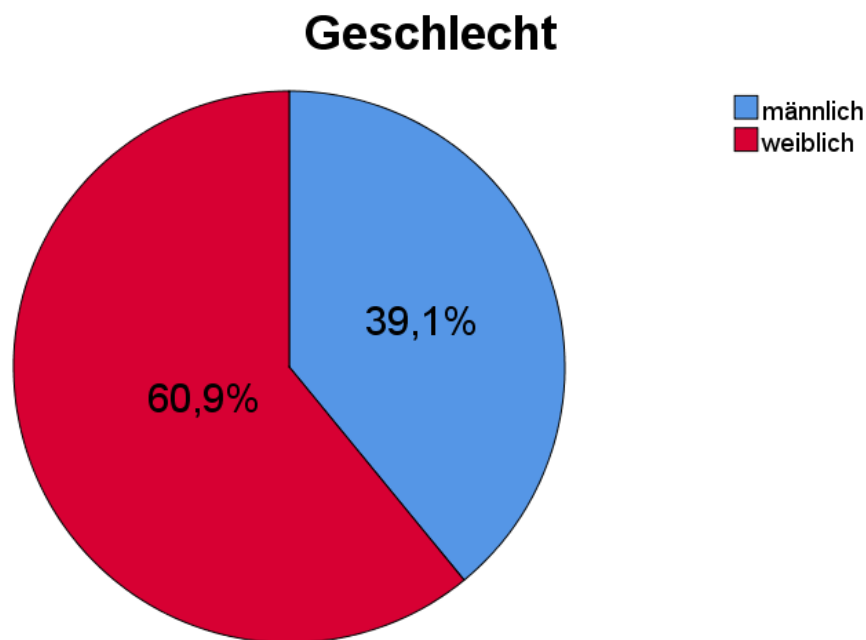


Abbildung 26: Kreisdiagramm Geschlechterverteilung Fallkollektiv A

Das Durchschnittsalter in der tubendilatierten Gruppe unterscheidet sich mit 45,1 Jahren kaum von der nicht tubendilatierten Gruppe, deren mittleres Alter 44,6 Jahre beträgt.

Die Klassifikation der Tympanoplastik Operationen erfolgte grob nach den 5 Typen von Wullstein, wobei bei beiden tubendilatierten Patientenkollektiven weder Typ 4 noch Typ 5

vorkamen und diese somit auch aus den Vergleichsgruppen gestrichen wurden, um die Resultate besser gegenüberstellen zu können.

Bei den 47 Fällen ohne Dilatation wurde 35 Mal (74,5%) eine Myringoplastik (= Typ 1), 4 Mal (8,5%) eine Ossikuloplastik (= Typ 2) und 8 Mal (17,0%) eine Tympanoplastik mit Kettenrekonstruktion (= Typ 3) durchgeführt.

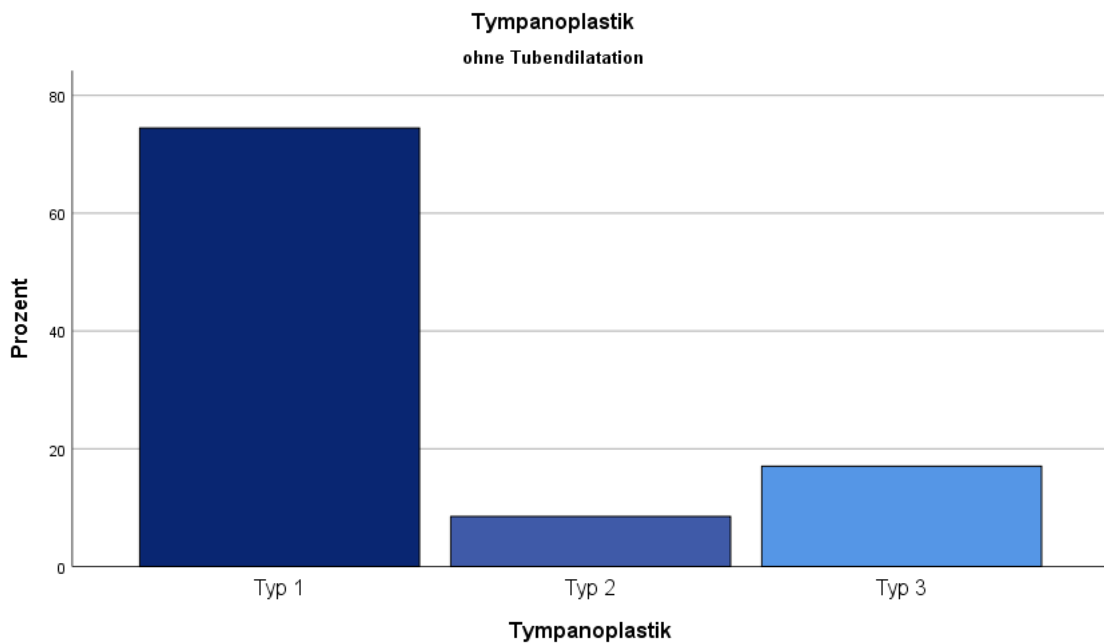


Abbildung 27: Balkendiagramm Operationstypen Vergleichsgruppe Fallkollektiv A

Bei der Gruppe mit Tubendilatation (n= 17) verhält es sich ähnlich. Am häufigsten wurde eindeutig Typ 1 mit 14 (82,4%), gefolgt von Typ 3 mit 2 Eingriffen (11,8%) und nur eine Ossikuloplastik (5,9%) durchgeführt.

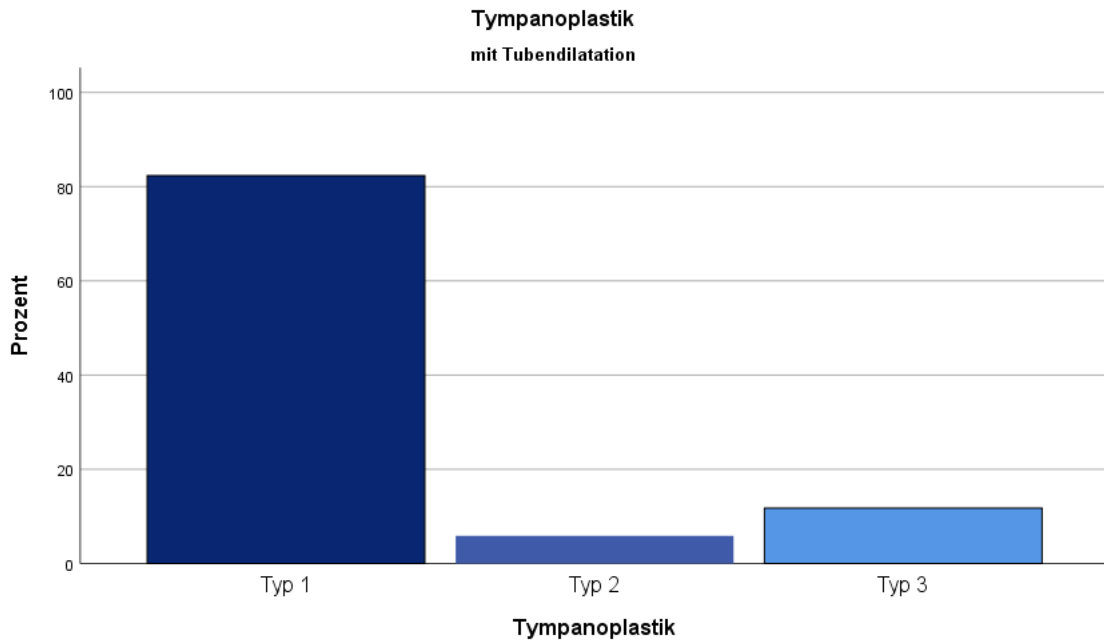


Abbildung 28: Balkendiagramm Operationstypen Dilatationsgruppe Fallkollektiv A

3.1.2 Resultate der 1. Nachkontrolle

Bei 64 stattgefundenen ersten Nachkontrollen des Fallkollektivs A wurden 63 mal dokumentiert, ob Rezidive in der Otoskopie erkennbar waren. In beiden Gruppen wurden hierbei keine Rezidive festgestellt.

Bei der Tubendilatationsgruppe gab es bei 14 von 17 Patientinnen und Patienten (82,4%) eine vollständige Einheilung, wogegen bei 3 Patientinnen und Patienten (17,6%) die Heilung noch nicht vollendet war. 15 von 17 Patientinnen und Patienten (88,2%) aus dieser Gruppe berichten von subjektiver Beschwerdefreiheit. Bei den anderen beiden lag diesbezüglich keine Dokumentation vor. 4 von 17 Patienten (23,5%) berichteten von einer subjektiven Hörverbesserung.

In der Vergleichsgruppe bestehend aus 47 Patientinnen und Patienten ohne Dilatation war bei 40 (85,1%) das Transplantat vollständig und bei 6 Patientinnen und Patienten (12,8%) nicht eingeheilt. 21 Patientinnen und Patienten (44,7%) aus dieser Gruppe gaben eine vollständige Beschwerdefreiheit an, 4 (8,5%) litten noch unter Beschwerden und 25 Fälle (53,2%) wurden diesbezüglich nicht dokumentiert.

2 von 47 Personen (4,3%) gaben an, eine Hörverbesserung wahrgenommen zu haben.

Es zeigen sich für beide Gruppen ähnliche Ergebnisse. Aufgrund der starken Unterschiede zur Angabe der subjektiven Beschwerdefreiheit zwischen den Gruppen wurde hier der Chi-

Quadrat Test durchgeführt, welcher keine statistische Signifikanz zwischen den beiden Gruppen (0,102) feststellte.

3.1.3 Resultate der 2. Nachkontrolle

Bei 64 stattgefundenen zweiten Nachkontrollen des Fallkollektivs A wurde in keinem der Fälle ein Rezidiv vorgefunden.

Bei der Tubendilatationsgruppe gab es bei 13 von 17 Patientinnen und Patienten (76,5%) eine vollständige Einheilung, wogegen bei 4 Patientinnen und Patienten (23,5%) noch persistierende oder neu aufgetretene Perforationen im Trommelfell ohrmikroskopisch festgestellt wurden. 13 von 17 Patientinnen und Patienten (76,5%) aus dieser Gruppe waren subjektiv beschwerdefrei und 3 (17,6%) berichteten über anhaltende Beschwerden. Ein Fall blieb undokumentiert. 4 von 17 Patientinnen und Patienten (23,5%) berichteten von einer subjektiven Hörverbesserung. 2 (11,8%) gaben an nicht besser zu hören. 11 Fälle (64,7%) wurden nicht dokumentiert.

In der Vergleichsgruppe bestehend aus 47 Patientinnen und Patienten ohne Dilatation war bei 41 (87,2%) das Transplantat vollständig und bei 6 Patientinnen und Patienten (12,8%) nicht eingehilt. 24 Patientinnen und Patienten (51,1%) aus dieser Gruppe gaben eine vollständige Beschwerdefreiheit an, 7 (14,9%) litten noch unter Beschwerden und 16 Fälle (34,0%) wurden diesbezüglich nicht dokumentiert. 9 von 47 Personen (19,1%) gaben an, eine Hörverbesserung wahrgenommen zu haben, wogegen bei 7 (14,9%) keine Verbesserung eintrat. 31 Werte zur subjektiven Hörverbesserung sind hierbei fehlend. Es zeigen sich auch hier wieder für beide Gruppen ähnliche Ergebnisse mit der größten Diskrepanz im Bereich der subjektiven Beschwerdefreiheit, wobei Beschwerden mit 17,6% in der Tubendilatationsgruppe und 14,9% in der Vergleichsgruppe ähnlich häufig auftreten.

3.1.4 Resultate der 3. Nachkontrolle

Wogegen die ersten und zweiten Nachkontrollen so gut wie immer durchgeführt werden, sind 3. Nachkontrollen durchaus seltener, da Kontrolltermine seltener von Patientinnen und Patienten wahrgenommen oder von niedergelassenen Fachärzten durchgeführt wurden, wodurch die Dokumentation hier lückenhaft ist. Die 3. Kontrolle fand zu variierenden Zeitpunkten statt und hatten vielerlei Gründe, wie z.B. anhaltende Beschwerden nach der

OP oder auch neu auftretende, therapiebedürftige Erkrankung. Im Durchschnitt fanden diese Nachkontrollen nach 22 Wochen statt, wobei 18 Monate nach der OP keine Kontrollen mehr berücksichtigt wurden. Man kann hier somit nicht mehr mit der vollen Anzahl von 47 Patientinnen und Patienten rechnen. Da bei jeder folgenden Kontrolle zumindest eine Otoskopie zur Begutachtung des Transplantats durchgeführt wird, kann man darauf schließen, dass die Anzahl der dokumentierten Rezidive und Einheilungen der Anzahl der Nachkontrollen entsprechen und deshalb die Grundmenge der Patientinnen und Patienten, welche zur einer 3. Kontrolle erschienen sind, 29 entspricht.

In der Tubendilatationsgruppe kam es in einem von 10 Fällen (10,0%) zu einem erneuten Auftreten einer Otitis. 9 weitere Patientinnen und Patienten (90%) wiesen in ihrer Nachkontrolle kein Rezidiv auf. Bei 7 Patientinnen und Patienten gab es keine Dokumentation bezüglich des Rezidivs oder Einheilung, wodurch man annehmen kann, dass diese nicht zu einer 3. Nachkontrolle im LKH erschienen sind. Eine defekte Heilung wurde in 2 Fällen (20%) erkannt, bei 8 Patientinnen und Patienten (80%) wurde eine vollständige Transplantatheilung festgestellt. 5 von 10 zur Kontrolle erschienen Patientinnen und Patienten (50%) gaben an beschwerdefrei zu sein, wobei ein Patient/eine Patientin (10%) noch weiterhin an Beschwerden litt.

In der Vergleichsgruppe, welche zu dieser Kontrolle nur noch aus 19 Personen bestand, kam es in 2 Fällen (10,5%) zu Rezidiven. 17 Patientinnen und Patienten (89,5%) blieben rezidivfrei. 12 von 19 (63,2%) Patientinnen und Patienten hatten eine gute Einheilung, wogegen bei 7 (36,8%) noch weiterhin Trommelfelldefekte bestanden. 11 Patientinnen und Patienten (57%) berichten von subjektiver Beschwerdefreiheit, 2 (10,5%) hingegen nicht. Analyse zu Angaben zur subjektiven Hörverbesserung werden als wenig sinnvoll betrachtet, da die Anzahl der dokumentierten Fälle sehr gering ist, weswegen auch 4. bzw. weitere Nachkontrollen nicht mehr in die statistische Auswertung einfließen.

Auch hier ähneln sich die Prozentangaben in beiden Gruppen. Anzumerken wäre noch, dass in der Dilatationsgruppe bei der 3. Nachkontrolle eine bessere Einheilung mit 80% zu 63,2% in der Vergleichsgruppe stattfand, was sich statistisch jedoch als nicht signifikant herausstellt.

3.1.5 Notwendigkeit weiterer Operationen

Im Zuge der Studie wurde bei den Patientinnen und Patienten auch untersucht, ob eine weitere Operation in unserem Beobachtungszeitraum durchgeführt wurde. In der

Tubendilatationsgruppe wurde bei 3 von 17 Patientinnen und Patienten (17,6%) eine Folgeoperation durchgeführt, wohingegen bei der Vergleichsgruppe lediglich in 4 von 47 Fällen (8,5%). Jedoch ist das Ergebnis mit einem $p=0,301$ statistisch nicht signifikant.

3.1.6 Valsalva-Manöver

Zur Objektivierung der Mittelohrbelüftung wurde das Valsalva-Manöver als Test herangezogen. Hierbei wurde nicht berücksichtigt zu welchem Zeitpunkt postoperativ das Manöver durchgeführt wurde, sondern nur, ob es positiv oder negativ bzw. belüftet oder nicht belüftet ist. Präoperative Valsalva-Manöver wurden so gut wie nie durchgeführt bzw. in den Patientinnen/ Patientenakten dokumentiert, weshalb diese nicht in die statistischen Auswertung inkludiert wurden.

In der Tubendilatationsgruppe wurde der Valsalva-Versuch bei 17 Patientinnen und Patienten 10 mal (58,8%) vermerkt, wovon es einmal negativ (5,9%) und 9 mal positiv (52,9%) ausfiel. In der Vergleichsgruppe wurde von 47 Patientinnen und Patienten 23 mal (48,9%) ein Valsalva-Manöver dokumentiert, wovon es 6 mal negativ (12,8%) und 17 mal positiv (36,2%) ausfiel. Die ballondilatierte Gruppe schneidet somit klar besser ab als die nicht dilatierte Vergleichsgruppe, jedoch lässt sich auch hier wieder keine statistische Signifikanz ($p=0,299$) nachweisen.

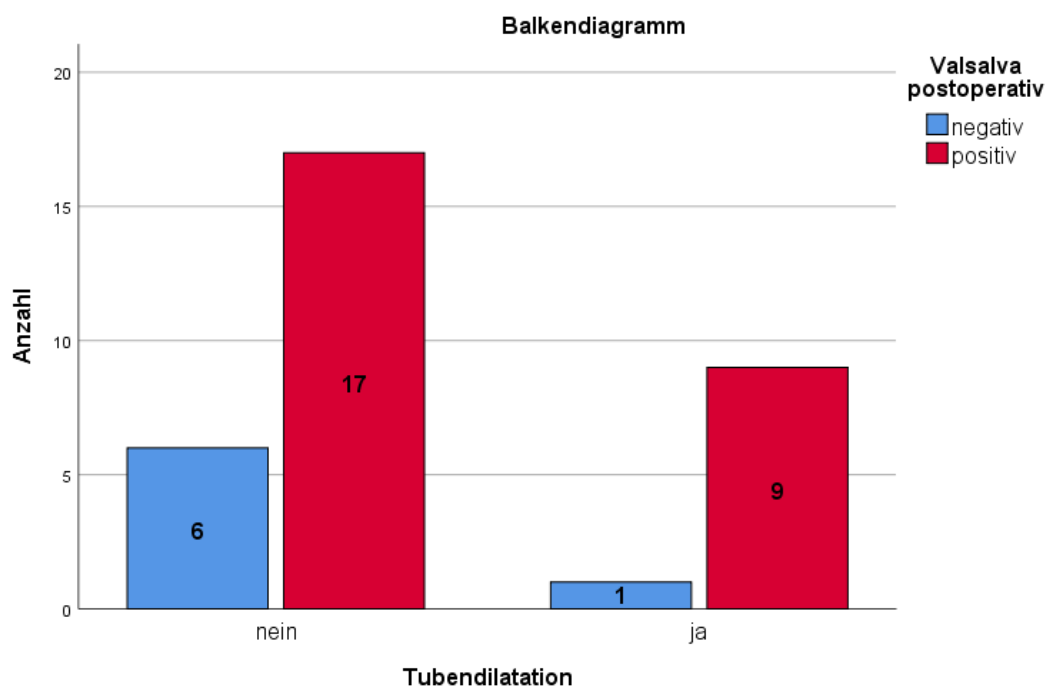


Abbildung 29: Balkendiagramm Valsalva-Manöver Fallkollektiv A

3.1.7 Postoperative Air-Bone Gap

Die mittlere postoperative Air-Bone Gap wurde als Parameter herangezogen, um das Ausmaß des postoperativen Hörvermögens darzustellen. Je höher die ABG, umso größer ist die Schallleitungsschwerhörigkeit und umso schlechter hört die Patientin/ der Patient. Mittels Kolmogorov-Smirnov wurden die Werte auf ihre Normalverteilung überprüft. Hierbei zeigte sich für die Werte der Vergleichsgruppe eine statistische Signifikanz ($p < 0,05$), wodurch die Nullhypothese verworfen wurde, dass die Werte normalverteilt sind. Ebenso zeigt das Histogramm eine rechtsschiefe Verteilung bei den Werten.

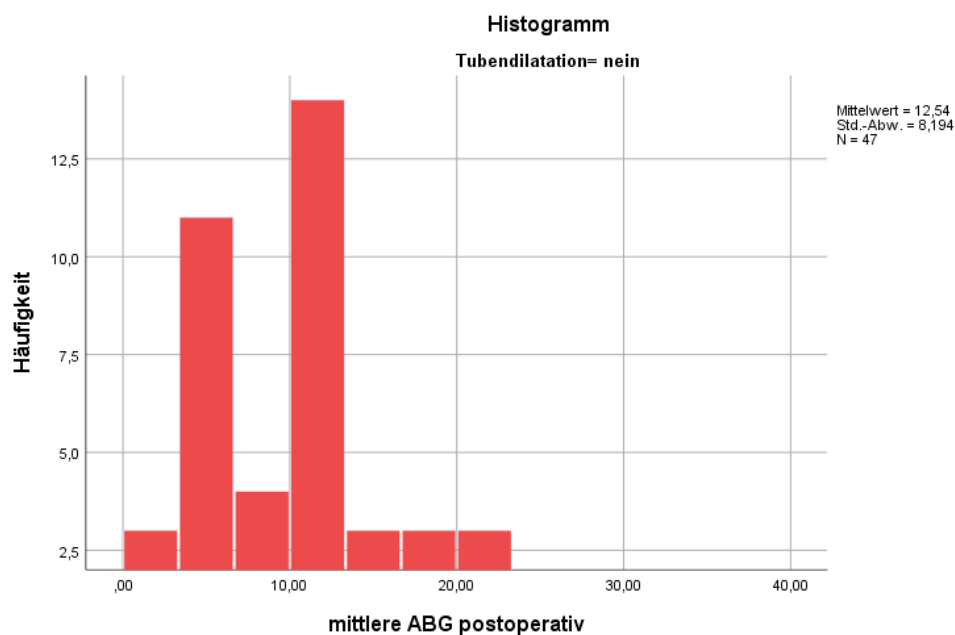


Abbildung 30: Histogramm mittlere ABG postoperativ Vergleichsgruppe Fallkollektiv A

Die Werte der Dilatationsgruppe sind normalverteilt. Der Kolmogorov-Smirnov Test zeigte keine statistische Signifikanz ($p = 0,20$).

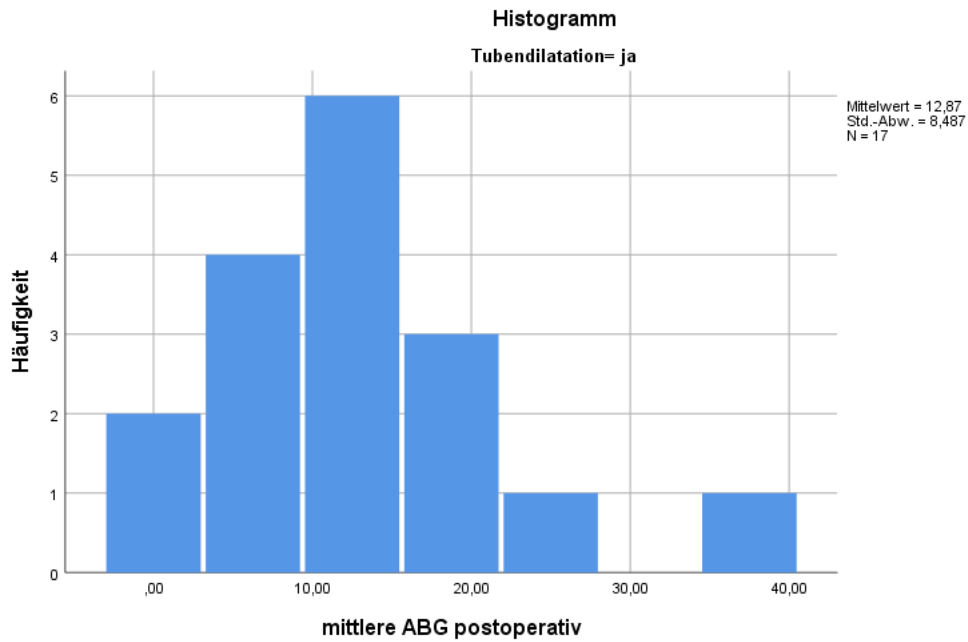


Abbildung 31: Histogramm mittlere ABG postoperativ Dilatationsgruppe Fallkollektiv A

In der Tubendilatationsgruppe ist die mittlere ABG 12,87dB (SD \pm 8,49, Min. 0, Max. 35, MD 12,5). In der Vergleichsgruppe beträgt die mittlere postoperative ABG 12,54dB (SD \pm 8,2, Min. 0, Max. 36,25, MD 11,25). Mittels Mann-Whitney-U-Test wurde bei den Ergebnissen jedoch keine statistische Signifikanz ($p=0,766$) festgestellt und die Nullhypothese somit beibehalten. Es zeigt sich somit, dass in beiden Gruppen die verbliebene Mittelohrschwerhörigkeit im Durchschnitt annähernd gleich ist.

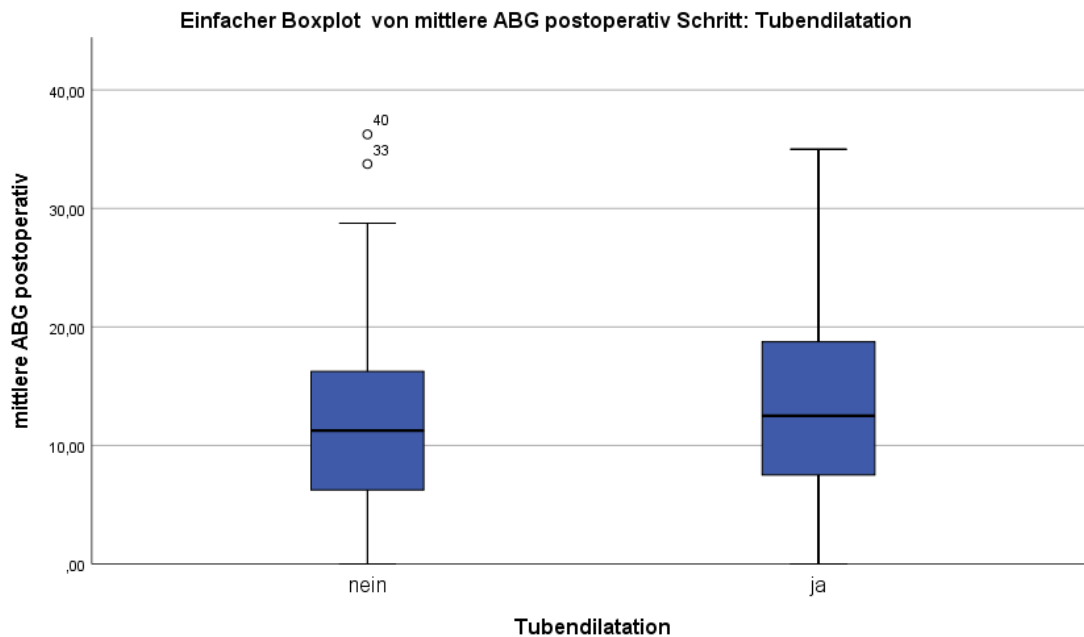


Abbildung 32: Boxplot mittlere ABG postoperativ Fallkollektiv A

3.1.8 Änderung der mittleren Air-Bone Gap

Die mittlere Änderung der Air-Bone Gap ist die Differenz zwischen prä- und postoperativer ABG. Je höher diese ausfällt, umso mehr hat sich die Schallleitungsschwerhörigkeit verringert bzw. das Gehör verbessert. Keine Änderung der mittleren ABG würde somit bedeuten, dass das Hörvermögen (bezogen auf die Mittelohrkomponente) nach der Operation gleich geblieben ist.

Für die Werte beider Gruppen kann eine Normalverteilung (Kolmogorov-Smirnov: $p=0,08$ und $p=0,2$) angenommen werden, da das Signifikanzniveau nicht unterschritten wurde.

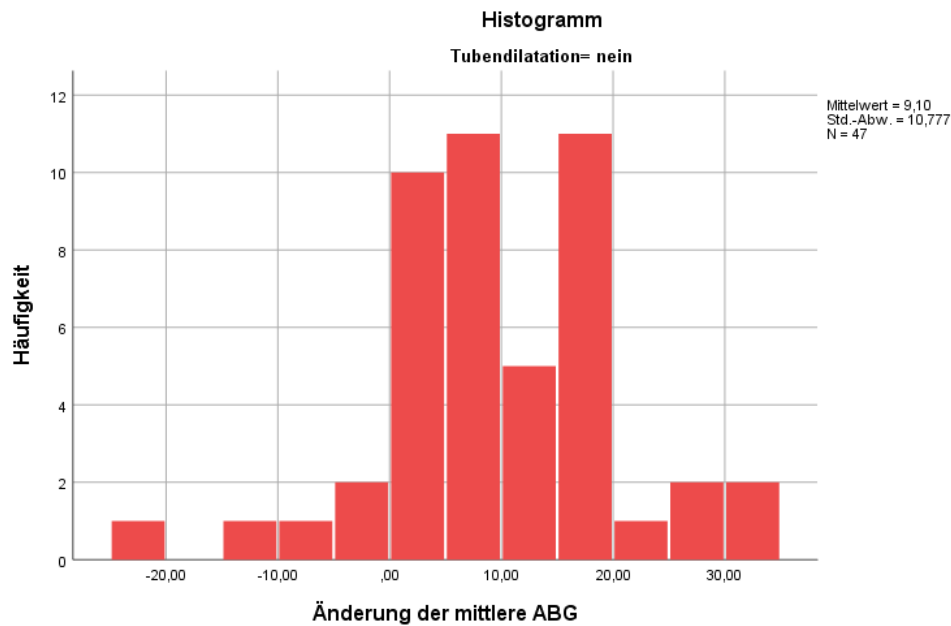


Abbildung 33: Histogramm Änderung der mittleren ABG Vergleichsgruppe Fallkollektiv A

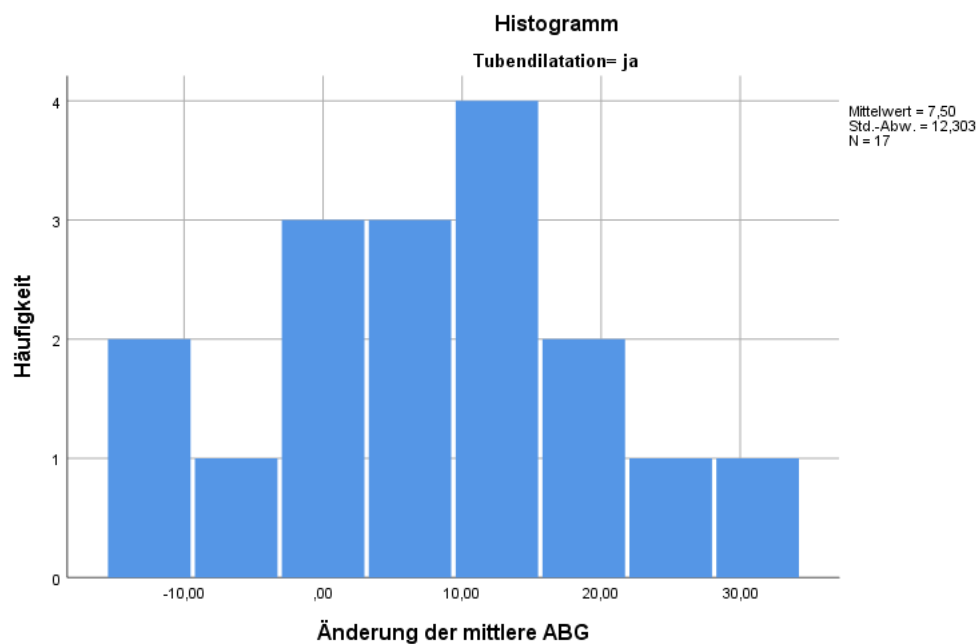


Abbildung 34: Histogramm Änderung der mittleren ABG Dilatationsgruppe Fallkollektiv A

In der Tubendilatationsgruppe ist die durchschnittliche Änderung der mittleren ABG 7,5dB (SD \pm 12,30, Min. -12,5, Max. 33,75, MD 7,5). In der Vergleichsgruppe beträgt die Änderung der mittleren ABG 9,1dB (SD \pm 10,78, Min. -23,75, Max. 33,75, MD 7,5). Mittels t-Test wurde bei den Ergebnissen jedoch keine statistische Signifikanz ($p=0,61$)

festgestellt, wodurch das leicht bessere Outcome der Vergleichsgruppe keine statistische Relevanz hat und die Nullhypothese somit beibehalten wird.

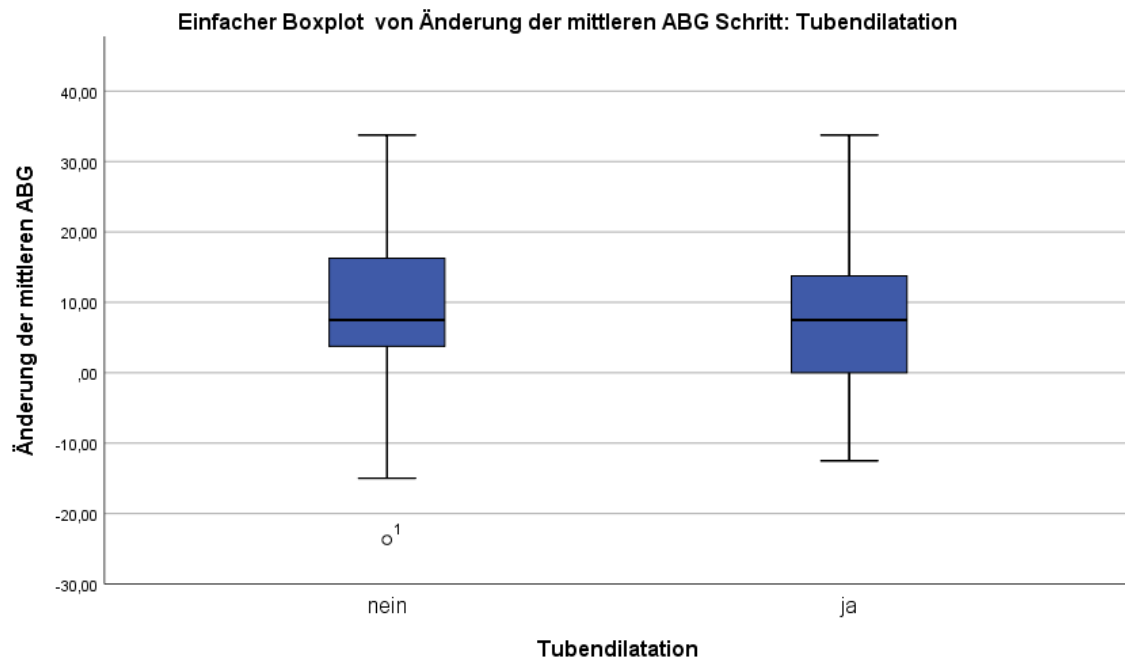


Abbildung 35: Boxplot Änderung der mittleren ABG Fallkollektiv A

3.1.9 Pure-tone average

Um sowohl die Funktion des Mittel- als auch Innenohres quantifizieren zu können, wird die Pure-tone average (PTA) herangezogen. Je höher diese ausfällt, umso schlechter ist das Gesamthörvermögen. Für die Werte der postoperativen PTA4k liegt keine Normalverteilung vor, da das Signifikanzniveau im Kolmogorov-Smirnov Test unterschritten wurde ($p=0,02$ in der Vergleichsgruppe und $p=0,2$ in der Dilatationsgruppe).

In der Tubendilatationsgruppe liegt der durchschnittliche PTA4k bei 33,52dB (SD $\pm 12,35$, Min. 8,80, Max. 55,00, MD 31,3). In der Vergleichsgruppe beläuft sich der mittlere PTA4k auf 33,46dB (SD $\pm 16,77$, Min. 7,50, Max. 75,00, MD 32,5). Im Mann-Whitney-U-Test ließ sich keine statistische Signifikanz nachweisen ($p=0,62$), wobei die Werte ohnehin wenig variieren. Der Mittelwert ist hierbei nur bedingt sinnvoll als Vergleich heranzuziehen, da die Vergleichsgruppe stark von Ausreißern beeinflusst ist und dadurch auch nicht normalverteilt.

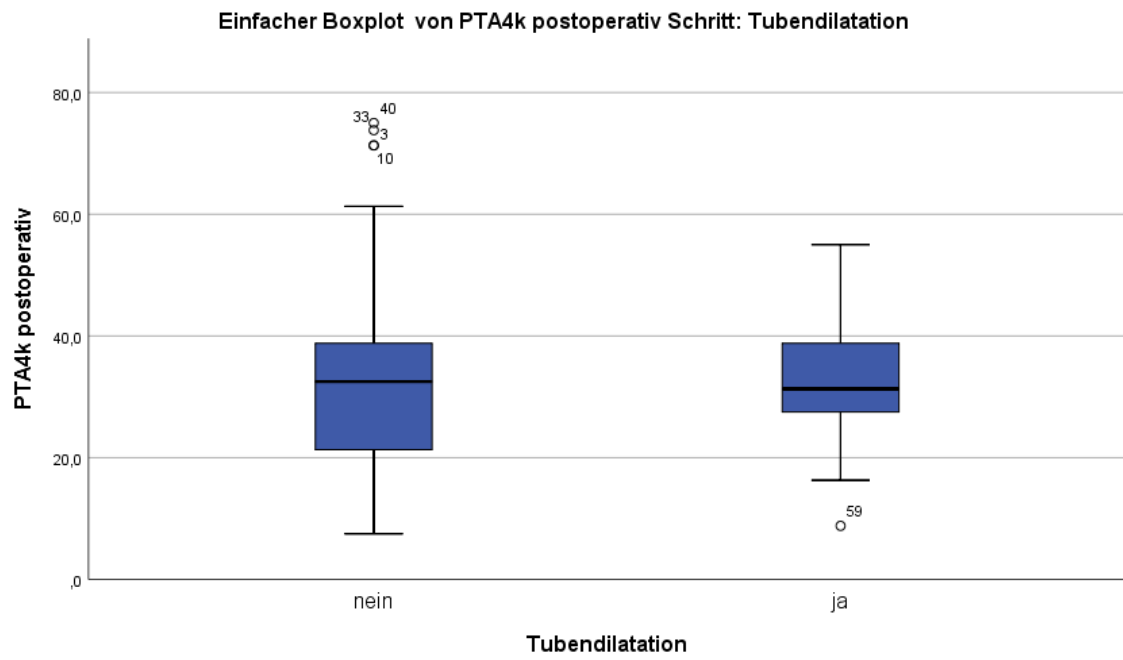


Abbildung 36: Boxplot PTA4k postoperativ Fallkollektiv A

3.2 Fallkollektiv B: Cholesteatom

3.2.1 Patientendemografie

In das Fallkollektiv B wurden 33 Patientinnen und Patienten eingeschlossen, wovon 4 tubendilatiert und 29 nicht tubendilatiert wurden. Von den ballondilatierten Patientinnen und Patienten waren 3 (75%) männlich und eine (25%) weiblich. Bei den Patientinnen und Patienten ohne Dilatation gab es 14 Männer (48,3%) und 15 Frauen (51,7%). Die Gruppe der Tubendilatierten fiel bei den Patientinnen und Patienten mit Cholesteatomerkrankung leider sehr klein aus, wodurch es zu deutlichen Unterschieden, wie z.B. in der Geschlechterverteilung, zwischen den Gruppen kommt. Insgesamt überwiegen im Patientenkollektiv B knapp die Männer mit einer Gesamtanzahl von $n=17$ (51,5%), wogegen der Anteil der Frauen bestehend aus 16 Personen 48,5% ausmacht.

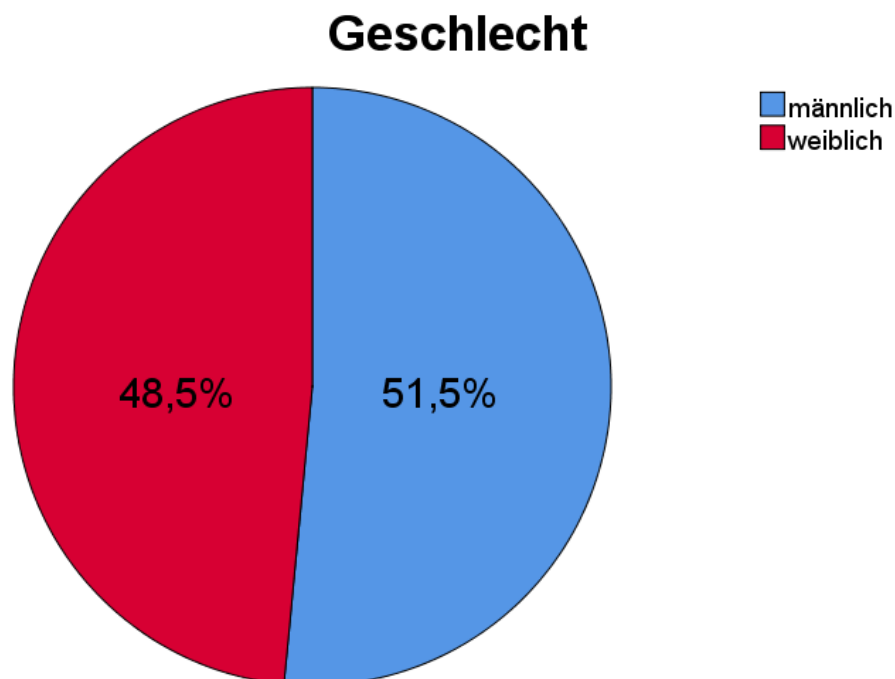


Abbildung 37: Kreisdiagramm Geschlechterverteilung Fallkollektiv B

Das Durchschnittsalter in der tubendilatierten Gruppe unterscheidet sich mit 54 Jahren doch beachtlich von der nicht tubendilatierten Gruppe, deren mittleres Alter 39,7 Jahre beträgt.

Bei den 29 Fällen ohne Dilatation wurde 3 Mal (10,3%) eine Myringoplastik (= Typ 1), 7 Mal (24,1%) eine Ossikuloplastik (= Typ 2) und 19 Mal (65,5%) eine Tympanoplastik mit Kettenrekonstruktion (= Typ 3) durchgeführt.

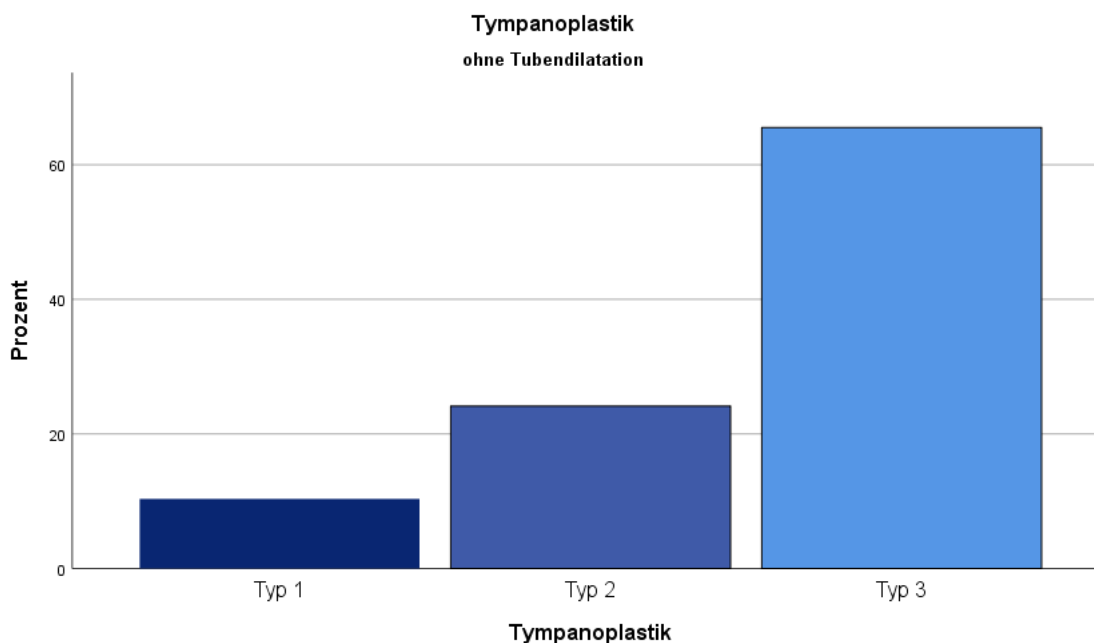


Abbildung 38: Balkendiagramm Operationstypen Vergleichsgruppe Fallkollektiv B

Bei der Gruppe mit Tubendilatation (n= 4) wurde jeweils 2 Operationen von Typ 1 (50%) und Typ 3 (50%) durchgeführt. Es zeigt sich, dass im Vergleich zum Patientenkollektiv A beim Kollektiv B merklich öfter eine Tympanoplastik Typ 3 und seltener eine Myringoplastik durchgeführt wird, was mit den zugrundeliegenden Erkrankungen zu vereinbaren ist.

3.2.2 Resultate der 1. Nachkontrolle

Bei 33 stattgefundenen ersten Nachkontrollen des Fallkollektivs B wurde in beiden Gruppen otoskopisch kein Rezidiv festgestellt. In der Tubendilatationsgruppe gab es bei allen 4 Patientinnen und Patienten (100%) eine vollständige Einheilung, 2 von ihnen (50%) waren beschwerdefrei, einer hatte weiterhin Beschwerden (25%) und einer (25%) wurde dahingehend nicht befragt oder es wurde nicht dokumentiert. Ein Patient/ eine Patientin (25%) berichtete von einer subjektiven Hörverbesserung, 3 weitere (75%) wurden nicht dokumentiert.

In der Vergleichsgruppe ohne Ballondilatation, welche aus 29 Patientinnen und Patienten besteht, war in 27 Fällen (93,1%) das Transplantat vollständig und bei 2 Patientinnen und Patienten (6,9%) nicht eingehilt. 22 Patientinnen und Patienten (75,9%) aus dieser Gruppe gaben eine vollständige Beschwerdefreiheit an, einer (3,4%) litt weiterhin noch an Beschwerden und 6 Fälle (20,7%) wurden diesbezüglich nicht dokumentiert. 3 (10,3%) Patientinnen und Patienten gaben an, eine Hörverbesserung wahrgenommen zu haben und 26 Daten fehlen in diesem Zusammenhang. Hypothesentests zeigen keine statistische Signifikanz bezüglich der Resultate, was unter anderem auch der spärlichen Patientinnen-/Patientenzahl der Dilatationsgruppe geschuldet ist.

3.2.3 Resultate der 2. Nachkontrolle

Bei der 2. Nachkontrolle des Fallkollektivs B wurde in keiner der Gruppen otoskopisch Rezidive festgestellt, jedoch fehlt eine Angabe in der Vergleichsgruppe. In der Dilatationsgruppe gab es bei allen 4 Patientinnen und Patienten (100%) eine vollständige Einheilung, einer von ihnen (25%) war beschwerdefrei, zwei hatten weiterhin Beschwerden (50%) und einer (25%) wurde dahingehend nicht befragt oder es wurde nicht dokumentiert. Eine Patientin/ ein Patient (25%) berichtete von einer subjektiven Hörverbesserung, 3 weitere (75%) wurden nicht dokumentiert.

In der Vergleichsgruppe ohne Ballondilatation war in 25 Fällen (86,2%) das Transplantat vollständig und bei 3 Patientinnen und Patienten (10,3%) nicht eingehilt, eine Patientin/ ein Patient wurde hier nicht erfasst. 15 Patienten (51,7%) aus dieser Gruppe gaben eine vollständige Beschwerdefreiheit an, zwei (6,9%) litten weiterhin noch an Beschwerden und 12 Fälle (41,4%) wurden diesbezüglich nicht dokumentiert. 6 (20,7%) Patientinnen und Patienten gaben an, eine Hörverbesserung wahrgenommen zu haben, 3 gaben keine Hörverbesserung an (10,3%) und 20 Fälle (69%) fehlen in diesem Zusammenhang.

3.2.4 Resultate der 3. Nachkontrolle

Da in der 3. Nachkontrolle aus der Tubendilatationsgruppe nur mehr einer von 4 Patientinnen und Patienten erschienen ist, sind Vergleiche zwischen den Gruppen hier sinnlos und es werden nur die Werte der Vergleichsgruppe präsentiert. In der nicht tubendilatierten Gruppe kamen 12 von 29 Patientinnen und Patienten zur 3. Nachkontrolle, wovon 11 (37,9%) bzw. 91,7% aller erschienen Patientinnen und Patienten ein gut

eingeheltes und einer (3,4% bzw. 8,3%) ein nicht eingeheltes Transplantat hatte. Bei allen 12 Patientinnen und Patienten konnte kein Rezidiv festgestellt werden. 9 Patientinnen und Patienten (31%) gaben an, subjektiv beschwerdefrei zu sein und 2 (6,9%) hatten weiterhin Beschwerden.

3.2.5 Rezidive in Second-Look Operation

Da bei Cholesteatomen klinisch (z.B. Ohrmikroskopie) nur schwer eine Aussage getroffen werden kann, ob ein Rezidiv vorhanden ist, werden für gewöhnlich Second-Look Operationen durchgeführt, um ein Wiederauftreten einer chronische Knocheneiterung zu diesem Zeitpunkt definitiv ausschließen und das audiologische Outcome gegebenenfalls in einer zweiten Sitzung verbessern zu können. Bei allen 4 Patientinnen und Patienten der Dilatationsgruppe wurde keine Second-Look Operation durchgeführt. In der Vergleichsgruppe traten bei 13 durchgeführten Operationen 6 Rezidive (20,07%) auf und somit konnte in 7 Fällen (24,1%) ein Rezidiv definitiv ausgeschlossen werden.

3.2.6 Valsalva-Manöver

In der Tubendilatationsgruppe wurde das Valsalva-Manöver postoperativ in 2 von 4 Fällen dokumentiert, wobei beide (50%) positiv ausfielen. In der Vergleichsgruppe wurde von 29 P Patientinnen und Patienten 21 mal ein durchgeführter Valsalva-Versuch erfasst, wovon 19 positiv (65,5%) und 2 negativ (6,9%) ausfielen. Auch hier zeigt sich wiederum keine statistische Signifikanz mit einem $p=0,648$.

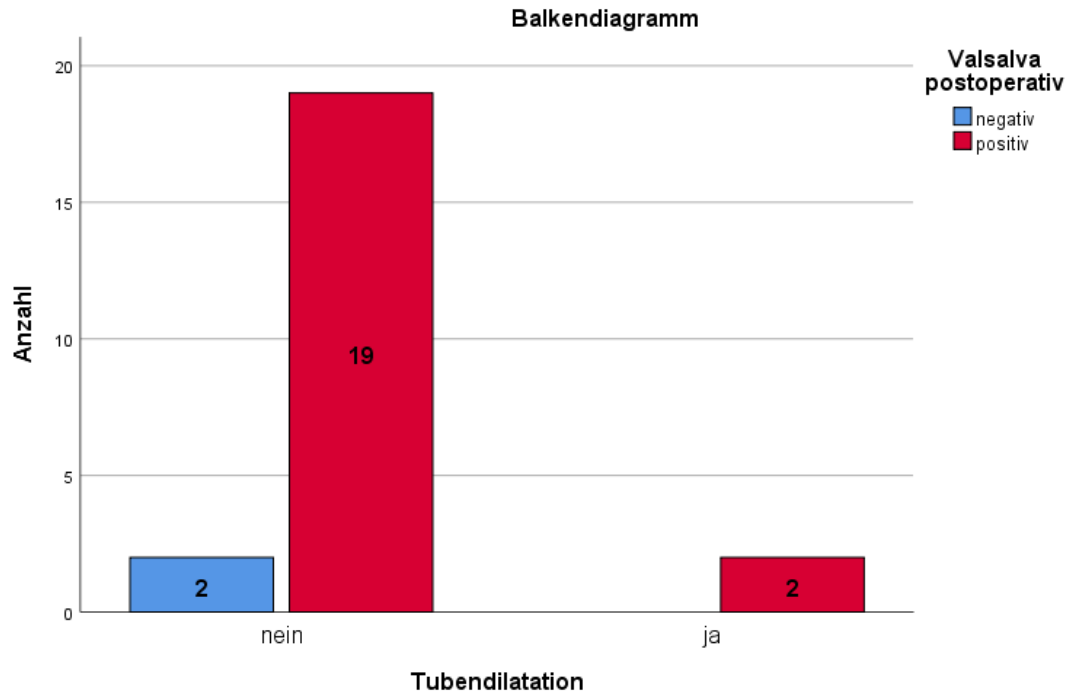


Abbildung 39: Balkendiagramm Valsalva-Manöver Fallkollektiv B

3.2.7 Postoperative Air-Bone Gap

Mittels Kolmogorov-Smirnov wurden die Werte auf ihre Normalverteilung überprüft. In der Vergleichsgruppe zeigt sich mit einem $p=0,064$ keine statistische Signifikanz, jedoch wird für die Dilatationsgruppe aufgrund der geringen Anzahl an Patientinnen und Patienten keine Normalverteilung angenommen.

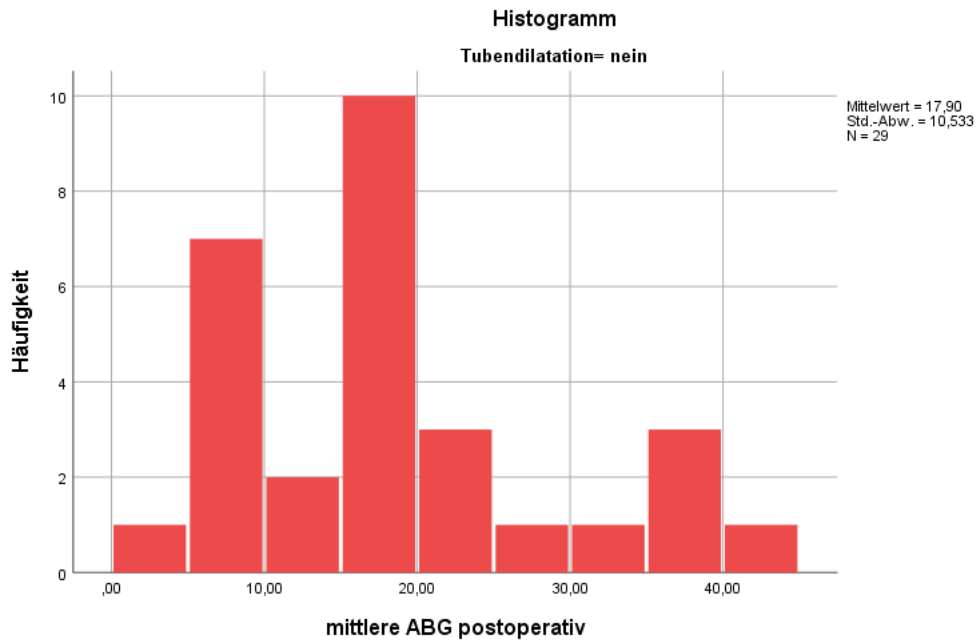


Abbildung 40: Histogramm mittlere ABG postoperativ Vergleichsgruppe Fallkollektiv B

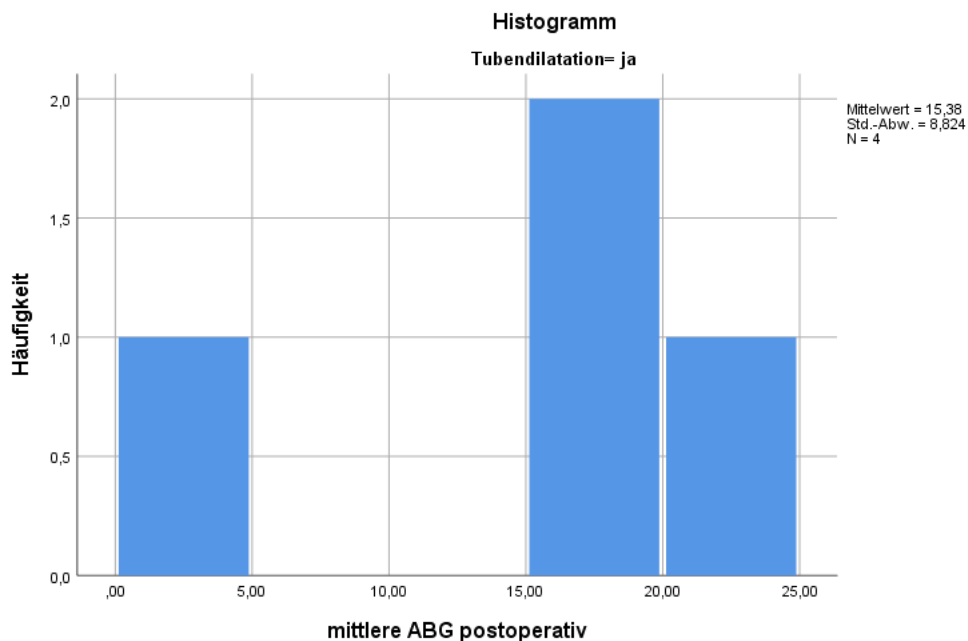


Abbildung 41: Histogramm mittlere ABG postoperativ Dilatationsgruppe Fallkollektiv B

In der Tubendilatationsgruppe ist die mittlere ABG nach der Tympanoplastik bei 15,38dB (SD \pm 8,82, Min. 2,50, Max. 22,50, MD 18,25). In der Vergleichsgruppe beträgt die mittlere postoperative ABG 17,90dB (SD \pm 10,53, Min. 2,50, Max. 42,50, MD 15,00). Mittels Mann-Whitney-U-Test wurde bei den Ergebnissen jedoch keine statistische Signifikanz ($p=0,979$) festgestellt und die Nullhypothese, dass es zwischen den beiden

Gruppen keine Unterschiede gibt, beibehalten. Somit ist das bessere Hearing Outcome in der Dilatationsgruppe statistisch nicht signifikant. Im Boxplot sowie in der Standardabweichung zeigt sich, dass die Vergleichsgruppe eine deutlich größere Streuung im Bereich der ABG hat und Patientinnen und Patienten mit relativ hohen ABGs den Mittelwert beeinflussen.

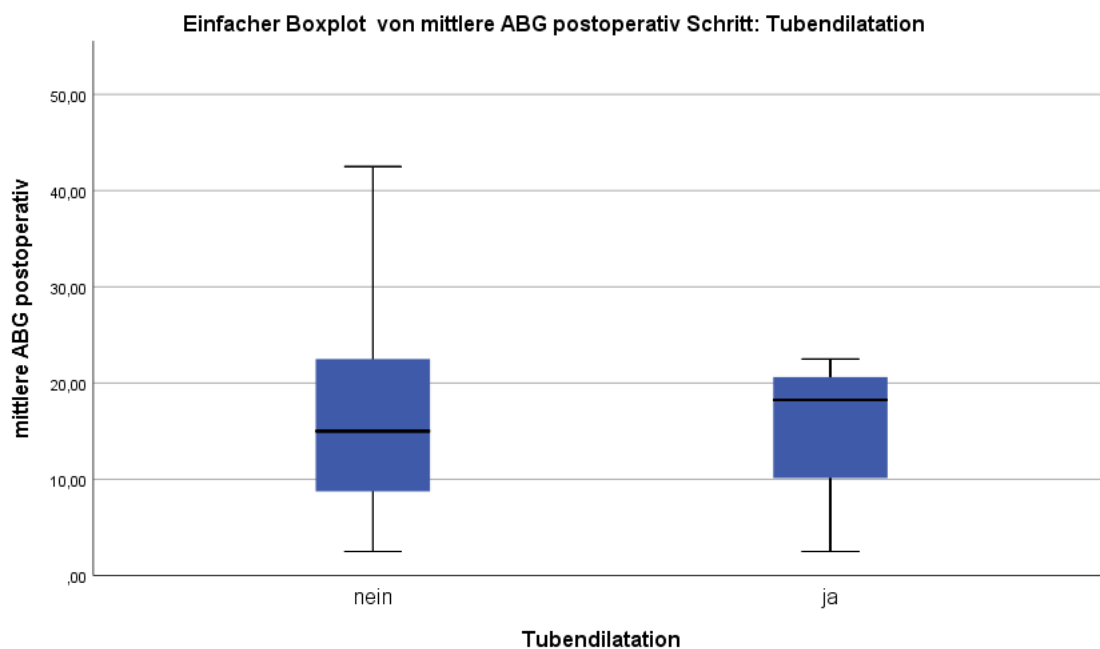


Abbildung 42: Boxplot mittlere ABG postoperativ Fallkollektiv B

3.2.8 Änderung der mittleren Air-Bone Gap

Für die Werte beider Gruppen ist eine Normalverteilung auszuschließen, da das Signifikanzniveau im Kolmogorov-Smirnov Test unterschritten wurde (Vergleichsgruppe $p=0,047$).

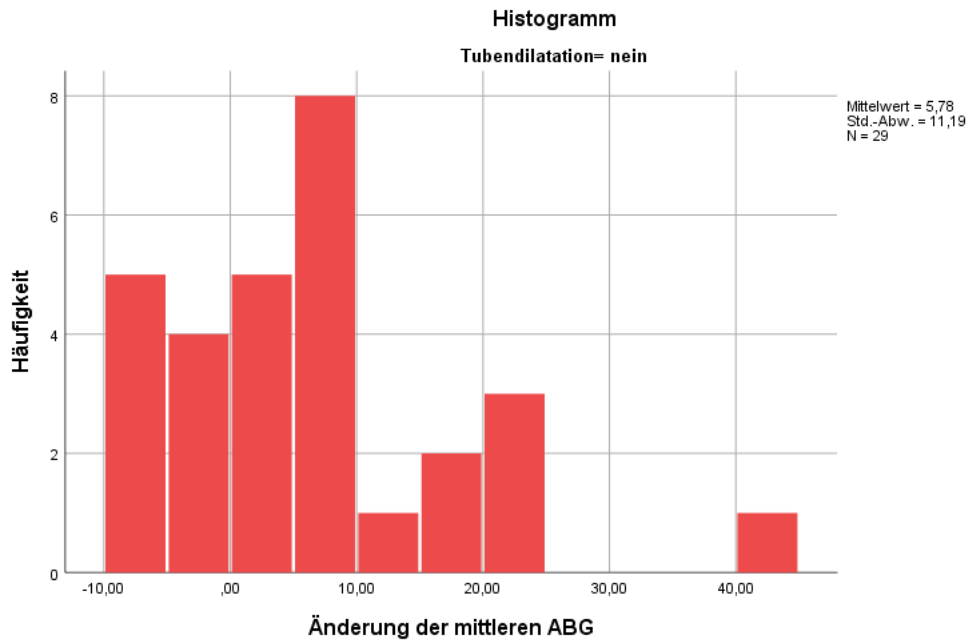


Abbildung 43: Histogramm Änderung der mittleren ABG Vergleichsgruppe Fallkollektiv B

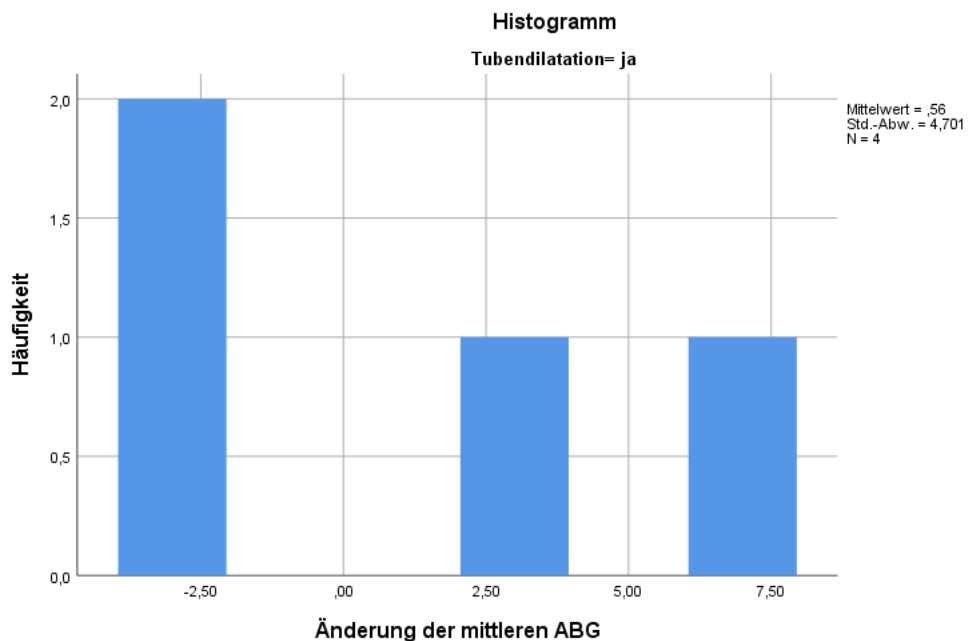


Abbildung 44: Histogramm Änderung der mittleren ABG Dilatationsgruppe Fallkollektiv B

In der Tubendilatationsgruppe ist die durchschnittliche Änderung der mittleren ABG 0,56dB (SD \pm 4,70, Min. -4,00, Max. 6,25, MD 0,0). In der Vergleichsgruppe beträgt die durchschnittliche Änderung der mittleren ABG 5,78dB (SD \pm 11,19, Min. -7,50, Max. 41,25, MD 5,00). Mittels Mann-Whitney-U-Test wurde bei den Ergebnissen jedoch keine statistische Signifikanz ($p=0,43$) festgestellt und die Nullhypothese somit beibehalten. Es

zeigt sich ein nicht statistisch signifikantes, jedoch deutlich schlechteres Outcome in der Tubendilatationsgruppe. Dies lässt sich darauf zurückführen, dass es in 2 von 4 Fällen in der dilatierten Gruppe zu einer Vergrößerung bzw. Verschlechterung der Air-Bone Gap nach der Operation kam, was einen starken Einfluss auf die durchschnittliche Änderung der mittleren ABG der Gruppe nahm.

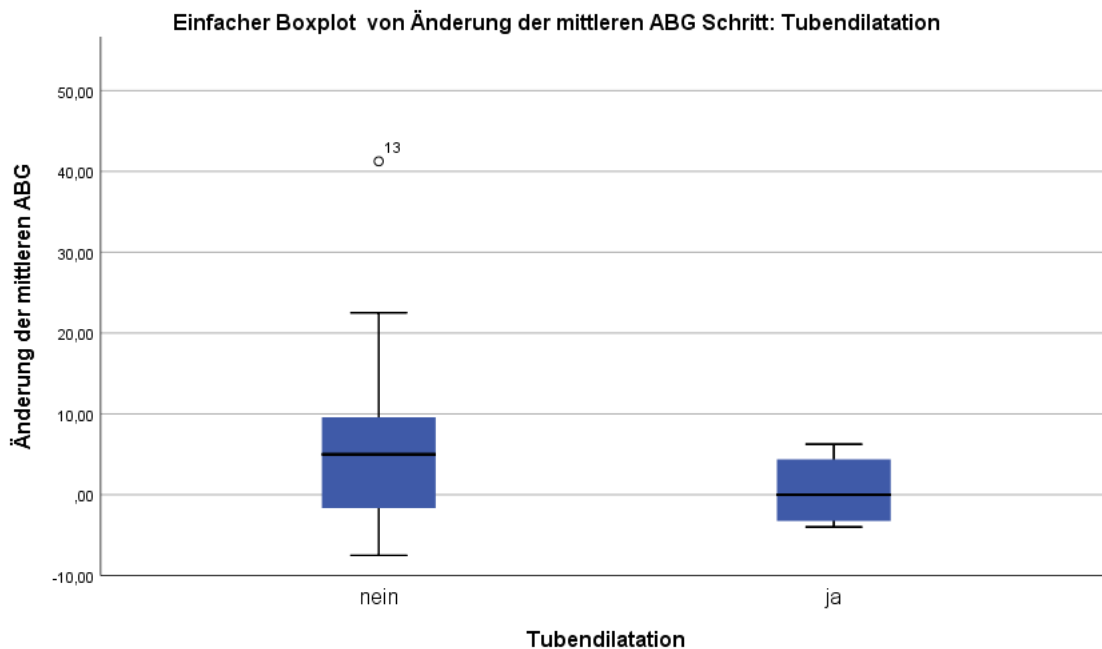


Abbildung 45: Boxplot Änderung der mittleren ABG Fallkollektiv B

3.2.9 Pure-tone average

Für die Werte der postoperativen PTA4k liegt für die Vergleichsgruppe eine Normalverteilung vor ($p=0,95$), jedoch nicht für die Dilatationsgruppe.

In der Tubendilatationsgruppe liegt der mittlere PTA4k bei 41,30dB (SD \pm 15,00, Min. 18,80, Max. 48,80, MD 48,8). In der Vergleichsgruppe beläuft sich der mittlere PTA4k auf 36,94dB (SD \pm 15,41, Min. 20,00, Max. 92,50, MD 33,2). Im Mann-Whitney-U-Test ließ sich keine statistische Signifikanz nachweisen ($p=0,49$). Anhand des Mittelwertes und Medians schneidet die Dilatationsgruppe schlechter als die Vergleichsgruppe ab mit einer Differenz im PTA4k von knapp 5db.

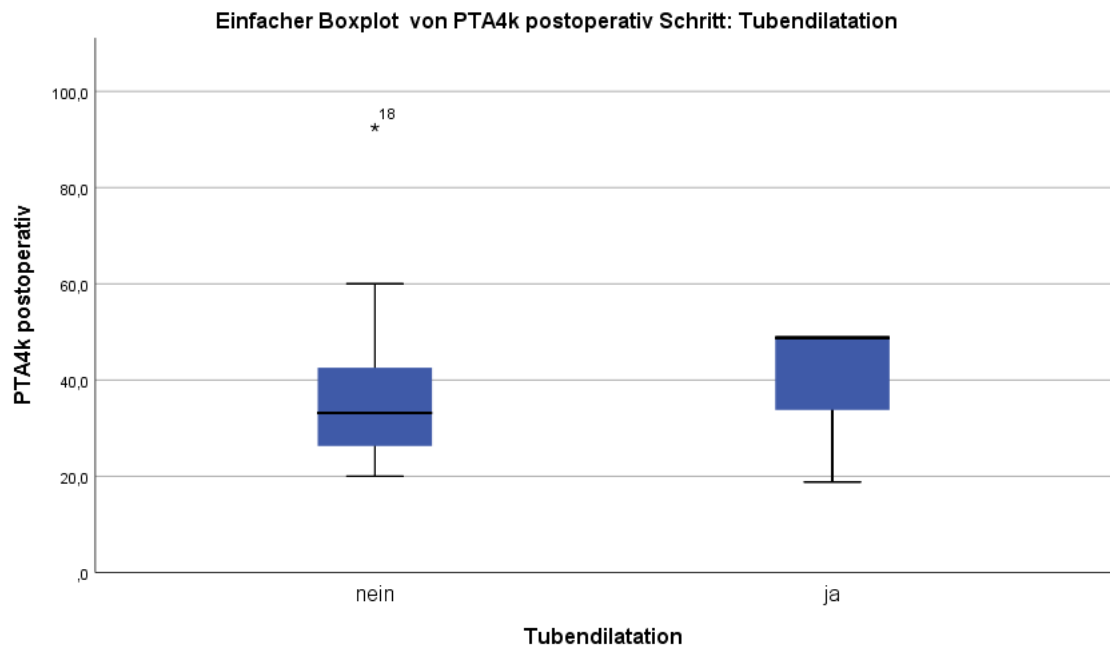


Abbildung 46: Boxplot PTA4k postoperativ Fallkollektiv B

4 Diskussion

4.1 Fallkollektiv A: Chronische Otitis media mesotympanalis oder Mastoiditis

Bei der ersten Nachkontrolle zeigte sich ein nicht statistisch signifikant größerer Unterschied ($p=0,1$) bei der Angabe zur subjektiven Beschwerdefreiheit zwischen der Tubendilatations- und der Vergleichsgruppe (88,2% vs. 44,7%), wobei in letzterer Gruppe 53,2% der Fälle fehlen. Demnach ist anzunehmen, dass die Dilatationsgruppe zu bestehenden Beschwerden deutlich öfter befragt wurde oder es in der Vergleichsgruppe seltener dokumentiert wurde, wobei bestehende Symptome, wie Otorrhoe, Schmerzen etc. üblicherweise in den Dekursen vermerkt werden. Ähnlich verhält es sich hier bei der 2. Nachkontrolle. Bei den ersten beiden Nachkontrollen gab es eine bessere Einheilungsrate in der Vergleichsgruppe, deren Differenz sich von der 1. zur 2. Nachkontrolle vergrößerte (2. Nachkontrolle: Dilatationsgruppe vs. Vergleichsgruppe: 75,5% vs. 87,2%; $p=0,3$). Bei der 3. Nachkontrolle, welche eine reduzierte Fallzahl aufwies, kehrte sich dieser Trend jedoch um und die Einheilungsrate verbesserte sich zu Gunsten der Dilatationsgruppe (Dilatationsgruppe vs. Vergleichsgruppe: 80,0% vs. 63,2%), was für ein längerfristig, verbessertes Outcome sprechen würde. Jedoch ließ sich bei keiner der Kontrollen statistische Signifikanz nachweisen.

Die restlichen Parameter der Nachkontrollen wiesen nur geringe Unterscheidungen auf. Beim Valsalva-Versuch lässt sich zwischen den beiden Gruppen eine Differenz der Offenheitsrate um 16,7% zu Gunsten der Dilatationsgruppe nachweisen, was jedoch statistisch nicht signifikant ist. Anzumerken wäre hier ebenfalls wieder, dass, anders als bei den Ballondilatierten in der Vergleichsgruppe, nur jedes 2. Valsalva-Manöver dokumentiert wurde. Da im Zuge der Ballondilatation die Tubenfunktion verbessert werden soll, ist es nachvollziehbar, dass bei diesen Patientinnen und Patienten die Funktion der Mittelohrbelüftung postoperativ auch öfters nachkontrolliert wird.

Bei der postoperativen ABG zeigen sich bei den Mittelwerten bei der Dilatationsgruppe (ABG 12,87dB, SD \pm 8,49, Min. 0, Max. 35, MD 12,5) und bei der Vergleichsgruppe (12,54dB, SD \pm 8,2, Min. 0, Max. 36,25, MD 11,25) kaum relevante, geschweige denn statistisch signifikante Unterschiede. Unsere postoperativen Ergebnisse der Tympanoplastik sind leicht besser als in der Literatur angegeben (14db \pm 10.41) (43),

wobei unsere postoperative Audiometrie meist zum Zeitpunkt der 2. Nachkontrolle (1-3 Monate postoperativ) durchgeführt wurde und in der Literatur der Zeitpunkt für die frühen Outcomes oft 3 Monate bzw. für die späten Outcomes ab einem Jahr postoperativ gewählt wird. (37,43)

Bei der Verbesserung der mittleren ABG schneidet die Vergleichsgruppe (9,1dB, SD \pm 10,78, Min. -23,75, Max. 33,75, MD 7,5) besser als die Dilatationsgruppe (7,5dB, SD \pm 12,30, Min. -12,5, Max. 33,75, MD 7,5) ab, was jedoch nicht statistisch signifikant ist. Die mittlere Änderung der ABG fällt in unserer Studie schlechter aus, als in der Literatur (ca. 12dB). (43) Jedoch wiesen 83% der Patientinnen und Patienten des Fallkollektivs A eine Verbesserung der ABG auf, was von der 86% Verbesserungsrate in der Literatur wenig variiert. (43)

4.2 Fallkollektiv B

Vergleiche zwischen den beiden Gruppen des Fallkollektivs B sind wenig sinnvoll, da die Dilatationsgruppe nur aus 4 Personen besteht. Keine Hypothesentest konnte statistische Signifikanz zwischen den beiden Gruppen nachweisen. Auffallend ist, dass im Gegensatz zu den chron. Otitiden häufig nicht nur Trommelfellperforationen und als Rekonstruktion die Myringoplastik vorkommen, sondern mit 63,6% meistens eine Typ 3 Tympanoplastik mit Kettenrekonstruktion durchgeführt wird. Dies lässt sich damit erklären, dass bei einem Cholesteatom häufiger eine Schädigung bzw. Unterbrechung der Gehörknöchelchenkette auftritt.

Die Rate vollständiger Einheilungen betrug zum Zeitpunkt der ersten Nachkontrolle in der Dilatationsgruppe 100% und in der Vergleichsgruppe 93,1%. Diese durchaus guten Resultate ähneln auch denen aus der Vergleichsgruppe des Fallkollektivs A. Die Einheilungsrate in der Vergleichsgruppe B kommt auch zum Zeitpunkt der 2. Kontrolle zu sehr ähnlichen Resultaten mit der des Fallkollektivs A (86,2% und 87,2%). Es zeigt sich somit, dass die Tympanoplastik sowohl beim Cholesteatom als auch bei chronischer Otitis media mesotympanalis/Mastoiditis in beiden Patientenkollektiven in fast 9 von 10 Fällen eine gute Transplantateinheilung gewährleistet.

Verglichen mit anderen Studien, in denen eine Perforationsrate bei Nachkontrollen von 3% beschrieben werden, schneidet die Beobachtungsstudie schlechter ab. (47) Dies kann jedoch darauf zurückzuführen sein, dass in unserem Fall die bezugnehmende 2. Nachkontrolle relativ früh durchgeführt wird, wo Trommelfellmembranen sich oftmals noch nicht vollständig verschlossen haben. Anhand der Second-Look Operationen, welche nur bei der Vergleichsgruppe durchgeführt wurden, ergab sich eine Rezidivrate von 20%. In der Literatur werden Rezidive in 37% der Fälle bei Kindern und 15% der Erwachsenen angegeben (48), aber auch eine Rezidivrate von 46% bei Kindern und 23% bei Erwachsenen ist nicht unüblich (49). Dies stimmt annähernd mit unseren Resultaten überein, in Anbetracht der Tatsache, dass in unserer retrospektiven Analyse das Alter nicht berücksichtigt wurde und der Beobachtungszeitraum kürzer war.

Das Valsalva-Manöver wurde in der Dilatationsgruppe nur 2 Mal durchgeführt, fiel jedoch beide Male positiv (50%) aus, wogegen in der Vergleichsgruppe 65,5% positive Valsalva-Versuche und 6,9% negative verzeichnet.

Bei der postoperativen ABG zeigen sich bei den Mittelwerten bei der Dilatationsgruppe (ABG 15,38dB, SD \pm 8,82, Min. 2,50, Max. 22,5, MD 18,25) und bei der Vergleichsgruppe (17,90dB, SD \pm 10,53, Min. 2,50, Max. 42,50, MD 15,00) ein besseres Outcome mit einer Differenz von rund 2,5dB in der tubendilatierten Gruppe, was sich jedoch statistisch als nicht signifikant erwies. Die durchschnittliche postoperative ABG liegt bei Cholesteatomen in der Beobachtungsstudie auch in einem höheren Bereich als im Fallkollektiv A, somit zeigt sich bei den Mittelwerten in den Vergleichsgruppen eine Differenz von über 5 Dezibel in der postoperativen Air-Bone Gap. Verglichen mit der Literatur schneiden die Ergebnisse in der Vergleichsgruppe des Fallkollektivs B deutlich besser ab, wo mittlere postoperative Air-Bone Gaps mit 30dB (47), 20dB (40) und 25,4dB (50) beschrieben werden. Hierbei spielt jedoch sicherlich eine Rolle, dass in der durchgeführten Beobachtungsstudie Radikalhöhlen, sowie Ertaubungen ausgeschlossen wurden, was die mittlere postoperative ABG beeinflusst.

Bei der Verbesserung der mittleren ABG schneidet die Vergleichsgruppe (5,78dB, SD \pm 11,19, Min. -7,50, Max. 41,25, MD 5,00) besser als die Dilatationsgruppe (0,56dB, SD \pm 4,70, Min. -4,00, Max. 6,25, MD 0,0) ab, was jedoch nicht statistisch signifikant ist. Das schlechtere Abschneiden im Fallkollektiv B in der Tubendilatationsgruppe lässt sich darauf zurückführen, dass ein relativ hoher Anteil an Patientinnen und Patienten (2 von 4 Personen) eine postoperative Verschlechterung des Hörvermögens hinnehmen musste, was aufgrund der geringen Patientinnen-/Patientenzahl nicht aussagekräftig ist.

Verglichen mit anderen Studien, die eine durchschnittliche Verbesserung der ABG um 6,1dB (40), 13,8dB (50), aber auch Verschlechterungen -3,7dB (47) verzeichnen, befindet sich das Ergebnis der Vergleichsgruppe im Mittelfeld. Die hohe Variationsrate bei den Resultaten lässt sich durch die unterschiedlichen Operationstechniken, die angewandt wurden bzw. nur in gewissen Fällen angewandt werden können, erklären. In unserem Fall wurde auf die OP-Technik, wie die Zugänge, Prothesenarten etc. keine Rücksicht genommen. Die Air-Bone Gap verbesserte sich im Fallkollektiv B in 61% der Fälle.

4.3 Limitationen

In der vorliegenden Studie treten einige Limitationen auf. Allen voran handelt es sich dabei um eine retrospektive Analyse von Patientinnen- und Patientendaten, welche nie zum Ziel hatten, für eine Studie verwendet zu werden. Dementsprechend fehlen Daten, die im Zuge von Kontrollen nicht erhoben, nicht oder zu unterschiedlichen Zeitpunkten dokumentiert wurden. Ein Beispiel hierfür wäre die subjektive Hörverbesserung, welche nur selten vermerkt wurde. Ein weiterer Faktor ist die geringe Studienzahl, die aufgrund unserer Ausschlusskriterien stark reduziert wurde, speziell im Fall der tubendilatierten Gruppen. Des Weiteren ist die Durchführung des Tonaudiogramms sehr von Untersucherin/ vom Untersucher beeinflusst und die Angabe von Beschwerdefreiheit durch Patientinnen und Patienten sehr subjektiv, sofern nicht explizit nach Schmerzen, Otorrhoe etc. gefragt wird. Verglichen mit anderen Studien wurde in unserer Beobachtungsstudie nur das frühe Outcome berücksichtigt. Aussagen über das Langzeitoutcome, späteres Hörvermögen, Einheilungsrate oder die Offenheitsrate der Tube nach einem Jahr können also nicht getroffen werden. Außerdem wurden durch die Coronapandemie einige Nachkontrolltermine nach hinten verschoben. Die Operationen blieben davon unbeeinflusst, da die Grenze für März 2020 gezogen wurde einen ausreichenden Beobachtungszeitraum gewährleisten zu können.

Da die Tubenfunktion mittels Valsalva-Manöver nur qualitativ und nicht quantitativ gemessen und dokumentiert wurde, kann eine sehr schlechte, aber noch vorhandene Mittelohrbelüftung nicht klassifiziert werden. Wodurch eine schlechte Belüftung in unserer Analyse in derselben Kategorie wie eine sehr gute Belüftung liegt. Für genauere Unterscheidungen hätte eine Ordinalskala gewählt werden können, um die Tubenfunktion bessere einzuteilen. Hier ist jedoch fraglich, ob der Valsalva-Versuch dafür geeignet ist und nicht ein Tympanogramm zu bevorzugen wäre.

5 Conclusio

Am Ende muss man leider feststellen, dass die Ergebnisse dieser Studie aufgrund der zu geringen Fallzahl allesamt statistisch nicht signifikant ausfallen und dadurch kein Unterschied des postoperativen Outcomes einer Tympanoplastik zwischen davor Ballondilatierten und nicht Tubendilatierten festzustellen ist. Es zeigen sich Tendenzen der leichten Überlegenheit der Tubendilationsgruppen bei der subjektiven Beschwerdefreiheit und der Mittelohrbelüftung. Umgekehrt zeigt es sich jedoch bei der Änderung der Air-Bone Gap und der Transplantateinheilung, wo die Vergleichsgruppe des Fallkollektivs A besser abschneidet, was jedoch ebenfalls nicht signifikant ist. Da sich bei der variablen 3. Nachkontrolle mit reduzierter Fallzahl eine Trendwende bezüglich der Transplantatheilung im Fallkollektiv A beobachten lässt, kann man durchaus die Vermutung aufstellen, dass die Vorteile einer Ballondilatation erst im späteren Verlauf zum Tragen kommen und auch die Mittelohrbelüftung nachhaltig verbessert wird. Um zukünftig eine fundierte Aussage zur Effektivität von Ballondilatationen im Rahmen von Tympanoplastik Operationen durch retrospektive Beobachtungsstudien treffen zu können, bedarf es einer deutlich größeren Fallzahl, vor allem im Bereich der Cholesteatome, und einer ausführlichen Dokumentation relevanter Parameter. Explizit bei den subjektiven Empfindungen der Patientinnen und der Patienten bezüglich Hörverbesserung und Beschwerden, gab es eine relativ geringe Ausbeute an zu verwendenden Daten. Ein Zusammenführen der Fallkollektive könnte sicherlich auch die statistische Signifikanz beeinflussen, jedoch scheiterte dies an der ungleichen Verteilung der Cholesteatomerkrankten innerhalb ihrer beiden Gruppen. Da bei dieser Studie bei einem Großteil der Patientinnen und Patienten nur die ersten beiden postoperativen Nachkontrollen innerhalb des Klinikums Graz durchgeführt wurden, wäre es sicherlich ebenfalls interessant jeweils eine Nachkontrolle ein Jahr postoperativ anzusetzen, um annähernd das Langzeitoutcome evaluieren zu können. Dies wäre wissenschaftlich sicherlich von großem Wert, doch klinisch in dem meisten Fällen nicht mehr indiziert, da beschwerdefreie Patientinnen und Patienten für weiter Nachkontrollen in der Regel ihren niedergelassenen Facharzt/Fachärztin aufsuchen. Abschließend lässt sich sagen, dass die Ballontubendilatation sicherlich viel Potential sowohl in der Prävention als auch in der Behandlung von Mittelohrpathologien hat. Inwiefern genau sie das Outcome restaurierender Operationen beeinflussen kann, wird die Zukunft zeigen.

6 Literaturverzeichnis

1. Luukkainen V, Kivekäs I, Silvola J, Jero J, Sinkkonen ST. Balloon Eustachian Tuboplasty: Systematic Review of Long-term Outcomes and Proposed Indications. *The journal of international advanced otology* [Internet]. April 2018 [zitiert 31. Oktober 2021];14(1). Verfügbar unter: <https://pubmed-1ncbi-1nlm-1nih-1gov-10013b5pq1a39.han.medunigraz.at/29764785/>
2. Teschner M. Evidence and evidence gaps in the treatment of Eustachian tube dysfunction and otitis media. *GMS current topics in otorhinolaryngology, head and neck surgery* [Internet]. 15. Dezember 2016 [zitiert 29. September 2021];15. Verfügbar unter: <https://pubmed-1ncbi-1nlm-1nih-1gov-10013b5qn034e.han.medunigraz.at/28025605/>
3. Lenarz T, Boenninghaus H-G. Hals-Nasen-Ohren-Heilkunde [Internet]. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg; 2012 [zitiert 17. September 2021]. (Springer-Lehrbuch). Verfügbar unter: <http://link.springer.com/10.1007/978-3-642-21131-7>
4. Arnold W, Ganzer U. Roter Teil: Operative Verfahren. In: Arnold W, Ganzer U, Herausgeber. Checkliste Hals-Nasen-Ohren-Heilkunde [Internet]. 5. vollständig überarbeitete Auflage. Georg Thieme Verlag; 2011 [zitiert 2. Oktober 2021]. Verfügbar unter: https://eref.thieme.de/ebooks/1890239#/ebook_1890239_SL73811355
5. Arnold W, Ganzer U. Blauer Teil: Krankheitsbilder inkl. konservativer Therapie. In: Arnold W, Ganzer U, Herausgeber. Checkliste Hals-Nasen-Ohren-Heilkunde [Internet]. 5. vollständig überarbeitete Auflage. Georg Thieme Verlag; 2011 [zitiert 2. Oktober 2021]. Verfügbar unter: https://eref.thieme.de/ebooks/1890239#/ebook_1890239_SL73795503
6. Dave V, Ruparel M. Correlation of Eustachian Tube Dysfunction with Results of Tympanoplasty in Mucosal Type of Chronic Suppurative Otitis Media. *Indian J Otolaryngol Head Neck Surg*. März 2019;71(1):10–3.
7. Lehnerdt G, Mir Salim P, Neuman A, Minovi A, Preyer S, Thomas JP, u. a. S2K-Leitlinie Chronisch mesotympanale Otitis media (CMOM) [Internet]. 2020 Okt [zitiert 25. Februar 2022]. Verfügbar unter: https://www.awmf.org/uploads/tx_szleitlinien/017-074l_S2k_Chronisch-mesotympanale-Otitis-media_2020-11_01.pdf
8. Waldeyer A, Anderhuber F, Pera F, Streicher J, Herausgeber. Waldeyer - Anatomie des Menschen: Lehrbuch und Atlas in einem Band ; [44 Tabellen]. 19., vollst. überarb. und aktualisierte Auflage. Berlin: de Gruyter; 2012. 1176 S. (De Gruyter Studium).
9. Friedrich G, Bigenzahn W, Zorowska P. Phoniatrie und Pädaudiologie: Einführung

in die medizinischen, psychologischen und linguistischen Grundlagen von Stimme, Sprache und Gehör. 5., überarbeitete Auflage. Bern: Verlag Hans Huber; 2013. 521 S.

10. Frotscher M, Kahle W, Schmitz F. Gehör- und Gleichgewichtsorgan. In: Frotscher M, Kahle W, Schmitz F, Herausgeber. Taschenatlas Anatomie, Band 3: Nervensystem und Sinnesorgane [Internet]. 12., aktualisierte Auflage. Georg Thieme Verlag; 2018 [zitiert 2. Oktober 2021]. Verfügbar unter:

https://eref.thieme.de/ebooks/2344399#/ebook_2344399_SL87967413

11. Geiger J. Hören und Sprechen: Kommunikation des Menschen. In: Pape H-C, Kurtz A, Silbernagl S, Herausgeber. Physiologie [Internet]. 9., vollständig überarbeitete Auflage. Georg Thieme Verlag KG; 2019 [zitiert 2. Oktober 2021]. Verfügbar unter:

https://eref.thieme.de/ebooks/cs_10278468#/ebook_cs_10278468_cs9436

12. Frings S, Müller F. Auditorisches System, Stimme und Sprache. In: Behrends J, Bischofberger J, Deutzmann R, Ehmke H, Frings S, Grissmer S, u. a., Herausgeber. Duale Reihe Physiologie [Internet]. 3., vollständig überarbeitete Auflage. Georg Thieme Verlag KG; 2016 [zitiert 2. Oktober 2021]. Verfügbar unter:

https://eref.thieme.de/ebooks/1502150#/ebook_1502150_SL62149475

13. Frings S, Müller F. Vestibuläres System. In: Behrends J, Bischofberger J, Deutzmann R, Ehmke H, Frings S, Grissmer S, u. a., Herausgeber. Duale Reihe Physiologie [Internet]. 3., vollständig überarbeitete Auflage. Georg Thieme Verlag KG; 2016 [zitiert 2. Oktober 2021]. Verfügbar unter:

https://eref.thieme.de/ebooks/1502150#/ebook_1502150_SL62150128

14. Geiger J. Gleichgewichts-, Lage- und Bewegungssinn. In: Pape H-C, Kurtz A, Silbernagl S, Herausgeber. Physiologie [Internet]. 9., vollständig überarbeitete Auflage. Georg Thieme Verlag KG; 2019 [zitiert 12. Oktober 2021]. Verfügbar unter:

https://eref.thieme.de/ebooks/cs_10278468#/ebook_cs_10278468_cs9626

15. Hamrang-Yousefi S, Ng J, Andaloro C. Eustachian Tube Dysfunction [Internet]. StatPearls [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2021 [zitiert 13. Oktober 2021]. Verfügbar unter: [https://www-1ncbi-1nlm-1nih-1gov-](https://www-1ncbi-1nlm-1nih-1gov-10013b5sc0c3d.han.medunigraz.at/books/NBK555908/)

[10013b5sc0c3d.han.medunigraz.at/books/NBK555908/](https://www-1ncbi-1nlm-1nih-1gov-10013b5sc0c3d.han.medunigraz.at/books/NBK555908/)

16. Schilder AGM, Bhutta MF, Butler CC, Holy C, Levine LH, Kvaerner KJ, u. a. Eustachian tube dysfunction: consensus statement on definition, types, clinical presentation and diagnosis. Clinical otolaryngology : official journal of ENT-UK ; official journal of Netherlands Society for Oto-Rhino-Laryngology & Cervico-Facial Surgery [Internet]. Oktober 2015 [zitiert 13. Oktober 2021];40(5). Verfügbar unter: <https://pubmed-1ncbi->

1nlm-1nih-1gov-10013b5sc0c3d.han.medunigraz.at/26347263/

17. Lautermann J, Begall K, Hilger G, Wilhelm T, Mir-Salim P, Tigges M, u. a. Leitlinie Sero/Mukotympanon [Internet]. 2018 Okt [zitiert 25. Februar 2022] S. 27. Verfügbar unter: https://www.awmf.org/uploads/tx_szleitlinien/017-004l_S2k_Seromukotympanum_2018-12.pdf
18. Manno A, Iannella G, Savastano V, Vittori T, Bertin S, Pasquariello B, u. a. Eustachian Tube Dysfunction in Children With Adenoid Hypertrophy: The Role of Adenoidectomy for Improving Ear Ventilation. *Ear, nose, & throat journal* [Internet]. 20. Januar 2021 [zitiert 29. September 2021]; Verfügbar unter: <https://pubmed-1ncbi-1nlm-1nih-1gov-10013b5qn034e.han.medunigraz.at/33470833/>
19. Lafferty DJ, McKinnon BJ. To Balloon or Not to Balloon, The Current State of Management of Eustachian Tube Dysfunction. *Ear Nose Throat J.* 26. Mai 2020;014556132092520.
20. Swain SK, Janardan S, Mohanty JN. Endoscopy Guided Eustachian Tube Balloon Dilation: Our Experiences. *Iranian journal of otorhinolaryngology* [Internet]. September 2020 [zitiert 31. Oktober 2021];32(112). Verfügbar unter: <https://pubmed-1ncbi-1nlm-1nih-1gov-10013b5pq1a39.han.medunigraz.at/33014905/>
21. Schilder AGM, Chonmaitree T, Cripps AW, Rosenfeld RM, Casselbrant ML, Haggard MP, u. a. Otitis media. *Nat Rev Dis Primers.* 22. Dezember 2016;2(1):16063.
22. Deutsche Gesellschaft für Allgemeinmedizin und Familienmedizin e.V. (DEGAM). 053-009l_S2k_Ohrenscherzen_2014-12-abgelaufen.pdf [Internet]. [zitiert 19. Oktober 2021]. Verfügbar unter: https://www.awmf.org/uploads/tx_szleitlinien/053-009l_S2k_Ohrenscherzen_2014-12-abgelaufen.pdf
23. King LM, Bartoces M, Hersh AL, Hicks LA, Fleming-Dutra K. National incidence of pediatric mastoiditis in the United States, 2000-2012: creating a baseline for public health surveillance. *The Pediatric infectious disease journal.* Januar 2019;38(1):e14.
24. Chien JH, Chen YS, Hung IF, Hsieh KS, Wu KS, Cheng MF. Mastoiditis diagnosed by clinical symptoms and imaging studies in children: disease spectrum and evolving diagnostic challenges. *J Microbiol Immunol Infect.* Oktober 2012;45(5):377–81.
25. Deutsche Gesellschaft für Hals-Nasen-Ohren-Heilkunde, Kopf- und Hals-Chirurgie e.V. (DGHNO-KHC). 017-006l_S1_Cholesteatom_2014-06.pdf [Internet]. [zitiert 19. Oktober 2021]. Verfügbar unter: https://www.awmf.org/uploads/tx_szleitlinien/017-006l_S1_Cholesteatom_2014-06.pdf
26. Kuo CL, Shiao AS, Yung M, Sakagami M, Sudhoff H, Wang CH, u. a. Updates and

- knowledge gaps in cholesteatoma research. *BioMed research international* [Internet]. 2015 [zitiert 19. Oktober 2021];2015. Verfügbar unter: <https://pubmed-1ncbi-1nlm-1nih-1gov-10013b5iv02d3.han.medunigraz.at/25866816/>
27. Özgirgin N, Olszewska E, Rutkowska J. Cholesteatoma Definition and Classification: A Literature Review. *The journal of international advanced otology* [Internet]. August 2017 [zitiert 19. Oktober 2021];13(2). Verfügbar unter: <https://pubmed-1ncbi-1nlm-1nih-1gov-10013b5iv02d3.han.medunigraz.at/28274903/>
28. Castle JT. Cholesteatoma Pearls: Practical Points and Update. *Head and neck pathology* [Internet]. September 2018 [zitiert 19. Oktober 2021];12(3). Verfügbar unter: <https://pubmed-1ncbi-1nlm-1nih-1gov-10013b5iv02d3.han.medunigraz.at/30069838/>
29. Karamert R, Eravcı FC, Cebeci S, Düzlü M, Zorlu ME, Gülhan N, u. a. Canal wall down versus canal wall up surgeries in the treatment of middle ear cholesteatoma. *Turkish journal of medical sciences* [Internet]. 24. Oktober 2019 [zitiert 3. November 2021];49(5). Verfügbar unter: <https://pubmed-1ncbi-1nlm-1nih-1gov-10013b5pq20b1.han.medunigraz.at/31651106/>
30. Arnold W, Ganzer U. Grauer Teil: Grundlagen. In: Arnold W, Ganzer U, Herausgeber. *Checkliste Hals-Nasen-Ohren-Heilkunde* [Internet]. 5. vollständig überarbeitete Auflage. Georg Thieme Verlag; 2011 [zitiert 2. Oktober 2021]. Verfügbar unter: https://eref.thieme.de/ebooks/1890239#/ebook_1890239_SL73792966
31. Damery L, Lescanne E, Reffet K, Aussedat C, Bakhos D. Interest of video-otoscopy for the general practitioner. *European annals of otorhinolaryngology, head and neck diseases* [Internet]. Februar 2019 [zitiert 25. Oktober 2021];136(1). Verfügbar unter: <https://pubmed-1ncbi-1nlm-1nih-1gov-10013b5pq00b6.han.medunigraz.at/30392875/>
32. Angeletti D, Pace A, Iannella G, Rossetti V, Colizza A, Visconti IC, u. a. Chronic obstructive Eustachian tube dysfunction: CT assessment with Valsalva maneuver and ETS-7 score. *PloS one* [Internet]. 3. Februar 2021 [zitiert 26. Oktober 2021];16(3). Verfügbar unter: <https://pubmed-1ncbi-1nlm-1nih-1gov-10013b5pq0290.han.medunigraz.at/33651800/>
33. Onusko E. Tympanometry. *American family physician* [Internet]. 11. Januar 2004 [zitiert 25. Oktober 2021];70(9). Verfügbar unter: <https://pubmed-1ncbi-1nlm-1nih-1gov-10013b5pq00b6.han.medunigraz.at/15554489/>
34. Walker JJ, Cleveland LM, Davis JL, Seales JS. Audiometry screening and interpretation. *American family physician* [Internet]. 1. Januar 2013 [zitiert 28. Oktober 2021];87(1). Verfügbar unter: <https://pubmed-1ncbi-1nlm-1nih-1gov->

10013b5pq1425.han.medunigraz.at/23317024/

35. Meyer TA, O'Malley EM, Schlosser RJ, Soler ZM, Cai J, Hoy MJ, u. a. A Randomized Controlled Trial of Balloon Dilation as a Treatment for Persistent Eustachian Tube Dysfunction With 1-Year Follow-Up. *Otology & Neurotology*. August 2018;39(7):894–902.
36. Lafferty DJ, McKinnon BJ. To Balloon or Not to Balloon, The Current State of Management of Eustachian Tube Dysfunction. *Ear, nose, & throat journal [Internet]*. 26. Mai 2020 [zitiert 31. Oktober 2021]; Verfügbar unter: <https://pubmed-1ncbi-1nlm-1nih-1gov-10013b5pq1a39.han.medunigraz.at/32453641/>
37. Matuszewska I, Burduk P, Kaźmierczak W, Janiak-Kiszka J. Functional outcomes of tympanoplasty surgery. *Otolaryngologia polska = The Polish otolaryngology [Internet]*. 20. November 2016 [zitiert 3. November 2021];70(6). Verfügbar unter: <https://pubmed-1ncbi-1nlm-1nih-1gov-10013b5pq2107.han.medunigraz.at/28485284/>
38. Brar S, Watters C, Winters R. Tympanoplasty. *StatPearls [Internet] [Internet]*. 24. Juni 2021 [zitiert 29. September 2021]; Verfügbar unter: <https://www-1ncbi-1nlm-1nih-1gov-10013b5qn034e.han.medunigraz.at/books/NBK565863/>
39. Sajid T, Shah MI, Ghani R, Asif M. Type-I Tympanoplasty By Underlay Technique - Factors Affecting Outcome. *Journal of Ayub Medical College, Abbottabad : JAMC [Internet]*. Juni 2017 [zitiert 3. November 2021];29(2). Verfügbar unter: <https://pubmed-1ncbi-1nlm-1nih-1gov-10013b5pq2107.han.medunigraz.at/28718243/>
40. Lailach S, Zahnert T, Lasurashvili N, Kemper M, Beleites T, Neudert M. Hearing outcome after sequential cholesteatoma surgery. *European archives of oto-rhino-laryngology : official journal of the European Federation of Oto-Rhino-Laryngological Societies (EUFOS) : affiliated with the German Society for Oto-Rhino-Laryngology - Head and Neck Surgery [Internet]*. August 2016 [zitiert 3. November 2021];273(8). Verfügbar unter: <https://pubmed-1ncbi-1nlm-1nih-1gov-10013b5pq20b1.han.medunigraz.at/26335290/>
41. Neudert M, Zahnert T. Tympanoplasty - news and new perspectives. *GMS current topics in otorhinolaryngology, head and neck surgery [Internet]*. 18. Dezember 2017 [zitiert 3. November 2021];16. Verfügbar unter: <https://pubmed-1ncbi-1nlm-1nih-1gov-10013b5pq2107.han.medunigraz.at/29279725/>
42. Blom EF, Gunning MN, Kleinrensink NJ, Lokin AS, Bruijnzeel H, Smit AL, u. a. Influence of Ossicular Chain Damage on Hearing After Chronic Otitis Media and Cholesteatoma Surgery: A Systematic Review and Meta-analysis. *JAMA otolaryngology--*

head & neck surgery [Internet]. November 2015 [zitiert 3. November 2021];141(11).

Verfügbar unter: [https://pubmed-1ncbi-1nlm-1nih-1gov-](https://pubmed-1ncbi-1nlm-1nih-1gov-10013b5pq20b1.han.medunigraz.at/26502037/)

[10013b5pq20b1.han.medunigraz.at/26502037/](https://pubmed-1ncbi-1nlm-1nih-1gov-10013b5pq20b1.han.medunigraz.at/26502037/)

43. Indorewala S, Adedeji TO, Indorewala A, Nemade G. Tympanoplasty outcomes: a review of 789 cases. Iranian journal of otorhinolaryngology [Internet]. März 2015 [zitiert 4. Januar 2022];27(79). Verfügbar unter: [https://pubmed-1ncbi-1nlm-1nih-1gov-](https://pubmed-1ncbi-1nlm-1nih-1gov-10013b5z20624.han.medunigraz.at/25938081/)

[10013b5z20624.han.medunigraz.at/25938081/](https://pubmed-1ncbi-1nlm-1nih-1gov-10013b5z20624.han.medunigraz.at/25938081/)

44. Huh DA, Choi YH, Ji MS, Moon KW, Yoon SJ, Sohn JR. Comparison of Pure-Tone Average Methods for Estimation of Hearing Loss Caused by Environmental Exposure to Lead and Cadmium: Does the Pure-Tone Average Method Which Uses Low-Frequency Ranges Underestimate the Actual Hearing Loss Caused by Environmental Lead and Cadmium Exposure? Audiology & neuro-otology [Internet]. 2018 [zitiert 9. November 2021];23(5). Verfügbar unter: [https://pubmed-1ncbi-1nlm-1nih-1gov-](https://pubmed-1ncbi-1nlm-1nih-1gov-10013b5oi019f.han.medunigraz.at/30537721/)

[10013b5oi019f.han.medunigraz.at/30537721/](https://pubmed-1ncbi-1nlm-1nih-1gov-10013b5oi019f.han.medunigraz.at/30537721/)

45. Bundesinstitut für Arzneimittel und Medizinprodukte (BfArM) im Auftrag des Bundesministeriums für Gesundheit (BMG) unter Beteiligung der Arbeitsgruppe ICD des Kuratoriums für Fragen der Klassifikation im Gesundheitswesen (KKG). DIMDI - ICD-10-GM Version 2018 Systematisches Verzeichnis Internationale statistische Klassifikation der Krankheiten und verwandter Gesundheitsprobleme [Internet]. [zitiert 2. Oktober 2021]. Verfügbar unter: [https://www.dimdi.de/static/de/klassifikationen/icd/icd-10-gm/kode-](https://www.dimdi.de/static/de/klassifikationen/icd/icd-10-gm/kode-suche/htmlgm2018/block-h65-h75.htm)

[suche/htmlgm2018/block-h65-h75.htm](https://www.dimdi.de/static/de/klassifikationen/icd/icd-10-gm/kode-suche/htmlgm2018/block-h65-h75.htm)

46. Bundesinstitut für Arzneimittel und Medizinprodukte (BfArM) im Auftrag des Bundesministeriums für Gesundheit (BMG) unter Beteiligung der Arbeitsgruppe ICD des Kuratoriums für Fragen der Klassifikation im Gesundheitswesen (KKG). Diego - ICD Ziffer 5-209.1 Operationen- und Prozedurenschlüssel [Internet]. 2021 [zitiert 2. Oktober 2021]. Verfügbar unter: <https://diego.one/ops/5-209.1>

47. Bächinger D, Rrahmani A, Weiss NM, Mlynski R, Huber A, Rösli C. Evaluating hearing outcome, recidivism and complications in cholesteatoma surgery using the ChOLE classification system. European archives of oto-rhino-laryngology : official journal of the European Federation of Oto-Rhino-Laryngological Societies (EUFOS) : affiliated with the German Society for Oto-Rhino-Laryngology - Head and Neck Surgery [Internet]. Mai 2021 [zitiert 4. Januar 2022];278(5). Verfügbar unter: [https://pubmed-1ncbi-1nlm-1nih-](https://pubmed-1ncbi-1nlm-1nih-1gov-10013b5cz0056.han.medunigraz.at/32661718/)

[1gov-10013b5cz0056.han.medunigraz.at/32661718/](https://pubmed-1ncbi-1nlm-1nih-1gov-10013b5cz0056.han.medunigraz.at/32661718/)

48. Møller PR, Pedersen CN, Grosfjeld LR, Faber CE, Djurhuus BD. Recurrence of

Cholesteatoma - A Retrospective Study Including 1,006 Patients for More than 33 Years. *International archives of otorhinolaryngology* [Internet]. Januar 2020 [zitiert 19. Oktober 2022];24(1). Verfügbar unter: <https://pubmed-1ncbi-1nlm-1nih-1gov-10013b57o0000.han.medunigraz.at/31915464/>

49. Adriaansens C, Bekkers S, Aarts MCJ. Determinants influencing cholesteatoma recurrence in daily practice: a retrospective analysis. *The Journal of laryngology and otology* [Internet]. Februar 2022 [zitiert 19. Oktober 2022];136(2). Verfügbar unter: <https://pubmed-1ncbi-1nlm-1nih-1gov-10013b57o0000.han.medunigraz.at/35081995/>

50. Quaranta N, Taliente S, Coppola F, Salonna I. Cartilage ossiculoplasty in cholesteatoma surgery: hearing results and prognostic factors. *Acta otorhinolaryngologica Italica : organo ufficiale della Societa italiana di otorinolaringologia e chirurgia cervico-facciale* [Internet]. Oktober 2015 [zitiert 4. Januar 2022];35(5). Verfügbar unter: <https://pubmed-1ncbi-1nlm-1nih-1gov-10013b5cz0056.han.medunigraz.at/26824916/>