

Ballondilatation der Tuba Eustachii als kausale Standardintervention bei Tubendysfunktion?

Eine Zusammenfassung der publizierten klinischen Forschung

Dr. Jennifer Knuth, Dr. Kathrin Warnking, Clinical Affairs SPIGGLE & THEIS Medizintechnik GmbH

Zielsetzung

Dieses Whitepaper soll dem Kliniker bei der Entscheidung für und Beratung hinsichtlich Ergebnissen und Erfolgsraten einer Ballondilatation der Tuba Eustachii helfen. Das Dokument fasst die einschlägige wissenschaftliche Literatur zusammen, stellt jedoch keine statistische Meta-Meta-Analyse der vorhandenen systematischen Übersichten und Originalarbeiten dar. Außerdem ersetzt dieses Papier in keiner Weise die offizielle Produktdokumentation.

Kontext

Anatomie

Die Tuba Eustachii verbindet das Mittelohr mit dem Nasopharynx (**Abb. 1**). Sie besteht aus einem knöchernen Teil, der dem Mittelohr zugewandt ist, und einem knorpeligen Teil, der dem Nasopharynx zugewandt ist. Bei normaler Funktion kann dieser knorpelige Teil durch die daran befestigten Muskeln geöffnet und geschlossen werden.

Die Tuba Eustachii hat die Aufgabe, (a) das Mittelohr zu belüften und bei Bedarf für einen Druckausgleich zwischen Mittelohr und Umgebungsluft zu sorgen, (b) Sekrete aus dem Mittelohr abzuleiten und (c) das Mittelohr vor Geräuschen, Krankheitserregern und Sekreten aus dem Nasopharynx zu schützen¹.

Dysfunktion der Tuba Eustachii

„Eine chronische Dysfunktion der Tuba Eustachii hat viele Ursachen und ist ein schwer zu behandelnder Zustand.“²

Die Dysfunktion der Tuba Eustachii beschreibt jede Erkrankung, bei der das Öffnen und Schließen der Tube behindert ist. Dazu gehören die Tuba aperta, bei der die Tube permanent geöffnet ist, und die obstruktive Tubendysfunktion, bei der sich die Tuba Eustachii nicht oder nicht ausreichend öffnet. Der letztgenannte Zustand und seine Behandlung stehen im Mittelpunkt dieses Whitepapers. Die obstruktive Tubendysfunktion kann als chronische Blockade oder akut als vorübergehende Blockade, ausgelöst durch eine Reaktion auf plötzliche Veränderungen des Außendrucks (Baro-Challenge), auftreten.

Inzidenz

Die Prävalenz der Tubendysfunktion wird im Vereinigten Königreich auf 0,9 % der Erwachsenen³ und in den USA auf 4,6 % der Erwachsenen⁴ und 6,1 % der Kinder⁵ geschätzt. Der Unterschied zwischen den Ländern ist möglicherweise auf die abweichenden Definitionen der Tubendysfunktion zurückzuführen. Allein in den USA ist die Tubendysfunktio-

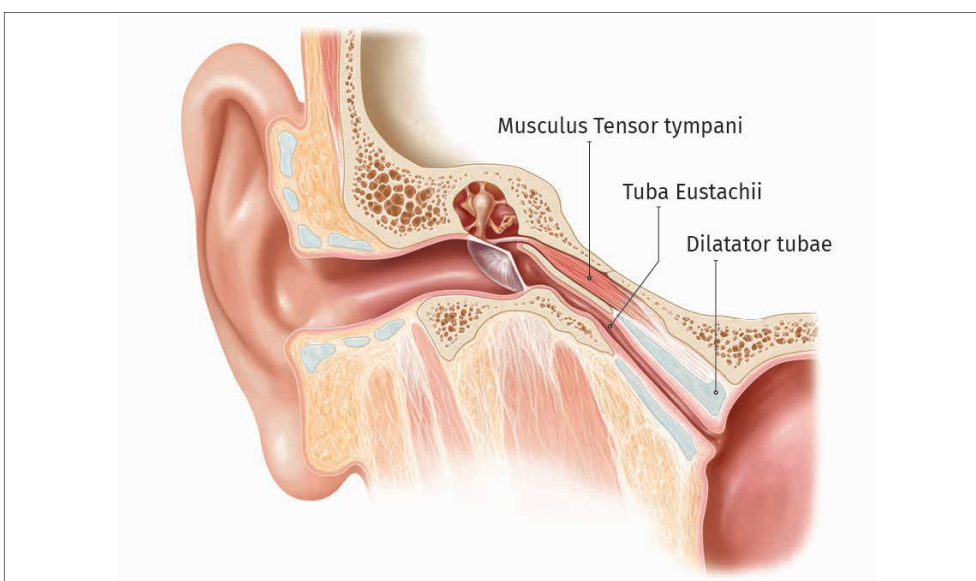


Abbildung 1:
Tuba Eustachii



on für mehr als eine halbe Million Patientenbesuche bei Primärversorgern pro Jahr verantwortlich⁶.

Relevanz

Die Tubendysfunktion verursacht bei den betroffenen Patienten erhebliche Beschwerden und kann zusätzliche Pathologien auslösen.

Die Unfähigkeit, den Druck zwischen Mittelohr- und Umgebungsluft auszugleichen, kann unter Baro-Challenge zu einer Ruptur des Trommelfells oder langfristig zu einer Retraktionstasche des Trommelfells führen⁷.

Die mangelnde Belüftung des Mittelohrs kann zu einer Otitis media mit Erguss (OME)^{8,9} beitragen – 46 % der OME-Fälle werden durch eine Funktionsstörung der Tuba Eustachii verursacht⁸ - und kann schließlich zu einer chronischen Otitis media führen^{7,9}.

Beides kann langfristig zu Hörverlust⁹ und sogar zu Cholesteatomen^{7,9,10} führen.

Bei einigen Patienten führt die Tubendysfunktion auch zu funktionellen Beeinträchtigungen, wie z. B. der Unfähigkeit zu fliegen oder zu tauchen.

Symptome

Zu den Symptomen der obstruktiven Tubendysfunktion gehören unter anderem ein Druckgefühl im Ohr, Knacken, Unbehagen oder Schmerzen im Ohr, ein verstopftes oder ein „unter Wasser“-Gefühl, Knistern, Klingeln, Autophonie und gedämpftes Hören¹¹. Diese Symptome können bei bestehender obstruktiver Tubendysfunktion auch als Folge von schnellen Druckveränderungen auftreten oder sich dadurch verschlimmern¹². Dies kann beispielsweise beim Fliegen, Tauchen oder bei der Durchfahrt durch einen Zuggang der Fall sein (Baro-Challenge)¹³.

Differenzialdiagnose

Eine umfassende Anamnese und körperliche Untersuchung, einschließlich Otoskopie, sind wesentliche Bestandteile der diagnostischen Beurteilung eines Patienten für eine Ballondilatation der Tuba Eustachii. Die vom Patienten angegebene Symptombeurteilung allein reicht nicht aus, um die Diagnose einer obstruktiven Tubendysfunktion zu stellen¹⁴.

Das Ziel des Arztes bei der Festlegung der optimalen Diagnosemethoden besteht darin, eine obstruktive Tubendysfunktion von anderen Pathologien mit ähnlichen Symptomen zu unterscheiden. Dies kann beispielsweise bei einem

endolymphatischen Hydrops, einer Dehiszenz des oberen Bogenganges oder einer Tube aperta der Fall sein.

Ein Indikator, welcher für eine obstruktive Tubendysfunktion spricht, ist die gute Symptomlinderung durch eine Parazentese oder eine Paukenröhrcheneinlage. Vorsicht ist bei Patienten mit Baro-Challenge induzierter Tubendysfunktion geboten. Bei diesen führt die Parazentese oder Paukenröhrcheneinlage nicht zum gewünschten Erfolg¹⁴.

Bevor das Verfahren der Ballondilatation empfohlen wird, sollten Kliniker in der Regel versuchen, andere mögliche Ursachen für die Tubendysfunktion zu identifizieren und gegebenenfalls zu behandeln. Dies betrifft Adenoide¹¹⁰, Nasenpolypen¹, allergische Rhinitis¹¹⁴, Rhinosinusitis¹¹⁴ oder laryngopharyngealen Reflux¹¹⁴.

Konsenserklärungen

Empfehlungen für die Diagnose und Behandlung der obstruktiven Tubendysfunktion und für die Bewertung des Behandlungserfolges wurden in Form von veröffentlichten Konsenserklärungen von Expertengremien und Fachgesellschaften in Finnland¹, Spanien¹⁵, den Vereinigten Staaten¹⁴ und eines internationalen Expertengremiums¹¹ ausgesprochen.

Behandlung

„BET ist eine chirurgische, minimal-invasive Behandlung, die ihre Wirksamkeit und Sicherheit bei obstruktiver Dysfunktion der Tuba Eustachii für Erwachsene und Kinder bewiesen hat“¹⁵

Die Behandlungsmöglichkeiten einer obstruktiven Tubendysfunktion können als konservativ (z. B. Nasensprays, siehe Abschnitt „Alternative Behandlungen“ weiter unten), als interventionell-symptomatisch (z. B. Parazentese oder Paukenröhrchen, siehe Abschnitt „Alternative Behandlungen“ weiter unten) oder als interventionell-kausal eingestuft werden. Letzteres schließt die Ballondilatation der Tuba Eustachii ein, welche im Mittelpunkt dieser Veröffentlichung steht.

Ballondilatation der Tuba Eustachii (BET)

Die transnasale Ballondilatation des knorpeligen Teils der Tuba Eustachii, auch „Ballon-Tuboplastie der Eustachischen Röhre“¹⁶, „endonasale Dilatation der Eustachischen Röhre“¹⁷ oder „Ballondilatation der Eustachischen Röhre“¹⁸ genannt, wird zur kausalen Behandlung der obstruktiven Tubendys-

funktion eingesetzt. Sie wurde erstmals 2009 gleichzeitig in Finnland¹⁹ und in Deutschland²⁰ eingeführt.

Bei der BET wird mittels eines Ballonkatheter-Insertions-Systems der Firma SPIGGLE & THEIS ein inflatableer Ballonkatheter unter transnasaler endoskopischer Kontrolle vor dem pharyngealen Tubenostium positioniert und anschließend der inflatablee Ballonkatheter in den knorpeligen Teil der Tuba Eustachii eingeführt. Sobald dieser in Position ist, wird der Ballon durch Anlegen eines Drucks von typischerweise 10 bar für 2 Minuten inflatiert (**Abb. 2**). Ein Hersteller berichtet, dass sein Produkt seit der Markteinführung im Jahr 2010 mehr als 100.000 Mal verwendet wurde²¹.

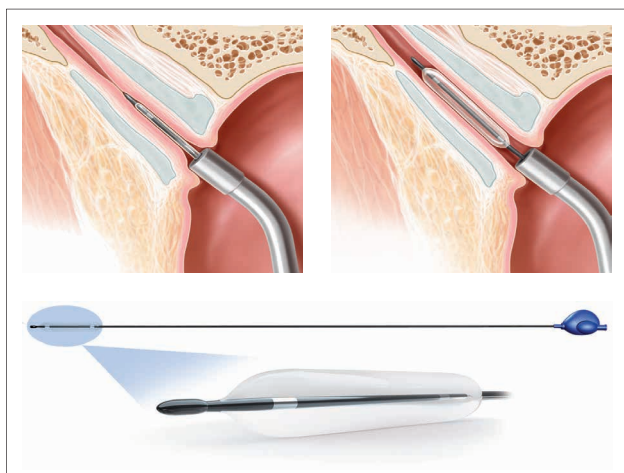


Abbildung 2:
Ballondilatations-Verfahren und Katheter.
Links: nicht-inflatiert; rechts: inflatiert

Indikationskriterien

Für Patienten mit: „(I) chronischen belastenden Symptomen im Zusammenhang mit einer obstruktiven Tubendysfunktion, (II) Tubendysfunktions-bezogenen Symptomen in Verbindung mit schnellen Druckschwankungen oder (III) wiederkehrender seröser Otitis media“ wird BET z. B. von der Finnish Otosurgical Society¹ empfohlen.

Andere Studien empfehlen, dass die Kandidaten „nachweisbare Beschwerden durch entzündliche Erkrankungen haben sollten, die bei der präoperativen endoskopischen Untersuchung im Lumen der Tuba Eustachii sichtbar sind“¹⁸.

Ausschlusskriterien

Kliniker entscheiden sich dafür, die BET nicht durchzuführen,

wenn eine Tuba aperta, eine extrinsische Obstruktion der Tuba Eustachii, aktive primäre entzündliche Erkrankungen¹⁴ oder ein schlechter Zugang zum Torus tubarius¹⁵ vorliegen.

Weitere Kontraindikationen sind in einer Konsenserklärung aufgeführt¹⁵.

Ergänzende Behandlungen

Die Parazentese in Verbindung mit BET schien in einer randomisierten, kontrollierten Studie mit 90 erwachsenen Patienten die Verbesserung der obstruktiven Tubendysfunktion zu beschleunigen (bessere Ergebnisse 3 Monate nach der Operation, kein zusätzlicher Nutzen nach 6 Monaten)⁸. Es zeigte sich aber kein Nutzen in einer anderen randomisierten klinischen Studie mit 25 erwachsenen Patienten²². In einer weiteren retrospektiven Studie mit 200 erwachsenen Patienten²³ wurde ein zusätzlicher Nutzen der Kombination von BET mit Paukenröhrchen und Methylprednisolonspülung im Hinblick auf die Verringerung der intraepithelialen Entzündung 3 und 6 Monate nach dem Eingriff festgestellt, jedoch kein zusätzlicher Nutzen nach 12 Monaten im Vergleich zu BET ohne zusätzliche Behandlungen. In einer Konsenserklärung¹⁵ wird ausdrücklich empfohlen, während des BET-Verfahrens keine Paukenröhrchen zu legen, außer bei Kindern mit adhäsiver Otitis.

Behandlungsergebnisse

Studien, die die Behandlung der obstruktiven Tubendysfunktion und die Wirksamkeit des BET-Verfahrens untersuchen, verwenden eine Vielzahl von objektiven und subjektiven Ergebnismessungen und verschiedene Arten der Auswertung und Ergebnisbewertung; eine Tatsache, mit der Autoren systematischer Übersichten zu kämpfen haben und die häufig diskutiert wurde. Dieses Whitepaper möchte daher lediglich darstellen, welche Methoden derzeit verfügbar sind, und zwar in abnehmender Häufigkeit der Anwendung dieser Methoden.

Valsalva

„Die Fähigkeit, ein modifiziertes Valsalva-Manöver durchzuführen, ist für die Beurteilung des Behandlungserfolges nach BET geeignet“¹⁴.

Die Fähigkeit, ein Valsalva-Manöver erfolgreich durchzuführen („Valsalva positiv“), deutet darauf hin, dass ein Druckausgleich mit dem Mittelohr erreicht werden kann.

Die meisten klinischen Studien und systematischen Über-



sichten beinhalten eine Untersuchung der Fähigkeit, ein Valsalva-Manöver erfolgreich durchzuführen. Bewertet wird dieses entweder anhand subjektiver Angaben des Patienten oder durch otoskopische Beobachtung der Trommelfell-Bewegung.

Bei gesunden Probanden wurde festgestellt, dass das Valsalva-Manöver in 89 % der Fälle immer positiv und in 3,6 % der 430 untersuchten Ohren immer negativ war⁷.

Nach BET verbesserte sich die Fähigkeit der Patienten, das Valsalva-Manöver durchzuführen auf bis zu 96 %¹².

Alle hier betrachteten Studien berichten nach BET über eine verbesserte Fähigkeit bei erwachsenen Patienten, den Druck im Mittelohr erfolgreich mit einem Valsalva-Manöver auszugleichen:

- von 0 % positivem Valsalva vor der Operation auf 82 % 6 Wochen nach der Operation und 96 % nach 3 und 6 Monaten in einer Fallserie von 55 Ohren bei 39 erwachsenen Patienten¹²,
- von 8 % präoperativ auf 72 % postoperativ in einer systematischen Übersichtsarbeit zu 9 Studien mit 713 Ohren²⁵,
- von 0 % präoperativ auf 78 % 3 Monate postoperativ, 84 % 6 Monate postoperativ, in einer retrospektiven Übersichtsarbeit zu 332 Ohren²⁶.

Bei Kindern sind die Ergebnisse ähnlich, z. B.

- von 28 % vor der Operation auf 65-80 % 3-6 Monate nach der Operation, in einer retrospektiven Auswertung von 52 Kindern²⁷,
- von 7 % präoperativ auf 82 % postoperativ bei 90 Ohren von 60 Kindern²⁸

Das ähnliche Toynbee-Manöver (Schlucken bei gleichzeitigem Zusammendrücken der Nase) wird klinisch seltener angewendet. Bei gesunden Ohren wurde festgestellt, dass es nur bei 14 % immer positiv und bei 31 % von 430 Ohren immer negativ war⁷.

Tympanometrie

Ein Erfolgsindikator für jede Behandlung der obstruktiven Tubendysfunktion ist die Rückkehr von einem pathologischen Tympanogramm (flüssigkeitsgefülltes Mittelohr (Typ B) oder Unterdruck im Mittelohr (Typ C)), zum normalzustand (Typ A).

Postoperativ zeigten 95 % der behandelten Ohren ein Typ A Tympanogramm¹².

Studien zur Ballondilatation berichten im Allgemeinen über eine deutliche Verbesserung des Tympanogramms nach dem Eingriff.

Wiederherstellung der normalen Funktion (Typ A):

- von 40 % mit Typ A präoperativ auf 80 % 5 Wochen, 89 % nach 3 Monaten und 95 % nach 6 Monaten postoperativ, in einer prospektiven Studie mit 55 erwachsenen Ohren¹²
- von präoperativ 5 % mit Typ A auf 61 % postoperativ in einer systematischen Übersichtsarbeit zu 9 Studien mit 713 erwachsenen Ohren²⁵
- von präoperativ 25 % mit Typ A auf postoperativ 58 %, bei 128 Ohren von Kindern, die nur mit BET behandelt wurden, ohne adjuvante Verfahren wie Parazentese, Paukenröhrchen-Platzierung usw. und von 4 % präoperativ auf 54 % postoperativ bei 171 Ohren, die laut einer retrospektiven multizentrischen Analyse¹⁰ mit BET und adjuvanten Verfahren behandelt wurden
- von präoperativ 1 % mit Typ A auf 60 % 6 Wochen postoperativ⁹ und 54 % nach 52 Wochen¹⁸, bei 234 Ohren von 162 erwachsenen Patienten in einer randomisierten kontrollierten Studie.

ETD-Fragebogen (ETDQ-7)

„Die von den Patienten angegebene Symptombewertung ist nützlich zur Beurteilung der ETD-Basissymptome und der Behandlungsergebnisse.“¹⁴

Dieser Fragebogen, der erstmals 2012²⁹ beschrieben und validiert wurde, ist inzwischen in vielen Sprachen verfügbar. Er ist in Studien zur obstruktiven Tubendysfunktion und BET sehr verbreitet und wird hauptsächlich bei Erwachsenen eingesetzt²⁴. Er erfasst sieben von den Patienten häufig angegebene Symptome (Druck, Schmerzen, verstopfte Ohren, Sinusitis, Knistern, Klingeln, gedämpftes Hören) auf einer Likert-Skala. Diese Werte werden zu einem Gesamtwert (Bereich 7-49, normal <14,5) oder einem Durchschnittswert (Bereich 1,0-7,0, normal <2,1) zusammengefasst.

Es besteht ein Konsens darüber, dass das Instrument ein wichtiges Maß für den „Patienten-dokumentierten Therapieerfolg“³⁰ ist und seine Verwendung als beste klinische Praxis gilt¹⁵.

Leider werden in den veröffentlichten Studien die Ergebnisse in unterschiedlichen Formaten angegeben: Gesamtwert prä- und postoperativ, Mittelwert prä- und postoperativ, Veränderung um Punktwerte oder als Prozentsatz der Patienten mit normalem Wert prä- und postoperativ.

Die ETDQ-7-Werte zeigten einen statistisch signifikanten Unterschied zwischen den Patientenwerten nach 6 Wochen, 3 Monaten und 6 Monaten¹².

Alle hier betrachteten Studien berichten von einer Verbesserung der ETDQ-7 Werte nach dem BET-Verfahren:

- Von einem präoperativen Durchschnittswert von 4,9 auf 2,6 postoperativ nach 6 Wochen, 2,0 nach 6 Monaten, in einer prospektiven Studie mit 39 Erwachsenen¹²
- Von einem präoperativen Durchschnittswert von 4,5 auf 2,8 postoperativ, in einer systematischen Übersichtsarbeit zu 9 Studien mit 474 Erwachsenen²⁵
- Von einem präoperativen Durchschnittswert von 4,3 auf 2,4 postoperativ, in einer retrospektiven Untersuchung von 86 Erwachsenen³¹

Tubomanometrie

„Die Tubomanometrie wird derzeit nicht als wesentlicher Bestandteil der besten klinischen Praxis angesehen¹⁵ und „sollte nicht als einziges Instrument zur Diagnose von Erkrankungen der Tuba Eustachii verwendet werden“¹⁷.

Die oben genannten objektiven und subjektiven Untersuchungsmethoden liefern indirekte Hinweise auf die Tubenfunktion. Das Ziel der Tubomanometrie ist es, eine direkte Beobachtung der Tubenöffnung zu ermöglichen. Dabei handelt es sich um einen „klinischen Test zur Messung des aktiven Gastransports vom Nasopharynx in die Paukenhöhle auf der Grundlage eines gleichzeitig ausgeübten Drucks im äußeren Gehörgang und im Nasopharynx“¹⁷.

Die Methode wurde jedoch nur in einigen wenigen Studien verwendet^{2,7,17,27}. Ihr Zusammenhang mit den wahrgenommenen Symptomen ist nicht erwiesen. Eine Studie stellte fest, dass „die meisten Patienten eine Linderung ihrer Beschwerden bemerkten. Gleichzeitig war die Tubomanometrie nicht in der Lage, eine verbesserte Tubenfunktion nachzuweisen“¹⁷.

Eustachische Röhre Score (ETS und ETS-7)

Der ETS ist ein Diagnoseinstrument, das erstmals 2015 beschrieben wurde³². Es kombiniert subjektive Berichte über Knackgeräusche beim Schlucken und die Fähigkeit, ein Valsalva-Manöver durchzuführen, mit den Ergebnissen einer objektiven Tubomanometrie auf drei Druckniveaus. Der erweiterte ETS-7 bezieht zusätzlich die Tympanometrie und objektive Valsalva-Ergebnisse in die Berechnung des Scores ein.

Obwohl es eine gute Test-Re-test-Zuverlässigkeit sowie eine gute Sensitivität und Spezifität im Vergleich zu einer Kombination aus ETDQ-7, Tympanometrie und Expertenurteil aufweist³², wurde das Instrument nur in einer begrenzten Anzahl von Veröffentlichungen verwendet^{2,20,33}.

Audiometrie

Obwohl audiometrische Untersuchungen Teil der klinischen Standardroutine sind, gibt es nur sehr wenige Daten zu Auswirkungen der BET auf den Hörverlust, insbesondere auf eine Verringerung der Schalleitungskomponente (Air-Bone-Gap).

Eine Studie³⁴ berichtet über eine Verringerung der durchschnittlichen Schalleitungskomponente von 17,5 dB präoperativ auf 10,8 dB 6 Monate und 5,7 dB 36 Monate postoperativ in einer Kohorte von 26 pädiatrischen Patienten (46 Ohren).

Bewältigung der Baro-Challenge

Neben den klinischen Tests ist es auch relevant, wie sich die Behandlung auf das tägliche Leben der Patienten auswirkt und wie sie in der Lage sind, Aktivitäten wieder aufzunehmen, die aufgrund ihrer obstruktiven Tubendysfunktion nicht möglich waren, z. B. Fliegen oder Tauchen. Dies ist besonders wichtig für Patienten, die diese Tätigkeiten aus beruflichen Gründen ausüben, z. B. Berufs- oder Militärpiloten, Flugbegleiter oder Berufstaucher.

Nach dem Eingriff,

- waren die meisten Patienten (79 %) in der Lage, normal zu fliegen¹⁶
- fast alle Patienten (93 %, 14/15) waren in der Lage, weiterhin in einem Beruf zu arbeiten, der das Fliegen voraussetzt, darunter 75 % (3/4), die wieder als Militärflieger eingesetzt werden konnten¹⁶
- Die meisten Patienten (75 %, 9/12) konnten das Tauchen wieder aufnehmen¹⁶

Patientenzufriedenheit

Als Indikator für die Zufriedenheit mit dem Ergebnis des Eingriffs gaben 86 % (24/28) der Patienten in einer Studie an, dass sie sich erneut der Operation unterziehen würden, wenn ihre Symptome wieder in gleichem Maße auftreten würden¹⁶. Bei einer Befragung nach durchschnittlich 4 Jahren und 8 Monaten post-OP empfanden in derselben Studie 93 % der Patienten, die einen Fragebogen ausfüllten, den Eingriff als positiv.



Komplikationen

Es wird berichtet, dass die meisten Komplikationen geringfügig und selbstlimitierend sind^{16,35}.

Geringfügige Komplikationen

In einer großen retrospektiven Multicenter-Analyse mit 2272 Patienten³⁶ wurden 3 Fälle von vorübergehender Tinnitusverstärkung und 1 Fall von akuter Otitis media nach BET berichtet. In einer systematischen Übersichtsarbeit³⁵, die 15 Studien mit insgesamt 1830 Eingriffen bei 1155 Patienten umfasste, wurden 36 Fälle von verschiedenen leichten und selbstlimitierenden Komplikationen festgestellt.

Eine Studie berichtete in einer Kohorte von 39 erwachsenen Patienten über einen Fall mit anhaltenden Symptomen einer Tuba aperta nach BET, die sich innerhalb eines Jahres zurückbildete¹⁶.

Darüber hinaus wird in einer Konsenserklärung¹⁵ die Möglichkeit von leichten oder mäßigen Schmerzen, leichten Blutungen und Veränderungen des Geschmacksempfindens erwähnt.

Schwerwiegende Komplikationen

In einer systematischen Übersichtsarbeit, die speziell auf emphysematöse Komplikationen abzielte, wurde bei 10 von 3670 Eingriffen ein postoperatives zervikofaziales Emphysem festgestellt³⁶; von diesen 10 Fällen dehnten sich 3 auf das Mediastinum aus.

Eine andere systematische Übersichtsarbeit über 9 Studien mit 713 Eingriffen²⁵ berichtet über 2 Fälle eines sich selbst auflösenden subkutanen Emphysems.

In einer systematischen Übersicht, die 15 Veröffentlichungen mit insgesamt 1830 Eingriffen umfasst³⁵, wird ein Fall von Hämatotympanon erwähnt, bei dem eine Parazentese erforderlich war, um die Symptome zu lindern.

Ein sensorineuraler Hörverlust nach einem BET-Verfahren wurde in 7 von 2614 Ohren in einer systematischen Übersichtsarbeit beschrieben, die speziell auf diese mögliche Komplikation ausgerichtet war³⁷; der Hörverlust war in 2 dieser 7 Fälle dauerhaft, im Durchschnitt 17,5 dB PTA.

Schwerwiegende unerwünschte Ereignisse

Während retrospektive Fallserien und systematische Übersichten möglicherweise nicht alle Komplikationen erfassen, sollte die strenge Berichterstattung, die in randomisierten klinischen Studien vorgeschrieben ist, alle schwerwiegenden unerwünschten Ereignisse (SAE), welche in diesen klinischen Studien auftreten, erfassen. Die bisher veröffent-

lichten randomisierten klinischen Studien meldeten null SAE bei 91 Ohren³⁸ und null SAE bei 234 Ohren⁹.

Alternative Behandlungsmöglichkeiten

Im klinischen Bereich gibt es eine Reihe alternativer Verfahren, die ebenfalls zur Behandlung der obstruktiven Tubendysfunktion eingesetzt werden können.

Trommelfellparazentese oder Paukenröhrchen

Herkömmliche Methoden wie eine Parazentese oder Paukenröhrchen können die Tubenfunktion nicht direkt verbessern⁸.

In der Vergangenheit war dies die chirurgische Standardbehandlung der obstruktiven Tubendysfunktion¹⁶. Damit wird jedoch nicht die zugrunde liegende Pathologie^{14,16} der Erkrankung behandelt. Zudem ist es keine Behandlungsmöglichkeit für Taucher¹⁶.

Außerdem besteht das Risiko von Komplikationen wie Infektionen¹², Tympanosklerosen¹⁴, rezidivierende und chronische Otorrhoe¹² und dauerhafte Perforationen des Trommelfells^{10-12,14}, möglicherweise in Verbindung mit einer anhaltenden Schalleitungsschwerhörigkeit.

Die Parazentese bei Erwachsenen hat sich in einer randomisierten kontrollierten Studie mit 90 Patienten als weit weniger wirksam erwiesen als BET⁸.

Die Situation bei Kindern muss aufgrund der Unterschiede in der Ätiologie, der Prävalenz von Mittelohrerkrankungen und der Reifung der Tuba Eustachii gesondert beurteilt werden (siehe den Abschnitt über die pädiatrische Anwendung weiter unten).

Intranasale Kortikosteroide

In einem kürzlich erschienenen Leitartikel zum Stand der Behandlung der Tubendysfunktion⁶ heißt es: „Es ist gängige Praxis, nasale Steroide als Erstbehandlung für die Tubendysfunktion zu verschreiben [...] HNO-Ärzte verschreiben weiterhin nasale Steroide für die Behandlung von Otitis media mit Erguss, obwohl nachgewiesen ist, dass sie bei der Behandlung von Tubendysfunktion nicht wirksamer sind als Placebo“, wobei sie sich auf eine randomisierte, placebokontrollierte, prospektive klinische Doppelblindstudie³⁹ mit 91 Patienten beziehen. Weiterhin hat sich gezeigt, dass BET sich wirksamer erweist als die Behandlung mit Kortikosteroiden⁴⁰.

Andere pharmazeutische Behandlungen

In einer kürzlich veröffentlichten Konsenserklärung¹⁴ stimmte das Expertengremium darin überein, dass es keine veröffentlichten Belege für die Wirksamkeit von systemischen abschwellenden Mitteln oder Antihistaminika bei der Behandlung der obstruktiven Tubendysfunktion gibt.

Lasertuboplastie der Tuba Eustachii

Dieses Verfahren versucht die obstruktive Tubendysfunktion zu behandeln, indem eine angemessene Menge an Schleimhaut und Knorpel an der hinteren Wand des Tubenlumens im Bereich der nasopharyngealen Öffnung der Tuba Eustachii durch einen kombinierten endoskopischen nasalen und transoralen Zugang vaporisiert wird. Es handelt sich um einen komplexen Eingriff, der den Einsatz eines endoskopischen CO₂-Lasers erfordert². Das Verfahren wird seit 1999 angewandt und hat sich als wirksam erwiesen⁴⁷. Eine Meta-Analyse⁴¹ von 13 Veröffentlichungen mit 1063 Patienten (darunter 121 mit Lasertuboplastie behandelte Patienten) ergab jedoch keine Hinweise auf eine höhere Wirksamkeit der Lasertuboplastie im Vergleich zur BET, wobei BET eine wesentlich geringerer Invasivität aufweist.

Praktische Fragen

Einsatz bei Kindern?

„[BET] war durchführbar, sicher und eine wirksame Zweitlinienbehandlung bei Kindern ab 4 Jahren.“¹⁰

Die anhaltende Tubendysfunktion ist bei Kleinkindern sehr häufig und endet in der Regel mit der Reifung der Tuba Eustachii⁴². Es gibt Hinweise darauf, dass die Exposition gegenüber hohen Konzentrationen von Tabakrauch in der Umwelt die Prävalenz der Tubendysfunktion bei Kindern und Jugendlichen erhöht⁵. Jahrzehntlang waren Adenoidektomie, Parazentese und das Einsetzen eines Paukenröhrchens der Goldstandard bei der Behandlung der Tubendysfunktion²⁷. Schätzungsweise 5 % aller Kinder in Mitteleuropa haben mindestens einmal eine Parazentese und/ oder Paukenröhrchen erhalten¹⁰. Diese Verfahren sollten „die erste Wahl bei der Behandlung von Kindern mit rezidivierenden/persistierenden Mittelohrentzündungen mit oder ohne Erguss bleiben“²⁷.

BET bei Kindern wurde erstmals im Jahr 2013 beschrieben⁴³ und bereits bei Kindern ab einem Alter von 28 Monaten erfolgreich eingesetzt, mit ähnlichen Ergebnissen wie bei

Erwachsenen^{10,27,34}. Im Allgemeinen wird BET bei therapieresistenten Kindern als Zweitlinientherapie eingesetzt, nachdem andere Behandlungen wie Adenoidektomie und Paukenröhrchen keinen ausreichenden Erfolg gezeigt haben²⁷.

Anästhesie: Allgemein oder lokal?

„BET ist ein sicheres und durchführbares Verfahren unter überwachter Anästhesie, einschließlich Lokalanästhesie mit Sedierung und Analgesie.“⁴⁴

Die Anästhesie-Präferenzen der Kliniker sind nicht einheitlich und werden auch durch gesundheitsökonomische Überlegungen beeinflusst. In den meisten Studien erfolgte die Operation in Vollnarkose³⁵. Die Ergebnisse von BET unter Lokalanästhesie und Vollnarkose sind jedoch ähnlich²⁶. Die spanische Konsenserklärung¹⁵ empfiehlt eine Vollnarkose oder tiefe Sedierung, nicht aber Lokalanästhesie. Eine weitere Studie berichtet hingegen, dass 77 % der Patienten, die in Lokalanästhesie behandelt wurden, die Anästhesie und Schmerzlinderung für ausreichend hielten. 12 von 13 dieser Patienten würden sich für eine Lokalanästhesie mit Sedierung und Analgesie entscheiden, wenn sie sich demselben Verfahren erneut unterziehen müssten⁴⁴.

Die Wahl zwischen Lokalanästhesie und Vollnarkose ist nicht identisch mit der Wahl zwischen stationärem und ambulatem Eingriff. In einer Übersichtsarbeit heißt es, dass die BET mit der richtigen Auswahl der Patienten, der richtigen Operationstechnik und dem richtigen Anästhesieprotokoll auch in der Praxis unter Lokalanästhesie durchgeführt werden kann. Dies führt zu deutlich geringeren Kosten und minimiert das Narkoserisiko⁴⁶.

Wiederholte Ballondilatation?

Es gibt nur sehr wenige veröffentlichte Informationen über die Wiederholung der BET. Meistens handelt es sich hierbei um Fälle, in denen der erste Eingriff nicht zum gewünschten Ergebnis geführt hat. Einige Studien^{17,27,36,45} berichten über eine sehr geringe Anzahl von Revisionen, ohne Angaben zum Erfolg des zweiten Verfahrens zu machen.

Eine retrospektive Studie untersuchte speziell die Ergebnisse wiederholter BET-Eingriffe³¹ in einer Kohorte von 86 Patienten (145 Eingriffe), darunter 10 Patienten, die sich einer erneuten BET unterzogen. Die Studienergebnisse deuten darauf hin, dass Patienten, bei denen sich die ETDQ-7-Scores nach dem ersten Verfahren nicht wesentlich verbessert haben, wahrscheinlich auch nach einem wiederholten Verfahren keine wesentlichen Verbesserungen aufweisen werden.



Bildgebung?

„In Anbetracht der aktuellen Literatur deuten unsere Daten darauf hin, dass die Angst vor Verletzungen der inneren Karotis während der Ballondilatation unverhältnismäßig ist. Seit März 2013 führen wir vor der BET keine routinemäßigen CT-Scans mehr durch.“²

Zu Beginn der klinischen Anwendung der BET gab es Bedenken hinsichtlich einer möglichen Schädigung der Aorta carotis interna durch die Dilatation bei Vorliegen einer Dehiszenz des Karotiskanals (CCD). Aus diesem Grund wurde eine präoperative Bildgebung zur Erkennung dieses Zustands strikt empfohlen. In der Literatur wurde bisher keine einzige Verletzung einer dehiszenten Karotisarterie in Verbindung mit BET berichtet²⁵.

Die Dehiszenz des Karotiskanals (CCD) ist selten: In einer Studie² wurden 18 Fälle bei 284 Patienten beschrieben. Die CCD scheint aber kein geeigneter Indikator für eine problematische Durchführung der BET zu sein. In derselben Studie wurde über 3 Patienten (4 Ohren) berichtet, bei denen die BET nicht durchgeführt werden konnte, von denen 2 unauffällige CT-Scans hatten. Die CCD ist auch kein geeigneter Prädiktor für intra- oder postoperative Komplikationen: In der gleichen Studie wurden kleinere Komplikationen bei 3 Patienten beschrieben, von denen keiner eine CCD hatte. Die CCD wird nicht als Grund angesehen, die BET nicht durchzuführen. Einem Konsens¹⁴ zufolge sollte der Chirurg, wenn die präoperative Schläfenbein-CT-Untersuchung eine CCD am knöchernen Teil der Tuba Eustachii zeigt, ein Produkt mit einer Tiefenmarkierung wählen, die das Einsetzen in den knorpeligen Teil der Tuba Eustachii begrenzt. Das Konsensus-Expertengremium¹⁴ konnte sich nicht darauf einigen, ob eine CT-Bildgebung erforderlich ist. In der Literatur wird eine Bildgebung nach wie vor unter folgenden Umständen empfohlen:

- bei Anwendung durch unerfahrene Chirurgen²
- bei Patienten mit gescheiterten früheren BET-Versuchen²
- bei Patienten mit Läsionen im Epipharynx im Zusammenhang mit einer gestörten Mittelohrbelüftung bei Fehlen von hypertrophem adenoidem Gewebe²
- bei Verdacht auf eine akute oder frühere Erkrankung des Schläfenbeins¹⁵

Schlussfolgerung

Bei der obstruktiven Tubendysfunktion der Tuba Eustachii handelt es sich um eine oft chronische Funktionsstörung, bei der die Regulierung des Mittelohrdrucks und der Abtransport von Mittelohrsekreten eingeschränkt sind. Die Folgen dieser Störung sind u. a. fortschreitende Adhäsivprozesse und die Entwicklung einer chronischen Otitis media, die zu einer Zerstörung der Mittelohrstrukturen und damit zu einem Hörverlust führen kann. Daher ist die obstruktive Tubendysfunktion eine relevante Pathologie, mit welcher der HNO-Arzt häufig konfrontiert wird. Die vorherrschende interventionell-kausale Behandlung, die Ballondilatation der Tuba Eustachii, wurde bereits 2010 in die klinische Praxis eingeführt. Obwohl sie noch nicht zur Standardbehandlung der Tubendysfunktion gehört, hat sich dieses chirurgische, minimalinvasive Verfahren als sicherer und wirksamer Eingriff erwiesen. Dieses Wissen ermöglicht es den Ärzten, sichere Entscheidungen bezüglich der Patientenauswahl zu treffen und die patientenseitigen Erwartungen hinsichtlich der möglichen Verbesserungen zu steuern.

Ausblick

Die künftige klinische Forschung muss die Art und Weise, wie Ergebnisse gemessen und berichtet werden, vereinheitlichen und möglicherweise Mittel zur objektiven Charakterisierung der obstruktiven Tubendysfunktion einführen oder optimieren, die in vielen klinischen Bereichen allgemein akzeptiert werden können.

Künftige klinische Erfahrungen werden wahrscheinlich auch die frühe pädiatrische Anwendung des Verfahrens beeinflussen und die Anwendung in der Praxis ausweiten, vor allem gelenkt durch Patientennutzen und gesundheitsökonomische Überlegungen.

References

1. Luukkainen V, Kivekäs I, Silvola J, Jero J, Sinkkonen ST. Balloon eustachian tuboplasty: Systematic review of long-term outcomes and proposed indications. *J Int Adv Otol.* 2018;14(1):112-126. doi:10.5152/iao.2018.4769
2. Schröder S, Lehmann M, Ebmeyer J, Upile T, Sudhoff H. Balloon Eustachian tuboplasty: a retrospective cohort study. *Clin Otolaryngol.* 2015 Dec;40(6):629-38. doi: 10.1111/coa.12429. PMID: 25867023.
3. Browning GG, Gatehouse S. The prevalence of middle ear disease in the adult British population. *Clin Otolaryngol Allied Sci.* 1992;17(4): 317-321. doi:10.1111/j.1365-2273.1992.tb01004.x

4. Shan A, Ward BK, Goman AM, et al. Prevalence of Eustachian Tube Dysfunction in Adults in the United States. *JAMA Otolaryngol Head Neck Surg.* 2019;145:974.
5. Patel MA, Mener DJ, Garcia-Esquinas E, Navas-Acien A, Agrawal Y, Lin SY. Tobacco smoke exposure and eustachian tube disorders in US children and adolescents. *PLoS One.* 2016;11(10):1-9. doi:10.1371/journal.pone.0163926
6. Lafferty DJ, McKinnon BJ. To Balloon or Not to Balloon, The Current State of Management of Eustachian Tube Dysfunction. *Ear, Nose Throat J.* 2021;100(10):696-697. doi:10.1177/0145561320925208
7. Schröder S, Lehmann M, Korbmacher D, Sauzet O, Sudhoff H, Ebmeyer J. Evaluation of tubomanometry as a routine diagnostic tool for chronic obstructive Eustachian tube dysfunction. *Clin Otolaryngol.* 2015;40(6):691-697. doi:10.1111/coa.12451
8. Liang M, Xiong H, Cai Y, et al. Effect of the combination of balloon Eustachian tuboplasty and tympanic paracentesis on intractable chronic otitis media with effusion. *Am J Otolaryngol - Head Neck Med Surg.* 2016;37(5):442-446. doi:10.1016/j.amjoto.2016.03.006
9. **Poe DS, Anand V, Dean M, et al. Balloon dilation of the eustachian tube for dilatory dysfunction: A randomized controlled trial. *Laryngoscope.* 2018;128(5):1200-1206. doi:10.1002/lary.26827**
10. Tisch M, Maier S, Preyer S, et al. Balloon Eustachian Tuboplasty (BET) in Children: A Retrospective Multicenter Analysis. *Otol Neurotol.* 2020;41(7):e921-e933. doi:10.1097/MAO.0000000000002789
11. Schilder AGM, Bhutta MF, Butler CC, et al. Eustachian tube dysfunction: Consensus statement on definition, types, clinical presentation and diagnosis. *Clin Otolaryngol.* 2015;40(5):407-411. doi:10.1111/coa.12475
12. **Bowles PF, Agrawal S, Salam MA. Balloon tuboplasty in patients with Eustachian tube dysfunction: a prospective study in 39 patients (55 ears). *Clin Otolaryngol.* 2017;42(5):1057-1060. doi:10.1111/coa.12812**
13. Tailor B V, Smith ME, Hutchinson PJA, Tysome JR. Outcome Measures for Baro-Challenge-Induced Eustachian Tube Dysfunction: A Systematic Review. *Otol Neurotol.* 2018;39(2):138-149. doi:10.1097/MAO.0000000000001666
14. Tucci DL, McCoul ED, Rosenfeld RM, et al. Clinical Consensus Statement: Balloon Dilation of the Eustachian Tube. *Otolaryngol - Head Neck Surg (United States).* 2019;161(1):6-17. doi:10.1177/0194599819848423
15. Plaza G, Navarro JJ, Alfaro J, Sandoval M, Marco J. Consensus on Treatment of Obstructive Eustachian Tube Dysfunction With Balloon Eustachian Tuboplasty. *Acta Otorrinolaringol Esp (English Ed.* 2020;71(3):181-189. doi:10.1016/j.otoeng.2019.01.005
16. Oehlandt H, Laakso J, Lindfors O, Toivonen J, Poe D, Sinkkonen ST. Efficacy of Balloon Tuboplasty for Baro-Challenge-Induced Eustachian Tube Dysfunction : A Systematic Review and a Retrospective Cohort Study of 39 Patients. *Otol Neurotol.* 2022;43(1):611-618. doi:10.1097/MAO.0000000000003558
17. Jenckel F, Kappo N, Gliese A, et al. Endonasal dilatation of the Eustachian tube (EET) in children: feasibility and the role of tubomanometry (Estève) in outcomes measurement. *Eur Arch Oto-Rhino-Laryngology.* 2014;272(12):3677-3683. doi:10.1007/s00405-014-3443-2
18. **Anand V, Poe D, Dean M, et al. Balloon Dilation of the Eustachian Tube: 12-Month Follow-up of the Randomized Controlled Trial Treatment Group. *Otolaryngol - Head Neck Surg (United States).* 2019;160(4):687-694. doi:10.1177/0194599818821938**
19. Poe DS, Silvola J, Pyykkö I. Balloon dilation of the cartilaginous eustachian tube. *Otolaryngol - Head Neck Surg.* 2011;144(4):563-569. doi:10.1177/0194599811399866
20. Ockermann T, Reineke U, Upile T, Ebmeyer J, Sudhoff HH. Balloon dilatation Eustachian Tuboplasty: A clinical study. *Laryngoscope.* 2010;120(7):1411-1416. doi:10.1002/lary.20950
21. Spiggle & Theis Medizintechnik GmbH. TubaVent® Family Causal Therapy for Tube Dysfunction.; 2021.
22. Formánková D, Formánek M, Školoudík L, et al. Balloon Eustachian Tuboplasty Combined with Tympanocentesis Is not Superior to Balloon Eustachian Tuboplasty in Chronic Otitis Media with Effusion - A Randomized Clinical Trial. *Otol Neurotol.* 2020;41(3):339-344. doi:10.1097/MAO.0000000000002518
23. Si Y, Chen Y Bin, Chu YG, et al. Effects of combination of balloon Eustachian tuboplasty with methylprednisolone irrigation on treatment of chronic otitis media with effusion in adults. *Am J Otolaryngol - Head Neck Med Surg.* 2018;39(6):670-675. doi:10.1016/j.amjoto.2018.06.016
24. **Formánek M, Formánková D, Školoudík L, Zeleník K, Chrobok V, Komínek P. Effect of Balloon Eustachian Tuboplasty in Adults That Only Have Symptoms of Chronic Eustachian Tube Dysfunction, With a 1-Year Follow-Up: Prospective Clinical Trial. *Ear, Nose Throat J.* Published online 2020. doi:10.1177/0145561320980199**
25. Hwang SY, Kok S, Walton J. Balloon dilation for eustachian tube dysfunction: Systematic review. *J Laryngol Otol.* 2016;130(54):S2-S6. doi:10.1017/S0022215116008252
26. Toivonen J, Dean M, Kawai K, Poe D. Comparison of outcomes for balloon dilation of the Eustachian tube under local vs general anesthesia. *Laryngoscope Investig Otolaryngol.* 2022;(April):1-9. doi:10.1002/lio2.842
27. Leichtle A, Hollfelder D, Wollenberg B, Bruchhage KL. Balloon Eustachian Tuboplasty in children. *Eur Arch Oto-Rhino-Laryngology.* 2017;274(6):2411-2419. doi:10.1007/s00405-017-4517-8
28. Tisch M, Maier H, Sudhoff H. Dilatazione tubarica con balloon: Nostra esperienza nella gestione di 126 bambini. *Acta Otorhinolaryngol Ital.* 2017;37(6):509-512. doi:10.14639/0392-100X-1690
29. McCoul ED, Anand V, Christos PJ. Validating the Clinical Assessment of Eustachian Tube Dysfunction: The Eustachian Tube Dysfunction Questionnaire (ETDQ-7). *Laryngoscope.* 2012;122(5):1137-1141. doi:10.1002/lary.23223
30. Andresen NS, Sharon JD, Nieman CL, Seal SM, Ward BK. Predictive value of the Eustachian Tube Dysfunction Questionnaire-7 for identifying obstructive Eustachian tube dysfunction: A systematic review. *Laryngoscope Investig Otolaryngol.* 2021;6(4):844-851. doi:10.1002/lio2.606
31. Keschner D, Garg R, Loch R, Luk LJ. Repeat Eustachian Tube Balloon Dilation Outcomes in Adults With Chronic Eustachian Tube Dysfunction. *Otolaryngol - Head Neck Surg (United States).* 2022;166(5):951-956. doi:10.1177/01945998211037975
32. Schröder S, Lehmann M, Sauzet O, Ebmeyer J, Sudhoff H. A novel diagnostic tool for chronic obstructive eustachian tube dysfunction-the eustachian tube score. *Laryngoscope.* 2015;125(3):703-708. doi:10.1002/lary.24922
33. Walliczek Dworschak U, Schmiere L, Greene B, et al. Analysis of chemosensory function in patients with chronic Eustachian tube dysfunction prior to and after balloon dilatation. *Auris Nasus Larynx.* 2018;45(5):959-965. doi:10.1016/j.anl.2018.01.004
34. Toivonen J, Kawai K, Gurburber J, Poe D. Balloon Dilation for Obstructive Eustachian Tube Dysfunction in Children. *Otol Neurotol.* 2021;42(4):566-572. doi:10.1097/MAO.0000000000003009
35. Huisman JML, Verdarm FJ, Stegeman I, de Ru JA. Treatment of Eustachian tube dysfunction with balloon dilatation: A systematic review. *Laryngoscope.* 2018;128(1):237-247. doi:10.1002/lary.26800
36. Skevas T, Dalchow C V., Euteneuer S, Sudhoff H, Lehnerdt G. Cervicofacial and mediastinal emphysema after balloon eustachian tuboplasty (BET): a retrospective multicenter analysis. *Eur Arch Oto-Rhino-Laryngology.* 2018;275(1):81-87. doi:10.1007/s00405-017-4805-3
37. Todt I, Oettel F, Sudhoff H. Sensorineural Hearing Loss After Balloon Eustachian Tube Dilatation. *Front Surg.* 2021;8(March):1-5. doi:10.3389/fsurg.2021.615360
38. **Meyer TA, O'Malley EM, Schlosser RJ, et al. A Randomized Controlled Trial of Balloon Dilation as a Treatment for Persistent Eustachian Tube Dysfunction with 1-Year Follow-Up. *Otol Neurotol.* 2018;39(7):894-902. doi:10.1097/MAO.0000000000001853**
39. Gluth MB, McDonald DR, Weaver AL, Bauch CD, Beatty CW, Orvidas LJ. Management of eustachian tube dysfunction with nasal steroid spray: A prospective, randomized, placebo-controlled trial. *Arch Otolaryngol - Head Neck Surg.* 2011;137(5):449-455. doi:10.1001/archoto.2011.56
40. **Eroglu E, Bajin MD. Comparative Results of Eustachian Balloon Dilatation and Nasal Steroid Therapy in the Eustachian Tube Dysfunction. *Eur J Rhinol Allergy.* 2022;5(1):12-19. doi:10.5152/ejra.2022.21055**
41. Wang TC, Lin C Der, Shih TC, et al. Comparison of Balloon Dilation and Laser Eustachian Tuboplasty in Patients with Eustachian Tube Dysfunction: A Meta-analysis. *Otolaryngol - Head Neck Surg (United States).* 2018;158(4):617-626. doi:10.1177/0194599817753609
42. Satmis MC, van der Torn M. Balloon dilatation of the Eustachian tube in adult patients with chronic dilatory tube dysfunction: a retrospective cohort study. *Eur Arch Oto-Rhino-Laryngology.* 2018;275(2):395-400. doi:10.1007/s00405-017-4857-4
43. Tisch M, Maier S, Hecht P, Maier H. Beidseitige Tubendilatation beim Kleinkind. *HNO.* 2013;61:492-493.
44. **Luukkainen V, Kivekäs I, Hammarén-Malmi S, et al. Balloon Eustachian tuboplasty under local anesthesia: Is it feasible? *Laryngoscope.* 2017;127(5):1021-1025. doi:10.1002/lary.26488**



45. Howard A, Babu S, Hauptert M, Thottam PJ. Balloon Eustachian Tuboplasty in Pediatric Patients: Is it Safe? *Laryngoscope*. 2021;131(7):1657-1662. doi:10.1002/lary.29241
46. Dean M, Pynnonen MA. In-Office Dilatation of the Eustachian Tube under Local Anesthesia *World J Otorhinolaryngol Head Neck Surg*. 2019;5(3):143-147. doi: 10.1016/j.wjorl.2019.08.001
47. Kujawski OB, Poe DS. Laser eustachian tuboplasty. *Otol Neurotol*. 2004 Jan;25(1):1-8. doi: 10.1097/00129492-200401000-00001. PMID: 14724483.