

# Ballondilatation der Tuba Eustachii bei Kindern

## Eine Zusammenfassung der publizierten klinischen Forschung

Dr. Jennifer Knuth, Dr. Kathrin Warnking, Clinical Affairs SPIGGLE & THEIS Medizintechnik GmbH, April 2023

### Zielsetzungen

Dieses Whitepaper soll HNO-Ärzten und Kinderärzten bei der Entscheidung helfen, ob sie einem pädiatrischen Patienten, der unter einer Dysfunktion der Eustachischen Röhre leidet, eine Ballondilatation der Eustachischen Röhre empfehlen sollen, und sie im Umgang mit Erwartungen hinsichtlich der Ergebnisse und Erfolgsraten unterstützen. Das Papier fasst die einschlägige wissenschaftliche Literatur zusammen. Es wird nicht versucht, eine statistische Meta-Meta-Analyse bestehender systematischer Übersichten und Originalarbeiten zu erstellen. Dieses Papier ist nicht als allgemeiner Überblick über die Funktionsstörung der Tuba Eustachii und die Behandlungsmöglichkeiten bei Erwachsenen gedacht (zu diesem Thema siehe unser vorheriges Whitepaper<sup>2</sup>).

Dieser Beitrag kann ebenfalls kein umfassendes Lehrbuch über die Behandlung der Otitis media mit Erguss (OME) bei Kindern ersetzen.



Abbildung 1:  
Tuba Eustachii

Dieses Papier ersetzt nicht die offizielle Produktdokumentation für die TubaVent® Produktfamilie.

### Die Tuba Eustachii

*„Kenntnisse der Struktur und Funktion des Systems der Tuba Eustachii sind notwendig, um die Pathogenese der Otitis media zu verstehen, und daraus resultierend rationale Behandlungsentscheidungen zu treffen.“<sup>3</sup>*

### Anatomie

Die Tuba Eustachii verbindet das Mittelohr mit dem Nasopharynx. 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:

- das Mittelohr zu belüften und bei Bedarf für einen Druckausgleich zwischen Mittelohr und Umgebungsluft zu sorgen,
- Sekrete aus dem Mittelohr abzuleiten und,
- das Mittelohr vor Geräuschen, Krankheitserregern und Sekreten aus dem Nasopharynx zu schützen.<sup>4</sup>

### Dysfunktion der Tuba Eustachii

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 bei Kindern stehen im Mittelpunkt dieses Whitepapers. Die obstruktive Tubendysfunktion kann von einer durch Baro-Challenge ausgelösten vorübergehenden Blockade bis hin zu einer anhaltenden vollständigen Blockade reichen.



## Pädiatrische Anatomie

„Selbst bei scheinbar otologisch normalen Kindern ist die Funktion der Tuba Eustachii nicht so gut wie bei Erwachsenen, was die höhere Inzidenz von Mittelohrerkrankungen bei Kindern erklären könnte.“<sup>1</sup>

Einige anatomische Unterschiede zwischen Kindern und Erwachsenen sind für Pathologien der Tuba Eustachii von Bedeutung.

Die **Tube ist bei Kleinkindern kürzer** als bei älteren Kindern oder Erwachsenen.<sup>1,5</sup> Dies kann die Schutzfunktion der Tuba Eustachii beeinträchtigen; freier Fluss von Nasopharyngealsekret in das Mittelohr kann zu einer Otitis media führen.<sup>1</sup>

Bei **Kleinkindern ist der knorpelige Teil der Tuba Eustachii kürzer**. Eine Bildgebungsstudie mit 193 CT-Scans des Halses berichtet über eine durchschnittliche knorpelige Länge der Tuba Eustachii von 20 mm (Bereich 13-26 mm) bei 2-jährigen Kindern, gegenüber 24 mm (Bereich 18-30 mm) in der Altersgruppe 2-5 Jahre und 25 mm (Bereich 21-32 mm) in der Altersgruppe 6-10 Jahre.<sup>6</sup>

Eine andere Bildgebungsstudie mit 78 CT-Aufnahmen des Halses kommt zu ähnlichen Ergebnissen: eine durchschnittliche knorpelige Tuben-Länge von 20 mm (Bereich 19-21 mm) bei <4-Jährigen gegenüber 25 mm (Bereich 24-25 mm) bei 5- bis 7-Jährigen und 28 mm (Bereich 27-29 mm) bei 8- bis 18-Jährigen und 28 mm (Bereich 27-28 mm) bei >18-Jährigen.<sup>5</sup>

In einer weiteren Studie an 150 Tuben (75 Kinder) im Alter von 5,6 Monaten bis 16,8 Jahren wurde ebenfalls eine Zunahme der Länge der knorpeligen Tuba Eustachii mit dem Alter festgestellt, wobei eine Länge von unter 20 mm nur bei Kindern unter zwei Jahren beobachtet wurde.<sup>7</sup>

Die **Tuba Eustachii ist bei Kleinkindern horizontaler** (Winkel im Verhältnis zur horizontalen Ebene 10° gegenüber 45° bei Erwachsenen),<sup>3,5</sup> was die Fähigkeit des Musculus tensor veli palatini, die Tube zu öffnen, und die Fähigkeit, Flüssigkeit aus dem Mittelohrraum abzuleiten, beeinträchtigen kann.<sup>3</sup>

Die **Eustachische Röhre ist bei Kindern enger**; die Fläche des Lumens nimmt vom Neugeborenen bis zum Alter von 20 Jahren fast um das Fünffache zu,<sup>3</sup> was die Wahrscheinlichkeit einer Obstruktion bei kleinen Kindern erhöht. Das Fettgewebe im inferolateralen Teil der Eustachischen Röhre, der so genannte **Ostmann'sche Fettkörper**, ist bei Kindern breiter als bei Erwachsenen, d. h. es hat eine relativ größere Masse,<sup>3</sup> was zu einer weniger effektiven Öffnung der Tube beitragen könnte<sup>3</sup> wenn sich der Tensor veli palatini zusammenzieht.<sup>8</sup>

Die **Tuba Eustachii ist bei Kindern flexibler**, und der knor-

pelige Tubenanteil nimmt von der Geburt bis zur Pubertät an Masse zu.<sup>3</sup>

Außerdem befinden sich Säuglinge häufig in **Rückenlage**, was den Flüssigkeitseintritt in das Mittelohr begünstigt und sie einem besonderen Risiko für eine Reflux Otitis media aussetzt.<sup>1</sup>

## Ursachen der Dysfunktion der Tuba Eustachii

Wie oben erläutert, ist es aufgrund der anatomischen Unterschiede bei Kindern wahrscheinlicher, dass die verbundenen Muskeln die Tube nicht effektiv öffnen können. Darüber hinaus kann eine Tubendysfunktion bei Kindern aus einer Adenoidhypertrophie mit damit verbundener Schleimhautschwellung und pathologischen Nasopharyngealsekreten entstehen, welche zu einem Mittelohrerguss oder einer Infektion führen kann.<sup>7</sup> Es gibt auch Hinweise darauf, dass Kinder, die hohen Konzentrationen von Tabakrauch ausgesetzt sind, ein höheres Risiko einer Tubendysfunktion aufweisen.<sup>9</sup>

## Auswirkungen einer unbehandelten obstruktiven Tubendysfunktion

„Die Tuba Eustachii des Kindes [...] behindert die Belüftung des Mittelohrs und trägt so zu der hohen Inzidenz und Prävalenz von OME in den ersten Lebensjahren bei.“<sup>10</sup>

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

Die Unfähigkeit, den Druck zwischen Mittelohr und Umgebungsluft auszugleichen, kann zu einer **Ruptur des Trommelfells** unter Baro-Belastung oder zu einer Retraktion des Trommelfells führen.<sup>11</sup>

Die mangelnde Belüftung des Mittelohrs kann zu einer OME führen<sup>12,13</sup> (siehe Kapitel über OME weiter unten für Einzelheiten).

Die Tubendysfunktion ist eine der Hauptursachen für die Entstehung einer **chronischen Otitis media (COM)**.<sup>14</sup>

OME oder COM können zu **Hörverlust**<sup>13</sup> (siehe Abschnitt über die Gesundheit des Hörens weiter unten) und sogar zu Cholesteatomen führen.<sup>11,13,15</sup>

## Prävalenz der obstruktiven Tubendysfunktion

Die obstruktive Tubendysfunktion tritt am häufigsten bei Kindern auf. Derzeit geht man davon aus, dass mindestens 80 % aller Kinder im Vorschulalter zumindest vorübergehend von dieser Erkrankung betroffen sind.<sup>8</sup>

## Otitis media mit Erguss (OME)

*„Akute Mittelohrentzündung und Mittelohrentzündung mit Erguss sind die häufigsten Erkrankungen, die bei Kleinkindern zu einem Besuch beim Hausarzt führen.“<sup>16</sup>*

OME ist definiert als „das Vorhandensein von Flüssigkeit im Mittelohr ohne Anzeichen oder Symptome einer akuten Ohrinfektion.“<sup>17</sup> Sie wird auch als seröse, sekretorische oder nicht-suppurative Otitis media,<sup>17</sup> oder seröses Tympanum bezeichnet.

### Ätiologie

Zu den Risikofaktoren für OME gehören Gaumenspalten,<sup>18,19</sup> kraniofaziale Anomalien,<sup>16</sup> Trisomie 21,<sup>19</sup> Asthma,<sup>19</sup> und genetische Prädispositionen.<sup>16,20</sup>

OME kann während einer Infektion der oberen Atemwege, spontan aufgrund einer schlechten Funktion der Eustachischen Röhre oder als Entzündungsreaktion nach einer akuten Otitis media auftreten.<sup>17</sup>

Aufgrund der anatomischen Unterschiede bei Kindern (siehe Abschnitt über die pädiatrische Anatomie oben) ist die Tube möglicherweise nicht vollständig in der Lage, Sekrete aus dem Mittelohr abzuleiten und das Mittelohr vor nasopharyngealen Sekreten zu schützen.<sup>4</sup> 46 % der OME-Fälle in der Allgemeinbevölkerung sind auf eine Funktionsstörung der Eustachischen Röhre zurückzuführen.<sup>12</sup>

### Prävalenz

*Viele betroffene Kinder haben wiederholte OME-Episoden, und 10 % der Episoden dauern  $\geq 1$  Jahr.<sup>22</sup>*

Im ersten Lebensjahr treten bei mehr als 50 % der Kinder OME auf, die Zahl steigt bis zum zweiten Lebensjahr auf mehr als 60 %.<sup>17</sup> Etwa 90 % der Kinder haben OME vor dem Schulalter,<sup>22</sup> und sie entwickeln im Durchschnitt vier OME-Episoden pro Jahr.<sup>17</sup>

Die Wiederauftretenswahrscheinlichkeit ist hoch: Bei einer Überprüfung von mehr als 50.000 pädiatrischen Aufzeichnungen über Parazenteseeingriff wurde festgestellt,<sup>23</sup> dass bei 19,6 % der Kinder der Eingriff zweimal und bei 10 % drei oder mehrere Male durchgeführt wurde.

### Gesundheitsökonomische Auswirkungen

Etwa 2,2 Millionen diagnostizierte OME-Episoden treten jährlich in den Vereinigten Staaten auf und verursachen Kosten in Höhe von 4,0 Milliarden Dollar. Die indirekten Kosten sind wahrscheinlich viel höher, da OME weitgehend

asymptomatisch ist und viele Episoden unentdeckt bleiben, auch bei Kindern mit Hörproblemen oder Schulleistungsproblemen.<sup>17</sup>

### Auswirkungen auf die Gesundheit des Gehörs

*„OME [...] kann mit Hörverlust, Gleichgewichtsstörungen [...], schlechten schulischen Leistungen [und] Verhaltensproblemen verbunden sein“<sup>17</sup>*

Persistierende Mittelohrflüssigkeit führt zu einer verminderten Beweglichkeit des Trommelfells<sup>17</sup> und verursacht daher eine Schalleitungsschwerhörigkeit. Der internationale Konsens beschreibt, dass etwa 50 % der OME-Patienten einen Hörverlust von 20 dB haben, 20 % einen Hörverlust von mehr als 35 dB und 5-10 % einen Hörverlust von bis zu 50 dB.<sup>10</sup>

OME tritt am häufigsten im Alter zwischen 6 Monaten und 4 Jahren auf<sup>17</sup> – also in einem Lebensabschnitt, der für die Sprech- und Sprachentwicklung des Kindes sehr wichtig ist. Ein Kind mit persistierendem OME, insbesondere beidseitigem OME, kann ein erhöhtes Risiko für Sprach-, Sprech- oder Lernprobleme aufweisen. In der OME-Leitlinie für die klinische Praxis heißt es,<sup>17</sup> dass „mindestens 25 % der OME-Episoden über einen Zeitraum von mehr als drei Monaten anhalten und mit Hörverlust, Gleichgewichtsstörungen (vestibulären Problemen), schlechten schulischen Leistungen, Verhaltensproblemen, Ohrenbeschwerden, wiederkehrender AOM oder verminderter Lebensqualität einhergehen können.“

Im Allgemeinen ist ein gesundes Gehör wichtig für die Sprach- und Sprechfähigkeitsentwicklung. Ein Hörverlust von 30 dB HL steht *„in engem Zusammenhang zum Sprachverständnis in lauter Umgebung und den kognitiven Fähigkeiten, die der Sprache und dem Lesen zugrunde liegen.“*<sup>24</sup> Fachgesellschaften empfehlen eine frühzeitige Behandlung von Hörverlust, z. B. die Behandlung von sensorineuralem Hörverlust mit Hörgeräten und Cochlea-Implantaten.<sup>25,26</sup>

### Behandlung von OME

*„Die Notwendigkeit eines chirurgischen Eingriffs bei Kindern mit rezidivierender AOM oder chronischer OME sollte gegen die Wahrscheinlichkeit einer rechtzeitigen Spontanheilung und das potenzielle Risiko von Lern-, Sprach- oder anderen nachteiligen Folgen eines anhaltenden Mittelohrergusses abgewogen werden“<sup>27</sup>*



Die aktuellen Leitlinien für die Behandlung chronischer OME empfehlen Paukenröhrchen und, wenn das Kind  $\geq 4$  Jahre alt ist, eine Adenoidektomie.<sup>10,17</sup> Diese Methoden zielen darauf ab, die Belüftung des Mittelohrs zu verbessern, bis das Kind ein Alter erreicht hat, in dem die Tuba Eustachii optimal funktioniert.

## Nicht-chirurgische Behandlung

*„Es ist sehr unwahrscheinlich, dass die Verwendung von topischen intranasalen Kortikosteroiden eine klinisch wirksame Behandlung für OME darstellt“<sup>28</sup>*

Nicht-chirurgische Behandlungen können das zugrunde liegende Problem einer altersbedingten Funktionsstörung der Eustachischen Röhre nicht wirksam beheben.<sup>10,21</sup>

In der internationalen Konsenserklärung zur Behandlung von OME wird dringend *„davon abgeraten, OME mit Steroiden (oral oder intranasal), Antibiotika, abschwellenden Mitteln oder Antihistaminika zu behandeln, die alle keine überzeugende Wirkung auf die Beseitigung von OME gezeigt, aber Nebenwirkungen haben und kostspielig sein können.“<sup>10</sup>*

## Parazentese und Paukenröhrchen

Die häufigste Behandlung<sup>10,21,29</sup> bei AOM und OME bei Kindern, die oft durch eine Tubendysfunktion verursacht wird, ist ein chirurgischer Schnitt des Trommelfells,<sup>14</sup> um den Druck auszugleichen und das Abfließen von Flüssigkeit aus der Mittelohrhöhle in den äußeren Gehörgang zu ermöglichen. Dieser Vorgang wird als Parazentese, Tympanotomie oder Myringotomie bezeichnet. In diesem Dokument wird durchgehend der Begriff *Parazentese* verwendet.

Die Wirkung dieses Eingriffs wird in der Regel durch das Einführen eines Röhrchens in die Inzision verlängert, der auch als Paukenröhrchen bezeichnet wird. 5 % aller Kinder in Mitteleuropa haben mindestens einmal eine Parazentese und ein Paukenröhrchen erhalten.<sup>15</sup> Das Einsetzen von Paukenröhrchen ist der häufigste ambulante Eingriff bei Kindern in den Vereinigten Staaten.<sup>29</sup>

Durch diese Drainage des Mittelohrs wird die zugrundeliegende Pathologie nicht behandelt,<sup>30</sup> und die Wirkung lässt nach, nachdem das Paukenröhrchen herausfällt oder entfernt wurde.<sup>31,32</sup> Paukenröhrchen bleiben in der Regel 6 bis 24 Monate lang funktionsfähig.<sup>16</sup> Bei 20 % der Kinder, die beidseitig Paukenröhrchen erhalten haben, wird anschließend ein zweites Paukenröhrchen gelegt.<sup>16</sup>

**Erfolgsquote:** Die Platzierung eines Paukenröhrchen funk-

tioniert nicht immer wie gewünscht. Zu den unerwünschten Ereignissen gehören die Obstruktion des Paukenröhrchen-Lumens (7 %), die vorzeitige Extrusion des Paukenröhrchens (4 %) und die Verlagerung des Röhrchens in das Mittelohr (0,5 %), wie aus der US-Leitlinie für die klinische Praxis hervorgeht.<sup>17</sup>

**Ergebnisse:** Eine Überprüfung von 147 Studien kommt zu dem Schluss, dass Paukenröhrchen das Hörvermögen nach 1 bis 3 Monaten im Vergleich zu einer abwartenden Haltung verbessern, wobei es nach 12 bis 24 Monaten keine Hinweise auf einen Nutzen gibt.<sup>33</sup>

**Komplikationen:** Zusätzlich zu den mit einer Vollnarkose verbundenen Risiken besteht das Risiko von Komplikationen wie Infektionen,<sup>34</sup> Tympanosklerose,<sup>30</sup> möglicherweise in Verbindung mit einer anhaltenden Schalleitungsschwerhörigkeit, rezidivierender und chronischer Otorrhö,<sup>34</sup> und dauerhaften Perforationen des Trommelfells.<sup>15,17,30,34,35</sup> Eine Studie, an der 429 Kinder teilnahmen, berichtet, dass *„bei ansonsten gesunden Kindern, die in den ersten drei Lebensjahren eine persistierende Mittelohrentzündung aufweisen, der sofortige Rückgriff auf [Parazentese und Paukenröhrchen-Einlage] im Alter von fünf Jahren zu weitaus mehr Trommelfell-Anomalien führt als eine selektive Behandlung, bei der die meisten Kinder das Verfahren nicht erhalten.“<sup>36</sup>*

## Adenoidektomie

Mehrere Studien bei Kindern haben bestätigt, dass ein Zusammenhang zwischen OME und Adenoidhypertrophie besteht.<sup>23</sup> Adenoidhypertrophie führt zu einer Obstruktion des Tuben-Kanals auf Höhe des Torus tubarius.<sup>37</sup>

Wiederholte Infektionen der Adenoide können zu einer Entzündung der Tuba Eustachii führen, was eine funktionelle Beeinträchtigung zur Folge hat.<sup>21,37,38</sup> Eine Studie berichtet über eine hohe Inzidenz von Tubendysfunktionen bei pädiatrischen Patienten mit Adenoidhypertrophie und einer Rate von Choanalobstruktionen von 75 %.<sup>37</sup> Sie fanden heraus, dass die Adenoidektomie auch zu einer Verbesserung der Tubendysfunktion führte (Erhöhung des ETS-7-Scores von 6,62 vor der Operation auf 9,60 sechs Monate nach der Operation).

**Ergebnisse:** Die adjuvante Adenoidektomie kann zusätzlich zur Einlage von Paukenröhrchen die Wirksamkeit der OME-Operation erhöhen;<sup>10</sup> Klinker empfehlen die Adenoidektomie bei Kindern ab vier Jahren oder bei Kindern mit einer eindeutigen Indikation (z. B. nasalen Obstruktionen, chronische Adenoiditis).<sup>17</sup> Die Wahrscheinlichkeit eines zweiten Tympanostomie-Eingriffs ist geringer, wenn die Adenoidektomie während des ersten Paukenröhrchen-Eingriffs durchgeführt wurde.<sup>16</sup>

**Komplikationen:** Zusätzlich zu den mit der Allgemeinanästhesie verbundenen Risiken können spezifische Komplikationen auftreten. In einer Studie, in der die Aufzeichnungen von mehr als 50.000 Kindern ausgewertet wurden, stellte sich eine Blutung als häufigste Komplikation bei der Adenoidektomie in Verbindung mit dem Einsetzen eines Paukenröhrchens heraus, die in 31 von 7.507 Fällen auftrat.<sup>23</sup> In derselben Studie wurden keine Fälle von Blutungen in Verbindung mit dem alleinigen Einsetzen eines Paukenröhrchens festgestellt (36.000 Fälle).

## Ballondilatation der Eustachischen Röhre

Die transnasale Ballondilatation des knorpeligen Teils der Tuba Eustachii, auch „Balloon Eustachian Tuboplasty (BET),“<sup>439</sup> oder „endonasale Dilatation der Eustachischen Röhre,<sup>440</sup> oder „Ballondilatation der Eustachischen Röhre,<sup>441</sup> genannt, wird zur Behandlung der obstruktiven Tubendysfunktion eingesetzt.

Sie wurde erstmals 2009 gleichzeitig in Finnland<sup>42</sup> und Deutschland<sup>43</sup> bei erwachsenen Patienten eingeführt.

Bei der BET wird ein inflatableer Ballonkatheter unter endoskopischer Kontrolle 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.

Ein Hersteller berichtet, dass sein Produkt seit seiner Einführung im Jahr 2010 mehr als 100.000 Mal verwendet wurde (hauptsächlich bei Erwachsenen).<sup>44</sup>

## Pädiatrische Verwendung von BET

BET wurde 2013 erstmals zur Behandlung pädiatrischer Patienten eingesetzt.<sup>45</sup> Aus regulatorischer Sicht liegt die pädiatrische Verwendung von BET in Europa im Ermessen des behandelnden Arztes. Die US Food and Drug Administration hat zwei BET-Produkte nur für Erwachsene (ab 18 Jahren) zugelassen. Eine kürzlich erschienene Veröffentlichung von US-Autoren kam zu dem Schluss, dass „es sicher sein sollte, von der FDA zugelassene Produkte für Erwachsene bei Kindern mit reifer Tuba Eustachii zu verwenden. Daher könnten Kinder ab 7 Jahren potenzielle Kandidaten für eine sichere BET mit Dilatation des knorpeligen Teils der Tuba Eustachii sein.“<sup>44</sup>

Wenn das BET-Verfahren bei Kindern durchgeführt wird, wird es häufig mit einer Paukenröhrchen-Einlage kombiniert.<sup>15</sup>

## Mindestalter für BET

Wenn es um BET für Kleinkinder geht, müssen zwei Fragen geklärt werden:

1. Wie hoch ist das Risiko von Komplikationen bei einer Vollnarkose im Vergleich zum erwarteten Nutzen des Verfahrens?
2. Ist der knorpelige Teil der Tuba Eustachii lang genug, um den Ballonkatheter einzuführen, ohne dass die Gefahr besteht, dass dieser in den knöchernen Teil der Tube gerät? (Weitere Einzelheiten siehe Abschnitt über die pädiatrische Anatomie oben).

## Abfolge der Behandlungen bei OME

1. Kliniker sollten zunächst mögliche Ursachen für eine Tubendysfunktion wie vergrößerte Rachenmandeln,<sup>4,15</sup> nasale Polypen,<sup>4</sup> allergische Rhinitis,<sup>4,30</sup> Rhinosinusitis,<sup>4,30</sup> oder laryngopharyngealen Reflux,<sup>4,30</sup> falls zutreffend, identifizieren und behandeln.
2. Die empfohlene erste Maßnahme bei asymptomatischem OME, d. h. ohne Hörverlust, ist „wachsames Abwarten“: bis zu drei Monate warten, bis die Erkrankung spontan abklingt.<sup>17</sup> Die Leitlinie für die klinische Praxis besagt, dass die Symptome bei „etwa 75 % der Kinder mit OME innerhalb von drei Monaten abklingen, wenn sie auf eine AOM-Episode folgen. Wenn die OME spontan auftritt und der Beginn des Auftretens unbekannt ist, ist der Erfolg der 3-Monats-Rate mit 56 % niedriger. Ist der Zeitpunkt des Auftretens jedoch bekannt, erhöht sich diese Rate auf 90 %.“<sup>47</sup> Das verzögerte Einsetzen von Paukenröhrchen bei Kindern  $\leq 3$  Jahren hatte in einer Studie mit 391 Kindern, die nach dem Zufallsprinzip einer sofortigen oder verzögerten (bis zu 9 Monate) Behandlung zugewiesen wurden, keine signifikanten Auswirkungen auf die Entwicklungsergebnisse dieser Kinder im Alter von 9-11 Jahren.<sup>32</sup>
3. Wenn die Flüssigkeitsansammlung 3 Monate oder länger anhält oder wenn eine Hörstörung vorliegt, oder bei wiederkehrender AOM,<sup>10</sup> ist der nächste Schritt in der Regel eine **Parazentese** und eine Paukenröhrchen-Einlage,<sup>10,17</sup> oft in Kombination mit einer Adenoidektomie, wenn das Kind  $\geq 4$  Jahre alt ist.<sup>10,17</sup>
4. Die **BET** ist in der Regel für persistierende Fälle und als Sekundäreingriff vorgesehen,<sup>14,46</sup> unter der Voraussetzung, dass sich die meisten OME spontan oder mit der oben beschriebenen konventionellen Behandlung zurückbilden.<sup>47</sup> Sie gilt als „sichere und wirksame alternative Behandlungsoption, wenn die konventio-



nelle Therapie der chronischen Tubendysfunktion bei Kindern nicht erfolgreich ist.<sup>44,7</sup>

Hier gilt es, einen Kompromiss zu finden: entweder die aufwendigere Prozedur der Parazentese und Paukenröhrchen-Einlage mehrmals durchführen und das Kind damit einem längeren Hörverlust aussetzen, der sich möglicherweise irreversibel auf die Sprachentwicklung auswirkt, oder früher zu BET übergehen, was langfristig eine deutlich stärkere Reduzierung der Hörbeeinträchtigung bewirken kann.<sup>31</sup> Eine Studie empfiehlt BET sogar als Erstbehandlung für OME.<sup>48</sup>

## Klinische Leitlinien

Gremien klinischer Experten haben Empfehlungen für die Diagnose und Behandlung der obstruktiven Tubendysfunktion bei Erwachsenen sowie für die Bewertung der Ergebnisse in mehreren Ländern herausgegeben: USA,<sup>30,35</sup> Spanien,<sup>49</sup> und Finnland.<sup>4</sup>

Für pädiatrische Fälle gibt es drei klinische Referenzen für die Behandlung von OME: 1. eine klinische Leitlinie, entwickelt von der American Academy of Otolaryngology-Head and Neck Surgery Foundation, der American Academy of Pediatrics und der American Academy of Family Physicians,<sup>17</sup> 2. eine internationale Konsenserklärung,<sup>10</sup> und 3. eine deutsche Leitlinie für die klinische Praxis,<sup>21</sup> in der BET erwähnt wird.

## Ergebnisse mit BET

*„Signifikante Behandlungseffekte konnten bei der mikroskopischen Otoskopie, bei der Bewertung der Hörschwelle und bei der Tympanometrie beobachtet werden“<sup>415</sup>*

Studien, die die Behandlung der obstruktiven Tubendysfunktion und die Wirksamkeit des BET-Verfahrens untersuchen, verwenden eine Vielzahl von objektiven und subjektiven Ergebnismessungen und eine Vielzahl von Methoden, um die Ergebnisse für eine bestimmte Methode zu erfassen. Die Ergebnismessungen bei Kindern basieren meist auf der Tympanometrie oder der Audiometrie (Luft-Knochen-Spalt Messung (Air Bone-Gap, ABG)). Zusätzliche Messinstrumente wie Fragebögen, die üblicherweise bei Erwachsenen verwendet werden, sind vor allem bei jüngeren Kindern schwer zu handhaben und wurden in Studien nicht berücksichtigt.

## Klinische Symptome

*Im Vergleich zur einfachen [Paukenröhrchen-Einlage] kann die Anwendung von BET den Zeitraum der Symptomverbesserung effektiv verlängern und die Heilungsrate erhöhen, insbesondere nach Entfernung der Paukenröhrchen.<sup>31</sup>*

In einer retrospektiven Fallstudie mit 49 Kindern im Alter von 4-14 Jahren waren **76 %** der Patienten nach 18 Monaten **vollständig geheilt** (Gruppe BET + Parazentese + Paukenröhrchen), verglichen mit **61 %** der Patienten, die nur mit Parazentese und Paukenröhrchen-Einlage behandelt wurden.<sup>31</sup> Hier wurde „geheilt“ als vollständiges Verschwinden der klinischen Symptome, kein OME, Tympanogramm Typ A und ABG  $\leq 10$  dB definiert.

In einer retrospektiven multizentrischen Fallstudie mit 282 Ohren bei 158 Kindern im Alter von 4-12 Jahren konnten **62 %** der Patienten (21/34) mit COME mit Trommelfell-Retraktion und **66 %** der Patienten (21/32) mit fortgeschrittener Ohrerkrankung (Chronische eitrige Otitis media oder Cholesteatom) nach BET in einen normalen Mittelohrstatus überführt werden.<sup>15</sup>

## Druckausgleich

Die Fähigkeit, das Valsalva-Manöver erfolgreich durchzuführen, stieg in einer retrospektiven Fallstudie mit 52 Kindern im Alter von 3-15 Jahren **von 28 % vor der Operation auf 60-85 %** im Vergleich zu 6 und 12 Monaten nach der BET.<sup>46</sup>

In einer retrospektiven Fallstudie mit 90 Ohren bei 60 Kindern im Alter von 28 Monaten bis 12 Jahren verbesserte sich die Fähigkeit, den Mittelohrdruck auszugleichen (basierend auf Valsalva oder Tympanogramm) **von 8 % vor der Operation auf 82 %** 6-8 Wochen nach BET.<sup>8</sup>

In einer retrospektiven multizentrischen Fallstudie mit 282 Ohren bei 158 Kindern im Alter von 4-12 Jahren stieg die Fähigkeit, das Valsalva-Manöver erfolgreich durchzuführen, **von 12 % präoperativ auf 65 %** der Berichte, postoperativ nach BET (in etwa der Hälfte der Fälle kombiniert mit Parazentese und Paukenröhrchen-Einlage).<sup>15</sup>

## Tympanometrie

In einer retrospektiven Fallstudie mit 132 Ohren bei 66 Kindern im Alter von 4-14 Jahren stieg der Prozentsatz der Ohren mit einem **Tympanogramm vom Typ A** von **15 %** (20/132) präoperativ auf **58 %** (76/132) 6 Monate nach der BET.<sup>50</sup>

In einer retrospektiven multizentrischen Fallstudie mit 282 Ohren bei 158 Kindern im Alter von 4-12 Jahren stieg der

Prozentsatz der Ohren mit einem **Tympanogramm vom Typ A** von **25 %** präoperativ auf **58 %** nach der BET (mediane Nachbeobachtungszeit 2,6 Monate).<sup>15</sup>

In einer retrospektiven Fallstudie an 55 Ohren von 30 Kindern im Alter von 3-12 Jahren erreichte der Prozentsatz der Ohren mit einem **Tympanogramm vom Typ A** **93 %** (28/30) in der Gruppe, die mit BET als Erstlinienbehandlung behandelt wurde, gegenüber **66 %** (21/32) in der Gruppe, die konventionell mit Parazentese und Paukenröhrchen-Einlage behandelt wurde, 12 Monate nach der Operation.<sup>48</sup>

## Audiometrie

In einer retrospektiven Fallstudie mit 49 Patienten im Alter von 4-14 Jahren, in der eine kombinierte Behandlung mit BET, Parazentese und Paukenröhrchen-Einlage mit einer alleinigen Parazentese und Paukenröhrchen-Einlage verglichen wurde, war die ABG in beiden Gruppen nach 6 Monaten gleich stark reduziert, in der BET-Gruppe jedoch nach 18 Monaten signifikant niedriger.<sup>31</sup>

Die **ABG** sank signifikant von **17,5 dB** präoperativ auf **10,8 dB** nach 6 Monaten und **5,7 dB** nach 36 Monaten postoperativ in einer retrospektiven Fallstudie mit 46 Ohren bei 23 Patienten im Alter von 7-17 Jahren.<sup>47</sup>

Die **ABG** sank von **27,6 dB** vor der Operation auf **9,6 dB** nach der Operation (mittlere Nachbeobachtungszeit 14,4 Monate) mit BET als Erstlinienbehandlung im Vergleich zu **25,6 dB** vor der Operation und **17,6 dB** nach der Operation bei konventioneller Behandlung mit Parazentese und Paukenröhrchen-Einlage 12 Monate nach der Operation in einer retrospektiven Fallstudie an 55 Ohren bei 30 Kindern im Alter von 3-12 Jahren.<sup>48</sup>

## Komplikationen mit BET

*„Das Verfahren war sicher, es gab keine schwerwiegenden unerwünschten Ereignisse, die häufigste Komplikation war eine Epistaxis“<sup>51</sup>*

### Geringfügige Komplikationen

In den acht ursprünglichen Fallstudien, die hier analysiert wurden<sup>8,14,15,31,40,46-48</sup> und 461 Kinder umfassten, wurden 17 geringfügige Beschwerden berichtet, die schnell abklagen, die meisten davon waren Epistaxis<sup>8,14,15</sup> oder Hämatotympanum.<sup>46,48</sup> Zwei Patienten berichteten über Symptome einer Tuba aperta, die ohne weitere Behandlung nach einigen Monaten abklagen.<sup>47</sup>

In vielen Studien wird das BET-Verfahren mit begleitenden

chirurgischen Eingriffen wie Parazentese, Paukenröhrchen-Einlage, Tympanoplastik oder Adenoidektomie kombiniert, so dass es manchmal schwierig ist, einen Kausalzusammenhang zwischen dem BET-Verfahren allein und der leichten Komplikation herzustellen.

## Schwerwiegende Komplikationen

In den acht ursprünglichen Fallstudien, die hier analysiert wurden<sup>8,14,15,31,40,46-48</sup> und 461 Kinder umfassten, wurden keine schwerwiegenden Komplikationen oder Zwischenfälle gemeldet.

## Theoretische Komplikationen

Die Arteria carotis interna befindet sich 2 mm bis 10 mm im knöchernen Anteil der Tuba Eustachii. Die ersten Befürworter der BET waren besorgt, dass dies die Dilatation der knöchernen Tube potenziell gefährlich machen würde.<sup>14</sup> Poe et al. zeigten jedoch, dass der knöcherne Teil bei der Dilatation des knorpeligen Teils in Kadavermodellen nicht verletzt wurde.<sup>52</sup>

Die BET könnte theoretisch zu einer Ruptur der Halsschlagader führen, was wahrscheinlicher ist, wenn eine Dehiszenz des Karotiskanals in der Nähe der knöchernen Tuba Eustachii vorliegt.<sup>7</sup> Unseres Wissens wurde in der Literatur noch nie über einen solchen Fall berichtet, weder bei Kindern noch bei Erwachsenen.

## Revisionseingriffe

In den acht hier analysierten Original-Fallstudien<sup>8,14,15,31,40,46-48</sup> mit 461 Kindern wurde über insgesamt 18 wiederholte BET-Behandlungen berichtet, ohne Angaben zum Erfolg der zweiten Behandlung zu machen.

## Besondere Risikogruppen

Wenn die BET bei Kindern mit vermuteten anatomischen Besonderheiten oder Hinweisen auf eine unzureichende Reifung der Tuba Eustachii in Erwägung gezogen wird, empfehlen Kliniker dringend eine Computertomographie vor dem Eingriff. Dies dient dazu, die Länge des knorpeligen Teils der Tube und den Verlauf der Arteria carotis interna im Verhältnis zum knorpeligen Teil der Tube zu beurteilen und so jegliches Verletzungsrisiko zu vermeiden.<sup>15</sup> In einer radiologischen Studie mit 75 Scans (150 Ohren) wiesen 8 % der Carotis-Kanäle eine radiologisch nachweisbare Dehiszenz auf.<sup>7</sup>



## Schlussfolgerung

OME, die oft durch eine obstruktive Tubendysfunktion verursacht wird, betrifft die meisten Kinder, bevor sie das Schulalter erreichen. Bei 30 % der Kinder treten zwei oder mehr OME-Episoden auf, die über längere Zeiträume das Gehör beeinträchtigen.<sup>23</sup> Wenn die Behandlung des durch OME verursachten Hörverlusts unwirksam ist oder zu langsam erfolgt, besteht die Gefahr, dass die Sprachentwicklung beeinträchtigt wird.

In der gängigen klinischen Praxis besteht die Erstbehandlung von OME in der Parazentese, der Einlage von Paukenröhrchen und gegebenenfalls der Adenoidektomie, die in vielen Fällen wirksam ist, aber auch das Risiko von Komplikationen birgt, insbesondere wenn sie mehrfach durchgeführt wird.

BET wird meist als Zweitlinientherapie in Fällen eingesetzt, in denen die gängigeren Therapien nicht wirksam waren. Nach einer Behandlung mit BET in Kombination mit Paukenröhrchen ist das völlige Fehlen klinischer Symptome wahrscheinlicher, als nach der alleinigen Einlage von Paukenröhrchen.<sup>31</sup> Dies gilt auch für die Fähigkeit, den Mittelohrdruck auszugleichen, was zu einem normalen Tympanogramm führt. Die Verringerung der Hörbeeinträchtigung, wie sie bei der Untersuchung der ABG zu sehen ist, ist nach BET mit Paukenröhrchen-Einlage wirksamer und länger, als nach der alleinigen Einlage von Paukenröhrchen.<sup>1,48,53</sup>

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass sich BET in veröffentlichten klinischen Untersuchungen, meist bei Kindern ab drei Jahren, als sicher und wirksam erwiesen hat.<sup>21</sup>

## Liste der Abkürzungen

Abkürzung	Erläuterung
ABG	Air-Bone-Gap (Luft-Knochen-Spalt)
AOM	Akute Otitis Media
BET	Balloon Eustachian tuboplasty
COM	Chronische Otitis Media
COME	Chronische Otitis Media mit Erguss
dB	Dezibel
ETS-7	Eustachian Tube Score
HL	Hörleistung
HNO	Hals-Nasen-Ohren
OME	Otitis Media mit Erguss

## References

1. Bluestone CD, Doyle WJ. Anatomy and physiology of eustachian tube and middle ear related to otitis media. *J Allergy Clin Immunol.* 1988;81(5 PART 2):997-1003. doi:10.1016/0091-6749(88)90168-6
2. Knuth J, Warnking K. Balloon Eustachian Tube Dilatation as the Standard Causal Intervention for Eustachian Tube Dysfunction ?; 2022. [https://www.spiggle-theis.com/images/Instrumente/BET\\_WhitePaper.pdf](https://www.spiggle-theis.com/images/Instrumente/BET_WhitePaper.pdf)
3. Bluestone CD. Eustachian Tube: Structure, Function, Role in Otitis Media.; 2005.
4. 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
5. Magro I, Pastel D, Hilton J, Miller M, Saunders J, Noonan K. Developmental Anatomy of the Eustachian Tube: Implications for Balloon Dilatation. *Otolaryngol - Head Neck Surg (United States).* 2021;165(6):862-867. doi:10.1177/0194599821994817
6. Yu Y, Geffen B, McCrary H, et al. Measurements of The Pediatric Cartilaginous Eustachian Tube: Implications for Balloon Dilatation. *Laryngoscope.* 2023;133(2):396-402. doi:10.1002/lary.30113
7. Toll EC, Browning M, Shukla R, Rainsbury JW. Cartilaginous Eustachian tube length and carotid canal dehiscence in children: a radiological study. *Eur Arch Oto-Rhino-Laryngology.* 2018;275(11):2675-2682. doi:10.1007/s00405-018-5128-8
8. 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
9. 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
10. Simon F, Haggard M, Rosenfeld RM, et al. International consensus (ICON) on management of otitis media with effusion in children. *Eur Ann Otorhinolaryngol Head Neck Dis.* 2018;135(1):S33-S39. doi:10.1016/j.anorl.2017.11.009
11. 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
12. 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
13. 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
14. 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



15. 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
16. Boston M, McCook J, Burke B, Derkay C. Incidence of and risk factors for additional tympanostomy tube insertion in children. *Arch Otolaryngol - Head Neck Surg*. 2003;129(3):293-296. doi:10.1001/archotol.129.3.293
17. Rosenfeld RM, Shin JJ, Schwartz SR, et al. Clinical Practice Guideline: Otitis Media with Effusion (Update). Vol 154.; 2016. doi:10.1177/0194599815623467
18. Flynn T, Möller C, Jönsson R, Lohmander A. The high prevalence of otitis media with effusion in children with cleft lip and palate as compared to children without clefts. *Int J Pediatr Otorhinolaryngol*. 2009;73(10):1441-1446. doi:10.1016/j.ijporl.2009.07.015
19. Marchica CL, Pitaro J, Daniel SJ. Recurrent tube insertion for chronic otitis media with effusion in children over 6 years. *Int J Pediatr Otorhinolaryngol*. 2013;77(2):252-255. doi:10.1016/j.ijporl.2012.11.010
20. Allen EK, Chen W-M, Weeks DE, et al. A Genome-Wide Association Study of Chronic Otitis Media with Effusion and Recurrent Otitis Media Identifies a Novel Susceptibility Locus on Chromosome 2. *J Assoc Res Otolaryngol*. 2013;14(6):791-800. doi:10.1007/s10162-013-0411-2
21. Lautermann J, Begall K, Hilger G, et al. S2k Guidance Statement 017-004: Seromukotympanon (in German); 2018. <https://register.awmf.org/de/leitlinien/detail/017-004>
22. Tos M. Epidemiology and natural history of secretory otitis. *Am J Otol*. 1984;5(6):459-462. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/6542752>
23. Kadhim AL, Spilsbury K, Semmens JB, Coates HL, Lannigan FJ. Adenoidectomy for middle ear effusion: A study of 50,000 children over 24 years. *Laryngoscope*. 2007;117(3):427-433. doi:10.1097/MLG.0b013e31802c938b
24. Moore DR, Zobay O, Ferguson MA. Minimal and Mild Hearing Loss in Children: Association with Auditory Perception, Cognition, and Communication Problems. *Ear Hear*. 2020;41(4):720-732. doi:10.1097/AUD.0000000000000802
25. American Academy of Audiology. American Academy of Audiology Clinical Practice Guidelines: Pediatric Amplification. *Am Acad Audiol*. 2013;(June):5-60. [http://audiology-web.s3.amazonaws.com/migrated/PediatricAmplificationGuidelines.pdf\\_539975b3e7e9f1.74471798.pdf](http://audiology-web.s3.amazonaws.com/migrated/PediatricAmplificationGuidelines.pdf_539975b3e7e9f1.74471798.pdf)
26. Ching TYC, Dillon H, Leigh G, Cupples L. Learning from the Longitudinal Outcomes of Children with Hearing Impairment (LOCHI) study: summary of 5-year findings and implications. *Int J Audiol*. 2018;57(sup2):S105-S111. doi:10.1080/14992027.2017.1385865
27. Rosenfeld RM, Kay D. Natural history of untreated otitis media. *Laryngoscope*. 2003;113(10):1645-1657. doi:10.1097/00005537-200310000-00004
28. Williamson I, Bengt S, Barton S, et al. A double-blind randomised placebo-controlled trial of topical intranasal corticosteroids in 4- to 11-year-old children with persistent bilateral otitis media with effusion in primary care. *Health Technol Assess (Rockv)*. 2009;13(37). doi:10.3310/hta13370
29. Rosenfeld RM, Tunkel DE, Schwartz SR, et al. Clinical Practice Guideline: Tympanostomy Tubes in Children (Update). *Otolaryngol Neck Surg*. 2022;166(S1):S1-S55. doi:10.1177/01945998211065662
30. 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
31. Chen S, Zhao M, Zheng W, et al. Myringotomy and tube insertion combined with balloon eustachian tuboplasty for the treatment of otitis media with effusion in children. *Eur Arch Oto-Rhino-Laryngology*. 2020;277(5):1281-1287. doi:10.1007/s00405-020-05828-9
32. Paradise JL, Feldman HM, Campbell TF, et al. Tympanostomy Tubes and Developmental Outcomes at 9 to 11 Years of Age. *N Engl J Med*. 2007;356(3):248-261. doi:10.1056/nejmoa062980
33. Steele DW, Adam GP, Di M, Halladay CH, Balk EM, Trikalinos TA. Effectiveness of tympanostomy tubes for otitis media: A meta-analysis. *Pediatrics*. 2017;139(6). doi:10.1542/peds.2017-0125
34. 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
35. 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
36. Johnston LC, Feldman HM, Paradise JL, et al. Tympanic Membrane Abnormalities and Hearing Levels at the Ages of 5 and 6 Years in Relation to Persistent Otitis Media and Tympanostomy Tube Insertion in the First 3 Years of Life: A Prospective Study Incorporating a Randomized Clinical Trial. *Pediatrics*. 2004;114(1):e58-e67. doi:10.1542/peds.114.1.e58
37. Manno A, Iannella G, Savastano V, et al. Eustachian Tube Dysfunction in Children With Adenoid Hypertrophy: The Role of Adenoidectomy for Improving Ear Ventilation. *Ear, Nose Throat J*. Published online 2021. doi:10.1177/0145561321989455
38. Tisch M, Ahmad Z, Krüger K, et al. S2k Guidance Statement 017-021: Adenoid Growths (in German); 2022. doi:10.1016/b978-3-437-24661-6.00039-8
39. 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
40. 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
41. 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
42. 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
43. 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
44. Spiggle & Theis. TubaVent® Family Causal Therapy for Tube Dysfunction.; 2021.
45. Tisch M, Maier S, Hecht P, Maier H. Beidseitige Tubendilatation beim Kleinkind. *HNO*. 2013;61:492-493.
46. Leichte 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
47. Toivonen J, Kawai K, Gurberg J, Poe D. Balloon Dilation for Obstructive Eustachian Tube Dysfunction in Children. *Otol Neurotol*. 2021;42(4):566-572. doi:10.1097/MAO.0000000000003009
48. Demir B, Batman C. Efficacy of balloon Eustachian tuboplasty as a first line treatment for otitis media with effusion in children. *J Laryngol Otol*. 2020;134(11):1018-1021. doi:10.1017/S0022215120002340
49. 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
50. Maier S, Tisch M, Maier H. Einsatz der Ballondilatation der Eustachischen Röhre bei chronisch obstruktiven Tubenventilationsstörungen im Kindesalter. *HNO*. 2015;63(10):686-697. doi:10.1007/s00106-015-0050-5
51. Aboueisha MA, Attia AS, McCoul ED, Carter J. Efficacy and safety of balloon dilation of eustachian tube in children: Systematic review and meta-analysis. *Int J Pediatr Otorhinolaryngol*. 2022;154(January):111048. doi:10.1016/j.ijporl.2022.111048
52. Poe DS, Hanna BMN. Balloon dilation of the cartilaginous portion of the eustachian tube: initial safety and feasibility analysis in a cadaver model. *Am J Otolaryngol*. 2011;32(2):115-123. doi:10.1016/j.amjoto.2009.11.008
53. 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







