

DOI:10.11798/j.issn.1007-1520.202424038

· 综述 ·

# 咽鼓管解剖结构

严意意<sup>1,2</sup>, 刘翔毅<sup>1,3</sup>, 靳强利<sup>2</sup>

(1. 甘肃中医药大学, 甘肃 兰州 730000; 2. 甘肃中医药大学第一临床医学院, 甘肃 兰州 730000; 3. 甘肃中医药大学附属医院耳鼻咽喉头颈外科, 甘肃 兰州 730000)

**摘要:**咽鼓管是一个复杂且隐匿的结构,由骨部、软骨部、骨与软骨的连接部3部分组成,对于保持中耳健康和正常听力非常重要。咽鼓管功能异常会导致耳胀、耳鸣、分泌性中耳炎和鼓膜内陷等,是成人和儿童发生中耳疾病的常见原因。随着鼻内镜和耳内镜等外科技术的迅速发展,咽鼓管的解剖结构备受关注,但目前对于咽鼓管的解剖结构和生理功能研究有限,本文旨在将咽鼓管解剖结构的相关研究进行总结和阐述,为临床预防和治疗相关疾病提供参考。

**关键词:**咽鼓管;黏膜;腺体;Ostmann脂肪垫;颈内动脉

**中图分类号:**R764

## Anatomical structure of eustachian tube

YAN Yiyi<sup>1,2</sup>, LIU Xiangyi<sup>1,3</sup>, JIN Qiangli<sup>2</sup>

(1. Gansu University of Chinese Medicine, Lanzhou 730000, China; 2. the First Clinical Medical College of Gansu University of Chinese Medicine, Lanzhou 730000, China; 3. Department of Otolaryngology Head and Neck Surgery, Affiliated Hospital of Gansu University of Chinese Medicine, Lanzhou 730000, China)

**Abstract:** Eustachian tube is a complex and hidden structure, which consists of three parts: bone, cartilage and the bone-cartilage junction. The eustachian tube is very important for maintaining the middle ear healthy and normal hearing. The abnormal function of the eustachian tube can lead to ear swelling, tinnitus, secretory otitis media and tympanic membrane invagination, which is a common cause of middle ear diseases in adults and children. With the rapid development of surgical techniques such as nasal endoscope and otoscope, the anatomical structure of the eustachian tube has attracted much attention. However, at present, it is not well mastered for the anatomical structure and physiological function of the eustachian tube. This paper summarizes and expounds the related research on the anatomical structure of the eustachian tube. The purpose of this paper is to provide reference for clinical prevention and treatment of related diseases.

**Keywords:** Eustachian tube; Mucous membrane; Gland; Ostmann fat pad; Internal carotid artery

咽鼓管是鼓室前下壁延伸至鼻咽侧壁的一个复杂且隐匿的结构,是维持中耳压力与外界大气压平衡及鼓室积液排除的重要通道,同时也可有效防止病原微生物进入中耳。咽鼓管功能障碍导致中耳分泌物不能及时排出,在中耳腔内不断聚集而引发分泌性中耳炎。其位置深在隐匿不易被探及,因目前无法探明咽鼓管的全部生理结构,使我们对咽鼓管的认知非常有限。随着外科手术不断介入咽鼓管和中耳相关疾病的治疗,使咽鼓管的解剖结构备受关注,所以本文将咽鼓管解剖结构进行综述,以期

为咽鼓管和中耳相关疾病的临床治疗提供帮助。

### 1 咽鼓管的组成和基本特征

咽鼓管向上外后方朝中耳走行,其由3部分组成,分别是位于后外侧1/3的骨部,平均长度为 $(6.36 \pm 2.61)$ mm;前内侧2/3的软骨部,平均长度为 $(23.57 \pm 4.26)$ mm;骨与软骨相互延续重叠而形成的骨与软骨的连接部,平均长度为 $(3.04 \pm 1.90)$ mm<sup>[1-3]</sup>。现研究表明咽鼓管最狭窄的区域在软骨部并非在骨

第一作者简介:严意意,女,住院医师。

通信作者:刘翔毅,Email:67934471@qq.com

与软管的连接部,该区域儿童和成人的横截面积分别为 $(0.56 \pm 0.23) \text{ mm}^2$ 、 $(0.67 \pm 0.18) \text{ mm}^2$ ,管周长分别为 $(5.21 \pm 1.13) \text{ mm}$ 、 $(5.32 \pm 0.88) \text{ mm}$ <sup>[2]</sup>。咽鼓管鼓室部高约2 mm,宽约5 mm;骨与软管的连接部高约2 mm,宽约1 mm;鼻咽口高约10 mm,宽约3 mm<sup>[4]</sup>。Prades等<sup>[5]</sup>提出以骨腭水平为参考线,成人咽鼓管轴形成的平均角度为 $36^\circ$ ,与矢状面形成的平均角度为 $42^\circ$ 。

Ishijima等<sup>[6]</sup>发现咽鼓管与水平面呈 $10^\circ$ ,在3个月大时约长21 mm。成人的咽鼓管长度范围为31~44 mm,婴幼儿的长度约为成人的一半,但其骨部占比相对成人更大,在7岁后儿童咽鼓管的长度和成人相近<sup>[7]</sup>。Magro等<sup>[8]</sup>发现咽鼓管长度在4岁时长32 mm,7岁左右时长37 mm,已接近成人;水平角在4岁时增至 $17^\circ$ ,7岁左右时为 $21^\circ$ ;还发现咽鼓管咽口与鼻底间的平均距离也从4岁时的4 mm增加到成年时的11 mm。由于婴幼儿的咽鼓管更为短且直,所以患分泌性中耳炎的风险更大,但随咽鼓管的不断发育,分泌性中耳炎的发病率也大幅下降。

## 2 咽鼓管的黏膜和腺体

### 2.1 黏膜上皮细胞的分布及其特点

咽鼓管可将中耳分泌物通过黏膜纤毛清除,也可防止携带病原体的鼻腔分泌物从鼻咽逆行入中耳,从而预防中耳感染,咽鼓管的黏膜上皮和上皮腺体在咽鼓管的防御功能中发挥重要作用<sup>[9]</sup>。人的咽鼓管黏膜上皮由纤毛细胞、无纤毛细胞、分泌细胞和位于基底膜上的基底细胞构成。朝向咽部不断摆动的纤毛细胞在咽鼓管骨与软骨连接部的分布最为密集,越向鼓室口和咽口其密度越低,无分泌能力的复层鳞状上皮在咽口处形成纵向黏膜皱襞,杯状细胞的数量从鼓室段到咽段逐渐增多<sup>[10-11]</sup>。Sando等<sup>[12]</sup>在研究中发现咽鼓管下半部的黏膜皱襞面积远大于上半部,可增加咽鼓管清除中耳腔内分泌物的有效面积,且下半部的纤毛细胞、腺体和杯状细胞的数量更多,说明咽鼓管底部的清除能力强于顶部。他们认为咽鼓管的顶部主要用于气体的交换,底部主要进行分泌物的清除,这一结论和目前多数学者的观点一致。

### 2.2 腺体的分类与分布及其功能

咽鼓管黏膜上皮和腺体具有很强的分泌功能,可分泌黏液和多种抗菌活性物质,主要有溶菌酶、乳铁蛋白、防御素、黏液素、表面活性蛋白、水通道蛋白

等<sup>[13-14]</sup>。研究发现咽鼓管黏膜主要受起源于同侧的颈上神经节发出的交感神经和同侧的翼腭神经节发出的副交感神经的支配,而颈中神经节发出的交感神经在咽鼓管的分布较少,自主神经主要分布在腺体和血管周围以调节腺体的分泌<sup>[15-16]</sup>。腺体分为浆液性、黏液性和混合性<sup>[17]</sup>,浆液性腺体由浆液性腺泡构成,其细胞核呈圆形,位于细胞的中央或靠近基底部,分泌的浆液黏性较小,被认为是咽鼓管内黏膜纤毛清除系统的主要来源,其含活性蛋白和抗菌小分子,对病原微生物有较强的杀伤作用;而黏液性腺体由黏液性腺泡构成,细胞核呈扁圆形,位于细胞基底部,分泌的黏液主要对黏膜上皮具有润滑和保护作用;混合性腺体由浆液性腺泡和黏液性腺泡共同构成,既可分泌黏性较小的浆液参与黏膜纤毛清除系统,也可分泌黏性较大的黏液,以保护和润滑黏膜上皮<sup>[13,18]</sup>。杨伟炎等<sup>[19]</sup>发现浆液性腺体在咽鼓管鼓室口密度较高,黏液性腺体在咽口部密度较低,在骨与软管的连接部主要为混合性腺体。李江平等<sup>[13]</sup>在实验中发现腺体在咽鼓管各部的内壁和下壁都有分布,外侧无腺体分布,且腺体多呈片状分布,浆液性腺体明显多于黏液性腺体,越靠近下壁黏液性腺体的密度越高。咽鼓管内的纤毛可有效地将咽鼓管中的黏液排出,但纤毛功能的维持取决于黏液的黏弹性,而黏弹性又取决于黏液中糖蛋白或黏蛋白的质量和数量<sup>[20]</sup>,正常的黏液中含有4种黏蛋白,分别为Muc1、Muc4、Muc5AC、Muc5B<sup>[21]</sup>。Lin等<sup>[21]</sup>发现发生中耳炎时中耳分泌液中Muc5B和Muc4的含量增高,使黏液的黏度进一步增高以阻止病原微生物进入中耳腔,但会导致纤毛的清除功能降低而影响黏液的排出。

### 2.3 咽鼓管黏液纤毛清除系统

黏液纤毛清除系统的解剖基础是有黏液毯和纤毛的存在,黏液毯是由黏度较高的黏液层和黏度较低的纤毛周围液层组成<sup>[12]</sup>,纤毛在黏度较低的纤毛周围液层中运动,其上方为黏度较高的黏液层。纤毛周围液层的高度基本与纤毛顶端平齐,纤毛在向咽部摆动而充分伸展时其尖端可达黏液层,从而使纤毛发挥最大有效摆动,纤毛周围液层太薄或太厚都不利于黏液纤毛清除系统发挥最大作用<sup>[22]</sup>。但Kubba等<sup>[22]</sup>却认为纤毛周围液层的厚度并不是黏液纤毛清除系统中的一个主要因素,他认为黏液纤毛清除率主要受到液体黏度的影响,并存在液体被有效运输的最佳黏度,液体黏度太高纤毛则不能进行有效的摆动使黏液移动,黏度太低纤毛则不能给

与黏液足够的动力来使其移动。

### 3 咽鼓管周肌肉

目前普遍认为我们在吞咽或打喷嚏时,咽鼓管间歇性短暂扩张是维持中耳与周围大气压平衡的主要机制<sup>[23]</sup>。由舌咽神经的下神经节与交感神经共同形成的鼓室丛在中耳压力的调节中起着重要作用,已证明鼓室丛与呼吸中枢间存在神经通路,呼吸中枢也与咽鼓管间存在传出神经。当中耳压力增高时,中耳内的压力感受器如神经节细胞、环层小体以及位于鼓膜上的神经小体感知中耳压力变化,压力信号传到呼吸中枢后继而支配管周肌肉收缩使咽鼓管开放以调节中耳压力<sup>[24-25]</sup>。Mondain 等<sup>[26]</sup>提出咽鼓管在白天每分钟约开放 1.4 次,开放持续时间平均为 0.4 s,在睡眠时其开放频率会大幅度降低。而腭帆张肌是扩张咽鼓管腔的主要肌肉,腭帆提肌、咽鼓管咽肌和鼓膜张肌也是咽鼓管旁的重要肌肉,各发挥不同作用(图 1)。

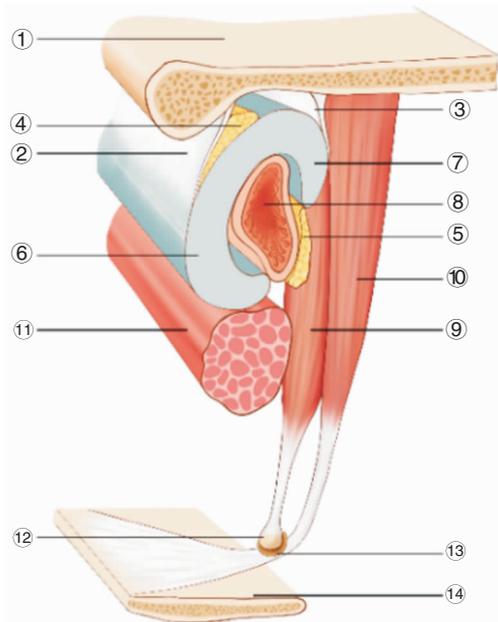


图 1 咽鼓管管周及管腔结构示意图 注:①颅底;②内侧咽鼓管悬韧带;③外侧咽鼓管悬韧带;④内侧 Ostmann 脂肪垫;⑤外侧 Ostmann 脂肪垫;⑥咽鼓管软骨内侧板;⑦咽鼓管软骨外侧板;⑧咽鼓管管腔;⑨腭帆张肌内侧束;⑩腭帆张肌外侧束;⑪腭帆提肌;⑫翼钩;⑬囊状结构;⑭硬腭。

#### 3.1 腭帆张肌

腭帆张肌是由三叉神经的下颌支所支配的一种薄片状扇形肌肉,主要有颅底和咽鼓管外侧两个起

点,形成两个肌层,其肌纤维相互平行且易于分离<sup>[27-30]</sup>。颅底的起点从蝶骨大翼的舟状窝向前延伸至蝶骨棘后方,但关于腭帆张肌在咽鼓管的起点尚有争议<sup>[31]</sup>。目前普遍认为起源于颅底的腭帆张肌外侧束在咽鼓管软骨的上方,该肌束垂直向下延伸并和起源于咽鼓管软骨的内侧束一起垂直向下走行,在该肌的下方约 1/3 处延续为肌腱,在进入软腭之前绕翼钩 90° 旋转,随后腱纤维呈扇形展开形成水平腭腱膜附着于硬腭背侧<sup>[32-33]</sup>。翼钩是位于翼状板内侧下端并向后下方形成的钩状突起,腭帆张肌在收缩时向下牵引咽鼓管软骨外侧板,直接使咽鼓管管腔开放,也会牵拉相应的肌腱从而拉紧腭帆,以降低吸气时的气道阻力。在整个过程中翼钩充当了滑轮的作用,有研究发现腭帆张肌的部分肌腱嵌入翼钩的前 1/3,其余环绕整个翼钩,既能解释在解剖时发现腭帆张肌嵌入翼钩的现象,又能解释翼钩的滑轮作用<sup>[34-35]</sup>。腭帆张肌可扩张咽鼓管,保持咽鼓管的纵轴方向<sup>[36]</sup>,也可对咽鼓管内腔施加泵送力以辅助咽鼓管内容物流动,还可收缩软腭以降低吸气时的气道阻力<sup>[37-38]</sup>。腭帆张肌对于维持咽鼓管正常功能发挥着重要作用,但目前对于其认识还不够全面,还有待于进一步的研究。

#### 3.2 腭帆提肌

由舌咽神经咽支和迷走神经咽支所支配的扁圆柱状的腭帆提肌起于颞骨岩部的顶端,部分肌纤维借筋膜与咽鼓管软骨相连,并位于咽鼓管的正下方与咽鼓管平行,从颅底向前下内方向延伸,其肌腹过咽上缩肌翼咽部上缘与咽枕筋膜间的间隙进入软腭后肌束呈扇形水平走行,在软腭中部的 1/3 处,双侧腭帆提肌的肌束相互交联形成腭帆提肌吊带<sup>[39-44]</sup>。该肌形成的腭帆提肌吊带对腭帆施加向上向后的力以上提和后拉软腭,使口腔和鼻腔不断的耦合和分离以辅助我们平时的发音和吞咽<sup>[39,45]</sup>。Huang 等<sup>[41]</sup>在实验中测得腭帆提肌起点处右侧和左侧肌束的平均直径分别为 7.96 mm 和 7.94 mm,在咽鼓管圆枕平面右侧和左侧肌束的平均直径分别为 8.14 mm 和 8.11 mm。Perry 等<sup>[46]</sup>测得腭帆提肌的平均长度为左侧 47.72 mm,右侧 47.20 mm(两侧范围为 41.67 ~ 52.85 mm)。

目前普遍认为腭帆张肌是使咽鼓管开放的唯一肌肉,腭帆提肌并不参与咽鼓管的开放,但也有学者提出腭帆提肌的肌纤维附着在咽鼓管骨与软骨连接部的后内侧,其收缩时使咽鼓管软骨向上向后移动,从而打开咽鼓管管腔,在腭裂时腭帆提肌附着不良,

使咽鼓管扩张受限,这也是腭裂儿童中耳炎发病率高的一个原因<sup>[41,47]</sup>。Ishijima等<sup>[48]</sup>发现在咽鼓管软骨部外侧板前25%并没有腭帆张肌的附着,在此区域主要通过腭帆提肌收缩使咽鼓管软骨板移动而打开咽鼓管管腔。

### 3.3 鼓膜张肌和咽鼓管咽肌

Rood等<sup>[49]</sup>将鼓膜张肌分为内侧部和外侧部两部分,内侧部来自蝶骨和咽鼓管软骨部,而外侧部与腭帆张肌相延续,后移行为肌腱止于锤骨柄上。鼓膜张肌主要被三叉神经的下颌支所支配,其收缩会使低频混合听力损失,以保护内耳免受过大声音的影响<sup>[50]</sup>。由迷走神经咽支所支配的咽鼓管咽肌起源于咽鼓管软骨部的内侧和下部,常与部分腭咽肌一同嵌入咽壁,但该肌在相关研究中发现多形成不良,所以普遍认为该肌在咽鼓管功能中似乎没有重要的生理作用<sup>[32,51]</sup>。

## 4 咽鼓管与 Ostmann 脂肪垫的关系

Ostmann 脂肪垫是一个脂肪组织,沿着咽鼓管软骨的长轴延伸,主要部分位于管腔的侧下方,在腭帆张肌和咽鼓管软骨之间,对咽鼓管施加静压以辅助咽鼓管的闭合,增强咽鼓管对中耳的保护<sup>[52-53]</sup>。Ostmann 脂肪垫的最大平均厚度为 2.4 mm,其位于距咽口约 20 mm 处,从最厚处向咽口和鼓室口逐渐变薄<sup>[54]</sup>。在儿童和青少年时期其厚度已接近于成人,但高度在出生后不断增加,其体积的增长与咽鼓管的发育相协同,在 19 岁左右达到成人的尺寸,后随着年龄的增长而不断萎缩<sup>[55-56]</sup>。Ostmann 脂肪垫有两大功能,一为施加静压以辅助咽鼓管的被动闭合,有效防止噪声和病原微生物进入中耳,同时也可防止中耳的快速排空以维持中耳内压力的平衡;二为咽鼓管开放时施加静压防止其过度开放<sup>[54-55]</sup>。

现普遍认为 Ostmann 脂肪垫萎缩可导致咽鼓管扩张,而放射治疗、快速减肥和衰老等都可使其萎缩<sup>[52]</sup>。Yoshida等<sup>[57]</sup>通过相关研究发现咽鼓管扩张患者的 Ostmann 脂肪垫体积比健康人更小。Muñoz等<sup>[58]</sup>也发现在接受了减肥手术的患者中咽鼓管扩张的患病率较高,他们认为快速减肥是咽鼓管扩张的一个危险因素,并认为咽鼓管扩张的发病与体重减轻的程度和速度有关。在厌食症患者的一些相关报道中也提出了体重的减轻可致咽鼓管扩张<sup>[59]</sup>,所以体重的快速下降导致 Ostmann 脂肪垫变小,使咽鼓管软骨外压力降低而导致咽鼓管过度扩

张。但也有学者提出不同的看法,所以体重的变化是否会影响 Ostmann 脂肪垫的体积进而影响咽鼓管的开放与闭合还有待研究。

## 5 咽鼓管与颈内动脉的关系

由于外科学术的快速发展和鼻内镜手术已延伸到颅底区域,使颈内动脉和咽鼓管间的关系受到了极大的关注,在相关颅底手术中颈内动脉岩部是一个关键的解剖结构,但该部分的周围结构却很复杂,且在一些人中发现颈内动脉突入咽鼓管管腔,导致在手术时易出现一些严重的并发症包括颈内动脉损伤出血,为减少术中并发症的发生,了解颈内动脉的外科解剖显得十分重要<sup>[60-61]</sup>。

颈内动脉岩部通过颈内动脉骨管入颅,该部分为垂直段、水平段、两段相延续处的膝段。垂直段的平均长度为 12 mm,水平段的平均长度为 20 mm,垂直段与水平段之间的夹角平均为 105°<sup>[62-63]</sup>。垂直段的后方、前方、前外侧方分别与颈静脉窝、咽鼓管和鼓骨相毗邻,而其后外侧与茎突之间有舌下神经和舌下神经管通过<sup>[62]</sup>。水平段前方、后方、外侧与内侧分别与半月神经节、耳蜗、咽鼓管、岩上窦相毗邻<sup>[64]</sup>。

在颈内动脉骨管水平段前方与之相平行的是咽鼓管软骨部的骨床称为咽鼓管沟,其位于蝶骨大翼和颞骨岩部的交界处,咽鼓管从咽鼓管沟通过舟状窝到达鼻咽部。外科根据咽鼓管软骨与周围结构的解剖关系将咽鼓管软骨部分为 4 段,从后向前分别是岩骨段、破裂孔段、翼骨段和鼻咽段。岩骨段位于咽鼓管沟内在岩骨和蝶骨之间,破裂孔段位于破裂孔纤维软骨部的正下方并附着于其上,翼骨段在蝶骨舟状窝中走行在翼板内外侧之间,鼻咽段形成鼻咽部侧壁的一部分<sup>[53,65-66]</sup>。咽鼓管和颈内动脉的解剖关系还需进一步研究,以更好地指导相关手术的进行和减少并发症的发生。

## 6 咽鼓管与分泌性中耳炎的关系

分泌性中耳炎是儿童中最常见的耳部疾病,也是导致儿童听力减退甚至丧失的常见原因<sup>[67]</sup>。Zernotti等<sup>[68]</sup>提出 80% 的儿童 10 岁前主要集中在 3 岁前曾患分泌性中耳炎,2 岁时患病率为 20%,到 8 岁时降至 8%。目前认为分泌性中耳炎的主要病因是免疫系统功能不成熟和咽鼓管功能障碍,咽鼓

管功能障碍包括咽鼓管功能性阻塞和咽鼓管黏液纤毛清除系统受损<sup>[68-69]</sup>。分泌性中耳炎可诱导咽鼓管内腺体增生并形成黏液腺导致咽鼓管内腺体结构改变,并导致咽鼓管结构和功能异常<sup>[70]</sup>。咽鼓管平衡中耳与大气压的能力和廓清能力随着年龄的增长而改善,最明显的改善出现在3~7岁的年龄段,在该年龄段分泌性中耳炎的发病率也大幅下降,可能是随着年龄的增长咽鼓管方向发生变化以及咽鼓管旁肌肉功能的增强<sup>[71-72]</sup>,所以咽鼓管功能与分泌性中耳炎的发生相互影响。

咽鼓管经常保持关闭状态来防止病原微生物进入中耳腔以保持中耳的无菌环境,当咽鼓管顺应性变化或管旁肌肉功能障碍造成咽鼓管功能性阻塞,导致咽鼓管不能有效平衡中耳和大气压力使中耳内呈负压,中耳负压不利于中耳分泌物的排除,且当咽鼓管打开时,会将含有病原微生物的鼻咽分泌物吸入中耳致中耳被感染<sup>[73]</sup>。病原微生物在中耳黏膜中会诱发炎症反应,黏膜分泌大量黏蛋白使中耳分泌液黏度增高<sup>[22,74]</sup>,同时纤毛周围液层变厚,其上方的黏液层黏度也增加,导致正常的黏液纤毛清除系统功能障碍,中耳分泌物不能及时排出,高黏度的分泌液在中耳腔聚集,最后导致分泌性中耳炎的发生<sup>[75]</sup>。黏稠的分泌物不断聚集使咽鼓管阻塞进一步加重,中耳分泌物越难以排出,所以分泌性中耳炎的发生是一个恶性循环的过程,若不干预治疗,分泌性中耳炎会逐渐加重,我们在临床治疗中应扩张咽鼓管、抗炎等多方面综合治疗以取得好的疗效。

## 7 总结与展望

咽鼓管是维持中耳压力与外界大气压平衡和鼓室积液排除的重要通道,同时也可有效防止病原微生物进入中耳。随着鼻内镜和耳内镜技术的迅速发展,咽鼓管解剖结构受到了极大关注,但咽鼓管位置深在隐匿,周围结构复杂,所以难以探查清楚。随着外科技术的快速发展,对咽鼓管的解剖结构和生理功能的研究也在不断深入,咽鼓管和中耳等相关疾病的疗效也在不断提高。但目前对咽鼓管解剖结构的认识并不全面,且在很多结构的认识上仍存在很大争议,还需进一步的研究以得出更多确切的结果来支持相关外科手术的发展。

### 参考文献:

[1] Sudo M, Sando I, Ikui A, et al. Narrowest (isthmus) portion of

eustachian tube: a computer-aided three-dimensional reconstruction and measurement study [J]. *Ann Otol Rhinol Laryngol*, 1997, 106(7): 583-588.

- [2] Miura M, Sando I, Balaban CD, et al. Estimated locations of the narrowest portion of the eustachian tube lumen during closed and open states [J]. *Ann Otol Rhinol Laryngol*, 2002, 111(3): 255-260.
- [3] Proctor B. Embryology and anatomy of the eustachian tube [J]. *Arch Otolaryngol*, 1967, 86(5): 503-514.
- [4] Mansour S, Magnan J, Ahmad HH, et al. Comprehensive and clinical anatomy of the middle ear [M]. Cham: Springer, 2019.
- [5] Prades JM, Dumollard JM, Calloc'h F, et al. Descriptive anatomy of the human auditory tube [J]. *Surg Radiol Anat*, 1998, 20(5): 335-340.
- [6] Ishijima K, Sando I, Balaban C, et al. Length of the eustachian tube and its postnatal development: computer-aided three-dimensional reconstruction and measurement study [J]. *Ann Otol Rhinol Laryngol*, 2000, 109(6): 542-548.
- [7] Goldwyn RM. Gray's anatomy [J]. *Plast Reconstr Surg*, 1985, 76(1): 147-148.
- [8] Magro I, Pastel D, Hilton J, et al. Developmental anatomy of the eustachian tube: Implications for balloon dilation [J]. *Otolaryngol Head Neck Surg*, 2021, 165(6): 862-867.
- [9] Ars B, Dirckx J. Eustachian tube function [J]. *Otolaryngol Clin North Am*, 2016, 49(5): 1121-1133.
- [10] 丁国强,沈雁.咽鼓管粘膜超微结构及其细胞生物学与分泌性中耳炎的关系[J].*国外医学耳鼻咽喉科学分册*,2004,28(3): 137-140.
- [11] 汪磊,孙建和,胡宁.人咽鼓管粘膜的超微结构观察[J].*中华耳鼻咽喉科杂志*,1996,31(2):6-8.
- [12] Sando I, Takahashi H, Aoki H, et al. Mucosal folds in human eustachian tube: a hypothesis regarding functional localization in the tube [J]. *Ann Otol Rhinol Laryngol*, 1993, 102(1): 47-51.
- [13] 李江平,华清泉,吴展元,等.小鼠咽鼓管及其腺体的解剖学研究[J].*听力学及言语疾病杂志*,2007,15(02):135-138,178.
- [14] Cunsolo E, Marchioni D, Leo G, et al. Functional anatomy of the eustachian tube [J]. *Int J Immunopathol Pharmacol*, 2010, 23(1 Suppl): 4-7.
- [15] Oyagi S, Ito J, Honjo I. The origin of autonomic nerves of the eustachian tube as studied by the horseradish peroxidase tracer method [J]. *Acta Otolaryngol*, 1988, 105(3-4): 266-272.
- [16] Franz B, Anderson CR. The effect of the sympathetic and sensory nervous system on active eustachian tube function in the rat [J]. *Acta Otolaryngol*, 2007, 127(3): 265-272.
- [17] Lim DJ. Normal and pathological mucosa of the middle ear and eustachian tube [J]. *Clin Otolaryngol Allied Sci*, 1979, 4(3): 213-232.
- [18] Ueno K, Lim DJ. Heterogeneity of glycoconjugates in the secretory cells of the chinchilla middle ear and eustachian tubal epithelia: a lectin-gold cytochemical study [J]. *J Histochem Cytochem*, 1991, 39(1): 71-80.
- [19] 杨伟炎,王荣光,孙建和,等.咽鼓管粘膜分泌细胞与表面活性

- 物质样板层体的观察[J]. 中华耳鼻咽喉科杂志, 1995, 30(4): 224-226.
- [20] Kim KC, McCracken K, Lee BC, et al. Airway goblet cell mucin: its structure and regulation of secretion[J]. *Eur Respir J*, 1997, 10(11): 2644-2649.
- [21] Lin J, Tsuprun V, Kawano H, et al. Characterization of mucins in human middle ear and Eustachian tube[J]. *Am J Physiol Lung Cell Mol Physiol*, 2001, 280(6): L1157-L1167.
- [22] Kubba H, Pearson JP, Birchall JP. The aetiology of otitis media with effusion: a review[J]. *Clin Otolaryngol Allied Sci*, 2000, 25(3): 181-194.
- [23] Ars B, Dirckx J. Eustachian tube function[J]. *Otolaryngol Clin North Am*, 2016, 49(5): 1121-1133.
- [24] 朱崇元,魏兴梅,冯国栋. 中耳压力调节机制[J]. 中华耳科学杂志, 2021, 19(5): 837-840.
- [25] Eden AR, Laitman JT, Gannon PJ. Mechanisms of middle ear aeration: anatomic and physiologic evidence in primates[J]. *Laryngoscope*, 1990, 100(1): 67-75.
- [26] Mondain M, Vidal D, Bouhanna S, et al. Monitoring eustachian tube opening: preliminary results in normal subjects[J]. *Laryngoscope*, 1997, 107(10): 1414-1419.
- [27] Proctor B. Anatomy of the eustachian tube[J]. *Arch Otolaryngol*, 1973, 97(1): 2-8.
- [28] Abe M, Murakami G, Noguchi M, et al. Variations in the tensor veli palatini muscle with special reference to its origin and insertion [J]. *Cleft Palate Craniofac J*, 2004, 41(5): 474-484.
- [29] Huang MH, Lee ST, Rajendran K. A fresh cadaveric study of the paratubal muscles: implications for eustachian tube function in cleft palate[J]. *Plast Reconstr Surg*, 1997, 100(4): 833-842.
- [30] Ikeda R, Kobayashi T, Yoshida M, et al. Patulous eustachian tube and otitis media with effusion as complications after trigeminal nerve injury[J]. *Otol Neurotol*, 2017, 38(8): 1125-1128.
- [31] Heidsieck DS, Smarius BJ, Oomen KP, et al. The role of the tensor veli palatini muscle in the development of cleft palate-associated middle ear problems[J]. *Clin Oral Investig*, 2016, 20(7): 1389-1401.
- [32] Licameli GR. The eustachian tube. Update on anatomy, development, and function[J]. *Otolaryngol Clin North Am*, 2002, 35(4): 803-809.
- [33] Barsoumian R, Kuehn DP, Moon JB, et al. An anatomic study of the tensor veli palatini and dilator tubae muscles in relation to eustachian tube and velar function[J]. *Cleft Palate Craniofac J*, 1998, 35(2): 101-110.
- [34] Flores RL, Jones BL, Bernstein J, et al. Tensor veli palatini preservation, transection, and transection with tensor tenopexy during cleft palate repair and its effects on eustachian tube function[J]. *Plast Reconstr Surg*, 2010, 125(1): 282-289.
- [35] Hairston LE, Sauerland EK. Electromyography of the human palate: discharge patterns of the levator and tensor veli palatini[J]. *Electromyogr Clin Neurophysiol*, 1981, 21(2-3): 287-297.
- [36] Gannon PJ, Eden AR, Laitman JT. Functional compartments of the tensor veli palatini muscle[J]. *Arch Otolaryngol Head Neck Surg*, 1994, 120(12): 1382-1389.
- [37] Blakeway H. Investigations in the anatomy of the palate[J]. *J Anat Physiol*, 1914, 48(Pt 4): 409-416.
- [38] Seif S, Dellon AL. Anatomic relationships between the human levator and tensor veli palatini and the eustachian tube[J]. *Cleft Palate J*, 1978, 15(4): 329-336.
- [39] 金志勤,尚伟,孙健,等. 腭帆提肌及相关肌肉的尸体解剖研究[J]. 青岛大学医学院学报, 2001, 37(3): 179-182.
- [40] 赵久丽. 基于 Micro-CT 的正常人及腭裂患者腭咽部肌肉与周围结构的空间关系研究[D]. 北京:北京协和医学院, 2023.
- [41] Huang MH, Lee ST, Rajendran K. A fresh cadaveric study of the paratubal muscles: implications for eustachian tube function in cleft palate[J]. *Plast Reconstr Surg*, 1997, 100(4): 833-842.
- [42] Huang MH, Lee ST, Rajendran K. Anatomic basis of cleft palate and velopharyngeal surgery: implications from a fresh cadaveric study[J]. *Plast Reconstr Surg*, 1998, 101(3): 613-627.
- [43] Di W, Zhao J, Ma H, et al. Three-dimensional anatomy of the palatopharyngeus and its relation to the levator veli palatini based on micro-computed tomography[J]. *Plast Reconstr Surg*, 2021, 148(3): 389e-397e.
- [44] Shimokawa T, Yi SQ, Izumi A, et al. An anatomical study of the levator veli palatini and superior constrictor with special reference to their nerve supply[J]. *Surg Radiol Anat*, 2004, 26(2): 100-105.
- [45] Nohara K, Tachimura T, Wada T. Levator veli palatini muscle fatigue during phonation in speakers with cleft palate with borderline velopharyngeal incompetence[J]. *Cleft Palate Craniofac J*, 2006, 43(1): 103-107.
- [46] Perry JL, Kuehn DP, Sutton BP. Morphology of the levator veli palatini muscle using magnetic resonance imaging[J]. *Cleft Palate Craniofac J*, 2013, 50(1): 64-75.
- [47] Arnold WH, Nohadani N, Koch KH. Morphology of the auditory tube and palatal muscles in a case of bilateral cleft palate[J]. *Cleft Palate Craniofac J*, 2005, 42(2): 197-201.
- [48] Ishijima K, Sando I, Balaban CD, et al. Functional anatomy of levator veli palatini muscle and tensor veli palatini muscle in association with eustachian tube cartilage[J]. *Ann Otol Rhinol Laryngol*, 2002, 111(6): 530-536.
- [49] Rood SR, Doyle WJ. Morphology of tensor veli palatini, tensor tympani, and dilator tubae muscles[J]. *Ann Otol Rhinol Laryngol*, 1978, 87(2 Pt 1): 202-210.
- [50] Edmonson A, Iwanaga J, Olewnik Ł, et al. The function of the tensor tympani muscle: a comprehensive review of the literature [J]. *Anat Cell Biol*, 2022, 55(2): 113-117.
- [51] Florie MGH, Pilz W, Dijkman RH, et al. The effect of cranial nerve stimulation on swallowing: a systematic review[J]. *Dysphagia*, 2021, 36(2): 216-230.
- [52] Biadsee A, Fanadka F, Dagan O, et al. Ostmann's fat pad-does it really matter? [J]. *Ann Otol Rhinol Laryngol*, 2021, 130(2): 173-176.
- [53] Robert Y, Gaillandre L, Chaillet N, et al. Anatomy of the auditory tube: CT scan and MRI aspect[J]. *Ann Radiol*, 1992, 35

- (6): 444 - 452.
- [54] Leuwer R. Anatomy of the eustachian tube[J]. *Otolaryngol Clin North Am*, 2016, 49(5): 1097 - 1106.
- [55] Aoki H, Sando I, Takahashi H. Anatomic relationships between Ostmann's fatty tissue and eustachian tube[J]. *Ann Otol Rhinol Laryngol*, 1994, 103(3): 211 - 214.
- [56] Amoodi H, Bance M, Thamboo A. Magnetic resonance imaging illustrating change in the Ostmann fat pad with age[J]. *J Otolaryngol Head Neck Surg*, 2010, 39(4): 440 - 441.
- [57] Yoshida H, Kobayashi T, Takasaki K, et al. Imaging of the patulous Eustachian tube: high-resolution CT evaluation with multiplanar reconstruction technique[J]. *Acta Otolaryngol*, 2004, 124(8): 918 - 923.
- [58] Muñoz D, Aedo C, Der C. Patulous eustachian tube in bariatric surgery patients[J]. *Otolaryngol Head Neck Surg*, 2010, 143(4): 521 - 524.
- [59] Karwautz A, Hafferl A, Ungar D, et al. Patulous eustachian tube in a case of adolescent anorexia nervosa[J]. *Int J Eat Disord*, 1999, 25(3): 353 - 355.
- [60] Liu J, Pinheiro-Neto CD, Fernandez-Miranda JC, et al. Eustachian tube and internal carotid artery in skull base surgery: an anatomical study[J]. *Laryngoscope*, 2014, 124(12): 2655 - 2664.
- [61] Olander H, Järnstedt J, Poe D, et al. Critical distance between the cartilaginous eustachian tube and the internal carotid artery[J]. *Eur Arch Otorhinolaryngol*, 2017, 274(1): 73 - 77.
- [62] 孙艳, 邱前辉, 刘辉, 等. 颈内动脉颅底段重要解剖标志点的影像学测量[J]. *中国耳鼻咽喉颅底外科杂志*, 2010, 16(2): 81 - 85.
- [63] Ziyal IM, Ozgen T, Sekhar LN, et al. Proposed classification of segments of the internal carotid artery: anatomical study with angiographical interpretation[J]. *Neurol Med Chir (Tokyo)*, 2005, 45(4): 184 - 190.
- [64] Dew LA, Shelton C, Harnsberger HR, et al. Surgical exposure of the petrous internal carotid artery: practical application for skull base surgery[J]. *Laryngoscope*, 1997, 107(7): 967 - 976.
- [65] Zhen G, Fang-lu C, Pei-dong D. The anatomic relationship around the horizontal segment of petrous internal carotid artery: a study based on reconstructed computed tomography angiography[J]. *Surg Radiol Anat*, 2012, 34(8): 695 - 700.
- [66] Komune N, Matsuo S, Miki K, et al. Surgical anatomy of the eustachian tube for endoscopic transnasal skull base surgery: A cadaveric and radiologic study[J]. *World Neurosurg*, 2018, 112: e172 - e181.
- [67] 纪尧峰, 赵振鹿, 周钦, 等. 鼓膜置管联合咽鼓管吹张治疗儿童慢性分泌性中耳炎的疗效分析[J]. *中国耳鼻咽喉颅底外科杂志*, 2022, 28(6): 61 - 64.
- [68] Zemotti ME, Pawankar R, Ansotegui I, et al. Otitis media with effusion and atopy: Is there a causal relationship? [J]. *World Allergy Organ J*, 2017, 10(1): 37.
- [69] Eliçora SŞ, Öztürk M, Sevinç R, et al. Risk factors for otitis media effusion in children who have adenoid hypertrophy[J]. *Int J Pediatr Otorhinolaryngol*, 2015, 79(3): 374 - 377.
- [70] Munro KJ, Benton CL, Marchbanks RJ. Sonotubometry findings in children at high risk from middle ear effusion[J]. *Clin Otolaryngol Allied Sci*, 1999, 24(3): 223 - 227.
- [71] Bylander A. Function and dysfunction of the eustachian tube in children[J]. *Acta Otorhinolaryngol Belg*, 1984, 38(3): 238 - 245.
- [72] Bylander A, Tjernström O. Changes in Eustachian tube function with age in children with normal ears: A longitudinal study[J]. *Acta Otolaryngol*, 1983, 96(5 - 6): 467 - 477.
- [73] Fireman P. Otitis media and eustachian tube dysfunction: connection to allergic rhinitis[J]. *J Allergy Clin Immunol*, 1997, 99(2): S787 - S797.
- [74] MacArthur CJ, Pillers DA, Pang J, et al. Altered expression of middle and inner ear cytokines in mouse otitis media[J]. *Laryngoscope*, 2011, 121(2): 365 - 371.
- [75] Rovers MM, Schilder AG, Zielhuis GA, et al. Otitis media[J]. *Lancet*, 2004, 363(9407): 465 - 473.

(收稿日期:2024 - 01 - 27)

本文引用格式:严意意,刘翔毅,靳强利.咽鼓管解剖结构[J].中国耳鼻咽喉颅底外科杂志, 2024, 30(6):110 - 116. DOI:10.11798/j.issn.1007-1520.202424038

Cite this article as:YAN Yiyi, LIU Xiangyi, JIN Qiangli. Anatomical structure of eustachian tube[J]. *Chin J Otorhinolaryngol Skull Base Surg*, 2024, 30(6):110 - 116. DOI:10.11798/j.issn.1007-1520.202424038