

DOI:10.11798/j.issn.1007-1520.202422488

· 综述 ·

室带解剖组织学特点及生理作用的研究进展

肖芷雪^{1,2}, 康竞², 苏靖琳², 葛平江², 张思毅^{1,2}

(1. 华南理工大学医学院, 广东 广州 510006; 2. 南方医科大学附属广东省人民医院 广东省医学科学院 耳鼻咽喉头颈外科, 广东 广州 510030)

摘要: 声带被认为是声音的主要振动源, 其在发声机制中所起的作用已较明确, 而室带作为声门上区重要的结构, 其活动存在于正常和病理发声中, 但相关的发声研究却相对较少。因此本文综述了国内外文献中关于室带的研究成果, 明确室带在发声机制中的作用以及其在相关疾病中的表现。室带不仅具有物理和生理的保护功能, 还具有协同发声的作用。随着研究的不断深入, 将有助于深入了解人类发音, 并有助于言语病理学家更好地评估正常和异常发音, 从而改进对言语障碍的诊断和治疗, 也可对室带相关疾病的治疗提供新的希望。

关键词: 室带; 假声带; 发声; 功能

中图分类号: R767

Advances in the study of anatomical and histological characteristics and physiological functions of ventricular folds

XIAO Zhixue^{1,2}, KANG Jing², SU Jinglin², GE Pingjiang², ZHANG Siyi^{1,2}

(1. School of Medicine, South China University of Technology, Guangzhou 510006, China; 2. Department of Otolaryngology Head and Neck Surgery, Guangdong Provincial People's Hospital, Guangdong Academy of Medical Sciences, Southern Medical University, Guangzhou 510030, China)

Abstract: Vocal folds are considered as the main vibration source of sound. It is relatively clear how the vocal folds function in the mechanism of phonation. As an important part of supraglottic laryngeal structures, the activity of the ventricular folds exists in normal and pathological phonation. However, there has been relatively little research on phonation. Therefore, this paper reviews the research results of ventricular folds in domestic and foreign papers, and clarified the role of ventricular folds in the mechanism of phonation and the manifestations in related diseases. Ventricular folds not only have physical and physiological protective functions, but also play a synergistic role in phonation. With the development of research, it will help to understand human pronunciation, and help speech pathologists better assessment of normal and abnormal pronunciation. Therefore, it can improve the diagnosis and treatment for speech disorders, and also provide new hope for the treatment of ventricular folds related diseases.

Keywords: Ventricular folds; False Vocal Folds; Phonation; Function

室带又称为假声带, 是位于喉声门上间隙的一对厚的楔状黏膜皱襞。室带紧邻喉室, 位于声带的上方, 其形状和大小会影响通过喉部的气流, 从而影响发声。虽然近年的研究逐渐聚焦于声门上结构的应用解剖和共鸣作用^[1-4], 但目前的文献仍缺乏对室带的组织学、生理功能进行系统地综述。我们就室带的应用解剖学、组织学、功能和相关疾病几个方

面展开讨论。

1 室带的应用解剖学

基于目前的解剖学研究, 室带是由多组肌肉以及分散在固有层中的孤立肌纤维束组成的, 共同支配室带不同方向的活动。甲杓肌横束附着于室带外

基金项目: 国家自然科学基金(82000966)。

第一作者简介: 肖芷雪, 女, 在读硕士研究生; 康竞, 女, 博士, 主治医师。肖芷雪和康竞对本文有同等贡献, 为共同第一作者。

通信作者: 张思毅, Email: szhang555@hotmail.com

侧,影响发声时的室带高度^[5-7];室带后外侧边缘存在呈矢状方向的后外侧肌层,其收缩可能引起室带组织向中线内收^[4];在室带的前部,可以看到前外侧肌层附着于甲状软骨上。室带的前内侧肌系统位于喉室的内侧和背面,由分散的肌纤维群组成,前部的这些纤维可能与室带的内收和下移有关^[4,8]。

室带的运动神经支配除了来自喉上神经的外支^[9],还发现部分受喉返神经的支配^[10-12]。而室带的感觉神经支配主要来自喉上神经内支的分支^[9,13]。

2 室带的组织学

室带的结构可以分为3个主要的层次:上皮层、固有层和肌肉层。室带上皮层除了最上部分覆盖了复层鳞状上皮之外,还存在双层柱状上皮和完整的杯状细胞^[14]。固有层包含大量的细胞外基质,其主要由纤维蛋白和间质蛋白(如弹性蛋白)组成,充满多种细胞结构(如脂肪细胞、成纤维细胞等)、黏液腺结构、淋巴结、血管等存在其中。与声带相比,室带的固有层有着更密集的细胞和腺体结构^[15]。

这样的组织结构决定了室带的黏弹性,导致室带与声带的黏弹性差别。近年来 Kimura 等^[16]首次尝试定量人声门上结构在发声频率(100~250 Hz)下的黏弹性剪切特性,结果发现室带的弹性剪切模量 G' 和动态黏度 η' 均比声带偏高,这些流变学发现与组织学发现一致,即室带的腺体细胞结构更密集,黏膜下组织更疏松。这意味着室带更有可能以不规则的方式振动,这与临床经验也是相符的,即室带发声往往会产生粗糙的声音^[17]。但文中也提出,室带与声带组织的黏弹性差异并无明显的统计学意义,这说明在喉功能重建手术中,室带仍能作为声带重建的理想替代材料^[16]。

室带的黏弹性还与年龄、性别有关。Chan 等^[15]研究结果表明男性室带的组织硬度高于女性室带。这种生物力学上的差异可能与在男性和女性标本中观察到的初步定量组织学差异有关,在女性室带中发现了较高比例的腺体组织。他们推测室带中胶原蛋白和弹性蛋白空间排列的差异也可能导致组织弹性的性别差异。且随着年龄的增加,腺体结构会逐渐被脂肪组织取代,硬度也随之增加,而这种变化在男性中更明显。

虽然在组织学中室带与声带具有一定差异,但 Kimura 等^[16]的研究认为室带具有与声带相似的振动频率依赖性的黏弹性特质,因此在喉癌术后功能

重建中,室带为理想替代组织。

3 室带的功能

3.1 保护功能

室带的物理保护功能主要表现为增加胸腔内压力,完成咳嗽及喷嚏动作,大小便、呕吐、分娩时要求固定胸部升高腹腔压力,此时室带的括约肌作用极为重要。在吞咽过程中,室带的闭合比声带的关闭对保护下呼吸道更重要。Ohmae 等^[18]通过拍摄吞咽过程中各肌肉的运动情况,发现在正常和单侧复发性神经麻痹患者中室带比声带早闭合,并且室带闭合的持续时间比声带水平更长。

室带的生理性保护功能是通过其分泌产物来实现的。研究提示,室带分泌的黏液不同于眼表^[19]、鼻黏膜^[20]等黏膜分泌物,其分泌多种抗菌物质(溶菌酶、乳铁蛋白等)和免疫球蛋白(主要是 IgA)外,还包含各种碳水化合物(N-乙酰氨基葡萄糖、半乳糖等)。这些黏蛋白不仅可调节喉黏液^[21]的流变性能,还具有润滑声带、黏膜修复等作用。

Kutta 等^[22]的免疫组化显示柱状上皮细胞及固有层中浆膜腺可分泌三叶因子家族(trefoil factor family, TFF)如 TFF1、TFF3,其有助于润滑声带及创伤修复。TFF 可促进细胞迁移而不促进细胞分裂,在黏膜损伤部位上调来刺激和调节修复的过程^[23-25]。另外, Kutta 等^[21]研究表明室带上皮中浆细胞可分泌黏蛋白、抗菌肽和免疫球蛋白,形成的黏液毯可润滑声带,增加声带振动顺应性,从而改善声带黏膜振动,减少声音创伤。

3.2 协同发音功能

既往研究大多聚焦于声带的发音功能及机制,但对于室带参与发声的作用却不完全明确。室带通过声门上的共振影响发声过程中的第三共振峰^[26]。但目前的研究发现,室带不仅可通过调整共振峰来影响共鸣,还可通过影响发声时的流体力学来影响发声效率。这样的流体力学变化研究多采用物理模型和少量的动物模型验证,但目前相关研究部分存在矛盾,其结果还须在临床实验中进一步验证。但这样的流体力学变化可深化我们对室带及声门上结构作用的认识,提供未来疾病研究的方向和思路。

3.2.1 室带与声门气流 室带可通过影响声门气流来影响发声时的流体力学。多种喉模型研究显示室带的存在可减少声门区气流的湍流及能量损耗,增加声门气流的速度及能量转换。室带使声门喷射

气流减少散射并导致其在较长的距离保持层流, Kucinschi 等^[27]用机械静态发散声门模型,使用流动可视化研究显示室带存在时声门射流曲率减小,也进一步证实了此观点。Zheng 等^[28]认为室带引起的声门喷射气流的变直和延长,可减少散射的能量损耗,由此产生的较高声带流速可带动加速声带的振荡。

3.2.2 室带与流动阻力 室带的存在可以影响流动阻力,然而在不同的研究存在矛盾的结论。Alipour 等^[29]通过离体动物模型证实室带的存在可增加声门阻力,而去除室带将降低声门阻力及声强水平。Kniesburges 等^[30]发现室带增加了声门阻力,从而使得空气动力学能量更多地转换成声能,提高的能量转换率可进一步提高发声效率。但在另一些研究中发现室带的存在是降低声门阻力。其通过计算机模型发现室带的存在能增加声门平均气流,加大声带振幅,降低喉流动阻力^[28,31-32]。室带引起气流阻力差异的结果原因可能是与不同研究中选用的喉模型及计算声门阻力的方法不同有关。例如 Zhang 等^[31]通过只模拟单侧声带来简化他们的模型,但是仅考虑单侧声带,无法再现声门射流偏转等关键特征;Zheng 等应用的是忽略三维效应的喉部二维计算模型;而 Kniesburges 等^[30]的模型采用自振荡声带模型可计算比较喉内多个位置的压力分布。不同文章计算喉阻力方法也不同。Zheng 评估整个喉部的流动阻力;Kniesburges 等评估的是穿过声门的流动阻力;Alipour 等^[29]的结论是基于流动阻力差(通过喉部的所需平均压力随流速变化的速率)得出的。因此在最近的一项研究中,Sadeghi 等^[33]计算了不同区域的阻力结果,通过计算模型的建立进行了大涡模拟同时观察到这两种效应,结果显示喉阻力降低和声门阻力增加,该模型显示了室带对发声过程的影响:①可用于驱动声带的声门流总动能增加;②从声门流到声带的能量转移率增加。根据经典空气动力学,提高效率主要与减少损失有关。在发声中,目的是增加声门气流和声带之间的能量传递,这些是导致声带振动的基本机制。Sadeghi 等^[33]研究表示存在室带时,除了声带下部的力几乎未受影响外,声带上的总驱动力显著增加。且在声带开放和闭合相时,室带的存在均有助于能量的传递及转化。因此,增加的能量转化率有利于驱动声带振动,减少发声过程费力程度。

3.2.3 室带与发声阈值压力 室带还可以影响发声阈值压力(phonation threshold pressure, PTP),即

声带开始振动的最小声门下压力。Bailly 等^[34]在合成喉模型发现室带的存在可协同声带振动,使 PTP 降低。Birk 等^[35]在离体人喉中也发现同样的结果。就这一指标,Finnegan 等^[36]有不同的实验结果,他们认为有室带和会厌的犬喉,起始 PTP 值较高。造成这些差异的主要原因喉模型的多样性以及计算方式的不同,因此关于室带对 PTP 会产生怎样的影响仍没有定论。

3.2.4 室带与基频 关于室带与基频的关系也一直以来受到高度关注,研究结果也不尽相同。Zheng 等^[28,37]在二维、三维喉模型中的研究结果均表示室带的存在可轻微提高基频,但其变化没有显著的统计学差异。而 Herbst 等^[38]通过离体猪喉模型结果却显示室带的参与大大降低了基频,其原因可能是由室带的存在影响声带振动。室带下缘振动可降低声门关闭速度,从而延长声带振动周期^[39]。

3.2.5 室带与声强 室带还可以通过增加声音强度来帮助发声。Alipour 等^[29]研究表明室带的存在可显著影响声强,尤其是在低频范围(50 ~ 100 Hz)。Zhang 等^[31]预计在一定的声门下压力,室带的存在降低了流动阻力,加大声带振幅,从而导致声强的增大。因此室带也可以通过影响流动阻力来间接改变声音强度。

3.3 代偿功能

室带可在声带运动障碍时进行发声代偿。声带麻痹患者可在发音过程中出现室带代偿活动。其中30%的患者发现双侧室带代偿,70%的患者可出现单侧室带运动^[10-11]。Friedman 等^[40-43]的多项研究均使用室带作为声带切除术后声带重建材料。由于室带具备与声带接近的黏弹性,作为嗓音功能恢复材料具备方便、有效等特点。Riciz 等^[43]进一步利用喉肌电图来评估喉恶性肿瘤声带切除后甲杓肌纤维和环甲肌的电生理活动,结果表明:室带含有的甲杓肌纤维在发声过程中被激活,这些纤维显示运动单位募集,并在手术损伤后继续受到神经支配。该研究结果不仅证实了肌纤维在室带中的存在,而且证实了室带在声带运动障碍中发声代偿的电生理基础。

4 室带相关疾病

根据前述室带的相关功能,室带可显著影响发声过程。而在各种临床研究中也发现,室带功能的变化与嗓音相关疾病有关,如肌张力发音困难、痉挛

性发音障碍、声带麻痹、老年喉等。但目前尚不清楚室带功能的变化是导致这些疾病的原因,还是疾病发生过程中的伴随变化。

肌张力发音困难 (muscle tension dysphonia, MTD) 主要指发声时肌肉过度紧张导致的声音嘶哑。典型的喉镜表现即声门上结构的缩窄,包括室带过度内收导致的侧方缩窄和杓状软骨贴近会厌的前后缩窄。Stager 等^[44]发现 MTD 患者大多表现出动态的室带压缩。

室性发音困难是指室带在发声时错误振动导致的发声障碍。室带的振动可能影响声带振动导致发声中断,或形成两个振动源导致双音的情况。另外,由于室带和声带的黏弹性有差别,因此室带振动可能会产生异常音质。

Leonard 等^[45]研究发现痉挛性发音障碍 (spasmodic dysphonia, SD) 患者可伴随间歇性室带的错误内收。有学者^[46]发现单侧声带麻痹患者发声时,与瘫痪声带或对照组相比,非瘫痪声带或对侧声带明显存在更多的静态室带压迫。而且喉部功能正常的单侧轻瘫患者的室带压迫比那些喉功能异常的患者更大。另外,老年喉患者也发现了类似的室带内收现象,这样的现象可能与老年喉患者声门闭合不全出现声门上代偿有关。

在 MTD、SD 等多种疾病的病理发声过程中,常常可伴随室带的过度内收^[47-49]。但目前尚不清楚室带功能的变化是导致这些疾病的原因,还是疾病发生过程中的伴随变化。在所述室带的协同发音功能相关文献中,室带的存在可影响发声过程的流体力学,而相关室带内收的疾病可通过室带间隙的变化引起发声过程的变化。

大量研究表明相对窄的室带间隙延长了流动结构,可减少气流散射而加速声门气流速率,并加速声门开闭协同声带振动,降低 PTP^[50,36]。但过窄的室带间隙则可能破坏声门气流的稳定性^[51]。这样的差异主要和室带间隙与声带之间间隙的比值有关。若此间隙比值较大 (>10) 并不会对流动阻力产生影响^[37,52],而比值 ≈ 2 时流动阻力达到最小值,比没有室带时的阻力降低了 20% ~ 25%^[52]。

室带间隙的大小也会影响基频及声强,但不同研究存在矛盾的结果。Bailly 等^[39]在计算机模型中发现窄室带间隙使基频下降。但 Alipour 等^[53-54]在离体喉研究中发现,随着室带内收程度的增加,基频升高。Alipour 等^[53]研究表示声强似乎不受室带间隙调整的影响。而 Oren 等^[55]在离体喉中发现在室

带间隙为 3mm 的情况下,声压级可随着气流强度的增加而增加,但室带间隙为 7mm 时,声压级会降低。

这样的结果提示室带相关疾病过程中的室带过度内收可影响室带间隙大小进而影响发声的流体力学,从而改变声带振动及发声效能。这个推论还需要更多的研究予以证实。

5 总结

上述研究结果表明室带通过其保护、协同发声、代偿等功能参与生理及病理发音。虽然相关研究还在起始阶段,需要进一步临床研究,但这样的变化可深化我们对室带及声门上结构作用的认识,提供未来疾病研究的方向和思路。

参考文献:

- [1] Lindestad PA, Södersten M, Merker B, et al. Voice source characteristics in Mongolian "throat singing" studied with high-speed imaging technique, acoustic spectra, and inverse filtering[J]. J Voice, 2001, 15(1): 78 - 85.
- [2] Jackson C, Jackson CL. Dysphonia plicae ventricularis-Phonation with the ventricular bands[J]. Arch Otolaryngol Head Neck Surg, 1935, 21(2): 157 - 167.
- [3] Rosen M, Malmgren LT, Gacek RR. Three-dimensional computer reconstruction of the distribution of neuromuscular junctions in the thyroarytenoid muscle[J]. Ann Otol Rhinol Laryngol, 1983, 92(5 Pt 1): 424 - 429.
- [4] Reidenbach MM. The muscular tissue of the vestibular folds of the larynx[J]. Eur Arch Otorhinolaryngol, 1998, 255(7): 365 - 367.
- [5] Imamura R, Yoshida Y, Fukunaga H, et al. Thyroarytenoid muscle: functional subunits based on morphology and muscle fiber typing in cats[J]. Ann Otol Rhinol Laryngol, 2001, 110(2): 158 - 167.
- [6] Guida HL, Zorzetto NL. Morphometric and histochemical study of the human vocal muscle. [J]. Ann Otol Rhinol Laryngol, 2000, 109(1): 67 - 71.
- [7] Canalis RF. Laryngeal ventricle. Historical features[J]. Ann Otol Rhinol Laryngol, 1980, 89(2 Pt 1): 184 - 187.
- [8] Reidenbach MM. The periepiglottic space: topographic relations and histological organisation[J]. Anat, 1996, 188(Pt 1): 173 - 182.
- [9] Olthoff A, Schiel R, Kruse E. The supraglottic nerve supply: an anatomic study with clinical implications [J]. Laryngoscope, 2007, 117(11): 1930 - 1933.
- [10] Pinho SM, Pontes PA, Gadelha ME, et al. Vestibular vocal fold behavior during phonation in unilateral vocal fold paralysis[J]. J Voice, 1999, 13(1): 36 - 42.
- [11] Bielamowicz S, Kapoor R, Schwartz J, et al. Relationship among

- glottal area, static supraglottic compression, and laryngeal function studies in unilateral vocal fold paresis and paralysis[J]. *J Voice*, 2004,18(1):138-145.
- [12] Woodson GE. Configuration of the glottis in laryngeal paralysis. I: Clinical study[J]. *Laryngoscope*, 1993,103(11 Pt 1):1227-1234.
- [13] Sanders I, Mu L. Anatomy of the human internal superior laryngeal nerve[J]. *Anat Rec*, 1998,252(4):646-656.
- [14] Dickson DR, Maue W. Anatomical and physiological bases of speech[J]. *Anatomical Physiological Bases Speech*, 1991.
- [15] Chan RW, Fu M, Tirunagari N. Elasticity of the human false vocal fold[J]. *Ann Otol Rhinol Laryngol*, 2006,115(5):370-381.
- [16] Kimura M, Chan RW. Viscoelastic properties of human aryepiglottic fold and ventricular fold tissues at phonatory frequencies[J]. *Laryngoscope*, 2018,128(8):E296-E301.
- [17] Haji T, Mori K, Omori K, Isshiki N. Mechanical properties of the vocal fold. Stress-strain studies[J]. *Acta Otolaryngol*, 1992,112(3):559-565.
- [18] Ohmae Y, Logemann JA, Kaiser P, et al. Timing of glottic closure during normal swallow[J]. *Head Neck*, 1995,17(5):394-402.
- [19] Hazlett LD, Moon MM. Ocular surface complex carbohydrates are modified with aging[J]. *Exp Eye Res*, 1987,44(1):89-100.
- [20] Spicer SS, Schulte BA, Chakrin LW. Ultrastructural and histochemical observations of respiratory epithelium and gland[J]. *Exp Lung Res*, 1983,4(2):137-156.
- [21] Kutta H, Steven P, Kohla G, et al. The human false vocal folds-an analysis of antimicrobial defense mechanisms[J]. *Anat Embryol (Berl)*, 2002,205(4):315-323.
- [22] Kutta H, Steven P, Varoga D, et al. TFF peptides in the human false vocal folds of the larynx[J]. *Peptides*, 2004,25(5):811-818.
- [23] Graness A, Chwierski CE, Reinhold D, et al. Protein kinase C and ERK activation are required for TFF-peptide-stimulated bronchial epithelial cell migration and tumor necrosis factor-alpha-induced interleukin-6 (IL-6) and IL-8 secretion[J]. *J Biol Chem*, 2002,277(21):18440-18446.
- [24] Oertel M, Graness A, Thim L, et al. Trefoil factor family-peptides promote migration of human bronchial epithelial cells; synergistic effect with epidermal growth factor[J]. *Am J Respir Cell Mol Biol*, 2001,25(4):418-424.
- [25] Wright NA, Hoffmann W, Otto WR, et al. Rolling in the clover; trefoil factor family (TFF)-domain peptides, cell migration and cancer[J]. *FEBS Lett*, 1997,408(2):121-123.
- [26] Sundberg J. The source spectrum in professional singing[J]. *Folia Phoniatr (Basel)*, 1973,25(1):71-90.
- [27] Kucinski BR, Scherer RC, DeWitt KJ, et al. Flow visualization and acoustic consequences of the air moving through a static model of the human larynx[J]. *J Biomech Eng*, 2006,128(3):380-390.
- [28] Zheng X, Bielamowicz S, Luo H, et al. A computational study of the effect of false vocal folds on glottal flow and vocal fold vibration during phonation[J]. *Ann Biomed Eng*, 2009,37(3):625-642.
- [29] Alipour F, Jaiswal S, Finnegan E. Aerodynamic and acoustic effects of false vocal folds and epiglottis in excised larynx models[J]. *Ann Otol Rhinol Laryngol*, 2007,116(2):135-144.
- [30] Kniesburges S, Birk V, Lodermeier A, et al. Effect of the ventricular folds in a synthetic larynx model[J]. *J Biomech*, 2017,55:128-133.
- [31] Zhang C, Zhao W, Frankel SH, et al. Computational aeroacoustics of phonation, part II: Effects of flow parameters and ventricular folds[J]. *J Acoust Soc Am*, 2002,112(5 Pt 1):2147-2154.
- [32] Maceri DR, Lampe HB, Makielski KH, et al. Conservation laryngeal surgery. A critical analysis[J]. *Arch Otolaryngol*, 1985,111(6):361-365.
- [33] Sadeghi H, Döllinger M, Kaltenbacher M, et al. Aerodynamic impact of the ventricular folds in computational larynx models[J]. *J Acoust Soc Am*, 2019,145(4):2376.
- [34] Bailly L, Pelorson X, Henrich N, et al. Influence of a constriction in the near field of the vocal folds; physical modeling and experimental validation[J]. *J Acoust Soc Am*, 2008,124(5):3296-308.
- [35] Birk V, Sutor A, Dllinger M, et al. Acoustic impact of ventricular folds on phonation studied in ex vivo human larynx models[J]. *Acta Acustica united with Acustica*, 2016,102(2):244-256.
- [36] Finnegan EM, Alipour F. Phonatory effects of supraglottic structures in excised canine larynges[J]. *J Voice*, 2009,23(1):51-61.
- [37] Xue Q, Zheng X. The effect of false vocal folds on laryngeal flow resistance in a tubular three-dimensional computational laryngeal model[J]. *J Voice*, 2017,31(3):275-281.
- [38] Herbst CT, Nishimura T, Garcia M, et al. Effect of ventricular folds on vocalization fundamental frequency in domestic pigs (*sus scrofa domestica*) [J]. *J Voice*, 2021,35(5):805.e1-805.e15.
- [39] Bailly L, Henrich N, Pelorson X. Vocal fold and ventricular fold vibration in period-doubling phonation; physiological description and aerodynamic modeling[J]. *J Acoust Soc Am*, 2010,127(5):3212-3222.
- [40] Friedman M, Toriumi DM. Glottic reconstruction following hemilaryngectomy; false cord advancement flap [J]. *Laryngoscope*, 1987,97(7 Pt 1):882-884.
- [41] Fukuda H, Tsuji DH, Kawasaki Y, et al. Displacement of the ventricular fold following cordectomy [J]. *Auris Nasus Larynx*, 1990,17(4):221-228.
- [42] Brasnu D, Laccouraye O, Weinstein G, et al. False vocal cord reconstruction of the glottis following vertical partial laryngectomy: a preliminary analysis [J]. *Laryngoscope*, 1992,102(6):717-719.
- [43] Riez H, Bastos P, Aguiar-Riez L, et al. Electrophysiologic activity of the vestibular fold[J]. *Arch Otolaryngol Head Neck Surg*, 2010,136(6):616-620.
- [44] Stager SV, Bielamowicz SA, Regnell JR, et al. Supraglottic activity: evidence of vocal hyperfunction or laryngeal articulation?

- [J]. J Speech Lang Hear Res, 2000, 43(1): 229 – 238.
- [45] Leonard R, Kendall K. Differentiation of spasmodic and psychogenic dysphonias with phonoscopic evaluation[J]. Laryngoscope, 1999, 109(2 Pt 1): 295 – 300.
- [46] Stager SV, Bielamowicz SA. Using laryngeal electromyography to differentiate presbylarynges from paresis[J]. J Speech Lang Hear Res, 2010, 53(1): 100 – 113.
- [47] 张帅, 谢常宁, 刘勇, 等. 室性发音障碍的误诊分析[J]. 中国耳鼻咽喉颅底外科杂志, 2012, 18(6): 463 – 465.
- [48] 郭莹, 聂尔璇, 刘超, 等. 内收型痉挛性发音障碍患者动态喉镜表现及嗓音学特点[J]. 中国耳鼻咽喉颅底外科杂志, 2020, 26(4): 387 – 391.
- [49] 陈臻. 内收型痉挛性发声障碍的诊断[J]. 中国耳鼻咽喉颅底外科杂志, 2020, 26(4): 392 – 395.
- [50] Farbos de Luzan C, Oren L, Gutmark E, et al. Quantification of the Intraglottal Pressure Induced by Flow Separation Vortices Using Large Eddy Simulation[J]. J Voice, 2021, 35(6): 822 – 831.
- [51] Farahani MH, Mousel J, Alipour F, et al. A numerical and experimental investigation of the effect of false vocal fold geometry on glottal flow[J]. J Biomech Eng, 2013, 135(12): 121006.
- [52] Agarwal M, Scherer RC. Effects of false vocal fold width on trans-laryngeal flow resistance[J]. J Acoustical Society Am, 2001, 110(5): 2762.
- [53] Alipour F, Karnell M. Aerodynamic and acoustic effects of ventricular gap[J]. J Voice, 2014, 28(2): 154 – 160.
- [54] Alipour F, Finnegan E. On the acoustic effects of the supraglottic structures in excised larynges[J]. J Acoust Soc Am, 2013, 133(5): 2984 – 2992.
- [55] Oren L, Khosla S, Farbos de Luzan C, et al. Effects of false vocal folds on intraglottal velocity fields[J]. J Voice, 2021, 35(5): 695 – 702.
- (收稿日期: 2022 – 11 – 17)
- 本文引用格式:**肖芷雪, 康竞, 苏靖琳, 等. 室带解剖组织学特点及生理作用的研究进展[J]. 中国耳鼻咽喉颅底外科杂志, 2024, 30(1): 106 – 111. DOI: 10. 11798/j. issn. 1007 – 1520. 202422488
- Cite this article as:** XIAO Zhixue, KANG Jing, SU Jinglin, et al. Advances in the study of anatomical and histological characteristics and physiological functions of ventricular folds[J]. Chin J Otorhinolaryngol Skull Base Surg, 2024, 30(1): 106 – 111. DOI: 10. 11798/j. issn. 1007 – 1520. 202422488
- (上接第 105 页)
- [9] Cay A, Bektas D, Lmamoglu M, et al. Oral teratoma: A case report and literature review[J]. Pediatr Surg Int, 2004, 20(4): 304 – 308.
- [10] 滕以书, 洗志雄, 韩赛红, 等. 婴幼儿咽部毛状息肉五例[J]. 中华耳鼻咽喉头颈外科杂志, 2017, 52(7): 534 – 535.
- [11] Christianson B, Ulualp SO, Koral K, et al. Congenital hairy polyp of the palatopharyngeus muscle[J]. Case Rep Otolaryngol, 2013, 2013: 374681.
- [12] 陈伟, 陈佳瑞, 陈芳, 等. 内镜下射频消融治疗儿童急性感染期梨状窝瘘[J]. 中国耳鼻咽喉头颈外科, 2021, 28(2): 109 – 111.
- [13] Ibrahim N, Wooles NR, Elloy M, et al. A hairy situation[J]. BMJ Case Rep, 2015, 2015: bcr2015209825.
- (收稿日期: 2022 – 10 – 12)
- 本文引用格式:**张爱英, 温鑫, 耿江桥, 等. 低温等离子切除新生儿咽鼓管圆枕毛息肉 2 例[J]. 中国耳鼻咽喉颅底外科杂志, 2024, 30(1): 104 – 105, 111. DOI: 10. 11798/j. issn. 1007 – 1520. 202422411