

改良气脉冲治疗脑卒中气管切开伴吞咽障碍患者的研究进展

赵潇潇 姜永梅 郭启程 王亚娟 周笑涵

大连医科大学附属第二医院, 辽宁 大连 116000

通信作者: 姜永梅

【摘要】 吞咽障碍是脑卒中患者最常伴有的并发症之一,且吞咽障碍会增加不良预后和病死率。脑卒中伴吞咽障碍不仅影响患者吞咽安全,还会增加吸入性肺炎的发生风险,以及由于无法经口进食而导致的营养不良而出现其他并发症的相关风险。重症脑卒中会因为各种原因并发不同程度的呼吸功能障碍及吞咽障碍,当吞咽障碍较严重且气道保护不充分或需要长期通气时,则需进行气管切开术。但气管切开会使得吞咽时无法形成声门下压力、口咽部敏感度降低,这在一定程度上加重患者原有的吞咽功能障碍。及时改善脑卒中气管切开患者吞咽功能对于帮助患者预防相关并发症的发生、发展尤为重要。但目前国内外针对脑卒中伴吞咽障碍的气管切开患者吞咽障碍治疗还缺乏特异性的针对手段。在临床工作中,对改善脑卒中气管切开患者吞咽障碍进行研究发现,喉部感觉减退是导致患者吞咽反射延迟及咳嗽反射不敏感的重要原因之一。改良气脉冲是一种将气流运送到咽喉的特殊装置,可使气脉冲反复刺激吞咽反射相关感受区,应用于喉部结构的气脉冲刺激可以直接作用于外周感觉传入系统,间接作用于喉部运动和感觉的大脑皮层及相关区域。本文主要探讨改良气脉冲改善由于喉部感觉减退造成的吞咽障碍的可行性。

【关键词】 脑卒中;气管切开;吞咽障碍;改良气脉冲

【中图分类号】 R743.3 **【文献标识码】** A **【文章编号】** 1673-5110 (2022) 07-0920-05

基金项目: 中国卒中学会脑血管病全程管理项目启航基金(编号:2020017)

Research progress of modified air-pulse therapy for stroke patients with tracheotomy and dysphagia

ZHAO Xiaoxiao, JIANG Yongmei, GUO Qicheng, WANG Yajuan, ZHOU Xiaohan

The Second Hospital of Dalian Medical University, Dalian 116000, China

Corresponding author: JIANG Yongmei

【Abstract】 Dysphagia is one of the most common complications of stroke and is associated with poor prognosis and mortality. Stroke with dysphagia not only affects safe swallowing, but also increases the risk of aspiration pneumonia and other complications associated with malnutrition due to the inability to eat through the mouth. Severe stroke can be complicated by respiratory dysfunction and dysphagia to varying degrees for various reasons. When dysphagia is more serious and the airway protection is inadequate or long-term ventilation is required, tracheotomy is needed. However, tracheotomy can not form subglottic pressure during swallowing and reduce oropharyngeal sensitivity, which aggravates the original dysphagia to a certain extent. Timely improvement of swallowing function in stroke patients with tracheotomy is particularly important to help patients prevent the occurrence and development of related complications. However, there is still a lack of specific treatment for dysphagia in stroke patients with tracheotomy at home and abroad. In clinical work, we studied the improvement

DOI:10.12083/SYSJ.220431

本文引用信息:赵潇潇,姜永梅,郭启程,王亚娟,周笑涵.改良气脉冲治疗脑卒中气管切开伴吞咽障碍患者的研究进展[J].中国实用神经疾病杂志,2022,25(7):920-924. DOI:10.12083/SYSJ.220431

Reference information: ZHAO Xiaoxiao, JIANG Yongmei, GUO Qicheng, WANG Yajuan, ZHOU Xiaohan. Research progress of modified air-pulse therapy for stroke patients with tracheotomy and dysphagia [J]. Chinese Journal of Practical Nervous Diseases, 2022, 25(7): 920-924. DOI: 10.12083/SYSJ.220431

of dysphagia in stroke patients with tracheotomy, and found that laryngeal hypoesthesia is one of the important reasons leading to delayed swallowing reflex and insensitive cough reflex. Modified air-pulse is a special device for transporting air to the larynx, which can make the air pulse repeatedly stimulate the relevant sensory area of swallowing reflex. The air pulse stimulation applied to larynx structure can directly act on the peripheral sensory afferent system, and indirectly act on the cerebral cortex and related areas of larynx movement and sensation. This paper mainly discusses the feasibility of improving swallowing disorders caused by laryngeal hypoesthesia with modified air-pulse.

【Key words】 Stroke; Tracheotomy; Dysphagia; Modified; Air-pulses

脑卒中是成人中致残率最高的疾病^[1],是目前世界上第二大致死疾病。据统计,中国脑卒中每年的新增病例超过二百万,也是成年人的主要死亡原因^[2]。脑卒中患者死亡的主要原因是中枢神经系统相关原因(中枢呼吸和循环衰竭)。独立的危险因素包括脑疝、多器官功能衰竭、血脂异常、社区获得性肺炎、使用机械通气、低蛋白血症、高血压史和医院获得性肺炎^[3]。脑卒中的高发病率、高致残率及高病死率影响了患者的生活质量,给社会带来了严重的负担。随着现代医疗的发展,脑卒中患者的治疗和预后受到了极大的关注。

1 重症脑卒中与气管切开

重症脑卒中被定义为由于严重脑损伤而导致神经功能缺损的卒中患者^[4]。重症脑卒中患者多伴有意识障碍,且部分病人因为各种原因并发不同程度的呼吸功能障碍^[3]。重症脑血管病引起呼吸功能障碍的主要原因包括^[5]:(1)患者由于自主神经功能障碍、便秘、肠蠕动减弱等因素导致腹内高压,呕吐或胃内容物反流发生误吸,导致吸入性肺炎;(2)昏迷患者舌根后坠,堵塞呼吸道从而影响通气,甚至出现呼吸暂停;(3)重症脑血管病患者易出现呼吸中枢抑制,呼吸节律及呼吸模式改变、咳嗽反射减弱甚至消失;(4)患者易吸入带有病原菌的口咽分泌物引起肺部感染,且伴意识障碍患者肺部感染不易控制。为了改善机体缺氧状态及加强对气道的管理,防止患者发展为严重呼吸衰竭导致死亡,气管切开成为关键治疗之一^[6]。临床医生综合判断病情后,预计患者意识障碍不可短期恢复或需要长期人工气道、机械通气时,应考虑早期行气管切开术。早期行气管切开可清除患者呼吸道分泌物,保持呼吸道通畅,维持人体对氧气的需求,减少相关并发症及呼吸衰竭的发生^[7]。

2 脑卒中吞咽障碍

吞咽的神经生理学是一个复杂的过程,由脑干中的一个触发中心,即中枢模式发生器(CPG)调节,

接受来自外周黏膜受体、肌肉及中枢的信号传导,从而协调吞咽过程。吞咽的CPG位于延髓,相当于孤束核的区域,CPG由四个单位组成,每侧两个。孤束核从疑核接受传入纤维,然后将传出纤维发送到Vth、VIIth、IXth、Xth和XIIth脑神经核,这些脑神经核支配着吞咽的主要肌群。此外,孤束核从口腔、咽和喉部黏膜以及大脑上部区域接受感觉输入,并可以根据食团的性质(如大小、质地和温度)调节吞咽^[8]。吞咽障碍是指由于下颌、双唇、舌、软腭、咽喉、食管等器官结构和(或)功能受损不能安全有效地把食物输送到胃内的过程^[9]。脑卒中患者中,约有65%患者会发展成神经性吞咽障碍^[10]。对于伴有吞咽障碍的脑卒中患者来说,误吸是最重要的并发症,误吸会导致患者将口腔分泌物、食物残渣等吸入至肺部,引起吸入性肺炎,严重时会使患者窒息。虽然吸入性肺炎的发病是由于侵袭(吸入的口腔菌群类型和数量)和宿主抵抗力(气道保护性反射和免疫功能)之间的平衡被破坏引起的,但吞咽障碍与吸入性肺炎尤为相关^[11]。一般认为双侧皮质脑干束受损导致的假性延髓性麻痹以及与脑干相关核团受损导致的真性延髓性麻痹为导致卒中后吞咽障碍的主要原因,但单侧半球卒中也普遍存在吞咽障碍,约40%的单侧半球卒中患者同样出现了吞咽障碍,其中右侧大脑半球卒中导致的吞咽障碍较多见^[12]。发病机制可能与吞咽结构相关的皮质存在单侧化倾向,以及吞咽器官相关的周围神经受累有关^[13]。研究^[14]表明,脑卒中后伴吞咽障碍患者舌骨上肌群及甲状舌骨肌等吞咽相关肌群力量减弱,喉上抬幅度减小或消失,出现吞咽延迟和喉部感觉缺损现象从而导致误吸情况的发生,且吞咽延迟时间和感觉缺损程度与误吸的严重程度相关。

3 气管切开与吞咽障碍

危重、气管切开脑卒中患者吞咽障碍的病因比较复杂,它既包括脑卒中后中枢吞咽网络的破坏,也包括由于ICU治疗及其并发症从而对不同的外周结构造成的损坏。尤其是向CPG提供反馈的感觉神经

受到影响、运动神经和吞咽肌肉受到影响均可造成吞咽障碍的发生^[15]。吞咽功能障碍是脑卒中患者常见并发症,而气管切开留置气管套管,在一定程度上加重了吞咽功能障碍。气管切开造成吞咽障碍的主要原因包括^[16]:(1)呼吸道阻力的改变或消失,吞咽时无法形成声门下压;(2)有效的咳嗽反射减弱;(3)呼吸道解剖结构损伤,如气管切开、插管导致的直接创伤;(4)吞咽时的喉上抬减弱;(5)咽喉部敏感度降低、感觉功能减退;(6)呼吸/吞咽循环的断裂、呼吸吞咽不同步等。吞咽障碍的发生同样会使口腔分泌物误吸至肺部,增加气管切开患者吸入性肺炎的发病率,延长拔管时间。吞咽障碍的主要临床表现^[17]:(1)吞咽器官失用、咽部肌肉失用性萎缩;(2)喉入口关闭不足而渗漏、误吸、环咽肌失弛缓;(3)食团运送缓慢、残留、反流;(4)喉敏感性下降导致的保护性反射消失,咳嗽反射减弱、隐形渗漏或误吸;(5)慢性上呼吸道气体分流引起喉部关闭失调,喉内收反射减弱或消失,导致吞咽前、中期、后期的渗漏和误吸等。总之,喉部感觉功能减退和相关的气道保护不足是患者不能早期拔管的主要原因。

喉部参与了呼吸、吞咽和咳嗽的生理活动,以及涉及舌咽、咽部、喉部和气管支气管感受器的感觉运动反射反应^[18]。气管切开患者由于呼吸道解剖结构损伤导致咽喉部敏感度降低、感觉功能减退。喉部感觉缺陷患者更易出现吞咽障碍,有更高误吸风险^[19]。咽壁的机械感受器代替肌梭进行本体感觉,这些感受器提供有关咽部运动的关键信息,如吞咽、呼吸的发生,以及气道的保护与通畅。咽期感觉障碍可导致多种感觉缺陷,如吞咽延迟、吞咽前误吸,对咽部分泌物和(或)残留物的反应性降低及对误吸或渗透的反应性降低,不能感受到食物残渣及分泌物,正常的喉保护性反射就不能正常启动^[20]。且长期气管切开、胃食管反流、高龄患者等会使喉部感觉阈值升高^[21]。这可能导致分泌物和食物残渣更容易误吸至气管甚至导致吸入性肺炎。

喉内收肌反射是喉部对刺激的一种无意识的保护性反射,可防止异物误吸。刺激由喉上神经(SLN)支配的黏膜可以引起喉内收反射(LAR),即刺激喉上神经内支支配的喉部黏膜机械感受器后引起的一过性真声带的短暂闭合。大多数喉传入纤维包含在喉上神经内支中,是支配喉前庭的重要神经,该神经触发可吞咽或咳嗽反射,以保护气道免受阻塞^[22]。喉内收肌反射减弱的患者,包括气管插管时间较长的患者,患有隐性误吸的概率较大。对SLN的刺激

会引起哪种类型的反射(咳嗽、吞咽、喉痉挛或抑制呼气),取决于刺激的强度与类型^[23]。喉内收肌反射在临床上最有意义的应用是其在喉咽感觉辨别测试中的应用,且对判断吞咽障碍、慢性咳嗽、声带功能障碍或儿童呼吸暂停等有较重要的意义^[24]。SUN等^[21]对啮齿动物进行的研究指出,不同的同侧和对侧传出神经元活动对于呼吸与吞咽和咳嗽等其他喉内收肌行为的协调也很重要。广泛用于评估吞咽的两种金标准评估方式,吞咽造影检查与喉镜吞咽功能检查,均不能直接评估喉部感觉功能。喉咽是由SLN支配的区域,评估喉部感觉的主要困难之一是评估者必须使用评估工具到喉咽处,且不能进行标准感官辨别测试。KIDD等^[25]指出,喉咽感觉评估对吞咽障碍患者十分重要,其使用长棒的尖端触碰第X对脑神经支配的下咽来评估喉咽的感觉,结果表明喉咽感觉缺损以及卒中的严重程度与卒中后吸入性肺炎发展显著相关。但是这种评估方法的缺点是方法相对粗糙且难以反复评估。AVIV等^[26]开发了一种测量咽喉感觉的方法和技术,可以使用喉镜经鼻到咽喉处,通过喉镜端口向SLN及其分支支配的黏膜(梨状窦前壁或会厌襞)处进行持续时间为10 s,中间间隔10 s,压力强度为0~12 mmHg不等的空气脉冲刺激,以确定咽喉处感觉能力,在一定压力范围内改变空气脉冲,确定患者感受到的刺激最低值。在空气脉冲刺激下,可从镜头中看见声带闭合是一种短暂、快速、无节奏的双侧声带内收。故LAR可以作为喉咽感觉能力的客观衡量标准^[27]。在对脑卒中患者进行咽喉感觉刺激时,发现单侧皮质卒中患者咽喉部感觉缺陷位于卒中一侧的对侧,单侧脑干卒中患者喉部感觉缺陷位于受累脑干部位的同侧,所以感觉缺陷有可能与从喉部黏膜向大脑皮质传递感觉信息的顺行投射通路中断有关^[28]。喉内收肌或声门关闭反射最容易由向喉部黏膜进行气脉冲刺激引起,并与喉部感觉密切相关。喉镜用于吞咽感觉测试评估,来观察患者喉部感觉功能及喉内收反射^[29]。喉镜对喉部感觉评估的方法一般有两种:气脉冲法与触觉法。空气脉冲法为使用喉镜对喉部黏膜施加压力和持续时间控制的气脉冲,又称作咽喉感觉功能测试^[30]。触觉法是指用喉镜的端口触碰喉部黏膜以测试喉部感觉敏感度^[31]。COHEN等^[32]对305例吞咽障碍患者进行了349次连续喉镜吞咽感觉评估,其中仅有4例出现鼻出血现象,无气道损伤或喉痉挛,评估前后心率没有显著变化。结论是咽喉感觉功能测试是一种安全、耐受性好、可以在床旁进行的测

试,可以对气道保护进行定量和客观的评估。

4 脑卒中气管切开患者吞咽障碍治疗

治疗卒中后吞咽障碍的主要目标是促进自然恢复、提高吞咽功能、优化营养、降低误吸和其他并发症的风险。研究表明吞咽功能康复训练可以改善脑卒中吞咽障碍患者的预后和生存质量^[33]。不同阶段吞咽问题的治疗基于通过临床和仪器评估获得的信息。在口腔期,根据口腔障碍部位进行针对性的康复训练。咽期的治疗则着重解决运动时序性问题,气道保护以及残留物的清除。因为部分脑卒中气管切开患者伴有意识障碍或认知障碍,无法主动配合康复训练,同时又留有气管套管,吞咽障碍的治疗方式是有限的。治疗前要评估患者临床稳定情况,积极处理影响因素(痰液分泌物管理、反流),其主要治疗方法包括^[9]:(1)口腔吞咽感觉运动训练技术;(2)喉部感觉障碍的干预与治疗;(3)姿势调整治疗;(4)电刺激及其他技术治疗;(5)咽部导尿管球囊扩张术;(6)直接摄食训练;(7)呼吸功能训练;(8)误吸的判断及处理等。

气脉冲是治疗脑卒中气管切开患者较重要的手段之一,其作用机制通过气流冲击刺激口腔黏膜诱发吞咽反射,提高口腔黏膜敏感性,加快吞咽启动。气脉冲可增强肌肉力量,预防费用性萎缩,促进吞咽运动再学习。THEURER 等^[34-36]分别为 4 名健康女性、8 名大脑半球卒中伴发吞咽障碍患者、18 名健康老年人进行口咽气脉冲治疗,为每名受试者定制牙弓夹板,在牙弓夹板外下缘嵌有沿下颌骨牙槽嵴走行的导管,并从牙弓夹板后面延伸约 1 cm 的硅胶导管;在终端硅胶管侧壁开一个圆形开口,该开口可将空气脉冲导向外侧口咽的扁桃体周围区域,夹板的左右两侧装有单独的硅胶管,以便进行单侧刺激。结果显示,口咽空气脉冲刺激可易化吞咽,可使静息吞咽率增加,尤其是进行双侧刺激。有研究者用气囊连接导气管,将输液管调节阀置于导气管中间,治疗时导气管头端置于急性脑梗死吞咽障碍患者的舌腭弓、舌根部、咽后壁处,快速按压气囊的同时指导患者做吞咽动作,患者吞咽功能有所好转。有研究者使用简易气脉冲装置刺激脑卒中患者软腭、舌后跟和咽后壁并结合柠檬冰棉签治疗吞咽障碍患者,患者吞咽障碍改善。但由于现在使用较多的气脉冲生成设备多为简易气囊,用手按压气囊产生空气压力,刺激咽,咽峡,咽后壁,扁桃体等部位,刺激所引出的吞咽次数较少且存在不够便捷或精细、压力不

恒定、定位不准等问题。

5 改良气脉冲

临床尝试对气脉冲治疗进行改良,即使用喉镜连接湿化氧气瓶制成改良气脉冲。氧气脉冲可以通过喉镜端口输出,反复刺激吞咽反射相关感受区,治疗由于喉部感觉减退造成吞咽延迟、吞咽次数减少的吞咽障碍患者。有研究指出,刺激由迷走神经咽支或喉上神经内支及舌咽神经(GPN)形成的致密神经丛支配的感受区在触发或调节吞咽反射方面有效,还可引出防御性咳嗽反射。这些感受区对应于会厌和杓状软骨、咽侧壁、扁桃体周围区域的喉黏膜^[37]。改良气脉冲可以在特定压力下对会厌、杓状软骨处喉部黏膜进行重复刺激,予以喉部黏膜动态触觉、压力、温度觉来诱发喉咽保护性反射及正常吞咽动作。脑具有强大的可塑性及功能重组功能,通过反复感觉刺激可促进功能性神经通路的形成,巩固新建突触或新启用突触的效率,激活相关功能区,促进吞咽相关肌群肌力与协调性的恢复,最终改善吞咽功能。改良气脉冲可以在治疗前后对患者进行喉咽的生理解剖和生理评估,观察患者的吞咽过程中会厌的形态和功能,如口咽分泌物聚积在会厌谷和梨状隐窝的量/颜色/浓度、喉部的对称性/活动范围/幅度、声带运动活动度/运动次数、吞咽的速度与协调性、每分钟自发吞咽动作次数、感觉检查(气脉冲、触觉)等,且当喉镜连接吸引器时可以帮助患者清理咽喉中残留的口咽分泌物。其还有一个优点即意识障碍的脑卒中吞咽患者可以在床旁完成治疗,且能通过心电监护、指脉氧等随时观察患者的生命体征,同样防止搬运患者时出现意外。

6 参考文献

- [1] CHEN R, HU Z, CHEN R L, et al. Socioeconomic deprivation and survival after stroke in China: a systematic literature review and a new population-based cohort study[J]. *BMJ Open*, 2015, 5(1):e005688. DOI:10.1136/bmjopen-2014-005688.
- [2] GBD 2016 Causes of Death Collaborators. Global, regional, and national age-sex specific mortality for 264 causes of death, 1980-2016: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2016 [J]. *Lancet*, 2017, 390 (10100): 1151-1210. DOI:10.1016/S0140-6736(17)32152-9.
- [3] YUAN M Z, LI F, FANG Q, et al. Research on the cause of death for severe stroke patients [J]. *J Clin Nurs*, 2018, 27 (12): 450-460. DOI:10.1111/jocn.13954.
- [4] BILL O, ZUFFEREY P, FAOUZI M, et al. Severe stroke: patient profile and predictors of favorable outcome [J]. *J Thromb Haemost*, 2013, 11(1):92-99. DOI:10.1111/jth.12066.
- [5] 董亮艳. 重症脑血管病患者气管切开时机的选择与预后[D]. 银川:宁夏医科大学,2011.

- [6] 郑桂花,李启云,潘淑芬,等. 吞咽功能康复训练对脑卒中后吞咽障碍患者的效果评价[J]. 中国实用神经疾病杂志, 2021, 24(13):1158-1162. DOI:10.12083/SYSJ.2021.17.001.
- [7] WANG H, DING B. Application of low damage endotracheal intubation in patients undergoing extra long-term endotracheal intubation: a case report [J]. Zhonghua Wei Zhong Bing Ji Jiu Yi Xue, 2017, 29(7):644-646. DOI:10.3760/cma.j.issn. 2095-4352.2017.07.015.
- [8] RESTIVO D A, HAMDY S. Pharyngeal electrical stimulation device for the treatment of neurogenic dysphagia: technology update [J]. Med Devices (Auckl), 2018, 11: 21-26. DOI: 10.2147/MDER.S122287.
- [9] 中国吞咽障碍康复评估与治疗专家共识组. 中国吞咽障碍评估与治疗专家共识(2017年版)第一部分 评估篇[J]. 中华物理医学与康复杂志, 2017, 39(12): 881-892. DOI: 10.3760/cma.j.issn.0254-1424.
- [10] HINES S, KYNOCH K, MUNDAY J. Nursing Interventions for Identifying and Managing Acute Dysphagia are Effective for Improving Patient Outcomes: A Systematic Review Update [J]. J Neurosci Nurs, 2016, 48(4): 215-223. DOI: 10.1097/JNN.0000000000000200.
- [11] MATSUMURA T, MITANI Y, OKI Y, et al. Risk factors for the onset of aspiration pneumonia among stroke patients in the recovery stage [J]. Nihon Ronen Igakkai Zasshi, 2014, 51(4): 364-368. DOI:10.3143/geriatrics.51.364.
- [12] HAMDY S, ROTHWELL J C, AZIZ Q, et al. Organization and reorganization of human swallowing motor cortex: implications for recovery after stroke [J]. Clin Sci (Lond), 2000, 99(2): 151-157.
- [13] SMITH E E, KENT D M, BULSARA K R, et al. Effect of Dysphagia Screening Strategies on Clinical Outcomes After Stroke: A Systematic Review for the 2018 Guidelines for the Early Management of Patients With Acute Ischemic Stroke [J]. Stroke, 2018, 49(3): e123-e128. DOI:10.1161/STR.0000000000000159.
- [14] STEELE C M, CICHERO J A. Physiological factors related to aspiration risk: a systematic review [J]. Dysphagia, 2014, 29(3): 295-304. DOI:10.1007/s00455-014-9516-y.
- [15] SUNTRUP S, MARIAN T, SCHRÖDER J B, et al. Electrical pharyngeal stimulation for dysphagia treatment in tracheotomized stroke patients: a randomized controlled trial [J]. Intensive Care Med, 2015, 41(9): 1629-1637. DOI:10.1007/s00134-015-3897-8.
- [16] ZUERCHER P, MORET C S, DZIEWAS R, et al. Dysphagia in the intensive care unit: epidemiology, mechanisms, and clinical management [J]. Crit Care, 2019, 23(1): 103. DOI: 10.1186/s13054-019-2400-2.
- [17] VAN DER MEER G, FERREIRA Y, LOOCK J W. The S/Z ratio: a simple and reliable clinical method of evaluating laryngeal function in patients after intubation [J]. J Crit Care, 2010, 25(3): 489-492. DOI:10.1016/j.jcrc.2009.11.009.
- [18] LUDLOW C L. Laryngeal Reflexes: Physiology, Technique, and Clinical Use [J]. J Clin Neurophysiol, 2015, 32(4): 284-293. DOI:10.1097/WNP.0000000000000187.
- [19] CUELLAR M E, HARVEY J. Predictive value of laryngeal adductor reflex testing in patients with dysphagia due to a cerebral vascular accident [J]. Int J Speech Lang Pathol, 2019, 21(6): 593-601. DOI:10.1080/17549507.2018.1512652.
- [20] PAYDARFAR D. Protecting the airway during swallowing: what is the role for afferent surveillance? [J]. Head Neck, 2011, 33(Suppl 1): S26-9. DOI:10.1002/hed.21907.
- [21] SUN Q J, CHUM J M, BAUTISTA T G, et al. Neuronal mechanisms underlying the laryngeal adductor reflex [J]. Ann Otol Rhinol Laryngol, 2011, 120(11): 755-760. DOI: 10.1177/000348941112001110.
- [22] AMBALAVANAR R, TANAKA Y, SELBIE W S, et al. Neuronal activation in the medulla oblongata during selective elicitation of the laryngeal adductor response [J]. J Neurophysiol, 2004, 92(5): 2920-2932. DOI:10.1152/jn.00064.2004.
- [23] MILLER A J, LOIZZI R F. Anatomical and functional differentiation of superior laryngeal nerve fibers affecting swallowing and respiration [J]. Exp Neurol, 1974, 42(2): 369-387. DOI: 10.1016/0014-4886(74)90033-8.
- [24] DOMER A S, KUHN M A, BELAFSKY P C. Neurophysiology and Clinical Implications of the Laryngeal Adductor Reflex [J]. Curr Otorhinolaryngol Rep, 2013, 1(3): 178-182. DOI:10.1007/s40136-013-0018-5.
- [25] KIDD D, LAWSON J, NESBITT R, et al. Aspiration in acute stroke: a clinical study with videofluoroscopy [J]. Q J Med, 1993, 86(12): 825-829.
- [26] AVIV J E, MARTIN J H, JONES M E, et al. Age-related changes in pharyngeal and supraglottic sensation [J]. Ann Otol Rhinol Laryngol, 1994, 103(10): 749-752. DOI: 10.1177/000348949410301001.
- [27] AVIV J E. Clinical assessment of pharyngolaryngeal sensitivity [J]. Am J Med, 2000, 108 Suppl 4a: 68s-72s. DOI: 10.1016/s0002-9343(99)00338-1.
- [28] AVIV J E, SACCO R L, MOHR J P, et al. Laryngopharyngeal sensory testing with modified barium swallow as predictors of aspiration pneumonia after stroke [J]. Laryngoscope, 1997, 107(9): 1254-1260. DOI:10.1097/00005537-199709000-00018.
- [29] SCHINDLER A, GINOCCHIO D, PERI A, et al. FEESST in the rehabilitation of dysphagia after partial laryngectomy [J]. Ann Otol Rhinol Laryngol, 2010, 119(2): 71-76. DOI: 10.1177/000348941011900201.
- [30] AVIV J E, KIM T, SACCO R L, et al. FEESST: a new bedside endoscopic test of the motor and sensory components of swallowing [J]. Ann Otol Rhinol Laryngol, 1998, 107(5 Pt 1): 378-387. DOI:10.1177/000348949810700503.
- [31] RUOPPOLO G, SCETTINO I, BIASIOTTA A, et al. Afferent nerve ending density in the human laryngeal mucosa: potential implications on endoscopic evaluation of laryngeal sensitivity [J]. Dysphagia, 2015, 30(2): 139-144. DOI: 10.1007/s00455-014-9589-7.
- [32] COHEN M A, SETZEN M, PERLMAN P W, et al. The safety of flexible endoscopic evaluation of swallowing with sensory testing in an outpatient otolaryngology setting [J]. Laryngoscope, 2003, 113(1): 21-24. DOI:10.1097/00005537-200301000-00004.
- [33] 舒琳睿,孙道东,周婷,等. DTI在脑卒中后假性延髓性麻痹吞咽障碍患者的研究进展 [J]. 中国实用神经疾病杂志, 2022, 25(3): 381-385. DOI:10.12083/SYSJ.220207.
- [34] THEURER J A, BIHARI F, BARR A M, et al. Oropharyngeal stimulation with air-pulse trains increases swallowing frequency in healthy adults [J]. Dysphagia, 2005, 20(4): 254-260. DOI: 10.1007/s00455-005-0021-1.
- [35] THEURER J A, JOHNSTON J L, FISHER J, et al. Proof-of-principle pilot study of oropharyngeal air-pulse application in individuals with dysphagia after hemispheric stroke [J]. Arch Phys Med Rehabil, 2013, 94(6): 1088-1094. DOI:10.1016/j.apmr.2012.11.033.
- [36] THEURER J A, CZACHOROWSKI K A, MARTIN L P, et al. Effects of oropharyngeal air-pulse stimulation on swallowing in healthy older adults [J]. Dysphagia, 2009, 24(3): 302-313. DOI: 10.1007/s00455-009-9207-2.
- [37] YOSHIDA Y, TANAKA Y, HIRANO M, et al. Sensory innervation of the pharynx and larynx [J]. Am J Med, 2000, 108 Suppl 4a: 51s-61s. DOI:10.1016/s0002-9343(99)00342-3.