

声门上喷射通气的临床应用进展

戴天 冯艺 梁汉生

声门上喷射通气(supraglottic jet ventilation, SJV)是指通过经口或经鼻的声门上气道装置,以一定压力将气流喷射入气道,改善或增强通气氧合作用的一种气道管理方式。SJV 是在正压通气和喷射通气的基础上演变而来,具有明确的改善通气氧合效果,且并发症更少^[1]。越来越多的临床应用提示 SJV 的重要性。本文就 SJV 历史演变及其特点、适应证及禁忌证、临床应用领域及其效果以及并发症等研究进展进行综述。

SJV 的历史演变及其特点

SJV 是在半个世纪以来的多种通气方式,特别是在正压通气、高频通气和喷射通气的基础上,出于降低并发症的考虑而发展起来的^[1]。高频通气的发展开始于 20 世纪 60 年代末,瑞典生理学者在进行试验时为了减少通气造成的血压波动,使用略高于解剖无效腔容量的潮气量结合高频率来进行通气,意外取得了良好的通气效果。随后一批瑞典学者对此方法进行了系统的研究并在研究成果中将这种通气方式称为“高频正压通气(high frequency positive pressure ventilation, HFPPV)”^[2]。高频通气使呼吸做功增加,易致肺疲劳;长时间应用使二氧化碳潴留,易致酸碱失衡及电解质紊乱。1972 年,高频振荡通气(high frequency oscillation ventilation, HFOV)问世,其原理是通过气流振荡维持氧合。1977 年,美国研究者结合高频通气和喷射通气原理研究设计出一种高频喷射呼吸机,用于实施高频率间歇性喷射通气(high frequency jet ventilation, HFJV)^[3]并进行了大量动物实验。喷射通气(jet ventilation, JV)是气道管理中常见的一种通气方式,其通过喷射通气装置将气流在低压下经过喷射管喷入患者气道内,保证氧合。气流进入时产生“文丘里效应”,将开放空间周围气体共同带进气道,其后紧随着被动的呼气,以此完成肺通气。随后,喷射通气被广泛应用于胸科、耳鼻喉科等需要共用气道的手术的麻醉管理中。但喷射通气存在较突出问题是气压伤、二氧化碳潴留以及气道炎症反应。相较于正压通气、高频通气和声门下喷射通气,SJV 的优势在于保证通气氧合的前提下,明显减少了气道并发症。

目前认为 JV 的作用原理主要是几种机制共同作用的结果^[4-5]:(1)直接肺泡通气。(2)对流性扩散通气。(3)摆动或并联肺单位间气体的快速往返流动。(4)增强扩散(弥

散)或 Taylor 湍流扩散。(5)分子弥散。(6)声学共振。JV 可根据喷射频率不同分为常频喷射通气(喷射频率<60 次/分)和常频喷射通气(达到正常呼吸频率 4 倍以上),也可根据喷射途径将其分为 SJV 和声门下喷射通气。SJV 一般通过声门上气道装置来完成;声门下喷射通气一般通过无创或有创方法置入的气管导管来完成。

SJV 作为 JV 的一种形式,具有以下优点:(1)喷射通气为开放系统,更加适合于咽喉部手术如硬支镜检查、气管异物取出等,也适用于气管切除、支气管胸膜瘘等肺科手术及单肺通气的情形,其在气道管理方面也拥有优势,能够在处理气道过程中提供持续的气流,保证氧供,同时可以和多种气道管理工具如可视喉镜、光棒、可视插管软镜(纤维支气管镜)等联合应用,作为气管插管前的安全过渡。(2)具有的高频通气特点使得其在通气程中不引起膈肌的大幅度移动,能够提供给术者良好的操作条件,尤其适用于体外冲击波治疗肾结石、房颤射频消融等需要术野相对稳定的手术。(3)潮气量低,甚至低于解剖死腔量,故适用于血容量不足、休克的患者,能够减少气道压增高、胸内压增高对这类患者带来的循环波动,同时保证氧合。

SJV 与其他类型 JV 比较,由于其放置位置不同,从而避免了许多并发症。(1)与经气管喷射通气(trans tracheal jet ventilation, TTJV)比较:TTJV 是一种紧急气道处理方法,属于 JV 的常见类型,特点在于“经气管”。在无法插管也无法氧合的情况下可以通过 TTJV 进行通过较粗的穿刺针连接通气装置进行通气,维持氧合。但 TTJV 属于有创操作,高频气体可能造成气压伤。其次,TTJV 在肥胖患者的操作可能存在困难。此外 TTJV 不便于监测 $P_{ET}CO_2$ 。SJV 能够大大降低上述并发症。由于 SJV 的喷射位置位于声门上,作用部位主要是口腔,更能够给气体足够的空间逸出,保证通气系统开放,从而减少气压伤的发生对于可能存在困难通气的肥胖人群,SJV 只需要经过鼻咽通道进行通气,操作无创便捷,减轻患者痛苦。(2)与 HFJV 比较:HFJV 作为 JV 的一种形式,特点在于“高频”,一般使用导管伸入声门进行通气,常见的并发症包括气压伤、二氧化碳蓄积和气体湿化不足。有研究表明通气频率>300 次/分会增加二氧化碳蓄积^[6],长期使用可能造成坏死性气管支气管炎^[7]。而 SJV 使用中这三种并发症的发生率就会大大降低,这也是由于 SJV 的喷射位置、可以低频通气的特点决定的。

SJV 的适应证包括短时间改善通气氧合、预给氧、与手术共用气道等。SJV 的禁忌证包括鼻衄、鼻腔狭窄、长期服用抗凝药物、鼻炎发作、严重反流疾病、严重呼吸道、心脑血管

DOI: 10.12089/jca.2020.07.022

作者单位:100044 北京大学人民医院麻醉科

通信作者:梁汉生,Email: doctorlianghsh@sina.com

管疾病史等。

SJV 的临床应用

SJV 喷射气流起源于声门上、无创、低气道压、可以为气道管理的全程提供氧供的特点,更加安全、便捷,不容易出现气压伤,临床应用前景更加广阔。近年来,对于 SJV 的研究也日益广泛,目前 SJV 的临床应用大致有以下几个方向。

在胃肠镜检查中的应用 在无痛胃镜检查中,患者的围术期死亡率达 0.006%,经食道逆行胆道镜检查的死亡率可高达 0.01%,其中 50%是由心肺并发症引起的。缺氧是最常见的并发症,其发生率可达到 51%,即使是使用了鼻咽通气导管的患者,其低氧血症的发生率也能达到 7.3%^[8]。肥胖、高龄、深度镇静等因素进一步增加呼吸抑制发生的可能性,俯卧位增加气道管理的难度^[9]。无痛胃肠镜检查通常使用丙泊酚镇静,有时复合咪达唑仑、芬太尼、舒芬太尼等阿片类药物,患者呼吸暂停发生率较高,容易出现低氧血症。传统的处理方法一般为置入鼻咽通气导管被动供氧维持 SpO₂。SJV 不需进行气管插管即可提供氧合,且不对抗自主呼吸,适合于使用丙泊酚镇静下的无痛胃肠镜检查。一般在使用丙泊酚镇静下的无痛胃肠镜检查中,间歇性 SJV 足以维持氧合。常见的 SJV 工具为魏氏鼻咽喷射通气导管(WEI nasal jet tube, WNJ),置入深度 14~15 cm,相当于鼻翼至耳垂距离。WNJ 的优点是带有双侧孔,一侧孔用于喷射通气,另一侧孔用于监测二氧化碳,主孔用于逸气,气道更加开放,可明显降低并发症发生率^[1]。通过气流声、胸廓起伏判断位置,使其正对声门驱动压 20~25 psi,频率 15 次/分, I : E 1 : 2~1 : 1。对于发生呼吸抑制的患者, SJV 能提供足够的氧合。可以通过导管尖端的测量管监测 P_{ET}CO₂来监测患者呼吸情况。在这些研究中,人们对喷射通气最熟知的气压伤这种并发症并不常见,但有少数患者有小量鼻出血的发生。

Qin 等^[8]一项多中心随机对照研究中, SJV 用于丙泊酚镇静下的无痛胃镜检查, 1 781 例进行无痛胃镜检查的门诊患者,用 WNJ 进行 SJV 较面罩吸氧患者的低氧血症发生率明显降低(3% vs 9%),同时患者舒适度提高。Yang 等^[10]在一项利用 SJV 进行静脉注射丙泊酚无痛结肠镜检查的随机对照试验中, SJV 能在提供有效氧合和通气的同时对呼吸进行监测,并且没有明显并发症,验证了其安全性和有效性。Levitt 等^[11]在 1 例肥胖患者丙泊酚深度镇静下行俯卧位经内镜逆行性胰胆管造影术(endoscopic retrograde cholangiopancreatography, ERCP)中使用 SJV,患者通气良好,检查顺利,未出现低氧血症和其他并发症。

在咽喉部手术中的应用 咽喉部手术的特殊性在于手术操作区域与气道管理区域重合,不当的通气方式会给手术操作增加困难,影响手术效果。20 世纪 90 年代已有大量临床研究使用声门下高频喷射通气进行此类手术的气道管理。喷射通气技术对于咽喉手术的优势在于,其可以在起到开放的情况下实施通气,可以经过多种人工气道进行通气且对导管内径要求低,只占用很少的气道空间为手术操作提供便利

且对循环影响较小^[12]。近年来, SJV 在咽喉手术中的应用逐渐广泛。Bacher 等^[13]使用 Mon-Jet 导管对 23 例全麻下行显微喉镜手术的患者进行高频-低频结合的 SJV,得出结果是 SJV 技术相比较单一频率的喷射通气而言能提供更好的气体交换,更不容易出现二氧化碳蓄积,在喉显微手术中安全可行。孙福德等^[14]在一项改良高频喷射通气的研究中使用 SJV, RR 40 次/分,相比传统 HFJV 组、FFJV(常频喷射通气)组、气管插管间歇正压通气组,能提供更清晰的术野,通气效果理想,患者不良反应少。SJV 在患儿咽喉激光手术中同样有所应用。Scamman 等^[15]研究喉乳头状瘤拟行激光切除术的患儿,使用的是 70%一氧化二氮进行麻醉维持,测定了 PaO₂和 P_{ET}CO₂,结果显示手术全程指标均在正常范围内,证实了这种方法的安全性和有效性。

在无痛纤维支气管镜检查中的应用 纤维支气管镜检查由于其对于气道的侵入性,患者通常难以耐受,并且影响患者呼吸,给患者造成了极大的痛苦。且纤维支气管镜需要在气管内进行操作,与麻醉科医师气道管理共用同一通道,对麻醉科医师的气道管理提出了很大的挑战。目前常见的操作方法是全凭静脉全麻下置入插管型喉罩,经喉罩进行纤维支气管镜检查,达到检查的同时进行通气的可能。但是这种方法也有其弊端,如喉罩置入困难、对位欠佳等造成潮气量不足、纤维支气管镜操作受喉罩通气管道限制等。SJV 在声门上进行喷射通气,不侵入气管内,不影响外科操作;外科操作也不干扰位于口腔中的通气导管,不会造成通气中断、漏气等情况。吴志云等^[5]研究无痛纤维支气管镜检查,结果显示 SJV 组放置成功率、检查时间均优于面罩组,且患者满意度更高,咽痛发生率更低,无一例患者发生气压伤。此研究表明 SJV 在全麻下纤维支气管镜检查中应用时安全可行,但要注意保证气道未被纤维支气管镜完全堵住。

在困难气道管理中的应用 困难气道是临床麻醉中可能引起严重并发症和死亡的最主要原因之一。ASA 在对 1975~1984 年麻醉相关结案诉讼的分析中发现,与呼吸系统有关的不良事件发生率最高,是所有损伤事件中最大的一类,气道管理相关的患者死亡或永久性脑损伤发生率为 85%,明显高于心血管管理相关的不良反应发生率 30%^[16]。困难气道的处理过程中,如何保证持续有效的供氧是关键性问题,经气管喷射通气(TTJV)是 ASA 指南推荐的紧急气道管理抢救方式之一^[1],而 SJV 能明显减少 TTJV 并发症,能够在诱导过程中全程提供这种有效供氧,保证患者在诱导过程中的氧合。对于张口困难、下颌损伤等无法进行面罩加压通气、无法经口气管插管的患者,经鼻咽通气导管进行 SJV,同时经鼻纤维支气管镜引导气管插管也是很适合的方式。

Peng 等^[17]在一项应用 WNJ 结合普通喉镜进行气管插管的研究中验证了经 WNJ 进行 SJV,可以为无自主呼吸的患者在气管插管过程中提供有效的氧合和通气并维持足够的时间,并且能促进气管插管成功,并发症与常规气管内插管相似。Wu 等^[18]在一项研究中,对 90 例颈部活动受限的困难气道患者使用 SJV 在气管插管过程中维持氧合,并盲探

插管,证实使用 WNJ 进行 SJV 在困难气道的患者气管插管过程中可以改善氧合,显著提升最低 SpO₂。该学者在另一项研究中使用 WNJ 在对困难气道患者进行纤维支气管镜引导的气管插管过程中进行 SJV,对比喉罩通气,表明在困难气道中纤维支气管镜引导气管插管过程中使用 SJV 进行通气能够改善氧合,并且成功插管^[19]。Liang 等^[20]报道 1 例肥胖困难气道患者拟行胃减容手术,在诱导过程中出现指脉氧饱和度下降,双手面罩通气失败,随后研究者使用 WNJ 对其进行 SJV,并在纤维支气管镜引导下完成气管插管,患者预后良好,未出现并发症。Li 等^[21]报道了使用 SJV 成功救治了 1 例既不能插管又不能面罩加压供氧的紧急困难气道患者。

此外,SJV 在无痛膀胱镜检查、宫腔镜检查、体外冲击波肾结石治疗中也有应用。但更多的大样本量研究还有待实施。

SJV 并发症及注意事项

SJV 可能出现的并发症包括二氧化碳蓄积、气压伤、鼻出血、胃内容物反流等。除发生概率很小的气压伤、二氧化碳潴留外,SJV 目前存在的问题主要包括胃胀气、反流误吸和肺部感染。反流误吸是麻醉期间的严重并发症之一,据统计,麻醉下反流误吸的发生率为 0.1%~19%,其中由于误吸导致了高达 9% 的麻醉相关死亡率^[22]。孙晓黎等^[23]研究表明麻醉状态下应用非食管引流型喉罩,头低 30° 增加反流误吸风险。应用 SJV 导致反流误吸也是理论上可能出现的并发症之一,但由于相关研究较少,故仍存在争议。梁汉生等^[1]通过比较 SJV 前、后超声下胃窦部横截面积以及由此估算出来的胃容积变化,认为 SJV 不增加胃窦部横截面积和胃容积,不增加反流误吸风险。SJV 的通气空间是一个相对开放的空间,不会造成较高的压力,气体进入胃部导致胃胀气的发生率约为 5%。但由于喷射管口放置的位置不佳可能导致气体进入胃,所以在防止管路的时候应注意以下几点:(1)放置深度应在 14~15 cm,使导管尖端正对声门口而不是食管入口,可以根据气流声音和胸廓起伏、P_{ET}CO₂ 波形判断位置;梁汉生等^[1]通过纤维支气管镜观察 SJV 时 WNJ 尖端位置,发现通气效果好时,导管尖端位于悬雍垂与会厌之间,至门齿平均距离为 12.2 cm(女性),相当于鼻翼至耳垂距离。(2)导管尖端应该始终向上,保证其正对声门;(3)通气过程中暴露胸部和腹部,注意观察胸腹部的运动,如果气体进入胃部会很容易观察到^[24]。在使用 SJV 过程中需要备好吸引器,如果出现反流要及时吸引并尽快完成气管插管。为了避免肺部感染,上呼吸道感染和鼻出血为 SJV 的相对禁忌证。

小 结

目前对于 SJV 的研究并不多,许多麻醉科医师仍对于它的通气效率、并发症的发生率存在顾虑,但 SJV 作为一种已被随机对照研究证实可以安全应用于无痛胃镜镜检查、无痛

纤维支气管镜检查 and 困难气道管理的气道管理方法,正在逐渐受到关注。需要进行进一步的研究支持 SJV 在临床中的安全有效的应用。

参 考 文 献

- [1] 梁汉生,李清月,李伟,等.声门上喷射通气用于非插管静脉麻醉下宫腔镜手术的效果.临床麻醉学杂志,2019,35(8):765-768.
- [2] Akhtar MI, Junejo F, Naqvi HI, et al. Manual trans-tracheal high frequency positive pressure ventilation for left main bronchus and carinal mass surgical resection in a child. J Coll Physicians Surg Pak, 2017, 27(9): S68-S70.
- [3] Bialka S, Copik M, Rybczyk K, et al. Assessment of changes of regional ventilation distribution in the lung tissue depending on the driving pressure applied during high frequency jet ventilation. BMC Anesthesiol, 2018, 18(1): 101.
- [4] Hamaekers AE, Borg PA, Götz T, et al. Ventilation through a small-bore catheter: optimizing expiratory ventilation assistance. Br J Anaesth, 2011, 106(3): 403-409.
- [5] 吴志云,查本俊,胡吉,等.声门上喷射通气在无痛纤维支气管镜检查中的应用.国际麻醉学与复苏杂志,2017,38(7):608-612.
- [6] Sütterlin R, Priori R, Larsson A, et al. Frequency dependence of lung volume changes during superimposed high-frequency jet ventilation and high-frequency jet ventilation. Br J Anaesth, 2014, 112(1): 141-149.
- [7] Pézier TF, Widmer GM, Huber GF. Pneumo-thorax/mediastinum/(retro)peritoneum/ scrotum-a full house of complications following JET ventilation. Acta Otorhinolaryngol Ital, 2017, 37(1): 72-75.
- [8] Qin Y, Li LZ, Zhang XQ, et al. Supraglottic jet oxygenation and ventilation enhances oxygenation during upper gastrointestinal endoscopy in patients sedated with propofol: a randomized multi-centre clinical trial. Br J Anaesth, 2017, 119(1): 158-166.
- [9] 李帆,许宜珍,杜健华,等.头高 15° 倾斜位对肥胖患者全麻苏醒期呼吸功能的影响.临床麻醉学杂志,2017,33(11): 1066-1069.
- [10] Yang ZY, Meng Q, Xu YH, et al. Supraglottic jet oxygenation and ventilation during colonoscopy under monitored anesthesia care: a controlled randomized clinical trial. Eur Rev Med Pharmacol Sci, 2016, 20(6): 1168-1173.
- [11] Levitt C, Wei H. Supraglottic pulsatile jet oxygenation and ventilation during deep propofol sedation for upper gastrointestinal endoscopy in a morbidly obese patient. J Clin Anesth, 2014, 26(2): 157-159.
- [12] 李天佐.喷射通气技术在耳鼻咽喉科全麻手术中的应用.北京医学,2016,38(6): 505.
- [13] Bacher A, Pichler K, Aloy A. Supraglottic combined frequency jet ventilation versus subglottic monofrequent jet ventilation in patients undergoing microlaryngeal surgery. Anesth Analg, 2000, 90(2): 460-465.
- [14] 孙福德,唐祖恩,吴文双.改良高频喷射通气在喉显微手术

- 中的应用研究. 临床合理用药杂志, 2019, 12(10): 20-22.
- [15] Scamman FL, McCabe BF. Supraglottic jet ventilation for laser surgery of the larynx in children. *Ann Otol Rhinol Laryngol*, 1986, 95(2): 142-145.
- [16] 薛富善, 刘亚洋, 李慧娴. 困难气道管理策略-目前的问题和将来的方向. *临床麻醉学杂志*, 2018, 34(1): 89-91.
- [17] Peng J, Ye J, Zhao Y, et al. Supraglottic jet ventilation in difficult airway management. *J Emerg Med*, 2012, 43(2): 382-390.
- [18] Wu CN, Ma WH, Wei JQ, et al. Laryngoscope and a new tracheal tube assist lightwand intubation in difficult airways due to unstable cervical spine. *PLoS One*, 2015, 10(3): e0120231.
- [19] Wu C, Wei J, Cen Q, et al. Supraglottic jet oxygenation and ventilation-assisted fibre-optic bronchoscope intubation in patients with difficult airways. *Intern Emerg Med*, 2017, 12(5): 667-673.
- [20] Liang H, Hou Y, Wei H, et al. Supraglottic jet oxygenation and ventilation assisted fiberoptic intubation in a paralyzed patient with morbid obesity and obstructive sleep apnea; a case report. *BMC Anesthesiol*, 2019, 19(1): 40.
- [21] Li Q, Xie P, Zha B, et al. Supraglottic jet oxygenation and ventilation saved a patient with 'cannot intubate and cannot ventilate' emergency difficult airway. *J Anesth*, 2017, 31(1): 144-147.
- [22] 徐冲, 葛亚丽, 王存金, 等. 胃部超声预测患儿围全麻期反流误吸风险的研究进展. *临床麻醉学杂志*, 2019, 35(2): 195-198.
- [23] 孙晓黎, 李洁, 王振元, 等. 引流型喉罩对头低位腹腔镜手术反流误吸的影响. *临床麻醉学杂志*, 2013, 29(8): 780-781.
- [24] Wheeler CR, Smallwood CD, O'Donnell I, et al. Assessing initial response to high-frequency jet ventilation in premature infants with hypercapnic respiratory failure. *Respir Care*, 2017, 62(7): 867-872.

(收稿日期:2019-04-01)

· 消息 ·

《临床麻醉学杂志》2021 年度征订通知

《临床麻醉学杂志》系麻醉学和相关学科的专业学术期刊,1985 年 3 月创刊。目前,本刊被国内三大核心数据库收录,包括“中国科技论文统计源期刊”(中国科技核心期刊),中国科学院文献情报中心“中国科学引文数据库(CSCD)来源期刊”,北大图书馆《中文核心期刊要目总览》(中文核心期刊)。此外,本刊被中国科技论文与引文数据库(CSTPCD)、中国期刊全文数据库(CJFD)、中文科技期刊数据库(CSTJ)、日本科学技术振兴机构中国文献数据库(JSTChina)以及美国《化学文摘》(CA)收录。2014 年 9 月和 2017 年 10 月,本刊分别入选中国科学技术信息研究所“第三届中国精品科技期刊”和“第四届中国精品科技期刊”,即“中国精品科技期刊顶尖学术论文(F5000)”项目来源期刊。2018 年 11 月,本刊荣获第十届江苏科技期刊“金马奖”十佳精品期刊奖。中国科学技术信息研究所《2019 年版中国科技期刊引证报告(核心版)》显示,本刊核心总被引频次为 2800,核心影响因子为 1.283,在外科学期刊中位居前列。

本刊中国标准连续出版物号 CN 32-1211/R,ISSN 1004-5805。2021 年度本刊仍从邮局发行,邮发代号 28-35,大 16 开本,每期增加至 112 页,每月 15 日出版,25 元/期,全年 300 元(含邮费)。请到当地邮局或中国邮政网上营业厅(<https://11185.cn>)订阅,也可在本刊微信小店购买,或与本刊编辑部联系,地址:南京市鼓楼区紫竹林 3 号《临床麻醉学杂志》编辑部,邮编:210003,电话:025-83472912,Email:jca@lcmxzz.com。