

· 继续教育 ·

经鼻湿化快速通气换气在临床中的应用进展

张紫嫣 冯艺 梁汉生

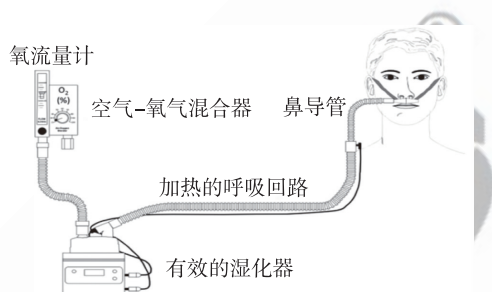
经鼻湿化快速通气换气(transnasal humidified rapid insufflation ventilatory exchange, THRIVE)是通过特殊鼻导管输送给氧合障碍患者的一项氧疗新技术,这项技术可提供持续的、高流量的、加温湿化的纯氧用于呼吸暂停患者。虽然 THRIVE 已开始应用于 ICU、呼吸内科和围术期医学的氧合支持^[1-2],但是呼吸暂停患者使用 THRIVE 进行预氧合,目前仅限于手术室内^[3]。近期广泛用于新型冠状病毒肺炎(coronavirus disease 2019, COVID-19)重症患者的氧合支持,也取得一定疗效^[4-5]。因此,本文对 THRIVE 的结构、有效性以及在临床中的应用情况进行综述,以期对临床中应用 THRIVE 提供适当的帮助和参考。

THRIVE 的结构及优势

THRIVE 系统包括氧流量计、空气-氧气混合器、湿化器、加热的呼吸回路和直接与患者连接的大口径鼻导管(图 1)。氧气流速设置最高可达 120 L/min,吸入氧浓度最高为 100%^[6]。目前,THRIVE 在临床麻醉中最大优势在于通过麻醉预氧合来增加安全呼吸暂停时间。常规预氧合是指氧浓度为 100%、氧流量为 6 L/min 吸氧,面罩尽可能密闭。患者平静呼吸,连续做 4 次以上的深呼吸,使功能残气量中氧气/氮气比例增大,去氮率达到 90%以上。安全呼吸暂停时间指自呼吸运动停止至 SpO₂ 降至 90%的时间。目前,使用 THRIVE 进行预氧合需要至少 3 min 或更长时间。预氧合的氧流量在 10~80 L/min 范围内变化。在呼吸暂停期间,氧流量增加到 50~80 L/min^[7]。而在患儿中使用氧流量 2 L·kg⁻¹·min⁻¹更为合适^[8]。正常成人患者使用 THRIVE 预氧合安全呼吸暂停时间的平均或中位数为 13~27 min,最长可达 65 min^[9]。

THRIVE 的有效性和局限性

THRIVE 的有效性 患者上呼吸道通畅是保证 THRIVE 有效的必要条件。持续高流量纯氧气流可以洗脱解剖学死腔中滞留的氮气^[3]。在呼吸暂停期间,由于血液溶解度的相对差异,肺泡中氧气的吸收超过了二氧化碳的产生,产生了负压梯度,有利于气体从解剖学死腔进入肺泡的大量流动,这种现象称为通气的质量性流动(ventilatory mass flow, VMF)^[10]。由于持续吹入高流量氧气会排出二氧化碳,从而

图 1 THRIVE 的结构示意图^[6]

产生了一定的通气,降低了二氧化碳的积聚速率和重吸收^[11]。因此,在呼吸暂停患者中使用 THRIVE,理论上能降低发生高碳酸血症的风险^[12]。有研究^[13]表明,在健康志愿者中,氧流量每增高 10 L/min,呼吸道压力平均增加 1.16 cmH₂O。产生的气道正压有助于肺泡的扩张,增加功能残气量,有效地防止肺不张并减少肺内分流,从而改善氧合。氧气的加湿有利于防止患者的鼻咽和气管支气管黏膜干燥,保持气道黏膜纤毛清除异物功能,提高患者的舒适度^[3]。基于理论和临床实践,对于麻醉科医师和外科医师而言,THRIVE 是可以很好地被接受并且易于实施的一项创新技术^[14]。但此技术因高碳酸血症而具有有限及时效性,非必需时不建议长时间使用。

THRIVE 的局限性 THRIVE 不能保证确切安全的气道,患者仍然存在反流和胃内容物误吸的风险;颅骨骨折和面部骨折的患者禁忌使用 THRIVE^[3];鼻中隔或鼻腔病理改变明显而导致明确鼻塞的患者,鼻腔的气流不畅,THRIVE 可能无法达到预期效果。

THRIVE 的临床应用

快速序贯诱导(rapid-sequence induction, RSI) THRIVE 可以延长成人患者的安全呼吸暂停时间。THRIVE 在 RSI 插管中具有提高氧合的优势,在整个过程中能提供连续的氧气流进行氧供。因此,可以延长喉镜置入和气管插管期间的安全呼吸暂停时间^[1,15],保持插管后的 P_{ET}CO₂ 在正常范围内。急诊手术患者使用 THRIVE 进行 RSI 进行气管插管时,高流量氧气会引起气道正压,增加发生胃内容物反流误吸的风险。相关研究^[15]表明,面罩正压通气,加压通气过程中压力达到 14 cmH₂O 以上时,会有部分气体进入胃内。但 THRIVE 在氧流量为 70 L/min 时,胃超声检查提示压力低于 7 cmH₂O。所以,使用 THRIVE 进行 RSI 气管插管时所造成

的胃内容物反流的风险较小。

肥胖患者麻醉 肥胖患者全身麻醉插管过程中应用 THRIVE 提高氧合,从而提高麻醉安全性。已知肥胖患者的基础代谢率较高,胸壁顺应性较差,功能残气量(functional residual capacity, FRC)较低。而且在麻醉过程中仰卧位加剧 FRC 的减低,增加肺内分流。Yang 等^[16]研究表明,BMI>30 kg/m² 或体重超过 80 kg 的患者需要加强通气的可能性是非肥胖患者的 5.2~5.7 倍。FRC 的降低也影响 THRIVE 的效果。与正常体重患者相比,尽管进行了预氧合,但肥胖患者安全呼吸暂停时间明显缩短。所以,体重或 BMI 与安全使用 THRIVE 的最大持续时间之间可能成反比^[8]。Lee 等^[17]研究表明,全身麻醉非插管情况下使用 THRIVE 作为主要的氧合方式,即使病态肥胖的患者也可以安全地完成单纯鼻内镜手术。基于以上依据,肥胖患者使用 THRIVE 进行全麻插管预氧合,可以增加安全呼吸暂停时间,为患者由于过度肥胖而造成插管困难提供有利的手段。但最大安全持续时间较非肥胖患者缩短。

患儿麻醉 缺氧是增加患儿麻醉相关并发症的主要原因,其中气管插管期间并发症的发生与存在困难气道以及需要尝试插管的次数直接相关。THRIVE 延长了婴幼儿患者安全呼吸暂停时间。既往文献^[18]报道,患儿应用 THRIVE, $P_{ET}CO_2$ 以每分钟 2.4 mmHg 的速度增加。假设 $P_{ET}CO_2$ 的起点为 35 mmHg, $P_{ET}CO_2$ 的可接受终点为 65 mmHg,如果使用 THRIVE 进行呼吸暂停氧合,则呼吸的安全窗为 10~12 min。呼吸暂停的患儿血氧饱和度下降速度比成人患者快得多,呈年龄依赖性。患儿的功能残气量小于成人患者,代谢速度更快,产生更多的二氧化碳排出量,因气管软骨尚在发育,气道塌陷发生的倾向性也较成人患者更大。因此,与成人患者比较,患儿建立安全气道所需时间要短得多^[18]。THRIVE 使安全呼吸暂停时间至少延长了 1 倍,为建立安全气道提供了宝贵时间。一项大型多中心随机对照研究^[19]表明,THRIVE 氧合同样有利于患儿紧急气管插管。

喉外科手术麻醉 喉外科手术中应用 THRIVE 能够使 ASA I 或 II 级且 BMI <30 kg/m² 的患者在 30 min 内保持良好的氧合状态及稳定的 pH 值^[12]。应用 THRIVE,无肌松药的全身麻醉下未经口腔建立气道,既可以满足麻醉需要,又可以获得清晰的手术视野,增加口腔内手术的空间,提高手术效率,同时避免气管插管等有创操作可能带来的并发症。THRIVE 技术还可应用于声门及声门下狭窄异物切除手术。使用 THRIVE 也存在不足之处:THRIVE 费用较高;需要有经验的麻醉科医师进行管理;需严格控制麻醉深度,在高速和高频下注入气体易引起组织振动,额外增加外科医师的操作难度;不能使用电刀及激光技术,激光与氧气接触会起火;由于会增加二氧化碳的蓄积,THRIVE 只适用于短小手术,手术时间不能过长^[14]。

气管镜检查麻醉 气管镜检查是将柔软弯曲的带有摄像头的细管,通过鼻腔或口腔插入到患者呼吸道内,观察咽部、喉部、声带、气管、支气管、各叶段支气管,甚至更远段的

支气管腔内的情况。使用 THRIVE 技术进行全身麻醉,为喉和声门下检查提供了清晰视野,同时为患者提供安全而充足的氧合。THRIVE 可以有效地用于多数患者喉气管镜检查和治疗。THRIVE 允许在发生通气困难的情况下使用纤维光镜引导气管插管,以及在无法进行插管的情况下进行气管切开术^[20]。目前存在个别 ASA I 或 II 级患者的氧饱和度下降速度快,原因尚不清楚。因此,在应用 THRIVE 时,每位患者的管理计划中必须有一个气道管理替代方案^[21]。

肺炎所致呼吸衰竭治疗 低氧血症性急性呼吸衰竭的管理始于用面罩补充氧气,一旦低氧血症加剧,需要无创辅助通气,或者有创机械通气,甚至体外膜肺氧合(extracorporeal membrane oxygenation, ECMO)。有证据表明,THRIVE 治疗适用于以轻至中度低氧血症为表现的急性呼吸衰竭。其优点是可通过提供加温、加湿气体,改善气道分泌物的清除,增强黏膜纤毛功能,改善氧合^[22]。与常规无创通气及标准氧疗比较,THRIVE 可以减少插管需求和缩短呼吸机使用时间^[23-24]。在低氧性急性呼吸衰竭患者中,THRIVE 氧流量一般需在 30~100 L/min 范围内调节。

COVID-19 引发低氧性急性呼吸衰竭较为常见,应用 THRIVE 进行呼吸氧合支持可使患者获得较好的氧合效果和舒适度,降低有创呼吸机治疗的几率,对促进患者尽快康复具有积极意义^[25],被广大医护人员及患者所接受。但同时存在不足:浪费氧气,高消耗氧气还可能增加医护人员的工作量(没有中心供氧的医院可能要频繁更换氧气瓶);THRIVE 属于开放式氧疗,会导致病毒随漏出的气体飘散病房,附着在气溶胶上。值得注意的是,气溶胶传播并不是本次新型冠状病毒传播的主要方式,其次负压病房很难形成气溶胶,即使不是负压病房,临时改建的传染病房也可通过排风扇排出。多项临床观察,并未发现 THRIVE 可增加新冠病毒的传播的证据^[26]。

小 结

THRIVE 是麻醉中的一种相对较新的技术,现已应用于多个领域,但是对于外科医师和麻醉科医师来说,做好紧急气道干预计划非常重要,如备好麻醉机,做好气管插管、喉罩置入、面罩加压通气等准备,以便在需要时迅速采取行动纠正干预。具体的干预时机取决于多种因素,包括 SpO_2 和 $P_{ET}CO_2$ 监测情况,其他生理参数、手术进程以及通气策略方面的任何可预期困难因素。另外,使用 THRIVE 时要注意禁忌证。由于高碳酸血症会加剧某些特殊患者的病情,THRIVE 尽量不要用于患有肺动脉高压、阻塞性气道疾病以及颅内压升高等疾病的患者。目前关于 THRIVE 的研究不多,需要进一步研究以确定 THRIVE 在特定人群中使用的安全性和有效性。

参 考 文 献

- [1] Mir F, Patel A, Iqbal R, et al. A randomised controlled trial comparing transnasal humidified rapid insufflation ventilatory exchange

- (THRIVE) pre-oxygenation with facemask pre-oxygenation in patients undergoing rapid sequence induction of anaesthesia. *Anaesthesia*, 2017, 72(4): 439-443.
- [2] Helviz Y, Einav S. A systematic review of the high-flow nasal cannula for adult patients. *Crit Care*, 2018, 22(1): 71.
 - [3] Möller W, Celik G, Feng S, et al. Nasal high flow clears anatomical dead space in upper airway models. *J Appl Physiol* (1985), 2015, 118(12): 1525-1532.
 - [4] Li J, Fink JB, Ehrmann S. High-flow nasal cannula for COVID-19 patients: low risk of bio-aerosol dispersion. *Eur Respir J*, 2020, 55(5).
 - [5] Wang K, Zhao W, Li J, et al. The experience of high-flow nasal cannula in hospitalized patients with 2019 novel coronavirus-infected pneumonia in two hospitals of Chongqing, China. *Ann Intensive Care*, 2020, 10(1): 37.
 - [6] Vella MA, Pascual-Lopez J, Kaplan LJ. High-flow nasal cannula system; not just another nasal cannula. *JAMA Surg*, 2018, 153(9): 854-855.
 - [7] Huang L, Dharmawardana N, Badenoch A, et al. A review of the use of transnasal humidified rapid insufflation ventilatory exchange for patients undergoing surgery in the shared airway setting. *J Anesth*, 2020, 34(1): 134-143.
 - [8] 王英, 苏红霞, 吴玉瑛, 等. 儿童鼻腔鼻窦异物 249 例临床分析. *临床耳鼻咽喉头颈外科杂志*, 2016, 30(3): 233-234.
 - [9] Patel A, Nouraei SA. Transnasal humidified rapid-insufflation ventilatory exchange (THRIVE): a physiological method of increasing apnoea time in patients with difficult airways. *Anaesthesia*, 2015, 70(3): 323-329.
 - [10] Rudloff B, Hohenhorst W. Use of apneic oxygenation for the performance of pan-endoscopy. *Otolaryngol Head Neck Surg*, 2013, 149(2): 235-239.
 - [11] Hermez LA, Spence CJ, Payton MJ, et al. A physiological study to determine the mechanism of carbon dioxide clearance during apnoea when using transnasal humidified rapid insufflation ventilatory exchange (THRIVE). *Anaesthesia*, 2019, 74(4): 441-449.
 - [12] Gustafsson IM, Lodenius Å, Tunelli J, et al. Apnoeic oxygenation in adults under general anaesthesia using transnasal humidified rapid-insufflation ventilatory exchange (THRIVE)-a physiological study. *Br J Anaesth*, 2017, 118(4): 610-617.
 - [13] Parke RL, Bloch A, McGuinness SP. Effect of very-high-flow nasal therapy on airway pressure and end-expiratory lung impedance in healthy volunteers. *Respir Care*, 2015, 60(10): 1397-1403.
 - [14] Maupeu L, Raguin T, Hengen M, et al. Indications of transnasal humidified rapid-insufflation ventilatory exchange (THRIVE) in laryngoscopy, a prospective study of 19 cases. *Clin Otolaryngol*, 2019, 44(2): 182-186.
 - [15] Lodenius Å, Piehl J, Östlund A, et al. Transnasal humidified rapid-insufflation ventilatory exchange (THRIVE) vs. facemask breathing pre-oxygenation for rapid sequence induction in adults: a prospective randomised non-blinded clinical trial. *Anaesthesia*, 2018, 73(5): 564-571.
 - [16] Yang SH, Wu CY, Tseng WH, et al. Nonintubated laryngomicrosurgery with transnasal humidified rapid-insufflation ventilatory exchange: a case series. *J Formos Med Assoc*, 2019, 118(7): 1138-1143.
 - [17] Lee SJ, Quek KH. Facilitating airway surgery in a morbidly obese patient using transnasal humidified rapid insufflation ventilatory exchange (THRIVE). *Case Rep Anesthesiol*, 2018, 2018: 5310342.
 - [18] Humphreys S, Lee-Archer P, Reyne G, et al. Transnasal humidified rapid-insufflation ventilatory exchange (THRIVE) in children: a randomized controlled trial. *Br J Anaesth*, 2017, 118(2): 232-238.
 - [19] George S, Humphreys S, Williams T, et al. Transnasal humidified rapid insufflation ventilatory exchange in children requiring emergent intubation (Kids THRIVE): a protocol for a randomised controlled trial. *BMJ Open*, 2019, 9(2): e025997.
 - [20] Desai N, Fowler A. Use of Transnasal humidified rapid-insufflation ventilatory exchange for emergent surgical tracheostomy: a case report. *A A Case Rep*, 2017, 9(9): 268-270.
 - [21] Waters E, Kellner M, Milligan P, et al. The use of transnasal humidified rapid-insufflation ventilatory exchange (THRIVE) in one hundred and five upper airway endoscopies. A case series. *Clin Otolaryngol*, 2019, 44(6): 1115-1119.
 - [22] Dwivedi D, Bhatia JS, Hota RN, et al. Role of transnasal humidified rapid-insufflation ventilatory exchange therapy in the management of a twin pregnancy with H1N1 infection in early acute respiratory distress syndrome. *Anesth Essays Res*, 2019, 13(4): 692-694.
 - [23] Lemiale V, Mokart D, Mayaux J, et al. The effects of a 2-h trial of high-flow oxygen by nasal cannula versus Venturi mask in immunocompromised patients with hypoxemic acute respiratory failure: a multicenter randomized trial. *Crit Care*, 2015, 19: 380.
 - [24] Nishimura M. High-flow nasal cannula oxygen therapy in adults: physiological benefits, indication, clinical benefits, and adverse effects. *Respir Care*, 2016, 61(4): 529-541.
 - [25] Ryu S, Chun BC, Korean Society of Epidemiology 2019-nCoV Task Force Team. An interim review of the epidemiological characteristics of 2019 novel coronavirus. *Epidemiol Health*, 2020, 42: e2020006.
 - [26] Chen H, Guo J, Wang C, et al. Clinical characteristics and intrauterine vertical transmission potential of COVID-19 infection in nine pregnant women: a retrospective review of medical records. *Lancet*, 2020, 395(10226): 809-815.

(收稿日期:2020-03-20)