

# 经鼻加湿快速通气技术在围术期呼吸道管理中的研究进展\*

郑宇琪<sup>1</sup> 综述 李鹏<sup>2</sup> 审校

(1. 电子科技大学医学院, 四川 成都 610000; 2. 四川省人民医院麻醉手术中心, 四川 成都 610000)

**【摘要】** 在围术期呼吸道管理中维持适当的氧合水平十分重要, 近年来随着经鼻高流量氧疗 (HFNC) 在呼吸内科、重症医学、急诊医学等临床科室的使用, 其已逐渐进入围术期管理的视野。经鼻加湿快速通气 (THRIVE) 是基于 HFNC 提出的一种新兴的无创呼吸道支持技术, 该技术集合传统窒息氧合 (Apneic oxygenation) 技术与 HNFC 的优点, 可向患者输送温暖、加湿的高流量氧气, 通过延长呼吸暂停、窒息氧合时间及减少 CO<sub>2</sub> 蓄积, 增加麻醉诱导和插管的安全性, 在困难气道、共享气道手术麻醉以及非插管全麻等临床麻醉、呼吸系统相关疾病及重症监护中的呼吸支持中具有广泛的应用前景, 成为临床麻醉呼吸道管理的新选择。因此本文重点介绍和回顾该技术在麻醉围术期气道管理中的应用, 以期对 THRIVE 技术在围术期呼吸管理中的应用提供参考。

**【关键词】** 经鼻加湿快速通气装置; 围术期管理; 气道管理; 困难气道; 共用气道

**【中图分类号】** R614 **【文献标志码】** A **DOI:** 10. 3969/j. issn. 1672-3511. 2025. 01. 027

## Research progress of transnasal humidified rapid insufflation ventilatory exchange in perioperative respiratory management

ZHENG Yuqi<sup>1</sup> reviewing LI Peng<sup>2</sup> checking

(1. School of Medicine, University of Electronic Science and Technology, Chengdu 610000, China;

2. Anesthesia and Surgery Center, Sichuan Provincial People's Hospital, Chengdu 610000, China)

**【Abstract】** Maintaining appropriate oxygenation levels is very important in perioperative respiratory management. In recent years, with the use of High-flow Nasal Cannula (HFNC) in respiratory medicine, critical care medicine, emergency medicine, and other clinical departments, HFNC has gradually entered into the field of perioperative management. Transnasal humidified rapid insufflation ventilatory exchange (THRIVE) is an emerging non-invasive airway support technique based on HFNC, which combines the advantages of traditional apneic oxygenation and HNFC. It can deliver warm, humidified high-flow oxygen to the patient and increase the safety of intubation by prolonging the duration of apnea and asphyxia, reducing the accumulation of CO<sub>2</sub>, and it has a wide range of prospects for application in the respiratory support of clinical anesthesia, such as difficult airway, shared airway surgery anesthesia and non-intubated general anesthesia, respiratory diseases, and intensive care. Therefore, this article focuses on the application of this technique in perioperative airway management in anesthesia, to provide reference and guidance on the application of the THRIVE technique in perioperative respiratory management.

**【Key words】** Transnasal humidified rapid insufflation ventilatory exchange; Perioperative management; Airway management; Difficult airway; Shared airway

经鼻加湿快速通气装置 (Transnasal humidified rapid in-

sufflation ventilatory exchange, THRIVE) 技术是一种基于经鼻高流量氧疗 (High-flow nasal cannula, HNFC) 的新型窒息氧合技术, 该技术经鼻导管吸入高流量温暖湿润的气体, 能够延长安全呼吸暂停的时间, 在临床工作中具有广泛的应用前景<sup>[1]</sup>。HNFC 能够根据设定的氧浓度 (21%~100%) 进行空气混合, 并通过加热 (31~37 °C) 和增湿气流, 以恒定的速度输送高流量 (8~80 L/min) 气体对患者进行氧疗<sup>[2]</sup>。而“窒息氧合”

基金项目: 四川省科技计划项目 (2023YFS0137)

通讯作者: 李鹏, 硕士生导师, E-mail: lipengmazui@qq.com

引用本文: 郑宇琪, 李鹏. 经鼻加湿快速通气技术在围术期呼吸道管理中的研究进展[J]. 西部医学, 2025, 37(1): 147-150, 156. DOI: 10. 3969/j. issn. 1672-3511. 2025. 01. 027

(Apneic oxygenation) 则是在体内没有呼吸运动的情况下, 通过气道给予氧气, 被动的促进肺泡内氧气的交换, 延长安全呼吸暂停时间的方法<sup>[2-4]</sup>。THRIVE 技术正是结合了上述两种技术的优点, 利用经鼻导管吸入加温加湿的高流量气体, 从而延长呼吸暂停的安全时间, 作为一种新型窒息氧合技术在临床上使用。

## 1 THRIVE 的发展与机制

随着 HNFC 技术近年来的不断发展, 经鼻导管吸入高流量氧气作为窒息氧合的新方法逐渐得到临床关注。Weingart 等<sup>[5]</sup>在 2012 年第一次报道了经鼻吸入氧气的窒息氧合技术, 该研究结果表明在麻醉诱导期间给予高于 12 L/min 的纯氧可以延缓安全呼吸暂停时间, 即从呼吸暂停到 SpO<sub>2</sub> 下降至 90% 的时间。然而在该研究中观察到, 当吸入寒冷且干燥的氧气流量 >10 L/min 时, 容易引起鼻黏膜损伤和疼痛不适, 甚至出现鼻衄。当使用加温加湿装置后, 温暖湿润的气体能以更高流量输送而不会引起明显的不适与损伤<sup>[6-7]</sup>。2013 年, Patel 等<sup>[8]</sup>使用商用高流量加湿氧疗装置 OptiFlow 对窒息氧合时安全呼吸暂停时间进行了研究, 结果表明使用 OptiFlow 装置进行窒息氧合, 其安全呼吸暂停时间明显超过了传统窒息氧合, 并且仅仅引起轻度的 CO<sub>2</sub> 潴留。即表明该装置能够对吸入气体进行加温加湿, 以高达 70 L/min 的流量经鼻导管吸入, 能够有效延长窒息氧合时间, 具有通气作用, 并且可能清除 CO<sub>2</sub>, 具有换气作用。该研究正式将此技术命名为 THRIVE 技术, 逐步在临床上使用。尽管此技术具有 CO<sub>2</sub> 清除作用, 仍然有 CO<sub>2</sub> 潴留的风险。

而后临床上发现相对传统窒息氧合使用 THRIVE 技术期间 CO<sub>2</sub> 上升缓慢<sup>[2,9-10]</sup>。在早期一项模拟气道完全闭塞的研究中, 在几乎完全不存在 CO<sub>2</sub> 清除的情况下, 观察到 CO<sub>2</sub> 增长为 0.68 kPa/min。而在使用 THRIVE 技术时, 在 70 L/min 的高流量氧气下, 通过二氧化碳描记法测量 CO<sub>2</sub> 以 0.15 kPa/min 的速率增加<sup>[11]</sup>。上述结果表明, 在模拟患者无呼吸条件下, 与传统窒息氧合相比 THRIVE 技术可增加 CO<sub>2</sub> 的清除率。同样, CO<sub>2</sub> 的增长速率与不同的监测方法相关且存在一定差异, Gustafsson<sup>[2]</sup>的研究表明, 根据不同的监测方法(呼气末、动脉和经皮 CO<sub>2</sub> 监测), CO<sub>2</sub> 增长速率存在不同, 研究中使用 THRIVE 技术时, CO<sub>2</sub> 的增加呈现出一种非线性模式, 最初快速增加, 在呼吸暂停期间趋于平稳。同时在临床研究中发现, THRIVE 技术较传统窒息氧合而言具有改善 CO<sub>2</sub> 潴留作用, 但其 CO<sub>2</sub> 清除率较机械通气(MV)而言仍较低。与 MV 组相比, THRIVE 组的平均 PaCO<sub>2</sub> 增加了 0.28 kPa/min, ETCO<sub>2</sub> 增加了 0.17 kPa/min<sup>[12]</sup>。因此, 目前研究认为较传统窒息氧合而言 THRIVE 能够减少 CO<sub>2</sub> 蓄积, 但该技术对 CO<sub>2</sub> 的清除作用仍劣于机械通气, 故在临床上使用时应对 CO<sub>2</sub> 水平进行监测。

THRIVE 技术不仅具有氧合作用, 且兼具清除 CO<sub>2</sub> 的作用, 同时对吸入气体进行加温加湿, 能够在实现通气、换气功能的同时避免呼吸道损伤。基于 THRIVE 具有延长窒息氧合时间及清除 CO<sub>2</sub> 的作用, 该技术在一定程度上能够满足临床麻醉的需要, 可在困难气道麻醉诱导、共享气道手术麻醉、小儿麻

醉以及非插管全麻等临床麻醉中作为呼吸道管理的新型手段得到应用。

## 2 THRIVE 在临床麻醉中的应用

### 2.1 THRIVE 在困难气道中的运用

使用 THRIVE 进行预给氧, 不仅能提高患者舒适度, 取得满意的预氧合效果, 而且能够增加呼吸暂停时间, 延长安全插管时间, 尤其适用于困难气道患者。在吸入空气状态下, 血氧饱和度会在呼吸暂停后的两分钟内降至危险水平, 因此麻醉诱导气管插管前进行预给氧是围术期气道管理中的一项重要内容。预给氧可增加呼吸暂停时间, 即从呼吸停止或者通气暂停至外周动脉血氧饱和度 (SpO<sub>2</sub>) 下降到 90% 的时间, 以提高机体的氧储备, 预防呼吸暂停时发生低氧血症。

全身麻醉诱导时常常使用面罩正压通气进行预给氧, 然而其维持时间较短, 如遇不可预料的困难气道时, 患者氧储备不能满足插管所需, 可能发生低氧血症, 甚至危及患者生命。若能延长呼吸暂停时间窗可为气管插管争取更多时间, 在遇不可预料的困难气道时显得及其重要。THRIVE 技术正是通过向患者输送温暖、湿润的高流量氧气进行窒息氧合, 从而延长呼吸暂停时间, 对可预见的困难气道人群(如肥胖、孕妇、儿童和高代谢患者)以及难以预料的困难气道, THRIVE 技术大大提高了其麻醉诱导期的安全性。Mir 等<sup>[13]</sup>比较了使用 THRIVE 与面罩通气两种不同方式在麻醉诱导期进行预给氧, 研究发现插管后两组动脉氧分压 (PaO<sub>2</sub>)、CO<sub>2</sub> 分压和 pH 值无明显差异, 但 THRIVE 组的安全呼吸暂停时间较面罩组相比, 明显延长至 13~27 min。Lodenus 等<sup>[14]</sup>的研究中发现, 有 5 例患者 (12.5%) 在使用面罩预给氧时去饱和和低于 93%, 而 THRIVE 组中没有患者出现低氧血症, 表明使用 THRIVE 技术进行预给氧能够有效降低低氧血症发生率。此外面罩通气困难在临床时有发生, 例如肥胖、牙齿缺失、面部外伤、解剖畸形等均会导致预给氧时面罩通气漏气和加压给氧困难。通过 THRIVE 技术进行预给氧使患者更为舒适、配合程度更高, 从而大大降低了诱导期低氧血症发生率, 90% 以上的患者 SpO<sub>2</sub> 维持在安全水平而无须行气管插管等补救措施。

综合分析认为, THRIVE 技术进行预给氧, 患者舒适度更佳, 配合程度更高, 增加了窒息氧合时间, 大大降低诱导期不良事件的发生率。对于困难气道尤其是不可预测的困难气道患者, 具有潜在的氧合优势, 为麻醉医生争取时间, 能够将困难气道的管理过程变的更加平稳和安全。

### 2.2 THRIVE 技术在共用气道手术麻醉管理中的应用

THRIVE 作为新兴气道管理方式, 较传统气管插管及喷射通气为喉和声门下手术等共用气道手术提供了更为清晰的手术视野。在共用气道手术中, 尽管传统气管插管及喷射通气方式较为可靠, 但是由于置入气管导管会占据手术区域, 在一定程度上影响手术视野, 常常出现因为术野不清晰而影响手术进程的情况。另外, 气管导管的置入及高频喷射通气的使用可能会使喉部产生导管相关变形及气流喷射的颤动效应, 从而增加手术操作难度。由此可见, 共用气道手术的呼吸道管理方式选择一直是困扰麻醉医生和外科医生的临床热点问题。

THRIVE 技术能够增加呼吸暂停时间, 足以满足短小喉

部手术需求,可采用不插管全麻,为手术提供清晰的视野。对于简短的喉部手术,如喉部新生物、声带息肉等手术时间多在 5~60 min,平均为 15 min。Gustafsson 等<sup>[2]</sup>研究表明使用 THRIVE 通气,平均窒息时间可达 22.5 min,能够满足简短喉部手术的麻醉需求。并且与气管插管相比,THRIVE 技术能够缩短麻醉诱导与复苏时间,减少气管插管相关创伤。Gene 等<sup>[15]</sup>研究中发现与气管插管相比,THRIVE 患者的手术时间(16.3±9.69)min vs (21.9±12.0)min、麻醉时间(33.6±11.4)min vs (45.4±13.9)min、苏醒时间(6.73±2.49)min vs (8.52±3.17)min 均减少,且 SpO<sub>2</sub> 无显著降低。该技术除了延长窒息氧合时间以外,对于声带息肉等短时间手术而言,使用 THRIVE 通气而无需行气管插管,可为手术提供更为清晰的视野,同时减少患者麻醉诱导与复苏时间,将短小的共用气道手术的麻醉过程变得简便且安全,为共用气道的短时间手术的气道管理提供了新的技术支持。然而基于患者基础情况及手术的不确定性,麻醉方案的选择应基于对患者的充分评估与外科医生的积极沟通之上,并且应当准备应急预案,守护患者生命安全。

**2.3 THRIVE 技术在儿童手术麻醉管理中的应用** 儿童由于功能残气量小,难以耐受缺氧,延长安全呼吸暂停时间更为重要。THRIVE 技术可能降低儿童在诱导过程中低氧血症的发生率。目前研究表明,THRIVE 可延长健康儿童的安全呼吸暂停时间,然而与成人相比 CO<sub>2</sub> 的上升速度较快,并没有很好改善儿童 CO<sub>2</sub> 的蓄积问题,与面罩通气相比,两者麻醉诱导期皮 CO<sub>2</sub> 增长速率相似<sup>[16]</sup>。此外,THRIVE 技术能够延长窒息氧合时间,可用于小儿气道手术,Lei 等<sup>[17]</sup>通过比较复发性呼吸道乳头状瘤(Juvenile onset recurrent respiratory papillomatosis, JORRP)儿童使用传统窒息氧合与 THRIVE 技术时的安全呼吸暂停时间,发现 THRIVE 安全的增加了接受手术的 JORRP 儿童的呼吸暂停时间,并降低了二氧化碳的增加率,THRIVE 的中位呼吸暂停时间显著长于对照组[8.9(8.6~9.4)min vs 3.8(3.4~4.3)min],因此 THRIVE 在临床上可被推荐作为儿童无管麻醉的气道管理技术。特殊的儿童患者如紫绀型心脏病患儿的气道手术麻醉管理尤其具有挑战性<sup>[18]</sup>,考虑到他们心肺生理改变,这些儿童容易出现去饱和,发生低氧血症,使用 THRIVE 技术能够有效降低该风险的发生。

值得注意的是,不同年龄段儿童的发育特点具有较大差异,不能一概而论,有研究报道认为,与成人相比,婴幼儿使用 THRIVE 技术时窒息氧合时间缩短<sup>[19]</sup>,这一发现与上述研究结论具有差异,说明儿童在运用该技术时不具有一般性,需要根据具体患儿情况进行评估。而目前尚缺乏针对不同年龄段儿童使用 THRIVE 技术的研究,该问题有待于进一步探讨。

**2.4 THRIVE 技术在短小手术麻醉管理中的应用** 在门诊短小检查和/或手术中,患者往往存在自主呼吸,常使用低流量鼻导管吸氧,必要时加用面罩通气、气管插管等手段进行辅助通气。然而,全麻药物的使用可能对患者的呼吸、循环功能具有一定的抑制作用,尤其对特殊人群如肥胖、困难气道、高龄、OSA 患者而言,发生低氧血症的风险更大。肥胖患者行无痛

胃肠镜检查时,由于丙泊酚等全麻药物作用,易引起呼吸抑制,杨天爽等<sup>[20]</sup>在关于肥胖患者使用 THRIVE 技术行无痛胃肠镜检查的研究表明,给予高于 20 L/min 的高流量氧即可使 SpO<sub>2</sub> 明显上升,且使用面罩通气等加压辅助通气的所占比例明显降低,可以有效预防检查中低氧血症的发生。除此之外,THRIVE 技术在电休克治疗中也能得到应用,电休克疗法(ECT)作为一种治疗难治性抑郁症的方法。在治疗过程中,常在静脉麻醉药的辅助下进行,目前通常使用纯氧面罩通气维持氧合,然而面罩给氧可能出现难以给氧的情况,并且面罩给氧还可能会引发患者的焦虑发作,额外增加患者医源性创伤的发生率。Jonker 等<sup>[21]</sup>通过对比 13 例接受 ECT 治疗患者辅助通气手段,表明使用 THRIVE 进行气道管理较传统辅助通气方式具有更高的安全性、可行性、舒适性<sup>[22]</sup>。因此在无痛胃肠镜检查及治疗、人流、电休克治疗等不插管全麻中,使用 THRIVE 进行气道管理较普通鼻导管吸氧具有更高的安全性,能够减少其他气道辅助装置的使用。

**2.5 THRIVE 技术在其他全麻手术麻醉管理中的应用** 在其他全麻手术中,THRIVE 技术可作为辅助通气手段,为围术期呼吸道管理提供新的技术支持。例如拟行胸外科手术的某些患者可在保留自主呼吸或不插管全麻情况下进行,Wang 等<sup>[23]</sup>通过对比使用 THRIVE 技术和面罩通气在不插管保留自主呼吸下肺部肿瘤切除术中的应用,发现 THRIVE 组平均 PaO<sub>2</sub> 显著升高(单肺通气 OLV 期间,THRIVE 组 PaO<sub>2</sub> 为 207.0 mmHg vs 面罩组 127.8 mmHg),并且 THRIVE 组中没有出现低氧血症(即 SPO<sub>2</sub> < 90%),而面罩组中的 8 例患者出现低氧血症,该研究结果表明,使用 THRIVE 技术能够维持 OLV 期间氧合,可作为 OLV 通气选择的新策略,仍需研究进一步探讨。此外,在全身麻醉下的宫腔镜手术中,THRIVE 技术可成为围术期呼吸道管理的新选择,Frassanito 等<sup>[24]</sup>研究发现,在 20 例行宫腔镜手术的患者中,使用 THRIVE 行气道管理的成功率为 100%,即 SpO<sub>2</sub> > 94%,tcCO<sub>2</sub> < 60 mmHg 且不需要抢救性措施。由于 THRIVE 具有延长窒息氧合时间及清除 CO<sub>2</sub> 的作用,可以辅助患者在无创的情况下维持氧合,因此可在临床麻醉中根据手术方式、手术时长、病人基础情况等综合考虑使用,为围术期呼吸道管理提供新的选择。

**2.6 THRIVE 在拔管后呼吸支持的应用** 气管拔管可伴有多种并发症,包括呛咳、躁动、血氧饱和度下降、高血压和心动过速等。既往研究表明,67%与麻醉相关的严重并发症,如心肌梗死等,常始于手术结束和麻醉苏醒<sup>[25-28]</sup>。对于患有严重心血管、呼吸系统疾病或神经外科等患者,提倡在深度麻醉下、自主呼吸恢复后拔管,可降低应激反应,提高患者舒适度。然而,深麻醉下气管拔管会增加发生低氧血症的风险,并可能会延长复苏时间<sup>[29-30]</sup>。如在深度麻醉下拔管后立即使用 THRIVE 可降低这些不良事件的发生率。因此 Qiu 等<sup>[31]</sup>进行了深麻醉下经 THRIVE 通气与清醒拔管的比较,发现与清醒拔管相比,使用 THRIVE 进行深麻醉下气管拔管降低了低氧血症及高血压的发生率,在一定程度上消除了拔管后躁动,并在 PACU 中为患者提供了更舒适的体验。因此,深麻醉状态下拔出气管导管后立即使用 THRIVE 技术辅助通气,可减少拔管后并发症的

发生率,使复苏过程更为平稳。

### 3 总结及展望

近年来 THRIVE 技术逐渐进入临床视野,其作为一项新兴的无创通气技术,经鼻吸入为患者高流量温暖湿润的气体,能够延长窒息氧合时间,同时清除 CO<sub>2</sub>,兼具通气与换气功能。相对于传统无创通气技术而言,该技术更为可靠、安全、舒适。聚焦临床麻醉的围术期呼吸道管理,THRIVE 技术可用于困难气道患者、咽喉部等共用气道手术的不插管全麻、短小手术及拔管后复苏的呼吸道支持。然而,THRIVE 技术作为一项新兴技术,其对于不同人群不同场景的运用尚不明确,尚需多中心、大样本的临床研究,以获取更多关于该技术安全性和有效性的证据,从而完善 THRIVE 技术的使用标准,为患者提供更好的医疗服务。

### 【参考文献】

- [1] 倪娟, 王力甚. 经鼻加湿快速吸入通气技术在临床麻醉中的应用研究进展[J]. 现代医学, 2020, 48(6): 804-808.
- [2] GUSTAFSSON I M, LODENIUS Å, TUNELLI J, *et al.* Apnoeic oxygenation in adults under general anaesthesia using Transnasal Humidified Rapid-Insufflation Ventilatory Exchange (THRIVE) - a physiological study[J]. Br J Anaesth, 2017, 118(4): 610-617.
- [3] LYONS C, CALLAGHAN M. Uses and mechanisms of apnoeic oxygenation: a narrative review[J]. Anaesthesia, 2019, 74(4): 497-507.
- [4] SCHUTZER-WEISSMANN J, WOJCIKIEWICZ T, KARMA-LI A, *et al.* Apnoeic oxygenation in morbid obesity: a randomised controlled trial comparing facemask and high-flow nasal oxygen delivery[J]. Br J Anaesth, 2023, 130(1): 103-110.
- [5] WEINGART S D, LEVITAN R M. Preoxygenation and prevention of desaturation during emergency airway management [J]. Ann Emerg Med, 2012, 59(3): 165-175. e1.
- [6] ROCHWERG B, EINAV S, CHAUDHURI D, *et al.* The role for high flow nasal Cannula as a respiratory support strategy in adults: a clinical practice guideline[J]. Intensive Care Med, 2020, 46(12): 2226-2237.
- [7] LEEIES M, FLYNN E, TURGEON A F, *et al.* High-flow oxygen via nasal cannulae in patients with acute hypoxemic respiratory failure: a systematic review and meta-analysis[J]. Syst Rev, 2017, 6(1): 202.
- [8] PATEL A, NOURAEI S A R. Transnasal humidified rapid-insufflation ventilatory exchange (THRIVE): a physiological method of increasing apnoea time in patients with difficult airways[J]. Anaesthesia, 2015, 70(3): 323-329.
- [9] LI J, ALBUAINAIN F A, TAN W, *et al.* The effects of flow settings during high-flow nasal Cannula support for adult subjects: a systematic review[J]. Crit Care, 2023, 27(1): 78.
- [10] TO K, HARDING F, SCOTT M, *et al.* The use of Transnasal Humidified Rapid-Insufflation Ventilatory Exchange in 17 cases of subglottic stenosis[J]. Clin Otolaryngol, 2017, 42(6): 1407-1410.
- [11] STOCK M C, SCHISLER J Q, MCSWEENEY T D. The PaCO<sub>2</sub> rate of rise in anesthetized patients with airway obstruction[J]. J Clin Anesth, 1989, 1(5): 328-332.
- [12] FORSBERG I M, ULLMAN J, HOFFMAN A, *et al.* Lung volume changes in Apnoeic Oxygenation using Transnasal Humidified Rapid-Insufflation Ventilatory Exchange (THRIVE) compared to mechanical ventilation in adults undergoing laryngeal surgery[J]. Acta Anaesthesiol Scand, 2020, 64(10): 1491-1498.
- [13] 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[J]. Anaesthesia, 2017, 72(4): 439-443.
- [14] 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[J]. Anaesthesia, 2018, 73(5): 564-571.
- [15] HUH G, MIN S, CHO S D, *et al.* Application and efficiency of transnasal humidified rapid-insufflation ventilatory exchange in laryngeal microsurgery[J]. Laryngoscope, 2022, 132(5): 1061-1068.
- [16] HUMPHREYS S, LEE-ARCHER P, REYNE G, *et al.* Transnasal humidified rapid-insufflation ventilatory exchange (THRIVE) in children: a randomized controlled trial[J]. Br J Anaesth, 2017, 118(2): 232-238.
- [17] LEI G Y, WU L L, XI C H, *et al.* Transnasal humidified rapid insufflation ventilatory exchange augments oxygenation in children with juvenile onset recurrent respiratory papillomatosis during surgery: a prospective randomized crossover controlled trial[J]. Anesth Analg, 2023, 137(3): 578-586.
- [18] CARUSO T J, SIDELL D R, LENNIG M, *et al.* Transnasal Humidified Rapid Insufflation Ventilatory Exchange (THRIVE) augments oxygenation in children with cyanotic heart disease during microdirect laryngoscopy and bronchoscopy[J]. J Clin Anesth, 2019, 56: 53-54.
- [19] 陈灵科, 潘志英, 苏殿三, 等. 高流量鼻导管氧疗在儿童中的应用[J]. 国际麻醉学与复苏杂志, 2018, 39(7): 675-680.
- [20] 杨天爽, 王倩, 彭蕊, 等. 经鼻湿化高流量通气在肥胖患者无痛胃镜检查中的应用效果[J]. 临床麻醉学杂志, 2022, 38(9): 949-953.
- [21] JONKER Y, RUTTEN D J, VAN EXEL E R, *et al.* Transnasal humidified rapid-insufflation ventilatory exchange during electroconvulsive therapy: a feasibility study[J]. J ECT, 2019, 35(2): 110-114.
- [22] VAITHIALINGAM B, BANSAL S, RAMESH V J, *et al.* Trans-nasal Humidified Rapid Insufflation Ventilatory Exchange (THRIVE) ventilation during electroconvulsive therapy (ECT) for a pregnant patient- A novel technique[J]. Asian J Psychiatr, 2022, 70: 103023.
- [23] WANG M L, HUNG M H, CHEN J S, *et al.* Nasal high-flow oxygen therapy improves arterial oxygenation during one-lung ventilation in non-intubated thoracoscopic surgery [J]. Eur J Cardiothorac Surg, 2018, 53(5): 1001-1006.

- 22(7): 967-978.
- [31] RETICKER-FLYNN N E, ZHANG W, BELK J A, *et al.* Lymph node colonization induces tumor-immune tolerance to promote distant metastasis[J]. *Cell*, 2022, 185(11): 1924-1942. e23.
- [32] POGGIO M, HU T, PAI C C, *et al.* Suppression of Exosomal PD-L1 Induces Systemic Anti-tumor Immunity and Memory[J]. *Cell*, 2019, 177(2): 414-427. e13.
- [33] BRONTE V, PITTET M J. The spleen in local and systemic regulation of immunity[J]. *Immunity*, 2013, 39(5): 806-818.
- [34] KAPLAN D H, SHANKARAN V, DIGHE A S, *et al.* Demonstration of an interferon gamma-dependent tumor surveillance system in immunocompetent mice[J]. *Proc Natl Acad Sci U S A*, 1998, 95(13): 7556-7561.
- [35] ZARETSKY J M, GARCIA-DIAZ A, SHIN D S, *et al.* Mutations Associated with Acquired Resistance to PD-1 Blockade in Melanoma[J]. *N Engl J Med*, 2016, 375(9): 819-829.
- [36] THEODORAKI M N, YERNENI S S, HOFFMANN T K, *et al.* Clinical Significance of PD-L1(+) Exosomes in Plasma of Head and Neck Cancer Patients[J]. *Clin Cancer Res*, 2018, 24(4): 896-905.
- [37] ZHOU K, GUO S, LI F, *et al.* Exosomal PD-L1: New Insights Into Tumor Immune Escape Mechanisms and Therapeutic Strategies[J]. *Front Cell Dev Biol*, 2020, 8: 569219.
- [38] LI C, LI C, ZHI C, *et al.* Clinical significance of PD-L1 expression in serum-derived exosomes in NSCLC patients[J]. *J Transl Med*, 2019, 17(1): 355.
- [39] YANG Q, CHEN M, GU J, *et al.* Novel Biomarkers of Dynamic Blood PD-L1 Expression for Immune Checkpoint Inhibitors in Advanced Non-Small-Cell Lung Cancer Patients [J]. *Front Immunol*, 2021, 12: 665133.
- [40] FAN Y, CHE X, QU J, *et al.* Exosomal PD-L1 Retains Immunosuppressive Activity and is Associated with Gastric Cancer Prognosis[J]. *Ann Surg Oncol*, 2019, 26(11): 3745-3755.
- [41] WANG J, ZHANG H, SUN X, *et al.* Exosomal PD-L1 and N-cadherin predict pulmonary metastasis progression for osteosarcoma patients[J]. *J Nanobiotechnology*, 2020, 18(1): 151.
- [42] CHEN X, DU Z, HUANG M, *et al.* Circulating PD-L1 is associated with T cell infiltration and predicts prognosis in patients with CRLM following hepatic resection[J]. *Cancer Immunol Immunother*, 2022, 71(3): 661-674.
- [43] CORDONNIER M, NARDIN C, CHANTELOUP G, *et al.* Tracking the evolution of circulating exosomal-PD-L1 to monitor melanoma patients[J]. *J Extracell Vesicles*, 2020, 9(1): 1710899.
- [44] LUX A, KAHLERT C, GRÜTZMANN R, *et al.* c-Met and PD-L1 on Circulating Exosomes as Diagnostic and Prognostic Markers for Pancreatic Cancer [J]. *Int J Mol Sci*, 2019, 20(13):3305.
- [45] LI J W, SHI D, WAN X C, *et al.* Universal extracellular vesicles and PD-L1+ extracellular vesicles detected by single molecule array technology as circulating biomarkers for diffuse large B cell lymphoma[J]. *Oncoimmunology*, 2021, 10(1): 1995166.
- [46] WANG H, QI Y, LAN Z, *et al.* Exosomal PD-L1 confers chemoresistance and promotes tumorigenic properties in esophageal cancer cells via upregulating STAT3/miR-21[J]. *Gene Ther*, 2023,30(1-2):88-100.
- [47] ZHANG C, FAN Y, CHE X, *et al.* Anti-PD-1 Therapy Response Predicted by the Combination of Exosomal PD-L1 and CD28[J]. *Front Oncol*, 2020, 10: 760.
- [48] DEL RE M, MARCONCINI R, PASQUINI G, *et al.* PD-L1 mRNA expression in plasma-derived exosomes is associated with response to anti-PD-1 antibodies in melanoma and NSCLC[J]. *Br J Cancer*, 2018, 118(6): 820-824.

(收稿日期:2023-04-17; 修回日期:2024-04-13; 编辑:张翰林)

(上接第 150 页)

- [24] FRASSANITO L, PIERSANTI A, VASSALLI F, *et al.* Transnasal humidified rapid-insufflation ventilatory exchange (THRIVE) as unique technique for airway management during operative hysteroscopy under general anesthesia: a registered feasibility pilot cohort study[J]. *Eur Rev Med Pharmacol Sci*, 2022, 26(17): 6208-6214.
- [25] FAN Q, HU C B, YE M, *et al.* Dexmedetomidine for tracheal extubation in deeply anesthetized adult patients after otologic surgery: a comparison with remifentanyl[J]. *BMC Anesthesiol*, 2015, 15: 106.
- [26] BANIHASHEM N, ALIJANPOUR E, HASANNASAB B, *et al.* Prophylactic effects of lidocaine or beclomethasone spray on post-operative sore throat and cough after orotracheal intubation [J]. *Iran J Otorhinolaryngol*, 2015, 27(80): 179-184.
- [27] MIYAZAKI M, KADOI Y, SAITO S. Effects of landiolol, a short-acting beta-1 blocker, on hemodynamic variables during emergence from anesthesia and tracheal extubation in elderly patients with and without hypertension[J]. *J Anesth*, 2009, 23(4): 483-488.
- [28] KOTHARI D, TANDON N, SINGH M, *et al.* Attenuation of circulatory and airway responses to endotracheal extubation in craniotomies for intracerebral space occupying lesions: dexmedetomidine versus lignocaine[J]. *Anesth Essays Res*, 2014, 8(1): 78-82.
- [29] KIM M K, BAEK C W, KANG H, *et al.* Comparison of emergence after deep extubation using desflurane or desflurane with remifentanyl in patients undergoing general anesthesia: a randomized trial[J]. *J Clin Anesth*, 2016, 28: 19-25.
- [30] JUANG J, CORDOBA M, CIARAMELLA A, *et al.* Incidence of airway complications associated with deep extubation in adults [J]. *BMC Anesthesiol*, 2020, 20(1): 274.
- [31] QIU J, XIE M, CHEN J, *et al.* Tracheal extubation under deep anesthesia using transnasal humidified rapid insufflation ventilatory exchange vs. awake extubation: an open-labeled randomized controlled trial[J]. *Front Med*, 2022, 9: 810366.

(收稿日期:2024-03-13; 修回日期:2024-07-01; 编辑:张翰林)