

经鼻湿化快速充气交换通气技术在全身麻醉诱导中的应用

刘凡凡, 孟繁思, 陈海明, 赵莹, 胡胜*

西安市人民医院(西安市第四医院)麻醉与围术期医学中心, 西安 710004

【摘要】 目的 探讨经鼻湿化快速充气交换通气(THRIVE)技术在气管插管全身麻醉诱导中的安全性及有效性。**方法** 选取 2023 年 1~12 月西安市人民医院(西安市第四医院)全身麻醉下行择期手术患者 60 例为研究对象, 年龄 18~65 岁, 美国麻醉医师协会(ASA)分级 I 或 II 级。根据诱导期吸氧方法不同, 采用随机数字表法将患者分为加压面罩辅助通气组(PF 组)和 THRIVE 组, 每组 30 例。比较两组患者预充氧前 5 min(T_1)、预充氧后 10 min(T_2)及麻醉诱导后 3 min(T_3)的动脉血氧分压(PaO_2)、动脉二氧化碳分压($PaCO_2$)、pH 值及平均动脉压、心率和脉搏血氧饱和度(SpO_2), 安全窒息时间和诱导期体动、胃进气不良事件发生率。**结果** T_3 时 THRIVE 组与 PF 组的 PaO_2 分别为 (334.20 ± 93.00) mmHg 和 (280.30 ± 79.40) mmHg, $PaCO_2$ 分别为 (48.28 ± 5.98) mmHg 和 (36.97 ± 5.20) mmHg, pH 值分别为 (7.33 ± 0.04) 和 (7.39 ± 0.04), 与 PF 组比较, THRIVE 组 PaO_2 和 $PaCO_2$ 均出现显著升高 ($P < 0.05$), 伴 pH 显著降低 ($P < 0.05$)。PF 组和 THRIVE 组安全窒息时间分别为 (379.39 ± 51.82) s 和 (517.73 ± 47.15) s, 与 PF 组比较, THRIVE 组安全窒息时间显著延长 ($P < 0.05$)。THRIVE 组较 PF 组诱导期间体动和胃进气不良事件发生率显著降低 ($P < 0.05$)。**结论** THRIVE 技术应用于气管插管全身麻醉诱导可有效延长安全窒息时间, 维持血流动力学及内环境稳定, 降低诱导期体动及胃进气的发生率。

【关键词】 经鼻湿化快速充气交换通气技术; 全身麻醉诱导; 窒息时间; 低氧血症; 高碳酸血症

【DOI】 10.3969/j.issn.2096-2681.2025.06.004

Application of transnasal humidified rapid insufflation ventilatory exchange in the induction of general anaesthesia

LIU Fanfan, MENG Fansi, CHEN Haiming, ZHAO Ying, HU Sheng*

Department of Anesthesiology and Perioperative Medicine, Xi'an People's Hospital (Xi'an Fourth Hospital), Xi'an 710004, China

【Abstract】 Objective To investigate the safety and efficacy of transnasal humidified rapid insufflation ventilatory exchange (THRIVE) in the induction of general anaesthesia. **Methods** Sixty patients, aged 18-65 years old, of American Society of Anesthesiologists (ASA) physical status classification I or II, who underwent elective surgery under general anaesthesia at Xi'an People's Hospital (Xi'an Fourth Hospital) from January to December 2023 were selected as the research subjects. The patients were divided into pressurized mask assisted ventilation group (PF group) and THRIVE group according to the strategy of oxygenation during general anaesthesia, with 30 cases in each group. The mean arterial partial pressure of oxygen (PaO_2), the mean arterial partial pressure of carbon dioxide ($PaCO_2$), the pH value, the mean arterial pressure, heart rate, pulse oxygen saturation (SpO_2), the safe apnoea time, the incidence of adverse events related to of body movement and gastric insufflation during induction were compared 5 min before pre-oxygenation (T_1), 10 min after pre-oxygenation (T_2), and 3 min after induction (T_3). **Results** At T_3 , the PaO_2 , $PaCO_2$, and pH values in the THRIVE group and PF group were (334.20 ± 93.00) mmHg and (280.30 ± 79.40) mmHg, (48.28 ± 5.98) mmHg and (36.97 ± 5.20) mmHg, (7.33 ± 0.04) and (7.39 ± 0.04), respectively. The level of PaO_2 and $PaCO_2$ were significantly higher in THRIVE group than those in PF group ($P < 0.05$), with pH significantly lower in the THRIVE group ($P < 0.05$). The safe apnoea time in the PF group and THRIVE group were (379.39 ± 51.82) s and (517.73 ± 47.15) s. Compared to the PF group, the safe apnoea time was significantly prolonged in the THRIVE group ($P < 0.05$). The incidence of adverse events such as body movement and gastric insufflation significantly decreased in the THRIVE group ($P < 0.05$). **Conclusion** The application of THRIVE in the induction of general anaesthesia by endotracheal intubation can effectively prolong the time of safe apnoea, maintain the stability of hemodynamics

基金项目: 西安市卫生健康委员会一般研究项目(2021yb19)

*通信作者: 胡胜, E-mail: hnmzxh@163.com

and internal environment, and reduce the incidence of body movement and gastric air intake.

【 Key words 】 transnasal humidified rapid insufflation ventilatory exchange; induction of general anesthesia; apnoea time; hypoxaemia; hypercapnia

在全身麻醉诱导阶段,为提高患者的氧储备,延长患者窒息时间,通常需应用窒息氧合技术。目前临床中常采用加压面罩通气技术,但该技术常造成患者疼痛、憋气、恐惧等一系列不适反应,甚至可能造成患者胃进气增加,导致胃内压升高,增加患者反流误吸的风险^[1]。此外,加压面罩通气技术实施气管插管全身麻醉通常需要两名麻醉医师配合完成,其中一名进行药物注射,另一名进行加压面罩辅助通气,大大降低了麻醉医师的工作效率。经鼻湿化快速充气交换通气(transnasal humidified rapid insufflation ventilatory exchange, THRIVE)技术通过开放的鼻塞导管为患者提供可调控吸氧浓度及温度的加湿高流量氧气(10~70 L/min),可以减少解剖死腔、产生呼气末正压以改善患者氧合,并降低患者呼吸做功^[2]。1994年Dewan等^[3]首次将该技术应用于慢性阻塞性肺疾病患者的氧疗,由于其对氧合改善显著且使用便捷,之后被广泛应用于治疗急性呼吸衰竭、重症肺炎及支气管镜检查等^[4-6]。全身麻醉诱导前需预充氧,利用高浓度氧气将肺内氮气进行置换,而THRIVE技术所提供的高流量、高浓度氧气可以加快气体交换,且无须进行辅助呼吸,因此该技术在全身麻醉领域具有广阔的应用前景,但其安全性及有效性还有待进一步验证。因此,本研究将THRIVE应用于气管插管全身麻醉诱导中,并对其安全性及有效性进行评估,以期为该技术广泛应用于全身麻醉诱导期提高患者舒适度以及安全性提供科学依据。

1 资料与方法

1.1 一般资料 本研究经西安市人民医院(西安市第四医院)医学伦理委员会审批(批准号:20200018),所有患者试验前均签署了临床试验知情同意书,并了解了研究方案及其风险。选取2023年1~12月西安市人民医院(西安市第四医院)全身麻醉下行择期手术的患者60例为研究对象,采用随机数字表法将患者分为加压面罩辅助通气组(PF组)和THRIVE组,每组30例。纳入标准:年龄18~65岁;美国麻醉医师协会(American Society of Anesthesiologists, ASA)分级I或II级;无严重的呼吸系统疾病,如呼吸衰竭、重症肺炎、慢性阻塞性肺疾病、肺部肿瘤等;患者自愿参与试验并有能力签署知情同意书。根据麻醉诱导期吸氧方法的不同,排除标准:患者拒绝参与试验;

困难气道;睡眠呼吸暂停综合征;鼻息肉等病史或其他鼻腔手术史;脑脊液鼻漏;病态肥胖[体质量指数(body mass index, BMI) > 35 kg/m²]。

1.2 方法 麻醉诱导前THRIVE组使用Airvo™ 2经鼻高流量氧疗机(斐雪派克有限责任公司,新西兰)进行吸氧,设置起始氧流量为30 L/min,温度为36℃,吸入氧浓度为100%;PF组使用加压面罩以4 L/min氧流量吸氧。各组吸氧时间均为10 min。

在充分预氧合后进行麻醉诱导:丙泊酚1.5 mg/kg,咪达唑仑1 mg,舒芬太尼0.3 μg/kg,罗库溴铵0.6 mg/kg。其中PF组由两名麻醉医师进行诱导,其中一名进行药物推注,另外一名进行辅助通气。而THRIVE组仅一名有资质的麻醉医师注药。麻醉诱导期间THRIVE组继续进行高流量吸氧,待自主呼吸消失后将氧流量增加至60 L/min,诱导期间不进行辅助通气,若诱导期间出现严重低氧血症[脉搏血氧饱和度(pulse oxygen saturation, SpO₂) < 90%],则立刻转为加压面罩辅助通气,完成气管插管。当肌肉松弛药效达到峰值,具备气管插管条件时进行气管插管。完成气管插管后各组均不再进行吸氧。当患者SpO₂降低至92%时立即恢复通气,连接呼吸机,设置合适的呼吸参数行机械通气。

1.3 观察指标 主要结局指标:两组患者麻醉诱导后3 min(T₃)的动脉血氧分压(arterial partial pressure of oxygen, PaO₂)。次要结局指标:(1)动脉血气分析:两组患者预充氧后10 min(T₂)的PaO₂、动脉血二氧化碳分压(arterial partial pressure of carbon dioxide, PaCO₂)及pH值,T₃时的PaCO₂。动脉血气分析由一名非研究组麻醉护士在各时间点通过血气分析仪(雷度米特ABL9,上海)进行分析并记录。(2)安全窒息时间:定义为自主呼吸消失至SpO₂降低至92%的时间^[7],SpO₂降至92%即刻进行机械通气。(3)生命体征改变:两组患者在T₁、T₂、T₃时的心率、平均动脉压、SpO₂。患者术中生命体征由当天麻醉医师通过麻醉监护仪(飞利浦MX550,上海)获取。(4)诱导期不良事件发生率:诱导期间体动(非注药及人为因素)及胃进气的发生率。胃进气的评估选用迈瑞便携式彩色多普勒超声凸阵探头在气管插管后即刻进行胃窦部超声检查,通过测量胃窦区截面的长径(D1)及与之垂直的短径(D2),计算胃窦区截面积(cross sectional area,

CSA)， $CSA=D1 \times D2 \times \pi \div 4$ 。当胃窦区出现面积明显增大的声影或“彗尾征”时，即认定为发生胃进气^[8]。

1.4 样本量计算 本研究采用 PASS15.0 软件进行样本量计算，以两组患者 T₃ 时的 PaO₂ 作为主要结局指标。根据预实验结果，THRIVE 组和 PF 组在 T₃ 时的 PaO₂ 分别为 (321.00 ± 76.00) mmHg 和 (286.00 ± 34.00) mmHg，将 I 型错误 (α 值) 设置为 0.05，II 型错误 (β 值) 设置为 0.20，计算所得每组需要样本量 24 例，考虑 20% 脱落率，每组纳入 30 例。

1.5 统计学分析 采用 SPSS27.0 软件进行数据分析。正态分布计量资料以 $\bar{x} \pm s$ 表示，两组间比较采

用独立样本 *t* 检验，对满足方差齐性的重复测量指标比较采用重复测量方差分析，当不满足 Mauchly's 球形假设检验时，行 Greenhouse-Geisser 法校正，使用 Bonferroni 法对检验水准 α=0.05 进行校正。计数资料以例数 (%) 表示，组间比较采用 χ² 检验或 Fisher 确切概率法。P < 0.05 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 两组不同吸氧方法患者的一般资料比较 两组患者性别构成、年龄、BMI，术前的心率、平均动脉压、ASA 分级、改良马氏分级及 Cormack-Lehane 分级比较，差异均无统计学意义 (P > 0.05，表 1)。

表 1 两组不同吸氧方法患者一般资料比较

(n = 30, $\bar{x} \pm s$)

指标	PF 组	THRIVE 组	χ ² /t 值	P 值
性别 (男 / 女, 例)	14/16	10/20	1.046	0.079
年龄 (岁)	46.67 ± 12.43	50.60 ± 11.16	1.290	0.364
BMI (kg/m ²)	23.72 ± 3.06	23.62 ± 2.86	-0.130	0.593
心率 (次 /min)	75.83 ± 11.19	75.43 ± 9.89	-0.147	0.533
平均动脉压 (mmHg)	94.98 ± 9.15	97.19 ± 12.67	0.761	0.069
ASA 分级 [n (%)]			0.635	0.426
I 级	13 (43.33)	10 (33.33)		
II 级	17 (56.67)	20 (66.67)		
改良马氏分级 [n (%)]			0.659	0.417
I 级	9 (30.00)	12 (40.00)		
II 级	21 (70.00)	18 (60.00)		
Cormacke-Lehane 分级 [n (%)]			0.067	0.796
I 级	14 (46.67)	15 (50.00)		
II 级	16 (53.33)	15 (50.00)		

注：PF 组为加压面罩辅助通气组；THRIVE 组为经鼻湿化快速充气交换通气组；BMI 为体质质量指数；ASA 为美国麻醉医师协会

2.2 两组不同吸氧方法患者血流动力学指标比较 重复测量方差分析结果显示，THRIVE 组和 PF 组患者平均动脉压和心率在同一时点差异均无统计学意义 (P > 0.05)。与 T₁ 时比较，两组患者在 T₃ 时平均动脉压均出现了显著降低 (P < 0.05)，心率也出现了显著降低，差异有统计学意义 (P < 0.05，表 2)。

2.3 两组不同吸氧方法患者通气指标的比较 两组患者的 SpO₂ 在 T₁、T₂ 及 T₃ 时差异均无统计学意义 (P > 0.05)。与 T₁ 时相比，T₂ 和 T₃ 时两组患者的 SpO₂ 和 PaO₂ 均显著升高，差异有统计学意义 (均 P < 0.05)。与 PF 组相比，THRIVE 组在 T₃ 时平均 PaO₂ 显著升高 (P < 0.05)，平均 PaCO₂ 显著升高 (P < 0.05)，pH 值显著降低，差异具有统计学

意义 (P < 0.05，表 3)。在 T₃ 时 PF 组和 THRIVE 组最高 PaCO₂ 分别为 49.8 mmHg 和 56.9 mmHg。两组患者 T₃ 时的 pH 值均维持在 7.26~7.47。

2.4 两组不同吸氧方法患者的安全窒息时间比较 全身麻醉诱导阶段使用不同吸氧方法时，PF 组和 THRIVE 组安全窒息时间分别为 (379.39 ± 51.82) s 和 (517.73 ± 47.15) s，与 PF 组比较，THRIVE 组安全窒息时间显著延长，差异有统计学意义 (P < 0.05)。

2.5 两组不同吸氧方法患者诱导期间不良事件比较 与 PF 组比较，THRIVE 组诱导期间体动发生率显著降低 (P < 0.05)，胃进气发生率显著降低，差异有统计学意义 (P < 0.05，表 4)。

表 2 两组不同吸氧方法患者不同时点血流动力学指标的比较
($n = 30, \bar{x} \pm s$)

指标	PF 组	THRIVE 组	F 值	P 值
平均动脉压 (mmHg)				
T ₁	97.30 ± 7.88	98.33 ± 10.28	0.203	0.654
T ₂	92.80 ± 7.79	93.10 ± 10.60	0.016	0.901
T ₃	81.04 ± 8.14 ^a	85.33 ± 12.37 ^a	2.502	0.119
心率 (次/min)				
T ₁	75.17 ± 9.38	75.00 ± 12.71	0.003	0.954
T ₂	74.20 ± 8.49	71.80 ± 10.69	0.927	0.340
T ₃	68.97 ± 8.78 ^a	71.40 ± 10.71 ^a	0.926	0.340

注: PF 组为加压面罩辅助通气组; THRIVE 组为经鼻湿化快速充气交换通气组; T₁ 为预充氧前 5 min; T₂ 为预充氧后 10 min; T₃ 为麻醉诱导后 3 min; 与 T₁ 时比较, ^a $P < 0.05$

表 3 两组不同吸氧方法患者不同时点通气指标比较
($n = 30, \bar{x} \pm s$)

指标	PF 组	THRIVE 组	F 值	P 值
SpO ₂ (%)				
T ₁	97.80 ± 1.54	97.73 ± 1.34	0.032	0.859
T ₂	99.97 ± 0.18 ^a	99.80 ± 0.48 ^a	3.112	0.083
T ₃	99.90 ± 0.31 ^a	99.70 ± 0.47 ^a	3.867	0.054
PaO ₂ (mmHg)				
T ₁	87.46 ± 16.70	87.97 ± 13.89	0.017	0.898
T ₂	276.83 ± 89.48 ^a	287.63 ± 96.32 ^a	0.202	0.654
T ₃	280.30 ± 79.40 ^a	334.20 ± 93.00 ^a	5.829	0.019
PaCO ₂ (mmHg)				
T ₁	36.85 ± 3.61	37.18 ± 3.45	0.131	0.719
T ₂	37.49 ± 4.11	39.30 ± 4.94	2.382	0.128
T ₃	36.97 ± 5.20	48.28 ± 5.98 ^a	61.128	< 0.001
pH				
T ₁	7.40 ± 0.03	7.40 ± 0.03	0.008	0.927
T ₂	7.40 ± 0.03	7.39 ± 0.04	1.101	0.298
T ₃	7.39 ± 0.04	7.33 ± 0.04 ^a	34.720	< 0.001

注: PF 组为加压面罩辅助通气组; THRIVE 组为经鼻湿化快速充气交换通气组; SpO₂ 为脉搏血氧饱和度; PaO₂ 为动脉血氧分压; PaCO₂ 为动脉血二氧化碳分压; T₁ 为预充氧前 5 min; T₂ 为预充氧后 10 min; T₃ 为麻醉诱导后 3 min; 与 T₁ 时比较, ^a $P < 0.05$

表 4 两组不同吸氧方法患者诱导期间不良事件比较
[$n = 30, n (%)$]

组别	体动	胃进气
PF 组	17 (56.67)	12 (33.33)
THRIVE 组	2 (6.67)	5 (16.67)
χ^2 值	17.330	4.022
P 值	< 0.001	0.045

注: PF 组为加压面罩辅助通气组; THRIVE 组为经鼻湿化快速充气交换通气组

3 讨论

窒息氧合是全身麻醉诱导的关键步骤, 对气管插管的成功及患者安全具有重要意义。传统的加压面罩辅助通气技术具有增加患者不适及反流误吸等风险, 且大多需要两名麻醉医师配合完成气管插管全身麻醉诱导。手术室外麻醉的大量开展导致麻醉医师短缺的情况日益严重^[9], 因此寻找一种既能满足患者舒适安全, 又能有效提高麻醉医师工作效率的窒息氧合方法成为目前亟待解决的问题。本研究采用 THRIVE 技术对全身麻醉患者进行预充氧, 结果发现 THRIVE 组安全窒息时间较传统加压面罩组延长, 且患者的体动和胃进气不良事件发生率降低, 同时可轻松实现单人麻醉诱导。THRIVE 技术在改善患者氧合的同时可以降低诱导期不良事件发生率, 且操作便捷, 因此有望创建全身麻醉诱导中窒息氧合的新模式。

THRIVE 技术应用于全身麻醉诱导可以充分保证患者的氧合, 延长安全窒息时间, 提高全身麻醉诱导的安全性。THRIVE 所提供的高流量氧气的冲刷降低了解剖死腔, 并产生了气道正压, 使得肺泡充分扩张, 可有效延长安全窒息时间^[10]。据文献[11]报道, 当氧流量达到 50 L/min 时, 在患者闭口呼吸的条件下, 可产生 (3.31 ± 1.05) cmH₂O 的气道正压。该效应在肥胖患者诱导中的作用尤为显著, 气道正压的产生可充分扩张该类患者咽腔, 防止出现舌后坠, 从而改善氧合^[12-13]。THRIVE 的应用有效解决了该类患者加压面罩辅助通气可能出现的托举困难、通气不足等问题, 窒息时间的延长也为可能出现的困难气道提供了更多的时间。本研究中该技术仅应用于麻醉诱导阶段, 在完成气管插管后停止吸氧并记录安全窒息时间, 不同于既往无管化技术的研究设计, 本研究记录到的安全窒息时间虽较加压面罩组延长, 但低于既往研究中持续高流量吸氧所得结果。此外, 有研究^[14]报道 THRIVE 技术虽有效保证了患者的氧合, 但由于患者自主呼吸受限, 有可能导致患者出现 CO₂ 蓄积的问题。Lyons 等^[15]研究显示, 在使用 THRIVE 窒息氧合期间, 患者呼气末二氧化碳的平均增值约为 1.30 mmHg/min, 在起始的 15 min 内, 静脉血二氧化碳分压的平均增值为 1.60 mmHg/min。而本研究结果显示, THRIVE 组机械通气前最高 PaCO₂ 达到了 56.90 mmHg, 远高于 Lyons 等^[15]研究结果。推测可能是由于流量设置不同导致对患者肺泡的冲刷程度及肺泡通气量不同所致。在窒息氧合期间, 心脏的机械活动可以导致气道内气体的搏动性流动, 气体交换相互依存, CO₂ 的搏动性清除会引起气道内压力下降,

进而使吹入的氧气向肺泡远端流动,同时,氧气流速的增加也进一步增加了 CO₂ 的清除。另外,血液中 CO₂ 浓度的升高并不是线性的,在呼吸暂停的第一分钟尤为明显,随着时间的推移,其上升幅度逐步降低^[16]。本研究中所测得的 PaCO₂ 偏高也可能与窒息时间较短,其上升速率位于 CO₂ 升高曲线的峰值有关,恢复机械通气后,短暂性的高碳酸血症即得到了缓解,不会对患者内环境造成持续严重影响。在使用 THRIVE 技术进行窒息氧合时,首先应确保鼻腔及口咽部气道通畅,避免解剖异常或分泌物阻塞;其次应提高氧流量,加快气体交换速率,并进行经皮 CO₂ 监测或动脉血气分析,当 PaCO₂ > 75 mmHg 或出现呼吸性酸中毒 (pH < 7.25) 时,需立即进行呼吸支持,避免 CO₂ 潴留;对于儿童或肥胖等高 CO₂ 蓄积风险的患者,使用 THRIVE 时更应严密监测,尽量缩短使用时间,并做好气道应急预案^[17]。麻醉诱导时加压面罩辅助通气是造成胃内进气的一大诱因^[18],胃进气不仅会升高胃内压,增加误吸风险,还可能会影响腹腔镜类手术操作。本研究发现与加压面罩组相比,THRIVE 组诱导期间胃进气的发生率降低,这将进一步降低患者反流误吸的风险,可能在饱胃及腹腔镜手术患者的全身麻醉诱导中安全性更高。

THRIVE 技术应用于全身麻醉诱导可能有助于推进舒适化医疗在围手术期的发展。由于 THRIVE 设备是通过开放的鼻塞导管进行吸氧,使得密闭吸氧及托举下颌带来的不适感降低。另外,该设备提供加温加湿气体可以使得机体用于加温加湿气体的能量消耗降低,提高患者舒适度的同时也加强了呼吸道黏膜纤毛对异物或痰液等的清除能力^[19],有利于术后呼吸功能的恢复。本研究观察到,与 PF 组相比,THRIVE 组诱导期由于疼痛、憋气、恐惧等出现体动的发生率降低,提示通过 THRIVE 进行预氧合,有助于改善患者围手术期的就医体验。THRIVE 设备可以通过氧气流量计调节吸入氧浓度,并通过仪器面板按键设置吸氧温度及流量,操作简单便捷,这一性能大大提高了麻醉医师的工作效率,即使单人进行麻醉诱导,也可快速完成吸氧浓度及氧流量等设置,有助于缓解当前麻醉医师短缺的压力。

本研究有一定的局限性。本试验纳入样本量较少,纳入对象为 ASA 分级 I 或 II 级的相对健康患者,THRIVE 技术在老年及肥胖患者全身麻醉诱导中的安全性仍需多中心、大样本临床试验进行验证;此外,THRIVE 流量及温度的设置可能会影响患者吸氧时的舒适度,本研究未对不同流量及温度进行分层设计,

这有待于进一步探索。

综上所述,THRIVE 技术应用于 ASA 分级 I 或 II 级的患者气管插管全身麻醉诱导可以有效延长安全窒息时间,维持血流动力学及内环境稳定,并且降低诱导期体动及胃进气的发生率,有助于开启一种全新的麻醉诱导模式。

利益冲突 所有作者均声明不存在利益冲突

参考文献

- [1] CAJANDER P, EDMARK L, AHLSTRAND R, et al. Effect of positive end-expiratory pressure on gastric insufflation during induction of anaesthesia when using pressure-controlled ventilation via a face mask: a randomised controlled trial[J]. *Eur J Anaesthesiol*, 2019, 36(9): 625-632. DOI: 10.1097/EJA.0000000000001016.
- [2] 杨姗, 杨婧, 康焰. 经鼻高流量氧疗和无创通气在急性呼吸窘迫综合征治疗中的价值 [J]. *中华医学杂志*, 2024, 104(15): 1230-1235. DOI: 10.3760/cma.j.cn112137-20231023-00865.
- [3] DEWAN N A, BELL C W. Effect of low flow and high flow oxygen delivery on exercise tolerance and sensation of dyspnea. A study comparing the transtracheal catheter and nasal prongs[J]. *Chest*, 1994, 105(4): 1061-1065. DOI: 10.1378/chest.105.4.1061.
- [4] 徐蓉, 周雪飞, 王龙飞, 等. 不同流量经鼻高流量氧疗在纤维支气管镜检查中的比较 [J]. *临床麻醉学杂志*, 2024, 40(3): 267-271. DOI: 10.12089/jca.2024.03.008.
- [5] OCZKOWSKI S, ERGAN B, BOS L, et al. ERS clinical practice guidelines: high-flow nasal cannula in acute respiratory failure[J]. *Eur Respir J*, 2022, 59(4): 2101574. DOI: 10.1183/13993003.01574-2021.
- [6] 曹晓琳, 熊琴, 苏科文. 经鼻高流量湿化氧疗治疗重症肺炎疗效及对患者血气指标和插管率的影响 [J]. *陕西医学杂志*, 2023, 52(7): 871-874. DOI: 10.3969/ji.ssn.1000-7377.2023.07.022.
- [7] SCHUTZER W J, WOJCIKIEWICZ T, KARMALI 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. DOI: 10.1016/j.bja.2021.12.011.
- [8] 高红梅, 鲍杨, 李淑芸, 等. 超声评估全身麻醉喉罩和气管导管通气对胃进气的影响 [J]. *上海交通大学学报(医学版)*, 2020, 40(5): 651-655. DOI: 10.3969/j.issn.1674-8115.2020.05.014.
- [9] 康维. 美国麻醉学专业教育发展研究 [D]. 石家庄: 河北医科大学, 2023.
- [10] MÖLLER W, CELIK G, FENG S, et al. Nasal high flow clears anatomical dead space in upper airway models[J]. *J Appl Physiol*, 2015, 118(12): 1525-1532. DOI: 10.1152/jappphysiol.00934.2014.
- [11] PARKE R L, ECCLESTON M L, MCGUINNESS S P. The effects of flow on airway pressure during nasal high-flow oxygen therapy[J]. *Respir Care*, 2011, 56(8): 1151-1155. DOI: 10.4187/respcare.01106.
- [12] RUAN B, NAGAPPA M, RASHID K M, et al. The effectiveness of supplemental oxygen and high-flow nasal cannula therapy in

patients with obstructive sleep apnea in different clinical settings: a systematic review and meta-analysis[J]. J Clin Anesth, 2023, 88: 111144. DOI: 10.1016/j.jclinane.2023.111144.

[13] PLOTNIKOW G A, THILLE A W, VASQUEZ D N, et al. Effects of high-flow nasal cannula on end-expiratory lung impedance in semi-seated healthy subjects[J]. Respir Care, 2018, 63(8): 1016-1023. DOI: 10.4187/respcare.06031.

[14] GU W J, WANG H T, HUANG J, et al. High flow nasal oxygen versus conventional oxygen therapy in gastrointestinal endoscopy with conscious sedation: systematic review and meta-analysis with trial sequential analysis[J]. Dig Endosc, 2022, 34(6): 1136-1146. DOI: 10.1111/den.14315.

[15] LYONS C, CALLAGHAN M. Apnoeic oxygenation with high-flow nasal oxygen for laryngeal surgery: a case series[J]. Anaesthesia, 2017, 72(11): 1379-1387. DOI : 10.1111/anae.14036.

[16] LYONS C, JONSSON F M, PATEL A. High-flow nasal oxygen: physiology and clinical applications[J]. Int Anesthesiol Clin, 2024, 62(4): 72-81. DOI: 10.1097/AIA.0000000000000449.

[17] 中华医学会麻醉学分会五官科麻醉学组. 经鼻高流量吸氧在五官科麻醉气道管理中应用专家共识(2025 版)[J]. 中华医学杂志, 2025, 105(12): 878-887. DOI: 10.3760/cma.j.cn112137-20241015-02337.

[18] 何光庭, 覃军, 杨婷, 等. 腹腔镜手术全麻诱导期预防胃胀气的必要性及预氧无正压通气的安全性分析 [J]. 麻醉安全与质控, 2020, 4(3): 177-180. DOI: 10.3969/j.issn.2096-2681.2020.03.013.

[19] BOCCATONDA A, GROFF P. High-flow nasal cannula oxygenation utilization in respiratory failure[J]. Eur J Intern Med, 2019, 64: 10-14. DOI: 10.1016/j.ejim.2019.04.010.

(收稿日期: 2025-05-22)
(本文编辑: 刘佳倩)

读者·作者·编者

本刊可直接使用的医学缩略语

世界卫生组织 (WHO)	每搏量变异 (SVV)	动脉血二氧化碳分压 (PaCO ₂)
美国麻醉医师协会 (ASA)	心率 (HR)	呼气末二氧化碳分压 (P _{ET} CO ₂)
加速术后康复 (ERAS)	潮气量 (V _T)	静脉血氧饱和度 (SvO ₂)
麻醉后恢复室 (PACU)	呼吸频率 (RR)	静脉血氧分压 (PvO ₂)
重症监护病房 (ICU)	血压 (BP)	静脉血氧含量 (CvO ₂)
恶性高热 (MH)	有创血压 (IBP)	质量环 (PDCA)
全膝关节置换术 (TKA)	无创血压 (NIBP)	质量控制 (QC)
术后恶心呕吐 (PONV)	气道峰压 (Ppeak)	质量保证 (QA)
术后认知功能障碍 (POCD)	呼气末正压 (PEEP)	四个成串电刺激 (TOF)
急性呼吸窘迫综合征 (ARDS)	平均动脉压 (MAP)	纤维蛋白原 (Fib)
心肺转流 (CPB)	中心静脉压 (CVP)	剩余碱 (BE)
心搏指数 (SI)	体质量指数 (BMI)	血小板 (Plt)
心输出量 (CO)	磁共振成像 (MRI)	血红蛋白 (Hb)
心脏指数 (CI)	脑电双频指数 (BIS)	红细胞 (RBC)
心电图 (ECG)	泡气最低有效浓度 (MAC)	白细胞 (WBC)
收缩压 (SBP)	视觉模拟评分法 (VAS)	中性粒细胞 (PMN)
舒张压 (DBP)	警觉 / 镇静状态评定 (OAA/S)	红细胞压积 (Hct)
脉压变异 (PPV)	患者自控镇痛 (PCA)	国际标准化比值 (INR)
收缩压变异 (SPV)	患者自控静脉镇痛 (PCIA)	凝血酶原时间 (PT)
每搏输出量 (SV)	患者自控硬膜外镇痛 (PCEA)	激活凝血时间 (ACT)
动脉血氧饱和度 (SaO ₂)	吸入氧浓度 (FiO ₂)	活化部分凝血酶原时间 (APTT)
动脉血氧分压 (PaO ₂)	脉搏血氧饱和度 (SpO ₂)	动脉血氧含量 (CaO ₂)