

不同流速经鼻湿化快速充气通气联合无创通气对肥胖患者全麻诱导期胃进气的影响

蒋卫清 石莉 赵倩 张文文 徐漫 高玉洁 王晓亮 鲍红光

【摘要】 目的 通过胃窦超声检查评估不同流速经鼻湿化快速充气通气 (THRIVE) 联合无创通气 (NIV) 在全麻诱导时对肥胖患者胃进气的影响。方法 选择择期全麻手术患者 72 例,男 29 例,女 43 例,年龄 18~64 岁, BMI 30.0~39.9 kg/m², ASA I 或 II 级。随机分为三组: H30 组、H50 组、H70 组, 每组 24 例。三组均行 THRIVE 30 L/min 预给氧 5 min 后行全麻诱导。全麻诱导后三组分别接受相应氧流量大小 (30、50、70 L/min, FiO₂ 100%) 的 THRIVE 联合 NIV (10 cmH₂O) 行压力控制给氧。气管插管期, 各组继续行对应流速 THRIVE 以提供窒息氧合。入室时以及诱导通气结束时, 采用超声监测患者仰卧位胃窦部进气情况, 超声图像出现“彗尾征”则定义为胃进气阳性 (GI⁺)。记录全麻诱导期 GI⁺ 的发生情况; 记录入室时以及诱导通气结束时的胃窦部横截面积 (CSA); 记录插管过程中 SpO₂ 最低值以及诱导通气结束时 PaO₂、PaCO₂、P_{ET}CO₂ 等呼吸参数; 记录术后恶心呕吐、反流误吸、鼻咽部不适和气压伤等不良事件的发生情况。结果 全麻诱导期 H70 组 GI⁺ 发生率明显高于 H30 组、H50 组 ($P < 0.05$)。与入室时比较, 诱导通气结束时 H70 组胃窦部 CSA 明显增大 ($P < 0.05$)。诱导通气结束时 H70 组 CSA 明显大于与 H30 组、H50 组 ($P < 0.05$)。插管过程中 H50 组、H70 组 SpO₂ 最低值明显高于 H30 组 ($P < 0.05$); 诱导通气结束时 H50 组、H70 组 PaO₂ 明显高于 H30 组, PaCO₂ 明显低于 H30 组 ($P < 0.05$)。三组恶心呕吐发生率差异无统计学意义。三组均无一例反流误吸、鼻咽部不适和气压伤。结论 THRIVE 50 L/min 联合 NIV 10 cmH₂O 压控给氧能为肥胖患者全麻诱导期提供较好的氧合, 且明显降低胃进气发生率。

【关键词】 胃超声; 胃窦部横截面积; 胃进气; 肥胖; 经鼻湿化快速充气通气

Gastric insufflation related to transnasal humidified rapid-insufflation ventilatory exchange at different flow rates combined with non-invasive ventilation for intubation during induction of general anaesthesia in obese patients JIANG Weiqing, SHI Li, ZHAO Qian, ZHANG Wenwen, XU Man, GAO Yujie, WANG Xiaoliang, BAO Hongguang. Department of Anesthesiology, Nanjing Hospital Affiliated to Nanjing Medical University / Nanjing First Hospital, Nanjing 210006, China
Corresponding author: BAO Hongguang, Email: hongguang_bao@163.com

【Abstract】 **Objective** To evaluate the effects of gastric insufflation related to transnasal humidified rapid-insufflation ventilatory exchange (THRIVE) at different flow rates combined with noninvasive ventilation (NIV) for intubation during induction of general anaesthesia in obese patients under ultrasound. **Methods** Seventy-five patients undergoing elective operation under general anaesthesia, 29 males and 43 females, aged 18–64 years, BMI 30.0–39.9 kg/m², ASA physical status I or II, were enrolled and randomly allocated into three groups ($n = 25$): group H30, group H50, and group H70. All the patients in the above three groups underwent general anaesthesia induction after pre-oxygenation for 5 minutes through THRIVE at a set oxygen flow rate of 30 L/min. During the induction period of general anaesthesia, the three groups of patients received THRIVE with oxygen flow of 30 or 50 or 70 L/min and FiO₂ 100% combined with NIN (10 cmH₂O) for pressure-controlled oxygen administration. During intubation, each group continued with THRIVE at the corresponding flow rate to obtain apnoeic oxygenation. All patients were monitored by ultrasound at entry of the operation room and at the end of the ventilation. “Comet-tail artifacts” presented in the ultrasound image were defined as positive gastric insufflation (GI⁺). The incidence of GI⁺ during the observation of the whole process of general anaesthesia induction and the value of the cross-sectional area (CSA) at entry of the operation room and at the end of the ventilation were recorded. PaO₂, PaCO₂, and

DOI: 10.12089/jca.2021.10.006

基金项目: 国家自然科学基金 (81971872)

作者单位: 210006 南京医科大学附属南京医院 (南京市第一医院) 麻醉科

通信作者: 鲍红光, Email: hongguang_bao@163.com

$P_{ET}CO_2$ at the time of last ventilation before intubation were recorded. Besides, the incidence of post-operative adverse events such as nausea, vomiting, reflux aspiration, nasopharyngeal discomfort, and barotrauma were also recorded. **Results** During induction of general anesthesia, the incidence of GI^+ in group H70 was significantly higher than that in groups H30 and H50 ($P < 0.05$). CSA in group H70 was significantly increased at the end of the ventilation compared with that at entry of the operating room. At the end of the ventilation, the CSA in group H70 increased significantly compared with that in groups H30 and H50 ($P < 0.05$). During intubation, the lowest value of SpO_2 in groups H50 and H70 was significantly higher than that in group H30 ($P < 0.05$). In groups H50 and H70, the PaO_2 was significantly higher and the $PaCO_2$ was significantly lower than that in group H30 at the end of the induction ($P < 0.05$). There was no significant difference in the incidence of nausea and vomiting among the three groups. There was no reflux aspiration, nasopharyngeal discomfort, and barotrauma in all three groups. **Conclusion** THRIVE at a flow rate of 50 L/min combined with NIV at a pressure of 10 cmH_2O for pressure-controlled oxygen administration can provide obese patients better oxygenation during the induction period of general anesthesia without increasing the incidence of gastric insufflation.

【Key words】 Gastric ultrasound; Cross-sectional area of the gastric antrum; Gastric insufflation; Obesity; Transnasal humidified rapid-insufflation ventilatory exchange

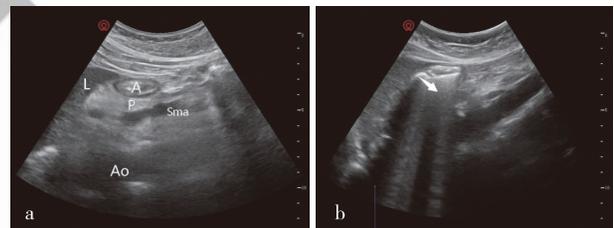
近年来,肥胖患者接受全麻手术日益增多,其围术期易发生低氧血症,经鼻湿化快速充气通气(transnasal humidified rapid-insufflation ventilatory exchange, THRIVE)于氧合领域取得重大突破并在全麻诱导期广泛开展^[1]。THRIVE 联合无创通气(non-invasive ventilation, NIV)较单独使用 THRIVE 或 NIV 具有潜在的优势^[2],但该氧合技术尚未得到定量评估,THRIVE 使用高流量可能导致一定程度的胃进气。应用床旁超声评估胃进气及胃容量有助于确定误吸风险,引起麻醉科医师越来越多的关注。因此,本研究采用胃超声观察不同流速 THRIVE 联合 NIV 对肥胖患者全麻诱导期胃进气情况并评估氧合效果,为临床应用提供参考。

资料与方法

一般资料 本研究为前瞻性随机双盲对照试验,经医院伦理委员会批准(KY20160907-01),患者签署知情同意书。选择 2019 年 9 月至 2020 年 9 月择期全麻手术肥胖患者,性别不限,年龄 18~64 岁,ASA I 或 II 级, BMI 30.0~39.9 kg/m^2 ,改良 Mallampatti(modified Mallampati test, MMT)分级 I 或 II 级,意识清楚。排除标准:胃肠道疾患如胃-食管反流、肠梗阻等,术前预计的困难气道、上呼吸道梗阻及疾病[肿瘤、出血、重度阻塞性睡眠呼吸暂停综合征(obstructive sleep apnea syndrome, OSAS)、鼻咽腔感染等],心肺等重要脏器功能障碍,疑似颅脑损伤、颜面部创伤、重度贫血等。采用随机数字表法分为三组:H30 组、H50 组、H70 组,全麻诱导后分别接受 30、50、70 L/min 的 THRIVE 联合 NIV 行压力控制给氧。

胃超声评估胃进气 入室时以及诱导通气结

束时,由同一位麻醉科医师行胃超声检查,方法如下:患者仰卧位,将超声探头置于剑突下,调整切面图像为胃窦同时经腹主动脉、肝左叶及肠系膜上动、静脉的矢状面,在胃窦收缩间歇期用描记法测量胃窦部横截面积(cross-sectional area, CSA),测量 3 次并计算平均值。超声图像出现“彗尾征”则定义为胃进气阳性(gastric insufflation positive, GI^+)(图 1),反之定义为胃进气阴性(gastric insufflation negative, GI^-)。



注:a,通气前;b,通气后“彗尾征”伪影(箭头);A,胃窦;P,胰腺;L,肝脏;SMA,肠系膜上动脉;Ao,腹主动脉

图 1 胃窦部通气前后超声图像

麻醉方法 患者无术前用药,术前禁食 8 h,禁饮 4 h。入室后头高 25°仰卧位,常规心电图监护,局麻下行桡动脉穿刺置管,监测 MAP,记录 SpO_2 、 PaO_2 、 $PaCO_2$ 。THRIVE 30 L/min 预给氧 5 min,随后行静脉全麻诱导:咪达唑仑 0.05 mg/kg、舒芬太尼 0.5 $\mu g/kg$ 、丙泊酚 1.5~2.0 mg/kg、罗库溴铵 0.6 mg/kg,舒芬太尼和罗库溴铵按照患者理想体重,咪达唑仑和丙泊酚按患者全体重给药。待睫毛反射消失,头后仰 30°呈鼻嗅物位,由同一位麻醉科医师双手托下颌扣紧面罩,行 THRIVE 联合 NIV 给氧。麻醉时遮盖 THRIVE 氧流量计,有专人调整氧流量,行全麻诱导、胃超声检查的麻醉科医师以及

患者不清楚分组情况。H30 组、H50 组、H70 组 THRIVE 对应氧流量 (30、50、70 L/min, FiO₂ 100%), 麻醉机设置吸气峰压 (peak inspiratory pressure, PIP) 10 cmH₂O 压力控制通气 (10 L/min, FiO₂ 100%), RR 16 次/分, I:E 1:2, 通气 5 min, 行气管插管, 插管期间各组 THRIVE 对应氧流量不变, 插管成功后机控通气。

全麻诱导过程中一旦发生低氧合 (SpO₂ < 90%), 则辅助面罩通气并剔除。若气管内插管失败, 则按照 2015 英国困难气道协会未预料困难气道处理指南^[3] 处理并剔除。实施全麻诱导以及进行胃超声检查的麻醉科医师不知道患者分组情况。

观察指标 记录一般资料以及气道评估指标 (MMT、张口度、甲颏距离、基础 SpO₂)。患者用力张口、伸舌至最大限度, 根据其口咽部结构的可见度进行 MMT 分级: I 级, 可见软腭、咽腭弓、腭垂; II 级, 可见软腭、咽腭弓且腭垂部分被挡住; III 级, 仅见软腭; IV 级, 未见软腭。张口度 (通过测量最大张口时上、下门齿切缘间距离): 1 级, >4 cm; 2 级, 2~4 cm; 3 级, <2 cm。甲颏距离: 头部伸展位, 测量自甲状软骨切迹至下颏尖端的距离。

主要观察指标: 全麻诱导期 GI⁺ 的发生情况; 入室时以及诱导通气结束时胃窦部 CSA。次要观察指标: 插管过程中 SpO₂ 最低值; 诱导通气结束时 PaO₂、PaCO₂、P_{ET}CO₂; 术后恶心呕吐、反流误吸、鼻咽部不适和气压伤 (气胸、皮下气肿) 等不良事件。

统计分析 根据预试验结果, H30 组、H50 组、H70 组在通气结束时 CSA 分别为 (390.2 ± 60.0) mm²、(400.0 ± 55.4) mm²、(465.3 ± 72.1) mm²。确定 α = 0.05, 1 - β = 0.90, 采用 PASS 11.0 软件计算, 每组需要 20 例, 允许 20% 的脱落率, 考虑到计算的标准差的不确定性, 每组选择患者 25 例。

采用 SPSS 16.0 统计学软件进行处理。正态分布计量资料以均数 ± 标准差 ($\bar{x} \pm s$) 表示, 组间比较采用单因素方差分析, 两两比较采用 LSD 法; 组内比较采用重复测量方差分析。偏态分布计量资料以

中位数 (M) 和四分位数间距 (IQR) 表示, 组间比较采用秩和检验。计数资料以例 (%) 表示, 采用 χ^2 检验。P < 0.05 为差异有统计学意义。

结 果

本研究初始纳入患者 75 例, H30 组、H70 组各有 1 例患者超声下无法清晰显影胃窦区而被剔除, H50 组有 1 例患者插管期 SpO₂ 降至 90% 以下而被剔除。最终纳入患者 72 例, 每组 24 例。三组患者性别、年龄、BMI、颈围和腰围差异无统计学意义 (表 1)。

表 1 三组患者一般情况的比较

组别	例数	男/女 (例)	年龄 (岁)	BMI (kg/m ²)	颈围 (cm)	腰围 (cm)
H30 组	24	12/12	45.6 ± 8.9	34.2 ± 2.8	42.6 ± 2.1	118.1 ± 11.5
H50 组	24	10/14	46.3 ± 9.8	34.0 ± 2.7	42.5 ± 2.8	114.2 ± 10.2
H70 组	24	7/17	46.0 ± 9.4	35.1 ± 2.9	43.0 ± 3.3	118.8 ± 12.8

三组 MMT 分级、张口度、甲颏距离、OSAS 比例、入室后 SpO₂ 和插管时间差异无统计学意义 (表 2)。

全麻诱导期 H70 组 GI⁺ 发生率明显高于 H30 组、H50 组 (表 3)。

与入室时比较, 诱导通气结束时 H70 组胃窦部 CSA 明显增大 (P < 0.05)。诱导通气结束时 H70 组胃窦部 CSA 明显大于 H30 组、H50 组 (P < 0.05)。与入室时比较, 诱导通气结束时 H50 组、H70 组 GI⁺ 患者胃窦部 CSA 明显增大 (P < 0.05)。与本组 GI⁻ 患者比较, 诱导通气结束时 H50 组、H70 组 GI⁺ 患者胃窦部 CSA 明显增大 (P < 0.05)。H30、H50 组不同时点胃窦部 CSA 差异无统计学意义, GI⁻ 患者差异也无统计学意义 (表 4)。

插管过程中 H50 组、H70 组 SpO₂ 最低值明显高于 H30 组 (P < 0.05); 诱导通气结束时 H50 组、H70 组 PaO₂ 明显高于 H30 组, PaCO₂ 明显低于 H30 组 (P < 0.05)。三组诱导通气结束时 P_{ET}CO₂ 差异无

表 2 三组患者气道评估情况和插管时间的比较

组别	例数	MMT I/ II 级 (例)	张口度 1/2/3 级 (例)	甲颏距离 (cm)	OSAS [例 (%)]	入室后 SpO ₂ (%)	插管时间 (s)
H30 组	24	12/12	23/1/0	7.4 ± 0.8	5 (21)	95.3 ± 2.3	44.8 ± 8.9
H50 组	24	10/14	23/1/0	7.1 ± 0.4	5 (21)	95.8 ± 2.6	45.2 ± 9.2
H70 组	24	13/11	22/2/0	7.1 ± 0.5	6 (25)	94.9 ± 2.0	44.9 ± 10.6

表 3 三组患者全麻诱导期 GI⁺ 的比较 [例 (%)]

组别	例数	入室时	诱导通气结束时
H30 组	24	1(4)	1(4)
H50 组	24	0(0)	3(12)
H70 组	24	0(0)	11(46) ^{abc}

注:与入室时比较,^a*P*<0.05;与 H30 组比较,^b*P*<0.05;与 H50 组比较,^c*P*<0.05

表 4 三组患者不同时点胃窦部 CSA 的比较 (mm², $\bar{x}\pm s$)

组别	例数	入室时	诱导通气结束时
H30 组	24	366.3±63.7	400.4±59.7
H50 组	24	388.4±50.0	400.6±53.7
GI ⁻	21	390.2±43.7	391.3±67.4
GI ⁺	3	376.0±41.9	465.7±54.3 ^{ab}
H70 组	24	377.1±42.0	493.4±82.7 ^{bcd}
GI ⁻	13	373.7±44.8	435.7±70.0
GI ⁺	11	381.9±39.9	561.6±20.0 ^{ab}

注:与 GI⁻ 比较,^a*P*<0.05;与入室时比较,^b*P*<0.05;与 H30 组比较,^c*P*<0.05;与 H50 组比较,^d*P*<0.05

统计学意义(表 5)。

术后 H30 组恶心呕吐 2 例(8.3%),H50 组、H70 组各有恶心呕吐 3 例(12.5%),三组发生率差异无统计学意义。三组均无一例反流误吸、鼻咽部不适和气压伤。

讨 论

肥胖患者氧储备较差,潜在的困难气道使气管插管可能需要几秒钟到几分钟不等的时间,增加低氧血症的风险^[4]。肥胖患者麻醉诱导预充氧不足的发生可能与患者年龄、肥胖等特点以及面罩与面部贴合不佳有关^[5]。虽然插管前可行 NIV 改善预充氧不足,但面罩通气时胃进气发生率随着吸气压力的增大而增高^[6]。THRIVE 和 NIV 联合使用可以

减少麻醉诱导后低氧合的发生^[2],然而 THRIVE 高达 70 L/min 的氧流量可能导致全麻诱导期的胃进气^[6-7],增加肥胖患者麻醉诱导期间反流误吸风险。

围术期误吸是罕见但严重的麻醉相关并发症,会导致较高的死亡率^[8]。肥胖患者存在腹内压增高、胃容量大、pH 值低、胃排空延迟和胃-食管反流发生率增高等因素^[9]。尤其在全麻诱导期,胃进气的发生可能增加误吸风险。实时胃超声检查被证明是一种检测胃进气的高灵敏度无创方法,胃窦 CSA 与胃容量呈正相关^[10-11]。标准化的 CSA 测量有高度的可重复性,并具有良好的评估者内和评估者间可靠性^[12]。本研究显示,GI⁻ 患者 CSA 并未发生改变,而 GI⁺ 患者 CSA 明显增大。

THRIVE 全麻诱导期的优势是持续气道正压的作用。Parke 等^[13]研究表明,THRIVE 氧流量 50 和 70 L/min 时,健康志愿者闭口呼吸鼻咽气道压力分别为 6.8 和 10.1 cmH₂O。自主呼吸情况下,即使在指导下多数患者无法忍受 50~70 L/min 的流速,且无法全程闭口呼吸^[14],而张口呼吸时,咽部压力降低^[15]。因此,本研究联合使用 THRIVE 和 NIV,可以提高氧合效果。持续气道正压还可以增加食管下段括约肌张力,对 OSAS 患者及非 OSAS 的胃-食管反流患者具有保护作用;但可能会增加 PIP,增加胃进气及误吸的风险^[16]。胃进气与气道正压相关,在本研究中 THRIVE 不高于 50 L/min 的氧流量联合低压力 NIV(10 cmH₂O)可降低胃进气的发生率以及误吸风险,而 70 L/min 流速的 THRIVE 胃进气发生率远高于 30、50 L/min。

本研究显示,诱导通气结束时 50、70 L/min 流速的 THRIVE 患者 PaO₂ 明显优于 30 L/min,插管过程中 SpO₂ 最低值明显高于 30 L/min 的患者。在诱导期呼吸暂停期间,肥胖患者比非肥胖患者插管困难的风险增加 5%~15%^[17]且 SpO₂ 降低速度更快,此时 THRIVE 窒息氧合增加了气管插管前的安全时间。另一方面,本研究患者麻醉诱导末次通气结束存在容许性高碳酸血症,而 P_{ET}CO₂ 处于正常值区间,

表 5 三组患者插管过程中 SpO₂ 最低值和诱导通气结束时 PaO₂、PaCO₂、P_{ET}CO₂ 的比较

组别	例数	SpO ₂ (%)	PaO ₂ (mmHg)	PaCO ₂ (mmHg)	P _{ET} CO ₂ (mmHg)
H30 组	24	96.0(95.0~99.0)	232.0±38.5	56.1±6.0	33.0±4.4
H50 组	24	100.0(99.0~100.0) ^a	335.5±49.3 ^a	48.3±5.5 ^a	32.3±5.1
H70 组	24	100.0(99.0~100.0) ^a	352.5±43.4 ^a	47.3±5.8 ^a	31.5±3.5

注:与 H30 组比较,^a*P*<0.05

提示 THRIVE 联合 NIV 给氧时鼻导管处面罩贴合不佳而漏气。肥胖、打鼾或 OSAS 是面罩通气的独立预测因素^[18],最近的指南敦促同时使用高流量鼻氧和面罩通气时要谨慎面罩漏气^[19]。Coussa 等^[17]研究表明,在存在空气泄漏的情况下,麻醉诱导过程中使用 PEEP 可能对病态肥胖患者有益,通过 NIV 联合 PEEP 能有效地进行预充氧^[5]。而且合适的面罩通气技术对肥胖患者也至关重要,本研究中麻醉科医师采用双手抬下颌,保障肥胖患者诱导期气道通畅和通气效果。

本研究为单中心随机对照试验,存在一定的局限性。另外,亚组的例数较少,作为探索性分析,下一步需更大样本的多中心前瞻性研究来验证全麻诱导期肥胖患者 THRIVE 通气模式。

综上所述,肥胖患者全麻诱导过程中,与 30 L/min 及 70 L/min 流速的 THRIVE 比较,以 50 L/min 流速的 THRIVE 联合 NIV 10 cmH₂O 的压力控制通气,既能够提供较好的氧合,又能明显降低胃进气发生率。

参 考 文 献

- [1] Helviz Y, Einav S. A systematic review of the high-flow nasal cannula for adult patients. *Crit Care*, 2018, 22(1): 71.
- [2] Jaber S, Monnin M, Girard M, et al. Apnoeic oxygenation via high-flow nasal cannula oxygen combined with non-invasive ventilation preoxygenation for intubation in hypoxaemic patients in the intensive care unit: the single-centre, blinded, randomised controlled OPTINIV trial. *Intensive Care Med*, 2016, 42(12): 1877-1887.
- [3] Frerk C, Mitchell VS, McNarry AF, et al. Difficult Airway Society 2015 guidelines for management of unanticipated difficult intubation in adults. *Br J Anaesth*, 2015, 115(6): 827-848.
- [4] Mosier JM, Hypes CD, Sakles JC. Understanding preoxygenation and apnoeic oxygenation during intubation in the critically ill. *Intensive Care Med*, 2017, 43(2): 226-228.
- [5] Hanouz JL, Le Gall F, Gérard JL, et al. Non-invasive positive-pressure ventilation with positive end-expiratory pressure counteracts inward air leaks during preoxygenation: a randomised crossover controlled study in healthy volunteers. *Br J Anaesth*, 2018, 120(4): 868-873.
- [6] McLellan E, Lam K, Behringer E, et al. High-flow nasal oxygen does not increase the volume of gastric secretions during spontaneous ventilation. *Br J Anaesth*, 2020, 125(1): e75-e80.
- [7] Au K, Shippam W, Chau A. Gastric insufflation and high-flow nasal oxygenation in obstetric patients: a reply. *Anaesthesia*, 2020, 75(9): 1262-1263.
- [8] Moon TS, Van de Putte P, De Baerdemaeker L, et al. The obese patient: facts, fables, and best practices. *Anesth Analg*, 2021, 132(1): 53-64.
- [9] Bouvet L, Desgranges FP, Aubergy C, et al. Prevalence and factors predictive of full stomach in elective and emergency surgical patients: a prospective cohort study. *Br J Anaesth*, 2017, 118(3): 372-379.
- [10] Johnson EJ, Morbach J, Blake C, et al. Sensitivity and specificity of gastric ultrasonography in determination of gastric contents. *AANA J*, 2021, 89(1): 9-16.
- [11] Bouvet L, Albert ML, Augris C, et al. Real-time detection of gastric insufflation related to facemask pressure-controlled ventilation using ultrasonography of the antrum and epigastric auscultation in nonparalyzed patients: a prospective, randomized, double-blind study. *Anesthesiology*, 2014, 120(2): 326-334.
- [12] Krusselbrink R, Arzola C, Endersby R, et al. Intra- and interrater reliability of ultrasound assessment of gastric volume. *Anesthesiology*, 2014, 121(1): 46-51.
- [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] Au K, Shippam W, Taylor J, et al. Determining the effective pre-oxygenation interval in obstetric patients using high-flow nasal oxygen and standard flow rate facemask: a biased-coin up-down sequential allocation trial. *Anaesthesia*, 2020, 75(5): 609-616.
- [15] Groves N, Tobin A. High flow nasal oxygen generates positive airway pressure in adult volunteers. *Aust Crit Care*, 2007, 20(4): 126-131.
- [16] 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. *Eur J Anaesthesiol*, 2019, 36(9): 625-632.
- [17] Coussa M, Proietti S, Schnyder P, et al. Prevention of atelectasis formation during the induction of general anesthesia in morbidly obese patients. *Anesth Analg*, 2004, 98(5): 1491-1495.
- [18] Moon TS, Fox PE, Somasundaram A, et al. The influence of morbid obesity on difficult intubation and difficult mask ventilation. *J Anesth*, 2019, 33(1): 96-102.
- [19] Lyons C, Callaghan M. Uses and mechanisms of apnoeic oxygenation: a narrative review. *Anaesthesia*, 2019, 74(4): 497-507.

(收稿日期:2021-01-13)