

旋转头位对于行扁桃体腺样体切除术患儿吸入诱导最低肺泡有效浓度插管值的影响

施金雅 李静洁 梁玉丹 蔡美华 仇琳 姜虹

上海交通大学医学院附属第九人民医院麻醉科 200011

通信作者:姜虹,Email: 100173@sh9hospital.org

【摘要】 目的 观察比较不使用肌松药全凭七氟醚吸入麻醉诱导下行扁桃体腺样体切除术患儿在正中头位或旋头位(头位旋转 45°)时满足气管插管所需七氟醚 MAC。方法 ASA 分级 I、II 级,择期行扁桃体腺样体切除术的患儿 63 例,使用随机数字表法将患儿分为正中头位组(27 例)和旋头位组(36 例)。吸入 8%七氟醚进行全身麻醉诱导,患儿睫毛反射消失后,调节挥发罐浓度,使呼气末七氟醚浓度到达预设浓度,并维持预设呼气末七氟醚浓度 10 min,随后予以气管插管,并使用 Helbo-Hansen 评分表进行插管评分。根据 Dixon's 上下序贯法进行试验,相邻浓度梯度为 0.5%。结果 正中头位组患儿七氟醚气管插管 MAC 为(4.30±0.44)%,ED₅₀ 为 4.30%,95%有效浓度(95% effective dose, ED₉₅)为 4.99%;旋头位组七氟醚 MAC 为(3.45±0.54)%,ED₅₀ 为 3.45%,ED₉₅ 为 4.62%。结论 接受扁桃体腺样体切除术的患儿吸入七氟醚诱导时采取旋头 45°位优于正中头位,可以明显降低七氟醚的 MAC。

【关键词】 儿童; 七氟醚; 麻醉诱导; 气管插管; 最低肺泡有效浓度; 扁桃体腺样体切除术

临床试验注册: 美国临床试验数据库, NCT03401736

DOI: 10.3760/cma.j.issn.1673-4378.2019.07.011

Effects of rotational head position on the minimum alveolar concentration for tracheal intubation in children under inhalation anesthesia induction during tonsillectomy and adenoidectomy

Shi Jinya, Li Jingjie, Liang Yudan, Cai Meihua, Qiu Lin, Jiang Hong

Department of Anesthesiology, Shanghai Ninth People's Hospital, Shanghai Jiaotong University School of Medicine, Shanghai 200011, China

Corresponding author: Jiang Hong, Email: 100173@sh9hospital.org

【Abstract】 **Objective** To investigate the minimum alveolar concentration of sevoflurane for endotracheal intubation in children who underwent tonsillectomy and adenoidectomy under inhalation anesthesia induction without the use of muscle relaxants. **Methods** A total of sixty-three patients [American Society of Anesthesiologists (ASA) I or II] undergoing tonsillectomy and adenoidectomy were divided into two groups: a neutral head position group ($n=27$) and a rotary head position group ($n=36$) according to the random number table. General anesthesia was induced with 8% sevoflurane. After the loss of the eyelash reflex, the vapourizer was adjusted, so that the end-tidal sevoflurane concentration reached the preset concentration, and maintain for 10 min, followed by endotracheal intubation. The intubation score was assessed using Helbo-Hansen score scale. For each group, the concentration of sevoflurane used for each consecutive patient was increased or decreased using the Dixon's up-and-down method based on the success or failure to achieve adequate conditions for intubation in the previous patient. The adjacent concentration gradient was 0.5%. **Results** In the neutral head position group, the minimum alveolar concentration (MAC) of sevoflurane for endotracheal intubation was (4.30±0.44)%, where the median effective dose (ED₅₀) was 4.30%, and the 95% effective dose (ED₉₅) was 4.99%. In the rotary head position group, the MAC of sevoflurane for endotracheal intubation was (3.45±0.54)%, where the ED₅₀ was 3.45%, and the ED₉₅ was 4.62%. **Conclusions** The head position of rotating 45° was superior to the neutral head position, which can significantly reduce the MAC of sevoflurane for endotracheal intubation in children undergoing tonsillectomy and adenoidectomy.

【Key words】 Children; Sevoflurane; Anesthesia induction; Endotracheal intubation; Minimum alveolar concentration; Tonsillectomy and adenoidectomy

Trial Registration: Clinical Trials.gov, NCT03401736

DOI: 10.3760/cma.j.issn.1673-4378.2019.07.011

儿童鼾症、阻塞性睡眠呼吸暂停综合征是扁桃体肿大和腺样体过度增生的常见症状,在睡眠过程中由于上气道梗阻而频繁出现部分性或者完全性的阻塞,继而引发的一系列临床表现^[1]。研究显示,呼吸道梗阻患者头位的改变可以改善其梗阻程度^[2],优化通气质量。目前扁桃体腺样体切除术是儿童鼾症、阻塞性睡眠呼吸暂停综合征一线的治疗方法^[3]。

七氟醚是临床常用的吸入麻醉药,对呼吸影响小、血流动力学稳定、血气分配系数低、能在保留自主呼吸的条件下满足气管插管的条件^[4-5]。目前被广泛用于儿科临床麻醉吸入诱导。因此,本研究拟在不使用肌松药的情况下全凭七氟醚吸入麻醉诱导行气管插管,观察比较行扁桃体腺样体切除术患儿在正中头位或旋头位(头位旋转 45°)时满足气管插管所需的七氟醚 MAC。

1 资料与方法

1.1 一般资料

本研究符合人体试验伦理学标准,已获得上海交通大学医学院附属第九人民医院伦理委员会批准(沪九院伦审 2018-15-T15 号),并在美国临床试验数据库网站完成登记注册(NCT03401736)。使用 SAS 9.4 软件随机入组 2018 年 4 月至 2018 年 8 月、年龄 2~8 岁、于上海交通大学医学院附属第九人民医院接受择期扁桃体腺样体切除术的患儿 63 例。纳入标准:ASA 分级 I、II 级,纤维电子鼻咽镜检查有扁桃体肿大或腺样体增生的患儿,入组患儿家属自愿参加本研究并签署知情同意书。排除标准:明确有七氟醚不良反应史或家族史,合并心脏、肺、神经系统、肾、肝或凝血系统疾病,合并呼吸道疾病或气道高反应史,颈部活动受限、预计插管喉镜暴露困难,未按方案要求进行试验或因任何原因拒绝参与者。患儿按随机数字表法分为两组,正中头位组(27 例)和旋头位组(36 例)。气管插管时,每一个目标浓度都按照改良的 Dixon's 上下序贯法进行设定^[6]。本研究每组拟纳入 10 对反应交叉组,实际分别招募 27 例和 36 例。

1.2 麻醉方法

所有患儿麻醉前 4 h 禁食母乳,6~8 h 禁食配方奶,2 h 禁食清液,术前均不用药。入手术室后,在等待区记录患儿一般情况(年龄、性别和体重),测量

基础生命体征(心率、血压、SpO₂ 和呼吸频率)。实验由两名麻醉医师 A、B 及一名麻醉护士 C 参与诱导和气管插管过程。麻醉医师 A 负责随机分组确定患儿诱导头位及七氟醚诱导插管前面罩给氧操作;麻醉医师 B 负责气管插管及插管后评分;麻醉护士 C 负责入室后开放患儿外周静脉通路、调节并维持挥发罐到达预设七氟醚浓度、若患儿 P_{ET}CO₂ 大于 45 mmHg (1 mmHg=0.133 kPa) 或呼吸频率小于 12 次/min 时给予手控呼吸囊辅助通气,并记录相关信息。麻醉诱导过程中,麻醉医师 A 不知道患儿七氟醚预设浓度,麻醉医师 B 不知道患儿梗阻气道诱导头位及七氟醚预设浓度,静脉给药由麻醉护士 C 辅助完成。

麻醉医师 A 进行麻醉诱导,使用体积浓度为 8% 的七氟醚(生产批号:18050831,上海恒瑞医药有限公司)预充呼吸回路,将面罩密闭扣于患儿口鼻,保持自主呼吸进行面罩诱导予以纯氧,初始氧流量设定为 8 L/min,初始七氟醚挥发浓度调节至 8%。呼吸回路外接气体采样管连接气体检测仪(型号:AvanceCS²,Datex Ohmeda 公司,芬兰)连续监测呼气末七氟醚浓度(end tidal sevoflurane, ETsev)和呼气末二氧化碳浓度(end tidal carbon dioxide, ETCO₂)。患儿睫毛反射消失后麻醉医师 A 根据入组情况选择相应头位,麻醉护士 C 同时开放外周静脉通路,予 5% 葡萄糖氯化钠溶液 250 ml 静脉慢滴,按照“4-2-1 输液原则”调整输液速度。患儿保持自主呼吸,但当患儿 P_{ET}CO₂ 大于 45 mmHg 或呼吸频率小于 12 次/min 时需麻醉护士 C 手控呼吸囊辅助通气,若自主呼吸完全消失则予以呼吸机控制通气,潮气量 9 ml/kg,呼吸频率 20 次/min,并调整新鲜气流量为 6 L/min,维持 P_{ET}CO₂ 在 30~45 mmHg。麻醉护士 C 记录调节挥发罐浓度,使 ETsev 到达预设浓度,并维持预设 ETsev 10 min,后由麻醉医师 B 使用直接喉镜暴露下根据公式(年龄/3+3.5)选择合适的加强型气管导管(型号:Shiley, Covidien 公司,爱尔兰)行气管内插管。行气管插管的麻醉医师 B 不知道患儿梗阻气道诱导头位及七氟醚预设浓度。插管前不使用神经肌肉松弛剂或辅助剂。插管即刻由麻醉医师 B 根据 Helbo-Hansen 插管评分表(表 1)评估气管插管情况,插管评分 ≤4 分表示气管插管操作成功,评分 >4 分表示气管插管操作失败^[7]。若操作失败,立即停止插管,继续面罩加压给氧,同时静脉注射丙泊酚(生产批号:1708050, B. Braun Melsungen AG, 德国) 2 mg/kg、

芬太尼(生产批号:1171011,宜昌人福药业有限责任公司)2 μg/kg、罗库溴铵(生产批号:N04881, Hameln Pharmaceuticals GmbH, 德国)0.6 mg/kg, 1 min 后再次进行气管插管;若气管插管操作成功,追加丙泊酚 2 mg/kg、芬太尼 2 μg/kg、罗库溴铵 0.6 mg/kg。采用改良的 Dixon's 上下序贯法进行试验,如初始 ETsev 设定为 6%,若插管失败,下一例患儿目标 ETsev 升高一个浓度梯度,若插管成功,下一例患儿目标 ETsev 降低一个浓度梯度;相邻浓度梯度为 0.5%。

表 1 Helbo-Hansen 插管评分表

插管参数	评分(分)			
	1	2	3	4
下颌松弛度	完全	轻度	紧张	僵直
喉镜置入	容易	尚可	困难	不可能
声带位置	开放	移动	关闭	紧闭
咳嗽反射	无	轻度	中度	重度

1.3 观察指标

记录两组患儿扁桃体肿大分级、腺样体肥大程度,麻醉诱导意识消失时间及插管时七氟醚预设浓度数值。记录入室即刻及麻醉诱导 10 min 内的每分钟心率、插管即刻心率、SpO₂、呼吸频率,记录入室即刻、麻醉诱导 3、6、9 min 时及插管即刻的血压,记录插管评分、两组患儿诱导期间及插管时的不良反应(如体动、喉痉挛、支气管痉挛、喉头水肿等)。

1.4 统计学分析

采用 SAS9.4 软件产生随机入组盲底,采用 SPSS 21.0 统计学软件进行数据分析。正态分布的计量资料以均数±标准差($\bar{x}\pm s$)表示;服从正态分布及方差齐性的资料采用独立样本 *t* 检验,否则采用 Wilcoxon 秩和检验;计数资料采用频数描述,组间比较采用 χ^2 检验。*P*<0.05 为差异有统计学意义。使用改良的 Dixon's 上下序贯法计算气管内插管的七氟醚 MAC,使用 Probit test 分析上下贯序序列,计算七氟醚量效曲线。

2 结果

本研究采集 63 例患儿数据,其中 23 例为无效

数据(正中头位 7 例,旋头位 16 例),最终纳入的有效分析数据为 40 例,正中头位 20 例,偏头位 20 例。

2.1 一般资料

两组患儿年龄、性别比、BMI、扁桃体腺样体肿大程度、睫毛反射消失时间及气管插管评分差异均无统计学意义(*P*>0.05,表 2)。

两组患儿诱导插管全程 SpO₂ 均为 100%。在两组患儿诱导后 1、2、3、4、5 min 5 个时间点,旋头位组心率较正中头位组快(均 *P*<0.05),诱导后 3 min 时 SBP 旋头位组较正中头位组高,组间比较差异有统计学意义(*P*<0.001)。其余变量组间比较差异均无统计学意义(*P*>0.05,图 1、图 2、图 3)。

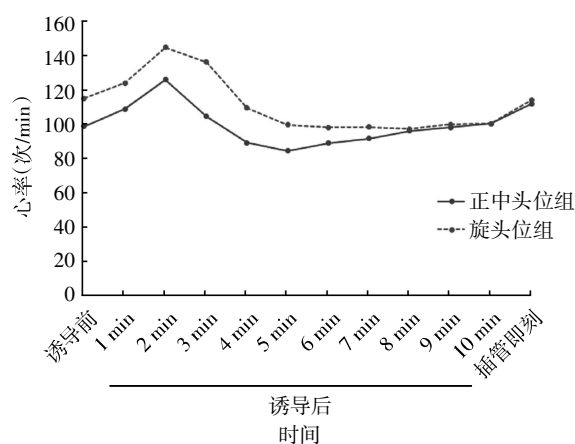


图 1 两组患儿心率比较

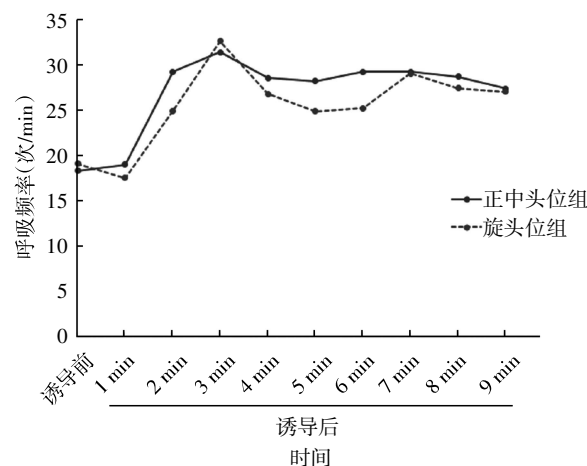


图 2 两组患儿呼吸频率比较

表 2 两组患儿一般资料比较

组别	例数(例)	年龄(岁, $\bar{x}\pm s$)	性别比(例,男/女)	BMI(kg/m ²)	扁桃体手术(例,有/无)	腺样体手术(例,有/无)	扁桃体肿大分级(例,1/2/3级)	腺样体阻塞程度(% , $\bar{x}\pm s$)	睫毛反射消失时间(s, $\bar{x}\pm s$)	气管插管评分(分, $\bar{x}\pm s$)
正中头位组	20	5.6±1.6	12/8	16.1±2.6	19/1	20/0	1/15/4	75±7	55±12	4.7±0.8
旋头位组	20	5.8±1.2	13/7	16.3±2.1	20/0	19/1	2/9/9	70±12	52±8	5.2±1.8

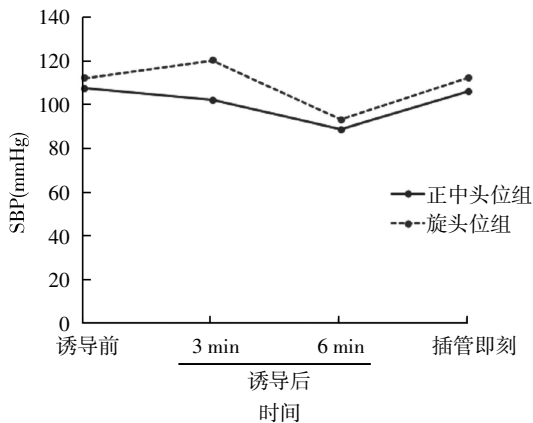
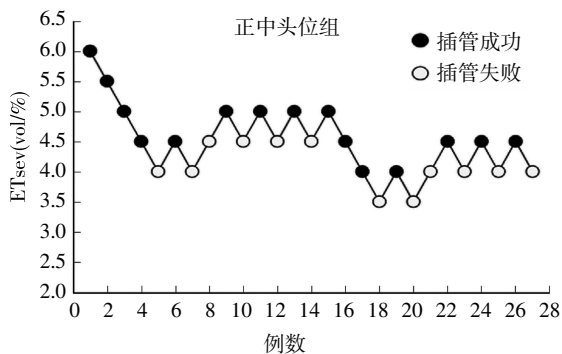


图3 两组患儿SBP比较

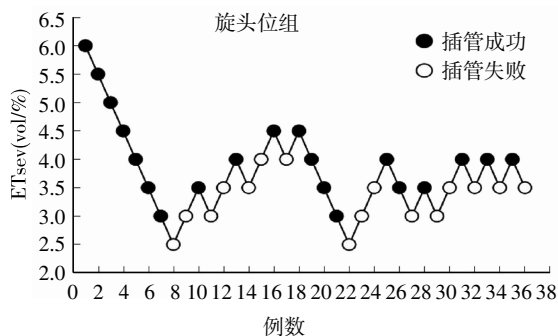
2.2 两组患儿气管插管 MAC Dixon's 上下序贯法结果

正中头位组纳入 27 例患儿, 其中连续的插管成功及插管失败一对为有效, 共纳入 10 对患儿, 即有效数据 20 例, 余 7 例无效。旋头位组纳入 36 例, 有效数据 20 例, 余 16 例无效(图 4、图 5)。



注: ETsev: 呼气末七氟醚浓度

图4 正中头位组患儿气管插管 MAC Dixon's 上下序贯法结果图



注: ETsev: 呼气末七氟醚浓度

图5 旋头位组患儿气管插管 MAC Dixon's 上下序贯法结果图

表3 两组患儿气管插管 MAC、ED₅₀ 与 ED₉₅ 比较

组别	例数(例)	MAC (%)	ED ₅₀ (%)	95%CI	ED ₉₅ (%)	95%CI
正中头位组	20	4.30±0.44	4.30	3.816~4.789	4.99	4.615~8.524
旋头位组	20	3.45±0.54*	3.45	2.009~4.870	4.62	3.966~29.392

注: 与正中头位组比较, * $P < 0.05$; ED₉₅: 95%有效浓度

2.3 两组患儿气管插管 MAC 及 ED₅₀ 与 95%有效浓度(95% effective dose, ED₉₅)差异比较

本研究结果显示, 接受扁桃体腺样体切除手术的正中头位组患儿 MAC 为 (4.30±0.44)%, ED₅₀ 为 4.30%, ED₉₅ 为 4.99%; 旋头位组患儿 MAC 为 (3.45±0.54)%, ED₅₀ 为 3.45%, ED₉₅ 为 4.62%; 接受扁桃体腺样体手术的患儿旋头 45°位时 MAC 低于正中头位, 差异有统计学意义($P < 0.05$, 表 3)。

2.4 不良反应

本研究中两组患儿均未出现喉痉挛、支气管痉挛、喉头水肿等不良反应。

3 讨论

学龄前后儿童阻塞性睡眠呼吸暂停综合征的患病率为 1%~2%, 最常见的病因是扁桃体肿大、腺样体肥大^[8]。其病理生理特点是多因素的, 包括解剖异常、神经运动功能异常和通气控制异常^[9]。在全身麻醉肌松状态下, 患儿的呼吸道在扁桃体和腺样体处呈狭窄甚至梗阻^[10]。也有研究指出, 麻醉期间, 鼾症患者上呼吸道出现气道塌陷, 被认为是由上呼吸道狭窄和上呼吸道神经运动张力异常造成的^[11-12]。Itagaki 等^[13]研究表明, 如果遇到全身麻醉诱导之后上呼吸道梗阻、面罩通气困难, 头部偏转是改善面罩通气的有效替代方法, 与正中头位相比, 在麻醉下成年人头部偏转 45°显著提高了面罩通气的效率, 增加有效通气量。研究发现, 侧卧位时其扁桃体水平的气道前后径和横径都明显比平卧位要大, 同时侧卧位可以通过改善气道的通畅而改善鼾症患儿的喘鸣评分^[14]。

与异丙酚比较, 无神经肌肉阻滞药用于插管时, 七氟醚能更好且安全地作为唯一诱导剂^[15]。并有研究表明, 使用 8%七氟醚吸入麻醉诱导较输注异丙酚全凭静脉诱导, 七氟醚麻醉诱导时间更短^[16], 并且七氟醚可以保留更稳定的自主呼吸及提供更稳定的血流动力学^[17]。与静脉注射剂相比, 麻醉气体可以通过呼出气体监测来获得诱导和维持阶段的挥

发性麻醉药物浓度,更利于围手术期麻醉的管理。研究表明在 BIS 的监测下,2~9 岁患儿在全凭七氟醚吸入麻醉且不使用骨骼肌松弛剂的情况下,用 8%七氟醚进行诱导,然后保持预定浓度 10 min 后完成气管插管是较安全的^[18]。与本研究中麻醉方法较一致,故本研究中的麻醉方法也较为安全、有效。

实验前我们使用 Gas-man 软件,模拟七氟醚由挥发罐经呼吸回路、呼吸道、肺部,再通过血液循环扩散到目标器官(如大脑)这一体内代谢过程。经多次模拟发现,维持 ETsev 超过 350 s 则能理想地达到肺泡和血管丰富器官(如大脑)间的血药浓度平衡。另外,研究中每组纳入 10 对有效数据,最大可能地保证数据的有效性。同时,我们使用 Gas-man 软件模拟七氟醚到靶器官(大脑)的浓度过程,模拟结果数据与 Goo 等^[4]的实验数据大致相同。

七氟醚在婴幼儿和儿童的药理学研究显示:1~6 个月龄婴儿七氟醚 MAC 相近,为(3.2±0.1)%,6~12 个月龄的婴幼儿和 1~12 岁儿童的 MAC 约为 2.5%,且比较恒定^[19]。因此我们选取七氟醚 MAC 相对恒定且鼾症好发的年龄(学龄前后 2~8 岁),ASA 分级 I、II 级的患儿。

影响 MAC 大小的主要因素包括:年龄、温度、血压、血氧分压、吸入气体、静脉药物等。Inomata 和 Nishikawa^[20]研究者在纯氧下采用快速吸入诱导法后行气管插管测定 1~9 岁小儿七氟醚 MAC 的 ED₅₀ 是 3.1%,ED₉₅ 是 4.68%。Chen 等^[21]采用纯氧下吸入诱导后行气管插管测定新生儿七氟醚的 MAC 为(3.43±0.18)%。Blair 等^[22]研究 3~12 岁儿童发现,氧气和氧化亚氮复合七氟醚诱导时,ETsev 达到 4%,MAC 约为 2%,即能进行气管内插管。Mudakanagoudar 和 Santhosh^[18]研究 2~9 岁儿童,使用氧气和氧化亚氮复合七氟醚诱导时 ETsev 为 8%,MAC 为(1.77±0.43)%。比较上述实验结果所纳入的婴幼儿均描述有呼吸道梗阻存在,本研究旋头位组七氟醚 MAC 为(3.45±0.54)%,ED₅₀ 为 3.451%,ED₉₅ 为 4.61%,与 Inomata 和 Nishikawa^[20]及 Chen 等^[21]研究的纯氧下吸入诱导插管的七氟醚 MAC 较一致。而鼾症患儿麻醉或者睡眠状态正中头位存在不同程度的呼吸道梗阻,七氟醚 MAC 为(4.30±0.44)%,ED₅₀ 为 3.45%,ED₉₅ 为 4.62%,较上述研究略高。

旋头位及正中头位 MAC 差异的原因可能与功能残余容量及咽喉处解剖位置的改变有关,Joosten 等^[23]研究指出鼾症患者从侧卧位移至仰卧位时,功

能残余容量显著降低,咽喉处横截面呈椭圆形(长轴横向定向),仰卧位较侧卧位前后径减小,然而上呼吸道大小和形状之间没有差异。有研究指出确定气道形状的一个关键指标是肺容积,特别是功能残余容量,它通过末端气管移位和上呼吸道组织压力影响气道塌陷情况^[24]。也有研究发现,侧卧位时其扁桃体水平的气道前后径和横径都明显比平卧位要大,侧卧位可以改善扁桃体肿大患儿的气道通畅^[14]。本研究发现,合并梗阻气道的患儿所需 MAC 高于正常气道患儿,旋头位可以改善上呼吸道的梗阻情况,从而降低 MAC。

研究表明,七氟醚对心率没有明显影响^[25],但可引起血压的下降^[26]。本研究中,诱导前旋头位组的心率较正中头位组快,诱导后 3 min 时的 SBP 旋头位组较正中头位组高。其可能与患儿采取旋头位较正中头位更不合作、麻醉深度偏浅有关。随着七氟醚吸入麻醉的加深,血压和心率又逐渐恢复至麻醉前水平,并且两组间比较差异无统计学意义,这说明七氟醚麻醉时具有心血管系统稳定性的优点。此外,两组患儿一般基本资料、扁桃体肿大及腺样体肥大程度及插管即刻的插管评分差异均无统计学意义。本实验中,头位可能是影响 MAC 的唯一因素。

本实验存在以下不足:①我们只纳入学龄前后的患儿,此类患儿因术前存在上呼吸道不同程度的梗阻与同年龄正常气道儿童在吸入诱导的 MAC 是否存在差异,以及由于其他原因引起的梗阻,其气道所需 MAC 有待进一步的验证。②本次研究中麻醉诱导吸入浓度只维持了 10 min,存在上呼吸道不同程度梗阻的患儿倘若吸入麻醉维持时间更长,两组患儿七氟醚到靶器官(大脑)的浓度可能更接近,两组患儿 MAC 可能也更相近。③另外,本研究只选用了 Helbo-Hansen 插管评分表进行评估插管情况,如果选用两种及以上评估方法,或许能得到更真实的结果。

综上所述,接受扁桃体腺样体手术的患儿临床上进行全凭七氟醚吸入麻醉诱导和气管内插管是安全、可行的,对于术前有上呼吸道梗阻的患儿吸入诱导时采取旋头位 45°位优于正中头位,可以明显降低七氟醚的 MAC。

利益冲突 所有作者均声明不存在利益冲突

参考文献

[1] Marcus CL, Curtis S, Koerner CB, et al. Evaluation of pulmonary

- function and polysomnography in obese children and adolescents [J]. *Pediatr Pulmonol*, 1996, 21(3): 176-183. DOI:10.1002/(SICI)1099-0496(199603)21:3<176::AID-PPUL5>3.0.CO;2-O.
- [2] Arai YC, Fukunaga K, Hirota S, et al. The effects of chin lift and jaw thrust while in the lateral position on stridor score in anesthetized children with adenotonsillar hypertrophy [J]. *Anesth Analg*, 2004, 99 (6): 1638-1641. DOI:10.1213/01.ANE.0000135637.95853.1C.
- [3] Marcus CL, Moore RH, Rosen CL, et al. A randomized trial of adenotonsillectomy for childhood sleep apnea [J]. *N Engl J Med*, 2013, 368(25): 2366-2376. DOI:10.1056/NEJMoa1215881.
- [4] Goo EK, Lee JS, Koh JC, et al. The optimal exhaled concentration of sevoflurane for intubation without neuromuscular blockade using clinical bolus doses of remifentanyl: A randomized controlled trial [J/OL]. *Medicine (Baltimore)*, 2017, 96(9): e6235. DOI:10.1097/MD.0000000000006235.
- [5] Goa KL, Noble S, Spencer CM. Sevoflurane in paediatric anaesthesia: a review [J]. *Paediatr Drugs*, 1999, 1(2): 127-153. DOI:10.2165/00128072-199901020-00005.
- [6] Dixon WJ. Staircase bioassay: the up-and-down method [J]. *Neurosci Biobehav Rev*, 1991, 15(1): 47-50. DOI:10.1016/S0149-7634(05)80090-9.
- [7] Helbo-Hansen S, Ravlo O, Trap-Andersen S. The influence of alfentanil on the intubating conditions after priming with vecuronium [J]. *Acta Anaesthesiol Scand*, 1988, 32 (1): 41-44. DOI: 10.1111/j.1399-6576.1988.tb02685.x.
- [8] Esteller E. Obstructive sleep apnea-hypopnea syndrome in children: beyond adenotonsillar hypertrophy [J]. *Acta Otorrinolaringol Esp*, 2015, 66(2): 111-119. DOI:10.1016/j.otorri.2014.05.001.
- [9] Brockbank JC. Update on pathophysiology and treatment of childhood obstructive sleep apnea syndrome [J]. *Paediatr Respir Rev*, 2017, 24: 21-23. DOI:10.1016/j.prrv.2017.06.003.
- [10] Isono S, Shimada A, Utsugi M, et al. Comparison of static mechanical properties of the passive pharynx between normal children and children with sleep-disordered breathing [J]. *Am J Respir Crit Care Med*, 1998, 157 (4 Pt 1): 1204-1212. DOI:10.1164/ajrcm.157.4.9702042.
- [11] Greenfield M, Tauman R, DeRowe A, et al. Obstructive sleep apnea syndrome due to adenotonsillar hypertrophy in infants [J]. *Int J Pediatr Otorhinolaryngol*, 2003, 67 (10): 1055-1060. DOI: 10.1016/s0165-5876(03)00182-4.
- [12] Marcus CL. Pathophysiology of childhood obstructive sleep apnea: current concepts [J]. *Respir Physiol*, 2000, 119 (2-3): 143-154. DOI:10.1016/S0034-5687(99)00109-7.
- [13] Itagaki T, Oto J, Burns SM, et al. The effect of head rotation on efficiency of face mask ventilation in anaesthetised apnoeic adults: A randomised, crossover study [J]. *Eur J Anaesthesiol*, 2017, 34(7): 432-440. DOI:10.1097/EJA.0000000000000582.
- [14] Arai YC, Fukunaga K, Ueda W, et al. The endoscopically measured effects of airway maneuvers and the lateral position on airway patency in anesthetized children with adenotonsillar hypertrophy [J]. *Anesth Analg*, 2005, 100(4): 949-952. DOI:10.1213/01.ANE.0000148126.53015.F9.
- [15] Rajan S, Gotluru P, Andrews S, et al. Evaluation of endotracheal intubating conditions without the use of muscle relaxants following induction with propofol and sevoflurane in pediatric cleft lip and palate surgeries [J]. *J Anaesthesiol Clin Pharmacol*, 2014, 30 (3): 360-365. DOI:10.4103/0970-9185.137268.
- [16] Philip BK, Lombard LL, Roaf ER, et al. Comparison of vital capacity induction with sevoflurane to intravenous induction with propofol for adult ambulatory anesthesia [J]. *Anesth Analg*, 1999, 89(3): 623-627. DOI:10.1213/00000539-199909000-00014.
- [17] Liao R, Li JY, Liu GY, et al. Comparison of sevoflurane volatile induction/maintenance anaesthesia and propofol-remifentanyl total intravenous anaesthesia for rigid bronchoscopy under spontaneous breathing for tracheal/bronchial foreign body removal in children [J]. *Eur J Anaesthesiol*, 2010, 27: 930-934. DOI:10.1097/eja.0b013e32833d69ad.
- [18] Mudakanagoudar MS, Santhosh MC. Comparison of sevoflurane concentration for insertion of proseal laryngeal mask airway and tracheal intubation in children (correlation with BIS) [J]. *Braz J Anaesthesiol*, 2016, 66 (1): 24-28. DOI:10.1016/j.bjane.2014.07.011.
- [19] Leman J, Sikich N, Kleinman S, et al. The pharmacology of sevoflurane in infants and children [J]. *Anesthesiology*, 1994, 80 (4): 814-824. DOI:10.1097/00000542-199404000-00014.
- [20] Inomata S, Nishikawa T. Determination of end-tidal sevoflurane concentration for tracheal intubation in children with the rapid method [J]. *Can J Anaesth*, 1996, 43(8): 806-811. DOI:10.1007/BF03013033.
- [21] Chen SQ, Ye HR, Chen YJ, et al. MACEI and MACawake of sevoflurane in infants with obstructive jaundice [J]. *Pediatric Anesthesia*, 2014, 24(3): 282-289. DOI:10.1111/pan.12322.
- [22] Blair JM, Hill DA, Bali IM, et al. Tracheal intubating conditions after induction with sevoflurane 8% in children. A comparison with two intravenous techniques [J]. *Anaesthesia*, 2000, 55(8): 774-778. DOI:10.1046/j.1365-2044.2000.01470.x.
- [23] Joosten SA, Sands SA, Edwards BA, et al. Evaluation of the role of lung volume and airway size and shape in supine-predominant obstructive sleep apnoea patients [J]. *Respirology*, 2015, 20(5): 819-827. DOI:10.1111/resp.12549.
- [24] Kairaitis K, Byth K, Parikh R, et al. Tracheal traction effects on upper airway patency in rabbits: the role of tissue pressure [J]. *Sleep*, 2007, 30(2): 179-186. DOI:10.1093/sleep/30.2.179.
- [25] Wodey E, Pladys P, Copin C, et al. Comparative hemodynamic depression of sevoflurane versus halothane in infants: an echocardiographic study [J]. *Anesthesiology*, 1997, 87 (4): 795-800. DOI:10.1097/00000542-199710000-00012.
- [26] Ebert TJ, Harkin CP, Muzi M. Cardiovascular responses to sevoflurane: a review [J]. *Anesth Analg*, 1995, 81(6 Suppl): S11-S22. DOI:10.1097/00000539-199512001-00003.