

腹腔镜手术全麻诱导胃胀气研究进展

吴程名¹, 范智东^{2*}

¹大理大学临床医学院, 云南 大理

²大理大学第一附属医院麻醉科, 云南 大理

收稿日期: 2024年7月19日; 录用日期: 2024年8月11日; 发布日期: 2024年8月22日

摘要

腹腔镜手术常采用全身麻醉, 在麻醉诱导后气管管前通常都会对病人进行面罩正压通气供氧, 不恰当的通气方式极大增加了气体进入胃致胃胀气的概率, 由此导致麻醉诱导期成为整个围手术期中最容易发生胃胀气的阶段。严重的胃胀气不仅增加了麻醉过程中反流误吸风险、而且还对手术及术后恢复造成不利影响。对此, 国内外已有许多学者做了相关研究, 通过使用不同的通气方式或施加特殊干预措施, 甚至是避免进行正压通气以减少胃胀气的发生。本文介绍了胃胀气的产生机制、不良影响及常用胃胀程度评估方法, 对近年来麻醉诱导时避免胃胀气产生的各种方法进行总结和探讨, 以便读者对腹腔镜手术中的胃胀气有一个整体的认识。

关键词

全麻诱导, 胃胀气, 面罩通气, 胃窦部超声, 腹腔镜手术

Research Progress on Gastric Insufflation during Induction of General Anesthesia in Laparoscopic Surgery

Chengming Wu¹, Zhidong Fan^{2*}

¹Clinical Medical College of Dali University, Dali Yunnan

²Department of Anesthesiology, The First Affiliated Hospital of Dali University, Dali Yunnan

Received: Jul. 19th, 2024; accepted: Aug. 11th, 2024; published: Aug. 22nd, 2024

Abstract

General anesthesia is often used in laparoscopic surgery, after induction of anesthesia, patients

*通讯作者。

文章引用: 吴程名, 范智东. 腹腔镜手术全麻诱导胃胀气研究进展[J]. 临床医学进展, 2024, 14(8): 912-919.

DOI: 10.12677/acm.2024.1482301

are usually given mask positive pressure ventilation for oxygen supply before endotracheal intubation. Improper ventilation greatly increases the probability of gas entering the stomach and causing gastric insufflation, thus making the induction period of anesthesia the stage most prone to bloating during the whole perioperative period. Severe gastric insufflation not only increases the risk of reflux aspiration during anesthesia, but also adversely affects the operation and post-operative recovery. In this regard, many scholars at home and abroad have done relevant research, by using different ventilation methods or applying special intervention measures, or even avoiding positive pressure ventilation to reduce the occurrence of gastric insufflation. This paper introduces the mechanism, adverse effects and common methods of evaluating the degree of gastric insufflation, summarizes and discusses various methods to avoid bloating during anesthesia induction in recent years, so that readers can have an overall understanding of gastric insufflation during laparoscopic surgery.

Keywords

General Anesthesia Induction, Gastric Insufflations, Mask Ventilation, Gastric Antrum Ultrasonography, Laparoscopic Surgery

Copyright © 2024 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

过去完成腹腔内的手术常常需要开腹进行, 创伤大, 病人术后需要较长时间恢复。随着医学发展, 现如今微创理念被更多人所接受, 快速康复外科(enhanced recovery after surgery, ERAS)与舒适化医疗越来越受到推崇。在此情况下腹腔镜手术应运而生, 以其创伤小、疼痛刺激弱、病人术后恢复更快等优点, 逐渐成为腹腔内手术的主要手术方式[1]。但腹腔镜手术的蓬勃发展也带来了新的挑战, 腹腔镜手术可操作空间较为局限, 为了提供更佳的手术视野与操作空间, 需要向腹腔注入二氧化碳建立气腹, 有时还需调整特殊体位以满足手术操作需要, 如上腹部手术要求头高足低位, 下腹部与妇科手术则常需头低位。体位的改变与气腹的建立对机体正常生理功能有很大干扰, 这对麻醉医师的术中管理提出了更高的要求。全身麻醉气管插管是腹腔镜手术主要麻醉方式, 一些短小手术如胆囊切除术也可插入喉罩, 但由于术中常需调整特殊体位, 加之气腹的影响, 喉罩移位或漏气的情况并不少见, 增加了术中气道管理的难度, 使之应用受到限制。全麻诱导后病人自主呼吸停止, 进入无通气状态, 此时常常会对病人行面罩通气给氧去氮以增加机体氧气储备, 延长无通气安全时间(即从呼吸暂停起氧饱和度维持在 90%及以上时间), 为之后气管插管创造更佳插管条件。

食管上括约肌(upper esophageal sphincter, UES)是位于咽与食管之间的一个高压区域, 主要由环咽肌组成。静息时 UES 常呈收缩状态, 使得此处压力约为 40 mmHg, 大于咽部压力, 是阻挡气体入胃的重要屏障, 但在麻醉后受肌松药影响此处压力显著降低, 很多甚至降低到了 15 mmHg 以下[2]。此时再进行面罩正压通气, 若气道开放质量不佳或使用不恰当的通气方式, 当通气压力大于 UES 压力时会导致气体大量入胃造成胃胀气。严重的胃胀气会造成许多不良影响, 甚至干扰手术正常进行, 虽然能中途放置胃管消除胀气, 但这不仅影响手术进程, 胃管的置入也对机体有潜在损伤风险[3]。不必要的有创操作并不符合 ERAS 及舒适化医疗的要求, 因此在麻醉诱导时预防胃胀气就显得尤为重要。下文对近年来在腹腔镜手术麻醉诱导时胃胀气方面的相关研究做一综述, 以期临床提供参考。

2. 胃胀气的不良影响

2.1. 增加反流误吸风险

胃内容物冲出食管进入咽部及口腔被称为反流, 若被吸入呼吸道就成为误吸。食管下括约肌(lower esophageal sphincter, LES)、UES 及喉反射是静息时所有年龄段正常人体内都存在的抗反流误吸三大屏障[4]。LES 是胃与食管的一个功能性高压区, 清醒时压力约为 10~30 mmHg, 可有效阻止胃内物入食管, 若胃内容物突破 LES 到达 UES, 也会刺激 UES 增强压力阻止其到达咽部[5]。在咽部也存在着喉反射, 能通过反射性的咳嗽或关闭会厌等保护气道。然而在麻醉状态下不仅 LES 和 UES 压力降低, 喉反射也会受到抑制, 若再发生胃胀气使胃内压升高, 反流误吸的发生风险将会大大增加[4]。正常胃液一般为 pH 在 0.9~1.5 之间的强酸性液体, 吸入物 pH < 2.5, 容量达 0.8 ml/kg 与严重的肺吸入性损伤和死亡相关[6]。

2.2. 干扰手术视野及操作

清晰、开阔的手术视野对于腹腔镜手术, 特别是腹腔镜下胆囊切除术的重要性不言而喻, 胃胀气的发生则会导致手术视野受限妨碍手术操作同时也增加了胃壁被误伤的概率, 有研究显示胃胀程度若超过 30%, 就会明显影响视野暴露及手术操作[7]。严重时只能通过更大的气腹压、更偏的体位或者放置胃管来暴露术野, 增大的腹压与体位会引起患者更大的生理改变, 导致呼吸与循环的更大波动, 也更易发生高碳酸血症、皮下气肿等不良反应, 增加手术风险与麻醉管理难度。对麻醉后咽喉保护性反射被抑制的患者来说, 胃管的置入不仅可能更难, 导致咽喉、食管损伤的概率也可能更高, 甚至有在气管插管的患者中胃管无意中插入肺部的报道[8]。

2.3. 影响术后恢复

术后恶心呕吐(postoperative nausea and vomiting, PONV)是全麻手术后常见并发症, 发生率约 30%, 在腹腔镜、妇科手术后患者等高危人群中甚至达到 80% [9]。PONV 不仅会使病人感到不适, 而且可能导致伤口裂开、水电解质失衡等进一步并发症, 延缓胃肠功能恢复, 延长住院时间[7]。胃胀气是 PONV 的危险因素, 原理可能是增大的胃激活机械感受器, 通过迷走神经传入信号至孤束核从而导致 PONV [10], 且 PONV 的发生率随着胃胀程度的升高而升高[7], 有研究在气管插管成功后通过吸痰管进行胃肠减压改善胃胀气, 结果有效降低了 PONV 概率[11]。

3. 胃胀程度评估方法

以前评估是否发生胃胀气及胃胀程度常用的方法是听诊法或腹腔镜直视下胃胀程度分级[12], 都有其各自的局限性。听诊法以在上腹部听到通气时特征性的咕噜咕噜气过水声作为发生胃胀气的标志, 但是听诊容易受患者体内及手术室内其它杂音干扰, 而且也无法判断胃胀气严重程度。在置入腹腔镜后由外科医生在直视下进行胃胀分级评分, 虽然能简单分级, 但这种分级比较主观同时也很粗略。超声作为一种重要的可视化技术, 在麻醉中的应用很广泛, 近年来有多位学者通过用超声测量胃窦部横截面积(antral cross-sectional area, CSA)来定性及定量评估胃胀气程度, 发现其不仅无创、便捷、可重复测量, 而且可靠、准确、与多种方法相比均能很好反映实际胃容量[13] [14]。

由于胃底位置距离体表较深且常有肋骨遮挡, 而胃体又是胃中气体积聚地方, 在这两处行超声检查易受干扰成像质量常常不佳。与此相对, 胃窦部超声不仅显像清晰、检出率高, 且有研究表明 CSA 与胃容积(gastric volume, GV)呈正相关关系[15], 为定量评估 GV 提供了可能, 因此胃窦部成为胃部超声检查最佳区域。目前临床上检查体位有仰卧位、半卧位及右侧卧位。右侧卧位时胃窦部位于最低点, 更易检测到胃内容物且成像不易被气体干扰, 患者的 CSA 和 GV 的相关关系也更强, 是评估饱胃情况最常用的

检查体位[16]。仰卧位时依靠体表标志更易定位胃窦, 适用于肥胖或不便移动体位患者, 半卧位则由于实施不便实际运用较少。对于体重超过 40 kg 的患者胃部超声推荐用低频曲阵探头(2~5 MHz), 儿童和消瘦老人则可以用高频线阵探头(5~12 MHz)。首选在剑突下腹中线稍右侧行矢状面扫描, 以肝左叶、腹主动脉及肠系膜上动脉为体内标志, 在肝左叶旁可见一椭圆形图像即为胃窦, 可根据其前后径及左右径计算 CSA [17] [18]。气体在超声下有呈现出伪影的特征, 胃窦横截面出现“彗星尾状”伪影可定性判断胃进气, 比较插管前后两次根据 CSA 计算出的 GV 值, 则可定量评估胃进气程度。

4. 全麻诱导时预防胃胀气方法

4.1. 面罩正压通气方式

目前临床上全麻诱导时常用面罩通气方式有手控通气、容控通气(volume controlled ventilation, VCV)及压控通气(pressure control ventilation, PCV)。手控通气依靠麻醉医师手捏球囊进行通气, 常用于小儿患者面罩通气, 但其通气质量较依赖麻醉医师个人经验, 通气过程中很难保持气道峰压、潮气量、气流流速的稳定。Goebel 等[19]研究发现在儿童患者麻醉诱导期间, 在潮气量和分钟通气量相当的情况下, 与手控通气相比, PCV 可降低气道峰值压力和流速, Park 等人[20]的研究也得出相同的结论, 但此研究中通过上腹部听诊及超声检测的两组胃进气率无明显差异。然而手控通气很难维持恒定潮气量, Lee 等[21]将手控通气限压阀设置为 13 cm H₂O 试图保持 13 cm H₂O 的吸气压力, 结果发现与相同压力 PCV 相比不仅气道峰值压力与潮气量变化更大, 而且胃进气的发生率也更高。

VCV 也是平常面罩通气时常用的通气方式, VCV 时潮气量及分钟通气量不变, 通气压力随着气道阻力、胸廓和肺顺应性的改变而变化。一项研究发现在 6、8、10 ml/kg 三组容量的成人面罩通气中, 6 ml/kg 组通气不足比例高, 10 ml/kg 组胃胀气发生多, 8 ml/kg 似乎是最佳通气容量[12]。Chlouchi 等[22]将腹腔镜胆囊手术患者分为三组, 分别进行限压阀限压 15 cm H₂O 的手控通气、7 ml/kg 的 VCV、15 cm H₂O 的 PCV, 结果 PCV 组的胃进气率要低于另外两组。然而目前关于 VCV 与胃胀气的相关研究较少, 尤其在小儿患者方面, 要确定 VCV 时最佳容量设定及 VCV 相比其它通气方式的优劣仍需进一步高质量的研究。

PCV 时气道压不变, 潮气量及分钟通气量随着气道阻力、胸廓和肺顺应性的变化而变化。目前大多数的研究似乎倾向于认为 PCV 在全麻诱导时预防胃胀气方面更有优势, 是更安全的通气方式。究其原因可能与上文所述胃胀气的产生机制有关, 通气压力与食管括约肌的压力比较决定了通气时气体是进入气道还是食道, 最优压力定义为既能提供适当通气量又不增加气体入胃风险时的通气压力, 当前不同研究得出的最优压力并不统一。一项研究使用胃窦部超声发现在非肥胖及非瘫痪成人患者面罩通气时, 相比 15 cm H₂O 的通气压力, 10 cm H₂O 的 PCV 可以在提供足够通气的同时减少胃胀气的发生[23]。另一项在瘫痪患者中的研究也得出相似结论, 与 15 和 20 cm H₂O 的通气压力比, 10 cm H₂O 的通气压力有更高的充分通气率(潮气量为 6~10 mL/kg 预测体重)与更低的胃胀气风险(CSA 增加 > 插管前 30%), 15 和 20 cm H₂O 的 PCV 则常有过度通气的发生[24]。然而 Bouvet 等[25]的研究认为 15 cm H₂O 是最优压力, 10 cm H₂O 的压力会导致通气不足, Azem 等[26]在研究中进行了更长时间的面罩通气(中位数 13 min)也认为 15 cm H₂O 是适合的压力并且通气持续时间与胃进气之间无关联。还有学者对肥胖患者进行研究发现 16 cm H₂O 是最佳的通气压力[27]。不同人群生理状况有差异, 气道阻力、肺和胸廓顺应性不同, 食管括约肌基础压力及使用麻醉药物后所受影响也不同, 这可能是不同研究得出的最优压力不一的原因。如儿童婴儿期因食管括约肌不成熟、腹内食管长度短、His 角钝更易发生胃胀气, 随着年龄增长食管括约肌压力相应增高, 因此儿童的最优通气压力可能与年龄相关性较大。一项对不同年龄段儿童的研究结果发现 PCV 的最优压力在婴儿中较低并随着年龄增长而相应增加, 推荐在 1~16 岁儿童选择不超过 15 cm H₂O 的通气压力, 而

在 1 岁以下时, 这个压力可以为 10 cm H₂O [28]。因此对于不同人群来说可能有不同的最优压力, 在临床中需要根据患者实际情况及麻醉情况灵活选用, 也希望之后能有更多研究帮助特定患者选择更适合的个体化的通气压力。另有学者研究气道内正压对胃胀气影响, 结果发现在患者清醒时使用持续气道内正压通气(continuous positive airway pressure, CPAP)预充氧是安全的, 而在麻醉诱导后 PCV 时使用呼气末正压会增加胃胀气风险, 这可能与 LES 的功能变化有关[29]。

4.2. 环状软骨或上腹部加压

有研究发现全身麻醉诱导期在上腹部体外压迫胃部能有效减少胃进气[30], 但是因压迫上腹部而增高的腹内压也会增加发生反流误吸的危险。环状软骨加压(cricoid pressure, CP)过去常作为快速顺序诱导气管插管的一项重要内容, 用于反流误吸高风险的患者, 但其功效目前仍存在争议, 还可能影响声门暴露增加插管难度。有研究发现与不使用 CP 相比, CP 组面罩通气期间发生胃胀气的概率要更低[31]。但也有研究发现大部分人食管并不在气管正后方, 而是更多在其稍偏左侧, 此时进行传统的 CP 无法封闭食管且会导致其进一步左移[32]。Kim 等[33]在面罩通气期间使用超声引导下食管压迫发现绝大部分儿童患者食管位于气管左侧, 使用实时超声引导食管压迫有助于防止胃胀气且不影响声门开放。Gautier 等[34]也在成人中研究发现与环状软骨水平相比, 左下气管旁水平按压在防止胃胀气方面效果更佳, 是更好的选择。因此目前多数学者推荐在患者左侧气管旁水平进行按压。

4.3. 预氧非正压通气

充分预充氧避免正压通过去也是作为快速顺序诱导气管插管的一项重要内容, 有研究发现全麻诱导时即使是 10 cm H₂O 的通气压力也会发生部分胃胀气[25], 而理论上预氧非正压通气能从根源上避免胃胀气的产生。预氧非正压通气同时有发生高碳酸血症和缺氧的风险, 有研究显示呼吸暂停后动脉血内二氧化碳分压(PaCO₂)第 1 分钟上升 7.6 mmHg, 随后每分钟上升 2.9 mmHg [35], 健康成人呼吸暂停 3 min 后 PaCO₂ 为(55.21 ± 6.66 mmHg), pH 值为(7.27 ± 0.03) [36], 但只要血氧饱和度(SpO₂)和动脉血氧分压(PaO₂)维持正常, 其对血流动力学影响较小, 不会对机体造成大的危害, 且后续经处理能很快纠正[37]。因此是否发生缺氧可能是更需要关注的问题。以往的预氧合建议是紧密面罩在纯氧下进行 3 min 的正常潮气量呼吸或者 3~8 次肺活量呼吸, 以使呼气末氧气达到 90%以上[38]。有研究发现在健康成年人全麻诱导前用面罩以 6 L/min 的纯氧进行 3 min 的预氧, 其无通气安全时间为(348.00 ± 122.64) s [36]。王妮荣等[39]也在无心肺疾病的患者中以 6 L/min 的流量持续吸氧 5 min 后全麻诱导不进行正压通气, 所有患者均在 3 min 内插管成功且无低氧血症情况发生。但也有学者提出预氧合后肺泡氧含量过高有发生吸收性肺不张风险, 此时通过调节 APL 阀选择合适的压力联合使用 CPAP 可改善氧分压, 延长无通气期安全时间, 且不增加胃胀气风险[29] [36] [40]。另有理论指出在呼吸暂停期间保持气道开放持续吸氧使氧气在呼吸道内流动, 此时即使没有肺的活动, 正常成年人肺泡每分钟也会吸收约 250 mL 的氧气[37], 这也可延长无通气期安全时间。现如今全麻诱导插管时也常用经鼻高流量吸氧疗法(high-flow nasal oxygen therapy, HFNT)来改善患者氧合, 与面罩正压通气相比其气道压力更低。Zhou 等[41]使用超声检测胃胀气, 发现在插管时与常规面罩通气相比 HFNT 也可提供充足的氧合, 且减少了胃胀气的发生率。Ding 等人[42]在气管插管前通过采集声门上下分泌物测定胃蛋白酶来检测反流和微误吸发生情况并分析血气, 发现与面罩通气相比 HFNT 可减少反流和误吸的发生, 同时可保障氧合、延长呼吸暂停时间(SpO₂ 降至 94%时间)。多项研究表明预氧非正压通气在预防胃胀气方面具有优势, 但目前研究多是在健康成年人身上进行, 其对特殊人群(如肥胖患者、老人、儿童、孕妇及伴有心肺基础疾病的患者等)安全性还需要更进一步高质量研究证实。

5. 小结与展望

近年来胃胀气逐渐受到麻醉医生的重视, 早期预防胃胀气产生可减少许多不良事件。目前已有许多预防胃胀气相关方法研究, 但关于避免胃胀气发生的最佳方法目前还尚无统一意见, 仍需进一步的研究。当前多数研究更推荐使用 PCV, 但不同研究推荐的最优压力并不统一, 原因可能是不同人群患者自身特点不同导致其最优压力也不同, 帮助特定患者选择更适合的个体化的通气压力可能是接下来重要研究方向。预氧非正压通气的研究也日益增加, 尤其是 HFNT 的应用, 其在特殊人群中的安全性也可能是接下来研究重点。

参考文献

- [1] Sun, J., Xie, T., Ma, Z., Wu, X. and Li, B. (2023) Current Status and Progress in Laparoscopic Surgery for Gallbladder Carcinoma. *World Journal of Gastroenterology*, **29**, 2369-2379. <https://doi.org/10.3748/wjg.v29.i16.2369>
- [2] de Leon, A., Thörn, S. and Wattwil, M. (2010) High-Resolution Solid-State Manometry of the Upper and Lower Esophageal Sphincters during Anesthesia Induction: A Comparison between Obese and Non-Obese Patients. *Anesthesia & Analgesia*, **111**, 149-153. <https://doi.org/10.1213/ane.0b013e3181e1a71f>
- [3] 赵玉斌, 屈启才, 思永玉. 不同方法用于气管插管全麻患者术中胃管置入的比较[J]. 昆明医科大学学报, 2019, 40(8): 93-96.
- [4] Kelly, C.J. and Walker, R.W.M. (2014) Perioperative Pulmonary Aspiration Is Infrequent and Low Risk in Pediatric Anesthetic Practice. *Pediatric Anesthesia*, **25**, 36-43. <https://doi.org/10.1111/pan.12549>
- [5] Dantas, R.O. (2021) Functional Changes of the Upper Esophageal Sphincter in Gastroesophageal Reflux. *International Archives of Otorhinolaryngology*, **26**, e519-e523. <https://doi.org/10.1055/s-0040-1722160>
- [6] Devroe, S., Van de Velde, M. and Rex, S. (2015) General Anesthesia for Caesarean Section. *Current Opinion in Anaesthesiology*, **28**, 240-246. <https://doi.org/10.1097/aco.0000000000000185>
- [7] 郭波, 谢冕, 邓田, 等. 超声评估麻醉诱导期胃胀气程度与术后恶心呕吐发生率的关系[J]. 检验医学与临床, 2017, 14(12): 1694-1696.
- [8] Miyamoto, K., Takayasu, H., Katsuki, S., Maeda, A., Suzuki, K., Nakamura, M., et al. (2024) Laryngopharyngeal Mucosal Injury Due to Nasogastric Tube Insertion during Cardiopulmonary Resuscitation: A Retrospective Cohort Study. *Journal of Clinical Medicine*, **13**, Article 261. <https://doi.org/10.3390/jcm13010261>
- [9] Gan, T.J., Belani, K.G., Bergese, S., Chung, F., Diemunsch, P., Habib, A.S., et al. (2020) Fourth Consensus Guidelines for the Management of Postoperative Nausea and Vomiting. *Anesthesia & Analgesia*, **131**, 411-448. <https://doi.org/10.1213/ane.00000000000004833>
- [10] Babic, T. and Browning, K.N. (2014) The Role of Vagal Neurocircuits in the Regulation of Nausea and Vomiting. *European Journal of Pharmacology*, **722**, 38-47. <https://doi.org/10.1016/j.ejphar.2013.08.047>
- [11] Jung, K.T., Kim, S.H., Kim, D.J., Kim, S.H. and An, T.H. (2020) Effect of Gastric Decompression on Postoperative Vomiting in Pediatric Patients Undergoing Strabismus Surgery: A Randomized Controlled Study. *Anesthesia and Pain Medicine*, **15**, 66-72. <https://doi.org/10.17085/apm.2020.15.1.66>
- [12] Tianliang, W., Gang, S., Guocan, Y. and Haixing, F. (2019) Effect of Facemask Ventilation with Different Ventilating Volumes on Gastric Insufflation during Anesthesia Induction in Patients Undergoing Laparoscopic Cholecystectomy. *Saudi Medical Journal*, **40**, 989-995. <https://doi.org/10.15537/smj.2019.10.24306>
- [13] Okada, Y., Toyama, H., Kamata, K. and Yamauchi, M. (2019) A Clinical Study Comparing Ultrasound-Measured Pyloric Antrum Cross-Sectional Area to Computed Tomography-Measured Gastric Content Volume to Detect High-Risk Stomach in Supine Patients Undergoing Emergency Abdominal Surgery. *Journal of Clinical Monitoring and Computing*, **34**, 875-881. <https://doi.org/10.1007/s10877-019-00438-1>
- [14] Bouvet, L., Zieleskiewicz, L., Loubradou, E., Alain, A., Morel, J., Argaud, L., et al. (2019) Reliability of Gastric Suctioning Compared with Ultrasound Assessment of Residual Gastric Volume: A Prospective Multicentre Cohort Study. *Anaesthesia*, **75**, 323-330. <https://doi.org/10.1111/anae.14915>
- [15] Bouvet, L., Mazoit, J., Chassard, D., Allaouchiche, B., Boselli, E. and Benhamou, D. (2011) Clinical Assessment of the Ultrasonographic Measurement of Antral Area for Estimating Preoperative Gastric Content and Volume. *Anesthesiology*, **114**, 1086-1092. <https://doi.org/10.1097/aln.0b013e31820dee48>
- [16] Schmitz, A., Schmidt, A.R., Buehler, P.K., Schraner, T., Frühauf, M., Weiss, M., et al. (2016) Gastric Ultrasound as a Preoperative Bedside Test for Residual Gastric Contents Volume in Children. *Pediatric Anesthesia*, **26**, 1157-1164.

- <https://doi.org/10.1111/pan.12993>
- [17] 蒋卫清, 陈利海, 谢欣怡, 等. 床旁超声快速评估胃内容物及容量的研究进展[J]. 临床麻醉学杂志, 2017, 33(1): 91-94.
 - [18] Bisinotto, F.M.B., Pansani, P.L., Silveira, L.A.M.d., Naves, A.d.A., Peixoto, A.C.A., Lima, H.M.d., *et al.* (2017) Qualitative and Quantitative Ultrasound Assessment of Gastric Content. *Revista da Associação Médica Brasileira*, **63**, 134-141. <https://doi.org/10.1590/1806-9282.63.02.134>
 - [19] Goebel, U., Schumann, S. and Wirth, S. (2018) Peak Airway Pressure Is Lower during Pressure-Controlled than during Manual Facemask Ventilation for Induction of Anesthesia in Pediatric Patients—A Randomized, Clinical Crossover Trial. *Journal of Anesthesia*, **33**, 33-39. <https://doi.org/10.1007/s00540-018-2580-y>
 - [20] Park, J.H., Kim, J.Y., Lee, J.M., Kim, Y.H., Jeong, H.W. and Kil, H.K. (2016) Manual Vs. Pressure-Controlled Face-mask Ventilation for Anaesthetic Induction in Paralysed Children: A Randomised Controlled Trial. *Acta Anaesthesiologica Scandinavica*, **60**, 1075-1083. <https://doi.org/10.1111/aas.12737>
 - [21] Lee, J., Jung, H., Jang, Y., Kim, E., Song, I., Kim, H., *et al.* (2019) Manual vs Pressure-controlled Facemask Ventilation during the Induction of General Anesthesia in Children: A Prospective Randomized Controlled Study. *Pediatric Anesthesia*, **29**, 331-337. <https://doi.org/10.1111/pan.13594>
 - [22] Chlouchi, A., Benakrout, A., Andaloussi, M.R., Bensghir, M. and Baite, A. (2022) Gastric Insufflation and Ventilatory Mode during Induction of Anesthesia: A Prospective Randomized Study. *Journal of Advances in Medicine and Medical Research*, **34**, 157-163. <https://doi.org/10.9734/jammr/2022/v34i234849>
 - [23] Zhang, Q., Zhou, Q., Zhang, J. and Zhao, D. (2020) Gentle Facemask Ventilation during Induction of Anesthesia. *The American Journal of Emergency Medicine*, **38**, 1137-1140. <https://doi.org/10.1016/j.ajem.2019.158399>
 - [24] Gamal, M., Mostafa, M., Farrag, Y., Hasanin, A., Alkolali, M.F., Mansour, M.A., *et al.* (2022) Evaluation of Adequacy of Ventilation and Gastric Insufflation at Three Levels of Inspiratory Pressure for Facemask Ventilation during Induction of Anaesthesia: A Randomised Controlled Trial. *Anaesthesia Critical Care & Pain Medicine*, **41**, Article ID: 101132. <https://doi.org/10.1016/j.accpm.2022.101132>
 - [25] Bouvet, L., Albert, M., Augris, C., Boselli, E., Ecochard, R., Rabilloud, M., *et al.* (2014) 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*, **120**, 326-334. <https://doi.org/10.1097/aln.0000000000000094>
 - [26] Azem, K., Fein, S., Matatov, Y., *et al.* (2024) The Effect of Prolonged Face Mask Ventilation on Gastric Insufflation: A Prospective Observational Study. *The Israel Medical Association Journal*, **26**, 24-29.
 - [27] 陈自洋, 周田田, 李楠, 等. 全麻诱导期不同面罩通气压力对肥胖患者胃胀气的影响[J]. 新疆医科大学学报, 2021, 44(8): 907-910.
 - [28] Lagarde, S., Semjen, F., Nouette-Gaulain, K., Masson, F., Bordes, M., Meymat, Y., *et al.* (2010) Facemask Pressure-Controlled Ventilation in Children. *Anesthesia & Analgesia*, **110**, 1676-1679. <https://doi.org/10.1213/ane.0b013e3181d8a14c>
 - [29] Cajander, P., Edmark, L., Ahlstrand, R., Magnuson, A. and de Leon, A. (2019) 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. *European Journal of Anaesthesiology*, **36**, 625-632. <https://doi.org/10.1097/eja.0000000000001016>
 - [30] 曹雪莉, 陈永新. 全身麻醉诱导期体外压迫胃部对胃进气及术后恶心呕吐的影响[J]. 南昌大学学报(医学版), 2022, 62(1): 66-68.
 - [31] Srinivasan, S., Vasudevan, A., Vinayagam, S., Ramkumar, G. and Senthilnathan, M. (2018) Assessment of Effectiveness of Cricoid Pressure in Preventing Gastric Insufflation during Bag and Mask Ventilation: A Randomized Controlled Trial. *Saudi Journal of Anaesthesia*, **12**, 606-611. https://doi.org/10.4103/sja.sja_240_18
 - [32] Kei, J., Utschig, E.E. and van Tonder, R.J. (2017) Using Ultrasonography to Assess the Effectiveness of Cricoid Pressure on Esophageal Compression. *The Journal of Emergency Medicine*, **53**, 236-240. <https://doi.org/10.1016/j.jemermed.2017.04.025>
 - [33] Kim, E., Cho, S., Kang, P., Song, I., Ji, S., Jang, Y., *et al.* (2022) Ultrasound-Guided Esophageal Compression during Mask Ventilation in Small Children: A Prospective Observational Study. *BMC Anesthesiology*, **22**, Article No. 257. <https://doi.org/10.1186/s12871-022-01803-5>
 - [34] Gautier, N., Danklou, J., Brichant, J.F., Lopez, A.M., Vandepitte, C., Kuroda, M.M., *et al.* (2018) The Effect of Force Applied to the Left Paratracheal Oesophagus on Air Entry into the Gastric Antrum during Positive-Pressure Ventilation Using a Facemask. *Anaesthesia*, **74**, 22-28. <https://doi.org/10.1111/anae.14442>
 - [35] 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.
- [36] Rajan, S., Joseph, N., Tosh, P., *et al.* (2018) Effects of Preoxygenation with Tidal Volume Breathing Followed by Apneic Oxygenation with and without Continuous Positive Airway Pressure on Duration of Safe Apnea Time and Arterial Blood Gases. *Anesthesia Essays and Researches*, **12**, 229-233.
- [37] Kolettas, A.A., Tsaousi, G.G., Grosomanidis, V., Karakoulas, K.A., Thomareis, O., Kotzampassi, K., *et al.* (2013) Influence of Apneic Oxygenation on Cardiorespiratory System Homeostasis. *Journal of Anesthesia*, **28**, 172-179. <https://doi.org/10.1007/s00540-013-1714-5>
- [38] De Jong, A., Futier, E., Millot, A., Coisel, Y., Jung, B., Chanques, G., *et al.* (2014) How to Preoxygenate in Operative Room: Healthy Subjects and Situations “at Risk”. *Annales Françaises d’Anesthésie et de Réanimation*, **33**, 457-461. <https://doi.org/10.1016/j.annfar.2014.08.001>
- [39] 王妮荣, 吉宗民. 腹腔镜胆囊摘除术中预氧非正压通气诱导插管的可行性研究[J]. 实用医药杂志, 2015, 32(7): 588-589, 593.
- [40] 韩洪涛, 王亚丽, 薛刚. 持续气道正压通气联合环状软骨压迫法对全身麻醉诱导期无通气安全时限的影响[J]. 实用临床医药杂志, 2013, 17(21): 73-76.
- [41] Zhou, X., Huang, X., Zhou, Z., Xu, Q., Mei, A., Mazomba, L.X., *et al.* (2023) Effect of Transnasal Humidified Rapid-Insufflation Ventilatory Exchange on Gastric Insufflation during Anaesthesia Induction: A Randomised Controlled Trial and Multivariate Analysis. *European Journal of Anaesthesiology*, **40**, 521-528. <https://doi.org/10.1097/eja.0000000000001846>
- [42] Ding, Y., Huang, T., Ge, Y., Gao, J. and Zhang, Y. (2023) Effect of Trans-Nasal Humidified Rapid Insufflation Ventilatory Exchange on Reflux and Microaspiration in Patients Undergoing Laparoscopic Cholecystectomy during Induction of General Anesthesia: A Randomized Controlled Trial. *Frontiers in Medicine*, **10**, Article 1212646. <https://doi.org/10.3389/fmed.2023.1212646>