

丙泊酚和七氟醚对胃肠道功能的影响

王 苗

延安大学附属医院麻醉科, 陕西 延安

收稿日期: 2023年2月21日; 录用日期: 2023年3月16日; 发布日期: 2023年3月27日

摘 要

丙泊酚和七氟醚作为目前最常用的静脉麻醉药和吸入麻醉药, 它们的理化性质及药理作用已被大家熟知。基础实验和临床研究, 均证实它们具有脏器保护功能, 特别是对多种器官的缺血再灌注损害产生一定的保护作用, 如心肌、肺脏、脑和肝脏。而对于丙泊酚和七氟醚对胃肠道功能的保护作用, 目前的国内外研究说法并不统一。本文从胃肠道动力、胃肠道组织代谢、胃肠粘膜屏障功能、胃肠道免疫功能及胃肠道不良反应五个方面, 概述了以往文献中对于丙泊酚和七氟醚对胃肠道功能的影响, 以期选择一个更适合的麻醉维持药。

关键词

丙泊酚, 七氟醚, 胃肠道功能

Effects of Propofol and Sevoflurane on Gastrointestinal Function

Miao Wang

Department of Anesthesiology, Affiliated Hospital of Yan'an University, Yan'an Shaanxi

Received: Feb. 21st, 2023; accepted: Mar. 16th, 2023; published: Mar. 27th, 2023

Abstract

Propofol and sevoflurane are the most commonly used intravenous anesthetics and inhalation anesthetics at present. Their physicochemical properties and pharmacological effects have been well known. Both basic experiments and clinical studies have confirmed that they have protective functions for organs, especially for the ischemia and reperfusion injury of various organs, such as heart, lung, brain and liver. As for the protective effect of propofol and sevoflurane on gastrointestinal function, the current research at home and abroad is not uniform. From five aspects of ga-

strointestinal motility, gastrointestinal tissue metabolism, gastrointestinal mucosal barrier function, gastrointestinal immune function and gastrointestinal adverse reactions, this article summarizes the effects of propofol and sevoflurane on gastrointestinal function in previous literature, with a view to selecting a more suitable anesthetic maintenance drug.

Keywords

Propofol, Sevoflurane, Gastrointestinal Function

Copyright © 2023 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

近年来加速康复外科(ERAS)的理念及方法在我国得到迅速普及和广泛应用。其认为创伤是患者最主要的应激因素,而胃肠道是应激的主要负累组织[1]。因此,ERAS 提倡在精准、微创及损伤控制理念下完成手术,以降低创伤应激[2]。有研究证实胃肠功能的恢复与术后并发症的减少及住院时间的缩短相关[3]。胃肠道功能的恢复离不开外科、麻醉、护理、营养等多学科协作。例如微创技术的应用减少了对肠道过多的创伤,减轻肠道的炎症反应[4],不常规放置鼻胃管,早期经口进食及下床活动等护理措施可促进胃肠道功能的恢复[2],镇痛方案的优化,术后咀嚼口香糖,饮用咖啡,针刺穴位在现有的研究中均证实可降低术后肠麻痹的发生[5][6][7]。在麻醉方面,麻醉药物的选择应以手术结束后患者能够快速苏醒、无药物残留效应和快速气管拔管为原则[2],常用的全身麻醉药物丙泊酚和七氟醚均可达到上述要求,但哪种药物更有利于保护胃肠道,目前的说法并不统一。

2. 对胃肠道动力的影响

胃肠道动力是指正常的胃肠蠕动以帮助完成食物消化和吸收,而深度麻醉镇静会对胃肠运动产生一定的抑制,进而影响胃肠功能的恢复[8]。

基础实验中,有研究在小鼠中发现,丙泊酚组在给药后 15 分钟对胃排空、小肠转运、结肠动力测试、胃肠转运和全肠转运均未显示出抑制作用[9]。这与之前在志愿者中进行的轻度丙泊酚镇静,不会影响胃排空液体的结果一致[10]。甚至,朱科明等在观察丙泊酚对小白鼠肠道蠕动功能影响的实验中,以亚甲蓝在肠管内移动距离占小肠全长的比例(%)作为观察指标,结果为口服丙泊酚乳剂组 19.8 ± 2.0 ,静注丙泊酚乳剂组 14.7 ± 1.5 ,口服生理盐水组 8.8 ± 0.5 ,静注生理盐水组 6.4 ± 0.6 ,发现口服丙泊酚组的亚甲蓝移动率最大,静注丙泊酚其次,与各自的生理盐水对照组相差非常显著,表明丙泊酚无论直接作用还是全身作用,对小白鼠胃肠道平滑肌蠕动都具有一定促进作用[11]。但有证据表明,在实验室环境中,丙泊酚抑制了人类胃组织的自发收缩[12]。Li, Yansong 等在给药后评估了体内胃肠道运动的不同部分(胃排空、小肠转运、远端结肠排空、粪便重量和粪便颗粒数量、胃肠道转运和全肠道转运时间)和体外结肠周期性移行性复合运动(CMMC)模式,发现丙泊酚对胃肠动力有明显抑制作用。由此说明高剂量丙泊酚可能抑制胃运动。

Pedro Boscan 等采用无线腔内压力传感器评估七氟醚长时间(5~10 小时)麻醉对犬胃和小肠推进动力的影响,与清醒犬相比,七氟醚长时间麻醉后,胃和肠的最大收缩幅度、运动指数(收缩幅度下面积曲线除以时间)均下降(20%~30%),排空时间均延长,不同的是,胃在麻醉后 12~15 小时恢复到清醒时的值,

肠在 2 小时内即可恢复,但胃和肠的收缩频率和胃腔内的 pH 值均未因麻醉而改变[13]。目前尚不清楚较短的七氟醚麻醉时间是否会对胃肠道产生不同的影响。

临床试验中, M. Desmet 等在腹腔镜胃旁路手术中,停药后计数空肠造瘘计划部位的 1 分钟内空肠 15 厘米段蠕动波次数,发现丙泊酚-瑞芬太尼麻醉与七氟醚-瑞芬太尼麻醉相比,可以增加肠道运动[14]。而 Jakob Walldén 等在术后(0~2 h)通过鼻胃管给予对乙酰氨基酚(扑热息痛) 1.5 g,并在 2 小时内抽取血样(胃不吸收,肠道吸收药物),以评估胃排空能力,与正常状态下(无麻醉和无手术)的胃排空模式进行比较时,吸入无阿片类药物七氟醚麻醉患者与静脉注射丙泊酚-瑞芬太尼麻醉患者胃排空都被认为是延迟的,但无统计学差异。说明胃排空的变异性较高,围手术期除麻醉技术外,其他因素对胃排空的影响更大[15]。

胃动素是由内分泌细胞分泌的调节胃肠运动的一种胃肠激素,诱发胃收缩和小肠运动,胃动素与胃泌素是现在临床上用来反映机体胃肠动力的重要指标。高羽等研究认为术后血清胃动素水平与胃肠动力恢复时间相关[16]。在不同全麻药对腹腔镜下子宫肌瘤剔除术围术期胃肠动力的试验中,丙泊酚-舒芬太尼组的胃动素、胃泌素、肠鸣音恢复时间、肛门初次排气时间显著低于单纯七氟醚组,说明丙泊酚对胃肠动力的影响更小[17]。

3. 对胃肠道组织代谢的影响

应激状态时,机体为了保证心、脑等重要器官的血液供应,会反射地引起皮肤、内脏细小动脉收缩、痉挛,全身血量重新分布,胃肠道的血流量明显减少。若全身血量减少 10%,胃肠道血流量可减少 40% [18],进而引起氧自由基(ROS)生成的病理性增加[19]。麻醉药对氧化应激和抗氧化防御机制有不同的改变。Mesut Erbas 等的研究结果认为丙泊酚和七氟醚均可增加机体的抗氧化能力[20]。Ballester 等通过对比丙泊酚和七氟醚麻醉的患者术中脂质过氧化标记物,结果证实吸入七氟醚后抗氧化能力强于丙泊酚[21]。而在测量血中谷胱甘肽(GSH)、血浆抗氧化能力和脂质过氧化产物的浓度评估丙泊酚和七氟醚对全身氧化还原平衡的影响的研究中,结果表明七氟醚导致抗氧化酶活性下降,显著降低血浆还原能力,丙泊酚引起抗氧化活性增加,血浆还原能力不变[22]。这之前对两者的氧化和抗氧化的机制研究结果一致,丙泊酚的结构特征是酚羟基,类似于维生素 E,被认为是 ROS 清除剂[23] [24],而七氟醚可能通过其代谢和影响线粒体功能促进 ROS 的形成[25] [26]。Katerina Tomsic 等的动物试验结果同样表明了丙泊酚可能是比七氟醚有更好的抗氧化能力[27]。

nichwitz 等研究表明,胃粘膜 CO_2 分压(PgCO_2)、肠脂肪酸结合蛋白(I-FABP)等指标可以反映肠系膜局部血流改变所引起的组织和代谢变化[28]。肠系膜血流下降可迅速导致 PgCO_2 明显增加,因此推测 PgCO_2 可作为因灌注不良引起组织损伤的诊断指标[29]。I-FABP 仅存在于肠道粘膜,由于粘膜层对缺血最为敏感,在肠缺血的早期,即可释放入血,是临床上作为诊断肠缺血敏感性和特异性均较高的生物学标记[30]。胃黏膜与动脉血 CO_2 分压差(pg-aCO_2):可纠正单纯观察 PgCO_2 带来的偏差,是胃肠道低血流灌注的敏感指标[31]。

多数临床研究表明,因围术期多种因素导致素胃肠道发生低灌注时,瑞芬太尼复合丙泊酚静脉组患者的 PgCO_2 、 pg-aCO_2 和 I-FABP 水平显著低于七氟醚吸入组,说明丙泊酚相较于七氟醚更能减弱胃肠道缺血[32] [33] [34]。

4. 对胃肠粘膜屏障功能的影响

肠粘膜有几种保护生物体免受感染的屏障,包括机械、化学、生物和免疫屏障,它可以防御外部抗原的入侵。肠粘膜屏障损伤的原因有肠粘膜支持系统异常和肠粘膜连续性的不完整,损伤后会导致细菌

移位和内毒素血症等[35]。Hongyu Liu 等研究表明丙泊酚和七氟醚麻醉均显著改变患者肠道菌群和代谢产物,与异丙酚麻醉相比,七氟醚麻醉导致与神经系统疾病相关的肠道微生物发生更大的变化,可能是七氟醚麻醉会增加术后认知功能障碍(POCD)的发生率的原因之一[36]。

刘书舒等通过对多种因素进行 Logistic 回归分析,发现血浆 D-乳酸(D-Lac)、二胺氧化酶(DAO)、麻醉方式是影响肠道功能恢复的独立危险因素[37]。D-Lac 是细菌发酵的代谢产物,肠道多种细菌均可产生,哺乳类动物体内不具备将其快速分解的酶系统。肠缺血等原因致肠粘膜细胞损伤,细胞间紧密连接破坏,肠通透性增加后,肠道中的 D-Lac 经受损粘膜入血,故 D-Lac 水平是评估肠道损伤和监测肠道通透性增加的有用标志[38]。DAO 是人类和哺乳动物小肠粘膜上层绒毛中具有高度活性的细胞内酶,在组胺和多种多胺代谢中起作用,其活性与粘膜细胞的核酸和蛋白合成密切相关,能够反映肠道机械屏障的完整性和受损伤程度。内毒素是存在于革兰氏阴性细菌细胞壁中的脂多糖,以肠杆菌属的细胞壁尤为多见。当肠屏障功能障碍时,内毒素穿过肠粘膜,进入血循环。都义日等通过不同麻醉药进行体外循环心脏手术(CPB)患者的对比研究,发现七氟醚复合麻醉组患者的血浆内毒素、D-Lac、DAO、TNF- α 、IL-6、IL-8、I-FABP 均低于丙泊酚复合麻醉组,表明七氟醚复合麻醉能有效减轻炎症介质释放,降低 CPB 患者肠道屏障功能损伤程度,保护肠道屏障功能[39]。

5. 对胃肠道免疫功能的影响

胃肠道是最大的免疫器官,肠道的免疫防御系统主要依赖于特异性分泌型免疫球蛋白(sIgA)和免疫细胞。围手术期免疫功能的变化对外科手术患者的预后有非常重要的影响。外科手术患者的脓毒血症以及继发的多器官功能障碍综合征,是外科重症监护病房所面临的棘手问题,也是术后患者的主要死亡原因之一[40]。

淋巴细胞减少是细胞介导免疫功能下降的一个标志。在 T 淋巴细胞亚群中,CD3+分子表达在全部成熟 T 细胞的表面,当 CD3+分子水平降低时,机体免疫功能则降低。CD4+分子则可对 T 细胞及诱导细胞可产生辅助作用。CD8+分子可在自然杀伤细胞(NK 细胞)及抑制细胞表面表达,可同时对 T 细胞的增殖及抗体的合成、分泌产生抑制作用[41]。在一项关于比较丙泊酚与七氟醚对舌癌根治术患者外周血 NK 细胞和 B 淋巴细胞影响的研究中,麻醉后两组患者均出现了不同程度的 NK 细胞减少,但七氟醚组患者麻醉后 NK 细胞百分比明显低于丙泊酚组,且较晚恢复至术前水平,说明七氟醚组对 NK 细胞数量的抑制要大于丙泊酚组,这与贺峰等研究结果相符[42],提示丙泊酚可能有增强免疫活性的作用。较早前有研究显示丙泊酚对于健康受试者的淋巴细胞计数没有影响,但却抑制危重患者的 B 淋巴细胞增殖[43]。近来,研究显示,大于 3.5%七氟醚可能通过调节细胞因子表达和降低自然杀伤细胞毒性来抑制免疫反应[44]。然而另一项研究发现丙泊酚类麻醉在减轻大肠癌手术中 NK 细胞、T 淋巴细胞等免疫细胞抑制作用方面并不优于七氟醚类麻醉[45]。

白细胞介素 6 (IL-6)是由单核/巨噬细胞释放的促炎性细胞因子,能调控局部及全身炎症反应和急性期反应,是机体应激反应中最灵敏最重要的一种标志物和介导体;白细胞介素 10 (IL-10)是可以抑制炎性细胞因子 IL-6 等的释放,而产生抗炎作用,创伤后 IL-10 的升高是机体针对促炎性细胞因子大量产生的一种保护性机制[46]。组织坏死因子 α (TNF- α)通过激发炎症反应、参与免疫应答,使得巨噬细胞的吞噬作用增强[42]。最近一项关于丙泊酚和七氟醚麻醉后患者炎症生物标志物(IL-6、IL-10、TNF- α 、c 反应蛋白(CRP))水平的荟萃分析,结果表现为异丙酚和七氟醚的效果没有差异,当研究根据参与者年龄、手术类型(肿瘤、心脏和选择性)或麻醉时间进行分组时,异丙酚和七氟醚之间仍没有差异,提示患者和手术类型对术后炎症反应的影响可能比麻醉技术更显著[47]。这与先前的一项关于没有手术的情况下接受 2 小时吸入麻醉的患者术后和术前的细胞因子水平没有差异的试验所说的观点一致,说明了单独麻醉对细胞因

子反应没有影响[48]。

手术应激会引起组织损伤, 引发炎症和免疫调节反应, 例如粒细胞增多和淋巴细胞减少。麻醉剂具有免疫调节作用, 这些可能是有害的, 会诱导免疫抑制并促进机会性感染的发展, 尤其是在高剂量、长时间使用或用于先前存在免疫缺陷的患者时; 或有益的, 调节炎症反应, 特别是在危重疾病和全身过度炎症状态下[49]。

6. 对胃肠道不良反应的影响

术后恶心呕吐(PONV)是全身麻醉后常见并发症, 不仅使病人痛苦, 也易致水、电解质及酸碱平衡紊乱, 最严重的是误吸。因此, 应努力避免发生。相比七氟醚常见 PONV 的不良反应, 丙泊酚具有镇吐作用, 其机制为: ① 降低脑内 5-HT₃ 水平, 增强大脑皮质 GABA 能神经元对多巴胺能神经元的调控。② 直接抑制催吐化学感受区、迷走神经核及其他与恶心、呕吐有关的中枢。③ 减少兴奋性氨基酸的释放[50]。但是, PONV 不仅受全身麻醉方案的影响, 而且还受许多其他因素的影响, 如麻醉时间、术后阿片类药物用量、性别、晕动史等, 特别是手术操作的类型。

有研究表明手术时间超过 3.5 小时的患者使用丙泊酚复合瑞芬太尼与七氟醚复合瑞芬太尼全静脉麻醉术后恶心和呕吐没有显著差异[51]。例如在对肾脏进行经皮内窥镜介入治疗时, 如果维持最佳麻醉深度(脑电双频指数 40~60 单位), 全静脉麻醉或吸入麻醉的 PONV 发生率相似[19]。在小儿扁桃体切除术中, 结果一致[52]。而在乳突切除联合鼓室成形术、腹腔镜手术中, 与使用七氟醚麻醉相比, 使用丙泊酚的患者术后 PONV 的发生率和严重程度显著降低[53] [54]。对于儿童斜视手术后的 PONV, 丙泊酚在与瑞芬太尼联合应用时也显示出优于七氟醚复合 N₂O 的优势[55]。因此, 使用丙泊酚复合瑞芬太尼的全静脉麻醉可能是降低这种类型手术 PONV 高发病率的一种方法。

Helen Ki Shinn 等在对比不同麻醉药对妇科腹腔镜手术后恶心呕吐发生率的研究中发现, 虽然丙泊酚组术后 1 小时内出现 PONV 的患者数量明显少于七氟醚组, 但术后 1~6 小时和 6~24 小时出现 PONV 症状的患者数量没有差异。由于降低肺泡内 90%七氟醚分压所需时间小于 30 分钟, 进而推断术后 1~6 小时发生 PONV 可能由于麻醉以外的因素[56]。

7. 小结

围术期, 各种因素导致机体处于应激状态, 腹腔内脏器的血管灌注压受到相应改变, 进而影响胃肠道组织代谢, 粘膜屏障功能, 免疫功能以及运动功能, 而血流再灌注损伤, 氧自由基的释放和一些细胞因子的参与, 又可加重这种损害[57]。胃肠道功能的恢复对于患者的预后至关重要, 目前关于丙泊酚和七氟醚在胃肠道功能的影响方面, 无论是基础实验, 还是临床研究, 由于观察对象, 手术种类, 监测指标的不同, 所得出的结论也互相矛盾。相比之下, 个体患者和综合措施的影响可能在胃肠道的术后恢复中发挥更大的作用。因此, 在临床环境中, 患者和综合措施的优化可能对术后胃肠道加速康复有更实质性的影响[47]。

参考文献

- [1] 段丽萍. 心理应激在功能性胃肠病发病中的潜在机制[J]. 中华消化杂志, 2011, 31(6): 361-363. <https://doi.org/10.3760/cma.j.issn.0254-1432.2011.06.001>
- [2] 中华医学会外科学分会, 中华医学会麻醉学分会. 中国加速康复外科临床实践指南(2021 版) [J]. 中国实用外科杂志, 2021, 41(9): 961-992.
- [3] 张慈, 翟惠敏. 妇科腹腔镜术后早期进食对患者机体功能恢复的影响[J]. 广东医学, 2017, 38(5): 808-810.
- [4] 王刚, 江志伟. 术后肠麻痹的病理生理机制及防治策略[J]. 中华普通外科杂志, 2020, 35(5): 425-427

- [5] Cornwall, H.L., Edwards, B.A., Curran, J.F. and Boyce, S. (2020) Coffee to Go? The Effect of Coffee on Resolution of Ileus Following Abdominal Surgery: A Systematic Review and Meta-Analysis of Randomised Controlled Trials. *Clinical Nutrition*, **39**, 1385-1394. <https://doi.org/10.1016/j.clnu.2019.06.003>
- [6] 罗丹, 马宏伟, 杨月明, 等. 咀嚼口香糖用于妇产科腹部手术后肠功能恢复的研究进展[J]. 中华妇幼临床医学杂志, 2015, 11(1): 102-104. <https://doi.org/10.3877/cma.j.issn.1673-5250.2015.01.024>
- [7] Zhou, D., Hu, B., He, S., et al. (2018) Transcutaneous Electrical Acupoint Stimulation Accelerates the Recovery of Gastrointestinal Function after Cesarean Section: A Randomized Controlled Trial. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*, **2018**, Article ID: 7341920. <https://doi.org/10.1155/2018/7341920>
- [8] 郭忠娟, 刘颖, 刘妍. 妇科腹腔镜手术患者术后胃肠功能紊乱的影响因素分析[J]. 中国妇幼保健, 2021, 36(10): 2346-2349.
- [9] Chang, H., Li, S., Li, Y., et al. (2020) Effect of Sedation with Dexmedetomidine or Propofol on Gastrointestinal Motility in Lipopolysaccharide-Induced Endotoxemic Mice. *BMC Anesthesiology*, **20**, 227. <https://doi.org/10.1186/s12871-020-01146-z>
- [10] Hammas, B., Hvarfner, A., Thörn, S.E. and Wattwil, M. (1998) Propofol Sedation and Gastric Emptying in Volunteers. *Acta Anaesthesiologica Scandinavica*, **42**, 102-105. <https://doi.org/10.1111/j.1399-6576.1998.tb05088.x>
- [11] 朱科明, 王粤, 邓小明. 异丙酚对小白鼠胃肠道蠕动功能的影响[J]. 中华麻醉学杂志, 1999, 19(2): 111.
- [12] Lee, T.L., Ang, S.B., Dambisya, Y.M., et al. (1999) The Effect of Propofol on Human Gastric and Colonic Muscle Contractions. *Anesthesia & Analgesia*, **89**, 1246-1249. <https://doi.org/10.1213/0000539-199911000-00031>
- [13] Boscan, P., Cochran, S., Monnet, E., et al. (2014) Effect of Prolonged General Anesthesia with Sevoflurane and Laparoscopic Surgery on Gastric and Small Bowel Propulsive Motility and pH in Dogs. *Veterinary Anaesthesia and Analgesia*, **41**, 73-81. <https://doi.org/10.1111/vaa.12093>
- [14] Desmet, M., Vander, C.P., Pottel, H., et al. (2016) The Influence of Propofol and Sevoflurane on Intestinal Motility during Laparoscopic Surgery. *Acta Anaesthesiologica Scandinavica*, **60**, 335-342. <https://doi.org/10.1111/aas.12675>
- [15] Walldén, J., Thörn, S.E., Lövgqvist, A., et al. (2006) The Effect of Anesthetic Technique on Early Postoperative Gastric Emptying: Comparison of Propofol-Remifentanyl and Opioid-Free Sevoflurane Anesthesia. *Journal of Anesthesia*, **20**, 261-267. <https://doi.org/10.1007/s00540-006-0436-3>
- [16] 高羽, 张连阳, 刘宝华, 童卫东, 张安平, 陈金萍, 徐琰. 腹腔镜结直肠癌根治术后胃肠运动与血清胃肠激素的变化[J]. 第三军医大学学报, 2006(6): 598-600.
- [17] 周小英. 异丙酚-舒芬太尼与单纯七氟醚麻醉对腹腔镜下子宫肌瘤剔除术围术期胃肠动力影响的比较[J]. 中外医疗, 2014, 33(31): 121-122.
- [18] 高金生, 杨书良. 肠黏膜屏障损伤的原因与机制研究进展[J]. 世界华人消化杂志, 2009, 17(15): 1540-1544.
- [19] Riess, M.L., Eells, J.T., Kevin, L.G., et al. (2004) Attenuation of Mitochondrial Respiration by Sevoflurane in Isolated Cardiac Mitochondria Is Mediated in Part by Reactive Oxygen Species. *Anesthesiology*, **100**, 498-505. <https://doi.org/10.1097/0000542-200403000-00007>
- [20] Erbas, M., Demiraran, Y., Yildirim, H.A., et al. (2015) Comparação dos efeitos da perfusão de sevoflurano, desflurano e propofol sobre o sistema oxidante/antioxidante durante anestesia geral [Comparison of Effects on the Oxidant/Antioxidant System of Sevoflurane, Desflurane and Propofol Infusion during General Anesthesia]. *Revista Brasileira de Anestesiologia*, **65**, 68-72. (In Portuguese) <https://doi.org/10.1016/j.bjan.2014.05.002>
- [21] Ballester, M., Llorens, J., Garcia-de-la-Asuncion, J., et al. (2011) Myocardial Oxidative Stress Protection by Sevoflurane vs. Propofol: A Randomised Controlled Study in Patients Undergoing Off-Pump Coronary Artery Bypass Graft Surgery. *European Journal of Anaesthesiology*, **28**, 874-881. <https://doi.org/10.1097/EJA.0b013e32834bea2a>
- [22] Cinnella, G., Vendemiale, G., Dambrosio, M., et al. (2007) Effect of Propofol, Sevoflurane and Desflurane on Systemic Redox Balance. *International Journal of Immunopathology and Pharmacology*, **20**, 585-593. <https://doi.org/10.1177/039463200702000316>
- [23] Braz, M.G., Braz, L.G., Freire, C.M.M., et al. (2015) Isoflurane and Propofol Contribute to Increasing the Antioxidant Status of Patients during Minor Elective Surgery: A Randomized Clinical Study. *Medicine (Baltimore)*, **94**, e1266. <https://doi.org/10.1097/MD.0000000000001266>
- [24] Murphy, P.G., Myers, D.S., Davies, M.J., et al. (1992) The Antioxidant Potential of Propofol (2,6-diisopropylphenol). *British Journal of Anaesthesia*, **68**, 613-618. <https://doi.org/10.1093/bja/68.6.613>
- [25] Kharasch, E.D. (1995) Biotransformation of Sevoflurane. *Anesthesia & Analgesia*, **81**, S27-S38. <https://doi.org/10.1097/0000539-199512001-00005>
- [26] Sedlic, F., Pravdic, D., Ljubkovic, M., et al. (2009) Differences in Production of Reactive Oxygen Species and Mitochondrial Uncoupling as Events in the Preconditioning Signaling Cascade between Desflurane and Sevoflurane. *Anes-*

- thetia & Analgesia*, **109**, 405-411. <https://doi.org/10.1213/ane.0b013e3181a93ad9>
- [27] Tomsic, K., Nemec, S.A., Nemec, A., *et al.* (2020) Antioxidant Capacity of Lipid- and Water-Soluble Antioxidants in Dogs with Subclinical Myxomatous Mitral Valve Degeneration Anaesthetised with Propofol or Sevoflurane. *BMC Veterinary Research*, **16**, 305. <https://doi.org/10.1186/s12917-020-02529-7>
- [28] Knichwitz, G., Rötter, J., Möllhoff, T., *et al.* (1998) Continuous Intramucosal PCO₂ Measurement Allows the Early Detection of Intestinal Malperfusion. *Critical Care Medicine*, **26**, 1550-1557. <https://doi.org/10.1097/00003246-199809000-00023>
- [29] Gomes, O.M., Magalhães, M.M. and Abrantes, R.D. (2010) Myocardium Functional Recovery Protection by Omeprazole after Ischemia-Reperfusion in Isolated Rat Hearts. *Revista Brasileira de Cirurgia Cardiovascular*, **25**, 388-392. <https://doi.org/10.1590/S0102-76382010000300016>
- [30] 陈晨, 李璐, 陈子墨. 不同血浆靶浓度瑞芬太尼复合异丙酚靶控输注对后腹腔镜手术患者血流动力学的影响[J]. 中国全科医学, 2013, 16(23): 2161-2164.
- [31] Otte, J.A., Kolkman, J.J. and Groeneveld, A.B. (2000) PCO₂-Tonometrie van de maag [PCO₂ Tonometry of the Stomach]. *Nederlands Tijdschrift voor Geneeskunde*, **144**, 2341-2345. (In Dutch)
- [32] 陈永亮, 刘晖, 黄风贞. 瑞芬太尼复合异丙酚用于腹部手术控制性降压的胃肠保护作用观察[J]. 现代诊断与治疗, 2016, 27(13): 2407-2408.
- [33] 李晓亮. 2 种麻醉方法在妇科腹腔镜手术中胃肠道保护作用的比较[J]. 现代中西医结合杂志, 2013, 22(23): 2592-2594.
- [34] 余一兰. 异丙酚-瑞芬太尼与七氟醚在妇科腹腔镜手术中胃肠道保护作用的比较[D]: [硕士学位论文]. 福州: 福建医科大学, 2009.
- [35] Kraehenbuhl, J.P., Pringault, E. and Neutra, M.R. (1997) Review Article: Intestinal Epithelia and Barrier Functions. *Alimentary Pharmacology & Therapeutics*, **11**, 3-8. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2036.1997.tb00803.x>
- [36] Liu, H., Qu, X., Yin, X., *et al.* (2022) Intestinal Microbiome and Metabolome Changes Induced by Sevoflurane, Propofol, and Sevoflurane-Propofol Anaesthesia in Patients Undergoing Nephrectomy. *British Journal of Anaesthesia*, **129**, e38-e40. <https://doi.org/10.1016/j.bja.2022.04.028>
- [37] 刘书舒, 吴畏. 七氟烷和丙泊酚全麻联合硬膜外麻醉对老年结肠癌患者术后肠道屏障功能的保护作用[J]. 中国老年学杂志, 2020, 40(24): 5212-5217.
- [38] 李心笛, 寿松涛. D-二聚体联合乳酸对急诊科疑似脓毒症患者预后的预测价值[J]. 中国急救医学, 2018, 38(4): 323-327.
- [39] 都义日, 苏日娜, 于建设. 麻醉因素与体外循环心脏手术患者肠损伤的关系: 异丙酚复合麻醉与七氟醚复合麻醉的比较[J]. 中华麻醉学杂志, 2016, 36(12): 1444-1447
- [40] 阮振华, 陈诚, 钱沂, 沙夕林. 丙泊酚与七氟醚麻醉对围手术期患者外周血辅助性 T 淋巴细胞分化的对比研究[J]. 中国临床医学, 2016, 23(2): 176-178.
- [41] 郭丽丽, 姜艳华, 曹学照. 七氟醚与丙泊酚麻醉对老年胃癌手术患者免疫及认知功能的影响[J]. 中国医药导报, 2016, 13(22): 69-72
- [42] 贺峰, 霍建臻, 白建云, 王雄, 党炳文. 丙泊酚静脉麻醉和七氟醚吸入麻醉对肝癌手术患者麻醉效果、免疫功能的影响研究[J]. 实用医院临床杂志, 2021, 18(6): 145-148.
- [43] 张铁军, 彭伟, 尹芳, 刘可斌. 丙泊酚与七氟醚对舌癌根治术患者 NK 细胞和 B 淋巴细胞的影响[J]. 临床麻醉学杂志, 2016, 32(2): 114-117.
- [44] Lee, S., Pyo, D.H., Sim, W.S., *et al.* (2022) Early and Long-Term Outcomes after Propofol- and Sevoflurane-Based Anesthesia in Colorectal Cancer Surgery: A Retrospective Study. *Journal of Clinical Medicine*, **11**, 2648. <https://doi.org/10.3390/jcm11092648>
- [45] Oh, C.S., Park, H.J., Piao, L., *et al.* (2022) Expression Profiles of Immune Cells after Propofol or Sevoflurane Anesthesia for Colorectal Cancer Surgery: A Prospective Double-Blind Randomized Trial. *Anesthesiology*, **136**, 448-458. <https://doi.org/10.1097/ALN.00000000000004119>
- [46] 邓超, 代志刚, 陈咏今, 董希伟. 七氟烷和丙泊酚麻醉对腹腔镜全子宫切除术患者白细胞介素-6 和白细胞介素-10 的影响[J]. 中国医师进修杂志, 2013, 36(18): 23-26.
- [47] O'Bryan, L.J., Atkins, K.J., Lipszyc, A., *et al.* (2022) Inflammatory Biomarker Levels after Propofol or Sevoflurane Anesthesia: A Meta-Analysis. *Anesthesia & Analgesia*, **134**, 69-81. <https://doi.org/10.1213/ANE.00000000000005671>
- [48] Deiner, S., Baxter, M.G., Mincer, J.S., *et al.* (2020) Human Plasma Biomarker Responses to Inhalational General Anaesthesia without Surgery. *British Journal of Anaesthesia*, **125**, 282-290. <https://doi.org/10.1016/j.bja.2020.04.085>

- [49] Boavista, B.H.L., Leme, S.P., Ferreira, C.F., *et al.* (2020) Immunomodulatory Effects of Anesthetic Agents in Perioperative Medicine. *Minerva Anestesiologica*, **86**, 181-195. <https://doi.org/10.23736/S0375-9393.19.13627-9>
- [50] 吴奇伟, 岳云, 张忱, 王云. 腹部手术患者舒芬太尼联合异丙酚靶控输注的麻醉效果[J]. 中华麻醉学杂志, 2005(11): 867-868.
- [51] Höcker, J., Tonner, P.H., Böllert, P., *et al.* (2006) Propofol/Remifentanil vs Sevoflurane/Remifentanil for Long Lasting Surgical Procedures: A Randomised Controlled Trial. *Anaesthesia*, **61**, 752-757. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2044.2006.04715.x>
- [52] Simurina, T., Mikulandra, S., Mraovic, B., *et al.* (2006) The Effect of Propofol and Fentanyl as Compared with Sevoflurane on Postoperative Vomiting in Children after Adenotonsillectomy. *Collegium Antropologicum*, **30**, 343-347.
- [53] Lee, D.W., Lee, H.G., Jeong, C.Y., *et al.* (2011) Postoperative Nausea and Vomiting after Mastoidectomy with Tympanoplasty: A Comparison between TIVA with Propofol-Remifentanil and Balanced Anesthesia with Sevoflurane-Remifentanil. *Korean Journal of Anesthesiology*, **61**, 399-404. <https://doi.org/10.4097/kjae.2011.61.5.399>
- [54] 周艳. 丙泊酚靶控输注麻醉与七氟醚吸入麻醉用于腹腔镜手术的比较[J]. 黑龙江医药, 2018, 31(4): 802-803.
- [55] Rusch, D., Happe, W. and Wulf, H. (1999) Postoperative Uebelkeit und postoperatives Erbrechen nach Strabismuschirurgie bei Kindern. Inhalationsanästhesie mit Sevofluran/Lachgas im Vergleich zu intravenöser Anästhesie mit Propofol/Remifentanil [Postoperative Nausea and Vomiting Following Strabismus Surgery in Children. Inhalation Anesthesia with Sevoflurane-Nitrous Oxide in Comparison with Intravenous Anesthesia with Propofol-Remifentanil. *Anaesthesist*, **48**, 80-88. (In German) <https://doi.org/10.1007/s001010050671>
- [56] Shinn, H.K., Lee, M.H., Moon, S.Y., *et al.* (2011) Post-Operative Nausea and Vomiting after Gynecologic Laparoscopic Surgery: Comparison between Propofol and Sevoflurane. *Korean Journal of Anesthesiology*, **60**, 36-40. <https://doi.org/10.4097/kjae.2011.60.1.36>
- [57] 吴辉, 李临海, 陈训如. CO₂气腹对胃肠道功能影响的研究进展[J]. 中华肝胆外科杂志, 2001, 7(10): 639-640.