

深度神经肌肉阻滞在二氧化碳气腹手术的应用进展

秦渝岚, 舒仕瑜*

重庆医科大学附属第二医院麻醉科, 重庆

收稿日期: 2025年11月11日; 录用日期: 2025年12月5日; 发布日期: 2025年12月12日

摘要

腹腔镜手术是一种广泛使用的微创手术方式, 具有创伤小、出血少、降低住院时间等优势, 是未来手术发展的必然趋势。在腹腔镜手术中二氧化碳气腹是保证良好手术视野的基本条件, 但二氧化碳气腹会对患者的重要器官生理功能产生一系列不利影响, 增加围术期并发症风险。而深度神经肌肉阻滞可作为有效解决低气腹压导致较差的手术操作空间和高气腹压导致气腹相关并发症的矛盾的一种方法。本文结合近年来国内外临床研究成果, 系统综述深度神经肌肉阻滞应用于二氧化碳气腹手术的可行性、临床有效性及安全性, 为临床麻醉管理与手术优化提供参考。

关键词

深度神经肌肉阻滞, 二氧化碳气腹

Research Advances on Deep Neuromuscular Blockade in Carbon Dioxide Pneumoperitoneum-Assisted Surgery

Yulan Qin, Shiyu Shu*

Department of Anesthesiology, The Second Affiliated Hospital of Chongqing Medical University, Chongqing

Received: November 11, 2025; accepted: December 5, 2025; published: December 12, 2025

Abstract

Laparoscopic surgery is a widely utilized minimally invasive surgical approach, featuring small trauma, less bleeding, and reduced hospital stay. It represents an inevitable trend in the development

*通讯作者。

文章引用: 秦渝岚, 舒仕瑜. 深度神经肌肉阻滞在二氧化碳气腹手术的应用进展[J]. 临床医学进展, 2025, 15(12): 1750-1755. DOI: 10.12677/acm.2025.15123589

of future surgeries. In laparoscopic surgeries, carbon dioxide pneumoperitoneum is a fundamental condition for ensuring a clear surgical field, which also exerts a series of adverse impacts on the physiological functions of patients' vital organs, increasing the risk of perioperative complications. Deep neuromuscular blockade serves as an effective solution to the contradiction between the poor surgical operation space resulting from low pneumoperitoneum pressure and the pneumoperitoneum-related complications caused by high pneumoperitoneum pressure. Based on the latest domestic and foreign clinical research results in recent years, this article systematically reviews the feasibility, clinical efficacy and safety of deep neuromuscular blockade in carbon dioxide pneumoperitoneum surgery, aiming to provide references for clinical anesthetic management and surgical optimization.

Keywords

Deep Neuromuscular Blockade, Carbon Dioxide Pneumoperitoneum

Copyright © 2025 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. 深度神经肌肉阻滞的概述

神经肌肉阻滞剂(neuromuscular blocking agent, NMBA)于 1942 年首次应用临床实践之中, 开启了现代麻醉的新起点, 为外科手术快速进步与紧急气道管理提供了重要支撑[1]。而今肌松药已成为全身麻醉不可或缺的重要组成部分, 广泛应用于不同的外科手术类型、重症监护室的气道支持及紧急插管通道的建立等场景, 进一步促进现代医学的高质量发展。根据神经肌肉阻滞的程度, 可分为轻度度肌松、浅肌松、中度肌松、深度肌松和极深度肌松。轻度度肌松是指四个成串比值刺激比值 $0.4 \leq \text{TOFr} < 0.9$; 浅肌松是指 4 个成串刺激(Train of Four Stimulation, TOF)计数为 4; 中度肌松是指其 TOF 计数 1~3; 深度肌松是指强直刺激后单刺激计数(PTC) ≥ 1 , TOF 计数为 0; 极深肌松是指其 PTC 计数为 0, TOF 计数为 0 [2]。目前多采用深度神经肌肉阻滞和中度神经肌肉阻滞进行临床研究。

2. 二氧化碳气腹对患者围术期的影响

二氧化碳由于具备不易燃爆、化学性质稳定、安全性较高等特点, 成为腹腔镜手术气腹构建的首选气体作为气腹手术最常用的气体, 一方面可提供充足的手术操作空间, 而另一方面因腹内压升高、高碳酸血症等因素, 导致患者围术期多个重要系统产生不利的生理影响。在腔镜手术中, 气腹压力通常维持在 12~15 mmHg。而为了提供充足的手术视野和降低气腹对人体生理的影响, 使用 7~10 mmHg 范围内的低压气腹将会成为新趋势[3]。

2.1. 循环系统

二氧化碳气腹使腹内压增高, 直接压迫下腔静脉, 导致下肢及腹腔脏器的静脉回流受阻, 回心血量减少, 心脏前负荷降低。同时, 腹内压增高还会引起外周血管阻力上升, 增加心脏后负荷, 双重作用下导致心输出量下降。此外, 二氧化碳气产生的高碳酸血症可通过神经体液机制导致儿茶酚胺释放增多, 导致心率加快和心肌耗氧量增加。而心排血量的下降程度与气腹充气的压力和速度密切相关。胡建等人 在二氧化碳气腹手术期间监测血流动力学的临床研究中表明, 气腹压力越高, 患者心排血量越低, 其外周血管阻力越大, 平均动脉压越高, 术中心律失常的发生率越高[4]。同样, 张旭等人研究表明腹腔镜手

术中二氧化碳气腹对心肌的作用可能导致其易激性增强[5]。

2.2. 呼吸系统

气腹可对呼吸系统的呼吸力学和肺功能产生影响。随着二氧化碳气腹压力升高,使腹腔内的气体不断压迫膈肌向上移位,导致胸腔容积被动减少,气道阻力显著增加;同时膈肌运动受限也会影响肺通气量,使通气\血流比例失调。此外,体位的变化也可能影响膈肌的运动和气道压力,进而影响肺通气功能及肺的顺应性。Kim 等人研究有关大型腹腔镜盆腔手术的前瞻性观察研究发现,术中横膈膜偏移和膈肌的运动幅度下降,从而使肺顺应性降低[6]。李会清等人的研究发现,气腹的压力越大,导致气道峰压越大,产生气压伤的风险越高[7]。

2.3. 神经系统

二氧化碳气腹可能通过高碳酸血症和回心血量减少导致脑功能下降。一是高碳酸血症导致脑血管扩张,但同时回心血量减少引发的血压下降会抵消这一效应,最终导致脑灌注不足;二是高碳酸血症与腹内压升高共同作用,可能加重脑组织炎症反应,增加脑损伤风险。

有关老年小鼠的实验研究表明,气腹压力会加重手术的老年小鼠的认知功能障碍[8]。翁郁玲等人在妇科腔镜手术的研究发现,不同压力 CO₂ 气腹对患者术后早期认知功能无明显影响,但较高气腹压组患者血液中的神经元特异性烯醇化酶(NSE)与 S-100 β 蛋白水平较高,且机体的应激反应更突出[9]。

2.4. 肝肾系统

气腹导致肝肾系统的损伤主要是源于气腹本身对腹腔脏器的压迫使其灌注不足。二氧化碳气腹压力的增高直接压迫肝门静脉与肾血管,导致门脉血流量减少及肾脏血流灌注下降,从而增加了相应的器官发生缺血缺氧的风险。Cheng ZJ 等人的系统评价中表明,随着腹内压的增高,肝脏门脉血流量减少幅度增加,导致患者的肝功能受到不同程度的损伤。但气腹持续时间的长短与肝脏功能损伤的关系暂时不清楚[10]。有研究发现,在气腹压力增至 15 mmHg 时,气腹的持续时间越长,肝细胞的凋亡指数越高[11]。然而有动物实验表明,气腹持续时间的长短与肝脏功能损伤的严重程度无关[12]。此外,王国瑞等人研究表明,中、深度肌松高气腹压组均可增加机体的应激反应,并对凝血功能造成消极影响[13]。

3. 深度神经肌肉阻滞的应用优势与局限

腔镜技术在临床诊疗中运用非常广泛。腹腔镜手术相对于传统的开腹手术,具有伤口小、失血少、恢复快、满意度高等特点。腹腔镜手术通过输注二氧化碳使腹腔的操作空间增加,同时也导致产生气腹相关的并发症。欧洲内镜外科协会建议,必须使用最低腹腔内压力以获得合适的手术视野。而深度神经肌肉阻滞可作为一种提供满足手术视野的条件下同时使用低气腹压的方法[14]。

深度肌松在不同腹腔镜手术场景中面临巨大挑战,以平衡肌松深度与术后快速苏醒的需求为目标,个体化调整围术期肌松方案。针对不同类型的腹腔镜手术展开差异化讨论,进一步分析深度神经肌肉阻滞在特定场景下的应用价值。大量的临床研究表明,与中度神经肌肉阻滞相比,深度神经肌肉阻滞可明显改善手术操作环境[15]-[17]。首先,按手术部位划分,腹腔镜肝胆手术(如胆囊切除术、肝部分切除术)因术区邻近膈肌,深度肌松能降低膈肌运动幅度,减少术区的运动幅度,降低胆道损伤风险[18];腹腔镜腹部胃肠手术(例如胃癌根治术、减肥手术、结直肠癌根治术等)对手术视野的暴露要求较高,深度肌松联合低压气腹可减少肠道牵拉损伤,加速术后胃肠功能恢复[19][20]。此外,深度神经肌肉阻滞在手术操作期间某些关键步骤起着非常重要的作用。有关减肥手术的研究指出,该类型手术中最复杂的空肠吻合术部分的操作难度与中度神经肌肉阻滞组的手术条件恶化有关[21];妇科腹腔镜手术多采用特伦德伦堡体

位, 腹内压升高容易导致循环波动增加, 深度肌松下的高压气腹可减轻对下腔静脉的压迫, 从而改善体位相关的循环不良影响[9]。其次, 按手术时长划分, 短时程腹腔镜手术(如腹腔镜胆囊切除术、腹腔镜阑尾切除术、腹腔镜卵巢囊肿剥除术等)应用深度肌松时, 需要精准控制药物的剂量与拮抗药物给予的时机, 避免大量肌松残余, 延长苏醒时间; 长时程腹腔镜手术(如结直肠癌根治术、胃肠重建术等)深度肌松的优势更显著, 可全程维持良好手术视野, 减少因术区暴露不佳导致的操作失误, 同时在肌松检测仪的严密监测下合理追加药物, 不会显著增加并发症风险[22]。最后, 按手术体位划分, 头低脚高位腹腔镜手术中, 深度肌松可缓解腹腔脏器因体位向下移动对膈肌的压迫, 改善通气功能; 侧卧位腹腔镜手术(如肾切除术)中, 也需要根据肌松监测情况并及时调整肌松的深度, 避免躯体肌肉过度松弛导致体位性损伤[13]。

深度神经肌肉阻滞技术也在非腹腔镜手术中广泛运用并进行相关验证, 可作为其在二氧化碳气腹手术中应用的旁证。Laosuwan 等人的研究指出, 相较于对照组, 深度肌松组患者声带运动频率显著降低, 为手术操作提供了更为理想的条件[23]。有关脊柱手术领域发现, 深度肌松相较于中度肌松能有效减少术中的出血量[24][25]。此外, 一项有关老年机器人前列腺切除术的研究表明, 术中使用深层神经肌肉阻滞并不能减轻术后肩部疼痛或促进术后的恢复[26]。Kim 等人研究未破裂脑动脉瘤介入治疗中发现, 深度肌松组在数字血管造影中获得的图像质量更优, 且无须额外的肌松药物[27]。一项关于全髋关节置换术的研究显示, 深度肌松组的炎症标志物白介素-6 水平较低, 而术后谵妄的发生率可能与神经肌肉阻滞的深度无关[28]。Lee 等人的胸腔镜手术研究则表明, 与中度神经肌肉阻滞相比, 深度神经肌肉阻滞并未增加术后肺不张的风险[29]。

近几年的数据统计表明, 在肌松监测意识不足、设备数量有限等多种因素的影响下, 国内肌松检测仪的使用不足 10%。而在我们的临床实践工作中, 由于肌松监测不够充分、依赖经验判断或主观评估的方式, 难以准确把握肌松深度与恢复情况[30]。此外, NMBA 的作用时间存在极大的可变性, 而且没有任何特定的时间能保证足够的自发恢复, 从而可能导致肌松残余的发生率增加[31]。根据《2023 美国麻醉医师协会神经肌肉阻滞的监测和拮抗实践指南》指出, 由于临床评估相比于定量评估的敏感度更低, 推荐进行定量监测而非临床经验定性评估, 以避免残留的神经肌肉阻滞。该指南建议进行拇内收肌的肌松监测, 当 $\text{TOFr} \geq 0.9$ 可行气管拔管[32]。相反, 若采用固定剂量且盲目的拮抗方案, 其结果可能是无法完全恢复或拮抗时间远超过预期。临床上主流两大拮抗药物为舒更葡糖钠和新斯的明。针对不同的肌松药物种类及剂量, 给予不同的拮抗药物。舒更葡糖钠可特异性拮抗罗库溴铵、维库溴铵等氨基甾类非去极化肌松药, 而新斯的明主要拮抗阿曲库铵、米库氯铵等苄基异喹啉类非去极化肌松药, 对深度肌松的拮抗作用有限, 且需联合阿托品以拮抗胆碱能引起的心率减慢等副作用。在起效方面上, 相比于新斯的明, 舒更葡糖钠起效快。在安全性方面, 舒更葡糖钠的拮抗效果不受肌松深度影响, 能快速稳定恢复神经肌肉传导功能, 而新斯的明对深度肌松拮抗成功率相对较低, 易出现肌松残余[31]。在副作用方面, 舒更葡糖钠副作用少, 偶见低血压、头痛, 对心血管系统影响小; 新斯的明易引发心动过缓、分泌物增多、胃肠道痉挛等胆碱能反应, 需配合阿托品对症处理。在成本考量方面, 舒更葡糖钠价格相对较高, 临床需结合患者病情及医疗成本综合进行选择[32]。因此, 我们应对神经肌肉阻滞的深度进行准确评估, 选择恰当的给药时间、拮抗剂类型、给药剂量, 从而完成精准的肌松监测与个体化的拮抗方案。

4. 小结

由于现代医学技术的不断进步, 围术期麻醉管理监测患者各种指标的手段也在不断地发展。由于二氧化碳气腹作为腹腔镜手术的基础, 其引起机体的重要器官生理功能的不良影响已成为临床面临的重要挑战, 而深度神经肌肉阻滞技术可作为一种新的减轻气腹压力的思路, 从而降低气腹压力、改善手术视野、减轻术后疼痛, 提供了有效解决方案。该技术在多类型手术中展现出良好的安全性与适用性。值得

重视的是, 深度神经肌肉阻滞的临床应用需严格掌握安全界限。通过加强围术期肌松的定量监测、规范肌松拮抗剂的使用时机与剂量, 从而降低肌松残余风险, 进一步保障患者安全。随着肌松监测技术的普及及使用, 深度神经肌肉阻滞在二氧化碳气腹手术中的应用将会更加安全, 为腹腔镜手术的精准化发展提供更有力的支撑。

参考文献

- [1] Barash, P., Bieterman, K. and Hersey, D. (2015) Game Changers: The 20 Most Important Anesthesia Articles ever Published. *Anesthesia & Analgesia*, **120**, 663-670. <https://doi.org/10.1213/ane.0000000000000513>
- [2] 中华医学会麻醉学分会骨骼肌松弛药临床应用专家共识工作组. 骨骼肌松弛药临床应用专家共识(2024) [J]. 中华麻醉学杂志, 2024, 44(9): 1050-1061.
- [3] 肖锐. 不同气腹压力联合不同神经肌肉阻滞深度对老年 RARP 患者术后肾功能的影响[D]: [硕士学位论文]. 长沙: 中南大学, 2022.
- [4] 胡建, 张蕊, 鲍红光, 等. FloTrac/Vigileo 监测不同 CO₂ 气腹压对腹腔镜妇科手术患者血流动力学的影响[J]. 临床麻醉学杂志, 2012, 28(10): 981-984.
- [5] 张旭, 王少刚. 二氧化碳气腹对生理功能的影响[J]. 临床泌尿外科杂志, 2004, 19(3): 129-131.
- [6] Kim, K., Jang, D., Park, J., Yoo, H., Kim, H.S. and Choi, W. (2018) Changes of Diaphragmatic Excursion and Lung Compliance during Major Laparoscopic Pelvic Surgery: A Prospective Observational Study. *PLOS ONE*, **13**, e0207841. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0207841>
- [7] 李会清, 高宝峰, 张增臻, 等. 腹腔镜胆囊切除术中不同气腹压力对全身麻醉患者呼吸循环功能的影响[J]. 山东医药, 2015, 55(33): 76-77.
- [8] Lu, B., Yuan, H., Zhai, X., Li, X., Qin, J., Chen, J., *et al.* (2020) High-Pressure Pneumoperitoneum Aggravates Surgery-Induced Neuroinflammation and Cognitive Dysfunction in Aged Mice. *Mediators of Inflammation*, **2020**, Article ID: 6983193. <https://doi.org/10.1155/2020/6983193>
- [9] 翁郁玲, 赵丹, 吴天红. 不同压力二氧化碳气腹对妇科腹腔镜手术患者术后早期认知功能的影响分析[J]. 中国实用医药, 2021, 16(5): 1-4.
- [10] Cheng, Z., Wang, Y., Chen, L., Gong, J. and Zhang, W. (2018) Effects of Different Levels of Intra-Abdominal Pressure on the Postoperative Hepatic Function of Patients Undergoing Laparoscopic Cholecystectomy: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Surgical Laparoscopy, Endoscopy & Percutaneous Techniques*, **28**, 275-281. <https://doi.org/10.1097/sle.0000000000000525>
- [11] Antoniou, E.A., Kairi, E., Margonis, G.A., *et al.* (2018) Effect of Increased Intra-Abdominal Pressure on Liver Histology and Hemo-Dynamics: An Experimental Study. *In Vivo*, **32**, 85-91.
- [12] Bilgic, T. and Narter, F. (2020) Effects of Pneumoperitoneum with Carbon Dioxide on Renal and Hepatic Functions in Rats. *Videosurgery and Other Miniinvasive Techniques*, **15**, 574-582. <https://doi.org/10.5114/wiitm.2020.93990>
- [13] 王国瑞, 孙宏宇, 夏海禄, 等. 不同气腹压对后腹腔镜手术患者应激因子、肝肾功能影响研究[J]. 创伤与急危重病医学, 2021, 9(6): 446-451.
- [14] Neudecker, J., Sauerland, S., Neugebauer, E., Bergamaschi, R., Bonjer, H.J., Cuschieri, A., *et al.* (2002) The European Association for Endoscopic Surgery Clinical Practice Guideline on the Pneumoperitoneum for Laparoscopic Surgery. *Surgical Endoscopy*, **16**, 1121-1143. <https://doi.org/10.1007/s00464-001-9166-7>
- [15] Bruinjtjes, M.H., van Helden, E.V., Braat, A.E., Dahan, A., Scheffer, G.J., van Laarhoven, C.J., *et al.* (2017) Deep Neuromuscular Block to Optimize Surgical Space Conditions during Laparoscopic Surgery: A Systematic Review and Meta-analysis. *British Journal of Anaesthesia*, **118**, 834-842. <https://doi.org/10.1093/bja/aez116>
- [16] Raval, A.D., Deshpande, S., Rabar, S., Koufopoulou, M., Neupane, B., Iheanacho, I., *et al.* (2020) Does Deep Neuromuscular Blockade during Laparoscopy Procedures Change Patient, Surgical, and Healthcare Resource Outcomes? A Systematic Review and Meta-Analysis of Randomized Controlled Trials. *PLOS ONE*, **15**, e0231452. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0231452>
- [17] Koo, B.W., Oh, A.Y., Na, H.S., Lee, H.J., Kang, S.B., Kim, D.W., *et al.* (2018) Effects of Depth of Neuromuscular Block on Surgical Conditions during Laparoscopic Colorectal Surgery: A Randomised Controlled Trial. *Anaesthesia*, **73**, 1090-1096. <https://doi.org/10.1111/anae.14304>
- [18] Srikanth, M.V.V.S., Arumugaswamy, P.R., Rathore, Y.S., Chumber, S., Yadav, R., Maitra, S., *et al.* (2024) Comparison of Inflammatory Markers in Low-Pressure Pneumoperitoneum with Deep Neuromuscular Block versus Standard Pressure

- Pneumoperitoneum among Patients Undergoing Laparoscopic Cholecystectomy for Gallstone Disease: A Randomized Control Trial. *Surgical Endoscopy*, **38**, 4648-4656. <https://doi.org/10.1007/s00464-024-11026-z>
- [19] 刘毅, 姜辉, 吴歆, 等. 不同神经肌肉阻滞(NMB)深度对腹腔镜结直肠手术手术条件、围术期肺氧合功能及术后肺部并发症的影响[J]. 复旦学报(医学版), 2020, 47(3): 392-399.
- [20] 陈勇杰, 李勇, 曹寅, 等. 肌松监测背景下深度肌松低气腹压技术在腹腔镜手术中的应用效果评价[J]. 现代实用医学, 2024, 36(7): 883-885.
- [21] Torensma, B., Martini, C.H., Boon, M., Olofsen, E., in 't Veld, B., Liem, R.S.L., *et al.* (2016) Deep Neuromuscular Block Improves Surgical Conditions during Bariatric Surgery and Reduces Postoperative Pain: A Randomized Double Blind Controlled Trial. *PLOS ONE*, **11**, e0167907. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0167907>
- [22] Baete, S., Vercruysse, G., Vander Laenen, M., De Vooght, P., Van Melkebeek, J., Dylst, D., *et al.* (2017) The Effect of Deep versus Moderate Neuromuscular Block on Surgical Conditions and Postoperative Respiratory Function in Bariatric Laparoscopic Surgery: A Randomized, Double Blind Clinical Trial. *Anesthesia & Analgesia*, **124**, 1469-1475. <https://doi.org/10.1213/ane.0000000000001801>
- [23] Laosuwan, P., Songarj, P., Lapisatepun, W., Boonsri, S., Rodanant, O., Wasinwong, W., *et al.* (2019) Deep Neuromuscular Blockade for Endolaryngeal Procedures: A Multicenter Randomized Study. *The Laryngoscope*, **130**, 437-441. <https://doi.org/10.1002/lary.27956>
- [24] Kang, W., Oh, C., Rhee, K.Y., Kang, M.H., Kim, T., Lee, S.H., *et al.* (2020) Deep Neuromuscular Blockade during Spinal Surgery Reduces Intra-Operative Blood Loss: A Randomised Clinical Trial. *European Journal of Anaesthesiology*, **37**, 187-195. <https://doi.org/10.1097/eja.0000000000001135>
- [25] Tang, X., Wu, Y., Chen, Q., Xu, Y., Wang, X. and Liu, S. (2023) Deep Neuromuscular Block Attenuates Chronic Postsurgical Pain and Enhances Long-Term Postoperative Recovery after Spinal Surgery: A Randomized Controlled Trial. *Pain and Therapy*, **12**, 1055-1064. <https://doi.org/10.1007/s40122-023-00528-8>
- [26] Williams, W.H., Cata, J.P., Lasala, J.D., Navai, N., Feng, L. and Gottumukkala, V. (2020) Effect of Reversal of Deep Neuromuscular Block with Sugammadex or Moderate Block by Neostigmine on Shoulder Pain in Elderly Patients Undergoing Robotic Prostatectomy. *British Journal of Anaesthesia*, **124**, 164-172. <https://doi.org/10.1016/j.bja.2019.09.043>
- [27] Kim, B.Y., Chung, S.H., Park, S., Han, S., Kwon, O., Chung, J., *et al.* (2020) Deep Neuromuscular Block Improves Angiographic Image Quality during Endovascular Coiling of Unruptured Cerebral Aneurysm: A Randomized Clinical Trial. *Journal of NeuroInterventional Surgery*, **12**, 1137-1141. <https://doi.org/10.1136/neurintsurg-2020-015947>
- [28] Oh, C., Lim, H.Y., Jeon, H.J., Kim, T., Park, H., Piao, L., *et al.* (2021) Effect of Deep Neuromuscular Blockade on Serum Cytokines and Postoperative Delirium in Elderly Patients Undergoing Total Hip Replacement: Aprospective Single-Blind Randomised Controlled Trial. *European Journal of Anaesthesiology*, **38**, S58-S66. <https://doi.org/10.1097/eja.0000000000001414>
- [29] Lee, B., Lee, H.N., Chung, J., Kim, D., Kim, J.I. and Seo, H. (2021) Effect of Deep versus Moderate Neuromuscular Blockade on Quantitatively Assessed Postoperative Atelectasis Using Computed Tomography in Thoracic Surgery; A Randomized Double-Blind Controlled Trial. *Journal of Clinical Medicine*, **10**, Article 3228. <https://doi.org/10.3390/jcm10153228>
- [30] 华福洲, 余文, 应俊, 等. 深肌松麻醉临床应用的思考[J]. 中华麻醉学杂志, 2022, 42(9): 1025-1029.
- [31] Caldwell, J.E. (1995) Reversal of Residual Neuromuscular Block with Neostigmine at One to Four Hours after a Single Intubating Dose of Vecuronium. *Anesthesia & Analgesia*, **80**, 1168-1174. <https://doi.org/10.1097/00005339-199506000-00018>
- [32] Thilen, S.R., Weigel, W.A., Todd, M.M., Dutton, R.P., Lien, C.A., Grant, S.A., *et al.* (2023) 2023 American Society of Anesthesiologists Practice Guidelines for Monitoring and Antagonism of Neuromuscular Blockade: A Report by the American Society of Anesthesiologists Task Force on Neuromuscular Blockade. *Anesthesiology*, **138**, 13-41. <https://doi.org/10.1097/aln.0000000000004379>