

深度肌松的临床研究应用进展^{*}

李佳新 丁林 董彦杰 综述 李茜 审校

(四川大学华西医院麻醉科, 四川 成都 610041)

【摘要】 肌肉松弛是临床麻醉的三大要素之一。中度肌松(mNMB)可满足常规手术需求,深度肌松(dNMB)能为精细复杂手术的视野绝对静止提供保障。随着微创外科的发展,精细操作技术的提高,以及传染性疾病中气道管理安全性需求的增加,dNMB的临床应用范围有所扩展。本文就dNMB的临床应用及其并发症预防等方面进行综述。

【关键词】 深度肌松;腹腔镜;喉显微手术;脊柱手术;脑动脉瘤;术后肌松残余

【中图分类号】 R614 **【文献标志码】** A **DOI:**10. 3969/j. issn. 1672-3511. 2022. 05. 028

Progress on clinical research and application of deep neuromuscular block

LI Jiaxin, DING Lin, DONG Yanjie reviewing LI Qian checking

(Department of Anesthesiology, West China Hospital, Sichuan University, Chengdu 610001, China)

【Abstract】 Muscle relaxation is one of the major three elements of clinical anesthesia. Moderate neuromuscular blockade (mNMB) is able to meet the needs of routine surgical procedure, while deep neuromuscular blockade (dNMB) could provide better surgical operation conditions. With the progression of minimally invasive surgery and delicate operation, and with the increasing demand of the safety of airway management Infectious disease, dNMB's scope of utilization has been broadened. This paper summarizes the research development of dNMB in Clinical, and prevention of potential complications.

【Key words】 Deep neuromuscular block; Laparoscopy; Laryngeal microsurgery; Spinal surgery; Cerebral aneurysm; postoperative residual curarization

完善的骨骼肌松弛是外科操作和机械通气的重要前提。四个成串刺激(Train-of-four stimulation, TOF)计数和强直性刺激后单刺激(Post-tetanic count stimulation, PTC)计数常被用来反映肌松深度。中度肌松(Moderate neuromuscular blockade, mNMB)的TOF计数为1~3,深度肌松(Deep neuromuscular blockade, dNMB)TOF计数为0且PTC计数为1~3^[1]。近年来,大量研究提出dNMB在优化腹腔镜操作视野、降低围术期并发症发生率,以及降低传染性疾病的传播等方面具有一定优势。本文综述dNMB的临床应用及其并发症预防,为其临床应用和科研探索提供依据和导向。

1 深度肌松的临床应用场景

1.1 腹腔镜手术

1.1.1 提升腹腔镜手术操作条件 dNMB可扩大操作空间、减少肌肉收缩或体动次数,优化手术操作条件,但降低术中并

发症的发生率证据不足。研究者发现同等气腹压力(intra-abdominal pressure, IAP)下,相较于mNMB, dNMB使妇科手术患者脐部至骶骨岬的距离增大^[2],并增加25%~36.8%腹腔容积^[3]。Martini等^[4]首次发现dNMB较mNMB能提高腹膜后前列腺和肾脏手术的SRS(表1),在直肠手术和减肥手术中也得到相似结果^[5-6]。尤其是精细、较复杂的操作,如:腹腔镜疝修补术中的疝缝合修补和减肥手术中的胃-空肠吻合, dNMB较mNMB有明显优势^[7-8]。理论上,手术条件改善可降低术中并发症。然而, Fuchs-Buder等发现虽然SRS和术中并发症发生率有相关性,但并未有证明mNMB与并发症之间的直接关系^[8]。另一项供肾手术的患者中可以看出dNMB的并发症例数明显比mNMB少(表2),可能样本量太小,两组结果无统计学差异($P < 0.05$)^[9],仍需要大样本研究加以验证。

1.1.2 对腹腔镜患者预后的影响 IAP在12 mmHg~15 mmHg水平也可引起心输出量下降、肺顺应性降低、术后肩痛(Post laparoscopic shoulder pain, PLSP)及机体免疫炎症等不良反应。国际腹腔镜手术操作指南建议在充分暴露手术视野前提下,选择最低有效IAP,而非常规IAP^[10]。Lindekaer等^[2]研究发现dNMB在8 mmHg气腹压下所测量的脐部至骶骨岬的距离与mNMB在12 mmHg气腹压条件下相当, dNMB有利于

基金项目: 国家重点研发计划项目(2018YFC2001802-2)

通信作者: 李茜, 博士生导师, E-mail: hxliqian@foxmail.com

引用本文: 李佳新, 丁林, 董彦杰, 等. 深度肌松的临床研究应用进展[J]. 西部医学, 2022, 34(5): 770-774. DOI: 10. 3969/j. issn. 1672-3511. 2022. 05. 028

表 1 外科手术评分
Table 1 Surgical score

评分	SRS 分级
1	极差, 手术视野不可见, 有严重肌肉收缩、咳嗽、体动, 必须额外增加肌松药。
2	差, 手术视野可见, 有严重肌肉收缩和(或)体动, 必须额外增加肌松药。
3	中, 手术视野尚可, 有肌肉收缩和(或)体动, 有必要额外增加肌松药。
4	良, 手术视野宽阔, 偶尔有肌肉收缩和(或)体动, 不需要额外增加肌松药。
5	优, 手术视野宽阔, 没有任何肌肉收缩和体动, 不需要额外增加肌松药。

表 2 腹腔镜 gonshrng 手术期间 mNMB 及 dNMB 条件下并发症例数的比较

Table 2 Comparison of complications with mNMB and dNMB during laparoscopic surgery

并发症	mNMB 组(n)	dNM 组(n)
需要升高 IAP	10	7
中转开腹	2	0
术中血管损伤	4	0
输尿管损伤	1	1
术后并发症	3	1

低 IAP 的使用, 临床研究常采用 dNMB 联合低 IAP 方式, 是否能转化为良好的临床结局一直是近几年的热点问题。dNMB 对患者呼吸和循环功能的改善能力颇受学界关注, 多项研究表明, dNMB 与 mNMB 相比可显著降低术中机械通气时气道压力并改善肺顺应性^[11-12], 但会延长肌松恢复时间^[12]。目前仅有 Cho 等^[13]在腹腔镜结直肠手术中, 评估了 dNMB 对患者心功能的影响, 发现相较 mNMB, dNMB 对患者循环功能方面没有明显的优势, 该研究患者术中体位为头低脚高位, 回心血流量增加, 可能部分补偿了 IAP 引起的回心血流量降低。dNMB 对患者术后呼吸和循环功能的影响尚不明确, 仍需探讨。术后肩部痛是腹腔镜术后最常见的并发症之一, 发生率达 63.4%, dNMB 有明确的抗 PLSP 效果。研究发现, 腹腔镜妇科手术患者中 dNMB 组的 PLSP 发生率及疼痛程度比 mNMB 组明显降低^[14-15]。同样, 在腹腔镜前列腺切除术的患者中, 采用 dNMB 能有效降低术中 IAP 和 PLSP 评分, 研究者推测 dNMB 可通过降低 IAP 达到减轻 PLSP 发生率和严重程度的作用。然而 Torensma 等^[6]在减肥手术患者中观察到, 即便保持相同 IAP, dNMB 组患者的 PLSP 疼痛评分也较 mNMB 显著降低, 可见 dNMB 抗 PLSP 的能力不完全依赖于低 IAP。腹腔镜手术的 IAP 是介导应激反应的原因之一^[16], dNMB 是否能降低其应激反应尚不明确。杨芳等^[17]在腹腔镜妇科手术中观察到, dNMB 组和 mNMB 组术毕及术后 24 h 的 IL-1 β 、IL-6 及 TNF- α 的血清浓度均高于术前, 但 mNMB 组 TNF- α 增高水平明显高于 dNMB 组, dNMB 可降低 TNF- α 的分泌。然而, Koo 等^[18]却发现 dNMB 和 mNMB 的术后血清炎性因子的升高程度无差异。由于相关研究少, 各种炎性因子血清浓度达峰时间

存在个体差异, 未来仍需更多大样本研究讨论 dNMB 与手术应激的关系。

1.2 支撑喉显微手术 支撑喉显微手术大多时间短, 临床医生为了缩短手术时间、降低手术费用和避免 dNMB 引起的副作用常选择 mNMB, 甚至不用肌松剂。但其手术操作精细, 要求精准切除病变, 术中肌肉突然收缩、声带和膈肌摆动可引起咳嗽、喉痉挛等并发症; 刚性硬喉镜置入的刺激可导致高血压、心动过缓等不良事件。dNMB 能明显提高支撑喉手术的 SRS, 提供安全、静止的优质手术条件。由于喉肌和膈肌对肌松药的敏感性不如拇指内收肌, 即使 TOF=0, 也会发生声带摆动和膈肌收缩, 因此常规肌松深度无法满足喉显微手术的需求^[19]。研究发现 dNMB 能够提供比 mNMB 更佳的手术操作条件, 即喉镜暴露声门的阻力、暴露困难程度和声带摆动的发生率明显下降^[20]。近期一项多中心 RCT 得到相似结果, 且 dNMB 组发生膈肌运动或呛咳次数也明显降低^[21]。此外, 在高频喷射通气中, 只有 dNMB 才能确保更快更容易暴露声门, 防止术中声带活动或咳嗽, 使气管内高频喷射通气时声带完全松弛静止且保持开放, 从而维持有效的通气和氧合, 为手术安全性和质量做出重大贡献^[22]。

1.3 脊柱手术 脊柱毗邻重要的血管神经, 其手术常在俯卧位下完成, 俯卧位可引起闭合 IAP 升高, 导致硬膜外静脉丛压力增加, 由于此系统无静脉瓣结构, 可引起术中出血量增加, 为降低闭合 IAP、减少出血可能需要足够的肌松深度。既往研究发现, dNMB 在脊柱手术中有或无肌松药策略提供了相似的手术条件, 术中气道压、肌张力及体动次数都无明显差异^[23]。然而, 近期研究表明 dNMB 与无肌松或 mNMB 相比, SRS 更高, 气道压力更低, 手术区域渗血更少, 术后 VAS 评分也下降^[24-25]。但不得不强调, 仅由置钉失误造成脊髓损伤或截瘫的发生率可达 5.0%~6.2%^[26-27], 术中使用神经电生理监测能及时减少或防止神经损伤, 但过多肌松药物可能干扰监测信号导致监测失败^[28]。脊柱外科神经电生理监测技术的专家共识建议在脊柱手术中, 如单独采用体感诱发电位监护技术(Somatosensory evoked potential, SEP), 术中泵注适量肌松药可提高 SEP 信号质量; 若采用运动诱发电位、肌电图和 SEP 等在内的多模态监护, 肌松药仅使用单次插管剂量, 尽量避免追加肌松药^[29]。因此, dNMB 在脊柱手术中应根据患者和外科需求谨慎使用。

1.4 未破裂脑动脉瘤介入手术 血管介入弹簧圈栓塞术是未破裂脑动脉瘤的首选治疗方法, 手术难度高, 即使在全身麻醉下, 置入弹簧圈过程中体动发生率可达 30.3%^[30], 此外, 它需要辅以数字减影血管造影(Digital subtraction angiography, DSA), 即便肌紧张或微小的肌收缩也会影响 DSA 的图像质量。dNMB 可有效改善血管介入术 DSA 的图像质量。Kim 等在 58 例未破裂脑动脉瘤患者中研究发现, 相较 mNMB 组, dNMB 组 SRS 和 DSA 的图像质量更佳; mNMB 组有 2 例 DSA 图像质量不佳需要重新行 DSA, 有 3 例肌张力增加, 需要额外给予肌松药, 而 dNMB 组无上述不良事件发生^[31]。有研究发现未破裂脑动脉瘤介入手术并发症的发生率与手术时长相关^[32], 推测 dNMB 在改善 DSA 图像质量的基础上, 可能减

少手术时间,从而减少围术期并发症,但目前无相关研究,期待有更多研究关注 dNMB 对血管介入手术围术期并发症及预后的影响。

1.5 ICU 镇静和急诊气管插管 ICU 镇静常辅以镇静镇痛药,仅在危重患者机械通气,促进人机协调,降低颅内压,减少氧耗时才用肌松药,急诊气切或气管插管常只辅以局部浸润麻醉或镇静麻醉,然而,都难以避免出现呛咳,发生率可达 40%^[33]。对于活动性肺结核、非典及新型冠状病毒(COVID-19)等患者,呛咳无疑会增加疾病传播^[34],有研究者强烈建议在 dNMB 的条件下开展 COVID-19 患者的气管切开术,防止患者体动或呛咳,降低病原体暴露的风险^[35]。虽然缺乏相关临床研究,但在类似活动性肺结核、非典及新型冠状病毒(COVID-19)等患者的临床操作诊疗中,如支气管镜检查术、气管插管术、气管切开术、ICU 带管翻体位及带管患者断开呼吸机链接手动通气或吸痰时,使用足量肌松药物使患者制动,防止体动或呛咳,减少气道暴露时操作者疾病感染的风险是非常有必要的。

2 深度肌松潜在并发症及预防

长期大剂量使用肌松药,可引起肌松残余、肺不张等肺损害,因镇静镇痛不充分可发生术中知晓,若配伍大剂量类固醇可出现四肢软瘫,甚至可出现上下肢腱反射消失或肌肉废用性萎缩,一般 1~2 d 后可耐药;其最常见的并发症是术后肌松残余(Postoperative residual curarization, PORC)和术中知晓。

2.1 术后肌松残余及预防 PORC 余定义为 TOF 比率 < 0.9, 发生率与术中肌松深度和使用肌松剂量呈正相关,即使 mNMB 并进行肌松拮抗的情况下,气管拔管时 PORC 的发生率也达 63.5%^[36]。PORC 导致呼吸肌无力、呼吸道梗阻和低氧血症,增加再次插管风险,引起术后肺部并发症,延迟患者康复。中国 ERAS 临床实践指南(2021 版)强调应用 dNMB 的前提是使用肌松监测和肌松特效拮抗药舒更葡萄糖钠^[37]。肌松监测技术为降低 PORC 的发生率做出了极大贡献。一方面可辅助麻醉医生精确术中肌松药和术毕肌松拮抗药的使用剂量,另一方面还可指导拔管时机。研究发现使用肌松监测后,仅有 1.6% 的患者在转运至 PACU 后仍存在 PORC,比不使用肌松监测的人群降低了 30.4%^[38]。临床常用 TOF-WATCH 对拇指内收肌或皱眉肌作为监测对象,在无肌松状态下校准,保持 TOF 的 3 次测量值或 2min 内变异在 5% 内,获得稳定的基线,术中维持每 15 分钟 1 次 TOF 或 PTC 刺激。作为可视化 and 精细化麻醉的一部分,肌松监测在围术期的应用被各指南所推荐^[39-40]。PORC 的患者需要在肌松监测指导下给与肌松拮抗剂。麻醉诱导通常采用罗库溴铵 0.6~1 mg/kg, dNMB 以 0.3 mg/kg/h 初速度滴定,调整维持 PTC 次数为 1~3, mNMB 则单次给与 10 mg 维持 TOF 次数为 1~3^[9]。术毕根据 PTC 和 TOF 计数,予以拮抗逆转(表 3),一般情况下,新斯的明需联合 0.5~1 mg 阿托品使用;若为罗库溴铵诱导后立马逆转可以给予舒更葡萄糖的最大剂量,为 16 mg/kg^[41-42]。

2.2 术中知晓及预防 Wang 等^[43]发现术中不使用肌松药较未使用肌松药的患者术中知晓发生率更高, dNMB 可完全抑制体动而掩盖镇静镇痛深度不足的临床体征, dNMB 有增加术中

知晓的风险,一旦发生术中知晓可导致严重的创伤后应激障碍。中华医学会麻醉学分会关于术中知晓预防和脑功能监测指南中建议围术期使用镇静监测手段,术中维持吸入麻醉药呼气末浓度 ≥ 0.7 MAC, 脑电双频谱指数在 40~60 水平,并按时给与镇痛药物来预防术中知晓的发生^[44-45]。

表 3 肌松监测下拮抗罗库溴铵推荐使用剂量

Table 3 Recommended dose of antagonistic rocuronium under muscle relaxation monitoring

肌松监测定量计数(次)	新斯的明	舒更葡萄糖钠
TOF=4 且稳定无减退	0.02 mg/kg	
TOF=4 且不稳定有减退	0.04 mg/kg	2 mg/kg
TOF=2~3	0.05 mg/kg	
TOF=1	等待恢复至 TOF=2	
TOF=0 且 PTC ≥ 1	/	4 mg/kg
TOF=0 且 PTC=0	/	等待恢复至 PTC=1

3 深度肌松面临的挑战

舒更葡萄糖钠价格昂贵和肌松监测普及率低是限制 dNMB 应用的主要原因。国内外学者构建了舒更葡萄糖钠和术后肺部并发症的成本模型,发现两者成本大致相同,若考虑新斯的明逆转肌松等待恢复的时间成本,舒更葡萄糖钠更节省医疗预算^[46-48],此外,严格把控舒更葡萄糖钠使用的临床适应症,如在需要使用 dNMB 技术的手术、逆转困难气道插管失败时的肌松、罗库溴铵和维库溴铵过敏的抢救、甲状腺手术中逆转肌松以关注重要神经功能等场景制定标准规范,从而进一步节约成本^[49-51]。术中肌松监测普及率低跟其携带不便、操作繁琐和每位医生的观念、选择有关,目前临床有便携式的 NMT 探头监测,相信其普及率会大大增加。

4 总结与展望

dNMB 在腹腔镜下腹膜后、肥胖患者手术及常规手术的精细复杂操作,支撑喉和高压喷射通气类短小手术及传染性疾病预防患者的抢救插管和 ICU 镇静管理中有明显的优势;虽然 dNMB 有增加 PORC 和术中知晓的风险,但在配备肌松、麻醉深度等监测手段和特效拮抗药物的情况下是可以减少或规避的,在严格把握适应症的情况下使用特效拮抗剂是值得推荐的^[52-53];然而,在脊柱椎间融合、矫正畸形、肿瘤髓内组织切除等高神经损伤风险的手术中应限制 dNMB 的使用。随着微创手术的迅猛发展、手术复杂程度和精细度的提高, ERAS 理念的普及,围术期外科手术和机械通气对肌肉松弛程度的要求将会更加严格,且国产肌松拮抗剂布瑞亭已步入临床,相信 dNMB 的临床应用和科学研究价值会受到更多关注。

【参考文献】

[1] FUCHS-BUDER T, CLAUDIUS C, SKOVGAARD L T, et al. Good clinical research practice in pharmacodynamic studies of neuromuscular blocking agents II: the Stockholm revision [J]. Acta Anaesthesiol Scand, 2007, 51(7):789-808.
 [2] LINDEKAER A L, HALVOR SPRINGBORG H, ISTRE O. Deep neuromuscular blockade leads to a larger intraabdominal volume during laparoscopy [J]. J Vis Exp, 2013(76):50054.

- [3] BARRIO J, ERRANDO C L, SAN MIGUEL G, *et al.* Effect of depth of neuromuscular blockade on the abdominal space during pneumoperitoneum establishment in laparoscopic surgery[J]. *J Clin Anesth*, 2016, 34:197-203.
- [4] MARTINI C H, BOON M, BEVERS R F, *et al.* Evaluation of surgical conditions during laparoscopic surgery in patients with moderate vs deep neuromuscular block [J]. *Br J Anaesth*, 2014, 112(3):498-505.
- [5] KOO B W, OH A Y, NA H S, *et al.* Effects of depth of neuromuscular block on surgical conditions during laparoscopic colorectal surgery: a randomised controlled trial[J]. *Anaesthesia*, 2018, 73(9):1090-1096.
- [6] TORENSMA B, MARTINI C H, BOON M, *et al.* Deep Neuromuscular Block Improves Surgical Conditions during Bariatric Surgery and Reduces Postoperative Pain: A Randomized Double Blind Controlled Trial [J]. *PLoS One*, 2016, 11(12): e0167907.
- [7] SÖDERSTRÖM C M, BORREGAARD MEDICI R, ASSADZADEH S, *et al.* Deep neuromuscular blockade and surgical conditions during laparoscopic ventral hernia repair: A randomised, blinded study[J]. *Eur J Anaesthesiol*, 2018, 35(11):876-882.
- [8] FUCHS-BUDER T, SCHMARTZ D, BAUMANN C, *et al.* Deep neuromuscular blockade improves surgical conditions during gastric bypass surgery for morbid obesity: A randomised controlled trial[J]. *Eur J Anaesthesiol*, 2019, 36(7):486-493.
- [9] ÖZDEMİR-VAN BRUNSCHOT D M D, BRAAT A E, VAN DER JAGT M F P, *et al.* Deep neuromuscular blockade improves surgical conditions during low-pressure pneumoperitoneum laparoscopic donor nephrectomy[J]. *Surg Endosc*, 2018, 32(1):245-251.
- [10] NEUDECKER J, SAUERLAND S, NEUGEBAUER E, *et al.* The European Association for Endoscopic Surgery clinical practice guideline on the pneumoperitoneum for laparoscopic surgery [J]. *Surg Endosc*, 2002, 16(7):1121-1143.
- [11] 李小婷, 刘俊乐, 陈强, 等. 深度肌松对腹腔镜辅助胃癌根治术操作条件和肺通气功能的影响 [J]. *福建医科大学学报*, 2020, 54(5):327-332.
- [12] 周影, 韩伟. 深度肌松联合低气腹压用于肥胖患者妇科腹腔镜手术的效果[J]. *中华麻醉学杂志*, 2019, 39(6):722-725.
- [13] CHO Y J, PAIK H, JEONG S Y, *et al.* Lower intra-abdominal pressure has no cardiopulmonary benefits during laparoscopic colorectal surgery: a double-blind, randomized controlled trial [J]. *Surg Endosc*, 2018, 32(11):4533-4542.
- [14] 李刚, 贺兴义, 秦志丹. 不同肌松深度对妇科腹腔镜手术术中管理及术后恢复的影响[J]. *山西大同大学学报:自然科学版*, 2019, 35(6):52-55.
- [15] MADSEN M V, ISTRE O, STAEHR-RYE A K, *et al.* Postoperative shoulder pain after laparoscopic hysterectomy with deep neuromuscular blockade and low-pressure pneumoperitoneum: A randomised controlled trial[J]. *Eur J Anaesthesiol*, 2016, 33(5):341-347.
- [16] 高洪强, 张俊杰, 李钢. 免气腹腔镜胆囊切除术治疗急性结石性胆囊炎的临床效果及对炎症因子水平的影响[J]. *医学临床研究*, 2021, 38(1):107-109.
- [17] 杨芳. 深度肌松作用对妇科腹腔镜手术患者血清细胞因子的影响[D]. 汕头大学, 2016:1-53.
- [18] KOO B W, OH A Y, RYU J H, *et al.* Effects of deep neuromuscular blockade on the stress response during laparoscopic gastrectomy Randomized controlled trials [J]. *Sci Rep*, 2019, 9(1):12411.
- [19] HEMMERLING T M, DONATI F. Neuromuscular blockade at the larynx, the diaphragm and the corrugator supercilii muscle: a review[J]. *Can J Anaesth*, 2003, 50(8):779-794.
- [20] KIM H J, LEE K, PARK W K, *et al.* Deep neuromuscular block improves the surgical conditions for laryngeal microsurgery [J]. *Br J Anaesth*, 2015, 115(6):867-872.
- [21] LAOSUWAN P, SONGARJ P, LAPISATEPUN W, *et al.* Deep neuromuscular blockade for endolaryngeal procedures: A multicenter randomized study[J]. *Laryngoscope*, 2020, 130(2):437-441.
- [22] PUTZ L, LOVQVIST L, BACHY V, *et al.* Evaluation of the impact of deep neuromuscular blockade on surgical conditions for laryngeal microsurgery with High Frequency Jet Ventilation. A comparison with no block during intravenous general anesthesia with topical lidocaine [J]. *Am J Otolaryngol*, 2021, 43(1):103187.
- [23] LI Y L, LIU Y L, XU C M, *et al.* The effects of neuromuscular blockade on operating conditions during general anesthesia for spinal surgery[J]. *J Neurosurg Anesthesiol*, 2014, 26(1):45-49.
- [24] OH S K, KWON W K, PARK S, *et al.* Comparison of Operating Conditions, Postoperative Pain and Recovery, and Overall Satisfaction of Surgeons with Deep vs. No Neuromuscular Blockade for Spinal Surgery under General Anesthesia: A Prospective Randomized Controlled Trial[J]. *J Clin Med*, 2019, 8(4):498.
- [25] KANG W S, OH C S, RHEE K Y, *et al.* Deep neuromuscular blockade during spinal surgery reduces intra-operative blood loss: A randomised clinical trial [J]. *Eur J Anaesthesiol*, 2020, 37(3):187-195.
- [26] GERTZBEIN S D, ROBBINS S E. Accuracy of pedicular screw placement in vivo[J]. *Spine (Phila Pa 1976)*, 1990, 15(1):11-14.
- [27] CINOTTI G, GUMINA S, RIPANI M, *et al.* Pedicle instrumentation in the thoracic spine. A morphometric and cadaveric study for placement of screws[J]. *Spine (Phila Pa 1976)*, 1999, 24(2):114-119.
- [28] 黄霖, 赵敏, 王鹏, 等. 脊柱手术中多模式神经电生理监测异常的原因分析及处理对策[J]. *中国脊柱脊髓杂志*, 2015, 25(7):594-601.
- [29] 胡勇. 规范化脊柱外科术中神经电生理监测技术的专家共识 [J]. *中国脊柱脊髓杂志*, 2019, 29(10):944-954.
- [30] CHOI E S, SHIN J Y, OH A Y, *et al.* Sevoflurane versus propofol for interventional neuroradiology: a comparison of the maintenance and recovery profiles at comparable depths of anesthesia[J]. *Korean J Anesthesiol*, 2014, 66(4):290-294.
- [31] KIM B Y, CHUNG S H, PARK S J, *et al.* Deep neuromuscular block improves angiographic image quality during endovascular coiling of unruptured cerebral aneurysm: a randomized clinical trial[J]. *J Neurointerv Surg*, 2020, 12(11):1137-1141.
- [32] KAMEDA-SMITH M M, KLURFAN P, VAN ADEL B A, *et*

- al. Timing of complications during and after elective endovascular intracranial aneurysm coiling[J]. *J Neurointerv Surg*, 2018, 10(4):374-379.
- [33] 杨雄眺,段军杰,师攀,等. Airtraq 视频喉镜与 Macintosh 直接喉镜用于手术室外急救气管插管的效果比较[J]. *海南医学*, 2018, 29(10):1379-1381.
- [34] FINK J B, EHRMANN S, LI J, *et al.* Reducing Aerosol-Related Risk of Transmission in the Era of COVID-19: An Interim Guidance Endorsed by the International Society of Aerosols in Medicine[J]. *J Aerosol Med Pulm Drug Deliv*, 2020, 33(6):300-304.
- [35] GOSLING A F, BOSE S, GOMEZ E, *et al.* Perioperative Considerations for Tracheostomies in the Era of COVID-19 [J]. *Anesth Analg*, 2020, 131(2):378-386.
- [36] FORTIER L P, MCKEEN D, TURNER K, *et al.* The RECITE Study: A Canadian Prospective, Multicenter Study of the Incidence and Severity of Residual Neuromuscular Blockade [J]. *Anesth Analg*, 2015, 121(2):366-372.
- [37] 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)(五) [J]. *协和医学杂志*, 2021, 12(5):658-665.
- [38] DOMENECH G, KAMPEL M A, GARCÍA GUZZO M E, *et al.* Usefulness of intra-operative neuromuscular blockade monitoring and reversal agents for postoperative residual neuromuscular blockade: a retrospective observational study [J]. *BMC Anesthesiol*, 2019, 19(1):143.
- [39] LUCAS D N, RUSSELL R, BAMBER J H, *et al.* Recommendations for standards of monitoring during anaesthesia and recovery 2021 [J]. *Anaesthesia*, 2021, 76(10):1426-1427.
- [40] PLAUD B, BAILLARD C, BOURGAIN J L, *et al.* Guidelines on muscle relaxants and reversal in anaesthesia [J]. *Anaesth Crit Care Pain Med*, 2020, 39(1):125-142.
- [41] HRISTOVSKA A M, DUCH P, ALLINGSTRUP M, *et al.* Efficacy and safety of sugammadex versus neostigmine in reversing neuromuscular blockade in adults [J]. *Cochrane Database Syst Rev*, 2017, 8(8):CD012763.
- [42] BRULL S J, KOPMAN A F. Current Status of Neuromuscular Reversal and Monitoring: Challenges and Opportunities [J]. *Anesthesiology*, 2017, 126(1):173-190.
- [43] WANG E, ZHI Y E, PAN Y, *et al.* Incidence and risk factors of intraoperative awareness during general anesthesia [J]. *Journal of Central South University*, 2011, 36(7):671-675.
- [44] TASBIHGOU S R, VOGELS M F, ABSALOM A R. Accidental awareness during general anaesthesia—a narrative review [J]. *Anaesthesia*, 2018, 73(1):112-122.
- [45] 张爱华, 朱波, 虞雪融, 等. 术中知晓的研究进展 [J]. *临床麻醉学杂志*, 2020, 36(4):410-412.
- [46] MARTINEZ-UBIETO J, ARAGÓN-BENEDÍ C, DE PEDRO J, *et al.* Economic impact of improving patient safety using Sugammadex for routine reversal of neuromuscular blockade in Spain [J]. *BMC Anesthesiol*, 2021, 21(1):55.
- [47] KHETERPAL S, VAUGHN M T, DUBOVOY T Z, *et al.* Sugammadex versus Neostigmine for Reversal of Neuromuscular Blockade and Postoperative Pulmonary Complications (STRONGER): A Multicenter Matched Cohort Analysis [J]. *Anesthesiology*, 2020, 132(6):1371-1381.
- [48] JIANG Y, BASH L D, SAAGER L. A Clinical and Budgetary Impact Analysis of Introducing Sugammadex for Routine Reversal of Neuromuscular Blockade in a Hypothetical Cohort in the US [J]. *Adv Ther*, 2021, 38(5):2689-2708.
- [49] DEYHIM N, BECK A, BALK J, *et al.* Impact of Sugammadex Versus Neostigmine/Glycopyrrolate on Perioperative Efficiency [J]. *Clinicoecon Outcomes Res*, 2020, 12:69-79.
- [50] EMPIS DE VENDIN O, SCHMARTZ D, BRUNAUD L, *et al.* Recurrent Laryngeal Nerve Monitoring and Rocuronium: A Selective Sugammadex Reversal Protocol [J]. *World J Surg*, 2017, 41(9):2298-2303.
- [51] HURFORD W E, WELGE J A, ECKMAN M H. Sugammadex versus neostigmine for routine reversal of rocuronium block in adult patients: A cost analysis [J]. *J Clin Anesth*, 2020, 67:110027.
- [52] 罗珺涵, 叶继伦, 张旭. 围术期肌松监测的研究 [J]. *中国医疗器械杂志*, 2020, 44(3):231-235, 237.
- [53] UNTERBUCHNER C, BLOBNER M. Vollrelaxation: Nutzen und Risiken [J]. *Der Anaesthetist*, 2018, 67(1):165-176.

(收稿日期: 2021-12-24; 修回日期: 2021-12-27; 编辑: 张翰林)

(上接第 769 页)

- [15] 杜二珠, 谭学君, 张宏凯, 等. 腹部和盆腔孤立性纤维瘤的影像学表现 [J]. *中国医学影像学杂志*, 2014, 22(5):369-371, 374.
- [16] 陈泉桦, 黎军强. 胸膜以外部位孤立性纤维瘤的 CT 和 MRI 影像分析 [J]. *放射学实践*, 2011, 26(11):1167-1169.
- [17] 蒋光仲, 范森. 腹部及盆腔孤立性纤维瘤的 CT 诊断 [J]. *医学影像学杂志*, 2013, 23(1):127-129.
- [18] WEON Y C, KIM E Y, KIM H J, *et al.* Intracranial solitary fibrous tumors: imaging findings in 6 consecutive patients [J]. *Am J Neuroradiol*, 2007, 28(8):1466-1469.
- [19] 邱传亚, 张勇, 赵丽华. 胸外孤立性纤维瘤 MRI 特征及病理表现 [J]. *中国医学影像学杂志*, 2012, 20(12):894-896.
- [20] 邓元, 刘希, 张学斌, 等. 胸膜外孤立性纤维瘤 39 例临床病理分析 [J]. *临床与实验病理学杂志*, 2012, 26(4):451-455.
- [21] 钱民, 李小荣, 林伟光, 等. 胃肠道间质瘤的 CT 诊断价值 [J]. *中国医学计算机成像杂志*, 2006, 12(1):36-39.
- [22] 王汉杰, 夏滢林, 丁勇生, 等. 孤立性纤维性肿瘤的 CT 诊断和鉴别诊断 [J]. *中国医学计算机成像杂志*, 2013, 19(6):504-508.
- [23] 蔡仕平, 殷磊, 马明平. 腹盆部孤立性纤维性肿瘤的 CT 与 MRI 诊断 [J]. *广州医科大学学报*, 2019, 47(4):42-45.

(收稿日期: 2021-06-10; 修回日期: 2021-12-21; 编辑: 张翰林)