

成年人心脏手术快速通道麻醉对术后并发症影响的研究进展

高宇晨 王越夫 王春蓉 王苏德娜 田宇

中国医学科学院北京协和医学院, 国家心血管病中心, 中国医学科学院阜外医院麻醉科 100037

通信作者: 王越夫, Email: wangyuefu@hotmail.com

【摘要】 心脏手术快速通道麻醉是一种围手术期管理策略, 包括术后早期拔管、早期活动, 缩短 ICU 停留时间及住院时间。早期拔管可提高患者康复质量, 减少围手术期并发症发生, 显著降低医疗成本同时提高医疗资源利用率。然而有关快速通道麻醉方案的优化策略需进一步探索和发掘。大量临床研究证明快速通道麻醉可降低患者术后并发症(术中知晓、呼吸机相关性肺炎、谵妄、恶心呕吐、二次插管)的发生率, 并认为该方案是安全有效的。促进患者术后恢复的围手术期麻醉管理方案与早期气管拔管是快通道成功的关键。

【关键词】 心脏手术; 快通道心脏麻醉; 早期拔管; 术后并发症

DOI: 10.3760/cma.j.issn.1673-4378.2019.06.017

Effects of fast-track anesthesia on postoperative complications in adult cardiac surgery

Gao Yuchen, Wang Yuefu, Wang Chunrong, Wang Sudena, Tian Yu

Department of Anesthesiology, Fuwai Hospital, Chinese Academy of Medical Science, Peking Union Medical College, National Centre for Cardiovascular Disease, Beijing 100037, China

Corresponding author: Wang Yuefu, Email: wangyuefu@hotmail.com

【Abstract】 Fast-track cardiac anesthesia (FTCA) is a perioperative management strategy, which includes early tracheal extubation, early mobilization, decreased length of intensive care unit (ICU) and hospital stay. It is well established that early extubation can improve the quality of patient recovery, reduce perioperative complications, and significantly decrease healthcare costs and improve resource utilization. However, the optimized fast-track anesthesia protocol still need to be further explored. Studies indicate that fast-track anesthesia is safe and effective, and can reduce the incidence of postoperative complications (intraoperative awareness, ventilator-associated pneumonia, delirium, nausea, vomiting and reintubation). The key to fast-track success is perioperative anesthetic management and early tracheal extubation that can facilitate patient recovery after surgery.

【Key words】 Cardiac surgery; Fast-track cardiac anesthesia; Early extubation; Postoperative complication

DOI: 10.3760/cma.j.issn.1673-4378.2019.06.017

传统心脏麻醉方案认为术中使用大剂量阿片类药物可以维持患者的血流动力学平稳、避免心肌氧耗增加、减少手术应激刺激造成的不良反应。快速通道麻醉的核心是术后早期拔管, 常定义为手术室内拔管或术后 1~6 h 内拔管, 国外部分麻醉中心将拔管时间增加至 8~10 h^[1]。快速通道麻醉方案指术中应用小剂量阿片类药物, 采取静吸复合麻醉方式与合适的拔管方案进而达到术后早期拔管。最初担心早期拔管会增加术后缺血或二次插管的风险, 然而大量随机对照临床研究表明心脏术后早期拔管是安全、可行的^[2-3]。2011 年美国心脏病学会基金会和

美国心脏协会联合制定的冠状动脉旁路移植手术指南中, 建议行非复杂冠状动脉旁路移植手术的中低风险患者术后应采取早期拔管及加速康复的麻醉管理策略^[4]。选择合适的人群及恰当的麻醉药物与麻醉方式对快通道麻醉的顺利实施十分重要。

1 心脏快速通道麻醉方案

1.1 心脏快速通道麻醉的适用范围

错误应用早期拔管可增加术后二次插管的风险, 因此不是所有心脏手术患者都适合快速通道麻醉方法, 应根据手术种类及患者术前基本状态制定入

选及排除标准。下列即快通道手术的相对禁忌证：① 急诊手术；② 心源性休克；③ 深低温停循环；④ 慢性阻塞性肺疾病全球倡议（Global initiative for Chronic Obstructive Lung Disease, GOLD）分级 ≥ 2 级；⑤ 术前需要主动脉内球囊反搏维持血压；⑥ 严重肝肾功能不全。当术前评估显示这些患者属于不适宜接受快通道手术的“高危人群”时，应避免对此类患者采用快通道麻醉方案。Constantinides 等^[5]研究心脏手术快通道失败的危险因素，多因素模型确定了 8 个独立危险因素，包括：左心室功能不全、二次手术、术前主动脉内球囊反搏、血清 Cr 水平升高、急诊手术、复杂心脏手术、外周动脉疾病、近期（30 d 内）急性冠状动脉综合征。该模型有助于建立快通道麻醉方案的入排标准。

1.2 心脏快通道麻醉的药物选择及术中监测

快通道麻醉技术与以往心脏手术中大剂量、长效阿片类药物为主的麻醉方案有很大差别。该方案有利于术后早期拔管，术中通常联合应用低剂量短效或中效阿片类药物（瑞芬太尼、舒芬太尼、芬太尼等）、丙泊酚、吸入麻醉药（七氟醚）及肌松药（罗库溴铵、顺苯磺酸阿曲库铵）等采取静吸复合的平衡麻醉方式，可降低交感肾上腺活性、抑制术中的应激反应。有研究报告，心脏麻醉术中应用右美托咪定 $0.4 \mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$ 持续静脉泵注可减少患者术后机械通气时间，可能与右美托咪定降低交感神经兴奋、全身血管阻力与 MAP，减少心肌缺血损伤有关^[6]。术中常规持续监测 ECG、CVP、有创动脉血压、BIS、尿量、体温及动脉血气等，根据术中监测指标调整麻醉用药。

1.3 心脏快通道麻醉的拔管指征

术后根据患者机体情况决定是否拔管，拔管标准如下。① 循环系统：心率 50~100 次/min，MAP 60~110 mmHg（1 mmHg=0.133 kPa），稳定的血管活性药用量（如多巴胺 $\leq 5 \mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ ，去甲肾上腺素 $\leq 0.05 \text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ ），胸管引流量 $< 100 \text{ml/h}$ 或 $< 500 \text{ml/4 h}$ ，Hb $> 70 \text{g/L}$ ，无难以纠正的心律失常。② 呼吸系统：pH 7.30~7.50， PaCO_2 30~50 mmHg， $\text{FiO}_2 \leq 0.5$ ， $\text{PaO}_2 > 80 \text{mmHg}$ ， $\text{SpO}_2 > 94\%$ ，潮气量 5~10 ml/kg，呼吸频率 10~20 次/min，呼吸道分泌物少，自主呼吸恢复，吸气负压 $> 20 \text{cmH}_2\text{O}$ （1 $\text{cmH}_2\text{O}=0.098 \text{kPa}$ ）。③ 神经系统：患者意识清楚，能听从命令睁眼，抬头伸舌等；气道防御反射恢复，术后镇痛充分。④ 其

他：体温 $> 36 \text{ }^\circ\text{C}$ ，足够的尿量（ $> 0.5 \text{ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$ ），无代谢性酸中毒，无出血及凝血紊乱。

拔管时间不是决定快通道麻醉成功的关键因素，患者术后体温恢复情况及血流动力学稳定是快通道术后早期拔管的重要前提。

1.4 心脏快通道麻醉术后镇痛

快通道麻醉方案可能会导致患者术后镇痛不足，术后疼痛刺激是造成患者应激反应和血流动力学波动的主要原因，高血流动力学状态会在伤口缝合处产生张力，增加出血、心律失常和心肌缺血的风险^[7]。因此，术后充分镇痛既有利于快通道麻醉的顺利实施，又可以减少冠状动脉旁路移植术后心肌缺血的发生。过量阿片类药物会抑制患者的呼吸，导致低氧血症和高碳酸血症。非甾体类抗炎药能提供良好的镇痛效果同时不抑制患者呼吸，但会增加心脏手术患者肾功能不全及出血的风险，应避免用于少尿或高 Cr 水平的患者^[8]。Hong 等^[9]综述表明心脏术后胸骨伤口周围持续局部麻醉药浸润可降低患者疼痛评分，有利于术后早期活动。现在提倡心脏术后采取多模式镇痛，联合不同类型的镇痛药如阿片类、 α_2 肾上腺素能受体激动剂（右美托咪定）、非甾体类抗炎药等通过不同机制提高镇痛效果，同时最大程度减少单药的副作用^[10]。联合应用不同的镇痛方法，如伤口局部麻醉、患者自控静脉镇痛、硬膜外镇痛、神经阻滞（椎旁神经阻滞）等。良好镇痛有利于患者术后恢复，提高术后生活质量。

2 心脏快通道麻醉的优点

成年人心脏手术后长时间气管插管可增加患者 ICU 停留时间及术后住院时间。术后机械通气时间 $> 24 \text{h}$ 的患者，术后肺炎发生率、术后谵妄发生率及术后 30 d 病死率均增加，且此类患者预后不良。心脏快通道麻醉术后早期拔管可改善患者心功能，提高患者舒适度，减少呼吸系统并发症，安全降低 ICU 时间和住院时间，提高资源利用，同时降低围手术期病死率^[4,11]。

2.1 降低术后并发症

2.1.1 术中知晓

心脏麻醉常使用大剂量阿片类药物来维持患者循环稳定，此时血流动力学指标难以反映患者镇静深度的变化，这也是传统心脏手术麻醉（采用大剂量阿片类药物）易发生术中知晓的原因之一。心

脏手术患者术中知晓发生率为 1.14%~1.50%，术中知晓给患者带来不同程度的生理后遗症(包括焦虑和创伤后应激障碍)^[12-13]。成年人外科手术 BIS 值维持在 40~60 可预防术中知晓，减少麻醉用药^[14]。CPB 复温时 BIS 值常升高，应及时调整麻醉用药以维持适宜的麻醉深度。Dowd 等^[15]设计前瞻性实验研究快速通道心脏麻醉患者术中知晓的发生概率，结论为患者术中知晓发生率为 0.3%，明显低于以往文献报道，提示术中知晓发生率的降低与快速通道麻醉静吸复合的平衡麻醉方法及低剂量阿片用药有关。Groesdonk 等^[12]研究心脏外科手术中应用“Leipzig”快速通道方案(术中采用短效镇静药及阿片类药物)对患者术中知晓发生率的影响，结果表明快速通道麻醉方案与低术中知晓发生率有关。

2.1.2 术后呼吸机相关性肺炎

传统心脏麻醉方案认为术后机械通气有利于保证患者通气并提高氧合，可减少血流动力学不稳定患者的心脏负荷^[16-17]。长时间机械通气的患者呼吸机相关肺炎的患病风险增加，此类患者 ICU 时间及住院时间均延长，据报道心脏术后呼吸机相关性肺炎的病死率约为 40%^[18]。许多研究对行低风险冠状动脉旁路移植术的患者尝试术后 1 h 内拔除气管导管或术毕即刻拔管的方案，证实患者可很好地耐受且不增加围手术期并发症发生^[19]。Wong 等^[2]研究表明，心脏手术患者术后早期拔管不增加术后肺部并发症发生和二次插管的发生率，同时可以减少患者在 ICU 的停留时间。Luckraz 等^[20]报道英国心脏术后患者治疗呼吸机相关肺炎的成本约为 8 829 欧元，提出预防是针对呼吸机相关肺炎的最佳策略，并建议对心脏手术患者采用低潮气量(6 ml/kg)联合高呼气末正压通气(8~14 cmH₂O)的通气策略，可避免肺不张，缩短术后机械通气时间。应用快速通道麻醉方案可减少或避免长时间留置气管导管和机械呼吸引起的气道损伤及肺部并发症，减少患者呼吸机相关性肺炎的风险。

2.1.3 术后二次插管

心脏术后拔管失败率明显高于其他手术，患者脱机后再次插管发生率约为 6.6%，二次插管会增加机械通气时间，增加患者围手术期病死率^[21]。心脏术后二次插管的患者呼吸机相关肺炎的风险高达 47%。再次插管是增加患者术后病死率的独立危险

因素，术后二次插管的患者预后差，病死率高达 30%~40%^[21]。Akhtar 等^[22]将快速通道麻醉方案用于成年人开胸心脏手术，术后二次插管率仅为 0.74%，且早期拔管组术后 ICU 停留时间明显缩短。Chamchad 等^[23]研究表明，心脏手术后患者在手术室内拔除气管导管与患者在 ICU 拔管相比，不增加术后二次插管的风险。术后即刻拔管可减少 ICU 停留时间(平均减少 23 h)及住院时间(平均减少 0.8 d)，术后二次插管发生率<1%。Guller 等^[16]分析高风险老年患者冠状动脉旁路移植术后早期拔管不增加术后并发症发生，研究表明早期拔管可能与术后病死率及二次插管率降低有关。

2.1.4 术后谵妄

心外科患者术后谵妄发生率为 12%~52%^[24]，术后谵妄会引起认知功能减退、增加术后并发症发生、延长住院天数，甚至升高患者远期病死率。Burkhart 等^[25]发现老年患者行择期心脏手术术后发生谵妄的独立危险因素为大剂量芬太尼、机械通气时间和术后 C 反应蛋白的最大值。Tan 等^[26]研究表明机械通气持续时间与谵妄之间存在显著相关性，机械通气时镇静药物的应用可能是患者谵妄发生率较高的原因。Djaiani 等^[27]研究发现心脏术后应用右美托咪定镇静方案可降低老年患者术后谵妄发生率，延迟发作，缩短谵妄的持续时间。此外有证据表明术后早期拔管的患者谵妄发生率低^[11,28]。快速通道心脏麻醉方案采用低剂量阿片类药物，早期拔管减少机械通气时间，可降低心脏术后谵妄的发生率。

2.1.5 术后恶心呕吐 (postoperative nausea and vomiting, PONV)

PONV 是手术和麻醉后恢复过程中的常见并发症，虽然 PONV 的研究主要集中于非心脏手术，但有数据表明心脏手术患者 PONV 发病率高达 45%~50%^[29]。PONV 可导致患者舒适度和满意度下降，心脏手术后 PONV 可能会增加心肌耗氧量和术后出血的风险。此外严重的 PONV 可延长 ICU 住院时间，延误快速通道麻醉患者的恢复和出院时间。指南推荐格拉司琼作为治疗 PONV 的一线止吐药。Kogan 等^[30]研究快速通道心脏麻醉患者 PONV 发病率，19.7% 患者有恶心症状、4.3% 患者有呕吐症状，表明快速通道心脏麻醉方案 PONV 发生率低。Hijazi

等^[31]前瞻性研究发现快速通道心脏麻醉患者 PONV 发生率明显较低(恶心发生率为 15.3%, 呕吐发生率为 10.3%)。

2.2 降低住院费用, 提高医疗资源利用

追求高质量医疗同时节约医疗成本是所有心脏外科手术共同追求的目标。心脏术后并发症治疗费用高, 不仅增加患者住院费用同时增加医疗系统的经济负担^[32]。Badhwar 等^[33]发现非急诊心脏手术患者术后早拔管可减少 20%住院费用。Hawkes 等^[17]发表的 Cochrane 系统评价中包含 25 项临床实验、4 118 例患者, 研究表明快速通道心脏麻醉方案不增加患者术后并发症及病死率, 早期拔管减少 ICU 时间(7 h)及住院时间(1 d), 可节省患者住院费用, 提高住院患者病床周转, 优化医疗资源利用。Wong 等^[2]确定了快速通道麻醉方案是安全、有效的围手术期管理方案, 提出该方案可能会降低医院成本。快速通道心脏麻醉方案可降低心脏术后并发症发生、减少术后住院时间, 从而减少住院费用, 提高医疗质量。

3 小结与展望

快速通道麻醉是一种由麻醉医师、外科医师、ICU 医师共同完成的多学科临床路径, 目的在于促进患者术后恢复, 降低术后并发症的发生, 缩短 ICU 时间及住院时间, 有利于医疗资源充分利用^[34]。快速通道麻醉方案拔管时间的界定仍有争议, Richey 等^[35]研究发现术后 12 h 内无法拔管的患者, 其围手术期并发症增加, 建议将拔管时间界定为术后 12 h。目前尚没有统一的快速通道麻醉方案, 仍需多中心大样本的随机对照研究确定统一的快速通道麻醉流程及纳入排除标准, 进而探究快速通道心脏麻醉方案对患者预后的影响。快速通道麻醉方案能否使心脏手术危重患者或复杂心脏手术患者获益仍有待研究。

利益冲突 所有作者均声明不存在利益冲突

参考文献

- [1] Cheng DC. Fast track cardiac surgery pathways: early extubation, process of care, and cost containment [J]. *Anesthesiology*, 1998, 88(6): 1429-1433.
- [2] Wong WT, Lai VK, Chee YE, et al. Fast-track cardiac care for adult cardiac surgical patients [J/OL]. *Cochrane Database Syst Rev*, 2016, 9: CD003587. DOI:10.1002/14651858.CD003587.pub3.
- [3] Zhu F, Lee A, Chee YE. Fast-track cardiac care for adult cardiac surgical patients [J/OL]. *Cochrane Database Syst Rev*, 2012, 10: CD003587. DOI:10.1002/14651858.CD003587.pub2.
- [4] Hillis LD, Smith PK, Anderson JL, et al. 2011 ACCF/AHA Guideline for Coronary Artery Bypass Graft Surgery: a report of the American College of Cardiology Foundation/American Heart Association Task Force on Practice Guidelines [J]. *Circulation*, 2011, 124(23): e652-e735. DOI:10.1161/CIR.0b013e31823c074e.
- [5] Constantinides VA, Tekkis PP, Fazil A, et al. Fast-track failure after cardiac surgery: development of a prediction model [J]. *Crit Care Med*, 2006, 34 (12): 2875-2882. DOI:10.1097/01.CCM.0000248724.02907.1B.
- [6] Karaman Y, Abud B, Tekgul ZT, et al. Effects of dexmedetomidine and propofol on sedation in patients after coronary artery bypass graft surgery in a fast-track recovery room setting [J]. *J Anesth*, 2015, 29(4): 522-528. DOI:10.1007/s00540-015-1975-2.
- [7] Sullivan BL. Con: early extubation in the operating room following cardiac surgery [J]. *Semin Cardiothorac Vasc Anesth*, 2012, 16(4): 187-189. DOI:10.1177/1089253212452343.
- [8] Chopra A, Hurren J, Szpunar S, et al. Assessment of postoperative pain control with an elastomeric pain pump following cardiothoracic surgery [J]. *Pain Med*, 2017, 18 (8): 1450-1454. DOI:10.1093/pm/pnw269.
- [9] Hong SS, Milross MA, Alison JA. Effect of continuous local anesthetic in post-cardiac surgery patients: A systematic review [J]. *Pain Med*, 2018, 19(5): 1077-1090. DOI:10.1093/pm/pnx189.
- [10] American Society of Anesthesiologists Task Force on Acute Pain Management. Practice guidelines for acute pain management in the perioperative setting: an updated report by the American Society of Anesthesiologists Task Force on Acute Pain Management [J]. *Anesthesiology*, 2012, 116(2): 248-273. DOI:10.1097/ALN.0b013e31823c1030.
- [11] Arenson BG, MacDonald LA, Grocott HP, et al. Effect of intensive care unit environment on in-hospital delirium after cardiac surgery [J]. *J Thorac Cardiovasc Surg*, 2013, 146 (1): 172-178. DOI:10.1016/j.jtcvs.2012.12.042.
- [12] Groesdonk HV, Pietzner J, Borger MA, et al. The incidence of intraoperative awareness in cardiac surgery fast-track treatment [J]. *J Cardiothorac Vasc Anesth*, 2010, 24 (5): 785-789. DOI:10.1053/j.jvca.2010.03.018.
- [13] Serfontein L. Awareness in cardiac anesthesia [J]. *Curr Opin Anaesthesiol*, 2010, 23(1): 103-108. DOI:10.1097/ACO.0b013e31828334cb75.
- [14] Avidan MS, Zhang L, Burnside BA, et al. Anesthesia awareness and the bispectral index [J]. *N Engl J Med*, 2008, 358(11): 1097-1108. DOI:10.1056/NEJMoa0707361.
- [15] Dowd NP, Cheng DC, Karski JM, et al. Intraoperative awareness in fast-track cardiac anesthesia [J]. *Anesthesiology*, 1998, 89(5):

- 1068-1073.
- [16] Guller U, Anstrom KJ, Holman WL, et al. Outcomes of early extubation after bypass surgery in the elderly [J]. *Ann Thorac Surg*, 2004, 77 (3): 781-788. DOI:10.1016/j.athoracsur.2003.09.059.
- [17] Hawkes CA, Dhileepan S, Foxcroft D. Early extubation for adult cardiac surgical patients [J/OL]. *Cochrane Database Syst Rev*, 2003, (4): CD003587. DOI:10.1002/14651858.cd003587.
- [18] He S, Chen B, Li W, et al. Ventilator-associated pneumonia after cardiac surgery: a meta-analysis and systematic review[J]. *J Thorac Cardiovasc Surg*, 2014, 148 (6): 3148-3155. e1-e5. DOI: 10.1016/j.jtcvs.2014.07.107.
- [19] García-Delgado M, Navarrete-Sánchez I, Colmenero M. Preventing and managing perioperative pulmonary complications following cardiac surgery [J]. *Curr Opin Anaesthesiol*, 2014, 27 (2): 146-152. DOI:10.1097/aco.0000000000000059.
- [20] Luckraz H, Manga N, Senanayake EL, et al. Cost of treating ventilator-associated pneumonia post cardiac surgery in the National Health Service: Results from a propensity-matched cohort study[J]. *J Intensive Care Soc*, 2018, 19(2): 94-100. DOI: 10.1177/1751143717740804.
- [21] Abdul Z, Azlina N. Endotracheal reintubation in post-operative cardiac surgical patients [J]. *Anaesthesia, Pain and Intensive Care*, 2011, 15(1): 25-29.
- [22] Akhtar MI, Sharif H, Hamid M, et al. Fast tack extubation in adult patients on pump open heart surgery at a tertiary care hospital[J]. *J Ayub Med Coll Abbottabad*, 2016, 28(4): 639-643.
- [23] Chamchad D, Horrow JC, Nachamchik L, et al. The impact of immediate extubation in the operating room after cardiac surgery on intensive care and hospital lengths of stay [J]. *J Cardiothorac Vasc Anesth*, 2010, 24(5): 780-784. DOI:10.1053/j.jvca.2010.04.002.
- [24] Mu JL, Lee A, Joynt GM. Pharmacologic agents for the prevention and treatment of delirium in patients undergoing cardiac surgery: systematic review and metaanalysis [J]. *Crit Care Med*, 2015, 43(1): 194-204. DOI:10.1097/ccm.0000000000000673.
- [25] Burkhart CS, Dell-Kuster S, Gamberini M, et al. Modifiable and nonmodifiable risk factors for postoperative delirium after cardiac surgery with cardiopulmonary bypass [J]. *J Cardiothorac Vasc Anesth*, 2010, 24(4): 555-559. DOI:10.1053/j.jvca.2010.01.003.
- [26] Tan MC, Felde A, Kuskowski M, et al. Incidence and predictors of post-cardiotomy delirium [J]. *Am J Geriatr Psychiatry*, 2008, 16(7): 575-583. DOI:10.1097/JGP.0b013e318172b418.
- [27] Djaiani G, Silverton N, Fedorko L, et al. Dexmedetomidine versus propofol sedation reduces delirium after cardiac surgery: A randomized controlled trial [J]. *Anesthesiology*, 2016, 124 (2): 362-368. DOI:10.1097/aln.0000000000000951.
- [28] Grocott HP. Early extubation after cardiac surgery: The evolution continues[J]. *J Thorac Cardiovasc Surg*, 2017, 154(5): 1654-1655. DOI:10.1016/j.jtcvs.2017.07.025.
- [29] Woodward DK, Sherry KM, Harrison D. Antiemetic prophylaxis in cardiac surgery: comparison of metoclopramide and ondansetron[J]. *Br J Anaesth*, 1999, 83(6): 933-935.
- [30] Kogan A, Eidelman LA, Raanani E, et al. Nausea and vomiting after fast-track cardiac anaesthesia[J]. *Br J Anaesth*, 2003, 91(2): 214-217.
- [31] Hijazi EM, Edwan H, Al-Zoubi N, et al. Incidence of nausea and vomiting after fast-track anaesthesia for heart surgery[J]. *Braz J Cardiovasc Surg*, 2018, 33 (4): 371-375. DOI:10.21470/1678-9741-2018-0040.
- [32] Ahmed EO, Butler R, Novick RJ. Failure-to-rescue rate as a measure of quality of care in a cardiac surgery recovery unit: a five-year study[J]. *Ann Thorac Surg*, 2014, 97(1): 147-152. DOI: 10.1016/j.athoracsur.2013.07.097.
- [33] Badhwar V, Esper S, Brooks M, et al. Extubating in the operating room after adult cardiac surgery safely improves outcomes and lowers costs [J]. *J Thorac Cardiovasc Surg*, 2014, 148 (6): 3101-3109. e1. DOI:10.1016/j.jtcvs.2014.07.037.
- [34] van Mastrigt GA, Maessen JG, Heijmans J, et al. Does fast-track treatment lead to a decrease of intensive care unit and hospital length of stay in coronary artery bypass patients? A meta-regression of randomized clinical trials [J]. *Crit Care Med*, 2006, 34(6): 1624-1634. DOI:10.1097/01.CCM.0000217963.87227.7B.
- [35] Richey M, Mann A, He J, et al. Implementation of an early extubation protocol in cardiac surgical patients decreased ventilator time but not intensive care unit or hospital length of stay [J]. *J Cardiothorac Vasc Anesth*, 2018, 32 (2): 739-744. DOI:10.1053/j.jvca.2017.11.007.

(本文编辑:孙婷)