

机器人辅助与传统心脏搭桥手术的 Meta 分析

王 强¹, 何孝军²

(1. 扬州大学附属医院心脏大血管病中心 江苏 扬州 225012; 2. 上海交通大学医学院附属瑞金医院
心脏外科 上海 200025)

摘要 目的: 目前, 冠脉搭桥手术仍以传统正中开胸为主, 但各种微创手术正在快速发展。机器人辅助的冠脉搭桥手术已逐渐开展, 但其应用仍然存在争议, 且缺乏高质量的证据。本研究应用 Meta 分析比较现有文献中使用达芬奇机器人的冠脉搭桥与非机器人冠脉搭桥手术的差异。**方法:** 检索 PubMed 和 The Cochrane Library 数据库, 收集相关临床研究, 检索时限为建库至 2021 年 7 月。由 2 名研究者独立筛选文献、提取资料, 并对纳入的文献进行偏倚风险评估。采用 RevMan 5.3 软件进行 Meta 分析。**结果:** 纳入 16 项临床研究, 共 1 467 198 例患者, 其中机器人辅助冠脉搭桥 (Robot-assisted coronary artery bypass, RCAB) 组 20 879 例, 非机器人搭桥 (Non-RCAB) 组 1 446 319 例。两组患者术前各项指标未见显著差异。RCAB 组患者的术后并发症 (卒中、感染、肾衰竭、输血、院内死亡) 发生率显著低于 Non-RCAB 组, 机械通气时间、ICU 停留时间和住院时间较 Non-RCAB 组短, 手术时间短于 Non-RCAB 组, 但差异无统计学意义。**结论:** Meta 分析结果显示, RCAB 手术比 Non-RCAB 在术后并发症、机械通气时间、ICU 停留时间和住院时间方面具有优势, 但其他围术期指标以及短期和长期预后还需要高质量的临床对照研究。

关键词 机器人手术; 冠状动脉搭桥术; Meta 分析

中图分类号 R654 **文献标识码** A **文章编号** 2096-7721 (2021) 06-0431-08

Systematic review and Meta-analysis on robot-assisted and conventional coronary bypass

WANG Qiang¹, HE Xiaojun²

(1. Department of Cardiovascular Surgery, the Affiliated Hospital of Yangzhou University, Yangzhou 255012 China;
2. Department of Cardiac Surgery, Ruijin Hospital, Shanghai Jiao Tong University School of Medicine, Shanghai 200025, China)

Abstract Objective: To systematically evaluate and compare the safety and efficacy of robot-assisted coronary

收稿日期: 2021-07-02 录用日期: 2021-09-28

Received Date: 2021-07-02 Accepted Date: 2021-09-28

基金项目: 扬州市“绿扬金凤计划”领军人才专项基金 (LYJF00026)

Foundation Item: Lvyang Jinfeng Talent Project of Yangzhou City (LYJF00026)

通讯作者: 王强, Email: njuwangqiang@163.com

Corresponding Author: WANG Qiang, Email: njuwangqiang@163.com

引用格式: 王强, 何孝军. 机器人辅助与传统心脏搭桥手术的 Meta 分析 [J]. 机器人外科学杂志 (中英文), 2021, 2 (6): 431-438.

Citation: WANG Q, HE X J. Systematic review and Meta-analysis on robot-assisted and conventional coronary bypass [J]. Chinese Journal of Robotic Surgery, 2021, 2 (6):431-438.

artery bypass surgery (RCAB) and Non-RCAB. **Methods:** A systematic review of primary studies on English literatures following Cochrane Collaboration guidelines was performed. Structured search strategies were developed and applied to the PubMed, Cochrane library, EMBASE, and Web of Science databases. The included literatures were processed with RevMan 5.3 software for meta-analysis after risk of bias assessment. **Results:** A total of 16 studies involving 1 467 198 patients were included, including 20 879 cases of RCAB and 1 467 198 cases of Non-RCAB. The overall quality of the evidence was low. Among the comparable parameters, RCAB patients had lower rate of postoperative complication, shorter ventilation time, ICU time and hospital stay, even no significant differences were found. **Conclusion:** RCAB is superior to Non-RCAB on postoperative complication, ventilation time, ICU time and hospital stay. However, high quality case-control studies shall be performed for further assessment on short-term and long-term prognosis and other perioperative indicators.

Key words Robotic surgery; Coronary artery bypass surgery; Meta-analysis

传统的冠状动脉旁路移植术 (Coronary artery bypass grafting, CABG) 通过胸骨正中切开和体外循环机进行, 手术切口大、不美观, 术后并发症多。后来, 不停跳搭桥术和各种小切口术被开发出来。随着腔镜的诞生, 外科进入了微创时代。20 世纪 90 年代初, 电视胸腔镜技术成功应用于心脏外科领域。但腔镜技术面临手术视野不足、精度差、易疲劳、操作难度大等问题。2006 年后, 达芬奇机器人手术系统在国内的泌尿外科、普外科、胸科、妇科等领域中相继展开^[1]。机器人辅助下的微创心脏手术是一种颠覆性技术创新, 虽已广泛开展, 但在临床应用依然存在争议, 目前关于机器人心脏手术和其他术式的系统评价也较少。对于冠脉搭桥手术, Hammal F 等^[2]收集了截止到 2018 年的相关文献, 分析发现, 尽管机器人心脏搭桥 (Robot-assisted coronary bypass, RCAB) 手术患者的术后并发症发生率更低, 但大部分研究的质量不高, 且机器人心脏手术的优势并不明显。在此基础上, 我们增加了近两年的临床研究, 根据最新的临床证据对机器人心脏手术和非机器人心脏手术的疗效及安全性进行客观评价。

1 资料与方法

1.1 文献检索

检索 PubMed、The Cochrane Library、Embase、Web of Science 等数据库, 检索时限为建库至 2021 年 7 月。检索策略见表 1。

1.2 文献纳入和排除标准

本研究文献纳入和排除标准见表 2。

1.3 文献筛选和数据提取

由 2 名研究员独立进行文章筛选、数据提取, 如遇分歧协商讨论, 必要时向第 3 名研究员征求意见, 以保证数据准确性。使用 EndNote X9 软件筛选文献, 先去除重复研究, 再浏览标题及摘要清除无关文献, 最后通读全文以确定引入文献。资料提取内容: ①文献题名、作者姓名及发表年限; ② RCAB 组和对照组患者基线资料, 如年龄、性别比例、样本量; ③研究类型及干预措施; ④相关结局指标。

使用纽卡斯尔-渥太华 (Newcastle-Ottawa Scale, NOS) 量表评估非随机试验的研究质量。这是一种可视化评估工具, 包含 3 个大类领域和 8 个子项目: 选择 (4 个子项目), 以确定参与者的代表性和评估选择偏倚的存在; 可比性

表 1 Pubmed 检索策略表
Table 1 Pubmed search strategy

序号	检索式	文献数量
#13	((((("Coronary Artery Bypass" [Mesh]) OR (coronary bypass)) OR (cardiac bypass)) OR (aortocoronary bypass)) OR (coronary artery bypass graft)) AND (((("Robotic Surgical Procedures" [Mesh]) OR (robotic surgery)) OR (robot assisted surgery)) OR (da Vinci)) OR (da Vinci))	693
#12	((("Robotic Surgical Procedures" [Mesh]) OR (robotic surgery)) OR (robot assisted surgery)) OR (da Vinci)) OR (da Vinci)	27 923
#11	((("Coronary Artery Bypass" [Mesh]) OR (coronary bypass)) OR (cardiac bypass)) OR (aortocoronary bypass)) OR (coronary artery bypass graft)	107 875
#10	Da Vinci	496
#9	da Vinci	2
#8	robot assisted surgery	19 663
#7	robotic surgery	25 071
#6	"Robotic Surgical Procedures" [Mesh]	10 168
#5	coronary artery bypass graft	73 715
#4	aortocoronary bypass	74 327
#3	cardiac bypass	79 698
#2	coronary bypass	79 126
#1	"Coronary Artery Bypass" [Mesh]	54 265

表 2 纳入与排除标准
Table 2 Including and excluding criteria

参数	纳入标准	排除标准
研究设计	英文文献 随机或非随机对照研究 病例对照研究 队列研究	非英文文献 综述 评论 个案报道 缺乏对照组的研究
研究对象	适合做冠脉搭桥的成年人 (>18 岁)	动物、尸体
干预措施	使用达芬奇手术机器人的冠脉搭桥手术	使用其他机器人系统
对比措施	传统冠脉搭桥 (正中开胸, 停跳或非停跳)、小切口冠脉搭桥	PCI
结局	麻醉时间、吻合时间、主动脉阻断时间、体外循环时间、取血管时间、围术期并发症、机械通气时间、ICU 停留时间、住院时间、院内死亡率等	缺乏明确定义的研究终点

(1项), 确定控制变量的存在; 结果(3项), 以确定研究结局和随访足够合适。选择和结果领域单个子项目最多1分, 可比性领域单个子项目最多2分。研究质量据此可分为三种等级: 较差(可比性领域0分, 其他领域0分或1分)、质量一般(选择领域2分)或质量良好(选择领域3分或4分)。

1.4 统计学方法

使用 RevMan software version 5.3 (The Nordic Cochrane Centre, the Cochrane Collaboration) 进行 Meta 分析。计数资料和计量资料分别选用优势比 (Odds ratio, *OR*)、加权均数差 (Mean difference, *MD*) 或标准化均数差 (Standard mean difference, *SMD*) 进行统计分析。当 $I^2 < 50\%$, $P > 0.1$ 时, 提示异质性小, 采用固定效应模型; 当 $I^2 \geq 50\%$, $P \leq 0.1$ 时, 提示异质性大。首先分析异质性来源, 若存在统计学异质性, 选用随机效应模型, 若异质性仍无法消除时, 则从方法学和临床学两方面分析异质性来源, 选用敏感性分析处理。若异质性过大, 则

只行描述性分析, $P < 0.05$ 为差异具有统计学意义。当某个结局指标的研究数目 ≥ 10 时, 采纳漏斗图检查是否有发表偏倚, 若漏斗图不对称, 提示可能发生偏倚。

2 结果

2.1 文献检索与筛选

初筛共获得 824 篇文献, 经筛除重复文献及题目、摘要、全文等不符合纳入标准的文献后, 共纳入 16 个研究, 共 1 467 198 例患者, 其中 RCAB 组 20 879 例, Non-RCAB 组 1 446 319 例。文献筛选流程及结果如图 1。

16 项纳入的研究中, 2 项^[3-4] 研究质量良好, 3 项^[5-7] 一般, 11 项^[8-18] 较差。

2.2 Meta 分析结果

2.2.1 基本资料

16 个研究的平均或中位数年龄在 55~70 岁 (见表 4)。大多数参与者 (46%~100%) 是男性。平均或中位左心室射血分数为 52%~64%。

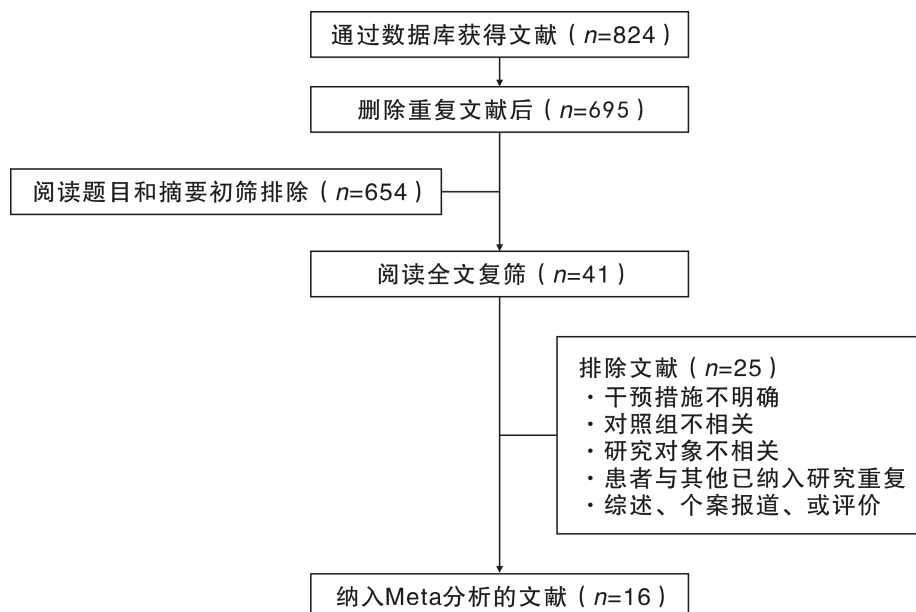


图 1 文献筛选流程图

Figure 1 Literature screening flow chart

两组患者术前的年龄、性别、LVEF、糖尿病、COPD、外周血管疾病等指标并无明显差异。

2.2.2 安全性评价

根据纳入文献所提供的数据，最终能够合

并且较既往文献有更新的结局指标有：术后并发症（卒中、感染、肾衰竭、输血）、院内死亡、手术时间、机械通气时间、ICU 停留时间、住院时间（见表 5）。

表 4 文献基本资料 [$(\bar{x} \pm s)$, $n(\%)$]

Table 4 Basic data of included literatures [$(\bar{x} \pm s)$, $n(\%)$]

作者	年份	RCAB			Non-RCAB		
		年龄	男性	例数	年龄	男性	例数
Bucerius ⁸	2002	65.3 ± 6.6	16 (67)	24	63.9 ± 9	70 (75)	93
Poston ⁹	2008	61.8 ± 9.4	72 (72)	100	66.2 ± 10.1	63 (63)	100
Jegaden ¹⁰	2011	59 ± 12	53 (90)	59	55 ± 9	44 (92)	48
Bachinsky ¹¹	2012	63.2 ± 10.5	20 (80)	25	66.8 ± 10.7	16 (59)	27
Cavallaro ³	2015	64.4 ± 11	1 882 (72.9)	2 582	64.9 ± 10.7	352 973 (73.3)	481 546
Ezelsoy ¹²	2015	58.6 ± 10.3	25 (71)	35	61.3 ± 8.9	16 (46)	35
Zaouter ¹³	2015	64 ± 10	33 (87)	38	67 ± 11	22 (67)	33
Gong ¹⁴	2016	66.5 ± 11.3	48 (68)	71	67.9 ± 9.1	43 (70)	61
Leyvi ⁵	2016	64.7 ± 12.8	95 (67)	141	64.4 ± 9.9	99 (70)	141
Raad ⁶	2016	64.2 ± 12.6	96 (68)	142	63.9 ± 10.3	104 (73)	142
Whellan ¹⁵	2016	64 ± 2.67	7 156 (73)	9 862	65 ± 2.67	706 981 (74)	956 349
Leyvi ¹⁶	2018	61.6 ± 10.8	18 (64)	28	61.8 ± 8.1	10 (100)	10
Su ¹⁷	2018	66 ± 2.17	115 (83)	139	70 ± 2.83	123 (84)	147
Wu ⁴	2019	61.2 ± 12	20 (90.9)	22	62.9 ± 10.5	21 (95.5)	22
Lin ¹⁸	2021	64.5 ± 11.2	229 (81.5)	281	66.8 ± 9.9	184 (79.3)	235
Yokoyama ⁷	2021	65 ± 10.9	5 410 (73.8)	7330	65.4 ± 10.7	5 432 (74.1)	7 330

表 5 纳入文献的 Meta 分析结果

Table 5 Meta-analysis results of included literatures

结局指标	研究 (篇)	效应模型	异质性检验		Meta 分析结果		
			I^2 值 (%)	P 值	OR/MD	95% CI	P 值
卒中 (例)	9	固定	15	0.31	0.53	[0.44, 0.64]	<0.00001
感染 (例)	8	固定	0	0.55	0.38	[0.30, 0.47]	<0.00001
肾衰竭 (例)	7	随机	70	0.003	0.65	[0.53, 0.80]	<0.00001
输血 (例)	6	随机	52	0.06	0.32	[0.21, 0.51]	<0.00001
院内死亡 (例)	4	随机	52	0.10	0.37	[0.24, 0.58]	<0.00001
手术时间 (min)	7	随机	100	<0.00001	-24.92	[-64.18, 14.34]	0.21
机械通气时间 (h)	8	随机	91	<0.00001	-3.12	[-4.84, -1.41]	0.0004
ICU 停留时间 (h)	11	随机	99	<0.00001	-1.16	[-1.77, -0.65]	0.0001
住院时间 (d)	16	随机	99	<0.00001	-2.47	[-3.18, -1.76]	<0.00001

3.3 敏感性分析

本研究部分结局指标具有显著异质性 ($I^2 > 50\%$, $P < 0.1$), 通过敏感性分析寻找异质性来源。在对手术时间、ICU 时间、住院时间进行分析时, 逐一剔除单个研究后, I^2 值无明显降低, 可能存在其他异质性来源。对于肾衰竭、输血、院内死亡和机械通气 4 个指标, 则找到了明确的异质性来源。排除掉相应的文献可显著降低异质性 (见表 6)。

3.4 发表偏倚

以 ICU 时间、住院时间两项指标绘制漏斗图 (如图 2), 这两项指标纳入的文献普遍集中

于漏斗图顶端。样本量大, 标准误小, 说明结果较为可靠, 出现发表偏倚的可能较小, 但也说明 RCAB 相对于 Non-RCAB 在术后 ICU 时间和住院时间这两项指标上优势并不大。

4 讨论

本文纳入的 16 项研究中, 8 项来自美国, 3 项来自我国台湾地区, 此外法国有 2 项, 德国、土耳其和我国大陆各有 1 项。来自美国的 8 项研究中, 有 3 项是分析国家级数据库中时间跨度长达十几年的上百万患者的数据, 因此贡献了大量的权重。所以, 建设国家级的数据库, 详细记录尽可能大范围的患者的临床数据, 才

表 6 剔除异质性来源的 Meta 分析结果

Table 6 Meta-analysis result after Heterogeneity being deleted

结局指标	异质性检验结果		Meta 分析结果			异质性来源
	I^2 (%)	P 值	OR/MD	95%CI	P 值	
肾衰竭	0	0.93	0.74	[0.69, 0.80]	<0.00001	Cavallaro ^[3]
输血	0	0.52	0.38	[0.35, 0.42]	<0.00001	Bachinsky ^[11] 和 Gong ^[14]
院内死亡	0	0.51	0.30	[0.19, 0.46]	<0.00001	Yokoyama ^[7]
机械通气时间	16	0.31	-2.52	[-2.85, -1.55]	<0.00001	Ezelsoy ^[12] , Poston ^[9]

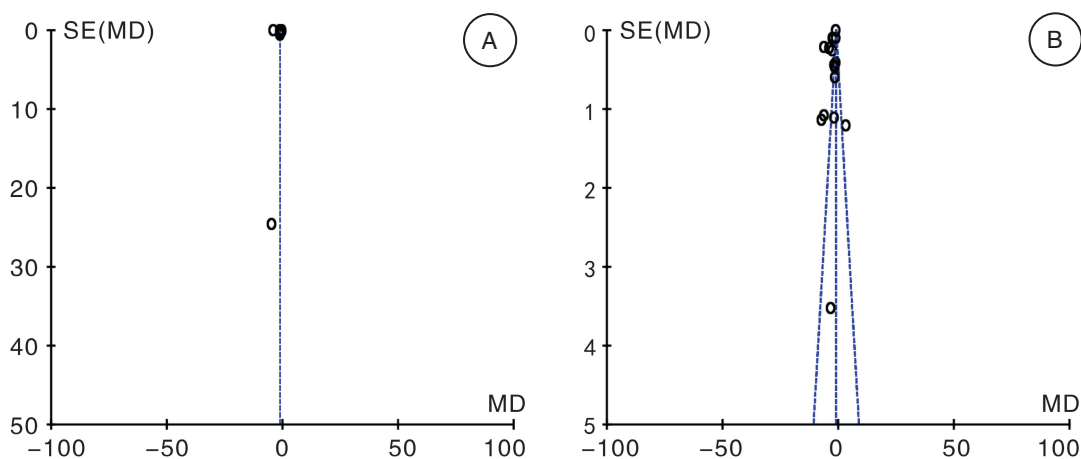


图 2 漏斗图

Figure 2 Funnel plots

注: A. ICU 时间; B. 住院时间。

能科学的总结经验，切实促进临床决策的科学性规范性，提高医疗水平。这也是当下我国医疗急需发展的领域之一。

达芬奇机器人配备有高清三维视野、灵活而又安全的手术器械和人手生理性震颤滤除功能，完全由主刀医生控制，坐姿操作提高外科医生舒适度等^[1]。目前的各类文献报道也大多指出达芬奇手术机器人在围术期并发症、术后恢复等方面优于传统的各类冠脉搭桥手术^[2]。然而，这些文献有一个巨大的缺陷，即达芬奇手术机器人有其本身适用的冠脉病变类型，不能将达芬奇机器人手术和传统手术的患者简单比较。现有的文献有两个比较明显的问题：①忽略了病人的可比性，导致结论可能出现偏差，可靠性下降，仅有极少数研究在对比之前进行了患者的匹配；②不同文献报道的指标参差不齐。本系统分析纳入的 16 项研究中即有 5 项研究未给出患者术前的左心射血分数。这两点都是未来的临床研究必须克服的地方。以上两点也导致了本文的两个缺陷：①能够纳入分析的指标较少；②纳入的研究本身质量不高，本文的结论可靠性也有限。

5 总结及展望

机器人手术对于医生的优势较为明确，但鉴于目前尚缺乏高质量的临床研究，其对患者的益处还需要进一步验证。且目前机器人手术费用相对高昂，期待未来研发更多的国产机器人系统，降低生产成本和住院费用，从而为更多患者带来获益。

参考文献

[1] 王永洪, 宋剑非. 达芬奇机器人与胸腔镜辅助治疗肺肿瘤疗效的 meta 分析 [J]. 癌症, 2021, 40(5): 219-234.

[2] Hammal F, Nagase F, Menon D, et al. Robot-assisted coronary artery bypass surgery: a systematic review and meta-analysis of comparative studies[J]. *Can J Surg*, 2020, 63(6): E491-508.

[3] Cavallaro P, Rhee A J, Chiang Y, et al. In-hospital mortality and morbidity after robotic coronary artery surgery[J]. *J Cardiothorac Vasc Anesth*, 2015, 29(1): 27-31.

[4] WU C J, CHEN H H, CHENG P W, et al. Outcome of robot-assisted bilateral internal mammary artery grafting via left pleura in coronary bypass surgery[J]. *J Clin Med*, 2019, 8(4): 502-512.

[5] Leyvi G, Schechter C B, Sehgal S, et al. Comparison of index hospitalization costs between robotic CABG and conventional CABG: implications for hybrid coronary revascularization[J]. *J Cardiothorac Vasc Anesth*, 2016, 30(1): 12-18.

[6] Raad W N, Forest S, Follis M, et al. The Impact of robotic versus conventional coronary artery bypass grafting on in-hospital narcotic use: a propensity-matched analysis[J]. *Innovations (Phila)*, 2016, 11(2): 112-115.

[7] Yokoyama Y, Kuno T, Malik A et al. Outcomes of robotic coronary artery bypass versus nonrobotic coronary artery bypass[J]. *J Card Surg*, 2021, 36(9): 3187-3192.

[8] Bucerius J, Metz S, Walther T, et al. Endoscopic internal thoracic artery dissection leads to significant reduction of pain after minimally invasive direct coronary artery bypass graft surgery[J]. *Ann Thorac Surg*, 2002, 73(4): 1180-1184.

[9] Poston R S, Tran R, Collins M, et al. Comparison of economic and patient outcomes with minimally invasive versus traditional off-pump coronary artery bypass grafting techniques[J]. *Ann Surg*, 2008, 248(4): 638-646.

[10] Jegaden O, Wautot F, Sassard T, et al. Is there an optimal minimally invasive technique for left anterior descending coronary artery bypass?[J]. *J Cardiothorac Surg*, 2011. DOI: 10.1186/1749-8090-6-37

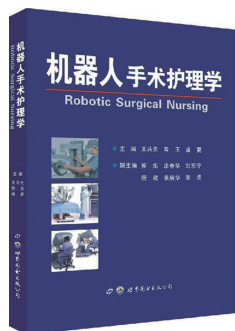
[11] Bachinsky W B, Abdelsalam M, Boga G, et al. Comparative study of same sitting hybrid coronary artery revascularization versus off-pump coronary artery

- bypass in multivessel coronary artery disease[J]. J Interv Cardiol, 2012, 25(5): 460-468.
- [12] Ezelsoy M, Caynak B, Bayram M, et al. The comparison between minimally invasive coronary bypass grafting surgery and conventional bypass grafting surgery in proximal lad lesion[J]. Heart Surg Forum, 2015, 18(2): E042-E046.
- [13] Zaouter C, Imbault J, Labrousse L, et al. Association of robotic totally endoscopic coronary artery bypass graft surgery associated with a preliminary cardiac enhanced recovery after surgery program: a retrospective analysis[J]. J Cardiothorac Vasc Anesth, 2015, 29(7): 1489-1497.
- [14] GONG W, CAI J, WANG Z, et al. Robot-assisted coronary artery bypass grafting improves short-term outcomes compared with minimally invasive direct coronary artery bypass grafting[J]. J Thorac Dis, 2016, 8(3): 459-468.
- [15] Whellan D J, McCarey M M, Taylor B S, et al. Trends in robotic-assisted coronary artery bypass grafts: a study of the Society of Thoracic Surgeons Adult Cardiac Surgery Database, 2006 to 2012[J]. Ann Thorac Surg, 2016; 102(1): 140-146.
- [16] Leyvi G, Vivek K, Sehgal S, et al. A comparison of inflammatory responses between robotically enhanced coronary artery bypass grafting and conventional coronary artery bypass grafting: implications for hybrid revascularization[J]. J Cardiothorac Vasc Anesth, 2018, 32(1): 251-258.
- [17] SU C S, CHEN Y W, SHEN C H, et al. Clinical outcomes of left main coronary artery disease patients undergoing three different revascularization approaches[J]. Medicine (Baltimore), 2018, 97(7): e9778.
- [18] LIN T H, WANG C W, SHEN C H, et al. Clinical outcomes of multivessel coronary artery disease patients revascularized by robot-assisted vs conventional standard coronary artery bypass graft surgeries in real-world practice[J]. Medicine (Baltimore), 2021, 100(3): e23830.

· 简 讯 ·

《机器人手术护理学》购书信息

《机器人手术护理学》于2017年6月出版发行，由王共先、曾玉、盛夏教授主编。机器人手术系统是微创外科领域的革命性手术工具，目前国内外有关专著较少。《机器人手术护理学》是第一本介绍机器人手术护理学的专著，



具有较强的先进性和实用性。全书共分两篇，上篇简要介绍了机器人手术发展史，以及机器人手术相关的手术室人员、物品、安全、护理质量、整体工作模式以及绩效管理等，其中第二章和第三章比较详细地介绍了手术机器人设备和器械的构造特点以及如何正确安装使用、维护保养、清洁消毒等；下篇介绍了泌尿外科、普通外科、妇产科、胸外科等专科机器人手术的护理配合。本书文字简练、图文并茂，层次清楚、通俗易懂，可供从事相关专业的医学人员使用。



本刊编辑部