

DOI: 10.3969/j.issn.1005-8982.2026.02.013

文章编号: 1005-8982 (2026) 02-0078-07

临床研究·论著

## 达芬奇机器人辅助下结直肠癌根治术对患者围手术期指标、胃肠功能及氧化应激的影响\*

胡建, 龚航军, 韩刚, 曹羽, 张云, 张言言, 张旭, 唐海啸

(上海中医药大学附属曙光医院 胃肠外科, 上海 201203)

**摘要:** **目的** 探讨达芬奇机器人辅助下结直肠癌根治术对患者围手术期指标、胃肠功能及氧化应激的影响。**方法** 选取2021年1月—2024年12月上海中医药大学附属曙光医院收治的108例结直肠癌患者, 以随机数字表法分为研究组与对照组, 各54例。对照组接受腹腔镜结直肠癌根治术, 研究组接受达芬奇机器人辅助下结直肠癌根治术。比较两组围手术期指标、胃肠功能、氧化应激水平、炎症反应、能量代谢指标及并发症。**结果** 研究组术后住院时间、术中出血量、术后首次排气时间、术后首次排便时间均少于对照组 ( $P < 0.05$ ), 手术时长、淋巴结清扫数目均多于对照组 ( $P < 0.05$ )。对照组术前与术后3 d的胃动素、胃泌素、超氧化物歧化酶、丙二醛、肿瘤坏死因子 $\alpha$ 、超敏C反应蛋白、视黄醇结合蛋白、转铁蛋白的差值均大于研究组 ( $P < 0.05$ )。两组并发症总发生率比较, 差异无统计学意义 ( $P > 0.05$ )。**结论** 达芬奇机器人辅助下结直肠癌根治术可促进患者康复, 改善患者胃肠功能, 减轻氧化应激、炎症反应, 抑制能量代谢波动, 且安全性良好。

**关键词:** 结直肠癌; 达芬奇机器人; 结直肠癌根治术; 围手术期指标; 胃肠功能; 氧化应激; 炎症反应; 并发症

中图分类号: R735.35

文献标识码: A

## Effects of Da Vinci robot-assisted radical resection for colorectal cancer on perioperative parameters, gastrointestinal function and oxidative stress\*

Hu Jian, Gong Hang-jun, Han Gang, Cao Yu, Zhang Yun, Zhang Yan-yan, Zhang Xu, Tang Hai-xiao  
(Department of Gastrointestinal Surgery, Shuguang Hospital Affiliated to Shanghai University of Traditional Chinese Medicine, Shanghai, 201203)

**Abstract:** **Objective** To investigate the effects of Da Vinci robot-assisted radical resection for colorectal cancer on perioperative parameters, gastrointestinal function, and oxidative stress. **Methods** The 108 patients with colorectal cancer admitted to Shuguang Hospital Affiliated to Shanghai University of Traditional Chinese Medicine between January 2021 and December 2024 were enrolled, and they were randomly assigned to either the study group or the control group (54 patients each) using a random number table. The control group underwent laparoscopic radical resection for colorectal cancer, while the study group underwent Da Vinci robot-assisted radical resection for colorectal cancer. Perioperative parameters, gastrointestinal function, oxidative stress levels, inflammatory response, energy metabolism indicators, and complications were compared between groups. **Results** The study group had shorter postoperative length of hospital stay, less intraoperative blood loss, shorter time to first postoperative flatus, and shorter time to first postoperative defecation compared to the control group ( $P < 0.05$ ), while the operative duration was longer and the number of lymph nodes dissected was greater in the study group than those in the

收稿日期: 2025-07-18

\* 基金项目: 上海市科学技术委员会2021年度“科技创新行动计划”医学创新研究专项 (No: 21Y31920100)

control group ( $P < 0.05$ ). The preoperative to postoperative day 3 changes in levels of motilin, gastrin, superoxide dismutase, malondialdehyde, tumor necrosis factor- $\alpha$ , high-sensitivity C-reactive protein, retinol-binding protein, and transferrin were greater in the control group than in the study group ( $P < 0.05$ ). There was no statistically significant difference in the overall incidence of complications between the two groups ( $P > 0.05$ ). **Conclusion** Da Vinci robot-assisted radical resection for colorectal cancer promotes patient recovery, improves gastrointestinal function, reduces oxidative stress and inflammatory responses, suppresses fluctuations in energy metabolism, and demonstrates favorable safety.

**Keywords:** colorectal cancer; Da Vinci robot; radical resection for colorectal cancer; perioperative indicators; gastrointestinal function; oxidative stress; inflammatory response; complications

结直肠癌是临床常见的消化道恶性肿瘤,其病死率约占所有恶性肿瘤的10%<sup>[1]</sup>。目前,外科手术仍是治疗结直肠癌的重要措施,开腹结直肠癌根治术是传统手术方式之一,由于开腹手术切口和操作幅度大,开腹手术过程中需大幅度分离、移动某些器官或组织以暴露手术操作区域,这些操作可能会损伤到周围重要神经和血管,导致术后并发症发生率升高<sup>[2]</sup>。腹腔镜结直肠癌根治术是一种较为成熟的微创手术,相对于传统开放手术具有诸多优点,如手术视野清晰、手术切口小、术后疼痛较轻、术中出血量少、术后恢复快等优势。然而,腹腔镜手术仍存在一些缺陷,如技术要求高,需经过专业培训和大量实践,如果手术医生技术不熟练,出现错误操作,可增加术后并发症发生风险<sup>[3-4]</sup>。此外,由于手术器械的长度和直径有限,在应对一些肥胖或巨大肿瘤患者时,手术操作难度加大<sup>[5]</sup>。近年来,随着医疗技术不断进步和发展,出现了许多新型手术方式,如达芬奇机器人辅助下结直肠癌根治术,可减少手术创伤、提高手术精准度、加快术后康复、缩短住院时间

等,在临床得到广泛应用<sup>[6]</sup>。目前有关达芬奇机器人辅助下结直肠癌根治术对患者围手术期指标影响的研究较多,但少有涉及胃肠功能、氧化应激的研究报道。鉴于此,本研究选取108例结直肠癌患者,探讨达芬奇机器人辅助下结直肠癌根治术的治疗效果及其对机体胃肠功能、氧化应激、炎症反应及能量代谢的影响。

## 1 资料与方法

### 1.1 临床资料

选取2021年1月—2024年12月上海中医药大学附属曙光医院收治的108例结直肠癌患者(基于本团队达芬奇机器人手术主要涉及结直肠癌病种,研究主要纳入直肠癌、直肠乙状结肠连接处癌、乙状结肠癌及降结肠癌患者),以随机数字表法分为研究组、对照组,各54例。对照组与研究组性别构成、年龄、TNM分期构成、肿瘤直径和肿瘤部位构成比较,经 $t/\chi^2$ 检验,差异均无统计学意义( $P > 0.05$ )(见表1)。两组具有可比性。本研究取得医院医学伦理委员会批准同意(No: 2021-1538-121)。

表1 两组临床资料比较 ( $n=54$ )

组别	男/女/ 例	年龄/(岁, $\bar{x} \pm s$ )	TNM分期 例(%)			肿瘤直径/(cm, $\bar{x} \pm s$ )	肿瘤部位/例			
			I期	II期	III期		直肠	直肠乙状结肠连接处	乙状结肠	降结肠
对照组	32/22	52.73 $\pm$ 10.68	7	22	25	3.46 $\pm$ 0.58	28	19	5	2
研究组	35/19	53.65 $\pm$ 9.34	5	23	26	3.62 $\pm$ 0.67	30	14	7	3
$t/\chi^2$ 值	0.354	0.477		0.375		1.327		1.360		
$P$ 值	0.552	0.635		0.829		0.187		0.749		

### 1.2 纳入与排除标准

**1.2.1 纳入标准** ①符合直肠癌、直肠乙状结肠连接处癌、乙状结肠癌及降结肠癌的诊断标准<sup>[7]</sup>; ②年龄 $\geq 18$ 岁; ③符合相关手术指征; ④签署知情同意书。

**1.2.2 排除标准** ①肝、肾功能严重障碍; ②既往有腹部手术史; ③凝血功能障碍; ④远处转移; ⑤认知功能障碍或患精神疾病; ⑥合并其他类型恶性肿瘤; ⑦合并肠梗阻或消化道大出血。

### 1.3 研究方法

**1.3.1 对照组** 患者均接受腹腔镜结直肠癌根治术。患者取截石位，接受气管内插管、静脉复合全身麻醉，建立二氧化碳气腹（压力15 mmHg），通过5孔法[4个操作孔（在右侧锁骨中线上上下腹和左侧锁骨中线上上下腹分别置入5、12、5和5 mm Trocar）、1个观察孔（脐上10 mm Trocar）]探查淋巴结转移情况及病灶位置，首先实施肠系膜血管根部淋巴结清扫与结扎，随后游离并切除病变肠段，取出标本，在体外放置圆形吻合器抵钉座，在体内完成吻合，或线型吻合器完成肠管连续性再造，继而完成吻合口缝合加固，放置引流管，冲洗腹腔，关闭切口。

**1.3.2 研究组** 患者均接受达芬奇机器人辅助下结直肠癌根治术。由达芬奇机器人外科手术系统辅助完成手术，系统购自美国Intuitive Surgical公司。患者取截石位，接受气管内插管、静脉复合全身麻醉，接着建立二氧化碳气腹（压力15 mmHg）。麻醉完成后，具体Trocar布局参照《机器人结直肠癌手术中国专家共识（2020版）》<sup>[8]</sup>，应用达芬奇Xi手术系统，依次连接机器臂，R3置入观察镜头、R1置入无损伤抓钳、R2置入双极钳、R4置入超声刀或单极剪刀，手术均采用中间入路，手术步骤参考专家共识及文献<sup>[8-10]</sup>。首先实施肠系膜血管根部的淋巴结清扫与结扎，随后游离并切除病变肠段。取出标本后，体外放置圆形吻合器抵钉座，在体内完成吻合，或线型吻合器完成肠管连续性再造，完成吻合口缝合加固，放置引流管，冲洗腹腔，关闭切口。两组手术均由同一组手术医师完成。

### 1.4 观察指标

**1.4.1 围手术期指标** 包括患者手术时长、术后住院时间、淋巴结清扫数目、术中出血量、术后首次排气时间、术后首次排便时间。

**1.4.2 胃肠功能** 分别于术前、术后3 d抽取患者空腹静脉血4 mL，3 000 r/min离心10 min，分离血清。通过电化学发光法测定血清胃动素、胃泌素水平，试剂盒均由上海广锐生物科技有限公司提供。

**1.4.3 氧化应激** 分别于术前、术后3 d采集患者3 mL空腹静脉血，3 000 r/min离心10 min，分离血清。通过iMagic-M型全自动生化分析仪（深圳市库贝尔生物科技有限公司）测定血清超氧化物歧

化酶（superoxide dismutase, SOD）、丙二醛（Malondialdehyde, MDA）水平。

**1.4.4 炎症反应** 分别于术前、术后3 d采集患者空腹静脉血3 mL，用1.4.3中方法分离血清，通过酶联免疫吸附试验检测血清肿瘤坏死因子 $\alpha$ （tumor necrosis factor  $\alpha$ , TNF- $\alpha$ ）、超敏C反应蛋白（high-sensitivity C-reactive protein, hs-CRP）水平，试剂盒均购自基蛋生物科技股份有限公司。

**1.4.5 能量代谢** 分别于术前、术后3 d采集患者空腹静脉血3 mL，用1.4.3中方法分离血清，通过全自动生化分析仪测定血清视黄醇结合蛋白（retinol binding protein, RBP）、转铁蛋白（Transferrin, TRF）水平。

**1.4.6 并发症** 记录两组患者并发症，包括吻合口出血、心肺并发症、腹腔感染、胃排空障碍等发生情况。

### 1.5 统计学方法

数据分析采用SPSS 25.0统计软件。计数资料以构成比或率（%）表示，比较用 $\chi^2$ 检验；计量资料以均数 $\pm$ 标准差（ $\bar{x} \pm s$ ）表示，比较用 $t$ 检验。 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

## 2 结果

### 2.1 两组围手术期指标比较

对照组与研究组手术时长、术后住院时间、淋巴结清扫数目、术中出血量、术后首次排气时间和术后首次排便时间比较，经 $t$ 检验，差异均有统计学意义（ $P < 0.05$ ）；研究组术后住院时间、术中出血量、术后首次排气时间、术后首次排便时间均少于对照组，手术时长、淋巴结清扫数目均多于对照组。见表2。

### 2.2 两组胃肠功能比较

对照组与研究组术前胃动素、胃泌素水平比较，经 $t$ 检验，差异均无统计学意义（ $P > 0.05$ ）。对照组与研究组术后3 d胃动素、胃泌素水平比较，经 $t$ 检验，差异均有统计学意义（ $P < 0.05$ ）；研究组术后3 d胃动素、胃泌素水平均高于对照组。两组手术前后胃动素、胃泌素的差值比较，经 $t$ 检验，差异均有统计学意义（ $P < 0.05$ ）；对照组手术前后胃动素、胃泌素的差值均大于研究组。见表3。

表2 两组围术期指标比较 ( $n=54, \bar{x} \pm s$ )

组别	手术时长/min	术后住院时间/d	淋巴结清扫数目/枚	术中出血量/mL	术后首次排气时间/d	术后首次排便时间/d
对照组	172.07 ± 32.14	12.87 ± 2.75	16.05 ± 3.57	59.14 ± 8.70	3.25 ± 0.54	2.73 ± 0.51
研究组	195.13 ± 41.65	9.64 ± 1.92	20.56 ± 4.23	35.41 ± 6.74	2.19 ± 0.43	1.42 ± 0.35
<i>t</i> 值	3.221	7.077	5.987	15.845	11.284	15.563
<i>P</i> 值	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

表3 两组胃肠功能比较 ( $n=54, \text{pg/mL}, \bar{x} \pm s$ )

组别	胃动素			胃泌素		
	术前	术后3d	差值	术前	术后3d	差值
对照组	338.43 ± 15.72	275.38 ± 11.15	63.05 ± 8.48	168.24 ± 11.49	116.07 ± 7.18	52.17 ± 6.44
研究组	340.06 ± 16.48	310.19 ± 13.04	29.87 ± 4.62	165.17 ± 12.61	139.28 ± 9.42	25.89 ± 3.27
<i>t</i> 值	0.526	14.909	22.531	1.322	14.400	23.860
<i>P</i> 值	0.600	0.000	0.000	0.189	0.000	0.000

### 2.3 两组氧化应激水平比较

对照组与研究组术前SOD、MDA水平比较,经*t*检验,差异均无统计学意义( $P>0.05$ )。对照组与研究组术后3d的SOD、MDA水平比较,经*t*检验,差异均有统计学意义( $P<0.05$ );研究组术

后3d的SOD水平高于对照组,MDA水平低于对照组。两组手术前后SOD、MDA的差值比较,经*t*检验,差异均有统计学意义( $P<0.05$ );对照组手术前后SOD、MDA的差值均大于研究组。见表4。

表4 两组氧化应激水平比较 ( $n=54, \bar{x} \pm s$ )

组别	SOD/(u/mL)			MDA/(mmol/L)		
	术前	术后3d	差值	术前	术后3d	差值
对照组	96.37 ± 13.41	66.18 ± 6.29	30.19 ± 4.65	4.92 ± 0.72	7.76 ± 1.48	2.84 ± 0.51
研究组	97.45 ± 13.86	82.03 ± 9.14	15.42 ± 2.07	4.86 ± 0.74	5.94 ± 0.95	1.08 ± 0.12
<i>t</i> 值	0.412	10.498	19.028	0.427	7.605	22.028
<i>P</i> 值	0.682	0.000	0.000	0.670	0.000	0.000

### 2.4 两组炎症反应比较

对照组与研究组术前TNF- $\alpha$ 、hs-CRP水平比较,经*t*检验,差异均无统计学意义( $P>0.05$ )。对照组与研究组术后3d的TNF- $\alpha$ 、hs-CRP水平比较,经*t*检验,差异均有统计学意义( $P<0.05$ );

研究组术后3d的TNF- $\alpha$ 、hs-CRP水平均低于对照组。两组手术前后TNF- $\alpha$ 、hs-CRP的差值比较,经*t*检验,差异均有统计学意义( $P<0.05$ );研究组手术前后TNF- $\alpha$ 、hs-CRP的差值均大于对照组。见表5。

表5 两组炎症反应水平比较 ( $n=54, \bar{x} \pm s$ )

组别	TNF- $\alpha$ /(ng/L)			hs-CRP/(mg/L)		
	术前	术后3d	差值	术前	术后3d	差值
对照组	524.19 ± 48.27	465.23 ± 40.72	58.96 ± 7.81	8.12 ± 1.96	6.24 ± 1.38	1.88 ± 0.24
研究组	527.35 ± 49.96	372.04 ± 35.18	155.31 ± 19.61	8.19 ± 1.93	5.03 ± 0.75	3.16 ± 3.27
<i>t</i> 值	0.334	12.726	29.932	0.187	5.802	2.560
<i>P</i> 值	0.739	0.000	0.000	0.852	0.000	0.000

### 2.5 两组能量代谢指标比较

对照组与研究组术前 RBP、TRF 水平比较, 经  $t$  检验, 差异均无统计学意义 ( $P > 0.05$ )。对照组与研究组术后 3 d 的 RBP、TRF 水平比较, 经  $t$  检验, 差异均有统计学意义 ( $P < 0.05$ ); 研究组术后

3 d 的 RBP、TRF 水平高于对照组 ( $P < 0.05$ )。两组手术前后 RBP、TRF 的差值比较, 经  $t$  检验, 差异均有统计学意义 ( $P < 0.05$ ); 对照组手术前后 RBP、TRF 的差值均大于研究组。见表 6。

表 6 两组能量代谢指标比较 ( $n=54, \bar{x} \pm s$ )

组别	RBP/(mg/L)			TRF/(g/L)		
	术前	术后 3 d	差值	术前	术后 3 d	差值
对照组	28.75 ± 4.61	13.06 ± 2.43	15.69 ± 2.31	3.67 ± 0.53	2.10 ± 0.32	1.57 ± 0.23
研究组	28.23 ± 4.82	19.17 ± 3.52	9.06 ± 2.07	3.58 ± 0.55	2.74 ± 0.41	0.84 ± 0.11
$t$ 值	0.573	10.497	14.016	0.866	9.043	18.776
$P$ 值	0.568	0.000	0.000	0.389	0.000	0.000

### 2.6 两组并发症比较

对照组与研究组并发症总发生率比较, 经  $\chi^2$

检验, 差异无统计学意义 ( $\chi^2=0.982, P=0.322$ )。见表 7。

表 7 两组并发症发生率比较 [ $n=54$ , 例(%)]

组别	吻合口出血	心肺并发症	腹腔感染	胃排空障碍	合计
对照组	2(3.70)	4(7.41)	3(5.56)	3(5.56)	12(22.22)
研究组	1(1.85)	3(5.56)	2(3.70)	2(3.70)	8(14.81)

## 3 讨论

结直肠癌是一种常见的消化道恶性肿瘤, 多发于中老年人群, 临床多采用根治性外科手术治疗, 其中包括腹腔镜辅助手术与常规性开腹手术, 后者手术创伤大、术中出血量多, 极易引起不同程度的并发症, 且康复较慢, 而前者具有手术视野清晰、术中出血量少、手术切口小等优势, 广泛受到胃肠外科医生的垂爱<sup>[11-12]</sup>。国外指南已充分肯定腹腔镜结直肠癌根治术的价值<sup>[13]</sup>。然而, 该技术仍存在一定的缺陷, 如可引起患者体位不适、操作器械的灵活性差及依赖二维平面成像影响深度感知等, 这些缺陷限制了腹腔镜在精细手术中的应用。近年来, 随着医学技术的快速发展, 达芬奇机器人系统问世, 弥补了腹腔镜技术的不足, 该系统具有操作器械灵活、人性化操作平台、三维立体成像、除手颤抖功能等, 使手术更为精准与安全。然而, 达芬奇机器人系统因技术要求高、设备昂贵、可及性差等限制<sup>[14]</sup>, 在结直肠癌治疗领域的相关报道较少。鉴于此, 本研究前瞻性分析达芬奇机器人辅助下结直肠癌根治术对患者围手术

期指标、胃肠功能、氧化应激等的影响, 以期为结直肠癌根治术患者术后康复提供参考依据。

本研究中, 研究组术后住院时间、术中出血量、术后首次排气时间、术后首次排便时间均少于对照组, 手术时长、淋巴结清扫数目均多于对照组。分析其原因为初始阶段临床医师对机器人操作的熟练程度低, 装载机器人机械臂耗时长, 随着操作的熟练、经验的积累, 从建立气腹至完成机械臂安装, 耗时约 15 min; 达芬奇机器人系统具有过滤震颤功能, 高清视野扩大 10~15 倍, 相比于直视, 三维视野更舒适, 能清晰暴露手术所需的间隙平面, 降低神经、血管误损伤风险, 从而减少术中出血量; 相比于腹腔镜手术, 达芬奇机器人更易于游离 Toldt 筋膜间隙的结肠系膜, 防止深部分离 Gerota 筋膜而损伤上腹下丛、腹腔丛等自主神经, 从而进行更彻底的淋巴结清扫<sup>[15]</sup>。机器人手术中使用的器械更小、更灵活, 对患者的创伤也更小, 术后恢复期更短。既往研究表明, 与胸腔镜肺癌根治术相比, 达芬奇机器人系统术后住院时间更短、淋巴结清扫更彻底、术中出血量少, 与本研究报道类似<sup>[16]</sup>。相关研究指出, 胃肠蠕

动受机体神经内分泌激素等调控,其中胃动素、胃泌素与胃肠蠕动关系密切,胃泌素可促进胃液分泌,增强消化道运动与胃体收缩,而胃动素可促进胃肠蠕动,有助于提高肠内容物通过速度<sup>[17]</sup>。本研究中,研究组术后3 d血清胃动素、胃泌素水平更高,分析其原因为由于达芬奇机器人手术具有更好的三维立体成像能力,医生在手术中能更准确地定位和判断组织,从而降低对周围组织的影响,同时对胃肠功能的影响更小。临床研究中,SOD、MDA常用于反映机体氧化应激水平,SOD具有保护细胞功能、清除氧自由基的作用;此外,MDA还可反映组织受损程度<sup>[18]</sup>。赵胜等<sup>[19]</sup>研究表明,腹腔镜气腹、麻醉药物所引起的缺血再灌注损伤可造成血清SOD水平降低、MDA水平升高,而其降低、升高与手术创伤程度相关。本研究中,术后3 d,研究组血清SOD水平更高、血清MDA水平更低。分析其原因为机器人手术与传统的腹腔镜手术相比创伤更小、手术操作更精确,可能对机体发生氧化应激一定的抑制作用。相关研究表明,手术创伤会损伤或抑制胃肠功能,抑制程度与手术创伤程度密切相关,与此同时,应激会影响机体对营养元素的摄入与能量代谢,而RBP、TRF均可反映机体能量代谢状态、转归及预后<sup>[20]</sup>。本研究中,术后3 d,研究组血清RBP、TRF水平更高。分析其原因为机器人术中使用的可视化技术、气腹技术也有助于消除肠道松弛和向前移动,使手术操作更稳定和准确,可进一步缩小能量波动范围;术后3 d,研究组血清TNF- $\alpha$ 、hs-CRP水平更低,其原因可能为机器人手术相对于腹腔镜手术,具有手术创伤更小、组织损伤更少、手术操作更精确等优点,这些因素有助于减轻术后炎症反应。国内研究指出,达芬奇机器人手术可减轻局限性前列腺癌患者的炎症反应<sup>[21]</sup>,与本研究结果相似。本研究中,两组并发症总发生率无差异,提示达芬奇机器人辅助下结直肠癌根治术具有良好的安全性。分析其原因为达芬奇机器人手术系统可提供清晰、三维血管成像和放大视野等技术,帮助医生更精准地切除病变组织,避免误伤健康组织<sup>[22-23]</sup>。此外,机器人系统也可提供更平滑的手术操作,降低术中误触患者的可能性。既往研究证实,达芬奇机器人手术系统辅助保留幽门及迷

走神经的胃部分切除术安全可行,进一步证实了达芬奇机器人的安全性<sup>[24]</sup>。本研究中机器人组手术时长明显长于腹腔镜组,这一现象在机器人手术推广初期较为常见,原因主要包括机器人系统的安装与停靠耗时、器械与台位布置流程较复杂、主刀及配合团队处于学习曲线期及首次病例常选择较复杂的解剖或病变以验证技术可行性等。需强调的是手术时长并不是放弃或阻碍机器人手术临床推广的决定性因素:机器人手术在淋巴结清扫、术中出血量与术后恢复上的优势,可能在总体医疗资源利用上部分抵消单台手术时长增加带来的影响<sup>[25]</sup>。为实现该技术的可持续推广,应减少可改进环节的耗时并优化学习曲线;通过规范化培训、术前精细化设计与标准化手术流程,在保证安全与疗效的前提下显著缩短手术时长,可让机器人手术更容易被临床接受与应用。

综上所述,达芬奇机器人辅助下结直肠癌根治术可促进患者康复,改善患者胃肠功能、减轻氧化应激、炎症反应、抑制能量代谢波动,且安全性良好。本研究样本量较少可能影响结论的普遍性,未来研究可扩大样本量或进行多中心研究,以增加结果的可信度;其次,研究主要关注围手术期指标与短期疗效,对于患者的长期疗效及预后仍待后续评估。

#### 参 考 文 献 :

- [1] PATEL S G, KARLITZ J J, YEN T, et al. The rising tide of early-onset colorectal cancer: a comprehensive review of epidemiology, clinical features, biology, risk factors, prevention, and early detection[J]. *Lancet Gastroenterol Hepatol*, 2022, 7(3): 262-274.
- [2] FAN A H, WANG B D, WANG X, et al. Immunotherapy in colorectal cancer: current achievements and future perspective[J]. *Int J Biol Sci*, 2021, 17(14): 3837-3849.
- [3] ZENG S, WU W H, ZHANG X B, et al. The significance of anatomical variation of the inferior mesenteric artery and its branches for laparoscopic radical resection of colorectal cancer: a review[J]. *World J Surg Oncol*, 2022, 20(1): 290.
- [4] 刘梦雨,孙晓乔,霍蕊. 直肠癌保肛术后低位前切除综合征患者管理的最佳证据总结[J]. *中华全科医学*, 2025, 23(9): 1591-1594.
- [5] ZHANG J X, DENG L Q, WANG X M, et al. Effect of forced-air warming blanket on perioperative hypothermia in elderly patients undergoing laparoscopic radical resection of colorectal cancer[J]. *Ther Hypothermia Temp Manag*, 2022, 12(2): 68-73.
- [6] 胡亚男,王秋童,何凤蝶,等. 中国成人自报结直肠癌患者生活方式研究[J]. *中华全科医学*, 2023, 21(2): 279-282.

- [7] 中华人民共和国国家卫生和计划生育委员会. 结肠癌规范化诊疗指南(试行)[J]. 中国医学前沿杂志(电子版), 2013(8): 50-55.
- [8] 中国医师协会结直肠肿瘤专业委员会机器人手术专业委员会, 中国研究型医院学会机器人与腹腔镜外科专业委员会. 机器人结直肠癌手术中国专家共识(2020版)[J]. 中华结直肠疾病电子杂志, 2021, 10(1): 16-25.
- [9] 韩方海, 谢焯权. 腹腔镜和达芬奇机器人辅助下结肠癌手术的功能保存[J]. 结直肠肛门外科, 2024, 30(5): 520-526.
- [10] 王旻. 中晚期直肠癌术中放疗的发展现状[J]. 中国现代医学杂志, 2023, 33(2): 1-5.
- [11] LIN Y, SUN Y W, LIN H M, et al. Prediction of prolonged resolution of chylous ascites after radical D3 resection for colorectal cancer: a population-based experience from a high-volume center[J]. *Eur J Surg Oncol*, 2022, 48(1): 204-210.
- [12] ZHANG Y, YAO Q, HU Z L, et al. Comparative study of overlap anastomosis and traditional anastomosis in total laparoscopic radical resection of left colon cancer[J]. *J BUON*, 2021, 26(2): 521-527.
- [13] BENSON A B, VENOOK A P, AL-HAWARY M M, et al. Colon cancer, version 2.2021, NCCN clinical practice guidelines in oncology[J]. *J Natl Compr Canc Netw*, 2021, 19(3): 329-359.
- [14] 田红, 杨梓含, 李颖, 等. 达芬奇机器人手术器械清洗消毒灭菌研究现状及展望[J]. 中国感染控制杂志, 2023, 22(4): 484-488.
- [15] 张杰, 宋巍, 李智德, 等. 第4代达芬奇机器人手术系统辅助腹腔镜肝包虫外囊完整剥除术的临床疗效[J]. 中华消化外科杂志, 2023, 22(4): 546-551.
- [16] 张真发, 岳东升, 王勐, 等. 达芬奇机器人系统与胸腔镜在肺癌根治术中的近期疗效比较及经验探讨[J]. 中国肿瘤临床, 2021, 48(10): 511-515.
- [17] XU C F, LIU Z L, XIAO J W. Ferroptosis: a double-edged sword in gastrointestinal disease[J]. *Int J Mol Sci*, 2021, 22(22): 12403.
- [18] WANG D H, WANG T, ZHU M, et al. A preliminary study on the relationship between serum heparan sulfate and cancer-related cognitive impairment: the moderating role of oxidative stress in patients with colorectal cancer[J]. *Curr Oncol*, 2022, 29(4): 2681-2694.
- [19] 赵胜, 许建华, 魏世东, 等. 单切口腹腔镜结肠癌根治术治疗结肠癌疗效及对丙二醛、超氧化物歧化酶、去甲肾上腺素、肾上腺素水平的影响[J]. 中华实验外科杂志, 2022, 39(11): 2201-2204.
- [20] 苏德望, 朱艳丽, 杜井峰, 等. 腹腔镜结肠癌根治术对结肠癌患者氧化应激及能量代谢的影响[J]. 重庆医学, 2019, 48(10): 1787-1789.
- [21] 贺加贝, 孙晓琼, 董柏君, 等. 冷冻消融术和达芬奇机器人辅助手术对局限性前列腺癌患者术后凝血和纤溶功能的影响[J]. 上海医学, 2022, 45(1): 17-21.
- [22] 王铭含, 陈语, 杜慧江, 等. 增强现实在达芬奇手术机器人系统中的应用进展[J]. 机器人技术与应用, 2025(1): 53-56.
- [23] CELOTTO F, RAMACCIOTTI N, MANGANO A, et al. Da Vinci single-port robotic system current application and future perspective in general surgery: a scoping review[J]. *Surg Endosc*, 2024, 38(9): 4814-4830.
- [24] 张驰, 魏茂华, 曹亮, 等. 达芬奇机器人手术系统辅助保留幽门及迷走神经的胃部分切除术[J]. 中华胃肠外科杂志, 2021, 24(9): 814-818.
- [25] 周全博, 赵帅亚, 陈栋力, 等. 达芬奇机器人与程序化理念指导右半结肠癌根治术在进修医师专业化培训中的应用[J]. 全科医学临床与教育, 2025, 23(6): 534-537.

(童颖丹 编辑)

**本文引用格式:** 胡建, 龚航军, 韩刚, 等. 达芬奇机器人辅助下结肠癌根治术对患者围手术期指标、胃肠功能及氧化应激的影响[J]. 中国现代医学杂志, 2026, 36(2): 78-84.

**Cite this article as:** HU J, GONG H J, HAN G, et al. Effects of Da Vinci robot-assisted radical resection for colorectal cancer on perioperative parameters, gastrointestinal function and oxidative stress[J]. *China Journal of Modern Medicine*, 2026, 36(2): 78-84.