doi:10.11659/jjssx.08E025073

·临床研究·

可降解吻合器在肠道手术中的应用效果分析

姚 粮,张淇惠,姬海亮 (黑龙江省第二医院普外科,黑龙江 哈尔滨 150001)

[摘 要] **目的** 探讨可降解吻合器在肠道手术中的临床应用价值。**方法** 以2020年8月至2024年8月在我院进行肠道手术的100例患者为研究对象,按随机数字表法将其分为可降解吻合器组(n=50)和传统吻合器组(n=50)。比较2组患者术后1个月内并发症发生率及病死率;比较2组患者术后肛门不适感视觉模拟量表(VAS)评分、排便习惯、生活质量综合评定问卷(GQOLI-74)评分、住院时间、医疗成本及满意度。**结果** 入组的100例患者均完成肠道手术及术后随访,无患者失访。可降解吻合器组患者术后1个月内并发症总发生率低于传统吻合器组(P<0.05);2组患者术后1个月内病死率比较,差异无统计学意义(P>0.05)。术后1个月,2组患者肛门不适感VAS评分均低于术后24 h(P<0.05),可降解吻合器组患者肛门不适感VAS评分低于传统吻合器组(P<0.05)。术后1个月,2组患者每日排便次数少于术后24 h(P<0.05),非正常排便性状、排便费力、便意不尽感患者比例均低于术后24 h(P<0.05),可降解吻合器组患者每日排便次数少于传统吻合器组(P<0.05),非正常排便性状、便意不尽感患者比例均低于传统吻合器组(P<0.05)。术后1个月,2组患者躯体功能、心理功能、社会功能、物质生活状态评分及GQOLI-74总评分均高于术后24 h(P<0.05),且可降解吻合器组上述指标评分均高于传统吻合器组(P<0.05)。可降解吻合器组患者住院时间显著短于传统吻合器组(P<0.05),医疗成本显著低于传统吻合器组(P<0.05),术后满意度优于传统吻合器组(P<0.05)。**结论** 可降解吻合器在降低肠道手术患者术后并发症发生率、改善排便习惯及生活质量方面均优于传统吻合器,可缩短肠道手术患者住院时间,减少医疗成本,并提高整体满意度。

[关键词] 肠道手术;可降解吻合器;术后并发症;生活质量
[中图分类号] R608 [文献标志码] A [收稿日期] 2025-08-19

Clinical efficacy of biodegradable anastomotic device in intestinal surgery

YAO Liang, ZHANG Qi-hui, JI Hai-liang (Department of General Surgery, Second Hospital of Heilongjiang Province, Harbin Heilongjiang 150001, China)

Abstract: Objective To investigate the clinical application value of biodegradable anastomotic device in intestinal surgery. **Methods** A total of 100 patients who underwent intestinal surgery in our hospital from August 2020 to August 2024 were enrolled and randomly divided into the biodegradable anastomotic device group (n=50) and the conventional anastomotic device group (n=50) using a random number table

[基金项目] 黑龙江省卫生健康委科研课题(20240404010488)
[通信作者] 姬海亮,E-mail:jihailiang408@163.com

[13] Hu H, Zhou M, Yang B, et al. A systematic review on the role of repeat transurethral resection after initial en bloc resection for non-muscle invasive bladder cancer[J]. J Clin Med, 2022, 11(17): 5049. doi:10.3390/jcm11175049.
[14] 汪 月,曾蜀雄,王子威,等. 经尿道膀胱肿瘤整块切除术创新及诊疗进展[J]. 临床泌尿外科杂志,2023,38(12):924-928. doi:10.13201/j.issn.1001-1420.2023.12.007.
[15] Gao W. Current laser application in En bloc resection of bladder tumor: a narrative literature review[J]. World J Surg Oncol, 2025, 23(1):165. doi:10.1186/s12957-025-03815-0.
[16] Hagimoto H, Makita N, Mine Y, et al. Comparison between 5-aminolevulinic acid photodynamic diagnosis and narrow-band imaging for bladder cancer detection[J]. BMC Urol, 2021, 21(1):180. doi:10.1186/s12894-021-00946-w.
[17] Liang H, Yang Q, Sun H, et al. The vascular and morphological characteristics of tumors under narrow-band imaging as predictors for the grade and stage of bladder cancer: a prospective and multi-center study[J]. Ann Med, 2023, 55(2): 2281656. doi: 10.1080/07853890.2023.2281656.
[18] Fan Z, Shi H, Luo J, et al. Diagnostic and therapeutic effects of fluorescence cystoscopy and narrow-band imaging in bladder cancer: a systematic review and network meta-analysis[J]. Int J Surg, 2023, 109(10):3169-3177. doi:10.1097/JS9.0000000000000592.
[19] Enikeev D, Morozov A, Shpikina A, et al. A 10-year renaissance of en bloc resection of bladder tumors (ERBT): are we approaching the peak or is it back to the trough?[J]. World J Urol, 2023, 41(10): 2607-2615. doi:10.1007/s00345-023-04439-3.
[20] Diana P, Gallioli A, Fontana M, et al. Energy source comparison in en-bloc resection of bladder tumors: subanalysis of a single-center prospective randomized study[J]. World J Urol, 2023, 41(10): 2591-2597. doi:10.1007/s00345-022-04042-y.
[21] 付 炯,贾 锐,杜一鸣,等. 等离子电切剜除联合吉西他滨局部灌注治疗浅表膀胱癌的效果分析[J]. 局解手术学杂志,2020,29(6):456-460. doi:10.11659/jjssx.02E020008.

(编辑:魏 源)

method. The incidence of complications and mortality within 1 month after surgery, visual analogue scale (VAS) score of postoperative anal discomfort, defecation habits, generic quality of life inventory-74 (GQOLI-74) score, length of hospital stay, medical costs and satisfaction were compared between the two groups. **Results** All 100 enrolled patients completed intestinal surgery and postoperative follow-up without loss to follow-up. The total incidence of complications within 1 month after surgery in the biodegradable anastomotic device group was lower than that in the conventional anastomotic device group ($P<0.05$). There was no significant difference in mortality within 1 month after surgery between the two groups ($P>0.05$). At 1 month after surgery, the VAS scores of anal discomfort in both groups were lower than those at 24 hours after surgery ($P<0.05$), and the VAS score in the biodegradable anastomotic device group was lower than that in the conventional anastomotic device group ($P<0.05$). At 1 month after surgery, the daily defecation frequencies in both groups were lower than those at 24 hours after surgery ($P<0.05$), and the proportions of patients with abnormal stool consistency, difficult defecation and sensation of incomplete defecation were lower than those at 24 hours after surgery ($P<0.05$). The daily defecation frequency in the biodegradable anastomotic device group was lower than that in the conventional anastomotic device group ($P<0.05$), and the proportions of patients with abnormal stool consistency and sensation of incomplete defecation were lower than those in the conventional anastomotic device group ($P<0.05$). At 1 month after surgery, the scores of physical function, psychological function, social function, material life status and total GQOLI-74 score in both groups were higher than those at 24 hours after surgery ($P<0.05$), and the scores of all the above indicators in the biodegradable anastomotic device group were higher than those in the conventional anastomotic device group ($P<0.05$). Compared with the conventional anastomotic device group, the biodegradable anastomotic device group had a significantly shorter length of hospital stay, lower medical costs and higher postoperative satisfaction ($P<0.05$). **Conclusion** Biodegradable anastomotic device is superior to conventional anastomotic device in reducing the incidence of postoperative complications, improving defecation habits and quality of life in patients undergoing intestinal surgery, which can shorten the length of hospital stay, reduce medical costs and improve overall satisfaction.

Keywords: intestinal surgery; biodegradable anastomotic device; postoperative complications; quality of life

在肠道手术中吻合残余肠管是关键环节,其吻合质量直接关系到手术治疗效果及患者术后恢复情况[1]。与传统手工缝合相比,吻合器可快速、精准完成肠道断端缝合,并有效减少肠道手术时间、组织损伤和术中出血[2]。尽管传统吻合器在肠道手术中展现出诸多优势,但其通常由金属材料制成,术后会永久留存于患者体内,易引发局部组织器官的炎症反应、组织相容性等问题[3]。可降解吻合器的研发为解决传统吻合器的上述弊端提供了新的思路和方向。由生物可降解材料制成的可降解吻合器不仅能有效吻合肠道手术残端,还能避免吻合器永久留存在体内带来的潜在风险[4]。但可降解吻合器在临床应用中仍处于起步阶段,特别是在肠道手术等外科领域中的应用安全性、有效性仍需进一步验证[5]。基于上述背景,本研究旨在系统评估可降解吻合器在肠道手术患者中的临床应用价值,以期为该类患者吻合器的选择提供科学客观的参考依据。

1 资料与方法

1.1 临床资料

本研究为随机对照研究,选取2020年8月至2024年8月在我院接受肠道手术的100例患者作为研究对象。纳入标准:①年龄≥18岁;②经临床症状、体征、影像学及病理检查确诊需行择期肠道手术,非急诊手术。排除标准:①合并严重心、肝、肾等重要脏器功能障碍;②存在凝血功能障碍;③对吻合器材料过敏;④有精神疾病或认知功能障碍,无法配合术后随访及问卷调查;⑤妊娠期或哺乳期女性。本研究已通过我院伦理委员会审批[批准号:医学伦理2020第(21)号],所有患者及家属均自愿参与本研究并签署知情同意书。

采用随机数字表法将100例患者分为可降解吻合器组和传统吻合器组,每组50例。2组患者年龄、性别、体质量指数、基础病、原发病类型、手术类型、手术时间、术中出血量等基础临床特征比较,差异均无统计学意义($P>0.05$),2组均衡可比。

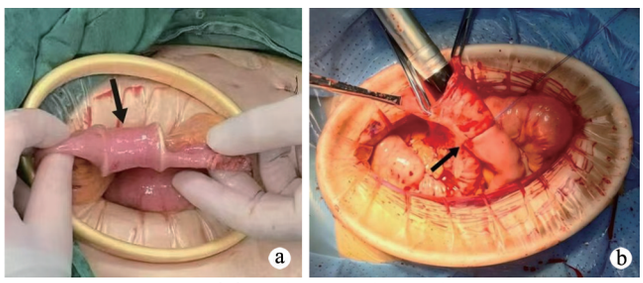
1.2 手术方法

所有手术均由我院3名高年资胃肠外科主任医师执行(主刀经验≥15年,近3年主刀肠道手术≥200例/年,使用可降解吻合器的经验≥50例),确保手术操作的规范性和一致性。

可降解吻合器组:根据患者肠道病变部位及肠管直径,选择合适规格的生物可降解吻合环(美国柯惠公司)行端端吻合。手术过程先常规切除病变肠段,彻底清理肠道断端,确保无残留组织和粪便。将近端及远端肠管断端分别套置于吻合器两侧凹槽处并予固定,使两端肠壁均匀对位、紧密贴合(图1a)。完成肠道吻合后仔细检查吻合口的完整性和吻合质量,确保吻合口无出血、无漏液,随后用生理盐水冲洗腹腔,清除残留的组织碎片和血液。

传统吻合器组:选用临床上常用的金属材质吻合

器,不区分具体吻合器品牌。手术过程及吻合器应用过程与可降解吻合器组相同(图1b)。确保吻合口无出血、无漏液后用生理盐水冲洗腹腔。



a:可降解吻合器;b:传统吻合器

图1 应用可降解吻合器和传统吻合器的手术示例

1.3 观察指标

所有入组患者均完成肠道手术及术后1个月的随访及检查。主要观察指标:患者术后1个月内吻合口出血、吻合口瘘、肠梗阻等并发症发生率及病死率。次要观察指标:①肛门不适感。分别于术后24 h、术后1个月采用视觉模拟量表(visual analogue scale,VAS)评估患者的肛门不适感[6],总分0~10分,分数越高表示不适感越强烈。②排便习惯。分别于术后24 h、术后1个月通过问卷调查法了解2组患者排便习惯的改变,包括每日排便次数、排便性状、排便是否费力、有无便意不尽感。③生活质量。分别于术后24 h、术后1个月运用生活质量综合评定问卷(generic quality of life inventory-74, GQOLI-74)评估患者的生活质量[7]。GQOLI-74问卷涵盖躯体功能、心理功能、社会功能和物质生活状态4个维度,各维度评分及总评分均转换为0~100分的标准评分,得分越高表明患者的生活质量越好。④住院时间及医疗成本。住院时间定义为从手术当天至患者出院的时间;医疗成本涵盖患者手术费用、吻合器费用、住院期间的药品费用、检查费用、护理费用等直接医疗成本。⑤满意度。于患者出院时采用本院基于Likert5级评分法自制的术后患者满意度调查量表进行评估,该量表涵盖手术效果、疼痛控制、住院体验、医疗费用、医护服务质量5个维度,每个维度评分1~5分:1分为非常不满意,2分为不满意,3分为一般满意,4分为满意,5分为非常满意;总分为各维度得分均值,得分越高表示满意度越高。

1.4 统计学方法

使用SPSS 26.0统计学软件对数据进行分析处理。符合正态分布的计量资料以均数±标准差($\bar{x}\pm s$)表示,组间比较采用独立样本t检验;不符合正态分布的计量资料以中位数(四分位间距)[$M(Q_1,Q_3)$]表示,组间比较采用*Mann-Whitney U*检验;治疗前后比较均采用重复测量方差分析。计数资料及等级资料用率(%)表示,组间比较采用χ^2检验,当理论频数小于5时采用校正χ^2检验或*Fisher*确切概率法,等级资料比较采用秩和检验。以α=0.05为检验水准,以P<0.05为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 术后并发症发生率及病死率比较

可降解吻合器组患者术后1个月内并发症总发生率低于传统吻合器组,差异具有统计学意义(P<0.05);2组患者术后1个月内病死率比较,差异无统计学意义(P>0.05),见表1。

表1 2组患者术后并发症及预后情况比较[例(%)]

组别	n	术后并发症				死亡
		吻合口出血	吻合口瘘	肠梗阻	合计	
可降解吻合器组	50	3(6.0)	1(2.0)	0(0)	4(8.0)	0(0)
传统吻合器组	50	7(14.0)	4(10.0)	1(2.0)	12(24.0)	1(2.0)
χ^2/*Fisher*		1.778	-	-	4.762	-
P		0.182	0.359	1.000	0.029	1.000

-:*Fisher*精确检验

2.2 肛门不适感比较

2组患者术后24 h肛门不适感VAS评分比较,差异无统计学意义(P>0.05);术后1个月,2组患者肛门不适感VAS评分均低于术后24 h(P<0.05),且可降解吻合器组患者肛门不适感VAS评分低于传统吻合器组(P<0.05),见表2。

表2 2组患者肛门不适感VAS评分比较[$M(Q_1,Q_3)$,分]

组别	n	术后24 h	术后1个月
可降解吻合器组	50	7(6,7)	2(2,3)*
传统吻合器组	50	7(6,8)	3(3,4)*
Z		0.920	4.338
P		0.358	<0.001

*:与术后24 h比较,P<0.05

2.3 排便习惯比较

2组患者术后24 h各项排便习惯比较,差异均无统计学意义(P>0.05);术后1个月,2组患者每日排便次数少于术后24 h(P<0.05),非正常排便性状、排便费力、便意不尽感患者比例均低于术后24 h(P<0.05),可降解吻合器组患者每日排便次数少于传统吻合器组(P<0.05),非正常排便性状、便意不尽感患者比例均低于传统吻合器组(P<0.05),见表3。

2.4 生活质量比较

术后24 h,2组患者GQOLI-74各维度评分及总评分比较,差异均无统计学意义(P>0.05)。术后1个月,2组患者躯体功能、心理功能、社会功能、物质生活状态评分及GQOLI-74总评分均高于术后24 h(P<0.05),

表3 2组患者排便习惯比较[$M(Q_1,Q_3)$]

组别	n	每日排便次数(次)		非正常排便性状[例(%)]		排便费力[例(%)]		便意不尽感[例(%)]	
		术后24 h	术后1个月	术后24 h	术后1个月	术后24 h	术后1个月	术后24 h	术后1个月
可降解吻合器组	50	4(3,4)	2(2,2)*	32(64.0)	10(20.0)*	15(30.0)	4(8.0)*	20(40.0)	3(6.0)*
传统吻合器组	50	4(3,4)	2(2,3)*	31(62.0)	20(40.0)*	17(34.0)	8(16.0)*	21(42.0)	11(22.0)*
Z/χ^2		0.589	4.749	0.043	4.762	0.184	1.515	0.041	5.316
P		0.556	<0.001	0.836	0.029	0.668	0.218	0.839	0.021

*:与术后24 h比较,P<0.05

且可降解吻合器组上述指标评分均高于传统吻合器组(P<0.05),见表4。

表4 2组患者生活质量GQOLI-74评分比较($\bar{x}\pm s$,分)

项目	时间	可降解吻合器组(n=50)	传统吻合器组(n=50)	t	P
躯体功能	术后24 h	63.66±6.00	63.62±7.31	0.030	0.976
	术后1个月	79.80±8.67*	73.48±8.62*	3.655	<0.001
心理功能	术后24 h	62.38±7.74	64.16±6.99	1.206	0.231
	术后1个月	77.74±9.14*	74.00±7.35*	2.256	0.026
社会功能	术后24 h	64.84±6.11	65.20±7.70	0.259	0.796
	术后1个月	78.44±7.01*	74.82±6.71*	2.638	0.010
物质生活状态	术后24 h	67.12±6.87	66.66±6.84	0.336	0.738
	术后1个月	78.12±7.59*	73.86±7.28*	2.863	0.005
总评分	术后24 h	64.50±3.25	64.91±3.63	0.595	0.553
	术后1个月	78.53±3.85*	74.04±3.82*	5.844	<0.001

*:与术后24 h比较,P<0.05

2.5 住院时间及医疗成本比较

可降解吻合器组患者住院时间短于传统吻合器组,医疗成本低于传统吻合器组,差异均有统计学意义(P<0.05),见表5。

表5 2组患者住院时间及医疗成本比较

组别	n	住院时间(d)	医疗成本(元)
可降解吻合器组	50	11.00±2.44	24 135.90±3 446.14
传统吻合器组	50	12.24±1.93	26 956.02±4 124.44
t		2.816	3.710
P		0.006	<0.001

2.6 满意度比较

可降解吻合器组患者术后满意度优于传统吻合器组(P<0.05),见表6。

表6 2组患者满意度比较[例(%)]

组别	n	非常满意	满意	一般	不满意	非常不满意
可降解吻合器组	50	24(48.0)	23(46.0)	3(6.0)	0(0)	0(0)
传统吻合器组	50	16(32.0)	22(44.0)	11(22.0)	1(2.0)	0(0)
Z			2.302			
P			0.021			

3 讨论

本研究中可降解吻合器组患者术后并发症总发生率为8.0%,显著低于传统吻合器组的24.0%,提示可降解吻合器在减少肠道手术患者术后并发症方面具有明显优势。既往研究表明,传统吻合器的金属钉长期存在于体内会引发机体的免疫反应,导致局部炎症细胞浸润及炎症因子表达水平升高,进而影响吻合口的愈合,增加吻合口瘘、出血等并发症的风险[8-9]。而可降解吻合器的降解特性可使其在肠道吻合口愈合过程中随着组织的修复逐渐失去机械强度,避免对愈合组织的持续压迫和束缚[10]。因此,相比于金属吻合器,可降解吻合器可为吻合口愈合提供更为适宜的力学环境,减少力学因素导致的并发症。

在肠道手术患者术后排便习惯改善方面,可降解吻合器也表现出明显的优势。本研究结果提示,可降解吻合器组患者术后1个月每日排便次数少于传统吻合器组,且非正常排便性状和便意不尽感改善程度也优于传统吻合器组。同时,可降解吻合器组患者躯体功能、心理功能、社会功能、物质生活状态评分均高于传统吻合器组,表明可降解吻合器能更有效地提高肠道手术患者术后的生活质量。既往研究表明,术后炎症反应会导致肠道手术患者身体疲劳、疼痛等不适症状[11]。而可降解吻合器通过减轻炎症反应,有效缓解了这些不适症状,进而提高了患者的躯体功能水平[12]。传统吻合器所用金属钉会永久留存于体内,易使患者因担忧体内金属异物产生远期不良健康影响,进而诱发焦虑、抑郁等心理问题[13-14]。而可降解吻合器在完成吻合任务后可逐渐降解,并被人体吸收或排出体外,避免了这种心理负担。因此,可降解吻合器的应用可有效减轻患者的心理压力,使患者能够保持更积极的心态面对术后康复,从而提高心理功能维度的生活质量评分。虽然可降解吻合器的材料费用相对较高,但本研究结果显示,可降解吻合器组患者的总体医疗成本低于传统吻合器组,这可能是因为可降解吻合器降低了术后并发症的发生率,减少了患者因并发症而需要进行治疗的额外费用[15]。综上可知,可降解吻合器通过减少术后并发症、促进吻合口愈合、减轻患者心理负担等多种途径显著提升了肠道手术患者的生活质量,为患者术后全面康复、回归正常生活状态提供了有力支撑。

本研究结果还显示,可降解吻合器能显著减轻患者术后肛门不适感。2组患者术后24 h肛门不适感

VAS评分无统计学差异,这可能与手术创伤本身导致的疼痛有关;而术后1个月可降解吻合器组患者肛门不适感VAS评分显著低于传统吻合器组,其核心机制在于可降解吻合器的逐步降解特性避免了金属钉对直肠黏膜的持续机械刺激,从而减少了慢性炎症反应。传统金属吻合钉长期留存于直肠壁内,会反复刺激黏膜神经末梢,导致肛门坠胀、刺痛等不适感持续存在;而可降解吻合器在术后2~3周开始逐步降解,吻合口周围的炎症反应随之消退,肛门不适感也随之快速缓解。

此外,可降解吻合器组患者的术后满意度显著高于传统吻合器组,该结果可能是多因素共同作用的体现:首先可降解吻合器降低了术后并发症发生率,减少了因并发症带来的痛苦与额外医疗负担;其次,可降解吻合器能更快改善患者的排便功能与生活质量,使患者更早回归正常生活;此外,可降解吻合器避免了金属异物永久留存体内的心理顾虑,减轻了患者的远期心理负担。

但本研究整体样本量相对较小,可能无法全面反映可降解吻合器在不同人群、不同病情的肠道手术患者中的应用效果。在未来的研究中应进一步扩大样本量,纳入更多中心、更多类型的肠道手术治疗患者,以提高研究结果的可靠性。其次,本研究的随访时间较短,仅观察到术后1个月,对于可降解吻合器的长期安全性和有效性,如吻合器完全降解所需时间、降解产物对人体的长期影响、远期并发症的发生情况等尚缺乏系统性研究。后续研究可延长随访时间,对接受可降解吻合器的肠道手术患者进行更长期的跟踪观察,以全面评估可降解吻合器的长期效果。

综上所述,本研究发现可降解吻合器在降低肠道手术患者术后并发症发生率、改善排便习惯及生活质量方面均优于传统吻合器组,且可缩短肠道手术患者住院时间、减少医疗成本,并提高整体满意度,这为可降解吻合器在肠道手术中的临床应用提供了有力证据。

[参考文献]

[1] 崔建勋,陆启瑜,马 俊,等. 结直肠手术术前肠道准备与术后吻合口漏关系的研究进展[J]. 结直肠肛门外科,2022,28(5):518-522. doi:10.19668/j.cnki.issn1674-0491.2022.05.023.

[2] Wang H, Ge W, Liu C, et al. Design and performance evaluation of a powered stapler for gastrointestinal anastomosis [J]. Minim Invasive Ther Allied Technol, 2022, 31(4): 595-602. doi: 10.1080/13645706.2020.1867585.

[3] Baek SK. Extracorporeal versus intracorporeal anastomosis for right colon cancer surgery[J]. J Minim Invasive Surg, 2022, 25(3): 91-96. doi: 10.7602/jmis.2022.25.3.91.

[4] Shan T, Yan J, Zhang X, et al. In vitro and in vivo evaluation of effects of high-purity magnesium on tight junction of intestinal epithelial cell [J]. J Appl Biomater Funct Mater, 2023, 21: 22808000231165281. doi: 10.1177/22808000231165281

[5] Zhang Y, Cao J, Lu M, et al. A biodegradable magnesium surgical staple for colonic anastomosis: in vitro and in vivo evaluation [J]. Bioact Mater, 2022, 22: 225-238. doi: 10.1016/j.bioactmat.2022.09.023.

[6] McCurdy JD, Crooks P, Gwaltney C, et al. Development of a new patient-reported outcome measure for complex cryptoglandular fistulas (20-Item complex cryptoglandular fistula questionnaire™): a qualitative study[J]. J Patient Rep Outcomes, 2024, 8(1): 99. doi: 10.1186/s41687-024-00729-5.

[7] Zheng Y, Lei F, Liu B. Cancer diagnosis disclosure and quality of life in elderly cancer patients [J]. Healthcare, 2019, 7(4): 163. doi: 10.3390/healthcare7040163.

[8] Lee KY, Lee J, Park YY, et al. The effect of circular stapler size on anastomotic stricture formation in colorectal surgery: a propensity score matched study [J]. PLoS One, 2023, 18(10): e0287595. doi: 10.1371/journal.pone.0287595.

[9] Na B, Kang CH, Na KJ, et al. Risk factors of anastomosis stricture after esophagectomy and the impact of anastomosis technique [J]. Ann Thorac Surg, 2023, 115(5): 1257-1264. doi: 10.1016/j.athoracsur.2023.01.026.

[10] Mao L, Cai X, Hu Z, et al. Structural design of biodegradable mg gastrointestinal anastomosis staples for corrosion and mechanical strength analysis[J]. ACS Appl Bio Mater, 2025, 8(4): 3404-3415. doi: 10.1021/acsabm.5c00143.

[11] Lu S, Wang P, Wang Q, et al. Biodegradable high-nitrogen iron alloy anastomotic staples: in vitro and in vivo studies [J]. Bioact Mater, 2024, 40: 34-46. doi: 10.1016/j.bioactmat.2024.06.005.

[12] Sun D, Zhang R, Wei M, et al. Comparison between linear stapler and circular stapler after laparoscopic-assisted distal gastrectomy in patients with gastric cancer [J]. Front Surg, 2022, 9: 858236. doi: 10.3389/fsurg.2022.858236.

[13] Meissner M, Lichtnegger S, Gibson S, et al. Evaluating the waste prevention potential of a multi- versus single-use surgical stapler[J]. Risk Manag Healthc Policy, 2021, 14: 3911-3921. doi: 10.2147/RMHP.S325017.

[14] Garoufalia Z, Emile SH, Zhou P, et al. Stapler size independently predicts postoperative complications following stapled ileocolic anastomosis: a retrospective cohort study[J]. Colorectal Dis, 2024, 26(2): 348-355. doi: 10.1111/codi.16841.

[15] Moursi AGA, Rohleder S, Christofi M, et al. Intestinal anastomosis during enterostomy takedown using a 5 mm miniature endostapler compared to conventional handsewn technique [J]. J Pediatr Surg, 2025, 60(3): 162041. doi: 10.1016/j.jpedsurg.2024.162041.

(编辑:魏 源)