

## 腹腔镜下结直肠癌术中器官和结构损伤与功能保护\*

宋望<sup>1,2</sup>, 李聪<sup>1,2</sup>, 李天宇<sup>1,2</sup>, 王胜<sup>1,2Δ</sup>

1 复旦大学附属肿瘤医院大肠外一科 上海 200032

2 复旦大学上海医学院肿瘤学系 上海 200032

Δ通信作者, E-mail: Wangs601@163.com

**[摘要]** 随着结直肠癌诊疗水平的不断提高, 外科治疗目标已从单纯追求根治性切除和生存获益, 逐步转向兼顾肿瘤根治与功能保护的双重标准。这一转变要求外科医师在术中不仅需要彻底切除肿瘤, 还需要精细化保护周围器官和结构, 最大程度地维持患者的生理功能和生活质量。近年来, 微创技术(如, 腹腔镜、机器人辅助手术)的飞速发展和解剖理论受到的关注度不断提升, 为这一目标的实现提供了有力的技术保障, 但是术中并发症仍然是外科医师面临的挑战。本文从腹腔镜下右半结肠肿瘤根治术、左半结肠肿瘤根治术和直肠癌根治术这三大术式出发, 就常见的术中器官和结构损伤, 提出相应的见解及对策, 与广大同道交流。

**[关键词]** 结直肠癌; 器官损伤; 结构损伤; 功能保护; 术中并发症; 腹腔镜手术

### Intraoperative organ and structural injuries and functional preservation in laparoscopic colorectal cancer surgery\*

Song Wang<sup>1,2</sup>, Li Cong<sup>1,2</sup>, Li Tianyu<sup>1,2</sup>, Wang Sheng<sup>1,2Δ</sup>

1 Department of Colorectal Surgery No.1, Fudan University Shanghai Cancer Center, Shanghai 200032, China;

2 Department of Oncology, Shanghai Medical College, Fudan University, Shanghai 200032, China

ΔCorresponding author; E-mail: Wangs601@163.com

**[Abstract]** With the continuous advancement in the diagnosis and treatment of colorectal cancer, the goals of surgical therapy have evolved from solely pursuing radical resection and survival benefits to a dual standard that balances oncological radicality with functional preservation. This shift demands that surgeons not only achieve complete tumor removal but also meticulously protect surrounding organs and structures during surgery, aiming to preserve patients' physiological functions and quality of life maximally. In recent years, the rapid development of minimally invasive techniques (e.g., laparoscopic surgery, robot-assisted surgery) and increased focus on anatomical theory have provided strong technical support for achieving this goal. However, intraoperative complications remain a significant challenge for surgeons. This article, focusing on three major procedures - laparoscopic radical right hemicolectomy, radical left hemicolectomy, and radical resection of rectal cancer - discusses common intraoperative organ and structural injuries, offering corresponding insights and countermeasures for exchange with colleagues in the field.

**[Keywords]** colorectal cancer, organ injury, structural injury, functional preservation, intraoperative complications, laparoscopic surgery

结直肠癌手术在近两百年的时间里飞跃发展。随着外科器械、药物的更新迭代和治疗理念的更新及“碰撞”, 手术方式和范围发生了变化, 从最开始的减状手术到根治手术阶段, 再到扩大根治手术阶段, 现在进入功能外科阶段。此外, 患者的治疗需求不断增加, 这对术者手术技能的要求随之提高, 力求在完整切除肿瘤的同时最大程度地保留周围器官和结构的解剖与功能的完整性。得益于腹腔镜设备的普及, 加之

互联网的推动作用, 治疗结直肠癌的新技术、新理念的传播加速, 也在一定程度上助力年轻医师迅速成长。手术的根治效果始终是临床关注的问题, 完整结肠系膜切除 (complete mesocolic excision, CME) 和全直肠系膜切除 (total mesorectal excision, TME) 理念为结直肠癌手术的实施提供了指导。术中并发症同样是需要关注的问题, 尤其是对于肿瘤较大、放化疗后及存在解剖结构变异的患者, 既往报道<sup>[1]</sup>指出腹腔

\*国家自然科学基金项目 (82373316)

DOI:10.19668/j.cnki.issn1674-0491.2025.06.004 中图分类号:R735.3 文献标志码:A

本文引用信息: 宋望, 李聪, 李天宇, 等. 腹腔镜下结直肠癌术中器官和结构损伤与功能保护[J]. 结直肠肛门外科, 2025, 31(6): 521-526.

镜TME术中并发症发生率为11%~15%，其中泌尿生殖系统损伤占有一定的比例。本文从临床实际出发，就常见的腹腔镜下结直肠癌术中器官和结构损伤，提出相应的见解及对策，以期引起广大同道的重视并减少此类并发症。

## 1 腹腔镜下右半结肠肿瘤根治术中的器官和结构损伤与功能保护

### 1.1 关键器官和结构的损伤及解剖基础

右半结肠切除术中的器官和结构损伤主要集中在三个关键区域：

(1) 肠系膜上静脉 (superior mesenteric vein, SMV) 及胃结肠静脉干 (Henle干) 损伤：腹腔镜下右半结肠切除术中出血的发生率为3%~9.2%<sup>[2]</sup>，是术中非常危险的并发症。Henle干的解剖变异发生率高<sup>[3]</sup>，有多种分型，其由右结肠静脉、胃网膜右静脉及胰十二指肠上前静脉汇合而成的这种类型占据一定的比例。术中过度牵拉横结肠系膜或者清扫No.203淋巴结时易导致静脉撕裂，引发难以控制的大出血。

(2) 十二指肠及胰头损伤：在游离横结肠后间隙时，因肿瘤浸润或者层面辨识不清，可能损伤十二指肠降部及胰头。尤其当肿瘤位于横结肠肝曲时，十二指肠降部前筋膜与结肠系膜粘连紧密，钝性分离易造成浆肌层撕裂甚至穿孔。

(3) 右侧输尿管及生殖血管损伤：输尿管在腰大肌前缘跨过髂血管，生殖血管是其重要解剖学标志（输尿管位于其内侧）。当肿瘤侵犯后腹膜或者Toldt间隙水肿时，误切风险显著增加。

### 1.2 功能保护的关键技术

1.2.1 关于血管与淋巴结 血管保护与淋巴结清扫的平衡。

在解剖血管时，一般选择中间入路，因为回结肠动、静脉的解剖表现相对固定，故而优先游离回结肠血管（图1）。助手提起回结肠血管远端和中结肠血管远端，沿血管走行方向绷紧血管，沿回结肠血管下段打开系膜，进入Toldt间隙，顺势游离回结肠血管至根部，从根部离断血管。沿SMV左侧游离血管至中结肠血管根部，可以从根部离断中结肠血管，也可以保留中结肠动脉的左支。离断血管后，向结肠系膜深处游离，可以快速找到并分离Henle干（图2）。处理Henle干时应小心谨慎，分离出其属支，一般保留胃网膜右静脉和胰十二指肠上前静脉，将其他属支一一

离断。在静脉出血时，切勿着急采用电凝止血，因为电凝止血可能会导致静脉破口扩大而大出血，可以先用纱布压迫止血。

对于淋巴结清扫，在保证No.203淋巴结清扫效果的前提下，避免骨骼化肠系膜上动脉 (superior mesenteric artery, SMA)，保护肠系膜上丛，可使术后腹泻发生率明显下降。所以，施行右半结肠手术时，一般以SMV左界为清扫界限，这样既能保证淋巴结检出率，又能避免大量的神经损伤<sup>[4]</sup>。

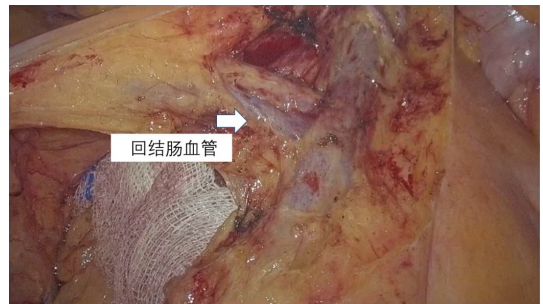


图1 游离回结肠血管

Fig.1 Mobilization of the ileocolic vessels  
(图片来源于网络团队施行手术过程中采集)

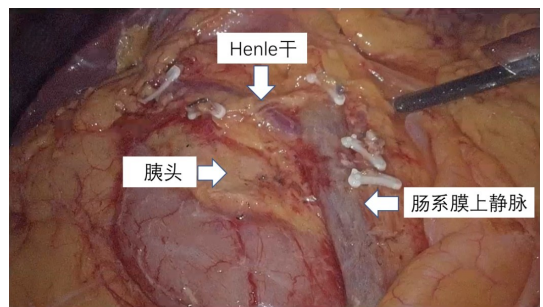


图2 Henle干的相对位置

Fig.2 Spatial relationship of Henle trunk  
(图片来源于网络团队施行手术过程中采集)

1.2.2 十二指肠与胰头的保护 从中间入路进入Toldt间隙后，采用锐性分离与钝性分离结合的方式拓展间隙。其中，关于胰头的保护还需要维持结肠系膜与胰头包膜间的天然间隙，仔细辨认胰腺下缘，避免进入胰腺后方或者误入胰腺内从而损伤胰腺。

1.2.3 输尿管的保护 在游离右半结肠区域的尾侧时，助手向头侧牵拉回盲部，可见生殖血管和输尿管骑跨右侧髂血管走行，在右侧髂血管上方的黄白交界线（膜桥）切开（图3），可进入Toldt筋膜上方平面，如果靠近髂血管切开腹膜，容易进入Toldt筋膜下方平面，有输尿管暴露及损伤风险<sup>[5]</sup>。若肿瘤较大，浸润输尿管或者与输尿管粘连较紧时，应术前或者术中先放置输尿管支架，以免损伤<sup>[6]</sup>。

1.2.4 微创技术的应用 3D腹腔镜或者机器人辅

助手术的三维视野有纵深感，可以帮助辨识血管和组织间隙，从而减少血管的损伤和层次的误判。

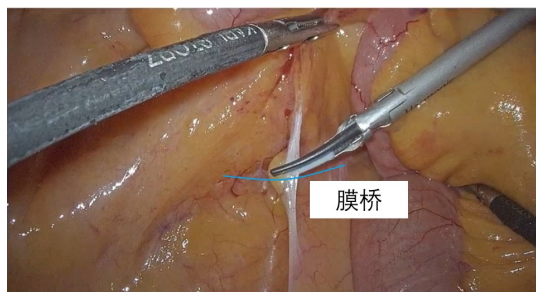


图3 沿膜桥处切开

Fig.3 Incision at the membranous bridge  
(图片来源于笔者团队施行手术过程中采集)

## 2 腹腔镜下左半结肠肿瘤根治术中的器官和结构损伤与功能保护

### 2.1 术中高危损伤及解剖基础

左半结肠切除术中的器官和结构损伤主要集中在两个关键区域：

(1) 脾及胰尾损伤：这是左半结肠切除术的常见并发症。文献报道脾损伤的发生率为0.5%~8%<sup>[7]</sup>，脾下极包膜薄且血供丰富，暴力牵拉脾结肠韧带时易造成包膜撕裂<sup>[8]</sup>。胰尾损伤则多因游离降结肠背侧系膜时误入胰腺后方或者穿透胰腺实质导致术后胰瘘。

(2) 左侧输尿管及自主神经损伤：输尿管在肠系膜下动脉(inferior mesenteric artery, IMA)根部外侧1~2 cm处下行，离断左结肠动脉(left colic artery, LCA)和肠系膜下静脉(inferior mesenteric vein, IMV)根部时，容易走深层面，损伤输尿管。此外，IMA根部广泛清扫可能损伤上腹下丛，导致射精功能障碍(男性)及膀胱功能障碍。

### 2.2 功能保护的关键技术

2.2.1 关于结肠脾曲与胰尾 结肠脾曲游离与胰尾保护。

采用内侧入路优先策略：离断IMV和LCA后，沿Gerota筋膜表面向脾下极分离，至胰腺下缘时应仔细辨认，防止进入胰腺后方从而损伤胰腺。在分离至胰腺下缘时，可转向外侧游离，内外“夹击”更有利于进入胰腺上方的层面。

游离结肠脾曲时需要充分分离胃结肠韧带、脾结肠韧带、膈结肠韧带，以及位于胰尾下方的胰结肠韧带<sup>[9]</sup>(图4)。在游离结肠快至脾曲时，要注意不要太贴近脾，此时应靠近结肠侧进行分离，防止损伤脾及

脾门。当脾有小撕裂时，可以采用止血材料进行压迫，大撕裂则需要缝合或者中转开腹<sup>[10]</sup>。当胰腺损伤时，若只是表面血管出血，可以进行纱布压迫或者缝合修补、结扎止血，若怀疑有胰漏时，应仔细缝合修补胰腺，并且妥善放置双套管，保证术后能充分引流。

2.2.2 输尿管与神经的保护 在游离LCA和IMV时，要避免走深，尤其是粘连较严重的患者。离断血管后，助手应采用“两翼齐飞”手法，一手提起乙状结肠，一手提起降结肠系膜；主刀左手撑起Toldt间隙，右手采用锐性分离与钝性分离相结合的方式游离降结肠后间隙(图5)，并且仔细辨认输尿管(图6)与神经，并将其推向盆壁和下方。

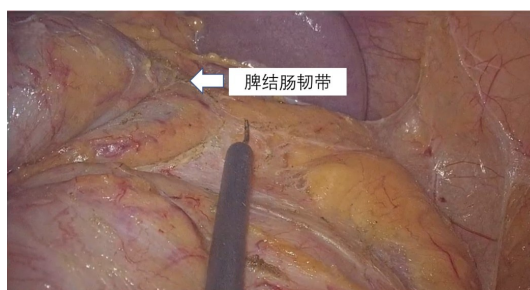


图4 游离降结肠脾曲

Fig.4 Mobilization of the splenic flexure of the descending colon  
(图片来源于笔者团队施行手术过程中采集)

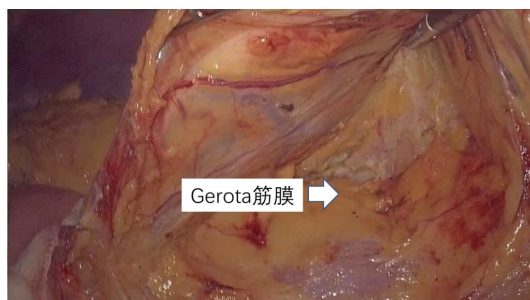


图5 游离降结肠后间隙

Fig.5 Mobilization of the posterior space of the descending colon  
(图片来源于笔者团队施行手术过程中采集)

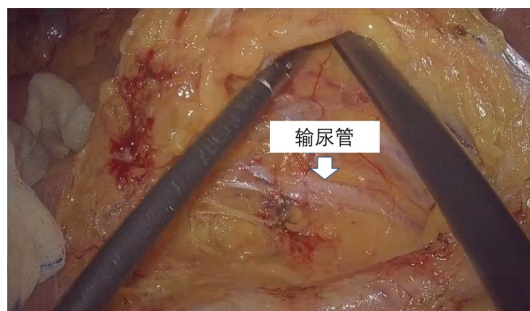


图6 辨认和保护输尿管

Fig.6 Identification and protection of the ureter  
(图片来源于笔者团队施行手术过程中采集)

### 3 直肠癌根治术中的器官和结构损伤与功能保护

#### 3.1 术中易损伤部位及解剖基础

##### (1) 神经损伤

①上腹下丛及腹下神经：上腹下丛由腹主动脉丛（肠系膜下丛）延续而来并接受腰内脏神经，自L<sub>5</sub>椎体前面（骶骨岬附近）往下走行，发出左、右侧腹下神经（分别位于左、右侧盆壁处），术中清扫IMA周围淋巴结、IMA血管根部骨骼化时容易损伤上腹下丛，层面走深、过于贴近盆壁游离直肠系膜时容易损伤腹下神经。这些神经的损伤可导致膀胱功能障碍、排尿功能障碍和（或）性功能障碍<sup>[11]</sup>。

②盆丛及神经血管束（neurovascular bundle, NVB）：盆丛由腹下神经、骶部交感干的节后纤维和S<sub>2</sub>~S<sub>4</sub>神经的副交感节前纤维汇合而成，位于直肠侧韧带深面及Denonvilliers筋膜外侧，分离直肠侧韧带时操作不当或者分离直肠系膜时层面误判则容易损伤盆丛。此外，来源于盆丛的神经和来源于髂内血管的血管支参与形成NVB。这些结构的损伤可导致性功能障碍、排尿功能障碍和（或）大出血。

##### (2) 泌尿系统损伤

①输尿管损伤：有研究数据显示，腹腔镜下直肠癌根治术的输尿管损伤发生率为1%<sup>[12]</sup>，而且左侧多见<sup>[13]</sup>，常见于IMA结扎（输尿管跨过髂动脉处）或游离直肠侧壁（输尿管盆部）。当肿瘤较大时侵犯输尿管或者炎性粘连输尿管和存在降结肠旋转不良时易损伤。

②尿道损伤：在低位直肠癌术中最易损伤，尤其是经肛全直肠系膜切除术（transanal total mesorectal excision, taTME）中（发生率为1%~6.7%）<sup>[14]</sup>，若直肠前壁与尿道膜部（男性）层面误判则容易导致穿孔。

##### (3) 血管损伤与其他损伤

①骶前静脉丛破裂：骶前静脉丛位于骶骨前骨膜表面，骶前筋膜深面。钝性分离或电灼过深可导致大出血。

②前列腺/阴道后壁损伤：Denonvilliers筋膜前方为无血管间隙（图7），进入过深易损伤前列腺包膜或阴道肌层。

③边缘血管弓的损伤：边缘血管弓的损伤多发生于乙状结肠系膜游离。过度向系膜边缘方向剥离时，边缘血管弓及其分支可能被误认为细小系膜血管而遭到切断。边缘血管弓一旦受损，尤其在LCA未予保留

或侧支循环不足的情况下，近端肠管灌注可能明显下降，表现为肠管颜色暗淡、蠕动减弱或边缘出血减少。

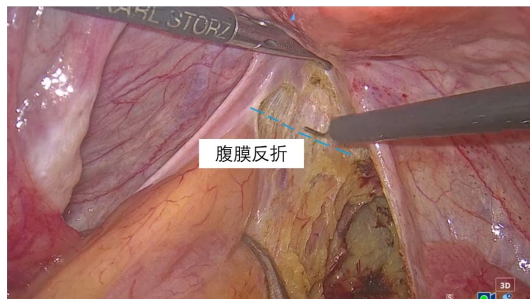


图7 沿腹膜反折进入Denonvilliers筋膜前方的无血管间隙  
Fig.7 Entering the avascular plane anterior to Denonvilliers' fascia along the peritoneal reflection

（图片来源于网络团队施行手术过程中采集）

#### 3.2 功能保护的关键技术

3.2.1 神经的保护 关于IMA与盆丛及NVB的处理。

关于IMA的处理：保留IMA根部1.0~1.5 cm长的神经纤维，避免骨骼化，或者保留LCA（图8）。在离断血管根部后，向左侧拓展直肠后间隙时，沿直肠固有筋膜游离，用钝性分离方式将神经、生殖血管、输尿管推向盆壁和下方（图9）。

盆丛及NVB的保护：于骶骨岬处识别腹下神经，并且沿其进入正确的直肠固有筋膜外侧的“圣洁平面”，以避免走错层面、进入盆丛区域而造成损伤。直肠左、右两侧游离时需要采用锐性分离方式和适当控制能量设备的使用，以减少对盆丛细小神经纤维的牵拉及热损伤。直肠前方解剖则应严格遵循性别差异：对于男性，游离时保持在Denonvilliers筋膜直肠侧，可避免误入精囊与前列腺后外侧区域，从而保护走行于其表面的NVB；对于女性，应紧贴直肠壁/直肠固有筋膜与阴道后壁解剖，减少对阴道旁边的NVB的干扰。

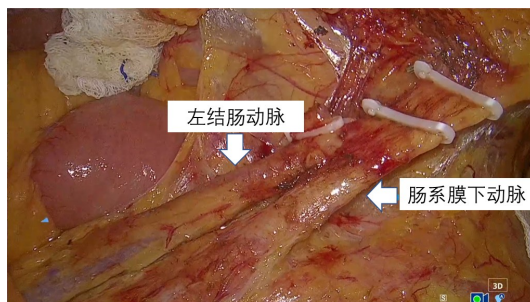


图8 保留左结肠动脉  
Fig.8 Preservation of the left colic artery  
（图片来源于网络团队施行手术过程中采集）

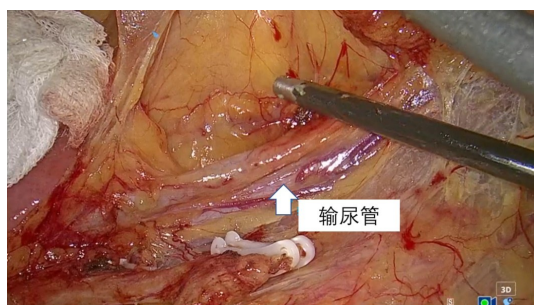


图9 游离输尿管及其周围解剖结构

Fig.9 Mobilization of the ureter and its surrounding anatomical structures

(图片来源于网络者团队施行手术过程中采集)

3.2.2 泌尿系统的保护 关于输尿管、尿道及直肠前方的处理。

(1) 输尿管的保护。若肿瘤较大、组织粘连严重时，可于术前或术中施行输尿管支架置入术。游离直肠两侧系膜时，切忌过于靠近盆壁。在小骨盆入口处，左侧输尿管跨过左髂总动脉末端的前方，右侧输尿管则跨过右髂外动脉起始部的前方，髂总动脉是辨认输尿管的重要解剖学标志<sup>[5]</sup>。

(2) 尿道的保护。尿道和直肠之间没有明确的膜解剖，在肛提肌上方，直肠纵肌发出直肠尿道肌依附于耻骨会阴肌和前方的尿道，以前正中方向最为明显<sup>[5]</sup>。无论是腹腔镜TME、Miles手术还是taTME，关键是在直肠前方解剖时紧贴直肠壁/直肠固有筋膜，男性保持在Denonvilliers筋膜直肠侧，避免“穿过”筋膜进入前列腺后方及尿道膜部平面，女性则避免向阴道前外侧、尿道周围过度分离。借助荧光显影技术，如吲哚菁绿联合红外照明系统尿道组件(infrared illumination system urethral kit, IRIS U kit)<sup>[14]</sup>，可以在taTME或低位直肠手术中实现尿道的实时可视化，有助于降低术中尿道损伤风险。为男性施行Miles手术时，先从肛门后方进入腹腔，充分游离至左、右侧肛提肌后，将直肠近端从后方拖出来，左手前、后捏住直肠侧，右手用电刀逐步、缓慢切开直肠纵肌，避免太靠腹侧。

(3) 于直肠前方分离时，遵循“先两侧、后正中”原则，避免朝12点钟方向直接切入。

3.2.3 骶前出血的防控 锐性分离直肠后间隙：沿直肠固有筋膜与盆筋膜之间的直肠后间隙进行操作，避免进入骶前间隙而造成骶前静脉出血。若骶前出血，忌盲目钳夹，以免撕裂骶骨前孔内的交通静脉，可以用纱布压迫止血，若出血较多则应进行缝合或者直接转开放手术。

3.2.4 边缘血管弓的保护 在处理乙状结肠或直肠系膜时，切忌过于贴近直肠肠壁，需要小心保护直肠的边缘血管弓，否则会导致肠道血供不良，影响吻合口的愈合。必要时结合术中荧光血管成像技术，对肠管血流灌注进行客观评估。

## 4 小结

当前，肿瘤根治与功能保护是结直肠癌外科治疗的双重标准，这需要通过多技术整合以实现两者之间的平衡，而精准解剖外科的理念可以为之提供助力。本文围绕常见的腹腔镜下结直肠癌术中器官和结构损伤进行分析，并且就功能保护提出了对策，旨在为临床实践提供一定的参考。但是，“功夫在刀外”。对于外科医师来说，仅满足于完成传统意义上的手术是不够的。除掌握不同疾病分期的肿瘤治疗原则、良好把握手术适应证、具备扎实的手术解剖理论基础和实操能力外，能够冷静应对术中并发症并予以适宜的干预，方能使手术更有价值、患者获益更大。此外，在开展结直肠癌术后常规护理和管理（如，预防静脉血栓形成、促进胃肠功能恢复、处理术后并发症）的基础上，结合所在医疗中心实际，针对术中器官和结构损伤而建立有效且可行的患者个体化术后管理和随访方案，可以进一步了解患者术后恢复的总体情况，特别是功能结局，助力手术实践的总结分析与手术全流程管理效果的优化。

**利益冲突声明** 全体作者均声明不存在与本文相关的利益冲突。

## 参考文献

- [1] TESTE B, RULLIER E. Intraoperative complications during laparoscopic total mesorectal excision[J]. *Minerva surgery*, 2021, 76(4): 332-342.
- [2] NEGOTI I, BEURAN M, HOSTIUC S, et al. Surgical anatomy of the superior mesenteric vessels related to colon and pancreatic surgery: a systematic review and meta-analysis[J]. *Scientific reports*, 2018, 8(1): 4184.
- [3] PELTRINI R, LUGLIO G, PAGANO G, et al. Gastrocolic trunk of Henle and its variants: review of the literature and clinical relevance in colectomy for right-sided colon cancer[J]. *Surgical and radiologic anatomy: SRA*, 2019, 41(8): 879-887.
- [4] 冯波, 周乐其. 右半结肠癌D3淋巴清扫范围及入路选择[J]. *中国实用外科杂志*, 2020, 40(3): 274-278.
- [5] 孙凌宇, 白明瀚, 郑宏群. 腹腔镜结直肠手术中输尿管及尿道损伤的预防及处理[J]. *中国实用外科杂志*, 2022, 42(11): 1256-1259.
- [6] DA SILVA G, BOUTROS M, WEXNER S D. Role of prophylactic ureteric stents in colorectal surgery[J]. *Asian journal of endoscopic surgery*, 2012, 5(3): 105-110.

- [7] ISIK O, AYTAC E, ASHBURN J, et al. Does laparoscopy reduce splenic injuries during colorectal resections? An assessment from the ACS-NSQIP database[J]. *Surgical endoscopy*, 2015, 29(5): 1039-1044.
- [8] MERCHEA A, DOZOIS E J, WANG J K, et al. Anatomic mechanisms for splenic injury during colorectal surgery[J]. *Clinical anatomy: official journal of the American Association of Clinical Anatomists & the British Association of Clinical Anatomists*, 2012, 25(2): 212-217.
- [9] PANACCIO P, GROTTOLA T, RICCIARDIELLO M, et al. How we do it: totally laparoscopic complete mesocolon excision for splenic flexure cancer[J]. *Langenbeck's archives of surgery*, 2018, 403(6): 769-775.
- [10] FELICIANO D V, BITONDO C G, MATTOX K L, et al. A four-year experience with splenectomy versus splenorrhaphy[J]. *Annals of surgery*, 1985, 201(5): 568-575.
- [11] 翟志超, 张卫光, 顾晋. 直肠癌保留盆腔自主神经的解剖学概念及临床意义[J]. *中华胃肠外科杂志*, 2023, 26(1): 68-74.
- [12] ANDERSEN P, ANDERSEN L M, IVERSEN L H. Iatrogenic ureteral injury in colorectal cancer surgery: a nationwide study comparing laparoscopic and open approaches[J]. *Surgical endoscopy*, 2015, 29(6): 1406-1412.
- [13] FERRARA M, KANN B R. Urological injuries during colorectal surgery[J]. *Clinics in colon and rectal surgery*, 2019, 32(3): 196-203.
- [14] NITTA T, TANAKA K, KATAOKA J, et al. Novel technique with the IRIS U kit to prevent urethral injury in patients undergoing transanal total mesorectal excision[J]. *Annals of medicine and surgery*, 2019, 46: 1-3.

[收稿日期: 2025-08-22]

(责任编辑: 叶方惠)