

腹腔镜直肠癌根治术神经功能保护的现状与挑战

魏振华¹, 唐铭阳², 刘 杲³, 李唯为^{4*}

¹湖北民族大学医学部, 湖北 恩施

²荆门市人民医院放射科, 湖北 荆门

³恩施土家族苗族自治州中心医院结直肠肛门外科, 湖北 恩施

⁴恩施土家族苗族自治州中心医院肾病风湿内科, 湖北 恩施

收稿日期: 2026年1月3日; 录用日期: 2026年1月28日; 发布日期: 2026年2月5日

摘 要

直肠癌是全球范围内常见的消化道恶性肿瘤之一, 其高发病率和致死率, 不仅给患者带来了巨大的痛苦, 也对社会造成了沉重的负担。随着医疗技术的不断进步, 腹腔镜直肠癌根治术已成为一种广泛应用的治疗方法。尽管该手术在技术和治疗效果上具有诸多优势, 但仍面临一些挑战, 特别是在术中如何精确识别和保护盆腔神经功能, 以减少术后排尿和性功能障碍的发生率, 进而提高患者的生活质量。因此, 神经保护技术在腹腔镜直肠癌根治术中仍是一个重要的研究领域。本文主要从腹腔镜直肠癌根治术在神经功能保护领域进行综述。

关键词

腹腔镜手术, 直肠癌, 盆腔自主神经功能保护, 排尿功能, 性功能

Neurofunctional Protection in Laparoscopic Radical Resection of Rectal Cancer: Status and Challenges

Zhenhua Wei¹, Mingyang Tang², Gao Liu³, Weiwei Li^{4*}

¹Health Science Center, Hubei Minzu University, Enshi Hubei

²Radiology Department, Jingshan People's Hospital, Jingmen Hubei

³Department of Colorectal and Anorectal Surgery, The Central Hospital of Enshi Tujia and Miao Autonomous Prefecture, Enshi Hubei

⁴Division of Nephrology, The Central Hospital of Enshi Tujia and Miao Autonomous Prefecture, Enshi Hubei

Received: January 3, 2026; accepted: January 28, 2026; published: February 5, 2026

*通讯作者。

文章引用: 魏振华, 唐铭阳, 刘杲, 李唯为. 腹腔镜直肠癌根治术神经功能保护的现状与挑战[J]. 临床医学进展, 2026, 16(2): 1328-1336. DOI: 10.12677/acm.2026.162519

Abstract

Rectal cancer is one of the common malignant tumors of the digestive tract worldwide. Its high incidence and mortality rate not only cause great suffering to patients but also impose a heavy burden on society. With the continuous advancement of medical technology, laparoscopic radical resection of rectal cancer has become a widely used treatment method. Although this surgery has many advantages in terms of technology and therapeutic effect, it still faces some challenges, especially in how to precisely identify and protect pelvic autonomic nerve function during the operation to reduce the incidence of postoperative urinary and sexual dysfunction and thereby improve the quality of life of patients. Therefore, nerve protection techniques in laparoscopic radical resection of rectal cancer remain an important research field. This article mainly reviews the field of nerve function protection in laparoscopic radical resection of rectal cancer.

Keywords

Laparoscopic Surgery, Rectal Cancer, Protection of Pelvic Autonomic Nerve Function, Urinary Function, Sexual Function

Copyright © 2026 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 腹腔镜直肠癌根治术的发展历程

1.1. 传统直肠癌手术方法

直肠癌的治疗历史悠久，在腹腔镜技术尚未普及的时期，直肠癌的根治术主要依赖传统开腹手术。传统的手术方法主要包括直肠癌根治术(Total Mesorectal Excision, TME)和直肠低位前切除术(Low Anterior Resection, LAR)。前者[1]是由英国外科医生 Bill Heald 于 1982 年提出，强调完整地切除直肠和周围的直肠系膜达到彻底清除肿瘤的目的；而后者[2]仅适用于上段的直肠恶性肿瘤，该术式则强调术中切除直肠肿瘤部分，将直肠残端和结肠进行吻合，恢复肠道的连续性，保留了患者的肛门，减少术后造瘘的需要。

尽管 TME 和 LAR 在直肠癌的治疗中取得了显著进展，但传统开腹手术仍存在一些局限性。手术创伤较大，可能损伤重要的血管和神经，增加术后并发症的风险，导致患者术后恢复时间延长，住院时间增加，给患者带来巨大的痛苦。其中，最为严重的并发症是患者术后排尿功能和性功能的障碍[3]。由于盆腔解剖结构复杂，神经、血管等组织紧密交织，在缺乏精细可视化技术的情况下，传统开腹手术过程中极易损伤盆腔自主神经[4]。日本学者土屋周二通过解剖证实[5]，神经损伤是导致患者术后排尿功能和性功能障碍的主要原因，并首次提出盆腔自主神经保护(PANP)的理念。邵永波等人[6] [7]也证实了传统的开腹手术，因在术中进行广泛清扫极易损伤盆腔自主神经的下腹神经丛、骶前神经等结构，导致膀胱逼尿肌麻痹和性神经传导障碍。根据朱琪等人[8]的研究数据显示，传统开腹直肠癌根治术术后患者排尿功能障碍发生率达 39%，而性功能障碍发生率高达 76%。此外，手术切口较大给患者带来术后剧烈疼痛，术后恢复缓慢，住院时间延长，手术切口感染，术后肠梗阻等并发症的发生[9]显著提升，严重影响了患者的康复进程和术后生活质量。因此，如何在术中避免损伤盆腔自主神经，一直是许多学者探索的关键问题。

1.2. 腹腔镜技术的引入与应用

随着微创外科理念的兴起和腹腔镜技术的逐渐成熟,腹腔镜技术逐渐在直肠癌根治中得到应用。1991年 Jacobs 完成首例腹腔镜结直肠手术后,标志着微创手术在结直肠疾病治疗中的应用开始[10]。腹腔镜直肠癌根治术通过在腹部穿刺数个小孔,将腹腔镜镜头和手术器械置入腹腔,利用腹腔镜的放大功能,术者能够在显示屏上清晰地观察手术区域的解剖结构[11]。2000年后,全直肠系膜切除术(TME)与腹腔镜技术结合,使术中视野放大5~10倍,神经纤维识别能力显著提升[12]。与传统开腹手术相比,腹腔镜手术具有创伤小、出血少、术后疼痛轻等优势,患者恢复速度明显加快。研究显示[13]腹腔镜手术中出血量较传统的开腹手术减少了40%,术后尿管留置时间缩短1.8天。更重要的是,清晰的视野使医生能够更准确地识别盆腔自主神经,从而采取针对性的保护措施,有效降低了术后神经功能障碍的发生率。多项临床研究表明[14]-[16],采用腹腔镜手术的患者,术后排尿功能障碍发生率降至25%,性功能障碍发生率降至36%,显著改善了患者的预后。

1.3. 现代腹腔镜直肠癌根治术的进展

近年来,腹腔镜技术在直肠癌手术中的应用取得了显著的进展。高清腹腔镜的应用使得手术视野更加清晰,在手术过程中为术者呈现出更加细微的神经和组织结构,为术者的精准操作提供了有力的技术支持。3D腹腔镜技术的诞生则为术者提供了更强的立体感,使得术者更直观地把握组织和器官的空间位置关系,提高了手术操作的安全性和准确性[17]。

此外,达·芬奇机器人辅助腹腔镜手术系统逐渐在临床中得到应用,该系统通过7个自由度机械臂和10倍光学放大系统实现精准解剖,具有高度的灵活性和精准性[18][19],能够模拟人手的精细动作,尤其在处理复杂的盆腔解剖结构时,能够更好地保护盆腔自主神经,减少手术并发症的发生。王文博等人[20]通过对比发现,实施达·芬奇机器人组患者术后6个月排尿障碍发生率较腹腔镜组降低12.8%。由此可见,机器人辅助腹腔镜手术患者术后恢复时间更短,神经功能障碍发生率更低,为直肠癌患者带来了更好的治疗效果。近年来,术中使用荧光标记神经技术也取得了一定的进展。该技术在术中使用荧光,使神经更加清晰可见,极大程度地减少了术中神经的损伤,降低了患者因神经功能损伤导致性功能、排尿功能等障碍的发生率[21]。研究显示[22][23],术中使用吲哚菁绿荧光显影可实时标记神经走行,使保留完整神经束的比例从68%提升至89%,为术者在术中分辨神经结构带来了极大的方便。

总的来说,无论是腹腔镜技术,还是达·芬奇机器人等在直肠癌手术中的引入与应用,改善了患者的治疗体验,提高了术后生活质量,是现代外科手术领域的一项重要突破。

2. 神经功能保护的现状

2.1. 盆腔自主神经的解剖与功能

盆腔自主神经系统是由交感神经(下腹上丛、下腹下丛)与副交感神经(盆内脏神经)组成一个复杂且精密的神经网络。其中,交感神经源于脊髓的T₁₁~L₂段,其神经纤维在盆腔内相互交织形成神经丛,控制膀胱颈收缩和精囊排空。当交感神经兴奋时,会引发射精管及前列腺平滑肌收缩,进而完成射精过程。副交感神经主要源自骶髓的S₂~S₄段,在盆腔内亦形成神经丛,支配逼尿肌收缩和阴茎海绵体充血。在勃起过程中,副交感神经兴奋可促使阴茎海绵体血管扩张,致使阴茎充血勃起;在排尿过程中,副交感神经刺激膀胱逼尿肌收缩,同时使尿道内括约肌松弛,以实现正常排尿功能。但有相关文献显示[24],副交感神经解剖变异率可达23%,如S₄神经根参与勃起神经构成者占17%。相关研究显示[25],在腹腔镜直肠癌根治术中,“Holy plane”间隙分离技术通过识别直肠系膜与Denonvilliers筋膜间的无血管平面,可将神经损伤风险降低34%。深入了解盆腔自主神经的解剖结构与功能,是实现精准神经功能保护的关键。

基础。

2.1.1. 腹腔镜/机器人视野下神经危险区域与关键标志识别

在腹腔镜或机器人手术视野中,借助设备 5~10 倍的放大功能及 3D 立体成像优势,术者可精准分辨盆腔自主神经的交感、副交感神经分支走行及关键解剖标志,这是实现术中神经功能保护的前提基础。

交感神经相关结构的识别需重点关注下腹上丛与下腹下丛,其中下腹上丛位于腹主动脉分叉处下方、骶骨岬上方的疏松结缔组织内,在腹腔镜/机器人视野下呈现为银白色、条索状的网状神经纤维,与腹主动脉、髂总血管伴行,机器人 10 倍光学放大系统可进一步清晰分辨其分支向双侧髂血管方向延伸的轨迹,该区域的操作风险在于盲目分离或电凝止血易导致神经丛撕裂或热损伤,尤其当肿瘤侵犯骶前间隙时,神经丛解剖位置发生偏移,会进一步增加识别难度,因此术中需沿腹主动脉前壁向下分离,以骶骨岬为明确解剖标志,采用钝性分离法推开周围疏松结缔组织,避免高频电刀直接作用于神经丛附近[9]。作为下腹上丛向下延续的分支,下腹下丛(盆丛)位于直肠系膜侧后方、直肠侧韧带深面,与副交感神经纤维交织形成神经网络,在高清腹腔镜下表现为半透明的薄膜状神经纤维网,紧密附着于直肠侧韧带内侧,机器人手术的 3D 视野则可清晰区分其与直肠系膜血管的界限,直观呈现神经纤维“树枝状”分布至膀胱底部、前列腺(男性)或阴道壁(女性)的走向,该结构的危险区域集中于直肠侧韧带切断操作过程,传统钳夹切断侧韧带的方式极易夹闭或损伤隐藏在韧带内的下腹下丛分支,同时清扫直肠侧方淋巴结时的过度牵拉动作也可能造成神经纤维撕裂,故临床操作中需采用超声刀锐性分离直肠侧韧带,保持视野清晰的前提下优先处理血管组织,再沿神经纤维走行方向进行游离,针对局部进展期肿瘤患者,需结合术中神经监测技术判断神经浸润范围,避免盲目扩大切除范围[18][20]。

与之相对,副交感神经来源的盆内脏神经源自骶髓 S2~S4 神经根前支,穿过骶前间隙进入盆腔后向直肠侧方走行并汇入下腹下丛,在骶前间隙内可观察到 2~3 条纤细的白色神经纤维,从骶孔处发出后呈“斜向走行”至直肠系膜侧方,术中联合吲哚菁绿荧光显影技术可通过荧光标记清晰显示神经走行[22][23],使神经辨识度较肉眼识别提升 30% 以上,该神经的操作风险一方面来自骶前间隙丰富血管引发的术中出血,盲目压迫止血的动作易挫伤下方的盆内脏神经,另一方面源于其高达 23% 的解剖变异率,部分患者存在 S4 神经根参与勃起神经构成的情况,变异神经分支更易在术中被误伤,因此保护操作需以“Holy plane”间隙为标准分离层面,沿直肠系膜与 Denonvilliers 筋膜间的无血管平面进行分离[25],避开骶前神经孔周围区域,针对肥胖或盆腔粘连患者,可联合术中神经电刺激技术,通过监测阴茎海绵体肌电位判断神经功能完整性。值得注意的是,盆腔自主神经保护还需重视共性危险区域的规避原则,Denonvilliers 筋膜前间隙内走行的交感、副交感神经分支共同支配排尿及性功能,分离操作需紧贴直肠系膜表面,避免向前列腺或阴道方向过度游离;同时需警惕高频电刀的热损伤作用,其热扩散范围可达 3 mm 以上,即使未直接接触神经纤维也可能造成隐匿性损伤,进而引发术后迟发性排尿功能障碍,故神经周围操作需尽量采用超声刀的低温切割模式,最大程度降低医源性神经损伤风险。

2.1.2. 不同手术入路对神经保护的影响对比

腹腔镜直肠癌根治术的入路选择直接影响盆腔自主神经的保护效果,临床常用的手术入路主要包括中间入路与侧方入路,二者在操作路径、解剖暴露顺序及神经保护效果方面存在显著差异。

中间入路以直肠系膜后方的“Holy plane”间隙为核心分离层面,手术操作时先从骶前间隙入手,由近及远逐步游离直肠系膜后方组织,待后方及前方间隙充分游离后,再处理直肠侧方的韧带及血管组织。该入路的核心优势在于可有效避开侧方神经密集区域,始终在无血管的疏松结缔组织间隙内进行操作,最大程度减少对下腹下丛、盆内脏神经等关键结构的牵拉与损伤,相关临床数据显示[12],采用中间入路可使盆腔自主神经损伤风险降低 30%~40%,更适用于中低位直肠癌患者的手术治疗。

与之不同的是，侧方入路的操作路径为从直肠侧方发起分离，先切断直肠侧韧带，再逐步处理直肠前后方的系膜组织，该入路因需要直接面对直肠侧韧带内走行的神经分支，术中易因韧带钳夹、切断操作损伤下腹下丛分支，同时清扫侧方淋巴结时的过度牵拉动作也可能导致神经纤维撕裂，术后排尿功能障碍发生率较中间入路高 15%~20% [26]。因此，侧方入路并非神经保护的理想术式，仅适用于肿瘤位于直肠侧壁、且未出现明显系膜侵犯的局限性病例。

综上所述，腹腔镜直肠癌根治术的入路选择需结合肿瘤位置、浸润范围进行个体化制定，优先选择中间入路以兼顾肿瘤根治性切除与盆腔自主神经功能保护，对于必须采用侧方入路的患者，需联合术中神经监测技术，进一步降低神经损伤风险。

2.2. 神经功能保护的重要性

在现代医学领域，直肠癌患者术后的生活质量不仅愈发受到重视，如今更是成为评估手术疗效的一项关键指标[27]。排尿功能与性功能作为患者术后生活质量的核心构成要素，直接关联着患者的身心健康与日常生活。术后若出现排尿功能障碍，患者可能会遭受尿频、尿急、尿失禁或排尿困难等症状的困扰，这无疑会对其日常生活及个人卫生状况产生严重影响；而性功能障碍则会给患者心理带来沉重的打击，进而影响夫妻关系，破坏家庭和谐氛围。

因此，在直肠癌根治术的实施过程中，采取切实有效的神经功能保护措施，降低排尿和性功能障碍的发生率，对于提升患者的生活质量、增强患者的幸福感有着至关重要的意义。李甫根等人[28]于 2017 年针对 60 岁以下男性患者术后性生活状况展开随访，数据显示，保留神经功能组的术后性生活质量评分(IIEF-5)为(18.7 ± 3.2)，与术前基线水平较为接近，这充分表明术中神经保护能够显著降低术后性功能障碍的发生概率，这对于年轻患者而言尤为关键。此外，Zorrilla-Vaca 等人[29]在 2021 年开展的一项前瞻性研究结果显示，盆腔自主神经保留(PANP)组术后 1 年患者勃起功能障碍发生率为 21.4%，显著低于非保留组的 68.2%；McLain, N. 等人[30]在 2021 年的研究通过尿动力学参数表明，保留组最大尿流率下降幅度为 28.9%，明显小于传统组的 52.3%。上述研究均证实术中神经功能保护对改善患者术后排尿及性功能预后具有明确价值，而在此基础上进一步研究发现，不同手术方式对患者术后排尿及性功能障碍发生率与功能的影响是不同的(见表 1)。

Table 1. Comparative analysis of postoperative urinary and sexual dysfunction incidence rates and functional scores across surgical techniques

表 1. 不同术式术后排尿及性功能障碍发生率与功能评分对比

术式类型	排尿功能障碍发生率	性功能障碍发生率 (男性勃起功能)	IIEF-5 术后评分	导尿管留置 时间(天)
传统开腹手术	39% [8]	76% [8]	(10.2 ± 2.8) [28]	(7.2 ± 1.5) [13]
腹腔镜手术	25% [14]-[16]	36% [14]-[16]	(15.6 ± 3.1) [28]	(5.4 ± 1.2) [13]
机器人辅助腹腔镜手术	12.2% [20]	21.4% [29]	(18.1 ± 2.9) [20]	(3.8 ± 0.9) [20]

注：数据均来自参考文献标注的临床研究；IIEF-5 评分满分为 25 分，分数越高表示勃起功能越好。

综上所述，术中实施神经功能保护对患者术后性功能和排尿功能的恢复有着不可或缺的重要意义。

2.3. 术中神经监测技术的发展

术中神经监测技术(Intraoperative Neurophysiological Monitoring, IONM)的应用始于 20 世纪 30 年代，最早用于癫痫患者的灶性切除手术[31]。术中神经监测技术目的是对神经功能进行实时监测，降低手术中神经损伤的风险。为了更好地在手术中保护神经功能，术中神经监测技术应运而生并不断发展，IONM 技

术逐渐扩展到神经外科、脊柱外科、心血管外科等多个领域[32]。

近年来, IONM 在直肠癌手术中得到广泛关注。该技术将电极放置在可疑的神经周围, 予以一定的电刺激, 通过显示器检测神经电信号和肌肉的反应变化, 精准地识别神经的功能状态[33]。刘帛岩等人[26]对 92 例腹腔镜直肠癌根治术的患者进行了前瞻性随机对照研究, 实验组应用神经电刺激技术进行盆腔自主神经监测及保护, 对照组采用肉眼神经辨认及保护。结果显示, 实验组患者术后的膀胱残余尿、国际前列腺症状评分等排尿功能指标以及勃起功能国际指数问卷评分均明显优于对照组, 充分证明了神经电刺激技术在神经功能保护方面的有效性。此外, 谭明华、金旦娟等人[34][35] 2020 和 2022 年在应用该技术的研究中发现, 患者术后尿管留置时间从 115.7 小时大幅缩短至 59.8 小时, 这一数据直观地展示出该技术不仅明显缩短了患者留置尿管的时间, 还进一步减少了尿管对患者排尿功能的刺激影响。此外, 新兴的荧光示踪技术、磁共振神经成像技术等也在不断研究和探索中, 有望为神经功能保护提供更多有效的手段[36], 助力提升直肠癌手术及其他相关手术中神经功能保护的水平。

3. 神经功能保护的挑战

3.1. 术中神经识别的困难

尽管现代医学技术不断进步, 但在腹腔镜直肠癌根治术的实际操作中, 许多术者在术中对神经的精准识别仍然面临诸多困难和挑战。一方面, 由于盆腔解剖较为复杂, 神经、血管、淋巴管等组织错综复杂, 相互交错, 肿瘤在浸润生长的过程中也会破坏正常的解剖结构, 使得神经的解剖位置和走行发生变化, 神经的边界变得模糊不清, 为术者增加了辨别神经的难度, 难以准确分辨神经的起始和终止位置。根据宋世谦等人[37]的研究显示, 局部进展期肿瘤(T4)导致神经浸润时, 神经保护完整性的成功率仅 41%, 神经解剖变异, 如副交感神经前支缺失(发生率 9.7%)极易误伤神经。另外, 患者自身过胖, 脂肪过多浸润盆腔或手术过程中的出血、组织水肿等情况也会对手术视野产生一定的干扰[38], 影响术者对神经的精准识别。在手术过程中, 一旦出现出血, 需要迅速止血, 这可能会导致术者在匆忙中误判神经的位置, 从而造成神经损伤。有研究显示[39], 过度肥胖的患者(BMI > 30)因盆腔被过多的脂肪浸润, 神经识别失败率可增加 2.3 倍。此外, 电凝热扩散(>3 mm)可能造成隐匿性神经损伤, 术后 3 个月迟发性功能障碍占 12.6% [40]。因此, 深入掌握盆腔自主神经的解剖结构与功能, 是达成精准神经功能保护的重要基础。术中对神经的精准识别, 对于许多外科医生而言, 仍然是一项具有挑战性的任务。

3.2. 术后神经功能障碍的发生率

尽管在手术中采取了精细的手术操作、应用神经监测技术等措施进行神经保护, 但仍有相当一部分患者在术后出现排尿和性功能障碍[14]。这可能与手术本身对神经的牵拉、压迫等损伤有关, 也可能与患者个体差异、肿瘤的病理特征等多种因素有关[16][41]。术后神经功能障碍不仅会给患者带来身体上的痛苦, 还会对患者的心理造成严重影响, 降低患者的生活质量和信心。一项 Meta 分析显示[16], 即使术中行盆腔神经保护(PANP), 男性术后勃起功能障碍仍达 25.3% (95% CI 18.6%~32.8%)。其中, 危险因素包括: 糖尿病(OR = 3.01)肿瘤距肛缘 < 5 cm (OR = 2.67)手术时间 > 240 分钟(OR = 1.89)等。根据 Gavaruzzi T 等人的研究显示[42], 女性患者术后性交痛发生率在 L-PANP 组为 14.3%, 低于开腹组的 31.8%, 但术后性功能较术前明显下降。因此, 未来的研究应致力于优化神经保护策略, 降低术后并发症的发生率, 提高患者的生活质量。

3.3. 术中神经监测技术的局限性

目前术中神经监测技术虽然在神经功能保护方面发挥了重要作用, 但仍然存在一些局限性。

首先, 神经监测技术的操作相对复杂, 需要专业的技术人员和设备, 这在一定程度上限制了其在基

层医疗机构的推广应用。其次, 监测技术的费用较高, 增加了患者的医疗负担, 对于一些经济条件较差的患者来说, 可能难以承受。此外, 神经监测技术还存在一定的假阳性和假阴性结果[43], 可能出现误判神经损伤或未能准确检测到神经损伤的情况, 这会影响术者对手术情况的判断和决策, 进一步影响神经功能保护的效果。由于神经周围组织的干扰, 神经电刺激可能会产生假阳性结果, 导致术者不必要地改变手术操作; 而在一些轻微神经损伤的情况下, 神经监测技术可能无法准确检测到, 从而使神经损伤未能得到及时的处理。根据魏正杰等人[44]的研究显示, 现有电刺激技术对微小神经束(直径 < 0.5 mm)敏感性仅 68%, 假阴性率高达 22%。此外, 一项关于神经纤维瘤的临床试验显示[45], 持续的神经电刺激可能引发神经水肿, 导致动作电位振幅下降 19.4%。这可能增加术中因持续神经电刺激而对周围组织造成不必要损伤的风险。因此, 如何解决术中对神经监测技术的局限性仍然是目前研究和临床实践中的一大挑战。

4. 结语与展望

腹腔镜直肠癌根治术在神经功能保护方面, 已经走过了从艰难探索到逐步发展的历程, 取得的成果令人瞩目。从传统开腹手术高风险的神经损伤, 到腹腔镜技术引入后神经功能保护的显著进步, 再到现代高清、3D 腹腔镜以及机器人辅助手术系统带来的精准操作提升, 每一步都凝聚着医学工作者的智慧与努力。然而, 当前面临的挑战也不容忽视。术中神经识别的困难、术后神经功能障碍仍有较高的发生率, 以及现有神经监测技术的局限性, 都制约着神经功能保护水平的进一步提升。这些问题亟待解决, 需要医学领域各个环节的共同努力。

展望未来, 技术创新将是突破困境的关键。个性化神经保护策略的制定也将成为趋势, 依据患者个体差异定制手术方案, 最大程度降低神经损伤风险, 提高患者生活质量。未来需要开展多中心、大样本的临床研究, 整合不同地区、不同医疗中心的数据资源, 对各种神经保护技术和策略进行更全面、更深入的评估。通过多中心、大样本的临床研究, 可以进一步验证和优化神经保护技术和策略, 为临床实践提供更有力的、更可靠的证据, 推动腹腔镜直肠癌根治术神经功能保护水平的整体提升。

基金项目

湖北民族大学研究生科研创新项目(MYK2024025)。

参考文献

- [1] Garcia-Henriquez, N., Galante, D.J. and Monson, J.R.T. (2020) Selection and Outcomes in Abdominoperineal Resection. *Frontiers in Oncology*, **10**, Article ID: 1399. <https://doi.org/10.3389/fonc.2020.01339>
- [2] Ryoo, S. (2023) Low Anterior Resection Syndrome. *Annals of Gastroenterological Surgery*, **7**, 719-724. <https://doi.org/10.1002/ags3.12695>
- [3] 王治杰, 刘骞. 直肠癌侧方淋巴结清扫术后神经功能状态的影响因素分析[J]. 结直肠肛门外科, 2024, 30(5): 549-556.
- [4] 王金凯, 许佳义, 周鲁, 等. 保留盆腔自主神经直肠癌根治术对患者术后排尿功能的影响[J]. 宁夏医科大学学报, 2017, 39(6): 655-663.
- [5] Masaki, T., Matsuoka, H., Kishiki, T., Kojima, K., Tonari, A., Aso, N., *et al.* (2021) Site-Specific Risk Factors for Local Recurrence after Rectal Cancer Surgery. *Surgical Oncology*, **37**, Article 101540. <https://doi.org/10.1016/j.suronc.2021.101540>
- [6] 邵永波, 段全红, 等. 低位直肠癌腹腔镜手术与传统开腹手术的回顾性研究[J]. 潍坊医学院学报, 2023, 45(1): 17-19.
- [7] 孙中华. 腹腔镜与传统开腹根治术治疗结直肠癌的安全性和近期效果比较研究[J]. 河南外科学杂志, 2024, 30(4): 105-107.
- [8] 朱琪, 吴颖霞, 项洪刚, 等. 腹腔镜下低位直肠癌根治术与传统开腹手术的疗效与安全性比较[J]. 中国处方药,

- 2024, 22(4): 178-181.
- [9] 谭陈俊, 林夏, 李政焰, 等. 机器人直肠癌根治术后并发症 Clavien-Dindo 分级及危险因素分析[J]. 腹腔镜外科杂志, 2024, 29(1): 35-41.
- [10] Dohrn, N., Yikilmaz, H., Laursen, M., Khesrawi, F., Clausen, F.B., Sørensen, F., *et al.* (2022) Intracorporeal versus Extracorporeal Anastomosis in Robotic Right Colectomy. *Annals of Surgery*, **276**, e294-e301. <https://doi.org/10.1097/sla.0000000000005254>
- [11] Cleary, R.K., Silveira, M., Reidy, T.J., McCormick, J., Johnson, C.S., Sylla, P., *et al.* (2022) Intracorporeal and Extracorporeal Anastomosis for Robotic-Assisted and Laparoscopic Right Colectomy: Short-Term Outcomes of a Multi-Center Prospective Trial. *Surgical Endoscopy*, **36**, 4349-4358. <https://doi.org/10.1007/s00464-021-08780-9>
- [12] 贾兴胜, 倪进斌, 钱金权, 等. 保留盆腔自主神经的全直肠系膜切除术在男性中、低位直肠癌中的应用[J]. 蚌埠医学院学报, 2013, 38(9): 1127-1129.
- [13] 杨丹, 李丽, 邵丽, 等. 腹腔镜下系统保留盆腔自主神经的直肠癌根治术的近期疗效及对患者术后排尿、胃肠功能影响[J]. 实用癌症杂志, 2020, 35(5): 819-824.
- [14] 董鹏, 汪文杰. 腹腔镜下直肠癌根治术中保留自主神经的研究进展[J]. 中国老年学杂志, 2023, 43(15): 3831-3835.
- [15] 李朝剑, 苟勇, 蔡美煌, 等. 腹腔镜直肠癌全系膜切除术后排尿功能障碍的危险因素分析[J]. 实用临床医药杂志, 2023, 27(10): 51-56.
- [16] 王尧, 阎华金, 邓少博, 等. 直肠癌患者 RTME 联合 PANP 术后排尿功能障碍的影响因素研究[J]. 临床消化病杂志, 2023, 35(3): 218-222.
- [17] Xu, G., Lei, H., Zhou, Y., Huang, L., Tian, H., Zhou, Z., *et al.* (2021) Acupuncture for Quality of Life of Patients with Defecation Dysfunction after Sphincter Preserving Surgery for Rectal Cancer: A Systematic Review. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*, **2021**, Article ID: 7858252. <https://doi.org/10.1155/2021/7858252>
- [18] 谢明明, 黄冰, 黄清霞, 等. 达芬奇机器人系统辅助直肠低位前切除术在直肠癌患者中的应用效果[J]. 医疗装备, 2024, 37(22): 64-70.
- [19] 张成, 马锐, 段福孝, 等. 达芬奇机器人手术与腹腔镜手术治疗直肠癌的临床疗效对比(附 550 例报告) [J]. 结直肠肛门外科, 2024, 30(3): 298-302.
- [20] 王文博. 达芬奇机器人与腹腔镜直肠癌根治术对直肠癌患者手术情况、术后恢复及术后并发症的影响[J]. 中国医学创新, 2024, 21(5): 143-147.
- [21] 杨勇, 李姗姗, 张正国, 等. 实时吲哚菁绿荧光成像导航技术在直肠癌手术中的应用[J]. 中国普外基础与临床杂志, 2024, 31(1): 45-49.
- [22] 何泽玮, 郭紫贤, 钟世彪, 等. 吲哚菁绿荧光影像技术在腹腔镜结直肠癌手术中的应用及研究现状[J]. 结直肠肛门外科, 2024, 30(6): 762-766.
- [23] 李明, 彭银杰, 刘磊, 等. 吲哚菁绿荧光腹腔镜技术在直肠癌手术中的应用价值分析[J]. 临床肿瘤学杂志, 2024, 29(5): 494-498.
- [24] 龚冠闻, 江志伟, 孙辰华, 等. 结直肠癌患者围手术期自主神经功能变化及其与营养状况的相关性分析[J]. 东南大学学报(医学版), 2022, 41(3): 358-363.
- [25] 徐超卫, 尚义泰. 直肠癌开放手术与腹腔镜全系膜切除根治术对盆腔自主神经功能的影响[J]. 现代实用医学, 2019, 31(10): 1318-1319.
- [26] 刘帛岩, 冯子夜, 陈玉辉, 等. 盆腔自主神经监测对腹腔镜辅助中低位直肠癌根治术中男性患者排尿功能保护作用的研究[J]. 解放军医学院学报, 2024, 45(2): 158-162.
- [27] Wang, X., Qiu, A., Liu, X. and Shi, Y. (2020) Total Mesorectal Excision Plus Lateral Lymph Node Dissection vs TME on Rectal Cancer Patients: A Meta-Analysis. *International Journal of Colorectal Disease*, **35**, 997-1006. <https://doi.org/10.1007/s00384-020-03610-1>
- [28] 王海江, 葛磊. 盆腔植物神经解剖学研究在腹腔镜直肠癌根治术的标识与应用[J]. 中华结直肠疾病电子杂志, 2017, 6(6): 463-468.
- [29] Zorrilla-Vaca, A., Mena, G.E., Ripolles-Melchor, J., Abad-Motos, A., Aldecoa, C., Lorente, J.V., *et al.* (2021) Goal-directed Fluid Therapy and Postoperative Outcomes in an Enhanced Recovery Program for Colorectal Surgery: A Propensity Score-Matched Multicenter Study. *The American Surgeon*TM, **87**, 1189-1195. <https://doi.org/10.1177/0003134820973365>
- [30] McLain, N., Parks, S., Collins, M.J., *et al.* (2021) Perioperative Goal-Directed Fluid Therapy: A Prime Component of

- Enhanced Recovery After Surgery. *American Association of Nurse Anesthetists Journal*, **89**, 351-357.
- [31] Guzzi, G., Ricciuti, R.A., Della Torre, A., Lo Turco, E., Lavano, A., Longhini, F., *et al.* (2024) Intraoperative Neurophysiological Monitoring in Neurosurgery. *Journal of Clinical Medicine*, **13**, Article 2966. <https://doi.org/10.3390/jcm13102966>
- [32] Angelliaume, A., Alhada, T., Parent, H., Royer, J. and Harper, L. (2023) Intraoperative Neurophysiological Monitoring in Scoliosis Surgery: Literature Review of the Last 10 Years. *European Spine Journal*, **32**, 3072-3076. <https://doi.org/10.1007/s00586-023-07837-8>
- [33] Manohara, N., Pinto, V., Lobo, C., Byrappa, V. and Lobo, F.A. (2024) Changes in Motor Evoked Potentials after Erector Spinae Block in Scoliosis Surgery—When to Take Pre-Incision Baseline Recordings? *Journal of Clinical Monitoring and Computing*, **38**, 229-234. <https://doi.org/10.1007/s10877-023-01058-6>
- [34] 金旦娟, 李震洋, 顾晓冬, 等. 腹腔镜中低位直肠癌根治术中盆腔自主神经监测(IMPAN)的价值[J]. 复旦学报(医学版), 2020, 47(5): 669-678.
- [35] 谭明华, 杜国能, 廖健南, 等. 实时神经监测在腹腔镜直肠癌全直肠系膜切除术中盆腔自主神经丛保护的应用[J]. 岭南现代临床外科, 2022, 22(5): 463-465.
- [36] Epstein, N.E. (2023) Perspective: Can Intraoperative Neurophysiological Monitoring (IONM) Limit Errors Associated with Lumbar Pedicle Screw Fusions/Transforaminal Lumbar Interbody Fusions (TLIF)? *Surgical Neurology International*, **14**, Article 314. https://doi.org/10.25259/sni_671_2023
- [37] 宋世谦. 保留盆腔自主神经直肠癌全系膜切除术治疗男性中低位直肠癌疗效观察[J]. 新乡医学院学报, 2019, 36(6): 574-577.
- [38] 李森, 薛勇敢, 柯沐, 等. 机器人与腹腔镜手术治疗肥胖中低位直肠癌患者短期疗效比较[J]. 解放军医学院学报, 2023, 44(6): 624-630.
- [39] 张雪涛, 李亮, 杨仁意, 等. 内脏肥胖对机器人直肠癌根治术后近期疗效的影响[J]. 中国肿瘤临床, 2023, 50(22): 1153-1158.
- [40] Masaki, T., Matsuoka, H., Kishiki, T., Kojima, K., Aso, N., Beniya, A., *et al.* (2020) Intraoperative Radiotherapy for Resectable Advanced Lower Rectal Cancer—Final Results of a Randomized Controlled Trial (Umin000021353). *Langenbeck's Archives of Surgery*, **405**, 247-254. <https://doi.org/10.1007/s00423-020-01875-2>
- [41] 吴胜伟, 吴晓翔, 王志伟, 等. 保留盆腔自主神经的腹腔镜全直肠系膜切除术对女性直肠癌患者术后复发及排尿和性生活质量的影响[J]. 新乡医学院学报, 2022, 39(6): 519-522.
- [42] Gavaruzzi, T., Pace, U., Giandomenico, F., Pucciarelli, S., Bianco, F., Selvaggi, F., *et al.* (2020) Colonic J-Pouch or Straight Colorectal Reconstruction after Low Anterior Resection for Rectal Cancer: Impact on Quality of Life and Bowel Function: A Multicenter Prospective Randomized Study. *Diseases of the Colon & Rectum*, **63**, 1511-1523. <https://doi.org/10.1097/dcr.0000000000001745>
- [43] 昝昕, 方媛, 周良学, 等. 术中神经电生理监测技术在经鼻内镜颅底手术中的进展[J]. 四川大学学报(医学版), 2022, 53(4): 579-582.
- [44] 李小丽, 余莉君, 顾春松, 等. 神经电生理监测技术对微创经椎间孔入路腰椎体间融合术中神经功能保护的效果分析[J]. 中国现代医学杂志, 2025, 35(4): 43-47.
- [45] 周维赟, 曾宇, 欧阳火牛, 等. 多模态术中神经电生理监测技术在I型神经纤维瘤病相关周围神经肿瘤手术中的应用[J]. 中国修复重建外科杂志, 2024, 38(10): 1202-1212.