

DOI:10.13350/j.cjpb.260225

• 综述 •

结直肠癌根治术后切口感染病原菌分布特征及危险因素研究进展*

杨国华**, 杨智源

(长春医学高等专科学校临床医学院内科教研室, 吉林长春 130031)

【摘要】 结直肠癌(CRC)根治术是治疗CRC的主要手段,术后切口感染(SSI)是其常见并发症之一。SSI不仅延长住院时间、增加医疗费用,还极大制约术后康复进程。本文结合国内外高质量临床研究、多中心队列数据及相关指南,系统综述病原菌分布特征、耐药演变及危险因素,以期临床优化CRC根治术SSI防控体系、提升CRC根治术围术期管理质量提供理论依据。

【关键词】 结直肠癌;根治术;术后切口感染;病原菌;危险因素;综述

【文献标识码】 A **【文章编号】** 1673-5234(2026)02-0265-04

[*Journal of Pathogen Biology*. 2026 Feb.;21(02):265-268.]

Research progress on the distribution characteristics of pathogenic bacteria and risk factors in surgical site infection after radical resection of colorectal cancer

YANG Guohua, YANG Zhiyuan (*Department of Internal Medicine, Clinical Medical College, Changchun Medical College, Changchun 130031, China*)

【Abstract】 Radical resection of colorectal cancer (CRC) is the main treatment method for CRC, and postoperative surgical site infection (SSI) is one of its common complications. SSI not only prolongs hospital stays and raises medical expenses, but also greatly restricts the postoperative rehabilitation process. This article systematically reviews the distribution characteristics of pathogenic bacteria, the evolution of drug resistance and risk factors by integrating high-quality clinical research at home and abroad, multi-center cohort data and relevant guidelines, so as to provide a theoretical basis for the clinical optimization of the SSI prevention and control system for radical CRC surgery and the improvement of the perioperative management quality of radical CRC surgery.

【Keywords】 colorectal cancer; radical surgery; postoperative surgical site infection; pathogenic bacteria; risk factors; review

***结直肠癌(colorectal cancer, CRC)高发,根治性手术是其主要治疗手段^[1]。随腹腔镜、机器人辅助手术等微创技术普及, CRC患者根治术后短期疗效得到提升,但术后切口感染(surgical site infection, SSI)及其他并发症仍制约术后康复进程。由于CRC手术切口通常不属于清洁I类切口,且手术部位特殊,毗邻包含大量且种类复杂菌群的肠道,故SSI风险较高^[2]。研究显示, CRC术后SSI发生率11%~30%^[3-4]。SSI发生机制复杂,涉及肠道菌群移位、外源性污染、机体免疫功能紊乱等。近年来,病原菌耐药率持续攀升, CRC根治术SSI的危险因素谱也在不断变化,使临床防控面临愈加严峻的挑战。明确CRC根治术SSI的病原菌分布特征与危险因素是实现精准预防和靶向治疗的前提。既往研究常出现相互矛盾的结论,导致不同研究所报道的SSI发生率存在差异、危险因素也不尽相同,以至于临床在CRC根治术SSI防控策略上尚未能形成共识。因此,重新梳理CRC根治术SSI的危险因素并在临床实践中加以重视,对防控CRC根治术SSI具有积极意义。基于此,本文通过检索PubMed、中国知网等平台近年相关研究进展,系统综述CRC根治术SSI的病原菌分布特征、耐药演变及危险因素,为临床制定CRC根治术SSI精准防控策略提供理论依据。

1 SSI的诊断标准

SSI诊断参照《医院感染诊断标准(试行)^[5]》。对CRC根治术SSI进行定义:手术后30d内(若有植入物则可延长至12个月内)发生的与切口相关的感染,涵盖表浅切口感染(指感染涉及皮肤及皮下组织)、深部切口感染(指感染累及深部软组织,如筋膜)以及器官/腔隙感染。

2 CRC术后SSI病原菌分布特征

2.1 CRC术后SSI病原菌构成 调查CRC根治术SSI的病原菌构成发现,以革兰阴性菌为主。其构成与肠道菌群特性相关,以大肠埃希菌最常见。大肠埃希菌多源于肠道菌群移位,其致病性与多种毒力因子有关,且能产超广谱 β -内酰胺酶(Extended-spectrum β -lactamases, ESBL),导致对多种抗生素耐药^[6]。此外,铜绿假单胞菌、肺炎克雷伯菌也较多见,二者常见于免疫力低下或长期住院患者^[7]。

革兰阳性菌主要包括金黄色葡萄球菌、肠球菌属。其中,甲氧西林敏感株、耐甲氧西林株在金黄色葡萄球菌中占比较

* **【基金项目】** 吉林省教育厅科学技术研究项目(No. JJKH20221352KJ)。

** **【通信作者(简介)】** 杨国华(1979-),女,吉林通化人,博士研究生,副教授,从事消化系统肿瘤治疗研究。
E-mail: yanyuhuashi@163.com

大,多通过外源性途径(如医疗器械污染)传播,感染后病情往往更严重,治疗难度也更大。肠球菌属(如粪肠球菌)是肠道正常菌群,但术后可能成为机会性致病菌,值得注意的是,耐万古霉素肠球菌检出率正逐年升高。

此外,真菌感染(如白色假丝酵母菌)在CRC根治术SSI中相对少见,多见于长期使用广谱抗生素或存在免疫抑制的患者^[6]。但真菌感染耐药性强、治疗难度大,仍需警惕。

2.2 耐药性特征 当前,CRC根治术SSI病原菌的耐药问题日益严峻,多重耐药菌株、泛耐药菌株检出率持续攀升,极大地限制经验性治疗的抗菌药物选择范围,进而造成临床精准用药常需依赖病原学培养与药敏试验结果^[7]。

2.2.1 革兰阴性菌耐药特征 ①产ESBL菌株:大肠埃希菌和肺炎克雷伯菌是主要的产酶菌,二者的ESBL检出率居高不下,这也导致对第三代头孢菌素(如头孢他啶)耐药率超70%,对喹诺酮类、磺胺类药物耐药率也普遍超50%;②碳青霉烯类耐药肠杆菌(carbapenem-resistant enterobacterales, CRE):肺炎克雷伯菌CRE检出率超10%,多见于反复感染、既往碳青霉烯类药物暴露等患者。CRE对多数抗菌药物均耐药,仅对多黏菌素、替加环素等少数抗菌药物敏感;③铜绿假单胞菌:对哌拉西林/他唑巴坦、头孢吡肟的耐药率均超30%。此外,该菌易形成生物膜,增加治疗难度。

2.2.2 革兰阳性菌耐药特征 耐甲氧西林株对β-内酰胺类药物耐药率普遍超90%,临床治疗仅能选用万古霉素、利奈唑胺、替考拉宁等。耐万古霉素肠球菌检出率逐年上升,其对万古霉素耐药机制多由vanA、vanB基因介导,治疗时可选用利奈唑胺或达托霉素^[8]。

3 CRC根治术SSI的危险因素

3.1 患者因素

3.1.1 肥胖 与正常体重者相比,超重、肥胖、病态肥胖者术后SSI风险均增大,依次增至1.2倍、1.5倍、2.66倍^[9]。其机制是,肥胖患者皮下脂肪层厚、血供较差,手术切口张力高且易形成死腔,为细菌滋生创造条件^[10]。此外,肥胖相关的胰岛素抵抗会抑制中性粒细胞功能、巨噬细胞功能,降低机体抗感染能力,并增加手术难度与时长^[11-12]。

3.1.2 合并症 患有基础疾病的CRC患者根治术SSI风险显著升高。例如,糖尿病(尤其是空腹血糖 ≥ 7.0 mmol/L或糖化血红蛋白 $\geq 7.5\%$)患者感染风险约是未合并糖尿病患者的2.8~3.5倍^[13-14]。高血糖能够抑制中性粒细胞吞噬功能、延缓胶原合成,并导致切口局部微循环障碍。免疫功能抑制(如长期使用糖皮质激素)患者SSI风险增加4.2倍,因机体不能够有效清除入侵病原菌^[15-16]。贫血(血红蛋白 < 90 g/L)患者SSI率达25.7%,高于非贫血者(8.3%),这与组织氧供不足有关^[10]。

3.1.3 营养状态 术前低白蛋白(< 35 g/L)是SSI的独立预测因子,营养不良可削弱组织修复能力^[17]。多项研究^[18-19]均证实这一结论。其中一项研究^[19]明确营养风险与SSI风险呈正相关(OR=1.81)。

3.1.4 吸烟史 长期吸烟者SSI风险增加。烟草中的尼古丁可引起血管收缩,减少切口局部血供与氧供,导致组织愈合延迟,并抑制免疫细胞功能^[17]。

3.1.5 年龄 年龄和SSI明显相关,老年患者术后更易出现SSI^[20]。这可能与年龄增加所造成的免疫功能衰退有关^[21]。

3.1.6 美国麻醉师协会评分 美国麻醉师协会评分 ≥ 3 分也被多项研究^[22-25]证实是SSI的高风险因素。

3.2 疾病与治疗相关因素

3.2.1 肿瘤因素 肿瘤分期是SSI的重要危险因素。Bot等^[26]研究显示,进展期结肠癌术后感染风险、局部晚期非转移性肿瘤感染风险均明显升高。此外,术前合并肠梗阻或肠穿孔者,因肠道内容物外溢导致腹腔污染,SSI风险也较高。

3.2.2 新辅助放化疗 新辅助放疗可损伤肠道黏膜与腹壁软组织,导致局部血供减少^[25];化疗会抑制骨髓造血功能,引起白细胞减少、免疫功能低下,协同增加SSI风险。但需注意,新辅助放化疗带来的肿瘤降期获益往往大于SSI风险,临床需通过加强围术期管理以降低SSI风险。

3.3 手术因素

3.3.1 手术时长 手术时间延长与SSI发生相关^[27-28]。手术超过3h会增加感染风险(OR=2.74),因长时间手术导致组织缺血缺氧、术者疲劳增加操作污染可能,同时延长切口暴露时间,细菌定植风险相应增大^[17]。

3.3.2 手术方式 传统开腹手术因切口长、组织创伤大,其感染率通常高于腹腔镜手术(OR=1.65)^[17]。腹腔镜手术则凭借视野清晰、创伤小、术后恢复快等优势,可降低SSI风险。

3.3.3 手术部位 研究表明,直肠癌手术术后感染性并发症发生率高于结肠癌手术^[29]。Konishi等^[25]报道直肠手术SSI发生率(18.0%)约为结肠手术(9.4%)的2倍。这可能与直肠区域细菌负荷更高、手术常伴造口、操作更复杂(如全直肠系膜切除)等有关^[16,23]。

3.3.4 术中管理 术中平均动脉压 < 65 mmHg持续0.5h以上,感染风险增加2.18倍,因组织灌注不足易致缺氧性损伤,局部抗感染能力明显变差^[17]。切口保护不当(未使用切口保护套)可使肠道内容物直接接触切口,SSI风险增加。术中失血量 > 500 mL,机体应激反应增加,且易形成血肿,从而增加SSI风险。

3.4 围术期管理因素

3.4.1 肠道准备 术前未充分清洁肠道导致结肠内细菌数量增加,SSI风险升高。

3.4.2 术中保温 术中低体温会引起外周血管收缩,减少切口局部氧供,影响中性粒细胞功能,从而增加SSI风险。

3.4.3 围术期抗生素使用 预防性抗生素 > 48 h反而会增加耐药菌感染风险(OR=1.93)^[30]。

3.4.4 术后护理 未及时清洁伤口、引流管堵塞或位置不当(如压迫肠管)是感染的常见原因,可通过严格无菌操作和定期更换敷料,以降低SSI风险。

3.4.5 并发症 吻合口漏是SSI的预测因子(OR=22.07),因其所致的细菌污染和炎症反应易扩散至切口^[17]。术后肺炎与SSI存在协同效应(OR=4.10)^[17]。

4 耐药菌感染的挑战与精准防控策略研究进展

4.1 耐药菌感染的临床挑战

4.1.1 治疗失败率高 产ESBL菌株感染者经验性治疗失败率高,主要归因于传统头孢类、喹诺酮类药物疗效不佳。而碳青霉烯类耐药肠杆菌感染患者病死率增加,且治疗药物(如多

黏菌素)选择有限,并常伴不良反应(如肾毒性),临床应用受限。

4.1.2 医疗负担加重 耐药菌感染患者平均住院时间延长约1周,医疗费用增加超3倍,且再入院率高,给医疗系统带来沉重负担。

4.2 精准防控策略 肥胖、吸烟、肠道准备等诸多因素均为可干预因素,临床可通过针对性措施降低风险;而不可干预因素(如肿瘤分期)可作为术前SSI风险分层的依据,指导SSI个体化防控策略制定。

4.2.1 术前优化 对肥胖、糖尿病、高龄患者进行术前感染风险评估并制定个体化防控策略,对合并糖尿病的患者,建议术前行空腹血糖控制7.0 mmol/L以下、糖化血红蛋白降至7.5%以下,围术期采用胰岛素个体化治疗,避免血糖剧烈波动,降低SSI风险。营养支持:纠正低蛋白血症和贫血,增强免疫功能。肠道准备:机械性肠道准备联合口服抗生素(如新霉素)减少结肠内细菌负荷^[31-32]。

4.2.2 术中控制 优先选择腹腔镜手术,同时严格遵循无菌操作原则。术中采取保温措施(如使用保温毯、加温输液)维持核心体温 $\geq 36^{\circ}\text{C}$;通过液体管理维持平均动脉压 ≥ 65 mmHg,减少组织缺血缺氧;采用精准吻合技术,确保吻合口血供良好,减少吻合口漏发生。通过术前规划、团队协作,将手术时长控制在3 h内,若手术时间超过3 h建议术中追加一次抗菌药物。

4.2.3 术后管理 定期更换敷料,保持伤口干燥。确保引流管通畅,避免扭曲或压迫组织。应尽早采集疑似SSI患者的分泌物行病原学培养及药敏试验,经验性用药覆盖优势致病菌(革兰阴性菌),后续再根据药敏结果调整为窄谱抗生素,且疗程不宜超过7 d^[30]。此外,鼓励患者术后早期下床活动,以促进血液循环。

4.3 未来方向

4.3.1 快速病原学检测技术 宏基因组二代测序可快速明确病原菌种类与耐药基因,较传统培养大幅缩短诊断时间,为耐药菌感染的早期靶向治疗提供有力的信息支持。

4.3.2 个体化预测模型 整合基因组学(耐药基因检测)、临床指标(如糖尿病史)与影像组学特征,利用人工智能构建CRC根治术SSI风险预测模型,有望在术前精准识别高危患者,将防控措施前移^[32-33]。

4.3.3 新型抗感染技术 噬菌体疗法针对耐甲氧西林株、CRE等多重耐药菌具有靶向性强、不易产生耐药性等优势。抗菌涂层缝合线(如载银、载万古霉素缝合线)可在局部缓慢释放抗菌药物,降低切口细菌定植率,临床应用前景广阔。

4.3.4 多模态监测与防控 建立区域性病原菌耐药监测网络,实时更新病原谱与耐药趋势,为抗菌药物管理提供数据支持;结合微生物组学、代谢组学技术,早期识别肠道菌群紊乱等SSI预警信号,实现防控措施前移^[34]。

5 结语

CRC根治术SSI发生是患者自身、疾病、手术等诸多危险因素共同作用的结果,其病原谱以革兰阴性菌为主,且耐药情况严峻。鉴于SSI制约CRC根治术患者的治疗效果,在临床实践中应对其危险因素加以重视。临床工作者应采取综合防控措施,从控制可干预的危险因素入手,结合本地地区的病原菌流行特点,制定个体化的预防和治疗方案,从而减少SSI发生,

改善CRC根治术患者预后。

【参考文献】

- [1] 中华医学会外科学分会腹腔镜与内镜外科学组,中华医学会外科学分会结直肠外科学组,中国医师协会外科医师分会结直肠外科专家工作组,等. 腹腔镜结直肠癌根治术操作指南(2023版)[J]. 中华消化外科杂志,2024,23(1):10-22.
- [2] Yamashita K, Takeno S, Hoshino S, et al. Triclosan sutures for surgical site infection in colorectal cancer[J]. J Surg Res, 2016, 206(1):16-21.
- [3] Liu L, Liu L, Liang LC, et al. Impact of preoperative anemia on perioperative outcomes in patients undergoing elective colorectal surgery[J]. Gastroenterol Res Pract, 2018, 2018(1):2417028.
- [4] 杨滢,阮小毛,阮勇. 结直肠癌手术患者术后切口感染病原菌及危险因素调查分析[J]. 解放军医药杂志,2020,32(11):35-39.
- [5] 中华人民共和国卫生部. 医院感染诊断标准(试行)[J]. 中华医学杂志,2001,81(5):314-320.
- [6] 王晓桐,兰婷婷,常馨文,等. 结直肠癌患者手术部位感染致病菌的分布及感染危险因素分析[J]. 中国病原生物学杂志,2023,18(10):1214-1217,1222.
- [7] 李海英,生金丽,朱怀平,等. 结直肠癌术后患者手术部位感染影响因素的研究[J]. 中国消毒学杂志,2018,35(9):666-668.
- [8] 姜宁,程晟. 179例结直肠手术术后腹腔感染患者的病原学特点及用药分析[J]. 中国医院用药评价与分析,2023,23(10):1247-1250.
- [9] Xu Z, Qu H, Kanani G, et al. Update on risk factors of surgical site infection in colorectal cancer: a systematic review and meta-analysis[J]. Int J Colorectal Dis, 2020, 35(12):2147-2156.
- [10] 孙虎,范发明,孙颖,等. 结直肠癌切除术患者发生手术切口感染的相关因素研究[J]. 山西医药杂志,2019,48(2):136-139.
- [11] Gurunathan U, Ramsay S, Mitric G, et al. Association between obesity and wound infection following colorectal surgery: Systematic review and meta-analysis[J]. J Gastrointest Surg, 2017, 21(10):1700-1712.
- [12] Meijs AP, Koek MBG, Vos MC, et al. The effect of body mass index on the risk of surgical site infection[J]. Infect Control Hosp Epidemiol, 2019, 40(9):991-996.
- [13] Ata A, Valerian BT, Lee EC, et al. The effect of diabetes mellitus on surgical site infections after colorectal and noncolorectal general surgical operations[J]. Am Surg, 2010, 76(7):697-702.
- [14] Nakamura T, Sato T, Takayama Y, et al. Risk factors for surgical site infection after laparoscopic surgery for colon cancer[J]. Surg Infect (Larchmt), 2016, 17(4):454-458.
- [15] Kamonvarapitak T, Matsuda A, Matsumoto S, et al. Preoperative lymphocyte-to-monocyte ratio predicts postoperative infectious complications after laparoscopic colorectal cancer surgery[J]. Int J Clin Oncol, 2020, 25(4):633-640.
- [16] Degrate L, Garancini M, Misani M, et al. Right colon, left colon, and rectal surgeries are not similar for surgical site infection development. Analysis of 277 elective and urgent colorectal resections[J]. Int J Colorectal Dis, 2011, 26(1):61-69.
- [17] 国瑞辰,孙蕊,吴斌,等. 基于单中心数据库的结肠癌术后手术部位感染危险因素分析[J]. 中华胃肠外科杂志,2022,25(3):242-

- 249.
- [18] Tanaka T, Sato T, Yamashita K, et al. Effect of preoperative nutritional status on surgical site infection in colorectal cancer resection[J]. *Dig Surg*, 2017, 34(1):68-77.
- [19] Skeie E, Koch AM, Harthug S, et al. A positive association between nutritional risk and the incidence of surgical site infections: A hospital-based register study[J]. *PLoS One*, 2018, 13(5):e0197344.
- [20] Grosso G, Biondi A, Marventano S, et al. Major postoperative complications and survival for colon cancer elderly patients[J]. *BMC Surg*, 2012, 12(Suppl 1):S20.
- [21] 刘彦合, 李慧, 叶晓谊, 等. 胃肠肿瘤患者术后切口感染影响因素分析及对策[J]. *中华医院感染学杂志*, 2019, 29(2):249-253.
- [22] Gaynes RP, Culver DH, Horan TC, et al. Surgical site infection (SSI) rates in the United States, 1992-1998; The national nosocomial infections surveillance system basic SSI risk index [J]. *Clin Infect Dis*, 2001, 33(Suppl 2):S69-S77.
- [23] Tang R, Chen HH, Wang YL, et al. Risk factors for surgical site infection after elective resection of the colon and rectum: a single-center prospective study of 2,809 consecutive patients[J]. *Ann Surg*, 2001, 234(2):181-189.
- [24] Itatsu K, Sugawara G, Kaneoka Y, et al. Risk factors for incisional surgical site infections in elective surgery for colorectal cancer: focus on intraoperative meticulous wound management [J]. *Surg Today*, 2014, 44(7):1242-1252.
- [25] Konishi T, Watanabe T, Kishimoto J, et al. Elective colon and rectal surgery differ in risk factors for wound infection: results of prospective surveillance[J]. *Ann Surg*, 2006, 244(5):758-763.
- [26] Bot J, Piessen G, Robb WB, et al. Advanced tumor stage is an independent risk factor of postoperative infectious complications after colorectal surgery: arguments from a case-matched series [J]. *Dis Colon Rectum*, 2013, 56(5):568-576.
- [27] Miki C, Inoue Y, Mohri Y, et al. Site-specific patterns of surgical site infections and their early indicators after elective colorectal cancer surgery[J]. *Dis Colon Rectum*, 2006, 49(10 Suppl):S45-S52.
- [28] Cheng H, Chen BP, Soleas IM, et al. Prolonged operative duration increases risk of surgical site infections: A systematic review[J]. *Surg Infect (Larchmt)*, 2017, 18(6):722-735.
- [29] Horzic M, Kopljar M. Postoperative infections in colorectal cancer patients[J]. *Hepatogastroenterology*, 2005, 52(61):101-104.
- [30] Lohsiriwat V, Lohsiriwat D. Antibiotic prophylaxis and incisional surgical site infection following colorectal cancer surgery: an analysis of 330 cases[J]. *J Med Assoc Thai*, 2009, 92(1):12-16.
- [31] Yang Y, Xia Y, Chen H, et al. The effect of perioperative probiotics treatment for colorectal cancer: short-term outcomes of a randomized controlled trial [J]. *Oncotarget*, 2016, 7(7):8432-8440.
- [32] Tamma PD, Aitken SL, Bonomo RA, et al. Infectious diseases society of America 2022 guidance on the treatment of extended-spectrum β -lactamase producing enterobacterales (ESBL-E), carbapenem-resistant enterobacterales (CRE), and *Pseudomonas aeruginosa* with difficult-to-treat resistance (DTR-P. *aeruginosa*) [J]. *Clin Infect Dis*, 2022, 75(2):187-212.
- [33] 李文熙, 郑鑫, 孙宝信, 等. 结直肠癌术后患者切口感染危险因素及其预测模型的构建[J]. *中华医院感染学杂志*, 2023, 33(17):2652-2655.
- [34] Zhang HJ, Wang HW, Tian FY, et al. Decolonization strategies for ESBL-producing or carbapenem-resistant *Enterobacterales* carriage: A systematic review and meta-analysis [J]. *Sci Rep*, 2024, 14(1):24349.

【收稿日期】 2025-08-29 【修回日期】 2025-11-14

(上接 264 页)

- [23] Wang Y, Liu X, Sun X. Mannan-DC-SIGN axis promotes regulatory T cell expansion in candida vaginitis [J]. *Microbiome*, 2024, 12(1):156-162.
- [24] Bergonzi S, Martino M, Pagnini I, et al. *Lacticaseibacillus rhamnosus* Lcr35 modulates dendritic cell and epithelial immune responses against *Gardnerella vaginalis* [J]. *Infect Immun*, 2022, 90(7):756-762.
- [25] Gonzalez-Mora JL, Navarro-Barrios M, Ruiz-Lopez A, et al. *Megasphaera elsdenii* and *Prevotella timonensis* induce proinflammatory Th1 skewing via dendritic cells in bacterial vaginosis [J]. *Microbiol Spect*, 2021, 9(4):434-440.
- [26] Ding Y, Ravel J, Brotman RM, et al. Vaginal epithelial dysfunction is mediated by the microbiome, metabolome, and mTOR signaling [J]. *Cell Reports*, 2024, 42(5):524-527.
- [27] Wang X, Li Y, Zhang H, et al. Dysbiotic short-chain fatty acids enhance NF- κ B activation in vaginal epithelial cells [J]. *Nat Commun*, 2023, 14(1):145-149.
- [28] Anton L, Ferguson B, Friedman ES, et al. *Gardnerella vaginalis* alters cervicovaginal epithelial cell function through microbe-specific immune responses [J]. *Microbiome*, 2022, 10(1):119-122.

【收稿日期】 2025-08-27 【修回日期】 2025-11-03