

术中疼痛对结直肠癌患者术后恢复影响的研究进展

乐臻¹, 唐林², 罗柳², 郑铭陟^{2*}

¹吉首大学医学院, 湖南 吉首

²吉首大学株洲临床学院麻醉科, 湖南 株洲

收稿日期: 2025年12月9日; 录用日期: 2026年1月2日; 发布日期: 2026年1月13日

摘要

结直肠癌是常见的消化道恶性肿瘤, 手术治疗是其根治的主要手段。在加速康复外科理念指导下, 术后恢复质量的内涵已从传统、单一的生物学指标升华为一个涵盖生理、功能和心理社会维度的综合性患者结局, 而术中疼痛作为手术应激的核心组成部分, 可能通过神经内分泌与免疫等多重途径, 对患者术后恢复质量产生深远影响。本文旨在系统综述术中疼痛对结直肠癌患者术后恢复质量的多维度影响及其病理生理机制, 并评述术中镇痛优化管理策略的研究进展, 为提升患者术后恢复质量提供临床依据。

关键词

术中疼痛, 结直肠癌, 恢复质量, 全身麻醉

Research Progress on the Impact of Intraoperative Pain on Postoperative Recovery in Patients with Colorectal Cancer

Zhen Yue¹, Lin Tang², Liu Luo², Mingzhi Zheng^{2*}

¹School of Medicine, Jishou University, Jishou Hunan

²Department of Anesthesiology, Zhuzhou Clinical College, Jishou University, Zhuzhou Hunan

Received: December 9, 2025; accepted: January 2, 2026; published: January 13, 2026

Abstract

Colorectal cancer is a common malignant tumor of the digestive tract, and surgical treatment is the

*通讯作者。

文章引用: 乐臻, 唐林, 罗柳, 郑铭陟. 术中疼痛对结直肠癌患者术后恢复影响的研究进展[J]. 临床医学进展, 2026, 16(1): 1183-1190. DOI: 10.12677/acm.2026.161153

main means of radical cure. Under the guidance of the concept of accelerated rehabilitation surgery, the connotation of postoperative recovery quality has evolved from traditional and single biological indicators to a comprehensive patient outcome encompassing physiological, functional, and psychosocial dimensions. Intraoperative pain, as a core component of surgical stress, may have a profound impact on the quality of postoperative recovery through multiple pathways such as neuroendocrine and immune pathways. This article aims to systematically review the multidimensional effects of intraoperative pain on the quality of postoperative recovery in patients with colorectal cancer and its pathophysiological mechanisms, and to comment on the research progress of optimized management strategies for intraoperative analgesia, providing clinical evidence to enhance the quality of postoperative recovery for patients.

Keywords

Intraoperative Pain, Colorectal Cancer, Recovery Quality, General Anesthesia

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. 引言

1.1. 结直肠癌的流行病学与外科治疗地位

结直肠癌(colorectal cancer, CRC)为当前全世界最普遍的恶性肿瘤之一[1]。据 GLOBOCAN 2022 数据显示,全球 CRC 的发病人数位居第 3 位,死亡人数位居第 2 位。中国是结直肠癌负担最重国家之一,高发病率、高死亡率、发病率持续攀升以及发病年龄呈现年轻化态势,是中国结直肠癌的显著特征[2]。结直肠癌的发生是遗传、环境和生活方式的共同结果。年龄作为不可改变的因素,患结直肠癌风险随年龄增长而增加,同时家族史与个人史亦会显著增加患病风险。在可改变的因素中,运动的减少、高脂饮食的增加、肥胖率的上升是我国近年来 CRC 发病率持续上升的重要原因[3]。针对 CRC 的高发病率,《中国结直肠癌早诊早治专家共识(2023 版)》[4]提出了, CRC 的筛查技术应结合地区流行病学特征、个体因素与医疗资源可及性的综合选择,并针对普通人群和高危人群分别实施不同的筛查方案。临床上治疗患者结直肠癌目前是以手术治疗为主,尤其是对于早期老年结直肠癌患者,通过根治性手术能实现临床治愈[5]。结直肠癌外科治疗包括内镜下治疗、外科手术、围术期和转移性结直肠癌的外科治疗[6]。外科手术主要包括传统开腹手术、腹腔镜手术和机器人辅助手术等,LIU X 等研究表明[7]开腹手术时间最短,长期总体生存率及无病生存率与其他术式相比,差异无显著统计学意义,但开腹手术创伤大、术后感染发生率较高、术后并发症较多等缺点,已经被腹腔镜手术创伤小、疼痛轻、术后恢复快等优点替代。机器人辅助手术随着科学技术的进步,也成为了新型的手术方式,它有着相较于腹腔镜手术更灵活的操作性以及淋巴结清扫中的高精度度,为术者提供了更多的便捷性。但机器人辅助手术手术时间更长,成本及住院费更高等缺点,使得其使用率未达预期。尽管外科手术方式一直往减少创伤面积,提高操作精度等方面优化,但腹腔镜手术建立气腹可直接刺激膈神经引发肩背部牵涉痛,激活交感神经,加之手术切口创伤激活外周伤害感受器,促使应激因子的释放。而术后残留的二氧化碳气体也可在腹腔内代谢产生碳酸,刺激腹膜引发化学性炎症,产生强烈的疼痛刺激,术后持续的疼痛刺激不仅引发机体应激反应,导致儿茶酚胺大量释放,还会增加心血管系统并发症与抑制胃肠蠕动、延长排气排便时间、阻碍营养吸收,甚至可进展为严重的慢性疼痛,对患者术后恢复带来极大不利。因此,重视结直肠癌患者围术期出现的

疼痛具有重要意义。

1.2. 术后恢复质量的概念

加速康复外科(enhanced recovery after surgery, ERAS)以循证医学为依据,借助外科、麻醉、护理、营养等多学科的协同协作,对围手术期的临床路径予以优化,进而减轻患者机体的应激反应,缩短患者住院时间,促进患者康复[8]。加速康复外科理念指导下,术后恢复质量成为了患者和医护人员所共同关注的重点结局事件[9]。而针对术后恢复质量目前尚无统一的明确定义[10]。Léger M 等[11]将术后恢复的过程定义为是一个多维度的过程,其中包括压力、焦虑、甚至出现并发症的过程。Herrera 等[12]将术后恢复被认为是一个动态持续的过程,与多种临床结局相关联,包括生理(机体功能恢复)结局、不良事件以及心理状态的变化。后续诸多研究显示,从生理、心理及社会功能恢复的多维度视角综合评估患者术后状况,能够精准反映患者的整体康复水平。15 项恢复质量量表(Quality of Recovery-15, QoR-15)是 Stark 等[13]提出的包含情感状态、生理舒适、心理支持、生理独立、疼痛等 5 个维度,共 15 个条目,能有效评估患者的术后恢复质量。在近几年,多项研究[14]-[16]表明,应用 QoR-15 量表在妇科、胸外科、普外科患者术后恢复中,有着显著的评估有效性。

1.3. 术中疼痛问题的提出

国际疼痛研究学会(International Association for the Study of Pain, IASP)将疼痛界定为“一种与实际或潜在的损伤相关的痛苦感受,涵盖感觉、情绪、认知以及社会层面要素”的过程[17]。术中镇痛不足是指,麻醉深度中的镇痛成分未能有效抑制手术创伤所引发的伤害性刺激,即使患者处于足够的镇静状态,其自主神经系统和伤害性传导通路仍对手术刺激产生应激反应,影响患者短期甚至中长期的术后恢复质量。术中创伤刺激产生的疼痛一直是外科治疗优化的前沿议题,如微创入路、切口设计与关闭、神经保护与靶向区域麻醉等。

2. 术中疼痛的病理生理学基础及结直肠癌手术其特殊性

2.1. 术中疼痛刺激产生的过程

2.1.1. 疼痛转导

手术创伤通过直接的机械、电或热刺激,以及细胞破坏(继发释放腺苷、质子、钾离子和缓激肽)激活伤害感受器,其中缓激肽可通过化学方式激活多模式伤害感受器。伤害性神经纤维传入支释放的逆向性 P 物质和谷氨酸会加剧炎症反应。上述机制共同导致外周伤害感受器敏化,引发痛觉超敏(非伤害性刺激引发疼痛)和原发性痛觉过敏(伤害性刺激引发过度疼痛)[18]-[20]。

2.1.2. 疼痛传导

疼痛传导是动作电位通过 A δ 纤维(躯体壁层疼痛)和 C 纤维(内脏疼痛)传导的过程。初级神经元与次级神经元的突触连接发生在脊髓背角。在突触水平,参与疼痛传导的主要介质是谷氨酸,其可激活与 AMPA 钠离子通道偶联的受体[20]。反复刺激次级神经元会增加细胞膜上 AMPA 受体的密度,而持续性刺激会导致神经传入区域扩大。由此,通过中枢敏化现象引发继发性痛觉过敏(损伤区域内外的刺激所产生的疼痛感知被放大)[21][22]。

2.1.3. 疼痛调节

目前有两种理论可解释疼痛调节机制:其一基于下行调节系统的活动(起源于中脑导水管周围灰质,接收来自下丘脑、丘脑、边缘系统和皮质的信号输入)——该系统可被内源性和外源性阿片类药物激活,

并与脊髓背角的抑制性中间神经元形成突触连接；其二是门控理论，即脊髓内存在一种机制，疼痛信号上传至大脑的过程中，可在脊髓水平直接增强或减弱潜在的疼痛感知。

2.1.4. 疼痛感知

已明确与疼痛感知相关的脑区包括初级和次级躯体感觉皮质(负责疼痛的定位和持续时间感知)、边缘系统(疼痛的情感/情绪成分)以及前额叶皮质(通过整合过往经验预测疼痛) [23]。

2.2. 结直肠癌手术疼痛的特殊性

现代结直肠癌治疗不是外科医生单独决定，而是由多学科团队共同制定方案，手术的首要目标是肿瘤根治(R0 切除)，即完整切除肿瘤，并保证显微镜下切缘无癌细胞残留，同时进行规范的淋巴结清扫，以达到根治的目的。按切除范围可分为右半结肠切除术，即位于盲肠、升结肠、结肠肝曲的癌；左半结肠切除术：即位于降结肠、乙状结肠上段的癌；乙状结肠切除术：即位于乙状结肠癌；直肠低位前切除术，即位于中上段直肠癌；腹会阴联合直肠癌根治术(APR/Miles 手术)：适用于极低位直肠癌(肿瘤距肛缘 < 5 cm，且无法保肛)。全结肠/次全结肠切除术：适用于家族性腺瘤性息肉病(FAP)或同时性多原发癌。不论是哪种手术方式，手术的创伤都会给患者带来切口痛、内脏痛、炎症痛等相关疼痛，影响患者术后恢复。

2.2.1. 内脏 - 躯体双重伤害

结肠、直肠受双侧迷走与盆腔内脏神经支配[24]，术中对肠道(结肠、直肠)的切割、吻合、牵拉、挤压操作会产生弥漫性钝痛以及牵涉痛；腹壁、皮肤、肌肉的切开(手术切口)和缝合则产生持续的锐痛、刺痛或跳痛，在咳嗽、活动时加剧。两种疼痛通路会相互影响，产生中枢敏化和外周敏化。

2.2.2. 盆腔操作空间狭小，神经密集

Lu K [25]综述指出持续 12~15 mmHg 气腹压力，它会使结肠系膜、肠管及其附着腹膜处于一种“持续的、被动的张力状态”，导致 C 纤维高频放电，相当于“无创性牵拉”但“持续性”的机械牵拉；C 纤维阈值低、无髓鞘，是传导慢痛、钝痛的内脏感觉神经纤维，易被这种微机械刺激激活，当 C 纤维持续高频向脊髓背角神经元发送信号时，产生 wind-up (上扬效应)，导致疼痛被中枢神经系统显著放大，表现为镇痛泵加量仍痛。

2.2.3. 持续气腹与“微牵拉”

在中低位直肠癌手术中，为了达到肿瘤根治(R0 切除)，必须完整切除直肠及其周围的系膜脂肪和淋巴结(即“全直肠系膜切除，TME”)，需深达肛提肌平面，解剖间隙介于骶前筋膜与邓氏筋膜之间，盆丛神经(交感神经 + 副交感)呈“网片状”贴附直肠侧壁[26]。即使技术再先进，盆腔手术仍存在神经损伤的风险，影响术后恢复质量。

3. 术中疼痛对结直肠癌患者术后恢复质量的多维度影响

3.1. 对术后早期恢复质量的影响

麻醉诱导开始到手术结束期间，外科创伤(切割、牵拉、烧灼)、麻醉操作、炎症反应和气腹等持续产生的伤害性刺激且控制不佳的患者，会导致激活应激反应同时诱发和加重“中枢敏化”，术后静息痛和活动性疼痛评分显著更高，形成“疼痛控制差->加大药量->副作用多->恢复延迟”的恶性循环，阿片类药物消耗量更大。SHANKAR K 等人研究表明[27]，阿片类药物相关的副作用随剂量增加而增加，如恶心、呕吐、肠梗阻、呼吸抑制等，患者 QoR-15 评分中的生理舒适度显著降低，严重阻碍 ERAS 进程。

3.1.1. 对胃肠功能恢复的影响

Cusack B 等研究人员综述了[28]术中持续的伤害性疼痛刺激可激活脊髓-脑干-下丘脑通路, 导致交感神经系统过度兴奋, 交感神经末梢释放大量去甲肾上腺素, 直接作用于胃肠道平滑肌上的 α_2 和 β_2 肾上腺素能受体, 抑制胃肠道的收缩活动。马雪等人研究表明[29]伤害性疼痛刺激还会共同引发促炎细胞因子(如 $\text{TNF-}\alpha$, $\text{IL-1}\beta$, IL-6)的过量释放, 干扰肠道 Cajal 间质细胞的电活动, 进一步抑制蠕动, 导致首次排气、排便时间延迟, 恢复经口饮食时间延长。

3.1.2. 对早期下床活动的影响

疼痛是影响术后恢复的独立因素, 而术后剧痛是患者早期下床活动的最大障碍, 而术中敏化是术后剧痛的重要原因。当患者尝试移动、坐起或行走时, 切口受到牵拉、腹腔压力变化, 会引发剧烈甚至难以忍受的疼痛, 这种剧痛是一种强大的负反馈, 让患者“不敢动”, 进而无法早期下床, QoR-15 评分中的生理独立性维度得分降低, 影响术后恢复。患者无法早期下床还会增加肺部感染、下肢深静脉血栓形成的风险。

3.1.3. 对并发症和住院时间的影响

综合以上所有因素(疼痛、肠麻痹、活动受限、免疫抑制), 术中管理不善的患者术后总体并发症发生率更高, 进而在术后恢复期间给患者带来焦虑情绪, 这些从生理、心理和情感状态多维度带来负面的影响, 都会极大地延长患者住院时间, 降低术后恢复质量。

3.2. 对术后中长期恢复质量的影响

3.2.1. 慢性术后疼痛

术中急性疼痛强度(反映伤害性刺激强度)是发展为慢性术后疼痛最强的预测因子之一, 有部分患者术后会遭受疼痛持续超过 3 个月时, 则称为慢性疼痛, 常表现为腹壁隐痛、酸痛或刺痛。王军等人的对照研究中发现, 直肠癌患者术后血清补体 C3、C4 水平变化与 VAS 评分均呈正相关($P < 0.05$), 而补体系统的激活会对机体免疫功能起到一定的抑制作用, 进而降低机体免疫功能, 产生慢性术后疼痛[30]。同时相关研究表明, 术后患者免疫力低下, 可能促进局部肿瘤复发, 术后复发风险增加, 严重影响患者术后生存率[31]。有效的术中镇痛能显著降低慢性术后疼痛的发生率和提高术后生存率。

3.2.2. 功能状态与生活质量的下降

有研究表明, 肠癌术后持续疼痛的患者腹直肌、多裂肌横截面积分别减少 30%与 17%, 等长肌力下降 30%~60%, 并伴随骶骨应力性骨折、关节失稳及日常活动受限[32]。术后慢性疼痛患者因长期疼痛诱发焦虑、抑郁和睡眠碎片化, 产生情绪与睡眠障碍[33]。伴造口者也可能因畏惧疼痛而减少更换造口袋频率, 易并发渗漏、皮肤炎及社交回避, 更是影响患者远期康复、心理健康和社会回归。

3.2.3. 肿瘤学预后

应激反应: 术中伤害性刺激导致儿茶酚胺和前列腺素等释放, 这些物质可能直接促进肿瘤细胞增殖、侵袭和血管生成。阿片类药物: 为对抗强烈伤害性刺激而大量使用的阿片类药物, 可能通过抑制细胞免疫和促进血管生成, 对肿瘤预后产生潜在负面影响。

4. 优化术中管理以改善术后恢复质量的策略

4.1. 监测技术的发展: 从“经验”到“精准”

LOGIER 等[34]研发了镇痛-伤害感受指数(analgesia-nociception index, ANI), ANI 由心率变异性

(heart rate variability, HRV)衍生而来, 冯燕春等人研究表明[35] ANI 监测具备无创、实时、连续以及量化等诸多优势, 其对于预测血流动力学变化、减少镇痛药物使用剂量方面具有一定作用。手术体积描计指数(surgical pleth index, SPI)是通过体积描计法结合指尖脉搏率及其波形幅度计算的反映应激的综合指标, 李奕铮等研究[36]表明 SPI 诊断手术操作刺激具有高度准确性, 为良好的疼痛监测指标。伤害指数(nociception index, NOX)是脑电指数衍生物, 主要评估患者处于无意识状态, 即全身麻醉状态下, 躯体遭受伤害性刺激时对疼痛的敏感程度, 该评估方式能够对麻醉镇痛效果及应激水平进行量化分析[37]。邓伟等[38]在腹腔镜下行结直肠癌根治术中应用 NOX 指数联合 BIS 指数监测研究中发现, 相比单独 BIS 监测, NOX 联合 BIS 监测, 能指导术中全麻药物的使用, 为手术提供适宜的麻醉深度, 降低术中低血压与心动过缓的发生率, 缓解术后急性疼痛症状, 减少围术期镇痛药物的应用, 进而改善患者的预后状况。但并未对具体的术后恢复质量进行详细的研究, 因此我们团队针对此问题进行了一项单中心的临床研究。

4.2. 多模式镇痛在术中的应用

多模式通过作用于疼痛通路的不同靶点, 以实现协同或相加镇痛效应, 同时减少每种药物的剂量和副作用的一种镇痛策略。其核心在于“协同增效, 减毒降副”。在术中应用多模式镇痛, 是为患者提供高质量术后镇痛、加速康复外科(ERAS)理念的基石。区域阻滞技术, 如神经阻滞与椎管内麻醉都可作为主要麻醉方式或辅助全身麻醉, 可大幅减少全麻药和阿片类药物用量, 提供完美的术中及术后镇痛以及减少术后并发症[39]。张倩等人研究表明使用[40]非阿片类镇痛药物超前镇痛, 诸如 NMDA 受体拮抗剂、非甾体抗炎药、 α_2 受体激动剂等, 亦可提供基础镇痛作用, 降低阿片类药物过度使用所引发的不良反应。周伟等人的一项随机对照研究中, 在腹腔镜结直肠癌根治术的患者中, 实验组在麻醉诱导前行腰方肌阻滞(quadratus lumborum block, QLB)并联合无阿片类药物麻醉(opioid-free anesthesia, OFA)方案, 相较于对照组常规阿片方案, 离室时 Steward 苏醒评分明显降低($P < 0.05$), 并且首次肛门排气时间、首次下床活动时间以及术后住院时间显著缩短同时术后 48 h 内恶心呕吐发生率明显降低($P < 0.05$), 显著提高了患者术后恢复质量[41]。

5. 总结与展望

综上所述, 术中疼痛管理是结直肠癌手术患者康复轨迹中的决定性因素之一。本文系统阐释了术中疼痛从外周敏化到中枢调控的复杂病理生理过程, 并结合结直肠手术内脏-躯体双重伤害、盆腔神经密集及气腹持续牵拉等特殊特性, 揭示了其对术后早期疼痛、胃肠功能、下床活动乃至中长期慢性疼痛、功能状态及肿瘤预后的多维影响。当前, 术中镇痛已步入精准化与多模式化的新阶段。ANI、SPI、NOX 等客观监测指标为实现从“经验用药”到“精准滴定”的转变提供了可能; 而以区域阻滞技术为核心, 联合非阿片类镇痛药物的多模式策略, 则通过协同增效与减毒降负, 成为 ERAS 理念落地的关键支柱。

展望未来, 本领域研究仍面临诸多机遇与挑战: 首先, 需推动新型检测技术的临床标准化与普及化, 建立基于循证医学的个体化镇痛路径。其次, 应深入探索“疼痛-应激-免疫-肿瘤”轴的分子机制, 明确优化镇痛对肿瘤学远期结局的潜在价值。最后, 亦是核心所在, 是构建真正一体化的围术期管理模式, 打破学科壁垒, 将外科、麻醉、护理与康复深度融合, 形成以患者价值为导向的全程管理闭环。唯有借助这般具有纵深性与协同性的努力, 才能够在缓解患者即时痛苦的基础上, 切实提升其长期生存质量, 最终达成从“治愈疾病”至“重塑健康”的医学人文层面的跨越。

参考文献

- [1] Bray, F., Laversanne, M., Sung, H., Ferlay, J., Siegel, R.L., Soerjomataram, I., et al. (2024) Global Cancer Statistics

- 2022: GLOBOCAN Estimates of Incidence and Mortality Worldwide for 36 Cancers in 185 Countries. *CA: A Cancer Journal for Clinicians*, **74**, 229-263. <https://doi.org/10.3322/caac.21834>
- [2] 李琳, 李旭, 谭坤, 等. 中美结直肠癌流行病学现状及趋势[J]. 中国普外基础与临床志, 2025, 32(6): 694-701.
- [3] 练佳韦, 刘颖春, 余红平. 结直肠癌的全球流行情况、危险因素及归因疾病负担研究进展[J]. 中国癌症防治杂志, 2024, 16(1): 1-9.
- [4] 中华医学会肿瘤学分会早诊早治学组. 中国结直肠癌早诊早治专家共识(2023 版) [J]. 中华普通外科学文献(电子版), 2024, 18(1): 1-13.
- [5] 姬生威, 王萍. 转移性结直肠癌合并消化道穿孔的多因素 Logistic 分析及预测模型的构建与验证[J]. 临床外科杂志, 2023, 31(3): 275-278.
- [6] 李英杰. 结直肠癌的外科治疗[J]. 人口与健康, 2025(8): 89-91.
- [7] Liu, X., Wu, X., Zhu, R., Yu, W. and Zhou, B. (2023) Comparison of Survival Outcomes between Laparoscopic and Open Colectomy for Transverse Colon Cancer: A Systematic Review and Meta-Analysis. *International Journal of Colorectal Disease*, **38**, Article No. 111. <https://doi.org/10.1007/s00384-023-04414-9>
- [8] 林美玲. 多模式镇痛干预对全麻腹腔镜手术后患者疼痛程度及术后恢复的影响[J]. 中国现代药物应用, 2025, 19(23): 30-34.
- [9] 陈凛, 陈亚进, 董海龙, 等. 加速康复外科中国专家共识及路径管理指南(2018 版) [J]. 中国实用外科杂志, 2018, 38(1): 1-20.
- [10] 徐桂梅, 朱花华, 刘茹, 等. 个性化心理干预对早期宫颈癌患者围术期心理状态及术后康复的影响[J]. 新乡医学院学报, 2018, 35(7): 629-632.
- [11] Léger, M., Campfort, M., Cayla, C., Lasocki, S. and Rineau, E. (2021) Postoperative Quality of Recovery Measurements as Endpoints in Comparative Anaesthesia Studies: A Systematic Review. *British Journal of Anaesthesia*, **126**, e210-e212. <https://doi.org/10.1016/j.bja.2021.03.008>
- [12] Herrera, F.J., Wong, J. and Chung, F. (2007) A Systematic Review of Postoperative Recovery Outcomes Measurements after Ambulatory Surgery. *Anesthesia & Analgesia*, **105**, 63-69. <https://doi.org/10.1213/01.ane.0000265534.73169.95>
- [13] Stark, P.A., Myles, P.S. and Burke, J.A. (2013) Development and Psychometric Evaluation of a Postoperative Quality of Recovery Score: The QoR-15. *Anesthesiology*, **118**, 1332-1340. <https://doi.org/10.1097/aln.0b013e318289b84b>
- [14] 付同, 侯宇, 韩明明, 等. 围术期经皮穴位电刺激对妇科腹腔镜手术患者术后恢复质量的影响[J]. 临床麻醉学杂志, 2023, 39(8): 789-794.
- [15] 赵若林, 梁丽丽, 尚学栋, 等. 艾司氯胺酮联合胸椎旁神经阻滞对腹腔镜肺癌根治术后恢复质量的影响[J]. 临床麻醉学杂志, 2023, 39(7): 677-682.
- [16] 刘艳, 王迎斌, 张丽, 等. 瑞马唑仑对腹腔镜结直肠癌根治术患者细胞免疫功能和术后恢复质量的影响[J]. 临床麻醉学杂志, 2024, 40(8): 797-803.
- [17] 陈黎明, 于布为. 全身麻醉术中伤害性刺激监测的研究进展[J]. 上海交通大学学报(医学版), 2020, 40(2): 271-275.
- [18] Carreira, E.U., Carregaro, V., Teixeira, M.M., Moriconi, A., Aramini, A., Verri, W.A., *et al.* (2012) Neutrophils Recruited by CXCR1/2 Signalling Mediate Post-Incisional Pain. *European Journal of Pain*, **17**, 654-663. <https://doi.org/10.1002/j.1532-2149.2012.00240.x>
- [19] Kim, T.J., Freml, L., Park, S.S. and Brennan, T.J. (2007) Lactate Concentrations in Incisions Indicate Ischemic-Like Conditions May Contribute to Postoperative Pain. *The Journal of Pain*, **8**, 59-66. <https://doi.org/10.1016/j.jpain.2006.06.003>
- [20] Paul, R.O., Barash, G., Cullen, B.F., Stoelting, R.K., Cahalan, M.K. and Christine Stock, M. (2013) *Clinical Anesthesia*. Lippincott Williams & Wilkins, 1614-1616.
- [21] Marchand, S. (2008) The Physiology of Pain Mechanisms: From the Periphery to the Brain. *Rheumatic Disease Clinics of North America*, **34**, 285-309. <https://doi.org/10.1016/j.rdc.2008.04.003>
- [22] Pogatzki-Zahn, E.M., Segelcke, D. and Schug, S.A. (2017) Postoperative Pain—From Mechanisms to Treatment. *Pain Reports*, **2**, e588. <https://doi.org/10.1097/pr9.0000000000000588>
- [23] Bushnell, M.C., Čeko, M. and Low, L.A. (2013) Cognitive and Emotional Control of Pain and Its Disruption in Chronic Pain. *Nature Reviews Neuroscience*, **14**, 502-511. <https://doi.org/10.1038/nrn3516>
- [24] Zhang, L., Yang, L., Jiang, S. and Yu, M. (2022) Nerve Dependence in Colorectal Cancer. *Frontiers in Cell and Developmental Biology*, **10**, Article ID: 766653. <https://doi.org/10.3389/fcell.2022.766653>
- [25] Lu, K., Peng, X., Lan, K., Zhang, F., Cheng, Y. and Yang, H. (2025) Low Pneumoperitoneum Pressure Facilitates Postoperative Pain Relief and Gastrointestinal Function Recovery in Laparoscopic Gastrointestinal Surgery: A Systematic Review

- and Meta-Analysis. *Frontiers in Oncology*, **15**, Article ID: 1665112.
<https://doi.org/10.3389/fonc.2025.1665112>
- [26] 高逸, 张晨鸣, 楼征, 等. 结直肠癌手术路径的质量控制[J]. 中华胃肠外科杂志, 2024, 27(6): 569-573.
- [27] Shankar, K., Rangalakshmi, S., Kailash, P., *et al.* (2022) Comparison of Hemodynamics and Opioid Sparing Effect of Dexmedetomidine Nebulization and Intravenous Dexmedetomidine in Laparoscopic Surgeries under General Anesthesia. *Asian Journal of Anesthesiology*, **60**, 33-40.
- [28] Cusack, B. and Buggy, D.J. (2020) Anaesthesia, Analgesia, and the Surgical Stress Response. *BJA Education*, **20**, 321-328. <https://doi.org/10.1016/j.bjae.2020.04.006>
- [29] 马雪, 郭桢楠. 慢性疼痛影响术前胃排空机制的研究进展[J]. 临床与病理杂志, 2021, 41(6): 1442-1447.
- [30] 王军, 欧理, 周清梓, 等. 直肠癌患者术后血清补体 C3、C4 水平变化及其与术后疼痛的相关性研究[J]. 陕西医学杂志, 2019, 48(8): 984-986+996.
- [31] Xu, B., Lu, J., Zheng, Z., Xie, J., Wang, J., Lin, J., *et al.* (2019) The Predictive Value of the Preoperative C-Reactive Protein-Albumin Ratio for Early Recurrence and Chemotherapy Benefit in Patients with Gastric Cancer after Radical Gastrectomy: Using Randomized Phase III Trial Data. *Gastric Cancer*, **22**, 1016-1028.
<https://doi.org/10.1007/s10120-019-00936-w>
- [32] Lopez-Garzon, M., Postigo-Martin, P., González-Santos, Á., Arroyo-Morales, M., Achalandabaso-Ochoa, A., Fernández-Pérez, A.M., *et al.* (2022) Colorectal Cancer Pain upon Diagnosis and after Treatment: A Cross-Sectional Comparison with Healthy Matched Controls. *Supportive Care in Cancer*, **30**, 3573-3584.
<https://doi.org/10.1007/s00520-022-06803-2>
- [33] Elfeki, H., Alharbi, R.A., Juul, T., Drewes, A.M., Christensen, P., Laurberg, S., *et al.* (2025) Chronic Pain after Colorectal Cancer Treatment: A Population-Based Cross-Sectional Study. *Colorectal Disease*, **27**, e17296.
<https://doi.org/10.1111/codi.17296>
- [34] Logier, R., De Jonckheere, J. and Dassonneville, A. (2004) An Efficient Algorithm for R-R Intervals Series Filtering. *The 26th Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society*, San Francisco, 1-5 September 2004, 3937-3940. <https://doi.org/10.1109/iembs.2004.1404100>
- [35] 冯燕春, 黄格. 疼痛/伤害敏感指数的研究进展[J]. 现代医药卫生, 2021, 37(14): 2408-2411.
- [36] 李奕铮, 邓乐雁, 胡业晓, 等. 手术体积描计指数、瞳孔直径和镇痛指数预测腹腔镜阑尾切除术中疼痛的有效性[J]. 临床麻醉学杂志, 2020, 36(4): 359-363.
- [37] Chen, I.W., Wang, W.T. and Hung, K.C. (2024) Association of Nociception Level Index-Guided Intra-Operative Analgesia with Postoperative Pain Outcomes: A Trial Sequential Analysis. *Anaesthesia*, **79**, 550-551.
<https://doi.org/10.1111/anae.16257>
- [38] 邓伟, 彭丹, 胡海军, 等. 伤害指数联合脑电双频指数监测下全身麻醉在腹腔镜结直肠癌根治术中的应用[J]. 实用医学杂志, 2024, 40(24): 3476-3481.
- [39] 孙晓佳, 汪业铭, 孟晨雪, 等. 超声引导腰方肌阻滞联合少阿片全身麻醉方案在老年腹腔镜肾癌根治术中的应用[J]. 中国老年学杂志, 2023, 43(18): 4398-4400.
- [40] 张倩, 尤浩军. “超前镇痛”研究进展及麻醉中应用[J]. 中国疼痛医学杂志, 2016, 22(4): 241-244.
- [41] 周维, 王凯, 舒爱华, 等. 无阿片类药物麻醉联合腰方肌阻滞在腹腔镜结直肠癌根治术中的应用效果[J]. 临床麻醉学杂志, 2024, 40(9): 938-943.