

术后腹膜粘连的发生机制与预防

邓 维¹, 曾宗跃², 王 佳^{1*}

¹重庆医科大学附属大学城医院妇产科, 重庆

²重庆医科大学附属第一医院检验医学科, 重庆

收稿日期: 2026年4月15日; 录用日期: 2026年5月9日; 发布日期: 2026年5月19日

摘要

术后腹膜粘连(Postoperative Peritoneal Adhesions, PPAs)是腹部及盆腔手术后的主要临床挑战, 可导致肠梗阻、慢性疼痛及不孕症等严重并发症。尽管近年来外科手术技术持续改进, 但其高发生率与复发率仍需开发更有效的预防策略。目前认为, PPAs的病理过程始于腹膜损伤, 继而触发炎症级联反应与纤溶系统失衡, 最终导致成纤维细胞过度活化及胶原异常沉积。针对腹膜粘连的预防, 需要将精细的外科操作与个体化风险评估相结合。临床上可采用多模式综合方案, 包括通过微创手术减轻组织损伤、合理应用抗炎与促纤溶类药物, 以及在手术创面局部放置可降解防粘连材料等。虽然生物材料相关研究已取得一定进展, 但未来仍需深入探索其关键分子机制。并通过高质量临床试验, 将具有潜在应用价值的干预手段转化为安全、规范的临床治疗策略, 从而进一步改善患者的长期预后。

关键词

术后腹膜粘连, 预防策略, 微创手术, 抗粘连材料

Postoperative Peritoneal Adhesions: Mechanisms and Prevention

Wei Deng¹, Zongyue Zeng², Jia Wang^{1*}

¹Obstetrics and Gynecology Department, University-Town Hospital of Chongqing Medical University, Chongqing

²Laboratory Medicine Department, The First Affiliated Hospital of Chongqing Medical University, Chongqing

Received: April 15, 2026; accepted: May 9, 2026; published: May 19, 2026

Abstract

Postoperative peritoneal adhesions (PPAs) are a major clinical challenge after abdominal and pelvic surgery, leading to serious complications such as intestinal obstruction, chronic pain, and

*通讯作者。

文章引用: 邓维, 曾宗跃, 王佳. 术后腹膜粘连的发生机制与预防[J]. 临床医学进展, 2026, 16(5): 1444-1451.

DOI: 10.12677/acm.2026.1651945

infertility. Although surgical techniques have continued to improve in recent years, their high incidence and recurrence rate still require the development of more effective prevention strategies. It is currently believed that the pathological process of PPAs begins with peritoneal injury, which triggers the inflammatory cascade, imbalance of the fibrinolytic system, overactivation of fibroblasts, and abnormal collagen deposition. Prevention of peritoneal adhesions requires a combination of delicate surgical procedures and individualized risk assessment. In clinical practice, a multimodal comprehensive scheme can be adopted, including minimally invasive surgery to reduce tissue damage, rational application of anti-inflammatory and fibrinolytic drugs, and local placement of degradable anti-adhesion materials on the surgical wound. Although some progress has been made in biomaterials-related research, their key molecular mechanisms still need to be explored in depth in the future. And through high-quality clinical trials, interventions with potential application value will be transformed into safe and standardized clinical treatment strategies, so as to further improve the long-term prognosis of patients.

Keywords

Postoperative Peritoneal Adhesions, Prevention Strategies, Minimally Invasive Surgery, Anti-Adhesion Materials

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

PPAs 是指盆腹腔术后腹膜与组织或器官之间形成的病理性纤维连接, 可导致肠梗阻、女性不孕、慢性盆腔疼痛以及增加再次手术的难度[1] [2]。据统计, 高达 93%~100% 的腹部手术后的患者会发生粘连[3] [4], 而粘连相关性肠梗阻的复发率高达 53% [5] [6]。鉴于盆腹部手术, 尤其在胃肠外科与妇科领域, 在现代临床实践中极为普遍, PPAs 的预防已成为一个亟待解决的临床难题。因此, 制定切实有效的 PPAs 预防策略具有重要的临床意义与应用价值。本综述旨在系统阐述 PPAs 的发病机制、影响因素及现有预防策略, 并对未来的研究方向进行展望。

2. PPAs 的形成机制

PPAs 是腹膜损伤的常见后遗症, 其形成源于一系列复杂的病理生理机制。该过程的初始事件通常是腹膜间皮细胞(PMCs)受损, 这会触发炎症反应、纤维蛋白过度沉积、免疫细胞活化失调以及胶原异常积聚, 这些因素均会破坏正常的腹膜组织修复功能[7] [8]。此外, PPAs 的具体发生部位和严重程度仍难以准确预测[5]。

2.1. 炎症反应的核心作用

炎症在 PPAs 的启动与持续中扮演着关键角色。术后腹腔会迅速启动急性炎症反应, 因创伤分离的间皮细胞表达细胞黏附分子和各种趋化因子, 导致大量炎症细胞(主要是巨噬细胞)浸润和大量炎性细胞因子的释放[9]。这种富含细胞因子的微环境不仅加剧了初始组织损伤, 还为粘连的持续发展提供了动力。单核巨噬细胞分泌的白介素 1(IL-1) β 、IL-2、IL-6、IL-10、IL-13、IL-18、肿瘤坏死因子- α (TNF- α)等促炎分子, 可调节纤维蛋白降解和胶原沉积、促进成纤维细胞增殖, 并刺激释放黏附分子, 从而介导炎症细胞与受损上皮的相互作用[10]。研究证实, 转化生长因子- β 1(TGF- β 1)信号通路在粘连纤维化进程中处于中心地位。

Zhao 等人(2022)发现,下调该通路可显著减轻大鼠模型的粘连形成[11]。此外,免疫调节也参与其中,Rahmanian-Devin 等人(2021)报道,腹腔灌注番红花提取物可通过促使巨噬细胞由促纤维化的 M2 表型向促炎/清除的 M1 表型转化,从而减轻粘连[12],这进一步揭示了免疫应答在调控粘连形成中的重要性。

2.2. 纤维蛋白沉积与纤溶失衡

纤维蛋白的异常沉积是粘连形成的物质基础。术后,受损的腹腔纤维蛋白形成与纤溶作用之间的平衡被打破,导致受损腹膜表面纤维蛋白过度积聚。这些纤维蛋白为成纤维细胞的迁移和增殖提供了临时支架,若未能被及时清除,临时性纤维蛋白基质将逐渐被成纤维细胞和胶原替代,进入粘连的终末阶段,形成牢固的纤维性粘连组织[13]。TGF- β 是此过程中最强的促纤维化因子,它能强力刺激成纤维细胞向肌成纤维细胞转化,并促进胶原的合成与沉积[14]。

3. 腹膜粘连的影响因素

明确 PPAs 的危险因素对于制定有效的预防策略至关重要。现有研究表明,PPAs 的发生与多种因素相关,可归纳为手术相关因素、患者个体因素及其他因素。

3.1. 手术相关因素

手术创伤是导致 PPAs 的最主要病因。手术操作可直接损伤腹膜,特别是破坏具有重要屏障与分泌功能的脏层腹膜间皮细胞。继而启动异常的修复程序,为粘连形成奠定病理基础。粘连形成的风险与手术涉及的器官、具体术式、缝合材料与技术等多种因素相关[13][15][16]。其中,手术类型与入路是影响粘连发生率的关键。与传统的开腹手术相比,腹腔镜手术因其创伤小、对腹腔干扰轻,被证实能显著降低粘连相关并发症的再入院风险[17][18]。一项回顾性多变量分析显示,腹腔镜手术可使直接与粘连相关的再入院风险降低 32% (HR 0.68, 95% CI 0.60~0.77),潜在相关的再入院风险降低 11% (HR 0.89, 95% CI 0.85~0.94)[19]。此外,手术的复杂程度与范围也至关重要。手术时间延长、术中出血量增多、组织暴露广泛以及并发感染,均会加剧炎症与组织损伤,从而显著增加粘连形成的风险。

3.2. 患者个人因素

患者自身的状况是影响 PPAs 发生不可忽视的方面。患者年龄是影响 PPAs 发生的重要因素。老年患者更易出现血流动力学紊乱、手术应激性创伤加重、认知功能障碍、肠粘连及其他术后不良状况[20]。此外,肥胖是另一危险因素。研究表明内脏脂肪可能促进纤维化性疾病发展。炎症状态、氧化应激以及内脏脂肪中特定纤维化分子的表达可诱发腹腔病理改变,增加纤维带形成倾向[21]。相应的,研究证实母体肥胖会提高剖宫产术中腹腔粘连的风险[22]。既往腹部手术史是 PPAs 最强的风险因素之一,既往手术造成的腹膜损伤与瘢痕为新的粘连形成提供了“土壤”[23]。术前营养与血液状态也与风险相关,如术前贫血、低蛋白血症及术中出血,均被报道是粘连性肠梗阻的重要危险因素[24]。这些证据强调了围手术期优化患者整体健康状况对于降低 PPAs 风险的重要性。

4. 粘连预防措施

理想的 PPAs 预防方法旨在不影响正常组织愈合的前提下,最大程度减少或防止粘连形成。当前预防策略主要围绕三大方向展开:优化手术技术、应用药物干预以及使用物理屏障材料。然而,目前临床上尚未确立普适性的标准治疗方案。

4.1. 手术技术优化

精细化的外科操作是预防 PPAs 的基石,其核心原则在于最大限度地减少组织创伤。具体措施包括:轻

柔处理组织、精准止血以减少血凝块残留、保持湿润的术野、缩短手术时间、严格无菌操作以降低感染风险、术后充分冲洗腹腔，以及尽可能避免使用易引发异物反应的缝线材料等[25] [26]。尽管技术不断进步，但粘连相关并发症的发生率依然显著，表明单纯依靠手术技巧优化仍不足够，需要联合其他预防手段。

4.2. 药物预防

药物干预旨在通过调控粘连形成的关键病理环节来达到预防目的，主要分为以下几类：

4.2.1. 抗炎药

炎症是粘连启动的核心环节。多项研究表明，低氧诱导的腹膜成纤维细胞中 COX-2 表达与腹腔内粘连形成相关，抑制 COX-2 可能通过下调炎症因子来预防术后腹腔粘连[27] [28] (如图 1(B)所示)。非甾体抗炎药(NSAIDs)作为经典的 COX 抑制剂，通过抑制环氧化酶(COX)活性减少前列腺素合成，从而缓解炎症反应，在理论上具有预防价值。然而，然而目前尚未开展临床试验评估 NSAIDs 在减少术后粘连方面的疗效，其有效性仍存在不确定性，需通过大规模临床试验验证。此外，针对 NSAIDs 的全身性副作用需谨慎进行风险 - 收益评估。

4.2.2. 纤溶药

纤溶系统在调控纤维蛋白沉积与清除过程中发挥着关键作用。纠正术后纤溶失衡，促进纤维蛋白凝块溶解，是预防粘连的直接思路(如图 1(A)所示)。因此链激酶、尿激酶及合成组织型纤溶酶原激活剂等纤溶药物在预防术后粘连(PAs)方面具有潜在应用价值。研究表明，较高剂量的链激酶(75 和 150 U/kg)在大鼠模型中能显著减轻粘连[29]。但全身应用这类药物存在的出血风险，使其临床应用仍存在局限性[9]。

4.2.3. 中药

中医在预防 PAs 方面具有独特优势和显著疗效，其应用药物作用机制涉及抗炎、抗氧化、促进纤溶和抑制胶原沉积等多个方面[30] [31]。该疗法可通过抑制炎症反应、胶原沉积及氧化应激，成为预防腹腔内粘连的潜在治疗选择(如图 1(B)所示)。例如，杨等人证实，复方活血通腑方能增强腹膜巨噬细胞功能，促进抗炎因子 IL-4 和 IL-10 分泌，并提高纤溶活性，从而抑制胶原沉积并减少粘连形成[32]。此外，刘等人发现加味消承气汤通过抑制 CXCL2-CXCR2 信号通路来减轻炎症和胶原沉积来有效预防 PAs 发生[33]。这些研究表明，中医药治疗可能为 PAs 患者提供额外获益，但由于缺乏临床试验数据，目前证据尚不足以明确其疗效。然而，未来研究可进一步探索中医药预防腹膜粘连的有效成分、标准化治疗方案及关键作用通路。

4.3. 物理屏障

由于药物在腹腔内易被快速清除，局部应用的物理屏障材料成为最具前景的策略之一。其原理是在受损腹膜表面形成临时隔离层，将损伤组织与邻近组织分隔开，从而减少粘连形成(如图 1(C)所示)。然而，市售屏障产品因固有局限性表现出有限的预防效果。Liang 等人开发了一种通过调节细胞因子表达抑制炎症和纤维化的夹层贴片，证实了生物材料在粘连预防中的应用潜力[34]。

目前多种粘连预防策略正在研究中，但不同研究间疗效存在显著差异，仍需通过大规模临床试验验证。水凝胶因其高度适应性和与腹腔镜手术的兼容性，在预防术后粘连方面展现出更大潜力。这类材料具有良好的生物相容性、可降解性及与微创手术兼容的适用性[35]。新一代水凝胶的设计已超越单纯的物理隔离功能，向多功能智能化方向发展：

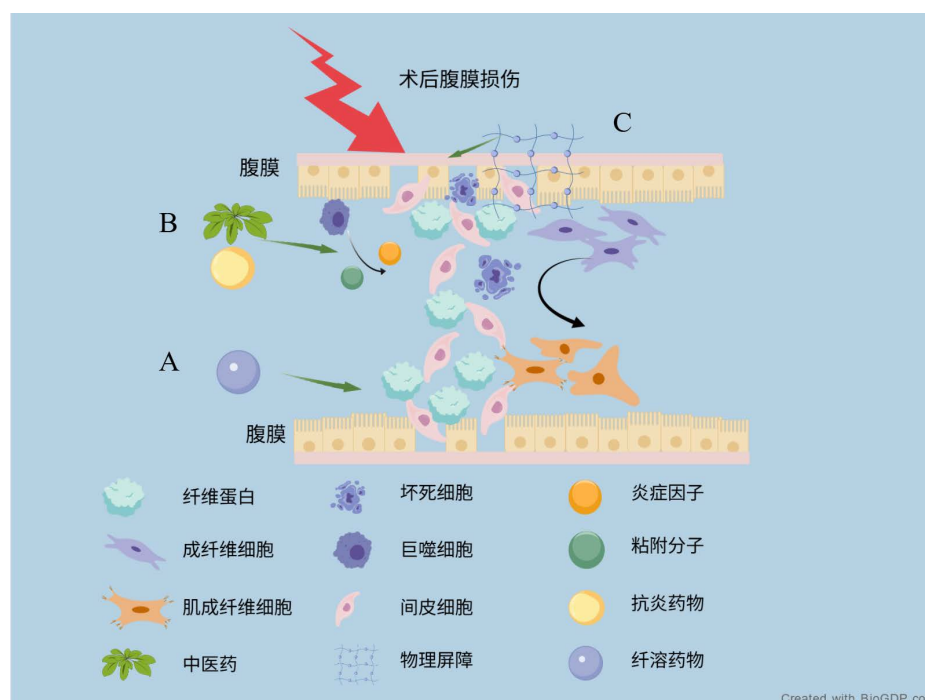
多功能复合水凝胶：Li 等[36]通过羧甲基化修饰壳聚糖(N, O-CS)与氧化右旋糖酐(ODA)的动态席夫碱反应，构建了具有原位注射交联特性的多功能水凝胶。其亲水性表面可以防止成纤维细胞的侵袭、粘

连和纤维蛋白的沉积，从而增强其术后的抗粘连效果，还可以为术后关键时期皮细胞的再生创造有利条件。该复合水凝胶作为防粘连敷料，展现出止血、广谱抗菌、组织黏附、自修复、可注射性、生物可降解性及促伤口愈合的协同效应。这种多机制整合特性，有效解决传统防粘连膜操作复杂、功能单一等问题，为盆腹腔手术提供全周期解决方案。

药物递送系统：Song 等人[37]制备了能够实现快速载药与控释的超分子水凝胶，实现了木犀草素等疏水性药物的局部控释。该平台可实现抗炎或抗纤维化药物的局部递送，通过调节炎症反应和组织修复过程，协同降低黏附形成。

智能响应型材料：如具有可注射性、自支撑性和优异抗生物粘附性的两性离子水凝胶，无需缝合固定，使用便捷。该类材料通过在表面形成强力的水化层产生空间位阻，从分子水平阻断蛋白质吸附和细胞粘附，在动物模型中有效预防了原发及复发粘连[38]。

这些创新材料通过整合屏障、载药和生物活性功能，水凝胶通过整合机械、化学与生物功能特性，为有效预防粘连提供了广阔前景，当前研究重点聚焦于提升生物相容性、生物降解性及应用便捷性。为个体化、高效预防 PPA 提供了广阔前景。未来的开发重点在于进一步提升其安全性、功能协同性及临床操作便利性。



注：术后腹膜粘连由手术导致的腹膜损伤引发，进而引起炎症分子释放、坏死细胞积聚及纤维蛋白沉积。巨噬细胞与成纤维细胞被募集并激活，后者分化为肌成纤维细胞。通过黏附分子介导的相互作用及细胞外基质过度沉积，最终形成结构粘连。

Figure 1. Schematic diagram of pathogenesis and prevention strategies for postoperative peritoneal adhesion (created by biogdp.com [39])

图 1. 术后腹膜粘连发病机制及预防策略示意图(由 biogdp.com 创建[39])

5. 结论

近年来，PPAs 的预防研究在手术微创化、药物靶点探索及屏障材料创新等方面均取得了显著进展。然而，PPAs 形成的特定机制尚未完全阐明，尤其是炎症反应、纤维蛋白沉积与成纤维细胞增殖之间的复

杂相互作用，仍需进一步研究。此外，氧化应激、缺血及微循环障碍在粘连形成中的确切作用机制也需深入探索。

展望未来，预防策略的发展将聚焦于两个核心方向：一是开发特异性靶向药物以调控粘连形成的关键通路；二是设计新一代智能抗粘连材料，将物理隔离、局部药物控释、抗炎、止血等多重功能集成于一体，并具备良好的生物相容性与可控降解性，从而实现更全面持久的预防效果。

总之，有效预防 PPA 需要结合精细外科技术、合理的药物干预以及先进的屏障材料，并根据患者的具体风险因素进行个体化应用。未来的基础与临床研究应致力于深入揭示粘连的分子机制，并推动跨学科合作，以最终降低这一常见术后并发症的负担，改善患者远期预后。

参考文献

- [1] Ibrahim, A., Kamel, W.H. and Soliman, M. (2022) Efficacy of Gelatin Sponge in the Prevention of Post-Surgical Intra-Abdominal Adhesion in a Rat Model. *Research in Veterinary Science*, **152**, 26-33. <https://doi.org/10.1016/j.rvsc.2022.07.018>
- [2] Arung, W., Meurisse, M. and Detry, O. (2011) Pathophysiology and Prevention of Postoperative Peritoneal Adhesions. *World Journal of Gastroenterology*, **17**, 4545-4553. <https://doi.org/10.3748/wjg.v17.i41.4545>
- [3] Lu, Y., Elrod, J., Herrmann, M., Knopf, J. and Boettcher, M. (2024) Neutrophil Extracellular Traps: A Crucial Factor in Post-Surgical Abdominal Adhesion Formation. *Cells*, **13**, Article No. 991. <https://doi.org/10.3390/cells13110991>
- [4] ten Broek, R.P.G., Strik, C., Issa, Y., Bleichrodt, R.P. and van Goor, H. (2013) Adhesiolysis-Related Morbidity in Abdominal Surgery. *Annals of Surgery*, **258**, 98-106. <https://doi.org/10.1097/sla.0b013e31826f4969>
- [5] Tang, J., Xiang, Z., Bernards, M.T. and Chen, S. (2020) Peritoneal Adhesions: Occurrence, Prevention and Experimental Models. *Acta Biomaterialia*, **116**, 84-104. <https://doi.org/10.1016/j.actbio.2020.08.036>
- [6] Vrijland, W.W., Jeekel, J., van Geldorp, H.J., Swank, D.J. and Bonjer, H.J. (2003) Abdominal Adhesions: Intestinal Obstruction, Pain, and Infertility. *Surgical Endoscopy and Other Interventional Techniques*, **17**, 1017-1022. <https://doi.org/10.1007/s00464-002-9208-9>
- [7] Wang, R., Guo, T. and Li, J. (2022) Mechanisms of Peritoneal Mesothelial Cells in Peritoneal Adhesion. *Biomolecules*, **12**, Article No. 1498. <https://doi.org/10.3390/biom12101498>
- [8] Yang, L., Li, Z., Chen, Y., Chen, F., Sun, H., Zhao, M., et al. (2022) Elucidating the Novel Mechanism of Ligustrazine in Preventing Postoperative Peritoneal Adhesion Formation. *Oxidative Medicine and Cellular Longevity*, **2022**, Article ID: 9226022. <https://doi.org/10.1155/2022/9226022>
- [9] Ghimire, P. and Maharjan, S. (2023) Adhesive Small Bowel Obstruction: A Review. *Journal of Nepal Medical Association*, **61**, 390-396. <https://doi.org/10.31729/jnma.8134>
- [10] Xu, S., Wang, C., Mao, R., Liang, X., Wang, H., Lin, Z., et al. (2022) Surface Structure Change Properties: Auto-Soft Bionic Fibrous Membrane in Reducing Postoperative Adhesion. *Bioactive Materials*, **12**, 16-29. <https://doi.org/10.1016/j.bioactmat.2021.10.040>
- [11] Zhao, X., Piao, X., Liu, B., Xie, R., Zhan, T., Liang, M., et al. (2023) NFK Prevent Postoperative Abdominal Adhesion through Downregulating the TGF- β 1 Signaling Pathway. *Molecular Biology Reports*, **50**, 279-288. <https://doi.org/10.1007/s11033-022-07795-2>
- [12] Rahmanian-Devin, P., Rakhshandeh, H., Baradaran Rahimi, V., Sanei-Far, Z., Hasanpour, M., Memarzia, A., et al. (2021) Intraperitoneal Lavage with *Crocus sativus* Prevents Postoperative-induced Peritoneal Adhesion in a Rat Model: Evidence from Animal and Cellular Studies. *Oxidative Medicine and Cellular Longevity*, **2021**, Article ID: 5945101. <https://doi.org/10.1155/2021/5945101>
- [13] Lang, J., Ma, D., Xiang, Y., Hua, K., Liu, K., Pan, L., et al. (2020) Chinese Expert Consensus on the Prevention of Abdominal Pelvic Adhesions after Gynecological Tumor Surgeries. *Annals of Translational Medicine*, **8**, Article No. 79. <https://doi.org/10.21037/atm.2020.02.53>
- [14] Liang, Q., Pan, F., Qiu, H., Zhou, X., Cai, J., Luo, R., et al. (2024) CLC-3 Regulates TGF- β /Smad Signaling Pathway to Inhibit the Process of Fibrosis in Hypertrophic Scar. *Heliyon*, **10**, e24984. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e24984>
- [15] 徐帅, 刘淑娟, 王建六, 等. 妇科手术后盆腹腔粘连预防及诊断的专家共识(2020年版)[J]. 中国微创外科杂志, 2020, 26(6): 481-488.
- [16] 张亚, 杨炳. 盆腹腔粘连的研究进展[J]. 贵州医药, 2023, 47(5): 688-689.
- [17] Krielen, P., ten Broek, R.P.G., van Dongen, K.W., Parker, M.C., Griffiths, E.A., van Goor, H., et al. (2022) Adhesion-

- related Readmissions after Open and Laparoscopic Colorectal Surgery in 16524 Patients. *Colorectal Disease*, **24**, 520-529. <https://doi.org/10.1111/codi.16024>
- [18] Aquina, C.T., Probst, C.P., Becerra, A.Z., Iannuzzi, J.C., Hensley, B.J., Noyes, K., *et al.* (2016) Missed Opportunity: Laparoscopic Colorectal Resection Is Associated with Lower Incidence of Small Bowel Obstruction Compared to an Open Approach. *Annals of Surgery*, **264**, 127-134. <https://doi.org/10.1097/sla.0000000000001389>
- [19] Krielen, P., Stommel, M.W.J., Pargmae, P., Bouvy, N.D., Bakkum, E.A., Ellis, H., *et al.* (2020) Adhesion-Related Readmissions after Open and Laparoscopic Surgery: A Retrospective Cohort Study (SCAR Update). *The Lancet*, **395**, 33-41. [https://doi.org/10.1016/s0140-6736\(19\)32636-4](https://doi.org/10.1016/s0140-6736(19)32636-4)
- [20] Xu, J., Li, P., Zheng, L. and Chen, Q. (2022) Effect Observation of Electro-Acupuncture Anesthesia Combined with General Anesthesia in Elderly Patients Undergoing Gastrointestinal Tumor Resection. *Frontiers in Surgery*, **9**, Article ID: 901638. <https://doi.org/10.3389/fsurg.2022.901638>
- [21] Arjmand, M. (2022) The Association between Visceral Adiposity with Systemic Inflammation, Oxidative Stress, and Risk of Post-Surgical Adhesion. *Archives of Physiology and Biochemistry*, **128**, 869-874. <https://doi.org/10.1080/13813455.2020.1733617>
- [22] Kinay, T., Savran Ucok, B., Ramoglu, S., Tapisiz, O.L., Erkaya, S. and Koc, S. (2022) Maternal Obesity and Intra-Abdominal Adhesion Formation at Cesarean Delivery. *The Journal of Maternal-Fetal & Neonatal Medicine*, **35**, 2241-2246. <https://doi.org/10.1080/14767058.2020.1783231>
- [23] Li, M., Guo, P., Zeng, J., Li, C., Ji, Q., Zhao, Y., *et al.* (2022) Study on Clinical Characteristics and Related Factors of Schizophrenic Patients with Intestinal Obstruction. *BMC Gastroenterology*, **22**, Article No. 11. <https://doi.org/10.1186/s12876-021-02091-y>
- [24] 张红, 伍绍文, 时青云. 剖宫产术后并发肠梗阻的相关因素研究[J]. 中华医学杂志, 2021, 101(44): 3631-3636.
- [25] Fatehi Hassanabad, A., Zarzycki, A.N., Jeon, K., Dundas, J.A., Vasanthan, V., Deniset, J.F., *et al.* (2021) Prevention of Post-Operative Adhesions: A Comprehensive Review of Present and Emerging Strategies. *Biomolecules*, **11**, Article No. 1027. <https://doi.org/10.3390/biom11071027>
- [26] Diamond, M.P. (2016) Reduction of Postoperative Adhesion Development. *Fertility and Sterility*, **106**, 994-997.e1. <https://doi.org/10.1016/j.fertnstert.2016.08.029>
- [27] Li, X., Wei, G., Chen, X., Wang, G., Jia, P., Xu, Q., *et al.* (2015) Inhibition of Cyclooxygenase-2 Prevents Intra-Abdominal Adhesions by Decreasing Activity of Peritoneal Fibroblasts. *Drug Design, Development and Therapy*, **9**, 3083-3098. <https://doi.org/10.2147/dddt.s80221>
- [28] Saed, G.M., Munkarah, A.R., Abu-Soud, H.M. and Diamond, M.P. (2005) Hypoxia Upregulates Cyclooxygenase-2 and Prostaglandin E2 Levels in Human Peritoneal Fibroblasts. *Fertility and Sterility*, **83**, 1216-1219. <https://doi.org/10.1016/j.fertnstert.2004.11.037>
- [29] Jafari-Sabet, M., Shishegar, A., Saeedi, A. and Ghahari, S. (2014) Pentoxifylline Increases Antiadhesion Effect of Streptokinase on Postoperative Adhesion Formation: Involvement of Fibrinolytic Pathway. *Indian Journal of Surgery*, **77**, 837-842. <https://doi.org/10.1007/s12262-013-1025-y>
- [30] Wu, Y., Wei, G., Yu, J., Chen, Z., Xu, Z., Shen, R., *et al.* (2019) Danhong Injection Alleviates Postoperative Intra-Abdominal Adhesion in a Rat Model. *Oxidative Medicine and Cellular Longevity*, **2019**, Article ID: 4591384. <https://doi.org/10.1155/2019/4591384>
- [31] 樊玉青, 吴兰兰, 李永彪, 等. 中药防治术后腹腔粘连机制研究进展[J]. 中国中药杂志, 2020, 45(18): 4358-4363.
- [32] Yang, L., Wang, Y., Li, Z., Li, W., Chen, Y., Kong, Z., *et al.* (2025) Herbal HuoXueTongFu Formula with Anti-Inflammatory and Fibrinolytic Activity Regulation for the Prevention of Postoperative Peritoneal Adhesions. *Frontiers in Immunology*, **15**, Article ID: 1510766. <https://doi.org/10.3389/fimmu.2024.1510766>
- [33] Liu, W., Wu, F., Bi, X., Hou, L., Wang, C., Li, Y., *et al.* (2023) Herbal Formula Jiawei Xiaochengqi Decoction Prevents Postoperative Abdominal Adhesion in a Rat Model through Inhibition of CXCL2-CXCR2 Pathway. *Phytomedicine*, **111**, Article ID: 154662. <https://doi.org/10.1016/j.phymed.2023.154662>
- [34] Liang, W., Chen, D., Hou, M., Yang, W., Xie, M. and Zhong, X. (2025) A Sandwiched Patch for Prevention of Pelvic Adhesion after Uterine Operation. *Journal of Biomedical Materials Research Part B: Applied Biomaterials*, **113**, e35600. <https://doi.org/10.1002/jbm.b.35600>
- [35] Meng, Z., Wang, H., Liu, Y., Yang, M., Zeng, H. and Han, Q. (2023) Evaluation of the Effectiveness of Alginate-Based Hydrogels in Preventing Peritoneal Adhesions. *Regenerative Biomaterials*, **10**, rbad017. <https://doi.org/10.1093/rb/rbad017>
- [36] Li, H., Wei, X., Yi, X., Tang, S., He, J., Huang, Y., *et al.* (2021) Antibacterial, Hemostasis, Adhesive, Self-Healing Polysaccharides-Based Composite Hydrogel Wound Dressing for the Prevention and Treatment of Postoperative Adhesion. *Materials Science and Engineering: C*, **123**, Article ID: 111978. <https://doi.org/10.1016/j.msec.2021.111978>
- [37] Song, X., Zhang, Z., Shen, Z., Zheng, J., Liu, X., Ni, Y., *et al.* (2021) Facile Preparation of Drug-Releasing

-
- Supramolecular Hydrogel for Preventing Postoperative Peritoneal Adhesion. *ACS Applied Materials & Interfaces*, **13**, 56881-56891. <https://doi.org/10.1021/acsami.1c16269>
- [38] Zhang, E., Yang, J., Wang, K., Song, B., Zhu, H., Han, X., *et al.* (2021) Biodegradable Zwitterionic Cream Gel for Effective Prevention of Postoperative Adhesion. *Advanced Functional Materials*, **31**, Article ID: 2009431. <https://doi.org/10.1002/adfm.202009431>
- [39] Jiang, S., Li, H., Zhang, L., Mu, W., Zhang, Y., Chen, T., *et al.* (2025) Generic Diagramming Platform (GDP): A Comprehensive Database of High-Quality Biomedical Graphics. *Nucleic Acids Research*, **53**, D1670-D1676. <https://doi.org/10.1093/nar/gkae973>