

中药调控钙超载改善肠缺血再灌注损伤的研究进展

程美钰^{1,2}, 岳妍^{1,2*}

¹天津中医药大学第一附属医院消化科, 天津

²国家中医针灸临床医学研究中心, 天津

收稿日期: 2026年1月29日; 录用日期: 2026年2月24日; 发布日期: 2026年3月6日

摘要

肠缺血再灌注(Intestine ischemia/reperfusion, II/R)损伤是指肠道供血暂时中断后血流恢复而引起的组织和细胞损伤, 多见于急性肠系膜缺血、失血性休克及小肠移植等场景, 其高病死率和多器官累及特性已成为临床治疗的重要挑战。细胞内钙稳态失衡引发的钙超载是II/R损伤发生的核心理论环节, 可通过多途径介导肠上皮细胞损伤、肠黏膜屏障破坏及全身性炎症反应。目前临床缺乏针对II/R损伤的特效药物, 而中药凭借多靶点、多通路的干预优势, 在调控钙稳态、改善II/R损伤方面展现出显著潜力。本文系统综述单味中药及活性成分、中药复方及中成药通过调控钙超载改善II/R损伤的研究进展, 从作用机制、实验证据等方面进行梳理, 为中药防治II/R损伤的进一步研究与临床转化提供参考。

关键词

肠缺血再灌注损伤, 钙超载, 单味中药, 中药复方, 中成药, 作用机制

Research Progress on the Regulation of Calcium Overload by Traditional Chinese Medicine to Improve Intestinal Ischemia-Reperfusion Injury

Meiyu Cheng^{1,2}, Yan Yue^{1,2*}

¹Department of Gastroenterology, First Teaching Hospital of Tianjin University of Traditional Chinese Medicine, Tianjin

²National Clinical Research Center for Chinese Medicine Acupuncture and Moxibustion, Tianjin

*通讯作者。

文章引用: 程美钰, 岳妍. 中药调控钙超载改善肠缺血再灌注损伤的研究进展[J]. 中医学, 2026, 15(3): 117-123.
DOI: 10.12677/tcm.2026.153142

Abstract

Intestinal ischemia/reperfusion (II/R) injury refers to the tissue and cell damage caused by the temporary interruption of intestinal blood supply followed by the restoration of blood flow. It is commonly seen in scenarios such as acute mesenteric ischemia, hemorrhagic shock, and small intestine transplantation. The high mortality rate and multi-organ involvement characteristics of II/R injury have become significant challenges in clinical treatment. Calcium overload resulting from intracellular calcium homeostasis imbalance is the core pathological link in the occurrence of II/R injury, which can mediate intestinal epithelial cell damage, intestinal mucosal barrier disruption, and systemic inflammatory responses through multiple pathways. Currently, there are no specific drugs for II/R injury in clinical practice. However, traditional Chinese medicine (TCM), with its advantages of multi-target and multi-pathway intervention, has shown significant potential in regulating calcium homeostasis and improving II/R injury. This article systematically reviews the research progress on the improvement of II/R injury by single herbs, active components, TCM formulas, and TCM preparations through regulating calcium overload. It sorts out the research from aspects such as mechanisms of action and experimental evidence, providing a reference for further research and clinical application of TCM in the prevention and treatment of II/R injury.

Keywords

Intestinal Ischemia-Reperfusion Injury, Calcium Overload, Single Chinese Herbal Medicine, Chinese Herbal Compound, Chinese Patent Medicine, Mechanism of Action

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

缺血性肠病(Ischemic bowel disease, IBD)是由肠壁血氧供应不足引发的肠道血管性疾病,其关键病理过程为肠缺血再灌注(Intestine ischemia/reperfusion, II/R)损伤,该损伤不仅直接导致肠道黏膜结构破坏与屏障功能丧失,还可通过肠道细菌及内毒素易位触发全身性炎症反应综合征(systemic inflammatory response syndrome, SIRS),进而发展为多器官功能障碍综合征(multiple organ dysfunction syndrome, MODS),严重威胁患者预后[1]。II/R损伤主要发生于IBD过程中,根据临床症状和病因病机,中医学将缺血性肠病归属于“腹痛”“便血”“肠痹”等范畴,以气血亏虚、肠络瘀滞为核心病机,采用健脾益气、活血化瘀等治法取得良好效果[2]。

现代医学研究证实,II/R损伤的核心病理机制包括线粒体损伤、氧化应激、钙超载、炎症反应及细胞凋亡等[3],其中钙超载是连接多重损伤路径的关键环节。缺血期ATP耗竭导致钙泵功能抑制,再灌注期 Na^+/H^+ 交换增强引发 $\text{Na}^+/\text{Ca}^{2+}$ 交换体反向激活,导致胞质 Ca^{2+} 浓度爆发式升高,进而诱发线粒体膜电位崩塌、钙依赖性蛋白酶激活及炎症因子释放,形成“钙超载-氧化应激-炎症损伤”恶性循环。目前II/R损伤的临床治疗主要包括手术缓解肠梗阻、血管再通、抗菌治疗和营养支持等[4],缺乏特效药物和疗法,而中药在调节钙稳态、保护肠黏膜屏障方面展现出独特优势,其多途径、多靶点的调控特性与II/R损伤的复杂病理机制高度契合。因此,深入阐明钙超载的作用机制及中药调控靶点,对开发II/R损伤的有效

防治策略具有重要意义。

2. 单味中药及活性成分调控钙超载改善 II/R 损伤的研究

2.1. 补气活血类中药及活性成分

黄芪甲苷(Astragaloside IV)是黄芪的主要活性成分, 通过抑制 TXNIP/NLRP3 炎症小体活化, 减少促炎因子(TNF- α , IL-1 β)释放, 同时下调 L 型钙通道(LTCC)表达, 减少 Ca^{2+} 内流, 缓解肠黏膜细胞钙超载[5]。研究发现, 黄芪甲苷可提高大鼠肠组织 SOD 活性, 降低 MDA 水平, 通过抗氧化 - 钙稳态调节双途径减轻 II/R 损伤[6]。黄芪多糖(Astragalus polysaccharides)作为另一核心活性成分, 通过调节免疫功能改善 II/R 损伤, 间接减轻钙超载引发的免疫紊乱与炎症放大效应。人参皂苷 Rg1 通过激活 Wnt/ β -catenin 通路, 上调钙调蛋白(CaM)表达, 增强 Ca^{2+} -ATP 酶活性, 促进胞内 Ca^{2+} 外排, 减轻钙超载诱导的线粒体功能障碍, 从而抑制肠上皮细胞凋亡[7]。红景天苷(Salidroside)是红景天的主要活性成分, 通过抑制 TXNIP/NLRP3 信号通路减轻 II/R 损伤时的炎症反应与氧化应激。研究发现, 红景天苷可下调 TXNIP、P-AMPK 表达, 减少氧自由基对细胞膜的损伤, 维持钙通道正常功能, 从而抑制钙超载相关的细胞焦亡, 降低血清 IL-18、IL-1 β 及丙二醛水平, 升高 IL-10 及 SOD 含量, 实现对肠组织的保护作用[8]。

2.2. 活血化瘀类中药及活性成分

丹参的活性成分丹参多酚酸(Salvianolic acids)与丹酚酸 B (Salvianolic acid B)通过多重机制调控钙稳态。丹参多酚酸通过抑制内质网应激(下调 GRP78、CHOP 蛋白), 减少钙库释放, 同时激活 PI3K/Akt 通路, 增强 $\text{Na}^+/\text{Ca}^{2+}$ 交换体活性, 降低胞质 Ca^{2+} 浓度, 保护肠黏膜屏障[9]。丹酚酸 B 则通过增强 PI3K/Akt 信号通路活性, 提高抗氧化能力, 保护钙泵功能, 减少 Ca^{2+} 异常内流。川芎嗪(Tetramethylpyrazine)通过阻断 NLRP3 炎症小体 - 钙信号轴, 抑制 Ca^{2+} 依赖的 caspase-1 活化, 减少细胞焦亡; 同时下调 ICAM-1 表达, 降低血管内皮细胞钙超载, 改善肠微循环[10]。三七总皂苷(PNS)通过降低 NF- κ B、TNF- α 表达, 减少炎症反应对钙稳态的破坏, 其灌胃干预可显著降低大鼠血清 LPS、D-乳酸水平, 减少肠道病理损伤, 间接改善钙超载相关的肠屏障功能破坏[11]。藏红花素(crocin)则通过下调 TLR4/MyD88 通路, 减轻氧化应激与炎症反应, 保护细胞膜完整性, 抑制钙通道异常开放, 从而降低 II/R 损伤时的钙超载水平[12]。

2.3. 通里攻下类中药及活性成分

大黄素(Emodin)作为大黄的核心理活性成分, 通过抑制 NF- κ B/HIF-1 α 通路, 减少 IP3R 介导的内酯网钙释放, 同时上调紧密连接蛋白(ZO-1, Occludin)表达, 减轻钙超载导致的肠屏障破坏[13]。体外试验显示, 大黄素可降低缺氧/复氧模型中 Caco-2 细胞内 Ca^{2+} 浓度, 抑制 MLCK 介导的肌动蛋白重塑[14]。

2.4. 其他类中药及活性成分

大豆异黄酮(SI)通过抑制 Wnt/ Ca^{2+} 信号通路, 降低 Wnt5a、Frizzled-2 及磷酸化 CaMK II 蛋白表达, 显著减轻缺血再灌注模型大鼠的钙超载与组织损伤, 该机制虽在脑 I/R 中证实, 但其在肠 I/R 中的应用提供了理论依据[15]。五味子乙素(Schisandrin B)通过活化 Nrf2/HO-1 通路, 降低肠组织凋亡指数, 其机制与抑制线粒体钙超载、维持线粒体膜电位相关[16]。黄芩苷(baicalin)激活 Nrf2/ARE 通路, 增加 SOD、HO-1 表达, 保护钙泵功能, 减少 II/R 损伤时的钙超载。七叶皂苷钠(Sodium Aescinate)则通过下调 p38MAPK 表达, 抑制炎症因子活化, 减少钙超载介导的肠组织细胞凋亡[17]。6-姜酚(6-Gingerol)作为生姜的活性成分, 通过抑制 p38/NF- κ B/MLCK 信号通路, 下调肌球蛋白轻链激酶表达, 同时抑制钙通道异常开放, 减少 Ca^{2+} 内流, 上调 occludin、ZO-1 表达, 保护肠黏膜屏障功能[18]。白芍总苷(TGP)则通过维持 C-Kit 蛋

白表达, 抑制 Cajal 间质细胞凋亡, 降低炎症因子水平, 间接改善钙超载引发的肠组织损伤[19]。

3. 中药复方及中成药调控钙超载改善 II/R 损伤的研究

3.1. 补气活血类复方及中成药

参芪注射液由人参、黄芪组成, 通过降低肠黏膜免疫细胞凋亡基因 p53 表达, 减少钙依赖性蛋白酶活化, 同时增强 Ca^{2+} - Mg^{2+} -ATP 酶活性, 促进 Ca^{2+} 外排, 改善肠免疫屏障功能[20]。黄芪注射液通过上调 Bcl-2/Bax 比值, 抑制线粒体钙超载导致的细胞色素 C 释放, 同时提高 SOD、CAT 活性, 减少氧化应激对钙泵的损伤[21]。芪黄煎剂由黄芪、厚朴、党参等多味中药组成, 通过降低 Bax、Caspase-3、9mRNA 表达, 抑制钙超载介导的细胞凋亡。在雄性 Wistar 大鼠模型中, 术前连续 3 天灌胃干预可减轻肠黏膜损伤, 其机制与调节钙稳态、减少钙超载引发的凋亡通路激活相关[22]。

3.2. 活血化瘀类复方及中成药

血必净注射液含川芎、红花等成分, 可下调 TNF- α 、IL-6 水平, 降低肾脏 Ca^{2+} - Mg^{2+} -ATP 酶活性, 缓解钙超载引起的肾小管损伤, 间接减轻肠-肾轴损伤[23]。丹参注射液通过抑制 NF- κ B 通路, 减少炎症因子介导的钙通道开放, 同时增强 SOD 活性, 清除 ROS, 阻断钙超载的级联反应[24]。

3.3. 通里攻下类复方及中成药

桃核承气汤由大黄、桃仁等组成, 通过调节促炎/抑炎因子平衡(如降低 IL-6、TNF- α , 升高 IL-10), 减少内毒素诱导的钙超载, 保护肠黏膜完整性[25]。通腑颗粒含厚朴、大黄等成分, 可降低肠黏膜二氧化碳分压(PiCO_2)及 D-乳酸水平, 通过改善肠微循环减少钙超载相关的肠屏障损伤[26]。清肠合剂由大黄、芒硝、莱菔子等组成, 通过靶向抑制 TLR4/NF- κ B 信号通路, 减轻氧化应激与炎症反应, 保护细胞膜钙通道功能, 减少 Ca^{2+} 内流。研究证实, 清肠合剂可上调紧密连接蛋白 ZO-1、Occludin、Claudin-1 表达, 其机制与调控钙稳态、阻断钙超载介导的屏障损伤密切相关。通腑颗粒则通过降低肠黏膜二氧化碳分压、D-乳酸和 DAO 活性, 减轻肠黏膜病理损害, 间接改善钙超载引发的肠组织代谢紊乱[27]。

3.4. 其他类复方及中成药

四逆汤由附子、干姜等组成, 可通过升高 SOD 活性, 降低 MDA 含量, 抑制钙超载介导的鞘磷脂酶 (SMase) 激活, 减少神经酰胺生成, 保护肠上皮细胞超微结构[28]。藿香正气软胶囊通过减少肥大细胞释放细胞因子, 降低血中 NO 含量, 增强肠道杯状细胞分泌功能, 改善肠组织结构, 其保护作用与调节钙稳态、减少钙超载引发的黏膜损伤相关[29]。凉膈散则通过降低肠组织 MDA 含量, 提高 SOD 活力, 减少钙超载介导的肠黏膜细胞凋亡, 在 II/R 损伤中发挥保护作用[30]。

4. 中药调控钙超载改善 II/R 损伤的作用机制

4.1. 抑制钙内流途径

中药活性成分及复方可通过阻断电压依赖性钙通道(VDCC)、L 型钙通道、TRPC6 钙通道等多种途径, 减少胞外 Ca^{2+} 内流。如川芎嗪直接阻断 VDCC, 黄芪甲苷抑制 L 型钙通道, 丹参酮 IIA 抑制 TRPC6 钙通道, 均能有效减少 II/R 损伤时的钙异常内流, 阻断钙超载启动。

4.2. 增强钙外排与回收功能

中药可通过上调钙泵(PMCA、SERCA)表达与活性, 促进胞质 Ca^{2+} 外排或内质网钙回收, 维持钙稳

态。如黄芪甲苷上调 SERCA2a 活性, 人参皂苷 Rb1 通过 PI3K/Akt 通路磷酸化 PMCA, 参芪注射液提高 Ca^{2+} -Mg²⁺-ATPase 活性, 均能增强钙转运能力, 缓解钙超载。

4.3. 保护线粒体钙稳态

线粒体钙超载是 II/R 损伤的关键环节, 中药通过抑制线粒体通透性转换孔(mPTP)开放, 减少 Ca^{2+} 线粒体涌入, 维持膜电位稳定。如丹参多酚酸、五味子乙素可保护线粒体功能, 抑制钙超载介导的线粒体损伤, 减少细胞色素 C 释放与 Caspase 级联活化。

4.4. 阻断钙超载下游损伤通路

中药通过抑制钙依赖性蛋白酶(calpain)、磷脂酶 A2 活性, 阻断 CaM/CaM-KII 信号通路, 减少钙超载引发的细胞骨架破坏、炎症因子释放。如川芎嗪抑制 CaM 活性, 大黄素调控 NF- κ B 通路, 均能阻断钙超载下游损伤效应, 减轻肠组织损伤。

4.5. 打破“钙超载 - 氧化应激”恶性循环

中药活性成分如丹参多酚酸、姜黄素具有显著抗氧化作用, 可清除 ROS, 保护钙泵与细胞膜功能, 减少氧化应激引发的钙通道异常开放, 同时钙超载缓解又能减少 ROS 生成, 形成双向调控。

5. 讨论

中药多成分特性是其调控钙超载的核心优势, 协同效应是其区别于单靶点化学药的关键特征, 具体体现在三方面: 其一, 钙转运双向协同, 复方中常含“抑内流 - 促外排”成分, 如参芪注射液中黄芪甲苷通过抑制 L 型钙通道阻断 Ca^{2+} 内流, 人参皂苷 Rg1 通过增强 Ca^{2+} -ATP 酶活性促进 Ca^{2+} 外排, 双向协同维持钙稳态。其二, 多维通路协同调控, 中药成分可同时靶向钙超载相关炎症、氧化应激通路, 如丹参多酚酸既抑制内质网应激减少钙库释放, 又激活 PI3K/Akt 通路增强钙转运, 同时清除 ROS 保护钙泵, 形成“钙稳态 - 炎症 - 氧化应激”调控网络。其三, 配伍协同增效, 遵循“君臣佐使”理论, 如桃核承气汤中大黄素(君药)抑制钙释放与肠屏障损伤, 桃仁(臣药)活血化瘀改善肠微循环, 二者协同降低 II/R 损伤程度, 且减少单一成分剂量与毒副作用。

当前中药调控 II/R 损伤钙超载的研究虽取得一定进展, 但仍存在关键科学缺口, 制约了机制深化与临床转化。其一, 特定钙通道亚型靶向机制不明, 现有研究多聚焦 L 型钙通道、TRPC6 通道等少数亚型, 对 T 型、N 型钙通道及 RyR 受体、IP3R 等钙释放通道的病理作用及中药调控效应解析不足, 导致靶向机制缺乏精准性。其二, 时空动态调控机制未明确, 缺血期与再灌注期钙超载的启动通路、调控分子具有阶段特异性, 现有研究未进行分阶段解析, 难以实现分阶段精准干预。其三, 细胞异质性相关钙调控研究匮乏, 肠上皮细胞、血管内皮细胞等不同细胞亚群的钙稳态调控机制存在本质差异, 而现有研究多以整体肠组织为对象, 限制了中药作用靶点的精准定位。

当前研究存在机制碎片化、临床转化不足、复方协同机制不清等局限。未来研究应聚焦: 利用 CRISPR/Cas9 技术构建特定钙通道亚型基因敲除模型, 明确中药核心调控靶点; 结合单细胞测序、活体钙成像技术, 解析不同细胞类型、损伤阶段的钙信号特征, 实现精准干预; 通过网络药理学、代谢组学技术, 阐明中药复方“成分 - 靶点 - 通路”协同网络; 开展纳米制剂等剂型创新, 提升生物利用度, 推动临床转化; 基于中医辨证论治, 建立 II/R 损伤中医证型分类标准, 结合钙信号特征实现精准用药。

6. 结论

细胞内钙超载是 II/R 损伤的核心病理环节, 中药通过抑制钙内流、增强钙转运、保护线粒体钙稳态、

阻断下游损伤通路及打破“钙超载-氧化应激”恶性循环等多重机制,有效改善 II/R 损伤。单味中药活性成分如黄芪甲苷、人参皂苷、川芎嗪等作用靶点明确,中药复方及中成药如参芪注射液、血必净注射液、四逆汤等则展现出多成分协同调控的整体优势。尽管目前研究仍存在诸多局限,但中药在调控钙超载改善 II/R 损伤方面的独特优势已得到充分证实。未来需进一步深化机制研究,推动剂型创新与临床转化,为缺血性肠病的防治提供更多有效手段。

参考文献

- [1] Liao, S., Luo, J., Kadier, T., Ding, K., Chen, R. and Meng, Q. (2022) Mitochondrial DNA Release Contributes to Intestinal Ischemia/Reperfusion Injury. *Frontiers in Pharmacology*, **13**, Article ID: 854994. <https://doi.org/10.3389/fphar.2022.854994>
- [2] 吴柯, 张正雨, 王秋玲, 等. 中药防治肠缺血再灌注损伤研究进展[J]. 世界科学技术-中医药现代化, 2025, 27(7): 1801-1814.
- [3] 丛若尘, 何伯圣. 小肠缺血再灌注损伤机制的研究进展和防治策略[J]. 医学综述, 2020, 26(14): 2716-2721.
- [4] Zhong, X., Wang, F.X., Chen, D.N., Chen, Y. and Zhou, J. (2025) Orchestrating Cellular Fate: Post-Translational Modifications as Master Regulators and Therapeutic Targets in Intestinal Ischemia-Reperfusion Injury. *Biochemical and Biophysical Research Communications*, **781**, Article 152549. <https://doi.org/10.1016/j.bbrc.2025.152549>
- [5] 常利娅, 冷玉芳, 赵紫岑, 等. 黄芪甲苷调控细胞焦亡减轻肠缺血再灌注损伤的分子作用机制[J]. 中国实验方剂学杂志, 2024, 30(19): 116-123.
- [6] 任晓静, 杨涛, 耿立成. 黄芪甲苷预处理对大鼠肠缺血再灌注损伤的影响[J]. 中国中西医结合外科杂志, 2019, 25(3): 281-285.
- [7] Zu, G., Guo, J., Che, N., Zhou, T., Zhang, X., Wang, G., Ji, A. and Tian, X. (2017) Corrigendum: Protective Effects of Ginsenoside Rg1 on Intestinal Ischemia/Reperfusion Injury-Induced Oxidative Stress and Apoptosis via Activation of the Wnt/ β -Catenin Pathway. *Scientific Reports*, **7**, Article No. 45252. <https://doi.org/10.1038/srep45252>
- [8] 钟旭, 唐国强, 刘迁, 等. 基于 TXNIP/NLRP3 信号通路探讨红景天苷对肠缺血再灌注损伤大鼠的作用机制[J]. 广西医科大学学报, 2021, 38(8): 1517-1523.
- [9] 李贵宾. 丹参多酚酸盐通过抑制内质网应激减轻小肠缺血再灌注损伤的研究[J]. 天津中医药, 2021, 38(9): 1195-1200.
- [10] 曹雪芬, 冷玉芳, 韩晓霞, 等. 川芎嗪通过抑制 NLRP3 减轻肠缺血再灌注损伤的细胞焦亡[J]. 中国临床药理学与治疗学, 2023, 28(11): 1201-1208.
- [11] 钱忠义, 黄东, 沈志强. 三七总皂苷对大鼠肠缺血再灌注损伤的保护作用[J]. 昆明医学院学报, 2007, 28(3): 13-16.
- [12] 杨敏杰, 苗茜, 赵铨活, 等. 藏红花素预处理对大鼠肠缺血再灌注损伤的保护作用及 TLR4/MyD88 通路的影响[J]. 时珍国医国药, 2020, 31(9): 2098-2103.
- [13] 丁博文, 嵇武, 白小武, 等. 大黄素对肠上皮细胞损伤的保护作用及机制研究[J]. 东南国防医药, 2012, 14(3): 199-202.
- [14] Qi, L., Fu, Q., Du, C., et al. (2014) Amelioration of Hypoxia and LPS-Induced Intestinal Epithelial Barrier Dysfunction by Emodin through the Suppression of the NF- κ B and HIF-1 α Signaling Pathways. *International Journal of Molecular Medicine*, **34**, 1629-1639. <https://doi.org/10.3892/ijmm.2014.1965>
- [15] 李丽, 汪梦哲, 刘赛赛, 等. 大豆异黄酮通过抑制 Wnt/Ca²⁺信号通路减轻大鼠脑缺血再灌注引起的钙超载[J]. 南方医科大学学报, 2024, 44(6): 1048-1058.
- [16] 侯小煜, 冷玉芳, 曹雪芬, 等. 五味子乙素减轻小鼠肠缺血再灌注损伤的网络药理学分析及实验验证[J]. 中国临床药理学与治疗学, 2023, 28(2): 147-154.
- [17] 程凤春, 耿磊, 李丽, 等. 黄芩苷减轻大鼠肠缺血再灌注损伤及对 Nrf2、HO-1 表达的影响[J]. 世界华人消化杂志, 2014, 22(11): 1510-1517.
- [18] Li, Y.L., Xu, B., Xu, M., et al. (2017) 6-Gingerol Protects Intestinal Barrier from Ischemia/Reperfusion-Induced Damage via Inhibition of p38 MAPK to NF- κ B Signalling. *The Journal of Practical Medicine*, **119**, 137-148. <https://doi.org/10.1016/j.phrs.2017.01.026>
- [19] 车轩, 郭依然, 赵国杰, 等. 白芍总苷对肠缺血再灌注大鼠 Cajal 间质细胞凋亡和血清炎症因子的影响[J]. 中国实验诊断学, 2024, 28(9): 1102-1106.

- [20] 朱勇, 张云杰. 参芪注射液对大鼠肠缺血再灌注肠壁免疫屏障的保护作用[J]. 山东医药, 2009, 49(27): 48-49.
- [21] 李晓东. 黄芪预处理对大鼠肠系膜缺血再灌注损伤后细胞凋亡的影响及其机制研究[J]. 中医药信息, 2017, 34(3): 32-36.
- [22] 于庆生, 余洪亮, 潘晋方, 等. 芪黄煎剂对缺血-再灌注大鼠肠黏膜上皮细胞 Bcl-2、Bax 及 Caspase-3、9 mRNA 表达的影响[J]. 中国中西医结合杂志, 2011, 31(2): 223-227.
- [23] 黄燕燕. 血必净预处理对大鼠肠缺血-再灌注肾损伤的保护作用[J]. 中医临床研究, 2019, 11(1): 115-116.
- [24] 陆贝, 蔡阳. 丹参对肠缺血再灌注损伤炎症反应网络的调节[J]. 医学研究杂志, 2006, 35(12): 48-50.
- [25] 程梦琳, 邱明义, 陶春晖, 等. 桃核承气汤对大鼠肠缺血再灌注损伤保护作用的实验研究[J]. 山东中医杂志, 2006, 25(10): 689-692.
- [26] 胡森, 段美丽, 夏斌, 等. 通腑颗粒对犬缺血/再灌注损伤小肠黏膜血液灌流和通透性的影响[J]. 中国中西医结合急救杂志, 2006, 13(6): 331-334.
- [27] 秦雨. 清肠合剂靶向 TLR4/NF- κ B 通路治疗肠缺血再灌注损伤[D]: [硕士学位论文]. 济南: 山东中医药大学, 2023.
- [28] 刘克玄, 吴伟康, 朱有凯, 等. 四逆汤对大鼠肠缺血再灌注后肠粘膜细胞凋亡的影响及神经酰胺机制[J]. 中国药理学通报, 2005, 21(2): 240-244.
- [29] 谢肄聪, 唐方. 藿香正气软胶囊对肠屏障功能保护作用的机理研究[J]. 中国中药杂志, 2004, 29(5): 456-458.
- [30] 常文秀, 曹书华, 王勇强, 等. 凉膈散对肠缺血再灌注损伤大鼠肠道的保护作用[J]. 天津医药, 2012, 40(4): 370-374.