

## 葛根素治疗支气管哮喘的药理作用研究进展

李妍<sup>1</sup>, 刘伟<sup>2</sup>, 李孟<sup>1\*</sup>

1. 重庆医科大学附属大足医院 重庆市大足区人民医院 儿童中心, 重庆 402360

2. 重庆医科大学附属大足医院 重庆市大足区人民医院 呼吸内科, 重庆 402360

**摘要:** 支气管哮喘是一种由多种细胞和介质参与的慢性气道炎症性疾病, 采用药物治疗时存在药物耐受、复发和不良反应风险。葛根素是从葛根中提取的主要异黄酮类化合物, 可通过减轻炎症损伤、抑制支气管上皮细胞凋亡、改善凝血功能、调节自噬体-溶酶体平衡、调节肠道菌群结构发挥抗支气管哮喘作用。总结了葛根素治疗支气管哮喘的药理作用研究进展, 为葛根素的临床应用提供依据。

**关键词:** 葛根素; 支气管哮喘; 炎症损伤; 细胞凋亡; 凝血功能; 自噬体-溶酶体; 肠道菌群

**中图分类号:** R286.4 **文献标志码:** A **文章编号:** 1674-5515(2026)02-0546-05

**DOI:** 10.7501/j.issn.1674-5515.2026.02.044

## Research progress on pharmacological effects of puerarin in treatment of bronchial asthma

LI Yan<sup>1</sup>, LIU Wei<sup>2</sup>, LI Meng<sup>1</sup>

1. Children's Center, The Affiliated Dazu's Hospital of Chongqing Medical University, The People's Hospital of Dazu, Chongqing, Chongqing 402360, China

2. Department of Respiratory Medicine, The Affiliated Dazu's Hospital of Chongqing Medical University, The People's Hospital of Dazu, Chongqing, Chongqing 402360, China

**Abstract:** Bronchial asthma is a chronic airway inflammatory disease involving multiple cells and mediators, and there is a risk of drug tolerance, recurrence, and adverse reactions when treated with medication. Puerarin is the main flavonoid compound extracted from *Puerariae Radix*, and puerarin can exert anti-bronchial asthma effects by reducing inflammatory damage, inhibiting apoptosis of bronchial epithelial cells, improving coagulation function, regulating autophagosome lysosome balance, and modulating intestinal flora structure. This article summarizes the pharmacological research progress of puerarin in treatment of bronchial asthma, providing a basis for the clinical application of puerarin.

**Key words:** puerarin; bronchial asthma; inflammatory damage; cell apoptosis; coagulation function; autophagosome-lysosome; intestinal flora

支气管哮喘是一种由多种细胞和介质参与的慢性气道炎症性疾病, 临床特征表现为反复发作的喘息、气促、胸闷和咳嗽, 呈季节性或夜间加重<sup>[1]</sup>。其病理机制主要涉及气道高反应性、慢性炎症、氧化应激和免疫失衡, 伴随气道上皮损伤和重塑, 哮喘的发生与遗传易感性、过敏原暴露、感染、环境污染、心理因素密切相关<sup>[2]</sup>。流行病学数据显示, 支气管哮喘在全球患病率持续上升, 儿童和青少年

为高发人群。临床主要采用糖皮质激素、 $\beta_2$ 受体激动剂、白三烯调节剂等药物治疗, 但部分患者存在药物耐受、复发和不良反应风险, 控制难度较大<sup>[3]</sup>。葛根素是从葛根中提取的主要异黄酮类化合物, 近年来, 具有抗炎、抗氧化、免疫调节作用的天然成分葛根素被认为可改善气道炎症和氧化损伤, 为哮喘治疗提供了新的研究方向<sup>[4]</sup>。现代药理研究表明, 葛根素具有抗氧化、抗炎、扩血管、改善微循环、

收稿日期: 2025-11-26

基金项目: 重庆市大足区科技发展项目 (DZKJ2024JSYJ-KWXM1025)

作者简介: 李妍 (1995—), 女, 主管护师, 本科, 研究方向为儿童护理。E-mail: 763167743@qq.com

\*通信作者: 李孟 (1993—), 女, 主管护师, 硕士, 研究方向为儿童护理。E-mail: 905358997@qq.com

调节免疫、神经保护等多种生物学作用，广泛应用于心脑血管疾病、糖尿病并发症、神经系统疾病的辅助治疗，为多种慢性疾病的防治提供依据<sup>[5]</sup>。葛根素可通过减轻炎症损伤、抑制支气管上皮细胞凋亡、改善凝血功能、调节自噬体-溶酶体平衡、调节肠道菌群结构发挥抗支气管哮喘作用。本文总结了葛根素治疗支气管哮喘的药理作用研究进展，为葛根素的临床应用提供依据。

## 1 减轻炎症损伤

### 1.1 抑制核因子(NF)- $\kappa$ B 信号通路活化

NF- $\kappa$ B 信号通路作为炎症反应的核心调控枢纽，在支气管哮喘的免疫失衡和气道损伤中占据关键地位，该通路过度激活会驱动大量促炎细胞因子、趋化因子和黏附分子的表达，从而放大气道的急慢性炎症<sup>[6]</sup>。Liu 等<sup>[7]</sup>使用 50、100、200  $\mu$ g/mL 葛根素干预中性粒细胞刺激的 BEAS-2B 细胞 18 h，发现葛根素可通过抑制 p38 丝裂原活化蛋白激酶(MAPK)和 NF- $\kappa$ B 通路活性抑制细胞间黏附分子(ICAM)-1、ICAM-3 和血管细胞黏附分子-1(VCAM-1)蛋白和基因的表达，从而减弱炎症细胞和上皮细胞的相互作用，发挥抗炎作用。Liu 等<sup>[8]</sup>使用 0.125~2.000 mg/mL 葛根素干预哮喘发作期患者分离出的外周血单个核细胞，发现葛根素可通过抑制 NF- $\kappa$ B 信号通路活化抑制 NF- $\kappa$ B 核转位，减少肿瘤坏死因子- $\alpha$ (TNF- $\alpha$ )分泌，从而缓解气道炎症。

### 1.2 抑制趋化相关炎症因子分泌

趋化因子通过驱动免疫细胞向气道聚集，并放大炎症级联，进一步诱发上皮损伤和气道重塑，在支气管哮喘的炎症损伤中发挥关键促进作用<sup>[9]</sup>。Pang 等<sup>[10]</sup>使用 50、100、200  $\mu$ g/mL 葛根素干预中性粒细胞和人支气管上皮细胞，发现葛根素可通过抑制白细胞介素(IL)-8 的表达以剂量相关降低中性粒细胞的聚集。Wang 等<sup>[11]</sup>使用 10、20 mg/kg 葛根素 ig 干预卵白蛋白致敏+激发诱导哮喘小鼠 6 d，发现葛根素可通过抑制嗜酸性粒细胞趋化因子-3 表达减少嗜酸性粒细胞募集，减轻肺组织的炎症细胞浸润，降低炎症评分。庞伟等<sup>[12]</sup>使用 50、100、200  $\mu$ g/mL 葛根素干预嗜中性粒细胞刺激的支气管上皮细胞 18 h，发现葛根素可通过抑制单核细胞趋化蛋白(MCP)-1 的表达和分泌以浓度相关降低炎症细胞的聚集。邵伶俐等<sup>[13]</sup>使用 50、100、200  $\mu$ g/mL 葛根素干预中性粒细胞刺激的气道上皮细胞，发现葛根素可通过抑制 VCAM-1 的表达以浓度相关降

低中性粒细胞蛋白和基因的表达，减轻细胞间黏附和炎症信号传导。邵伶俐<sup>[14]</sup>使用 50、100、200  $\mu$ g/mL 葛根素干预中性粒细胞和嗜酸性粒细胞诱导的支气管上皮细胞 12 h，发现葛根素可通过抑制黏附分子(ICAM-1、ICAM-3、VCAM-1)的表达减少炎症细胞黏附和迁移，抑制炎症细胞因子 IL-6、IL-8 的分泌，阻断炎症级联反应，减轻炎症反应。张淋筌等<sup>[15]</sup>使用 100、200、300 mg/kg 葛根素 ig 干预臭氧应激法诱导哮喘大鼠 8 d，发现葛根素可通过炎症细胞限制白细胞、嗜酸性粒细胞和中性粒细胞向肺组织浸润，减轻气道和气泡组织结构和功能破坏。

### 1.3 下调基质金属蛋白酶组织抑制剂-2(TIMP-2)的表达

TIMP-2 通过调节基质金属蛋白酶活性来限制细胞外基质过度降解，其表达失衡可破坏气道结构稳态，并加剧炎症反应，从而在支气管哮喘的组织损伤和重塑过程中发挥重要作用<sup>[16]</sup>。庞伟等<sup>[17]</sup>使用 50、100、200  $\mu$ g/mL 葛根素干预嗜中性粒细胞诱导的人永生化支气管上皮细胞系 12 h，发现葛根素可通过下调 TIMP-2 的表达以剂量相关降低基因和蛋白的表达，减轻细胞的炎症反应。

### 1.4 调节促炎/抗炎因子表达

庞伟等<sup>[18]</sup>使用 50、100、200  $\mu$ g/mL 葛根素干预中性粒细胞诱导的永生化人支气管上皮细胞系(Beas-2B)，发现葛根素可抑制 IL-6 基因和蛋白的合成，以剂量相关降低细胞的炎症反应。董峰<sup>[19]</sup>使用 100 mg/kg 葛根素 ig 干预卵清蛋白联合氢氧化铝凝胶建立的过敏性哮喘大鼠 6 d，发现葛根素可通过上调 IL-10 的表达提高血清 IL-10 的水平，降低支气管肺泡灌洗液(BALF)中总细胞计数和嗜酸性细胞比例，进一步缓解大鼠气道炎症反应。

### 1.5 调节辅助性 T 细胞(Th) 1/Th2 细胞因子平衡

Th1/Th2 细胞因子平衡一旦偏向 Th2 端，即会推动过敏性炎症放大、嗜酸性粒细胞浸润和气道反应性增强，从而成为支气管哮喘炎症损伤发生和持续的关键免疫基础<sup>[20]</sup>。Dong 等<sup>[21]</sup>使用 100 mg/kg 葛根素 ig 干预卵清蛋白诱导的哮喘大鼠 6 d，发现葛根素可通过调节 Th1/Th2 细胞因子平衡下调肺组织 IL-4、干扰素- $\gamma$ (IFN- $\gamma$ )和凝血因子 III(FVIII)的 mRNA 表达，降低 IL-4 和 IFN- $\gamma$  水平和提升 IL-10 水平，缓解炎症反应，降低 BALF 中总白细胞和嗜酸性粒细胞数量，减少炎症细胞浸润和黏液分泌。Tong 等<sup>[22]</sup>使用 8、40、200 mg/kg 葛根素 ip 干预卵

白蛋白（致敏）和后续脚掌挑战（激发）的延迟型超敏反应小鼠 7 d，发现葛根素可通过下调 T-bet 表达、抑制 Th1 分化减少 IFN- $\gamma$  分泌，同时高剂量时抑制 GATA-3 和 IL-4，从而调节 Th1/Th2 平衡，减少炎症细胞浸润，缓解延迟型超敏反应相关的炎症反应。Wang 等<sup>[11]</sup>发现 10、20 mg/kg 葛根素调节 Th1/Th2 细胞因子平衡，降低 IL-4、IL-5、IL-13 等 Th2 细胞因子的表达，提高 IFN- $\gamma$  等 Th1 细胞因子的表达，恢复免疫平衡，进一步减轻炎症反应，减轻气道高反应性。王文璐等<sup>[23]</sup>使用 50 mg/kg 葛根素 ig 干预卵白蛋白诱导的慢性哮喘小鼠 9 d，发现葛根素可通过下调胸腺基质淋巴细胞生成素表达抑制 Th2 型免疫反应（降低 IL-4、IL-13 和 IgE），降低气道阻力，减轻气道炎症、高反应性和黏液分泌。

## 2 抑制支气管上皮细胞凋亡

### 2.1 激活磷脂酰肌醇-3-激酶/蛋白激酶 B/哺乳动物雷帕霉素靶蛋白（PI3K/Akt/mTOR）信号通路

PI3K/Akt/mTOR 信号通路作为细胞存活的重要调控轴，一旦活性受损便会削弱支气管上皮细胞的抗凋亡能力，使其在炎症刺激下更易发生程序性死亡，从而加重哮喘气道屏障破坏<sup>[24]</sup>。Wang 等<sup>[25]</sup>使用 50、100、200  $\mu\text{g}/\text{mL}$  葛根素干预香烟烟雾提取物刺激人支气管上皮细胞 24 h，发现葛根素可通过激活 PI3K/Akt/mTOR 信号通路恢复线粒体膜电位、降低 ROS、提升三磷酸腺苷，并下调 PTEN 诱导激酶 1（PINK1）和帕金森蛋白（Parkin）表达，促进 FUN14 结构域蛋白 1 磷酸化，抑制线粒体自噬，减轻人支气管上皮细胞凋亡，以浓度相关方式恢复细胞活力。

### 2.2 抑制半胱天冬蛋白酶（Caspase）-3 活性

Caspase-3 作为执行性凋亡酶，其异常激活可直接推动支气管上皮细胞程序性死亡，进而削弱气道屏障，并放大支气管哮喘的炎症损伤<sup>[26]</sup>。陈运霞<sup>[27]</sup>使用 12.5、25、50、100  $\mu\text{g}/\text{mL}$  葛根素预处理火药烟雾诱导的 BEAS-2B 细胞系 12 h，发现葛根素可通过抑制 Caspase-3 活性清除 ROS，降低细胞的凋亡率，减轻细胞变圆、收缩的病理损伤，发挥抗凋亡作用，恢复细胞活力。

## 3 改善凝血功能

### 3.1 抑制蛋白酶激活受体 2（PAR2）通路

PAR2 通路因与凝血酶样蛋白酶高度关联，其被过度激活时可扰动气道局部的凝血 - 纤溶平衡，促进炎症和微血栓形成，从而导致支气管哮喘相关

的凝血功能异常<sup>[28]</sup>。Dong 等<sup>[21]</sup>发现 100 mg/kg 葛根素 ig 干预卵清蛋白诱导的哮喘大鼠 6 d，葛根素可通过抑制 PAR2 通路降低 FVIII、FIX、FXII 活性，下调 *FVIII* mRNA 表达，逆转凝血酶原时间、凝血酶时间、纤维蛋白原显著延长或升高，纠正凝血功能紊乱。

### 3.2 调节凝血因子的分泌

凝血因子在哮喘气道炎症环境中常呈上调状态，可增强局部凝血活性，诱发微血栓样改变，从而促进气道炎症扩散，加重支气管哮喘的凝血功能异常<sup>[29]</sup>。董峰<sup>[19]</sup>发现 100 mg/kg 葛根素 ig 干预卵清蛋白联合氢氧化铝凝胶建立的过敏性哮喘大鼠 6 d，结果葛根素可调节凝血因子的分泌，下调外源性凝血因子（FII、FV、FVII、FX）活性和 *FVII* mRNA 表达，降低凝血酶原时间、凝血酶时间、纤维蛋白原的水平，以纠正凝血功能异常。

## 4 调节自噬体 - 溶酶体平衡

哮喘患者的气道上皮细胞、平滑肌细胞和巨噬细胞中普遍存在自噬水平异常，表现为自噬体形成增加或自噬流受阻，导致细胞内受损线粒体、氧化应激产物、炎症介质难以有效清除<sup>[30]</sup>。Su 等<sup>[31]</sup>使用 50 mg/kg 葛根素 ip 干预气管内滴注 SiO<sub>2</sub> 诱导的肺损伤小鼠 28 d，发现葛根素可通过调节自噬体 - 溶酶体平衡恢复溶酶体酸性环境，降低组织蛋白酶 B 和组织蛋白酶 D 表达，促进转录因子 EB 入核，正常化溶酶体相关膜蛋白 1 表达，降低肺中 *TNF- $\alpha$* 、*IL-6*、*IL-1 $\beta$* 、*TGF- $\beta$*  的基因表达和 IL-4、IL-10 的蛋白水平，减轻肺泡结构破坏、炎症浸润和结节形成。

## 5 调节肠道菌群结构

肠道菌群结构失衡可通过调控全身免疫反应和炎症介质水平间接影响气道免疫稳态，从而在支气管哮喘的发生、发展中发挥重要的作用<sup>[32]</sup>。韦丽妮<sup>[33]</sup>使用 20、50 mg/kg 葛根素 ig 干预卵清蛋白诱导的过敏性哮喘小鼠 14 d，发现葛根素可调节肠道菌群结构，促进有益菌（如乳酸杆菌属、联合乳杆菌属）增长，抑制有害菌，提高 Shannon 指数，降低 Simpson 指数，降低血清 IgE、IL-4、IL-5、IL-13 水平，提高血清 IL-2、IFN- $\gamma$  水平，降低白细胞总数、中性粒细胞、嗜碱性粒细胞和淋巴细胞数量，降低炎症细胞浸润评分，减轻小鼠典型哮喘症状，降低肺指数，改善肺功能，

## 6 结语

葛根素作为从葛根中提取的异黄酮类化合物，

在支气管哮喘的治疗研究中展现出潜在价值,但其应用仍存在若干局限性,未来需进一步探索以优化其疗效。当前研究多基于动物模型和体外实验,缺乏大规模临床验证,限制了其向临床转化的进程。葛根素的抗炎作用虽已得到证实,但其疗效相较于标准化药物如地塞米松仍显不足,其单药治疗可能无法完全逆转重症哮喘的病理状态。葛根素的作用机制尚未完全阐明,多个通路间的交互作用和关键靶点仍不明确。药动学特性亦存在缺陷,如生物利用度低、量效关系不清晰,可能影响其临床应用的稳定性。安全性评估亦需加强,长期使用对凝血功能或肠道菌群的潜在影响尚待系统评价。未来研究方向应聚焦于多维度深化研究。首先,需在分子层面明确葛根素的核心作用靶点,如通过蛋白质组学技术解析其与线粒体自噬相关蛋白的相互作用,以揭示其对气道重塑的调控机制。其次,推进临床前向临床研究的转化,设计随机对照试验评估葛根素在人类哮喘患者中的有效性和安全性,并探索其与现有药物的协同效应。同时,剂型优化至关重要,可开发吸入式纳米制剂以提高肺部靶向性,减少全身不良反应。未来研究应注重跨学科合作,以推动葛根素从实验向临床的实质性迈进,使更多的哮喘患者获益。

**利益冲突** 所有作者均声明不存在利益冲突

#### 参考文献

- [1] 陈冰燕,徐美丽,李超乾. 支气管哮喘急诊诊治及困惑 [J]. 中华危重病急救医学, 2025, 37(5): 413-415.
- [2] 杨瑛,席建宏,王志旺,等. NF- $\kappa$ B 信号通路参与调控支气管哮喘病理学特征研究新进展 [J]. 兰州大学学报: 医学版, 2023, 49(8): 76-81.
- [3] 方涛,郑一涛,石绍顺. 基于“虚气留滞”理论探讨支气管哮喘的病机及治法 [J]. 环球中医药, 2025, 18(3): 570-574.
- [4] 周玉皆,鲁珊,王志英. 葛根素对 COPD 大鼠气道炎症及气道重塑作用的研究 [J]. 医学临床研究, 2007, 2(8): 1249-1251.
- [5] 李智颖,范红艳. 葛根素药理作用的研究进展 [J]. 吉林医药学院学报, 2020, 41(5): 375-377.
- [6] 赖海艳,易蔚,邓坤,等. 中医药干预 NF- $\kappa$ B 信号通路治疗支气管哮喘研究概况 [J]. 海南医学院学报, 2022, 28(21): 1669-1673.
- [7] Liu Y, Shao L, Pang W, *et al.* Induction of adhesion molecule expression in co-culture of human bronchial epithelial cells and neutrophils suppressed by puerarin via down-regulating p38 mitogen-activated protein kinase and nuclear factor  $\kappa$ B pathways [J]. *Chin J Integr Med*, 2014, 20(5): 360-368.
- [8] Liu X J, Zhao J, Gu X Y. The effects of genistein and puerarin on the activation of nuclear factor- $\kappa$ B and the production of tumor necrosis factor- $\alpha$  in asthma patients [J]. *Die Pharmazie*, 2010, 65(2): 127-131.
- [9] 李婷婷,李春梅,李慧泽,等. 支气管哮喘患儿血清白细胞介素-25、白细胞介素-33、趋化因子-2 和趋化因子-17 联合检测的价值 [J]. 实用临床医药杂志, 2025, 29(14): 88-93.
- [10] Pang W, Lan X M, Wang C B. Effect of puerarin on the release of interleukin-8 in co-culture of human bronchial epithelial cells and neutrophils [J]. *Chin J Integr Med*, 2012, 18(4): 283-287.
- [11] Wang J, Zhang T, Ma C, *et al.* Puerarin attenuates airway inflammation by regulation of eotaxin-3 [J]. *Immunol Lett*, 2015, 163(2): 173-178.
- [12] 庞伟,兰晓梅,邵伶俐,等. 葛根素对支气管上皮细胞和嗜中性粒细胞共培养体系单核细胞趋化蛋白-1 表达的影响 [J]. 医学研究生学报, 2011, 24(1): 20-24.
- [13] 邵伶俐,兰晓梅,张立文,等. 葛根素对支气管上皮细胞和中性粒细胞共培养体系 VCAM-1 表达的影响 [J]. 解放军药学报, 2012, 28(2): 102-105.
- [14] 邵伶俐. 葛根素对支气管上皮细胞炎性作用的机制研究 [D]. 温州: 温州医学院, 2012.
- [15] 张淋筌,吴鹏,曹交欢,等. 葛根素对支气管哮喘疗效的实验研究 [J]. 湖南师范大学学报: 医学版, 2016, 13(6): 1-3.
- [16] 邱玉明,李剑雄,陈彩霞,等. 哮喘患者体内瘦素受体多态性的评估及其与病情进展的相关性研究 [J]. 海南医学院学报, 2018, 24(10): 998-1001.
- [17] 庞伟,王成彬. 葛根素对支气管上皮细胞和嗜中性粒细胞共培养体系基质金属蛋白酶组织抑制剂-2 表达的影响 [J]. 武警后勤学院学报: 医学版, 2017, 26(6): 461-465.
- [18] 庞伟,石蕊,王成彬. 葛根素对支气管上皮细胞和嗜中性粒细胞接触共培养诱导白细胞介素-6 合成的抑制作用 [J]. 医学研究生学报, 2017, 30(7): 725-729.
- [19] 董峰. 哮喘发生机制及葛根素干预研究 [D]. 北京: 中国人民解放军医学院, 2013.
- [20] 高俊. Th1/Th2 及红细胞免疫指标在支气管哮喘患者中的变化 [J]. 海南医学院学报, 2015, 21(5): 630-632.
- [21] Dong F, Wang C B, Duan J Y, *et al.* Puerarin attenuates ovalbumin-induced lung inflammation and hemostatic unbalance in rat asthma model [J]. *Evid Based Complement Alternat Med*, 2014, 2014(1): 726740.
- [22] Tong J, Hu X J, Cai W Q, *et al.* Puerarin alleviates delayed-type hypersensitivity via cytokine inhibition by modulating

- Th1/Th2 balance [J]. *Exp Ther Med*, 2018, 15(5): 4441-4447.
- [23] 王文璐, 何权, 周林福. 葛根素抑制支气管哮喘小鼠气道炎症和 TSLP 介导的 Th2 免疫作用的研究 [J]. 南京医科大学学报: 自然科学版, 2022, 42(10): 1371-1375.
- [24] 傅相均, 虞芳旭, 唐寅, 等. PI3K/Akt 信号通路在环境内分泌干扰物影响哮喘发作中的作用 [J]. 实用医学杂志, 2018, 34(6): 1030-1032.
- [25] Wang L, Jiang W Z, Wang J, *et al*. Puerarin inhibits FUNDCl-mediated mitochondrial autophagy and CSE-induced apoptosis of human bronchial epithelial cells by activating the PI3K/AKT/mTOR signaling pathway [J]. *Aging*, 2022, 14(3): 1253.
- [26] 卢福喜, 余珊, 王治国. NF- $\kappa$ B 介导哮喘过敏原刺激后支气管上皮细胞的凋亡 [J]. 中国组织化学与细胞化学杂志, 2017, 26(6): 554-558.
- [27] 陈运霞. 火药烟雾致支气管上皮细胞损伤及葛根素的干预研究 [D]. 张家口: 河北北方学院, 2016.
- [28] 李超, 胡晋红. 以蛋白酶活化受体 2 为靶点的药物研究进展 [J]. 药学报, 2016, 51(3): 362-366.
- [29] 金伟. 支气管哮喘患者血栓前状态的相关指标及其意义 [J]. 中华结核和呼吸杂志, 2008, 31(12): 940-941.
- [30] 张令雯, 蔡兴俊. 线粒体自噬与支气管哮喘相关性的研究进展 [J]. 海南医科大学学报, 2025, 31(10): 786-792.
- [31] Su W, Gong S, Luo Y, *et al*. Puerarin alleviates silicon dioxide-induced pulmonary inflammation and fibrosis via improving autophagolysosomal dysfunction in alveolar macrophages of murine mice [J]. *Int Immunopharmacol*, 2025, 152: 114375.
- [32] 闫晓明, 张力文, 王宗润, 等. 肠道菌群与支气管哮喘关系的研究进展 [J]. 中国综合临床, 2015, 31(5): 475-477.
- [33] 韦丽妮. 基于“肺与大肠相表里”理论探讨葛根素对过敏性哮喘小鼠肠道菌群的影响 [D]. 北京: 中国中医科学院, 2024.

【责任编辑 解学星】