

药食同源中药防治放射性肺损伤的研究进展



张新苓¹, 张家瑄¹, 张雨¹, 侯文彬^{2,3}, 尚海花^{2,3}, 李祎亮^{2,3}

1. 天津中医药大学中医药研究院 (天津 301617)
2. 北京协和医学院 (中国医学科学院) 放射医学研究所 (天津 300192)
3. 天津市放射医学与分子核医学重点实验室 (天津 300192)

【摘要】放射性肺损伤 (RILI) 是胸部肿瘤 (如肺癌、食管癌、乳腺癌等) 放疗过程中最常见的并发症之一, 其发生率可达 30%~50%, 主要表现为放射性肺炎和放射性肺纤维化, 严重影响患者放疗疗效、生活质量及生存率。目前西医防治 RILI 的手段有限, 临床常用糖皮质激素、抗氧化剂等药物, 存在不良反应明显、长期使用安全性不足等问题。药食同源中药作为我国传统中医药的重要组成部分, 兼具营养与药用价值, 具有疗效温和、不良反应少、可长期服用等独特优势, 在 RILI 防治中展现出广阔的应用潜力。药食同源中药仅可作为 RILI 的辅助防治手段, 不能替代手术、放疗、化疗及必要西药等规范治疗, 临床应在规范治疗基础上辨证联用, 以保障患者诊疗安全。本文系统梳理具有防治 RILI 作用的 8 味常用药食同源中药 (包括甘草、当归、黄芪、麦冬、鱼腥草、生地黄、姜黄、茯苓), 按照中药功效将其分为补虚、清热、活血化瘀、利水渗湿四大类, 详细阐述每味中药的性味归经、主要活性成分及其防治 RILI 的现代药理机制, 同时总结当前相关研究现状, 分析现有研究存在的不足, 并对未来研究方向进行展望, 以期药食同源中药在 RILI 防治中的临床应用、制剂研发及深入研究提供参考。

【关键词】药食同源中药; 放射性肺损伤; 中医药防治; 放射性肺炎; 放射性肺纤维化; 甘草; 当归; 黄芪

【中图分类号】 R285

【文献标识码】 A

Research progress on the prevention and treatment of radiation-induced lung injury with medicinal and edible Chinese herbs

ZHANG Xinling¹, ZHANG Jiaxuan¹, ZHANG Yu¹, HOU Wenbin^{2,3}, SHANG Haihua^{2,3}, LI Yiliang^{2,3}

1. College of Traditional Chinese Medicine, Tianjin University of Traditional Chinese Medicine, Tianjin 301617, China

2. Institute of Radiation Medicine, Peking Union Medical College (Chinese Academy of Medical Sciences), Tianjin 300192, China

3. Tianjin Key Laboratory of Radiation Medicine and Molecular Nuclear Medicine, Tianjin 300192, China
Corresponding author: LI Yiliang, Email: Liyiliang75@163.com

【Abstract】 Radiation-induced lung injury (RILI) is one of the most common complications

DOI: 10.12173/j.issn.2097-4922.202603099

基金项目: 国家自然科学基金青年科学基金项目 (82303681、82202950); 天津市自然科学基金项目 (24JCQNJC01100); 中央高校基本科研业务费专项资金 (3332025031); 中国医学科学院医学与健康科技创新工程重大协同创新项目 (2021-I2M-1-042)

通信作者: 李祎亮, 博士, 研究员, 博士研究生导师, Email: Liyiliang75@163.com

during radiotherapy for thoracic malignancies such as lung cancer, esophageal cancer, and breast cancer, with an incidence rate of 30%-50%. It primarily manifests as radiation pneumonitis and radiation-induced pulmonary fibrosis, significantly impacting patients' radiotherapy efficacy, quality of life, and survival rate. Current Western medical approaches for preventing and treating RILI are limited. Clinically used drugs, such as corticosteroids and antioxidants, often present issues like significant adverse drug reactions and insufficient long-term safety. As a vital component of traditional Chinese Medicine, medicinal and edible Chinese herbs possess both nutritional and medicinal value, offering unique advantages such as mild efficacy, minimal adverse reactions, and suitability for long-term use, thus demonstrating broad application potential in managing RILI. It should be emphasized that traditional Chinese medicines with dual medicinal and dietary properties can only serve as an adjunctive therapeutic measure for RILI and cannot replace standardized treatments such as surgery, radiotherapy, chemotherapy, or necessary Western medications. In clinical practice, these medicines should be used in combination based on syndrome differentiation on the foundation of standardized treatment to ensure patient safety during diagnosis and treatment. This study systematically reviews 8 commonly used medicinal and edible Chinese herbs with potential in preventing and treating RILI (*Glycyrrhiza uralensis*, *Angelica sinensis*, *Astragalus membranaceus*, *Ophiopogon japonicus*, *Houttuynia cordata*, *Rehmannia glutinosa*, *Curcuma longa*, and *Poria cocos*). According to their traditional Chinese medicinal functions, these herbs are classified into 4 categories: deficiency-tonifying, heat-clearing, blood-activating and stasis-resolving, and water-permeating and dampness-resolving. This paper elaborates on the nature, flavor, meridian tropism, main active components, and modern pharmacological mechanisms of each herb in combating RILI. Furthermore, it summarizes the current status of relevant research, analyzes existing limitations, and offers perspectives on future directions, aiming to provide a reference for the clinical application, formulation development, and in-depth investigation of medicinal and edible Chinese herbs in the prevention and treatment of RILI.

【Keywords】 Medicinal and edible Chinese herbs; Radiation-induced lung injury; Prevention and treatment; Radiation pneumonitis; Radiation-induced pulmonary fibrosis; *Glycyrrhiza uralensis*; *Angelica sinensis*; *Astragalus membranaceus*

放射性肺损伤 (radiation-induced lung injury, RILI) 是胸部肿瘤 (如肺癌、食管癌、乳腺癌、淋巴瘤等) 放射治疗中常见的并发症, 尤其多见于高剂量或大范围的照射^[1]。其病理过程包括早期的放射性肺炎和晚期的放射性肺纤维化, 严重影响着患者的生存质量与治疗效果。目前, 现代医学对 RILI 的防治主要依赖糖皮质激素等抗炎药物, 但效果不甚理想^[2]。因此, 探寻安全有效的防治策略已成为肿瘤放疗领域的重要课题。

在中医药体系中, “药食同源” 理念具有独特的应用价值, 受到广泛关注, 为 RILI 的防治提供了新的思路。药食同源中药兼具营养与治疗双重属性, 具有安全性高、不良反应小、可

长期服用、患者依从性好的显著优势, 十分契合 RILI 这种慢性损伤需要长期干预的特点。然而, 必须明确的是, 药食同源中药的干预不能替代手术、放疗、化疗及糖皮质激素等西医规范治疗, 其定位应是在规范治疗的基础上, 发挥辅助减毒增效、改善症状、调节全身状态的作用。本文阐述 RILI 的中西医认识及药食同源防治理论基础, 系统梳理具有防治 RILI 作用的 8 味常用药食同源中药, 按补虚、清热、活血化瘀、利水渗湿进行分类, 阐述其性味归经、核心活性成分及防治 RILI 的现代药理机制, 总结当前研究现状, 分析现有研究存在的不足, 并对未来研究方向进行展望, 以期药食同源中药在 RILI 防治中的临床应用、制剂研发及深入研究提

供参考依据。

1 RILI的中西医认识及药食同源防治理论基础

1.1 现代医学对RILI的认识及治疗现状

放射治疗导致的肺损伤包括2个阶段：早期阶段是暴露在辐射中而导致急性肺组织炎症所产生的放射性肺炎；晚期阶段是肺组织慢性损伤所导致的放射性肺纤维化。临床研究表明，中医药在放疗过程中可显著降低RILI发生率、缓解相关症状、提高患者生存质量并有效增强疗效^[3]。目前，RILI的发生机制并未完全阐明，主要涉及DNA损伤和炎症两方面^[4]。放射线可直接作用于肺组织细胞的DNA分子，引起碱基损伤、单链断裂及双链断裂，其中双链断裂被认为是最为致命的损伤类型^[5]。辐射也可通过电离水分子产生大量活性氧，间接造成DNA损伤，进而造成遗传信息改变，并提高肿瘤发生率^[6-7]。Beach等^[8]研究发现，在照射后很长时间内，DNA损伤持续存在。Robeska等^[9]发现局部电离辐射除了导致DNA双链断裂外，还可导致细胞核DNA碱基受损。基于此，放射线诱导肺部组织DNA损伤是RILI的重要机制之一。此外，放射线可以破坏肺实质不同区域的上皮和内皮完整性，改变微环境，进而诱发炎症和氧化应激^[10]。目前西医治疗RILI主要以抑制炎症和抗氧化为主，常用药物有糖皮质激素和氨磷汀，但整体疗效有限。近年来，虽出现全反式维A酸、乌司他丁等药物，但其作用仍需进一步临床试验验证。

1.2 中医学对RILI的认识及治疗现状

中医学将RILI归属于“肺痿”“咳嗽”“喘证”等范畴，认为放射线属“火热毒邪”或“温毒”，致病具有直中脏腑、化热迅速、耗气伤阴的特点^[11]。其核心病机在于本虚标实，以气阴亏虚为本，热、痰、瘀互结为标，具体表现为热毒耗伤阴液，损伤肺络^[12]。早期放射性肺炎阶段以热毒炽盛、灼伤肺络为主，病机近似“肺痈”初期或“咳嗽”；晚期纤维化阶段以气虚血瘀、肺络闭阻为主，更符合“肺痹”或“肺痿”的证候特征，病程演变呈现动态变化。RILI初期以热毒炽盛、灼伤肺络为主，多见咳喘等实证；若热邪迁延，灼伤肺津，则转为阴虚燥咳；日久耗气伤津，气虚血行无力，久病入络，渐转为气

虚血瘀之候，后期甚至阴损及阳，出现肺肾两虚、阴阳俱损之候。此“病机演变理论”为分期辨证论治提供了理论基础。张淑香等^[13]提出分期辨治思路：RILI早期属“壮火”，治宜清热解毒；中期多见气虚血瘀，当益气活血化瘀；后期久病伤肾，呈现肺肾两虚，应补肾益肺。总体而言，本病临床以肺燥阴亏与气阴两虚证型较为常见，治疗侧重养阴润肺、活血化瘀、清肺解毒之法。

1.3 药食同源理论及其在RILI防治中的优势

自古以来，民以食为天的理念深入人心^[14]，而“药食同源”作为中医药的重要理论之一，正因其兼具养生与调理功能故而广受关注。“空腹食之为食物，患者食之为药物”充分反映了食物与药物的内在联系^[15]。药食同源是指某些药物具有食物和药物的双重属性，既是食品，又是药品，对某些疾病具有预防和治疗作用^[16]。这一理论萌发于远古时期先民在觅食过程中，逐渐认识到某些食物具有缓解或防治疾病的效果。此后，随着药食同源理论的不断系统化与实践化。其价值在当代被重新审视与发扬，不仅在中医临床与大众养生中广泛应用，也成为中医药走向世界、传播东方养生智慧的重要文化载体之一。

药食同源中药依托于中医整体观念与辨证论治理论，在RILI防治中展现出多靶点、整体调节、安全平和的独特优势。临床研究显示，益气养血化瘀解毒法中药预防组的放射性肺炎总发生率低于地塞米松对照组，转化生长因子 $\beta 1$ (transforming growth factor $\beta 1$, TGF- $\beta 1$)水平较地塞米松对照组显著降低（放疗后3周和6周），肺组织病理积分改善优于泼尼松对照组（第14天和第28天）^[17]。与RILI的标准西药治疗相比，该类药物不良反应小、成本低，但抗炎和抗纤维化起效较慢，因此不能替代急性期的规范治疗。故宜作为辅助手段，在“治未病”及长期管理中发挥独特价值。

在安全性方面，药食同源类中药具有治疗与营养双重特性，毒性较低、不良反应少，且不易造成肝肾功能损伤。糖皮质激素虽为急性期治疗的一线选择，但长期使用易产生全身性不良反应^[18]。在RILI防治中，患者需长期用药以对抗持续放射损伤，药食同源类中药具有高安全性，可有效避免毒性累积，更适于体质虚弱者预防用

药。从经济性来看，长期的药物干预需考虑经济负担，该类药材来源广、栽培成熟，价格远低于抗纤维化药和免疫调节剂，在放疗的全过程干预中，可显著降低长期用药负担，有利于基层推广和防治普惠。同时，这类药物深度契合“治未病”思想“未病先防、既病防变、瘥后防复”3个原则，放疗前调理气血、增强肺卫以提升耐受；放疗中减轻炎症、阻断进展；放疗后益气养阴、活血化瘀以促修复、防纤维化复发^[19]。其温和持久的调理特性可贯穿 RILI 防治全周期，为精准干预提供中医理论支撑。

2 防治 RILI 的常用药食同源中药及其现代药理研究

2024 年药食同源物质名单新增了地黄、麦冬、天冬、化橘红 4 味中药，目前共计 106 种^[20]。系统检索并梳理相关文献发现，具有防治 RILI 作用的常用药食同源中药主要包括甘草、当归、黄芪、麦冬、鱼腥草、生地黄、姜黄、茯苓 8 味，可分为补虚药、清热药、活血化瘀药、利水渗湿药四类。为直观比较各类药物的协同机制、共性与差异，主要信息汇总见表 1。

表 1 药食同源中药防治 RILI 的特性比较

Table1. Comparison of the therapeutic effects of food-drug homologous traditional Chinese medicines in preventing and treating RILI

中药名称	功效分类	主要活性成分	核心机制	药效学与临床依据	协同配伍价值	慎用人群
甘草	补虚类	甘草次酸 甘草甜素	调控 TGF-β/Smad 通路、调节 Treg 细胞、抗炎、抗氧化、免疫调节	以炙甘草为君药的复方临床可降低 RILI 发生率，改善肺功能与生活质量；疗效优于地塞米松 ^[17]	可配伍所有药物，缓解药性偏性，增强整体抗炎护肺效果	高血压、低钾、水肿、糖尿病患者慎用
麦冬		甾体皂苷 多糖	抗氧化、抗炎、调节 MMP-2/TIMP-2 平衡	麦冬可显著降低小鼠血浆 IL-6、TNF-α、TGF-β1，减少 MDA，增强 SOD 活性，减轻肺组织炎症浸润及胶原沉积 ^[21]	配伍黄芪、当归，益气养阴、气血双补，适配 RILI 中后期气阴两虚证	脾胃虚寒、便秘泄泻、风寒感冒者慎用
当归		阿魏酸 多糖	抑制 TGF-β1 表达、抗氧化	当归能够提高 SOD 活性、降低 MDA 及羟脯氨酸含量，抗炎抗纤维化效果优于地塞米松 ^[22]	配伍姜黄、茯苓，活血利水、消散瘀阻，延缓肺纤维化进展	出血倾向、月经过多、孕妇慎用
黄芪		黄芪多糖 黄芪甲苷	激活 Nrf2 通路、抑制铁死亡、抗炎抗氧化	黄芪能够抑制放疗后血浆 TGF-β1 和 IL-1 的过度表达，减缓弥散功能恶化，可用于 RILI 的预防和干预 ^[23]	配伍麦冬、生地黄，益气养阴、清热解毒，适配 RILI 全程病机	阴虚火旺、感冒发热、有过敏史者慎用
鱼腥草	清热类	挥发油 槲皮素	抑制 TGF-β/Smad 通路、多靶点网络调控、抑制急性炎症反应	富硒鱼腥草可降低炎症因子水平，抑制炎症反应，减轻 RILI，发挥预防作用 ^[24]	配伍黄芪、甘草，清热而不伤正，兼顾祛邪与扶正	素体虚寒、妊娠及哺乳期妇女慎用
生地黄		梓醇	抑制 NOX4/NF-κB 通路、抗氧化、抗炎、抗内质网应激	以生地黄为君药的青地合剂具有一定的防护作用 ^[25]	配伍麦冬、茯苓，养阴不滋腻、清热不伤脾	脾虚泄泻、胃虚食少、胸膈多痰者慎用
姜黄	活血化瘀类	姜黄素	抑制 NF-κB、p-p38 通路，抗炎、抗氧化	姜黄素具有明确的抗炎和抗纤维化特性，其辐射防护作用能够减轻辐射诱导的炎症和纤维化 ^[26]	配伍当归、黄芪，益气活血、化瘀通络，阻断纤维化进展	孕妇、出血倾向、过敏体质者慎用
茯苓	利水渗湿类	茯苓酸	下调 p21、抗炎、抗氧化、减轻肺间质水肿与渗出	桂枝茯苓丸（茯苓、桂枝共为君药）可通过多靶点、多通路调控炎症，干预放射性肺炎，临床可有效降低 RILI 发生率 ^[27]	配伍清热、活血药，祛邪而不伤正，兼顾脾胃运化	阴虚火旺、气虚下陷、虚寒滑精者慎用

注：Smad. Smad 蛋白；MMP-2/TIMP-2. 基质金属蛋白酶-2/金属蛋白酶组织抑制剂-2；IL. 白细胞介素；TNF-α. 肿瘤坏死因子 α；MDA. 丙二醛；SOD. 超氧化物歧化酶；Nrf2. 核因子 E2 相关因子 2；NOX4/NF-κB. NADPH 氧化酶 4/核因子-κB。

2.1 补虚类

补虚类药物在 RILI 的防治中应用比较广泛，其理论基础在于辐射作为“火热毒邪”，易耗气伤阴，损及肺脏，导致气阴两虚证候。该类药物通过扶助正气、补益气血阴阳，调节机体免疫功能，减轻辐射所致的氧化应激和炎症反应，以此

来发挥防护作用。药食同源中药中具有防治 RILI 作用的常用补虚药共 4 味，包括甘草、当归、黄芪、麦冬。

2.1.1 甘草

甘草性平，味甘，归心、肺、脾、胃经，具补脾益气、祛痰止咳、清热解毒、调和诸药之

效。现代药理研究表明,甘草的主要活性成分包括甘草酸、甘草次酸、黄酮类及多糖类化合物,具有抗炎、抗氧化及免疫调节等作用^[28]。近年来,围绕甘草活性成分防治 RILI 的研究日益深入,其机制涉及调控信号通路、抑制炎症反应及减轻氧化应激等多个环节。然而,甘草过量或长期使用可致假性醛固酮增多症等不良反应,超剂量及配伍不当是主因^[29];高血压、糖尿病、肾功能不全及过敏体质者慎用,用于 RILI 时每日生药勿超 5 g,需监测血钾、血压,避免与强心苷类、利尿剂合用。

甘草次酸属萜类化合物,是甘草中的主要生物活性成分。张建等^[30]采用 6 MV-X 线单次 12 Gy 照射 C57BL/6 小鼠建立急性 RILI 模型,发现甘草次酸可显著改善小鼠一般状态,减轻肺组织炎症反应;照射后第 30 天,肺泡炎及胶原沉积积分均显著低于单纯照射组,表明其对急性 RILI 具有防治作用。杨梅春^[31]进一步研究发现,甘草次酸可显著下调照射后小鼠肺组织中 TGF- β 1、Smad2 及 Smad3 的 mRNA 和蛋白表达水平,提示其作用可能与抑制 TGF- β 1/Smad 信号通路激活有关。王彩虹^[32]从调节性 T 细胞 Treg 角度深入探讨甘草次酸减轻放射性肺纤维化的机制。体内实验显示,甘草次酸可减少肺纤维化小鼠早期 Treg 浸润,降低 TGF- β 1 水平,抑制上皮间质转化及肌成纤维细胞转化;体外实验证实其通过抑制 Treg 细胞分泌 TGF- β 1 阻断上述过程。该研究揭示了甘草次酸干预 Treg/TGF- β 1 轴、多环节抑制肺纤维化的新机制。此外,甘草另一活性成分甘草甜素也备受关注。黄如敬等^[33]在肺癌荷瘤小鼠模型中发现,甘草甜素可通过抑制 TGF- β 1、p-Smad2/3 并上调 Smad7 表达改善 RILI。张曦^[17]进一步证实,以炙甘草为君药的益气养血化瘀解毒方同样调控该通路,可降低 RILI 发生率、改善肺功能及生活质量。以地塞米松为对照,西药仅短期控制急性炎症,无法阻断纤维化,长期使用易致免疫抑制;该复方整体疗效更优、安全性高,可用于全程防治,但急症抗炎效果不及西药。

2.1.2 麦冬

麦冬味甘、微苦,微寒,归肺、胃、心经,具有养阴润肺、益胃生津等功效。现代研究表明,其化学成分主要包括甾体皂苷类、高异黄酮

类及多糖类,这些活性成分通过抗氧化、抗炎及调节基质代谢等多重机制,对 RILI 具有明确的防护作用^[34]。毒理学研究表明,麦冬块根急性经口毒性属实际无毒级,遗传毒性、致畸及 90 d 经口毒性实验均未见明显不良反应,在推荐剂量下食用安全^[35]。

富晓彬^[36]研究发现,麦冬提取物(含皂苷 C)干预可显著下调放射性肺纤维化小鼠血清 TGF- β 1 水平,提高肺组织 SOD 活性,并降低羟脯氨酸含量,从而延缓纤维化进程。王晓颖^[21]进一步证实,在急性放射性肺炎小鼠模型中,麦冬灌胃可显著降低血浆 IL-6、TNF- α 、TGF- β 1 水平,减少 MDA 含量,增强 SOD 活性,并下调 MMP-2 及 TIMP-2 蛋白表达,有效减轻肺组织炎症浸润及胶原沉积。除此之外,含麦冬的复方亦展现出协同增效。周燕萍^[37]报道,在 20 Gy 全胸照射的放射性肺炎大鼠模型中,以地塞米松为阳性对照,证实以沙参和麦冬共为君药的沙参麦冬汤(灌胃)可显著降低大鼠血浆 IL-6、TNF- α 、TGF- β 1 水平,调节 MMP-2/TIMP-2 平衡,抑制肺泡炎及纤维化进展;在降低肺系数、减轻肺泡炎性反应及抑制肺纤维化方面,沙参麦冬汤预防组及治疗组均优于地塞米松组,且预防组效果最佳,同时地塞米松组出现了小脓肿等继发感染,提示沙参麦冬汤安全性更优。周铁成等^[38]临床研究表明,桔杏麦冬颗粒(黄芪、麦冬共为君药)连续服用 4 周可明显减轻 RILI 级别,改善患者 Karnofsky 功能状态评分及食欲、睡眠等生活质量指标。欧阳孙孟^[39]的临床观察亦证实,由沙参麦冬汤合五味消毒饮化裁的养阴解毒方(北沙参、麦冬共为君药)联合常规激素、抗菌药物治疗,可显著改善气阴两虚、痰热蕴肺型放射性肺炎患者的证候积分及肺功能,在呼吸困难、咳嗽、咳痰等症状缓解及整体疗效上均优于单纯西药组,且安全性良好。

2.1.3 当归

当归性温,味甘、辛,主要归肝经、心经、脾经,具有补血活血的作用,为补血之圣药。现代中药药理研究表明,当归具有改善心血管功能、抗肿瘤、免疫调节、肝脏保护、抗血小板聚集及抗血栓等多重药理作用^[40]。当归总体安全性较高,但存在偶发的过敏反应、光敏反应及生殖系统不良反应^[41];湿阻中满、大便泄泻及表

证未解者应慎用或禁用，孕妇亦忌食。

李重等^[42]在急性 RILI 大鼠模型中发现，当归补血汤能显著减轻大鼠急性 RILI 的炎症，其防护机制可能与抑制大鼠肺脏 NF- κ B 和内皮素-1 的表达及活性有关。王小博^[22]在 SD 大鼠 20 Gy 照射模型中，以地塞米松为阳性对照，观察到当归治疗组肺组织 SOD 活性显著高于单纯照射组，MDA 含量明显降低，照射后 60 d 羟脯氨酸含量 (0.91 ± 0.22) μ g/mg 显著低于单纯照射组 (2.13 ± 0.40) μ g/mg 及地塞米松组 (1.92 ± 0.34) μ g/mg，病理显示当归抗炎及抗纤维化效果优于地塞米松。王春玲等^[43]进一步采用 40 Gy 胸部照射诱导大鼠肺纤维化模型，证实当归黄芪超滤物可通过上调 Nrf2/胱氨酸/谷氨酸反向转运体/谷胱甘肽过氧化物酶 4 信号通路蛋白表达、抑制铁死亡而改善放射性肺纤维化。

2.1.4 黄芪

黄芪味甘，性微温，归脾、肺经，具有补气升阳、益卫固表之功效，为补中益气要药。现代研究表明，黄芪主要活性成分包括黄芪多糖、黄芪皂苷及黄酮类化合物，其通过抗氧化、抗炎、调节免疫及抑制铁死亡等多途径对 RILI 发挥防护效应。黄芪总体安全性良好，但偶见过敏反应及药物性黄疸，超剂量使用或过敏体质者风险增加；有过敏史者应慎用，建议按药典规定每日 9~30 g 使用^[44]。

陈大勇等^[45]研究表明，黄芪多糖可增强 SOD 活性、清除氧自由基、抑制脂质过氧化，并调节 TGF- β 1、TNF- α 、IL-6 等细胞因子表达。张海静等^[46]在 20 Gy 照射大鼠模型中，以地塞米松为阳性对照，证实黄芪多糖灌胃可显著减轻肺组织炎症浸润及肺泡间隔增厚，提升外周血白细胞及红细胞计数，减少肺泡灌洗液炎症细胞，上述指标黄芪多糖组与地塞米松组比较差异均无统计学意义，提示黄芪多糖对急性 RILI 的治疗作用与地塞米松相当，且无糖皮质激素的潜在不良反应。林白桦等^[47]在 13 Gy 照射小鼠模型中进一步证实，黄芪多糖可显著下调血清 TGF- β 1 水平，提高肺组织 SOD 活性，减轻肺泡炎及纤维化程度。夏德洪等^[23]临床研究表明，放疗联合黄芪颗粒可显著降低肺癌患者血浆 TGF- β 1、IL-1 水平，延缓肺弥散功能恶化。Chen 等^[48]研究发现，黄芪甲苷 IV 可通过激活 Nrf2 信号通路抑制铁

死亡，在照射细胞及小鼠模型中显著提高细胞活力及谷胱甘肽水平，降低乳酸脱氢酶释放、铁含量及 MDA 水平，抑制炎症因子释放，减轻肺组织损伤并提高生存率。

2.2 清热类

放射线属“火热毒邪”，易灼伤肺津，蕴结不解，故清热解毒法在 RILI 早期应用具有重要意义。清热类药物可通过清除热毒、凉血活血，减轻辐射所致的炎症反应。药食同源中药中具有防治 RILI 作用的常用清热类药共 2 味，包括鱼腥草和生地黄。

2.2.1 鱼腥草

鱼腥草味辛，性微寒，归肺经，具有清热解毒、消痈排脓、利尿通淋之功效，不仅是食品材料，还是含有丰富的价值的药材。现代研究表明，鱼腥草主要药理作用包括抗病毒、抗菌、抗炎、抗肿瘤及增强免疫功能^[49]。鱼腥草口服或食疗时毒性很低，属实际无毒物，但鱼腥草注射剂可致严重过敏反应（如过敏性休克、呼吸系统损害等），应避免注射途径使用^[50]。

Lai 等^[51]采用网络药理学与分子对接技术，系统分析了鱼腥草防治 RILI 的活性成分及潜在机制。研究发现，鱼腥草中 12 个活性成分可能通过作用于 TP53、血管内皮生长因子 A、TNF、IL-6 等核心靶点发挥效应；其中关键活性成分包括槲皮素、山柰酚、金丝桃苷和芦丁。京都基因与基因组百科全书 (Kyoto Encyclopedia of Genes and Genomes, KEGG) 通路富集分析显示，这些靶点显著富集于 TNF 信号通路、磷脂酰肌醇 3 激酶-蛋白激酶 B 信号通路及缺氧诱导因子 1 信号通路，分子对接验证了核心活性成分与靶点的有效结合能力。Du 等^[52]在脂多糖诱导的急性肺损伤及快速肺纤维化大鼠模型中观察到，鱼腥草挥发油提取物可剂量依赖性地减轻肺组织损伤，降低羟脯氨酸含量及肺干湿质量比，其机制与上调干扰素 γ 表达、抑制 TGF- β 1/Smad 信号通路激活有关。体外实验进一步证实，鱼腥草提取物可抑制 RAW264.7 巨噬细胞及 NIH/3T3 成纤维细胞的活力，并降低 TGF- β 1 表达、增强干扰素表达。贵丹^[24]在单侧 20 Gy 照射的 RILI 大鼠模型中，以地塞米松为阳性对照，证实富硒鱼腥草可显著降低血清 TNF- α 、TGF- β 1 水平，提高 SOD 及谷胱甘肽过氧化物酶 1 活性，减轻肺组织炎症及纤维化，

其防治效果与地塞米松相当，且在升高谷胱甘肽过氧化物酶1及SOD方面优于单用地塞米松。曹康迪等^[53]在总结RILI“三期三法”防治理论时指出，鱼腥草为热毒炽盛期常用药物，通过清肺解毒发挥防治作用。

2.2.2 生地黄

地黄包含玄参科植物地黄新鲜或干燥块根（生地黄），以及经传统工艺炮制的熟地黄，二者均为药食同源中药材。熟地黄味甘，性微温，归肝、肾经，具有补血滋阴、益精填髓之功效。生地黄味甘，性寒，归心、肝、肾经，具有清热凉血、养阴生津之功效，作为“四大怀药”“药食两用中药”之一，地黄因其疗效好，品质佳，在国内外享有极高声誉，具有优良的药用价值和经济价值。现代药理研究显示，环烯醚萜类、苯乙醇苷类和多糖类是地黄发挥药效的主要物质基础，具有降血糖、抗骨质疏松、抗肿瘤、抗炎等多种药理作用^[54]。急性毒性试验显示，地黄提取物小鼠最大给药量为61.54 g/kg，属实际无毒物质；亚慢性毒性试验中各剂量组大鼠血液生化、脏器系数及组织病理学均未见明显异常，临床剂量使用安全^[55]。

关于地黄防治RILI的研究，目前文献报道主要集中于生地黄。梓醇作为生地黄的活性成分，在抗炎、抗氧化及抗纤维化方面研究较为深入。Hu等^[56]研究表明，梓醇可通过抑制NOX4/NF- κ B及葡萄糖调节蛋白78/蛋白激酶R样内质网激酶通路，减轻同型半胱氨酸诱导的内皮细胞氧化损伤及炎症反应。He等^[57]综述指出，梓醇具有多器官组织保护作用，其机制涉及抗炎、抗氧化应激、抗凋亡、抗纤维化及调节代谢等多条通路。Li等^[58]通过观察以生地黄为君药的养阴清肺汤对大鼠RILI模型的作用机制，结果显示与对照组相比，养阴清肺汤干预组大鼠肺中MMP-12和TIMP-1的mRNA和蛋白表达在各时间点均较低，从而维持了MMP-12和TIMP-1的平衡，导致了细胞外基质的合成与降解达到平衡，最终减轻了肺纤维化的发生，表明养阴清肺汤对辐射所致的肺损伤早期具有预防和治疗作用，其机制可能与抑制MMP-12和TIMP-11有关。华明涛^[25]通过临床回顾性研究及动物实验发现，青地合剂（生地黄为君药）虽未降低2级及以上放射性肺炎的发生率，但能推迟RILI的发病时间、缩短病

程、减少放疗中断例数，并改善肺功能。动物实验显示，青地合剂可上调肺组织SOD活性、降低MDA含量，减轻肺组织炎症反应，提示其防护作用与调节氧化应激有关。以上相关研究均未设置阳性对照组，所得结论需进一步通过含阳性对照的临床试验验证。

2.3 活血化癥类

活血化癥类中药具有通利血脉、促进血行、消散瘀血之功效。中医学认为，“久病入络”“久病必瘀”，RILI后期肺纤维化阶段，血瘀证候尤为突出。基于此，可以将放射性肺纤维化阶段总结为瘀血阻滞期。此期应以活血化癥为主要治法。活血化癥类药物可改善肺部微循环，抑制纤维细胞活化，延缓或减轻肺纤维化进程。药食同源中药中具有防治RILI作用的常用活血化癥类药物是姜黄。

姜黄味辛、苦，性温，归肝、脾经，是一种常用传统中药，具有破血行气、通经止痛之功效。现代研究表明，姜黄素类化合物及挥发油类成分是姜黄发挥药效的主要物质基础，具有抗炎、抗氧化、抗肿瘤、解毒等多种药理作用^[59]。姜黄素作为姜黄的核心活性成分，在RILI防治方面研究较为深入。姜黄急性毒性属实际无毒，但高剂量或长期使用可致肝、肾、脾局灶性坏死及胃肠道非肿瘤性病变，且可能对生殖系统产生可逆性损伤；外用可致过敏，过敏体质者应慎用^[60]。

张洁旻等^[61]在小鼠RILI模型中，以地塞米松为阳性对照，证实姜黄素水杨酰单酯（FM0807，200 mg/kg）可显著减轻肺组织炎症、降低肺泡炎评分及羟脯氨酸含量、下调IL-6表达，且上述指标改善效果均优于地塞米松。Johnson等^[26]综述指出，姜黄素具有明确的抗炎和抗纤维化特性，其辐射防护作用可有效减轻辐射诱导的肺部炎症与纤维化。整体趋势表明，姜黄及其活性成分通过下调NF- κ B、p-p38、p53等相关信号通路，抑制炎症因子表达，对早期RILI具有明确的防治作用。

2.4 利水渗湿类

利水渗湿类中药具有通利水道、渗泄水湿之功效。放射性肺炎早期常伴有肺间质水肿、渗出等病变，利水渗湿类药物可促进水湿运化，减轻肺组织水肿及炎性渗出。现代研究表明，该类药

物的药效物质基础主要包括甾体类、多糖类等活性成分,通过利尿、抗炎、肾脏保护等药理作用发挥功效^[62]。药食同源中药中具有防治 RILI 作用的常用利水渗湿类药物为茯苓。

茯苓味甘、淡,性平,归心、肺、脾、肾经,具有利水渗湿、健脾宁心的功效。作为临床常用中药及药食同源品,茯苓的应用场景已覆盖临床治疗、日常生活等领域^[63]。现代研究表明,茯苓的活性成分主要包括多糖类、三萜类及甾醇类化合物,具有利尿、免疫调节、抗肿瘤、抗炎、抗氧化等多种药理作用。茯苓酸作为茯苓的核心活性成分之一,在 RILI 防治方面显示出良好的应用前景^[64]。微波辅助水提取茯苓多糖的 30 d 喂养试验显示,各剂量组大鼠体重、血常规、血生化、脏器系数及病理组织学均未见明显异常,无潜在毒性^[65]。

杨依等^[66]在 20 Gy X 射线全肺单次照射诱导的小鼠急性 RILI 模型中证实,茯苓酸干预可显著减轻照射后小鼠肺组织病理学损伤,表现为肺泡及肺间质增生减轻、肺泡间隔增厚改善、炎性细胞浸润减少,并呈明显剂量依赖性。进一步机制研究表明,茯苓酸可显著下调照射后小鼠肺组织 p21 蛋白及 p21 mRNA 表达水平,降低支气管肺泡灌洗液中 IL-6、TNF- α 、TGF- β 1 等炎症因子含量,同时提高肺组织 SOD 活性、降低 MDA 含量,发挥抗炎及抗氧化应激作用。茯苓是经典活血方剂桂枝茯苓丸的核心组分,方中桂枝和茯苓共为君药,邹航等^[27]基于网络药理学研究证实,该复方可通过多靶点、多通路调控炎症与纤维化信号,干预放射性肺炎进展,临床可有效降低 RILI 发生率、缓解患者咳嗽、胸闷等临床症状。以上相关研究均未设置西药的阳性对照,所得结论需进一步通过含阳性对照的临床试验验证。

3 结语

近年来,随着中医药现代化发展,药食同源中药防治 RILI 的研究取得一定进展,明确甘草、当归等常用药食同源中药可按中药功效分类,其活性成分通过抗炎、抗氧化、调节免疫等多途径减轻肺组织损伤,延缓 RILI 进展。与西医治疗相比,药食同源中药兼具安全性高、不良反应少、营养与药用双重价值等优势,契合 RILI 复杂病理

过程,在 RILI 防治领域具有广阔的临床应用前景。但必须再次明确:药食同源中药仅能作为辅助干预手段,无法替代手术、放疗、化疗及糖皮质激素等西医规范治疗,临床应用需严格遵循中西医结合原则,在标准诊疗方案基础上辨证配伍使用,保障患者诊疗安全。

然而,本领域研究仍存在诸多不足,亟待未来研究加以完善。一是高质量临床循证证据缺乏。现有研究以细胞和动物实验为主,临床多为回顾性小样本研究,缺乏严格设计的 RCT,部分文献时效性差,且多为复方干预,难以单独归因单味药疗效。二是基础研究的深度不足。除甘草、黄芪外,多数药物机制研究较浅,对多靶点调控、协同拮抗、量效关系及长期安全性等关键问题缺乏系统探索;研究方法和观察指标不统一,影响结果可比性。三是临床转化与制剂研发滞后。应用仍以传统汤剂为主,缺乏质量可控、服用方便的新型制剂,且最佳干预时机、疗程、剂量及联合治疗方案尚不明确。四是部分药物(如甘草、姜黄)长期或大剂量使用存在潜在风险,但对毒性靶器官、安全剂量、禁忌人群及药物相互作用等报道不足。针对上述不足,未来研究应重点聚焦:①开展多中心、大样本随机对照临床试验,验证单味药及复方的疗效与安全性,尤其对年代久远的研究进行再评价;②深化机制研究,借助网络药理学、基因组学等技术,系统阐明多靶点调控及协同拮抗关系,统一研究标准;③开发现代制剂,优化干预时机、剂量及联合治疗方案;④完善长期安全性评价,明确安全剂量、禁忌人群及药物相互作用,保障临床合理用药。

参考文献

- 1 杨娟,王慧琴,郑治波,等.基于 TGF- β /Smad 信号通路探讨中药防治放射性肺损伤的作用及机制研究进展[J].中国现代应用药学,2026,43(5): 870-880. [Yang J, Wang HQ, Zheng ZB, et al. Research progress on the role and mechanism of traditional Chinese medicine in preventing and treating radiation-induced lung injury based on the TGF- β /Smad signaling pathway[J]. Chinese Journal of Modern Applied Pharmacy, 2026, 43(5): 870-880.] DOI: 10.13748/j.cnki.issn1007-7693.20250940.
- 2 李青峰,李文婷,李沐涵,等.中医药干预放射性肺损伤的机制研究进展[J].南京中医药大学学报,2020,36(6): 915-920. [Li QF, Li WT, Li MH, et al. Research progress on mechanism of TCM intervention in radiation-induced lung injury[J]. Journal of

- Nanjing University of Traditional Chinese Medicine, 2020, 36(6): 915–920.] DOI: [10.14148/j.issn.1672-0482.2020.0915](https://doi.org/10.14148/j.issn.1672-0482.2020.0915).
- 3 冉朝阳, 李贵新. 中医药防治放射性肺损伤研究进展[J]. 光明中医, 2024, 39(9): 1893–1897. [Ran ZY, Li GX. Research progress on traditional Chinese medicine in the prevention and treatment of radiation lung injury[J]. Guangming Journal of Chinese Medicine, 2024, 39(9): 1893–1897.] DOI: [10.3969/j.issn.1003-8914.2024.09.060](https://doi.org/10.3969/j.issn.1003-8914.2024.09.060).
 - 4 郑博, 丁桂荣. 放射性肺损伤防治研究现状与展望[J]. 中国辐射卫生, 2025, 34(1): 135–141. [Zheng B, Ding GR. Research status and prospect of prevention and treatment of radiation-induced lung injury[J]. Chinese Journal of Radiological Health, 2025, 34(1): 135–141.] DOI: [10.13491/j.issn.1004-714X.2025.01.022](https://doi.org/10.13491/j.issn.1004-714X.2025.01.022).
 - 5 Li Z P, Guo X D, Lei X, et al. Effects and potential mechanisms of the ultra-high dose rate radiotherapy on lung injury: a review[J]. Radiat Oncol, 2025,20(1):161. DOI: [10.1186/s13014-025-02740-6](https://doi.org/10.1186/s13014-025-02740-6).
 - 6 Zhang X, Zhang Z, Huang M, et al. Pathological mechanisms of radiation-induced lung injury and novel nano-drug delivery therapeutic strategies[J]. Int J Nanomedicine, 2025, 20: 12431–12465. DOI: [10.2147/IJN.S551477](https://doi.org/10.2147/IJN.S551477).
 - 7 Giuranno L, Ient J, De Ruyscher D, et al. Radiation-induced lung injury (RILI)[J]. Front Oncol, 2019, 9: 877. DOI: [10.3389/fonc.2019.00877](https://doi.org/10.3389/fonc.2019.00877).
 - 8 Beach TA, Groves AM, Johnston CJ, et al. Recurrent DNA damage is associated with persistent injury in progressive radiation-induced pulmonary fibrosis[J]. Int J Radiat Biol, 2018, 94(12): 1104–1115. DOI: [10.1080/09553002.2018.1516907](https://doi.org/10.1080/09553002.2018.1516907).
 - 9 Robeska E, Lalanne K, Vianna F, et al. Targeted nuclear irradiation with a proton microbeam induces oxidative DNA base damage and triggers the recruitment of DNA glycosylases OGG1 and NTH1[J]. DNA Repair (Amst), 2024, 133: 103610. DOI: [10.1016/j.dnarep.2023.103610](https://doi.org/10.1016/j.dnarep.2023.103610).
 - 10 Rajan Radha R, Chandrasekharan G. Pulmonary injury associated with radiation therapy—assessment, complications and therapeutic targets[J]. Biomed Pharmacother, 2017, 89: 1092–1104. DOI: [10.1016/j.biopha.2017.02.106](https://doi.org/10.1016/j.biopha.2017.02.106).
 - 11 邵雅聪, 张伟. 基于卫气营血-脏腑辨证体系论治放射性肺损伤[J]. 天津中医药大学学报, 2018, 37(1): 21–24. [Shao YC, Zhang W. Treatment of radiation-induced lung injury based on the Wei-Qi-Ying-Xue-Zang-Fu syndrome differentiation system[J]. Journal of Tianjin University of Traditional Chinese Medicine, 2018, 37(1): 21–24.] DOI: [10.11656/j.issn.1673-9043.2018.01.06](https://doi.org/10.11656/j.issn.1673-9043.2018.01.06).
 - 12 廖泽彬, 邵帅, 柏志杰, 等. 放射损伤的中医药防治及机制[J]. 中国科学基金, 2024, 38(3): 419–425. [Liao ZB, Shao S, Bai ZJ, et al. Traditional Chinese medicine prevention and treatment of radiation injury and its mechanisms[J]. Bulletin of National Natural Science Foundation of China, 2024, 38(3): 419–425.] DOI: [10.16262/j.cnki.1000-8217.20240325.001](https://doi.org/10.16262/j.cnki.1000-8217.20240325.001).
 - 13 张淑香, 李瑞红. 放射性肺炎分期辨治思考[J]. 中医杂志, 2011, 52(14): 1194–1195. [Zhang SX, Li RH. Reflections on staging and treatment of radiation pneumonia[J]. Journal of Traditional Chinese Medicine, 2011, 52(14): 1194–1195.] DOI: [10.13288/j.11-2166/r.2011.14.009](https://doi.org/10.13288/j.11-2166/r.2011.14.009).
 - 14 蔡谨莲, 蒙登妮, 黄凯, 等. 药食同源物质: 健康益处、安全性及在食品领域的应用现状[J]. 食品与发酵工业, 2026, 52(12): 459–468. [Cai JL, Meng DN, Huang K, et al. Medicinal and edible homologous substances: health benefits, safety, and current applications in the food industry[J]. Food and Fermentation Industries, 2026, 52(12):459–468.] DOI: [10.13995/j.cnki.11-1802/ts.043585](https://doi.org/10.13995/j.cnki.11-1802/ts.043585).
 - 15 刘勇, 肖伟, 秦振娟, 等. “药食同源”的诠释及其现实意义[J]. 中国现代中药, 2015, 17(12): 1250–1252, 1279. [Liu Y, Xiao W, Qin ZX, et al. Annotation of Drug and Food are the same origin and its realistic significance[J]. China Modern Traditional Medicine, 2015, 17(12): 1250–1252, 1279.] DOI: [10.13313/j.issn.1673-4890.2015.12.005](https://doi.org/10.13313/j.issn.1673-4890.2015.12.005).
 - 16 邢蓓蓓, 程海波, 沈卫星. 药食同源中药在肿瘤预防中的应用探讨[J]. 四川中医, 2018, 36(2): 46–48. [Xing BB, Cheng HB, Shen WX. Application of food-medicine homologous traditional Chinese medicine in tumor prevention[J]. Sichuan Journal of Traditional Chinese Medicine, 2018, 36(2): 46–48.] <https://d.wanfangdata.com.cn/periodical/CihQZXJpb2RpY2FsQ0hJU29scjkyMDI2MDYxMDIwMjYwNjEwMTYxMjM4Eg1zY3p5MjAxODAyMDIwGgg5MnNndzV1cw%3D%3D>.
 - 17 张曦. 益气养血化痰解毒法干预放射性肺损伤的临床及实验研究[D]. 南京: 南京中医药大学, 2015. https://kns.cnki.net/kcms2/article/abstract?v=hUjjRxyvaVMxkZ6qtByL2K7na57g-1WH7wDhyX1pmGBIUhPTYfh1QQ5k1ZGpNoVyLdRNd6HAHAFLobfYpDnJcHTfUxL-JfVwN9QvHAa6ZRRDafVPY01-Muf5bl34dxc_2jz3em_e_iUI6GQwE_70TWgx3hqnczMSlBsuNfu2gi6FDVUy4So1Bm9wbVgUTjPi&uniplatform=NZKPT&language=CHS.
 - 18 中华医学会内分泌学分会, 中国内分泌代谢病专科联盟. 糖皮质激素类药物治疗临床应用指导原则(2023版)[J]. 中华内分泌代谢杂志, 2023, 39(4): 289–296. DOI: [10.3760/cma.j.cn311282-20230116-00029](https://doi.org/10.3760/cma.j.cn311282-20230116-00029).
 - 19 董莹莹, 李柳, 吴勉华. 益气养阴、凉血散瘀法防治放射性肺炎的临床经验[J]. 中华中医药学刊, 2019, 37(1): 64–66. [Dong YY, Li L, Wu MH. Clinical experience of replenishing qi and nourishing yin, cooling blood and dispersing stasis in the prevention and treatment of radiation pneumonitis[J]. Chinese Journal of Traditional Chinese Medicine, 2019, 37(1): 64–66.] DOI: [10.13193/j.issn.1673-7717.2019.01.015](https://doi.org/10.13193/j.issn.1673-7717.2019.01.015).
 - 20 国家卫生健康委员会, 国家市场监督管理总局. 关于地黄等4种按照传统既是食品又是中药材的物质的公告(2024年第4号)[EB/OL]. (2024–08–12)[2026–06–14]. <https://www.nhc.gov.cn/sp/s/c100088/202408/53150d0918ec40899b5293147ec0dd01.shtml>.
 - 21 王晓颖. 麦冬对C57BL/6小鼠放射性肺炎的防治作用研究[D]. 福州: 福建医科大学, 2014. https://kns.cnki.net/kcms2/article/abstract?v=hUjjRxyvaVNileMGrIgcYjIXvplRWzkznFmMlJ-3JbxNw1Rbn7A8P7el50FH3lxYFZRA20dbDkPgKvRwRFaUJjU9zkfK8YGRp9vpaxV2F-6xflJqJhKGUnVsRfSFR9Ubi_X6nojvgButCkGsYKIh9TUwUfRoARoS008YBEJkZgqT6VTaFkA=&uniplatform=NZKPT&language=CHS.

- 22 王小博. 当归治疗大鼠放射性肺损伤的实验研究[J]. 交通医学, 2011, 25(1): 24–27. [Wang XB. Experimental study on the treatment of rat radiation-induced lung injury with Angelica sinensis[J]. Medical Journal of Communications, 2011, 25(1): 24–27.] DOI: 10.3969/j.issn.1006-2440.2011.01.006.
- 23 夏德洪, 奚蕾, 沈伟生, 等. 黄芪对放射性肺损伤干预作用及对 TGF- β 1, IL-1 表达影响的研究[J]. 中国中药杂志, 2010, 35(8): 1079–1081. [Xia DH, Xi L, Shen WS, et al. Study on the intervention effect of *Astragalus membranaceus* on radiation-induced lung injury and its impact on the expression of TGF- β 1 and IL-1[J]. China Journal of Traditional Chinese Medicine, 2010, 35(8): 1079–1081.] <https://d.wanfangdata.com.cn/periodical/CihQZXJpb2RpY2FsQ0hJU29scjkyMDI2MDYxMDIwMjYwNjEwMTYxMjM4Eg96Z3p5enoyMDEwMDgwMzIaCDdsNXIzdjR5>.
- 24 贵丹. 富硒鱼腥草对放射性肺损伤防治的研究[D]. 湖北恩施: 湖北民族大学, 2020. DOI: 10.27764/d.cnki.ghbmz.2020.000092.
- 25 华明涛. 青地合剂对肺癌患者放射性肺损伤的保护作用及其机制[D]. 山东青岛: 青岛大学, 2020. DOI: 10.27262/d.cnki.gqdau.2020.000672.
- 26 Johnson S, Shaikh SB, Muneesa F, et al. Radiation induced apoptosis and pulmonary fibrosis: curcumin an effective intervention? [J]. International Journal of Radiation Biology, 2020, 96(6): 709–717. DOI: 10.1080/09553002.2020.1739773.
- 27 邹航, 李森, 何嘉宁, 等. 基于网络药理学对桂枝茯苓丸治疗放射性肺炎的潜在作用机制初探[J]. 海南医学, 2022, 33(8): 953–958. [Zou H, Li M, He JN, et al. Preliminary exploration of the potential mechanisms of Guizhi Fuling Wan in treating radiation pneumonitis based on network pharmacology[J]. Hainan Medical Journal, 2022, 33(8): 953–958.] DOI: 10.3969/j.issn.1003-6350.2022.08.001.
- 28 肖先, 李春燕, 刘晓龙, 等. 甘草的主要化学成分及药理作用研究进展[J]. 新乡医学院学报, 2023, 40(3): 280–285. [Xiao X, Li CY, Liu XL, et al. Research progress on the main chemical constituents and pharmacological effects of *Glycyrrhiza uralensis*[J]. Journal of Xinxiang Medical University, 2023, 40(3): 280–285.] DOI: 10.7683/xyxyxb.2023.03.016.
- 29 黄能培, 郭爱银. 甘草及其制剂的不良反应类型、成因与对策[J]. 中医药导报, 2012, 18(1): 74–76. [Huang NP, Guo AY. Types, causes and countermeasures of adverse reactions to licorice and its preparations[J]. Guiding Journal of Traditional Chinese Medicine and Pharmacology, 2012, 18(1): 74–76.] DOI: 10.3969/j.issn.1672-951X.2012.01.034.
- 30 张纬建, 许建华, 张洁旻, 等. 甘草次酸对小鼠急性放射性肺损伤的防治作用[J]. 中国临床药理学与治疗学, 2015, 20(6): 629–633. [Zhang WJ, Xu JH, Zhang JM, et al. Preventive and therapeutic effects of glycyrrhizic acid on acute radiation-induced lung injury in mice[J]. Chinese Journal of Clinical Pharmacology and Therapeutics, 2015, 20(6): 629–33.] <https://d.wanfangdata.com.cn/periodical/CihQZXJpb2RpY2FsQ0hJU29scjkyMDI2MDYxMDIwMjYwNjEwMTYxMjM4EhR6Z2xeWx4eXpseDlwMTUwNjAwNxoIZ2YxZDU4eWQ%3D>.
- 31 杨梅春. 甘草次酸抗急性放射性肺损伤的作用研究[D]. 福州: 福建医科大学, 2014. https://kns.cnki.net/kcms2/article/abstract?v=hUjjRxyvaVMa-mZgtZVNsZR-wStMRlgUIt4vjPHICbuKT-OPep98dSXPEtKFjR7PGOfAhLp9mMfdY4t8yKUQo5KOGN8DpJmZd709ekpJOEaCroJ8cTpeMOLvaew8nQtYAf7OJq7XuUBYTdmeoUGMCF0cj6KUU8z7_jADyQi4euPjAdGawPBg==&uniplatform=NZKPT&language=CHS.
- 32 王彩虹. 甘草次酸减轻放射性肺纤维化的作用机制研究[D]. 福州: 福建医科大学, 2021. DOI: 10.27020/d.cnki.gfjyu.2021.000552.
- 33 黄如敬, 鲁洪岭, 吴超, 等. 甘草甜素调节 TGF- β /Smad 信号通路对肺癌荷瘤小鼠放射性肺损伤的影响[J]. 临床肺科杂志, 2024, 29(4): 566–571. [Huang RJ, Lu HL, Wu C, et al. Effects of glycyrrhizin on TGF- β /Smad signaling pathway regulation in radiation-induced lung injury in lung cancer tumor-bearing mice[J]. Journal of Clinical Pulmonary Medicine, 2024, 29(4): 566–571.] DOI: 10.3969/j.issn.1009-6663.2024.04.016.
- 34 范明明, 张嘉裕, 张湘龙, 等. 麦冬的化学成分和药理作用研究进展[J]. 中医药信息, 2020, 37(4): 130–134. [Fan MM, Zhang JY, Zhang XL, et al. Research progress on chemical constituents and pharmacological effects of *Ophiopogon japonicus*[J]. Information on Traditional Chinese Medicine, 2020, 37(4): 130–134.] DOI: 10.19656/j.cnki.1002-2406.200118.
- 35 苏芳芳, 钱丹, 陈敏, 等. 三台麦冬块根毒理学评价与抗营养因子分析[J]. 中国现代中药, 2022, 24(2): 275–283. [Su FF, Qian D, Chen M, et al. Toxicological evaluation and analysis of anti-nutritional factors in Maca root tubers from Santai[J]. Modern Chinese Medicine, 2022, 24(2): 275–283.] DOI: 10.13313/j.issn.1673-4890.20210823009.
- 36 富晓彬. 麦冬对 C57BL/6 小鼠放射性肺纤维化的防治作用研究[D]. 福州: 福建医科大学, 2017. https://kns.cnki.net/kcms2/article/abstract?v=hUjjRxyvaVP9eij_VoNS4f5IQRuw6k_ThK8BJc4YmEI0M0qb_E0J4-64qM4_ve_w_RDe66sVTc6201xrU6ecEoKH20K4v2LOGlactK6lZovfWM5Nc0WmYJlZj7M24yXkciAuegvt7LpWjp4_8_MXS6Jc9zTzsmiO24B1Kc5XlSAavn82cw==&uniplatform=NZKPT&language=CHS.
- 37 周燕萍. 沙参麦冬汤对大鼠放射性肺炎的防治作用及机制研究[D]. 武汉: 湖北中医药大学, 2011. https://kns.cnki.net/kcms2/article/abstract?v=hUjjRxyvaVNoxmczUB0g6reauT_TdeEfYIwfnkx8Uar3WSuw_88NLWpxExwUbVLopzDhSTIw9xmjX357EzDnqhSH2viYPJXRp1eUnBzmQUjukHyAjN_9BJlbPzEGIZP3IOGCzZheZC9SKlvrmpw9UT5IXsgw6tcaqQTSue8m80uiXwlL8FzkiQ==&uniplatform=NZKPT&language=CHS.
- 38 周铁成, 向生霞, 潘燕, 等. 桔杏麦冬颗粒防治放射性肺损伤的临床研究[J]. 广州中医药大学学报, 2021, 38(1): 15–20. [Zhou TC, Xiang SX, Pan Y, et al. Clinical study on the prevention and treatment of radiation-induced lung injury with Jiaying Maidong granules[J]. Journal of Guangzhou University of Traditional Chinese Medicine, 2021, 38(1): 15–20.] DOI: 10.13359/j.cnki.gzxbtc.2021.01.004.
- 39 欧阳孙孟. 养阴解毒方治疗放射性肺炎(气阴两虚, 痰热蕴肺型)临床疗效观察[D]. 长沙: 湖南中医药大学, 2019. DOI: 10.

- 27138/d.cnki.ghuzc.2019.000083.
- 40 张阳, 刘毅. 当归化学成分、药理作用、常见配伍及临床应用研究进展[J]. 河南中医, 2026, 46(6): 839–848. [Zhang Y, Liu Y. Research progress on chemical constituents, pharmacological effects, common combinations, and clinical applications of *Angelica sinensis*[J]. *Henan Traditional Chinese Medicine*, 2026, 46(6): 839–848.] DOI: [10.16367/j.issn.1003-5028.2026.06.0138](https://doi.org/10.16367/j.issn.1003-5028.2026.06.0138).
 - 41 王一杰, 王瑞琼, 杜丽东, 等. 当归药食两用安全性研究概述[J]. 甘肃中医药大学学报, 2024, 41(3): 76–80. [Wang YJ, Wang RQ, Du LD, et al. Overview of safety studies on the dual medicinal and edible use of *Angelica sinensis*[J]. *Journal of Gansu University of Chinese Medicine*, 2024, 41(3): 76–80.] DOI: [10.16841/j.issn1003-8450.2024.03.14](https://doi.org/10.16841/j.issn1003-8450.2024.03.14).
 - 42 李重, 吴洪斌, 雷章, 等. 当归补血汤对急性放射性肺损伤大鼠 NF- κ B 和 ET-1 的影响[J]. 辽宁中医杂志, 2019, 46(5): 1059–1062, 1119. [Li Z, Wu HB, Lei Z, et al. Effects of Danggui Buxue decoction on NF- κ B and ET-1 in rats with acute radiation-induced lung injury [J]. *Liaoning Journal of Traditional Chinese Medicine*, 2019, 46(5): 1059–1062, 1119.] DOI: [10.13192/j.issn.1000-1719.2019.05.053](https://doi.org/10.13192/j.issn.1000-1719.2019.05.053).
 - 43 王春玲, 任春贞, 王旭勇, 等. 当归黄芪超滤物通过调控 Nrf2/xCT/GPX4 信号通路抑制铁死亡改善放射性大鼠肺纤维化[J]. 中国中药杂志, 2024, 49(16): 4338–4346. [Wang CL, Ren CZ, Wang XY, et al. The ultrafiltrate of *Angelica sinensis* and *Astragalus membranaceus* inhibits ferroptosis and improves pulmonary fibrosis in radiation-exposed rats by regulating the Nrf2/xCT/GPX4 signaling pathway[J]. *China Journal of Chinese Materia Medica*, 2024, 49(16): 4338–4346.] DOI: [10.19540/j.cnki.cjmm.20240409.402](https://doi.org/10.19540/j.cnki.cjmm.20240409.402).
 - 44 刘思美, 吴思澜, 罗金萍, 等. 黄芪及其制剂的不良反应与配伍禁忌[J]. 华西药理学杂志, 2025, 40(6): 712–716. [Liu SM, Wu SL, Luo JP, et al. Adverse reactions and compatibility contraindications of *Astragalus membranaceus* and its preparations[J]. *West China Journal of Pharmaceutical Sciences*, 2025, 40(6): 712–716.] DOI: [10.13375/j.cnki.wcjps.2025.06.019](https://doi.org/10.13375/j.cnki.wcjps.2025.06.019).
 - 45 陈大勇, 张凤先, 侯丹阳, 等. 黄芪化学成分及药理作用研究进展[J]. 人参研究, 2025, 37(5): 92–96. [Chen DY, Zhang FX, Hou DY, et al. Research progress on chemical constituents and pharmacological effects of *Astragalus membranaceus*[J]. *Renshen Yanjiu*, 2025, 37(5): 92–96.] DOI: [10.19403/j.cnki.1671-1521.2025.05.019](https://doi.org/10.19403/j.cnki.1671-1521.2025.05.019).
 - 46 张海静, 胡兆秋, 孙玉卿, 等. 黄芪多糖对大鼠急性放射性肺损伤的治疗作用[J]. 中国生化药物杂志, 2015, 35(9): 8–11. [Zhang HJ, Hu ZQ, Sun YQ, et al. Therapeutic effect of *Astragalus polysaccharides* on acute radiation-induced lung injury in rats[J]. *Chinese Journal of Biochemical Pharmaceutics*, 2015, 35(9): 8–11.] <https://d.wanfangdata.com.cn/periodical/CihQZXJpb2RpY2FsQ0hJU29scjkyMDI2MDYxMDIwMjYwNjEwMTYxMjM4EhF6Z3NoeXd6ejIwMTUwOTAwMxoIY2xjZzJsY3M%3D>.
 - 47 林白桦, 袁国荣, 贾勇士, 等. 黄芪多糖对放射性肺损伤小鼠模型的 TGF- β 1、SOD 的影响[J]. 中华中医药学刊, 2015, 33(6): 1411–1413. [Lin BH, Yuan GR, Jia YS, et al. Effects of *Astragalus polysaccharides* on TGF- β 1 and SOD levels in a mouse model of radiation-induced lung injury[J]. *Chinese Archives of Traditional Chinese Medicine*, 2015, 33(6): 1411–1413.] DOI: [10.13193/j.issn.1673-7717.2015.06.042](https://doi.org/10.13193/j.issn.1673-7717.2015.06.042).
 - 48 Chen Y, Wu M. Exploration of molecular mechanism underlying protective effect of astragaloside IV against radiation-induced lung injury by suppressing ferroptosis[J]. *Arch Biochem Biophys*, 2023, 745: 109717. DOI: [10.1016/j.abb.2023.109717](https://doi.org/10.1016/j.abb.2023.109717).
 - 49 陈龙, 彭程琪, 樊明旭, 等. 鱼腥草药理作用及抗肺炎作用研究进展[J]. 人参研究, 2022, 34(5): 52–54. [Chen L, Peng CQ, Fan MX, et al. Research progress on the pharmacological effects and anti-pneumonia activity of *Houttuynia cordata*[J]. *Renshen Yanjiu*, 2022, 34(5): 52–54.] DOI: [10.19403/j.cnki.1671-1521.2022.05.015](https://doi.org/10.19403/j.cnki.1671-1521.2022.05.015).
 - 50 陆晓珊, 林也, 唐琳, 等. 鱼腥草的化学成分与安全性研究进展[J]. 中华中医药学刊, 2021, 39(3): 144–147. [Lu XS, Lin Y, Tang L, et al. Advances in the chemical composition and safety studies of *Houttuynia cordata*[J]. *Chinese Archives of Traditional Chinese Medicine*, 2021, 39(3): 144–147.] DOI: [10.13193/j.issn.1673-7717.2021.03.035](https://doi.org/10.13193/j.issn.1673-7717.2021.03.035).
 - 51 Lai GH, Wang F, Nie DR, et al. Identifying active substances and the pharmacological mechanism of *Houttuynia cordata* Thunb. in treating radiation-induced lung injury based on network pharmacology and molecular docking verification[J]. *Evid Based Complement Alternat Med*, 2022, 2022: 3776340. DOI: [10.1155/2022/3776340](https://doi.org/10.1155/2022/3776340).
 - 52 Du S, Li H, Cui Y, et al. *Houttuynia cordata* inhibits lipopolysaccharide-induced rapid pulmonary fibrosis by up-regulating IFN- γ and inhibiting the TGF- β 1/Smad pathway[J]. *Int Immunopharmacol*, 2012, 13(3): 331–340. DOI: [10.1016/j.intimp.2012.03.011](https://doi.org/10.1016/j.intimp.2012.03.011).
 - 53 曹康迪, 王丹丹, 胡帅航, 等. “三期三法”防治放射性肺损伤的学术内涵[J]. 北京中医药大学学报, 2025, 48(3): 412–417. [Cao KD, Wang DD, Hu SH, et al. Academic connotation of "three phases and three methods" for the prevention and treatment of radiation-induced lung injury[J]. *Journal of Beijing University of Traditional Chinese Medicine*, 2025, 48(3): 412–417.] DOI: [10.3969/j.issn.1006-2157.2025.03.015](https://doi.org/10.3969/j.issn.1006-2157.2025.03.015).
 - 54 冯卫生. 地黄化学成分及药理作用研究进展[J]. 中医学报, 2025, 40(10): 2035–2055. [Feng, WS. Research progress on chemical composition and pharmacological effects of *Rehmannia*[J]. *China Journal of Chinese Medicine*, 2025, 40(10): 2035–2055.] DOI: [10.16368/j.issn.1674-8999.2025.10.322](https://doi.org/10.16368/j.issn.1674-8999.2025.10.322).
 - 55 刘佳, 李强, 郭莉, 等. 地黄提取物的急性毒性和亚慢性毒性试验研究[J]. 中国畜牧兽医, 2017, 44(11): 3372–3378. [Liu J, Li Q, Guo L, et al. Study on the acute toxicity and subchronic toxicity of *Rehmannia glutinosa* extract[J]. *China Animal Husbandry & Veterinary Medicine*, 2017, 44(11): 3372–3378.] DOI: [10.16431/j.cnki.1671-7236.2017.11.037](https://doi.org/10.16431/j.cnki.1671-7236.2017.11.037).
 - 56 Hu H, Wang C, Jin Y, et al. Catalpol inhibits homocysteine-induced oxidation and inflammation via inhibiting Nox4/NF- κ B and GRP78/PERK pathways in human aorta endothelial cells[J]. *Inflammation*, 2019, 42(1): 64–80. DOI: [10.1007/s10753-018-0873-9](https://doi.org/10.1007/s10753-018-0873-9).

- 57 He G, Song J, Ma R, et al. Catalpol: an natural multifunctional iridoid glycoside with promising therapeutic properties[J]. *Front Mol Biosci*, 2026, 13: 1768334. DOI: [10.3389/fmolb.2026.1768334](https://doi.org/10.3389/fmolb.2026.1768334).
- 58 Li HX, Wu HY, Gao Y, et al. Effect of Yangyingqingfei decoction on radiation-induced lung injury via downregulation of MMP12 and TIMP-1 expression[J]. *Exp Ther Med*, 2014, 8(1): 9–14. <https://doi.org/10.3892/etm.2014.1686>.
- 59 魏雨菲, 于海川, 刘雪玲, 等. 姜黄主要化学成分及药理作用研究进展[J]. *新乡医学院学报*, 2020, 37(10): 990–995. [Wei YF, Yu HC, Liu XL, et al. Research progress on major chemical constituents and pharmacological effects of turmeric[J]. *Journal of Xinxiang Medical University*, 2020, 37(10): 990–995.] DOI: [10.7683/xyxyxb.2020.10.020](https://doi.org/10.7683/xyxyxb.2020.10.020).
- 60 梁国欣, 魏洪鑫, 宁钧宇, 等. 药食同源物质姜黄的健康危害评估[J]. *毒理学杂志*, 2021, 35(4): 280–284, 288. [Liang GX, Wei HX, Ning JY, et al. Health risk assessment of curcuma, a substance with medicinal and edible properties[J]. *Journal of Toxicology*, 2021, 35(4): 280–284, 288.] DOI: [10.16421/j.cnki.1002-3127.2021.04.003](https://doi.org/10.16421/j.cnki.1002-3127.2021.04.003).
- 61 张洁旻, 叶胜难, 张纬建, 等. 姜黄素水杨酰单酯对小鼠急性放射性肺损伤的防治作用[J]. *中国新药杂志*, 2019, 28(16): 2025–2031. [Zhang JM, Ye SN, Zhang WJ, et al. The preventive and therapeutic effects of curcumin salicyl monoester on acute radiation-induced lung injury in mice[J]. *Chinese Journal of New Drugs*, 2019, 28(16): 2025–2031.] DOI: [10.3969/j.issn.1003-3734.2019.16.017](https://doi.org/10.3969/j.issn.1003-3734.2019.16.017).
- 62 鲁文静, 任慧, 崔小敏, 等. 猪苓利水渗湿的药效物质、药理作用机制及临床应用研究进展[J]. *中国药房*, 2023, 34(11): 1399–1403. [Lu WJ, Ren H, Cui XM, et al. Research progress on the pharmacological active substances, pharmacological mechanisms and clinical applications of Polyporus umbellatus in diuresis and dampness elimination[J]. *China Pharmacy*, 2023, 34(11): 1399–1403.] DOI: [10.6039/j.issn.1001-0408.2023.11.22](https://doi.org/10.6039/j.issn.1001-0408.2023.11.22).
- 63 赵佳琛, 王艺涵, 金艳, 等. 经典名方中茯苓的本草考证[J]. *中国实验方剂学杂志*, 2022, 28(10): 327–336. [Zhao JC, Wang YH, Jin Y, et al. Herbal research on Poria in classical prescriptions[J]. *Chinese Journal of Experimental Traditional Medical Formulae*, 2022, 28(10): 327–336.] DOI: [10.13422/j.cnki.syfjx.20211454](https://doi.org/10.13422/j.cnki.syfjx.20211454).
- 64 冯雪, 郭晓松, 谢菲, 等. 茯苓化学成分及药理作用的研究进展[J]. *中草药*, 2026, 57(5): 1947–1957. [Feng X, Guo XS, Xie F, et al. Research progress on chemical constituents and pharmacological effects of *Poria cocos*[J]. *Chinese Traditional and Herbal Drugs*, 2026, 57(5): 1947–1957.] DOI: [10.7501/j.issn.0253-2670.2026.05.030](https://doi.org/10.7501/j.issn.0253-2670.2026.05.030).
- 65 郑丽红, 陈冠敏, 林鸿, 等. 微波辅助水提取茯苓多糖的安全性研究[J]. *海峡药学*, 2010, 22(10): 17–20. [Zheng LH, Chen GM, Lin H, et al. Safety study of microwave-assisted water extraction of poria polysaccharides[J]. *Strait Pharmaceutical Journal*, 2010, 22(10): 17–20.] DOI: [10.3969/j.issn.1006-3765.2010.10.009](https://doi.org/10.3969/j.issn.1006-3765.2010.10.009).
- 66 杨依, 陈凡, 冯瑞兴, 等. 茯苓酸对小鼠急性放射性肺损伤的防护作用机制[J]. *中国高原医学与生物学杂志*, 2022, 43(4): 268–274. [Yang Y, Chen F, Feng RX, et al. Protective mechanism of fucoidan acid against acute radiation-induced lung injury in mice[J]. *Chinese High Altitude Medicine and Biology*, 2022, 43(4): 268–274.] DOI: [10.13452/j.cnki.jqmc.2022.04.007](https://doi.org/10.13452/j.cnki.jqmc.2022.04.007).

收稿日期: 2026 年 03 月 27 日 修回日期: 2026 年 06 月 14 日
本文编辑: 李 阳 洗静怡