

中图分类号: R96; R285 文献标志码: A 文章编号: 1006-4931(2026)16-0152-06
doi:10.3969/j.issn.1006-4931.2026.16.030



中药复方预防与治疗核辐射损伤的效果 及其作用机制研究进展*

王琛, 宋伟, 郭哲, 雷宁[△]

(中国人民解放军火箭军特色医学中心, 北京 100088)

摘要:目的 探讨中药复方预防与治疗核辐射损伤的效果及作用机制。方法 通过文献回顾与分析, 系统梳理中药复方在抗辐射方面的药理作用、临床应用及其分子机制。结果 中药复方可增强机体抗核辐射能力并通过抗氧化、抗炎、免疫调节及保护造血系统等多途径减轻核辐射损伤, 同时还可促进损伤组织修复。经典复方如四物汤、十全大补汤、养阴抗毒散等可通过调控 Notch、磷脂酰肌醇 3-激酶 (PI3K) / 蛋白激酶 B (Akt)、核因子 E2 相关因子 (Nrf2) 等信号通路, 促进造血恢复、抑制炎症反应、增强机体抗核辐射能力。中药复方在治疗急性放射病、造血功能障碍、免疫系统功能紊乱及神经系统损伤等方面均具有良好疗效。结论 中药复方在抗核辐射损伤方面具有多组分、多靶点、整体调节的优势, 具有良好的应用前景, 但其机制仍需深入探索, 并需推进高质量临床试验与标准化研究。

关键词: 中药复方; 核辐射损伤; 抗核辐射作用; 预防; 治疗

Research Progress on the Effects and Mechanisms of Chinese Herbal Compound Formula in the Prevention and Treatment of Nuclear Radiation Injury

Wang Chen, Song Wei, Guo Zhe, Lei Ning[△]

(PLA Rocket Force Characteristic Medical Center, Beijing 100088, China)

Abstract: Objective To investigate the effects and mechanisms of Chinese herbal formula in the prevention and treatment of nuclear radiation injury. **Methods** Through literature review and analysis, the pharmacological effects, clinical applications, and molecular mechanisms of Chinese herbal compound formula in anti-radiation were systematically reviewed. **Results** Chinese herbal compound formula can enhance the body's anti-nuclear radiation capacity and alleviate nuclear radiation injury through multiple pathways, including antioxidant, anti-inflammatory, immunomodulatory, and protection of hematopoietic system, while also promoting the repair of damaged tissues. Classic compound formulas such as Siwu Decoction, Shiquan Dabu Decoction, and Yangyin Kangdu San can modulate signaling pathways including Notch, phosphatidylinositol 3-kinase (PI3K) / protein kinase B (Akt), and nuclear factor erythroid 2-related factor (Nrf2), thereby promoting hematopoietic recovery, inhibiting inflammatory responses, and strengthening the body's anti nuclear radiation. Chinese herbal compound formula show good therapeutic efficacy in acute

*基金项目: 中国人民解放军军队护理创新与培育专项培育项目[20240925]。

第一作者: 王琛, 女, 大学本科, 主管药师, 研究方向为中药临床药学, (电子信箱)604611046@qq.com。

[△]通信作者: 雷宁, 女, 博士研究生, 主管药师, 研究方向为天然药化、医院药事管理, (电子信箱)wangchen123@163.com。

Current Molecular Pharmacology, 2024, 17: e135222.

- [24] Yi L J, Li S, Hou A H, et al. Preliminary study of astragaloside IV on oxaliplatin-induced peripheral neurotoxicity in rats [J]. European Journal of Inflammation, 2022, 20: 1721727X221094157.
- [25] Ouyang L, Yang X Y, Wu J Y, et al. Electroacupuncture potentiates astragaloside IV cerebral delivery via P-glycoprotein-mediated transcellular transport: a novel blood-brain barrier penetration strategy for ischemic stroke therapy[J]. Brain and Behavior, 2025, 15(12): e71134.
- [26] He L, Sun J X, Miao Z L, et al. Astragaloside IV attenuates neuroinflammation and ameliorates cognitive impairment in Alzheimer's disease via inhibiting NF-κB signaling

pathway[J]. Heliyon, 2023, 9(2): e13411.

- [27] Wang T, Wu D Q, Wang P, et al. Astragaloside IV attenuates cisplatin-induced ototoxicity by preserving mitochondrial function and activating the Nrf2 signaling pathway [J]. Neurotoxicology, 2026, 114: 103451.
- [28] Liu X, Ding Y P, Jiang C X, et al. Astragaloside IV ameliorates radiation-induced nerve cell damage by activating the BDNF / TrkB signaling pathway [J]. Phytotherapy Research, 2023, 37(9): 4102-4116.
- [29] Liu Z H, Zhou Z P, Ai P, et al. Astragaloside IV attenuates ferroptosis after subarachnoid hemorrhage via Nrf2 / HO-1 signaling pathway [J]. Frontiers in Pharmacology, 2022, 13: 920726.

(收稿日期: 2025-06-09; 修回日期: 2026-04-21)

radiation sickness, hematopoietic dysfunction, immune disorders, and neurological damage. **Conclusion** Chinese herbal compound formula possess advantages of multi - component, multi - target, and holistic regulation in combating nuclear radiation injury, and hold promising application prospects. However, their mechanisms require further in - depth exploration, and high - quality clinical trials and standardized research should be promoted.

Key words: Chinese herbal compound formula; nuclear radiation injury; anti - nuclear radiation effects; prevention; treatment

核辐射对人体健康的威胁日益突出,尤其是在工业、医疗、科研及军事等领域,其潜在风险不容忽视。核辐射损伤通常包括直接损伤、间接损伤及诱导损伤,可破坏DNA、影响免疫系统功能,甚至导致细胞凋亡^[1]。因此,开发高效、安全的抗辐射药物已成为迫切需要。传统中医药历经数千年的发展,积累了丰富的疾病防治经验与理论体系。近年来,中药复方在抗辐射研究领域受到广泛关注,其安全性高、不良反应小的优点使其成为抗辐射药物研发的热点。本研究中通过文献回顾与分析,综述中药复方在预防及治疗核辐射损伤中的疗效及机制研究进展,以期为相关领域的研究提供参考。现报道如下。

1 中药复方概述

中药复方是指由两味或两味以上药味组成,有相对固定的加工方法及使用方法,并针对特定病证而设的方剂,是中医方剂体系的主体组成部分。在中医临床实践中,中药复方占据重要地位,其疗效常优于单味中药,通过合理的配伍,复方中各药味可发挥协同作用,从而增强整体疗效^[2-3]。

中药复方的组成常遵循“君臣佐使”原则,即君药起主导作用,臣药辅助君药,佐药协助君臣药并缓解其毒性,使药引导药物到达病所、调和药性^[4]。此外,中药复方还讲究药物性味的相配,以及药物之间的相互作用和禁忌,以确保药物的疗效和安全性^[5]。

2 核辐射损伤概述

核辐射属电离辐射,是指原子核在衰变或裂变过程中释放出的射线,包括 α 射线、 β 射线、 γ 射线及中子射线等^[6]。这些射线对人体组织细胞具有直接的损伤作用,可引起DNA断裂、蛋白质变性、酶失活等生物学效应,进而导致细胞功能丧失及机体损伤^[7]。

核辐射损伤主要发生在造血系统、免疫系统、生殖系统及消化系统等。造血系统是对电离辐射最敏感的器官之一,核辐射可抑制骨髓造血功能,导致全血细胞减少及贫血;免疫系统损伤表现为免疫细胞数量减少及功能下降,使机体易发生感染;生殖系统损伤可导致精子或卵子质量下降,增加不孕不育风险;消化系统损伤主要表现为肠道炎症及溃疡,严重时可导致肠道出血甚至穿孔^[8-9]。

核辐射损伤的机制复杂多样,主要包括直接损伤、

间接损伤和诱导损伤^[1]:1)直接损伤,高能辐射粒子直接穿过细胞及组织,破坏细胞内的化学键及生物分子,导致细胞结构和功能的损坏及凋亡;2)间接损伤,核辐射使水分子分解产生自由基,这些自由基可攻击细胞内的生物分子,如DNA和蛋白质,导致基因突变及细胞死亡;3)诱导损伤,核辐射导致细胞内的化学物质发生化学反应,产生有害的自由基及其他毒性物质,进一步破坏细胞和组织;4)另外,核辐射还会破坏细胞DNA,增加癌症及其他疾病的发生风险,同时削弱免疫系统功能,使个体更易感染疾病^[10-12]。

3 中药复方在预防和治疗核辐射损伤中的作用及机制

3.1 增强机体抗核辐射能力

中药复方可通过多种途径增强机体的抗核辐射能力。部分复方具有补气养血、滋阴生津的功效,能改善机体的营养状态,提高机体对核辐射损伤的耐受性。例如,人参、黄芪等中药可增强机体免疫功能,提高抵抗力,从而减少核辐射损伤的发生^[13-14]。

3.2 减轻核辐射引起的组织损伤

中药复方中的活性成分可减轻核辐射引起的组织损伤。部分成分具有抗氧化、抗炎、免疫功能调节及保护造血系统等作用,能保护细胞免受核辐射破坏。

抗氧化作用:核辐射损伤的主要机制之一是诱发大量自由基生成,增强机体氧化应激反应^[15]。中药复方通过其含有的多糖类(如黄芪多糖、当归多糖)、黄酮类及多酚类等多种活性成分发挥协同抗氧化作用。其中黄芪多糖能增强超氧化物歧化酶(SOD)及谷胱甘肽过氧化物酶(GSH - Px)活性,降低丙二醛(MDA)水平,减轻脂质过氧化反应,从而保护骨髓间充质干细胞的基因组稳定性并促进细胞修复;当归多糖则通过增强免疫调节功能及改善肠道微生态,协同维护肠道机械屏障完整性,缓解电离辐射对肠道的系统性损伤^[16-18]。此外,黄酮类及多酚类成分可直接清除自由基,通过减少自由基数量减轻氧化应激强度,形成多途径的细胞保护机制^[19-20]。

抗炎作用:核辐射损伤引发的炎性反应可加剧组织损伤及功能障碍^[21],而中药复方中的抗炎活性成分可通过多途径缓解此类病理过程。例如,阿魏酸不仅能保护十二指肠免受核辐射损伤,还能增强人脐静脉血管内皮细胞增殖能力,并对外周血淋巴细胞发挥核辐

射防护作用^[22];清热解毒类中药(如金银花、连翘)则通过清除照射早期血液中的毒性物质、提升免疫功能及延缓病毒介导的细胞病变实现保护效应^[23]。此外,中药复方中的挥发油类(薄荷油、藿香油)、生物碱类(黄连素、小檗碱)及苷类(甘草酸、柴胡苷)成分分别通过抑制炎性介质释放、调控炎性细胞活化或调节免疫细胞活性与炎症因子生成等机制,协同减轻炎症反应强度,从而降低辐射引发的组织损伤^[24-26]。

调节免疫功能:核辐射损伤可通过扰乱免疫系统功能增加感染风险,而中药复方中的补益类中药(如黄芪、人参等)能针对性调节免疫稳态。此类中药可提升核辐射后白细胞及淋巴细胞的转化效率,增强网状内皮系统吞噬能力,从而降低并发症发生风险^[13]。例如,人参皂苷可通过增加受照小鼠外周血白细胞、胸腺及脾细胞数量,缓解核辐射诱导的免疫器官萎缩^[27];当归、菟丝子等温性中药则通过保护脾脏造血系统及免疫系统功能发挥核辐射防护作用^[14,28-29]。此外,补益类中药成分中的多糖类(黄芪多糖、人参多糖)可促进免疫细胞增殖分化并增强其活性;苷类(柴胡苷、淫羊藿苷)可通过调控免疫信号通路优化细胞功能;氨基酸类(精氨酸、谷氨酰胺)则可为免疫细胞提供必需的营养支持,形成多层次免疫增强机制^[30-33]。

保护造血系统:核辐射损伤可诱发造血系统功能障碍,甚至引发再生障碍性贫血等严重疾病,中药复方中的多糖类成分(如黄芪多糖、当归多糖)通过多靶点机制发挥保护作用。黄芪多糖能缓解核辐射后骨髓间充质干细胞的G₁期辐射旁效应,促进其增殖及修复^[34];当归多糖则通过增强免疫力、改善肠道微生态及维护肠道屏障功能,间接减轻电离辐射对造血系统的损伤^[16,35]。此外,多糖类成分可促进骨髓细胞增殖分化,提升血细胞数量与质量;复方中的黄酮类、苷类等成分还能通过调控造血相关因子表达,协同增强骨髓功能,形成多层次造血系统保护体系^[16,36]。

3.3 促进损伤组织的修复

中药复方还能促进损伤组织的修复。部分复方具有活血化瘀、通络止痛的功效,能促进受损组织的血液循环,加速组织的修复和再生。例如,当归、川芎等中药中的活性成分能促进血管新生,增加血流量,从而加速损伤组织的修复^[37-38]。

4 经典中药复方

4.1 四物汤

四物汤(由熟地黄、当归、川芎、赤芍等药材组方)以补血调经为核心功效,其核辐射防护作用体现在对造血系统的多维度修复。动物实验显示,该方通过抑制

核辐射诱导的骨髓细胞DNA损伤,显著提升核辐射模型小鼠外周血红细胞、血小板水平,并激活骨髓微环境中Notch信号通路,促进造血干细胞自我更新能力,从而改善核辐射后贫血状态^[39]。

4.2 十全大补汤

十全大补汤(由人参、白术、茯苓等10味药材组方)通过多组分协同发挥核辐射防护效应。研究证实,该方可降低核辐射模型小鼠血清中肿瘤坏死因子- α (TNF- α)、白细胞介素6(IL-6)等炎症因子水平,减轻胸腺和脾脏的病理损伤。其活性成分人参皂苷Rg₁及黄芪甲苷可上调Bcl-2蛋白表达,抑制骨髓细胞凋亡,并通过激活磷脂酰肌醇3-激酶(PI3K)/蛋白激酶B(Akt)信号通路促进造血前体细胞向成熟血细胞分化^[40]。

4.3 八珍汤

八珍汤(由人参、白术、茯苓、炙甘草等药材及四物汤中的药材组方)以气血双补为特色,其核辐射防护机制涉及免疫-造血双向调节。该方不仅能提升核辐射模型小鼠T淋巴细胞亚群CD4⁺/CD8⁺及自然杀伤(NK)细胞活性,还能通过调控粒细胞集落刺激因子(G-CSF)、促红细胞生成素(EPO)等造血生长因子分泌,加速骨髓粒细胞-单核细胞集落形成,尤其对核辐射后血小板恢复具有显著促进作用^[41]。

4.4 养阴抗毒散

养阴抗毒散(由西洋参、沙参、紫草等药材组方)遵循“养阴解毒”策略缓解辐射损伤。研究发现,其有效成分紫草素可清除电离辐射产生的羟自由基,降低肝脏和肠道组织的8-羟基脱氧鸟苷(8-OHdG)氧化标志物水平。同时,该方通过上调核因子E2相关因子(Nrf2)增强抗氧化酶活性,并抑制Toll样受体4(TLR4)/核因子 κ B(NF- κ B)信号传导,阻断核辐射诱导的肠上皮细胞焦亡^[42]。

4.5 复方地甘口服液

复方地甘口服液(由熟地黄、炙甘草等药材组方)通过“补血益气”改善核辐射后造血-免疫失衡。实验表明,其地黄苷成分能激活Wnt/ β -连环蛋白(β -catenin)信号通路,促进造血干细胞进入增殖周期;甘草酸则通过抑制天冬氨酸特异性半胱氨酸蛋白酶3(Caspase-3)活性减少淋巴细胞凋亡,并调节1型辅助性T细胞(Th1)/2型辅助性T细胞(Th2)平衡,显著提升核辐射模型动物的迟发型超敏反应强度^[43]。

5 临床应用

5.1 急性放射病的预防及治疗

急性放射病是核辐射损伤的常见类型之一,主要表现为恶心、呕吐、腹泻、发热等症状。中药复方在急性

放射病的预防及治疗中效果显著。例如,补肾解毒方及加味麻杏石甘汤等复方,可通过清热解毒、益气养阴、凉血散瘀等作用,减轻急性放射病的症状,促进患者康复;补肾解毒方以六味地黄丸为基本组方,加入白花蛇舌草及冬虫夏草等药物,能清解火热毒邪,补肾壮阳,从而增强机体抗病能力;加味麻杏石甘汤则在麻杏石甘汤的基础上加入芍药、桑葚及金银花等药材,能减轻辐射所致的肺部纤维化,改善患者呼吸功能^[41-45]。

5.2 造血系统功能障碍的治疗

核辐射损伤可导致造血系统功能障碍,引发再生障碍性贫血等疾病。中药复方在造血系统功能障碍的治疗中效果显著。例如,当归补血汤、归脾汤等中药复方,可通过补益气血、健脾养心等作用,促进骨髓细胞的增殖和分化,增加血细胞的数量和质量,从而改善造血系统功能障碍;当归补血汤由当归和黄芪组方,能补益气血,促进骨髓细胞的增殖及分化;归脾汤则由白术、茯苓、黄芪等药材组方,能健脾养心,促进骨髓细胞的生长及发育^[16,35-36]。

5.3 免疫系统功能紊乱的调节

核辐射损伤可导致免疫系统功能紊乱,增加感染风险。中药复方在免疫系统功能紊乱的调节中效果显著。例如,人参养荣汤、玉屏风散等中药复方,可通过补益气血、固表止汗等作用,增强机体的免疫功能,减少感染并发症的发生;人参养荣汤由人参、白术、茯苓等药材组方,能补益气血,增强机体的抗病能力;玉屏风散由黄芪、白术、防风等药材组方,能固表止汗,增强机体防御能力^[13,28,46]。

5.4 神经系统损伤的治疗

核辐射损伤可导致神经系统损伤,引发神经衰弱、认知功能障碍等症状。中药复方在神经系统损伤的治疗中效果显著。例如,安神定志丸、天王补心丹等中药复方,可通过镇静安神、补益心脾等作用,改善神经衰弱、认知功能障碍等症状;安神定志丸由人参、茯苓、远志等药材组方,能镇静安神,改善神经衰弱等症状;天王补心丹则由人参、麦冬、丹参等药材组方,能补益心脾,改善认知功能障碍等症状^[47-48]。

6 讨论

中药复方作为中华民族的传统医学瑰宝,近年来在预防与治疗核辐射损伤领域展现出独特的优势与潜力。通过系列细胞及动物实验,发现多种中药复方能减轻核辐射诱导的组织损伤,并促进机体恢复,涉及抗氧化应激、调节免疫功能、促进DNA修复等多方面的作用机制^[49]。但中药复方在抗辐射领域的应用仍面临诸多挑战,亟需深入探讨。

中药复方抗核辐射效应具有多样性。1)通过抗氧化应激机制减轻核辐射引起的氧化损伤。核辐射暴露后,机体内产生大量自由基,引发脂质过氧化、蛋白质氧化及DNA损伤等连锁反应。中药中的多酚、黄酮、皂苷等成分具有较强的抗氧化能力,可清除自由基,保护细胞免受氧化应激损伤。例如,黄芪中的黄芪甲苷已被证实具有显著抗氧化活性,能减轻核辐射对细胞的损伤。2)通过调节免疫功能增强机体抗核辐射能力。核辐射不仅直接损伤细胞,还会影响免疫系统,导致免疫细胞数量减少、功能下降。中药复方中的多糖、苷类、生物碱等成分可调节免疫细胞的数量与功能,促进免疫因子分泌,从而增强免疫力,对抗核辐射引起的免疫抑制。如人参、灵芝等药材被报道能提升T淋巴细胞、B淋巴细胞的活性,促进免疫因子释放,有助于机体抵抗核辐射损伤^[50-51]。3)促进DNA损伤修复。核辐射引起的DNA损伤是细胞死亡与基因突变的主要原因之一。中药中的某些活性成分如枸杞多糖、黄芪多糖等被发现可增强DNA修复酶的活性,加速DNA损伤修复,减少细胞凋亡及基因突变^[52-53]。该机制对保护机体免受辐射引起的长期遗传效应具有重要意义。然而,尽管中药复方在抗核辐射损伤方面取得了显著进展,其作用机制仍需深入探索。特别是复方中各组分间的协同作用机制,以及这些组分如何与生物体内分子网络相互作用,尚需更多研究进一步阐明。此外,中药复方的复杂成分也为其有效成分的提取与纯化带来挑战,影响药物的稳定性及质量控制。

当前,中药复方抗核辐射研究面临一系列问题及挑战。首先,尽管大量研究表明中药复方具有抗核辐射作用,但多集中于细胞及动物实验阶段,缺乏高质量药物临床试验数据支持。这使得中药复方的临床应用受限,难以直接指导临床实践。未来需开展更严谨、科学的药物临床试验,验证中药复方在预防与治疗核辐射损伤中的安全性及有效性。其次,对于接受放射治疗(简称放疗)或服用其他药物的核辐射损伤患者,中药复方可能存在药物相互作用,影响疗效或增加不良反应发生风险^[54]。因此,在中药复方应用前,必须充分研究其药物相互作用与安全性,确保临床用药安全。此外,由于中药复方成分复杂,有效成分提取与纯化难度大,影响药物稳定性与质量控制,不仅限制了其临床广泛应用,也削弱了抗核辐射效果。未来需研发更高效、低成本的中草药有效成分提取与纯化技术,提高药物纯度及稳定性,为标准化生产奠定基础。

针对上述问题,未来研究可从以下方面展开:第一,深入探索中药复方抗核辐射的具体机制,尤其是

复方中各组分的协同作用机制。可借助现代分子生物学技术,如基因芯片、蛋白质组学、代谢组学等,系统解析中药复方的作用机制。第二,优化中药有效成分的提取及纯化工艺,提高药物纯度及稳定性,为中药复方的标准化生产创造条件,从而提升药物质量并推动临床应用。第三,开展高质量药物临床试验。通过设计严谨、科学的药物临床试验,验证中药复方在预防及治疗核辐射损伤中的安全性及有效性,为中药在核应急医学中的应用提供科学依据。第四,加强中药复方与其他药物相互作用的研究,评估其安全性,为临床合理用药提供参考。第五,基于中药复方中的活性成分,开发具有明确作用机制、高效低毒的抗核辐射新药,以满足临床对新型抗核辐射药物的需求。

综上所述,中药复方在预防与治疗核辐射损伤方面展现出独特优势,但仍面临诸多挑战与问题。未来通过跨学科合作、技术创新及深入研究,有望克服这些难题,推动中药复方在核应急医学领域的广泛应用。同时,也应认识到中药复方抗辐射研究的复杂性及长期性,不断探索与创新,以期在该领域取得更多突破与进展。

参考文献

- [1] Brabcová K P, Jamborová Z, Michaelidesová A, et al. RADIATION - INDUCED PLASMID DNA DAMAGE: EFFECT OF CONCENTRATION AND LENGTH [J]. Radiat Prot Dosimetry, 2019, 186 (2 - 3): 168 - 171.
- [2] Zhao L, Zhang H, Li N, et al. Network pharmacology, a promising approach to reveal the pharmacology mechanism of Chinese medicine formula [J]. J Ethnopharmacol, 2023, 309: 116306.
- [3] 陈可冀. 关于复方中成药的临床应用与研究[J]. 中国中西医结合杂志, 2004, 24(4): 293.
- [4] 宇磊, 李艳娟, 李艳芹, 等. 中药复方配伍机制研究方法 / 策略进展[J]. 中国药房, 2023, 34(11): 1393 - 1398.
- [5] 周远, 苏式兵. 中药复方配伍的研究方法及其进展[J]. 中国实验方剂学杂志, 2019, 25(23): 202 - 208.
- [6] Bolus NE. Basic Review of Radiation Biology and Terminology[J]. J Nucl Med Technol, 2017, 45(4): 259 - 264.
- [7] 马密霞, 张静, 葛绍捷, 等. 放射性物质对食品和人体的危害及防护研究[J]. 中外食品工业, 2024(5): 13 - 15.
- [8] Stewart F A, Akleyev A V, Hauer - Jensen M, et al. ICRP publication 118: ICRP statement on tissue reactions and early and late effects of radiation in normal tissues and organs — threshold doses for tissue reactions in a radiation protection context[J]. Ann ICRP, 2012, 41(1 - 2): 1 - 322.
- [9] Wei Y Y, Gong Y Q, Wei S, et al. Protection of the hematopoietic system against radiation - induced damage: drugs, mechanisms, and developments[J]. Arch Pharm Res, 2022, 45(8): 558 - 571.
- [10] Citrin D E, Mitchell J B. Mechanisms of Normal Tissue Injury From Irradiation[J]. Semin Radiat Oncol, 2017, 27(4): 316 - 324.
- [11] Lumniczky K, Impens N, Armengol G, et al. Low dose ionizing radiation effects on the immune system[J]. Environ Int, 2021, 149: 106212.
- [12] Reisz J A, Bansal N, Qian J, et al. Effects of ionizing radiation on biological molecules — mechanisms of damage and emerging methods of detection [J]. Antioxid Redox Signal, 2014, 21(2): 260 - 292.
- [13] 裴凤锦, 彭代银. 中药抗辐射作用的研究进展[J]. 安徽医药, 2011, 15(7): 902 - 905.
- [14] 辛佳芸, 魏艳平, 丁倩倩, 等. 中药抗辐射活性成分及其作用机制研究进展[J]. 中华中医药学刊, 2023, 41(7): 166 - 172.
- [15] 刘剑英, 尚伟华, 马得勋, 等. 长期低剂量核辐射接触人员机体相关指标变化[J]. 中国辐射卫生, 2023, 32(2): 167 - 170.
- [16] 孔惠敏, 苏伟青, 叶红, 等. 当归补血汤及其主要成分对骨髓抑制小鼠的抗造血细胞凋亡的研究[J]. 中国实验血液学杂志, 2022, 30(6): 1679 - 1687.
- [17] 周金星, 靳二辉, 刘文举, 等. 复方中药制剂对 SD 大鼠血清抗氧化功能的影响[J]. 浙江农业学报, 2017, 29(5): 737 - 743.
- [18] Nai J J, Zhang C, Shao H L, et al. Extraction, structure, pharmacological activities and drug carrier applications of Angelica sinensis polysaccharide [J]. Int J Biol Macromol, 2021, 183: 2337 - 2353.
- [19] 张慧, 张云, 房燕茹, 等. 植物黄酮类化合物的药理活性研究进展[J]. 石化技术, 2017, 24(6): 211.
- [20] Ma P P, Wang Z Z. Density Functional Theory Study on Antioxidant Activity of Three Polyphenols [J]. J Fluoresc, 2023, 33(3): 933 - 944.
- [21] Yahyapour R, Amini P, Rezapour S, et al. Radiation - induced inflammation and autoimmune diseases [J]. Mil Med Res, 2018, 5(1): 9.
- [22] Zhang X M, Zhang H Y, Huang M Y, et al. Ferulic Acid Interferes with Radioactive Intestinal Injury Through the DJ - 1 - Nrf2 and Sirt1 - NF - κ B - NLRP3 Pathways [J]. Molecules, 2024, 29(21): 5072.
- [23] 周礼杰, 张建锋, 侯晓杰, 等. 银黄制剂化学成分、药理作用和临床应用的研究进展及质量标志物的预测分析[J]. 中国抗生素杂志, 2025, 50(11): 1258 - 1268.
- [24] 詹妮, 卢丹, 李平亚. 中草药的抗炎作用成分及其机制[J]. 中国医药指南, 2010, 8(20): 224 - 226.
- [25] 陈美琳, 李芝奇, 范琦琦, 等. 小檗碱药理作用及其相关作用机制研究进展[J]. 中草药, 2022, 53(18): 5861 - 5872.
- [26] Chen K, Yang R, Shen F Q, et al. Advances in Pharmacological Activities and Mechanisms of Glycyrrhizic Acid[J]. Curr Med Chem, 2020, 27(36): 6219 - 6243.
- [27] 杨珊, 赵暖暖, 杨鑫, 等. 人参活性成分及药理作用研究进展[J]. 中医药导报, 2023, 29(1): 105 - 107.

- [28] 刘艳梅, 庞来祥, 寻园, 等. 当归补血汤抗辐射作用研究[J]. 中医药信息, 2011, 28(6): 61-62.
- [29] 王雷, 孙晓艳, 吕衍民, 等. 菟丝子对辐射损伤后小鼠 Treg/Th17 亚群影响[J]. 中华肿瘤防治杂志, 2017, 24(23): 1624-1628.
- [30] 吕嘉璐, 霍燕菊, 张翼. 中药多糖药理活性最新研究进展[J]. 化学试剂, 2025, 47(1): 1-8.
- [31] Zeng P J, Li J, Chen Y L, et al. The structures and biological functions of polysaccharides from traditional Chinese herbs[J]. Prog Mol Biol Transl Sci, 2019, 163: 423-444.
- [32] El - Shitany N A, Eid B G. Icaritin modulates carrageenan - induced acute inflammation through HO - 1 / Nrf2 and NF - κ B signaling pathways[J]. Biomed Pharmacother, 2019, 120: 109567.
- [33] Nitz K, Lacy M, Atzler D. Amino Acids and Their Metabolism in Atherosclerosis[J]. Arterioscler Thromb Vasc Biol, 2019, 39(3): 319-330.
- [34] 魏孔熙, 刘永琦, 李洋洋, 等. 黄芪多糖对 X 线辐射骨髓间充质干细胞成脂分化的影响[J]. 西安交通大学学报(医学版), 2020, 41(2): 304-308.
- [35] 张利英, 卢志伟, 许小敏, 等. 当归多糖对辐射诱发 SD 大鼠肠道屏障损伤的防护作用研究[J]. 时珍国医国药, 2020, 31(12): 2847-2850.
- [36] 卫守喆, 刘伟, 杨宏昕. 沙棘黄酮对辐射损伤小鼠造血系统的保护作用及其机制[J]. 山西医科大学学报, 2021, 52(1): 93-96.
- [37] Zhang M T, Geng W, Guan X Q, et al. Antioxidant and anti-inflammatory effects of different ratios and preparations of Angelica sinensis and chuanxiong rhizoma extracts [J]. J Ethnopharmacol, 2024, 334: 118559.
- [38] Wang Q, Yang J, Lei Y, et al. Effects of extracts from Renshen (Radix Ginseng), Sanqi (Radix Notoginseng), and Chuanxiong (Rhizoma Chuanxiong) on F - actin in senescent microvascular endothelial cells[J]. J Tradit Chin Med, 2020, 40(3): 376-385.
- [39] 刘俊杰, 郭平. 四物汤与 JAK2 - STAT5 信号通路对造血功能调控的研究进展[J]. 中医学报, 2019, 34(5): 950-954.
- [40] 石娅萍, 祝彼得, 黄茜, 等. 十全大补汤配方颗粒对骨髓抑制小鼠外周血及促红细胞生成素的影响[J]. 检验医学与临床, 2009, 6(15): 1221-1223.
- [41] 黄茜, 祝彼得, 石娅萍, 等. 八珍汤对骨髓损伤小鼠脾脏指数外周血象及骨髓造血组织面积影响的实验研究[J]. 现代医药卫生, 2012, 28(8): 1123-1125.
- [42] 陆原, 陈达灿, 侯军峰, 等. 养阴抗毒散对 X 线照射小鼠抗氧化能力的影响[J]. 浙江中医学院学报, 2005, 29(4): 52-53.
- [43] 何东初, 吴江平, 陈如泉. 中药复方地甘口服液对辐射损伤小鼠骨髓细胞周期素基因及造血干细胞和基质细胞黏附分子的干预效应[J]. 中国临床康复, 2005, 9(46): 138-140.
- [44] 林胜友, 谢磊, 钟亚珍. 加味麻杏石甘汤对急性放射性肺损伤 TGF - β / Smad 信号通路的影响[J]. 中华中医药杂志, 2015, 30(11): 4117-4119.
- [45] Yan Z Q, Yin B F, Wang Y G, et al. Therapeutic mechanism of Liangxue - Guyuan - Yishen decoction on intestinal stem cells and tight junction proteins in gastrointestinal acute radiation syndrome rats[J]. J Radiat Res, 2023, 64(6): 880-892.
- [46] 叶震中, 李世杰, 牛彩琴. 玉屏风散对肺癌细胞 PD - L1 表达及 T 细胞功能的影响[J]. 中成药, 2024, 46(6): 1850-1856.
- [47] 谢小路, 罗云. 安神定志丸治疗神经官能症的临床研究进展[J]. 保健医学研究与实践, 2022, 19(5): 156-160.
- [48] 张泰, 杨楠, 康琳, 等. 天王补心丹的临床和药理研究进展[J]. 中西医结合心脑血管病杂志, 2019, 17(18): 2765-2769.
- [49] 朱元兵, 王佳平, 李勇枝, 等. 中医药在辐射环境中的防护应用及研究进展[J]. 航天医学与医学工程, 2025, 36(4): 317-321.
- [50] 迟羽淳, 蒋鑫, 刘树民. 灵芝调节免疫系统疾病研究进展及质量标志物预测[J]. 中国现代应用药学, 2026, 43(1): 170-180.
- [51] 李静, 孙志远, 周铄, 等. 人参活性成分免疫调节作用机制及其在疾病治疗中应用的研究进展[J]. 应用化学, 2026, 43(2): 182-194.
- [52] 陈群, 刘家昌. 人参多糖、黄芪多糖、枸杞多糖的研究进展[J]. 淮南师范学院学报, 2001, 3(2): 39-41.
- [53] 房宇, 刘尧. 黄芪的免疫调节作用研究进展[J]. 亚太传统医药, 2012, 8(7): 208-209.
- [54] 孙阳, 周钱梅, 苏式兵. 中药配伍对癌症治疗的研究进展[J]. 世界中西医结合杂志, 2015(10): 1476-1480.

(收稿日期: 2025-03-24; 修回日期: 2025-12-29)

中国科技核心期刊 中国科技论文统计源期刊

《中国药业》杂志 欢迎投稿! 欢迎订阅!

邮发代号: 78-130, 各地邮局均可订阅; 补订、破月订可向本刊办理。电话兼传真: (023) 86592565

网上投稿: <http://www.zhongguoyaoe023.com> 或中国药业在线投稿系统