

· 实验技术 ·

白术提取物调节小鼠免疫功能研究

姚佳丽, 张娟, 业康, 黄晶晶, 孙健, 金祖汉, 周丹英

浙江省中药研究所有限公司, 浙江 杭州 310023

摘要: 目的 分析白术提取物对小鼠免疫功能的调节作用, 为白术调节免疫功能的机制研究提供参考。方法 48只SPF级健康雄性ICR小鼠按体重随机分为对照组和低(0.5 g/kg)、中(2.0 g/kg)、高(4.0 g/kg)剂量组, 每组12只, 对照组小鼠每日予纯净水灌胃1次, 各剂量组小鼠每日予相应剂量白术提取物灌胃1次, 连续28 d进行迟发性变态反应试验。60只SPF级健康雄性ICR小鼠按体重随机分为对照组、聚肌胞苷酸注射组(模型组)和低、中、高剂量组, 每组12只, 对照组小鼠每日予纯净水灌胃1次, 各剂量组小鼠每日予相应剂量白术提取物灌胃1次, 连续14 d, 给药13、14 d时模型组和各剂量组小鼠腹腔注射无菌聚肌胞苷酸溶液进行聚肌胞苷酸诱导小鼠免疫力降低实验。处死后, 取小鼠耳片称重; 取小鼠胸腺和脾称重并进行病理学检测, 计算病理评分; 取外周血进行血细胞和T淋巴细胞检测。结果 各组小鼠摄食与活动能力正常, 生长状态良好, 均未观察到异常。迟发性变态反应试验中, 与对照组比较, 低、中、高剂量组小鼠耳肿胀度和耳肿胀率较高, 中剂量组小鼠外周血白细胞计数较高, 低、中剂量组小鼠淋巴细胞绝对值较高(均P<0.05)。聚肌胞苷酸诱导小鼠免疫力降低实验中, 与对照组比较, 模型组小鼠胸腺和脾病理评分较高(均P<0.05); 与模型组比较, 高剂量组小鼠胸腺病理评分较低(P<0.05), 小鼠胸腺皮质与髓质分界改善。结论 白术提取物可提高小鼠耳肿胀度, 增加外周血白细胞计数; 高剂量白术提取物可改善聚肌胞苷酸诱导的胸腺损伤, 具有免疫调节作用。

关键词: 白术; 免疫调节; 迟发性变态反应试验; 聚肌胞苷酸诱导小鼠免疫力降低实验

中图分类号: R285.5

文献标识码: A

文章编号: 2096-5087(2025)09-0968-05

Effect of *Atractylodes macrocephala* Koidz. extract on regulating immune function in mice

YAO Jiali, ZHANG Juan, YE Kang, HUANG Jingjing, SUN Jian, JIN Zuhuan, ZHOU Danying

Zhejiang Research Institute of Traditional Chinese Medicine Co., Ltd., Hangzhou, Zhejiang 310023, China

Abstract: Objective To analyze the regulatory effect of *Atractylodes macrocephala* Koidz. extract on the immune function of mice, so as to provide a reference for the study of the mechanism of *Atractylodes macrocephala* Koidz. regulating immune function. **Methods** Forty-eight SPF healthy male ICR mice were randomly divided into control group and low(0.5 g/kg), medium(2.0 g/kg), and high(4.0 g/kg) dose groups, with 12 mice in each group. The mice in control group were given the pure water by gavage once a day, while the mice in each dose group were given the corresponding dose of *Atractylodes macrocephala* Koidz. extract by gavage once a day. The delayed allergy test was performed for 28 consecutive days. Sixty SPF healthy male ICR mice were randomly divided into a control group, polyinosinic acid injection group(model group), and low, medium, and high dose groups, with 12 mice in each group. The mice in control group were given the pure water by gavage once a day, while the mice in each dose group were given the corresponding dose of *Atractylodes macrocephala* Koidz. extract by gavage once a day for 14 consecutive days. On days 13 and 14 of administration, the mice in the model group and each dose group were intraperitoneally injected with sterile polyinosinic acid solution to perform the immunosuppressive experiment induced by polyinosinic acid. The mouse ear pieces were

DOI: 10.19485/j.cnki.issn2096-5087.2025.09.022

基金项目: 浙江省中药材新品种选育重大科技专项项目(2021C02074);

浙江省中医药现代化专项项目(2022ZX003)

作者简介: 姚佳丽, 硕士, 助理工程师, 主要从事中药新药、中药

保健品等药理和毒理研究工作

通信作者: 周丹英, E-mail: 471861007@qq.com

weighed, and the thymus and spleen of the mice were weighed and stained with HE to calculate the pathological scores. Peripheral blood was collected for blood cell detection and T cell classification. **Results** Mice in each group had normal feeding, activity, and growth status, and no abnormality was observed. In the delayed allergy test, compared with the control group, the degree and rate of ear swelling in the low, medium and high dose groups were higher, the white blood cell count in the medium dose group was higher, and the absolute values of lymphocytes in the low and medium dose groups were higher (all $P < 0.05$). Compared with the control group, the pathological scores of the thymus and spleen in the model group were higher (both $P < 0.05$). In the immunosuppressive experiments in mice induced by polyinosinic acid, compared with the model group, the pathological score of the thymus in the high dose group was lower ($P < 0.05$), and the boundary between the thymus cortex and medulla was improved. **Conclusions** *Atractylodes macrocephala* Koidz. extract can increase the degree of ear swelling and peripheral blood white blood cell count in mice. High dose of *Atractylodes macrocephala* Koidz. extract can improve the thymus injury induced by polyinosinic acid, and has an immunomodulatory effect.

Keywords: *Atractylodes macrocephala* Koidz.; immunomodulation; delayed allergy test; immunosuppressive experiments in mice induced by polyinosinic acid

近年来,免疫性疾病的发生率逐年增长,可能与社会节奏加快导致慢性压力,生态环境和生活行为改变等有关^[1-3],增强免疫力是疾病预防与维持健康的重要手段^[4]。研究表明,黄芪、蒲公英和大青叶等中药可通过多层次、多途径和多靶点作用于机体,提高机体免疫力^[5-6]。白术是菊科草本植物白术的干燥根茎,是“浙八味”药材之一^[7]。白术味苦甘,性温,归脾胃经,具有燥湿利水、健脾益气、安胎和止汗功效,主治水肿、脾虚食少和痰饮眩悸等^[8]。现代药理学研究表明,白术提取物中的活性成分可通过多靶点、多途径调节机体免疫功能,具有抗炎、抗肿瘤等功能^[9]。本研究分析白术提取物对小鼠免疫功能的调节作用,为白术调节免疫功能的机制研究提供参考。

1 材料与方法

1.1 试剂与仪器

白术饮片由杭州华东中药饮片有限公司提供,批号为 20220512。二硝基氯苯购自 Fluorochem 公司,批号为 FCB037434;聚肌胞苷酸购自湖北威德利化学试剂有限公司,批号为 HBW230608;流式细胞术荧光抗体购自美国 BD 公司,批号为 1349586 (CD3)、0143017 (CD4) 和 1144955 (CD8)。SPX6201 型动物体重天平购自奥豪斯仪器(常州)有限公司;ME204 型分析天平购自 mettler toledo 公司;XT-2000i 型全自动血液分析仪购自日本 Sysmex 公司;C6 plus 型流式细胞仪购自美国 BD 公司;ASP200S 型智能脱水机、XL 型自动玻片染色机、DM4000 型生物荧光显微镜、HI-1210 型摊片机、HI-1220 型烘片机和 M2235 型轮转式切片机均购自德国徕卡公司。

1.2 实验动物

108 只 SPF 级健康雄性 ICR 小鼠,体重 16~18 g,购自杭州医学院实验动物中心,动物质量合格证号为 20230831Abbz0100018214、20231113Abzz0100018484。饲养于清洁级动物房内,温度 20~26 ℃,相对湿度 40%~70%,光照明暗交替各 12 h,通风≥15 次/h。实验动物使用许可证号为 SYXK(浙)2023-0025,本研究通过浙江省中药研究所有限公司伦理委员会审查(20230009)。

1.3 方法

1.3.1 试剂提取与配制

白术饮片水煎煮提取 2 次,每次 6 倍量水,提取时间 1 h,药液减压浓缩 (65 ℃, -0.07~-0.09 Mpa),每 1.5 mL 浓缩药液相当于 1 g 饮片,取浓缩药液,以硫酸苯酚法测定其多糖含量为 0.065 g/mL。10 mg/mL 二硝基氯苯溶液新鲜配制,称取二硝基氯苯 50 mg,置于清洁干燥小瓶中,将预先配好的 5 mL 丙酮麻油溶液(丙酮:麻油=1:1)倒入小瓶,盖好瓶塞并用胶布密封混匀,使用 250 μL 注射器通过瓶盖取用。

1.3.2 分组

小鼠迟发性变态反应试验:48 只 ICR 小鼠根据体重随机分为对照组和低、中、高剂量组,每组 12 只,连续给药 28 d。聚肌胞苷酸诱导小鼠免疫力降低实验:60 只 ICR 小鼠根据体重随机分为对照组、聚肌胞苷酸注射模型组(模型组)和低、中、高剂量组,每组 12 只,连续给药 14 d。

根据《中华人民共和国药典(2020 年版)》^[8]中白术成人每日推荐用量,60 kg 成人体重换算给药剂量为 0.1~0.2 g/kg,小鼠折算比例以 9.1 倍计算,小鼠给药剂量为 0.91~1.82 g/kg,设低剂量为 0.5 g/kg,

中剂量为 2.0 g/kg, 高剂量为 4.0 g/kg, 每日同时间 (9: 00—10: 00) 经口灌胃给药 1 次。对照组小鼠每日予等量纯净水灌胃 1 次。

1.3.3 干预与处理

小鼠迟发性变态反应试验: 连续给药 23 d 后每只小鼠腹部皮肤 (3 cm×3 cm) 脱毛, 用二硝基氯苯溶液 (50 μL) 均匀涂抹致敏; 5 d 后, 用 10 μL 二硝基氯苯溶液均匀涂抹于小鼠右耳进行攻击, 攻击 24 h 后眼眶内眦取血于抗凝管中摇匀, 后续进行外周血血细胞分析。小鼠称重后颈椎脱臼处死, 取下其左右耳壳, 用打孔器取下直径 7 mm 小鼠耳片并称重; 取胸腺、脾称重, 观察其形态并计算脏器指数, 脏器指数 (mg/g) = 脏器重量 (mg) / 小鼠体重 (g); 取部分胸腺和脾置于 10% 福尔马林溶液中, 用于病理学检测。迟发性变态反应程度用耳肿胀度 (左右耳重量之差) 与耳肿胀率表示, 耳肿胀率 (%) = (右耳重量 - 左耳重量) / 左耳重量 × 100%。若对照组的重量差值低于各剂量组, 判定该项试验结果阳性。

聚肌胞苷酸诱导小鼠免疫力降低实验: 在给药 13、14 d 时模型组和各剂量组腹腔注射 1.6 mg/mL 的无菌聚肌胞苷酸溶液 16 mg/kg。末次给药 24 h 后, 小鼠称重后眼眶内眦取血用于外周血 T 淋巴细胞 (T 细胞) 分析; 颈椎脱臼处死后取胸腺、脾称重, 观察其形态并计算脏器指数, 使用 10% 福尔马林溶液固定部分胸腺, 用于病理学检测。与对照组相比, 模型组和各剂量组小鼠胸腺指数下降, 表示造模成功。

1.3.4 外周血血细胞检测

使用血液分析仪检测小鼠白细胞计数 (white blood cell, WBC)、中性粒细胞绝对值 (neutrophil absolute count, NEUT)、淋巴细胞绝对值 (lymphocyte absolute count, LYMPH)、单核细胞绝对值 (monocyte absolute count, MONO) 和嗜酸性粒细胞绝对值 (eosinophil absolute count, EO)。

1.3.5 病理学检测

胸腺和脾置于 10% 福尔马林溶液固定 1 周后经取材、脱水、包埋和切片制作成石蜡切片 (厚度 5 μm), 梯度脱蜡后进行苏木精-伊红染色, 中性树脂封片。由病理研究人员专人盲法阅片, 6 个视野阅片平均分为最终病理评分。参考《大鼠和小鼠病理变化术语及诊断标准的国际规范》^[10] 进行病变程度分级评分, 正常为 0 分, 极轻微病变为 1 分, 轻微病变为 2 分, 中等病变为 3 分, 严重病变为 4 分, 非常严重病变为 5 分。

1.3.6 外周血 T 细胞检测

取 100 μL 抗凝血, 加入 CD3、CD4 和 CD8 荧光抗体, 充分混匀, 室温避光孵育 15 min, 孵育结束后加入 1 mL 红细胞裂解液, 混匀, 室温避光处理 15 min, 500 ×g 离心 5 min, 弃上清液; 加入 1 mL 常温无菌磷酸盐缓冲溶液清洗 1 次, 500 ×g 离心 5 min, 弃上清液, 加入 0.5 mL 常温无菌磷酸盐缓冲溶液重悬后使用流式细胞仪检测外周血 T 细胞。

1.4 统计分析

采用 Jamovi 2.6.13 软件统计分析。定量资料服从正态分布的采用均数±标准差 ($\bar{x}\pm s$) 描述, 组间比较采用单因素方差分析, 两两比较采用 Dunnett-*t* 检验。检验水准 $\alpha=0.05$ 。

2 结 果

2.1 小鼠迟发性变态反应试验

2.1.1 小鼠脏器指数和耳肿胀结果

各组小鼠摄食与活动能力正常, 生长状态良好, 均未观察到异常。给药结束后, 4 组小鼠胸腺指数差异无统计学意义 ($P>0.05$)。4 组小鼠脾指数差异有统计学意义 ($P<0.05$); 两两比较结果显示, 与中剂量组相比, 高剂量组小鼠脾指数较低 ($P<0.05$)。4 组小鼠耳肿胀度差异有统计学意义 ($P<0.05$); 两两比较结果显示, 与对照组相比, 低、中、高剂量组小鼠耳肿胀度较高 (均 $P<0.05$)。4 组小鼠耳肿胀率差异有统计学意义 ($P<0.05$); 两两比较结果显示, 与对照组相比, 低、中、高剂量组小鼠耳肿胀率较高 (均 $P<0.05$)。见表 1。

表 1 4 组小鼠脏器指数、耳肿胀度和耳肿胀率比较

Table 1 Comparison of organ index, ear swelling degrees and ear swelling rates among four groups of mice

组别	胸腺指数/ (mg/g)	脾指数/ (mg/g)	耳肿胀度/ mg	耳肿胀 率/%
对照组	1.73±0.46	3.45±0.83	2.89±0.62	26.80±7.11
低剂量组	1.54±0.38	3.28±0.88	4.87±1.54 ^①	47.23±15.11 ^①
中剂量组	1.46±0.32	3.77±0.61	4.37±1.10 ^①	41.63±12.19 ^①
高剂量组	1.55±0.27	2.94±0.41	5.51±1.32 ^①	54.18±14.86 ^①
<i>F</i> 值	1.199	2.887	8.723	8.348
<i>P</i> 值	0.321	0.046	<0.001	<0.001

注: ^①表示与对照组比较, $P<0.05$ 。

2.1.2 小鼠外周血血细胞分析

4 组小鼠 WBC 差异有统计学意义 ($P<0.05$);

两两比较结果显示,与对照组相比,中剂量组小鼠 WBC 较高 ($P<0.05$)。4 组小鼠 LYMPH 差异有统计学意义 ($P<0.05$); 两两比较结果显示,与对照组相比,低、中剂量组小鼠 LYMPH 较高 (均 $P<0.05$)。4 组小鼠 NEUT、MONO 和 EO 差异有统计学意义 (均 $P<0.05$)。见表 2。

表 2 4 组小鼠外周血细胞比较 ($10^3/\mu\text{L}$)

Table 2 Comparison of blood cell in peripheral blood among four groups of mice ($10^3/\mu\text{L}$)

组别	WBC	NEUT	LYMPH	MONO	EO
对照组	3.67±0.96	0.91±0.24	2.60±0.79	0.08±0.03	0.08±0.03
低剂量组	5.07±1.37	0.85±0.40	4.04±1.09 ^①	0.12±0.05	0.07±0.02
中剂量组	5.66±1.74 ^①	0.93±0.23	4.11±1.22 ^①	0.15±0.08	0.07±0.03
高剂量组	6.94±3.27	1.98±1.19	4.56±2.17	0.27±0.23	0.13±0.08
<i>F</i> 值	4.777	7.218	3.868	4.434	4.145
<i>P</i> 值	0.007	0.001	0.017	0.009	0.013

注: ^①表示与对照组比较, $P<0.05$ 。

2.1.3 小鼠胸腺和脾病理学结果

对照组小鼠胸腺组织皮质与髓质分界清晰,皮质中胸腺细胞排列紧密,可见大量淋巴细胞,髓质中胸腺上皮细胞与胸腺小体上皮细胞清晰可见。与对照组相比,各剂量组小鼠白髓中淋巴细胞数量稠密,有所增加,排列有序,无病变表现。红髓中脾索与脾血窦无异常。脾病理学结果显示,对照组与各剂量组小鼠脾病变程度均在正常范围内,评分均为 0 分。

2.2 聚肌胞苷酸诱导小鼠免疫力降低实验

2.2.1 小鼠脏器指数和外周血 T 细胞分析

5 组小鼠胸腺指数差异有统计学意义 ($P<0.05$); 两两比较结果显示,与对照组相比,模型组和低、中剂量组小鼠胸腺指数较低 (均 $P<0.05$)。5 组小鼠脾指数差异有统计学意义 ($P<0.05$); 两两比较结果显示,与对照组相比,中剂量组小鼠脾指数较低 ($P<0.05$)。5 组小鼠 CD4⁺/CD8⁺T 细胞比值差异有统计学意义 ($P<0.05$); 两两比较结果显示,与对照组相比,高剂量组小鼠 CD4⁺/CD8⁺T 细胞比值较高 ($P<0.05$)。见表 3。

2.2.2 小鼠胸腺和脾病理评分

5 组小鼠胸腺病理评分有统计学意义 ($P<0.05$); 两两比较结果显示,与对照组相比,模型组和低、中、高剂量组小鼠胸腺病理评分较高 (均 $P<0.05$), 高剂量组小鼠胸腺病理评分低于模型组 ($P<0.05$)。模型组小鼠胸腺皮质与髓质分界不清晰,皮质中胸腺细胞数量减少,髓质出现深染情况,胸腺上皮细胞出现损伤,有炎症发生; 高剂量组小鼠胸腺皮质

与髓质分界较模型组有改善,髓质深染减轻,皮质胸腺细胞数量仍未恢复至对照组水平,未见明显炎症浸润。5 组小鼠脾病理评分差异有统计学意义 ($P<0.05$); 两两比较结果显示,与对照组相比,模型组和低、中、高剂量组小鼠脾病理评分较高 (均 $P<0.05$), 各剂量组小鼠脾病理评分与模型组差异无统计学意义 (均 $P>0.05$)。见表 4。模型组小鼠脾白髓与红髓细胞数量相对减少,白髓中淋巴细胞数量减少,红髓中脾索与脾血窦未见异常。

表 3 5 组小鼠脏器指数和外周血 T 细胞比较

Table 3 Comparison of organ index and peripheral blood T cell classification among five groups of mice

组别	胸腺指数/ (mg/g)	脾指数/ (mg/g)	CD4 ⁺ /CD8 ⁺ T 细胞比值
对照组	2.12±0.45	4.30±0.50	3.19±0.34
模型组	1.01±0.44 ^①	3.93±1.01	6.87±3.24
低剂量组	1.11±0.38 ^①	3.51±1.02	6.12±2.15
中剂量组	0.96±0.35 ^①	3.28±0.86 ^①	5.48±1.66
高剂量组	1.50±0.49	3.25±1.11	5.08±0.77 ^①
<i>F</i> 值	14.833	2.775	3.093
<i>P</i> 值	<0.001	0.038	0.034

注: ^①表示与对照组比较, $P<0.05$ 。

表 4 5 组小鼠胸腺和脾病理评分比较

Table 4 Comparison of pathological scores between thymus and spleen among five groups of mice

组别	胸腺病理评分	脾病理评分
对照组	0	0
模型组	3.67±0.82 ^①	2.17±0.75 ^①
低剂量组	2.50±0.55 ^①	2.00±0.63 ^①
中剂量组	2.17±0.75 ^①	2.00±0.63 ^①
高剂量组	2.00±0.63 ^①	1.83±0.41 ^①
<i>F</i> 值	27.284	15.924
<i>P</i> 值	<0.001	<0.001

注: ^①表示与对照组比较, $P<0.05$ 。

3 讨 论

本研究通过小鼠迟发性变态反应试验和聚肌胞苷酸诱导小鼠免疫力降低实验探讨白术提取物调节免疫功能的功效。研究结果表明,低、中、高剂量的白术提取物可提高小鼠免疫水平,高剂量白术提取物可以改善聚肌胞苷酸诱导的胸腺损伤。

低、中、高剂量白术提取物均可提高小鼠耳肿胀度和耳肿胀率,白术提取物能够增强由二硝基氯苯诱导产生的小鼠迟发性变态反应,提高小鼠机体免疫水

平。T 细胞介导的迟发性变态反应, 是反映 T 细胞功能的指标。在不致敏情况下, 二硝基氯苯对两耳几乎没有影响, 致敏后可以明显引起耳肿胀。中药类免疫增强剂可增加二硝基氯苯所致的迟发性变态反应, 对 T 细胞的功能有一定的促进作用^[11]。

外周血血细胞检测结果显示, 中剂量白术提取物可以提升小鼠 WBC; 低、中剂量白术提取物可以提高 LYMPH。白细胞是机体免疫系统的重要组成部分, 是抵御外来病原体入侵的关键防御机制^[12]; 而淋巴细胞主要参与机体免疫应答, 与机体的免疫力和防御力密切相关^[13]。以上结果表明白术提取物可提高小鼠机体免疫水平, 符合具有免疫调节药效的中药对小鼠迟发性变态反应试验的指标变化特征^[14]。

病理学结果显示, 高剂量组小鼠胸腺皮质与髓质分界较模型组有显著改善, 髓质深染减轻, 故高剂量白术提取物可改善聚肌胞苷酸诱导的胸腺损伤。这可能是由于白术多糖在适宜浓度下可通过 p38 丝裂原活化蛋白激酶信号通路促进免疫细胞的增殖, 从而促进胸腺发育, 进一步增强机体的免疫调节作用^[15]。

综上所述, 白术提取物可提升机体免疫水平, 高剂量白术提取物对聚肌胞苷酸诱导的胸腺组织损伤有改善作用, 有望作为免疫增强剂用于易感人群降低感染性疾病风险, 辅助防控免疫相关慢性病, 以及帮助肿瘤患者放化疗后提升免疫力、预防并发症。未来还需深入研究白术提取物发挥免疫调节作用的具体分子机制, 评估其在不同疾病模型和临床研究中的安全性与有效性。

参考文献

- BARRETT T J, CORR E M, VAN SOLINGEN C, et al.Chronic stress primes innate immune responses in mice and humans [J/OL].*Cell Rep*, 2021, 36 (10) [2025-08-22]. <https://doi.org/10.1016/j.celrep.2021.109595>.
- 赵乾秀, 白宇超, 白森, 等. 哺乳动物微塑料暴露的毒理机制研究进展 [J]. 预防医学, 2023, 35 (4): 303-306.
- ZHAO Q X, BAI Y C, BAI M, et al.Mechanisms underlying the toxicity of microplastics to mammals: a review [J].*China Prev Med J*, 2023, 35 (4): 303-306. (in Chinese)
- 陈靖, 黄渝杰, 颜源, 等. 免疫调节紊乱在职业紧张致动脉粥样硬化中的作用机制 [J]. 预防医学, 2024, 36 (12): 1049-1051.
- CHEN J, HUANG Y J, YAN Y, et al.Mechanism of immune regulation disorder in the development of atherosclerosis induced by occupational stress [J].*China Prev Med J*, 2024, 36 (12): 1049-1051. (in Chinese)
- 杨士娣, 刘常青, 宋力飞, 等. 铁皮石斛复合饮料的研制及其免疫调节作用研究 [J]. 食品安全质量检测学报, 2025, 16 (11): 292-299.
- YANG T D, LIU C Q, SONG L F, et al.Preparation of compound beverage by *Dendrobium officinale* and analysis of its immunomodulatory effect [J].*J Food Saf Qual*, 2025, 16 (11): 292-299. (in Chinese)
- 黄梅, 陈文超. 中医药提高机体免疫功能的研究进展 [J]. 医学综述, 2011, 17 (14): 2175-2177.
- HUANG M, CHEN W C.Research progress on improvement of the immune function by using traditional Chinese medicine [J].*Med Recapitul*, 2011, 17 (14): 2175-2177. (in Chinese)
- WANG S M, LONG S Q, DENG Z Y, et al.Positive role of Chinese herbal medicine in cancer immune regulation [J].*Am J Chin Med*, 2020, 48 (7): 1577-1592.
- 王泽, 阙灵, 王雪, 等. 经典名方中白术的本草考证 [J]. 中国食品药品监管, 2020 (7): 100-106, 123-124.
- WANG Z, QUE L, WANG X, et al.Herbal textual research on *Atractylodes macrocephala* in classical famous formulas [J].*China Food & Drug Adm Mag*, 2020 (7): 100-106, 123-124. (in Chinese)
- 国家药典委员会. 中华人民共和国药典 (2020 年版) [M]. 北京: 中国医药科技出版社, 2020.
- Chinese Pharmacopoeia Commission. *Pharmacopoeia of the People's Republic of China (2020 edition)* [M]. Beijing: China Medical Science and Technology Press, 2020. (in Chinese)
- BAILLY C.Atractylenolides, essential components of *Atractylodes*-based traditional herbal medicines: antioxidant, anti-inflammatory and anticancer properties [J/OL].*Eur J Pharmacol*, 2021, 891 [2025-08-22]. <https://doi.org/10.1016/j.ejphar.2020.173735>.
- MANN P C, VAHLE J, KEENAN C M, et al.International harmonization of toxicologic pathology nomenclature: an overview and review of basic principles [J].*Toxicol Pathol*, 2012, 40: 7-13.
- 范文彤. 黄芪多糖对小鼠免疫功能的药理学实验研究 [J]. 中国当代医药, 2018, 25 (3): 10-14.
- FAN W T.Experimental research on the pharmacological effects of astragalus polysaccharide on immune function in mice [J].*China Mod Med*, 2018, 25 (3): 10-14. (in Chinese)
- KELLER M F, REINER A P, OKADA Y, et al.Trans-ethnic meta-analysis of white blood cell phenotypes [J].*Hum Mol Genet*, 2014, 23 (25): 6944-6960.
- 谢珍, 张晨辉, 陆静娴, 等. 三叶青块根不同提取物抗胸腺萎缩药效研究 [J]. 中国现代应用药学, 2024, 41 (14): 1913-1920.
- XIE Z, ZHANG C H, LU J X, et al.Study on the anti-thymic atrophy effects of different extracts from root tubers of *Tetrastigma Hemsleyanum* Diels et. Gilg [J].*Chin J Mod Appl Pharm*, 2024, 41 (14): 1913-1920. (in Chinese)
- 周丹英, 张娟, 业康, 等. 鲜益母草提取物及其复方调节小鼠免疫力的药效研究 [J]. 海峡药学, 2023, 35 (2): 14-17.
- ZHOU D Y, ZHANG J, YE K, et al.Study on immune regulation of fresh *leonurus japonicus* extract and its compound in mice [J].*Strait Pharm J*, 2023, 35 (2): 14-17. (in Chinese)
- 张森, 豆晓霞, 刘晓东, 等. 白术多糖对动物免疫调节作用研究进展 [J]. 饲料工业, 2024, 45 (19): 20-25.
- ZHANG S, DOU X X, LIU X D, et al.Research progress of polysaccharide of *Atractylodes macrocephala* koidz.on immunoregulation in animals [J].*Feed Ind*, 2024, 45 (19): 20-25. (in Chinese)

收稿日期: 2025-05-08 修回日期: 2025-08-22 本文编辑: 郑敏