

广藿香醇的药理作用研究进展

刘雪环, 刘鲁冰, 刘传国, 刘慧敏, 李克杰*

山东中医药大学, 山东 济南 250355

摘要: 广藿香醇是一种三环倍半萜类化合物, 为广藿香挥发油中主要活性成分。广藿香醇具有抗炎、抗肿瘤、抗菌、抗病毒、抗氧化、免疫调节的药理活性, 同时在肺保护、心血管保护、神经保护以及抗糖尿病及其并发症方面表现出独特优势。总结了广藿香醇的药理作用研究进展, 旨在为广藿香醇的靶向药物设计和临床转化研究提供科学依据。

关键词: 广藿香醇; 抗炎; 抗肿瘤; 抗菌; 抗病毒; 抗氧化; 免疫调节; 肺保护; 心血管保护; 神经保护; 抗糖尿病

中图分类号: R285.5

文献标志码: A

文章编号: 1674-5515(2026)01-0225-07

DOI: 10.7501/j.issn.1674-5515.2026.01.037

Research progress on pharmacological effects of patchouli alcohol

LIU Xuehuan, LIU Lubing, LIU Chuanguo, LIU Huimin, LI Kejie

Shandong University of Traditional Chinese Medicine, Jinan 250355, China

Abstract: Patchouli alcohol is a tricyclic sesquiterpene compound and the primary active component in *Pogostemonis Herba* essential oil. The pharmacological activities of patchouli alcohol include anti-inflammatory, anti-tumor, antibacterial, antiviral, antioxidant, and immunomodulatory effects, while also demonstrating unique advantages in lung protection, cardiovascular protection, neuroprotection, and anti-diabetes as well as its complications. This article summarizes the research progress on the pharmacological effects of patchouli alcohol, aiming to provide scientific basis for the targeted drug design and clinical translation research of patchouli alcohol.

Key words: patchouli alcohol; anti-inflammatory effect; antitumor; antibacterial; antiviral; antioxidant; immunomodulatory effect; lung protection; cardiovascular protection; neuroprotection; anti-diabetes

广藿香醇(亦称百秋李醇)是一种三环倍半萜类化合物, 作为广藿香挥发油中主要活性成分具有重要的研究价值。研究表明, 广藿香醇具有抗炎、抗肿瘤、抗菌、抗病毒、抗氧化、免疫调节的药理活性, 同时在肺保护、心血管保护、神经保护以及抗糖尿病及其并发症方面表现出独特优势, 这些特性不仅拓展了广藿香醇在创新药物研发中的应用前景, 更为医药工业、功能性食品和健康产品开发提供了优质原料选择。本文总结了广藿香醇的药理作用研究进展, 旨在为广藿香醇的靶向药物设计和临床转化研究提供科学依据。

1 抗炎

研究表明, 广藿香醇通过调控关键炎症信号通路对多种炎症性疾病具有显著疗效。在脂多糖(LPS)

诱导的小鼠乳腺炎模型中, 广藿香醇(10、20、40 mg/kg)可通过抑制核因子- κ B(NF- κ B)信号通路降低促炎介质肿瘤坏死因子- α (TNF- α)、白细胞介素(IL)-6、IL-1 β 等炎症因子和 κ B抑制蛋白(I κ B)的磷酸化水平, 有效改善模型小鼠炎性反应程度、减轻LPS所致的乳腺组织病理损伤^[1]。Xie等^[2]研究发现, 广藿香醇对乙醇诱导胃溃疡大鼠具有保护作用。广藿香醇(10、20、40 mg/kg)单独或联合奥美拉唑可减少大鼠溃疡面积, 下调IL-6、TNF- α 水平, 并上调IL-10水平; 其体外实验进一步证实广藿香醇(75 mmol/L)可通过抑制LPS诱导RAW 264.7细胞中p38、细胞外信号调节激酶(ERK)和c-Jun氨基端激酶(JNK)磷酸化, 从而抑制丝裂原活化蛋白激酶(MAPK)信号通路活化, 进而抵抗

收稿日期: 2025-10-09

基金项目: 山东省自然科学基金项目(ZR2022MH181); 山东省中医药科技项目(M-2023267); 山东省医药卫生科技发展计划项目(202103070897)

作者简介: 刘雪环(1993—), 女, 山东济宁人, 讲师, 硕士, 从事中药理论与应用研究。E-mail: liuxh1993@163.com

*通信作者: 李克杰(1996—), 男, 山东济南人, 讲师, 硕士, 从事中药资源开发与品质评价研究。E-mail: 60019101@sducm.edu.cn

胃炎性损伤。Han 等^[3]将 20、40 mg/kg 广藿香醇作用于葡聚糖硫酸钠 (DSS) 诱导的溃疡性结肠炎模型小鼠 14 d, 发现其可显著抑制小鼠结肠组织 *IL-1 β* 、*TNF- α* 、趋化因子 CC 模体配体 5 (*CCL5*) mRNA 表达, 扭转小鼠结肠的炎症损伤。与此相似, Wang 等^[4]通过体内外实验证实广藿香醇对 DSS 诱发的溃疡性结肠炎具有明显的治疗作用, 并将该保护效应归因于 NF- κ B p65 核转位的抑制。此外, 胡聪等^[5]用广藿香醇 (16 mg/kg) 治疗关节炎小鼠 22 d, 发现其可明显降低小鼠关节肿胀度, 减轻关节组织中的炎性细胞浸润, 其作用机制可能与 NF- κ B 和 MAPK 通路的协同抑制密切相关。

2 抗肿瘤

2.1 抗前列腺癌

前列腺癌是一种具有高度异质性的恶性肿瘤, 严重威胁男性健康。尽管现有治疗方法多样, 但对疾病进展的干预效果仍不理想。近年来研究发现, 广藿香醇在前列腺癌中表现出多靶点调控潜力。Cai 等^[6]研究显示, 广藿香醇 (50、75、100 μ g/mL) 可显著增强前列腺癌 PC-3 和 DU145 细胞中裂解的半胱天冬酶 (Caspase) -3、B 细胞淋巴瘤-2 相关 X 蛋白 (Bax) 的表达, 并抑制 B 细胞淋巴瘤-2 (Bcl-2)、基质金属蛋白酶 (MMP) 和血管内皮生长因子的表达。进一步机制研究发现, 该作用主要通过抑制 NF- κ B 信号通路、上调髓细胞白血病因子-1 (Mcl-1) 表达实现, 提示广藿香醇可能通过调控 NF- κ B/Mcl-1 信号通路抑制肿瘤生长、增殖、迁移, 并诱导凋亡。Cai 等^[7]研究发现, 广藿香醇以时间和剂量相关方式抑制前列腺癌 PC-3 和 DU145 细胞中 G 蛋白偶联胆汁酸受体 1 (GPBAR1) 的表达, 进而阻断 GPBAR1/NF- κ B 信号通路, 影响肿瘤细胞增殖、凋亡、迁移和侵袭过程。此外, Zhai 等^[8]结合生物信息学分析和实验验证揭示广藿香醇可通过调控丝裂原活化 MAPK、磷脂酰肌醇 3-激酶 (PI3K)/蛋白激酶 B (Akt) 和肉瘤病毒癌基因同源蛋白 (Ras) 等关键信号通路影响脱氧胞苷激酶、丙酮酸激酶 M1/2 型、S100 钙结合蛋白 A10 等多个与前列腺癌进展相关的关键基因的表达。以上研究揭示了广藿香醇抑制前列腺癌的多通路作用机制, 为其进一步开发为潜在治疗药物提供了理论依据。

2.2 抗肺癌

肺癌是严重危害人类健康的恶性肿瘤, 其发病率、死亡率在各类肿瘤中高居首位。尽管化疗和靶

向治疗是晚期非小细胞肺癌的重要治疗手段, 但其多种不良反应严重影响患者的生存质量, 因此开发新型治疗策略具有重要临床意义。Yang 等^[9]用广藿香醇 (50、75、100 μ g/mL) 处理非小细胞肺癌 A549 细胞 48 h, 发现广藿香醇可通过降低微管相关蛋白 1 轻链 3 (LC3) -II/LC3-I 值、自噬关键分子酵母 Atg6 同系物 1 (beclin-1) 表达水平诱导细胞自噬。进一步的体内实验表明, 广藿香醇 (5、10、15 mg/kg) 能够促进 LC3 和 beclin-1 表达, 并抑制增殖细胞核抗原 (PCNA) 的表达, 从而触发皮下移植瘤模型中非小细胞肺癌细胞的自噬, 其作用机制与抑制 Akt/哺乳动物雷帕霉素靶蛋白 (mTOR) 信号通路相关。除调控细胞自噬外, Liang 等^[10]研究发现, 广藿香醇 (112、135 μ mol/L) 可通过激活活性氧 (ROS) 介导的 DNA 损伤引发非小细胞肺癌细胞 G₀/G₁ 期阻滞, 并通过上调 Bax/Caspase-9/Caspase-3 通路促进非小细胞肺癌细胞凋亡。值得注意的是, 广藿香醇与顺铂联用表现出协同抗肿瘤效应。综上所述, 广藿香醇可能通过诱导自噬、引起周期阻滞、促进凋亡等多维度机制抑制非小细胞肺癌进展, 展现出良好的抗肺癌潜力。

2.3 抗结肠癌

结肠癌是消化系统常见恶性肿瘤之一, 广藿香醇在其防治中显示出多方面的调控潜力。研究显示, 在 *Apc*^{Min/+} 结直肠癌小鼠模型中, 广藿香醇 (40 mg/kg) 干预可显著增强模型小鼠肠道上皮屏障功能, 促进 CD4⁺T 和 CD8⁺T 细胞活化, 并上调过氧化物酶体增殖物激活受体 γ (PPAR- γ) 和酪酪肽 (PYY) 表达, 从而有效抑制结直肠癌进展^[11]。Lee 等^[12]进一步证实, 广藿香醇 (25、50 mg/kg) 能显著降低 *Apc*^{Min/+} 小鼠结直肠肿瘤的发生率, 并将肿瘤细胞阻滞于 G₁ 期, 该作用可能通过激活 AMPK/Akt 信号通路实现。此外, Jeong 等^[13]利用广藿香醇 (50、75、100 μ mol/L) 处理人结肠癌细胞 HCT116 和 SW480 48 h 后, 发现其可通过剂量相关方式抑制组蛋白去乙酰化酶 2 (HDAC2) 活性, 下调原癌基因 *c-Myc* 表达, 并促进 NF- κ B 核转位, 最终诱导癌细胞周期阻滞和凋亡。以上结果表明, 广藿香醇在体内均表现出显著的抗结肠癌活性, 其作用涉及免疫调节、细胞周期阻滞和凋亡诱导等多重机制, 极有可能成为一种治疗结肠癌的潜在药物。

2.4 抗白血病

白血病是儿童常见的血液系统恶性肿瘤之一。

M2 型丙酮酸激酶 (PKM2) 作为糖酵解过程中的关键限速酶, 已成为肿瘤治疗的重要靶点^[14]。NF- κ B 在绝大多数癌细胞中广泛表达, 调控其活性对抑制肿瘤增殖、诱导凋亡具有重要的意义^[15]。杨雨婷^[16]探究了广藿香醇对急性髓系白血病的影响, 发现其在 25、50、100 $\mu\text{g/mL}$ 质量浓度下可通过调节 NF- κ B、磷酸化 PKM2 和 Caspase-3 表达水平有效抑制 MV4-11 细胞增殖, 并诱导细胞凋亡。可见广藿香醇可能是一种有前途的先导化合物, 值得进一步开发用于白血病的治疗。

3 抗菌

研究显示, 广藿香醇具有广谱抗菌活性, 能够通过多靶点机制抑制多种病原体。在抗幽门螺杆菌方面, Xu 等^[17]报道广藿香醇对 3 株标准菌株和 12 株临床分离株均具有显著抑制作用, 最低抑菌质量浓度范围分别为 25~75、12~50 $\mu\text{g/mL}$ 。进一步研究表明, 广藿香醇 (5、10、20 $\mu\text{g/mL}$) 干预可下调幽门螺杆菌黏附相关基因 *alpA*、*alpB* 和鞭毛相关基因 *fliA*、*fliB* 的表达, 其作用机制与抑制脲酶活性、减弱幽门螺杆菌运动能力、抑制幽门螺杆菌对胃上皮细胞的黏附有关。在抗真菌方面, 广藿香醇 (16、32、64 $\mu\text{g/mL}$) 能够质量浓度相关抑制白色念珠菌生物膜形成、黏附和酵母-菌丝形态转换, 该效应与 ROS 介导的细胞膜通透性增加和胞内氧化应激密切相关^[18]。此外, 广藿香醇对耐甲氧西林金黄色葡萄球菌亦表现出抗菌活性, 在 100、200 mg/kg 剂量下均能对耐甲氧西林金黄色葡萄球菌感染小鼠发挥有效保护作用^[19]。

4 抗病毒

广藿香醇在抗病毒方面也显示出重要潜力。Li 等^[20]研究发现, 广藿香醇 (20、40、80 mg/kg) 可通过免疫调节途径提高流感病毒感染小鼠的存活率, 具体表现为上调血清抗流感病毒抗体滴度和 CD3⁺、CD4⁺、CD8⁺T 细胞水平, 同时下调 TNF- α 、IL-10 和 IFN- γ 等炎症因子水平。魏晓露等^[21]进一步扩展了广藿香醇的抗病毒谱, 证实广藿香醇对甲型流感病毒、腺病毒和柯萨奇病毒均具抑制效果, IC₅₀ 值分别为 31.25、31.25、62.00 $\mu\text{g/mL}$, 其中对腺病毒的抑制作用最显著。Fan 等^[22]从分子层面探究了广藿香醇的抗流感病毒机制, 结果表明, 广藿香醇作为一种新型膜融合抑制剂能够通过阻断 HA2 蛋白介导的膜融合过程, 进而抑制病毒蛋白的表达。该结论与 Yu 等^[23]提出的广藿香醇可直接灭

活病毒颗粒并干扰吸附后早期阶段的机制相互印证, 为广藿香醇开发为抗流感药物提供了依据。

5 抗氧化

广藿香醇的抗氧化活性已在多种氧化应激相关疾病模型中得到验证。Liu 等^[24]通过建立热休克诱导的大鼠肠上皮细胞 (IEC-6) 氧化应激模型发现, 经广藿香醇 (10、40、80 ng/mL) 预处理后, IEC-6 细胞形态损伤明显减轻, 热休克蛋白 70 (HSP70) 表达下降, 超氧化物歧化酶 (SOD)、过氧化氢酶 (CAT) 和谷胱甘肽过氧化物酶 (GSH-Px) 活性降低, 同时 Kelch 样环氧氯丙烷相关蛋白-1 (*Keap1*) 和血红素加氧酶-1 (*HO-1*) mRNA 表达下调, 而核因子 E2 相关因子 2 (Nrf2) 和 HO-1 蛋白表达上调, 提示广藿香醇可能通过激活 Nrf2/Keap1 通路缓解热休克所致的氧化损伤。在乙醇诱导的急性肝损伤大鼠模型中, Xu 等^[25]报道广藿香醇 (10、20、40 mg/kg) 可有效抑制细胞色素 P450E1 (CYP2E1) 蛋白和 mRNA 表达, 增强 Nrf2、HO-1 蛋白和 mRNA 表达, 逆转模型大鼠体内 ROS 升高和 CAT、SOD、谷胱甘肽 (GSH) 活性降低, 提示其可能通过 CYP2E1/ROS/Nrf2/HO-1 通路增强抗氧化酶活性, 从而发挥肝保护作用。此外, 广藿香醇在皮肤、软骨组织中也展现出了抗氧化潜力。Feng 等^[26]在紫外线损伤皮肤模型中证实, 局部使用广藿香醇 (5、10、20 mg/mL) 可抑制胶原降解和 MMP-1、MMP-3 表达, 其机制与抗氧化活性密切相关。Chen 等^[27]在 D-半乳糖诱导的衰老小鼠模型中进一步发现, 广藿香醇 (20 mg/kg) 通过激活 Nrf2/HO-1 通路抑制氧化应激介导的软骨细胞衰老, 提示其在延缓组织老化方面具有潜在价值。

6 免疫调节

研究表明, 广藿香醇具有显著的免疫调节功能。Liao 等^[28]研究发现, 80 mg/kg 广藿香醇能够显著提升醋酸泼尼松所致免疫抑制小鼠的巨噬细胞吞噬指数和血清 IgM、IgG 水平, 而 20 mg/kg 广藿香醇则可有效抑制 2,4-二硝基氯苯诱导的迟发型超敏反应, 提示广藿香醇可能通过激活单核吞噬系统、增强体液免疫和抑制细胞免疫应答发挥多层次的免疫调节作用。Zhang 等^[29]研制了一种用于共递送广藿香醇与辛伐他汀的黏膜黏附纳米药物, 该制剂可通过靶向 Akt/MAPK/NF- κ B 信号通路促进结肠炎模型中的抗炎 M2 型巨噬细胞极化, 增加调节性 T 细胞数量, 并抑制炎症细胞浸润, 从而重塑免

疫微环境,改善溃疡性结肠炎病理进程。另有研究表明,基于纳米递送系统的广藿香醇干预能够调控急性结肠炎模型小鼠的先天免疫应答,进一步缓解炎症反应^[30]。综上可见广藿香醇不仅具备基础的免疫调节活性,在先进递送技术辅助下还能深度调节免疫微环境或先天免疫应答,为免疫相关疾病的精准治疗提供了关键策略。

7 肺保护

研究表明,广藿香醇在急性肺损伤模型中表现出明显的肺保护潜力。Yu 等^[31]观察了广藿香醇对 LPS 所致的急性肺损伤模型小鼠的影响。发现广藿香醇(10、20、40 mg/kg)干预能显著降低肺组织湿干质量比,减少中性粒细胞和巨噬细胞浸润,并下调炎症因子水平。进一步机制研究显示,该作用与抑制 I κ B- α 和 p65 NF- κ B 磷酸化有关,提示其可能通过阻断 NF- κ B 信号通路发挥抗炎作用,进而改善急性肺损伤。Su 等^[32]利用 LPS 建立急性肺损伤小鼠模型并给予广藿香醇(10、20、40 mg/kg)干预 7 d,发现其能显著抑制促炎细胞因子的表达,降低髓过氧化物酶(MPO)、丙二醛(MDA)水平,并增强 SOD 和 GSH 活性,推测广藿香醇对小鼠急性肺损伤的保护作用可能是通过增强小鼠抗氧化能力和抑制炎症反应实现的。因此,广藿香醇在未来有望成为预防和治疗急性肺损伤的潜在治疗药物。

8 心血管保护

高血压是导致过早死亡、长期致残的主要危险因素,将血压控制在正常范围对维持机体健康至关重要。Hu 等^[33]研究发现,广藿香醇(10、30、100 μ mol/L)可浓度相关抑制氯化钾和去氧肾上腺素诱导的大鼠离体胸主动脉收缩,其机制涉及阻断血管平滑肌细胞 L 型电压依赖性钙通道和受体操纵性钙通道介导的细胞外 Ca²⁺内流,并通过雷尼丁受体和三磷酸肌醇受体促进细胞内 Ca²⁺释放。Li 等^[34]报道广藿香醇(20 mg/kg)能够通过抑制 Ras/Raf-1/ERK1/2 信号通路降低自发性高血压大鼠血浆血管紧张素 II 和转化生长因子- β 1 表达水平,有效控制血压升高,并改善高血压相关的肾功能不全和纤维化。Wang 等^[35]探究了广藿香酮对动脉粥样硬化小鼠的影响,发现广藿香醇(20 mg/kg)连续干预 10 周,可显著抑制小鼠动脉壁巨噬细胞浸润和炎症因子表达,延缓动脉粥样硬化斑块形成。另有研究显示,广藿香醇(10、20、40 mg/kg)可通过激活 Notch 受体 1(Notch1)/Hes 家族 b HLH 转录因子 1(Hes1)

信号通路抑制心肌缺血再灌注损伤模型小鼠内质网应激和细胞凋亡,进而改善小鼠心脏射血功能,减轻心肌损伤^[36]。此外,Wei 等^[37]在脑缺血再灌注损伤小鼠模型中发现,广藿香醇(10、20、40 mg/kg)能剂量相关减少模型小鼠脑梗死体积,其保护机制与抑制 MAPK 炎症通路密切相关。

9 神经保护

阿尔茨海默病是一种以进行性认知功能障碍和不可逆记忆丧失为特征的神经退行性疾病,目前临床缺乏根治手段,亟需开发基于新靶点的治疗药物。研究发现广藿香醇在多种阿尔茨海默病模型中表现出多靶点神经保护作用。在链脲佐菌素诱导的阿尔茨海默病大鼠模型中,广藿香醇(5、50 mg/kg)能够通过上调沉默信息调节因子 1(SIRT1)抑制 NF- κ B p65 乙酰化,降低 Tau 蛋白 Lys174 位点乙酰化和 Thr181、Ser396 等位点磷酸化,减轻阿尔茨海默病症状^[38]。在 A β ₁₋₄₂ 诱导的阿尔茨海默病小鼠模型中,广藿香醇(10、20、40 mg/kg)可通过激活 AMPK/mTOR 通路增强小鼠自噬活性,抑制小胶质细胞活化,进而减轻神经炎症反应^[39]。在 TgCRND8 转基因阿尔茨海默病大鼠模型中,广藿香醇(25、50 mg/kg)干预能够改善模型大鼠 β -淀粉样蛋白斑块沉积、Tau 蛋白过度磷酸化和神经炎症,其作用机制与抑制 CCAAT/增强子结合天冬酰胺内肽酶(C/EBP β /AEP)信号通路密切相关^[40]。Yan 等^[41]研究表明,广藿香醇作为选择性雌激素 β 受体激动剂可通过增强小胶质细胞吞噬功能、上调脑源性神经营养因子(BDNF)/酪氨酸蛋白激酶 B(TrkB)/环磷腺苷效应元件结合蛋白(CREB)信号通路、提高 CAT 活性和 Bcl-2 蛋白表达等途径缓解阿尔茨海默病模型小鼠认知障碍。此外,Zhuo 等^[42]在慢性不可预知温和应激模型中发现,广藿香醇(10、20、40 mg/kg)可通过激活 mTOR 信号通路促进突触蛋白表达,并抑制自噬,从而发挥抗抑郁样作用。结果表明,广藿香醇在神经退行性和情绪障碍相关疾病中具有重要的开发价值。

10 抗糖尿病及其并发症

肥胖是 2 型糖尿病的常见致病因素,高脂饮食、久坐等不良生活方式常导致肥胖加剧。研究表明,在高脂饮食诱导的肥胖模型小鼠中,广藿香醇(25、50 mg/kg)处理可通过抑制 PPAR- γ 和 CCAAT 增强子结合蛋白 α 的表达,并增强总 β -连环蛋白的水平,从而减少脂肪细胞中的脂质积聚,发挥抗肥胖

的效应^[43]。糖尿病性心肌病是糖尿病常见的心血管并发症。在链脲佐菌素诱导的糖尿病小鼠模型中,广藿香醇(5、15 mg/kg)可通过抑制 Janus 酪氨酸激酶 2(JAK2)/信号转导和转录激活因子 3(STAT3)信号通路减轻糖尿病小鼠心肌组织炎症反应和纤维化程度,保护心脏功能^[44]。此外,在高脂饮食诱导的小鼠的皮肤损伤模型中,广藿香醇(20 mg/kg)干预能够加速小鼠伤口愈合,其机制可能与增加 AMPK 磷酸化和转化生长因子 β 1 的表达有关^[45]。总之,广藿香醇在未来极有可能作为一种治疗肥胖、糖尿病及其相关并发症的新策略。

11 其他作用

在镇痛作用方面,Yu 等^[46]采用醋酸诱导小鼠扭体模型和福尔马林诱导的小鼠疼痛模型系统评价了广藿香醇的镇痛效果,结果显示,广藿香醇(200 mg/kg)干预不仅能显著改善醋酸诱导小鼠内脏痛、缩短扭体反应的潜伏期,还可减轻福尔马林足底注射后的痛觉超敏反应。机制研究表明,其镇痛作用可能与调控环氧酶-2(COX-2)/ μ -阿片受体(MOR)信号通路、钙稳态有关。在骨骼代谢方面,骨质疏松症作为一种以破骨细胞过度活化、骨量丢失为特征的慢性疾病,其防治策略备受关注。Lu 等^[47]基于卵巢切除诱导的骨质疏松症小鼠模型发现,广藿香醇(10 mg/kg)可通过调控孕烷 X 受体(PXR)/Toll 样受体 4(TLR4)/NF- κ B 信号转导通路有效抑制破骨细胞的生成和骨吸收活性,从而延缓骨丢失进程,发挥抗骨质疏松作用。

12 结语

近年来,源于中药的天然产物因其多靶点、多通路的作用特点日益受到学术界重视。广藿香醇作为广藿香中关键活性成分,其相关研究在近年来取得了显著进展。本文梳理了广藿香醇在抗炎、抗肿瘤、抗菌、抗病毒、抗氧化、肺保护等经典方向上的机制发现和模型研究,归纳了其在免疫调节、神经保护、抗糖尿病及其并发症、心血管保护 4 个领域的关键研究结果,从而更全面地揭示了广藿香醇多系统保护潜力和转化前景。尽管在动物和细胞模型中已取得令人鼓舞的结果,但广藿香醇的研究仍面临诸多挑战。现有实验在方法学上存在一定局限,如多数研究未详尽报告阳性和阴性对照的设置细节,影响了结果的可靠和重复性;同时,当前相关研究仍局限于临床前阶段,尚未进入人体临床试验。因此,未来研究需在细胞、动物层面开展系统、

规范的实验验证,并考察其在人体内的药理效应、毒性、生物利用度和药动学特征,为推进临床应用提供依据。综上所述,广藿香醇作为一种结构明确、活性多样的天然化合物,具备进一步开发为治疗药物的潜力,通过系统深入的研究,有望为多种疾病的防治提供新策略。

利益冲突 所有作者均声明不存在利益冲突

参考文献

- [1] Li Y P, Yuan S F, Cai G H, *et al.* Patchouli alcohol dampens lipopolysaccharide induced mastitis in mice [J]. *Inflammation*, 2014, 37(5): 1757-1762.
- [2] Xie L, Guo Y L, Chen Y R, *et al.* A potential drug combination of omeprazole and patchouli alcohol significantly normalizes oxidative stress and inflammatory responses against gastric ulcer in ethanol-induced rat model [J]. *Int Immunopharmacol*, 2020, 85: 106660.
- [3] Han H, Gao M, Wang F, *et al.* Protective effects of patchouli alcohol against DSS-induced ulcerative colitis [J]. *Sci Rep*, 2024, 14(1): 16745.
- [4] Wang Y, Sun C, Cao Y, *et al.* Glycyrrhizic acid and patchouli alcohol in Huoxiang Zhengqi attenuate intestinal inflammation and barrier injury via regulating endogenous corticosterone metabolism mediated by 11 β -HSD1 [J]. *J Ethnopharmacol*, 2025, 338(1): 119025.
- [5] 胡聪. 百秋里醇在改善二型胶原蛋白诱导小鼠关节炎中的应用 [D]. 桂林: 桂林医学院, 2023.
- [6] Cai J, Zhao J, Gao P, *et al.* Patchouli alcohol suppresses castration-resistant prostate cancer progression by inhibiting NF- κ B signal pathways [J]. *Transl Androl Urol*, 2022, 11(4): 528-542.
- [7] Cai J, Zhao J, Gao P, *et al.* Patchouli alcohol inhibits GPBAR1-mediated cell proliferation, apoptosis, migration, and invasion in prostate cancer [J]. *Transl Androl Urol*, 2022, 11(11): 1555-1567.
- [8] Zhai S, Zhao J, Cai J. Integrative bioinformatics and experimental validation reveal the mechanistic action of patchouli alcohol in prostate cancer treatment [J]. *Curr Pharm Biotechnol*, 2025, 27(2): 228-238.
- [9] Yang L, Chen H, Li R, *et al.* Mufangji Decoction and its active ingredient patchouli alcohol inhibit tumor growth through regulating Akt/mTOR-mediated autophagy in non-small-cell lung cancer [J]. *Evid Based Complement Alternat Med*, 2021: 2373865.
- [10] Liang C Y, Chang K F, Huang Y C, *et al.* Patchouli alcohol induces G0/G1 cell cycle arrest and apoptosis in vincristine-resistant non-small cell lung cancer through ROS-mediated

- DNA damage [J]. *Thorac Cancer*, 2023, 14(21): 2007-2017.
- [11] Leong W, Huang G, Liao W, *et al.* Traditional patchouli essential oil modulates the host's immune responses and gut microbiota and exhibits potent anti-cancer effects in ApcMin⁺ mice [J]. *Pharmacol Res*, 2022, 176: 106082.
- [12] Lee J, Lee H S, Lee S H. Preventive activity of patchouli alcohol against colorectal cancer and diabetes [J]. *J Med Food*, 2023, 26(4): 255-261.
- [13] Jeong JB, Choi J, Lou Z, *et al.* Patchouli alcohol, an essential oil of *Pogostemon cablin*, exhibits anti-tumorigenic activity in human colorectal cancer cells [J]. *Int Immunopharmacol*, 2013, 16(2): 184-190.
- [14] Lv L, Xu Y P, Zhao D, *et al.* Mitogenic and oncogenic stimulation of K433 acetylation promotes PKM2 protein kinase activity and nuclear localization [J]. *Mol Cell*, 2013, 52(3): 340-352.
- [15] Yang F, Jove V, Chang S, *et al.* Bortezomib induces apoptosis and growth suppression in human medulloblastoma cells, associated with inhibition of AKT and NF- κ B signaling, and synergizes with an ERK inhibitor [J]. *Cancer Biol Ther*, 2012, 13(6): 349-357.
- [16] 杨雨婷. 广藿香醇和广藿香酮治疗急性髓性白血病的药效研究 [D]. 成都: 成都中医药大学, 2016.
- [17] Xu Y F, Lian D W, Chen Y Q, *et al.* *In vitro* and *in vivo* antibacterial activities of patchouli alcohol, a naturally occurring tricyclic sesquiterpene, against *Helicobacter pylori* infection [J]. *Antimicrob Agents Chemother*, 2017, 61(6): e00122-17.
- [18] Zhang Q, Zhang J, Zhang Y, *et al.* Antifungal and anti-biofilm activities of patchouli alcohol against *Candida albicans* [J]. *Int J Med Microbiol*, 2024, 314: 151596.
- [19] Wan F, Peng F, Xiong L, *et al.* *In vitro* and *in vivo* antibacterial activity of patchouli alcohol from *Pogostemon cablin* [J]. *Chin J Integr Med*, 2021, 27(2): 125-130.
- [20] Li Y C, Peng S Z, Chen H M, *et al.* Oral administration of patchouli alcohol isolated from *Pogostemonis Herba* augments protection against influenza viral infection in mice [J]. *Int Immunopharmacol*, 2012, 12(1): 294-301.
- [21] 魏晓露, 彭成, 万峰. 广藿香醇体外抗呼吸道病毒作用研究 [J]. *中药药理与临床*, 2013, 29(1): 26-29.
- [22] Fan Y, Zhang Q, Zhang W, *et al.* Inhibitory effects of patchouli alcohol on the early lifecycle stages of influenza A virus [J]. *Front Microbiol*, 2023, 13: 938868.
- [23] Yu Y, Zhang Y, Wang S, *et al.* Inhibition effects of patchouli alcohol against influenza a virus through targeting cellular PI3K/Akt and ERK/MAPK signaling pathways [J]. *Virology*, 2019, 16(1): 163.
- [24] Liu X, Jiang L, Liu F, *et al.* Effect of patchouli alcohol on the regulation of heat shock-induced oxidative stress in IEC-6 cells [J]. *Int J Hyperthermia*, 2016, 32(5): 474-482.
- [25] Xu L, Huang Q, Tan X, *et al.* Patchouli alcohol ameliorates acute liver injury via inhibiting oxidative stress and gut-origin LPS leakage in rats [J]. *Int Immunopharmacol*, 2021, 98: 107897.
- [26] Feng X X, Yu X T, Li W J, *et al.* Effects of topical application of patchouli alcohol on the UV-induced skin photoaging in mice [J]. *Eur J Pharm Sci*, 2014, 63: 113-123.
- [27] Chen M, Wen H, Zhou S, *et al.* Patchouli alcohol inhibits D-gal induced oxidative stress and ameliorates the quality of aging cartilage via activating the Nrf2/HO-1 pathway in mice [J]. *Oxid Med Cell Longev*, 2022, 2022: 6821170.
- [28] Liao J B, Wu D W, Peng S Z, *et al.* Immunomodulatory potential of patchouli alcohol isolated from *Pogostemon cablin* (Blanco) Benth (Lamiaceae) in mice [J]. *Trop J Pharm Res*, 2013, 12(4): 559-565.
- [29] Zhang J, Ou A, Tang X, *et al.* "Two-birds-one-stone" colon-targeted nanomedicine treats ulcerative colitis via remodeling immune microenvironment and anti-fibrosis [J]. *J Nanobiotechnology*, 2022, 20(1): 389.
- [30] Du Y, Shi J, Duan R, *et al.* cRGD peptide incorporated with patchouli alcohol loaded silk fibroin nanoparticles for enhanced targeting of inflammatory sites in colitis [J]. *Biomater Adv*, 2022, 140: 213069.
- [31] Yu J L, Zhang X S, Xue X, *et al.* Patchouli alcohol protects against lipopolysaccharide-induced acute lung injury in mice [J]. *J Surg Res*, 2015, 194(2): 537-543.
- [32] Su Z, Liao J, Liu Y, *et al.* Protective effects of patchouli alcohol isolated from *Pogostemon cablin* on lipopolysaccharide-induced acute lung injury in mice [J]. *Exp Ther Med*, 2016, 11(2): 674-682.
- [33] Hu G Y, Peng C, Xie X F, *et al.* Patchouli alcohol isolated from *Pogostemon cablin* mediates endothelium-independent vasorelaxation by blockade of Ca²⁺ channels in rat isolated thoracic aorta [J]. *J Ethnopharmacol*, 2018, 220: 188-196.
- [34] Li J, Hu G, Liu W, *et al.* Patchouli alcohol against renal fibrosis of spontaneously hypertensive rats via Ras/Raf-1/ERK1/2 signalling pathway [J]. *J Pharm Pharmacol*, 2023, 75(7): 995-1010.
- [35] Wang H T, Wang Z Z, Wang Z C, *et al.* Patchouli alcohol attenuates experimental atherosclerosis via inhibiting macrophage infiltration and its inflammatory responses [J]. *Biomed Pharmacother*, 2016, 83: 930-935.
- [36] Lu Y, Li SY, Lou H. Patchouli alcohol protects against myocardial ischaemia-reperfusion injury by regulating the

- Notch1/Hes1 pathway [J]. *Pharm Biol*, 2022, 60(1): 949-957.
- [37] Wei L L, Chen Y, Yu Q Y, *et al.* Patchouli alcohol protects against ischemia/reperfusion-induced brain injury via inhibiting neuroinflammation in normal and obese mice [J]. *Brain Res*, 2018, 1682: 61-70.
- [38] Xu Q Q, Su Z R, Hu Z, *et al.* Patchouli alcohol ameliorates the learning and memory impairments in an animal model of Alzheimer's disease via modulating SIRT1 [J]. *Phytomedicine*, 2022, 106: 154441.
- [39] Lin L T, Zhang S T, Shang B L, *et al.* The effect and mechanism of patchouli alcohol on cognitive dysfunction in AD mice induced by A β ₁₋₄₂ oligomers through AMPK/mTOR pathway [J]. *Brain Res Bull*, 2024, 215: 111030.
- [40] Xu Q Q, Su Z R, Yang W, *et al.* Patchouli alcohol attenuates the cognitive deficits in a transgenic mouse model of Alzheimer's disease via modulating neuropathology and gut microbiota through suppressing C/EBP β /AEP pathway [J]. *J Neuroinflammation*, 2023, 20(1): 19.
- [41] Yan Q Y, Lv J L, Shen X Y, *et al.* Patchouli alcohol as a selective estrogen receptor β agonist ameliorates AD-like pathology of APP/PS1 model mice [J]. *Acta Pharmacol Sin*, 2022, 43(9): 2226-2241.
- [42] Zhuo J, Chen B, Sun C, *et al.* Patchouli alcohol protects against chronic unpredictable mild stress-induced depressant-like behavior through inhibiting excessive autophagy via activation of mTOR signaling pathway [J]. *Biomed Pharmacother*, 2020, 127: 110115.
- [43] Lee J, Kong B, Lee S H. Patchouli alcohol, a compound from *Pogostemon cablin*, inhibits obesity [J]. *J Med Food*, 2020, 23(3): 326-334.
- [44] Ji L, Lou S, Fang Y, *et al.* Patchouli alcohol protects the heart against diabetes-related cardiomyopathy through the JAK2/STAT3 signaling pathway [J]. *Pharmaceuticals* (Basel), 2024, 17(5): 631.
- [45] Kim T J, Pyun D H, Park S Y, *et al.* Patchouli alcohol improves wound healing in high fat diet-fed mice through AMPK-mediated suppression of inflammation and TGF β 1 signaling [J]. *Biochem Biophys Res Commun*, 2021, 561: 136-142.
- [46] Yu X, Wang X P, Yan X J, *et al.* Anti-nociceptive effect of patchouli alcohol: Involving attenuation of cyclooxygenase 2 and modulation of mu-opioid receptor [J]. *Chin J Integr Med*, 2019, 25(6): 454-461.
- [47] Lu Q, Jiang C, Hou J, *et al.* Patchouli alcohol modulates the pregnancy X receptor/Toll-like receptor 4/nuclear factor Kappa B axis to suppress osteoclastogenesis [J]. *Front Pharmacol*, 2021, 12: 684976.

[责任编辑 解学星]