

降香提取物对脂多糖诱导的RAW264.7细胞的抗炎、抗氧化作用和对人毛乳头细胞的促毛发生长作用*

林 婷¹, 陈媛媛¹, 马 庆¹, 赵斌斌², 吴华裕², 李文宇¹, 范润哥¹, 温斯健^{1A}, 林有坤^{1A}

(1. 广西医科大学第一附属医院皮肤性病科, 南宁 530021; 2. 广西鹤兰墨生物科技有限公司, 南宁 530219)

摘要 目的:探讨降香提取物(DOE)对脂多糖(LPS)诱导的RAW264.7细胞的抗炎及抗氧化作用及其对人毛乳头细胞(hDPCs)的促毛发生长作用。**方法:**将RAW264.7细胞分为空白对照组、模型组、4% DOE组和8% DOE组。空白对照组不予处理, 模型组使用LPS诱导体外炎症模型, 4% DOE组和8% DOE组用LPS处理后分别加入4%和8%的DOE, 分别采用Griess法和酶联免疫吸附试验(ELISA)法测定各组细胞培养上清液中一氧化氮(NO)、肿瘤坏死因子 α (TNF- α)的含量, DCFH-DA荧光探针检测各组细胞内的活性氧(ROS)含量。体外培养人毛囊分离的hDPCs, 设置空白对照组、4% DOE组和8% DOE组, 采用CCK-8法检测细胞活力, RT-qPCR法检测毛发生长因子CTNNT1和毛发抑制因子DKK1基因的表达, western blotting法检测 β -连环蛋白(β -catenin)蛋白表达水平。**结果:**与模型组相比, 4% DOE组和8% DOE组RAW264.7细胞NO、TNF- α 、ROS含量降低(均 $P < 0.05$)。与空白对照组相比, 4% DOE组和8% DOE组hDPCs细胞活力升高, CTNNT1基因和 β -catenin蛋白表达上调, 且DKK1基因表达下调(均 $P < 0.05$)。结论: DOE对LPS诱导的RAW264.7巨噬细胞具有抗炎和抗氧化作用, 并且可以通过增加hDPCs的活力及调节关键基因的表达促进毛发生长。

关键词 降香; 抗炎; 活性氧; 毛发生长; 雄激素性秃发

中图分类号: R285.5 文献标志码: A 文章编号: 1005-930X(2023)05-0871-06

DOI: 10.16190/j.cnki.45-1211/r.2023.05.023

Anti-inflammation and anti-oxidant effect of *Dalbergia Odorifera* T. Chen extract on lipopolysaccharide-induced RAW264.7 cells and its hair growth-promoting effect on human dermal papilla cells

Lin Ting¹, Chen Yuanyuan¹, Ma Qing¹, Zhao Binbin², Wu Huayu², Li Wenyu¹, Fan Runge¹, Wen Sijian¹, Lin Youkun¹. (1. Department of Dermatology, The First Affiliated Hospital of Guangxi Medical University, Nanning 530021, China; 2. Guangxi Helanmo Biotechnology Co., Ltd., Nanning 530219, China)

Abstract Objective: To explore the anti-inflammatory and anti-oxidant effect of the *Dalbergia odorifera* T. Chen extract (DOE) on lipopolysaccharide (LPS)-induced RAW264.7 cells and the hair growth-promoting effect on human dermal papilla cells (hDPCs). **Methods:** RAW264.7 cells were divided into blank control group, model group, 4% DOE group and 8% DOE group. The blank control group was untreated, the model group was treated with LPS to induce the inflammatory model *in vitro*, and the 4% DOE and 8% DOE groups were treated with LPS and then treated with 4% DOE and 8% DOE, respectively. The contents of nitric oxide (NO) and tumor necrosis factor- α (TNF- α) in the supernatants of cell culture in each group were determined by Griess assay and enzyme-linked immunosorbent assay (ELISA), respectively. The contents of intracellular reactive oxygen species (ROS) in each group were detected by DCFH-DA fluorescent probe. HDPCs isolated from human hair follicles were cultured *in vitro*, and were divided into the blank control group, the 4% DOE and 8% DOE groups. The viability of hDPCs was detected by CCK-8 assay. Real-time fluorescence quantitative polymerase chain reaction (RT-qPCR) was performed to detect the expressions of hair-growth factor CTNNT1 and hair inhibition factor DKK1. Western blotting was performed to detect the expression of β -catenin protein. **Results:**

*基金项目: 广西自然科学基金资助项目
(No. 2020JJA140075)

通信作者: 温斯健, E-mail: wensjian1018@163.com;

林有坤, E-mail: linyoukun7@aliyun.com

收稿日期: 2023-02-20

Compared with the model group, the NO, TNF- α , and ROS contents in RAW264.7 cells in the 4% and 8% DOE groups decreased (all $P < 0.05$). Compared with the blank control group, hDPCs cell viability increased, *CTNNT1* gene and β -catenin protein expression were up-regulated, and *DKK1* gene expression was down-regulated in the 4% and 8% DOE groups (all $P < 0.05$). **Conclusion:** DOE has anti-inflammatory and anti-oxidant effect on LPS-induced RAW264.7 macrophages, and it can promote the hair growth by increasing the viability of hDPCs and regulating the expression of key genes.

Keywords *Dalbergia odorifera* T. Chen; anti-inflammation; reactive oxygen species; hair growth; androgenetic alopecia

脱发是一种常见的头发疾病,其中最常见的是雄激素性秃发(androgenetic alopecia, AGA)。AGA是一种受遗传因素和雄激素影响的慢性脱发,其特征是毛囊微小化和毛囊周围炎症^[1]。非那雄胺和米诺地尔已经被批准用于治疗AGA,但这些药物的疗效有限,也存在皮肤刺激、性功能障碍等副作用^[2]。由于AGA需要长期治疗,因此使用副作用小、来源广泛的天然植物的替代疗法越来越受到关注。

中药降香为豆科植物降香黄檀(*Dalbergia odorifera* T. Chen),黄檀属植物常用于治疗风湿病、皮肤病、消化不良、血瘀、癌症、胸痹刺痛、跌扑伤痛及呕吐腹痛等疾病^[3]。近年来,降香在抗骨质疏松、抗雄性激素、抗炎、抗过敏、抗氧化、抗肿瘤等方面的研究已有不少报道^[4],而体外抗炎和促毛发生长的作用及机制尚未有研究。本研究利用RAW264.7巨噬细胞建立炎症及氧化应激模型,分离人毛乳头细胞(human dermal papilla cells, hDPCs)体外培养,探讨降香在AGA发病过程中的抗炎、抗氧化和促进毛发生长的作用,为其防治脱发提供新的视角和理论依据。

1 材料与方法

1.1 细胞和主要试剂 小鼠RAW264.7巨噬细胞株购自中国科学院上海生命科学研究院细胞资源中心。胎牛血清、DMEM培养基、DMEM/F12培养基(Gibco);脂多糖(LPS)(Sigma);胶原酶I、肿瘤坏死因子 α (tumor necrosis factor, TNF- α)检测试剂盒(Solarbio);细胞计数试剂盒(CCK-8)(同仁);活性氧(reactive oxygen species, ROS)试剂盒、一氧化氮(nitric oxide, NO)试剂盒、BeyoECL Plus超敏ECL化学发光试剂盒(碧云天);逆转录试剂盒(Takara RR047A);实时荧光定量PCR(RT-qPCR)试剂盒(Takara RR820A);Omni-Easy™一步法PAGE凝胶

快速制备试剂盒10%(雅酶);一抗 β -连环蛋白(β -catenin)、二抗(Abcam);一抗 β -actin(Servicebio GB15003)。

1.2 hDPCs的提取与培养 标本来自2022年1月广西医科大学第一附属医院行头皮肿物切除术患者多余的头皮,经医院医学伦理委员会批准,患者均已签署知情同意书。使用细环钻头提取头皮标本的毛囊单位,在PBS中切除毛囊周围多余脂肪,采用改良一步酶消化法,将处理好的毛囊放入有0.2%胶原酶I的培养皿中,置于细胞培养箱中消化2.5 h,期间每30 min在立体显微镜下轻轻敲打10余下,待毛乳头游离后,将其吸取并转移至含20%胎牛血清的DMEM/F12培养基的皿中,放置于细胞培养箱中培养。每2 d换1次液,细胞生长密度达到90%汇合度时传代或冻存,用第3代细胞进行后续实验。

1.3 降香提取物(DOE)的制备 DOE由广西鹤兰墨生物科技有限公司制备,使用水蒸气蒸馏法,提取物呈水油混合物状。取一定量DOE经过0.22 $\mu\text{mol/L}$ 微孔膜过滤除菌,加入DMEM/F12细胞培养基中(含20%胎牛血清)进行稀释,分别稀释为4%、8%、12%浓度的DOE培养基。

1.4 CCK-8法检测hDPCs增殖活力 取第3代对数生长期hDPCs,以 5×10^3 个/孔的密度接种于96孔板,贴壁24 h后,换用含有上述配置好的不同含量DOE培养,24 h后每孔重新加入无血清DMEM/F12培养液100 μL 和CCK-8溶液10 μL ,37℃避光孵育2 h,酶标仪测定450 nm波长下每孔的吸光度(OD值)。细胞活力(%)=(实验组OD值-空白组OD值)/(对照组OD值-空白组OD值) $\times 100\%$ 。此方法筛选出的最适细胞活力浓度用于后续细胞实验。

1.5 LPS诱导RAW264.7细胞炎症模型的建立 将RAW264.7细胞以 5×10^4 个/孔的密度接种于96孔板,待细胞贴壁后分组处理细胞。模型组加入终浓度为1 $\mu\text{g/mL}$ 的LPS,实验组在模型组的基础上分

别加入终浓度为4%和8% DOE,空白对照组加入等体积的含10%胎牛血清的DMEM培养基,干预时间为24 h。

1.6 Griess法检测RAW264.7细胞NO释放量

RAW264.7细胞以 5×10^4 个/孔的密度接种于96孔板,分组处理,每组3个复孔,处理24 h后收集各组细胞培养液上清进行NO释放量检测。在96孔板中依次加入标准品及样品、Griess Reagent I、Griess Reagent II,用酶标仪测定540 nm处吸光度。根据标准品曲线计算样品中NO浓度。

1.7 酶联免疫吸附试验(ELISA)法检测RAW264.7细胞炎症因子TNF- α 释放量 RAW264.7细胞以 5×10^4 个/孔的密度接种于96孔板,给药分组设置同“1.6”项,每组3个复孔,处理24 h后收集各组细胞培养液上清,4 000 r/min离心15 min,按ELISA试剂盒说明书检测上清液中TNF- α 含量。

1.8 DCFH-DA 荧光探针检测RAW264.7细胞内

ROS水平 RAW264.7细胞以 1×10^5 个/孔的密度接种于12孔板,实验分组同“1.6”项,每组3个复孔,处理24 h后,加入含荧光染料DCFH-DA 10 μ mol/L的无血清培养基,37 $^{\circ}$ C孵育20 min,用无血清培养基洗涤3次后,荧光显微镜下观察荧光强度并拍照,用Image J软件分析,计算平均荧光强度。荧光强度越强,细胞内的ROS水平越高。

1.9 RT-qPCR法检测hDPCs毛发生长关键基因表达 取第3代对数生长期hDPCs以 8×10^5 个/孔的密度接种于6孔板,贴壁后换用含有上述配置好的4% DOE和8% DOE培养基,同时设置空白对照组,培养48 h后提取各组hDPCs总RNA,逆转录为cDNA,进行PCR扩增。以 β -actin作为内参,检测毛发生长关键基因CTNIB1和毛发生长抑制基因Dickkopf相关蛋白1(DKK1)的表达,引物序列见表1。采用 $2^{-\Delta\Delta CT}$ 法计算目的基因相对表达量。

表1 PCR引物序列

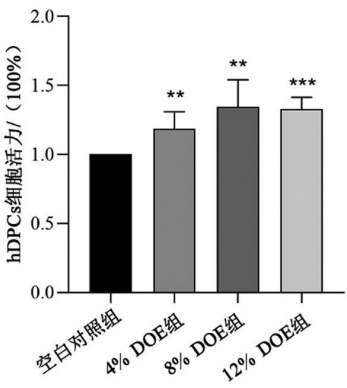
基因	上游(5'~3')	下游(3'~5')
β -actin	CAGGCACCAGGCGTGAT	TAGCAACGTACATGGCTGGG
CTNIB1	GGCTCTTGTGCGTACTGTCCTTC	CTTGGTGTGCGCTGGTCAGATG
DKK1	TGCCTCAGGATTGTGTTGTGCTAG	ACAGACCTTCTCCACAGTAACAACG

1.10 Western blotting法检测hDPCs细胞 β -catenin蛋白表达 取第3代对数生长期hDPCs以 1.5×10^6 个/孔的密度接种于6 cm培养皿,分组处理,培养48 h,去除上清液并用PBS清洗细胞两次后,加入细胞裂解液提取总蛋白,4 $^{\circ}$ C下离心20 min,收集上清BCA定量,并使用10%一步法PAGE凝胶电泳,转膜后用5% BSA室温封闭1 h,加入一抗 β -catenin(1:5 000)、 β -actin(1:2 000)4 $^{\circ}$ C孵育过夜,TBST洗涤后与二抗(1:10 000)在室温下孵育1 h。使用ECL发光,检测蛋白灰度值,并用Image J软件分析。

1.11 统计学方法 采用GraphPad Prism 8.0对所有实验数据进行统计分析。计量资料以均数 $\pm$ 标准差($\bar{x} \pm s$)表示,多组间比较采用方差分析,组间两两比较采用LSD- t 检验,以 $P < 0.05$ 为差异具有统计学意义。

2 结 果

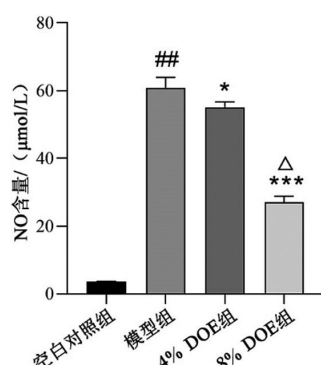
2.1 DOE提高hDPCs细胞活力 DOE浓度在4%至12%时细胞活力达到115%以上($P < 0.01$),见图1。选择4%和8% DOE浓度进行后续实验。



与空白对照组比较,** $P < 0.01$,*** $P < 0.001$ 。

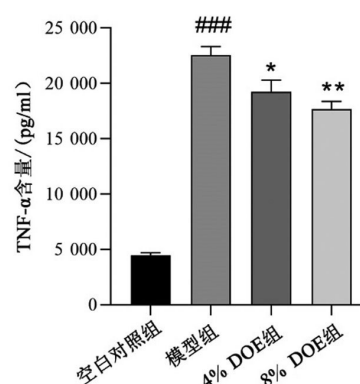
图1 CCK-8检测DOE对hDPCs细胞活力的影响

2.2 DOE抑制LPS诱导的RAW264.7巨噬细胞NO释放量 与空白对照组比较,模型组的RAW264.7巨噬细胞经LPS诱导后NO释放量显著升高($P < 0.01$),表明该细胞炎症模型构建成功;与模型组比较,4%和8% DOE组均能抑制NO释放(均 $P < 0.05$),8% DOE抑制NO效应更为显著($P < 0.001$),见图2。



与空白对照组比较, ^{##} $P<0.01$;与模型组比较, ^{*} $P<0.05$, ^{***} $P<0.001$;与4% DOE组比较, [△] $P<0.001$ 。

图2 Griess法检测RAW264.7细胞NO释放量

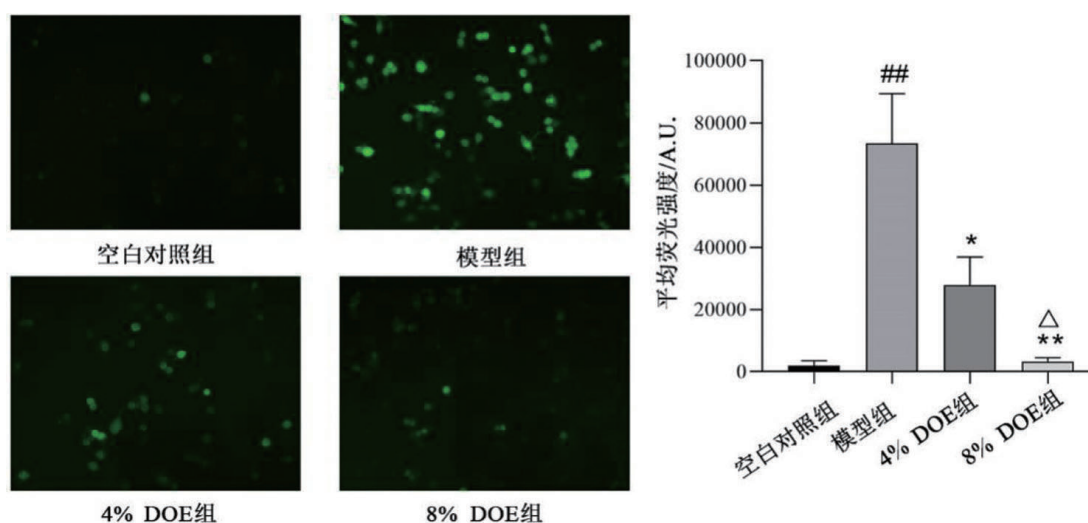


与空白对照组比较, ^{###} $P<0.001$;与模型组比较, ^{*} $P<0.05$, ^{**} $P<0.01$ 。

图3 各组RAW264.7细胞上清液TNF-α含量比较

2.3 DOE降低LPS诱导的RAW264.7巨噬细胞TNF-α含量 空白对照组细胞培养液上清中TNF-α含量较低,经LPS刺激后,模型组TNF-α释放量显著增加($P<0.001$);与模型组比较,4%和8% DOE组释放TNF-α含量明显降低(均 $P<0.05$),见图3。

2.4 DOE降低LPS诱导的RAW264.7巨噬细胞ROS含量 与空白对照组比较,模型组细胞内荧光强度提高($P<0.01$),即RAW264.7细胞内ROS含量增高;与模型组比较,4%DOE组和8%DOE组荧光强度下降($P<0.05$, $P<0.01$),即细胞内ROS含量降低,且8%DOE组ROS含量比4%DOE组降低更明显($P<0.001$),见图4。



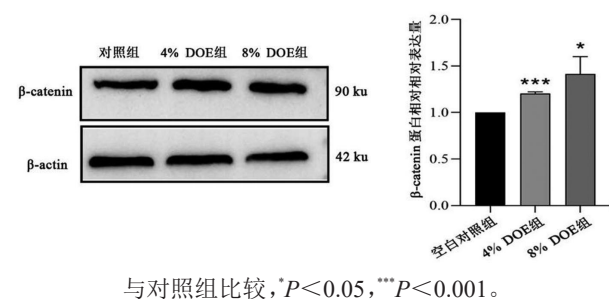
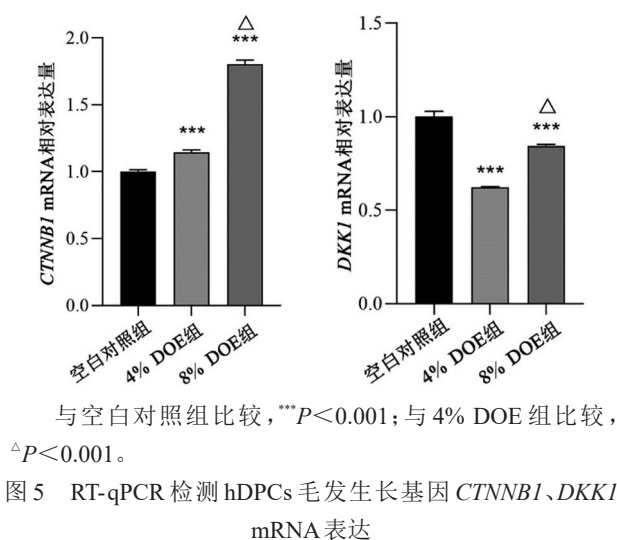
A: 各组荧光图; B: 各组ROS水平比较;与空白对照组比较, ^{##} $P<0.01$;与模型组比较, ^{*} $P<0.05$, ^{**} $P<0.01$,与4% DOE组比较, [△] $P<0.001$ 。

图4 DCFH-DA荧光探针检测RAW264.7细胞内ROS水平($\times 400$)

2.5 DOE影响hDPCs毛发生长相关基因表达 与空白对照组相比,CTNBI在DOE处理的hDPCs中的mRNA水平均升高($P<0.001$),8% DOE组CTNBI mRNA水平较4% DOE组高($P<0.001$);与空白对照组相比,DKK1在DOE处理的hDPCs中的

mRNA水平均降低($P<0.001$),4% DOE组DKK1 mRNA水平低于8% DOE组($P<0.001$),见图5。

2.6 DOE促进hDPCs的β-catenin蛋白表达 与空白对照组比,4%和8% DOE组β-catenin蛋白表达升高($P<0.001$)。见图6。



3 讨论

降香作为一种传统中药材具有广泛的药理学活性,水蒸气蒸馏法提取的降香蒸馏液中含有部分挥发油,其中主要成分是黄酮类、萜烯类和丁香酚化合物^[4,5]。以往的研究表明,降香水提液中含有的黄酮类化合物如异甘草素可显著抑制LPS诱导的NO、白细胞介素-1 β 和TNF- α 的生成,通过细胞外信号调节1/2激酶途径诱导血红素加氧酶-1在巨噬细胞中的表达,从而起到抗炎作用,还可以清除ROS,发挥抗氧化作用^[6-7]。丁香酚可以提高超氧化物歧化酶的活性,抑制了NO的产生,下调神经胶质细胞促炎细胞因子的产生^[8]。黄酮类、萜烯类化合物还具有显著抑制5 α -还原酶的作用,从而对雄激素性脱发、痤疮等可能具有治疗作用^[9]。最近的研究表明,松树皮提取物富含类黄酮,通过调节炎症细胞因子和增加生长因子来促进小鼠背部皮肤的毛发生长^[10]。绿茶提取物中含有多酚类成分,具有抗炎和抗氧化应激作用,并通过其对真皮乳头细胞的增殖和抗凋亡作用刺激毛发生长^[2]。与上述植物类似,我们推测降香通过其含有的黄酮类、萜烯类和丁香酚化合物发挥抗炎、抗氧化以及促毛发生长作用。

HDPCs是毛囊根部的一种间充质干细胞,通过支持毛囊干细胞、分泌细胞因子和生长因子,在毛囊发育和毛发生长中起着至关重要的作用^[11]。Wnt/ β -catenin信号通路与毛乳头细胞诱导功能和毛囊生长发育紧密相关, β -catenin可以诱导毛发从静止期向生发期转变,使得毛发再生^[12]。DKK1是一种Wnt拮抗剂,通过与LRP5/6共受体结合并阻断Wnt配体来抑制Wnt/ β -catenin信号传导,从而导致 β -catenin降解,促进细胞凋亡^[12-13]。研究表明在双氢睾酮的干预下,hDPCs中DKK1表达上调,导致角质形成细胞和hDPCs的下游信号转导停止^[14]。本研究证明4%和8% DOE在增加 β -catenin蛋白表达水平同时,DKK1基因表达水平也受到抑制,提示DOE具有促进毛发生长的潜能。该结果说明DOE可能在基因转录方面调控DKK1的表达,但遗憾的是,我们未能在蛋白水平检测DKK1的表达,DOE是否也能在蛋白翻译层面调控DKK1需要更进一步的探讨。

毛囊微炎症是由氧化应激和雄激素引发的,同时也是AGA的发病机制之一^[15]。雄激素双氢睾酮诱导hDPCs产生过量NO和诱导型一氧化氮合酶(iNOS)表达^[16]。Jaworsky等^[17]发现,AGA患者的脱发区可见毛囊漏斗下部存在活化T细胞浸润,而非脱发区毛囊漏斗部无炎症细胞。LPS诱导RAW264.7巨噬细胞炎症模型是筛选抗炎活性物质和研究炎症性疾病最常用的体外炎症模型。LPS激活巨噬细胞内的转录因子,如NF- κ B,导致释放炎症介质NO、TNF- α 等,继而加速炎症性疾病的发展^[18]。在炎症因子等刺激下,ROS的过量积累可打破细胞内稳态,导致氧化应激和线粒体功能障碍,引起细胞损伤^[19]。本研究发现4%和8% DOE能下调LPS诱导的巨噬细胞TNF- α 、NO分泌,同时降低细胞内ROS水平。该结果提示,植物提取物DOE可以通过抑制细胞炎症反应,减轻氧化应激损伤,我们推测其有可能通过改善毛囊微环境,减轻脱发症状。但DOE调控炎症通路的具体机制以及其是否通过NF- κ B通路来抑制炎症因子分泌仍有待进一步研究。

综上所述,AGA是一种多因素导致的疾病,DOE表现出有效的抗炎、抗氧化应激、上调毛发生长关键蛋白 β -catenin、下调毛发抑制基因DKK1的作用,其丰富的黄酮类、萜烯类和丁香酚成分活性可能有助于协同治疗AGA,促进毛发生长。本研究获得的DOE抗炎、抗氧化和促进毛乳头细胞生长的作用,为降香用于开发防治AGA的外用洗发液、营养生发产品甚至药品提供了理论依据。然而,需要进一步的研究来阐明DOE中有上述作用的生物活性化合物及其对特定信号通路的影响。

参考文献:

- [1] HEYMANN W R. The inflammatory component of androgenetic alopecia[J]. Journal of the American academy of dermatology, 2022, 86(2): 301-302.
- [2] DHARIWALA M Y, RAVIKUMAR P. An overview of herbal alternatives in androgenetic alopecia[J]. Journal of cosmetic dermatology, 2019, 18(4): 966-975.
- [3] 刘荣华, 林 帅, 张普照, 等. 黄檀属植物新黄酮类化学成分与药理活性研究进展[J]. 中国中药杂志, 2017, 42(24): 4707-4715.
LIU R H, LIN S, ZHANG P Z, et al. Neoflavonoids and their pharmacological activities in Dalbergia genus[J]. China journal of traditional chinese medicine, 2017, 42(24): 4707-4715.
- [4] 王 军, 王 昊, 杨锦玲, 等. 7种黄檀属植物心材挥发油的成分分析及其抗菌活性[J]. 热带作物学报, 2019, 40(7): 1336-1345.
WANG J, WANG H, YANG J L, et al. Composition analysis and antibacterial activity of volatile oil from heartwood of seven species of Dalbergia[J]. Chinese journal of tropical crops, 2019, 40(07): 1336-1345.
- [5] 赵维波, 张丹雁, 徐展翅, 等. 斜叶黄檀香材挥发油成分及抗氧化活性研究[J]. 中药新药与临床药理, 2017, 28(5): 659-662.
ZHAO W B, ZHANG D Y, XU Z C, et al. Study on composition and antioxidant activity of volatile oil from Dalbergia pinnata[J]. Traditional chinese drug research and clinical pharmacology, 2017, 28(5): 659-662.
- [6] 杨志宏, 梅 超, 何雪辉, 等. 降香化学成分、药理作用及药代特征的研究进展[J]. 中国中药杂志, 2013, 38(11): 1679-1683.
YANG Z H, MEI C, HE X H, et al. Advance in studies on chemical constitutions, pharmacological mechanism and pharmacokinetic profile of Dalbergiae Odoriferae Lignum [J]. China journal of traditional chinese medicine, 2013, 38(11): 1679-1683.
- [7] 杨炜琪, 陈雪敏, 林桂绚, 等. UHPLC-Q-Orbitrap HRMS/MS快速鉴定降香中黄酮类成分[J]. 今日药学, 2022, 32(6): 423-425, 430.
YANG W Q, CHEN X M, LIN G X, et al. Rapid analysis of flavonoids in dalbergia odorifera by UHPLC-Q-Orbitrap HRMS/MS[J]. Pharmacy today, 2022, 32(6): 423-425, 430.
- [8] CHOI Y K, CHO G S, HWANG S, et al. Methyleugenol reduces cerebral ischemic injury by suppression of oxidative injury and inflammation[J]. Free radical research, 2010, 44(8): 925-35.
- [9] 唐青涛. 中草药来源的5 α -还原酶抑制剂的研究进展[J]. 华西药学杂志, 2016, 31(5): 544-547.
TANG Q T. Research progress of herbal-derived 5 α -reductase inhibitors[J]. West china journal of pharmaceutical sciences, 2016, 31(5): 544-547.
- [10] HER Y, LEE T K, SIM H, et al. Pinus thunbergii bark extract rich in flavonoids promotes hair growth in dorsal skin by regulating inflammatory cytokines and increasing growth factors in mice[J]. Molecular medicine reports, 2022, 25(3): 100.
- [11] TAGHIABADI E, NILFOROUSHZADEH M A, AGHDAMI N. Maintaining hair inductivity in human dermal papilla cells: a review of effective methods[J]. Skin pharmacology and physiology, 2020, 33(5): 280-292.
- [12] PREMANAND A, REENA RAJKUMARI B. Androgen modulation of Wnt/ β -catenin signaling in androgenetic alopecia[J]. Archives of dermatological research, 2018, 310(5): 391-399.
- [13] JIANG H W, ZHANG Z K, YU Y Y, et al. Drug discovery of DKK1 inhibitors[J]. Frontiers in pharmacology, 2022, 13: 847387.
- [14] KWACK M H, SUNG Y K, CHUNG E J, et al. Dihydrotestosterone-inducible dickkopf 1 from balding dermal papilla cells causes apoptosis in follicular keratinocytes[J]. The journal of investigative dermatology, 2008, 128(2): 262-269.
- [15] KATZER T, LEITE JUNIOR A, BECK R, et al. Physiopathology and current treatments of androgenetic alopecia: going beyond androgens and anti-androgens[J]. Dermatologic therapy, 2019, 32(5): e13059.
- [16] WOLF R, SCHÖNFELDER G, PAUL M, et al. Nitric oxide in the human hair follicle: constitutive and dihydrotestosterone-induced nitric oxide synthase expression and NO production in dermal papilla cells[J]. Journal of molecular medicine (Berlin, Germany), 2003, 81(2): 110-117.
- [17] JAWORSKY C, KLIGMAN A M, MURPHY G F. Characterization of inflammatory infiltrates in male pattern alopecia: implications for pathogenesis[J]. The british journal of dermatology, 1992, 127(3): 239-246.
- [18] HAN S, GAO H W, CHEN S R, et al. Procyanidin A1 alleviates inflammatory response induced by LPS through NF- κ B, MAPK, and Nrf2/HO-1 pathways in RAW264.7 cells[J]. Scientific reports, 2019, 9(1): 15087.
- [19] CHOI Y H, SHIN J Y, KIM J, et al. Niacinamide down-regulates the expression of DKK-1 and protects cells from oxidative stress in cultured human dermal papilla cells[J]. Clinical, cosmetic and investigational dermatology, 2021, 14: 1519-1528.

本文引用格式:

林 婷, 陈媛媛, 马 庆, 等. 降香提取物对脂多糖诱导的RAW264.7细胞的抗炎、抗氧化作用和对人乳头细胞促毛发生长作用[J]. 广西医科大学学报, 2023, 40(5): 871-876. DOI: 10.16190/j.cnki.45-1211/r.2023.05.023

LIN T, CHEN Y Y, MA Q, et al. Anti-inflammation and antioxidant effect of *Dalbergia Odorifera* T. Chen extract on lipopolysaccharide-induced RAW264.7 cells and its hair growth-promoting effect on human dermal papilla cells [J]. Journal of Guangxi medical university, 2023, 40(5): 871-876. DOI: 10.16190/j.cnki.45-1211/r.2023.05.023