

薄荷有效成分药理作用研究进展

孙文豪¹ 杨 扬¹ 陈 恒¹ 徐鹏演¹ 江志伟²

(1. 南京中医药大学第一临床医学院, 江苏南京 210029; 2. 江苏省中医院, 江苏南京 210029)

摘 要 薄荷为临床常用的中药之一, 具有疏风散热、清利头目、理气解郁等功效, 其主要化学成分为挥发性混合物、多酚类、萜类、黄酮类、酚酸等。药理研究证实, 薄荷具有抗炎、抗菌、抗病毒、镇痛、抗氧化、抗生育等作用。目前对薄荷的研究主要集中于薄荷油, 对薄荷有效成分的结构关系及相互作用机制的研究尚不完善, 其在胃肠道和呼吸系统疾病中的药理作用也未得到有效证实。未来可从以上几点出发设计实验以完善薄荷有效成分的药理作用机制研究, 为临床应用提供科学依据。

关键词 薄荷; 药理作用; 综述

薄荷 (*Menthae Haplocalycis*.Herba) 为唇形科植物薄荷的地上部分, 在我国主要产于江苏、安徽、云南等地^[1], 形状与白苏、墨旱莲相似, 又名苏龙、夜息香、升阳菜、仁丹草^[2]。薄荷首载于《雷公炮炙论》, 《本草正》^[3]载其“味辛微苦, 气微凉。气味俱轻, 升也, 阳也”, 《本草衍义》^[4]指其治实热, 亦能“治骨蒸劳热”, 《本草纲目》^[5]言其治“头痛头风眼目咽喉口齿诸病, 小儿惊热及瘰癧疮疥, 为要药”, 《医学衷中参西录》^[6]言其“善消毒菌, 逐除恶气, 一切霍乱痧证, 亦为要药”。现代药理学研究表明, 薄荷中的主要有效成分为挥发性混合物、多酚类、萜类、黄酮类、酚酸等物质^[7], 这些成分具有抗炎、镇痛、抗菌、抗病毒、抗氧化、抗组胺、神经保护、调控血糖、抗辐射、抗肿瘤、保肝等作用^[8-9]。本文对近年来薄荷药理作用及其机制等国内外相关研究文献进行梳理, 为临床应用及进一步研究提供参考。

1 抗炎

薄荷发挥抗炎作用的主要成分存在于薄荷挥发油内, 其中的黄酮类成分抗炎作用显著。黄酮类成分蒙花苷通过降低环氧合酶-2 (COX-2) 和诱导性一氧化氮 (iNOS) 的表达, 抑制Toll样受体4 (TLR4) / 髓系分化蛋白-2 (MD-2) 二聚复合物的形成, 从而干预核因子 (NF) - κ B活化, 发挥抗炎作用; 同时该物质通过抑制硫氧还蛋白相互作用蛋白/NOD样受体热蛋白结构域相关蛋白3 (TXNIP/NLRP3) 信号通路以改善氧化应激反应^[10-11]。XUE J S等^[12]研究发现, L-薄荷酮可诱导慢性轻度应激模型小鼠白细

胞介素 (IL) -1 β 、IL-6 和肿瘤坏死因子 (TNF) - α 增加, 恢复5-羟色胺 (5-HT) 和去甲肾上腺素 (NE) 水平以改善炎症。CHEN X J等^[13]动物实验研究发现, 薄荷酮通过下调II型胶原诱导的关节炎模型小鼠络氨酸激酶蛋白 (Tyk2) 表达, 抑制干扰素 (IFN) 刺激基因启动因子活性, 阻断IFN-1通路以改善其局部炎症反应。SU Y H等^[14]亦证实, 薄荷酮可抑制过敏性炎症哮喘模型鼠趋化因子CC受体1和CXCR受体1基因表达, 减弱嗜酸性粒细胞和炎症细胞的累积和活化, 起到缓解炎症的作用。关于薄荷抗炎的最新研究集中在瞬时受体电位 (TRP) 家族, 研究发现薄荷油可以激活冷感觉通道瞬时受体电位间弹性蛋白-8 (TRPM8), 降低NF- κ B核定位, 抑制TNF- α mRNA表达, 从而减少IL-1 β 、IL-6 和TNF- α 的释放, 从而减轻炎症反应^[15]。

2 抗菌

薄荷挥发油、薄荷醇及单萜类等化合物有较强的抗菌活性, 且具有一定的协同作用。EDRIS A E等^[16]研究发现, 薄荷油、薄荷醇可以抑制霉菌生长繁殖, 且呈剂量依赖性。薄荷中酚酸类物质亦有抗菌作用, 其机制可能是其与细菌的羟胺基、膜蛋白氨基结合, 从而破坏细菌膜结构^[17]。薄荷中薄荷多糖抗菌作用得益于其自由基清除能力和还原能力, 通过诱导细菌内羟自由基形成, 以促进细胞内活性氧形成, 从而杀伤细菌^[18]。研究发现, 薄荷精油的疏水性可以改变细菌细胞膜通透性, 通过降低细胞内K⁺

浓度以改变细胞内外液pH梯度,促进细胞凋亡^[19]。ZHAO W M等^[20]研究亦证实,薄荷酮通过干预细菌包膜中的含磷酸盐聚合物(LTA)合成,阻碍RNA和蛋白质合成,从而抑制细菌生长繁殖。多项研究表明,新鲜薄荷叶的挥发油成分对大肠杆菌、肺炎链球菌、白色念珠菌、变形杆菌、串珠镰刀菌、黑曲霉和烟曲霉、枯草杆菌、沙雷氏菌、铜绿假单胞菌等多种菌属均有显著的抑制作用^[21-22]。目前薄荷抗菌主要应用于轻微的浅表皮肤或口腔黏膜感染,对细菌性肺炎、细菌性痢疾等深部感染疾病的应用报道较少。

3 抗病毒

薄荷的抗病毒作用与其挥发油成分、薄荷多糖及酚类化合物有关。研究发现,薄荷酮能通过激活Toll样受体7(TLR7)通路,诱导下游相关分子IL-1受体相关激酶(IRAK4)mRNA表达,促进IFN- β 生成,发挥抗病毒作用^[23]。SCHUHMACHER A等^[24]研究发现,薄荷油通过抑制逆转录酶,发挥抗单纯疱疹病毒(HSV)-1和HSV-2两种亚型病毒的作用,呈明显的时间相关性。TAYLOR D J R等^[25]通过实验研究阐述了薄荷油抗I/II型疱疹病毒机制在于其稳定线粒体抗病毒信号传导(MAVS)的水平,拮抗瞬时电位V型1受体(TRPV1),从而阻断病毒自噬与细胞线粒体破裂,抑制病毒复制。此外,薄荷油可通过调节TLR7/MyD88/NF- κ B信号通路,抑制炎症细胞因子表达,从而抑制病毒复制^[8]。研究表明,薄荷油对H3N1/H1N1、新城疫病毒、PR8病毒、孤儿病毒、Semliki森林病毒、流行性腮腺炎等病毒均具有直接杀伤作用^[26]。值得注意的是,薄荷油对耐阿昔洛韦HSV-1病毒具有明显抑制作用,薄荷油的亲脂性又能促其渗透皮肤以助吸收,具有制成油膏运用于治疗局部皮肤复发性疱疹病毒感染的前景。

4 镇痛

薄荷中的乙醇提取物、薄荷醇及胡椒烯酮是产生镇痛作用的主要成分。LI Z等^[27]研究发现,薄荷醇可作用于TRPM8受体,促进抑制性II/III代谢性谷氨酸受体(mGluRs)表达,抑制Kv7.2/3通道(电压门控K离子通道)与其介导的M电流,发挥镇痛作用。GALEOTTI N等^[28]研究亦发现,薄荷醇可对中枢神经产生类阿片样作用,其机制在于调节神经系统的 γ -氨基丁酸(GABA)和甘氨酸受体产生镇静镇痛效果。此外,薄荷醇还能降低重复放电和动作电位振幅以降低神经元兴奋性,阻断浅表背角神经元的自发突触传递从而产生神经镇痛作用^[29]。DAVIES S J等^[30]运用薄荷油成功治疗了1例带状疱疹

疹后遗症神经痛,首次证明薄荷油针对强烈神经痛可产生良好镇痛效果。亦有研究表明,薄荷醇注射液运用于小儿静脉穿刺麻醉效果良好,其机制可能在于阻断Na⁺和Ca²⁺通道^[31],具有临床小儿麻醉运用的前景。

5 抗氧化

薄荷中的薄荷多糖、黄酮类、黄酮烷类以及酚酸类是发挥抗氧化作用的主要成分。侯学敏等^[32]发现,薄荷中黄酮类物质总黄酮提取液对超氧阴离子、羟基自由基均具有显著的清除作用。LI Y R等^[33]研究发现,薄荷中黄酮类化合物可通过抗氧化信号通路激活E2相关因子(Nrf2),调控多种抗氧化酶活性,发挥抗氧化作用。此外,薄荷中酚酸类物质作为最主要的抗氧化成分,其机制在于直接清除活性氧自由基(ROS),直接或间接抑制脂质过氧化,或与变价金属离子螯合发挥抗氧化作用^[34]。薄荷的抗氧化活性可因生长环境、提取部位、提取方式、干燥方式等多种因素影响,活性测定研究发现,薄荷在75%乙醇溶剂保存和风干处理下的薄荷花提取物抗氧化效果最强^[35]。

6 保肝利胆

KHALIL A F等^[36]研究发现,薄荷叶精油在0.5 mL/kg剂量下可显著降低四氯化碳(CCl₄)所致肝损伤模型小鼠谷氨酸转氨酶(ALT)、天冬氨酸转氨酶(AST)、胆红素水平,明显升高超氧化物歧化酶、谷胱甘肽过氧化物酶和丙二醛指数,发挥肝脏保护作用。DADKHAH A等^[37]动物实验研究发现,薄荷精油对盲肠结扎和穿刺所致的肝损伤模型小鼠的肝脏有潜在的保护作用,其机制在于逆转谷胱甘肽及谷胱甘肽s-转移酶水平,促进细胞色素酶P450(CYP450)生成代谢及减轻肝内氧化应激。OGALY H A等^[38]研究亦表明,薄荷精油可作用于转化生长因子- β /转录因子活化(TGF- β 1/SMAD)通路,从而抑制SMAD3和P53表达以减轻肝硬化模型大鼠肝纤维化。研究证实,薄荷醇经过肠肝循环的葡萄糖醛酸苷化后发挥利胆作用,而薄荷精油通过上调胆固醇7 α -羟化酶(CYP7A1)mRNA和胆汁酸法尼醇X受体(FXR)受体水平以达保肝利胆的目的^[39-40],关于薄荷酮直接发挥保肝利胆的作用机制的研究报道甚少。此外,以薄荷油为主要原料制成的胆舒胶囊具有良好的排石溶石、保肝利胆效果,其对于胆囊炎、胆石症和胆道感染均有良好疗效,可显著降低患者血清ALT水平,以结石性胆囊炎疗效尤佳^[41]。

7 调节神经系统

研究表明,薄荷内挥发性物质对中枢神经系统有双向调节作用,少量能兴奋中枢及末梢神经兴奋,毛细血管扩张,促进汗腺分泌,大量则产生神经抑制作用^[42]。谷氨酰胺受体1 (Glu R1) 是 α -氨基羟甲基异唑丙酸 (AMPA) 受体的重要组成部分,其对正常的快突触传递、长时程增强 (LTP) 及空间记忆调节具有关键作用。刘莉茵等^[43]研究发现,吸入薄荷醇可激活小鼠海马体中乙酰胆碱酯酶 (AChE) 及Glu R1 活性,促进LTP从而提高脑内胆碱能活性,提高学习记忆能力。LAU B K等^[44]研究发现,薄荷精油可增强大鼠中脑导水管周围灰质 (PAG) 亚神经元 γ -氨基丁酸A受体电流,延长PAG神经元中自发抑制性突触后电流 (IPSC) 的衰减时间,从而发挥抗抑郁和镇痛作用,但不影响海马CA1区锥体神经元中的IPSC传导。KENNEDY D等^[45]通过实验研究发现,薄荷醇可通过调控神经元 Ca^{2+} 通道使去极化反应延长,发挥胱天蛋白酶激活脱氧核糖核酸酶 (CAD) 细胞氧化应激下的神经保护作用。此外,薄荷油具有松弛平滑肌的作用,其通过拮抗5-HT诱导的收缩,松弛结肠平滑肌以改善肠易激综合征^[46]。

8 抗生育

薄荷中薄荷油对小鼠和家兔有抗早孕、抗着床的作用。研究表明,薄荷油对实验鼠妊娠各个阶段均具有抗生育作用,其可致妊娠小鼠发生子宫内膜胚胎剥离、阴道不规则流血、胚胎发育变性萎缩或死亡,且正常胚胎数会明显减少^[47]。杨世杰等^[48]研究发现,薄荷醇的抗生育机制与雌、孕激素水平和子宫平滑肌上的 α 、 β 受体无关,说明薄荷醇有缩宫素的作用但不直接引起子宫收缩,原因在于薄荷醇直接干预滋养叶和促进等生成,而前列腺素具有终止妊娠作用。国外研究表明,薄荷醇终止妊娠的原因与药物对蜕膜组织的直接损伤亦有直接关系,但不能排除是其加强子宫收缩的原因^[49]。以上两个报道均明确了薄荷醇对子宫的直接作用,但对于是否能加强子宫收缩有待进一步研究证实。

9 其他作用

薄荷具有抗辐射抗肿瘤的作用,其抗辐射机制可能与提高自由基清除率和一氧化氮 (NO) 释放量有关。SAMARTH R M等^[50]研究表明,辣薄荷精油对辐射下的生殖器、胃肠道、脾脏造血功能等均具有明显的保护作用,其机制在于电离辐射产生的活性氧在与生化分子相互作用之前被具有防护作用的薄

荷清除,从而减少辐射的有害影响。HAKSAR A等^[51]通过实验发现,薄荷精油通过调节血清磷酸酶活性、抑制细胞 Ca^{2+} 过载,对辐射所致条件性味觉厌恶有改善作用。薄荷精油良好的抗辐射作用在未来航空航天、核工业生产及农业废水废料处理等领域具有广阔的应用前景。

EFTEKHARI A等^[52]研究发现,薄荷种属对于恶性子宫癌Hela、人类喉癌HepG2、人类乳腺癌MCF-7等多种癌症细胞株均有明显的抑制作用。薄荷醇亦可促进人低分化肺腺癌细胞SK-LU-1、人胃癌细胞SGC-7901细胞自噬,增加细胞内 Ca^{2+} 浓度,抑制癌细胞DNA合成和下调凋亡蛋白Bcl-2、At912等蛋白表达,促使肿瘤细胞凋亡^[53]。薄荷中的阿魏酸、木犀草素、芦荟大黄素等成分可作用于肿瘤细胞丝裂原活化蛋白激酶14 (MAPK14)、核受体亚家族3 (NR3A1) 等靶点,激活磷脂酰肌醇3激酶-丝氨酸/苏氨酸特异性蛋白激酶 (PI3K-Akt)、分泌型糖蛋白Wnt、TNF等信号通路产生抗癌效果,并能上调肠道产丁酸菌的活性达到抗炎抗肿瘤的作用^[54],对于胃癌、结直肠肿瘤、炎症性肠病的治疗具有广阔的研究前景。

10 结语

目前薄荷的药理研究主要集中在抗炎、镇痛、抗氧化、抗病毒、抗辐射和抗生育等方面,止泻、伤口愈合、保肝、抗溃疡等方面研究较少。薄荷油提取物对癌症放疗产生的胃肠道作用具有潜在的治疗用途,可通过实验研究以明确薄荷油提取物作用机制和药代动力学效应。此外,薄荷有效成分的研究多集中于体外和初级动物研究,若要明确其毒理学和临床验证,需从细胞/分子水平探讨其作用机制。未来可从以上几点入手设计相关实验以完善薄荷药理学研究,为拓展其临床应用及新药研发提供参考。

参考文献

- [1] 国家药典委员会.中华人民共和国药典:2020年版.一部[M].北京:中国医药科技出版社,2020:394.
- [2] 郭晓恒,杨新杰,刘涛,等.药用薄荷的来源研究[J].安徽农业科学,2013,41(11):4787.
- [3] 张景岳.本草正[M].北京:中国医药科技出版社,2017:38.
- [4] 寇宗奭.本草衍义[M].梁茂新,范颖,点评.北京:中国医药科技出版社,2018:225.
- [5] 李时珍.本草纲目[M].北京:线装书局,2019:160.
- [6] 张锡纯.医学衷中参西录[M].石家庄:河北人民出版社,1974:367.
- [7] 华燕青,王云云,李娟丽.超临界 CO_2 萃取薄荷总黄酮的工艺研究[J].江苏中医药,2018,50(3):76.

- [8] ABDELLATIEF S A, BEHEIRY R R, EL-MANDRAWY S A M. Peppermint essential oil alleviates hyperglycemia caused by streptozotocin-nicotinamide-induced type 2 diabetes in rats[J]. *Biomed Pharmacother*, 2017, 95 : 990.
- [9] BOUYAHYA A, LAGROUH F, EL OMARI N, et al. Essential oils of *Mentha viridis* rich phenolic compounds show important antioxidant, antidiabetic, dermatoprotective, antidermatophyte and antibacterial properties[J]. *Biocatal Agric Biotechnol*, 2020, 23 : 101471. doi : 10.1016/j.bcab.2019.101471.
- [10] MOTTAGHIPISHEH J, TAGHRIR H, BOVEIRI DEHSHEIKH A, et al. Linarin, a glycosylated flavonoid, with potential therapeutic attributes : a comprehensive review[J]. *Pharmaceuticals (Basel)*, 2021, 14 (11) : 1104.
- [11] HAN X, WU Y C, MENG M, et al. Linarin prevents LPS-induced acute lung injury by suppressing oxidative stress and inflammation via inhibition of TXNIP/NLRP3 and NF- κ B pathways[J]. *Int J Mol Med*, 2018, 42 (3) : 1460.
- [12] XUE J S, LI H Y, DENG X Y, et al. L-Menthone confers antidepressant-like effects in an unpredictable chronic mild stress mouse model via NLRP3 inflammasome-mediated inflammatory cytokines and central neurotransmitters[J]. *Pharmacol Biochem Behav*, 2015, 134 : 42.
- [13] CHEN X J, WU Q Y, CAO X H, et al. Menthone inhibits type-I interferon signaling by promoting Tyk2 ubiquitination to relieve local inflammation of rheumatoid arthritis[J]. *Int Immunopharmacol*, 2022, 112 : 109228. doi : 10.1016/j.intimp.2022.109228.
- [14] SU Y H, LIN J Y. Menthone supplementation protects from allergic inflammation in the lungs of asthmatic mice[J]. *Eur J Pharmacol*, 2022, 931 : 175222. doi : 10.1016/j.ejphar.2022.175222.
- [15] CHENG H J, AN X M. Cold stimuli, hot topic : an updated review on the biological activity of menthol in relation to inflammation[J]. *Front Immunol*, 2022, 13 : 1023746. doi : 10.3389/fimmu.2022.1023746.
- [16] EDRIS A E, FARRAG E S. Antifungal activity of peppermint and sweet basil essential oils and their major aroma constituents on some plant pathogenic fungi from the vapor phase[J]. *Nahrung*, 2003, 47 (2) : 117.
- [17] FERREIRA P, CARDOSO T, FERREIRA F, et al. Mentha piperita essential oil induces apoptosis in yeast associated with both cytosolic and mitochondrial ROS-mediated damage[J]. *FEMS Yeast Res*, 2014 : 1006.
- [18] 李佩佩, 杨子君, 陈荫, 等. 薄荷多糖的提取工艺及其抗氧化、抗病毒活性的研究[J]. *食品科技*, 2014, 39 (12) : 196.
- [19] WRIGHT G D, HUNG D T, HELMANN J D. How antibiotics kill bacteria : new models needed?[J]. *Nat Med*, 2013, 19 (5) : 544.
- [20] ZHAO W M, YANG C W, ZHANG N, et al. Menthone exerts its antimicrobial activity against methicillin resistant *Staphylococcus aureus* by affecting cell membrane properties and lipid profile[J]. *Drug Des Devel Ther*, 2023, 17 : 219.
- [21] 邓蓉蓉. 薄荷精油及其主要成分L-薄荷醇抑制酸腐菌机理研究[D]. 西安 : 陕西师范大学, 2021.
- [22] 李德全, 胡杰, 罗俊容, 等. 薄荷醇杀菌效果的初步研究[J]. *中国消毒学杂志*, 2022, 39 (5) : 334.
- [23] 何婷, 汤奇, 曾南, 等. 荆芥挥发油及其主要成分抗流感病毒作用与机制研究[J]. *中国中药杂志*, 2013, 38 (11) : 1772.
- [24] SCHUHMACHER A, REICHLING J, SCHNITZLER P. Virucidal effect of peppermint oil on the enveloped viruses Herpes simplex virus type 1 and type 2 in vitro[J]. *Phytomedicine*, 2003, 10 (6/7) : 504.
- [25] TAYLOR D J R, HAMID S M, ANDRES A M, et al. Antiviral effects of menthol on coxsackievirus B[J]. *Viruses*, 2020, 12 (4) : 373.
- [26] SCHELZ Z, MOLNAR J, HOHMANN J. Antimicrobial and antiplasmid activities of essential oils[J]. *Fitoterapia*, 2006, 77 (4) : 279.
- [27] LI Z, ZHANG H, WANG Y, et al. The distinctive role of menthol in pain and analgesia : mechanisms, practices, and advances[J]. *Front Mol Neurosci*, 2022, 15 : 1006908. doi : 10.3389/fnmol.2022.1006908.
- [28] GALEOTTI N, DI CESARE MANNELLI L, MAZZANTI G, et al. Menthol : a natural analgesic compound[J]. *Neurosci Lett*, 2002, 322 (3) : 145.
- [29] PAN R, TIAN Y, GAO R, et al. Central mechanisms of menthol-induced analgesia[J]. *J Pharmacol Exp Ther*, 2012, 343 (3) : 661.
- [30] DAVIES S J, HARDING L M, BARANOWSKI A P. A novel treatment of postherpetic neuralgia using peppermint oil[J]. *Clin J Pain*, 2002, 18 (3) : 200.
- [31] 黄春辉, 卢贤秀, 陈琼, 等. 薄荷醇在小儿无痛静脉穿刺中的应用研究[J]. *国际医药卫生导报*, 2013, 19 (5) : 710.
- [32] 侯学敏, 李林霞, 张直峰, 等. 响应面法优化薄荷叶总黄酮提取工艺及抗氧化活性[J]. *食品科学*, 2013, 34 (6) : 124.
- [33] LI Y R, LI G H, ZHOU M X, et al. Discovery of natural flavonoids as activators of Nrf2-mediated defense system : structure-activity relationship and inhibition of intracellular oxidative insults[J]. *Bioorg Med Chem*, 2018, 26 (18) : 5140.

- [34] ZOU Z, XI W P, HU Y, et al. Antioxidant activity of Citrus fruits[J]. Food Chem, 2016, 196 : 885.
- [35] 白小慧, 艾米拉·奥肯, 努尔波拉提·阿依达尔汗, 等. 干燥方法对欧薄荷精油化学成分及生物活性的影响[J]. 食品科学技术学报, 2022, 40 (1) : 124.
- [36] KHALIL A F, ELKATRY H O, EL MEHAIRY H F. Protective effect of peppermint and parsley leaves oils against hepatotoxicity on experimental rats[J]. Ann Agric Sci, 2015, 60 (2) : 353.
- [37] DADKHAH A, FATEMI F, RASOOLI A, et al. Assessing the effect of *Mentha longifolia* essential oils on COX-2 expression in animal model of sepsis induced by caecal ligation and puncture[J]. Pharm Biol, 2018, 56 (1) : 495.
- [38] OGALY H A, ELTABLAWEY N A, ABD-ELSALAM R M. Antifibrogenic influence of *Mentha piperita* L. essential oil against CCl₄-induced liver fibrosis in rats[J]. Oxid Med Cell Longev, 2018, 2018 : 4039753. doi : 10.1155/2018/4039753.
- [39] GRIGOLEIT H G, GRIGOLEIT P. Pharmacology and preclinical pharmacokinetics of peppermint oil[J]. Phytomedicine, 2005, 12 (8) : 612.
- [40] ZONG L, QU Y, LUO D X, et al. Preliminary experimental research on the mechanism of liver bile secretion stimulated by peppermint oil[J]. J Dig Dis, 2011, 12 (4) : 295.
- [41] 龚文火. 胆舒胶囊中薄荷主要有效成分、药理作用的分析[J]. 海峡药学, 2012, 24 (10) : 54.
- [42] SAFDARI M R, SHAKERI F, MOHAMMADI A, et al. Role of herbal medicines in the management of brain injury[J]. Adv Exp Med Biol, 2021, 1328 : 287.
- [43] 刘莉茵, 方文恒, 陈君, 等. 薄荷醇吸嗅对大鼠学习记忆及海马区乙酰胆碱酯酶及谷氨酸受体1表达的影响[J]. 国际药学研究杂志, 2012, 39 (3) : 238.
- [44] LAU B K, KARIM S, GOODCHILD A K, et al. Menthol enhances phasic and tonic GABA_A receptor-mediated currents in midbrain periaqueductal grey neurons[J]. Br J Pharmacol, 2014, 171 (11) : 2803.
- [45] KENNEDY D, OKELLO E, CHAZOT P, et al. Volatile terpenes and brain function : investigation of the cognitive and mood effects of *Mentha x piperita* L. essential oil with in vitro properties relevant to central nervous system function[J]. Nutrients, 2018, 10 (8) : 1029.
- [46] CHUMPITAZI B P, KEARNS G L, SHULMAN R J. Review article : the physiological effects and safety of peppermint oil and its efficacy in irritable bowel syndrome and other functional disorders[J]. Aliment Pharmacol Ther, 2018, 47 (6) : 738.
- [47] 易真珍, 舒扬, 赵建, 等. 薄荷油对雌性小鼠的抗生育作用[J]. 中国兽医学报, 2014, 34 (8) : 1380.
- [48] 杨世杰, 吕怡芳, 王秋晶, 等. 薄荷油终止家兔早期妊娠及其机理的初探[J]. 中草药, 1991, 22 (10) : 454.
- [49] LAHLOU S, CARNEIRO-LEÃO R F, LEAL-CARDOSO J H, et al. Cardiovascular effects of the essential oil of *Mentha x villosa* and its main constituent, piperitenone oxide, in normotensive anaesthetised rats : role of the autonomic nervous system[J]. Planta Med, 2001, 67 (7) : 638.
- [50] SAMARTH R M, SAMARTH M. Protection against radiation-induced testicular damage in Swiss albino mice by *Mentha piperita* (Linn.) [J]. Basic Clin Pharmacol Toxicol, 2009, 104 (4) : 329.
- [51] HAKSAR A, SHARMA A, CHAWLA R, et al. Mint oil (*Mentha spicata* Linn.) offers behavioral radioprotection : a radiation-induced conditioned taste aversion study[J]. Phytother Res, 2009, 23 (2) : 293.
- [52] EFTEKHARI A, KHUSRO A, AHMADIAN E, et al. Phytochemical and nutra-pharmaceutical attributes of *Mentha* spp. : a comprehensive review[J]. Arab J Chem, 2021, 14 (5) : 103106. doi:10.1016/j.arabjc.2021.103106.
- [53] 陶兴魁, 段红, 张兴桃, 等. 薄荷醇促进SK-LU-1细胞凋亡的机制[J]. 中成药, 2021, 43 (12) : 3472.
- [54] 罗磊. 辣椒和薄荷对结肠癌“炎症转化”影响作用的网络药理及实验研究[D]. 南京: 南京中医药大学, 2021.

第一作者: 孙文豪 (1999—), 男, 硕士研究生在读, 研究方向: 加速康复外科。

通讯作者: 江志伟, 医学博士, 主任医师, 博士研究生导师。surgery34@163.com

修回日期: 2023-02-26

编辑: 蔡 强

