

芳香中药精油成分在心血管疾病中的应用

罗晶^{1,2,3}, 田鑫⁴, 刘波¹, 王朝平¹, 李林^{5*}, 杨明^{1,2,3*}

1. 江西中医药大学药学院, 江西 南昌 330000

2. 现代中药制剂教育部重点实验室, 江西 南昌 330000

3. 创新药物与高效节能降耗制药设备国家重点实验室, 江西 南昌 330000

4. 江西中医药大学临床医学院研究生院, 江西 南昌 330006

5. 江西中医药大学附属医院, 江西 南昌 330006

摘要: 芳香中药具有特殊的芳香气味, 其中广泛存在着精油成分。精油成分可以通过清除氧自由基、舒张血管、改善脂质代谢、降低心率、抗血小板聚集等方式显著改善心血管疾病。总结目前已知的芳香中药精油成分在降低心血管疾病风险方面的作用及其机制。对芳香中药精油成分的研究有可能发现新的活性化合物, 为开发治疗诸如动脉高血压、心绞痛、心力衰竭和心肌梗死等心血管疾病的新功能性产品提供思路。

关键词: 芳香中药; 精油; 心血管疾病; 动脉高血压; 心绞痛; 心力衰竭; 心肌梗死

中图分类号: R284; R285 **文献标志码:** A **文章编号:** 0253-2670(2020)01-0245-11

DOI: 10.7501/j.issn.0253-2670.2020.01.032

Application of essential oil components of aromatic Chinese materia medica in cardiovascular diseases

LUO Jing^{1,2,3}, TIAN Xin⁴, LIU Bo¹, WANG Chao-ping¹, LI Lin⁵, YANG Ming^{1,2,3}

1. College of Pharmacy, Jiangxi University of Traditional Chinese Medicine, Nanchang 330000, China

2. Key Laboratory of Modern Traditional Chinese Medicine Preparation, Ministry of Education, Nanchang 330000, China

3. State Key Laboratory of Innovative Drugs and High Efficiency, Energy Saving and Consumption Reducing Pharmaceutical, Nanchang 330000, China

4. Clinical Medical College, Graduate School of Jiangxi University of Traditional Chinese Medicine, Nanchang 330006, China

5. Affiliated Hospital of Jiangxi University of Traditional Chinese Medicine, Nanchang 330006, China

Abstract: Aromatic Chinese materia medica (CMM) have special aromatic odor, in which essential oils are widely present. It is reported that some essential oil components can significantly improve cardiovascular diseases by scavenging oxygen free radicals, relaxing blood vessels, improving lipid metabolism, reducing heart rate, and antiplatelet aggregation. Several mechanisms have been proposed for the role of essential oils in promoting cardiovascular health in aromatic CMM. The purpose of this review is to highlight and summarize the role of essential oils from aromatic CMM in reducing the risk of cardiovascular disease and their mechanisms. The research on essential oil components of aromatic CMM could discover new bioactive compounds and provide ideas for the development of new functional products for the treatment of cardiovascular diseases such as arterial hypertension, angina, heart failure, and myocardial infarction.

Key words: aromatic Chinese materia medica; essential oil; cardiovascular disease; arterial hypertension; stenocardia; cardiac failure; myocardial infarction

随着现代人们饮食结构、出行方式以及生活习惯的改变, 心血管疾病发病率以及死亡率逐年上升,

全球疾病负担研究结果显示, 心血管疾病目前已成为致死人数最多的非传染性疾病, 这一类疾病的发病

收稿日期: 2019-09-02

基金项目: 国家重点研发计划(2018YFC1706404); 江西省中药学一流学科专项科研基金项目(JXSYLXK-ZHYAO09, JXSYLXK-ZHYAO082)

作者简介: 罗晶(1983—), 女, 江西南丰人, 讲师, 博士生, 从事中药新技术与新剂型研究。Tel: 13970897641 E-mail: louj.2008@163.com

*通信作者 李林(1982—), 男, 江西赣州人, 从事心衰病的中医现代化治疗研究。E-mail: lilin330000@126.com

杨明, 博士生导师, 教授, 从事中药新剂型、新技术、新工艺研究。Tel/Fax: (0791)87118108 E-mail: yangming16@126.com

越来越频繁, 并与高致残和死亡的发生率密切相关。现代医学在预防及治疗该类疾病方面多采用一级或是二级预防来控制血压、血脂及血栓的形成, 减缓动脉粥样硬化 (AS) 发展速度, 控制心血管疾病的发展进程^[1]。但目前临床应用的传统降压药、调血脂药以及抗血小板药等, 患者服用之后常会出现一系列的副作用, 如咳嗽、面色潮红、头痛、气短等。所以寻找能降低心血管风险且低副作用的药物是目前临床所面临的问题, 而精油具有抗血栓、抗血小板、保护血管内皮、抗氧化、改善血管弹性和降血压等对心血管有益的作用, 在心血管疾病的治疗上潜力巨大。

1 心血管疾病的病因及发病机制

心血管疾病的发生有 2 个主要原因: AS 和血栓栓塞。而高血脂、高血糖、血管内皮细胞的损伤是导致 AS 和血栓栓塞的主要因素。长期并大量进食高脂、高糖、高蛋白食物, 使血脂、血糖、血浆氨基酸浓度过高, 使得血液浓缩、黏度增高、循环速度减慢, 同时活动过少能量消耗少, 导致血液-循环性缺氧, 血氧含量降低, 引起食物分解代谢障碍和细胞内核酸分解代谢障碍, 酮体、尿酸增多, 生成三磷酸腺苷 (ATP) 减少, 人体进而长期处于缺氧的状态, 酸性物质及氧自由基在体内蓄积。而氧自由基氧化能力很强, 能损伤红细胞、血管内皮细胞, 破坏血管内膜功能, 引起应激反应和小动脉痉挛, 使血液细胞变性, 血管内皮细胞肿大、凋亡, 导致血管内膜水肿、糜烂; 加之血浆脂蛋白、动脉壁上脂肪、胆固醇和其他化合物的堆积, 逐渐发展为 AS, 导致血流受限。如果 AS 不发生退行性变化, 病理事件会导致坏死核心、纤维组织、平滑肌细胞繁殖和细胞外基质的形成。AS 斑块物理破坏通常导致动脉血栓形成和动脉闭塞。人体循环系统的各个部分都受到 AS 的影响, 可能有不同的临床表现。AS 是心脏病的常见病因, 然而, 中枢神经系统的 AS 则是导致卒中的危险因素之一^[2-5]。

2 精油成分与心血管

精油是从芳香族植物的花、叶、茎、根或果实中提炼萃取的挥发性芳香物质, 在全球范围内被用于民族、传统和民间医学中, 用于解决各种健康问题。大量的动物实验表明, 精油具有抗血栓、抗血小板、保护血管内皮、抗氧化、改善血管弹性和降血压等对心血管有益的作用^[6]。萜类化合物是作为已知精油的主要组成成分^[7], 特别是单萜类化合物在改善心血管功能和减少心血管疾病危险因素方面

具有显著的作用^[8]。如当归、川芎精油中的藁本内酯成分, 可以起到调脂、降血压和保护心肌细胞的作用^[9-10]; 丁香精油中的丁香酚具有很强的抗氧化作用, 能清除体内的氧自由基、保护血管内皮, 除此之外还有一些具有挥发性质的酮类、醇类、醛类以及酚类物质也具有保护心血管的作用^[11-12]。诸如这一类从芳香中药中提取出的精油活性成分, 可以作用于心血管并使心血管获益。抗心血管疾病芳香中药精油成分药效多环节作用见图 1^[2-5]。基于此, 笔者通过查阅文献, 总结目前已知的作用于心血管的芳香中药精油成分, 阐述其心血管作用及其机制。

2.1 β -细辛醚 (β -asarone)

β -细辛醚是从天南星科植物石菖蒲 *Acorus tatarinowii* Schott 的干燥根茎中提取的萜类化合物, 同时也是石菖蒲挥发油的主要活性成分^[13], 其化学结构见图 2。现代研究发现其对心血管系统具有保护作用^[14], 能够延长大鼠血液中凝血酶原时间和凝血活酶时间, 且能体外溶解纤维蛋白, 亦能改善 10% 高分子右旋糖酐所致的高黏血症大鼠的血液流变性^[15]。何玉萍等^[16]进一步研究了 β -细辛醚对氧化低密度脂蛋白 (ox-LDL) 诱导损伤的人脐静脉血管内皮细胞内 Ca^{2+} 浓度的影响, 结果显示, ox-LDL 可引起细胞内游离钙含量的升高, 降低细胞活性, 在 β -细辛醚干预之后, 细胞内 Ca^{2+} 浓度有不同程度地下降, 细胞活性增强。可以认为 β -细辛醚起到抗血栓和保护血管内皮的作用, 提示其具有抗 AS 的作用, 对临床心肌缺血以及梗死有一定的防治作用, 除此之外, 也有学者通过动物细胞实验发现 β -细辛醚可以上调大鼠心肌组织中 mir-31 的表达, 抑制相关心肌肥厚标志基因 *Nfatc2ip* 转录后翻译的进行, 从而起到抗心肌肥厚的作用^[17]。

2.2 藁本内酯 (ligustilide, LIG)

LIG 是一种苯酞类化合物, 在 1960 年由 Mitsuhashi 发现, 是伞形科植物当归 *Angelica sinensis* (Oliv.) Diels、川芎 *Ligusticum chuanxiong* Hort、藁本 *Ligustici Rhizoma et Radix* 等多种植物的主要有效成分^[9], 其化学结构见图 2。目前对于 LIG 的研究已比较充分, 其在心血管方面的作用表现为降压、调血脂、保护心肌细胞、抗 AS 以及抗心肌肥大等^[18], 实验发现 LIG 能够通过降低 *at1r* 基因的表达量, 从而抑制血管收缩, 使得自发性高血压大鼠的血压下降; 也可以通过抑制 Ca^{2+} 通道, 影响 Ca^{2+} 流入细胞内, 从而使得血管舒张, 起到降压作用。

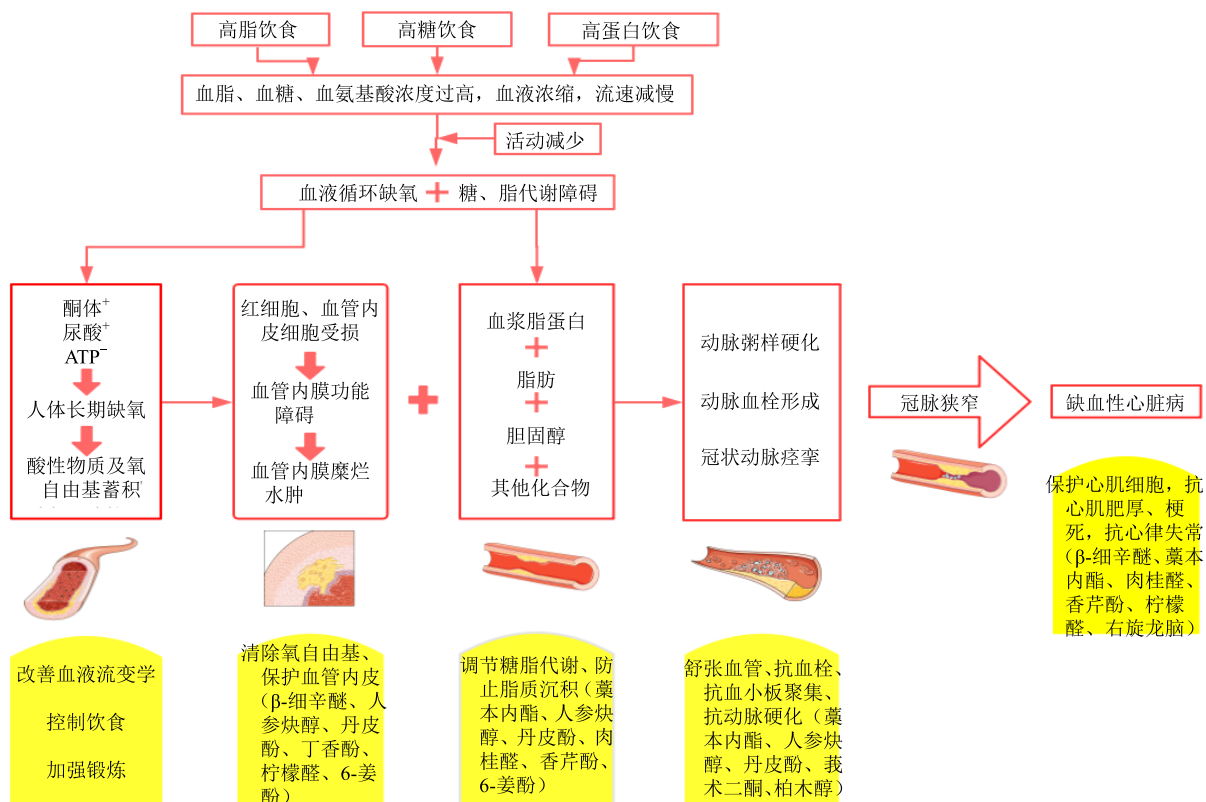


图 1 抗心血管疾病芳香中药精油成分药效多环节示意图

Fig. 1 Pharmacodynamic multistage diagram of essential oil component from aromatic Chinese materia medicine for cardiovascular disease

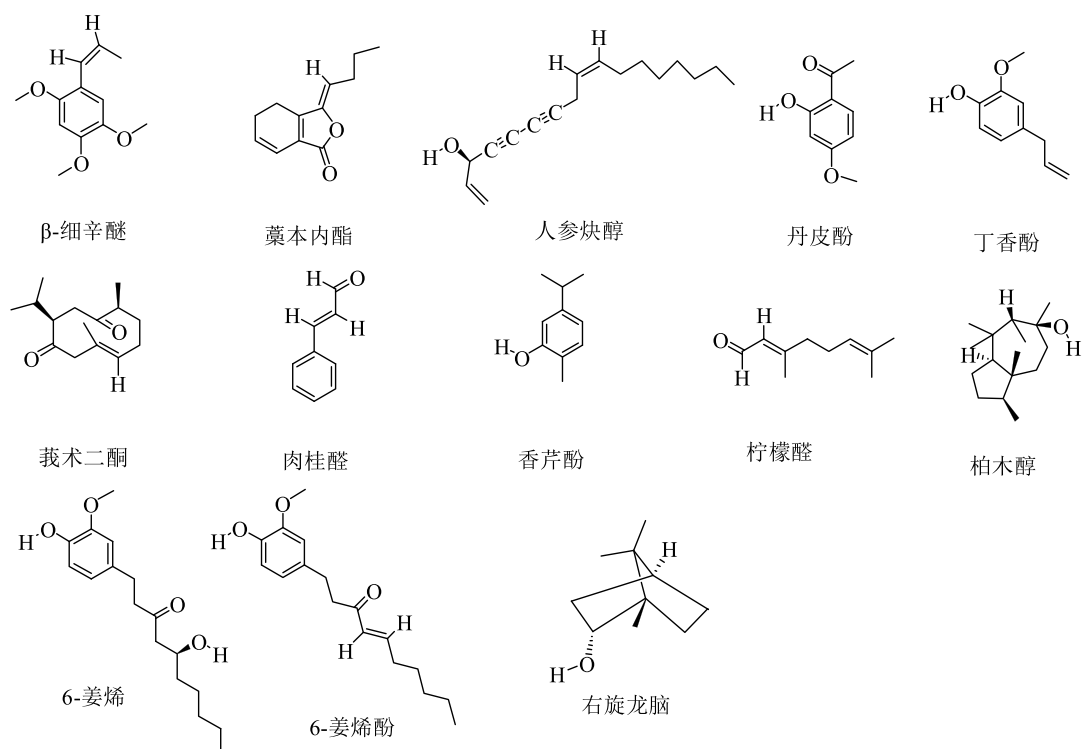


图 2 具有抗心血管疾病作用的芳香中药精油成分

Fig. 2 Volatile oil components in aromatic Chinese materia medica with anti-cardiovascular effects

Lu 等^[19]通过建立血管紧张素 II (AngII) 诱导的新生大鼠心肌细胞肥大模型,发现 LIG 可以降低 p53、Bax 等促细胞凋亡因子表达水平,升高 Bcl-2 等抑制细胞凋亡因子的表达,进而抑制 AngII 诱导的心肌细胞肥大,说明 LIG 能够起到保护心肌细胞的作用。亦有研究通过建立高同型半胱氨酸血症兔模型,用当归挥发油 ig 给药 8 周,发现当归挥发油不仅能降低血清同型半胱氨酸 (Hcy)、总胆固醇 (TC)、三酰甘油 (TG) 和低密度脂蛋白 (LDL-C) 水平,还能减轻同型半胱氨酸血症所致兔 AS 病变程度^[20]。说明 LIG 能够通过多种途径延缓和抑制心血管疾病的发生发展,在高血压、冠心病以及心力衰竭等心血管疾病的防治方面具有重要作用。

2.3 人参炔醇 (panaxynol, PNN)

PNN 又名镰叶芹醇,现代药理研究已经证实,PNN 具有抗癌、抑菌、镇静、镇痛、抗炎和神经细胞保护等作用^[21],其广泛存在于北沙参 *Glehnia Radix*、人参 *Panax ginseng* C. A. Mey.、三七 *P. notoginseng* (Burk.) f. h. Chen 等中药挥发油中,是一种聚乙炔醇类化合物^[22-23],其化学结构见图 2。实验发现,PNN 在治疗心血管疾病方面也能取得明显疗效,首先,其通过抑制胆固醇酰基转移酶 (ACAT) 活性,从而降低血清中 TC 和 LDL-C 水平^[24],同时也可以抑制 12/15-脂氧合酶,发挥抗氧化作用,减少 TC 在动脉壁的沉积,并且进一步抑制 AngII 的形成,从而影响肾素-血管紧张素系统 (RAS),降低血压,降低冠状 AS 风险^[25]。另外,PNN 具有延长小鼠血液体外凝固时间的作用^[26],基于此,Kwon^[24]用胶原、二磷酸腺苷和凝血酶建立兔动脉血栓模型,通过给予 PNN 干预,发现其能明显抑制这些因素所导致的兔动脉血栓形成,且对于胶原引起的血栓具有完全抑制作用。说明 PNN 可以通过降压、调脂、抗氧化、抗动脉斑块、抗血栓形成等多种途径,预防和减缓 AS 进程,降低患心血管疾病的风险。

2.4 丹皮酚 (paeonol, PAE)

PAE 是具有挥发性的酚类化合物,主要存在于白芍 *Paeoniae Radix Alba*、牡丹皮 *Moutan Cortex* 以及徐长卿 *Cynanchi Paniculati Radix et Rhizoma* 等药材的挥发油中,具有解热、镇痛、抗炎、抗菌、抗过敏等药理作用^[27]。其化学结构见图 2。PAE 药效温和持久、不良反应少,具有良好的应用前景,随着对其研究的深入,发现 PAE 对心血管也具有很好的保护作用。首先,PAE 可以调血脂和降低血压^[28-29],

在动物实验中,PAE 可以提高小鼠体内肝脂酶 (HL) 和脂蛋白脂酶 (LPL) 活性,抑制脂质合成并增强脂质氧化代谢,从而改善高脂血症小鼠血清中 TC 及 LDL 的水平,并能够舒张因 KCl、5-羟色胺 (5-HT) 或内皮素-1 (ET-1) 干预收缩的健康或高血脂模型大鼠的肾动脉和冠状动脉。其次,PAE 的抗氧化特性^[30]能够改善载脂蛋白 E 缺乏症小鼠的氧化应激反应,通过提高超氧化物歧化酶 (SOD) 活性,降低小鼠体内脂质过氧化终产物丙二醛 (MDA) 含量,改善过度氧化导致的血管内皮损伤。学者还发现 PAE 保护血管内皮的作用还能够降低因 H₂O₂ 刺激上调的 p53 及乙酰化组蛋白 (H3K14、H4K16) 蛋白表达水平,其机制与其能够上调 Sirt1 蛋白表达相关,而 Sirt1 是细胞衰老、寿命和应激反应的重要调节因子,因此可以认为 PAE 具有保护血管内皮、改善内皮功能障碍的作用^[31]。综上,PAE 的降压、调血脂以及保护血管内皮的特性,使其有望成为治疗缺血性心血管疾病的有效药物。

2.5 丁香酚 (eugenol, EUG)

EUG 是具有挥发性的酚类化合物,天然存在于多种植物及精油中,丁香 *Eugenia caryophyllata* Thunb.、九里香 *Murraya exotica* L.、大高良姜 *Alpinia galanga* (L.) Willd.、辛夷 *Magnolia denudata* Desr. 及玫瑰花 *Rosae Rugosae Flos* 等多种中药挥发油中均能提取出该物质^[32],其化学结构见图 2。EUG 具有抗炎、抑菌、麻醉、抗氧化、保护心脏、保护神经细胞以及抗病毒等药理作用^[11]。其在心血管方面还表现出降压、抗心律失常和保护心肌细胞等作用。Lahlou 等^[33]通过反复的动物实验证实,通过 iv EUG 后,麻醉和有意识的大鼠可出现低血压和心动过缓的情况,并在前 20~30 s 内出现最高水平的低血压,其主动诱导副交感神经张力起到降低血压和舒张血管的效果。亦有研究发现 EUG 对乳鼠心肌细胞缺氧/复氧损伤具有保护作用^[34],其机制可能与 EUG 降低乳酸脱氢酶 (LDH)、MDA 含量并提高 SOD 活性,稳定细胞线粒体膜电位 (MMP) 的趋势,明显提高心肌细胞的存活率有关。还有实验研究表明^[12],EUG 能够降低高脂饮食和链脲佐菌素诱导的糖尿病大鼠的血糖水平,其机制是通过调节炎症和氧化应激,激活腺苷酸活化蛋白激酶 (AMPK) - 葡萄糖转运体 4 (GLUT4) 通路提高胰岛素敏感性,刺激骨骼肌葡萄糖摄取,在高脂饮食/链脲佐菌素 (HFD/STZ) 诱导的糖尿病大鼠中具有强大的抗糖

尿病潜能。总之, EUG 能够多靶向地降低心血管患病风险, 是很有开发前景的防治心血管疾病的活性成分。

2.6 莪术二酮 (curdione, CUR)

CUR 是从莪术 *Curcuma zedoaria* (Christm.) Rosc. 和郁金 *Radix Curcuma* 的挥发油中分离出的倍半萜类成分, 也是二者挥发油中作用于心血管的主要活性成分^[35-36], 其化学结构见图 2。CUR 的心血管作用主要表现在抗血小板聚集、抗血栓形成和舒张血管。CUR 可以抗凝血酶诱导的血小板聚集, 其机制是通过抑制胞内 Ca^{2+} 升高和血小板活化标记物 CD62p 的释放, 同时, CUR 还能通过磷脂酶 C (PLC) -蛋白激酶 C (PKC) -丝裂原活化蛋白激酶 (MAPKs) 通路, 抑制 PLC β 3、PKC θ 和 MAPKs 蛋白的磷酸化, 从而抑制凝血酶诱导的血小板活化和聚集^[37-38]。除此之外, CUR 对血瘀模型大鼠全血黏度及血浆黏度的变化也具有有益作用^[39], 其可以减低 D-二聚体 (DD) 水平, 从而改善血瘀模型大鼠全血黏度和血浆黏度, 改善血液循环, 但对于纤维蛋白降解产物 (FDP) 的影响和体外血栓的溶栓作用不显著。综上, CUR 可能对于动脉粥样斑块的形成具有对抗作用, 其机制与其抗血小板聚集以及抗血栓作用有关。

2.7 肉桂醛 (cinnamaldehyde, CNMA)

CNMA 是肉桂 *Cinnamomum cassia* Presl 中的一种天然苯丙烯类含醛化合物, 属于单萜类化合物^[40], 其化学结构见图 2。近年来的研究发现 CNMA 可以多靶向地降低心血管患病风险, 在心血管疾病的治疗方面有显著的疗效。首先 CNMA 具有显著的抗氧化作用^[41], Somaiya 等^[42]证明了 CNMA 能够提高关节炎大鼠的抗氧化能力, 还能明显改善脂质过氧化、蛋白氧化和 DNA 损伤, 其机制是 CNMA 可以显著增加关节炎大鼠还原型谷胱甘肽的水平, 降低血浆中 MDA 水平, 提高 SOD 和过氧化氢酶 (CAT) 的活性, 这一特性与 EUG 类似, 也在心血管疾病的治疗上发挥重要作用。CNMA 还能改善缺血/再灌注 (I/R) 引起的心肌功能障碍^[43], 其机制是抑制重组蛋白 1 (HMGB1) 和血管细胞黏附分子-1 (VCAM-1) 在 I/R 心肌中的表达, 抑制核转录因子- κ B (NF- κ B)、肿瘤坏死因子- α (TNF- α) 活化的内皮细胞的荧光素酶活性, 同时能显著抑制单核细胞 (U937) 对内皮细胞的黏附。提示 CNMA 可能通过血红素氧合酶 (HO-1) 诱导的抗氧化和抗炎作用保

护心肌 I/R 损伤。实验也发现 CNMA 对二磷酸腺苷 (ADP) 诱导的血小板聚集有明显的对抗作用^[44], 但其机制尚不明确。除此之外, CNMA 被证实具有抗高血脂和抗糖尿病的作用, 研究人员通过给予 CNMA 干预高糖高脂饲料诱导的小鼠肥胖糖尿病模型发现, CNMA 通过下调过氧化物酶体增殖物激活受体 γ (PPAR γ) 和上调 AMPK 途径阻止脂肪细胞分化和脂肪细胞形成, 激活瞬态电压感受电位锚定蛋白 1 (TRPA1) - β 肾上腺素途径增加产热, 促进脂肪的消耗, 从而降低脂肪量及 TG、非酯化脂肪酸 (NEFA) 和 TC 水平; 在抗糖尿病方面, 通过激活 TRPA1- Ca^{2+} 胰岛素途径改善胰岛素敏感性, 从而降低糖化血红蛋白以及空腹血糖水平^[45-46]。因此, 可以推测 CNMA 作为一种多靶点药物, 具有改善体内高血糖和高血脂环境、抗血小板聚集、抗氧化以及保护心肌细胞的作用, 在糖尿病、高脂血症、缺血性心脏病等心血管相关疾病的治疗方面有很大的开发前景。

2.8 香芹酚 (carvonol, CAR)

CAR 作为一种单萜酚类化合物, 广泛存在于牛至 *Origanum vulgare* L.、香薷 *Mosla chinensis* Maxim.、百里香 *Thymus mongolicus* Ronn 等中药挥发油中, 具有抗氧化、保护心肌细胞、调血脂、调节糖代谢的作用, 使之有益于心血管疾病的治疗^[47-48], 其化学结构见图 2。王妍军等^[49]研究 CAR 对 I/R 大鼠的心肌保护作用及相关分子机制发现, CAR 具有和 EUG、CNMA 相同的抗氧化作用, 并且能够明显抑制细胞凋亡蛋白 Bax 的合成, 提高抗凋亡蛋白 Bcl-2 表达, 从而有效减小心肌 I/R 后心肌梗死面积。王先宝等^[50]在同一类型的动物实验中发现, CAR 可通过改善心脏组织中线粒体损伤降低小鼠心肌 I/R 后心肌梗死面积。Ezhumalai 等^[51]运用 CAR 和罗格列酮处理高脂饮食诱导的小鼠, 发现其体内 TG、TC、血磷脂以及游离脂肪酸水平明显下降, CAR 可能通过调节核转录因子 PPAR α 、PPAR γ 及其共活化因子 PGC-1 α 调控糖脂代谢基因、能量代谢基因的表达, 从而改善糖尿病糖脂代谢紊乱, 减轻细胞、组织损伤。可以看出, CAR 能够通过多种机制改善心血管疾病的致病因素, 对于代谢性疾病以及循环系统有较好疗效, 是值得深入研究的精油成分。

2.9 柠檬醛 (citral, CIT)

天然 CIT 是一种单萜类化合物, 主要存在于荜澄茄 *Fructus Litseae* 和香茅 *Lemongrass Herb* 中^[52-53]。

其化学结构见图 2。近些年的研究表明 CIT 对冠心病、心绞痛的治疗效果较好,在心血管疾病的治疗方面拥有更多潜在的价值^[54]。查仲玲等^[55-56]研究了 CIT 对血管以及心律失常的影响,发现柠檬醛具有负性肌力作用,能够抑制猫心乳头肌的收缩性、兴奋性、自律性,延长功能性不应期,同时能直接舒张正常冠脉,不仅能使肾上腺素(Adr)或去甲肾上腺素(NA)引起兴奋的冠脉条舒张,也能对抗由于高钾去极化所引起的冠脉收缩。CIT 还能抑制血小板聚集,能抑制血小板聚集时产生的血栓素 A₂(TXA₂)样物质的释放,降低花生四烯酸诱导下血小板黏附性,起到抗血栓形成的作用^[57]。因此,可以得出结论,CIT 对于高血压、AS 以及缺血性心脏病等心血管疾病有一定效果,其负性肌力作用还可以用于心动过速的治疗。

2.10 柏木醇(cedrol, CED)

CED 又称为雪松醇,作为一种倍半萜醇,是侧柏叶 *Platycladi Cacumen* 挥发油的主要活性成分之一,具有多种药理作用,在心血管疾病的防治方面,其作用主要表现在抗血小板聚集和舒张血管作用^[58],其化学结构见图 2。现代研究证实 CED 是一种天然的血小板活化因子(PAF)受体拮抗剂,CED 能够阻断花生四烯酸、胶原和 ADP 与 PAF 受体结合,从而抑制血栓的形成^[59]。Dayawansa 等^[60]让受试者吸入气化的 CED,结果显示 CED 可以诱导副交感神经活性增强,降低交感神经的活性,使得收缩压和舒张压降低。可以认为 CED 的这种抗血栓以及降压作用使其在高血压以及 AS 等心血管疾病中具有一定效果。

2.11 6-姜酚(6-gingerol, 6-gin)/6-姜烯酚(6-shogaol, 6-sho)

6-gin 是可从姜科植物生姜 *Zingiber officinale* Rosc. 和干姜 *Zingiberis Rhizoma* 精油中分离出的酚类活性成分,6-gin 可以作为姜的质控指标,而 6-sho 是 6-gin 脱水形成的烷基酚类化合物,主要存在于干姜精油中,二者在心血管疾病方面都具有显著的药理作用^[61-63]。二者化学结构见图 2。研究发现,6-sho 和 6-gin 都具有抗氧化作用^[64-65],可以降低血清 MDA 水平、升高 SOD 水平,并且能够减轻大鼠心肌 I/R 损伤,减少心肌细胞的凋亡,作用机制与其抑制氧化应激作用密切相关。同时 6-gin 抑制氧化应激作用在抗糖尿病方面也起着重要作用^[66],6-gin 对 H₂O₂ 造成大鼠胰岛细胞(INS-1)DNA 损

伤有明显的保护作用,这种保护作用还可以通过溶酶体-线粒体途径,作用于 ATM-p53 基因通路实现。6-gin 还能够促进内皮细胞释放 NO,对抗去甲肾上腺素(NE)和 KCl 引起的兔胸主动脉收缩,起到舒张血管的作用,且呈现剂量依赖性^[67]。而 6-sho 可以呈浓度依赖性地下调 Toll 样受体 4(TLR4)/NF-κB 通路,从而抑制血小板源性生长因子(PDGF)诱导的血管平滑肌细胞(VSMC)的迁移与增殖,保护血管内皮功能,从而减缓 AS 的进程^[68]。6-gin 及 6-sho 对血管内皮及心肌细胞均具有很好的保护作用,其可能是潜在的用于治疗 AS 的天然拮抗剂。

2.12 右旋龙脑(d-borneol, D-B)

D-B 主要存在于冰片中,冰片原名“龙脑香”,又称梅片,为龙脑香料植物龙脑香 *Dipterocarpus turbinatus Gaertn. f.* 的树干经水蒸气蒸馏所得的结晶。D-B 属于小分子脂溶性单萜类物质^[69],其化学结构见图 2。D-B 具有许多生物效应,除了镇静、抗炎、镇痛等作用,其在抗心血管疾病方面也具有积极作用^[70]。首先,D-B 对链脲佐菌素诱导的糖尿病大鼠的血糖、血脂及氧化应激具有明显改善作用^[70],糖尿病大鼠的血脂、血糖等生化指标明显下降,并且血中 SOD、CAT 和还原型谷胱甘肽水平升高,其作用机制通路尚不明确,但这种潜在的抗糖尿病、调血脂作用值得进一步研究。同时,D-B 具有血管舒张作用^[71],动物实验发现 D-B 能够松弛大鼠的主动脉环,这种作用取决于血管内皮的存在,并有 NO 和 2 型纤溶酶原激活剂抑制剂(PAI-2)的参与,通过 ATP 敏感钾通道(KATP)通道作用于血管平滑肌。另外,国内早有研究表明 D-B 具有改善心肌缺血、保护心肌细胞的作用,能使急性心肌梗死麻醉狗的冠脉窦血流量回升,并可以减慢其心率,降低心肌耗氧量,从而保护因心肌缺血而导致的心肌细胞损伤^[72-73],其机制一直未取得突破性进展,但近期有学者发现丹参醇龙脑脂(tanshinol borneol ester, DBZ,一种由丹参和冰片组成的化合物),对人内皮细胞的增殖和迁移能够产生双向调节作用^[74],其机制是 DBZ 增强血管内皮生长因子(VEGF)、血管内皮生长因子受体 2(VEGFR2)和基质金属蛋白酶-9(MMP-9)的细胞水平,并激活了内皮细胞中的激酶和激酶信号,揭示了 DBZ 可以通过蛋白激酶 B(Akt)和 MAPK 信号通路促进血管生成,进而改善心肌缺血,预防心肌梗死和其他心血管疾病的发生。

3 结语

各类中药精油成分具有广泛的药理作用^[75], 尤其在心血管系统药理作用方面具有多效性及多靶向

效应, 本文涉及的芳香中药的精油成分的心血管药理作用见表 1。各药理作用出现频次占总频次的比例见图 3。

表 1 芳香中药精油成分心血管药理作用

Table 1 Cardiovascular pharmacological action of volatile oil components in aromatic Chinese materia medica

精油成分	百分含量/%	来源	性味	归经	心血管药理作用	产地
右旋龙脑	78.43 ^[76]	天然冰片	辛、苦, 微寒	心、脾、肺	降压、调脂、抗糖尿病、抗氧化、保护心肌细胞、抗心肌梗死	广东
人参炔醇	6.42 ^[77]	人参	甘、苦, 温	脾、肺	降压、调脂、抗氧化、抗血栓、抗动脉硬化	吉林
	5.95 ^[78]	三七	甘、微苦, 温	肝、胃		云南、广西
	56.62 ^[22]	北沙参	甘, 凉	肺、胃		辽宁、河北、山东、江苏、浙江、福建、台湾、广东
		前胡	苦、辛, 微寒	肺		甘肃、河南、贵州、广西、四川、湖北、湖南、江西、安徽、江苏、浙江、福建
藁本内酯	61.95 ^[78]	当归	甘、辛, 温	肝、心、脾	降压、调脂、抗心肌肥厚、抗动脉硬化、保护心肌细胞	陕西、甘肃、湖北、云南、四川、贵州
	58.00 ^[80]	川芎	辛, 温	肝、胆、心包		四川、云南、贵州、广西、湖北、湖南、江西、浙江、江苏、陕西、甘肃
丹皮酚	51.08 ^[77]	藁本	辛, 温	膀胱、肝		辽宁、吉林、内蒙古、河北、山西、山东
		白芍	苦、酸, 微寒	肝、脾	降压、调脂、抗动脉硬化、保护血管内皮细胞	西藏
	70.58 ^[81]	丹皮	苦、辛, 微寒	心、肝、肾		全国各地
	47.55 ^[82]	徐长卿	辛, 温	肝、胃		华东、中南、西南及内蒙古、河北、陕西、甘肃、江苏东并
6-姜酚/6-姜烯酚	5.15~16.33 ^[83]	生姜	辛, 微温	肺、脾	降压、抗糖尿病、抗氧化、保护血管内皮细胞	山东郓城
	11.11 ^[78]	干姜	辛, 热	脾、胃、肾、心、肺		中部、东南部至西南部各省
丁香酚	48.2~50.22 ^[84]	丁香	辛, 温	脾、胃、肾	降压、抗糖尿病、抗氧化	马达加斯加、印度尼西亚及中国广东、广西、四川、云南、贵州、广西、湖南、湖北、浙江、江西、福建
		九里香	辛、微苦, 温	肝、胃		广东、海南、广西、云南
		大高良姜	辛, 热	脾、胃		陕西、甘肃、河南、湖北、四川、安徽、浙江、江西、湖南、广东
		辛夷	辛, 温	肺、胃		北京房山
柠檬醛	1.20 ^[85]	玫瑰花	甘、微苦, 温	肝、脾		安徽
	28.20 ^[86]	荜澄茄	辛, 热	脾、胃、肾、膀胱	降压、抗氧化、抗血小板聚集、抗心律失常	湖南长沙、广东广州、浙江温州、海南万宁、福建福清
	31.01~34.09 ^[87]	香茅	辛, 温	肺、膀胱、胃		山东济宁
柏木醇	4.98 ^[88]	侧柏叶	苦、涩, 微寒	肺、肝、大肠	调脂、抗糖尿病、抗氧化、抗血小板聚集、保护心肌细胞	福建、台湾、海南、广东、广西、云南、广东、广西
肉桂醛	64.65 ^[89]	肉桂	辛、甘, 热	肾、脾、心、肝		西南及陕西、甘肃、新疆、江苏、安徽、浙江、江西、福建、台湾、河南、湖北、湖南、广东、西藏
香芹酚	45.10 ^[90]	牛至	辛、微苦, 寒	肺、肝、胃		华东、中南、江西分宜、新余, 台湾, 贵州
	35.28 ^[91]	石香薷	辛, 微温	肺、胃		甘肃
	11.57 ^[92]	百里香	辛, 微温	肺、胃		广西
莪术二酮	8.98 ^[93]	莪术	辛、苦, 温	肝、脾	抗血栓、抗血小板聚集	四川
	14.76 ^[89]	郁金	辛、苦, 寒	心、肝、胆		黄河流域以南各地
β -细辛醚	75.82 ^[89]	石菖蒲	辛, 温	心、胃		

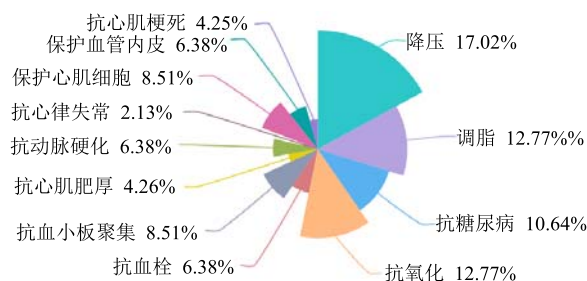


图 3 精油成分药理作用出现频次占比

Fig. 3 Proportion of occurrence frequency of pharmacological action of volatile oil components

芳香中药在治疗心血管疾病特别是对缺血性心脏病中有明确可靠的疗效，芳香中药治疗缺血性心脏病由来已久^[94]，随着近年来国内外对于精油的不断研究和发展，更多的植物精油能够用于治疗心血管疾病，富含精油成分的药材及植物越来越得到重视，大量的中药中富含精油，特别是具有芳香性的中药，其含量及治疗作用更加显著。笔者在总结芳香中药精油成分在心血管疾病的应用过程中发现：

①相比于现代常用的降压药、调脂药、抗血小板药等，精油天然存在于植物体内，可以多靶点改善心血管病理因素，但目前尚缺乏对于精油作用人体时的药效动力学、药动学、给药途径以及安全性的研究；②精油的抗氧化作用在心血管疾病的防治中起着重要作用，甚至可以说位于基础性的地位，其抗氧化作用可以清除体内的活性氧成分，改善人体缺氧环境，防止脂质的过氧化，改善糖脂分解代谢紊乱以及心肌细胞对 ATP 的利用程度，防止心肌细胞凋亡，同时还可以改善体内血管的氧化应激反应，对血管内皮细胞以及血管的功能起到保护作用，对于动脉血管硬化意义重大，其抗氧化能力可以作用于缺血性心肌病的始末；③还有很多能够作用于心血管的芳香中药精油成分尚未被纳入文中进行综述，这与对中药精油的研究尚不深入及笔者搜索范围不够有关。中药是一个非常巨大的宝库，其利用价值不能用数据衡量，芳香中药精油对心血管作用显著，其所含的活性成分能够通过多种途径降低心血管患病风险，但仍有很多作用心血管的精油活性成分及其作用机制尚不确定，如泽兰^[95]、枫香脂^[96]、降香^[97]等芳香性中药，有实验研究表明其具有心血管药理作用，但其具体芳香精油成分尚不明确，故应进一步开展实验，研究芳香中药精油中具体的安全活性成分及其对心血管起到的作用和潜在的机

制，研发出新的能够预防和降低心血管患病风险且安全的精油制剂。

参考文献

- [1] Saljoughian S, Roohinejad S, Bekhit A E A, *et al.* The effects of food essential oils on cardiovascular diseases: A review [J]. *Crit Rev Food Sci Nutr*, 2018, 58(10): 1688-1705.
- [2] 刘欢. 糖尿病患者心血管疾病发病机制的研究进展 [J]. 心血管病防治知识: 学术版, 2017(6): 139-140.
- [3] 刘超, 杜万红. 糖尿病患者心血管疾病发病机制的研究进展 [J]. 医学综述, 2015, 21(1): 103-105.
- [4] 张润峰, 李霞. 心血管疾病发病机制的新认识: 氧自由基损伤 [J]. 山西医科大学学报, 2003, 34(5): 474-476.
- [5] 陆芹. 心血管疾病家族史、吸烟与缺血性脑卒中发病的关系 [D]. 苏州: 苏州大学, 2016.
- [6] Shiina Y, Funabashi N, Lee K, *et al.* Relaxation effects of lavender aromatherapy improve coronary flow velocity reserve in healthy men evaluated by transthoracic Doppler echocardiography [J]. *Int J Cardiol*, 2008, 129(2): 193-197.
- [7] Bastos J F, Moreira I J, Ribeiro T P, *et al.* Hypotensive and vasorelaxant effects of citronellol, a monoterpene alcohol, in rats [J]. *Basic Clin Pharmacol Toxicol*, 2010, 106(4): 331-337.
- [8] 张建红, 刘琬菁, 罗红梅. 药用植物萜类化合物活性研究进展 [J]. 世界科学技术—中医药现代化, 2018, 20(3): 419-430.
- [9] 汪程远, 杜俊蓉, 钱忠明. 藁本内酯的研究进展 [J]. 中国药学杂志, 2006, 41(12): 889-891.
- [10] 邓惠坚. 藁本内酯对自发性高血压大鼠的病理性中内膜增生的作用及机制研究 [D]. 广州: 广东药科大学, 2018.
- [11] 李英嘉, 刘洪章. 丁香挥发油的研究进展 [J]. 黑龙江农业科学, 2014(7): 148-151.
- [12] Al-Trad B, Alkhateeb H, Alsmadi W, *et al.* Eugenol ameliorates insulin resistance, oxidative stress and inflammation in high fat-diet/streptozotocin-induced diabetic rat [J]. *Life Sci*, 2019, 216: 183-188.
- [13] 邵福平, 田蕾, 田妹, 等. 中药石菖蒲的研究进展 [J]. 中医药导报, 2018, 24(22): 65-69.
- [14] 王争, 王曙东, 侯中华. 石菖蒲成分及药理作用的研究概况 [J]. 中国药业, 2012, 21(11): 1-3.
- [15] 吴启端, 吴清和, 王绮雯, 等. 石菖蒲挥发油及 β -细辛醚的抗血栓作用 [J]. 中药新药与临床药理, 2008, 19(1): 29-31.
- [16] 何玉萍, 江湧, 何玉珊, 等. β -辛醚对 ox-LDL 损伤

- ECV304 细胞内钙离子浓度影响的实验研究 [J]. 中国中医药科技, 2010, 17(4): 318-319.
- [17] 赵腊梅. β -细辛醚调控 mir-31-5p 靶向 NFATC2ip 抗高负荷型心肌肥厚 [D]. 合肥: 安徽医科大学, 2017.
- [18] 伊琳, 王利红, 纪禄凤, 等. 藁本内酯对自发性高血压大鼠 ERK 信号通路的影响 [J]. 中兽医医药杂志, 2018, 37(3): 18-21.
- [19] Lu Q, Luo S, Wen Y. Effect of ligustilide on Ang II induced hypertrophy in cardiomyocytes and the potential mechanisms [J]. *Exp Therap Med*, 2014, 8(1): 169-174.
- [20] 王晓萍, 周明旺, 康开彪, 等. 岷当归有效成分对高同型半胱氨酸血症致兔 AS 的影响 [J]. 中国中医药信息杂志, 2018, 25(2): 51-54.
- [21] 段贤春, 汪永忠, 居靖, 等. 人参炔醇研究进展 [J]. 安徽医药, 2008, 12(1): 1-3.
- [22] 吴玉梅, 冯蕾. 不同方法提取北沙参挥发油的 GC-MS 分析 [J]. 内蒙古中医药, 2015, 34(7): 118.
- [23] 苗延红, 马开庆, 秦雪梅. 1,3-二炔类天然产物的合成及生物活性研究进展 [J]. 天然产物研究与开发, 2017, 29(9): 1608-1616.
- [24] Kwon B M, Ro S H, Kim M K, *et al.* Polyacetylene analogs, isolated from hairy roots of *Panax ginseng*, inhibit acyl-coA: Cholesterol acyltransferase [J]. *Planta Med*, 1997, 63(6): 552-553.
- [25] Alanko J, Kurahashi Y, Yoshimoto T, *et al.* Panaxynol, a polyacetylene compound isolated from oriental medicines, inhibits mammalian lipoxygenases [J]. *Biochem Pharmacol*, 1994, 48(10): 1979-1981.
- [26] Park H J, Rhee M H, Park K M, *et al.* Effect of non-saponin fraction from *Panax ginseng* on cGMP and thromboxane A₂ in human platelet aggregation [J]. *J Ethnopharmacol*, 1995, 49(3): 157-162.
- [27] 耿帅, 赵育林, 曾凯, 等. 丹皮酚的研究进展 [J]. 中国新药与临床杂志, 2016, 35(5): 310-313.
- [28] 陈云, 康莉华. 丹皮酚对高脂血症小鼠的脂代谢调节保护作用及其机制 [J]. 中国临床药理学杂志, 2017, 33(22): 2273-2277.
- [29] 张金艳, 赵乐, 余学钊, 等. 丹皮酚对健康和高血脂大鼠肾动脉和冠状动脉的舒张作用 [J]. 中国新药杂志, 2013, 22(20): 2414-2417.
- [30] Aiwei S. Paeonol attenuates progression of atherosclerotic lesion formation through lipid regulation, anti-inflammatory and antioxidant activities [J]. *J Chin Pharm Sci*, 2018, 27(8): 565-575.
- [31] Jamal J, Mustafa M R, Wong P F. Paeonol protects against premature senescence in endothelial cells by modulating sirtuin 1 pathway [J]. *J Ethnopharmacol*, 2014, 154(2): 428-436.
- [32] 张新渐, 韦德勇, 王洪云, 等. 丁香酚生物活性研究进展 [J]. 中国中医药现代远程教育, 2017, 15(24): 157-160.
- [33] Lahlou S, Leal Interaminense L F, Caldas Magalh Es P J, *et al.* Cardiovascular effects of eugenol, a phenolic compound present in many plant essential oils, in normotensive rats [J]. *J Cardio Pharmacol*, 2004, 43(2): 250-257.
- [34] 袁德俊. 丁香酚对体外培养心肌细胞缺氧/复氧损伤的影响 [D]. 广州: 广州中医药大学, 2009.
- [35] 张浩, 焦文旭. 中药郁金的挥发油成分研究 [J]. 天然产物研究与开发, 1997(1): 28-32.
- [36] 李瑶, 吴建华, 谢艳华. 莪术油的研究进展 [J]. 陕西中医药大学学报, 2017, 40(3): 118-121.
- [37] 张冬玲. 莪术二酮抑制凝血酶诱导血小板活化的蛋白组学研究 [D]. 合肥: 安徽医科大学, 2017.
- [38] 乔文豪, 张冬玲, 赵营莉, 等. 莪术二酮抑制凝血酶诱导血小板活化和聚集的研究 [J]. 安徽医科大学学报, 2017, 52(3): 376-382.
- [39] 司力, 王秀, 陈小欢, 等. 莪术二酮对大鼠血瘀模型血液流变学指标的影响 [J]. 安徽医药, 2012, 16(9): 1229-1231.
- [40] 宋宗辉, 张艺雯, 王玲洁, 等. 肉桂醛的药理活性及其研究进展 [J]. 解放军药科学学报, 2018, 34(6): 550-554.
- [41] Ataie Z, Mehrani H, Ghasemi A, *et al.* Cinnamaldehyde has beneficial effects against oxidative stress and nitric oxide metabolites in the brain of aged rats fed with long-term, high-fat diet [J]. *J Funct Foods*, 2019, 52: 545-551.
- [42] Somaiya M, Sumayya S, Shafeeqe A, *et al.* Cinnamaldehyde and eugenol attenuates collagen induced arthritis via reduction of free radicals and pro-inflammatory cytokines [J]. *Curr Pharm Design*, 2018, 24: 2954-2959.
- [43] Reddy A M, Seo J H, Ryu S Y, *et al.* Cinnamaldehyde and 2-methoxycinnamaldehyde as NF-kappaB inhibitors from *Cinnamomum cassia* [J]. *Planta Med*, 2004, 70(9): 823-827.
- [44] 安福丽, 张仲, 相聪坤, 等. 肉桂挥发油成分分析及其血小板聚集抑制作用研究 [J]. 中国药业, 2009, 18(22): 25-27.
- [45] Camacho S, Michlig S, De Senarclens-Bezen O C, *et al.* Anti-obesity and anti-hyperglycemic effects of cinnamaldehyde via altered ghrelin secretion and functional impact on food intake and gastric emptying [J]. *Sci Rep*, 2015, 5: 7919.
- [46] Anand P, Murali K Y, Tandon V, *et al.* Insulinotropic effect of cinnamaldehyde on transcriptional regulation of

- pyruvate kinase, phosphoenolpyruvate carboxykinase, and GLUT4 translocation in experimental diabetic rats [J]. *Chemico-Biolo Interact*, 2010, 186(1): 72-81.
- [47] 王新伟, 崔言开, 田双起, 等. 牛至油、香芹酚、柠檬醛和肉桂醛的抗氧化性能研究 [J]. 食品工业科技, 2013, 34(14): 311-313.
- [48] 薛卫星, 魏礼洲, 韩福新, 等. 香芹酚通过降低一氧化氮水平防治大鼠脑缺血/再灌注损伤的研究 [J]. 中南药学, 2014, 12(2): 109-112.
- [49] 王妍军, 王东文, 吴明营, 等. 香芹酚对大鼠心肌缺血/再灌注损伤的保护作用及相关机制 [J]. 临床和实验医学杂志, 2018, 17(18): 1911-1914.
- [50] 王先宝, 宋旭东, 杨平珍, 等. 香芹酚预处理对心肌缺血再灌注时线粒体损伤的作用 [J]. 热带医学杂志, 2013, 13(6): 674-676.
- [51] Ezhumalai M, Radhiga T, Pugalendi K V. Antihyperglycemic effect of carvacrol in combination with rosiglitazone in high-fat diet-induced type 2 diabetic C57BL/6J mice [J]. *Mol Cell Biochem*, 2014, 385(1/2): 23-31.
- [52] 欧阳婷, 杨琼梁, 颜红, 等. 不同产地香茅挥发油的化学成分比较研究 [J]. 林产化学与工业, 2017, 37(1): 141-148.
- [53] 周玉慧, 甘仙女, 陈尚研, 等. 山苍子油及柠檬醛提取分离与生物活性研究进展 [J]. 生物灾害科学, 2013, 36(2): 148-153.
- [54] Katsukawa M, Nakata R, Takizawa Y, et al. Citral, a component of lemongrass oil, activates PPAR α and γ and suppresses COX-2 expression [J]. *BBA-Mol Cell Biol Lipids*, 2010, 1801(11): 1214-1220.
- [55] 查仲玲, 詹建萍, 高建华. 柠檬醛对猫心乳头肌特性的影响及其抗实验性心律失常作用的观察 [J]. 福建医药杂志, 1985, (2): 30-32.
- [56] 查仲玲, 高建华, 詹建萍. 柠檬醛对猪离体冠脉的作用 [J]. 福建医药杂志, 1986, (2): 23-24.
- [57] 黄伟青, 黄媛媛, 牟宗霞, 等. 柠檬醛对花生四烯酸诱导血小板聚集抑制效果的影响 [J]. 实用医学杂志, 2017, 33(21): 3623-3627.
- [58] 张岩, 曲凡志, 赵余庆. 柏木醇的药理作用研究进展 [J]. 沈阳药科大学学报, 2014, 31(7): 584-588.
- [59] Singh P, Singh I N, Mondal S C, et al. Platelet-activating factor (PAF)-antagonists of natural origin [J]. *Fitoterapia*, 2013, 84: 180-201.
- [60] Dayawansa S, Umeno K, Takakura H, et al. Autonomic responses during inhalation of natural fragrance of "Cedrol" in humans [J]. *Autonom Neurosci Basic Clin*, 2003, 108(1/2): 0-86.
- [61] 杨欣, 王秋红, 王悦, 等. 干姜挥发油成分 GC-MS 分析 [J]. 化学工程师, 2015, 29(8): 16-18.
- [62] 徐宗季, 鞠兴荣, 袁建, 等. 生姜精油挥发性物质的主成分分析 [J]. 粮食与食品工业, 2016, 23(4): 5-10.
- [63] 王宇锋, 杨春, 王勇, 等. 6-姜烯酚药理作用研究进展 [J]. 宁夏医科大学学报, 2017, 39(6): 731-733.
- [64] Kim J, Jang H. 6-Shogaol attenuates H₂O₂-induced oxidative stress via upregulation of Nrf2-mediated γ -glutamylcysteine synthetase and heme oxygenase expression in HepG2 cells [J]. *Food Sci Biotechnol*, 2016, 25(1): 319-327.
- [65] 吕祥威, 徐彤彤. 6-姜酚抑制氧化应激减轻大鼠心肌缺血/再灌注损伤 [J]. 临床心血管病杂志, 2017, 33(6): 575-579.
- [66] 翟兴月. 6-姜酚对过氧化氢致 INS-1 细胞 DNA 损伤的保护作用及机制探讨 [D]. 大连: 大连医科大学, 2017.
- [67] 金燕, 赵文超, 王志举. 姜酚对家兔胸主动脉平滑肌的舒张作用及其机制 [J]. 中华实验外科杂志, 2015, 32(2): 265-268.
- [68] 陈磊. 6-姜烯酚通过抑制 TLR4/NF- κ B 途径抑制 VSMC 迁移增殖 [D]. 重庆: 第三军医大学, 2016.
- [69] 江文德, 徐端正, 胡国钧, 等. 冠心苏合丸的药理研究及其简化制剂——苏冰滴丸的理论基础 [J]. 药学学报, 1979, 14(11): 655-661.
- [70] Kodikonda M, Naik P R. Ameliorative effect of borneol, a natural bicyclic monoterpene against hyperglycemia, hyperlipidemia and oxidative stress in streptozotocin-induced diabetic Wistar rats [J]. *Biomed Pharmacother*, 2017, 96: 336-347.
- [71] Santos S E. New insights on relaxant effects of (–)-borneol monoterpene in rat aortic rings [J]. *Fundam Clin Pharmacol*, 2019, 33(2): 148-158.
- [72] 曾建国. 天然冰片的研究进展 [J]. 中国药物经济学, 2011(2): 82-89.
- [73] 尚坤, 李敬文, 常美月, 等. 中药冰片药理作用研究进展 [J]. 吉林中医药, 2018, 38(4): 439-441.
- [74] Liao S, Han L W, Zheng X P, et al. Tanshinol borneol ester, a novel synthetic small molecule angiogenesis stimulator inspired by botanical formulations for angina pectoris [J]. *Br J Pharmacol*, 2019, 176(17): 3143-3160.
- [75] 李慧婷, 李远辉, 任桂林, 等. 中药挥发油防治情志疾病的研究现状及前景展望 [J]. 中草药, 2019, 50(17): 4031-4040.
- [76] 陈建平, 苏健裕, 陈玲, 等. 梅片树叶挥发油的抗氧化活性研究 [J]. 食品工业科技, 2012, 33(5): 149-151.
- [77] 赵花, 魏建华, 徐涛, 等. 人参挥发油成分的 GC-MS 分析 [J]. 人参研究, 2014, 26(3): 45-48.
- [78] 王羽梅. 中国芳香植物精油 [M]. 武汉: 华中科技大学出版社, 2015.

- [79] 周 围, 雷春妮, 张雅珩. MassworksTM与气相色谱-质谱联用分析当归挥发油成分 [J]. 食品工业科技, 2014, 35(22): 69-72.
- [80] 周长新, 李新华. 藁本内酯的稳定性与溶剂化效应的关系 [J]. 药学学报, 2001, 36(10): 793-795.
- [81] 陈悦娇, 陈杰林, 马应丹. 丹皮挥发油化学成分 GC-MS 分析 [J]. 广州食品工业科技, 2002, 18(4): 36-37.
- [82] 杜跃中, 武子敬, 邓 喆. 徐长卿挥发油的 GC-MS 分析 [J]. 人参研究, 2011, 23(4): 41-42.
- [83] 宣伟东, 卞 俊, 王朝武, 等. 生姜中 6-姜酚的提取方法比较及质量控制研究 [J]. 解放军药学学报, 2008, 24(4): 329-331.
- [84] 蔡君龙, 卢金清, 黎 强, 等. 不同产地丁香挥发性成分分析 [J]. 植物科学学报, 2015, 33(2): 251-258.
- [85] 陈红艳, 廖蓉苏, 杨今朝, 等. 玫瑰花挥发性化学成分的分析研究 [J]. 食品科技, 2011, 36(11): 186-190.
- [86] 程轩轩, 黄 铿. 荜澄茄挥发油的成分分析及提取过程动力学研究 [J]. 广东药学院学报, 2012, 28(1): 33-36.
- [87] 欧阳婷, 杨琼梁, 颜 红, 等. 不同产地香茅挥发油的化学成分比较研究 [J]. 林产化学与工业, 2017, 37(1): 141-148.
- [88] 陈 策, 任安祥, 王羽梅. 芳香药用植物 [M]. 武汉: 华中科技大学出版社, 2012.
- [89] 张有林, 张润光, 钟 玉. 百里香精油的化学成分、抑菌作用、抗氧化活性及毒理学特性 [J]. 中国农业科学, 2011, 44(9): 1888-1897.
- [90] 苗 慧. 侧柏叶的化学成分及药理活性研究 [D]. 长春: 吉林农业大学, 2018.
- [91] 张潇月, 肖 丹, 白冰如, 等. 牛至和石香薷精油成分的 GC-MS 分析 [J]. 中草药, 2009, 40(2): 208-209.
- [92] 吕狄亚. 中药莪术化学成分分析及药代动力学研究 [D]. 上海: 第二军医大学, 2011.
- [93] 刘龙涛, 陈可冀. 芳香温通方药在冠心病心绞痛防治中的古今应用 [J]. 中国中西医结合杂志, 2013, 33(8): 1013-1017.
- [94] 辛卫云, 苗明三. 泽兰的化学、药理及临床应用 [J]. 中医学报, 2015, 30(3): 418-420.
- [95] 李建明, 王 政, 陈 川, 等. 枫香脂挥发油对大鼠离体胸主动脉的舒张作用 [J]. 中成药, 2015, 37(8): 1659-1663.
- [96] 张 波, 李 佳, 刘红燕, 等. 降香挥发油研究进展 [J]. 中国药师, 2014, 17(8): 1403-1406.