

防风化学成分及其药理作用研究进展

刘双利^{1,2}, 姜程曦², 赵岩¹, 许永华¹, 王壮¹, 张连学^{1*}

1. 吉林农业大学中药材学院, 吉林 长春 130118

2. 温州医科大学药学院, 浙江 温州 325035

摘要: 防风为我国传统大宗药材, 应用广泛。防风中的主要活性成分包括色原酮、香豆素、挥发油等。药理活性研究主要集中在解热、镇痛和抗炎等方面。对国内外近年来防风化学成分及药理作用方面的研究文献进行归纳阐述, 并对今后的研究提出了几点思考和建议, 旨在为防风的开发利用和深入研究提供理论参考。

关键词: 防风; 色原酮; 香豆素; 解热; 镇痛

中图分类号: R282.71 **文献标志码:** A **文章编号:** 0253-2670(2017)10-2146-07

DOI: 10.7501/j.issn.0253-2670.2017.10.032

Advance in study on chemical constituents of *Saposhnikovia divaricate* and their pharmacological effects

LIU Shuang-li^{1,2}, JIANG Cheng-xi², ZHAO Yan¹, XU Yong-hua¹, WANG Zhuang¹, ZHANG Lian-xue¹

1. College of Chinese Medicinal Materials, Jilin Agricultural University, Changchun 130118, China

2. School of Pharmaceutical Science, Wenzhou Medical University, Wenzhou 325035, China

Abstract: *Saposhnikovia divaricate*, a kind of traditional medicinal herbs, is widely used in China. The chemical composition of *S. divaricate* is very complicated, whose main active substances are ketone, coumarin, volatile oil and other ingredients. The pharmacological activities of *S. divaricate* are mainly concentrated in the antipyretic, analgesic, anti-inflammatory, and other aspects. In this paper, the literatures on the chemical composition and pharmacological effects of *S. divaricate* at home and abroad are summarized, and some suggestions are put forward for future research. The aim is to provide theoretical reference for the development and utilization and in-depth study of *S. divaricate*.

Key words: *Saposhnikovia divaricate* (Turcz.) Schisck; chromone; coumarin; antipyretic effect; analgesic effect

防风为伞形科植物防风 *Saposhnikovia divaricata* (Turcz.) Schisck 未抽花茎植株的干燥根, 味辛、微甘, 性温, 具有解表祛风、止痉、胜湿之功效^[1]。防风药用历史悠久, 《神农本草经》中被列为上品^[2], 主治外感风寒、周身疼痛、头痛目眩、风寒湿痹、骨节疼痛等证, 系最常用中药材之一^[3]。近年来随着对防风药材需求量的增加, 其产地、生产和品种也发生了较大的变化^[4], 栽培防风已成为市场的主体, 种植区域逐渐扩张^[5]。国内外学者对防风化学成分的研究不断深入, 其解热、镇痛、抗炎、抑菌、抗肿瘤等生物活性也得到进一步研究。本文对防风的化学成分和药理作用进行综述, 以期

为防风进一步研究和开发利用提供参考。

1 化学成分

1965 年日本学者新田木也^[6]最早从防风根的甲醇提取物中分离得到了香柑内酯 (bergapten)、5-*O*-甲基维斯阿米醇苷 (4-*O*- β -*D*-glucosyl-5-*O*-methylvisamminol) 和亥茅酚 (hamaudol), 至今, 国内外学者已从防风中分离并鉴定出 100 多种化学成分^[7], 主要包括有色原酮类、香豆素类、有机酸、多糖类、聚炔类、甾醇类等。

1.1 色原酮

色原酮是防风主要的活性成分, 对其研究也较深入。已从防风中分离鉴定出 3'-*O*-当归酰亥茅酚

收稿日期: 2016-10-24

基金项目: 国家中药标准化项目 (ZYBZH-C-GD-08, ZYBZH-Y-ZY-45); 国家公益性行业 (农业) 科研专项 (201303111); 吉林省科技厅科技引导计划项目 (20160414008GH)

作者简介: 刘双利, 男, 博士研究生, 主要从事中药资源与质量控制研究。E-mail: liu-shuangli@163.com

*通信作者 张连学, 男, 教授, 博士生导师。E-mail: ZLX863@163.com

(3'-*O*-angeloyhamaudol, **1**), 3'-*O*-乙酰亥茅酚 (3'-*O*-acetylhamaudol, **2**)、亥茅酚 (hamaudol, **3**)、亥茅酚苷 (sec-*o*-glucosylhamaudol, **4**)、ledebouriellol (**5**)、5-*O*-甲基维斯阿米醇 (5-*O*-methylvisamminol, **6**)、升麻素 (cimifugin, **7**)、5-*O*-甲基维斯阿米醇苷 (4-*O*-β-*D*-glucosyl-5-*O*-methylvisamminol, **8**)、升麻素苷 (prim-*o*-glucosylcimifugin, **9**) 9 种色原酮类成分^[8-10]。这 9 种色原酮类化合物均为二氢呋喃色原酮和二氢吡喃色原酮，且併合位置均为色原酮的 6, 7 位。其中化合物 **1**~**5** 为二氢吡喃色原酮

(I)，化合物 **6**~**9** 为二氢呋喃色原酮 (II)，其中亥茅酚苷 (**4**) 和 5-*O*-甲基维斯阿米醇苷 (**8**) 为苷类化合物。防风中色原酮类化合物结构见图 1 和表 1。

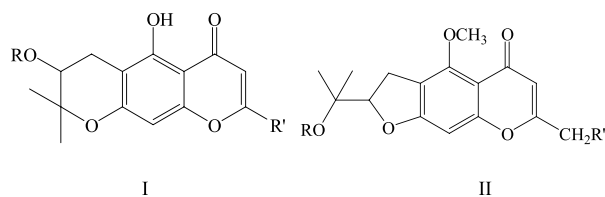


图 1 防风中色原酮类化合物母核结构

Fig. 1 Skeletons of chromones in *S. divaricate*

表 1 防风中色原酮类化合物
Table 1 Chromones of *S. divaricate*

序号	化合物名称	母核	取代基	
			R	R'
1	3'- <i>O</i> -当归酰亥茅酚 (3'- <i>O</i> -angeloyhamaudol)	I		OH
2	3'- <i>O</i> -乙酰亥茅酚 (3'- <i>O</i> -acetylhamaudol)	I	-COCH ₃	OH
3	亥茅酚 (hamaudol)	I	H	OH
4	亥茅酚苷 (sec- <i>o</i> -glucosylhamaudol)	I	Glu	OH
5	防风色酮醇 (ledebouriellol)	I		-CH ₂ OH
6	5- <i>O</i> -甲基维斯阿米醇 (5- <i>O</i> -methylvisamminol)	II	H	H
7	升麻素 (cimifugin)	II	H	OH
8	5- <i>O</i> -甲基维斯阿米醇苷 (4- <i>O</i> -β- <i>D</i> -glucosyl-5- <i>O</i> -methylvisamminol)	II	Glu	OH
9	升麻苷 (prim- <i>o</i> -glucosylcimifugin)	II	H	H

1.2 香豆素

香豆素类化合物是中药化学成分的一个重要类群，分为简单香豆素 (simple coumarins)、呋喃香豆素类 (furanocoumarins)、吡喃香豆素类 (pyranocoumarins) 和其他香豆素类 (other coumarins)。目前已从防风中发现香豆素类化合物有 19 种，以呋喃香豆素类为主^[10-12]，包括呋喃香豆素类 (I) 的补骨酯素 (psoralen, **10**)、花椒毒素 (xanthotoxin, **11**)、香柑内酯 (bergapten, **12**)、欧前胡素 (imperatin, **13**)、异欧前胡素 (isoimperatin, **14**)、珊瑚菜内酯 (phellopterin, **15**) 和异香柑内酯 (isobergapten, **24**)，以及二氢呋喃香豆素类 (III) 的石防风素 (deltoin, **19**)、(3'*S*)-羟基-石防风素 [(3'*S*)-hydroxydeltoin, **20**]、异紫花前胡苷 (marmesin, **21**)、紫花前胡苷元 (nodakenetin, **22**)。其次为简

单香豆素类 (II)，如秦皮啉 (fraxidin, **16**)、异秦皮啉 (isofraxidin, **17**)、东莨菪素 (scopoletin, **18**)、5-甲氧基-7-(3,3-二甲基烯丙氧基)-香豆素 [5-methoxy-7-(3,3-dimethylallyloxy)-coumarin, **26**] 和防风灵 (sapodivari, **28**)。另外还有二氢吡喃香豆素类，如白芷内酯 (anomalin, **23**)、紫花前胡素 (decursin, **25**) 和紫花前胡醇当归酰酯 (decursinolangelate, **27**)。其中异紫花前胡苷 (**21**) 和防风灵 (**28**) 是香豆素的苷类化合物。分析化合物结构式可知化合物 **13**、**14**、**15**、**26** 中含有 2-(3-甲基丁-2-烯-1-基) 氧取代基，化合物 **19**、**20**、**23**、**27** 中的 2 位羟基与 (*Z*)-2-甲基丁-2-酸成酯。防风中香豆素类化合物结构见图 2 和表 2。

1.3 挥发油

防风中挥发油的组成较为复杂，以脂肪族化合

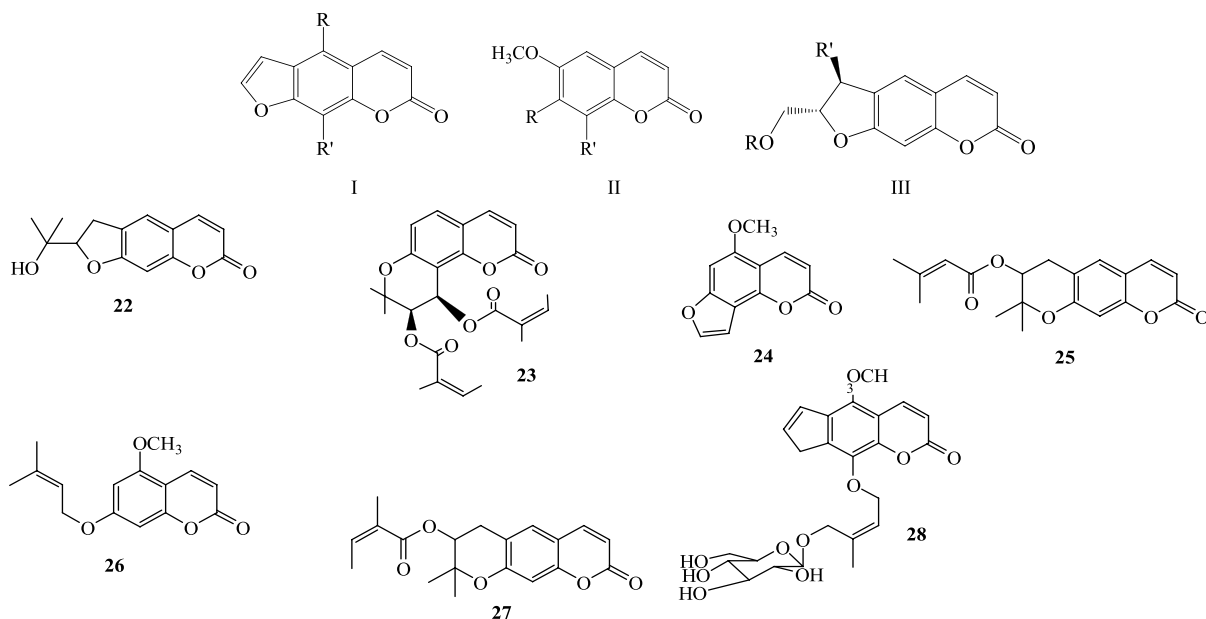


图 2 防风中香豆素类化合物结构

Fig. 2 Coumarins in *S. divaricate*

表 2 防风中香豆素类化合物

Table 2 Coumarins of *S. divaricate*

序号	化合物名称	母核	取代基	
			R	R'
10	补骨酯素 (psoralen)	I	H	H
11	花椒毒素 (xanthotoxin)	I	H	OCH ₃
12	香柑内酯 (bergapten)	I	OCH ₃	H
13	欧前胡素 (imperation)	I	OCH ₃	
14	异欧前胡素 (isoimperation)	I		H
15	珊瑚菜内酯 (phelloptern)	I	OCH ₃	
16	秦皮啶 (fraxidin)	II	OCH ₃	OH
17	异秦皮啶 (isofraxidin)	II	OH	OH ₃
18	东莨菪素 (scopoletin)	II	OH	OH
19	石防风素 (deltoin)	III		H
20	(3'S)-羟基-石防风素 [(3'S)-hydroxydeltoin]	III		OH
21	异紫花前胡苷 (marmesin)	III	glu (β-D-glu)	H

物和萜类化合物为主。从防风根及果实挥发油中鉴定出 69 种化合物^[13-16]。防风根中挥发油主要有人参炔醇 (panaxynol)、α-蒎烯 (α-pinene)、己醛 (hexanal)、戊醇 (pentanol)、己醇 (hexanol)、辛

醛 (octanal)、壬醛 (nonanal)、辛醇 (octanol)、辛酸 (octanoic Acid)、乙酰苯 (acetophenone)、7-辛烯-4-醇 (7-octen-4-ol)、萘 (naphthalene)、十八烷二烯酸 (octadecadienoic acid)、镰叶芹醇

(falcarinol)、环己烯(cyclohexene)、菖蒲烯(calacorene)、葵烯醛(decenal)、葵二烯醛(decadienal)、[3*R*-(3 α ,3 β ,7 β ,8 α)]-8*H*-3,8,8-三甲基-6-亚甲基-1*H*-3*a*,7-亚甲基苜菊环-6-醇乙酸酯等。防风果实的挥发油中主要含有正庚烷(*n*-heptane)、正辛烷(*n*-octane)、正己醛(*n*-caproaldehyde)、1-甲基丙基-环己烷、2-庚酮(2-heptanone)、正壬烷(*n*-nonane)、正庚醛(heptanal)、 α -侧柏烯(α -thujene)、 α -蒎烯(α -pinene)、蒎烯(camphene)、2-辛酮(2-octanone)、苯甲醛(benzaldehyde)、香松烯、 β -蒎烯(β -pinene)、月桂烯(myrcene)、辛酸(caprylic aldehyde)、冰片烯等^[17]。防风因产地不同,提取方法不同,其挥发油的成分及量有较大差别^[18],且与根际土壤中矿物质元素均成一定的相关性^[19]。

从防风根及超临界CO₂萃取物、肪酸提取物,乙醇提取物中分离出了2-(*E*)-壬烯二酸甲酯、10-十一碳烯甲酯、十四烷酸甲酯、十五烷酸甲酯、7-十六烷酸甲酯、9-十六烷酸甲酯、十六烷酸甲酯、(*Z,Z*)-9,12-十八碳二烯酸甲酯、十八碳烯酸甲酯9种有机酸类成分的甲酯化衍生物,以及蜡酸(cerotic acid)^[20]、香草酸(vanillic acid)^[21]、19种脂肪酸^[22]和丁烯二酸、4-羟基-3-甲氧基苯甲酸2种有机酸类化合物^[23]。日本学者从防风中分离得到3个聚乙炔类化合物:(9*Z*)-heptadeca-1,9-dien-4,6-diyn-3,8-diol(falcarindiol)、(8*E*)-heptadeca-1,8-dien-4,6-diyn-3,10-diol(panaxynol)和(9*Z*)-heptadeca-1,9-dien-4,6-diyn-3-ol(falcarinol)^[24]。

1.4 多糖类

Shimizu等^[25-26]从防风中分得3种均一多糖saponikovan A、B、C,其相对分子质量分别为 5.4×10^4 、 2.8×10^5 、 1.32×10^5 。单糖组成为saponikovan A: *D*-半乳糖、*L*-阿拉伯糖、*D*-半乳糖醛酸,其摩尔比为6:15:10; saponikovan B: *D*-半乳糖醛酸、*L*-阿拉伯糖、*D*-甘露糖、乙酰基和甲氧基,其摩尔比为27:4:3:4:17; saponikovan C: *D*-半乳糖醛酸、*L*-鼠李糖、*L*-阿拉伯糖、*D*-半乳糖,其摩尔比为27:7:8:8。王松柏^[27]通过水提/醇沉结合脱蛋白以及透析等方法,最终分离并鉴定了2种新的酸性杂多糖SPSa和SPSb,其组成及摩尔比SPSa:半乳糖-阿拉伯糖-鼠李糖-半乳糖醛酸=1:2.3:0.15:4.8; SPSb:半乳糖-阿拉伯糖-鼠李糖-木糖-半乳糖醛酸=1:1.5:0.8:0.2:10.2。

戴晶晶等^[28]采用DEAE-52纤维素和Sephadex G-200凝胶柱色谱分离纯化,获得防风多糖主要成分SPS0和SPS1,并对其理化性质及结构特征的分析,SPS0是一种具多分枝结构的酸性多糖; SPS1是一种含 β -*D*-吡喃环的均一多糖,热稳定性较高。刘双利等^[29]研究表明野生防风和栽培防风的多糖量差异很大,栽培防风的多糖量明显高于野生防风,为野生防风多糖量的2倍以上,栽培防风因产地不同多糖量亦有所不同^[30]。

1.5 其他类

另外,防风中还有甘油酯类如glycerol monolinoleate、glycerol monooleate和 β -谷甾醇(β -sitosterol)、胡萝卜苷(daucosterol)、*D*-甘露醇(*D*-mannitol)、防风嘧啶(fangfengalpyrimidine)、腺苷(adenosine)、undulatoside、undulatoside A、汉黄芩素(wogonin)、divaricatol、5-羟基-8-甲氧基补骨脂素(5-hydroxy-8-methoxypsoralen)、克利米可辛A(clemiscosin A)、杨茅黄素(tectochrysin)^[31]。王建华^[32]通过ICP-AES检测了防风中45种无机元素,结果表明,不同产地防风元素量差异显著,而且防风中锌、铬、锶、镍4种微量元素的量都比较高。李文慧等^[33]研究发现防风叶中富含钾、钙、镁、磷和维生素A等,具有很好的食用价值。

2 药理作用

2.1 解热作用

陈古荣等^[34]对四川省南充地区的引种防风(种源采于黑龙江省富裕县当地野生的防风种子)以煎剂与浸剂*ip*和*po*给予发热模型家兔进行实验,结果表明均具有明显的解热作用,但注射给药的作用更强。王建华等^[35]通过对防风及其地区习用品的解热镇痛和毒性进行实验表明,母防风的解热作用为防风的55%,松叶防风*S. yunnanense* Franch与竹叶防风的*S. mairei* Wolff解热镇痛作用与防风相似而毒性较低,河南水防风*Libanotis latiealyeina* Shan et Sheh和川防风解热镇痛作用介于防风和母防风之间,而毒性较强,青海小防风*Carum carvi* L.解热镇痛效果较差。薛宝云等^[36]研究发现升麻苷(9)和5-*O*-甲基维斯阿米醇苷(8)不仅能使发热大鼠体温降低,且二者的解热、镇痛、抗炎及抗血小板聚集作用均较明显。杨波等^[37]采用2,4-二硝基苯酚法对防风的CO₂超临界萃取物的解热作用进行研究,结果表明低、中剂量组的解热作用不如阿司匹林对照组,高剂量组的解热作用与对照组相近。姜

华等^[38]以对 2,4-二硝基苯酚致热大鼠的体温抑制率考察药物解热作用, 研究升麻素 (7)、升麻苷 (9) 和 5-O-甲基维斯阿米醇苷 (8) 单体静脉给药后的解热作用差异。结果表明, 升麻素组各浓度均表现出较强的解热、镇痛、抗炎作用, 且作用迅速; 升麻苷表现出一定药理活性, 但作用迟缓, 1 h 后药理作用逐渐增强, 作用效果不及升麻素, 5-O-甲基维斯阿米醇苷无明显药理作用。

2.2 镇痛、镇静作用

防风具有镇痛作用, 王长林等^[39]采用小鼠热板法实验显示, 防风水煎剂使小鼠痛阈值显著提高, 显示出良好的镇痛效果。杨波等^[40]采用小鼠乙酸扭体法实验显示, 防风超临界萃取物挥发油类成分各剂量组均有镇痛作用。孟祥才等^[41]研究表明, 防风根的镇痛和抗炎作用优于根茎, 解热作用差异不明显。防风水煎剂有明显的镇静作用^[42], 其甲醇提取物可以延长戊巴比妥催眠小鼠的睡眠时间。防风的镇痛、镇静作用是色原酮、香豆素、聚乙炔、挥发油等多种化学成分协同作用的结果, 其中色原酮作用最强, 其作用机制包括抗炎、对中枢神经系统的作用及对肝代谢酶的作用等^[43-44]。

2.3 抗微生物和抗炎作用

防风具有抗菌和抗炎作用^[45-47], 其对金黄色葡萄球菌、二型溶血性链球菌、肺炎双球菌等均有抑制作用^[39], 还对痢疾杆菌、枯草杆菌、某些皮肤真菌及病毒也有一定的抑制作用。防风提取物色原酮能够明显抑制巴豆油涂耳致炎实验中小鼠耳的肿胀, 降低大鼠关节炎积分和发病率^[48]。其抗炎的物质基础可能包括色原酮及色原苷和挥发油等脂溶性成分^[48]。陈娜^[49]建立了脂多糖 (LPS) 诱导的小鼠单核-巨噬细胞 (RAW264.7) 体外炎症模型, 研究发现, 升麻素苷具有一定的抗炎作用, 并对 LPS 诱导的急性肺损伤小鼠有一定的保护作用, 这为其将来作为新的抗炎药物治疗各种炎症提供了一定的理论基础。

2.4 抗氧化作用

防风的色原酮、多糖及挥发油均有较强的抗氧化作用。李丽等^[50]采用 DPPH 抗氧化活性体外评价体系对防风不同提取物的抗氧化活性进行了系统研究, 表明防风色原酮类化合物具有较强抗氧化活性。张泽庆等^[51]利用酸性防风多糖 (A2SPS) 和中性防风多糖 (N2SPS), 在体外化学模拟条件下, 研究不同防风多糖的总还原能力以及对超氧阴离子、羟基

自由基 ($\cdot\text{OH}$)、二苯代苦味酰基自由基 (DPPH \cdot) 的清除作用和对 Fe^{2+} 诱导的脂质过氧化反应的抑制作用, 结果表明防风具有一定的抗氧化活性, 对 $\cdot\text{OH}$ 和 DPPH \cdot 具有较强的清除能力。钟才宁等^[52]同样利用 DPPH 法证明防风挥发油类成分具有一定的清除自由基的能力。

2.5 抗肿瘤作用

防风具有抗肿瘤作用, 其公认的活性部位为防风多糖, 防风多糖体内对 S_{180} 移植瘤的生长有一定的抑制作用, 与 IL-2 联合应用时效果更佳, 抑瘤率显著提高^[53]; 另有报道防风多糖 JBO-6 能明显抑制小鼠体内肿瘤的生长, 但并非将肿瘤细胞直接杀死^[54]; 还有文献报道防风能抑制胃癌 SGC-7901 细胞生长^[55]。此外, 防风中的香豆素类成分也有抗肿瘤作用, 但因其量低, 抗肿瘤作用较小。

2.6 免疫调节作用

防风具有免疫增强作用, 其有效部位为多糖, 防风多糖 saponikovian A、B、C 及 JBO-6 均具有免疫增强活性^[56]; 防风多糖能明显增加体外培养的巨噬细胞释放白细胞介素-1 (IL-1) 和白细胞介素-8 (IL-8), 提示防风调节免疫功能的药理作用可能与其多糖组分刺激巨噬细胞释放细胞因子有关^[57]; 防风多糖能提高 NK 细胞和脾淋巴细胞的杀伤活性, 促进 IL-2 对 NK 细胞的激活^[58]; 还有研究表明防风多糖可剂量依赖性地提高小鼠特异性免疫和细胞免疫功能, 还能促进小鼠脾淋巴细胞的增殖, 但无剂量依赖性^[59]。

2.7 其他作用

防风具有抗凝血及活血化瘀作用, 其正丁醇萃取物能明显延长小鼠的出血时间和凝血时间^[60], 可能主要通过影响红细胞和纤维蛋白原的量及功能而发挥活血化瘀作用^[61]; 还能明显抑制家兔血小板的黏附功能, 抑制血栓的形成^[62]。防风挥发油能明显延长昆明小鼠的凝血时间而发挥较好的抗凝作用^[63]。此外, 防风还具有抗过敏^[64]、抗白血病^[65]、抗动脉粥样硬化^[66]和护肝^[67]的作用。

3 结语与展望

防风作为我国的传统中药, 药用历史悠久, 临床疗效确切, 是非常有价值的药用资源。目前已经鉴定出防风的化学成分达 120 种以上, 在解热、镇痛、抗炎、抗菌、抗肿瘤、抗惊厥等方面显示出积极的作用, 并在感冒、头痛、消化系统疾病、呼吸系统疾病、皮肤病等临床治疗方面有着显著的疗效, 防风蕴藏巨大

的药用价值。然而,防风药效物质基础和药理活性作用机制等方面研究还不够深入,今后防风的研究应从以下几个方面进一步探讨:①系统研究防风化学成分与药理活性。研究中注意各成分之间的构成比例与药理活性的密切关系。防风药理作用及机制的研究只是涉及某些化学成分的某一方面药理作用,缺乏较为全面系统的研究,药理活性是多种药效成分协同作用的结果,应开展多组分、多层次的研究,对于具有明显的药理作用色原酮成分,进行母核的衍生物研究,从中研发出机制明确、作用显著的创新药物,进而阐述防风新的功效内涵。②深入探究防风活性成分的成药性。应对具有明显药理作用的色原酮成分进行成药性研究,通过进行结构修饰、构建构效关系等研究,开展基于防风色原酮成分母核的衍生物研究。③建立防风质量标准和质量控制体系。开展以多指标成分定量结合药效学实验,进行中药谱效学研究,建立一套符合中医药理论体系的质量标准和质控体系,保证临床用药安全、有效。对上述方面应进行深入研究探讨,可为防风的临床应用及新药研发提供广阔前景。

参考文献

- [1] 中国药典 [S]. 一部. 2015.
- [2] 森立之. 神农本草经 [M]. 上海: 群联出版社, 1955.
- [3] 刘颖姝. 防风功效及其临床用药思维的文献研究 [D]. 北京: 北京中医药大学, 2010.
- [4] 孙志蓉, 杜永航, 李月, 等. 防风产地及品种变迁的研究 [A] // 第十届中国药鉴定学术会议暨 WHO 中药材鉴定方法和技术研讨会论文集 [C]. 西安: 中华中医药学会, 2010.
- [5] 杨景明, 姜华, 孟祥才. 中药防风质量评价的现状与思考 [J]. 中药材, 2016, 39(7): 1679-1682.
- [6] 新田木也. 防风化学成分研究 [J]. 药学杂志(日), 1965, 8(5): 55.
- [7] 窦红霞, 高玉兰. 防风的化学成分和药理作用研究进展 [J]. 中医药信息, 2009, 26(2): 15-17.
- [8] 丁安荣, 王奇志, 李淑莉, 等. 防风化学成分的研究 [J]. 中草药, 1987, 18(6): 7-9.
- [9] Sasaki H, Taguchi H, Endo T, et al. The constituents of *Ledebouriella seseloides* Wollff. I. Structures of three new chromones [J]. *Chem Pharm Bull*, 1982, 30(10): 3555-3562.
- [10] 陈桂玉, 项东宇. 防风的有效成分及药理学研究进展 [J]. 黑龙江医药, 2011, 24(4): 600-601.
- [11] 赵博, 杨鑫宝, 张连学, 等. 防风灵-防风中 1 个新的香豆素类化合物 [J]. 中国中药杂志, 2010, 35(11): 1418-1420.
- [12] 赵博, 杨鑫宝, 张连学, 等. 防风化学成分的研究 [J]. 中国中药杂志, 2010, 35(12): 1569-1572.
- [13] 贺峰. 防风的化学成分和药理作用 [J]. 内蒙古中医药, 2011, 30(10): 43-43.
- [14] 孙晶波. 防风药材化学成分及其与根际土壤中无机元素含量的相关性研究 [D]. 长春: 吉林农业大学, 2013.
- [15] 夏伦祝, 彭代银, 汪永忠, 等. 三种方法提取防风挥发油的气质联用成分分析 [J]. 安徽医药, 2009, 13(8): 885-886.
- [16] 陈勇, 李晓如, 曾笑, 等. 气相色谱-质谱和化学计量学解析法分析防风挥发油成分 [J]. 中国医院药学杂志, 2008, 28(6): 500-502.
- [17] 严云丽, 张华, 金高娃, 等. 防风挥发油化学成分分析比较 [J]. 世界科学技术—中医药现代化, 2009, 11(3): 400-406.
- [18] 李洪峰, 于喆英, 金星海, 等. 不同产地防风中挥发油成分分析 [J]. 黑龙江水专学报, 2007, 34(4): 101-104.
- [19] 孙晶波, 杨鹤, 刘岩硕, 等. 防风挥发油与其根际土壤的相关性研究 [J]. 中草药, 2013, 44(7): 891-895.
- [20] 丁安荣. 防风根生药学研究 [J]. 中草药, 1987, 18(6): 7.
- [21] Guo D A, Liu Z A, Lou Z C. A new chemical substance (P-coumaric acid) from *Saposhnikovia divaricata* [J]. *J Chin Pharm Sci*, 1992, 1(2): 81-83.
- [22] 陈勇, 李晓如, 曾笑, 等. 气相色谱-质谱和化学计量学解析法分析防风挥发油成分 [J]. 中国医院药学杂志, 2008, 28(6): 500-502.
- [23] 肖永庆, 李丽, 杨滨, 等. 防风化学成分的研究 [J]. 中国中药杂志, 2001, 26(2): 117-119.
- [24] Mitsugi K, Kimiye B, Yuko T, et al. Studies on Chinese traditional medicine "Fang-Feng" (I) structures and physiological activities of polyacetylene compounds from *Saposhnikovia Radix* [J]. *Shoyak Ugaku Zasshi*, 1987, 41(3): 189-194.
- [25] Shimizu N, Tomoda M, Gonda R, et al. An acidic polysaccharide having activity on the reticuloendothelial system from the roots and rhizomes of *Saposhnikovia divaricata* [J]. *Chem Pharm Bull*, 1989, 37(5): 1329-1332.
- [26] Shimizu N, Tomoda M, Gonda R, et al. An acidic polysaccharide having activity on the reticuloendothelial system from the roots and rhizomes of *Saposhnikovia divaricata* [J]. *Chem Pharm Bull*, 1989, 37(11): 3054-3057.
- [27] 王松柏, 秦雪梅, 刘焕蓉, 等. 防风多糖化学成分的研究 [J]. 化学研究, 2008, 19(2): 66-68.
- [28] 戴晶晶, 张静, 孙润, 等. 防风多糖的理化特性、形态特征及结构分析 [J]. 中草药, 2013, 44(4): 391-396.

- [29] 刘双利. 防风类药材的质量评价研究 [D]. 长春: 吉林农业大学, 2007.
- [30] 刘 强, 华 罗, 田嘉铭. 不同产地防风中多糖含量比较分析 [J]. 河北北方学院学报, 2008, 25(3): 30-31.
- [31] 姜艳艳, 刘 斌, 石任兵, 等. 防风化学成分的分离与结构鉴定 [J]. 药学报, 2007, 42(5): 505-510.
- [32] 王建华. 不同地区防风的无机元素分析 [J]. 中国中医药信息杂志, 2000, 7(3): 32-33.
- [33] 李文慧, 贯春雨, 张玉柱. 防风经济价值及栽培技术 [J]. 防护林科技, 2016(8): 155-156.
- [34] 陈古荣, 杨士琰, 明德珍, 等. 引种防风与东北防风药理作用的比较研究 [J]. 中药材, 1985, 1(1): 14.
- [35] 王建华, 崔景荣, 朱 燕, 等. 防风及其习用品解热镇痛的比较研究 [J]. 中国医药学报, 1989, 4(1): 20-22.
- [36] 薛宝云, 李 文, 李 丽, 等. 防风色原酮甙的药理活性研究 [J]. 中国中药杂志, 2000, 25(5): 297-299.
- [37] 杨 波, 曹 玲, 王喜军. CO₂ 超临界萃取物的药效学研究 [J]. 中医学报, 2006, 34(1): 14-15.
- [38] 姜 华, 胡立立, 王紫玮, 等. 静脉给药防风色原酮单体药理活性对比研究 [J]. 时珍国医国药, 2016, 27(7): 1575-1577.
- [39] 王长林, 王秀君, 浦仕飞, 等. 荆芥与防风的药理作用试验研究 [J]. 郑州牧业工程高等专科学校学报, 2009, 29(1): 6-8.
- [40] 杨 波, 曹 玲, 王喜军. CO₂ 超临界萃取物的药效学研究 [J]. 中医学报, 2006, 34(1): 14-15.
- [41] Okuyama E, Hasegawa T, Matsushita T, et al. Analgesic components of *Saposhnikovia* root (*Saposhnikovia divaricata*) [J]. *Chem Pharm Bull*, 2001, 49(2): 154-160.
- [42] 孟祥才, 孙 晖, 孙小兰, 等. 防风根和根茎药理作用比较 [J]. 时珍国医国药, 2009, 20(7): 1627-1629.
- [43] 高咏莉. 生药防风的化学成分与药理作用研究进展 [J]. 山西医科大学学报, 2004, 35(2): 216-218.
- [44] 刘 丽. 花椒、防风微米粉末喷洒用于肛肠术后创面镇痛的实验研究 [J]. 长沙医学院学报, 2009, 9(15): 28.
- [45] 俞秀廉, 龚传英, 刘喜玉, 等. 防风通圣丸醇提液的抑菌作用及对小白鼠免疫机能的影响 [J]. 微生物学杂志, 1991(2): 57-59.
- [46] 吴 娇, 张卫云, 周利娟. 伞形科杀虫抑菌活性及其活性成分研究进展 [J]. 农药, 2015, 54(1): 6-13.
- [47] 李 文, 李 丽, 是元艳, 等. 防风有效部位的药理作用研究 [J]. 中国实验方剂学杂志, 2006, 21(6): 29-31.
- [48] 赵 娟, 刘春芳, 林 娜, 等. 防风色原酮提取物对大鼠胶原诱导性关节炎的影响 [J]. 中国实验方剂学杂志, 2009, 15(12): 20.
- [49] 陈 娜. 升麻素昔抗炎及抗小鼠肺损伤作用的研究 [D]. 长春: 吉林大学, 2014.
- [50] 李 丽, 桂语歌, 时东方, 等. 防风中色原酮类化合物的抗氧化活性研究 [J]. 时珍国医国药, 2010, 21(9): 2135-2137.
- [51] 张泽庆, 田应娟, 张 静. 防风多糖的抗氧化活性研究 [J]. 中药材, 2008, 31(2): 268-272.
- [52] 钟才宁, 陈永辉, 杨再波, 等. 防风挥发油的提取工艺及抗氧化活性研究 [J]. 安徽农业科学, 2008, 36(16): 6795-6796.
- [53] 李 丽, 周 勇, 张 丽, 等. 防风多糖和 IL-2 体外对小鼠 NK、LAK 细胞活性的影响及体内抗移植瘤生长的实验研究 [J]. 北京中医药大学学报, 1997, 20(5): 39-41.
- [54] 周 勇, 马学清, 严宣佐, 等. 防风多糖 JBO-6 体内对小鼠免疫功能的影响及抗肿瘤作用 [J]. 北京中医药大学学报, 1996, 15(4): 25-27.
- [55] 孙晓红, 李洪涛, 邵世和. 中药防风对胃癌 SGC-7901 细胞生长及基因表达的研究 [J]. 北华大学学报: 自然科学版, 2009, 10(2): 127-130.
- [56] 周 勇, 李 莉, 陆蕴如, 等. 防风多糖抗肿瘤免疫促进作用的实验研究 [J]. 中国肿瘤生物治疗杂志, 1997, 4(3): 1-2.
- [57] 张泽庆. 防风多糖的提纯、结构分析及生物活性研究 [D]. 西安: 陕西师范大学, 2008.
- [58] 杨 淳, 田维毅. 防风多糖对巨噬细胞分泌细胞因子的影响 [J]. 贵阳中医学院学报, 2011, 33(4): 31-33.
- [59] 刘 华, 田嘉铭, 孙 黎. 正常小鼠巨噬细胞及外周血淋巴细胞亚群对防风多糖干预的反应 [J]. 中国组织工程研究, 2008, 12(18): 3475-3478.
- [60] 初丽娟. 防风有效部位的药理作用研究 [J]. 预防医学, 2016, 10(20): 23-24.
- [61] 韩晶晶. 王晖防风妙用之药理阐发 [J]. 浙江中医杂志, 2014, 36(3): 306-309.
- [62] 朱惠京, 张红英, 姜美子, 等. 防风正丁醇萃取物对家兔血小板粘附功能及实验性血栓形成的影响 [J]. 中医药科技, 2004, 11(1): 37-38.
- [63] 陈子珺, 李庆生, 淤泽溥, 等. 防风与刺蒺藜抗过敏作用的实验研究 [J]. 云南中医中药杂志, 2003, 24(4): 30-33.
- [64] 李虹越. 防风的药理作用及食用方法 [J]. 决策与信息旬刊, 2014(6): 33-133.
- [65] 刘 华, 罗 强, 孙 黎, 等. 防风多糖诱导人白血病 K562 细胞凋亡的研究 [J]. 临床血液学杂志, 2008, 21(5): 260-263.
- [66] 曹 莹. 防风有效成份抗动脉粥样硬化炎症反应的实验研究 [D]. 北京: 中国中医科学院, 2007.
- [67] 姜 超, 李 伟, 郑毅男. 防风提取物对肝脏的保护作用 [J]. 吉林农业大学学报, 2014, 36(3): 306-309.