

GC-MS 考察羌活、独活及其药对中挥发油 透皮成分及透皮效果

李扬, 王丽峰, 刘科攀, 杨彬, 杜超, 王阳*
(天津中医药大学中药学院, 天津 300193)

[摘要] 目的: 分别对羌活、独活及其药对中挥发油的透皮成分进行分析, 同时比较其透皮效果。方法: 采用 GC-MS 鉴定挥发油体外透皮供给液与接收液中的化学成分, 根据面积归一化法计算各成分相对含量。通过数学推导将相对含量转化为透过率, 从而反映各成分透皮效果。结果: 透皮后鉴定出羌活 39 个成分、独活 29 个成分、药对 36 个成分, 分别占挥发油总量的 93.22%、93.74%、92.75%。1-松油醇(30.96%), 4-松油醇(28.22%), 冰片(7.10%) 等是羌活挥发油的主要透皮成分; 邻-乙酰基-对-甲基苯酚(55.70%), 反-氧化芳樟醇(6.79%), 1,7,7-三甲基二环[2.2.1]5-己烯-2-酮(4.78%) 等是独活挥发油的主要透皮成分; 1-松油醇(28.86%), 4-松油醇(22.41%), 邻-乙酰基-对-甲基苯酚(12.15%), 冰片(5.62%) 等是药对挥发油的主要透皮成分。结论: 3 种挥发油中各成分透过率可定性地对其透皮效果进行排序。其中羌活挥发油中 1-松油醇的透过率最高, 独活挥发油中 1,7,7-三甲基二环[2.2.1]5-己烯-2-酮的透过率最高; 药对挥发油中 1-松油醇的透过率最高。

[关键词] 羌活; 独活; 挥发油; 气相色谱-质谱; 透过率

[中图分类号] R283.6 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1005-9903(2012)18-0046-06

Investigation of Transdermal Effect and Transdermal Composition of Volatile Oil from *Notopterygium incisum*, *Angelica pubescens* and Pair of Them by GC-MS

LI Yang, WANG Li-feng, LIU Ke-pan, YANG Bin, DU Chao, WANG Yang*

(College of Chinese Materia Medica, Tianjin University of Traditional Chinese Medicine, Tianjin 300193, China)

[Abstract] **Objective:** To analyze transdermal effect and transdermal composition of volatile oil from *Notopterygium incisum*, *Angelica pubescens* and pair of them by GC-MS. **Method:** Chemical constituents of volatile oil in *in vitro* transdermal donor cell and receiving cell were identified by GC-MS, The relative contents in percentage were calculated with area normalization method. According to mathematical derivation, relative contents was changed into translation rate, which reflected transdermal effect of every components. **Result:** After percutaneous absorption, thirty-nine components were identified in *N. incisum* (93.22%), twenty-nine in *A. pubescens* (93.74%) and thirty-six in drug pair of them (92.75%). Main components of percutaneous absorption in *N. incisum* were 1-terpineol (30.96%), 4-terpineol (28.22%), borneol (7.10%), etc; Main components of percutaneous absorption in *A. pubescens* were o-acetyl-p-methylbenzyl alcohol (55.70%), trans-oxy-linalool (6.79%), 1, 7, 7-trimethyl-bicyclic [2.2.1] 5-hexene-2-one (4.78%), etc; Main components of percutaneous absorption in drug pair of them were 1-terpineol (28.86%), 4-terpineol (22.41%), o-acetyl-p-methylbenzyl alcohol (12.15%), borneol (5.62%), etc. **Conclusion:** Transmission rate of every components in three kinds of volatile oil could be sorted qualitatively of transdermal effect. Transmission rate of 1-terpineol was the most in volatile oil of *N. incisum*. 1, 7, 7-trimethyl-bicyclic [2.2.1] 5-hexene-2-one had the most

[收稿日期] 20120411(016)

[第一作者] 李扬, 硕士, 助理工程师, 从事中药新剂型的研究, Tel:13132532969, E-mail:37735028@qq.com

[通讯作者] *王阳, 博士, 教授, 从事药物新剂型和药代动力学研究, Tel:13702011256, E-mail:wangysjw@yahoo.com.cn

transmission rate in volatile oil of *A. pubescens*. 1-terpineol had the most transmission ratio in volatile oil of drug pair of them.

[Key words] *Notopterygium incisum*; *Angelica pubescens*; volatile oil; GC-MS; transmission rate

透皮吸收制剂可有效地避免肝脏首过效应,使药物经皮吸收直接入血或直接作用于患处发挥治疗作用,具有良好的发展前景。羌活与独活为传统外用对,羌活发汗解表、祛风湿、利关节、止疼痛,独活祛风胜湿、宣痹止痛。现代药理研究表明,羌活挥发油具有显著的解热、抗炎及体外促透作用^[1-3],独活挥发油具有良好的抗炎、镇痛作用^[4]。目前,对羌活、独活挥发油的透皮研究多集中于促透剂研制方面,对其具体成分透皮吸收方面报道很少。本试验通过体外透皮研究对羌活、独活及其所组成药对的挥发油透皮成分进行鉴定,同时分析其透皮效果,为二者药理作用的研究及透皮制剂的制备提供依据。

1 材料

GCMS-QP2010 SE 型气相色谱-质谱联用仪(日本岛津公司),YB-P6 型智能透皮仪(天津鑫洲科技有限公司),羌活、独活(购自天津中新药业,批号分别为 1105058,1104109,由天津中医药大学马琳教授鉴定分别为伞形科植物羌活 *Notopterygium incisum* Ting ex H. T. Chang 的根茎及根和重齿毛当归 *Angelica pubescens* Maxim. f. *biserrata* Shan et Yuan 的干燥根),乙酸乙酯、甲醇为色谱纯,水为蒸馏水,其余试剂均为分析纯。

Wistar 大鼠^[5],雌雄各半,体重(180 ± 20) g,购自天津市山川红实验动物科技有限公司,合格证号 SCXK(津)2009-0001。

2 方法与结果

2.1 挥发油的提取 取羌活、独活、羌活独活药对(1:1)各 80 g,加 8 倍水浸泡过夜,以水蒸气蒸馏法分别提取 8 h,至挥发油不再增加为止。收集各样品挥发油,无水硫酸钠脱水,备用。

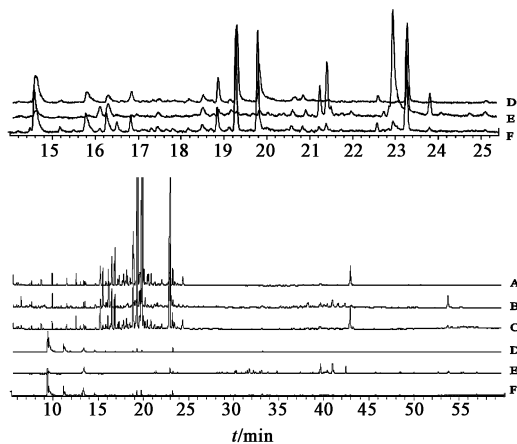
2.2 GC-MS 色谱条件 Rtx-5MS(0.25 mm × 30 m, 0.25 μm)毛细管色谱柱,载气为氦气,升温程序(初始温度 50 °C,保持 5 min;以 4 °C · min⁻¹升至 120 °C,保持 2 min;以 4 °C · min⁻¹升至 135 °C,保持 5 min;以 4 °C · min⁻¹升至 230 °C,保持 3 min),进样口温度 280 °C,进样量 0.5 μL,柱前压 53.5 kPa。

2.3 挥发油溶液的制备 分别取上述 3 种挥发油,加入甲醇与磷酸盐缓冲液(pH 7.2,8:1)^[6]混合液,配制成体积分数 3% 的溶液,备用。精密吸取适量,

加入上述混合液稀释成 0.03% 溶液,无水硫酸钠脱水,以备 GC-MS 测定使用。

2.4 体外透皮试验 将大鼠脱颈处死后剪下腹部皮肤,除尽毛发和皮下组织后用生理盐水洗净,冷藏。用时取出置于生理盐水中解冻,吸干表面水分,固定于 Franz 扩散池上,且角质层向上,在达到预定温度后平衡 1 h。扩散池释放面积 3.14 cm²。供给池中加入 3% 挥发油溶液 1 mL,接收池中加入生理盐水 6.5 mL,37 °C 恒温水浴,将供给池固定于接收池上,定速搅拌,转速 200 r · min⁻¹,于 4 h 后取出接收池中的全部溶液,加乙酸乙酯 1 mL,每次涡旋 1 min,7 000 r · min⁻¹离心 10 min,萃取 3 次,合并乙酸乙酯层,无水硫酸钠脱水,备用,进样 3 μL。

2.5 化学成分分析 取羌活、独活、药对挥发油,按 2.3,2.4 项下方法制备挥发油溶液,采用 GC-MS 进行分析,所得透皮供给液与接收液的总离子流图见图 1。与标准图谱对照,鉴别出各成分,并用 GC 峰面积归一化法计算其相对含量^[7-11],3 种挥发油透皮前后各成分的含量见表 1,羌活、独活及药对挥发油透皮前后的总体鉴定情况见表 2。



A. 羌活透皮接收液; B. 独活透皮接收液; C. 药对透皮接收液;
D. 羌活透皮供给液; E. 独活透皮供给液; F. 药对透皮供给液

图 1 羌活、独活及药对透皮供给液与接收液总离子流

由以上结果可知,羌活挥发油中, α -蒎烯(53.71%), β -蒎烯(18.54%)等为主要成分,二者所占比例 72%;独活挥发油中, β -水芹烯(11.84%), α -甜没药醇(10.29%)等为主要成分,所占比例 22.13%;药对挥发油中, α -蒎烯(48.26%), β -蒎烯(14.61%),枞油烯(11.19%)等

表 1 羌活、独活及药对挥发油主要化学成分

No.	成分名称	分子式	相对含量/%					
			透皮供给液			透皮接收液		
			羌活	独活	药对	羌活	独活	药对
1	己醛	C ₆ H ₁₂ O	-	-	-	0.38	0.08	0.21
2	乙酸丁酯	C ₆ H ₁₂ O ₂	-	-	-	0.07	0.18	0.07
3	4-甲基环己酮	C ₇ H ₁₂ O	-	-	-	-	0.43	-
4	乙苯	C ₈ H ₁₀	-	-	-	0.05	0.15	-
5	对二甲苯	C ₈ H ₁₀	-	-	-	0.20	0.52	0.19
6	邻二甲苯	C ₈ H ₁₀	-	-	-	0.07	0.15	-
7	庚醛	C ₇ H ₁₄ O	-	-	-	0.37	-	0.34
8	α-蒎烯	C ₁₀ H ₁₆	53.71	5.68	48.26	0.67	1.35	0.42
9	樟脑烯	C ₁₀ H ₁₆	0.33	-	0.96	0.07	-	-
10	苯甲醛	C ₇ H ₆ O	-	-	-	-	0.21	-
11	β-蒎烯	C ₁₀ H ₁₆	18.54	-	14.61	0.46	0.40	0.29
12	β-香叶烯	C ₁₀ H ₁₆	0.85	-	0.45	0.06	-	-
13	6-甲基-5-庚烯-2-酮	C ₈ H ₁₄ O	-	-	-	-	0.18	-
14	α-水芹烯	C ₁₀ H ₁₆	-	-	0.30	-	-	-
15	辛醛	C ₈ H ₁₆ O	-	-	-	0.77	-	0.77
16	δ-3-蒎烯	C ₁₀ H ₁₆	-	-	0.25	-	-	-
17	α-松油烯	C ₁₀ H ₁₆	0.62	-	0.58	-	-	-
18	1,4-桉叶素	C ₈ H ₁₈ O	-	-	-	0.17	-	0.22
19	对-聚伞花素	C ₁₀ H ₁₄	1.96	2.24	2.52	0.30	0.52	0.30
20	枞油烯	C ₁₀ H ₁₆	-	-	11.19	0.24	0.54	0.17
21	柠檬烯	C ₁₀ H ₁₆	8.15	-	-	-	-	-
22	β-水芹烯	C ₁₀ H ₁₆	-	11.84	-	-	-	-
23	1,8-桉叶素	C ₈ H ₁₈ O	-	-	-	0.18	-	0.14
24	γ-松油烯	C ₁₀ H ₁₆	2.41	-	2.43	0.12	-	-
25	2-甲基苯酚	C ₇ H ₈ O	-	-	-	-	0.61	-
26	间甲基苯酚	C ₇ H ₈ O	-	-	-	-	1.33	0.48
27	3-甲基-2-丁烯酸-2-甲基丙酯	C ₉ H ₁₆ O ₂	-	-	-	0.11	-	-
28	4-蒎烯	C ₁₀ H ₁₆	-	-	1.25	-	-	-
29	异松油烯	C ₁₀ H ₁₆	0.70	-	-	-	-	-
0	反-氧化芳樟醇	C ₈ H ₁₈ O ₂	-	-	-	0.34	6.79	0.43
31	1,7,7-三甲基二环[2.2.1]5-己烯-2-酮	C ₁₀ H ₁₄ O	-	0.42	-	-	4.78	0.79
32	十一碳烷	C ₁₁ H ₂₄	-	0.62	0.83	-	-	-
33	芳樟醇	C ₁₀ H ₁₈ O	-	-	-	0.19	-	0.29
34	2-壬醇	C ₉ H ₂₀ O	-	-	-	-	0.57	-
35	茴香醇	C ₁₀ H ₁₈ O	0.52	-	0.52	3.33	0.23	2.89
36	α-龙脑烯醛	C ₁₀ H ₁₆ O	-	-	-	0.75	-	0.55
37	4-乙酰基-1-甲基环己烯	C ₉ H ₁₄ O	-	-	-	-	0.30	-
38	6,6-二甲基-二环[3.1.1]庚烷-2-酮	C ₉ H ₁₄ O	-	-	-	0.60	-	0.42
39	L-松香芹醇	C ₁₀ H ₁₆ O	-	-	-	1.15	-	0.84

续表 1

No.	成分名称	分子式	相对含量/%					
			透皮供给液			透皮接收液		
			羌活	独活	药对	羌活	独活	药对
40	樟脑	C ₁₀ H ₁₆ O	-	-	-	0.30	-	0.37
41	2,3,3-三甲基-二环[2.2.1]庚烷-2-醇	C ₁₀ H ₁₈ O	-	-	-	1.72	-	1.18
42	异龙脑	C ₁₀ H ₁₈ O	0.32	-	-	0.65	-	0.49
43	冰片	C ₁₀ H ₁₈ O	1.05	-	0.94	7.10	1.67	5.62
44	4-松油醇	C ₁₀ H ₁₈ O	3.46	-	3.62	28.22	1.15	22.41
45	α,α,4-苯甲醇	C ₁₀ H ₁₄ O	-	-	-	-	3.21	-
46	枯醇	C ₁₀ H ₁₄ O	-	-	-	2.20	-	2.07
47	1-松油醇	C ₁₀ H ₁₈ O	2.10	-	3.62	30.96	3.21	28.86
48	香桃木烯醇	C ₁₀ H ₁₆ O	-	-	-	1.43	-	1.13
49	水芹烯环氧化物	C ₁₀ H ₁₆ O	-	-	-	-	1.90	0.68
50	马鞭草烯酮	C ₁₀ H ₁₄ O	-	-	-	0.99	0.57	0.67
51	醋酸辛酯	C ₁₀ H ₂₀ O ₂	-	-	-	0.82	-	-
52	负蒿醇	C ₁₀ H ₁₆ O	-	-	-	1.11	-	0.86
53	1-异丙基-2-甲氧基-4-甲苯	C ₁₀ H ₁₆ O	-	1.60	-	-	-	-
54	香芹酮	C ₁₀ H ₁₄ O	-	-	-	0.16	-	0.15
55	醋酸里哪酯	C ₁₂ H ₂₀ O ₂	0.23	-	0.25	-	-	-
56	邻-乙酰基-对-甲基苯酚	C ₉ H ₁₀ O ₂	-	5.10	-	1.36	55.70	12.15
57	乙酸冰片酯	C ₁₂ H ₂₀ O ₂	3.34	1.15	3.42	1.70	1.36	1.52
58	十三烷	C ₁₃ H ₂₈	-	0.76	-	-	-	-
59	4-乙基-2-甲氧基苯酚	C ₉ H ₁₀ O ₂	-	-	-	1.23	-	1.34
60	γ-毕橙茄烯	C ₁₅ H ₂₄	-	0.29	-	-	-	-
61	姜烯	C ₁₅ H ₂₄	-	0.59	-	-	-	-
62	α-佛手柑油烯	C ₁₅ H ₂₄	-	0.45	-	-	-	-
63	石竹烯	C ₁₅ H ₂₄	-	1.25	-	-	-	-
64	2-甲基丁酸辛酯	C ₁₃ H ₂₆ O ₂	-	0.87	-	-	-	-
65	α-愈创木烯	C ₁₅ H ₂₄	-	0.48	-	-	-	-
66	长叶烯	C ₁₅ H ₂₄	-	0.47	-	-	-	-
67	α-蛇麻烯	C ₁₅ H ₂₄	-	1.67	-	-	-	-
68	β-金合欢烯	C ₁₅ H ₂₄	-	2.54	-	-	-	-
69	菖蒲二烯	C ₁₅ H ₂₄	-	0.45	-	-	-	-
70	α-紫穗槐烯	C ₁₅ H ₂₄	-	0.44	-	-	-	-
71	α-姜黄烯	C ₁₅ H ₂₄	-	2.41	-	-	-	-
72	β-桉叶烯	C ₁₅ H ₂₄	-	4.24	-	-	-	-
73	雅槛蓝油烯	C ₁₅ H ₂₄	-	2.52	-	-	-	-
74	α-桉叶烯	C ₁₅ H ₂₄	-	3.20	-	-	-	-
75	α-衣兰油烯	C ₁₅ H ₂₄	-	0.57	-	-	-	-
76	β-甜没药烯	C ₁₅ H ₂₄	-	2.24	-	-	-	-
77	α-雪松烯	C ₁₅ H ₂₄	-	3.07	-	-	-	-
78	菖蒲酮	C ₁₅ H ₂₄ O	0.83	-	1.64	-	-	-

续表 1

No.	成分名称	分子式	相对含量/%					
			透皮供给液			透皮接收液		
			羌活	独活	药对	羌活	独活	药对
79	β -毕橙茄烯	C ₁₅ H ₂₄	0.26	-	0.59	-	-	-
80	β -雪松烯	C ₁₅ H ₂₄	-	1.67	-	-	-	-
81	α -蛇麻烯	C ₁₅ H ₂₄	-	2.63	-	-	-	-
82	愈创醇	C ₁₅ H ₂₆ O	-	1.36	-	-	-	-
83	2-二乙氨基-N-甲基-2-苯基-乙酰胺	C ₁₃ H ₂₀ N ₂ O	-	8.14	-	-	-	-
84	α -甜没药醇	C ₁₅ H ₂₆ O	-	10.29	-	-	1.73	-
85	2-羟基-环十五烷酮	C ₁₅ H ₂₈ O ₂	-	5.24	0.55	-	-	-
86	异菖蒲二醇	C ₁₅ H ₂₆ O ₂	-	-	-	2.62	-	3.14
87	十六内酯	C ₁₆ H ₃₀ O ₂	-	0.83	-	-	-	-
88	十六酸甲酯	C ₁₇ H ₃₄ O ₂	-	1.08	-	-	-	-
89	2-羟基-环十五烷酮	C ₁₅ H ₂₈ O ₂	-	0.80	-	-	-	-
90	亚油酸甲酯	C ₁₉ H ₃₄ O ₂	-	1.26	-	-	-	-
91	硬脂酸甲酯	C ₁₉ H ₃₈ O ₂	-	-	0.24	-	-	-
92	蛇床子素	C ₁₅ H ₁₆ O ₃	-	1.42	-	-	2.91	0.30

表 2 羌活、独活及其药对鉴定情况

项目	透皮供给液			透皮接收液		
	羌活	独活	药对	羌活	独活	药对
总峰数	19	45	24	47	41	42
鉴定数	18	38	22	39	29	36
未鉴定数	1	7	2	8	12	6
鉴定成分/%	99.38	91.88	99.02	93.22	93.74	92.75

为主要成分, 所占比例 74.06%。在药对挥发油的 24 种成分中, 其中 3 种为羌活、独活共有, 其余 13 种来自羌活、2 种来自独活, 生成 6 种新化合物。

1-松油醇(30.96%), 4-松油醇(28.22%), 冰片(7.10%) 等是羌活挥发油的主要透皮成分, 所占比例为 66.28%; 邻-乙酰基-对-甲基苯酚(55.70%), 反-氧化芳樟醇(6.79%), 1,7,7-三甲基二环[2.2.1]5-己烯-2-酮(4.78%) 等是独活挥发油的主要透皮成分, 所占比例为 67.27%; 1-松油醇(28.86%), 4-松油醇(22.41%), 邻-乙酰基-对-甲基苯酚(12.15%), 冰片(5.62%) 等是药对挥发油的主要透皮成分, 所占比例 69.04%。

2.6 透皮效果的比较 在测定透皮前后羌活、独活及其药对中各成分相对含量的基础上, 本文运用数学方法推导出透过率^[12]关于相对含量的表达式, 并以各成分 4 h 透过率定性地表示其透皮效果, 从而

达到比较挥发油中各种成分透皮效果的目的。

假设某种挥发油的透皮供给液与接收液中均含有 n 种成分, 其在供给液中质量分别为 m_1, m_2, \dots, m_n , 在接收液中质量为 m'_1, m'_2, \dots, m'_n , 则透皮前供给液中各成分相对含量可表示 $\eta_1 = \frac{m_1}{M}, \eta_2 =$

$\frac{m_2}{M}, \dots, \eta_n = \frac{m_n}{M}$, 透皮后接收液中各成分相对含量

可表示 $\eta'_1 = \frac{m'_1}{M'}, \eta'_2 = \frac{m'_2}{M'}, \dots, \eta'_n = \frac{m'_n}{M'}$, 其中

$M = m_1 + m_2 + \dots + m_n$ 为透皮前供给液中挥发油总质量, $M' = m'_1 + m'_2 + \dots + m'_n$ 为透皮后接收液中挥发油总质量。定义 n 种成分 4 h 透过率为 $\delta_1 = \frac{m'_1}{m_1}$,

$\delta_2 = \frac{m'_2}{m_2}, \dots, \delta_n = \frac{m'_n}{m_n}$ 。对透过率表达式进行变形,

得 $\delta_1 = \frac{m'_1}{m_1} = \frac{m'_1/M'}{m_1/M}C = \frac{\eta'_1}{\eta_1}C, \delta_2 = \frac{\eta'_2}{\eta_2}C, \dots,$

$\delta_n = \frac{\eta'_n}{\eta_n}C$, 其中 $C = \frac{M'}{M}$ 为挥发油总透过率, 变形后

δ 即为所推导出的透过率关于相对含量的表达式。

按推导出的公式分别计算出羌活、独活及药对在透皮供给液与接收液中均测量到的成分透过率。结果见表 3。

表3 羌活、独活及其药对中部分成分透过率

羌活	δ	独活	δ	药对	δ
1-松油醇	14.74C ₁	1,7,7-三甲基二环[2.2.1]5-己烯-2-酮	11.38C ₂	未鉴定	13.64C ₃
4-松油醇	8.16C ₁	邻-乙酰基-对-甲基苯酚	10.92C ₂	1-松油醇	7.97C ₃
冰片	6.76C ₁	蛇床子素	2.05C ₂	4-松油醇	6.19C ₃
茴香醇	6.40C ₁	乙酸冰片酯	1.18C ₂	冰片	5.98C ₃
异龙脑	2.03C ₁	α -蒎烯	0.238C ₂	茴香醇	5.56C ₃
乙酸冰片酯	0.51C ₁	对-聚伞花素	0.237C ₂	乙酸冰片酯	0.44C ₃
樟脑烃	0.21C ₁	α -甜没药醇	0.17C ₂	对-聚伞花素	0.12C ₃
对-聚伞花素	0.15C ₁			β -蒎烯	0.020C ₃
β -香叶烯	0.07C ₁			枞油烯	0.015C ₃
γ -松油烯	0.05C ₁			α -蒎烯	0.0087C ₃
β -蒎烯	0.025C ₁				
α -蒎烯	0.012C ₁				

注:C₁为羌活挥发油的总透过率;C₂为独活挥发油的总透过率;C₃为药对挥发油的总透过率。

由表3结果可知,在羌活接收液鉴定出的主要透皮成分中,1-松油醇的透过率最高,其次为4-松油醇与冰片;在独活接收液的主要透皮成分中,1,7,7-三甲基二环[2.2.1]5-己烯-2-酮的透过率最高,其次为邻-乙酰基-对-甲基苯酚;在药对接收液的主要透皮成分中,1-松油醇的透过率最高,其次为4-松油醇与冰片。

3 讨论

由于独活出油率较低,药对挥发油供给液中羌活挥发油所占比例较大,因此药对与羌活共有成分较多。新产生的6种化合物可能来源于药对共煎时羌活与独活某些成分间发生的化学反应。羌活、独活及药对的透皮接收液中分别检测到(27+8)种(鉴定+未鉴定),(19+12)种,(26+5)种供给液中没有的化合物。可能由于挥发油的某些成分与皮肤发生化学反应,生成了新的化合物,也可能因为供给液中此类成分的相对含量极低而未被检测出,但因其相对透过率极高而在接收液中被检测到。

在羌活、独活及药对的挥发油中,分别有(6+1)种(鉴定+未鉴定),(31+7)种,(13+1)种成分未透过皮肤。可能由于其透过率极低,或在供给液中的含量较少,以致接收液中更少的含量没达到检测限而未被检出。同时试验中发现醇类物质的结构更易透过皮肤,而烯类的结构最不易透过皮肤。

[参考文献]

[1] 李云霞,高春华,沙明.中药羌活化学成分及药理作

用研究进展[J].辽宁中医学院学报,2004,6(1):22.

[2] 程欣,马云淑,张晓雷,等.羌活挥发油对大黄藤素体外促透皮作用的研究[J].中南药学,2008,6(1):6.

[3] 李莲华,冯婧欢,马云淑.羌活油对土的宁体外促透皮作用研究[J].中药材,2009,32(2):273.

[4] 范莉,李林,何慧凤.独活挥发油抗炎、镇痛药理作用的研究[J].安徽医药,2009,13(2):133.

[5] 何百寅,谢友良,刘常青,等.三七提取液中三七皂苷R₁、人参皂苷R_{g₁}和人参皂苷R_{b₁}的透皮规律研究[J].中国实验方剂学杂志,2011,17(21):130.

[6] 中国药典.二部[S].附录XV D:175.

[7] 李国辉,李晓如,邹桥,等.采用气相色谱-质谱法分析药对麻黄-羌活的挥发油[J].中南大学学报:自然科学版,2007,38(5):888.

[8] 杨秀伟,刘玉峰,陶海燕,等.独活挥发性成分的GC-MS分析[J].中国中药杂志,2006,31(8):663.

[9] 邱琴,刘廷礼,崔兆杰,等.独活挥发油化学成分的气相色谱-质谱法测定[J].分析测试学报,2000,19(2):58.

[10] 李国辉,曾笑,张斌,等.气相色谱-质谱法分析羌活挥发油成分[J].现代中药研究与实践,2007,21(6):19.

[11] 吉力,徐植灵,潘炯光,等.羌活挥发油成分分析[J].天然产物研究与开发,1997,9(1):4.

[12] 吕游春,刘幸平,张兴德.靛玉红体外透皮研究[J].中国实验方剂学杂志,2011,17(9):29.

[责任编辑 仝燕]