

doi:10.3969/j.issn.1006-4931.2022.05.021

高效液相色谱法同时测定麻黄-桂枝药对中7种成分含量

王东海, 汤建华, 杨晓媛, 于小伟

(河北北方学院附属第一医院, 河北 张家口 075000)

摘要:目的 建立同时测定麻黄-桂枝药对中盐酸麻黄碱、盐酸伪麻黄碱、盐酸甲基麻黄碱、桂皮酸、桂皮醇、桂皮醛、香豆素7种成分含量的高效液相色谱法。方法 色谱柱为 Agilent Zorbax Eclipse Plus C₁₈ 柱(250 mm × 4.6 mm, 5 μm), 流动相为乙腈-含 0.1% NH₄Cl 的 0.05% 磷酸水溶液(梯度洗脱), 流速为 1.0 mL/min, 检测波长为 210 nm(盐酸麻黄碱、盐酸伪麻黄碱、盐酸甲基麻黄碱)、250 nm(桂皮酸、桂皮醇、桂皮醛、香豆素), 柱温为 30 ℃, 进样量为 10 μL。结果 盐酸麻黄碱、盐酸伪麻黄碱、盐酸甲基麻黄碱、香豆素、桂皮醇、桂皮醛和桂皮酸的质量浓度分别在 45.400~567.500, 18.050~225.600, 4.584~57.300, 1.648~20.600, 2.836~35.440, 11.250~140.700, 1.195~14.940 μg/mL ($r = 0.999\ 3, 0.999\ 6, 0.999\ 5, 0.999\ 7, 0.999\ 4, 0.999\ 3, 0.999\ 7, n = 6$); 平均加样回收率分别为 98.81%, 98.37%, 98.14%, 98.21%, 98.39%, 98.96%, 98.19%, RSD 分别为 0.81%, 0.77%, 1.02%, 1.02%, 1.15%, 0.72%, 0.94% ($n = 6$); 精密度、重复性、稳定性试验的 RSD 均小于 2.0%。结论 该方法操作简便、结果准确、重复性好、精密度高, 可用于测量麻黄桂枝-药对中7种成分的含量。

关键词: 高效液相色谱法; 波长切换法; 麻黄-桂枝药对; 麻黄碱; 伪麻黄碱; 甲基麻黄碱; 桂皮酸; 桂皮醇; 桂皮醛; 香豆素; 含量

中图分类号: R932; R286.0

文献标志码: A

文章编号: 1006-4931(2022)05-0089-05

Simultaneous Determination of Seven Components in Ephedrae Herba - Cinnamomi Ramulus Herb Pairs by HPLC

WANG Donghai, TANG Jianhua, YANG Xiaoyuan, YU Xiaowei

(The First Affiliated Hospital of Hebei North University, Zhangjiakou, Hebei, China 075000)

Abstract: Objective To establish a high-performance liquid chromatography (HPLC) method for the simultaneous determination of seven components (ephedrine, pseudoephedrine, methylephedrine, cinnamic acid, cinnamic alcohol, cinnamaldehyde, coumarin) in Ephedrae Herba - Cinnamomi Ramulus herb pairs. **Methods** The chromatographic column was Agilent Zorbax Eclipse Plus C₁₈ column (250 mm × 4.6 mm, 5 μm), the mobile phase was acetonitrile - 0.05% phosphoric acid solution containing 0.1% NH₄Cl with gradient elution, the flow rate was 1.0 mL/min, the detection wavelength was set at 210 nm for ephedrine, pseudoephedrine and methylephedrine, and 250 nm for cinnamic acid, cinnamic alcohol, cinnamaldehyde and coumarin, the column temperature was 30 ℃, and the injection volume was 10 μL. **Results** The linear ranges of ephedrine hydrochloride, pseudoephedrine hydrochloride, methylephedrine hydrochloride, coumarin, cinnamic alcohol, cinnamaldehyde and cinnamic acid were 45.400 - 567.500, 18.050 - 225.600, 4.584 - 57.300, 1.648 - 20.600, 2.836 - 35.440, 11.250 - 140.700, 1.195 - 14.940 μg/mL ($r = 0.999\ 3, 0.999\ 6, 0.999\ 5, 0.999\ 7, 0.999\ 4, 0.999\ 3, 0.999\ 7, n = 6$). The average recoveries of the above seven components were 98.81%, 98.37%, 98.14%, 98.21%, 98.39%, 98.96% and 98.19% with RSDs of 0.81%, 0.77%, 1.02%, 1.02%, 1.15%, 0.72% and 0.94% ($n = 6$), respectively. The RSDs of precision, repeatability and stability tests were less than 2.0%. **Conclusion** The method is simple, accurate, reproducible and precise, which can be used for the determination of seven components in Ephedrae Herba - Cinnamomi Ramulus herb pairs.

Key words: HPLC; wavelength switching; Ephedrae Herba - Cinnamomi Ramulus herb pairs; ephedrine; pseudoephedrine; methylephedrine; cinnamic acid; cinnamic alcohol; cinnamaldehyde; coumarin; content

麻黄-桂枝药对在麻黄汤、大青龙汤等经典方剂中都有应用,是中医临床常用药对。麻黄主要有效成分为盐酸麻黄碱、盐酸伪麻黄碱、盐酸甲基麻黄碱等^[1],具有镇咳平喘、发汗等作用^[2]。桂枝主要有效成分为桂皮醛、桂皮醇、桂皮酸、香豆素等^[3],具有解热、镇痛、镇静等作用^[4]。麻黄汤中麻黄与桂枝的配伍比例为3:2,即麻黄用量150 g,桂枝用量100 g,为治疗外感风寒表实证的名方。麻黄发表散寒,配伍辛温之桂枝,解肌祛风,两药相须为用,增强发汗、解表、散寒之功效^[5]。本研究按麻黄和桂枝配伍比例3:2制备药对,参考文

献[6-10],建立了同时测定麻黄-桂枝药对提取物中麻黄碱、伪麻黄碱、甲基麻黄碱、桂皮酸、桂皮醇、桂皮醛和香豆素7种成分含量的高效液相色谱切换波长法,以评价麻黄-桂枝药对提取物的质量。现报道如下。

1 仪器与试剂

1.1 仪器

Waters e2695 型高效液相色谱仪(美国 Waters 公司),配有 2998 型二极管阵列检测器和 2695 Alliance 型四元梯度泵;MSE 6.6S - OCE - DM 型电子天平(赛多利斯科学仪器 <北京> 有限公司,精度为 0.001 mg);

第一作者:王东海,男,大学本科,中药师,研究方向为药学,(电子信箱)sdlwsnying@126.com。

AUW120D 220D 型电子分析天平(日本岛津公司,精度为 0.01 mg);D115 型烘箱(德国 Binder 公司);KQ-500B 型超声波清洗仪(郑州宝晶电子科技有限公司,功率为 250 W,频率为 40 kHz);XJA-1A 型万能粉碎机(江苏姜堰市银河实验仪器厂)。

1.2 试药

盐酸麻黄碱对照品(批号为 171241-201809),盐酸伪麻黄碱对照品(批号为 171237-201510),盐酸甲基麻黄碱对照品(批号为 171247-201502),桂皮酸对照品(批号为 110786-201604),桂皮醛对照品(批号为 110710-201821),均购自中国食品药品检定研究院,纯度均大于 98.0%;香豆素对照品(江苏永健医药科技有限公司,CAS 号为 91-64-5,纯度大于 98%);桂皮醇对照品(南京森贝伽生物科技有限公司,CAS 号为 104-54-1,纯度大于 98%);麻黄饮片和桂枝饮片均为市售(药材信息见表 1),经辽宁中医药大学李峰教授鉴定为麻黄科植物草麻黄 *Ephedra sinica* Stapf. 的干燥草质茎、肉桂 *Cinnamomum cassia* Presl. 的干燥嫩枝,符合 2015 年版《中国药典(一部)》规定。甲醇、乙腈(色谱纯,天津赛孚瑞科技有限公司);水为超纯水,其他试剂均为分析纯。

表 1 麻黄-桂枝药对药材信息

Tab. 1 Sources information of Ephedrae Herba - Cinnamomi Ramulus herb pairs

编号	药材名称	批号	产地	编号	药材名称	批号	产地
S1	麻黄	20201014	新疆和硕县	S3	麻黄	20201018	吉林松原
	桂枝	20200807	广西柳城		桂枝	20200810	广西上林
S2	麻黄	20201416	吉林通化	S4	麻黄	20201025	河北万全
	桂枝	20200809	云南鲁甸		桂枝	20200814	四川大邑

2 方法与结果

2.1 色谱条件

色谱柱:Agilent Zorbax Eclipse Plus C₁₈柱(250 mm × 4.6 mm, 5 μm);流动相:乙腈(A)-含 0.1% NH₄Cl 的 0.05% 磷酸水溶液(B),梯度洗脱(0~10 min 时 10%A, 10~20 min 时 10%A→20%A, 20~30 min 时 20%A→35%A, 30~45 min 时 35%A→50%A, 45~50 min 时 10%A);流速:1.0 mL/min;检测波长:0~20 min 时 210 nm(盐酸麻黄碱、盐酸伪麻黄碱和盐酸甲基麻黄碱),21~50 min 时 250 nm(香豆素、桂皮醇、桂皮酸和桂皮醛);柱温:30℃;进样量:10 μL。

2.2 溶液制备

混合对照品溶液:取盐酸甲基麻黄碱对照品 28.65 mg、香豆素对照品 10.30 mg、桂皮醇对照品 17.72 mg、桂皮酸对照品 7.468 mg、桂皮醛对照品 70.32 mg,精密称定,置 25 mL 容量瓶中,加甲醇超声处理,并稀释至刻

度,作为混合对照品贮备液 I。取盐酸麻黄碱对照品 56.75 mg、盐酸伪麻黄碱对照品 22.56 mg,精密称定,置 50 mL 容量瓶中,精密加入混合对照品贮备液 I 5 mL,加甲醇超声处理,溶解后稀释至刻度,配制成每 1 mL 含盐酸麻黄碱 1135.00 μg、盐酸伪麻黄碱 451.20 μg、盐酸甲基麻黄碱 114.60 μg、香豆素 41.21 μg、桂皮醇 70.89 μg、桂皮酸 29.87 μg 和桂皮醛 281.30 μg 的混合对照品贮备液 II。精密量取 5 mL 混合对照品贮备液 II,置 25 mL 容量瓶中,加甲醇稀释至刻度,作为混合对照品溶液。

供试品溶液:取麻黄、桂枝饮片适量,粉碎,粉末混匀,过 50 目筛,分别称取 3.0 g 和 2.0 g,精密称定,置 250 mL 锥形瓶中,加甲醇 50 mL,称定质量,浸泡 50 min,50℃超声(功率为 250 W,频率为 40 kHz)提取 60 min,放冷,损失的质量用甲醇补足,过滤,取续滤液,于 5℃、10 000 r/min 转速下高速离心 10 min,取上清液,即得。

麻黄、桂枝对照药材溶液:取上述麻黄、桂枝饮片粉末 0.3 g、0.2 g,精密称定,按供试品溶液制备方法制备溶液,即得。

2.3 方法学考察

系统适用性试验:分别精密吸取 2.2 项下 3 种溶液各 10 μL,按拟订色谱条件进样测定,7 种待测成分与相邻峰间的分离度均大于 1.5,理论板数按盐酸麻黄碱峰、盐酸伪麻黄碱峰、盐酸甲基麻黄碱峰、香豆素峰、桂皮醇峰、桂皮酸峰和桂皮醛峰均大于 6 000,拖尾因子均小于 1.35。麻黄对照药材溶液色谱图中,在无与桂皮醇、桂皮酸、桂皮醛和香豆素对照品溶液色谱相同保留时间处有相应峰,桂枝对照品溶液色谱中无与麻黄碱、伪麻黄碱、甲基麻黄碱相应的峰,表明麻黄与桂枝配伍后,对彼此的成分测定无干扰。色谱图见图 1。

线性关系考察:分别精密吸取 2.2 项下混合对照品贮备液 0.8、2.0、3.0、5.0、7.0、10.0 mL,置 20 mL 容量瓶中,用甲醇稀释至刻度,得系列质量浓度的混合对照品溶液,分别精密量取 10 μL,按 2.1 项下色谱条件进样测定,记录色谱图。以各成分质量浓度(X, μg/mL)为横坐标、峰面积(Y)为纵坐标进行线性回归。结果见表 2。

精密度试验:精密吸取 2.2 项下混合对照品溶液 10 μL,按 2.1 项下色谱条件连续进样测定 6 次。结果盐酸麻黄碱、盐酸伪麻黄碱、盐酸甲基麻黄碱、香豆素、桂皮醇、桂皮酸和桂皮醛峰面积的 RSD 分别为 0.67%, 0.75%, 1.15%, 1.34%, 1.26%, 0.99%, 1.48%(n=6),表明仪器精密度良好。

稳定性试验:取样品(编号为 S1)粉末适量,按 2.2 项下方法制备供试品溶液,分别于制备后 0、5、10、15、20、35、48 h 时按 2.1 项下色谱条件进样测定。结果盐酸

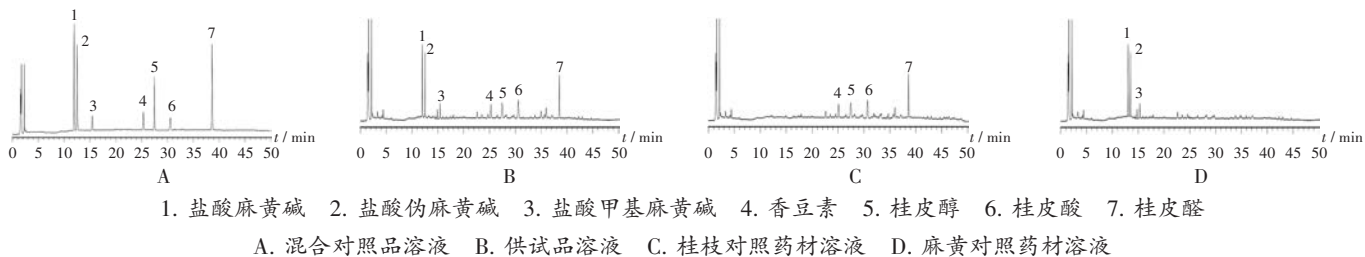


图1 高效液相色谱图

1. Ephedrine hydrochloride 2. Pseudoephedrine hydrochlorid 3. Methylephedrine hydrochloride 4. Coumarin 5. Cinnamic alcohol 6. Cinnamic acid
7. Cinnamaldehyde

A. Mixed reference solution B. Test solution C. Reference medicinal material solution of Cinnamomi Ramulus D. Reference medicinal material solution of Ephedrae Herba

Fig. 1 HPLC chromatograms

表2 7种指标性成分线性关系考察结果($n=6$)

Tab. 2 Results of the linear relation test of seven components($n=6$)

成分	回归方程	r	线性范围($\mu\text{g/mL}$)
盐酸麻黄碱	$Y=3.07E+02X+3.01$	0.999 3	45.400~567.500
盐酸伪麻黄碱	$Y=2.56E+02X+2.34$	0.999 6	18.050~225.600
盐酸甲基麻黄碱	$Y=2.37E+02X+5.14$	0.999 5	4.584~57.300
香豆素	$Y=3.32E+02X+1.25$	0.999 7	1.648~20.600
桂皮醇	$Y=4.01E+02X+2.07$	0.999 4	2.836~35.440
桂皮酸	$Y=2.69E+02X+4.52$	0.999 3	11.250~140.700
桂皮醛	$Y=4.38E+02X+3.61$	0.999 7	1.195~14.940

麻黄碱、盐酸伪麻黄碱、盐酸甲基麻黄碱、香豆素、桂皮醇、桂皮酸和桂皮醛峰面积的RSD分别为0.43%, 0.65%, 1.02%, 1.32%, 0.89%, 0.76%, 1.54% ($n=7$), 表明供试品溶液在48 h内稳定性良好。

重复性试验:取样品(编号为S1)粉末6份,按2.2项下方法制备供试品溶液,按2.1项下色谱条件进样测定。结果盐酸麻黄碱、盐酸伪麻黄碱、盐酸甲基麻黄碱、香豆素、桂皮醇、桂皮酸和桂皮醛的平均含量分别为3.021, 1.205, 0.303, 0.165, 0.291, 1.123, 0.126 mg/g, RSD分别为0.35%, 0.42%, 0.98%, 1.31%, 1.12%, 0.61%, 1.25% ($n=6$), 表明方法重复性良好。

加样回收试验:取样品(编号为S1)粉末适量,麻黄饮片粉末1.5 g,桂枝饮片粉末1.0 g,精密称定,共6份,分别置具塞锥形瓶中,分别精密加入2.2项下混合对照品贮备液4 mL,依法制备供试品溶液,按2.1项下色谱条件进样测定。结果见表3。

2.4 样品含量测定

精密量取2.2项下混合对照品溶液、供试品溶液、麻黄对照药材溶液、桂枝对照药材溶液各10 μL ,按2.1项下色谱条件进样测定4批样品(编号为S1-S4)中7种成分的含量,结果见表4。采用SPSS 22.0统计学软件对4批麻黄-桂枝药对中各成分的含量和其对对应单药材中各成分的含量进行 t 检验数据分析,发现麻黄-桂枝

配伍后,除桂皮酸外,其余6种成分含量均显著减少($P<0.05$)。

3 讨论

3.1 流动相选择

曾考察乙腈-0.05%磷酸水溶液、乙腈-0.05%甲酸水溶液、乙腈-0.2%三乙胺水溶液、乙腈-0.05%磷酸水溶液(含0.1% NH_4Cl)。结果以乙腈-0.05%甲酸水溶液、乙腈-0.05%磷酸水溶液为流动相时,由于带正电荷的碱性化合物麻黄碱与带负电荷的色谱柱表面硅羟基间的离子交换会引起峰拖尾^[11],导致麻黄碱和伪麻黄碱分离度不符合要求,无法保证含量准确度;以乙腈-0.2%三乙胺水溶液为流动相时,色谱峰峰形有所改善,但各成分保留时间不稳定;以乙腈-0.05%磷酸水溶液(含0.1% NH_4Cl)为流动相时,基线较平稳,7种成分色谱峰与相邻杂质峰分离完全,对称因子在1.10~1.35间,符合系统适应性试验的规定。故选择乙腈-含0.1% NH_4Cl 的0.05%磷酸水溶液为流动相。

3.2 提取条件选择

曾考察样品提取方法(超声、加热回流)、提取溶剂(甲醇、乙醇、丙酮)、浸泡时间(40, 50, 60 min)、提取时间(40, 60, 90 min)、溶剂用量(25, 50, 100 mL)。结果加热回流与超声两种方式的提取率相当,但加热回流操作复杂,耗时长,需要的样品初始浓度较大;以乙醇和丙酮作为提取溶剂时,桂皮醛和麻黄碱的提取率较低,以甲醇作为提取溶剂时,7种成分的提取率最高,含量测定结果的RSD均小于1.5%;浸泡时间和提取时间分别为50 min和60 min时,浸泡和提取较充分;提取溶剂量为50 mL时,7种成分响应值适中。故确定甲醇作溶剂、浸泡50 min、超声处理60 min、提取溶剂量为50 mL为麻黄-桂枝药对的最佳提取条件。

3.3 麻黄-桂枝配伍化学含量与药效分析

由表4可知,麻黄-桂枝配伍后,除桂皮酸外,麻黄和桂枝中7种成分的溶出较单味药材均显著减少($P<0.05$),

表3 7种指标性成分加样回收试验结果($n=6$)

Tab. 3 Results of the recovery test of seven components($n=6$)							
成分	取样量(g)	样品含量(mg)	加入量(mg)	测得量(mg)	回收率(%)	$\bar{X}$ (%)	RSD(%)
盐酸麻	1.510 0	4.575 3	4.54	9.108 7	99.85	98.81	0.81
	黄碱	1.520 1	4.605 9	4.54	9.035 6		
	1.499 0	4.542 0	4.54	9.048 0	99.25		
	1.505 0	4.560 2	4.54	9.040 3	98.68		
	1.488 0	4.508 6	4.54	8.972 3	98.32		
盐酸伪	1.531 2	4.639 5	4.54	9.143 6	99.21	98.37	0.77
	1.510 0	1.812 0	1.81	3.594 5	98.48		
	麻黄碱	1.520 1	1.798 8	1.81	3.586 4		
	1.499 0	1.806 0	1.81	3.565 3	97.20		
	1.505 0	1.806 0	1.81	3.576 4	97.81		
麻黄碱	1.488 0	1.785 6	1.81	3.569 9	98.58	98.14	1.02
	1.531 2	1.837 4	1.81	3.636 0	99.37		
	1.510 0	0.468 1	0.46	0.924 1	99.13		
	麻黄碱	1.520 1	0.471 2	0.46	0.925 8		
	1.499 0	0.464 7	0.46	0.915 2	97.93		
香豆素	1.505 0	0.466 6	0.46	0.909 2	96.22	98.21	1.02
	1.488 0	0.461 3	0.46	0.909 2	97.37		
	1.531 2	0.474 7	0.46	0.931 7	99.35		
	1.112 1	0.177 9	0.17	0.343 0	97.12		
	1.032 0	0.165 1	0.17	0.333 1	98.82		
桂皮醇	0.998 0	0.159 7	0.17	0.328 6	99.35	98.39	1.15
	0.985 2	0.157 6	0.17	0.323 5	97.59		
	1.212 1	0.193 9	0.17	0.359 2	97.24		
	1.094 0	0.175 0	0.17	0.343 5	99.12		
	1.112 1	0.322 5	0.28	0.603 3	100.29		
桂皮醛	1.032 0	0.299 3	0.28	0.574 9	98.43	98.96	0.72
	0.998 0	0.289 4	0.28	0.561 6	97.21		
	0.985 2	0.285 7	0.28	0.558 3	97.36		
	1.212 1	0.351 5	0.28	0.628 4	98.89		
	1.094 0	0.317 3	0.28	0.592 1	98.14		
桂皮酸	1.112 1	1.245 6	1.13	2.372 7	99.74	98.19	0.94
	1.032 0	1.155 8	1.13	2.260 6	97.77		
	0.998 0	1.117 8	1.13	2.236 2	98.97		
	0.985 2	1.103 4	1.13	2.227 9	99.51		
	1.212 1	1.357 6	1.13	2.471 6	98.58		
	1.094 0	1.225 3	1.13	2.345 7	99.15	98.19	0.94
	1.112 1	0.133 5	0.12	0.251 1	98.00		
	1.032 0	0.123 8	0.12	0.243 3	99.58		
	0.998 0	0.119 8	0.12	0.238 3	98.75		
	0.985 2	0.118 2	0.12	0.234 7	97.08		
	1.212 1	0.145 5	0.12	0.262 3	97.33	98.19	0.94
	1.094 0	0.131 3	0.12	0.249 4	98.42		

与徐文杰等^[12]麻黄-桂枝不同比例配伍前后水煎液中有效成分的含量较单味药材均减少的研究一致。徐

表4 样品含量测定结果(mg/g, $n=3$)

Tab. 4 Results of content determination of seven components in the samples(mg/g, $n=3$)								
编号	溶液	盐酸麻黄碱	盐酸伪麻黄碱	盐酸甲基麻黄碱	香豆素	桂皮醇	桂皮醛	桂皮酸
S1	麻黄对照药材溶液	3.32	1.66	0.47	-	-	-	-
	桂枝对照药材溶液	-	-	-	0.19	0.39	1.5	0.31
	供试品溶液	3.03	1.2	0.31	0.16	0.29	1.12	0.12
S2	麻黄对照药材溶液	3.32	1.62	0.46	-	-	-	-
	桂枝对照药材溶液	-	-	-	0.18	0.41	1.22	0.16
	供试品溶液	2.99	1.15	0.35	0.15	0.27	1.03	0.13
S3	麻黄对照药材溶液	3.51	1.72	0.40	-	-	-	-
	桂枝对照药材溶液	-	-	-	0.22	0.41	1.45	0.13
	供试品溶液	3.22	1.30	0.29	0.14	0.25	1.23	0.11
S4	麻黄对照药材溶液	3.41	1.62	0.51	-	-	-	-
	桂枝对照药材溶液	-	-	-	0.17	0.54	1.32	0.17
	供试品溶液	3.06	1.12	0.33	0.16	0.29	1.10	0.14
P值		0.003	0	0	0.01	0	0.02	0.17

注: - 为未检出。

Note: - indicates that the component is not detected.

文杰等^[13]的研究表明,麻黄-桂枝配伍后,麻黄中麻黄类生物碱的溶出减少,使配伍表现出减毒作用。郑芳昊^[14]的研究发现,麻黄-桂枝药对配伍后,可使试验动物的中枢神经系统功能从兴奋趋于正常。方芳^[15]指出,麻黄-桂枝配伍后解热作用增强,说明麻黄-桂枝药对配伍后利于解热,其中麻黄-桂枝药对的配伍比例为3:2时的解热作用最佳。由此可知,麻黄类生物碱是麻黄的效、毒两性成分,麻黄与桂枝相须为用,配伍后麻黄的毒性减弱。但麻黄-桂枝不同比例配伍后各有效成分的含量及药之间的关系有待进一步研究。

参考文献

- [1] 国家药典委员会. 中华人民共和国药典(一部)[M]. 北京: 中国医药科技出版社, 2015: 276.
- [2] 丁丽丽, 施松善, 崔健, 等. 麻黄化学成分与药理作用研究进展[J]. 中国中药杂志, 2006, 31(20): 1661-1664.
- [3] 刘江云, 杨学东, 徐丽珍, 等. 桂枝的化学成分研究[J]. 中草药, 2002, 33(8): 681-683.
- [4] 刘蓉, 何婷, 曾南, 等. 桂枝挥发油及桂皮醛抗流感病毒的机制研究[J]. 中草药, 2013, 44(11): 1460-1464.
- [5] 林红菊, 牟艳林, 南奕阳, 等. 经方中麻黄相关药对的研究进展[J]. 亚太传统医药, 2018, 14(11): 109-112.
- [6] 陈燕, 兰树敏, 林壮民, 等. HPLC-UV法同时测定麻黄中5种麻黄生物碱的含量[J]. 今日药学, 2012, 22(7): 388-391.
- [7] 黎春彤, 李翔, 马建丽, 等. HPLC同时测定防风通圣丸中盐酸麻黄碱和盐酸伪麻黄碱的含量[J]. 药物分析杂志, 2016, 36(1): 176-180.
- [8] 梁可, 崔思娇, 张琦, 等. UPLC同时测定桂枝中5种活性成分的含量[J]. 中国中药杂志, 2011, 36(23): 3298-3301.