

## HPLC-MS/MS 法同时测定参麦注射液 7 种主要有效成分

吴茵<sup>1,2</sup>, 魏欣<sup>2</sup>, 张黎媛<sup>2</sup>, 于泽芳<sup>2</sup>, 任炳楠<sup>2</sup>, 祁金龙<sup>1\*</sup>, 董占军<sup>2\*</sup>

1. 河北医科大学药学院, 河北 石家庄 050051

2. 河北省人民医院 药学部, 河北 石家庄 050071

**摘要:** 目的 建立 HPLC-MS/MS 方法同时测定参麦注射液中 7 种主要有效成分 (人参皂苷 Rg<sub>1</sub>、人参皂苷 Re、人参皂苷 Rb<sub>1</sub>、麦冬皂苷 D、麦冬皂苷 D'、甲基麦冬二氢黄酮 A 和甲基麦冬二氢黄酮 B)。方法 采用多反应监测 (MRM) 模式同时监测参麦注射液中 5 种皂苷类和 2 种黄酮类成分。色谱柱为 Phenomenex Luna C<sub>18</sub> 柱, 流动相为乙腈-0.03% 乙酸水溶液, 梯度洗脱, 分析时间 15 min。采用所建立的方法对 6 批参麦注射液进行了测定。结果 所测 7 种有效成分在测定质量浓度范围内线性关系良好, 相关系数 ( $r$ ) 均大于 0.996 3, 线性关系分别为人参皂苷 Rg<sub>1</sub>  $Y=15.6X+1.63\times 10^4$ ; 人参皂苷 Re  $Y=14X+5.36\times 10^3$ ; 人参皂苷 Rb<sub>1</sub>  $Y=2.46X+4.74\times 10^3$ ; 麦冬皂苷 D  $Y=11X+9.73\times 10^3$ ; 麦冬皂苷 D'  $Y=5.56X+1.64\times 10^3$ ; 甲基麦冬二氢黄酮 A  $Y=3.58\times 10^3X+2.33\times 10^4$ ; 甲基麦冬二氢黄酮 B  $Y=4.87\times 10^3X+2.72\times 10^4$ 。实验精密性、重复性和稳定性良好; 平均加样回收率为 95.3%~104.3%。结论 本法简便、快速、灵敏度高、专属性好, 可用于参麦注射液中人参皂苷 Rg<sub>1</sub>、Re、Rb<sub>1</sub> 及麦冬皂苷 D、麦冬皂苷 D'、甲基麦冬二氢黄酮 A 和甲基麦冬二氢黄酮 B 的定量测定。除人参皂苷外, 其他 4 种成分均为参麦注射液中首次测定。

**关键词:** HPLC-MS/MS; 参麦注射液; 人参皂苷 Rg<sub>1</sub>; 人参皂苷 Re; 人参皂苷 Rb<sub>1</sub>; 麦冬皂苷 D; 麦冬皂苷 D'; 甲基麦冬二氢黄酮 A; 甲基麦冬二氢黄酮 B

中图分类号: R286.02 文献标志码: A 文章编号: 0253-2670(2014)18-2625-06

DOI: 10.7501/j.issn.0253-2670.2014.18.010

## Simultaneous determination of seven components in Shenmai Injection by HPLC-MS/MS

WU Yin<sup>1,2</sup>, WEI Xin<sup>2</sup>, ZHANG Li-yuan<sup>2</sup>, YU Ze-fang<sup>2</sup>, REN Bing-nan<sup>2</sup>, QI Jin-long<sup>1</sup>, DONG Zhan-jun<sup>2</sup>

1. College of Pharmacy, Hebei Medical University, Shijiazhuang 050051, China

2. Department of Pharmacy, Hebei People's Hospital, Shijiazhuang 050071, China

**Abstract: Objective** To develop a liquid chromatography-tandem mass spectrometry (HPLC-MS/MS) method for simultaneously analyzing seven components (ginsenosides Rg<sub>1</sub>, ginsenosides Re, ginsenosides Rb<sub>1</sub>, ophiopogonin D, ophiopogonin D', methylophiopogonanone A, and methylophiopogonanone B) in Shenmai Injection. **Methods** Multiple reaction monitoring (MRM) scan mode was used for the quantification of five saponins and two flavones. The seven constituents were separated within 15 min on a Phenomenex Luna C<sub>18</sub> column (150 mm × 2.1 mm, 5 μm) using a mobile phase consisted of acetonitrile and 0.03% acetic acid water solution with gradient elution. **Results** The linear relationships between the concentration and peak areas of the seven target components were ginsenoside Rg<sub>1</sub>  $Y=15.6X+1.63\times 10^4$ ; ginsenoside Re  $Y=14X+5.36\times 10^3$ ; ginsenoside Rb<sub>1</sub>  $Y=2.46X+4.74\times 10^3$ ; ophiopogonin D  $Y=11X+9.73\times 10^3$ ; ophiopogonin D'  $Y=5.56X+1.64\times 10^3$ ; methylophiopogonanone A  $Y=3.58\times 10^3X+2.33\times 10^4$ , and methylophiopogonanone B  $Y=4.87\times 10^3X+2.72\times 10^4$ , respectively. The precisions, repeatabilities, and stabilities of the method were good for the seven components. The average recovery ranged from 95.3%—104.3%, and the precision in terms of RSD was less than 2.4%. **Conclusion** The method is rapid and reliable for the determination of the seven constituents in Shenmai Injection. Among these constituents, ophiopogonin D, ophiopogonin D', methylophiopogonanone A, and methylophiopogonanone B

收稿日期: 2014-04-02

基金项目: 河北省自然科学基金资助项目 (H2013206048); 河北省教育厅优秀青年基金资助项目 (YQ2013033); 河北省卫生厅青年科技课题 (ZL20140340)

作者简介: 吴茵 (1982—), 女, 博士生, 主要从事中药质量控制研究。Tel: (0311)85988327 E-mail: 584830126@qq.com

\*通信作者 祁金龙 (1980—), 男, 蒙古族, 博士, 主要从事新药筛选研究。Tel: (0311)86266335

董占军 (1967—), 男, 硕士生导师, 主任药师, 研究方向为中药理论及医院药事管理。Tel: (0311)85988604

are quantified in the Shenmai Injection for the first time.

**Key words:** HPLC-MS/MS; Shenmai Injection; ginsenoside Rg<sub>1</sub>; ginsenoside Re; ginsenoside Rb<sub>1</sub>; ophiopogonin D; ophiopogonin D'; methylophiopogonanone A; methylophiopogonanone B

参麦注射液是由红参和麦冬 2 味药材提取制成的复方制剂, 方中红参、麦冬等分同用, 具有益气固脱、养阴生津等功能。现代临床药理学研究证明, 参麦注射液有抗心肌梗死<sup>[1]</sup>、抗心律失常<sup>[2]</sup>、治疗炎症综合征和多器官功能失常<sup>[3-4]</sup>、抗肿瘤等作用<sup>[5]</sup>, 临床用于冠心病、休克、病毒性心肌炎等多种疾病的治疗, 为临床常用中药注射液品种之一<sup>[6-7]</sup>。人参皂苷是红参的主要活性成分, 麦冬皂苷和麦冬高异黄酮是麦冬的主要活性成分。文献多采用 HPLC-UV 法仅对人参皂苷进行测定<sup>[8-10]</sup>, 未见对麦冬有效成分测定的报道, 难以全面控制其质量。而 HPLC-MS/MS 在中药多组分的测定中优于传统的 HPLC-UV 法<sup>[11]</sup>, 可以排除复杂基质中性质相近的化学成分相互干扰, 尤其适于复杂样品的定性和定量。并且质谱检测的灵敏度高, 不受化合物无生色团的限制, 更适于样品中量低组分的测定。

本研究采用 HPLC-MS/MS 法同时测定参麦注射液中的人参皂苷 Rg<sub>1</sub>、人参皂苷 Re、人参皂苷 Rb<sub>1</sub>、麦冬皂苷 D、麦冬皂苷 D'、甲基麦冬二氢黄酮 A 和甲基麦冬二氢黄酮 B 7 种有效成分的质量浓度, 此法专属性好、灵敏度高、快速高效, 优于传统检测方法, 为参麦注射液的质量控制提供了一定参考。

## 1 仪器与材料

QTrap 4000 三重四级杆 MS/MS 仪、Analyst 1.5.1 分析软件, 美国 AB 公司; 1200 LC 液相色谱仪, 包括 G1311A 四元梯度洗脱泵、G1329A 自动进样器、G1322A 在线脱气仪, 美国 Agilent 公司。

对照品人参皂苷 Rg<sub>1</sub> (批号 110703-200904)、

人参皂苷 Re (批号 100754-201023)、人参皂苷 Rb<sub>1</sub> (批号 100704-200908), 购于中国食品药品检定研究院; 对照品麦冬皂苷 D (20121011)、麦冬皂苷 D' (20121012)、甲基麦冬二氢黄酮 A (20121019) 和甲基麦冬二氢黄酮 B (20121023), 均购于上海一林生物科技有限公司; 所有对照品质量分数均大于 98%。乙腈为色谱纯, 水为超纯水, 乙酸及其他试剂均为分析纯。参麦注射液: 江苏正大青春宝有限公司, 批号 1306183、1306193、13051832, 规格 10 mL; 神威药业集团有限公司, 批号 1304013、1304023、1304053, 规格 50 mL。

## 2 方法与结果

### 2.1 色谱条件

色谱柱为 Phenomenex Luna C<sub>18</sub> 柱 (150 mm × 2.0 mm, 5 μm); 柱温 25 °C; 流动相为乙腈-0.03% 乙酸水溶液, 梯度洗脱: 0~6 min, 20%~50% 乙腈; 6~15 min, 50%~60% 乙腈; 体积流量 0.6 mL/min; 进样量 10 μL; 每针进样前平衡 8 min。

### 2.2 质谱条件

3200Q TRAP 型三重四级杆线性离子阱质谱仪, 离子源: 电喷雾电离源 (ESI); 测定模式: 多反应离子监测 (MRM) 模式, 正负离子切换扫描。源喷射电压 -4 500/5 500 V; 雾化温度 650 °C; 气帘气压力 172.40 kPa; 雾化气压力 413.76 kPa; 辅助气压力 448.24 kPa。人参皂苷 Rg<sub>1</sub>、Re、Rb<sub>1</sub> 采用负离子方式检测, 切换时间为 8.00 min; 麦冬皂苷 D、麦冬皂苷 D' 采用正离子检测, 切换时间为 11.00 min; 甲基麦冬二氢黄酮 A 和甲基麦冬二氢黄酮 B 采用负离子检测。7 种成分的 MS 参数见表 1。

表 1 参麦注射液中 7 种有效成分的保留时间和主要质谱参数

Table 1 Retention time (*t<sub>R</sub>*) and main mass parameters of seven constituents in Shenmai Injection

化合物	<i>t<sub>R</sub></i> / min	MS <sub>1</sub> ( <i>m/z</i> )	MS <sub>2</sub> ( <i>m/z</i> )	解簇电压 (DP) / V	碰撞能 (CE) / eV
人参皂苷 Rg <sub>1</sub>	3.8	799.6	637.5	-100	-37
人参皂苷 Re	3.9	945.8	475.6	-90	-57
人参皂苷 Rb <sub>1</sub>	5.5	1 107.9	945.6	-110	-61
麦冬皂苷 D	9.2	855.6	287.3	30	38
麦冬皂苷 D'	9.3	855.6	253.3	130	45
甲基麦冬二氢黄酮 A	12.8	341.2	178.0	-63	-41
甲基麦冬二氢黄酮 B	13.3	327.0	178.0	-58	-41

### 2.3 溶液的制备

**2.3.1 对照品溶液的制备** 分别精密称取人参皂苷  $Rg_1$ 、人参皂苷 Re、人参皂苷  $Rb_1$ 、麦冬皂苷 D、麦冬皂苷 D'、甲基麦冬二氢黄酮 A 和甲基麦冬二氢黄酮 B 对照品适量，置于 10 mL 量瓶中，加甲醇定容至刻度，摇匀，即得对照品储备液。精密量取各对照品储备液适量，置 10 mL 量瓶中，定容至刻度，摇匀，制得质量浓度分别为人参皂苷  $Rg_1$  20.30  $\mu\text{g/mL}$ 、人参皂苷 Re 27.30  $\mu\text{g/mL}$ 、人参皂苷  $Rb_1$  50.00  $\mu\text{g/mL}$ 、麦冬皂苷 D 10.50  $\mu\text{g/mL}$ 、麦冬皂苷 D' 4.60  $\mu\text{g/mL}$ 、甲基麦冬二氢黄酮 A 1.19  $\mu\text{g/mL}$ 、甲基麦冬二氢黄酮 B 1.38  $\mu\text{g/mL}$  的混合对照品储备液。分别精密量取混合对照品储备液适量置于 10 mL 量瓶中，以乙腈-水 (1:1) 稀释成系列质量浓度的混合对照品溶液，备用。对照品及样品提取离子色谱图见图 1。

**2.3.2 供试品溶液的制备** 分别精密量取不同厂家不同批次参麦注射液 5 mL 置于 10 mL 量瓶中，用乙腈-水 (1:1) 稀释至刻度，用 0.45  $\mu\text{m}$  滤膜滤过，即得。

**2.3.3 阴性对照溶液的制备** 人参皂苷  $Rg_1$ 、人参皂苷 Re、人参皂苷  $Rb_1$ 、麦冬皂苷 D、麦冬皂苷 D'、甲基麦冬二氢黄酮 A 和甲基麦冬二氢黄酮 B 分别来源于红参和麦冬，按其处方比例和工艺，分别制备缺少红参和麦冬药材的阴性对照样品，并按“2.3.1”项下方法制备各阴性对照溶液。

### 2.4 专属性考察

取红参阴性对照溶液、麦冬阴性对照溶液、混合对照品溶液和供试品溶液，按“2.1”和“2.2”项下色谱和质谱条件分析，由图 1 可知，2 种阴性对照溶液中均未在相应位置检测到干扰成分，方法专属性良好。

### 2.5 标准曲线、检测限和定量限考察

在“2.1”和“2.2”项下色谱和质谱条件测定，以对照品进样质量浓度 ( $X$ ) 为横坐标，峰面积积分值 ( $Y$ ) 为纵坐标，绘制标准曲线，得到各物质的线性回归方程。以 10 倍信噪比和 3 倍信噪比时各对照品质量浓度分别作为定量限和检测限，结果见表 2。

### 2.6 精密度、稳定性和重复性试验

取样品溶液 (批号 1304013)，按“2.3.1”项下方法制备供试品溶液，连续进样 6 次，计算各组分峰面积的 RSD，7 个组分的 RSD 值分别为人参皂苷

$Rg_1$  1.1%、人参皂苷 Re 0.8%、人参皂苷  $Rb_1$  1.2%、麦冬皂苷 D 1.0%、麦冬皂苷 D' 1.5%、甲基麦冬二氢黄酮 A 0.5% 和甲基麦冬二氢黄酮 B 0.3%，表明仪器精密度良好。

将样品 (批号 1304013) 的供试品溶液室温放置 0、2、4、6、8、12 h 后分别进样，记录峰面积，计算各组分峰面积的 RSD，依次为人参皂苷  $Rg_1$  1.9%、人参皂苷 Re 2.8%、人参皂苷  $Rb_1$  1.2%、麦冬皂苷 D 3.1%、麦冬皂苷 D' 3.5%、甲基麦冬二氢黄酮 A 1.5% 和甲基麦冬二氢黄酮 B 2.3%，表明供试品溶液室温放置 12 h 稳定。

按“2.3.2”项下方法制备样品 (批号 1304013) 的供试品溶液，共 6 份，进样测定，测得各成分质量浓度的 RSD 值分别为人参皂苷  $Rg_1$  2.1%、人参皂苷 Re 1.8%、人参皂苷  $Rb_1$  2.2%、麦冬皂苷 D 1.1%、麦冬皂苷 D' 2.4%、甲基麦冬二氢黄酮 A 1.8% 和甲基麦冬二氢黄酮 B 1.3%，结果表明该方法重复性良好。

### 2.7 回收率考察

精密量取 6 份同批 (批号 1304013) 供试品溶液 5 mL，置于 10 mL 量瓶中，将各被测组分对照品储备液精密分别加入各瓶适量，并加乙腈-水 (1:1) 稀释至刻度，摇匀，按“2.3.2”项下方法操作，按“2.1”和“2.2”项下色谱和质谱条件进样测定，计算得人参皂苷  $Rg_1$ 、人参皂苷 Re、人参皂苷  $Rb_1$ 、麦冬皂苷 D、麦冬皂苷 D'、甲基麦冬二氢黄酮 A 和甲基麦冬二氢黄酮 B 的平均回收率，结果见表 3。

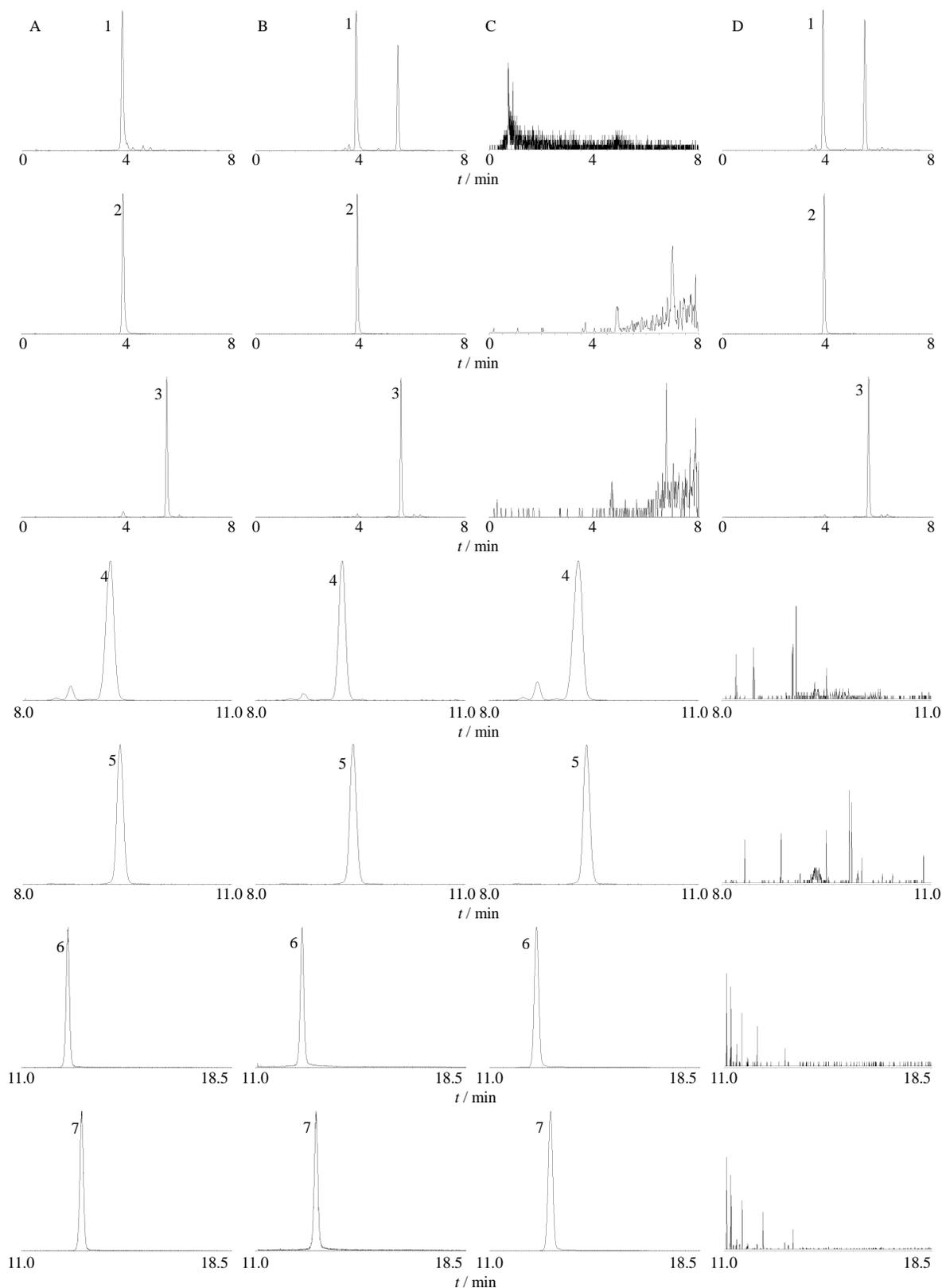
### 2.8 样品测定

取 6 批不同批号参麦注射液，分别按“2.3.2”项下方法处理，按“2.1”和“2.2”项条件测定并计算各被测成分的量，结果见表 4。

## 3 讨论

麦冬皂苷 D 和麦冬皂苷 D' 为同分异构体，在负离子检测模式下产生的二级碎片离子信息一致，而正离子检测模式下可因苷元不同产生不同的碎片离子，所以采用正离子模式检测麦冬皂苷 D 和麦冬皂苷 D'，可避免全分离这 2 种化合物，从而节省时间和试剂。人参皂苷  $Rg_1$ 、Re、 $Rb_1$ 、甲基麦冬二氢黄酮 A 和甲基麦冬二氢黄酮 B 在负离子模式下易产生准分子离子峰  $[M-H]^-$ 。在保证检测的灵敏度和稳定性的前提下，本实验采用正负离子切换扫描，简化了检测过程，提高了工作效率。

通过将不同的电解质 (甲酸、乙酸以及醋酸铵)



1-人参皂苷 Rg<sub>1</sub> 2-人参皂苷 Re 3-人参皂苷 Rb<sub>1</sub> 4-麦冬皂苷 D 5-麦冬皂苷 D' 6-甲基麦冬二氢黄酮 A 7-甲基麦冬二氢黄酮 B  
 1-ginsenosides Rg<sub>1</sub> 2-ginsenosides Re 3-ginsenosides Rb<sub>1</sub> 4-ophiopogonin D 5-ophiopogonin D' 6-methylphiopogonanone A 7-ethylphiopogonanone B

图 1 混合对照品溶液 (A)、参麦注射液样品 (B)、红参阴性对照 (C) 和麦冬阴性对照 (D) 提取离子流色谱图  
 Fig. 1 Extract ions chromatograms of mixed reference solution (A), Shenmai Injection (B), *Ginseng Radix* negative control solution (C), and *Ophiopogonins Radix* negative control solution (D)

表 2 7 种化学成分的线性回归方程、检测限和定量限

Table 2 Linear regression equations, LODs, and LOQs of seven constituents

化合物	线性回归方程	$r^2$	线性范围 / (ng·mL <sup>-1</sup> )	检测限 / ng	定量限 / ng
人参皂苷 Rg <sub>1</sub>	$Y=15.6 X+1.63 \times 10^4$	0.998 3	50~20 300	4.9	16.6
人参皂苷 Re	$Y=14 X+5.36 \times 10^3$	0.997 3	87~27 300	3.3	17.8
人参皂苷 Rb <sub>1</sub>	$Y=2.46 X+4.74 \times 10^3$	0.999 2	62~50 000	4.5	13.4
麦冬皂苷 D	$Y=11 X+9.73 \times 10^3$	0.998 0	78~10 500	16.5	49.4
麦冬皂苷 D'	$Y=5.56 X+1.64 \times 10^3$	0.996 3	89~4 600	38.7	89.0
甲基麦冬二氢黄酮 A	$Y=3.58 \times 10^3 X+2.33 \times 10^4$	0.999 3	2~1 190	0.4	1.3
甲基麦冬二氢黄酮 B	$Y=4.87 \times 10^3 X+2.72 \times 10^4$	0.998 4	2~1 380	0.1	0.4

表 3 回收率测定结果 (n = 6)

Table 3 Results of recovery of seven constituents in Shenmai Injection (n = 6)

化合物	样品中量 / (ng·mL <sup>-1</sup> )	加入量 / (ng·mL <sup>-1</sup> )	平均实测总量 / (ng·mL <sup>-1</sup> )	平均回收率 / %	RSD / %
人参皂苷 Rg <sub>1</sub>	37 000	40 000	78 500	103.8	2.2
人参皂苷 Re	18 100	15 000	32 400	95.3	3.4
人参皂苷 Rb <sub>1</sub>	37 700	40 000	76 200	96.3	2.9
麦冬皂苷 D	930	1 000	1 900	97.0	4.7
麦冬皂苷 D'	300	350	665	104.3	3.8
甲基麦冬二氢黄酮 A	54	60	111	95.0	2.9
甲基麦冬二氢黄酮 B	74	80	157	103.7	2.6

表 4 参麦注射液中 7 种化学成分定量测定结果

Table 4 Quantitative determination of seven constituents in Shenmai Injection

批号	质量浓度 / (μg·mL <sup>-1</sup> )						
	人参皂苷 Rg <sub>1</sub>	人参皂苷 Re	人参皂苷 Rb <sub>1</sub>	麦冬皂苷 D	麦冬皂苷 D'	甲基麦冬二氢黄酮 A	甲基麦冬二氢黄酮 B
1304013	37.0	18.1	37.7	0.93	0.30	0.054	0.074
1304023	32.8	10.5	42.3	0.77	0.46	0.063	0.085
1304053	43.2	12.3	47.7	0.63	0.28	0.061	0.092
1306183	99.8	54.8	114.0	0.26	0.19	0.140	0.230
1306193	87.3	61.9	109.3	0.47	0.22	0.039	0.180
13051832	107.6	68.9	122.5	0.21	0.21	0.042	0.360

加入流动项考察对被测物响应值及峰型变化的影响, 结果发现乙酸优于甲酸和醋酸铵。进一步对乙酸在流动相中的比例进行考察, 发现 0.03% 乙酸水溶液能使被测物达到最佳的分离效果和稳定的响应值, 所以选择乙腈和 0.03% 乙酸水溶液作为流动相梯度洗脱, 所有被测物在 15 min 内完成分析, 且无其他干扰。

目前, 对参麦注射液的质控文献报道<sup>[8-10]</sup>仅限使用 HPLC-UV 法测定其中人参皂苷, 未见麦冬有效成分的测定。然而, 皂苷类物质的紫外吸收差, 使用 HPLC-UV 法灵敏度差, 分析时间长。HPLC-MS/MS 法不要求被测成分完全分离, 可在较

短时间内分析多种有效成分, 且对于紫外吸收差的皂苷类物质具有更高的专属性和灵敏度。本实验采用此法有效地避免了繁琐的色谱分离条件考察过程, 缩短了分析时间, 提高了工作效率。

为全面有效控制参麦注射液的质量, 建议在其质量标准中增加麦冬有效成分的定量测定。本实验采用 HPLC-MS/MS 法建立的有效成分定量测定方法, 可在短时间内快速、准确地分析参麦注射液中的人参皂苷 Rg<sub>1</sub>、人参皂苷 Re、人参皂苷 Rb<sub>1</sub>、麦冬皂苷 D、麦冬皂苷 D'、甲基麦冬二氢黄酮 A 和甲基麦冬二氢黄酮 B 7 种有效成分, 为参麦注射液的质量控制提供了新手段。此外, HPLC-MS/

MS 应用于参麦注射液制剂质量控制研究, 也可以为该制剂的药物疗效、药动学等相关研究提供一定的依据。

#### 参考文献

- [1] 焦宏, 陈彦静, 马建伟, 等. 参麦注射液对急性心肌梗塞大鼠血浆及心肌组织中 ANP 含量的影响 [J]. 时珍国医国药, 2007, 18(7): 1588-1589.
- [2] 李萍, 熊凡, 富青, 等. 参麦注射液对抗大鼠心肌缺血再灌注性心律失常作用 [J]. 中国医院药学杂志, 2005, 25(9): 815-817.
- [3] 周家文, 李洪岩, 康劲松, 等. 双击大鼠肝脏 I- $\kappa$ B 和 TLR2 mRNA 的表达及参麦的影响 [J]. 中国实验诊断学, 2006, 10(12): 1387-1389.
- [4] 袁兆新, 刘潇, 季东平, 等. “失血加 LPS” 大鼠肺脏 I $\kappa$ B $\alpha$  和 TLR4 基因表达及参麦的肺脏保护作用 [J]. 中国病理生理杂志, 2006, 22(4): 730-733.
- [5] 徐莉, 丁志山, 魏颖慧. 参麦液对肿瘤细胞基质金属蛋白酶-2 及其抑制剂表达的影响 [J]. 中药药理与临床, 2007, 23(5): 7-9.
- [6] 尹丽慧, 沃兴德. 参麦注射液的药理和临床研究进展 [J]. 浙江中医学院学报, 2001, 25(6): 65-68.
- [7] 刘淑杰, 李洪岩, 吕文伟, 等. 参麦注射液对休克大鼠肝脏 I- $\kappa$ B $\alpha$  和白细胞介素-18 mRNA 表达的影响 [J]. 中草药, 2006, 37(9): 1387-1388.
- [8] 曹树萍, 聂黎行, 王钢力, 等. HPLC 法同时测定参麦注射液中 9 个人参皂苷的含量 [J]. 药物分析杂志, 2011, 31(3): 476-478.
- [9] 马静, 李学林, 唐进法, 等. HPLC 测定不同厂家参麦注射液中人参皂苷 Rg<sub>1</sub> 和 Re 的含量 [J]. 中国实验方剂学杂志, 2013, 19(11): 79-81.
- [10] 李伟. 高效液相色谱法测定参麦注射液中人参皂苷 Rg<sub>1</sub> 和人参皂苷 Re 的含量 [J]. 湖南中医杂志, 2012, 28(5): 150-151.
- [11] 支旭然, 苑霖, 生宁, 等. HPLC-MS/MS 法测定不同采收期连翘叶中 9 种成分 [J]. 中草药, 2013, 44(22): 3231-3235.