

绞股蓝皂苷成分的分离与鉴定

刘慧敏, 杨 静, 陈道金, 朴香兰*

(中央民族大学中国少数民族传统医学研究院, 北京 100081)

摘 要: **目的** 提取、分离、鉴定绞股蓝皂苷主要成分。**方法** 利用硅胶柱色谱及反相半制备柱色谱等分离手段, 分离、纯化绞股蓝皂苷成分, 并用核磁共振波谱($^1\text{H-NMR}$ 、 $^{13}\text{C-NMR}$)、液相色谱离子阱飞行时间质谱(LCMS-IT-TOF)等方法鉴定化合物结构, 并对相关成分的抑癌作用进行了研究。**结果** 绞股蓝总提物的主要成分经分离得到2种达玛烷类皂苷, 分别为绞股蓝皂苷 gypenoside XLVI 和 gypenoside LVI, 而且它们具有一定的抑制癌细胞增殖作用。**结论** 利用硅胶柱色谱和反相半制备色谱方法从绞股蓝总提物中分离得到主要的皂苷成分, 为进一步研究其抑癌有效成分提供了参考。

关键词: 绞股蓝; 达玛烷类皂苷; gypenoside XLVI; gypenoside LVI

Isolation and characterization of gypenosides from *Gynostemma pentaphyllum*

LIU Hui-Min, YANG Jing, CHEN Dao-Jin, PIAO Xiang-Lan*

(Institute of Chinese Minority Traditional Medicine, Minzu University of China, Beijing 100081, China)

ABSTRACT: Objective To establish a method for the isolation and characterization of gypenosides from *Gynostemma pentaphyllum*. **Methods** Gypenosides were isolated with chromatography using silica gel and reversed semi-preparative HPLC and identified with ^1H -nuclear magnetic resonance spectrum, ^{13}C - nuclear magnetic resonance spectrum and liquid chromatography-ion trap time of flight tandem mass spectrometry. **Results** The two constituents isolated from *Gynostemma pentaphyllum* were identified as dammarane-type saponins, gypenoside XLVI and gypenoside LVI, respectively. **Conclusion** Gypenosides can be isolated effectively by silica gel chromatography and reversed semi-preparative HPLC.

KEY WORDS: *Gynostemma pentaphyllum*; dammarane-type saponin; gypenoside XLVI; gypenoside LVI

肺癌是最常见的肺原发性恶性肿瘤, 绝大多数肺癌起源于支气管粘膜上皮。近 50 多年来, 世界各国特别是工业发达国家, 肺癌的发病率和病死率均迅速上升, 死于癌病的男性病人中肺癌已居首位。肺癌分为小细胞肺癌(SCLC)和非小细胞肺癌(NSCLC), 其中 NSCLC 占到肺癌的 85%。但是目前用于非小细

胞肺癌的药物有效率低且很少能达到完全缓解。所以非小细胞肺癌成为当今肺癌的研究重点。在前期研究中发现, 绞股蓝和其热处理产物均具有浓度依赖性抑制非小细胞肺癌 A549 细胞活性^[1]。绞股蓝^[2], 又称“七叶胆”、“蛇王”、“甘茶蔓”、“公罗锅底”、“小苦药”、“遍地生根”等, 也是一种解热毒壮药, 壮药名为 Go-

基金项目: 国家自然科学基金项目(30973960、81011140347、81181240306、81274186)

Fund: Supported by the National Natural Science Foundation of China (30973960, 81011140347, 81181240306 and 81274186)

*通讯作者: 朴香兰, 副教授, 主要研究方向为天然药物化学, 药物分析。E-mail: xlpiao@163.com

*Corresponding author: PIAO Xiang-Lan, Associate Professor, Institute of Chinese Minority Traditional Medicine, Minzu University of China, No.27, Zhongguancun South Steet, Haidian District, Beijing 100081, China. E-mail: xlpiao@163.com

caekmbaw(音译国虾薄)。绞股蓝主要含有皂苷类^[3]、糖类^[4]、黄酮类^[5]、氨基酸^[6]等成分,其中绞股蓝皂苷与人参皂苷相似,具有达玛烷型皂苷,因此绞股蓝又被冠予“南方人参”、“第二人参”的美誉,日本称绞股蓝为“福音草”,美国称之为“绿色金子”,新加坡、马来西亚称为“健美女神”、“百病克星”。具有抗癌、抗氧化、降血糖、降血脂、增强免疫等作用^[7,8]。

本研究采用硅胶柱色谱及反相柱色谱方法,从绞股蓝中分离得到2个化合物,并用LC-MS-IT-TOF及核磁共振谱技术进行其结构鉴定。

1 材料与方法

1.1 材料与试剂

绞股蓝(*Gynostemma pentaphyllum*)购于北京同仁堂药店,留样于中央民族大学中国少数民族传统医学研究院民族药物研究所实验室,并设样品号(GP2011-01)。

硅胶(200~300目)购自青岛化工厂;乙腈为色谱纯(美国Fisher公司);水为超纯水(香港Heal Force公司);其余化学试剂均为分析纯,购自北京化工厂。

1.2 仪器与设备

核磁共振数据来源于DPBRUKER DPX 300核磁共振仪(瑞士布鲁克公司);液相色谱离子阱飞行时间串联质谱(LCMS-IT-TOF),配有LC-20AD泵、SPD-M20A紫外检测器、CBM-20A控制器、SIL-20A自动进样器、CTO-10AS vp控温箱及LC solution软件(日本Shimadzu公司);纯化用LC-6AD半制备液相色谱系统、半制备柱使用Shim-pack PREP-ODS(H),KIT柱(250 mm×20 mm, 5 μm, 日本Shimadzu公司)。

1.3 方法

1.3.1 绞股蓝提取

绞股蓝(10 kg),用80%乙醇加热回流提取3次,每次均用8倍量(v/v)的80%乙醇提取3 h,得到1.5 kg的绞股蓝乙醇提取物。

1.3.2 肺癌A549细胞培养

A549细胞株用含10%小牛血清的DMEM培养基,于37℃,5%CO₂饱和湿度条件下培养,2~3 d传代1次。

1.3.3 达玛烷类皂苷对A549细胞的作用

取对数生长期细胞使其脱壁,用10%小牛血清

DMEM培养液重悬成单细胞悬液。以 5×10^3 /孔密度将A549细胞接种于96孔板,用含10%小牛血清的DMEM培养液培养24 h后,弃去原有细胞培养液,加入用DMEM培养液稀释的不同浓度的绞股蓝皂苷gypenoside XLVI和gypenoside LVI各100 μL,每个浓度样品重复3孔。空白对照组只加含10%小牛血清的DMEM培养液。在培养48 h后,每孔加入20 μL的MTT溶液,于37℃、5%CO₂培养箱孵育4 h,弃上清液后,每孔加入150 μL的DMSO,振摇30秒。利用酶标仪于490 nm波长处检测吸光度。

肿瘤细胞生长抑制率/%=($A_{\text{对照组}} - A_{\text{实验组}}$)/ $A_{\text{对照组}} \times 100$

1.3.4 绞股蓝总提物的HPLC-MS分析

绞股蓝乙醇提取物,用甲醇稀释至1 mg/mL浓度,过0.45 μm滤膜,待用。

色谱条件:色谱柱:Shimadzu Shim-pack VP-ODS column (150 mm×2.0 mm, 5 μm);流动相为乙腈-0.01%甲酸;洗脱条件:乙腈30% (0 min),70% (30 min);流速:0.2 mL/min;检测波长:203 nm;柱温:25℃;进样量:20 μL。

1.3.5 绞股蓝主要成分的分离

绞股蓝乙醇提取物,加适量水混悬,再用石油醚、二氯甲烷、正丁醇萃取,分别得到不同极性部分。取绞股蓝正丁醇部分,上样于硅胶柱(120 mm×10 mm),用二氯甲烷-甲醇从10:1至1:1梯度洗脱,薄层色谱配合检识,得到10个组分(GPB-1~GPB-10),其中组分5和组分9的量较多。以乙腈-水(40:60, v/v)等度洗脱,流速为10 mL/min,第5个组分GPB-5经半制备柱Shim-pack PREP-ODS(H),KIT柱(250 mm×20 mm, 5 μm) (日本Shimadzu公司)分离纯化后,在203 nm波长下检测,分离得到150 mg化合物1(GP-1),纯度达到98%以上。用乙腈-水(33:67, V/V)等梯度洗脱,流速3 mL/min,第9个组分GPB-9经半制备柱(250 mm×10 mm, 5 μm) (美国Thermo公司)分离纯化后,在203 nm波长下检测,分离得到120 mg化合物2(GP-2),纯度达到98%以上。

1.3.6 绞股蓝皂苷的结构鉴定

用300 M核磁共振仪检测化合物的¹H-NMR、¹³C-NMR、H-H COSY、HMOC、HMBC、DEPT。质谱条件:离子源:ESI,负离子扫描;扫描范围: m/z 100~1200;加热模块温度:200℃;CDL温度:200℃;雾化气流速:1.5 L/min;干燥气体压力:103.0 kPa;IT

真空度: 1.8×10^{-2} Pa, TOF 真空度: 1.9×10^{-4} Pa; 检测器电压: 1.57 kV。

2 结果与分析

2.1 绞股蓝总提物的成分分析

HPLC 及负离子模式总离子图谱见图 1, 绞股蓝乙醇提取物在 8.1 min 和 9.2 min 处的 2 个峰为主要峰。

2.2 绞股蓝主要成分的结构鉴定

化合物 1 为白色粉末。在 LC-MS-IT-TOF 的负离子模式下, ESI-MS 给出分子离子峰 m/z 961.5346 $[M-H]^-$ (图 2A), 计算值 962.5450 (误差 3.28 ppm), 表明化合物 1 的分子量为 962, 结合 1H -NMR 和 ^{13}C -NMR 确定分子式为 $C_{48}H_{82}O_{19}$ 。

1H -NMR (CD_3OD , 300 MHz) 谱在高场区给出 8 个甲基信号 δ 0.92 (3H, s), 0.93 (3H, s), 0.98 (3H, s), 1.02 (3H, s), 1.13 (3H, s), 1.34 (3H, s), 1.62 (3H, s) 和 1.68 (3H, s), 此外还给出 3 个糖的端基质子信号 δ 4.45 (1H, d, $J=7.6$ Hz), 4.60 (1H, d, $J=7.8$ Hz), 4.75 (1H, d, $J=7.6$ Hz) 和 1 个三取代烯氢质子信号 δ 5.10 (1H, m)。根据糖端基质子偶合常数值 7.6、7.6、7.8 Hz, 判断 3 个糖的构型均为 β 型。 ^{13}C -NMR (CD_3OD , 75 MHz) 谱给出了 48 个碳信号, 其中 δ 132.3, 125.9 示有

2 个烯碳存在, 说明化合物 1 与达玛烷型三萜皂苷特征的 24、25 位烯碳信号相吻合, 以上信息提示该化合物为达玛烷型三萜皂苷。根据达玛烷型三萜皂苷的碳谱规律, 结合糖的端基碳信号 δ 104.8, 104.4, 98.3 及骨架碳信号 δ 96.7 (C-3), 80.7 (C-2'), 推测该化合物是在 C-3 位上连有 2 个糖, 而且第一个糖的 C-2' 位连有第二个糖。HMBC 显示 C-2 与 δ 3.01 (1H, d, $J=9.3$ Hz, H-3) 存在远程相关, 推测 C-2 位连有羟基, 而且根据 H-3 的耦合常数 9.3 Hz, 说明 C-2 位上的羟基是 α 位。比较该化合物与绞股蓝皂苷 gypenoside L 碳谱数据, 发现该化合物 C-20 向低场位移至 δ 84.9, 表明 C-20 位连有第 3 个糖。 1H -NMR 及 ^{13}C -NMR 数据见表 2。结合文献[9]确定化合物 1 为绞股蓝皂苷 gypenoside XLVI (图 3-1)。

化合物 2 为白色粉末。在 LCMS-IT-TOF 的负离子模式 ESI-MS 给出分子离子峰 m/z 1093.5826 $[M-H]^-$ (图 2B), 计算值 1094.5873 (误差 2.36 ppm), 表明化合物 2 的分子量为 1094, 结合 1H -NMR 和 ^{13}C -NMR 确定分子式为 $C_{53}H_{90}O_{23}$ 。

1H -NMR (CD_3OD , 300 MHz) 谱在高场区给出 8 个甲基信号 δ 0.92 (6H, s), 0.98 (3H, s), 1.00 (3H, s), 1.12 (3H, s), 1.36 (3H, s), 1.62 (3H, s) 和 1.68 (3H, s), 此外还给出 4 个糖的端基质子信号 δ 4.29 (1H, d,

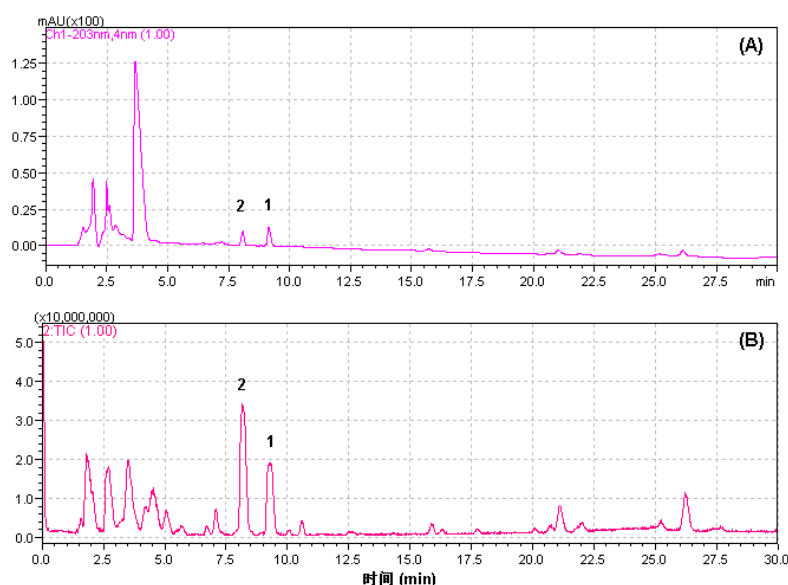


图 1 绞股蓝乙醇总提取物的高压液相色谱与总离子图

Fig. 1 HPLC and total ion chromatogram of ethanol extract from *G. pentaphyllum*

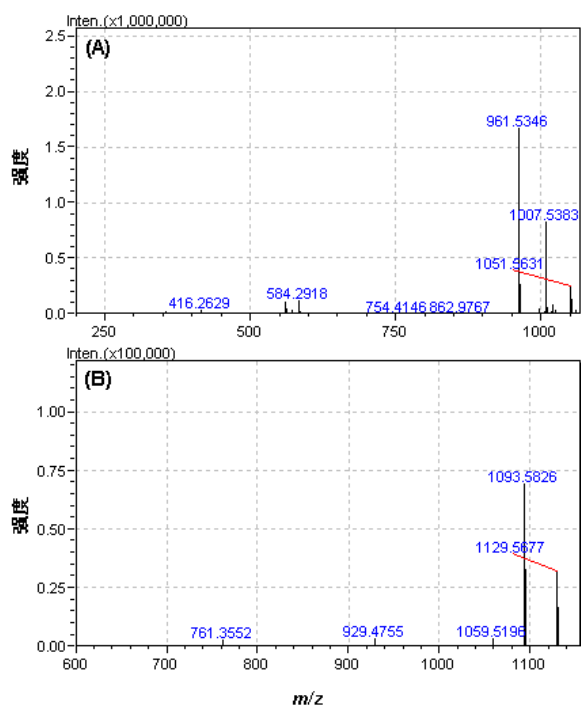
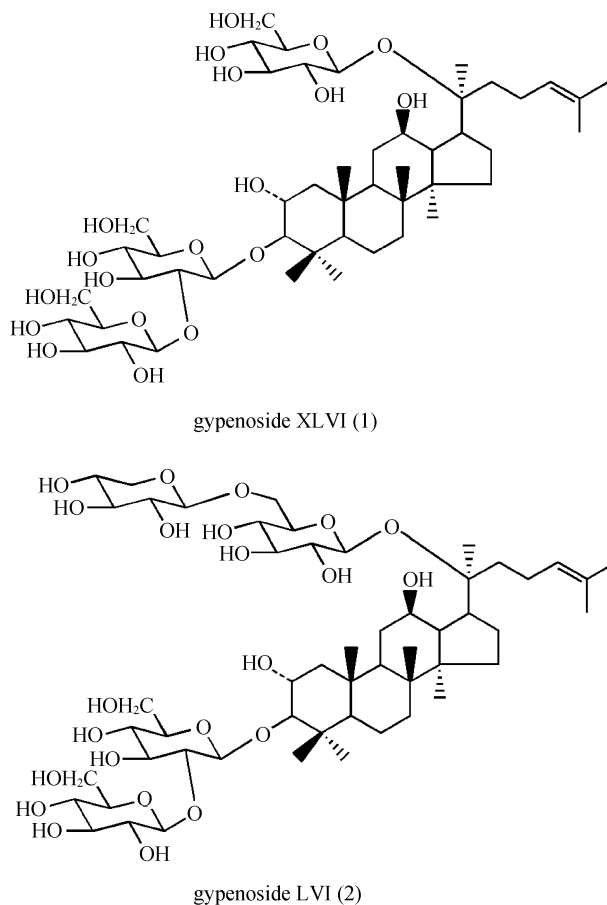


图2 绞股蓝中分离得到的化合物质谱

Fig. 2 Mass spectra of compounds isolated from *G. Pentaphyllum*

$J=7.3$ Hz), 4.44 (1H, d, $J=7.5$ Hz), 4.56 (1H, d, $J=7.8$ Hz), 4.75 (1H, d, $J=7.6$ Hz)和1个三取代烯氢质子信号 δ 5.13 (1H, m)。糖端基质子偶合常数分别为 7.3、7.5、7.8、7.6 Hz, 据此判断4个糖的构型均为 β 型。 $^{13}\text{C-NMR}$ (CD_3OD , 75 MHz)谱给出了53个碳信号, 其中 δ 132.2, 126.1表示有2个烯碳存在, 说明化合物2与达玛烷型三萜皂苷特征的24、25位烯碳信号相吻合, 以上信息提示该化合物为达玛烷型三萜皂苷。根据达玛烷型三萜皂苷的碳谱规律, 结合糖的端基碳信号 δ 105.5, 104.8, 104.4, 98.1及骨架碳信号 δ 96.7 (C-3), 80.6 (C-2'), 推测该化合物是在C-3位上连有2个糖, 而且第一个糖的C-2'位连有第二个糖。HMBC显示C-2与 δ 3.01 (1H, d, $J=9.3$ Hz, H-3)存在远程相关, 推测C-2位连有羟基, 而且根据H-3的耦合常数9.3 Hz, 说明C-2位上的羟基是 α 位。比较该化合物与绞股蓝皂苷 gypenoside L 碳谱数据, 发现该化合物C-20向低场位移至 δ 84.9, 表明C-20位连有第3个糖, 而根据C-6'''向低场位移至 δ 70.1, 表明C-6'''位连有第4个糖。 $^1\text{H-NMR}$ 及 $^{13}\text{C-NMR}$ 数据见表1。结合文献[10]确定化合物2为绞股蓝皂苷

图3 绞股蓝中分离得到的达玛烷类皂苷成分^[9,10]Fig. 3 Dammarane-type saponins isolated from *G. Pentaphyllum*^[9,10]

gypenoside LVI (图3-2)。

2.3 绞股蓝皂苷对A549细胞的抑制活性

利用肺癌A549细胞抑制活性检测方法, 检测绞股蓝皂苷的生物活性。结果表明, 绞股蓝皂苷 gypenoside XLVI和 gypenoside LVI具有浓度依赖性抑制A549细胞的增殖作用, 活性与阳性对照组人参皂苷Rg3相比, gypenoside LVI具有更强的抑制A549细胞增殖作用(图4)。

3 结论

本研究采用硅胶柱色谱、反相半制备柱色谱方法, 从绞股蓝中分离得到2个主要的成分, 并根据LC-MS-IT-TOF及NMR波谱数据, 鉴定这2个化合物为绞股蓝皂苷 gypenoside XLVI和 gypenoside LVI, 它们均为达玛烷型四环三萜皂苷, 它们均具有抑制A549细胞增殖作用, 这一结果尚无报道。今后

表 1 绞股蓝成分的核磁共振谱数据
Table 1 NMR spectral data of constituents isolated from *G. pentaphyllum*

序号	化合物 1			化合物 2		
	¹ H	¹³ C	DEPT	¹ H	¹³ C	DEPT
1	2.12 (1H, m), 0.89 (1H, m)	47.9	CH ₂	2.13 (1H, m), 0.88 (1H, m)	47.9	CH ₂
2	3.75 (1H, m)	68.1	CH	3.75 (1H, m)	68.1	CH
3	3.01 (1H, d, J=9.3Hz)	96.7	CH	3.01 (1H, d, J=9.3Hz)	96.7	CH
4		41.9	C		41.9	C
5	0.86 (1H, m)	57.2	CH	0.85 (1H, m)	57.2	CH
6	1.62 (1H, m), 1.58 (1H, m)	19.3	CH ₂	1.62 (1H, m), 1.57 (1H, m)	19.3	CH ₂
7	1.58 (1H, m), 1.31 (1H, m)	35.7	CH ₂	1.57 (1H, m), 1.31 (1H, m)	35.7	CH ₂
8		41.0	C		41.0	C
9	1.55 (1H, m)	51.0	CH	1.51 (1H, m)	51.0	CH
10		38.8	C		38.8	C
11	1.65 (1H, m), 1.06 (1H, m)	31.6	CH ₂	1.65 (1H, m), 1.04 (1H, m)	31.5	CH ₂
12	3.69 (1H, m)	71.8	CH	3.74 (1H, m)	71.5	CH
13	1.74 (1H, m)	49.8	CH	1.75 (1H, m)	49.7	CH
14		52.5	C		52.4	C
15	1.88 (1H, m), 1.29 (1H, m)	31.2	CH ₂	1.85 (1H, m), 1.28 (1H, m)	31.0	CH ₂
16	1.93 (1H, m), 1.39 (1H, m)	27.2	CH ₂	1.93 (1H, m), 1.34 (1H, m)	27.3	CH ₂
17	2.30 (1H, m)	53.1	CH	2.06 (1H, m)	52.9	CH
18	1.02 (3H, s)	16.3	CH ₃	1.00 (3H, s)	16.3	CH ₃
19	0.98 (3H, s)	17.8	CH ₃	0.98 (3H, s)	17.8	CH ₃
20		84.9	C		84.9	C
21	1.34 (3H, s)	22.8	CH ₃	1.36 (3H, s)	22.4	CH ₃
22	1.79 (1H, m), 1.65 (1H, m)	36.7	CH ₂	1.79 (1H, m), 1.65 (1H, m)	36.8	CH
23	2.05 (2H, m)	24.2	CH ₂	2.09 (2H, m)	23.8	CH ₂
24	5.10 (1H, bt, J=6.9Hz)	125.9	CH	5.13 (1H, bt, J=6.9Hz)	126.1	CH
25		132.3	C		132.2	C
26	1.68 (3H, s)	25.9	CH ₃	1.68 (3H, s)	25.9	CH ₃
27	1.62 (3H, s)	17.9	CH ₃	1.62 (3H, s)	18.0	CH ₃
28	0.92 (3H, s)	17.8	CH ₃	0.92 (3H, s)	17.8	CH ₃
29	1.13 (3H, s)	28.7	CH ₃	1.12 (3H, s)	28.7	CH ₃
30	0.93 (3H, s)	17.2	CH ₃	0.92 (3H, s)	17.4	CH ₃
1'	4.45 (1H, d, J=7.6 Hz)	104.8	CH	4.44 (1H, d, J=7.5Hz)	104.8	CH
2'	3.69 (1H, m)	80.7	CH	3.68 (1H, m)	80.6	CH
3'	3.26 (1H, m)	78.2	CH	3.26 (1H, m)	78.2	CH
4'	3.21 (1H, m)	72.1	CH	3.20 (1H, m)	72.1	CH
5'	3.38 (1H, m)	77.9	CH	3.37 (1H, m)	78.0	CH
6'	3.84 (1H, m), 3.64 (1H, m)	63.2	CH ₂	3.84 (1H, m), 3.64 (1H, m)	63.2	CH ₂
1''	4.75 (1H, d, J=7.6 Hz)	104.4	CH	4.75 (1H, d, J=7.6Hz)	104.4	CH
2''	3.23 (1H, m)	76.2	CH	3.23 (1H, m)	76.2	CH
3''	3.62 (1H, m)	78.6	CH	3.62 (1H, m)	78.6	CH
4''	3.36 (1H, m)	71.2	CH	3.36 (1H, m)	71.2	CH
5''	3.38 (1H, m)	78.2	CH	3.37 (1H, m)	78.1	CH
6''	3.87 (1H, m), 3.67 (1H, m)	62.4	CH ₂	3.88 (1H, m), 3.66 (1H, m)	62.4	CH ₂
1'''	4.60 (1H, d, J=7.8Hz)	98.3	CH	4.56 (1H, d, J=7.8Hz)	105.5	CH
2'''	3.08	75.4	CH	3.14	75.3	CH
3'''	3.35	78.3	CH	3.32	78.6	CH
4'''	3.31	71.2	CH	3.31 (1H, m)	71.5	CH
5'''	3.31	78.1	CH	3.38 (1H, m)	76.7	CH
6'''	3.80, 3.62	62.6	CH ₂	4.00 (1H, m), 3.74 (1H, m)	70.1	CH ₂
1''''				4.29 (1H, d, J=7.3Hz)	98.1	CH
2''''				3.19 (1H, m)	74.8	CH
3''''				3.30 (1H, m)	77.5	CH
4''''				3.45 (1H, m)	71.2	CH
5''''				3.85 (1H, m), 3.18 (1H, m)	66.8	CH ₂

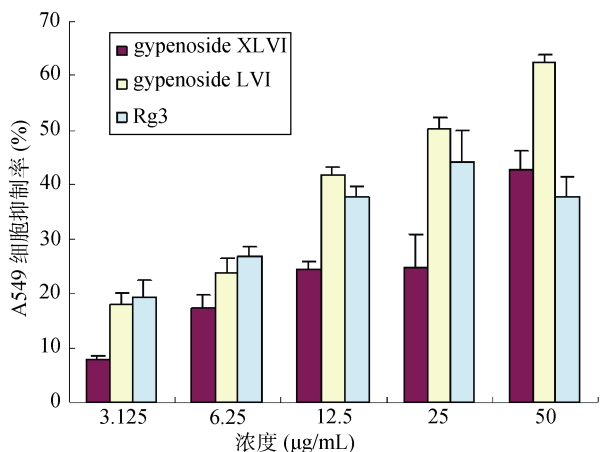


图4 绞股蓝皂苷对 A549 细胞增殖的抑制作用

Fig. 4 Effect of gypenosides on A549 cells

需进一步对它们进行不同药理活性筛选, 分析其作用机制。

参考文献

- [1] 朴香兰, 吴倩, 杨静, 等. 绞股蓝热处理产物对 A549 细胞的抑制活性[J]. 中央民族大学学报: 自然科学版, 2012, 21(1): 49-53.
Piao XL, Wu Q, Yang J, *et al.* A549 Cell Inhibitory Activity from Heat-Processed *Gynostemma pentaphyllum* [J]. J MUC (Nat Sci Ed), 2012, 21(1): 49-53.
- [2] 梁启成, 钟鸣. 中国状药学[M]. 南宁: 广西民族出版社, 2005.
Liang QC, Zhong M. Zhongguo zhuangyaoxue [M]. Nanning: Guangxi Nationalities Publishing House, 2005.
- [3] Kao TH, Huang SC, Stephen B, *et al.* Determination of flavonoids and saponins in *Gynostemma pentaphyllum* (Thunb.) Makino by liquid chromatography-mass spectrometry [J]. Anal Chim Acta, 2008, 626(2): 200-211.
- [4] Yang X, Zhao Y, Yang Y, *et al.* Isolation and characterization of immunostimulatory polysaccharide from an herb tea, *Gynostemma pentaphyllum* Makino [J]. J Agric Food Chem, 2008, 56(16): 6905-6909.
- [5] 侯冬岩, 回瑞华, 关崇新. 绞股蓝中总黄酮的分析研究[J]. 沈阳师范学院学报: 自然科学版, 2003, 21(1): 39-42.

Hou DY, Hui RH, Guan CX. Study on determination of total flavonoids in *Gynostemma pentaphyllum*(Thunb.) Makino [J]. J Shenyang Normal Univ (Nat Sci Ed), 2003, 21(1): 39-42.

- [6] 邓世林, 李新风, 陈本美, 等. 绞股蓝中氨基酸、维生素及多种化学元素的分析[J]. 湖南医科大学学报, 1994, 19(6): 487-490.
Deng SL, Li XF, Chen BM, *et al.* Analysis of amino acids, vitamins and chemical elements in *Gynostemma pentaphyllum*(thunb) makino [J]. Bull Hunan Med Univ, 1994, 19(6): 487-490.
- [7] Megalli S, Davies NM, Roufogalis BD. Anti-hyperlipidemic and hypoglycemic effects of *Gynostemma pentaphyllum* in the Zucker fatty rat [J]. J Pharm Sci, 2006, 9(3): 281-291.
- [8] Huang TH, Tran VH, Roufogalis BD, *et al.* Gypenoside XLIX, a naturally occurring PPAR-alpha activator, inhibits cytokine-induced vascular cell adhesion molecule-1 expression and activity in human endothelial cells [J]. Eur J Pharmacol, 2007, 565(1-3): 158-165.
- [9] Takemoto T, Arihara S, Yoshikawa K, *et al.* Studies on the Constituents of Cucurbitaceae Plants. XI. On the Saponin Constituents of *Gynostemma pentaphyllum* Makino(7) [J]. Yakugaku Zasshi, 1984, 104(10): 1043-1049.
- [10] Takemoto T, Arihara S, Yoshikawa K. Studies on the constituents of cucurbitaceae plants. xiv. on the saponin constituents of *Gynostemma pentaphyllum* Makino(9) [J]. Yakugaku Zasshi, 1986, 106(8): 664-670.

(责任编辑: 赵静)

作者简介



刘慧敏, 硕士研究生, 主要研究方向为天然药物化学。

E-mail: huiminliu@yeah.net



朴香兰, 博士, 博士生导师, 主要研究方向为天然药物化学与药物分析研究。

E-mail: xlpiao@163.com