

人参多糖的分级及其免疫活性初探

宋利华^{1,3}, 王红梅^{2,3}, 萧伟^{2,3*}

(1. 南京中医药大学, 南京 210000; 2. 江苏康缘药业股份有限公司, 江苏连云港 222013;
3. 中药制药过程新技术国家重点实验室, 江苏连云港 222001)

[摘要] **目的:**采用柱分离对人参多糖进行分级,并考察各级分对脾淋巴细胞增殖的刺激作用,找出活性部位。**方法:**用快流速 Q-琼脂糖凝胶(Q-Sepharose FF)色谱将人参多糖进行分级,先用水和 0.4 mol·L⁻¹ NaCl 溶液洗脱,将人参多糖分成中性多糖和酸性多糖,再将酸性糖依次用 0~0.4 mol·L⁻¹ NaCl 溶液洗脱,得到不同的级分。取小鼠脾脏制备脾淋巴细胞,调整小鼠脾淋巴细胞密度至 3.0 × 10⁶/mL,加样品混合均匀,孵育 48 h,考察每个级分不同浓度(25, 50, 100, 200, 400 mg·L⁻¹)对脾淋巴细胞增殖的刺激作用。**结果:**从 GP 中分级得到 GPN 和 GPA, GPA 分级后得到 GPA-1, GPA-2, GPA-3 和 GPA-4。GP, GPA, GPN, GPA-2, GPA-3 和 GPA-4 对脾淋巴细胞增殖都具有促进作用,其最大刺激指数分别为 1.073, 1.082, 1.119, 1.101, 1.102 和 1.296。GPA, GPA-2, GPA-3 和 GPA-4 的刺激作用均随着浓度的增加而增强;GPN 随着浓度的增加促进作用减弱,在大于 100 mg·L⁻¹ 时呈现抑制作用,且浓度越大抑制作用越强。GPA-1 对脾淋巴细胞的增殖具有抑制作用,且浓度越大抑制作用越强。**结论:**Q-Sepharose FF 色谱可将酸性不同的人参多糖逐级分离。人参多糖各级分对脾淋巴细胞增殖有不同程度的促进作用,以 GPA-4 的刺激作用最强。

[关键词] 人参多糖; 快流速 Q-琼脂糖凝胶; 脾淋巴细胞

[中图分类号] R285.5 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1005-9903(2012)14-0162-05

[网络出版地址] <http://www.cnki.net/kcms/detail/11.3495.R.20120515.1548.018.html>

[网络出版时间] 2012-05-15 15:48

Fractionation of Ginseng Polysaccharides and Primary Study of Immune Activity

SONG Li-hua^{1,3}, WANG Hong-mei^{2,3}, XIAO Wei^{2,3*}

(1. Nanjing University of Traditional Chinese Medicine, Nanjing 210000, China;

2. Jiangsu Kanion pharmaceutical CO., LTD, Lianyungang 222013, China;

3. State Key Laboratory of New-tech for Chinese Medicine Pharmaceutical Process, Lianyungang 222001, China)

[Abstract] **Objective:** Fractionation of ginseng polysaccharides were done by column chromatographic, and study the stimulation of collected fractions on proliferation of spleen lymphocyte to find out the active fractions. **Method:** Fractionation of ginseng polysaccharides was done by Q-Sepharose FF, separated GP into neutral polysaccharide and acidic polysaccharide with water and 0.4 mol·L⁻¹ NaCl as eluents, then separated GPA into several fractions with 0-0.4 mol·L⁻¹ NaCl as eluents. Spleen lymphocytes of mice was isolated and adjusted the spleen lymphocytes concentration to 3.0 × 10⁶/mL, added sample and incubated for 48 h, the stimulation of each fractions with different concentration (25, 50, 100, 200, 400 mg·L⁻¹) on proliferation of spleen lymphocyte was observed. **Result:** Obtained GPN and GPA from GP, separate GPA into GPA-1, GPA-2, GPA-3 and GPA-4. GP, GPA, GPN, GPA-2, GPA-3 and GPA-4 had the promoting function on proliferation of spleen

[收稿日期] 20111122(005)

[基金项目] 国家科技部“973”计划项目(2010CB735604)

[第一作者] 宋利华, 2009 级硕士研究生, 从事中药制剂研究, Tel: 15950733792, E-mail: songLihua0305@163.com

[通讯作者] * 萧伟, 研究员及高级工程师, 从事中药新剂型的研究与开发, E-mail: wzhzh-nj@tom.com

lymphocyte, their biggest stimulating indexes were 1.073, 1.082, 1.119, 1.101, 1.102 and 1.296. The effects of GPA, GPA-2, GPA-3 and GPA-4 enhanced along with the increasing of concentration; with the increasing of concentration, the promoting action of GPN was reduced, when the concentration was over $100 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$, inhibition was found, and with the increasing of concentration, the inhibition became stronger. GPA-1 had suppression inhibitory effects on proliferation of spleen lymphocyte, and with the increasing of concentration, the inhibition became stronger. **Conclusion:** Different polysaccharide acid were separated from GP with Q-Sepharose FF. Fractionations of ginseng polysaccharides have different promoting function on proliferation of spleen lymphocyte, and GPA-4 had the strongest effect.

[**Key words**] ginseng polysaccharides; Q-Sepharose FF; spleen lymphocyte

人参为五加科植物人参的干燥根和根茎,具有大补元气、复脉固脱、补脾益肺、生津养血、安神益智的功能^[1]。人参多糖为人参中的主要成分之一,具有增强免疫^[2]、抗肿瘤^[3]、抗衰老^[4]、抗辐射^[5]等作用,药理活性部位主要是酸性人参多糖^[6]。多糖分级纯化的方法主要有分步醇沉法、季铵盐沉淀法、盐析法、离子交换色谱法等^[7-9],本实验采用快速 Q-琼脂糖凝胶(Q-Sepharose FF)阴离子交换色谱对人参多糖中不同酸性的多糖进行分级,并采用体外小鼠脾淋巴细胞增殖的实验,对人参多糖及各级分的免疫活性进行初步考察,比较各级分对脾淋巴细胞增殖的刺激作用,找出具有免疫活性的部位。

1 材料

1.1 药材 人参 *Panax ginseng* C. A. Mey., 产地为吉林抚松,经江苏康缘药业股份有限公司吴舟主任药师鉴定为正品。

1.2 仪器 Q-Sepharose Fast FLOW 分析纯(上海源叶生物科技有限公司),UV-2401PC 紫外分光光度计(日本岛津公司),LC-20A 液相色谱仪(日本岛津公司),RID-10A 示差折光检测器(日本岛津公司),AWH-15(AW)电子天平(上海英展机电企业有限公司),BP211D 电子天平(德国 Sartorius 公司),KQ-500DE 型数控超声波清洗器(昆山市超声仪器有限公司),数显恒温水浴锅 HH-4(国华电器有限公司),TDL-5-A 离心机(上海安亭科学仪器厂制造),DHG-9143BS-III 型电热恒温鼓风干燥箱(上海新苗医疗器械制造有限公司),Lyo-0.2 型真空冷冻干燥机(上海东富龙科技有限公司),伯乐 680 酶标仪,透析袋(上海源叶生物科技有限公司,截留相对分子质量为 3 500)。

1.3 试剂 D-无水葡萄糖(中国药品生物制品检定所,批号 110833-200503),D-半乳糖醛酸、间羟基联苯、MTT、刀豆蛋白(ConA),(均为分析纯, Sigma 公司),RPMI1640 培养液(Gibco 公司),牛血清白蛋

白(AMRESCO 公司,生化试剂),考马斯亮蓝 G-250(Fluka 进口分装),细胞增殖及细胞毒性检测试剂盒(CCK-8,上海炎彬化工科技有限公司),其他试剂均为分析纯(南京化学试剂有限公司)。

1.4 动物 ICR 小鼠,清洁级,许可证号 SCXR(苏)2007-0001,由扬州大学实验动物中心提供。

2 方法

2.1 人参多糖的制备 称取人参药材粗粉 3 kg,加入 15 倍量水,100 °C 水浴回流提取 3 次,每次 3 h。滤过,合并滤液,滤液 $5\ 000 \text{ r} \cdot \text{min}^{-1}$ 离心 10 min,取上清液,加 95% 乙醇调至醇体积分数为 75%,醇沉过夜,抽滤,沉淀依次用无水乙醇、丙酮、乙醚洗涤,干燥,即得人参粗多糖。粗多糖加 20 倍量蒸馏水溶解,Sevag 法除蛋白,离心($10\ 000 \text{ r} \cdot \text{min}^{-1}$, 10 min),取上清液减压浓缩,醇沉,沉淀依次用无水乙醇、丙酮、乙醚洗涤,干燥,得人参多糖(GP)。

2.2 多糖测定方法

2.2.1 对照品溶液制备 取精密称干燥至恒重的 D-无水葡萄糖对照品 10 mg,置 100 mL 量瓶中,加蒸馏水溶解并定容,配成 $100 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 的储备液,备用。

2.2.2 样品溶液制备 精密称取人参粗多糖 10 mg,置 100 mL 量瓶中定容,配成 $100 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 的样品溶液,备用。

2.2.3 糖标准曲线的制备 精密量取对照品溶液 0.1,0.2,0.4,0.6,0.8,1.0 mL 于具塞试管中,加蒸馏水补足 1.0 mL,加 6% 苯酚溶液 1.0 mL 和浓硫酸 5.0 mL,摇匀,沸水浴 15 min,置于冰水浴中 10 min,室温放置 15 min,于 490 nm 处测定吸光度(A),以 A 为纵坐标,浓度(C)为横坐标,绘制标准曲线。得回归方程: $Y = 9.606\ 14X - 0.013\ 15$ ($r = 0.999\ 89$)。结果葡萄糖在 $10.022 \sim 100.22 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 线性关系良好。

2.2.4 精密度 精密量取对照品溶液 1.0 mL 于具

塞试管中,按 2.2.3 项下方法测定吸光度,重复测定 6 次,RSD 0.103%。

2.2.5 稳定性 精密量取样品溶液 1.0 mL 于具塞试管中,按 2.2.3 项下方法测定吸光度,每隔 30 min 测定 1 次,RSD 0.807%。说明样品在 3 h 内保持稳定。

2.2.6 重复性 精密量取样品溶液 1.0 mL 于具塞试管中,平行 6 份,按 2.2.3 项下方法测定 A, RSD 1.636%。

2.2.7 加样回收率 精密量取样品溶液 0.5 mL 于具塞试管中,平行 6 份,分别加入相当于 0.5 mL 样品溶液中糖含量的 0.5, 1, 1.5 倍的无水葡萄糖,加水补足 1.0 mL,按 2.2.3 项下方法测定 A, 计算回收率。平均回收率为 100.84%, RSD 1.902%。

2.2.8 样品中多糖含量的测定 精密称取样品适量,配成质量浓度为 100 mg·L⁻¹ 的样品溶液,量取待测溶液 1.0 mL,按 2.2.3 项下方法测定 A。

2.3 糖醛酸测定

2.3.1 对照品溶液制备 取干燥至恒重的 D-半乳糖醛酸对照品 10 mg 精密称定,置 100 mL 量瓶中,加蒸馏水溶解并定容,配成 100 mg·L⁻¹ 的储备液,备用。

2.3.2 样品溶液制备 精密称取人参粗多糖 20 mg,置 100 mL 量瓶中定容,配成 200 mg·L⁻¹ 的储备液,备用。

2.3.3 糖醛酸标准曲线的制备 精密量取对照品溶液 0.1, 0.2, 0.4, 0.6, 0.8, 1.0 mL 于具塞试管中,加蒸馏水补足 1.0 mL,于冰水浴中加四硼酸钠-浓硫酸溶液 6.0 mL,摇匀,沸水浴 6 min,放至室温,加间羟基联苯 80 μL,摇匀,放置 30 min,于 525 nm 处测定 A,以 A 为纵坐标,浓度 C 为横坐标,绘制标准曲线。得回归方程: $Y = 11.703650X - 0.02578$ ($r = 0.99927$)。结果表明, D-半乳糖醛酸在 9.844 ~ 98.44 mg·L⁻¹ 线性关系良好。

2.3.4 精密度 精密量取对照品溶液 1.0 mL 于具塞试管中,按 2.3.3 项下测定方法处理,重复测定 6 次,RSD 0.100%。

2.3.5 稳定性 精密量取样品溶液 1.0 mL 于具塞试管中,按 2.3.3 项下测定方法处理,每隔 20 min 测定一次,RSD 0.436%。结果表明样品在 2 h 内保持稳定。

2.3.6 重复性 精密量取样品溶液 1.0 mL 于具塞试管中,平行 6 份,按 2.3.3 项下测定方法处理, RSD 1.998%。

2.3.7 加样回收率 精密量取样品溶液 0.5 mL 于具塞试管中,平行 6 份,分别加入相当于 0.5 mL 样品溶液中糖醛酸含量的 0.5, 1, 1.5 倍的 D-半乳糖醛酸,加水补足 1.0 mL,按 2.3.3 项下方法测定 A, 计算回收率。平均回收率 99.33%, RSD 1.825%。

2.3.8 样品中糖醛酸含量的测定 精密称取样品适量,配成质量浓度为 200 mg·L⁻¹ 的样品溶液,量取待测溶液 1.0 mL,按 2.3.3 项下方法测定 A。

2.4 人参多糖的分级 称取 GP 4.8 g,加适量蒸馏水溶解,配成质量浓度为 50 g·L⁻¹ 的多糖溶液,离心 (10 000 r·min⁻¹, 6 min),取上清液进行 Q-Sepharose FF 色谱分级,依次用蒸馏水和 0.4 mol·L⁻¹ NaCl 溶液洗脱,按 2.2 项下方法测定多糖含量,按 2.3 项下方法测定糖醛酸含量,分别收集不同的洗脱峰,透析,冻干。水洗脱级分,命名为 GPN, 0.4 mol·L⁻¹ NaCl 溶液洗脱级分,命名为 GPA。洗脱曲线见图 1。

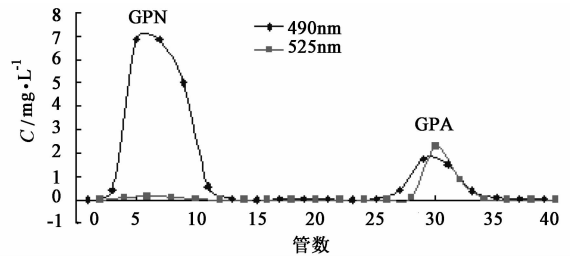


图 1 GP 洗脱曲线

称取 GPA 500 mg 加适量蒸馏水溶解,配成质量浓度为 100 g·L⁻¹ 的多糖溶液,离心 (10 000 r·min⁻¹, 6 min),取上清液进行 Q-Sepharose FF 色谱分级,依次用 0~0.4 mol·L⁻¹ NaCl 溶液洗脱,按 2.2 项下方法测定多糖含量,按 2.3 项下方法测定糖醛酸含量,分别收集不同的洗脱峰,透析,冻干。洗脱曲线见图 2。

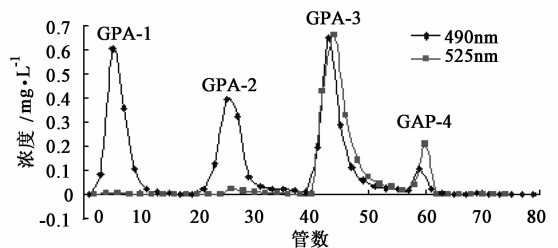


图 2 GPA 洗脱曲线

2.5 脾淋巴细胞增殖活性实验 采用常规方法制备小鼠脾淋巴细胞^[10]。用 RPMI 1640 完全培养液调整小鼠脾淋巴细胞密度至 3.0 × 10⁶·mL⁻¹,于 96 孔细胞培养板每孔加细胞悬液 100 μL,加入样品 100 μL,并设 ConA 对照孔 (5 mg·L⁻¹), LPS 对照孔

(10 mg·L⁻¹)和空白对照孔,每个浓度均设5个复孔,混合均匀后放置孵箱孵育48 h,培养结束前4 h各孔加入MTT(5 g·L⁻¹)10 μL,放置上述孵箱中继续孵育4 h,充分振荡混匀后于酶标仪测490 nm处A。

$$\text{刺激指数} = A_{\text{样品组}} / A_{\text{空白对照组}}$$

2.6 统计方法 应用SPSS 19.0软件对吸光度(A)进行处理,计量资料采用 $\bar{x} \pm s$ 表示,多组数据比较采用方差分析,两组间比较采用t检验,以P<0.05为差异有统计学意义。

3 结果

3.1 人参多糖的分级 GP经Q-Sepharose FF色谱分级,用蒸馏水和0.4 mol·L⁻¹ NaCl溶液洗脱后于

每个梯度各得1个级分,水洗脱级分,命名为GPN; 0.4 mol·L⁻¹ NaCl溶液洗脱级分,命名为GPA。冻干后得GPN 2.06 g, GPA 1.16 g。GPA用0~0.4 mol·L⁻¹ NaCl溶液洗脱,得到4个级分,水洗脱级分,命名为GPA-1; 0.1 mol·L⁻¹ NaCl溶液洗脱级分,命名为GPA-2; 0.2 mol·L⁻¹ NaCl溶液洗脱级分,命名为GPA-3; 0.3 mol·L⁻¹ NaCl溶液洗脱级分,命名为GPA-4。冻干后得GPA-1 63.5 mg, GPA-2 58.0 mg, GPA-3 140.1 mg, GPA-4 81.8 mg。

3.2 各级分的多糖含量和糖醛酸含量 按2.2和2.3项下方法测定GP, GPN, GPA, GPA-1, GPA-2, GPA-3和GPA-4的多糖和糖醛酸含量。见表1。

表1 人参多糖各级分的多糖和糖醛酸含量

多糖种类	GP	GPN	GPA	GPA-1	GPA-2	GPA-3	GPA-4	%
多糖含量	59.15	85.05	40.33	74.97	41.52	37.73	32.91	
糖醛酸含量	12.85	-	31.85	-	2.88	49.82	57.57	

3.3 GP及各级分的脾淋巴细胞增殖活性 一次实验中共用4块96孔细胞培养板,GP在25~400 mg·L⁻¹具有刺激脾淋巴细胞增殖的作用,其刺激作用随着浓度的增加变化不明显,见表2。由GP分级得到的GPN在25 mg·L⁻¹时具有显著刺激作用,随着浓度的增加,刺激作用减弱,在大于100 mg·L⁻¹呈现出抑制作用,且浓度越大,抑制作用越强,见表5。GPA在100~400 mg·L⁻¹能够刺激脾淋巴细胞的增殖,且随着浓度的增加,刺激作用逐渐增强,在400 mg·L⁻¹时具有显著刺激作用。在25~400 mg·L⁻¹, GPN的最大刺激指数为1.119,高于GP和GPA的

最大刺激指数1.073和1.082。

由GPA分级得到的GPA-1, GPA-2, GPA-3和GPA-4 4个级分中, GPA-1在25~400 mg·L⁻¹呈现抑制作用,且浓度越大,抑制作用越强,见表3。

GPA-2在200~400 mg·L⁻¹具有刺激脾淋巴细胞增殖的作用,浓度越大刺激作用越强; GPA-3和GPA-4在25~400 mg·L⁻¹都具有刺激脾淋巴细胞增殖的作用,随着浓度的增加刺激作用增强,在相同浓度下, GPA-4的作用强于GPA-3, GPA-3的作用又强于GPA。在25~400 mg·L⁻¹, GPA-4的最大刺激指数为1.296,高于GPA-3和GPA-2的最大刺激指数见表4。

表2 GP, GPA对脾淋巴细胞增殖的影响($\bar{x} \pm s, n=5$)

组别	质量浓度/mg·L ⁻¹	A	刺激指数
空白	-	0.567 ± 0.034	-
ConA	5	0.667 ± 0.008 ²⁾	1.178
LPS	10	0.814 ± 0.026 ²⁾	1.437
GP	25	0.608 ± 0.021	1.073
	50	0.603 ± 0.021	1.064
	100	0.598 ± 0.027	1.055
	200	0.607 ± 0.023	1.072
	400	0.604 ± 0.017	1.066
GPA	25	0.557 ± 0.012	0.983
	50	0.538 ± 0.026	0.949
	100	0.588 ± 0.012	1.037
	200	0.590 ± 0.012	1.042

表3 GPA, GPA-1, GPA-2对脾淋巴细胞增殖的影响($\bar{x} \pm s, n=5$)

组别	质量浓度/mg·L ⁻¹	A	刺激指数
空白	-	0.608 ± 0.032	-
ConA	5	0.688 ± 0.038 ²⁾	1.131
LPS	10	0.810 ± 0.030 ²⁾	1.331
GPA	400	0.658 ± 0.009 ¹⁾	1.082
	GPA-1	25	0.584 ± 0.037
50		0.568 ± 0.022	0.934
100		0.553 ± 0.018	0.909
GPA-2	200	0.531 ± 0.016	0.873
	400	0.511 ± 0.025	0.841
	25	0.459 ± 0.020	0.754
	50	0.576 ± 0.010	0.947
GPA-3	100	0.536 ± 0.015	0.881

表 4 GPA-2, GPA-3, GPA-4 对脾淋巴
细胞增殖的影响 ($\bar{x} \pm s, n = 5$)

组别	质量浓度/ $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$	A	刺激指数
空白	-	0.541 ± 0.023	-
ConA	5	0.630 ± 0.027 ²⁾	1.165
LPS	10	0.756 ± 0.046 ²⁾	1.399
GPA-2	200	0.588 ± 0.017 ²⁾	1.088
	400	0.595 ± 0.022 ²⁾	1.101
GPA-3	25	0.555 ± 0.015	1.027
	50	0.558 ± 0.023	1.031
	100	0.565 ± 0.016	1.044
	200	0.567 ± 0.013	1.048
GPA-4	400	0.596 ± 0.018 ²⁾	1.102
	25	0.552 ± 0.015	1.021
	50	0.559 ± 0.024	1.033

表 5 GPA-4, GPN 对脾淋巴细胞增殖的影响 ($\bar{x} \pm s, n = 5$)

	浓度/ $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$	A	刺激指数
空白	-	0.469 ± 0.050	-
ConA	5	0.581 ± 0.071 ¹⁾	1.240
LPS	10	0.733 ± 0.062 ²⁾	1.565
GPA-4	100	0.570 ± 0.057 ¹⁾	1.216
	200	0.595 ± 0.032 ²⁾	1.270
	400	0.607 ± 0.036 ²⁾	1.296
GPN	25	0.524 ± 0.018 ¹⁾	1.119
	50	0.500 ± 0.026	1.068
	100	0.481 ± 0.014	1.026
	200	0.447 ± 0.018	0.954
	400	0.444 ± 0.036	0.947

注:与空白组比较¹⁾ $P < 0.05$, ²⁾ $P < 0.01$ 。

4 讨论

实验中先用水和 $0.4 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ NaCl 溶液洗脱, 得到 2 个级分 GPN 和 GPA, 水洗脱级分 GPN 不含糖醛酸, 为中性糖; $0.4 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ NaCl 溶液洗脱级分 GPA 含糖醛酸, 为酸性糖。GPA 再上 Q-Sepharose FF 色谱, 依次用 $0 \sim 0.4 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ NaCl 溶液洗脱, 得到酸性不同的 4 个级分: GPA-1, GPA-2, GPA-3 和 GPA-4, 糖醛酸含量依次增加。Q-Sepharose FF 色谱可将不同酸性的多糖逐级分离, 随着洗脱剂盐浓度的增大, 酸性糖逐渐被洗脱下来。

GPN 在低浓度时呈现出较强的刺激作用, GPA 在高浓度时呈现出较强的刺激作用, GP 在整个浓度范围内均具有刺激作用, GPN 的最大刺激指数高于 GP 和 GPA 的最大刺激指数。因此可以说 GP,

GPN, GPA 均具有刺激脾淋巴细胞增殖的作用, 只是其最佳作用浓度不同; 在 $25 \sim 400 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ GPN 的作用强于 GP 和 GPA。从 GPA 中分离得到的 4 个级分中, GPA-3 和 GPA-4 在 $25 \sim 400 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 对脾淋巴细胞增殖均具有刺激作用, 以糖醛酸含量最高的 GPA-4 作用最强; GPA-2 在高浓度时刺激作用强于 GPA-3, 在低浓度时不具有刺激作用; GPA-1 不具有刺激作用。比较人参总糖和各个级分最大刺激指数, 其大小为 GPA-4 (1.296) > GPN (1.119) > GPA-3 (1.102) > GPA-2 (1.101) > GPA (1.082) > GP (1.073) > GPA-1 (0.961), 在 $25 \sim 400 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 这几个级分中以 GPA-4 对脾淋巴细胞增殖的刺激作用最强。

由此可以看出, 人参总糖、人参多糖中的中性糖和酸性糖在无丝裂原的条件下, 能不同程度的刺激脾淋巴细胞增殖, 说明人参多糖具有有丝分裂原样作用; 但各级分的作用又有明显的不同, 可能是由于其结构和空间构象的不同所造成, 究其原因还有待于进一步研究。

[参考文献]

- [1] 中国药典. 一部[S]. 2010;8.
- [2] 倪维华. 人参多糖免疫活性及抗肿瘤作用[D]. 长春: 东北师范大学, 2010.
- [3] Cheng H, Li S, Fan Y, et al. Comparative studies of the antiproliferative effects of ginseng polysaccharides on HT-29 human colon cancer cells[J]. Med Oncol, 2010, 2(18):1.
- [4] Hyun-Ji Kim, Mi Hyoung Kim, Yun-Young Byon, et al. Radioprotective effects of an acidic polysaccharide of Panax ginseng on bone marrow cells[J]. J Vet Sci, 2007, 8(1):39.
- [5] 郑艳蓉, 石璐, 颜王鑫, 等. 家兔肝缺血再灌注损伤中脂质过氧化反应及人参多糖的干预[J]. 中国动脉硬化杂志, 2009, 17(2):109.
- [6] 赵俊, 吴宏, 王亚平, 等. 人参多糖的化学和药理学研究[J]. 国外医学: 中医中药分册, 2004, 26(2):79.
- [7] 蔡亚平, 赵蕊, 朱丹, 等. 黄芪多糖的组成分析[J]. 中国实验方剂学杂志, 2011, 17(1):81.
- [8] 李先华. 人参多糖的分离、纯化及结构研究[D]. 长春: 东北师范大学, 2007.
- [9] 王许聪, 刘莉, 张璐, 等. 甘蔗渣多糖的纯化工艺[J]. 中国实验方剂学杂志, 2010, 16(14):31.
- [10] 罗珍, 黄萍, 郭重仪, 等. 猴头菇多糖增强免疫功能的实验研究[J]. 中国实验方剂学杂志, 2011, 17(4):182.

[责任编辑 聂淑琴]