

豆茶决明对高脂诱导 C57BL/6J 小鼠肥胖 和胰岛素抵抗的影响

杨楚枫¹, 杨洋¹, 张玥¹, 张秋华^{1*}, 王丹^{2*}

(1. 辽宁中医药大学, 沈阳 110032; 2. 辽宁医学院, 辽宁锦州 121001)

[摘要] 目的:探讨豆茶决明对高脂诱导肥胖和胰岛素抵抗的干预作用。方法:雄性 C57BL/6J 小鼠 90 只分为 6 组,即正常组,模型组,豆茶决明低、中、高剂量组(0.1, 0.3, 0.9 g·kg⁻¹),阳性药组(罗格列酮, 0.75 mg·kg⁻¹),每组 15 只,ig 给药。每周称量体重,8 周末,禁食不禁水 12 h,测量空腹血糖(FBG),处死后测量体长,称量腹部、睾丸及双肾部位脂肪湿重,取腹部脂肪组织制备石蜡切片进行 HE 染色,测定空腹胰岛素(FINS)水平,计算胰岛素抵抗指数(IRI),检测血清总胆固醇(TCH),甘油三酯(TG)以及白细胞介素-6(IL-6),肿瘤坏死因子-α(TNF-α)水平。结果:与正常组比较,模型组小鼠体重明显升高,FBG, FINS,血清 TCH, TG, IL-6 和 TNF-α 水平明显升高,IRI 明显升高,均具有明显统计学差异($P < 0.01$);与模型组比较,豆茶决明低、中、高剂量组小鼠体重明显下降,FBG, FINS,血清 TCH, TG, IL-6 和 TNF-α 水平明显降低,IRI 明显减小,均具有明显统计学差异($P < 0.05$, $P < 0.01$)。病理组织检测显示,各给药组均能明显降低模型组脂肪含量及细胞体积。结论:豆茶决明具有抑制肥胖和胰岛素抵抗的作用。

[关键词] 豆茶决明; 肥胖; 胰岛素抵抗; C57BL/6J 小鼠; 白细胞介素-6; 减肥作用

[中图分类号] R285.5 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1005-9903(2015)10-0141-05

[doi] 10.13422/j.cnki.syfjx.2015100141

Effect of *Cassia nomame* on Obesity and Insulin Resistance in High-fat Diet-induced C57BL/6J Mice
YANG Chu-feng¹, YANG Yang¹, ZHANG Yue¹, ZHANG Qiu-hua^{1*}, WANG Dan^{2*} (1. Liaoning University of Traditional Chinese Medicine, Shenyang 110032, China; 2. Liaoning Medical University, Jinzhou 121001, China)

[Abstract] **Objective:** To investigate the effect of *Cassia nomame* on obesity and insulin resistance in high-fat diet-induced C57BL/6J Mice. **Method:** The experimental animals were randomly divided into six groups: the normal group, the model group, the low-, middle- and high-dose *Cassia nomame* groups (0.1, 0.3, 0.9 g·kg⁻¹), and the rosiglitazone group (0.75 mg·kg⁻¹) of 15 rats each. All mice received intragastric administration of the corresponding medicines, the body weight of mice was measured every week. After 12-hour fast but water-drinking, the fasting plasma glucose (FBG) of mice was tested at the end of the eighth week. After all experimental animals were executed, body length was measured, the adipose tissue around stomach, testis and kidney were weighed, and the stomach adipose tissue was stained by HE staining. Fasting insulin (FINS) was measured and the insulin resistance index (IRI) was calculated. The levels of total cholesterol (TCH), triglyceride (TG), interleukin-6 (IL-6) and tumor necrosis factor-α (TNF-α) in serum were measured. **Result:** Compared with normal diet group, the body weight, the levels of FBG, FINS, TCH, TG, IL-6 and TNF-α increased in the model group ($P < 0.01$). Compared with the model group, the body weight, and the levels of FBG, FINS, TCH, TG, IL-6 and TNF-α decreased in the *C. nomame* group ($P < 0.05$, $P < 0.01$). HE staining showed that the fat content and cell volume decreased in the *C. nomame* group. **Conclusion:** *Cassia nomame* could effectively inhibit

[收稿日期] 20141106(005)

[基金项目] 辽宁省科技厅项目(2011410001)

[第一作者] 杨楚枫,在读硕士,从事中药药理学研究, Tel: 13889388628, E-mail: zyhsfwg@126.com

[通讯作者] *张秋华,博士,教授,从事中药治疗内分泌疾病、中药抗衰老和中药毒理学研究, Tel: 13998209623, E-mail: zqhjxy@163.com;

*王丹,博士,讲师,从事中药治疗眼科疾病、中药治疗内分泌疾病和中药抗衰老研究, Tel: 13840462411, E-mail: wanganan1997@163.com

obesity and insulin resistance in high-fat diet-induced C57BL/6J mice.

[Key words] *Cassia nomame*; obesity; insulin resistance; extractive; C57BL/6J mice; IL-6; antiobesity effect

近年来,肥胖已经成为当今社会最常见的营养障碍性疾病,有数据表明,当前全世界超重人口将近 10 亿,肥胖症则达 4 亿 7 千多人,且每年死亡人数至少有 260 万^[1]。肥胖常伴有糖、脂代谢紊乱,其引起的胰岛素抵抗是 2 型糖尿病 (type 2 diabetes mellitus, T2DM) 和代谢综合征 (metabolic syndrome, MS) 的重要病因之一^[2-6]。由于胰岛素抵抗的机制迄今尚未完全阐明,因此目前的临床治疗中缺乏有针对性的药物,鉴于肥胖与胰岛素抵抗的密切联系,有关专家认为抑制肥胖形成可有效预防胰岛素抵抗。但目前已经上市的减肥药良莠不齐,不易耐受且副作用多,因此研发天然、安全、无副作用的减肥产品对于治疗肥胖、改善胰岛素抵抗十分重要。现阶段已经从决明子、大黄等多种药用植物中提取出了具有脂肪酶抑制作用的物质,且药用植物具有结构多样、毒性低、来源广泛等特点,符合开发成为减肥药的需求。豆茶决明系决明属植物,是一类分布广泛、数量丰富的药用植物,现代药理研究者从豆茶决明中分离出多种化合物并证明其提取物对脂肪酶具有明显的抑制作用,但对于其治疗肥胖症,改善胰岛素抵抗的作用尚未完全了解。为了开发这一经济、廉价的药用植物资源,在本研究中,笔者将以高脂饮食复制营养型肥胖小鼠的胰岛素抵抗模型,观察豆茶决明对肥胖及胰岛素抵抗的作用。

1 材料

1.1 动物 健康雄性 C57BL/6J 小鼠 90 只,体重 20 ~ 24 g,购于北京科奥协力有限公司,动物合格证号 SCXK(京)2012-0001。

1.2 药物及试剂 豆茶决明全草采摘于辽宁省宽甸等地,经辽宁省食品药品检定院王维宁教授鉴定为豆茶决明 *Cassia nomame* 干燥全草。豆茶决明干燥全草 45 g,加水 2 000 mL,加热煮至沸腾后继续煮 30 min,过滤后留取药液,反复 2 次。将药液合并蒸发至 1 000 mL 为豆茶决明高剂量浓度,再分别稀释 3,9 倍作为豆茶决明中、低剂量浓度。罗格列酮片 (成都恒瑞制药有限公司产品,批号 H20030569),用时将 1 片 4 mg 的罗格列酮片溶于 106.7 mL 的水中。高脂饲料配比:普通饲料 77%,蔗糖 10%,熟猪油 10%,胆固醇 2%,胆酸盐 1%,由北京科奥协力有限公司制作。小鼠胰岛素 (INS),白细胞介素-6

(IL-6),肿瘤坏死因子- α (TNF- α) 酶联免疫检测试剂盒 (上海易信生物科技有限公司,批号 20140701A),甘油三酯 (triglyceride, TG) 测定试剂盒 (酶法,北京北化康泰临床试剂有限公司,批号 20130103),总胆固醇 (total cholesterol, TCH) 测定试剂盒 (酶偶联比色法,浙江东瓯诊断产品有限公司,批号 2013030058)。

1.3 仪器 FA2004 型精密天平 (上海佑科仪器仪表有限公司),SpectraMax M2 型酶标仪 (美国 Molecular Devices 公司),安稳血糖仪 (三诺生物公司),TopPette 型单道手动可调移液器 (美国 Dragon-Lab 公司)。

2 方法

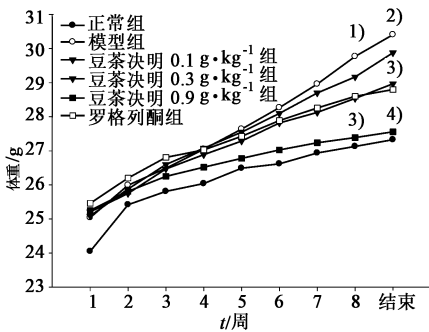
2.1 造模方法 普通饲料适应性喂养 7 d 后,随机预留正常组 15 只,其余小鼠高脂饲料喂养 2 周,随后将鼠随机分为 5 组,即模型组,豆茶决明低、中、高剂量组,阳性药组 (罗格列酮组),每组 15 只,禁食不禁水 12 h 后,采用剪尾采血法测量 6 组空腹血糖。正常组给予普通饲料,模型组、豆茶决明低、中、高剂量组、罗格列酮组给予高脂饲料,自由摄食饮水。连续 8 周,每日固定时段按 $0.02 \text{ mL} \cdot \text{g}^{-1} \text{ ig}$ 1 次,正常组、模型组给予饮用水;阳性药组给予罗格列酮 ($0.75 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$);豆茶决明低、中、高剂量组分别给予相应浓度的豆茶决明药液 ($0.1, 0.3, 0.9 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$)。

2.2 观察指标和方法 每日观察小鼠皮毛、活动状态、食欲以及尿液粪便,每周称量体重。第 8 周末禁食不禁水 12 h 后,先测量血糖,然后采用摘眼球法取血并处死小鼠。血液静置 2 h 后, $3\ 000 \text{ r} \cdot \text{min}^{-1}$ 离心 15 min,吸取血清;测量鼻至肛门的长度;解剖小鼠,取出腹部、睾丸以及双肾部位的脂肪组织,用滤纸吸去表面的组织液,然后用电子天平分别称重。采用酶联免疫法试剂盒检测血清 FINS, IL-6, TNF- α 含量,用试剂盒测量血清 TCH, TG 含量。计算胰岛素抵抗指数, $\text{IRI} = (\text{空腹胰岛素浓度} \times \text{空腹血糖浓度}) / 22.5$ 。取腹部脂肪组织,10% 甲醛固定、洗涤、脱水、制成蜡块,切片,烘烤 ($60 \text{ }^\circ\text{C}$, 1 h),苏木素-伊红染色 (HE),封片,光学显微镜下观察,每个样本随机选取 100 倍视野,选取视野时,尽量保证视野下的细胞有光滑且清晰的细胞膜。观察脂肪细胞形态结构、大小、数目以及排列整齐度。

2.3 统计学分析 采用 SPSS 13.0 软件对所有数据进行分析,数据采用 $\bar{x} \pm s$ 表示,组间比较采用 LSD 分析统计学差异,以 $P < 0.05$ 为差异具有统计学意义。

3 结果

3.1 对小鼠生长状况的影响 与正常组比较,模型组小鼠的体重升高趋势明显,到实验结束时二者有显著性差异 ($P < 0.01$);与模型组比较,豆茶决明高剂量组的体重增长被明显抑制,中剂量组及罗格列酮组体重有所下降。见图 1。小鼠各组间体长并没有显著性差异,说明豆茶决明只影响了小鼠的体重变化,对体长的变化无影响。表明豆茶决明可以减轻高脂饮食引起的小鼠体重增加。见表 1。



与正常组比较¹⁾ $P < 0.05$, ²⁾ $P < 0.01$;与模型组比较³⁾ $P < 0.05$, ⁴⁾ $P < 0.01$ (表 2~5 同)

图 1 豆茶决明对小鼠体重的影响 ($n = 14$)

Fig.1 Effects of *Cassia nomame* on body weight in mice ($n = 14$)

表 1 豆茶决明对小鼠体长的影响 ($\bar{x} \pm s, n = 14$)

Table 1 Effects of *Cassia nomame* on body length in mice ($\bar{x} \pm s, n = 14$)

组别	剂量/ $g \cdot kg^{-1}$	体长/cm
正常	-	9.37 ± 0.10
模型	-	9.34 ± 0.30
豆茶决明	0.1	9.33 ± 0.22
	0.3	9.35 ± 0.18
	0.9	9.38 ± 0.25
罗格列酮	0.000 75	9.33 ± 0.21

3.2 对小鼠体内脂肪湿重的影响 与正常组比较,模型组小鼠的腹部、附睾及双肾周围脂肪湿重明显增加 ($P < 0.01$);与模型组比较,豆茶决明中、高剂量组及罗格列酮组明显降低腹部和附睾脂肪湿重 ($P < 0.05, P < 0.01$),豆茶决明高剂量组双肾周围脂肪湿重明显降低 ($P < 0.05$)。结果表明豆茶决明可以抑制高脂饮食小鼠体内脂肪的增长。见表 2。

3.3 对小鼠空腹血糖 (FBG) 和胰岛素 (INS) 的影

表 2 豆茶决明对小鼠体内脂肪湿重的影响 ($\bar{x} \pm s, n = 14$)

Table 2 Effects of *Cassia nomame* on wet weight of fat in mice body ($\bar{x} \pm s, n = 14$)

组别	剂量/ $g \cdot kg^{-1}$	腹部/g	附睾/g	双肾周围/g
正常	-	0.46 ± 0.12	0.52 ± 0.26	0.17 ± 0.12
模型	-	0.59 ± 0.08 ²⁾	0.88 ± 0.22 ²⁾	0.27 ± 0.08 ²⁾
豆茶决明	0.1	0.57 ± 0.10	0.83 ± 0.25	0.26 ± 0.12
	0.3	0.48 ± 0.15 ³⁾	0.66 ± 0.15 ³⁾	0.23 ± 0.10
	0.9	0.45 ± 0.15 ⁴⁾	0.59 ± 0.26 ⁴⁾	0.20 ± 0.10 ³⁾
罗格列酮	0.000 75	0.48 ± 0.11 ³⁾	0.67 ± 0.16 ³⁾	0.26 ± 0.09

响 与正常组比较,模型组小鼠的 FBG, INS 以及 IRI 明显升高 ($P < 0.01$);与模型组比较,豆茶决明中、高剂量组、罗格列酮组的 FBG, INS 以及 IRI 明显下降 ($P < 0.05, P < 0.01$)。表明豆茶决明可以显著降低高脂饮食小鼠的血糖、血清胰岛素水平以及胰岛素抵抗指数。见表 3。

表 3 豆茶决明对小鼠 FBG, INS 和 IRI 的影响 ($\bar{x} \pm s, n = 14$)

Table 3 Effects of *Cassia nomame* on FBG, INS, IRI in mice ($\bar{x} \pm s, n = 14$)

组别	剂量/ $g \cdot kg^{-1}$	FBG/ $mmol \cdot L^{-1}$	INS/ $mU \cdot L^{-1}$	IRI
正常	-	4.21 ± 0.49	6.8 ± 1.99	1.28 ± 0.46
模型	-	8.00 ± 1.54 ²⁾	15.28 ± 3.01 ²⁾	5.10 ± 0.77 ²⁾
豆茶决明	0.1	6.13 ± 1.59	12.53 ± 2.94	3.45 ± 1.32
	0.3	5.09 ± 1.37 ³⁾	10.38 ± 4.24 ³⁾	2.52 ± 1.46 ³⁾
	0.9	4.43 ± 0.99 ⁴⁾	8.77 ± 1.99 ⁴⁾	1.67 ± 0.43 ⁴⁾
罗格列酮	0.000 75	5.47 ± 1.24 ³⁾	10.36 ± 1.75 ⁴⁾	2.76 ± 0.85 ³⁾

3.4 对小鼠血清 TCH 和 TG 的影响 经过喂食高脂饲料,与正常组比较,模型组小鼠的 TCH 和 TG 明显升高 ($P < 0.01$);与模型组比较,豆茶决明高剂量组 TCH 明显降低 ($P < 0.05$),豆茶决明中、高剂量组 TG 明显下降 ($P < 0.05, P < 0.01$)。结果表明豆茶决明可以降低高脂饮食小鼠的 TCH 和 TG。见表 4。

表 4 豆茶决明对小鼠血清 TCH 和 TG 的影响 ($\bar{x} \pm s, n = 14$)

Table 4 Effects of *Cassia nomame* on TCH, TG in mice ($\bar{x} \pm s, n = 14$)

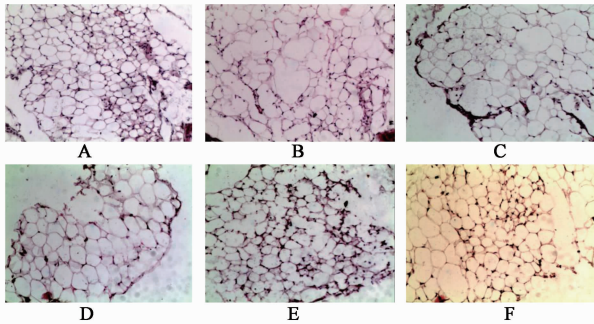
组别	剂量/ $g \cdot kg^{-1}$	TCH/ $mmol \cdot L^{-1}$	TG/ $mmol \cdot L^{-1}$
正常	-	2.54 ± 0.22	1.12 ± 0.20
模型	-	3.26 ± 0.56 ²⁾	1.91 ± 0.45 ²⁾
豆茶决明	0.1	3.15 ± 0.55	1.70 ± 0.28
	0.3	2.97 ± 0.60	1.46 ± 0.28 ³⁾
	0.9	2.95 ± 0.28 ³⁾	1.23 ± 0.25 ⁴⁾
罗格列酮	0.000 75	3.04 ± 0.38	1.69 ± 0.38

3.5 对小鼠体内炎症因子释放的影响 与正常组比较,模型组小鼠的 IL-6 和 TNF- α 显著升高 ($P < 0.01$);与模型组比较,豆茶决明中、高剂量组 IL-6 明显降低 ($P < 0.01$),豆茶决明高剂量组 TNF- α 有所下降 ($P < 0.05$)。表明豆茶决明可以抑制高脂饮食小鼠的炎症因子释放。见表 5。

表 5 豆茶决明对小鼠体内 TNF- α 和 IL-6 的影响 ($\bar{x} \pm s, n = 14$)
Table 5 Effects of *Cassia nomame* on TNF- α , IL-6 in mice body ($\bar{x} \pm s, n = 14$)

组别	剂量/ $g \cdot kg^{-1}$	TNF- α / $ng \cdot L^{-1}$	IL-6/ $ng \cdot L^{-1}$
正常	-	156.97 \pm 17.17	38.66 \pm 7.42
模型	-	202.96 \pm 33.18 ²⁾	56.21 \pm 9.54 ²⁾
豆茶决明	0.1	198.22 \pm 42.36	51.66 \pm 8.69
	0.3	176.20 \pm 49.19	43.72 \pm 7.02 ⁴⁾
	0.9	160.28 \pm 21.83 ³⁾	39.26 \pm 3.29 ⁴⁾
罗格列酮	0.00075	185.63 \pm 22.50	47.68 \pm 7.85 ³⁾

3.6 对小鼠脂肪组织的影响 与正常组比较,模型组与豆茶决明低剂量组腹部脂肪细胞部分形态结构不完整,出现大而而不规则的脂肪空泡,细胞体积增大且排列不整齐。与模型组比较,豆茶决明高剂量组脂肪细胞形态结构完整,脂肪泡大小均匀、排列整齐。见图 2。



A. 正常组;B. 模型组;C. 豆茶决明 0.1 $g \cdot kg^{-1}$ 组;D. 豆茶决明 0.3 $g \cdot kg^{-1}$ 组;E. 豆茶决明 0.9 $g \cdot kg^{-1}$ 组;F. 罗格列酮组

图 2 豆茶决明对小鼠脂肪组织的影响 (HE, $\times 100$)

Fig.2 Effects of *Cassia nomame* on adipose tissue in mice body (HE, $\times 100$)

4 讨论

肥胖是一种以体内脂肪积聚过多和分布异常为特征的内分泌代谢性疾病,其发病机制涉及饮食、代谢、遗传、内分泌激素等多种因素,这些因素相互影响,破坏机体的能量平衡^[7-8]。近年来人们饮食中以脂肪为代表的高能量食物摄入明显增加,过多的能量未能及时消耗便会以脂肪形式储存在体内,超出生理调节范围的脂肪堆积就成为一种病理状

态^[9]。随着对肥胖认识的不断加深,研究人员发现,脂肪组织不仅是一个能量储备的器官,更是一个功能非常活跃的内分泌系统,具有内分泌,自分泌和旁分泌等功能^[10-11]。肥胖时 TNF- α , IL-6 等炎症因子以旁分泌或内分泌的方式产生,继而激活胰岛素靶细胞中的炎症通路,通路中的 c-Jun 氨基端激酶 (c-Jun NH₂-terminal Kinase, JNK), I κ B 激酶 β (I κ B β) 等激酶活化后还会继续激活下游的炎症转录因子 (activator protein-1, AP-1) 和核因子 Kappa B (nuclear factor-kappa B, NF- κ B), 进一步促进 TNF- α , IL-6 等炎症因子的表达,使肥胖的慢性低度炎症状态加剧^[12-14]。近年来的研究表明,肥胖诱发胰岛素抵抗与慢性低度炎症密切相关^[15],肥胖同时伴有胰岛素抵抗的人数已在全世界范围流行。肥胖引起的糖、脂代谢紊乱和释放的多种细胞因子、炎症因子可以造成机体的主要代谢器官长期处于低度炎症状态,降低了靶器官对胰岛素的敏感性,从而形成胰岛素抵抗及代谢综合征。基于以上观点可以推测:有效预防肥胖可以抑制机体低度炎症状态,从而抑制胰岛素抵抗的产生。

基于肥胖主要由于高能量饮食的摄入引发,所以通过减少脂肪吸收而减轻体重,成为有效防治肥胖症的重要手段之一,目前对于药用植物脂肪酶抑制剂的研究越来越多^[16]。Yamamoto M^[17] 研究表明,豆茶决明中的黄酮类物质木犀草素及与其结构相似的多酚类化合物对肠胃脂肪酶有明显的抑制作用,能有效阻止机体消化道内脂肪类物质的分解,使其无法分解吸收而被直接排出体外,从而起到减肥、降血脂的作用。

本研究结果显示,与正常组比较,模型组小鼠的体重、血糖血脂、胰岛素水平以及胰岛素抵抗指数均升高,说明小鼠已经出现了肥胖及 IR 的基本性状。而豆茶决明组小鼠尤其是高剂量组,这些指标可以维持在正常水平,证实豆茶决明有防治体重升高,改善糖、脂类代谢,抑制肥胖形成的作用。通过对体内 TNF- α 和 IL-6 两种炎症因子的检测,观察到豆茶决明具有抑制肥胖引起的低度炎症的作用,这可能是豆茶决明改善胰岛素抵抗的机制之一。通过每日观察小鼠皮毛,活动状态,食欲以及尿液粪便发现:各组小鼠皮毛光亮,好动;食欲良好,豆茶决明组进食量略增多;尿量、粪便正常,无腹泻情况发生。证明在本研究的剂量下,小鼠生理状况良好,未发现明显副作用。据此笔者推测豆茶决明有被开发成为安全、有效、无副作用减肥产品的可能。

探讨豆茶决明及其活性成分在改善肥胖、胰岛素抵抗方面的作用机制是笔者进一步研究的主要方向。笔者力求在豆茶决明黄烷醇类物质的提取工艺上有所突破并研究这些组分与肥胖和胰岛素抵抗的关系,力求研发出天然、安全、疗效确切并深受消费者的喜爱减肥产品。

[参考文献]

[1] 詹莉莉,杨志秋,傅正伟. 肥胖与慢性炎症的研究进展[J]. 中国细胞生物学学报,2011,33(3):297-300.

[2] 赵维纲,朱惠娟. 肥胖致胰岛素抵抗和高血糖的机制、治疗及评测[J]. 中国医学科学院学报,2010,32(1):7-11.

[3] 杨永青,杨明庆. 肥胖诱发胰岛素抵抗的炎性机制[J]. 中国生物化学与分子生物学报,2012,28(8):692-695.

[4] 王伟,郭素丽,屈爱静. 胰岛素及胰岛素抵抗研究进展[J]. 山西体育科技,2011,31(3):33-36.

[5] 陈立立,胡仁明. 2型糖尿病发病的炎症机制[J]. 中华糖尿病杂志,2012,4(4):248-251.

[6] 李强. 肥胖促进2型糖尿病发生的研究进展[J]. 临床内科杂志,2012,29(3):152-156.

[7] 杜瑞伶,赵玉岩,王露,等. 营养性肥胖大鼠体内血糖及胰岛素的变化[J]. 中国实用医药,2011,6(6):32-35.

[8] 陈彩虹. 肥胖形成的相关因素研究[J]. 渭南师范学院学报,2012,27(2):100-103.

[9] 唐远谋,陈祥贵,焦士蓉. 高脂饮食诱导的胰岛素抵抗研究进展[J]. 西华大学学报:自然科学版,2013,32(2):99-103.

[10] 余海,郑娜,卢芙蓉,等. 小柴碱改善胰岛素抵抗机制研究新进展[J]. 中西医结合研究,2012,4(4):203-205.

[11] 王旭方,刘志红. 肥胖与免疫炎症[J]. 肾脏病与透析肾移植杂志,2011,20(5):455-459.

[12] Olefsky J M, Glass C K. Macrophages, inflammation, and insulin resistance[J]. Annu Rev Physiol, 2010, 72:219-246.

[13] Tilg H, Moschen A R. Inflammatory mechanisms in the regulation of insulin resistance[J]. Mol Med, 2008, 14(3/4):222-225.

[14] Kim J H, Bachmann R A, Chen J. Interleukin-6 and insulin resistance[J]. Vitam Horm, 2009, 80:613-633.

[15] Stienstra R, van Diepen J A, Tack C J, et al. Inflammasome is a central player in the induction of obesity and insulin resistance[J]. Proc Natl Acad Sci USA, 2011, 108(37):15324-15327.

[16] 尹瑞卿,丁玉,鞠明里,等. 药用植物脂肪酶抑制剂研究新进展[J]. 天然产物研究与开发,2009,21:553-555,590.

[17] Yamamoto M, Shimura S, Itoh Y. et al. Anti-obesity effects of lipase inhibitor CT-II, an extract from edible herbs, *Nomame Herba*, on rats fed a high-fat diet[J]. Int J Obes Relat Metab Disord, 2000, 24(6):758-761.

[责任编辑 周冰冰]