

2 款保健食品配方辅助降血糖试验研究

冯学轩¹, 严家荣¹, 黄远英², 黎耀俊¹, 潘晓慧¹, 黎莉斯¹, 龙淑娴¹, 邝少松^{1*}

(1. 广东省医学实验动物中心, 广州 528248; 2. 汤臣倍健股份有限公司, 广州 510032)

摘要: **目的** 探讨 2 款保健食品配方益气养阴清热降糖方与滋阴补肾降糖方对糖尿病大鼠的辅助降血糖作用。**方法** SD 大鼠给予基础饲料适应 1 周后转喂 3 周高热能饲料, 第 5 周腹腔注射链脲佐菌素(streptozotocin, STZ)建立 II 型糖尿病模型, 第 1 周基础饲料适应的同时, 分别给予益气养阴清热降糖方与滋阴补肾降糖方低(1.8 g/kg)、高(3.6 g/kg)剂量药液, 连续 34 d, 结束实验时检测空腹血糖、糖耐量、血清胰岛素及计算胰岛素抵抗指数。**结果** 与模型组比较, 益气养阴清热降糖方低剂量组 0.5 h 糖耐量血糖值下降; 滋阴补肾降糖方低剂量组空腹血糖值下降、高剂量组空腹血糖值、0.5 h 糖耐量血糖值、胰岛素抵抗指数下降有统计学差异($P<0.05$)。**结论** 益气养阴清热降糖方与滋阴补肾降糖方可有效降低 II 型糖尿病大鼠的糖耐量, 滋阴补肾降糖方在降低 II 型糖尿病大鼠的空腹血糖以及改善胰岛素抵抗情况方面, 作用优于益气养阴清热降糖方。**关键词:** II 型糖尿病; 胰岛素抵抗; 糖耐量; 空腹血糖

Study on the assistant hypoglycemic effect of 2 kinds of health food formulas on diabetic rats

FENG Xue-Xuan¹, YAN Jia-Rong¹, HUANG Yuan-Ying², LI Yao-Jun¹, PAN Xiao-Hui¹,
LI Li-Si¹, LONG Shu-Xian¹, KUANG Shao-Song^{1*}

(1. Guangdong Medical Laboratory Animal Center, Guangzhou 528248, China;
2. By-Health Co., Ltd, Guangzhou 510032, China)

ABSTRACT: Objective To research the assistant hypoglycemic effect of two kinds of health food formulas *Yi Qi Yang Yin Qing Re Jiang Tang Fang* and *Zi Yin Bu Shen Jiang Tang Fang* on type II diabetes. **Methods** SD rats were administered with streptozotocin by intraperitoneal injection to induce type II diabetes after 1 week basal feeding and 3 weeks high thermal feeding. Rats were intragastric administrated with low (1.8 g/kg) and high (3.6 g/kg) doses of *Yi Qi Yang Yin Qing Re Jiang Tang Fang* and *Zi Yin Bu Shen Jiang Tang Fang* respectively for 34 days at the beginning of the basal feeding. By the end of the study, value of fasting blood-glucose, sugar tolerance, serum insulin and insulin resistance index were detected. **Results** Compared with the model group, the low dose group of *Yi Qi Yang Yin Qing Re Jiang Tang Fang* can significantly decrease the blood glucose level in 0.5 h sugar tolerance test. The blood glucose value of fasting blood-glucose test significantly decreased in both the low and high dose group of *Zi Yin Bu Shen Jiang Tang Fang*. What's more, high dose group of *Zi Yin Bu Shen Jiang Tang Fang* could either decrease the blood glucose level in 0.5 h sugar tolerance and decrease the insulin resistance index. ($P<0.05$) **Conclusion** *Yi Qi Yang Yin Qing Re Jiang Tang Fang* and *Zi Yin Bu Shen Jiang Tang Fang* can reduce the blood glucose level in

基金项目: 广东省中医药局科研项目 (20182016)

Fund: Supported by the Traditional Chinese Medicine Bureau of Guangdong Province (20182016)

***通讯作者:** 邝少松, 副研究员, 主要研究方向为药理与毒性学研究。E-mail: kuangss@126.com

***Corresponding author:** KUANG Shao-Song, Associate Professor, Guangdong Medical Laboratory Animal Center, Huangqi Road, Foshan Nanhai, Guangdong 528248, China. E-mail: kuangss@126.com

sugar tolerance test of type II diabetes rats effectively by preventive interventions. Moreover, *Zi Yin Bu Shen Jiang Tang Fan* can reduce the value of fasting blood-glucose and improve insulin resistance.

KEY WORDS: type II diabetes; insulin resistance; sugar tolerance; fasting blood-glucose

1 引言

随着社会的进步, 人们饮食结构的改变, 尤其脂肪和糖分的摄入增多, 加之缺乏运动, II型糖尿病发病率急剧上升^[1]。II型糖尿病临床以烦渴、多饮、多食、多尿、疲乏消瘦为典型症状, 目前已成为严重危害人类健康的全球性流行的多发病。II型糖尿病患者需长期用药以抑制血糖的升高, 西药虽然降糖作用突出, 但长期较大剂量地服用会引起肝肾损伤及乳酸中毒等不良反应。因此, 国内外逐渐倡导采用药食同源的天然药物或中药复方制成保健食品辅助治疗II型糖尿病, 因其可在整体水平上预防和治疗慢性病并具有作用缓和、持久、毒副作用小的特点。

在中医理论上, 糖尿病属于消渴范畴, 阴虚燥热是其基本病机, 同时精微随洩而出, 正气日耗, 固患者还多伴气短、神疲等正气虚弱征象^[2,3]。在治则方药方面, 姜德友等^[4]通过对消渴病医案的文献整理, 分析认为消渴的病位在肺、胃、肾, 其多用补虚药、清热药, 并提出消渴病以“益气养阴清热”为主, “涤痰化湿活血”兼顾的治疗方法。孙国香^[5]通过研读张仲景的《金匱要略》, 分析认为消渴以肾阳虚为主, 应以振奋肾阳为主, 方选肾气丸滋补肾气。本文的组方立足于这 2 种治则, 拟研发 2 款保健食品配方: 益气养阴清热降糖方及滋阴补肾降糖方, 以辅助患者降血糖。益气养阴清热降糖方采用黄芪为君药, 补气升阳, 生津养血, 利水消肿, 行滞通痹, 解决消渴病的阴虚燥热; 桑叶清肺润燥、葛根生津止渴、桑白皮泻肺利水, 共为臣, 以达养阴清热之效; 三七散瘀、消肿, 涤痰活血为佐, 诸药合用, 共达益气养阴清热、涤痰化湿活血之效。滋阴补肾降糖方以生地黄滋阴益肾为君, 黄芪益气为臣, 佐以葛根生津通络、肉桂助阳活血、苦荞麦滋阴生津, 诸药合用, 共奏滋阴补肾、益气活血之效^[6-15]。同时 2 个配方中再添加食品类原料富铬酵母, 利用其三价铬与葡萄糖耐量因子的协同作用, 提高机体对胰岛素敏感性, 强化降糖方的降糖效果^[16]。目前, 国内外对此 2 款保健食品配方的降糖作用尚无报道, 因此, 本文运用高热能饲料结合链脲佐菌素建立的II型糖尿病大鼠模型, 对其降血糖效果进行验证, 拟为辅助降血糖保健食品的研发提供基础的实验资料。

2 材料与方

2.1 仪器与试剂

BS-3000A 电子分析天平(感量: 0.1 g, 上海友声衡器

有限公司); BS223S 电子分析天平[感量: 0.001g, 赛多利斯科学仪器(北京)科技有限公司]; one touch ultra 型血糖仪[强生(中国)医疗器材有限公司]; 血糖试纸(代码 25, 美国强生公司); 7020 型全自动生化分析仪(日本株式会社日立高新技术)。

高热能饲料: 猪油 10%、蔗糖 15%、蛋黄粉 15%、酪蛋白 5%、胆固醇 1.2%、胆酸钠 0.2%、磷酸氢钙 0.6%、石粉 0.4%、鼠维持料 52.6%, 广东省医学实验动物中心提供; 链脲佐菌素(STZ)(批号 M3851, 美国 MP Biomedicals 公司); 羧甲基纤维素钠(批号 2015 年 1 月 19 日, 天津市大茂化学试剂厂); 戊巴比妥钠(批号 150828, 德国默克公司); 葡萄糖(批号 2014 年 11 月 05 日, 天津市百世化工有限公司); 柠檬酸(批号 150402, 广州市中南化学试剂有限公司); 柠檬酸钠(批号 150528, 广州市中南化学试剂有限公司); 甘油三酯试剂盒(批号 20151012, 上海科华生物工程股份有限公司); 总胆固醇试剂盒(批号 20150912, 上海科华生物工程股份有限公司); 胰岛素试剂盒(批号 20160502, 北京北方生物技术研究所)。

2.2 实验动物和饲养环境

SPF 级雄性 SD 大鼠, 66 只, 由广东省医学实验动物中心提供, 生产许可证号: SCXK(粤)2013-0002, 合格证号: 44007200028041; 动物饲养在广东省医学实验动物中心 SPF 级动物房, 实验动物使用许可证号: SYXK(粤)2013-0002。群养, 5 只/箱, 饲养温度与湿度: 20 ~ 26 °C, 40% ~ 70%, 采用 12 h:12 h 昼夜间断照明。动物自由进食和饮水, 所有饲料和饮用水均由广东省医学实验动物中心提供。

2.3 实验方法

2.3.1 受试物配制

a) 益气养阴清热降糖方: 取葛根 7 g、黄芪 4 g、桑叶 4 g、桑白皮 3 g、三七 1 g, 制备醇提物并与 0.08 g 富铬酵母混合均匀后加 0.5% CMC-Na 溶液配成浓度为 9%(m:V)的低剂量溶液及浓度为 18%(m:V)的高剂量溶液。

b) 滋阴补肾降糖方: 取生地黄 3 g、肉桂 1.5 g、葛根 2 g、黄芪 2 g、苦荞麦 8 g 组成, 制备醇提物并与 0.08 g 富铬酵母混合均匀后加 0.5% CMC-Na 溶液配成浓度为 9%(m:V)的低剂量溶液及浓度为 18%(m:V)的高剂量溶液。

2.3.2 分组

动物禁食 3~4 h 后按 2.5 g/kg 体质量灌胃给予葡萄糖, 测定给予葡萄糖后 0.5 h 血糖值。淘汰血糖值过高或过低

的 6 只大鼠, 剩余大鼠以血糖值分为空白对照组、模型组、益气养阴清热降糖方低、高剂量组, 滋阴补肾降糖方低、高剂量组, 10 只/组。

2.3.3 造模

参照国家食品药品监督管理局保健食品功能评价文件: 国食药监保化[2012]107 号附件 3 辅助降血糖功能评价方法, 动物分组后, 各组给予维持饲料 1 周(d1~d7)后, 模型组及各受试物剂量组更换高热能饲料造模, 高热能饲料喂饲 3 周(d8~d28)后, 模型组及各受试物剂量组禁食不禁水 24 h(d29), 按 10 mL/kg 体质量腹腔注射 0.35% STZ 溶液(d30), 继续饲养 4 d(d1~d34)后结束实验, 以空腹血糖 > 11 mmol/L, 以及与空白对照组相比, 糖耐量任一时间点血糖升高, 胰岛素抵抗指数升高有明显差异, 判定模型成立。

2.3.4 给药方法

益气养阴清热降糖方及滋阴补肾降糖方成人拟用量为 0.36 g/kg·d, 以大鼠的人体等效剂量 1.8 g/kg 体质量为实验低剂量, 人体等效剂量的 2 倍 3.6 g/kg 体质量为实验高剂量。各给药组动物在维持饲料适应 1 周的同时开始给予受试物, 益气养阴清热降糖方及滋阴补肾降糖方低、高剂量组按 20 mL/kg 体质量灌胃相应剂量的受试物溶液, 1 次/d, 连续 34 d 直至实验结束, 空白对照组及模型组灌胃同体积溶剂。

2.4 检测指标

2.4.1 空腹血糖值、糖耐量

末次给予受试物当天, 各组动物禁食不禁水 3~4 h, 测定空腹血糖值(0 h), 各给药组灌胃相应剂量受试物溶液, 模型组及空白对照组灌胃相应溶剂, 20 min 后各组均按 10 mL/kg 体质量灌胃 0.25 g/mL 葡萄糖溶液, 测定给予葡萄糖溶液后 0.5、2 h 的血糖值。

2.4.2 血清胰岛素

末次给予受试物次日, 各组动物禁食不禁水 3~4 h, 麻醉后腹主动脉采促凝血, 3000 r/min, 离心 10 min 收集血清用于检测血清胰岛素。根据国食药监保化[2012]107 号附

件 3 辅助降血糖功能评价方法提供的公式计算胰岛素抵抗指数:

$$\text{胰岛素抵抗指数} = \frac{\text{胰岛素}}{22.5e^{-\ln \text{血糖}}}$$

统计分析

所有数据采用($\bar{x} \pm s$)表示, 应用 SPSS 21.0 软件进行统计分析; 计量资料数据方差齐, 或数据经转换后方差齐, 则采用单因素方差分析; 若数据经转换后方差仍不齐, 采用秩和检验进行统计分析; 检验水平 $\alpha=0.05$ 。

3 结果与分析

3.1 空腹血糖值

与空白对照组相比, 模型组空腹血糖值显著降低, 有统计学差异($P<0.01$)(见表 1)。与模型组相比, 滋阴补肾降糖方低、高剂量组显著降低糖尿病大鼠的空腹血糖值, 有统计学差异($P<0.05$ 或 $P<0.01$); 益气养阴清热降糖方低、高剂量组空腹血糖值无统计学差异($P>0.05$)。

3.2 糖耐量及血糖曲线下面积

与空白对照组相比, 模型组灌服葡萄糖 0.5、2 h 血糖值显著升高, 血糖曲线下面积显著升高, 均有统计学差异($P<0.01$)(见表 2)。与模型组相比, 益气养阴清热降糖方低剂量组, 滋阴补肾降糖方高剂量组, 糖耐量 0.5 h 血糖值显著下降, 有统计学差异($P<0.05$ 或 $P<0.01$)。益气养阴清热降糖方及滋阴补肾降糖方各剂量组血糖曲线下面积均有所下降, 但无统计学差异($P>0.05$)。

3.3 血清胰岛素含量及胰岛素抵抗指数(见表 3)

与空白对照组相比, 模型组血清胰岛素含量下降, 胰岛素抵抗指数显著升高, 均有统计学差异($P<0.01$); 与模型组相比, 滋阴补肾降糖方高剂量组胰岛素抵抗指数显著降低, 有统计学差异($P<0.05$), 其余各组各指标无统计学差异($P>0.05$)(见表 3)。

表 1 益气养阴清热降糖方与滋阴补肾降糖方对大鼠空腹血糖的影响($n=10$, $\bar{x} \pm s$)

Table 1 Effects of Yi Qi Yang Yin Qing Re Jiang Tang Fang and Zi Yin Bu Shen Jiang Tang Fang on fasting blood glucose in rats

组别	剂量/(g/kg·d)	空腹血糖值/(mmol/L)	
		实验前	实验后
空白对照组	—	7.1±0.7	6.4±0.4
模型组	—	7.1±0.9	21.1±0.8 ^{▲▲}
益气养阴清热降糖方低剂量组	1.8	7.2±0.7	17.0±6.2
益气养阴清热降糖方高剂量组	3.6	6.9±1.0	17.6±6.4
滋阴补肾降糖方低剂量组	1.8	7.0±0.8	16.0±7.3 [*]
滋阴补肾降糖方高剂量组	3.6	6.7±0.6	14.2±6.3 ^{**}

注: 空腹血糖值采用重复测量方差分析方法进行统计分析。与空白对照组比较, “▲▲” $P<0.01$, 与模型组比较, “*” $P<0.05$, “**” $P<0.01$ 。

表 2 益气养阴清热降糖方与滋阴补肾降糖方对大鼠糖耐量及血糖曲线下面积的影响($n=10, \bar{x} \pm s$)

Table 2 Effects of Yi Qi Yang Yin Qing Re Jiang Tang Fang and Zi Yin Bu Shen Jiang Tang Fang on glucose tolerance and area under the blood sugar curve in rats

组别	剂量/(g/kg·d ⁻¹)	糖耐量指标/(mmol/L)			血糖曲线下面积(AUC)
		0 h	0.5 h	2 h	
空白对照组	—	6.4±0.4	9.1±1.2	6.1±0.8	15.3±1.6
模型组	—	21.1±0.8 ^{▲▲}	31.9±0.9 ^{▲▲}	22.8±2.1 ^{▲▲}	54.2±1.4 ^{▲▲}
益气养阴清热降糖方低剂量组	1.8	17.0±6.2	24.5±10.3 [*]	21.8±7.8	45.1±15.9
益气养阴清热降糖方高剂量组	3.6	17.6±6.4	26.1±6.1	21.7±5.5	46.7±11.0
滋阴补肾降糖方低剂量组	1.8	16.0±7.3 [*]	27.1±7.5	20.2±9.6	46.2±14.3
滋阴补肾降糖方高剂量组	3.6	14.2±6.3 ^{**}	23.1±9.3 [*]	21.3±6.6	42.6±15.3

注: 糖耐量采用重复测量方差分析, 血糖曲线下面积采用秩和检验的方法进行统计分析。与空白对照组比较, “▲▲” $P<0.01$ 。与模型组比较, “*” $P<0.05$, “**” $P<0.01$ 。

表 3 益气养阴清热降糖方与滋阴补肾降糖方对大鼠血清胰岛素含量及胰岛素抵抗指数的影响($n=10, \bar{x} \pm s$)

Table 3 Effects of Yi Qi Yang Yin Qing Re Jiang Tang Fang and Zi Yin Bu Shen Jiang Tang Fang on serum insulin content and insulin resistance index in rats

组别	剂量/(g/kg·d)	血清胰岛素含量/(pmol/L)	胰岛素抵抗指数
空白对照组	—	870.1±306.4	248.1±90.5
模型组	—	585.5±171.1 ^{▲▲}	544.1±149.0 ^{▲▲}
益气养阴清热降糖方低剂量组	1.8	686.0±142.9	525.6±230.3
益气养阴清热降糖方高剂量组	3.6	681.2±230.3	559.9±340.6
滋阴补肾降糖方低剂量组	1.8	536.6±195.5	390.0±259.3
滋阴补肾降糖方高剂量组	3.6	552.7±204.4	327.4±143.3 [*]

注: 血清胰岛素含量及胰岛素抵抗指数采用方差分析方法进行统计分析。与空白对照组比较, “▲▲” $P<0.01$; 与模型组比较, “*” $P<0.05$ 。

4 结论与讨论

随着生活水平的提高, 糖尿病的患病率呈现出了世界性的上升趋势, 已经成为了继心脑血管疾病、肿瘤之后的第三位严重危害大众健康的慢性非传染性疾病。在我国, 糖尿病患者数已接近 1 亿例, 成为世界上糖尿病患者数最多的国家, 在这其中, 90%以上的患者为II型糖尿病患者^[17], 他们除了需要控制日常饮食外, 还需常年服用降糖药, 肝肾负担大, 此外, 高发病率的糖尿病并发症更加重了他们的负担, 使得体质越来越差^[18]。本研究中的益气养阴清热降糖方及滋阴补肾降糖方作为温和, 在日常生活中给高危人群及II型糖尿病患者提供预防与调理兼备的辅助降血糖保健品, 在改善糖尿病患者体质的同时, 减轻肝肾负担, 帮助提高患者的生活质量。

鉴于此, 本研究采用了保健食品常用的预防性干预的给药方式。实验时, 在给予高热能饲料前开始预防性给予受试样品, 后续运用高热能饲料模拟II型糖尿病患者多

吃肥甘厚味的生活习性, 最后采用小剂量链脲佐菌素造成胰岛轻度损伤, 建立糖代谢紊乱及胰岛素抵抗的II型糖尿病模型^[19], 在此过程中继续进行干预性给予受试物。造模后, 模型组空腹血糖均大于 11 mmol/L, 糖耐量、血糖曲线下面积及胰岛素抵抗指数均较空白对照组明显上升, 达到了模型的要求。在给予上述 2 个组方后发现, 滋阴补肾降糖方对空腹血糖有显著下降作用, 益气养阴清热降糖方对空腹血糖也有改善趋势。在糖耐量方面, 2 个组方剂量组血糖值依然是低于模型组, 特别是在摄入葡萄糖后的 0.5 h, 血糖有显著下降, 这对于降低糖尿病患者餐后血糖具有积极意义。此举也验证了姜德友“益气养阴清热”组方和孙国香“滋阴补肾”组方的可行性。此外, 滋阴补肾降糖方还显著降低糖尿病大鼠的胰岛素抵抗指数, 改善胰岛敏感性, 进一步显示出了滋阴补肾降糖方的优越性。实验结果也从侧面反映了在发挥中药组方的特长, 展现其疗效方面, 保健品的开发研究不失为一个新的研发方向。

分别从中医理论和现代医学理论来分析滋阴补肾降

糖方在降低糖尿病大鼠空腹血糖和改善胰岛素敏感性方面的作用更优的原因。在中医理论层面, 糖尿病的阴虚燥热可能与肾阳虚有一定的关系, 久阴虚导致肾阳虚。“善补阴者, 必于阳中求阴, 则阴得阳升而泉源不竭”, 滋阴补肾降糖方, 乃基于上述理论, 以补阳补气药为主, 加适当之养阴药, 可使“阳得阴助而生化无穷”, 从而使阴阳达到相对平衡, 故而采用“滋阴补肾”组方滋阴润燥效果更佳。在现代医学理论方面, 肉桂被誉为“胰岛素强化因子”, 肉桂中的多酚类化合物在体外和体内均能增强胰岛素的生物活性, 而且分离纯化的肉桂多酚 A 型聚合物还可作为胰岛素样分子提高体内葡萄糖的代谢^[20,21]。另有研究显示, 肉桂提取物能竞争性抑制哺乳动物 α -葡萄糖苷酶的活性, 降低餐后高血糖, 从而使整体血糖趋于平稳^[22]。生地黄具有改善胰岛 β 细胞功能, 降低血胰岛素抵抗水平, 调节细胞葡萄糖自身平衡, 降低肝葡萄糖-6-磷酸酶活性, 改善脂代谢紊乱, 改善肾功能等作用。也有研究发现复方苦荞麦能明显地改善 STZ 糖尿病大鼠的症状, 能降低血糖及血清中 TNF- α 、PAI-1 的含量, 促进胰岛素分泌, 具有改善胰岛素抵抗作用, 明显降低 TXB2 含量, 升高 6-keto-PGF10, 说明复方苦荞麦对 II 型糖尿病有确切疗效^[23,24]。上述文献从侧面反映并进一步支持了本实验的结果。

本研究确证了滋阴补肾降糖方与益气养阴清热降糖方的有效性, 并发现滋阴补肾降糖方在降低空腹血糖及胰岛素抵抗指数方面有更好的效果, 但二者的作用机理尚未明确, 下一步拟通过药理学研究及拆方研究进一步阐明其作用机理, 为更好地进行此保健食品配方的开发提供更多的实验资料。

参考文献

- [1] 黄远英, 汪玉芳. 燕麦 β -葡聚糖辅助降血糖功能的研究[J]. 食品安全质量检测学报, 2019, 10(2): 369–373.
Huang YY, Wang YF. Study on the assisting blood sugar reduction function of oat β -glucan [J]. J Food Saf Qual, 2019, 10(2): 369–373.
- [2] 邱莉丽. 降糖基本方治疗糖尿病[J]. 天津中医学院学报, 1994, 4(4): 10.
Qiu LL. Treatment of diabetes with basic prescription of reducing blood sugar [J]. J Tianjin Coll Tradit Chin Med, 1994, 4(4): 10.
- [3] 罗瑞静, 何建成. II型糖尿病证候规律研究[C]. 咸阳: 中华中医药学会中医诊断学分会第十次学术研讨会, 2009.
Luo RJ, He JC. Study on the pattern of type 2 diabetes [C]. Xianyang: The 10th Academic Seminar of Diagnosis Branch of Chinese Medicine Society, 2009.
- [4] 姜德友, 林静, 郭加利. 基于古今医案数据分析的消渴病证治规律研究[J]. 中华中医药学刊, 2010, 28(5): 911–913.
Jiang DY, Lin J, Guo JL. Research on the rule of the treatment of diabetes based on the data analysis of ancient and modern medical cases [J]. Chin J Tradit Chin Med, 2010, 28(5): 911–913.
- [5] 王慧, 李鹏英. 《金匱要略》从五脏辨治消渴探析[J]. 环球中医药, 2018, 11(12): 1955–1957.
Wang H, Li PY. An analysis of "synopsis of the Golden Chamber" from the differentiation and treatment of five internal organs to quench thirst [J]. Global Tradit Chin Med, 2018, 11(12): 1955–1957.
- [6] 白春雨. 黄芪降糖方对大鼠实验性 2 型糖尿病的影响[D]. 唐山: 华北煤炭医学院, 2010.
Bai CY. Effect of Huang Qi jiang tang fang on experiment in type 2 diabetes mellitus rats [D]. Tangshan: North China Coal Medical College, 2010.
- [7] 王霜, 赵兴冉, 章雷, 等. 葛根黄连有效成分降糖作用对比及其血清化学研究[J]. 中药药理与临床, 2015, 31(1): 165–168.
Wang S, Zhao XR, Zhang L, et al. Contrast to hypoglycemic effect of the active ingredients of pueraria and berberine and serum chemistry research [J]. Pharmacol Clin Chin Mater Med, 2015, 31(1): 165–168.
- [8] 肖冰心, 王倩, 樊利青, 等. 葛根黄酮提高桑白皮降糖活性及其机制研究 [J]. 中国实验方剂学杂志, 2013, 19(3): 179–183.
Xiao BX, Wang Q, Fan LQ, et al. Effect and mechanism of pueraria flavonoids and improving hypoglycemic effects of mulberry root barks [J]. Chin J Exp Tradit Med Form, 2013, 19(3): 179–183.
- [9] 赵磊, 姜飞, 王成涛, 等. 南瓜、山药、葛根和桑叶配方辅助降血糖作用的研究[J]. 中国食品学报, 2018, 18(7): 46–56.
Zhao L, Jiang F, Wang CT, et al. Studies on assistant hypoglycemic effect of a diet formula prepared with pumpkin, yam, kudzu vine root, and mulberry leave [J]. J Chin Inst Food Sci Technol, 2018, 18(7): 46–56.
- [10] 蒋倩倩, 张娇, 郑文青, 等. 桑葛降糖粉对四氧嘧啶模型小鼠降糖作用的研究[J]. 食品安全质量检测学报, 2019, 10(16): 5479–5485.
Jiang QQ, Zhang J, J WQ, et al. Study on hypoglycemic effect of Sangge hypoglycemic powder on alloxan model mice [J]. J Food Saf Qual, 2019, 10(16): 5479–5485.
- [11] 唐明敏. 桑叶降糖有效物质基础及其作用机理研究[D]. 北京: 北京中医药大学, 2016.
Tang MM. Study on the effective substance basis and action mechanism of mulberry leaf [D]. Beijing: Beijing University of Traditional Chinese Medicine, 2016.
- [12] 钟振东, 王春梅, 汪为, 等. 三七总皂苷的抗糖尿病机理及其降血糖成分研究[J]. 四川大学学报(医学版), 2014, 45(2): 235–239.
Zhong ZD, Wang CM, Wang W, et al. Major hypoglycemic ingredients of *Panax notoginseng saponins* for treating diabetes [J]. J Sichuan Univ (Med Sci Ed), 2014, 45(2): 235–239.
- [13] 高铁祥, 游秋云. 苦荞麦复方对 II 型糖尿病大鼠的实验研究[J]. 中药材, 2001, 24(6): 424–426.
Gao TX, You QY. The study of fagopyrum tataricum complex prescription on type II diabetes rats [J]. J Chin Med Mater, 2001, 24(6): 424–426.
- [14] 李莉. 生地黄治疗糖尿病的药理研究[J]. 长春中医药大学学报, 2011, 27(4): 670–672.
Li L. Pharmacodynamics of *Rehmannia glutinosa* in the treatment of diabetes [J]. J Changchun Univ Tradit Chin Med, 2011, 27(4): 670–672.
- [15] 陆婷, 盛宏光, 谢鹏璐, 等. 肉桂降糖作用的研究进展[J]. 江苏大学学报(医学版), 2013, 23(4): 366–368.
Lu T, Sheng HG, Xie PJ, et al. Research progress on hypoglycemic effect of cinnamon [J]. J Jiangsu Univ (Med Ed), 2013, 23(4): 366–368.
- [16] 张宏攀, 李军, 杨宏莉, 等. 富铬酵母对试验性糖尿病小鼠糖代谢酶活性的影响[J]. 黑龙江畜牧兽医, 2009, 4(7): 82–83.
Zhang HX, Li J, Yang HL, et al. The effect of chromium rich yeast on the activity of glucose metabolizing enzymes in experimental diabetic mice [J].

- Heilongjiang Anim Husb Veter, 2009, 4(7): 82–83.
- [17] 廖涌. 中国糖尿病的流行病学现状及展望[J]. 重庆医科大学学报, 2015, 40(7): 1042–1044.
- Liao Y. Epidemiology and research advances in diabetes mellitus in China [J]. J Chongqing Med Univ, 2015, 40(7): 1042–1044.
- [18] Jia WP. Guidelines for the prevention and control of type 2 diabetes in China (2017 edition) [J]. Chin J Pract Int Med, 2018, 38(4): 292–344.
- [19] 罗宏, 段翠翠, 栾畅, 等. 植物乳杆菌 C88 对高脂饲料和链脲佐菌素诱导 2 型糖尿病模型大鼠的降血糖作用[J]. 食品科学, 2018, 39(13): 190–197.
- Luo H, Duan CC, Luan C, *et al.* Antidiabetic effect of lactobacillus plantarum C88 in a rat model of high-fat diet and streptozotocin-induced type 2 diabetes [J]. Food Sci, 2018, 39(13): 190–197.
- [20] Cheng DM, Kuhn P, Poulev A, *et al.* *In vivo* and *in vitro* antidiabetic effects of aqueous cinnamon extract and cinnamon polyphenol-enhanced food matrix [J]. Food Chem, 2012, 135(4): 2994–3002.
- [21] Anderson RA, Broadhurst CL, Polansky MM, *et al.* Isolation and characterization of polyphenol type-A polymers from cinnamon with insulin-like biological activity [J]. J Agric Food Chem, 2004, 52(1): 65–70.
- [22] Derosa G, Maffioli P. α -Glucosidase inhibitors and their use in clinical practice [J]. Arch Med Sci, 2012, 8(5): 899–906.
- [23] 高铁祥, 游秋云. 复方苦荞麦对 II 型糖尿病大鼠治疗作用的实验研究 [J]. 中国中医药科技, 2003, 10(1): 15–17.
- Gao TX, You QY. Experimental study on the therapeutic effect of compound buckwheat on type II diabetic rats [J]. Chin Med Sci Technol, 2003, 10(1): 15–17.
- [24] 高铁祥, 颜学槐. 复方苦荞麦对糖尿病大鼠周围神经病变防治作用的实验研究[J]. 中国中医药科技, 2005, 12(2): 86–88.
- Gao TX, Yan XH. Experimental study on the prevention and treatment of diabetic peripheral neuropathy by compound buckwheat [J]. Chin Med Sci Technol, 2005, 12(2): 86–88.

(责任编辑: 于梦娇)

作者简介



冯学轩, 硕士研究生, 主管药师, 主要研究方向为保健食品功能评价及药理药效学研究。

E-mail: hinfung@126.com



邝少松, 博士研究生, 副研究员, 主要研究方向为药理与毒理学研究。

E-mail: kuangss@126.com