

李欣, 陈梅, 席毅, 等. 葛根麦冬复合茶降血糖作用研究 [J]. 食品工业科技, 2022, 43(12): 347–353. doi: 10.13386/j.issn1002-0306.2021100113

LI Xin, CHEN Mei, XI Yi, et al. Assessment of Compound *Pueraria lobate* and *Ophiopogon japonicus* Tea on Hypoglycaemic Activity[J]. Science and Technology of Food Industry, 2022, 43(12): 347–353. (in Chinese with English abstract). doi: 10.13386/j.issn1002-0306.2021100113

· 营养与保健 ·

葛根麦冬复合茶降血糖作用研究

李欣¹, 陈梅², 席毅², 王欣¹, 单媛媛^{1,*}, 吕欣^{1,*}

(1.西北农林科技大学食品科学与工程学院, 陕西杨凌 712100;

2.陕西华州医药生物工程有限公司, 陕西西安 710054)

摘要: 为初步探究葛根麦冬复合茶降血糖作用, 本研究对正常小鼠进行葛根麦冬复合茶干预, 并建立高血糖小鼠模型, 将高 (3.0 g/kg BW)、中 (2.0 g/kg BW)、低 (1.0 g/kg BW) 剂量的葛根麦冬复合茶对高血糖模型小鼠灌胃, 检测小鼠体重、空腹血糖及糖耐量指标。此外, 对高血糖人群进行干预, 对照组服用安慰剂, 实验组服用葛根麦冬复合茶, 每日 2 次, 每次 3 g, 持续 60 d。观察两组干预前后糖化血红蛋白、血糖和临床症状变化情况。葛根麦冬复合茶对正常小鼠的体重、血糖无影响, 但高、中剂量组高血糖模型小鼠餐后 2 h 血糖显著、极显著降低 ($P<0.05$, $P<0.01$), 高剂量组高血糖模型小鼠血糖曲线下面积显著减少 ($P<0.05$)。经过临床试验, 葛根麦冬复合茶可以极显著降低高血糖人群空腹血糖和餐后 2 h 血糖 ($P<0.01$), 血糖下降有效率为 70.91%, 以及改善口渴多饮、多尿、多食易饥、倦怠乏力症状有效率均达 44.90% 以上。本研究表明葛根麦冬复合茶具有辅助降血糖作用, 对糖尿病及糖尿病并发症的预防和治疗有重要意义和价值。

关键词: 葛根, 麦冬, 复合茶, 降血糖, 葡萄糖耐量

中图分类号: TS201.4

文献标识码: A

文章编号: 1002-0306(2022)12-0347-07

DOI: 10.13386/j.issn1002-0306.2021100113



本文网刊:

Assessment of Compound *Pueraria lobate* and *Ophiopogon japonicus* Tea on Hypoglycaemic Activity

LI Xin¹, CHEN Mei², XI Yi², WANG Xin¹, SHAN Yuanyuan^{1,*}, LÜ Xin^{1,*}

(1.College of Food Science and Engineering, Northwest A & F University, Yangling 712100, China;

2.Shaanxi Huazhou Pharmaceutical Bioengineering Co., Ltd., Xi'an 710054, China)

Abstract: This study aimed to explore the hypoglycaemic effects of the compound *Pueraria lobate* and *Ophiopogon japonicus* tea. In this study, the compound *Pueraria lobate* and *Ophiopogon japonicus* tea was administered to normal mice. Moreover, a mouse model of hyperglycemia was established, and high (3.0 g/kg BW), medium (2.0 g/kg BW), and low (1.0 g/kg BW) doses of compound *Pueraria lobate* and *Ophiopogon japonicus* tea were administered to mice with hyperglycemia. The body weight, blood glucose and glucose tolerance indexes of the mice were detected. In addition, the control group was given placebo and the experimental group was given compound *Pueraria lobate* and *Ophiopogon japonicus* tea twice a day, 3 g each time for 60 days in hyperglycemic people. The changes in glycosylated hemoglobin, blood glucose and clinical symptoms were observed. The results showed that compound *Pueraria lobate* and *Ophiopogon japonicus* tea had no effect on the body weight and blood glucose in normal mice, but the 2 h blood glucose of hyperglycemic model mice in high and medium dose groups were decreased significantly and extremely significantly, respectively ($P<0.05$, $P<0.01$). The area under the blood glucose curve of hyperglycemic model mice in the high dose group

收稿日期: 2021-10-14

基金项目: 国家自然科学基金青年基金 (32001652)。

作者简介: 李欣 (1995-), 女, 博士研究生, 研究方向: 食品营养与健康, E-mail: 634282742@qq.com。

* 通信作者: 单媛媛 (1984-), 女, 博士, 副教授, 研究方向: 动物性食品的营养加工与副产物的综合利用研究及禽蛋营养与人类健康、肠道健康的膳食干预机制研究, E-mail: shanyy2013@163.com。

吕欣 (1975-), 男, 博士, 教授, 研究方向: 采用现代分子生物学与发酵工程理论和技术解决生产中的基础和应用问题, E-mail: xinlu@nwsuaf.edu.cn。

was significantly decreased ($P<0.05$). The results of clinical trials showed compound *Pueraria lobate* and *Ophiopogon japonicus* tea could significantly reduce fasting blood glucose and 2 h blood glucose in hyperglycemic people ($P<0.01$). The effective rate of blood glucose reduction was 70.91%, and the effective rate of improving the symptoms of thirst, polyuria, polydipsia, hunger, fatigue was more than 44.90%. In conclusion, the compound *Pueraria lobate* and *Ophiopogon japonicus* tea had hypoglycaemic activity. The study had important significance and value for the prevention and treatment of diabetes and its complications.

Key words: *Pueraria lobate*; *Ophiopogon japonicus*; compound tea; hypoglycaemic activity; glucose tolerance

糖尿病(DM)是由代谢紊乱引起的慢性渐进性系统性疾病,其特征是高血糖,2型糖尿病占糖尿病患者总数的90%以上^[1-2]。该情况的特点是缺乏胰岛素分泌和胰岛素抵抗,或两者兼有。糖尿病经常伴随着各种慢性并发症,导致多器官系统严重受损,发病率高。目前,全球糖尿病发病率正在逐步上升。世界卫生组织的数据表明,全球糖尿病患者人数已达4.15亿^[3-4]。现如今,双胍类、胰岛素增敏剂、糖苷酶抑制剂等药物干预是公认的有效降糖方法,但由于这些药物具有较多副作用,在临床应用中存在一定的局限性^[5]。因此,创新低副作用的降血糖功能性食品,对全球健康具有重要意义。

茶具有悠久的历史,是最受欢迎的饮料之一,全世界每天有数百万人饮用茶^[6-7]。茶叶具有抗氧化、抗炎、抗癌、抗心血管、降血糖和抗肥胖等诸多益处,因此可以在功能性食品、饮料和保健食品中使用^[8-9]。茶叶中含有许多活性成分,如酚酸、黄酮醇、生物碱等,其中酚类化合物占据着重要地位^[10]。研究表明茶多酚可以减少禁食血糖水平和间质脂肪,同时可能通过防止 β 细胞损伤增加胰岛素的血清水平^[11-12]。近年来,葛根、麦冬、灵芝、西洋参等中药成分由于其抗炎、抗癌、心血管保护、肝保护、抗糖尿病、抗肥胖和神经保护特性引起了广泛的关注^[13-15],并被用作功能性食物或膳食补充剂来预防和管理慢性疾病。葛根和麦冬分别被卫生部列入食药同源名单以及可用于保健食品的中药名单,且葛根和麦冬是常见的降血糖组合,当与降糖药或胰岛素联合使用时,可以增强降糖效果^[16]。有研究表明,葛根可以通过增加4-葡萄糖转运蛋白(GLUT4)的表达来增加L6细胞中葡萄糖摄取和增强葡萄糖利用活性的能力^[17]。葛根素,也称葛根黄素,是分离于葛根中的异黄酮类衍生物^[17-18]。葛根素可以通过GLP-1 β 信号激活促进 β 细胞新生,从而改善糖尿病小鼠的高血糖症状^[19]。此外,人参皂苷是一种类固醇化合物,又称三萜皂苷,多年来被用来辅助治疗糖尿病^[20]。多项实验和临床数据表明,人参皂苷的抗糖尿病功效归因于其抗氧化、抗炎、抗高血糖,调节肠道微生物群失调作用^[21-23]。因此,葛根麦冬复合茶可能是一种具有潜力的降血糖功能性食品,但对其具体的降血糖效果鲜有报道,缺乏科学验证。本文所研究的葛根麦冬复合茶主要原料是葛根、麦冬、绿茶,灵芝、西洋参为辅,并且经过特殊工艺加工制备而成,其主要活性成分为葛根素、

人参皂苷、茶多酚。本文通过建立高血糖小鼠模型以及临床试验进行葛根麦冬复合茶干预,对葛根麦冬复合茶的降血糖作用进行探究,为其发展提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 材料与仪器

葛根麦冬复合茶 陕西华州医药生物工程有限公司(三原华州医药生物工程生产基地);四氧嘧啶 美国Sigma公司;葡萄糖 天津百世化工有限公司;实验动物 由北京维通利华实验动物技术有限公司提供的SPF级7周龄KM雄性小鼠(120只,24.1~28.0 g)(质量合格证号为11400700204569和11400700204571),动物生产许可证号为SCXK(京)2016-0011号。所有动物自由进食标准颗粒饲料及饮水,保持环境温度20~24℃,相对湿度40%~60%,于12 h光照与12 h黑暗条件下饲养,动物房使用许可证号为SYXK(陕)2013-005号。

AU400全自动生化分析仪 日本奥林巴斯公司;URIT-500尿液化学分析仪 桂林优利特医疗电子有限公司;X线透视机 日本岛津公司;稳豪R倍优型血糖测试仪 美国强生公司。

1.2 实验方法

1.2.1 葛根麦冬复合茶制作工艺 首先进行原辅料检验,将检验合格的绿茶干燥、粉碎、过筛后灭菌备用;取检验合格的葛根、麦冬、灵芝、西洋参在75℃下水提90 min,过滤后浓缩、干燥备用;将原辅料混匀进行湿法制粒,干燥后包装、检验得到葛根麦冬复合茶。葛根麦冬复合茶配方见表1。

表1 葛根麦冬复合茶配方
Table 1 Formula of compound *Pueraria lobate* and *Ophiopogon japonicus* tea

	配方	含量(g)
原料	葛根	2500
	麦冬	2250
	绿茶	1650
	灵芝	1500
	西洋参	700
共制	1000袋(每袋3 g)	

1.2.2 葛根麦冬复合茶提取物制备 在常压下,取30 g葛根麦冬复合茶,在温度为80~90℃的水浴中浸泡30 min,提取2次,合并两次提取液并浓缩至含生茶1 g/mL(即1 mL提取液含有1 g绿茶)的提取

液备用。葛根麦冬复合茶提取物主要成分见表 2。

表 2 葛根麦冬复合茶提取物成分 Table 2 Extract ingredients of compound <i>Pueraria lobate</i> and <i>Ophiopogon japonicus</i> tea	
物质	含量
葛根素(mg/100 g)	1108.94±32.12
总皂苷(mg/100 g)	463.23±1.21
茶多酚(g/100 g)	9.77±0.05

1.2.3 动物分组及处理 正常小鼠降糖试验: 健康小鼠 20 只, 随机分组, 对照组给予蒸馏水, 剂量组经口给予高剂量浓度葛根麦冬复合茶(3.0 g/kg BW), 灌胃容量为 0.2 mL/10 g BW, 每日 1 次, 连续 30 d, 测空腹血糖(禁食 5 h), 比较两组动物血糖值。

高血糖模型小鼠降糖试验: 选小鼠 100 只, 禁食 24 h 后, 尾静脉注射四氧嘧啶(45 mg/kg BW)一次造模, 注射完后恢复自由进食标准颗粒饲料及饮水, 饲养 5 d。造模 5 d 后禁食 5 h, 测定血糖浓度。选取高血糖建模成功小鼠(血糖值在 10~25 mmol/L)40 只^[24], 每组 10 只。取葛根麦冬复合茶分为高剂量(3.0 g/kg BW)、中剂量(2.0 g/kg BW)和低剂量(1.0 g/kg BW)三组, 分别相当于人体推荐用量的 30、20 和 10 倍。人体推荐用量根据《中国药典》计算标准成人(60 kg)用法与用量计算^[25]。灌胃容量为 0.2 mL/10 g BW。模型组灌胃同等体积蒸馏水, 每日 1 次, 连续 30 d。

1.2.4 葡萄糖耐量试验 高、中、低剂量组分别灌胃葛根麦冬复合茶 3.0、2.0、1.0 g/kg BW, 模型组灌胃同等体积蒸馏水, 灌胃容量为 0.2 mL/10 g BW, 每日 1 次, 连续 30 d。测空腹血糖值(禁食 5 h), 然后各剂量组再给予一次相应浓度葛根麦冬复合茶, 模型组灌胃同等体积蒸馏水, 15 min 后各组经口给予葡萄糖 2.0 g/kg BW, 测定给葡萄糖后各组 0.5、2.0 h 的血糖值。比较各组动物血糖值, 观察模型组与试剂组给葡萄糖后各时点(0、0.5、2.0 h)血糖值及血糖曲线下面积的变化。

1.2.5 临床试验 受试对象: 经饮食控制或口服降糖药物治疗后病情较稳定, 不需要更换药物品种及剂量, 仅服用维持量的成年 2 型糖尿病受试者, 即空腹血糖 ≥ 7 mmol/L(126 mg/dL)或餐后 2 h 血糖 ≥ 11.1 mmol/L(200 mg/dL)。空腹血糖 5.6~7 mmol/L(100~126 mg/dL)或餐后 2 h 血糖 7.8~11.1 mmol/L(140~200 mg/dL)的糖调节受损人群。志愿者委托陕西省中医药研究院食品化妆品检验检定中心与陕西中医药大学第二附属医院共同进行招募。获得知情同意书, 受试者自愿参加, 并排除不符合标准的受试者(注册检验受理编号: GZ05120160095)。试食前对受试者进行问询及检查, 实验组和对照组的一般资料比较差异无显著性($P>0.05$), 且两组受试者合并用药情况均无显著性差异($P>0.05$), 见表 3。

试验设计及分组: 采用自身和组间两种对照设

表 3 受试者资料 Table 3 Data of subjects		
项目	实验组	对照组
病例数(例)	55	56
性别(男/女)	33/22	34/22
年龄(岁)	50.58±9.32	50.13±10.91
空腹血糖	8.17±1.02	8.13±0.89
餐后 2 h 血糖	12.08±0.97	11.89±1.06
糖化血红蛋白	7.79±0.74	7.78±0.88
临床症状总积分	6.45±1.86	6.82±2.12
合并降糖药情况(例)	磺脲类	8
	双胍类	13
	磺脲±双胍	9

计。根据随机盲法的要求随机分为实验组和对照组, 进行均衡性检验以保证组间的可比性。实验组服用葛根麦冬复合茶, 每日 2 次, 每次 3 g, 开水冲泡后饮用, 连续服用 60 d。对照组服用安慰剂, 并观测两组指标变化。

1.3 数据处理

试验结果用“平均值±标准差”表示。使用 Origins 8.5 和 SPSS 25.0 软件中的方差的分析进行差异显著性比较以及绘图。

2 结果与分析

2.1 葛根麦冬复合茶对正常小鼠的影响

由图 1A 可见, 与对照组相比, 剂量组体重增重无显著差异($P>0.05$)。此外, 与对照组相比, 剂量组试验后空腹血糖值无显著差异($P>0.05$)(图 1B)。结果显示葛根麦冬复合茶不会造成正常小鼠体重下降以及血糖降低。

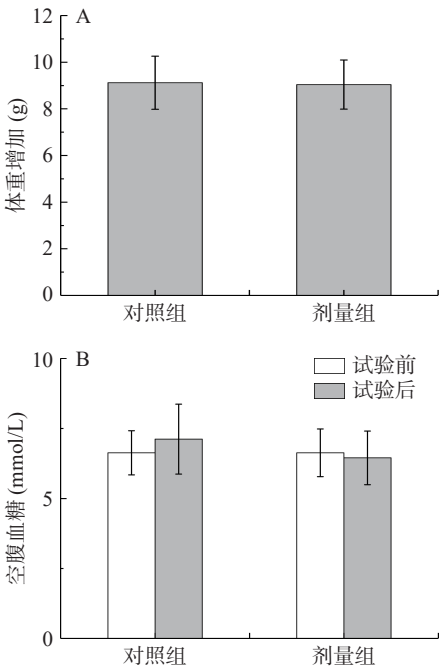


图 1 葛根麦冬复合茶对正常小鼠的影响

Fig.1 Effect of compound *Pueraria lobate* and *Ophiopogon japonicus* tea on normal mice

2.2 葛根麦冬复合茶对高血糖小鼠的影响

图 2A 表明,与模型组比较,各剂量组对高血糖模型小鼠体重增量差异均无显著性($P>0.05$),表明葛根麦冬复合茶对高血糖小鼠的体重无显著作用。图 2B 表明,试验前,各组小鼠血糖值均在 10~25 mmol/L 范围内,表明高血糖模型成立^[24]。试验后各剂量组小鼠空腹血糖值均较模型组降低,但各剂量组与模型组间差异均无显著性($P>0.05$)。

糖耐量受损是糖尿病发展前期的表现,可以通过根据口服葡萄糖耐量试验(oral glucose tolerance

test, OGTT)进行判断^[26]。本研究进一步探究葛根麦冬复合茶对高血糖模型小鼠糖耐量的影响,结果如图 2C~D,各剂量组高血糖模型小鼠给葡萄糖后各时间点血糖值和血糖曲线下面积均低于模型组。其中,高、中剂量葛根麦冬复合茶可以显著、极显著降低餐后 2 h 血糖值($P<0.05$, $P<0.01$),高剂量葛根麦冬复合茶显著降低血糖曲线下面积($P<0.05$)。有研究表明,血糖曲线面积可以更准确地描述对食物的血糖反应,表明葛根麦冬复合茶具有降血糖作用^[27]。

2.3 葛根麦冬复合茶临床试验结果

目前国内外虽对复合保健茶的降血糖作用有一定研究,但临床试验仍较少^[28-29]。本研究选取 111 名成年 2 型糖尿病受试者进行在临床试验,试食前对受试者进行问询及检查,实验组和对照组的一般资料比较差异无显著性($P>0.05$)。试食期间,两组受试人群一般症状体征均未见异常,表明该样品对受试者的一般状况体征无不良影响。如表 4 所示,受试者试食前后白细胞、红细胞、血红蛋白、血小板、肝肾功能、血液、胆固醇、甘油三酯和血压检测均未见明显变化($P>0.05$)。试食前后实验组异常尿糖例数与对照组比较差异无显著性($P>0.05$)。所有受试者试食前后尿常规、大便常规检查以及胸透、心电图、腹部 B 超检查均未见明显异常,表明葛根麦冬复合茶具备一定的安全性。

图 3A、B 表明试食前两组间空腹血糖比较差异无显著性($P>0.05$),试食后对照组空腹血糖下降值为 0.08 ± 0.80 ,下降率为 $0.55\%\pm9.56\%$,实验组空腹血糖下降值为 1.13 ± 1.18 ,下降率为 $14.28\%\pm14.93\%$ 。实验组试食后空腹血糖与对照组试食后、实验组试食前比较差异均有极显著性($P<0.01$)。试食后对照组餐后 2 h 血糖下降值为 0.09 ± 1.06 ,下降率为 $0.64\%\pm8.94\%$,实验组餐后 2 h 血糖下降值为 1.38 ± 1.12 ,下降率为 $11.41\pm9.23\%$,实验组试食后餐后 2 h 血糖与对照组试食后、实验组试食前比较差异均有极显著性($P<0.01$)。试食前后两组间糖化血红蛋白比较差异无显著性($P>0.05$)(图 3C)。图 3D 表明,试食前两组受试者临床症状总积分比较无显著性差异($P>0.05$),实验组试食后临床症状总积分极显著下降($P<0.01$)。

糖尿病病人多表现多饮、多尿、多食易饥、倦怠乏力等临床症状^[30-31],本研究进一步探究了葛根麦冬复合茶对糖尿病病人的临床症状的改善率的影响。如表 5,实验组改善口渴多饮、多尿、多食易饥、倦怠乏力症状的有效率分别为 44.90%、53.85%、48.94%、50.00%,与对照组比较差异均有显著/极显著性($P<0.05$, $P<0.01$)。试验期间未见与受试品或安慰剂有关的不良反应,并且受试者的安全性检查指标均未见明显变化或异常现象。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判定标准可判定,葛根麦冬复合茶具有辅助降血糖功能,在治疗

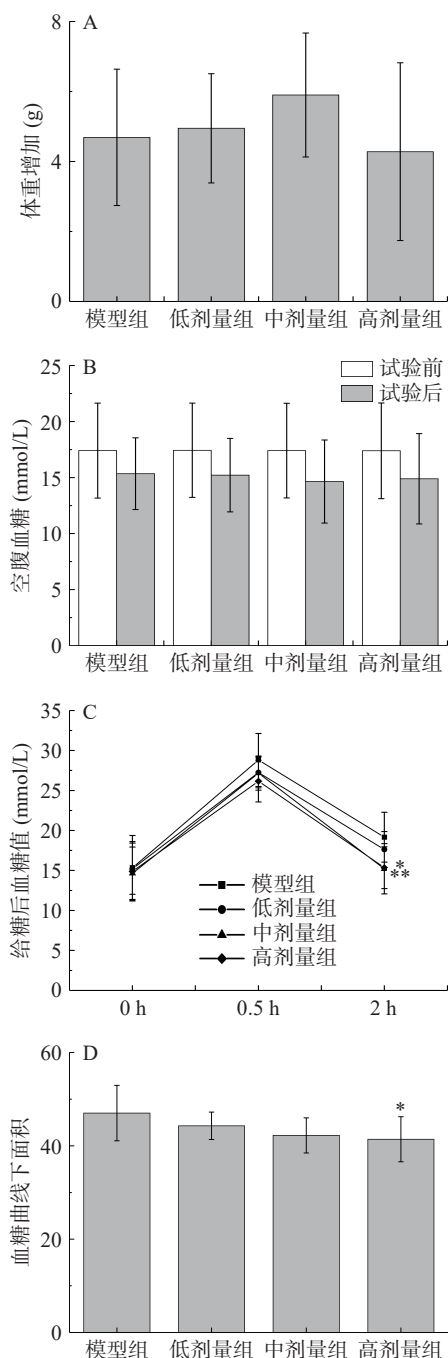


图 2 葛根麦冬复合茶对高血糖小鼠的影响

Fig.2 Effect of compound *Pueraria lobate* and *Ophiopogon japonicus* tea on mice with hyperglycemia

注: *与模型组比较差异有显著性($P<0.05$); **与模型组比较差异有极显著性($P<0.01$)。

表 4 葛根麦冬复合茶对人生化指标的影响

Table 4 Effects of compound *Pueraria lobate* and *Ophiopogon japonicus* tea on biochemical markers in human

项目	实验组(n=55)		对照组(n=56)	
	试食前	试食后	试食前	试食后
白细胞($\times 10^9/L$)	6.94 $\pm$ 1.55	6.69 $\pm$ 1.66	6.57 $\pm$ 1.48	6.66 $\pm$ 1.54
红细胞($\times 10^{12}/L$)	4.58 $\pm$ 0.46	4.48 $\pm$ 0.3	4.49 $\pm$ 0.29	4.46 $\pm$ 0.26
血红蛋白(g/L)	135.73 $\pm$ 12.41	135.42 $\pm$ 12.55	134.23 $\pm$ 13.46	127.07 $\pm$ 14.35
血小板($\times 10^9/L$)	185.00 $\pm$ 48.28	183.11 $\pm$ 49.44	184.35 $\pm$ 53.77	187.02 $\pm$ 52.02
血清总蛋白(g/L)	71.46 $\pm$ 4.30	70.30 $\pm$ 4.20	70.43 $\pm$ 4.69	70.29 $\pm$ 4.55
血清白蛋白(g/L)	42.24 $\pm$ 4.18	42.21 $\pm$ 3.38	42.36 $\pm$ 4.06	41.68 $\pm$ 3.79
谷丙转氨酶(U/L)	26.02 $\pm$ 3.44	26.62 $\pm$ 4.51	26.18 $\pm$ 4.67	26.41 $\pm$ 5.34
谷草转氨酶(U/L)	27.20 $\pm$ 3.99	26.33 $\pm$ 4.14	25.93 $\pm$ 5.65	27.04 $\pm$ 4.43
肌酐(umol/L)	70.55 $\pm$ 17.97	72.75 $\pm$ 16.05	68.11 $\pm$ 14.08	70.18 $\pm$ 13.63
尿素氮(mmol/L)	5.09 $\pm$ 0.95	5.31 $\pm$ 0.64	5.14 $\pm$ 1.05	5.31 $\pm$ 0.55
总胆固醇(mmol/L)	4.78 $\pm$ 0.50	4.80 $\pm$ 0.39	4.80 $\pm$ 0.39	4.77 $\pm$ 0.43
甘油三酯(mmol/L)	1.29 $\pm$ 0.31	1.24 $\pm$ 0.36	1.20 $\pm$ 0.36	1.28 $\pm$ 0.38
血压(mmHg)舒张压	120.36 $\pm$ 7.69	120.27 $\pm$ 8.25	121.70 $\pm$ 7.46	122.05 $\pm$ 6.93
血压(mmHg)收缩压	77.55 $\pm$ 5.26	77.09 $\pm$ 5.15	78.66 $\pm$ 5.09	78.84 $\pm$ 6.10
异常尿糖(例)	31	22	32	27

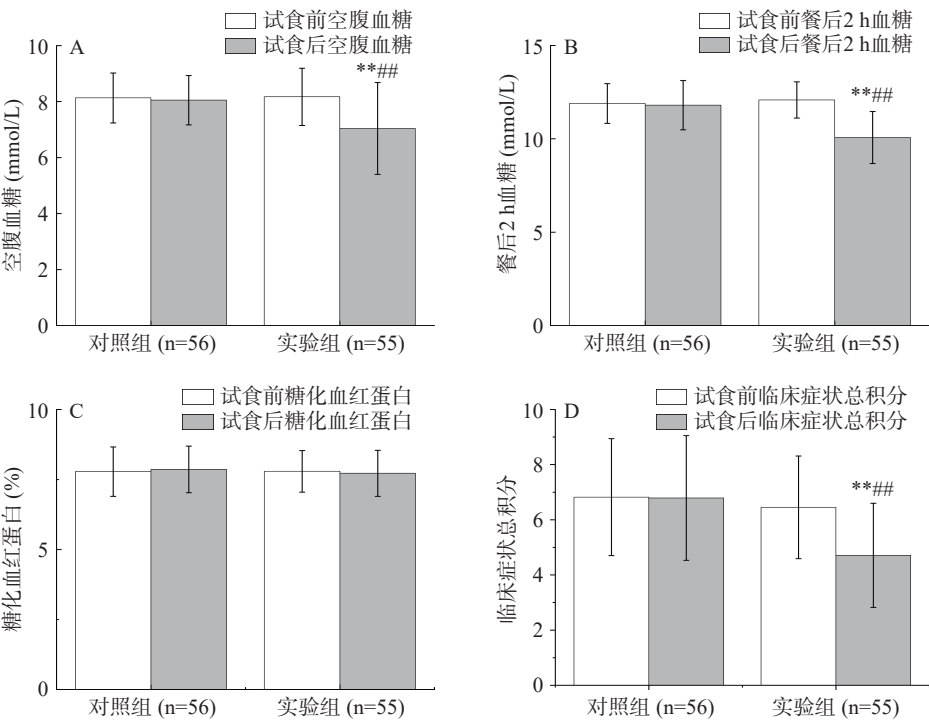


图 3 葛根麦冬复合茶对高血糖人群的影响

Fig.3 Effect of compound *Pueraria lobate* and *Ophiopogon japonicus* tea on human with hyperglycemia

注: *与对照组试食后比较差异有显著性($P<0.05$); **与对照组试食后比较差异有极显著性($P<0.01$); #与实验组试食前比较差异有显著性($P<0.05$); ##与实验组试食前比较差异有极显著性($P<0.01$)。

表 5 葛根麦冬复合茶对各临床症状改善率的影响

Table 5 Effect of compound *Pueraria lobate* and *Ophiopogon japonicus* tea on the improvement rate of clinical symptoms

组别	口渴多饮			多尿			多食易饥			倦怠乏力		
	人数	有效	有效率(%)	人数	有效	有效率(%)	人数	有效	有效率(%)	人数	有效	有效率(%)
实验组(n=55)	49	22	44.90	52	28	53.85	47	23	48.94	52	26	50.00
对照组(n=56)	47	9	19.15	49	9	19.37	46	12	26.09	48	10	20.83
p值(组间)			0.007			0.000			0.023			0.002

糖尿病方面具有良好的应用前景,但是具体的降血糖机制值得进一步探究。

3 结论

本实验结果表明,高剂量(3.0 g/kg BW)葛根麦冬复合茶对正常小鼠的体重、血糖值无显著影响($P>0.05$)。高、中剂量(3.0 g/kg BW、2.0 g/kg BW)葛根麦冬复合茶可以显著、极显著降低($P<0.05$, $P<0.01$)高血糖模型小鼠餐后2 h血糖,且高剂量组高血糖模型小鼠血糖曲线下面积显著减少($P<0.05$)。对于高血糖人群,葛根麦冬复合茶可以极显著降低其空腹血糖和餐后2 h血糖($P<0.01$),改善口渴多饮、多尿、多食易饥、倦怠乏力症状。综上所述,葛根麦冬复合茶具有辅助降血糖作用。本项研究工作的开展,为葛根麦冬复合茶的开发提供了理论依据,为开发天然降糖食品奠定了基础。

参考文献

- [1] DEFRONZO R A. From the triumvirate to the ominous octet: A new paradigm for the treatment of type 2 diabetes mellitus[J]. *Diabetes*, 2009, 58(4): 773.
- [2] 中华医学会糖尿病学分会. 中国2型糖尿病防治指南(2017年版)[J]. 中国实用内科杂志, 2018, 38(4): 53. [Diabetes Branch of Chinese Medical Association. Guidelines for prevention and treatment of type 2 diabetes in china (2017)[J]. *Chinese Journal of Practical Internal Medicine*, 2018, 38(4): 53.]
- [3] ROTH G A, JOHNSON C, ABAJOBIR A, et al. Global, regional, and national burden of cardiovascular diseases for 10 causes, 1990 to 2015[J]. *J Am Coll Cardiol*, 2017, 70(1): 1–25.
- [4] ORGANIZATION W. WHO Global report on diabetes[J]. Organization, 2016; 8–10.
- [5] BAILEY C J, DAY C. The future of new drugs for diabetes management[J]. *Diabetes Research and Clinical Practice*, 2019, 155: 107785.
- [6] LIANG S, GRANATO D, ZOU C, et al. Processing technologies for manufacturing tea beverages: From traditional to advanced hybrid processes[J]. *Trends Food Sci Technol*, 2021, 118: 431–446.
- [7] MANCINI E, BEGLINGER C, DREWE J, et al. Green tea effects on cognition, mood and human brain function: A systematic review[J]. *Phytomedicine*, 2017, 34: 26–37.
- [8] XING L, ZHANG H, QI R, et al. Recent advances in the understanding of the health benefits and molecular mechanisms associated with green tea polyphenols[J]. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 2019, 67(4): 1029–1043.
- [9] RANA A, RANA S, KUMAR S. Phytotherapy with active tea constituents: A review[J]. *Environ Chem Lett*, 2021, 19(3): 2031–2041.
- [10] SHANG A, LI J, ZHOU D D, et al. Molecular mechanisms underlying health benefits of tea compounds[J]. *Free Radic Biol Med*, 2021, 172: 181–200.
- [11] FERREIRA M A, SILVA D M, MORAIS A D, et al. Therapeutic potential of green tea on risk factors for type 2 diabetes in obese adults – a review[J]. *Obes Rev*, 2016, 17: 1316–1328.
- [12] CHEN T, LIU A B, SUN S, et al. Green tea polyphenols modify the gut microbiome in db/db mice as co-abundance groups correlating with the blood glucose lowering effect[J]. *Molecular Nutrition & Food Research*, 2019, 63(8): 1801064.
- [13] GONG X, JI M, XU J, et al. Hypoglycemic effects of bioactive ingredients from medicine food homology and medicinal health food species used in China[J]. *Crit Rev Food Sci Nutr*, 2020, 60(14): 2303–2326.
- [14] QIAN K, TAN T, OUYANG H, et al. Structural characterization of a homopolysaccharide with hypoglycemic activity from the roots of *Pueraria lobata*[J]. *Food & Function*, 2020, 11(8): 7104–7114.
- [15] CHEN M H, CHEN X J, WANG M, et al. *Ophiopogon japonicus*—a phytochemical, ethnomedicinal and pharmacological review[J]. *Journal of Ethnopharmacology*, 2016, 181: 193–213.
- [16] YANG L, CHEN J, LU H, et al. *Pueraria lobata* for diabetes mellitus: Past, present and future[J]. *The American Journal of Chinese Medicine*, 2019, 47(7): 1–26.
- [17] ZHOU Y X, ZHANG H, PENG C. Puerarin: A review of pharmacological effects[J]. *Phytotherapy Research*, 2014, 28(7): 961–975.
- [18] ZHOU H, LI X, SHANG Y, et al. Radical scavenging activity of puerarin: A theoretical study[J]. *Antioxidants*, 2019, 8(12): 590.
- [19] WANG C, YAO J, JU L, et al. Puerarin ameliorates hyperglycemia in HFD diabetic mice by promoting β -cell neogenesis via GLP-1R signaling activation[J]. *Phytomedicine*, 2020, 70: 153222.
- [20] KIM J H. Pharmacological and medical applications of Panax ginseng and ginsenosides: A review for use in cardiovascular diseases[J]. *Journal of Ginseng Research*, 2018, 42(3): 264–269.
- [21] SHAO J W, JIANG J L, ZOU J J, et al. Therapeutic potential of ginsenosides on diabetes: From hypoglycemic mechanism to clinical trials[J]. *J Funct Food*, 2020, 64: 103630.
- [22] WEI Y, YANG H, ZHU C, et al. Hypoglycemic effect of ginsenoside Rg5 mediated partly by modulating gut microbiota dysbiosis in diabetic db/db mice[J]. *J Agric Food Chem*, 2020, 68(18): 5107–5117.
- [23] BAI L, GAO J, WEI F, et al. Therapeutic potential of ginsenosides as an adjuvant treatment for diabetes[J]. *Frontiers in Pharmacology*, 2018, 9: 423.
- [24] 常松林, 高晓余, 柳双凤, 等. α -亚麻酸对高脂饮食和链脲佐菌素诱导Ⅱ型糖尿病模型小鼠的降血糖作用[J]. 中国食品学报, 2021, 21(10): 86–94. [CHANG S L, GAO X Y, LIU S F, et al. Hypoglycemic effect of α -linolenic acid on high-fat diet and streptozotocin-induced type II diabetes model mice[J]. *Journal of Chinese Institute of Food Science and Technology*, 2021, 21(10): 86–94.]
- [25] 国家药典委员会. 中国药典[M]. 北京: 中国医药科技出版社, 2020. [National pharmacopoeia Commission. Chinese pharmacopoeia[M]. Beijing: China Medical Science and Technology Press, 2020.]
- [26] AHUJA V, ARONEN P, PRAMODKUMAR T A, et al. Ac-

curacy of 1-hour plasma glucose during the oral glucose tolerance test in diagnosis of type 2 diabetes in adults: A meta-analysis[J]. *Diabetes Care*, 2021, 44(4): 1062–1069.

[27] FLOCH J-P L, ESCUYER P, BAUDIN E, et al. Blood glucose area under the curve: Methodological aspects[J]. *Diabetes Care*, 1990, 13(2): 172–175.

[28] 刘韞滔, 黄伟民, 李诚, 等. 木姜叶柯全发酵茶的活性成分及其降血糖活性研究 [J]. 食品与发酵工业, 2020, 416(20): 57–64. [LIU Y T, HUANG W M, LI C, et al. Active components and hypoglycemic activities of the whole fermentation tea of *Litocarpus litseifolius* [J]. Food and Fermentation Industries, 2020,

416(20): 57–64.]

[29] LI H, FANG Q, NIE Q, et al. Hypoglycemic and hypolipidemic mechanism of tea polysaccharides on type 2 diabetic rats via gut microbiota and metabolism alteration[J]. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 2020, 68(37): 10015–10028.

[30] KUO H J, HUANG Y C, GARCÍA A A. Fatigue, pain, sleep difficulties, and depressive symptoms in Mexican Americans and Chinese Americans with type 2 diabetes[J]. *J Immigr Minor Health*, 2020, 22(5): 895–902.

[31] HADDAD N G, NABHAN Z M, EUGSTER E A. Incidence of central diabetes insipidus in children presenting with polydipsia and polyuria[J]. *Endocr Pract*, 2016, 22(12): 1383–1386.