

• 论 著 •

## 米胚粉对 II 型糖尿病大鼠血脂与氧化损伤的影响\*

高婷<sup>1</sup>, 郭毅炜<sup>2</sup>, 潘帆<sup>2</sup>, 季佳乐<sup>2</sup>, 吴奕女<sup>3</sup>, 王文祥(通讯作者)<sup>2</sup>

1. 福建省疾病预防控制中心, 福建 福州 350001;
2. 福建医科大学公共卫生学院卫生检验与检疫学系, 福建 福州 350108;
3. 泉州鲤城泉珍农产品专业合作社, 福建 泉州 362000

**摘要:目的** 探讨米胚粉饮食干预对 II 型糖尿病模型 SD 雄性大鼠的影响, 为防治 II 型糖尿病的相关并发症提供科学依据。**方法** 102 只 SD 雄性大鼠随机分为 II 型糖尿病模型组和正常对照组, 前者给予高脂高糖饲料和小剂量 STZ 后, 再随机分为模型组、阳性对照组及米胚粉低、中、高剂量组, 分别给予普通饲料、普通饲料+500 mg/kg 二甲双胍溶液灌胃、2.5%、10%、40%米胚粉饲料, 正常对照组给予普通饲料。饮食干预 4 周后, 计算各组大鼠死亡率, 并检测血清及肝脏抗氧化指标(SOD、MDA、GSH-PX)和血脂指标(TG、CHO、LDL-C)。**结果** 高剂量组无死亡发生, 高剂量组与模型组相比较, 血清与肝脏中 SOD 显著增加[分别为(44.81±6.17)、(150.36±24.11)U/ml]( $P < 0.05$ ), MDA 显著降低[分别为(7.53±1.84)、(7.07±1.13)U/ml]( $P < 0.05$ ), 且血清 CHO 与 LDL-C 明显降低[分别为(2.57±0.41)、(1.04±0.47)mmol/L]( $P < 0.05$ )。**结论** 米胚粉对 II 型糖尿病大鼠具有降血脂、改善氧化损伤、降低死亡率的作用。

**关键词:** 米胚粉; II 型糖尿病; 高膳食纤维; 锌

**中图分类号:** R587.1

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1672-9153(2017)09-0641-04

**DOI:** 10.16406/j.pmt.issn.1672-9153.2017.09.001

### Effects of rice germ on blood lipid and oxidative damage in type II diabetic rats

GAO Ting\*, GUO Yi-wei, PAN Fan, JI Jia-le, WU Yi-nv, WANG Wen-xiang

\* Fujian Center for Disease Control and Prevention, Fuzhou, Fujian, 350001, China

**Abstract: Objective** To explore the effect of rice germ diet intervention on an SD male rats model of type II diabetes, so as to provide the scientific basis for prevention and cure of related complications of type II diabetes. **Methods** A total of 102 male SD rats were randomly divided into two groups: the type II diabetes model group and the normal control group. The model group were fed with high fat diet and injected with a single dose of STZ, and then were randomly divided into five groups, namely the model group, the positive control group and rice germ of low, middle and high dose group, and were fed with normal diet and normal diet plus metformin 500 mg/kg solution, 2.5%, 10% and 40% rice germ respectively. Normal control group were fed with normal diet. After 4 weeks of dietary intervention, the mortality of rats in each group was calculated. Serum and liver tissue were collected to measure the oxidant-antioxidant status (SOD, MDA, GSH-PX). Serum TG, CHO and LDL-C were also determined. **Results** No rat death occurred in the high dose group, as compared to the model group, the activity of SOD in serum and liver tissue in the high dose group significantly increased (44.81±6.17 U/ml, 150.36±24.11 U/ml) ( $P < 0.05$ ), whereas the level of MDA significantly decreased (7.53±1.84 U/ml, 7.07±1.13 U/ml) ( $P < 0.05$ ) and the levels of serum CHO and LDL-C also significantly decreased (2.57±0.41 mmol/L, 1.04±0.47 mmol/L) ( $P < 0.05$ ). **Conclusion** Rice germ can lower blood lipid, improve oxidative damage, and reduce mortality of type II diabetic rats.

**Key words:** Rice germ; Type II diabetes; High dietary fiber; Zinc

糖尿病是目前最常见的慢性非传染性疾病之一, 中华医学会糖尿病学会估计, 我国现有糖尿病患者 9 240 万例<sup>[1]</sup>, 世界糖尿病患者总人数预计到 2030 年将达到 4.39 亿<sup>[2]</sup>, 糖尿病已严重危害到人类的健康与发展, 它的治疗与预防刻不容缓。最新的《美国膳食指南的科学报告》指出大量摄入糖和精制碳水化合物对健康有害, 但全谷物等碳水化合物却对健康有益<sup>[3]</sup>。

中国居民日常主食主要是大米, 然而近年来, 大米加工越来越精细化。白米有诱发糖尿病的风险, 中国人风险高达 55%<sup>[4]</sup>。有资料显示中国人群大米摄入引起的血糖反应比欧裔人群高 60%<sup>[5]</sup>, 对谷物利用的研究成为热点。米胚粉是稻米精加工过程中的副产物, 属于全谷物的一种, 具有很高的营养价值, 但目前未见其对糖尿病病情的影响研究。充分利用米胚粉可减少中国居民日常饮食中白米的摄入量, 进而可能降低糖尿病风险<sup>[6]</sup>。我们利用高脂高糖饮食加小剂量链脲佐菌素 (Streptozocin, STZ) 诱发 SD 雄性大鼠发生 II 型糖尿病, 通过米胚粉进行饮食干预, 旨在研究米胚粉是否能起到调节 II 型糖尿病血脂与氧化损伤的作用, 从而

\* 基金项目: 福建省科技厅星火计划项目(2015S0006)

作者简介: 高婷(1982~), 女, 本科, 主管医师, 研究方向: 疾病预防与控制

通讯作者: 王文祥, 副教授, E-mail: wangwenxiang@fjmu.edu.cn

降低Ⅱ型糖尿病的相关并发症,改善糖尿病患者的生存质量。

## 1 材料与方 法

### 1.1 材 料

1.1.1 实验动物 100只清洁级雄性SD大鼠(70±20)g及普通饲料购自福建医科大学动物实验中心。高脂高糖饲料及米胚粉饲料于吴氏实验动物代加工(高糖高脂饲料:基础饲料65%,蔗糖20%,猪油10%,蛋黄粉2.5%,胆固醇2.5%;米胚粉饲料:低、中、高剂量组分别由含有2.5%、10%、40%米胚粉及相应含量的基础饲料制成)。

1.1.2 主要试剂与仪器 柠檬酸盐缓冲液配制:柠檬酸2.1g加入蒸馏水100ml配成A液;柠檬酸钠2.94g加入蒸馏水100ml配成B液,将A、B液按1:1.32的比例混合,pH试纸测定pH值,调节至pH4.2~4.5。STZ溶液配制:用柠檬酸缓冲液以1%的浓度溶解STZ,按需要的量配制STZ溶液,STZ易失活,配制完成后需干燥避光,在30分钟内注射完毕。二甲双胍溶液配制:用研钵将二甲双胍片剂研磨成粉末状,用生理盐水配制成500mg/kg,现用现配。

链脲佐菌素(STZ)(Sigma公司)、盐酸二甲双胍(Metformin Hydrochloride)(北京京丰制药有限公司)。超氧化物歧化酶(superoxide dismutase, SOD)测定试剂盒、谷胱甘肽过氧化物酶(glutathione peroxidase, GSH-PX)测定试剂盒、丙二醛(malondialdehyde, MDA)测定试剂盒及甘油三酯(triglyceride, TG)测定试剂盒、总胆固醇(CHO)测定试剂盒、低密度脂蛋白(LDL)测定试剂盒(南京建成生物工程研究所)。米胚粉由福建省泉州市泉珍农产品专业合作社提供(营养成分已委托福建省产品质量研究院检测)。VIS-7220N分光光度计、DK-S26型电热恒温水浴锅、飞鸽牌TDL-5-A型低速台式离心机、HC.TP12R5架盘药物天平、分析天平及三诺安稳血糖仪及试纸。

### 1.2 方 法

1.2.1 Ⅱ型糖尿病模型建立 将102只雄性SD大鼠按体重随机分2组分10笼饲养,普通饲料适应性喂养3d,再随机抽取1笼11只为正常对照组,其余91只为高脂高糖模型组(Ⅱ型糖尿病模型组)。正常对照组以普通饲料喂养,高脂高糖模型组以高脂高糖饲料喂养。高脂高糖模型组喂养5周后,禁食不禁水16h,腹腔注射单次小剂量STZ35mg/kg,同时正常对照组腹腔注射等体积生理盐水,72h后监测空腹血糖(FBG),FBG≥11.1mmol/L作为造模成功指标。

1.2.2 动物分组 将造模成功的55只SD大鼠按血糖随机分组,分为模型组、阳性对照组及米胚粉干预高、中、低剂量组5个组,每组11只。其中,正常对照

组、模型组及阳性对照组予普通饲料,米胚粉干预组分别予2.5%、10%、40%米胚粉饲料,另外,阳性对照组每日晚予以500mg/kg二甲双胍溶液灌胃处理。饮食干预4周,密切观察各组大鼠的一般状态,包括体重、饮水量、进食量、尿量及精神状态,每隔3d监测1次体重,1周监测1次FBG。饮食干预4周后,隔夜禁食不禁水12h,称量空腹体重,断尾取血,血糖仪测量FBG。

1.2.3 检测指标 眼眶静脉丛取血,将血液置于10ml离心管中,静置4h,3000r/min10min分离血清备用;取部分肝组织制成10%肝匀浆备用,使用SOD测定试剂盒、GSH-PX测定试剂盒及MDA测定试剂盒分别测定血清、肝匀浆的SOD、GSH-PX、MDA;使用TG测定试剂盒、CHO测定试剂盒、LDL测定试剂盒测定血脂。

1.2.4 统计学处理 计量资料以 $\bar{x} \pm s$ 表示,应用SPSS 19.0软件处理各组数据,组间数据的两两比较采用 $q$ 检验,率的比较采用 $\chi^2$ 检验。

## 2 结 果

2.1 米胚粉功效成分检测 米胚粉的功效成分委托福建省产品质量研究院检测,胚粉的功效成分与大米相比较,米胚粉中蕴含丰富的蛋白质、膳食纤维、多种维生素,且含较多的微量元素如钙、铁、锌、硒、镁等。见表1。

表1 米胚粉与大米功效成分检测

功效成分	大米	米胚粉
水分(g/100g)	13.70	7.44
灰分(g/100g)	0.60	7.70
蛋白质(g/100g)	7.70	14.20
脂肪(g/100g)	0.60	20.80
铜(mg/100g)	0.19	0.84
锌(mg/100g)	1.45	6.01
维生素E(mg/100g)	1.01	4.02
维生素B1(mg/100g)	0.16	0.27
维生素B2(mg/100g)	0.08	0.09
磷(mg/100g)	$1.21 \times 10^2$	$1.7 \times 10^3$
烟酸(mg/100g)	1.30	2.30
铁(mg/100g)	1.10	8.30
镁(mg/100g)	34.00	$8.1 \times 10^2$
锰(mg/100g)	1.36	19.00
钾(mg/100g)	97.00	$1.51 \times 10^3$
钙(mg/100g)	11.00	75.00
硒( $\mu$ g/100g)	2.50	10.00
膳食纤维(g/100g)	0.62	20.38
肌醇(mg/100g)	—	30.32

2.2 米胚粉对体重和死亡率的影响 正常对照组大鼠状态良好,皮毛有光泽,形体匀称,进食饮水正常,体重增长稳定;Ⅱ型糖尿病模型组大鼠在诱导建立高脂高糖模型的5周内体重快速增长,腹部略胖,逐渐出现

嗜睡少动, 饮食饮水增加的情况, 腹腔单次小剂量注射 STZ 后, 出现明显的“三多一少”症状, 精神略萎靡, 反应略迟钝, 皮毛缺乏光泽, 其中阳性对照组及高剂量组的类似情况程度较轻。从表 2 可看出, 饮食干预前后, 糖尿病模型各组大鼠体重与正常对照组的体重差异无统计学意义 ( $q = 1.26, 1.19, 1.52, 1.17, 0.93, P > 0.05$ )。

此次实验雄性 SD 大鼠建模成功 55 只, 饮食干预结束后模型组死亡 5 只, 阳性对照组死亡 6 只, 低剂量组死亡 4 只, 中剂量组死亡 5 只, 此外, 正常对照组和高剂量组状态良好, 未出现死亡, 经  $\chi^2$  检验高剂量组与模型组死亡率差异有统计学意义 ( $\chi^2 = 6.47, P < 0.05$ ), 模型组与正常对照组死亡率差异有统计学意义 ( $\chi^2 = 6.47, P < 0.05$ )。见表 2。

表 2 米胚粉干预对大鼠体重的影响 ( $\bar{x} \pm s$ )

组别	干预前(g)	干预后(g)
正常对照组	372.33±26.74	442.72±71.06
模型组	348.83±36.08	406.17±60.57
阳性对照组	341.27±57.73	406.00±55.46
低剂量组	339.73±39.50	384.14±52.56
中剂量组	349.40±30.80	408.83±50.78
高剂量组	341.44±22.68	420.09±45.37

2.3 米胚粉对体内抗氧化水平的影响 模型组与正常对照组相比较, 血清与肝 SOD 均明显降低 ( $q = 3.10, 3.31, P < 0.01$ ), 而 MDA 明显增高 ( $q = 2.43, 3.36, P < 0.05, 0.01$ ), 血清 GSH-PX 变化无统计学意义 ( $q = 1.18, P > 0.05$ )。米胚粉高中低剂量组与模型组比较, 发现各剂量组 SOD 均有不同程度升高, 其中以高剂量组最为明显 ( $q = 2.26, 2.31, P < 0.05$ ), 而 MDA 均有不同程度下降, 其中以高剂量组最为明显 ( $q = 2.67, 2.44, P < 0.05$ )。见表 3、4。

表 3 米胚粉干预对大鼠血清抗氧化水平的影响 ( $\bar{x} \pm s, U/ml$ )

组别	SOD	MDA	GSH-PX
正常对照组	47.67±4.05	7.81±1.23	113.05±33.66
模型组	36.56±8.59	11.30±4.65	129.11±31.78
阳性对照组	44.02±9.40	8.62±1.91	129.82±28.14
低剂量组	42.26±7.09	8.53±0.98	109.87±15.76
中剂量组	39.67±7.81	10.28±5.01	135.23±28.54
高剂量组	44.81±6.17	7.53±1.84	119.63±18.06

2.4 米胚粉对体内血脂水平的影响 模型组与正常对照组相比较, 血清 CHO、LDL-C 升高 ( $q = 3.22, 3.17, P < 0.01$ ), 而 TG 无明显变化 ( $q = 0.58, P > 0.05$ )。米胚粉高中低剂量组与模型组比较, 可发现高剂量组血清 CHO、LDL-C 明显降低 ( $q = 2.84, 3.02, P < 0.01$ ), 而低、中剂量组虽有不同程度下降, 但不明显 ( $q = 1.66, 0.91, 1.79, 1.89, P > 0.05$ ), 提示米胚

粉可对抗 STZ 所致大鼠血脂代谢紊乱, 使糖尿病大鼠血清 CHO、LDL-C 下降。见表 5。

表 4 米胚粉干预对大鼠肝脏抗氧化水平的影响 ( $\bar{x} \pm s, U/ml$ )

组别	SOD	MDA	GSH-PX
正常对照组	166.69±35.11	6.29±1.37	21.72±3.28
模型组	114.59±23.13	8.97±1.90	21.98±3.51
阳性对照组	142.26±33.25	7.45±1.37	20.43±4.14
低剂量组	133.71±36.82	7.61±1.56	22.96±3.79
中剂量组	121.82±28.56	8.10±1.58	26.74±4.21
高剂量组	150.36±24.11	7.07±1.13	22.64±3.87

表 5 米胚粉干预对大鼠血脂的影响 ( $\bar{x} \pm s, mmol/L$ )

组别	TG	CHO	LDL
正常对照组	1.25±0.54	2.47±0.55	0.97±0.62
模型组	1.39±0.53	3.35±0.73	1.92±0.50
阳性对照组	1.21±0.61	2.91±0.29	1.44±0.66
低剂量组	1.21±0.36	2.86±0.66	1.37±0.64
中剂量组	1.15±0.26	3.07±0.39	1.31±0.44
高剂量组	1.50±0.49	2.57±0.41	1.04±0.47

2.5 米胚粉对血糖水平的影响 米胚粉干预组与模型组相比较, 血糖变化无统计学意义 ( $q = 0.26, 1.48, 1.45, P > 0.05$ )。见表 6。

表 6 米胚粉干预对大鼠血糖的影响 ( $\bar{x} \pm s$ )

组别	干预前(g)	干预后(g)
正常对照组	5.55±0.94	5.74±1.10
模型组	14.69±2.92	10.09±6.58
阳性对照组	14.50±3.14	8.63±4.00
低剂量组	14.84±3.51	10.84±6.29
中剂量组	14.95±3.30	14.74±7.43
高剂量组	14.35±2.80	13.79±6.03

### 3 讨论

实验发现, II 型糖尿病大鼠的死亡率有统计学差异, 米胚粉高剂量组大鼠无死亡, 且“三多一少”的糖尿病症状明显减轻, 体重稳定增长, 精神反应均较其他糖尿病模型组好。血脂水平检测及抗氧化水平检测结果显示: 米胚粉高剂量组与模型组相比较, 米胚粉可使 II 型糖尿病大鼠血清 CHO、LDL-C 显著降低; 体内 SOD 显著升高, MDA 显著降低。表明米胚粉能降低糖尿病大鼠死亡率, 对糖尿病心血管以及氧化损伤等并发症具有明显的改善作用, 值得进一步推广应用。

米胚粉含有较大米更多的不饱和脂肪酸和膳食纤维, 这可能是米胚粉具有调节血脂紊乱和改善氧化损伤作用的原因之一。某些不饱和脂肪酸可以使血中胆固醇和甘油三酯降低, 从而减少微血管疾病风险; 膳食纤维可降低血清胆固醇, 调节血糖水平, 促进机体组织

(下转第 646 页)

比例且呈下降的趋势,同时碳水化合物的供能比呈下降趋势,由 61.09% 下降到 43.01%,至 2011 年后已低于平衡膳食模式推荐的碳水化合物供能比为 50~65%<sup>[6]</sup>。很多人为了减肥基本不吃或吃少量主食。因此,应加大合理膳食模式的宣传教育,保持我国传统膳食以谷类食物为主的优势。

居民膳食中动物性食物提供能量的比例呈逐渐上升趋势,三大宏量营养素中脂肪供能比始终超过《中国食物与营养发展纲要(2014~2020年)》<sup>[6]</sup>中提出的 30% 限值,而且逐年上升,膳食结构趋向于能量密度增高<sup>[7]</sup>。这与肉类的消费量增大密不可分<sup>[8]</sup>。膳食结构中动物性食物和油脂的消费量增加易造成超重、肥胖率升高<sup>[9]</sup>。沈阳市居民摄入的优质蛋白中动物性食物来源呈逐年上升趋势,而豆类提供的优质蛋白变化不大,2011 年后优质蛋白质的摄入量超过《中国食物与营养发展纲要(2014~2020年)》<sup>[6]</sup>中提出的优质蛋白质比例占 45% 以上。这些数据表明沈阳市居民生活水平整体提高,优质蛋白质的摄入已经达到推荐标准。但从优质蛋白的构成看,主要来源于动物性食物,由于动物性食物摄入过量会引起一系列的慢性疾病<sup>[10]</sup>。因此,在保证优质蛋白总量摄入的同时,应加大豆类优质蛋白的摄入比例,减少动物性食物消费。

居民脂肪的食物来源仍以精炼油为主,精炼油提供脂肪的比例变化不大,动物性食物提供的脂肪比例

增加,植物性食物提供脂肪的比例下降,呈现由低脂膳食向高脂膳食转变的趋势。因此,营养工作重点应放在调整膳食结构,降低富含脂肪的动物性食物的消费,及早进行合理饮食宣传和干预控制。

参考文献

- [1] 逢增昌,陈晓荣,汪韶洁,等. 青岛市居民膳食结构和营养状况调查[J]. 中国公共卫生,2011,22(1):91-92.
- [2] 虞精明,钟康义,朱智勇. 桐庐县居民膳食结构与营养素摄入状况的研究[J]. 中国预防医学杂志,2011,12(2):207.
- [3] 张录,王朝旭,王红宇,等. 2001~2010年黑龙江省城乡居民膳食结构的调查分析[J]. 卫生研究,2012,41(5):831.
- [4] 沈苏英,王冬月,吴叶,等. 常熟市城乡居民膳食结构分析[J]. 中国食物与营养,2011,17(11):86.
- [5] 中国营养学会. 《中国居民膳食指南(2016)》[M]. 人民卫生出版社,2016.
- [6] 中华人民共和国国务院办公厅. 《中国食物与营养发展纲要(2014~2020年)》[K].
- [7] 张梅,姜勇,李镛冲,等. 2010年我国≥60岁老年人超重/肥胖流行特征[J]. 中华流行病学杂志,2014,35(4):367.
- [8] 张江萍,刘力允,李鹏华,等. 贵阳市云岩区成人膳食结构与营养状况分析[J]. 贵阳医学院学报,2013,38(3):278.
- [9] 宋毅,刘爽,李骏,等. 湖北省成人膳食结构与营养状况分析[J]. 公共卫生与预防医学,2011,22(3):19.
- [10] 中华人民共和国国家卫生和计划生育委员会. 《中国居民营养与慢性病状况报告(2015)》[R].

收稿日期:2017-07-20 本文编辑:李国荣

(上接第 643 页)

修复,预防心血管疾病,起到防治糖尿病的作用<sup>[7]</sup>。而膳食纤维还具有降低血糖的作用,但在本次实验中,降糖效果不明显( $P > 0.05$ ),这可能有以下几点原因:① II 型糖尿病大鼠模型不够稳定;② 血糖仪不够稳定;③ 米胚粉喂饲周期不够,需延长干预时间;④ 血糖值高的大鼠已经死亡,存活大鼠血糖尚能耐受等。米胚粉的降糖功效值得进一步研究,在降低血脂、改善氧化损伤的同时,将血糖控制在一定范围,增加糖尿病患者的生存质量。

米胚粉可以调节血脂紊乱和改善氧化损伤还可能与其富含锌、硒、镁等微量元素有关,这些微量元素可以延缓糖尿病并发症。微量元素锌具有稳定胰岛素结构、增强胰岛素敏感性、预防血脂异常等作用;硒具有类胰岛素样作用,抗氧化作用比维生素 E 更强大,可改善氧化损伤;镁具有提高抗氧化能力、改善糖脂代谢的作用等<sup>[8,9]</sup>。

总之,米胚粉具有很高的营养价值和开发利用价值,可能还存在本次实验未显现出的有利作用,值得进一步探索开发。

参考文献

- [1] Shaw JE, Sicree RA, Zimmet PZ. Global estimates of the prevalence of diabetes for 2010 and 2030[J]. Diabetes Res Clin Pract, 2010, 87(1):4-14.
- [2] 王景云,全丽娟,项楠楠,等. 糖尿病的流行现状与防治对策[J]. 中国民康医学,2011,23(8):1 015-1 016.
- [3] Archer E, Pavea G, Lavie CJ. The inadmissibility of what we eat in America and NHANES dietary data in nutrition and obesity research and the scientific formulation of national dietary guidelines [J]. Mayo Clin Proc, 2015, 90(7):911-926.
- [4] Aune D, Norat T, Romundstad P, et al. Whole grain and refined grain consumption and the risk of type 2 diabetes: a systematic review and dose-response meta-analysis of cohort studies[J]. Eur J Epidemiol, 2013, 28(11):845-858.
- [5] R. Villegas, S. Liu, Y. T. Gao, et al. Prospective study of dietary carbohydrates, glycemic index, glycemic load, and incidence of type 2 diabetes mellitus in middle-aged Chinese women[J]. Arch Intern Med, 2007, 167(21):2 310-2 316.
- [6] 王文祥,吴奕女. 米胚芽对成年小鼠糖耐量影响[J]. 中国公共卫生, 2017, 33(1):109-112.
- [7] 雷敏,董钊钊. 膳食纤维对健康的影响[J]. 河北医药, 2011, 3(4): 604-606.
- [8] 魏小飞,陈璇. 微量元素和糖尿病的关系研究[J]. 护理研究, 2013, 27(11):3 599-3 600.
- [9] 丛朋地,钟进义,张静,等. 补镁对 2 型糖尿病大鼠抗氧化能力的影响[J]. 青岛大学医学院学报, 2012, 48(4):295-297.

收稿日期:2017-07-22 本文编辑:李国荣