

# 荞麦粉对高脂膳食大鼠脂代谢的影响

王丹<sup>1,2</sup>, 葛洪娟<sup>1,2</sup>, 张笑<sup>1</sup>, 张岚<sup>1,2</sup>, 宋春梅<sup>1,2</sup>

(1. 吉林医药学院公共卫生学院, 吉林吉林 132013) (2. 吉林省中医药管理局二级实验室, 吉林吉林 132013)

**摘要:** 本文研究了荞麦粉(buckwheat, BW)对高脂膳食大鼠脂代谢的影响。将50只成年Wistar雄性大鼠随机分为基础对照组、高脂模型组、荞麦粉低、中、高剂量组(1、5、10 g/kg d), 每天喂食一次, 饲喂30 d后腹主动脉取血, 取出肝脏、肾周及睾丸附近脂肪, 分别测定血清和肝脏中的总胆固醇(TC)、甘油三酯(TG)、高密度脂蛋白胆固醇(HDL-C)和低密度脂蛋白胆固醇(LDL-C)的水平, 并观察肝脏病理切片。结果表明, 与高脂膳食组相比, 荞麦剂量组大鼠体重和食物摄入量都明显减少, 肝重和脂肪重及其指数也明显降低, 血清和肝脏中TC、TG、LDL-C的浓度降低, HDL-C的浓度升高。肝脏光镜结构表明, 荞麦剂量组的肝脏脂肪变性均减轻, 其中荞麦粉高剂量作用最为明显。说明荞麦粉干预高脂膳食, 可起到降血脂、改善肝脏脂代谢、保护肝脏的作用, 同时能够减少相关疾病的发生。

**关键词:** 荞麦粉; 高脂膳食; 脂代谢; 光镜结构

文章编号: 1673-9078(2015)6-23-28

DOI: 10.13982/j.mfst.1673-9078.2015.6.005

## Effect of Buckwheat on Lipid Metabolism in High-fat Diet-fed Rats

WANG Dan<sup>1,2</sup>, GE Hong-juan<sup>1,2</sup>, ZHANG Xiao<sup>1</sup>, ZHANG Lan<sup>1,2</sup>, SONG Chun-mei<sup>1,2</sup>

(1. Department of Public and Health, Jinlin Medical college, Jilin 132013, China)(2. Lever Two Laboratory of Administration of Traditional Chinese Medicine of Jilin Province, Jinlin Medical college, Jilin 132013, China)

**Abstract:** The aim of this study was to elucidate the effect of buckwheat (BW) on lipid metabolism in high-fat diet-fed rats. Fifty male rats were randomly divided into the following groups: control diet, high-fat diet (HFD), low-dose BW (1 g/kg d), medium dose BW (5 g/kg d), and high dose BW (10 g/kg d). The rats were fed once a day for 30 days. Blood samples were subsequently collected from the posterior abdominal aorta, and the liver, in addition, perirenal fat, and epididymal fat were collected. The levels of total cholesterol (TC), triglycerides (TG), high density lipoprotein cholesterol (HDL-C), and low density lipoprotein cholesterol (LDL-C) in the serum and liver were measured, and pathological sections of the liver tissues were observed. The results showed that compared to the HFD group, the weight and food intake of all the BW groups were significantly lower, the weights and indexes of the liver and fat tissues were also significantly reduced, the concentration of TC, TG, and LDL-C in the serum and liver were decreased, and the concentration of HDL-C was increased. Meanwhile, the liver structure observed under the light microscope showed that hepatic steatosis in all BW groups was alleviated, with the most significant effect observed in the high-dose BW group. These results demonstrate that a BW intervention on a HFD can have a hypolipidemic effect, improve liver lipid metabolism, protect the liver, and reduce the incidence of related diseases.

**Key words:** buckwheat; high-fat diet; lipid metabolism; structure observed under light microscope

在发达或发展中国家, 高脂膳食已被认定是引起肥胖的主要原因, 肥胖能明显引起多种并发症, 例如, 高脂血症、冠心病、脂肪肝、糖尿病等<sup>[1]</sup>。长期高脂膳食使肝脏中的脂质合成和分解都十分活跃, 但是脂质合成速度大大超过分解速度, 导致脂肪在肝脏中异常蓄积, 形成脂肪肝<sup>[2]</sup>。高脂膳食还会引起脂代谢严重紊乱, 这样会导致轻度矿物质代谢改变<sup>[3]</sup>。可见高脂膳食对机体具有很大负面作用, 因此调整人们的

收稿日期: 2014-09-12

基金项目: 吉林省科技发展计划基金(201105089)

作者简介: 王丹(1988-), 女, 硕士, 研究方向植物蛋白工程

通讯作者: 宋春梅(1964-), 女, 教授, 研究方向营养与慢性病

饮食结构尤为重要。荞麦是一种重要的杂粮作物, 富含蛋白质, 不饱和脂肪酸, 维生素, 微量元素等营养成分, 其中芦丁和膳食纤维等成分对降血脂有明显的的作用。除此之外, 荞麦还能降血糖, 提高记忆力, 并能预防大肠癌和肥胖症, 防治高血压、冠心病。有研究报道, 发酵荞麦芽(FBS)经过乳酸发酵后得到新式发酵荞麦芽(neo-FBS), 在0.010 mg/kg的剂量下能够降低自发性高血压大鼠(SHRs)的收缩压和舒张压, 相当于剂量为1.0 mg/kg的卡托普利所产生的作用影响<sup>[4]</sup>, 可见荞麦对机体相关疾病具有一定调节作用。我省是荞麦重要产地, 年产量为3.5万t左右, 但多以原料形式出口日本、韩国和东南亚国家, 从我国人群营养

调查中能够发现,我国居民对荞麦食用率比较低。对荞麦的研究局限于芦丁、膳食纤维等成分提取工艺的优化,而对其功能性研究报道比较少。本文主要探讨荞麦对大鼠体重增加量及进食量的干预情况以及对大鼠血液及肝脏中脂代谢指标的影响,初步探讨荞麦对高脂膳食大鼠的脂代谢调节作用。为从分子生物学角度进一步研究荞麦降血脂机制奠定基础,同时为预防和治疗高脂膳食所导致的疾病并开发荞麦降血脂产品提供理论依据。

## 1 材料与amp;方法

### 1.1 原料与amp;设备

荞麦粉:吉林市市售,粗蛋白采用凯氏定氮法测定其质量分数为9.2%,水分采用索式抽提法测定其质量分数为2.01%,膳食纤维按照国标GBT 5009.88-2008测定其质量分数为1.04%,淀粉按照国标GB5009.9-85测定其质量分数为62.34%,水分红外水分测定仪测定其质量分数为10.16%。

胆固醇:北京鼎国生物技术有限公司;鸡蛋黄粉:吉林金翼蛋品有限公司;猪油:吉林市大商超;甘油三酯测定(GPO-PAP法)、总胆固醇测定(COD-PAP法)、高密度脂蛋白胆固醇、低密度脂蛋白胆固醇试剂盒:中生北控生物科技股份有限公司。

健康成年Wistar雄性大鼠50只,体重 $200\pm 20$  g,由吉林大学动物实验中心提供,许可证号码为SCXK(吉)-2011-0004。

离心机,TD-5A,湖南凯达科学仪器有限公司;电热恒温干燥箱,202-1AB,天津市泰斯特仪器有限公司;电子天平,FA1104N,上海精密科学仪器有限公司;可见分光光度计,722,上海欣茂仪器有限公司;原子吸收分光光度计,TAS-960,北京普析通用仪器有限公司;Selectra XL全自动血生化分析仪,荷兰威图;电动玻璃匀浆机,天津市泰斯特仪器有限公司。

### 1.2 方法

#### 1.2.1 高脂模型实验动物分组及给药方式

将50只大鼠,随机分为5组,每组10只,分别为基础对照组、模型对照组、荞麦低、中、高剂量组,每天定时喂食(每200 g体重对应25 g饲料),饮水自由。基础对照组喂饲基础饲料,高脂模型组喂食高脂饲料,荞麦剂量组按照1、5、10 g/(kg d)的低、中、高剂量饲喂相应的荞麦,每周测一次体重,连续饲喂30 d。各模型组饲料配方如下:

基础对照组饲料配方:玉米粉17.5 kg、大豆粉15.0

kg、面粉12.5 kg、麸皮5.0 kg、葵花子油1.0 kg,另外加多种维生素和无机盐。

高脂饲料配方:基础饲料79%、蛋黄粉10%、猪油10%、胆固醇1%。

荞麦低剂量组:荞麦粉0.8%、基础饲料78.2%、蛋黄粉10%、猪油10%、胆固醇1%

荞麦中剂量组:荞麦粉4%、基础饲料75%、蛋黄粉10%、猪油10%、胆固醇1%

荞麦高剂量组:荞麦粉8%、基础饲料71%、蛋黄粉10%、猪油10%、胆固醇1%

为防止油脂被空气氧化,每周做一次饲料。

#### 1.2.2 测量体重和进食量

喂养期间每一星期测定其进食量和体重,四个星期后,每天称量剩余饲料量和喂给饲料量从而算出进食量。

#### 1.2.3 测量肝重和脂肪重及其相关指数计算

大鼠解剖后,分别取出肝脏组织,肾周及睾丸附近脂肪,称量其重量,并分别计算肝体指数和脂体指数。

$$\text{肝体指数} = \frac{\text{肝脏重量}}{\text{体重}} \times 100\% \quad (1)$$

$$\text{脂肪指数} = \frac{\text{脂肪重量}}{\text{体重}} \times 100\% \quad (2)$$

#### 1.2.4 血脂和肝脏脂代谢指标的测定

血清制备:实验30 d,末次喂养后禁食12 h,不禁水,以10%乌拉坦7 mL/kg腹腔注射对大鼠进行麻醉,称重,腹腔动脉取血,使用离心机3000 r/min,离心15 min,分离血清。

20%肝组织匀浆液制备:称取肝组织块1 g,放到冰冷生理盐水中漂洗,除去血液,滤纸吸干称重,放入5 mL的小烧杯内。加入冷生理盐水4 mL,眼科小剪剪碎,电动玻璃匀浆机匀浆10 min。将制备好的20%组织匀浆液用离心机3000 r/min离心15 min。取上清液,分装于EP管中,-4℃保存备用。

分别对血清和肝组织中TG、TC、HDL-C及LDL-C的浓度进行测定。

#### 1.2.5 肝脏组织病理检查

(1)固定:各组随机取大鼠3只,将大鼠麻醉,固定在解剖台上,取出大鼠同一部位肝脏,用冰生理盐水漂洗,将肝脏置于4℃,10%甲醛固定液固定18~24 h;

(2)脱水:梯度乙醇中处理12 h;

(3)透明:二甲苯浸泡2~2.5 h;

(4)浸蜡:65℃石蜡浸泡3~4 h;

(5)包埋:自动包埋机制;

(6)石蜡切片:取3~4 μm石蜡片裱贴于载玻片上;

(7) 脱蜡: 常规二甲苯脱蜡, 梯度酒精清洗至水化;

(8) 苏木精染色: 浸染 10~15 min、水洗;

(9) 分化、返蓝: 1% 盐酸酒精分化数秒、水洗、饱和碳酸锂蓝化数秒, 流水冲洗 15~30 min;

(10) 伊红染色: 1% 醇溶性伊红浸染 5~15 s;

(11) 常规脱水、透明、封片;

(12) 显微镜观察照相。

### 1.2.6 数据处理

实验数据均以平均值±标准差 ( $\bar{x} \pm s$ ) 表示。采

用 SPSS17.0 软件进行统计学分析。组间比较采用方差齐性检验和单因素方差分析 (One Way ANOVA)。进一步进行组间两两比较时, 若方差齐同, 采用 LSD 和 SNK 进行检验; 若方差不齐时, 采用 Games-Howell 检验, 以  $p < 0.05$  为差异有统计学意义。

## 2 结果与讨论

### 2.1 荞麦对高脂膳食大鼠体重的影响

荞麦粉对大鼠体重的影响见表 1。

表 1 荞麦对高脂膳食大鼠体重的影响 (n=10)

Table 1 Effects of buckwheat on body weight in HFD-fed rats (n = 10)

组别	初体重/g	第一周体重/g	第二周体重/g	第三周体重/g	第四周体重/g
基础对照组	205.91±21.61	223.80±25.18	244.6±27.84	266.43±31.48	288.90±36.10
高脂模型组	205.70±4.73	235.70±9.55	261.3±21.94	288.10±29.84	325.80±40.56 <sup>#</sup>
荞麦低剂量组	193.70±1.48	232.20±8.40	257.7±23.29	290.54±32.50	329.20±41.12 <sup>#</sup>
荞麦中剂量组	197.70±10.38	225.90±4.03	250.3±15.21	277.43±18.16	308.20±25.28
荞麦高剂量组	194.40±10.19	221.40±3.59	249.1±16.83	274.72±17.33	310.50±18.71

注: #表示与基础对照组相比有差异,  $p < 0.05$ 。

表 2 荞麦对高脂膳食大鼠体重增加量的影响 (n=10)

Table 2 Effects of buckwheat on weight gain in HFD-fed rats (n= 10)

组别	第一周增加量/g	第二周增加量/g	第三周增加量/g	第四周增加量/g	总体重增加量/g
基础对照组	18.00±7.96	20.80±6.41	21.83±4.99	22.47±10.47	83.10±21.23
高脂模型组	30.00±10.94 <sup>#</sup>	25.60±6.24	26.80±10.11	37.70±13.61	120.10±34.05 <sup>#</sup>
荞麦低剂量组	38.50±11.83 <sup>#</sup>	25.50±8.64	32.84±13.31 <sup>#</sup>	38.66±35.29	135.50±42.29 <sup>#</sup>
荞麦中剂量组	28.20±9.75 <sup>#</sup>	24.40±5.36	27.13±7.03	30.77±12.30	110.50±21.83 <sup>#</sup>
荞麦高剂量组	27.00±6.85 <sup>#</sup>	27.70±6.712 <sup>#</sup>	25.62±7.96	35.78±7.26	120.01±34.05 <sup>#</sup>

注: 体重增加量表示下一周与上一周体重之差; #表示与基础对照组相比有差异,  $p < 0.05$ 。

由表 1 可以看出实验开始时各组大鼠体重无显著差异。大鼠在喂养期间, 生长发育良好, 无死亡现象。随着饲喂时间的延长, 五个模型组大鼠的体重随着饲喂时间的延长而逐渐增加。由表 2 可知大鼠实验各阶段体重增加情况, 与基础对照组相比, 高脂模型组大鼠体重明显增加, 具有统计学显著性差异 ( $p < 0.05$ )。与高脂模型组相比, 荞麦中剂量组和荞麦高剂量组大

鼠体重增加量均有下降趋势, 尤其在第一周作用比较明显, 但是差异不显著 ( $P > 0.05$ )。由表 2 可知在大鼠饲喂不同阶段, 荞麦三个剂量组对大鼠体重增加量的影响没有规律。

### 2.2 荞麦对高脂膳食大鼠进食量的影响

荞麦粉对大鼠进食量的影响见表 3。

表 3 荞麦粉对高脂膳食大鼠进食量的影响 (n=10)

Table 3 Effects of buckwheat on the amount of food intake in HFD-fed rats (n = 10)

组别	第一周平均每天进食量/g	第二周平均每天进食量/g	第三周平均每天进食量/g	第四周平均每天进食量/g
基础对照组	21.74±1.07	22.97±0.62	24.15±0.65	23.65±1.18
高脂模型组	21.95±1.32	23.94±1.08	24.55±0.71	25.08±1.58
荞麦粉低剂量组	20.21±1.03 <sup>#*</sup>	21.93±0.98 <sup>*</sup>	23.55±1.08 <sup>*</sup>	23.14±0.97 <sup>*</sup>
荞麦粉中剂量组	19.57±0.83 <sup>#*</sup>	22.01±1.69 <sup>*</sup>	23.40±0.32 <sup>*</sup>	22.46±1.30 <sup>*</sup>
荞麦粉高剂量组	18.20±1.01 <sup>#*</sup>	20.12±1.77 <sup>#*</sup>	22.25±0.72 <sup>#*</sup>	22.35±1.72 <sup>*</sup>

注: #表示与基础对照组相比有差异,  $p < 0.05$ ; \*表示与高脂模型组相比有差异,  $p < 0.05$ 。

由表 3 数据可知,与基础对照组相比,高脂模型组进食量增加,但无统计学显著性差异 ( $p>0.05$ ),荞麦剂量组的进食量降低,在第一周具有显著性差异 ( $p<0.05$ );与高脂模型组相比,荞麦粉剂量组大鼠在不同阶段平均每天进食量均有减少,具有统计学显著性差异 ( $p<0.05$ ),而且随着荞麦剂量的增加,进食量逐渐降低。由以上数据分析可知含有一定剂量荞麦的膳食中能够抑制大鼠对食物的摄取。其原因可能是荞麦中含有能够调节增强胃肠道饱腹感的激素<sup>[5]</sup>。也可能是荞麦中含有膳食纤维,不易被机体消化酶分解,荞麦淀粉中的黄酮成分能阻碍淀粉酶对淀粉的分解,其抗性淀粉成分在体内消化能力比较低<sup>[6]</sup>,因此机体摄食荞麦后会增强饱腹感,从而减少进食量。

### 2.3 荞麦粉对大鼠肝重和脂肪重及其相关指数的影响

荞麦粉对大鼠肝重、脂肪重及其相关指数的影响见表 4。

表 4 荞麦粉对高脂膳食大鼠肝重和脂肪重及其指数的影响 (n=8)

Table 4 Effects of buckwheat on the weight and index of liver and fat tissues in HFD-fed rats (n = 8)

组别	肝重/g	肝体指数/%	脂肪重/g	脂体指数/%
基础对照组	7.49±1.55	2.57±0.18	5.89±1.86	2.00±0.43
高脂模型组	9.70±1.56 <sup>#</sup>	3.03±0.26 <sup>#</sup>	10.10±1.38 <sup>#</sup>	3.15±0.42 <sup>#</sup>
荞麦粉低剂量组	9.54±1.42	3.00±0.26	9.30±1.95	2.80±0.72
荞麦粉中剂量组	9.09±1.18	2.92±0.25	8.75±0.87	2.79±0.37
荞麦粉高剂量组	8.86±0.88	2.87±0.25	8.81±1.28	2.83±0.41

注: #表示与基础对照组相比有差异,  $P<0.05$ 。

由表 4 结果显示,与基础对照组相比,高脂模型组肝重和脂肪重显著增高 ( $p<0.05$ );与高脂模型组相比,荞麦粉各剂量组的肝重和脂肪重量均明显降低,且随着荞麦剂量的增加其重量逐渐降低,但是统计学无差异 ( $p>0.05$ )。高脂模型组的肝指数和脂肪指数显著高于基础对照组 ( $p<0.05$ ),荞麦各剂量组肝指数和脂肪指数与高脂模型组相比降低,而且随着荞麦剂量的逐渐增加,肝指数降低与荞麦含量成线性关系。说明荞麦可以降低大鼠的肝脏和脂肪重量,其原因可能是荞麦中的抗消化淀粉有促进脂质代谢,防止肥胖的作用。另外,荞麦蛋白富含精氨酸,精氨酸可以降低血清和肝脏中胆固醇和甘油三酯的含量,荞麦蛋白对脂肪蓄积有良好的抑制作用。Jun Kayashita 等人从荞麦中提取蛋白,研究也能证明荞麦蛋白能够降低附睾、脂肪垫的重量<sup>[7]</sup>。

### 2.4 荞麦粉对大鼠血脂的影响

荞麦粉对大鼠血脂的影响见表 5。

表 5 荞麦粉对高脂膳食大鼠血清中总胆固醇、甘油三酯、高密度脂蛋白胆固醇及低密度脂蛋白胆固醇的影响 (n=8)

Table 5 Effect of buckwheat on the levels of TG, TC, HDL-C, and LDL-C in the serum of HFD-fed rats (n = 8)

组别	TG (mmol/L)	TC (mmol/L)	HDL-C (mmol/L)	LDL-C (mmol/L)
基础对照组	0.47±0.07	1.65±0.17	0.60±0.06	0.55±0.05
高脂模型组	0.99±0.24 <sup>#</sup>	2.18±0.28 <sup>#</sup>	0.46±0.05 <sup>#</sup>	0.79±0.12 <sup>#</sup>
荞麦粉低剂量组	0.95±0.20	2.15±0.27	0.50±0.09	0.73±0.08
荞麦粉中剂量组	0.71±0.32	2.02±0.20	0.54±0.06	0.64±0.06
荞麦粉高剂量组	0.58±0.19 <sup>α</sup>	1.77±0.15 <sup>*</sup>	0.65±0.12 <sup>*</sup>	0.66±0.11 <sup>*</sup>

注: #表示与基础对照组相比有差异,  $p<0.05$ ; \*表示与高脂模型组相比有差异,  $p<0.05$ ; α 表示与荞麦粉低剂量组相比有差异,  $p<0.05$ 。

血脂一般指总胆固醇(TC)、低密度脂蛋白—胆固醇(LDL-C)、高密度脂蛋白—胆固醇(HDL-C)及甘油三酯(TG)。其中血清 TG 是一项重要的临床血脂常规测定指标,主要用于了解机体内 TG 代谢状况,诊断高甘油三酯血症、代谢综合症以及评价冠心病危险。TC 是指血液中所有脂蛋白所含胆固醇之总和,它能够损伤血管内皮细胞,促使动脉硬化形成和发展,LDL-C 使内膜表面的粥样斑块变得酥脆,容易脱落,引起不稳定性心绞痛或者心肌梗死。而 HDL-C 对血脂所造成的血管损害有保护作用,目前公认的抗动脉硬化因子,能够将包括动脉壁在内的外周组织胆固醇送到肝脏,并进行分解,抑制细胞摄入低密度脂蛋白和抑制平滑肌细胞的增生,所以 HDL-C 是对人有益的脂蛋白。

由表 5 数据可知,与基础对照组相比,高脂模型组血清中 TG、TC、LDL-C 显著升高 ( $p<0.05$ );HDL-C 显著降低 ( $p<0.05$ ),说明高脂膳食可导致血脂异常。与高脂模型组相比,荞麦各剂量组血清中 TG、TC、LDL-C 随着荞麦剂量的增加而逐渐降低,其中荞麦高剂量组具有统计学显著差异 ( $p<0.05$ );而 HDL-C 随着荞麦剂量的增加逐渐增加,其中高剂量组具有统计学显著差异 ( $p<0.05$ )。可说明荞麦能够调节高脂膳食大鼠血脂异常。Jun Kayashita 等人研究荞麦蛋白提取物(BWPE)对老鼠机体内胆固醇代谢的改善,研究发现老鼠血浆和肝脏中胆固醇水平显著下降,而且荞麦中蛋白的作用明显高于大豆蛋白和酪蛋白的作用<sup>[8]</sup>。

### 2.5 荞麦对大鼠血脂比值的影响

表 6 荞麦对高脂膳食大鼠血脂比值(n=8)

Table 6 Effect of buckwheat on the blood lipid ratio in HFD-fed rats (n = 8)

组别	TG/HDL-C	TC/HDL-C	LDL-C/HDL-C	AI=(TC-HDL-C)/HDL-C
基础对照组	0.78	2.75	0.92	1.75
高脂模型组	2.15	4.74	1.72	3.74
荞麦粉低剂量组	1.90	4.30	1.46	3.30
荞麦粉中剂量组	1.31	3.74	1.19	2.74
荞麦粉高剂量组	0.89	2.72	1.02	1.72

近期国内外研究表明, 血脂比值与心血管疾病、糖尿病等疾病具有相关性, 其比值可以预测疾病的发生并能反映其严重程度, 而且更具有诊断价值。表 6 则反映高脂膳食大鼠血脂比值变化情况。可以发现高脂模型组的四个比值均高于基础对照组, 荞麦剂量组均低于高脂模型组。高脂模型组大鼠 AI 高于基础对照组, 是基础对照组的两倍。随着荞麦粉剂量的增加, 荞麦剂量组 AI 逐渐降低。说明一定剂量的荞麦能够

表 7 荞麦粉对高脂膳食大鼠肝脏中总胆固醇、甘油三酯、高密度脂蛋白胆固醇及低密度脂蛋白胆固醇的影响(n=8)

Table 7 Effect of buckwheat on the levels of TG, TC, HDL-C, and LDL-C in the liver of HFD-fed rats (n = 8)

组别	TG/(mmol/L)	TC/(mmol/L)	HDL-C/(mmol/L)	LDL-C/(mmol/L)
基础对照组	14.25±0.99	1.60±0.42	1.95±0.57	0.91±0.56
高脂模型组	23.17±4.16 <sup>#</sup>	4.26±1.04 <sup>#</sup>	1.00±0.14 <sup>#</sup>	3.64±1.03
荞麦粉低剂量组	23.17±4.43	4.07±1.49	1.30±0.44	3.24±1.57
荞麦粉中剂量组	21.45±4.37	2.72±1.06	1.70±0.32 <sup>*</sup>	2.38±1.00
荞麦粉高剂量组	15.93±3.70 <sup>*a</sup>	1.98±0.56 <sup>*</sup>	1.59±0.52 <sup>*a</sup>	0.99±0.57

注: #表示与基础对照组相比有差异,  $p < 0.05$ ; \*表示与高脂模型组相比有差异,  $p < 0.05$ ; a表示与低荞剂量组相比有差异,  $p < 0.05$ 。

据报道高脂膳食能导致肝脏 TG 的积累<sup>[12]</sup>。而甘油三酯涉及到贮存在肝脏中的脂质异位积累, 与一系列疾病相互联系, 比如代谢综合征<sup>[13]</sup>。低密度脂蛋白胆固醇(LDL-C)是将胆固醇和甘油三酯运输到人体组织中, 而高密度脂蛋白胆固醇则将过剩的胆固醇运输到肝脏中, 在胆汁的作用排泄出去<sup>[14]</sup>。高 TC 和 LDL-C 水平, 低 HDL-C 水平是冠心病的危险因子。

由表 7 数据可知, 与基础对照组相比, 高脂模型组肝脏中 TG、TC、LDL-C 显著升高 ( $p < 0.05$ ); HDL-C 显著降低 ( $p < 0.05$ )。与高脂模型组相比, 荞麦各剂量组肝脏中 TG、TC、LDL-C 随着荞麦剂量的增加而逐渐降低, 其中荞麦高剂量组具有统计学显著差异 ( $p < 0.05$ ); 而 HDL-C 则表现为逐渐增加, 其中高剂量组具有统计学显著差异 ( $p < 0.05$ )。可见荞麦粉能够干预高脂膳食, 调节肝脏中四种指标的浓度, 进而降低肝脏脂代谢的负担, 减少相关疾病的发生。

## 2.7 光镜观察肝脏的微观结构

改善动脉硬化程度, 同时可以减少高脂膳食大鼠患有心血管疾病、糖尿病等相关疾病的可能性。

研究表明, 对于血压正常的人来讲, 患有尿蛋白的风险与 TG/HDL-C 呈现正相关关系<sup>[9]</sup>。根据韩国人群统计同样发现, TG/HDL-C 与胰岛素抵抗呈线性关系<sup>[10]</sup>。吴燕丹认为 LDL-C 在动脉粥样硬化形成及发展中通过破坏舒血管和缩血管物质的平衡促进血栓形成, 而 HDL-C 可抑制 LDL 的氧化修饰, 延缓动脉粥样硬化的进展, 所以通过 LDL-C/HDL-C 比值分析其与冠脉病变间的相关性更有意义, 而且人群统计分析发现 TC/HDL-C 和 TG/HDL-C 比值高的人群, 最终导致心血管疾病的发病风险增大<sup>[11]</sup>。AI 为大鼠动脉粥样硬化指数, 是衡量动脉硬化程度的重要指标, 数值越大动脉硬化的程度就越重, 发生心脑血管病的危险性就越高。

## 2.6 荞麦粉对大鼠肝脏脂代谢的影响

荞麦粉对大鼠肝脏脂代谢的影响见表 7。

肝脏作为机体最主要的代谢器官, 是肥胖相关代谢紊乱发生的主要组织, 所以是研究脂质代谢最好的靶点。

基础对照组肝细胞呈多边形, 细胞核呈圆形, 核仁明显, 单层肝细胞排列为肝板, 以中央静脉为中心向四周呈放射状排列, 肝血窦结构正常清晰可见 (见图 1a)。

与基础对照组相比, 高脂模型组肝细胞明显肿胀, 肝血窦变窄, 肝细胞排列紊乱, 索状结构不清晰, 肝窦内 Kupffer 细胞数量明显增加, 肝细胞胞质内有较多大小不一的脂滴空泡, 但肝细胞轮廓及细胞核仍保留 (见图 1b)。

荞麦粉低剂量组光镜结构接近高脂模型组, 肝细胞明显肿胀, 肝血窦变窄, 肝细胞排列紊乱, 索状结构不清晰, 肝窦内 Kupffer 细胞数量明显增加, 肝细胞胞质内有大小不一较多颗粒状空泡, 但肝细胞轮廓及细胞核仍保留 (见图 1c)。

荞麦粉中剂量组肝细胞明显肿胀, 肝血窦变窄,

肝细胞排列紊乱, 索状结构不清晰, 肝细胞胞质内较多颗粒状空泡但大的脂滴空泡较少见, 肝窦内 Kupffer 细胞数量明显增加, 但肝细胞轮廓及细胞核仍保留(见图 1d)。

荞麦粉高剂量组光镜结构接近基础对照组, 肝细胞有所肿胀, 肝血窦结构未见变窄, 肝细胞排列有序, 肝细胞胞质内较少颗粒状空泡, 肝窦内 Kupffer 细胞数量未见明显增加, 肝细胞轮廓清晰, 核仁明显(见图 1e)。

由以上可以得出, 用荞麦粉干预高脂膳食, 可以改善由高脂膳食引起的肝脏脂肪变。

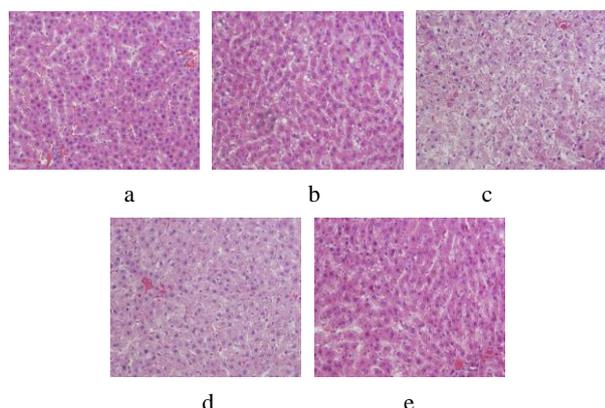


图 1 给药 30 d 后各组大鼠肝组织病理切片(200×)

Fig.1 Pathological sections of liver tissue after the 30-day treatment (200×)

注: a-基础对照组; b-高脂模型组; c-低荞剂量组; d-中荞剂量组; e-高荞剂量组。

### 3 结论

本实验通过研究荞麦对高脂膳食大鼠脂代谢的影响, 结果证明, 荞麦粉能够干预大鼠的高脂膳食, 荞麦剂量组大鼠体重有所降低, 而且高脂食物的摄入量也明显减少, 从而可以降低高脂膳食对机体的损害。荞麦粉对高脂膳食大鼠肝重, 脂肪重, 肝体指数和脂体指数有降低趋势。与基础对照组相比, 高脂模型组血清 TC 和 TG 均明显升高, 提示本实验高脂模型建立成功。用高剂量荞麦粉干预高脂膳食, 可以降低血清及肝脏中 TC、TG、LDL-C 的浓度, 升高 HDL-C 的浓度。肝脏光镜结构表明, 高脂模型组肝血窦变窄, 肝细胞排列紊乱, 肝细胞胞质内有较多大小不一的脂滴空泡, 荞麦粉高剂量组肝细胞轮廓清晰, 核仁明显, 肝血窦结构未见变窄, 肝细胞排列有序, 肝细胞胞质内较少颗粒状空泡; 荞麦粉低、中剂量组肝脏脂肪变性均减轻, 荞麦粉高剂量组最为明显。综上所述, 用荞麦粉干预高脂膳食, 可起到降血脂、改善肝脏脂代谢、保护肝脏的作用, 同时能够减少相关疾病的发生。

### 参考文献

- [1] Kou-Tai Yang, Chen Lin, Cheng-Wei Liu. Effects of chicken-liver hydrolysates on lipid metabolism in a high-fat diet [J]. Food Chemistry, 2014, 160: 148-156
- [2] 丁婧,王辉,余诗,等.肥胖大鼠模型的建立及其脂代谢相关分子机制研究[J].中国实验动物学报,2012,20(5):20-24  
DING Jing, WANG Hui, YU Shi, et al. Establishment of a rat model of obesity and its lipid metabolism-related mechanisms [J]. Acta Laboratorium Animalis Scientia Sinica, 2012, 20(5): 20-24
- [3] 余飞苑,刘浩宇,刘锡仪.高脂饮食对小鼠脂代谢和矿物元素代谢的影响[J].中国组织工程研究与临床康复,2007, 11(8):1502-1504  
YU Fei-yuan, LIU Haoyu, LIU Xi-yi. Effect of high-fat diet on lipid metabolism and mineral element metabolism in mice [J]. Journal of Clinical Rehabilitative Tissue Engineering Research, 2007, 11(8): 1502-1504
- [4] Kozo Nakamura, Kyoko Naramoto, Masahiro Koyama. Blood-pressure-lowering effect of fermented buckwheat sprouts in spontaneously hypertensive rats [J]. Journal of Functional Foods, 2013, 5(1): 406-415
- [5] Danielle M Stringera, Carla G Taylor, Paulyn Appah. Consumption of buckwheat modulates the post-prandial response of selected gastrointestinal satiety hormones in individuals with type 2 diabetes mellitus [J]. Metabolism, 2013, 62(7): 1021-1031
- [6] 顾娟.荞麦淀粉理化特性及消化性研究[D].无锡市:江南大学,2009  
GU Juan. Physicochemical Properties and Digestibility of Buckwheat Starch [D]. Wu Xi City: Southern University, 2009
- [7] Jun Kayashita, Iwao Shimaoka, Misao Nakajoh. Feeding of buckwheat protein extract reduces hepatic triglyceride concentration, adipose tissue weight, and hepatic lipogenesis in rats [J]. The Journal of Nutritional Biochemistry, 1996, 7(10): 555-559
- [8] Jun Kayashita, M S, Iwao Shimaoka, M S, Misao Nakajoh. Hypocholesterolemic effect of buckwheat protein extract in rats fed cholesterol enriched diets [J]. Nutrition Research, 1995, 15(5): 691-698
- [9] Hee-Taik Kang, Jong-Koo Kim, Jang-Young Kim. Independent association of TG/HDL-C with urinary albumin excretion in normotensive subjects in a rural Korean population [J]. Clinica Chimica Acta, 2012, 413: 319-324

- [10] H-T Kang, J-H Yoon, J-Y Kim. The association between the ratio of triglyceride to HDL-C and insulin resistance according to waist circumference in a rural Korean population [J]. *Nutrition, Metabolism & Cardiovascular Diseases*, 2012, 22: 1054-1060
- [11] 吴燕丹.TC/HDL-C、LDL-C/HDL-C、TG/HDL-C 与冠心病不同程度相关性[J].*临床误诊误治*,2014,27(6):64-67  
WU Yan-dan. Correlation between Ratios of TC/HDL-C, LDL-C/HDL-C and TG /HDL-C with the severity of coronary heart disease [J]. *Clinical Misdiagnosis & Mitherapy*, 2014, 27(6): 64-67
- [12] Chang Y Y, Chou C H, Chiu C H, et al. Preventive effects of taurine on development of hepatic steatosis induced by a high-fat/cholesterol-dietary habit [J]. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 2011, 59: 450-457
- [13] Bernardis L. Prediction of carcass fat, water and lean body mass from Lee's 'nutritive ratio' in rats with hypothalamic obesity [J]. *Experientia*, 1970, 26: 789-790
- [14] Diniz Y S, Faine L A, Galhardi C M, et al. .Monosodium glutamate in standard and high-fiber diets: metabolic syndrome and oxidative stress in rats [J]. *Nutrition (Burbank, Los Angeles County, Calif.)*, 2005, 21: 749-755

现代食品科技