

# 芝麻酱对双侧卵巢切除所致大鼠骨质疏松症的影响

邱敏<sup>1,2</sup>, 王惠敏<sup>1,2</sup>, 鹿杰<sup>1</sup>, 赵雷振<sup>1,2</sup>, 任长博<sup>3</sup>, 袁文鹏<sup>1,2</sup>

(1. 齐鲁工业大学(山东省科学院)山东省科学院菏泽分院, 山东 菏泽 274000; 2. 山东省生物工程技术创新中心, 山东 菏泽 274000; 3. 山东省十里香芝麻制品股份有限公司, 山东 滨州 256600)

**摘要:**为了解芝麻酱是否有补钙效果,研究了芝麻酱对双侧卵巢切除雌性SD大鼠所致骨质疏松症的影响。选取健康雌性SD大鼠作为研究对象,除假手术组外,其余均采用切除双侧卵巢的方法建立雌性大鼠骨质疏松模型。造模成功后,将卵巢切除大鼠随机分为模型组,葡萄糖酸钙组[0.56 g/(kg·d)],芝麻酱低[1.04 g/(kg·d)]、中[2.08 g/(kg·d)]、高剂量组[4.16 g/(kg·d)],分别灌胃生理盐水、葡萄糖酸钙、芝麻酱12周后,检测芝麻酱对大鼠体质量、脏器系数、血清生化指标、骨强度、骨钙含量、骨组织形态学等的影响。结果表明:切除卵巢12周后,与假手术组相比,切除双侧卵巢的大鼠体质量极显著增加( $p < 0.01$ ),子宫形态明显萎缩,骨质疏松情况明显加重,提示造模成功。连续灌胃芝麻酱12周后,与模型组比较,芝麻酱各剂量组大鼠的体质量、脏器系数、骨强度、骨钙含量及骨组织结构无显著变化;芝麻酱低、中剂量组大鼠血清磷的水平极显著升高( $p < 0.01$ ),血清碱性磷酸酶的水平显著降低( $p < 0.05$ ),芝麻酱中剂量组大鼠血清钙的水平极显著升高( $p < 0.01$ ),芝麻酱高剂量组大鼠血清磷的水平显著升高( $p < 0.05$ );芝麻酱各剂量组大鼠血清总胆固醇、甘油三酯、高密度脂蛋白胆固醇无显著变化。因此,芝麻酱可在一定程度上改善双侧卵巢切除大鼠与骨代谢相关的血液指标,但对骨骼系统的影响不显著。

**关键词:**芝麻酱;卵巢切除;雌性大鼠;骨质疏松症

中图分类号:TS201.4;R681

文献标识码:A

文章编号:1003-7969(2022)09-0147-06

## Effect of sesame paste on osteoporosis of rats induced by bilateral ovariectomy

QIU Min<sup>1,2</sup>, WANG Huimin<sup>1,2</sup>, LU Jie<sup>1</sup>, ZHAO Leizhen<sup>1,2</sup>,  
REN Changbo<sup>3</sup>, YUAN Wenpeng<sup>1,2</sup>

(1. Heze Branch of Shandong Academy of Sciences, Qilu University of Technology (Shandong Academy of Sciences), Heze 274000, Shandong, China; 2. Biological Engineering Technology Innovation Center of Shandong Province, Heze 274000, Shandong, China; 3. Shandong Shilixiang Sesame Products Co., Ltd., Binzhou 256600, Shandong, China)

**Abstract:** In order to understand whether sesame paste had calcium supplement effect, the effect of sesame paste on osteoporosis of female rats induced by bilateral ovariectomy was investigated. Healthy female SD rats were selected as the research objects, except for the sham operation group, the rest rats were all removed the bilateral ovaries to establish a female rat osteoporosis model. After successful modeling, the ovariectomized rats were randomly divided into model group, calcium gluconate group [0.56 g/(kg·d)], and the low[1.04 g/(kg·d)], middle[2.08 g/(kg·d)] and high[4.16 g/(kg·d)] doses

收稿日期:2021-07-02;修回日期:2022-03-30

基金项目:国家重点研发计划“科技助力经济2020”(SQ2020YFF0426526);山东省科学院-无棣县产学研协同创新基金(2018CXY-28)

作者简介:邱敏(1990),女,硕士研究生,研究方向为药理学(E-mail) qmqh2018@163.com。

通信作者:袁文鹏,研究员(E-mail) sdashz@163.com。

groups of sesame paste. After 12 weeks of intragastric administration of normal saline, calcium gluconate, and sesame paste, the effects of sesame paste on the body weight, organ coefficient, serum biochemical indicators, bonestrength, bone calcium content, and bone tissue morphology of rats were tested. The results

showed that after the removal of the ovaries for 12 weeks, compared with the sham operation group, the body weight of ovariectomized rats was significantly increased ( $p < 0.01$ ), the uterine shape was significantly atrophy, and the osteoporosis was significantly increased, indicating that the model was successfully constructed. After 12 weeks of continuous administration of sesame paste, compared with the model group, sesame paste did not significantly affect the body weight, organ coefficient, bone strength, bone calcium content and bone tissue structure of bilateral ovariectomized rats, low and middle dose of sesame paste could significantly increase the level of serum phosphorus of rats ( $p < 0.01$ ) and significantly reduce the level of serum alkaline phosphatase of rats ( $p < 0.05$ ), the middle dose of sesame paste could significantly increase the serum calcium level of rats ( $p < 0.01$ ), and the high dose of sesame paste could significantly increase the serum phosphorus level ( $p < 0.05$ ), while sesame paste had no significant effects on serum total cholesterol, triglycerides, and high-density lipoprotein cholesterol. Therefore, sesame paste could improve the blood indicators related to bone metabolism in bilateral ovariectomized rats to a certain extent, but its effect on the skeletal system was not significant.

**Key words:** sesame paste; ovariectomy; female rat; osteoporosis

芝麻酱也叫麻酱、北酱,是一种较常见的调味品,其消化率和利用率都很高,可以直接食用或与其他食品、菜品混合食用<sup>[1-2]</sup>。中医认为,芝麻酱具有补中益气、润五脏、补肺气、止心惊、填髓的功效<sup>[3]</sup>。芝麻酱富含蛋白质、不饱和脂肪酸及多种微量元素等,具有健脑、改善缺铁性贫血、防治糖尿病和高血压,以及抗氧化、抗炎症的作用<sup>[4-8]</sup>。芝麻酱中钙含量较高,民间有经常食用有益于骨骼、牙齿发育的说法<sup>[5]</sup>。

骨质疏松症是与衰老相关的常见疾病,主要发生在绝经后妇女,由于缺乏雌激素,骨骼组织结构改变,骨骼脆性增加,容易导致骨折,并且伴有疼痛和骨折变形合并症的发生,严重影响中老年人的生活<sup>[9-10]</sup>。研究表明,钙摄入不足是导致骨质疏松症诸多膳食危险因素中最重要且起枢纽作用的危险因素<sup>[11]</sup>。然而芝麻酱是否有补钙效果,是否对骨质疏松症有改善作用,缺少文献报道。卵巢切除所致雌性大鼠骨质疏松模型已成为绝经后骨质疏松症的经典病理模型<sup>[12]</sup>。因此,本文利用双侧卵巢切除所致大鼠骨质疏松模型,研究芝麻酱对骨质疏松症的影响,以期膳食芝麻酱作为补钙策略提供数据基础。

## 1 材料与方法

### 1.1 实验材料

健康成年雌性 SD 大鼠,体质量( $200 \pm 20$ )g,购于济南朋悦实验动物繁育中心,生产许可证号 SCXK(鲁)20140007。

标准鼠饲料,江苏省协同医药生物工程有限责任公司。葡萄糖酸钙(钙含量 90 mg/g),天津力生制药股份有限公司;芝麻酱(钙含量 1 200 mg/100 g),山东省十里香芝麻制品股份有限公司;戊巴比妥钠,

德国默克公司;HE 染色试剂盒,北京索莱宝科技有限公司。

CI6000 型全自动生化分析仪,美国雅培公司;TP1020 全自动组织脱水机, RM2245 轮转式切片机, DM1000 LED 生物显微镜,德国 Leica 公司;BMJ-1B 生物组织包埋机,天津爱华医疗器械有限公司;ZS-YLS-16A 小动物骨骼强度仪,北京众实科技有限公司。

### 1.2 实验方法

#### 1.2.1 造模及分组

选用健康成年雌性 SD 大鼠 66 只,饲养于室温 20~26℃,湿度 40%~70%,日温差小于或等于 4℃,换气次数 8~10 次/h,昼夜明暗交替时间 12 h/12 h 的环境,标准鼠饲料喂养。适应性喂养 1 周后,禁食 12 h 后称量大鼠体质量,除假手术组只做手术切口外,其余全部进行双侧卵巢切除手术<sup>[13]</sup>。

大鼠术后连续 3 d 肌肉注射青霉素预防感染,密切观察大鼠皮肤切口恢复,精神状态及进食、进水情况。12 周后称量大鼠体质量,假手术组和造模组均随机选取 3 只大鼠观察其子宫形态及骨组织形态学,以判断骨质疏松造模情况。确定造模成功后,将大鼠随机分为模型组,葡萄糖酸钙组,芝麻酱低、中、高剂量组,每组 10 只,模型组灌胃生理盐水,葡萄糖酸钙组灌胃剂量为 0.56 g/(kg·d)(相当于芝麻酱高剂量组),芝麻酱低、中、高剂量组灌胃剂量分别为 1.04、2.08、4.16 g/(kg·d)。持续灌胃 12 周后,将大鼠麻醉固定,腹主动脉取血,离心,分离血清,保存备用。

### 1.2.2 动物体质量测定及脏器系数计算

在灌胃药物前一周开始称量大鼠体质量,对每周记录的体质量进行统计分析。实验结束后,分离出每只大鼠脏器组织,并称其湿质量,计算脏器系数。脏器系数为脏器质量与大鼠体质量的比值。

### 1.2.3 血清生化指标测定

利用全自动生化分析仪检测血清中雌二醇、碱性磷酸酶、钙、磷、总胆固醇、甘油三酯、高密度脂蛋白胆固醇的水平。

### 1.2.4 骨强度测定

完整分离并收集左侧股骨组织,进行骨强度实验。将股骨两端置于小动物骨骼强度仪实验台两侧支架上,压头放于骨中央处,向下加压,记录骨抗弯力的最大负荷值。

### 1.2.5 骨钙含量测定

取胫骨组织分离肌肉组织后,经烘干、炭化、消化处理,测定骨钙含量<sup>[14]</sup>。

### 1.2.6 病理组织学检查

取大鼠右侧股骨组织,经4%多聚甲醛溶液固定,之后再将标本脱钙、脱水、石蜡包埋、切片处理,常规HE染色,光学显微镜下观察骨组织形态中骨小梁和骨髓腔的变化。

### 1.2.7 数据处理

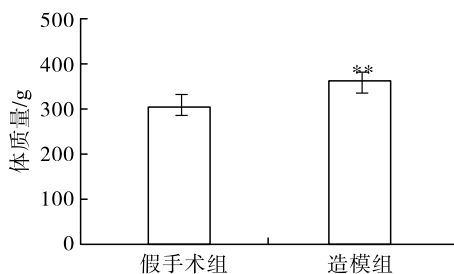
所有数据均用“平均值±标准差”表示,利用SPSS 19.0软件进行单因素方差分析与独立样本 $t$ 检验统计,以 $p < 0.05$ 表示差异具有统计学意义。

## 2 结果与分析

### 2.1 动物模型评价

#### 2.1.1 造模后大鼠体质量变化

除假手术组大鼠只做手术切口外,其余大鼠全部进行双侧卵巢切除手术。造模12周后,称量假手术组和造模组所有大鼠体质量,结果见图1。由图1可知,与假手术组比较,造模组大鼠体质量极显著上升( $p < 0.01$ )。



注:与假手术组比较,\*\*  $p < 0.01$

图1 造模12周后大鼠体质量变化

#### 2.1.2 造模后大鼠子宫形态变化

造模12周后,从假手术组和造模组各随机选取

3只大鼠,解剖取子宫组织,肉眼观察子宫形态变化,结果见图2。由图2可知,与假手术组相比,造模组大鼠子宫组织明显萎缩,颜色变白,宫腔变细,组织变薄。

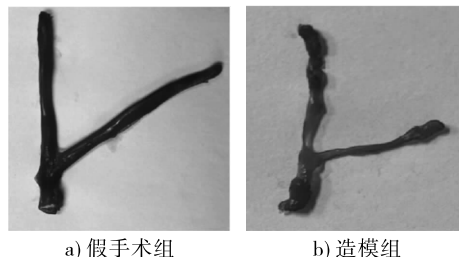


图2 造模12周后大鼠子宫形态变化

#### 2.1.3 骨组织病理形态学观察

造模12周后,从假手术组和造模组各随机选取3只大鼠,解剖取胫骨组织进行HE染色,结果见图3。由图3可知:假手术组大鼠骨小梁横径较宽且无断裂、排列整齐,造模组大鼠骨小梁横径变窄且有断裂现象、间隙增大、排列混乱,骨量明显减少,同时骨髓腔脂肪细胞明显增多,提示造模成功。

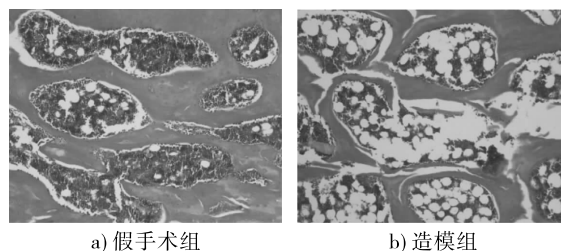
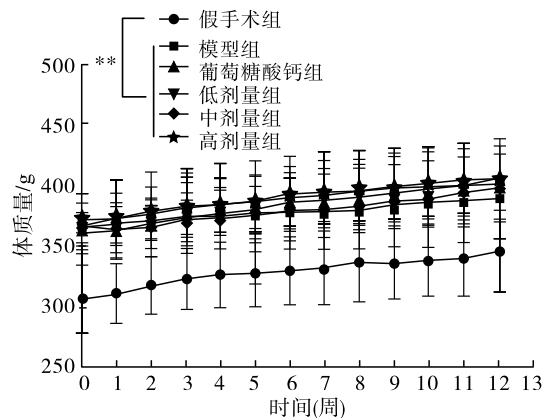


图3 造模12周后大鼠骨组织病理形态学观察(100×)

### 2.2 芝麻酱对卵巢切除所致大鼠骨质疏松症的影响

#### 2.2.1 芝麻酱对卵巢切除大鼠体质量的影响(见图4)



注:与假手术组比较,\*\*  $p < 0.01$

图4 芝麻酱对卵巢切除大鼠体质量的影响

由图4可知,每组大鼠体质量在12周内逐渐增加。与假手术组相比,卵巢切除组大鼠体质量极显

著增加( $p < 0.01$ )。然而,模型组和各治疗组大鼠体质量间没有显著差异。

### 2.2.2 芝麻酱对卵巢切除大鼠脏器系数的影响(见表1)

由表1可知:与假手术组比较,模型组大鼠的子

宫系数极显著降低( $p < 0.01$ ),胸腺、心脏、肝脏、肾脏、脾脏系数无显著变化;与模型组比较,葡萄糖酸钙组和芝麻酱组大鼠各脏器系数均无显著变化。结果表明,芝麻酱不能逆转卵巢切除诱导的大鼠子宫系数的下降。

表1 芝麻酱对卵巢切除大鼠脏器系数的影响

组别	胸腺系数	心脏系数	肝脏系数	肾脏系数	脾脏系数	子宫系数
假手术组	0.000 6 ± 0.000 1	0.003 1 ± 0.000 2	0.022 0 ± 0.002 0	0.006 1 ± 0.000 6	0.001 9 ± 0.000 3	0.002 1 ± 0.000 4
模型组	0.000 7 ± 0.000 1	0.003 0 ± 0.000 2	0.020 0 ± 0.002 0	0.005 5 ± 0.000 5	0.001 8 ± 0.000 2	0.000 3 ± 0.000 1**
葡萄糖酸钙组	0.000 7 ± 0.000 1	0.002 9 ± 0.000 1	0.020 0 ± 0.003 0	0.005 6 ± 0.000 4	0.001 9 ± 0.000 2	0.000 3 ± 0.000 0**
低剂量组	0.000 7 ± 0.000 1	0.003 0 ± 0.000 3	0.021 0 ± 0.004 0	0.005 8 ± 0.000 5	0.002 0 ± 0.000 3	0.000 4 ± 0.000 1**
中剂量组	0.000 7 ± 0.000 1	0.002 9 ± 0.000 2	0.020 0 ± 0.001 0	0.005 6 ± 0.000 4	0.001 8 ± 0.000 2	0.000 3 ± 0.000 0**
高剂量组	0.000 7 ± 0.000 1	0.003 0 ± 0.000 1	0.021 0 ± 0.001 0	0.005 7 ± 0.000 2	0.001 9 ± 0.000 2	0.000 4 ± 0.000 1**

注:与假手术组比较,\*\*  $p < 0.01$

### 2.2.3 芝麻酱对卵巢切除大鼠血清生化指标的影响

#### 2.2.3.1 骨代谢相关血液指标(见表2)

血液中钙和磷的含量可以在一定程度上反映骨骼的物理结构<sup>[15]</sup>,血清中钙、磷代谢紊乱是骨质疏松症患者的重要病理机制之一。碱性磷酸酶是评估骨形成和骨转化的常用标志物,当雌激素分泌紊乱时,碱性磷酸酶被释放到血液中,血液中的碱性磷酸酶含量就会升高<sup>[15-16]</sup>。

由表2可知:与假手术组相比,模型组大鼠血清钙、磷、雌二醇水平显著下降( $p < 0.01$ 、 $p <$

0.05),碱性磷酸酶水平极显著升高( $p < 0.01$ );与模型组比较,葡萄糖酸钙组大鼠碱性磷酸酶水平显著降低( $p < 0.05$ ),血清磷水平极显著升高( $p < 0.01$ ),芝麻酱低剂量组大鼠血清磷水平极显著升高( $p < 0.01$ ),碱性磷酸酶水平显著降低( $p < 0.05$ ),芝麻酱中剂量组大鼠血清钙、磷水平极显著升高( $p < 0.01$ ),碱性磷酸酶水平显著降低( $p < 0.05$ ),芝麻酱高剂量组大鼠血清磷水平显著升高( $p < 0.05$ )。结果说明各治疗组大鼠骨质疏松情况有不同程度的改善。

表2 芝麻酱对卵巢切除大鼠骨代谢相关血液指标的影响

组别	雌二醇/(pg/mL)	碱性磷酸酶/(IU/L)	钙/(mmol/L)	磷/(mmol/L)
假手术组	26.25 ± 7.54	35.18 ± 7.15	2.44 ± 0.04	1.63 ± 0.23
模型组	16.75 ± 2.55*	56.55 ± 7.43**	2.23 ± 0.02**	1.14 ± 0.25**
葡萄糖酸钙组	16.50 ± 2.51*	45.75 ± 5.78**	2.26 ± 0.05**	1.70 ± 0.32##
低剂量组	16.38 ± 2.92*	48.41 ± 9.00**	2.26 ± 0.06**	1.82 ± 0.40##
中剂量组	15.88 ± 2.64*	47.82 ± 10.01**	2.31 ± 0.04**	1.76 ± 0.17##
高剂量组	16.88 ± 1.55*	53.18 ± 7.95**	2.24 ± 0.03**	1.47 ± 0.10#

注:与假手术组比较,\*  $p < 0.05$ ,\*\*  $p < 0.01$ ;与模型组比较,# $p < 0.05$ ,## $p < 0.01$

#### 2.2.3.2 血脂指标(见表3)

表3 芝麻酱对卵巢切除大鼠血脂的影响 mmol/L

组别	总胆固醇	甘油三酯	高密度脂蛋白胆固醇
假手术组	2.35 ± 0.20	0.62 ± 0.07	0.88 ± 0.04
模型组	2.56 ± 0.40	0.55 ± 0.09	0.90 ± 0.08
葡萄糖酸钙组	2.43 ± 0.26	0.60 ± 0.13	0.88 ± 0.05
低剂量组	2.28 ± 0.30	0.57 ± 0.12	0.88 ± 0.10
中剂量组	2.30 ± 0.31	0.57 ± 0.07	0.86 ± 0.09
高剂量组	2.31 ± 0.27	0.58 ± 0.10	0.87 ± 0.12

血脂检测可以作为脂质代谢及有关疾病的诊断指标<sup>[17]</sup>。由表3可知:与假手术组相比,模型组大鼠血清总胆固醇、甘油三酯、高密度脂蛋白胆固醇水平没有显著变化;与模型组相比,葡萄糖酸钙组及芝麻酱组大鼠血清总胆固醇、甘油三酯、高密度脂蛋白胆固醇水平也没有显著变化。

#### 2.2.4 芝麻酱对卵巢切除大鼠骨强度的影响(见图5)

由图5可知,相比假手术组,模型组大鼠骨强度极显著降低( $p < 0.01$ ),给予葡萄糖酸钙及芝麻酱

治疗12周后,与模型组相比,大鼠骨强度有所升高,但无统计学差异。

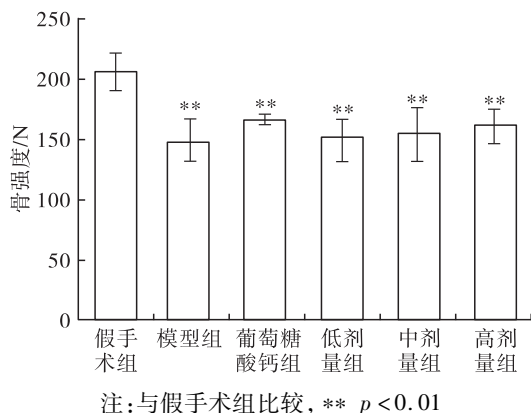


图5 芝麻酱对卵巢切除大鼠骨强度的影响

### 2.2.5 芝麻酱对卵巢切除大鼠骨钙含量的影响 (见图6)

人体牙齿和骨骼中贮存大量的钙,约占总钙含量的99%,雌激素参与女性骨骼的形成,能够促进钙进入骨中,使骨骼的坚硬度上升,当雌激素水平下降,则逆向变化,促使骨骼中钙流失,最终导致骨质

疏松<sup>[18]</sup>。骨钙含量的变化是直接反映骨骼健康状况的重要指标之一。从图6可以看出:与假手术组比较,模型组大鼠骨钙含量极显著下降( $p < 0.01$ );与模型组比较,葡萄糖酸钙组和芝麻酱组大鼠骨钙含量有所增加,但差异无统计学意义。

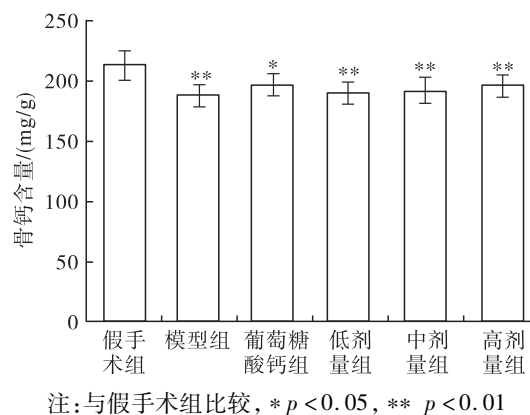


图6 芝麻酱对卵巢切除大鼠骨钙含量的影响

### 2.2.6 芝麻酱对卵巢切除大鼠骨组织形态学的影响 (见图7)

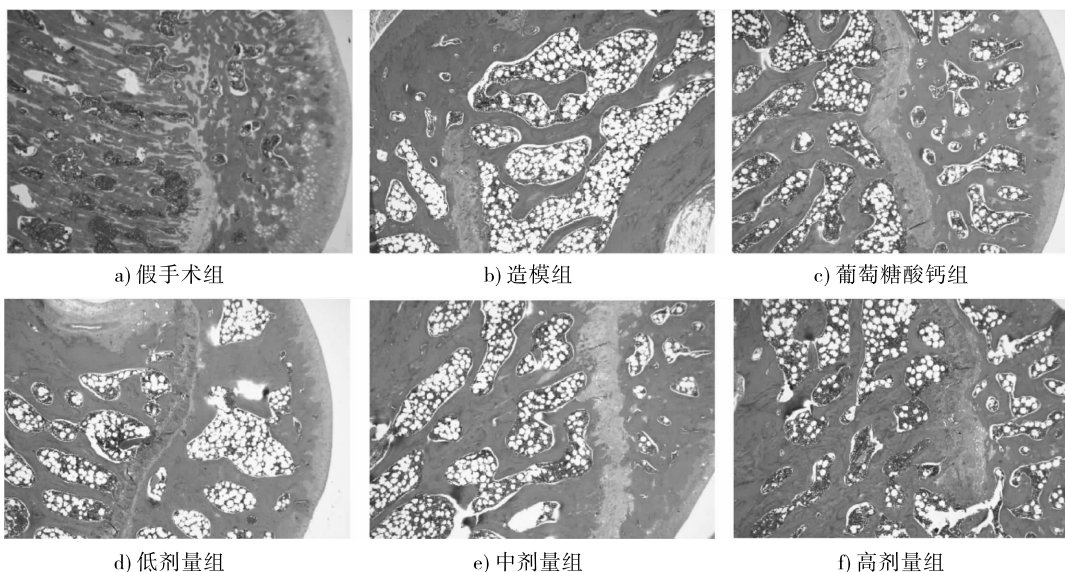


图7 芝麻酱对卵巢切除大鼠骨组织形态学的影响(40×)

骨组织病理染色结果可以直观地反映骨组织内部结构的变化。骨质疏松症的骨组织学特点为单位体积内骨组织量减少,骨皮质变薄,骨小梁数量和体积均降低,髓腔增宽,骨骼承受力下降<sup>[19-20]</sup>。由图7可知,与假手术组比较,模型组大鼠骨小梁稀疏或断裂、排列混乱,骨髓腔扩大且出现大量脂肪细胞,提示卵巢切除大鼠骨组织出现明显的骨量丢失,骨小梁密度降低。葡萄糖酸钙组和芝麻酱组大鼠骨质疏松情况有所改善,但与模型组相比差异不显著。

## 3 结论

通过建立雌性大鼠骨质疏松模型,研究芝麻酱

对卵巢切除所致大鼠骨质疏松症的影响,进而评价芝麻酱补钙的效果。以葡萄糖酸钙为对照,研究芝麻酱对大鼠体质量、脏器系数、血清生化指标、骨强度、骨钙含量及骨组织形态学等相关指标的影响。结果表明,芝麻酱可以在一定程度上改善双侧卵巢切除大鼠与骨代谢相关的血液指标,但对骨骼系统的影响不显著。

在本研究中,低、中、高剂量芝麻酱对卵巢切除大鼠的骨骼系统无明显影响,可能与造模时间、灌胃剂量及灌胃时间点等有一定关系。因此,改变灌胃剂量、灌胃时间或灌胃开始时间点是否对

卵巢切除大鼠骨质疏松症有所影响,还需要进一步深入研究。

#### 参考文献:

- [1] 王颖颖, 候利霞, 胡爱鹏, 等. 主成分分析法评价市售芝麻酱产品品质[J]. 食品科学, 2017, 38(6):310-314.
- [2] 尚小磊, 候利霞. 芝麻酱稳定性研究现状[J]. 中国调味品, 2012, 37(10):1-3.
- [3] 刘国群, 张森, 黄晓琴, 等. 我国传统调味品芝麻酱掺假技术研究现状[J]. 中国调味品, 2017, 42(4):174-177.
- [4] 尚小磊. 水代法中芝麻浆胶体稳定性及兑浆工艺的研究[D]. 郑州:河南工业大学, 2013.
- [5] 李林燕, 李昌, 聂少平. 黑芝麻的化学成分与功能及其应用[J]. 农产品加工:学刊, 2013, 21:58-62.
- [6] 季明. 吃芝麻酱的几大好处[J]. 农村新技术, 2013(9):44.
- [7] SONG J L, CHOI J H, SEO J H, et al. Antioxidative effects of fermented sesame sauce against hydrogen peroxide-induced oxidative damage in LLC-PK1 porcine renal tubule cells[J]. Nutr Res Pract, 2014, 8(2):138-145.
- [8] SONG J L, CHOI J H, SEO J H, et al. Anti-colitic effects of kanjangs (fermented soy sauce and sesame sauce) in dextran sulfate sodium-induced colitis in mice[J]. J Med Food, 2014, 17(9):1027-1035.
- [9] YANG C, HAN X, WANG J, et al. Cemented versus uncemented femoral component total hip arthroplasty in elderly patients with primary osteoporosis: retrospective analysis with 5-year follow-up[J]. J Int Med Res, 2019, 47(4):1610-1619.
- [10] LIANG Q Q, LU M, ZHANG X J, et al. Effect of black tea extract and thearubigins on osteoporosis in rats and osteoclast formation in vitro[J]. Front Physiol, 2018(9):1-12.
- [11] 菅景颖. 胶原多肽螯合钙的制备及其壮骨、骨质疏松防治作用研究[D]. 河北保定:河北农业大学, 2007.
- [12] LIU T T, DING S H, YIN D, et al. Puerh tea extract ameliorates ovariectomy-induced osteoporosis in rats and suppresses osteoclastogenesis in vitro[J]. Front Pharmacol, 2017(8):1-12.
- [13] 连娟, 刘佳贤, 暴雪丽, 等. 黄瓜籽复合物对去势大鼠骨质疏松症的影响[J]. 湖南中医药大学学报, 2021, 41(4):523-527.
- [14] 王雪华, 赵海平, 孙伟丽, 等. 鹿茸复方对去卵巢骨质疏松大鼠骨代谢和骨钙磷含量的影响[J]. 中国现代中药, 2019, 21(5):583-589.
- [15] JIANG Z W, LI Z, ZHANG W, et al. Dietary natural *n*-acetyl-*d*-glucosamine prevents bone loss in ovariectomized rat model of postmenopausal osteoporosis[J]. Molecules, 2018, 23(9):1-18.
- [16] 王晓红, 李媛媛, 戴宇峰, 等. 海参皂苷对去卵巢小鼠骨密度的改善作用及机制[J]. 食品科学, 2019, 40(5):124-129.
- [17] 虎静, 雷涛. 血脂紊乱与骨质疏松关系的研究进展[J]. 中国骨质疏松杂志, 2014, 20(6):687-689.
- [18] 胡英勇, 尹耀庭, 刘月平, 等. 巴戟天提取物对去卵巢大鼠骨质疏松症的防治作用[J]. 湖南中医杂志, 2019, 35(11):139-141.
- [19] ZHANG A H, MA Z M, SUN H, et al. High-throughput metabolomics evaluate the efficacy of total lignans from *Acanthopanax senticosus* stem against ovariectomized osteoporosis rat[J]. Front Pharmacol, 2019(10):1-14.
- [20] RAJFER R A, FLORES M, ABRAHAM A, et al. Prevention of osteoporosis in the ovariectomized rat by oral administration of a nutraceutical combination that stimulates nitric oxide production[J]. J Osteoporos, 2019(3):1-11.

· 公益广告 ·



## 节能减排，提质增效！

《中国油脂》宣