

利用 BDI-GS 体系对比评价大豆和牛奶的营养健康效应

李卫红,王浩,周晓靓,李光强,于光允,王德芝,沈秀,龙伟,周则卫

(中国医学科学院北京协和医学院放射医学研究所,天津 300192)

摘要:通过 BDI-GS 系统结合低营养小鼠实验对比评价大豆和牛奶的营养健康效应。对生长期健康 ICR 雄性小鼠,分别进行 12 d 低营养玉米饲料、10% 大豆玉米混合饲料、10% 牛奶玉米混和饲料喂养,考察小鼠体重、脏器系数及其损益指数(BDI)、积分(GS)等指标,综合对比评价大豆和牛奶的营养健康功效。结果表明:大豆、牛奶的营养健康功效均较全面,大豆股骨重量及系数的 BDI 均大于 1.0,可用于预防骨质疏松症;牛奶对脾、胰腺具有良好的营养和保健功效,因此可能对 II 型糖尿病具有一定的预防作用。

关键词:损益指数;大豆;牛奶;营养健康;II 型糖尿病;骨质疏松症

中图分类号:TS201.4 **文献标识码:**A **文章编号:**1000-9841(2014)01-0099-04

Assessment on Nutritional and Healthy Effects of Soybean and Milk by Using BDI-GS System

LI Wei-hong, WANG Hao, ZHOU Xiao-liang, LI Guang-qiang, YU Guang-yun, WANG De-zhi, SHEN Xiu, LONG Wei, ZHOU Ze-wei

(Institute of Radiation Medicine, Chinese Academy of Medical Sciences & Peking Union Medical College, Tianjin 300192, China)

Abstract: In this paper, nutritional and healthy effects of soybean and milk were evaluated by low-nutritional mice model and BDI-GS system. The healthy ICR male mice during growth were fed with low-nutritional corn, mixed with 10% soybean or 10% milk for 12 days, then their body weights, organ indices, benefit-damage indices (BDI) and general score (GS) were observed to evaluate the nutrition and healthy effect of soybean and bovine milk. The results demonstrated that soybean and bovine milk were both beneficial to human health. Soybean could be used to prevent osteoporosis and milk may have a certain effect on preventing type II diabetes.

Key words: Benefit-damage index; Soybean; Milk; Nutrition and health; Diabetes mellitus II; Osteoporosis

随着生活水平的普遍提高,由于饮食不当引起的高血压、高血脂、糖尿病、过度肥胖等问题对人类健康产生严重威胁。因此,饮食营养、健康与安全已成为人们关注的焦点话题。大豆的蛋白质含量在植物性食物中位居首位,联合国粮农组织(FAO)曾倡议将大豆作为解决发展中国家贫困人口营养问题的蛋白质营养源。牛奶的综合营养价值较高,目前我国的牛奶消费量呈逐年上升的趋势。相关研究分别关注了大豆^[1-2]和牛奶^[3]的营养效应,而对于二者的营养健康效应对比及饮食推荐鲜有报道。因此,本文通过 BDI-GS 体系结合低营养动物模型,对比揭示大豆、牛奶的营养健康效应及其日常摄取与 II 型糖尿病、骨质疏松的关系,为日常饮食提供必要的指导。

1 材料与方 法

1.1 材料与仪器

当年东北产大豆,天津产普通黄玉米粉,蒙牛

纯牛奶(批号:20120926,规格:200 mL/袋)。日立全自动生化分析仪(HITACHI 7180,日本株式会社日立高新技术);Anke 台式离心机(TGL-16G,上海安亭科学仪器厂);1/1000 Mettler 精密电子天平(PL203,梅特勒-托利多仪器上海有限公司);高速粉碎机(YK 200B,山东省青州市益康中药机械有限公司)。

1.2 方 法

1.2.1 饲料的制备 以大豆及牛奶为受试物,配制 10% 混和大豆粉玉米饲料(A)及 10% 混合牛奶的玉米饲料(B)为实验组。空白饲料组(CK)使用市售普通黄玉米粉。实验组将大豆粉碎后过 70 目筛,用 1/100 电子天平进行准确称量配制;将牛奶进行蒸干干燥后测定固体成分含量为 13%,用量筒按比例准确量取配制,均配制 800 g。将上述各组饲料加入适量水混匀成型蒸制 10~15 min,放凉后制成条状存入 -20℃ 冰箱备用。

1.2.2 动物分组与实验方法 处于生长期(6~8

收稿日期:2013-08-12

基金项目:中国医学科学院放射医学研究所探索基金(ST1322)。

第一作者简介:李卫红(1988-),女,在读硕士,主要从事药物与功能食品研究。E-mail:lweih@foxmail.com。

通讯作者:周则卫(1966-),男,研究员,硕士生导师,主要从事药物及功能食品研究。E-mail:zhouzewei@irm-cams.ac.cn。

周龄)的ICR雄性小白鼠24只,体重18~22g,由中国医学科学院放射医学研究所动物中心提供。随机分成3组,每组8只。实验开始即换用相应饲料,每周一、周三、周五称取体重1次,并更换新饲料。喂养第13天称重,眼眶取血后脱臼处死,解剖完整取出心、肺、胸腺、肝、脾、胰腺、双肾、性腺精囊、股骨^[4]等脏器组织,称取湿重,并将股骨在80℃烘干4h后称取干重^[5]。将血液3000 r·min⁻¹离心10 min,取上层血清用全自动生化分析仪检测生化指标。

1.3 统计及评价方法

1.3.1 脏器系数 脏器系数表示单位体重中脏器所占的比重或份额,表征食物对脏器组织的健康效应^[9-10]。计算公式如下:脏器系数=脏器重量(mg)/体重(g)。

1.3.2 损益指数 损益指数(benefit-damage index, BDI)是一种概念性参数^[6-7]。重量BDI代表受试物的营养功效指标,系数BDI代表受试物的保健功效指标。BDI>1.0为有益,BDI<1.0为有损害。BDI值越大食物对该脏器组织越有益,脏器组织对机体营养健康的贡献就越大,对BDI值进行累计积分(general score, GS),可作为食物对机体综合效应评价的指标。累计GS越大说明该受试物对机体的综合功效越高。

1.3.3 数据统计分析 采用SPSS19.0进行统计分析,以配对样本t-检验来检测组间显著性差异。引入BDI概念与t-检验互补。当BDI>1.3时,正效应

较明显,且数值越大越有益;当BDI<0.8时,损害较明显,且数值越小损害越大。

2 结果与分析

2.1 大豆、牛奶营养价值的对比评价

2.1.1 体重 如图1所示,空白组的体重在喂养过程中呈下降趋势,而10%大豆组、10%牛奶组体重均有较明显增加,大豆组体重变化较均匀平稳,而牛奶组有恒定期和上升期。可初步判定在实验期间大豆在促进动物生长方面的营养功效优于牛奶。

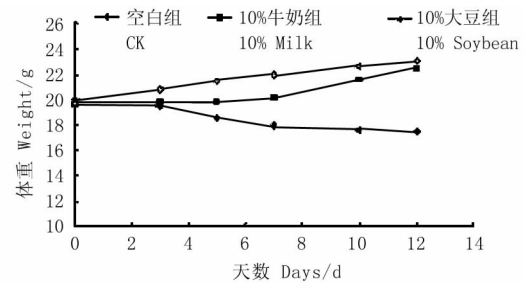


图1 体重变化趋势

Fig. 1 Growth trends of mice weights

2.1.2 重量BDI-GS 从表1可知,大豆和牛奶组的重量BDI均大于1.0;与空白对照组相比,胸腺重量均极显著增加($P<0.01$),其次是脾脏和胰腺。而对于性腺精囊和股骨,大豆组的BDI值(分别为2.00和1.47)明显高于牛奶组(分别为1.44和1.21)。从GS_w积分可以看出,在本试验设计的剂量下,10%大豆组的综合营养功效(14.64)略优于牛奶组(14.02),均高于无损益的基本标准(9.0)。

表1 大豆和牛奶重量营养效应评价

Table 1 Weight nutritional evaluation of soybean and milk ($\bar{x} \pm s, n=8$)

器官 Organ	CK/g	10%大豆 10% Soybean		10%牛奶 10% Milk	
		重量 Weight/g	BDI	重量 Weight/g	BDI
心脏 Heart	0.104 ± 0.013	0.119 ± 0.017 *	1.14	0.127 ± 0.021 *	1.22
肺脏 Lung	0.153 ± 0.023	0.163 ± 0.035	1.07	0.171 ± 0.032	1.12
胸腺 Thymus	0.019 ± 0.012	0.051 ± 0.024 **	2.68	0.050 ± 0.027 **	2.63
脾脏 Spleen	0.057 ± 0.013	0.102 ± 0.043 *	1.79	0.106 ± 0.030 **	1.86
胰腺 Pancreas	0.062 ± 0.012	0.107 ± 0.030 **	1.73	0.105 ± 0.026 **	1.69
肝脏 Liver	0.673 ± 0.106	0.946 ± 0.110 **	1.41	0.977 ± 0.162 **	1.45
肾脏 Kidneys	0.218 ± 0.032	0.294 ± 0.039 **	1.35	0.305 ± 0.088 *	1.40
性腺 Gonad	0.323 ± 0.105	0.645 ± 0.140 **	2.00	0.464 ± 0.086 *	1.44
股骨 Femur	0.019 ± 0.004	0.028 ± 0.003 **	1.47	0.023 ± 0.004	1.21
9项指标累计 GS _w			14.64		14.02

与空白组通过配对t检验分析,*为 $P<0.05$,**为 $P<0.01$,下同。

Paired t-test analysis and compared with control, * $P<0.05$, ** $P<0.01$, the same below.

2.2 脏器系数 BDI-GS

由表 2 可知,胸腺、脾脏、胰腺、肝脏和性腺的系数 BDI 均大于 1.0;对于脾脏和胰腺的脏器系数,大豆组与空白组差异不显著 ($P > 0.05$),而牛奶组与

空白组存在显著性差异 ($P < 0.05$)。从系数 BDI 的累计 GS_i 分析,大豆组和牛奶组均大于 9.0 的基本积分。

表 2 大豆和牛奶脏器系数营养效应评价

Table 2 Organ coefficient evaluation of soybean and milk ($\bar{x} \pm s, n = 8$)

器官 Organ	CK/ $\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$	10% 大豆 10% Soybean		10% 牛奶 10% Milk	
		脏器系数 Organ coefficient/ $\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$	BDI	脏器系数 Organ coefficient/ $\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$	BDI
心脏 Heart	6.319 ± 0.918	5.190 ± 0.828	0.82	5.686 ± 0.646	0.90
肺脏 Lung	8.757 ± 1.380	7.039 ± 1.104 *	0.80	7.647 ± 0.913 *	0.87
胸腺 Thymus	1.116 ± 0.716	2.155 ± 0.854 **	1.93	2.201 ± 0.958 **	1.97
脾脏 Spleen	3.415 ± 0.384	4.454 ± 1.858	1.30	4.740 ± 1.178 *	1.39
胰腺 Pancreas	3.710 ± 0.640	4.596 ± 1.021	1.24	4.700 ± 0.738 *	1.27
肝脏 Liver	40.530 ± 4.536	41.120 ± 2.095	1.01	43.770 ± 3.814	1.08
肾脏 Kidneys	13.120 ± 1.207	12.830 ± 1.531	0.98	13.540 ± 2.868	1.03
性腺 Gonad	19.210 ± 5.025	28.390 ± 7.000 *	1.48	20.830 ± 2.849	1.08
股骨 Femur	1.128 ± 0.190	1.229 ± 0.237	1.09	1.047 ± 0.108	0.93
9 项指标累计 GS_i			10.65		10.52

2.3 血清生化指标评价

从表 3 可见,10% 牛奶实验组谷丙转氨酶显著性降低,与脏器营养健康效应评价结果一致;大豆

组总蛋白和白蛋白显著高于对照组;而牛奶组总蛋白、球蛋白、总胆固醇和甘油三酯均极显著高于对照组。

表 3 血清生化指标评价

Table 3 Evaluation of blood biochemical parameters ($\bar{x} \pm s, n = 8$)

指标 Parameter	CK	10% 大豆 10% Soybean	10% 牛奶 10% Milk
谷丙转氨酶 ALT	42.00 ± 13.87	45.29 ± 35.90	34.63 ± 8.78 *
谷草转氨酶 AST	121.10 ± 24.2	115.10 ± 34.00	116.10 ± 21.7
总蛋白 TP	45.01 ± 6.48	52.46 ± 7.63 *	60.73 ± 6.71 **
白蛋白 ALB	29.29 ± 2.75	35.00 ± 2.94 *	31.50 ± 4.60
球蛋白 GLOB	15.74 ± 6.11	18.89 ± 7.39	30.47 ± 3.82 **
肌酐 CREA	17.14 ± 6.62	17.14 ± 6.89	—
尿素氮 BUN	4.59 ± 0.77	5.04 ± 0.82	4.74 ± 2.05
总胆固醇 CHOL	1.04 ± 0.14	—	1.51 ± 0.32 **
甘油三酯 TG	1.53 ± 0.41	—	2.92 ± 0.84 **

3 讨论

3.1 评价方法比较

传统的食物营养评价方法是参考联合国粮农组织和世界卫生组织 (FAO/WHO) 20 世纪 70 年代推荐的标准物质,与酪蛋白 (casein) 的营养功效进行比较^[8],仅评价食物中蛋白质的功效,无法揭示食物的整体营养效应。而本模型系统的评价方法是以代表机体整体生理功能的脏器组织、重要腺体 (胸腺、胰腺、性腺精囊) 以及对营养敏感的股骨为

研究对象,同时以各个脏器 BDI 值累加的积分作为受试物对整体效应的评价指标,更加直观和具体,比传统方法更具优势。

3.2 对骨质的影响

大豆组的股骨重量及系数 BDI 均大于 1.0,表明其对骨组织有营养功效,对骨质健康存在正效应,可能与其较高的植物雌激素含量有关。牛奶组的股骨重量 BDI > 1.0,表明其有利于骨组织的生长发育^[9];而其股骨系数 BDI < 1.0,对骨质健康造成轻度的负面效应。因此,对于乳糖酶逐渐缺失、钙

质流失期及酸性体质的中老年人而言,长期大量连续饮用导致骨质疏松及骨折的发生概率更高^[10-11],因此建议老年骨质疏松人群尽量选用大豆制品。

3.3 对脏器的影响

重量 BDI 的结果表明大豆、牛奶均能滋养五脏、三焦腺体,均能补充蛋白营养,且大豆组的综合营养功效略优于牛奶组。系数 BDI 及生化指标评价结果表明大豆和牛奶均较有利于胸腺、脾脏等免疫器官的生长发育,具有增强免疫功能的效应;牛奶对脾、胰腺具有良好的营养和保健功效,可能对 II 型糖尿病有一定的预防作用,但大量饮用牛奶会加重高血脂和高胆固醇血症。

参考文献

- [1] Nagata C. Ecological study of the association between soy protein intake and mortality from cancer and heart disease in Japan[J]. *International Journal of Epidemiology*,2000,29:832-836.
- [2] Ho S C, Chan S G, Yi Q, et al. Soy intake and the maintenance of peak bone mass in Hong Kong Chinese women[J]. *Journal of Bone and Mineral Research*,2001,16:1363-1369.
- [3] Lanou A J. Should dairy be recommended as part of a healthy vegetarian diet? Counterpoint[J]. *The American Journal of Clinical Nutrition*,2009,89:1638S-1642S.
- [4] 闫晶,赵新华,闫石,等.骨密度与营养状况及生活方式的相关性[J]. *河北医学*,2010,16(2):244-245. (Yan J, Zhao X H, Yan S, et al. The relationship of bone mineral density and nutritional status and lifestyle[J]. *Hebei Medicine*,2010,16(2):244-245.)
- [5] 黄君红,何中初,陈琼,等.发酵型酸奶预防环磷酰胺导致小鼠骨质疏松作用的探讨[J]. *中国老年学杂志*,2008,28(5):459-462. (Huang J H, He Z C, Chen Q, et al. The prevention effect of fermented yogurt on cyclophosphamide-related osteoporosis in mice[J]. *Chinese Journal of Gerontology*,2008,28(5):459-462.)
- [6] 周则卫,王德芝,沈秀,等.用 BDI-GS 体系综合评价进口转基因大豆的功效与安全[J]. *大豆科学*,2012,31(5):822-826. (Zhou Z W, Wang D Z, Shen X, et al. Comprehensive evaluation on functions & safety of imported GM soybean using BDI-GS system[J]. *Soybean Science*,2012,31(5):822-826.)
- [7] 王晓光,王德芝,周则卫,等.杂交大米食用功效及安全性的评价研究[J]. *食品科技*,2012,37(11):163-168. (Wang X G, Wang D Z, Zhou Z W, et al. Evaluation of functions and safety in hybrid rice consumption[J]. *Food Science and Technology*,2012,37(11):163-168.)
- [8] FAO/WHO. Energy and protein requirement[R]. Report of Joint FAO/WHO, Geneva: WHO,1973:63.
- [9] Goulding A, Rockell J E P, Black R E, et al. Children who avoid drinking cow's milk are at increased risk for prepubertal bone fractures[J]. *Journal of the American Dietetic Association*,2004,104:250-253.
- [10] Matlik L, Savaiano D, McCabe G, et al. Perceived milk intolerance is related to bone mineral content in 10-to 13-year-old female adolescents[J]. *Pediatrics*,2007,120:e669-e677.
- [11] Kudlacek S, Freudenthaler O, Weissböck H, et al. Lactose intolerance: a risk factor for reduced bone mineral density and vertebral fractures? [J]. *Journal of Gastroenterol*,2002,37:1014-1019.
- (上接第 72 页)
- [6] 韩亮亮. 淹水胁迫对大豆生长和生理特性的影响[D]. 南京:南京农业大学,2011:47. (Han L L. Effects of flooding stress on growth and physiological characteristics of soybean[D]. Nanjing: Nanjing Agricultural University,2011:47.)
- [7] 周琴,董艳,卞雅姣,等.不同渍水时间对苗期和花期大豆生长及碳氮代谢的影响[J]. *应用生态学报*,2012,23(6):1577-1584. (Zhou Q, Dong Y, Bian Y J. Influence of different duration of waterlogging on the growth and C and N metabolism of soybean at seedling and flowering stages[J]. *Chinese Journal of Applied Ecology*,2012,23(6):1577-1584.)
- [8] 宋晓慧,滕占林,萧长亮,等.淹水胁迫对不同耐涝性大豆品种苗期根部形态及叶部生理指标的影响[J]. *大豆科学*,2013,32(1):130-132. (Song X H, Teng Z L, Xiao C L, et al. Effect of waterlogging on root morphology and foliar physiological indexes of soybean varieties[J]. *Soybean Science*,2013,32(1):130-132.)
- [9] 张宪政. 作物生理研究法[M]. 北京:农业出版社,1992. (Zhang X Z. Crop physiological approach[M]. Beijing: Agricultural Press,1992.)
- [10] 马启林,雷慰慈,山口武视,等.过湿条件下大豆不定根的发生及其生理作用研究[J]. *大豆科学*,2008,27(1):79-84. (Ma Q L, Lei W C, Takeshi Yamaguchi, et al. Incidence and physiological effects of soybean adventitious root under excessive soil water[J]. *Soybean Science*,2008,27(1):79-84.)
- [11] 郭数进,李贵全.大豆生理指标与抗旱性关系的研究[J]. *河南农业科学*,2009(6):38-41. (Guo S J, Li G Q. Research on relationship between physiological indexes and drought resistance of soybeans[J]. *Journal of Henan Agricultural Sciences*,2009(6):38-41.)
- [12] 杨鹏辉,李贵全,郭丽,等.干旱胁迫对不同抗旱大豆品种膜透性的影响[J]. *山西农业科学*,2003(3):23-26. (Yang P H, Li G Q, Guo L, et al. Cell membrane stability of soybean variety in response to drought stress[J]. *Journal of Shanxi Agricultural Sciences*,2003(3):23-26.)
- [13] 高中超,周宝库,张喜林.大豆对干旱胁迫生理生化的响应[J]. *大豆通报*,2007(5):27-30. (Gao Z C, Zhou B K, Zhang X L. The physiology and biochemistry reaction of soybean to drought stress[J]. *Soybean Bulletin*,2007(5):27-30.)
- [14] 王启明,马原松.不同抗旱品种大豆苗中脯氨酸积累的差异[J]. *商丘职业技术学院学报*,2005,4(2):63-64. (Wang Q M, Ma Y S. The different in proline accumulation between the seedling of two varieties of soybean with different drought resistance[J]. *Journal of Shangqiu Vocational and Technical College*,2005,4(2):63-64.)