



引用格式:王金昊,邱俊.服用牦牛骨粉对运动员骨代谢和身体机能的影响[J].科学技术与工程,2020,20(7):2609-2613

Wang Jin-hao, Qiu Jun. Effects of yak bone powder on bone metabolism and physical function of athletes [J]. Science Technology and Engineering, 2020, 20(7): 2609-2613

医药、卫生

服用牦牛骨粉对运动员骨代谢和身体机能的影响

王金昊, 邱俊*

(上海体育科学研究所, 上海 200030)

摘要 为探讨牦牛骨粉对运动员骨密度、骨代谢和身体机能水平的影响,以击剑、现代五项、武术、拳击等项目45名运动员为对象,运动员每日服用5 g牦牛骨粉,每周6次,共4周。采用EXA-3000外周双能X线骨密度仪检测左右前臂、跟骨骨密度,抽静脉血检测骨代谢和身体机能相关生化指标。结果发现,服用牦牛骨粉后男子运动员右跟骨骨密度显著升高,女子运动员左右前臂、跟骨密度显著升高,服用牦牛骨粉后女运动员血清钙、磷和男运动员血清钙显著性降低,女运动员血清肌酸激酶显著性降低,男运动员IgM显著性升高。可见,服用4周牦牛骨粉对女运动员前臂、跟骨的骨密度有一定的改善作用,对男运动员前臂和跟骨的骨密度影响作用较小,对运动员骨代谢血液生化指标和免疫球蛋白无不利影响,可以较好地维持运动员的身体机能水平。

关键词 牦牛骨粉;运动员;骨密度;身体机能

中图法分类号 R153.5 G804.7; 文献标志码 B

Effects of Yak Bone Powder on Bone Metabolism and Physical Function of Athletes

WANG Jin-hao, QIU Jun*

(Shanghai Research Institute of Sports Science, Shanghai 200030, China)

[Abstract] In order to investigate the effect of yak bone powder on bone mineral density (BMD), bone metabolism and physical function of athletes, 45 athletes from fencing, modern pentathlon, martial arts and boxing were selected as research subjects. Athletes took 5 g yak bone powder daily, 6 times per week, for 4 weeks. The BMD of forearm and calcaneus bone were detected by EXA-3000 peripheral dual energy X-ray bone densitometer, and the blood biochemical indexes were detected by venous blood sampling. Results show that the BMD of the right calcaneus of the male athletes is increased significantly ($P < 0.01$) and the BMD of the forearms and calcaneus of the women athletes are higher than before taking ($P < 0.01$, $P < 0.01$, $P < 0.01$, $P < 0.05$). After taking yak bone powder, the serum Ca and P of women athletes are decreased significantly ($P < 0.01$, $P < 0.05$), Ca of male athletes is decreased significantly ($P < 0.05$), the CK of female athletes is decreased significantly ($P < 0.01$), and the IgM of male athletes is increased significantly ($P < 0.01$). It is concluded that taking yak bone powder of 4 weeks can improve the BMD of the female athlete's forearm and calcaneus, while it has little effect on the BMD of male athletes' forearm and calcaneus. It has no adverse effect on the biochemical indexes of bone metabolism and immunoglobulin, and can better maintain the physical function level of athletes.

[Key words] yak bone powder; athletes; bone mineral density; physical function

骨密度(bone mineral density, BMD)是衡量骨质健康的可靠指标,高BMD可降低运动员受伤的概率,低BMD会增加运动员应力性和脆性骨折的风险^[1]。运动/训练和营养是影响运动员BMD的两个后天环境因素。运动员BMD的高低与运动项目特点、竞技水平、运动强度、运动量等训练因素密切

相关^[2-6],高强度冲击力的运动训练有助于BMD提高^[7-8],但运动负荷过大可引起BMD降低^[9-10],由于比赛需求运动员常进行较大负荷的训练。相对训练的不可控因素营养干预措施更易实现,营养提供骨代谢所需原料合成来增加BMD,与BMD密切相关的两种重要矿物质是钙和磷,补充含钙、磷丰富

收稿日期:2019-06-17; 修订日期:2019-09-17

基金项目:上海市体育科技重点备战攻关项目(17J008)

第一作者:王金昊(1984—),男,汉族,河南登封人,硕士,助理研究员。E-mail:wangjin-hao28@163.com。

*通信作者:邱俊(1971—),女,汉族,浙江温岭人,博士,研究员。E-mail:qiu-jung@hotmail.com。

的食物资源对于改善运动员的骨质营养状况有重要意义。

牦牛骨粉为无农药残留污染的有机钙源,含钙量高,钙表现吸收率高,且钙磷比例恰当合理,易于人体消化吸收、利用^[11-12]。关于牦牛骨粉的研究大多集中在食品加工领域^[13-16],也有少量文献报道牦牛骨粉可以提高大鼠骨密度^[11,17]、改善治疗骨关节病^[18],但对运动员骨质水平的研究还鲜有报道。基于此,在不干预运动员膳食的前提下,观察运动员服用一定剂量牦牛骨粉4周后骨密度和骨代谢、身体机能相关生化指标的变化,探索牦牛骨粉对运动员骨质健康的影响,以期为科学化营养补充提供依据。

1 对象与方法

1.1 研究对象

击剑、现代五项、武术、拳击等项目优秀运动员45名,男21名、女24名,健康状况良好,无其他方面的疾病和伤病。具体情况见表1。

表1 受试者基本信息

Table 1 The basic information of subjects

性别	年龄	身高/cm	体重/kg	训练年限/年
男	23.4±3.1	182.1±7.6	74.7±11.7	8.9±3.4
女	22.2±3.8	175.7±5.6	67.4±6.6	6.7±2.3

1.2 实验方法

(1) 牦牛骨粉的加工和服用方法。牦牛骨粉为5369牦牛骨粉,由青海五三六九生态牧业科技有限公司加工提供,经上海国家食品质量监督检验中心安全检测,符合运动员服用的食品安全和反兴奋剂安全标准。牦牛骨粉随餐服用,每次5 g,每日服用1次,每周6次,共服用4周。

(2) 饮食情况。运动员根据个人饮食习惯摄入一日三餐,本研究不干预饮食。

(3) 骨密度检测。实验前后采用EXA-3000外周双能X线骨密度仪检测左右前臂、跟骨的骨密度。

(4) 生化指标。服用牦牛骨粉前后周一晨空腹抽静脉血检测白细胞(white blood cells, WBC)、红细胞(red blood cells, RBC)、血红蛋白(hemoglobin, Hb)、红细胞压积(hematocrit, Hct)、睾酮(testosterone, T)、皮质醇(cortisol, C)、血尿素(blood urea nitrogen, BUN)、血清肌酸激酶(creatine kinase, CK)、骨碱性磷酸酶(bone alkaline phosphatase, BAP)、钙(calcium, Ca)、磷(Phosphorus, P)、血清免疫球蛋白A(immunoglobulin A, IgA)、免疫球蛋白G(immunoglobulin G, IgG)、免疫球蛋白M(immunoglobu-

lin M, IgM)等指标。

1.3 实验仪器和试剂

实验仪器。韩国产EXA-3000外周双能X线骨密度仪;贝克曼库尔特ACCESS 2全自动免疫分析系统;日立全自动生化分析仪;贝克曼三分类血常规仪。主要试剂:T、C、BAP试剂盒购于贝克曼库尔特有限公司;BUN、CK、Ca、P试剂盒购于WAKO公司;IgA、IgG、IgM试剂盒购于迈克生物股份有限公司。

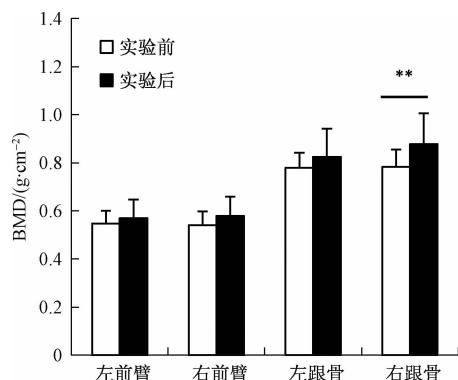
1.4 数据统计

实验测试数据采用SPSS 22.0统计软件,计算“均值±标准差”,对各组实验前后数据进行描述统计探索性分析判断数据是否服从正态分布,服从正态分布的实验指标前后比较采用配对样本T检验,非正态分布的实验指标前后比较采用非参数检验, $P < 0.05$ 、 $P < 0.01$ 具有统计学意义。

2 结果与分析

2.1 骨密度

图1所示,男子运动员服用牦牛骨粉后左前臂、右前臂、左跟骨BMD与实验前比较均无统计学意义($P > 0.05$),但有升高的趋势(4%、7%、6%);右跟骨BMD与实验前比较有显著性升高($P < 0.01$),增加12.2%。



** 表示与实验前比较,差异非常显著, $P < 0.01$

图1 男子运动员实验前后BMD比较结果

Fig. 1 The results of the BMD in male athletes before and after experiment

图2所示,女子运动员服用牦牛骨粉后左、右前臂BMD与实验前比较均有显著性升高($P < 0.01$),分别增加了8.8%、11.2%;左、右跟骨BMD与实验前比较均有显著性升高($P < 0.01$ 、 $P < 0.05$),分别增加了10.6%、10.1%。

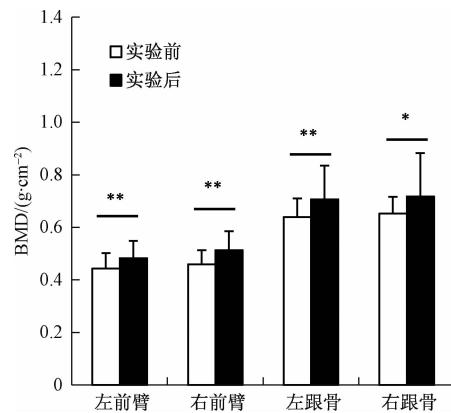
2.2 骨代谢血液生化指标

表2显示,男子运动员服用牦牛骨粉后BAP、P与实验前比较均无统计学意义($P > 0.05$),Ca有

显著性降低($P < 0.05$)；女子运动员服用牦牛骨粉后BAP与实验前比较无统计学意义($P > 0.05$)，Ca、P有显著性降低($P < 0.01$ 、 $P < 0.05$)。

2.3 身体机能血液生化指标

表3显示,男运动员服用牦牛骨粉后WBC、RBC、Hb、Hct、T、C、BUN、CK等身体机能血液生化指标与实验前比较均无统计学意义($P > 0.05$)；女运动员服用牦牛骨粉后WBC、RBC、Hb、Hct、T、C、BUN等身体机能血液生化指标与实验前比较均无统计学意义($P > 0.05$)，CK非常显著性降低($P < 0.01$)。



* 表示与实验前比较,差异显著, $P < 0.05$; ** 表示与实验前比较,差异非常显著, $P < 0.01$

图2 女子运动员实验前后BMD比较结果

Fig. 2 The results of the BMD in female athletes before and after experiment

2.4 免疫指标

表4显示,男子运动员服用牦牛骨粉后血液IgG、IgA与实验前比较均无统计学意义($P > 0.05$)，IgM在正常范围内有显著性升高($P < 0.01$)；女子运动员服用牦牛骨粉后血液IgG、IgM、IgA与实验前比较均无统计学意义($P > 0.05$)。

3 讨论

牦牛骨中含有人体所必需的多种营养物质,如矿物质元素、氨基酸、磷蛋白、磷脂、维生素A、B₁、B₂、D、软骨素、骨胶等,常量元素以钙含量最高,其次是磷、钠、钾,微量元素含锌、铁、铜、锰等^[12],较于其他牛骨含有更高的蛋白质^[19]和微量元素^[20]。牦牛骨中这些营养组分具有补充骨骼基础物质、补足机体所需多重营养、提高免疫力等功效。因此,推测补充牦牛骨粉对运动员骨密度和骨代谢可能会有积极的影响。

据报道,牦牛骨粉可有效提高骨密度。赵要武等^[11]研究表明,大鼠喂养12周后牦牛骨粉10、20倍剂量组股骨钙含量、股骨骨密度高于低钙对照组,5、20倍剂量组钙表观吸收率高于相应剂量的碳酸钙对照组,牦牛骨粉可增加骨密度也具有较高的钙表观吸收率,认为与牦牛骨粉中一些微量元素的比例恰当等有关。程妍等^[17]以牦牛超微骨粉配以菊粉和酪蛋白磷酸肽喂食大鼠,探讨对大鼠骨密度的影响,结果发现试验组大鼠股骨密度分别有不同

表2 运动员骨代谢血液生化指标的变化结果

Table 2 The results of biochemical indexes of bone metabolism in athletes

指标	男		女	
	实验前	实验后	实验前	实验后
BAP/(μg·L ⁻¹)	15.34 ± 5.40	16.18 ± 5.78	14.10 ± 7.20	13.57 ± 6.01
Ca/(mmol·L ⁻¹)	2.28 ± 0.21	2.23 ± 0.06 *	2.31 ± 0.06	2.22 ± 0.06 **
P/(mmol·L ⁻¹)	1.12 ± 0.14	1.08 ± 0.14	1.21 ± 0.11	1.10 ± 0.21 *

注: * 表示与实验前比较,差异显著, $P < 0.05$; ** 表示与实验前比较,差异非常显著, $P < 0.01$ 。

表3 运动员身体机能生化指标变化结果

Table 3 The results of biochemical indexes of physical function in athletes

指标	男		女	
	实验前	实验后	实验前	实验后
WBC/10 ⁹ L ⁻¹	5.48 ± 1.08	5.15 ± 1.29	5.51 ± 0.79	5.93 ± 1.39
RBC/10 ¹² · L ⁻¹	4.77 ± 0.26	4.77 ± 0.26	4.11 ± 0.27	4.14 ± 0.22
Hb/(g·dL ⁻¹)	14.59 ± 0.50	14.71 ± 0.66	12.18 ± 1.09	12.40 ± 0.73
Hct/%	43.12 ± 1.49	43.56 ± 1.83	36.23 ± 3.15	37.18 ± 1.93
T/(ng·dL ⁻¹)	440.44 ± 83.64	452.31 ± 107.95	54.14 ± 16.86	57.11 ± 16.29
C/(μg·dL ⁻¹)	15.50 ± 3.75	14.40 ± 3.01	18.00 ± 6.11	15.34 ± 3.77
BUN/(mmol·L ⁻¹)	5.48 ± 1.01	5.50 ± 1.04	5.06 ± 1.33	4.75 ± 1.27
CK/(U·L ⁻¹)	287.53 ± 193.24	231.32 ± 117.22	213.39 ± 105.53	148.35 ± 57.96 **

注: ** 表示与实验前比较,差异非常显著, $P < 0.01$ 。

表4 运动员免疫指标的变化结果

Table 4 The results of immunological index in athletes

指标	男		女	
	实验前	实验后	实验前	实验后
IgG/(g·L ⁻¹)	7.91 ± 1.18	8.31 ± 1.02	9.31 ± 1.30	9.35 ± 1.38
IgM/(g·L ⁻¹)	0.85 ± 0.32	0.92 ± 0.33 **	1.09 ± 0.34	1.08 ± 0.28
IgA/(g·L ⁻¹)	2.44 ± 1.10	2.44 ± 1.09	1.95 ± 0.72	1.93 ± 0.76

注: ** 表示与实验前比较, 差异非常显著, $P < 0.01$ 。

程度提高, 提示牦牛骨营养粉可显著改善大鼠骨质。上述关于牦牛骨粉对骨密度的影响以动物为实验对象, 目前未发现对人体骨密度影响的报道。本研究显示, 男运动员服用牦牛骨粉后左前臂、右前臂、左跟骨骨密度无显著性变化, 但有增高的趋势, 仅有右跟骨骨密度显著性升高, 这可能与男运动员身体代谢特点、牦牛骨粉服用剂量相对较少、服用周期较短等因素有关。女运动员服用牦牛骨粉后前臂和跟骨骨密度均有显著性升高。结果显示, 4周牦牛骨粉补充可以改善女运动员前臂和跟骨的骨密度, 对男运动员前臂和跟骨的骨密度影响较小。

临幊上通过检测血液中的骨代谢产物和相关激素, 间接推断骨代谢状态, BAP、Ca、P 等可反映运动员的骨代谢状况^[21-23]。骨盐不断溶解, 将钙释放入血液, 骨又不断从血液中摄取钙供骨细胞钙化, 此过程是骨的更新, 骨更新过程中又维持了血钙、血磷的平衡, 通过测定血 Ca、P 的含量可了解骨代谢平衡的状况^[24]。骨骼矿化受阻时, 成骨细胞合成大量 BAP, 使血清 BAP 明显升高, BAP 是成骨细胞成熟和活性的标志^[24]。程妍等^[17]研究发现, 服用不同配比牦牛骨营养粉后大鼠血清钙均有不同程度的降低, 血清碱性磷酸酶无显著性变化, 认为牦牛骨营养粉可引起血清钙释放缓慢导致血清钙降低。研究观察到服用牦牛骨粉后男运动员血清 BAP、P 无显著性变化, Ca 显著性降低, 女运动血清 BAP 无显著性变化, Ca、P 显著性降低。血清 BAP 无显著性变化, 说明运动员服用牦牛骨粉后成骨细胞成熟和活性处于动态平衡。女运动员血清 Ca、P 显著性降低表明钙、磷释放缓慢, 可能与女子运动员的月经影响有关^[25-26], 但血清 Ca、P 均处在正常范围之内, 说明女运动员骨代谢血液生化指标未有不良变化。提示, 服用牦牛骨粉对运动员骨代谢血液生化指标无不利影响。

以上看出牦牛骨粉对运动员骨密度有一定的促进作用, 如果补充牦牛骨粉导致运动员身体机能水平不佳而影响训练, 将顾此失彼、得不偿失, 失去营养补充的意义。竞技体育实践中, 冯连世等^[27]建立了运动员机能评定的体系和方法, 采用 WBC、

RBC、Hb、T、C、BUN、CK、IgG、IgM、IgA 等血液生化指标来评价运动员身体机能水平和体液免疫功能状况。本研究显示, 男女运动员服用牦牛骨粉后大部分血液生化指标与服用前均无显著性变化, 仅有女子运动员 CK 有显著性降低, 但 CK 受训练等多方面的影响, 并不能作为提高身体机能水平的唯一依据。一般情况下长期大负荷训练会造成运动员身体机能水平下降, 而本实验运动员身体机能生化指标未发生不良变化, 提示 4 周牦牛骨粉补充可以较好地维持运动员身体机能水平。

长时间大强度或大负荷运动量会导致血清免疫球蛋白含量下降, 抑制机体免疫机能。运动员免疫能力下降的主要对策是改善体内的营养状况, 如补充蛋白质、碳水化合物、氨基酸、谷氨酰胺、维生素、微量元素及中药制剂等, 一定程度上减弱机体应激反应。潘明等^[28]研究表明, 牦牛骨胶能抗环磷酰胺造成的免疫功能低下, 调节体液免疫, 增加机体的免疫功能和应激反应能力。而牦牛骨粉对运动员机体免疫机能会有如何影响, 研究显示, 仅男运动员 IgM 显著性升高, 其他免疫球蛋白尚未发生显著变化, 可能与服用周期不长有关, 至于牦牛骨粉是否能有效提高运动员免疫能力仍需后续研究中观察长期服用对其免疫力的影响。

4 结论

服用牦牛骨粉 4 周对女运动员前臂、跟骨的骨密度有一定的改善作用, 对男运动员前臂和跟骨的骨密度影响较小。对运动员骨代谢血液生化指标和免疫球蛋白无不利影响, 可以较好地维持运动员的身体机能水平。

参 考 文 献

- 1 Scofield K L, Hecht S. Bone health in endurance athletes: runners, cyclists, and swimmers[J]. Current Sports Medicine Reports, 2012, 11(6): 328-334.
- 2 Arasheben A, Barzee K A, Morley C P. A meta-analysis of bone mineral density in collegiate female athletes[J]. Journal of the American Board of Family Medicine, 2011, 24(6): 728-734.
- 3 Stanforth D, Lu T, St-Kolehmainen M A, et al. Bone mineral content and density among female NCAA division I athletes across the competitive season and over a multi-year time frame[J]. Journal of Strength and Conditioning Research, 2016, 30(10): 2828-2838.
- 4 Bellew J W, Gehrig L. A comparison of bone mineral density in adolescent female swimmers, soccer players, and weight lifters [J]. Physical & Occupational Therapy in Pediatrics, 2006, 18 (1): 19-22.
- 5 Mudd L M, Fornetti W, Pivarnik J M. Bone mineral density in collegiate female athletes: comparisons among sports[J]. Journal of Athletic Training, 2007, 42(3): 403-408.

- 6 Whitfield G P, Kohrt W M, Pe-Gabriel K K, et al. Bone mineral density across a range of physical activity volumes: NHANES 2007—2010 [J]. Medicine and Science in Sports and Exercise, 2015, 47 (2): 326-334.
- 7 Lima F, De-Falco V, Baima J, et al. Effect of impact load and active load on bone metabolism and body composition of adolescent athletes [J]. Medicine and Science in Sports and Exercise, 2001, 33 (8): 1318-1323.
- 8 邹军,章岚,任弘,等.运动防治骨质疏松专家共识[J].中国骨质疏松杂志,2015,21(11):1291-1302.
- Zou Jun, Zhang Lan, Ren Hong, et al. Expert consensus of exercise in prevention and treatment of osteoporosis [J]. Chinese Journal of Osteoporosis, 2015, 21(11): 1291-1302.
- 9 Wee J, Sng B Y, Shen L, et al. The relationship between body mass index and physical activity levels in relation to bone mineral density in premenopausal and postmenopausal women [J]. Archives of Osteoporosis, 2013, 8(1): 162.
- 10 王雷,金一平.过度负荷运动对骨密度的影响[J].绍兴文理学院学报(自然科学版),2007,27(7):88-90.
- Wang Lei, Jin Yiping. The influence of excessive movement on BMD [J]. Journal of Shaoxing University(Natural Science), 2007, 27(7): 88-90.
- 11 赵要武,许继取,朱清华,等.牦牛骨粉对大鼠骨钙、骨密度及骨钙吸收率影响的研究[J].食品科学,2007,28(6):321-323.
- Zhao Yaowu, Xu Jiqu, Zhu Qinghua, et al. Effects of yak bone powder on rat bone calcium, bone density and calcium apparent absorption rate [J]. Food Science, 2007, 28(6): 321-323.
- 12 李天才,索有瑞.藏药牦牛骨主要矿物质元素及其特征[J].广东微量元素科学,2002,9(4):53-55.
- Li Tiancai, Suo Yourui. Characteristic of mineral elements in tibetan medicine yak's bone [J]. Guangdong Trace Elements Science, 2002, 9(4): 53-55.
- 13 周利兵.青海高原牦牛骨和牦牛角中微量元素的化学计量分析[J].西北农业学报,2011,20(5):59-63.
- Zhou Libing. Chemometrical research of the trace elements in bone and horn of yak in Qinghai plateau [J]. Acta Agriculturae Borealioccidentalis Sinica, 2011, 20(5): 59-63.
- 14 刘静,李诚,胡迦萧,等.酶解法制备牦牛骨胶原多肽及其加工性能评价[J].食品与生物技术学报,2018,37(5):547-554.
- Liu Jing, Li Cheng, Hu Yixiao, et al. Preparation by hydrolysis method and functional properties of yak bone collagen polypeptides [J]. Journal of Food Science and Biotechnology, 2018, 37(5): 547-554.
- 15 秦晓洁,沈青山,贾伟,等.超声辅助脱脂对牦牛骨粉制备及其理化特性的影响[J].农业工程学报,2018,34(21):272-280.
- Qin Xiaojie, Shen Qingshan, Jia Wei, et al. Effect of ultrasonic-assisted degreasing preparation and physicochemical properties of yak bone powder [J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 2018, 34(21): 272-280.
- 16 王晓军,吴婷,贾伟,等.酸法和酶法提取牦牛骨胶原蛋白的特性分析[J].食品科学,2018,39(12):101-106.
- Wang Xiaojun, Wu Ting, Jia Wei, et al. Comparative analysis of collagen extracted from yak bones using acidic and enzymatic treatment [J]. Food Science, 2018, 39(12): 101-106.
- 17 程妍,余群力,赵莉,等.牦牛骨营养粉对大鼠骨密度及血清生化指标的影响[J].食品科学,2009,30(9):204-206.
- Cheng Yan, Yu Qunli, Zhao Li, et al. Effects of nutritious yak bone powder on rat bone density and serum biochemical indexes [J]. Food Science, 2009, 30(9): 204-206.
- 18 张敏,赵亚玲,刘忠.复方牦牛骨丸治疗高原农牧民骨关节病的临床疗效[J].江苏医药,2012,38(14):1651-1653.
- Zhang Min, Zhao Yaling, Liu Zhong. Efficacy of Maoniugu pill in treating osteoarthritis in farmers and herdsmen living in highland [J]. Jiangsu Medical Journal, 2012, 38(14): 1651-1653.
- 19 吴婷,贾伟,管声,等.5个品种牛骨的营养组成及其含量差异分析[J].食品工业科技,2017,38(2):342-348.
- Wu Ting, Jia Wei, Guan Sheng, et al. Difference analysis of composition and content in five varieties of bovine bone [J]. Science and Technology of Food Industry, 2017, 38(2): 342-348.
- 20 贾伟.牛骨营养品质评价与牦牛骨胶原蛋白肽功效研究[D].兰州:甘肃农业大学,2017.
- Jia Wei. The study of bovine bone nutritional quality assessment and yak (bos grunniens) bone collagen peptide function [D]. Lanzhou: Gansu Agricultural University, 2017.
- 21 Banfi G, Lombardi G, Colombini A, et al. Bone metabolism markers in sports medicine [J]. Sports Medicine, 2010, 40 (8): 697-714.
- 22 Caroli B, Pasin F, Aloe R, et al. Characterization of skeletal parameters in a cohort of North Italian rugby players [J]. Journal of Endocrinological Investigation, 2014, 37(7): 609-617.
- 23 Nishiyama S, Tomoeda S, Ohta T, et al. Differences in basal and postexercise osteocalcin levels in athletic and nonathletic humans [J]. Calcified Tissue International, 1988, 43(3): 150-154.
- 24 张萌萌.中国老年学学会骨质疏松委员会骨代谢生化指标临床应用专家共识[J].中国骨质疏松杂志,2014,20(11):1263-1272.
- Zhang Mengmeng. Expert consensus of clinical application of the bone metabolic and biochemical markers, by Osteoporosis Committee of Chinese Gerontological Society [J]. Chinese Journal of Osteoporosis, 2014, 20(11): 1263-1272.
- 25 Cook S D, Harding A F, Thomas K A, et al. Trabecular bone density and menstrual function in women runners [J]. American Journal of Sports Medicine, 1987, 15(5): 503-507.
- 26 Ci-Kam L, Guebels C P, Maddalozzo G F, et al. Dietary intervention restored menses in female athletes with exercise-associated menstrual dysfunction with limited impact on bone and muscle health [J]. Nutrients, 2014, 6(8): 3018-3039.
- 27 冯连世,冯美云,冯炜权.优秀运动员身体机能评定[M].北京:人民体育出版社,2003.
- Feng Lianshi, Feng Meiyun, Feng Weiquan. Physical function evaluation of elite athletes [M]. Beijing: People's Sports Publishing House of China, 2003.
- 28 潘明,邹游,赵弋清,等.牦牛骨胶对小鼠应激及免疫机能的功能影响[J].四川动物,2005,24(2):202-204.
- Pan Ming, Zou You, Zhao Yiqing, et al. Study on immunological function and stress reaction of bone glue of yak [J]. Sichuan Journal of Zoology, 2005, 24(2): 202-204.