

玛咖对运动训练大鼠睾酮及相关激素 和抗疲劳能力的影响

赵裕虎¹, 曹建民², 郭娴², 周海涛^{3*}

(1. 常州大学, 江苏 常州 213164; 2. 北京体育大学, 北京 100084;

3. 北京联合大学生物化学工程学院, 北京 100023)

[摘要] 目的:研究玛咖对运动训练大鼠睾酮及相关激素含量和抗疲劳能力的影响。方法:以大强度耐力训练大鼠为模型,55 只 42 d 龄雄性 Wistar 大鼠为对象,随机分为 5 组:静止组、运动组、运动+低剂量玛咖组,运动+中剂量玛咖组,运动+高剂量玛咖组,每组 10 只(剔除不符合实验要求的大鼠 5 只)。每天灌胃(ig)1 次,玛咖组剂量分别为 0.2,0.4,1.2 g·kg⁻¹,灌胃体积 5 mL·kg⁻¹,静止组,运动组 ig 等量生理盐水。42 d 力竭游泳训练后,测定体重、力竭游泳时间及血睾酮等生化指标。结果:体重,运动组小于静止组($P < 0.05$);玛咖各组大于运动组($P < 0.05$),玛咖各剂量组间无显著差异。力竭游泳时间,运动组与静止组无明显差异;玛咖各组明显长于运动组($P < 0.01$),且随剂量增大而延长。血清睾酮水平,运动组低于静止组($P < 0.01$);玛咖各组分别为(4.78 ± 1.58), (4.95 ± 1.54), (5.06 ± 1.59) nmol·L⁻¹,高于运动组($P < 0.01$),且玛咖各组组间无显著差异。血清皮质酮水平,各组间均无显著差异。血清睾酮与皮质酮比值变化与睾酮变化较为一致。血清促黄体生成素、促卵泡激素水平,静止组高于运动组,但无显著差异;玛咖各组高于运动组($P < 0.01$),且玛咖各组组间无显著差异。结论:补充玛咖可以纠正由于运动导致的下丘脑-垂体-性腺轴功能的紊乱,有效预防血清睾酮水平的降低,进而增强抗疲劳能力。

[关键词] 玛咖; 促黄体生成素; 促卵泡激素; 睾酮; 抗疲劳

[中图分类号] R285.5 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1005-9903(2014)23-0164-05

[doi] 10.13422/j.cnki.syfx.2014230164

[收稿日期] 20140709(016)

[基金项目] 国家体育总局课题(2013A101)

[第一作者] 赵裕虎,讲师,从事体育教育训练学,Tel:13813582993,E-mail:1342655525@qq.com

[通讯作者] *周海涛,副教授,硕士,从事运动性疲劳与恢复,Tel:13611383040,E-mail:zsettle@sina.com

障碍时候,AQP9 自身调节机制被破坏,对药物敏感性增加,在药物干预后 AQP9 自身调节机制恢复,为维持机体正常细胞内外甘油转运,AQP9 的表达会随症状的改善自行调节。据此得出结论,AQP9 为祛痰活血汤治疗 NAFLD 的作用靶点之一,但该方调节 AQP9 表达的信号传导通道尚待研究,对其具体机制的探索将为祛痰活血汤治疗 NAFLD 的作用机制提供新的突破口。

[参考文献]

- [1] 范建高. 中国非酒精性脂肪性肝病诊疗指南(2010 年修订版)[J]. 中国医学前沿杂志,2012(7):4.
- [2] Carbrey J M, Gorelick-Feldman D A, Kozono D A, et al. Aquaglyceropofin AQP9: solute permeation and metabolic control of expression in liver[J]. Proc Natl Acad Sci USA,2003,100(5):2945.

- [3] 张光海,汪静,米绍平,等. 孙同郊治疗脂肪肝经验[J]. 泸州医学院学报,2013(4):372.
- [4] Rojek A M, Skowronski M T, Fuchtbauer E M, et al. Defective glycerol metabolism in aquaporin 9(AQP9) knockout mice[J]. Proc Natl Acad Sci USA,2007,104(8):3609.
- [5] 范建高,曾民德. 脂肪性肝病[M]. 北京:人民卫生出版社,2005:147.
- [6] 王川,袁媛,姜政,等. 重组 AQP9 对 L-02 细胞脂质沉积的影响[J]. 第三军医大学学报,2012,17:1722.
- [7] 林昭庚. 中西医病名对照大辞典[M]. 北京:人民卫生出版社:2002
- [8] 肖剑,汪静,米绍平,等. 祛痰活血汤对非酒精性脂肪肝大鼠细胞凋亡的影响[J]. 中国实验方剂学杂志,2012,18(17):183.

[责任编辑 聂淑琴]

Effect of *Lepidium meyenii* on Testosterone Content, Correlated Hormones Content and Exercise Capacity in Rats Receiving Exercise Training

ZHAO Yu-hu¹, CAO Jian-min², GUO Xian², ZHOU Hai-tao^{3*}

(1. Changzhou University, Changzhou 213164, China;

2. Beijing Sport University, Beijing 100084, China;

3. Biochemical Engineering College of Beijing Union University, Beijing 100023, China)

[Abstract] Objective: To study the effects of *Lepidium meyenii* on the content of testosterone, correlated hormones and anti-fatigue ability of rats after exercise. **Method:** By using the model of high-intensity endurance training, fifty-five 6-week-old male Wistar rats were randomly divided into 5 groups, with 10 in each group (5 rats which did not meet the requirement were removed): still in control group (C group), motion control group (M group), exercise + ig low-dose *L. meyenii* group (OML group), exercise + ig middle-dose *L. meyenii* group (OMM group), and exercise + ig high-dose *L. meyenii* group (OMH group). Gavage was performed using professional device once a day. The rats in *L. meyenii* groups were gavaged with 0.2, 0.4, 1.2 g · kg⁻¹ with ig volume of 5 mL · kg⁻¹. The rats in C and M groups were given saline of same volume. After 42 days of exhaustive swimming training, body weight, swimming time and serum testosterone and other biochemical markers were measured. **Result:** Body weight of the rats in M groups was lower than those in C group ($P < 0.05$), and those in all doses of *L. meyenii* groups were higher than in M group ($P < 0.05$) which did not show any differences among groups. Swimming time in all doses of *L. meyenii* groups were longer than in M group ($P < 0.01$), and there were dose-response. But there were no differences between C and M groups. Serum testosterone in M group was lower than C group ($P < 0.01$), in the same time, serum testosterone were higher in all doses of *L. meyenii* groups than M group [OML: (4.78 ± 1.58) nmol · L⁻¹; OMM: (4.95 ± 1.54) nmol · L⁻¹; OMH: (5.06 ± 1.59) nmol · L⁻¹, $P < 0.01$]. The serum corticosterone levels in each group showed no significant differences. Changes in the ratio of serum testosterone/corticosterone were more consistent with testosterone changes among the groups. There were no differences in luteinizing hormone and follicle-stimulating hormone among C group and M group. But luteinizing hormone in all doses of *L. meyenii* groups were higher than in M group ($P < 0.01$). In the mean time, follicle-stimulating hormone in all doses of *L. meyenii* groups were higher than in M group ($P < 0.01$). There were no differences in both luteinizing hormone and follicle-stimulating hormone between groups in all doses of *L. meyenii* groups. **Conclusion:** The supplement of *L. meyenii* can alleviate the hypothalamus-pituitary-gonad axis function disorder caused by exercise through multiple targets and multiple ways. Finally, *L. meyenii* can prevent the decrease of serum testosterone after high-intensity exercise and improve anti-fatigue ability.

[Key words] *Lepidium meyenii*; luteinizing hormone; follicle-stimulating hormone; testosterone; anti-fatigue

玛咖又称秘鲁人参,为形似萝卜的块根类植物,属十字花科,原产秘鲁中部海拔4 000 m以上的安第斯山区。现代医学研究证明,玛咖具有增强生育能力、改善性功能、抗疲劳、抗氧化等药理作用^[1]。睾酮(testosterone, T)是促进合成的激素,与运动能力关系密切。研究表明睾酮可以显著增加运动员肌肉蛋白质的合成和肌肉力量,提高肌肉对葡萄糖的

吸收和肌糖原的合成与贮备。当今在竞技体育中,为了获得尽可能大的成就,长时间采用大运动量训练,易于使运动员处于过度紧张状态,常常影响到激素自身的分泌节律以及同化激素和异化激素之间的动态平衡,呈现血睾酮水平下降,进而导致体能下降、运动能力降低或产生疲劳^[2-3]。国外学者将这种现象称为“运动性性腺机能减退”,国内学者则习

惯称之为“运动性低血睾酮”。如何采取有效的措施提高运动员血睾酮水平,预防运动性低血睾酮现象的发生,一直是国内外运动医学界研究的热点。本文以大强度耐力训练大鼠为模型,研究补充玛咖对运动训练大鼠睾酮及相关激素含量和抗疲劳能力的影响。

1 材料

1.1 药物 玛咖(产自云南丽江,广州汉草荟生物科技有限公司购得,批号 14022578,经天津中瑞药业有限公司高占友高级工程师鉴定为十字花科独行菜属草本植物玛咖 *Lepidium meyenii* 的干燥根部。玛咖药材干燥至恒重后粉碎,过 200 目筛,称取 200 g 加 10 倍水煎 2 次,每次 60 min,2 次药液过滤后合并,浓缩至含生药质量浓度 $2 \text{ g} \cdot \text{mL}^{-1}$, $4 \text{ }^{\circ}\text{C}$ 存放备用。

1.2 试剂盒 睾酮、皮质酮(corticosterone, C),促黄体生成素(luteinizing hormone, LH)和促卵泡刺激素(follicle-stimulating hormone, FSH)试剂盒(天津九鼎医学生物工程有限公司提供,批号 20131203)。

1.3 动物 清洁级 55 只雄性 Wistar 大鼠,42 d 龄,体重(196.2 ± 10.7)g[北京大学医学部实验动物科学部提供,合格证编号 SCXK(京)2006-0008]。在整个实验过程中,实验室内温度保持在(22 ± 2) $^{\circ}\text{C}$,相对湿度 55%~75%,光照时间随自然变化。所有实验大鼠均以基础饲料(北京大学医学部实验动物科学部提供)和蒸馏水常规饲养,自由饮食。实验时间为 49 d,正式训练时间为 42 d。

1.4 仪器 STAT FAX 2100 全自动酶标仪(美国阿尼朗斯),LG 10-3A 高速冷冻离心机(北京医用离心机厂),SHH. W21. Cr600 型三用电热恒温水箱(北京市东霞科学仪器厂),UV7502pes 型紫外-可见分光光度计(上海欣茂仪器有限公司)。

2 方法

2.1 动物分组 实验大鼠适应性饲养 4 d 后,以 $20 \text{ min} \cdot \text{d}^{-1}$ 的运动量对其进行为期 3 d 的筛选,淘汰 5 只不适应游泳训练的大鼠,将剩余 50 只大鼠以数字随机分组法分为 5 组:静止对照组(C 组)、运动对照组(M 组)、运动+低剂量玛咖组(OML 组),运动+中剂量玛咖组(OMM 组),运动+高剂量玛咖组(OMH 组),每组 10 只。各组每天自由摄食饮水,每天 *ig* 1 次。玛咖组 *ig* 剂量为 0.2,0.4,1.2 $\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$,相当于成人推荐剂量的 5,10,30 倍。OM 各组 *ig* 体积为 $5 \text{ mL} \cdot \text{kg}^{-1}$,C, M 2 组 *ig* 等量生理盐水,共 42 d。

2.2 训练及测试方案 静止组不进行任何运动。其他组进行负重游泳运动,均采用 $100 \text{ cm} \times 50 \text{ cm} \times 60 \text{ cm}$ 的玻璃泳槽作为大鼠游泳训练装置,水深 50 cm。水温(31 ± 2) $^{\circ}\text{C}$,为防止大鼠在水面漂浮不动,特在游泳箱底部放置佳宝“AP1500”型水泵形成流动水。训练 42 d,第 1 周不负重,第 2 周负 2% 体重,第 3 周负 4% 体重,第 4~6 周负 5% 体重,每次游泳训练至力竭。大鼠开始游泳至力竭所用时间为力竭运动能力。力竭标准以大鼠下沉后 10 s 不露出水面为度。处死前的最后 1 次为无负重力竭游泳训练,记录力竭时的游泳时间。

2.3 指标测定 各组在末次训练 24 h 后称重,乙醚适度麻醉,从颈总动脉处取 5 mL 全血测定血清睾酮、皮质酮、LH、FSH 含量。加入柠檬酸钠溶液抗凝,37 $^{\circ}\text{C}$ 水浴中 30 min 后,4 $^{\circ}\text{C}$ $3\ 000 \text{ r} \cdot \text{min}^{-1}$ 离心 10 min,分离制备血清。血清睾酮、皮质酮、LH、FSH 采用酶联免疫吸附法测定。以上各指标的测定严格按照试剂盒说明书进行,计算公式等详见试剂盒使用说明书。

2.4 数据统计 采用 SPSS 12.0 软件对所有数据进行处理,数据以 $\bar{x} \pm s$ 表示,多组间比较采用方差分析, $P < 0.05$ 为有统计学意义。

3 结果

3.1 玛咖对大鼠体重及运动能力的影响 体重方面,运动组小于静止组($P < 0.05$),玛咖各组大于运动对照组($P < 0.05$),玛咖各组组间无显著差异。力竭游泳时间方面,运动对照组与静止对照组无明显差异。玛咖各组明显长于运动对照组($P < 0.01$),且随剂量增大而延长。见表 1。

3.2 运动及玛咖对大鼠血清睾酮、皮质酮、促黄体生成素、促卵泡刺激素水平的影响 血清睾酮水平,运动对照组低于静止对照组($P < 0.01$);玛咖各组高于运动对照组($P < 0.01$),玛咖各组间无显著差异。血清皮质酮水平各组间均无显著性差异。各组间血清睾酮与皮质酮比值变化与睾酮变化较为一致。血清促黄体生成素、血清促卵泡刺激素水平,静止对照组与运动对照组间无显著差异;玛咖各组均高于运动对照组($P < 0.01$),玛咖各组间无显著差异。见表 2。

4 讨论

4.1 运动及玛咖对大鼠体重及抗运动疲劳的影响 运动训练过程中,体重的变化可以反映训练对机体的影响及机体对训练的适应状况。力竭时间则是衡量机体抗运动疲劳能力的直接指标。实验结果表

表1 玛咖对大鼠体重及运动能力的影响($\bar{x} \pm s, n=10$)

组别	剂量/ $\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$	训练前体重/g	训练后体重/g	力竭游泳时间/min
静止	-	196.1 ± 10.8	426.2 ± 13.9	82.5 ± 20.7
运动	-	195.9 ± 11.2	387.7 ± 13.8 ¹⁾	71.9 ± 20.6
运动 + 玛咖	0.2	196.1 ± 10.9	412.3 ± 14.0 ³⁾	107.2 ± 20.1 ⁴⁾
	0.4	195.7 ± 11.6	414.5 ± 14.1 ³⁾	109.3 ± 19.8 ⁴⁾
	1.2	196.1 ± 11.0	416.4 ± 13.7 ³⁾	114.6 ± 20.3 ⁴⁾

注:与静止组比较¹⁾ $P < 0.05$, ²⁾ $P < 0.01$;与运动组比较³⁾ $P < 0.05$, ⁴⁾ $P < 0.01$ (表2同)。

表2 运动及玛咖对大鼠血清睾酮、皮质酮、促黄体生成素、促卵泡刺激素水平的影响($\bar{x} \pm s, n=10$)

组别	剂量/ $\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$	睾酮/ $\text{nmol} \cdot \text{L}^{-1}$	皮质酮/ $\text{nmol} \cdot \text{L}^{-1}$	睾酮/皮质酮/ $\times 10^{-2}$	促黄体生成素/ $\text{U} \cdot \text{L}^{-1}$	促卵泡刺激素/ $\text{U} \cdot \text{L}^{-1}$
静止	-	5.2 ± 1.8	100.4 ± 15.0	5.5 ± 2.6	1.1 ± 0.2	7.5 ± 0.7
运动	-	3.5 ± 1.5 ²⁾	99.5 ± 14.5	3.7 ± 2.0 ²⁾	1.1 ± 0.4	6.8 ± 1.3
运动 + 玛咖	0.2	4.8 ± 1.6 ⁴⁾	101.8 ± 14.9	5.0 ± 2.3 ⁴⁾	1.3 ± 0.2 ⁴⁾	14.3 ± 1.2 ⁴⁾
	0.4	5.0 ± 1.5 ⁴⁾	102.6 ± 14.7	5.2 ± 2.2 ⁴⁾	1.4 ± 0.2 ⁴⁾	15.4 ± 1.2 ⁴⁾
	1.2	5.1 ± 1.6 ⁴⁾	102.6 ± 14.3	5.3 ± 2.3 ⁴⁾	1.4 ± 0.2 ⁴⁾	17.4 ± 1.2 ⁴⁾

明机体的自身调节作用,已不能完全阻止力竭运动对生长发育所产生的影响。补充玛咖对长时间力竭运动造成的机体损伤有一定的作用,能够在一定程度上抑制体重相对增长下降的趋势、提高大鼠抗疲劳能力,进而延长大鼠运动时间,且呈剂量依赖性,但对机体损伤的作用没有随剂量的增加而呈现显著的递增状态。其机制可能为:①玛咖中含有丰富的营养物质[丰富的蛋白质(8.87%) and 总糖(19.85%)]可以为大鼠提供丰富的能源供应^[4]。②玛咖中含有大量的支链氨基酸(20.14%总氨基酸)和一定量的牛磺酸。支链氨基酸和牛磺酸对抗运动疲劳和中枢神经疲劳均有一定帮助^[5-6]。③玛咖中虽然脂肪含量不高,但是不饱和脂肪酸的比例特别高,而且具有多种保健作用的多不饱和脂肪酸(亚油酸和 α -亚麻酸)占脂肪酸的比例达到60.3%^[4]。有研究表明,口服不饱和脂肪酸可以改变运动后内源性雄激素的分布状态,改善疲劳运动后雄激素的活性,对提高运动能力和促进疲劳的消除具有生理意义^[7]。④玛咖中钙、镁、锌等多种具有抗疲劳作用的化学成分矿物质丰富^[4]。⑤糖原含量的降低是机体抗疲劳能力下降的重要因素。玛咖可以显著提高运动后大鼠肌糖原和肝糖原含量,为机体在运动中提供较好的能量储备,从而起到一定的抗疲劳作用^[8]。

4.2 运动及玛咖对大鼠血清睾酮,皮质酮,LH,FSH水平的影响 睾酮作为人体内重要的促合成激素,

可以刺激组织摄取氨基酸,促进核酸与蛋白质的合成及肌纤维和骨骼的生长,促进肾脏促红细胞生成素的生成,增加肌糖原储备,增强免疫功能^[9]。睾酮与人的运动能力、肌肉力量的增长、疲劳的消除等都有密切的关系。而皮质酮作为促分解激素,减少蛋白质合成、降低运动能力。所以通常把睾酮与皮质酮比值(T/P)作为衡量合成代谢分解、代谢平稳指标,以反映运动能力以及疲劳积累程度。实验结果显示,经过6周力竭游泳训练,运动对照组大鼠血清睾酮水平显著降低($P < 0.01$)、皮质酮水平无显著变化的同时,血清LH和FSH浓度亦下降。这表明,长时间力竭训练引起了HPG轴功能在多环节被抑制,导致了睾酮-LH反馈调节作用丧失及下丘脑-垂体-睾丸轴负反馈调节功能的失调。而玛咖各组大鼠的血清睾酮水平虽然也有所下降,但是降低的幅度显著低于运动对照组($P < 0.01$)。血清LH和FSH均显著高于运动对照组($P < 0.01$)。说明玛咖能够纠正运动所引起的HPG轴功能紊乱,从而有效预防了血清睾酮水平的降低。其机制可能为:①有关研究表明大运动量训练后睾丸的缺血再灌注使睾丸内自由基大量生成^[10],而且睾酮合成过程中的限速酶-胆固醇侧链裂解酶对氧自由基很敏感,自由基诱发该酶分解,降低酶活性^[11],使睾酮合成减少。玛咖中含有大量具有抗氧化活性的物质,可以有效的清除大鼠运动时过量生成的自由基,对腺体结构有很好的保护作用,从而保证睾丸能够正

常分泌睾酮。同时也可以通过增强机体的抗氧化酶活性,提高血氧分压,使组织血氧达到最高水平,改善了机体内分泌系统对下丘脑-垂体-性腺轴的调节。玛咖中的黄酮类物质、玛咖酰胺、玛咖烯、异硫氰酸酯均具有较高的抗氧化活性,可以激活抗氧化酶(SOD)的活性,清除体内过量生成的自由基对机体细胞的损伤,降低脂质过氧化物(LPO)的浓度^[12]。玛咖中多糖含量极高,玛咖多糖具有一定的清除超氧阴离子自由基及对羟自由基显著的抑制作用^[13]。②玛咖中支链氨基酸含量比较高。长时间大强度运动可以导致大鼠大脑中 5-羟色胺(5-hydroxytryptamine, 5-HT)增加,而 5-HT 的增加抑制了下丘脑促性腺激素释放激素(gonadotropin-releasing hormone, GnRH)的分泌。补充支链氨基酸可以有效地降低运动时脑中 5-HT 的浓度^[14],促进下丘脑分泌 GnRH,进而促进垂体分泌 LH 和 FSH。LH 和 FSH 协同作用于睾丸间质细胞,纠正由于运动导致的下丘脑-垂体-性腺轴功能的紊乱,促进睾酮的睾丸间质细胞睾酮的合成与分泌^[5,15]。③玛咖具有一定的雄激素样作用,可促进睾酮分泌增加,进而缓解由于运动对大鼠下丘脑-垂体-性腺轴的抑制作用造成的睾酮分泌减少^[16]。④睾丸组织中 DNA, RNA 和蛋白质合成很快,这些过程都需要锌的参与。缺锌对睾丸组织的影响比其他组织更为明显和严重。大量动物实验已经证明营养性锌缺乏时,睾丸所受影响十分突出。大强度运动会导致明显的锌丢失,睾丸可出现萎缩,血清睾酮含量下降。玛咖中矿物质丰富,其中锌含量较高。充足的锌营养不仅对睾酮的自身合成,而且对睾酮发挥功效也起重要作用^[17]。补充玛咖可以从多靶点、多途径纠正由于运动导致的下丘脑-垂体-性腺轴功能的紊乱,有效地预防了血清睾酮水平的降低,进而增强抗疲劳能力。

[参考文献]

[1] Gonzales G F, Cordova A, Gonzales C, et al. *Lepidium meyenii* (Maca) improved semen parameters in adult men[J]. *Asian J Androl*, 2001, 3(4):301.
[2] 钱风雷, 曾凡辉. 补肾中药对大鼠运动性低血睾酮的调整作用[J]. *中国运动医学杂志*, 1998, 17(4):320.

[3] 赖学鸿. 牛蒡子对运动大鼠糖代谢、血睾酮及运动能力的实验研究[J]. *重庆医科大学学报*, 2010, 35(3):375.
[4] 余龙江, 金东闻. 玛咖(*Lepidium meyenii*)干粉的营养成分及抗疲劳作用研究[J]. *食品科学*, 2004, 25(1):164.
[5] Blomstrand E. Amino acids and central fatigue[J]. *Amino Acids*, 2001, 20(1):25.
[6] 刘建红, 周志宏, 黄金丽, 等. 补充支链氨基酸对划船运动员不同负荷运动后血丙氨酸、葡萄糖及乳酸的影响[J]. *中国运动医学杂志*, 2005, 24(2):132.
[7] 胡慧, 张勇, 陆一帆, 等. 70% VO₂ max 疲劳运动和口服不饱和脂肪酸对血清雄激素的影响[J]. *中国运动医学杂志*, 2002, 21(1):30.
[8] 张静, 李慧, 周雯, 等. 玛咖粉对小鼠的抗疲劳作用及其机制研究[J]. *卫生研究*, 2013, 42(6):1046.
[9] 张瑞雪. 柞蚕雄蚕蛾油对肾阴虚小鼠抗氧化能力的研究[D]. 沈阳:沈阳体育学院, 2010.
[10] Georgiou M, Perkins L M, Payne A H. Steroid synthesis-dependent, oxygen-mediated damage of mitochondrial and microsomal cytochrome P-450 enzymes in rat Leydig cell cultures[J]. *Endocrinology*, 1987, 121:1390.
[11] 袁建琴, 冯炜权. 磷脂对运动小鼠某些生化指标的改善作用[J]. *中国运动医学杂志*, 2001, 20(1):19.
[12] Choi E H, Kang J I, Cho J Y, et al. Supplementation of standardized lipid-soluble extract from maca (*Lepidium meyenii*) increases swimming endurance capacity in rats[J]. *J Funct Foods*, 2012, 4(2):568.
[13] 张永忠, 余龙江, 金文闻, 等. 玛咖多糖抗氧化保健作用研究[J]. *食品科技*, 2005, 30(8):97.
[14] 季健民, 邱卓君. 补充支链氨基酸对运动员身体某些激素反应的影响[J]. *湖北体育科技*, 2011, 30(3):314.
[15] Guidetti L, Pigozzi F. Acute amino acids supplementation enhances pituitary responsiveness in athletes[J]. *Med Sci Sports Exerc*, 1999, 31(12):1748.
[16] 张永忠, 程华. 玛咖提取物的激素样活性实验研究[J]. *时珍国医国药*, 2008, 19(8):1874.
[17] 艾华, 陈吉棣, 贺鹏. 缺锌并补充睾酮对大鼠睾酮合成和骨骼肌影响的研究[J]. *卫生研究*, 1997, 26(3):211.

[责任编辑 聂淑琴]