

甘草黄酮对运动大鼠体内糖 及脂肪组织 RBP4 mRNA 表达的影响

黄东^{1*}, 卜凯^{1,2}, 阳毅³

- (1. 广西师范大学体育学院, 广西 桂林 541004;
2. 药用资源化学与药物分子工程教育部重点实验室, 广西 桂林 541004;
3. 桂林电子科技大学体育部, 广西 桂林 541004)

[摘要] **目的:**本研究通过运动前补充甘草黄酮,观察力竭运动大鼠血糖、肝糖原、肌糖原及脂肪组织视黄醇结合蛋白4(RBP4)表达的影响。**方法:**SD 雄性大鼠 50 只,随机分为 5 组,每组 10 只,分别为安静对照组,运动对照组,运动 ig 低剂量甘草黄酮组(MGFL),运动 ig 中剂量甘草黄酮组(MGFM),运动 ig 高剂量甘草黄酮组(MGFH)。每天在运动前 30 min ig 1 次,连续 ig 6 周,6 d/周,低、中、高 3 组的 ig 剂量分别为 4, 8, 12 g·kg⁻¹·d⁻¹,对照组 ig 等量生理盐水。6 周力竭训练结束后,处死大鼠。根据试剂盒的方法测定大鼠血清血糖、肝糖原、肌糖原的含量并且通过逆转录聚合酶链式反应测定大鼠附睾脂肪组织视黄醇结合蛋白 4 表达。**结果:**力竭游泳训练导致大鼠血糖、肌糖原和肝糖原含量在运动对照组和 MGF 低、中、高剂量组降低($P < 0.05$ 或 $P < 0.01$),血糖含量分别降低至(4.81 ± 0.24), (5.31 ± 0.12), (5.78 ± 0.22), (5.92 ± 0.18) mmol·L⁻¹,但血糖含量在 MGF 各组高于运动对照组,MGFH 组血糖含量与运动对照组比较有显著性差异($P < 0.05$);肌糖原含量分别降低至(0.91 ± 0.16), (0.98 ± 0.14), (1.34 ± 0.12), (1.46 ± 0.23) mg·g⁻¹,其中 MGFM, MGFH 组与运动对照组比较有显著性差异($P < 0.05$);肝糖原含量分别降低至(6.21 ± 1.10), (8.92 ± 1.11), (9.18 ± 1.13), (10.16 ± 1.16) mg·g⁻¹,MGF 各组肝糖原含量分别高于运动对照组($P < 0.05$ 或 $P < 0.01$)。力竭游泳运动和 MGF 各组导致大鼠附睾脂肪组织 RBP4 mRNA 表达水平分别升高至(1.430 ± 0.123), (1.101 ± 0.103), (0.962 ± 0.112), (0.926 ± 0.101),其中运动对照组 RBP4 mRNA 表达水平与安静对照组比较有显著性差异($P < 0.05$),其中 MGFM 和 MGFH 组大鼠附睾脂肪组织 RBP4 mRNA 表达水平降低,与运动对照比较有显著性差异($P < 0.05$)。**结论:**补充甘草黄酮后可以维持长时间运动过程中大鼠体内糖储备、血糖浓度的相对稳定和下调 RBP4 mRNA 表达水平,从而有利于提高机体的运动能力。

[关键词] 甘草黄酮; 力竭运动; 糖储备; 脂肪组织表达

[中图分类号] R285.5 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1005-9903(2014)02-0124-05

[doi] 10.11653/syfj2014020124

Effect of Licoflavone on Expression of RBP4 mRNA of Glycogen and Adipose Tissues in Rats after Sports

HUANG Dong^{1*}, BU Kai^{1,2}, YANG Yi³

- (1. Sport School of Guangxi Normal University, Guilin 541004, China;
2. Guilin University of Electronic Technology Sports Department, Guilin 541004, China;
3. Guilin University of Electronic School of Life and Environmental Sciences, Guilin 541004, China)

[Abstract] **Objective:** To investigate effect of licoflavone on blood glucose, glycogen, muscle glycogen expression of retinol-binding protein 4 (RBP4) of adipose tissues in rats after exhaustive exercise. **Method:** Fifty healthy male Sprague-Dawley rats were randomized into three groups, 10 rats in each group; the quiet control group (NC), the exercise group (ME), the low. middle and high dose licoflavone combined with exercising group

[收稿日期] 20130813(024)

[基金项目] 广西自然科学基金项目(2013GXNSFBA019184);广西高校科研项目(2013YB030)

[通讯作者] *黄东, 硕士, 讲师, 从事运动训练学与生理学研究, Tel:13457372677, E-mail:2930589298@qq.com

(MGFL, MGFH, MGFH, 4, 8, 12 g·kg⁻¹·d⁻¹). The rats were administrated by gavage once a day half an hour before exercising for 6 days in one week, and lasted for six weeks. The control group was administrated physiological saline. The rats were killed after 6-weeks. The contents of serum glucose, glycogen, muscle glycogen were tested by corresponding kit method. And the expression of epididymal adipose tissue RBP4 mRNA in rats was detected by reverse transcription-polymerase chain reaction (RT-PCR) method. **Result:** The exhaustive swimming training induced the contents of serum glucose, glycogen, muscle glycogen in the exercise group and each MGF group was significantly lower than in the quiet control group ($P < 0.05$ or $P < 0.01$). The content of serum glucose was respectively low (4.81 ± 0.24), (5.31 ± 0.12), (5.78 ± 0.22), (5.92 ± 0.18) mmol·L⁻¹. The content of serum glucose in each MGF group was higher than in the exercise group. And there was a significant difference between MGFH and the exercise group ($P < 0.05$). The content of muscle glycogen was respectively low (0.91 ± 0.16), (0.98 ± 0.14), (1.34 ± 0.12), (1.46 ± 0.23) mg·g⁻¹. The content of muscle glycogen in each MGF group was higher than the exercise group. And there were significant difference between MGFH, MGFH and the exercise group ($P < 0.05$). The content of glycogen was respectively decreased (6.21 ± 1.10), (8.92 ± 1.11), (9.18 ± 1.13), (10.16 ± 1.16) mg·g⁻¹. And the content of glycogen in each MGF group was higher than that in the exercise group ($P < 0.05$ or $P < 0.01$). The expression of epididymal adipose tissue RBP4 mRNA in exhaustive swimming group and each MGF group increased (1.430 ± 0.123), (1.101 ± 0.103), (0.962 ± 0.112), (0.926 ± 0.101). The expression of RBP4 mRNA in the exercise group had a significant difference compared to the quiet control group ($P < 0.05$). The expression of RBP4 mRNA in each MGF group was lower than that in the exercise group, and the expression of epididymal adipose tissue RBP4 mRNA in MGFH and MGFH groups had significant difference compared to the exercise group ($P < 0.05$). **Conclusion:** The supplement of licoflavone could maintain the increase of glycogen reserve, the relatively stable blood glucose concentration and down regulate the expression of RBP4 mRNA. This is contributed to improving the athletic ability of rats.

[**Key words**] licoflavone; exhaustive exercise; glucose reserve; expression of adipose tissue

甘草又名甜草、蜜草、美草等,药用部分为豆科甘草属植物的根及根状茎,甘草的植物化学成分十分复杂,其提取物的有效成分主要为甘草酸和黄酮类化合物^[1]。甘草黄酮(glycyrrhiza flavonoids, GF)是属于黄酮类化合物其中的一种,是从甘草属部分植物的根及根茎提取得到的一类生物活性较强的成分,现代中药学研究发现^[2-3],甘草黄酮具有降血糖、保肝、抗氧化、解毒、抗炎、抗病毒、防胃溃疡、增强免疫机能和抗肿瘤等作用。笔者前期实验结果表明^[4],甘草黄酮对力竭运动大鼠有抗自由基氧化、减轻脂质过氧化反应和抑制肝细胞的凋亡作用。本研究通过运动前补充甘草黄酮对力竭运动大鼠血糖、肝糖原、肌糖原及脂肪组织 RBP4 基因表达的变化来探讨甘草黄酮对机体供能物质的作用,为甘草黄酮类成分在运动领域进一步开发利用提供参考和实验支持。

1 材料

1.1 动物 Sprague-Dawley (SD) 雄性健康大鼠 50 只,体重(200 ± 10) g,购自桂林医学院实验动物中心,SPF 级,许可证号 SCXK (桂)2007-0001。常规

饲养,饲养环境温度 20~26℃,湿度 60%±5%,所有大鼠均以基础饲料和蒸馏水常规饲养,自由饮食。

1.2 药物及试剂 GF,武汉顶辉化工有限公司,批号 20092023,纯度 >45%,测定血清用的血清葡萄糖试剂盒(批号 2012F006);肝糖原试剂盒(批号 2012A043);肌糖原试剂盒(批号 20120812)均为南京建成生物工程研究所产品。测定脂肪组织 RBP4 mRNA 表达的 RT-PCR 试剂盒(MBI Fermentas,批号 20120422);Trizol 试剂(批号 201212);6xRNA loading buffer 上样液(批号 1203972C)均为上海生物工程产品。DNA Marker(北京艾德莱生物科技有限公司,批号 221829AX)。

1.3 仪器 3k15 高速冷冻离心机(德国 Sigma 公司),T148 050-900 型 PCR 仪(德国 Biometra 公司),水平电泳仪(美国伯乐 BIO-RAD 公司),Dolphin-Doc 凝胶成像系统和 Dolphin-ID 软件(美国 Wealtec 公司),高压灭菌锅(日本三洋公司),MP200A 型电子天平(上海良平仪器厂),MDF-382E 型超低温冰箱(日本三洋公司),电热恒温水浴锅(上海医疗器械五厂),SP-4430 全自动干式生化分析仪(济南格

利特科技有限公司)。

2 方法

2.1 动物分组 将购入大鼠进行 6 d 适应性喂养后随机分组,每组 10 只,分别为安静对照组,运动对照组(M),运动 + ig 低剂量甘草黄酮组(MGFL),运动 + ig 中剂量甘草黄酮组(MGFM),运动 + ig 高剂量甘草黄酮组(MGFH)。

2.2 动物模型 动物游泳池的规格为直径 70 cm 的塑料大桶,水深 60 cm,水温 30 ~ 32 °C。各训练组(M, MGFL, MGFM, MGFH 组)适应性喂养 3 d 后,进行 3 d 无负重适应性游泳训练,35 min·d⁻¹。正式实验开始后此强度(35 min·d⁻¹)在 1 周内延长至 90 min,然后进入力竭性游泳训练期,大鼠于每天上午 8:00 进行负重游泳训练(大鼠每只尾部负自身重 3% 的铅坠进行游泳^[5]),运动至力竭,1 次/d,6 d/周,持续训练 5 周。对于短时间内力竭的大鼠,捞出休息 5 min 后,再进行游泳训练,使训练时间不少于 90 min。力竭标准:大鼠头部沉入水下超过 10 s 仍不在返回水面;大鼠协调运动消失,在水中不定向乱窜,未达到 10 s 亦定为力竭。

2.3 动物给药量 大鼠在训练前 30 min ig 不同浓度的甘草黄酮溶液,剂量分别为 4, 8, 12 g·kg⁻¹·d⁻¹(相当于成人推荐剂量的 5, 10, 30 倍),ig 体积为 5 mL·kg⁻¹,对照组 ig 等量生理盐水,各组大鼠连续 ig 6 周,1 次/d,直到实验结束。

2.4 样本采集 6 周力竭运动结束后取材,取材前大鼠禁食 12 h 以上,训练组停训 24 h。用 20% 乌拉坦溶液(3 mL·kg⁻¹) ip 麻醉后开腹,经腹主动脉抽取血液 5 mL,放入普通生化管中,血样于室温静置 2 h 后,经 3 000 r·min⁻¹ 转速离心 10 min(0 ~ 4 °C),分离血清,1.5 mL EP 管分装,标记, - 80 °C 冰箱中保存。取血后,迅速取出大鼠附睾脂肪组织并称重,用预冷生理盐水冲洗血液,滤纸吸干,再用灭菌锡箔纸包裹后储于液氮中,后转入 - 80 °C 冰箱中待测。各个指标的测定方法严格按试剂盒提供的步骤进行。

2.5 脂肪组织 RBP4 mRNA 表达测试 用 Trizol 试剂提取大鼠附睾脂肪组织总 RNA(提取方法严格按照说明书进行),提取后取 5 μL RNA 加入 95 μL DEPC 水中,经紫外分光光度计 $A_{260}/A_{280} \geq 1.80$,以 A_{260} 值计算 RNA 的浓度;同时取 10 μL RNA 进行 Agarose 凝胶电泳实验,观察 28, 18, 5 S 的完整性。

RT-PCR 引物设计依据 GeneBank 中大鼠的

RBP4 mRNA 序列和 β -actin mRNA 序列设计,经 blast 进行特异性确定。最后由上海生工生物工程技术服务有限公司合成引物。RBP4 mRNA 上游引物:5'-AGAATCTGGATGGCACCTGT-3',下游引物:5'-TAATGTCCACCTAGAGAAGG-3',该引物扩增的片段长度为 303 bp。 β -actin mRNA 上游引物:5'-TCAGGTCATCACTATCGGCAAT-3',下游引物:5'-AAAGAAAGGGTGTAAAACGCA-3',该引物扩增的片段长度为 432 bp。

将提取的 RNA 逆转录(RT)成 cDNA,方法参考 Fermentas 公司 RevertAid™ First Strand cDNA Synthesis Kit 说明书。然后以 cDNA 为模板,以 RBP4 和 β -actin 引物分别进行 PCR 反应。PCR 反应体系为: Dream Taq™ Green PCR Master Mix (2 ×) 12.5 μL,上下游引物各 0.5 μL, Template DNA 1 μL, water nuclease-free 10.5 μL。PCR 扩增反应条件 94 °C 预变 3 min, 94 °C 变性 30 s, 58 °C 退火 30 s, 72 °C 延伸 3 min, 30 个循环,最后 72 °C 延伸 5 min。产物在 PCR 仪反应结束后,取 10 μL PCR 产物与 1.5 μL 上样液(6 × RNA loading buffer)混匀上孔,同时根据基因扩张产物片段的大小,加 DNA Marker 在同一模板中,以确定扩增产物片段的大小,用 1% 的琼脂糖凝胶在 85 V 电压下电泳 75 min 检测(1 × TBE 缓冲液);电泳结束后在紫外灯下观察扩增效果,并用 Wealtec 凝胶成像系统扫描。

2.6 图像分析 用美国 Wealtec 公司生产的凝胶成像系统进行图像灰度扫描,检测电泳条带吸光度(A),以 β -actin 为内参校正,以实现结果的半定量分析。各组附睾脂肪组织 mRNA 表达的相对量就是以其 PCR 产物电泳(A)与内参基因 β -actin(A) 的比值(附睾脂肪组织 RBP4 与 β -actin 比值)来表示。

2.7 统计学处理 结果采用 $\bar{x} \pm s$ 表示,各组数据用 SPSS 16.0 软件处理,采用单因素方差分析和多重比较,并进行 t 检验, $P < 0.05$ 为具有统计学意义。

3 结果

3.1 对力竭运动大鼠血糖、肌糖原、肝糖原含量的变化 血糖含量在运动对照组低于安静对照组($P < 0.01$),MGF 各组血糖含量低于安静对照组($P < 0.01$)而高于运动对照组,但 MGFH 与运动对照组比较具有显著性差异($P < 0.05$)。肌糖原含量在运动对照组极显著低于安静对照组($P < 0.01$),MGF 各组肌糖原含量低于安静对照组($P < 0.05$ 或 $P < 0.01$)而高于运动对照组,但 MGFM, MGFH 组

与运动对照组比较具有显著性差异($P < 0.05$)。肝糖原含量在运动对照组极显著低于安静对照组($P < 0.01$),MGF 各组肝糖原含量低于安静对照组,

而 MGFL 组与安静组比较具有显著性差异($P < 0.05$),但 MGF 各组高于运动对照组($P < 0.05$ 或 $P < 0.01$)。见表 1。

表 1 各组大鼠血糖、肌糖原和肝糖原含量的比较($\bar{x} \pm s, n = 10$)

组别	剂量/ $g \cdot kg^{-1}$	血糖/ $mmol \cdot L^{-1}$	肌糖原/ $mg \cdot g^{-1}$	肝糖原/ $mg \cdot g^{-1}$
安静对照	-	7.27 ± 0.33	1.53 ± 0.21	10.32 ± 1.06
运动对照	-	$4.81 \pm 0.24^{2)}$	$0.91 \pm 0.16^{2)}$	$6.21 \pm 1.10^{2)}$
运动 + 甘草黄酮	4	$5.31 \pm 0.12^{1)}$	$0.98 \pm 0.14^{2)}$	$8.92 \pm 1.11^{1,3)}$
	8	$5.78 \pm 0.22^{1)}$	$1.34 \pm 0.12^{1,3)}$	$9.18 \pm 1.13^{4)}$
	12	$5.92 \pm 0.18^{1,3)}$	$1.46 \pm 0.23^{1,3)}$	$10.16 \pm 1.16^{4)}$

注:与安静对照组比较¹⁾ $P < 0.05$, ²⁾ $P < 0.01$;与运动对照组比较³⁾ $P < 0.05$, ⁴⁾ $P < 0.01$ (表 2 同)。

3.2 对运动大鼠脂肪组织 RBP4 mRNA 的表达
在 432 bp 和 303 bp 处分别有 β -actin 和 RBP4 mRNA 条带。经凝胶成像系统进行灰度扫描得出 RBP4 mRNA 表达的相对量(见表 2)。力竭游泳运动对照组大鼠附睾脂肪组织 RBP4 mRNA 表达高于安静对照组($P < 0.05$)。在 MGFM 组和 MGFH 组大鼠 RBP4 mRNA 表达都低于运动对照组($P < 0.05$)。

表 2 各组大鼠附睾脂肪组织 RBP4 mRNA 相对表达量比较($\bar{x} \pm s, n = 10$)

组别	剂量/ $g \cdot kg^{-1}$	RBP4 mRNA/ β -actin
安静对照	-	0.912 ± 0.161
运动对照	-	$1.430 \pm 0.123^{1)}$
运动 + 甘草黄酮	4	1.101 ± 0.103
	8	$0.962 \pm 0.112^{3)}$
	12	$0.926 \pm 0.101^{3)}$

4 讨论

4.1 甘草黄酮对运动大鼠血糖、肌糖原、肝糖原含量的影响 糖是人体内重要的能源物质,人体的糖以血糖、肝糖原和肌糖原的形式存在于人体各器官组织中。在长时间运动或饥饿时,运动员出现工作能力下降或疲劳,肌糖原分解入血以补充血糖,同时肝糖原生成葡萄糖输出,维持血糖的动态平衡。章罗庚^[8]研究发现,小强度和大强度游泳运动能降低大鼠血糖水平。田春兰^[7]通过检测体育班中学生在不同运动状态下机体血糖的变化发现,服黄芪复方口服液组血糖素浓度总体高于对照组。徐玉娥^[8]通过对大鼠进行大强度耐力训练后表明,补充葛根总黄酮能促进耐力运动后糖原的恢复。本研究结果显示,力竭游泳训练引起大鼠血糖、肌糖原和肝糖原含量显著下降,表明力竭游泳运动致使大鼠消

耗大量的血糖、肌糖原和肝糖原。而补充不同剂量的甘草黄酮后大鼠血糖、肌糖原和肝糖原含量有所上升,这与方升等^[9]研究的结果相一致,表明补充不同剂量的甘草黄酮可以维持长时间运动过程中大鼠体内糖储备的提高和血糖浓度的相对稳定,有利于提高机体的运动能力。

4.2 甘草黄酮对运动大鼠脂肪组织 RBP4 mRNA 表达的影响 RBP4 是最近发现的一种来自脂肪组织的脂肪细胞因子,是体内一种重要的转运蛋白,主要负责结合、转运全反式视黄醇、维生素 A 及其衍生物。在运动过程中,RBP4 对调节脂肪代谢、改善胰岛素的敏感性和增加葡萄糖的利用起到非常重要的作用。张明军^[10]研究发现,肥胖青年女性进行 12 周有氧运动能够降低肥胖者血清 RBP4 水平。封飞虎等^[11]研究发现,运动结合饮食干预腹内脂肪组织 RBP4 mRNA 表达水平下降。章婷^[12]研究发现,利用高脂饮食和运动对脂肪组织及肝脏组织的 RBP4 表达水平无显著影响。本研究结果显示,力竭游泳运动引起大鼠附睾脂肪组织 RBP4 mRNA 表达水平增加,这可能是由于力竭运动引起大鼠组织细胞缺氧,产生大量的自由基,致使 RBP4 调节胰岛素信号通路受到阻碍。通过补充不同剂量的甘草黄酮后,大鼠附睾脂肪组织 RBP4 mRNA 表达水平高于安静对照组而低于运动对照组,表明补充甘草黄酮能够下调力竭训练时 RBP4 mRNA 的表达水平,提示甘草黄酮能够起到清除自由基,致使机体能够恢复代谢功能的作用。其作用机制有待深入研究。

[参考文献]

- [1] 韩雅慧,陶宁萍. 甘草黄酮提取及其抗氧化能力测定方法研究进展[J]. 山西农业科学, 2010, 38(11):89.

复智胶囊对血管性痴呆模型大鼠 学习记忆能力改善的作用机制

张杰^{1,2}, 马云枝^{2*}, 沈晓明², 杨泽锋³, 朱筱彬³, 刘政伟³

(1. 北京中医药大学东直门医院, 北京 100700; 2. 河南中医学院第一附属医院, 郑州 450000;
3. 河南中医学院, 郑州 450008)

[摘要] 目的:观察复智胶囊对血管性痴呆大鼠学习记忆能力,胆碱乙酰转移酶(CHAT)活性、突触素(synaptophysin, P₃₈)表达及海马突触显微结构的影响,探讨复智胶囊改善学习记忆能力的作用机制。方法:SPF级雄性SD大鼠采用双侧颈总动脉永久结扎法(2-VO)制备血管性痴呆大鼠模型。选取造模成功的大鼠,随机分为模型组、多奈哌齐组、复智胶囊高剂量组、复智胶囊低剂量组,并设假手术对照组。连续灌胃4周后采用Morris水迷宫进行行为学检测,同时采用免疫组化方法检测海马CHAT和P₃₈的表达,采用Golgi染色法检测大鼠海马神经元突触显微结构形态及树突棘数量的变化。结果:与假手术组相比,造模后各组大鼠学习记忆能力均有下降,逃避潜伏期和游泳路程明显延长,撤除平台后跨越原平台次数明显减少,海马CHAT活性和P₃₈表达明显下降,海马神经元细胞树突棘数量减少($P < 0.05$);而与模型组相比,复智胶囊高、低剂量组和多奈哌齐组大鼠学习记忆能力均有改善,逃避潜伏期和游泳路程均有缩短,跨越原平台次数明显增多,CHAT活性和P₃₈表达明显增高,树突棘数量均有增多($P < 0.05$)。结论:复智胶囊对血管性痴呆大鼠学习记忆能力有一定的改善作用,可能是通过提高胆碱能系统活性,增加突触素蛋白表达,促进海马突触显微结构重建来实现的。

[关键词] 血管性痴呆;复智胶囊;学习记忆能力;胆碱能系统;突触素;突触显微结构;树突棘

[中图分类号] R285.5 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1005-9903(2014)02-0128-05

[doi] 10.11653/syfy2014020128

[收稿日期] 20130801(016);河南省中医药科研专项课题(2013ZY01011)

[基金项目] 河南省科技创新人才基金项目(094200510012);河南省中医药科研专项课题(2013ZY01011)

[通讯作者] *马云枝,教授,主任医师,博士生导师,从事中西医结合防治脑病的研究, Tel:0371-66221817, E-mail: mayunzhi6688@sohu.com

- [2] Taro Noumra, Toshio Fukai, Yoshio Hano. Chemistry and biological activities of isoprenylated flavonoids from medicinal plants (moraceous plants and Glycyrrhiza species)[J]. Stud Nat Prod Chem, 2003, 28(9):199.
- [3] Xie Y C, Dong X W, Wu X M. et al. Inhibitory effects of flavonoids extracted from licorice on lipopolysaccharide induces acute pulmonary inflammation in mice[J]. Int Immunopharmacol, 2009, 9(2):194.
- [4] 阳毅,莫伟彬,李启畅. 甘草黄酮对运动大鼠肝组织自由基代谢及P53 mRNA表达的影响[J]. 中国实验方剂学杂志, 2013, 19(19):228.
- [5] Thomas D P, Marshall K I. Effects of repeated exhaustive exercise on myocardial subcellular membrane structures[J]. Int J Sports Med, 1988, 9(4):257.
- [6] 章罗庚. 有氧运动对大鼠血糖、血脂和血液凝固功能的影响[J]. 北京体育大学学报, 2009, 32(7):66.
- [7] 田春兰. 黄芪复方口服液对运动状态下机体血糖调节及其代谢的影响[J]. 北京体育大学学报, 2009, 32(9):56.
- [8] 徐玉娥. 葛根总黄酮对耐力运动后大鼠糖原恢复的影响[J]. 宝鸡文理学院学报:自然科学版, 2003, 23(1):43.
- [9] 方升,杨琨,吴元庆,等. 葛根总黄酮及大强度耐力训练对大鼠体内糖和脂肪代谢的影响[J]. 西安文理学院学报:自然科学版, 2006, 9(2):14.
- [10] 张明军. 运动干预后肥胖青年女性RBP4与GLUT4 mRNA表达的相关性研究[J]. 福建体育科技, 2009, 28(5):31.
- [11] 封飞虎,李春艳,韩立伟. 运动与饮食干预对肥胖大鼠脂肪组织视黄醇结合蛋白4基因表达及蛋白水平的影响[J]. 中国康复医学杂志, 2013(7):611.
- [12] 章婷. 肥胖小鼠RBP4水平与胰岛素抵抗的关系及运动干预的影响[D]. 长沙:中南大学, 2007.

[责任编辑 聂淑琴]