

槲皮素对运动训练大鼠能源物质代谢的影响^{*}

刘海英¹, 熊正英¹, 张军凤²

(1 陕西师范大学 运动生物学研究所, 陕西 西安 710062;

2 陕西省珍稀野生动物抢救饲养研究中心, 陕西 周至 710402)

[摘 要] 以跑台训练建立动物模型, 通过测定运动训练大鼠血糖、血浆游离脂肪酸(FFA)、血尿素氮(BUN)、血清胰高血糖素、生长激素含量和大鼠力竭运动时间, 评价抗氧化剂槲皮素对运动大鼠运动能力的影响。结果表明, 服用槲皮素后大鼠力竭运动时间明显延长, 力竭即刻, 槲皮素力竭组较力竭对照组大鼠 BUN 含量显著降低, 而血糖、血浆 FFA、血清胰高血糖素、生长激素含量显著提高。提示槲皮素可通过影响激素分泌, 促进脂肪动员而保持血糖、BUN 含量的相对稳定, 从而提高大鼠的运动能力, 槲皮素可作为一种运动保健品开发利用。

[关键词] 槲皮素; 大鼠; 能量代谢; 血清激素

[中图分类号] Q 538

[文献标识码] A

[文章编号] 1671-9387(2005)04-0021-03

槲皮素(Que)是一种广泛存在于植物界的类黄酮化合物, 天然资源十分丰富, 是膳食果蔬中最常见的黄酮物质, 也是红花、刺人参、黄芪、银杏叶、罗布麻、三七、槐米等 100 多种中草药的重要黄酮成分。槲皮素具有清除自由基、降低血压血脂、保护组织缺血再灌注损伤、抑制动脉硬化及血栓形成、抗炎抗癌变、增强细胞免疫、保护辐射损伤及镇痛等多项生物学功能, 已被应用于医药、食品及化妆品领域。本试验目的在于揭示槲皮素对运动训练大鼠能量代谢和运动能力的影响, 为其在运动医学领域中的运用提供试验依据。

1 材料与方法

1.1 材料与分组

SD 雄性健康大鼠 40 只, 体重 170~220 g, 由陕西中医研究所实验动物饲养中心提供, 同时购入基

础饲料, 自由饮食, 动物室温度(23±5), 相对湿度 40%~70%, 分笼适应性饲养 7 d 后进行试验。槲皮素由陕西慧科植物有限公司生产, 纯度为 99.2%, 批号为 QU 20021012。试验前将动物随机分为安静对照组、运动对照组、槲皮素运动组、运动力竭对照组和槲皮素运动力竭组, 每组 8 只。试验期间按每天 50 mg/kg 的剂量, 于运动前 3 h 灌服槲皮素给槲皮素组大鼠, 其余组按体重灌服相应量的生理盐水。

1.2 运动模型

以跑台训练建立运动模型, 全程训练为期 8 周, 每周训练 5 d(安静组除外)。具体训练方案见表 1。最后一次训练时力竭组大鼠进行力竭运动, 其他组不进行运动。力竭判定标准参照文献[1]。力竭行为特征为呼吸深急、幅度大, 神情疲倦, 俯卧位垂头, 刺激后无反应。

表 1 试验动物运动方案

Table 1 Exercise scheme on trained rat

周次 Week	速度/(m·min ⁻¹) Speed	坡度/% Gradient	运动时间/(min·d ⁻¹) Training time	运动距离/(m·周 ⁻¹) Training distance
1	15~20	0	20	1 800
2	20~25	0	25	3 000
3	25~30	0	35	4 700
4	30	0	40	6 000
5~6	30	5	40	6 000
7~8	30	8	40	6 000

[收稿日期] 2004-11-23

[基金项目] 陕西省自然科学基金项目(2002C119)

[作者简介] 刘海英(1969-), 女, 陕西渭南人, 在读硕士, 主要从事运动生物化学与营养学研究。E-mail: luhaiying@wn163.net

1.3 试验方法

力竭组运动后即刻(其余各组安静状态下)用乙醚进行适度麻醉,摘眼球采血。血浆制备:取血于预先加有抗凝剂的试管,以 $1\ 000\ \text{r/min}$ 低温离心 $5\ \text{min}$,分离血浆并于 $4\ ^\circ\text{C}$ 冰箱保存备用。血清制备:取血于 $37\ ^\circ\text{C}$ 水浴 $30\ \text{min}$ 后,以 $2\ 500\sim 3\ 000\ \text{r/min}$ 低温离心 $10\ \text{min}$,分离血清并于 $4\ ^\circ\text{C}$ 冰箱保存备用。

血糖、血尿素氮(BUN)、血浆游离脂肪酸(FFA)、血清胰高血糖素和生长激素测试均采用南京建成生物工程研究所提供的试剂盒。所测数据经 SPSS (Statistical Program for Social Science) 软件进行处理,试验结果以平均数 $\pm$ 标准差 ($\bar{X} \pm SD$) 表示,组间比较采用 t -检验。

2 结果与分析

2.1 槲皮素对运动大鼠力竭时间的影响

表 2 结果显示,槲皮素力竭组大鼠力竭运动时间长于力竭对照组,延长率为 23.20% ,二者具有显著性差异 ($P < 0.05$)。

表 2 槲皮素对运动训练大鼠力竭时间的影响

Table 2 Effect of quercetin (Que) on exhaustive time in trained rat

组别 Group	力竭运动时间/s Exhaustive time	变化率/% Difference
力竭对照组 Exhaustive control group	92.80 $\pm$ 9.01	
槲皮素力竭组 Que exhaustive group	114.30 $\pm$ 6.20*	23.20

注: * 表示与力竭对照组有显著性差异 ($P < 0.05$)。

Note: Obvious difference with exhaustive control group ($P < 0.05$).

2.2 槲皮素对运动大鼠血糖、血浆 FFA、BUN 及血清胰高血糖素、生长激素的影响

表 3 结果表明,力竭对照组较安静对照组大鼠血糖浓度降低,BUN 浓度上升,均有极显著性差异 ($P < 0.01$);而槲皮素力竭组较力竭对照组大鼠血糖浓度升高,BUN 浓度降低,均有显著性差异 ($P < 0.05$)。运动对照组和力竭对照组大鼠血浆 FFA、血清胰高血糖素和生长激素浓度较安静对照组均有升高,服用槲皮素后,这种上升趋势得到进一步加强,其中槲皮素力竭组较力竭对照组有显著差异 ($P < 0.05$)。

表 3 槲皮素对运动训练大鼠血糖、游离脂肪酸、尿素氮、胰高血糖素和生长激素的影响

Table 3 Effect of Que on concent of blood-glucose, free fat acid, urea nitrogen and enzyme in trained rat blood

组别 Group	血糖/ ($\text{mmol} \cdot \text{L}^{-1}$) Blood-glucose	尿素氮/ ($\text{mmol} \cdot \text{L}^{-1}$) Urea nitrogen	FFA/ ($\mu\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$) Free fat acid	胰高血糖素/ ($\text{pg} \cdot \text{mL}^{-1}$) Glucagons	生长激素/ ($\text{ng} \cdot \text{mL}^{-1}$) Growth hormone
安静对照组 Control group	7.50 $\pm$ 0.86	5.20 $\pm$ 0.75	289.25 $\pm$ 53.57	181.53 $\pm$ 11.34	2.51 $\pm$ 0.28
运动对照组 Training control group	7.20 $\pm$ 0.45	6.74 $\pm$ 1.71	367.21 $\pm$ 69.73	202.02 $\pm$ 23.76	3.12 $\pm$ 0.36
槲皮素运动组 Que training group	7.42 $\pm$ 1.44	5.46 $\pm$ 0.67	425.85 $\pm$ 39.97	241.82 $\pm$ 47.35*	4.07 $\pm$ 1.77*
力竭对照组 Exhaustive control group	4.28 $\pm$ 0.89**	10.23 $\pm$ 1.74**	617.38 $\pm$ 53.42**	234.61 $\pm$ 41.78*	3.58 $\pm$ 0.30
槲皮素力竭组 Que exhaustive group	5.55 $\pm$ 0.85***	8.94 $\pm$ 1.03***	873.26 $\pm$ 30.51***	275.54 $\pm$ 19.16***	5.08 $\pm$ 0.69***

注: * 表示与安静组有显著性差异 ($P < 0.05$); ** 表示与安静组有极显著性差异 ($P < 0.01$); # 表示与力竭对照组有显著性差异 ($P < 0.05$)。

Note: Obvious difference with control group * ($P < 0.05$); ** ($P < 0.01$); # to exhaustive control group ($P < 0.05$).

3 结果与讨论

糖、脂肪和蛋白质是动物体能量代谢的三大能源物质,其中糖和脂肪是主要的供能物质。本试验选取血糖、血浆游离脂肪酸和血尿素氮分别反映机体内糖、脂肪和蛋白质参与运动供能的情况。血糖是骨骼肌、红细胞和中枢神经系统(大脑)最重要的细胞外燃料,其浓度变化与运动能力密切相关。从本研究结果可以看出,力竭运动后即刻,各组大鼠血糖浓度

较安静组呈极显著下降 ($P < 0.01$),说明低血糖的出现是运动性疲劳产生的重要原因,这与以往研究结果一致^[2]。而槲皮素力竭组较力竭对照组大鼠血糖浓度有显著上升 ($P < 0.05$),提示血糖的相对稳定可能是槲皮素力竭组大鼠运动时间较长的原因之一。

脂肪是长时间运动的重要供能物质,运动中脂肪参与能量代谢是通过脂肪酸氧化来实现的,骨骼肌脂肪酸的氧化速率与血浆游离脂肪酸(FFA)浓

度呈正相关, 当血浆游离脂肪酸接近 2 mmol/L 时, 肌内脂肪酸氧化供能约占总能量的 62% ^[3], 可见, 提高血浆游离脂肪酸浓度有利于提高运动员的耐力水平。脂肪的动员与激素的调节作用密切相关^[4,5], 脂解激素胰高血糖素一方面可通过环化腺苷酸(cAMP)激活脂肪组织内的三脂酰甘油脂肪酶, 加速脂肪的脂解作用, 提高血浆游离脂肪酸水平; 另一方面可降低辅酶A 乙酸羧化酶活性, 抑制脂肪的合成。生长激素除可加速蛋白质合成和促生长外, 还可促进脂肪的动员, 加速脂肪分解, 通过增加游离脂肪酸的浓度抑制葡萄糖氧化, 从而间接升高血糖水平。本研究结果显示, 槲皮素组大鼠血浆游离脂肪酸、血清胰高血糖素和生长激素浓度均显著高于其对照组, 说明槲皮素可通过影响胰高血糖素和生长激素的分泌, 提高血浆游离脂肪酸水平, 增加骨骼肌脂肪酸氧化供能的比例, 从而节省糖的利用, 维持血糖浓度相对恒定, 满足大脑对血糖的需求, 防止低血糖的发生和发展, 进而推迟运动疲劳的发生。

尿素是蛋白质分解代谢的终产物。血尿素氮

(BUN)与疲劳程度以及负荷量大小呈正相关, 是评定运动员机能状态的重要指标。本研究结果显示, 力竭后各组大鼠血尿素氮含量均显著上升, 其机制可能如下: 一是长时间的大强度运动使糖贮备被大量消耗, 机体能量供应不足, 蛋白质分解代谢及氨基酸的糖异生作用增强, 致使血尿素氮含量升高; 二是长时间大强度运动造成氧自由基生成增多^[6], 自由基攻击红细胞、肌细胞等组织细胞, 引起细胞膜脂质过氧化, 细胞膜通透性增加, 导致细胞内蛋白质外逸, 血尿素氮水平上升, 大鼠运动能力下降。本研究结果还显示, 槲皮素力竭组较力竭对照组大鼠血尿素氮水平有显著降低, 这可能与该组大鼠血浆游离脂肪酸含量升高、脂肪氧化供能比例增大、蛋白质供能较少有关; 同时作为一种强抗氧化剂^[7,8], 槲皮素能直接捕捉超氧阴离子、羟自由基等氧自由基, 增强超氧化物歧化酶(SOD)活性, 螯合 Cu^{2+} , Fe^{2+} 等金属离子, 抑制膜结构脂质氧化的发生, 减少蛋白质的流失, 从而提高机体运动能力。

[参考文献]

- [1] 肖明珠 动物运动性疲劳方法学研究之一[J]. 中国运动医学杂志, 1998, 17(4): 334- 338
- [2] 秦延武, 杨瑞芳 力竭游泳运动对大鼠生理生化影响[J]. 中国应用生理学杂志, 1993, 18(4): 282
- [3] 冯美云 运动生物化学[M]. 北京: 人民体育出版社, 1999 146
- [4] 于宝生 生长激素与脂质代谢相关性研究[J]. 国外医学儿科学分册, 1997, 24(4): 181- 183
- [5] 华 明 肌肉运动的激素反应[J]. 中国运动医学杂志, 1985, 4(4): 221- 222
- [6] 随 波 运动对自由基生成及超氧化物歧化酶活性的影响[J]. 山东体育学院学报, 1997, 13(2): 37- 38
- [7] Terao J, Piskula M, Yao Q. Protective effect of epicatechin, epicatechic gallate, and quercetin on lipid peroxidation in phospholipid bilayers[J]. Arch Biochem Biophys, 1994, 308(1): 278- 284
- [8] Silva E L D, Tsuchida T. Inhibition of mammalian 15-lipoxygenase-dependent lipid peroxidation in low density lipoproteins by quercetin and quercetin monoglucosides[J]. Arch Biochem Biophys, 1998, 349(2): 313

Effect of quercetin on metabolism of energetic substance in trained rat

L IU Hai-ying¹, XIONG Zhen-ying¹, ZHANG Jun-feng²

(1 Institute of Exercise Biology, Shaanxi Normal University, Xi'an, Shaanxi 710062, China;

2 Center of Shaanxi Rare Wildlife Rescuing and Raising, Zhouzhi, Shaanxi 710402, China)

Abstract: By setting up endurance training+ exhaustive exercise model, some indices in rat blood are measured including glucose, BUN, FFA, glucagons and growth hormone content in order to test the effect of quercetin on exercise performance. The results show that compared with control groups quercetin obviously prolongs exhaustive exercise time; remarkably restrains the decrease of blood glucose content and the increase of BUN content; enhances FFA, glucagons, growth hormone content after exhaustive exercise. The results indicate that quercetin, as one kind of effective antioxidative substance, can improve exercise performance in trained rat by increasing blood FFA content, and keep blood glucose content. Hence, it will be explored as sports healthy food.

Key words: quercetin; rat; metabolism of energetic substance; serum hormone