

## 参考文献

- [1] 胡伟. 在社区人群中开展营养教育的模式探讨 [J]. 中国热带医学, 2005, 5 (9): 2004 - 2005.
- [2] 丁虹. 营养教育对不同人群营养知识、态度、行为的影响 [J]. 中国食物与营养, 2005,

11: 55 - 57.

[3] 乐坤蕾. 从国内外经验看社区健康教育中的团队合作 [J]. 上海预防医学杂志, 2008, 10 (20): S77 - S79.

[4] 薛华成. 管理信息系统 [M]. 第四版. 北京: 清华大学出版社, 2003: 12: 2 - 7.

# 槲皮素对负重游泳小鼠脂类代谢的影响

吴健全 郭长江 高蔚娜 韦京豫 杨继军 蒲玲玲 刘阳

(天津卫生学环境医学研究所, 天津 300050)

**摘要:**目的 研究补充槲皮素对负重游泳小鼠脂类代谢的调节作用, 为抗疲劳功能食品的开发提供依据。方法 昆明小鼠按体重随机分为3组, 正常对照组、游泳对照组和槲皮素组。2个对照组均给予 AIN-93 饲料, 槲皮素组补充 1g/kg 的槲皮素, 喂养 14d, 游泳对照组和槲皮素组动物负重游泳 60min, 游泳后立即摘眼球取血, 分离血清, 取肝脏和后腿骨骼肌, 测定血糖、尿素氮、乳酸、游离脂肪酸 (NEFA)、琥珀酸脱氢酶 (SDH)、ATP 酶等指标。结果 运动后血糖显著降低, 乳酸水平提高, 补充槲皮素后血糖无显著变化, 血乳酸水平显著降低 ( $P < 0.05$ ); 运动后血尿素氮水平较正常对照显著升高, 补充槲皮素后较游泳对照组显著降低 ( $P < 0.05$ ); 运动后血 NEFA ( $0.74 \pm 0.28$ ) mmol/L 较正常对照组 ( $0.53 \pm 0.16$ ) mmol/L 有升高趋势, 补充槲皮素后 ( $1.09 \pm 0.38$ ) mmol/L 升高具有显著性 ( $P < 0.05$ ); 肝 NEFA 变化趋势与血一致; 运动后肌组织 NEFA ( $47.61 \pm 10.28$ )  $\mu\text{mol/gpr}$  与正常对照组比较无显著变化, 补充槲皮素 ( $60.64 \pm 6.61$ )  $\mu\text{mol/gpr}$  显著升高 ( $P < 0.01$ ); 运动后肝组织 SDH 显著下降, 补充槲皮素后可恢复到正常值水平; 运动后骨骼肌 SDH 活性显著升高, 补充槲皮素影响不明显。运动后肝脏 Na + K + ATP 酶和 Ca<sup>2+</sup> + Mg<sup>2+</sup> + ATP 酶活性无显著改变; 肌肉 Na + K + ATP 酶和 Ca<sup>2+</sup> + Mg<sup>2+</sup> + ATP 酶活性均显著降低, 补充槲皮素有升高趋势。结论 槲皮素对负重游泳小鼠能量代谢, 特别是脂肪代谢具有调节作用, 可能是其抗疲劳作用的机制之一。

**关键词:** 槲皮素; 运动性疲劳; 能量代谢; 游离脂肪酸

槲皮素是人体摄入最多的类黄酮物质之一, 具有广泛的生物学作用<sup>[1]</sup>。我们前期实验结果表明槲皮素对小鼠运动性疲劳具有较好的预防作用<sup>[2]</sup>, 与国外报道相一致<sup>[3,4]</sup>, 但具体作用机制尚不明确。一些研究者推测槲皮素的抗疲劳作用可能与其抗氧化作用等有关<sup>[3]</sup>, 但目前还缺乏直接证据。代谢组学研究结果表明槲皮素对机体能量代谢具有调节作用<sup>[5]</sup>, 本研究从能量代谢角度探讨槲皮素提高小鼠耐力的作用机制, 为抗疲劳功能食品的开发提供理论依据。

## 1 材料与amp;方法

### 1.1 材料

槲皮素购自 Sigma 公司。血糖试剂盒为中生北控公司产品, NEFA、SDH、ATP 酶试剂盒为南京建成产品。其它试剂均为国产分析纯。

### 1.2 动物

SPF 级雄性昆明小鼠 30 只, 体重 18 ~ 20 g, 由军事医学科学院实验动物中心提供, 许可证号: SCXK-(军) 2007-004。



### 1.3 方法

#### 1.3.1 负重游泳实验

小鼠随机分为3组, 每组10只。分别为正常对照组、游泳对照组和槲皮素组。正常对照组和游泳对照组均给予AIN-93<sup>[6]</sup>合成饲料, 槲皮素组在上述饲料中添加1g/kg的槲皮素, 喂养14d, 期间小鼠适应性游泳2次, 每次10min。第15d小鼠尾部系2%体重的铅丝, 游泳60min, 游泳后立即摘眼球取血, 分离血清, 同时取肝脏和后腿骨骼肌, 测定相应指标。

#### 1.3.2 指标测定

葡萄糖氧化酶法测定血糖、化学法测定血乳酸、

二乙酰一肟法测定尿素氮、铜离子显色法测定 NEFA 含量、二氯酚靛酚还原法测定 SDH 活性, ATP 酶活性测定采用定磷法, 蛋白定量采用考马斯亮兰法。

### 1.4 统计学处理

实验数据采用 SPSS 10.0 软件处理, 结果以均值 ± 标准差 (±s) 表示, 进行单因素方差分析。

## 2 结果

### 2.1 槲皮素对游泳小鼠血糖、乳酸、尿素氮含量的影响

Table 1 Effect of quercetin on serum blood, NPN and lactate of the mice after swimming

group	Serum glucose (mmol/L)	Serum NPN (mg/L)	Serum lactate (mg/L)
Normal control	2.42 ± 0.33	145.9 ± 36.2	0.250 ± 0.051
Swimming control	2.19 ± 0.24*	202.0 ± 31.6*	0.776 ± 0.218**
Quercetin	2.18 ± 0.41*	171.8 ± 28.6**	0.455 ± 0.153***

注: compared with normal control, \*  $P < 0.05$ , \*\*  $P < 0.01$ ; compared with swimming control, #  $P < 0.05$ , ##  $P < 0.01$

负重游泳60min后, 小鼠血乳酸显著升高, 补充槲皮素后与游泳对照组比较, 已有明显降低 ( $P < 0.05$ ); 游泳后血 NPN 水平显著升高 ( $P < 0.05$ ), 补充槲皮素后降低, 差异有显著性 ( $P < 0.05$ ); 游泳后血糖显著降低, 补充槲皮素未见明显改善。

### 2.2 槲皮素对游泳小鼠 NEFA 含量的影响

运动后血 NEFA 较正常对照组有升高趋势, 补充槲皮素后显著升高 ( $P < 0.05$ ); 肝 NEFA 变化趋势与血一致; 运动后肌组织 NEFA 升高不明显, 补充槲皮素后显著升高 ( $P < 0.01$ )。

Table 2 Effect of quercetin on NEFA of the mice serum and tissue after swimming

group	Serum NEFA ( $\mu\text{mol/L}$ )	Liver NEFA ( $\mu\text{mol/gpr}$ )	Muscle NEFA ( $\mu\text{mol/gpr}$ )
Normal control	531.09 ± 158.88	195.3 ± 45.21	46.11 ± 8.59
Swimming control	742.04 ± 276.23	253.48 ± 53.56	47.61 ± 10.28
Quercetin	1094.53 ± 381.09*	315.98 ± 84.62*	60.64 ± 6.61***

注: compared with normal control, \*  $P < 0.05$ , \*\*  $P < 0.01$ ; compared with swimming control, ##  $P < 0.01$

### 2.3 槲皮素对游泳小鼠 SDH 的影响

Table 3 Effect of quercetin on muscle and liver SDH activity of the mice after swimming

group	Liver (U/mgpr)	muscle (U/mgpr)
Normal control	9.71 ± 1.30	7.67 ± 1.26
Swimming control	8.81 ± 1.11*	9.24 ± 1.13*
Quercetin	10.01 ± 1.30#	9.18 ± 1.28*

注: compared with normal control, \*  $P < 0.05$ ; compared with swimming control, #  $P < 0.05$

运动后 SDH 活性具有明显组织特异性, 肝组织有所下降, 但差异无显著性, 补充槲皮素后显著升高 ( $P < 0.05$ ), 达到正常值水平; 运动后骨骼肌 SDH 活性显著升高 ( $P < 0.05$ ), 补充槲皮素后与游泳对照组间差异无显著性。

### 2.4 槲皮素对游泳小鼠 ATP 酶的影响

运动后肝脏  $\text{Na}^+ \text{K}^+$  ATP 酶和  $\text{Ca}^{2+} \text{Mg}^{2+}$  ATP 酶活性无显著改变; 肌肉  $\text{Na}^+ \text{K}^+$  ATP 酶和  $\text{Ca}^{2+} \text{Mg}^{2+}$  ATP 酶活性均显著降低, 补充槲皮素后有升高趋势, 但差异无显著性。

Table 4 Effect of quercetin on muscle and liver Na<sup>+</sup> - K<sup>+</sup> - ATPase activity of the mice after swimming ( μmolP/mgpr · hour) ± S)

group	Liver		Muscle	
	Na <sup>+</sup> K <sup>+</sup> ATPase	Ca <sup>2+</sup> Mg <sup>2+</sup> ATPase	Na <sup>+</sup> K <sup>+</sup> ATPase	Ca <sup>2+</sup> Mg <sup>2+</sup> ATPase
Normal control	3.41 ± 0.35	3.26 ± 0.38	5.11 ± 0.38	7.48 ± 0.61
Swimming control	3.24 ± 0.26	3.12 ± 0.24	3.38 ± 0.73 *	5.02 ± 0.91 *
Quercetin	3.30 ± 0.67	3.05 ± 0.33	4.03 ± 0.93 *	5.71 ± 0.45 *

注: compared with normal control, \* P < 0.05, \*\* P < 0.01;

### 3 讨论

运动过程中机体对能量需求大幅度增加, 能量代谢变化显著, 疲劳过程本质是能量产生和利用出现异常。槲皮素对机体能量代谢具有调节作用<sup>[5]</sup>, 可能与其抗疲劳作用相关。体外研究也表明, 槲皮素对肝细胞 ATP 合成具有调节作用, 可诱导线粒体膜通透性转换孔 (PTP) 开放, 3 态呼吸受到抑制, 线粒体氧化磷酸化温和解偶联、ATP 合成升高或下降等<sup>[7,8]</sup>。运动过程呼吸链温和解偶联可以降低线粒体膜电位, 减少活性氧生成, 起到保护细胞的作用<sup>[8]</sup>。未经训练大鼠补充槲皮素后运动耐力显著增强, 同时肌组织线粒体过氧化物酶增值体激活受体 γ 共激活物 (PGC-1α)、线粒体 DNA、细胞色素 C 等 mRNA 表达均显著提高<sup>[4]</sup>, 说明槲皮素可诱导线粒体增生, 但对运动状态下机体能量代谢的具体影响尚未见报道。

本研究从整体水平探讨槲皮素对游泳小鼠能量代谢的影响, 结果表明槲皮素对三大物质代谢的调节作用有所不同。补充槲皮素对运动小鼠血糖无明显影响, 可使血乳酸显著降低; 血 NPN 降低, 提示蛋白分解代谢受抑制; 血和组织 NEFA 大幅升高, 说明脂肪动员能力加强。脂肪是机体最主要的能源储备, NEFA 的动员和利用能力提高, 可以有效抑制糖类代谢产生乳酸, 从而提高机体运动耐力, 发挥抗疲劳作用<sup>[9]</sup>。

SDH 是三羧酸循环中唯一嵌入线粒体内膜的酶, 它直接与呼吸链相连, 是线粒体琥珀酸氧化呼吸链 (FADH<sub>2</sub> 氧化呼吸链) 的重要组成部分, 其活性的高低也与脂类代谢产能关系密切。正常状态下机体能源物质以葡萄糖为主, NADH 氧化呼吸链发挥重要作用, 是线粒体主要的呼吸链。而运动过程中肌组织利用脂肪增加, 脂肪酸 β 氧化过程所脱下的 H 主要通过琥珀酸氧化呼吸链氧化, 因此 SDH 活性, 亦即琥珀酸氧化呼吸链功能对于运动过程机体能量代谢的影响相应增加。运动后肝组织 SDH 有所

下降, 补充槲皮素后较游泳对照组显著提高; 运动后肌组织 SDH 显著升高, 补充槲皮素仍维持在较高水平。这可能在于补充槲皮素后蛋白分解受到抑制, 糖异生作用减弱, 血糖来源减少, 主要的能源物质逐渐被脂肪取代, 肝、肌组织利用脂类物质均大幅增加, 对于运动过程机体三羧酸循环和呼吸链均功能产生调节作用。ATP 酶活性高低也可以反映机体能量代谢的水平, 运动对肝组织 ATP 酶活性无显著影响, 补充槲皮素也未见明显变化; 运动后肌组织 ATP 酶活性显著降低, 补充槲皮素后有所升高, 提示对能量代谢具有一定的保护作用, 这对于维持细胞内环境稳态、膜结构的完整性、能量代谢的顺利进行以及保持一定的运动耐力都会有积极意义。

综上所述, 槲皮素对运动过程机体能量代谢具有一定的调节作用, 主要是增加了脂类物质的消耗, 并降低蛋白分解, 总的能量合成有所增加, 可更好满足机体对能量的需求。从总体看, 这一过程消耗较多脂类能源物质, ATP 合成效率可能会有所下降, 其原因可能与槲皮素诱发线粒体温和解偶联有关。需要指出的是槲皮素促进运动机体脂肪动员, 产生大量 NEFA 释放入血或进入组织, 也可能对机体产生不利影响。因为 NEFA 只有经活化成脂酰 CoA, 再通过肉碱脂酰转移酶 I 转运, 才能进入线粒体内膜氧化<sup>[10]</sup>。如果 NEFA 不能与肉碱结合, 就会通过脂肪酸穿梭作用降低线粒体膜电位, 影响 ATP 合成<sup>[11]</sup>。就槲皮素与肉碱关系展开研究, 对于进一步揭示槲皮素抗疲劳作用机制可能具有一定帮助, 值得探讨。

### 参考文献

- [1] Bischoff SC. Quercetin: potentials in the prevention and therapy of disease. *Curr Opin Clin Nutr Metab Care*. 2008, 11 (6): 733 - 740.
- [2] 吴健全, 郭长江, 高蔚娜, 等. 常见植物化学物抗疲劳作用比较. *解放军预防医学杂志*,



2010, 28 (4): 275 - 277.

[3] Nieman DC, Henson DA, Maxwell, KR, et al. Effects of Quercetin and EGCG on Mitochondrial Biogenesis and Immunity. *Med. Sci. Sports Exerc.*, 2009, 41 (7): 1467 - 1475.

[4] Davis JM, Murphy EA, Carmichael MD, et al. Quercetin increases brain and muscle mitochondrial biogenesis and exercise tolerance. *Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol*, 2009, 296 (4): R1071 - 1077.

[5] Daizhi An, Qi Zhang, Shengmin Wu, Jingyu Wei, Jijun Yang, Fangting Dong, Xianzhong Yan, Changjiang Guo. Changes of metabolic profiles in urine after oral administration of quercetin in rats. *Food Chem Toxicol*, 2010, 48 (6), 1521 - 1527.

[6] Reeves PG, Nielsen FH, Fahey GC Jr. AIN-93 purified diets for laboratory rodents: final report of the American Institute of Nutrition ad hoc writing committee on the reformulation of the AIN-76 rodent diet [J]. *J Nutr.* 1993, 123 (11): 1939 - 1951.

[7] Trumbeckaite S, Bernatoniene J, Majiene D, et al. The effect of flavonoids on rat heart mitochondrial

function. *Biomed Pharmacother.* 2006, 60 (5): 245 - 248.

[8] Dorta DJ, Pigoso AA, Mingatto FE, et al. The interaction of flavonoids with mitochondria: effects on energetic processes. *Chem Biol Interact.* 2005 15, 152 (2-3): 67 - 78.

[9] Murase T, Haramizu S, Shimotoyodome A, et al. Green tea extract improves endurance capacity and increases muscle lipid oxidation in mice [J]. *Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol*, 2005, 288 (3): R708 - R715.

[10] Rufer AC, Thoma R, Hennig M. Structural insight into function and regulation of carnitine palmitoyl-transferase. *Cell Life Sci.* 2009, 66 (15): 2489 - 2501.

[11] Feldkamp T, Kribben A, Roeser N, et al. Alleviation of fatty acid and hypoxia reoxygenation induced proximal tubule deenergization by ADP/ATP carrier inhibition and glutamate. *Am J Physiol Renal Physiol.* 2007, 292: F1606 - F1616.

## 血清脂联素水平与新疆维吾尔族 高尿酸血症的相关性

苗 蕾<sup>1</sup> 姚 华<sup>2</sup> 孙玉萍<sup>3</sup> 李 莉<sup>2</sup> 伊惠霞<sup>2</sup>

(1 新疆医科大学公共卫生学院; 2 新疆医科大学第一附属医院; 3 新疆医科大学基础医学院, 乌鲁木齐 830054)

**摘要:** **目的** 研究新疆地区维吾尔族人群血清脂联素水平与高尿酸血症的相关性。**方法** 用 ELASA 酶联免疫法测定 413 例研究对象的血清脂联素, 血清检测血尿酸 (SUA) 及血脂等相关生化指标。**结果** 维吾尔族高尿酸组与对照组的腰围、臀围、腰高比 (WHTR)、甘油三脂 (TG) 及脂联素的差异均有统计学意义, 其中高尿酸组血清脂联素水平显著低于对照组 ( $P < 0.01$ )。在扣除了体脂因素后脂联素在两组间的差异仍然存在 ( $P < 0.01$ ), 且在正常对照人群中, 女性脂联素水平显著高于男性 ( $P < 0.01$ )。脂联素与 SUA 之间存在负相关, 与年龄无相关性。**结论** 脂联素作为脂肪细胞分泌的特异性蛋白, 其与 SUA 的相关性提示脂联素可能是高尿酸血症发生的特征性指标之一, 为维吾尔族高尿酸血症的防治提供依据。

**关键词:** 血尿酸; 脂联素; 维吾尔族