

蜂王浆对大鼠力竭运动能力的影响

赵光

(江苏大学 体育部, 江苏 镇江 212001)

摘 要:探讨服用蜂王浆的大鼠, 作力竭运动时, 减轻和防止自由基对机体组织的损伤和抗疲劳作用。灌喂蜂王浆的大鼠为试验组与对照组比较, 测试二组在力竭运动时体重、运动能力、线粒体丙二醛(MDA)、超氧化物歧化酶(SOD)、血浆 pH 值、血乳酸、血清总钙 ATP 的合成能力以及肝、肌糖原的变化。研究表明实验组的体重明显增加, 运动能力显著提高, MDA 降低明显, SOD 活性显著增高, ATP 和 pH 值相应提高, 血乳酸和血清总钙较低, 肝、肌糖原明显增多。蜂王浆作为一种有效的体能恢复剂有广泛的应用前景。

关键词:蜂王浆; 力竭运动; 抗疲劳; 自由基

中图分类号:G804.7; R87 **文献标识码:**A **文章编号:**1006-7116(2003)03-0033-04

Study of the effect of bee milk on the exhausted movement ability in rats

ZHAO Guang

(Department of Physical Education, Jiangsu University, Zhengjiang 212001, China)

Abstract: To study the mechanism of free radical's lessening and preventing the injury of the body tissues and its anti-fatigue action in the exhausted rats taking bee milk. Divide the rats into two groups: the test group taking bee milk and the control group and determine the weight, the ability of movement, MDA, SOD, the ph value of the plasma, the serum calcium synthesizing ability of ATP and changes of the liver and muscle glycogen in the exhausted rats of both groups. Result: there is an increase in weight, an improvement in the ability of movement, an obvious decrease of MDA, an increase of the activity of SOD, an increase of the value of PH and APT, a lower level of blood lactic acid and serum calcium, and a significant increase of the liver and muscle glycogen. Bee milk is a promising effective material in physical energy recovery.

Key words: bee milk; exhausted movement; anti-fatigue; free radical

蜂王浆有滋补强壮、益肝养心、健脾补髓的功效。其成分有丰富的蛋白质、脂肪酸、葡萄糖、果糖、核糖、蔗糖、磷脂, 多种人体必须的氨基酸、维生素、烟酸、肌醇、肾上腺素、促性腺激素、核苷酸、三磷酸腺苷以及钾、钠、钙、磷、铁、锰、铜等。药理实验证明蜂王浆能增强机体抵抗力, 促进新陈代谢、促进细胞再生, 能降低肾上腺素引起的高血糖, 能降低血压, 增加红细胞、血红蛋白和血小板数量, 能改善肺功能, 延缓衰老, 抗肿瘤等, 在中医学上广泛使用于各种虚弱病症, 如白细胞减少、贫血、动脉硬化、冠心病、高血压、糖尿病、肝炎、肝肿大、肝硬化、神经衰弱、风湿性关节炎、四肢血液循环障碍、性机能衰退、不孕症、萎缩性胃炎、胃十二指肠溃疡、皮炎、脱发、扁平疣、早衰以及年老体弱多病者。以上功能被中医药所证明, 但目前尚未见到蜂王浆作为一种抗氧化剂, 影响动物运动机体自由基代谢, 抵抗自由基对组织细胞的氧化损害作用的研究报告。本研究以大鼠的力竭跑步为运动模式, 将灌胃蜂王浆 2 周后的大鼠作为服药组, 与对照组进行力竭运

动测试, 观察其体重、运动能力以及血浆 pH 值、血乳酸和血清总钙的变化, 对大鼠线粒体丙二醛(MDA)和超氧化物歧化酶(SOD)活性的改变, 肝、肌糖原等指标的变化, 探索蜂王浆对大鼠力竭运动后体内自由基代谢的影响, 增强运动能力, 减轻和防止自由基对机体组织的损伤, 加快消除运动性疲劳, 为蜂王浆作为有效的体能恢复剂提供试验证据。

1 实验材料与方法

1.1 实验对象

选用雄性 SD 大鼠(Sprague-Dawley), 鼠龄为 5 个月, 大鼠由江苏大学医学院动物实验中心提供, 饲料为普通饲料自由进食, 分笼饲养。蜂王浆为新鲜的南京老山营养保健品有限公司出品, 密封于 4℃ 冰箱里备用。

1.2 分组情况

大鼠随机分为 2 组, 每组 15 只, 一组为服药组, 一组为对照组。服药组每天灌蜂王浆剂量为 0.05 mL·g⁻¹。2 周后

两组同时进行力竭运动测试。

1.3 测试指标

(1)测体重:大鼠服药前分组时体重、服药后力竭运动前的体重,以及力竭运动后的体重。

(2)测运动能力:测定大鼠开始运动至力竭运动所用时间为大鼠运动能力。大鼠跑步力竭测试,在电动跑台上以 $35 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$ 的速度,坡度为 0° 进行力竭跑,判断力竭标准为四肢无力支持住身体、头部低垂、电刺激后不能继续正常奔跑。此时测定大鼠的力竭能力,并称体重,腹主动脉取血,装入 EDTA 抗凝管用于血浆分离,并再取 $25 \mu\text{L}$ 全血测试血乳酸,立即拉断大鼠脊椎取肝、肾、心肌用滤纸吸干并用铝箔包裹置于液态氮中保存备用。

(3)测血浆 pH 值:用 PM84research pH 计测血浆 pH 值。

(4)血乳酸测定:用 YSI 1500 Sports 血乳酸分析仪测血乳酸值。

(5)肝脏线粒体 ATP 的合成能力测定:采用生物发光法^[1]。

(6)肝脏线粒体丙二醛(MDA)和超氧化物歧化酶(SOD)

的测定:采用南京建成生物研究所配置的试剂盒测定,严格按照试剂盒说明书操作。

(7)肝、肌糖原测定:采用蒽酮比法。

(8)肝线粒体总钙测定:采用 Daly 法,在 3200 型原子吸收分光光度计上测定。

1.4 数据统计

所有数据采用 spss10.0 软件进行分析,采用 $\bar{x} \pm s$ 表示,并经 t 检验, $P < 0.05$ 为显著性差异, $P < 0.01$ 为非常显著性差异。

2 实验结果

2.1 大鼠体重

服用蜂王浆前实验组大鼠的体重与对照组比较无显著差异,但服药半月后大鼠的体重与对照组比较高出 20 g,存在非常显著差异($P < 0.01$)。大鼠跑台力竭运动后服药组和对照组体重均有明显减轻,但力竭运动后服药组体重比对照组体重重 19 g,存在非常显著性差异, $P < 0.01$ (见表 1)。

表 1 大鼠服药前后体重的变化

| 分组 | 分组时只数 | $m_{\text{服药前}}/\text{g}$ | $m_{\text{服药后}}/\text{g}$ | $m_{\text{力竭运动后}}/\text{g}$ | 力竭运动时只数 | 死亡数 | 死亡率/% |
|-----|-------|---------------------------|---------------------------|-----------------------------|---------|-----|-------|
| 对照组 | 15 | 250 ± 2 | 273 ± 2 | 266 ± 3 | 14 | 1 | 6.67 |
| 服药组 | 15 | 249 ± 2 | $293 \pm 3^{1)}$ | $285 \pm 3^{1)}$ | 15 | 0 | 0 |

1)与对照组比较, $P < 0.01$

2.2 运动能力的测试

服用蜂王浆的大鼠其运动能力与对照组比较,大鼠服药组跑步运动至力竭的时间比对照组长 26.14 min 存在非常显著性差异, $P < 0.01$ (见表 2)。

表 2 大鼠的运动能力

| 组别 | 分组时只数 | 力竭运动时只数 | 跑步时间/min |
|-----|-------|---------|-------------------------|
| 对照组 | 15 | 14 | 128.21 ± 38.36 |
| 服药组 | 15 | 15 | $154.35 \pm 34.67^{1)}$ |

1) $P < 0.01$

2.3 大鼠血浆 pH 值和血乳酸值变化

大鼠在力竭运动后血浆 pH 值急剧下降,但大鼠服药组 pH 值与对照组比较高出 0.83,存在显著差异 $P < 0.05$ (见表 3)。大鼠在力竭运动后血乳酸急剧增高,但大鼠的血乳酸服

药组与对照组相比低 1.51 nmol/mg 存在显著差异, $P < 0.05$ (见表 3)。

表 3 大鼠血浆 pH 值和血乳酸值

| 组别 | 分组前只数 | 力竭后只数 | pH 值 | $b(\text{血乳酸})/(\text{nmol} \cdot \text{mg}^{-1})$ |
|-----|-------|-------|-----------------|--|
| 对照组 | 15 | 14 | 6.12 ± 0.47 | 20.37 ± 4.35 |
| 服药组 | 15 | 15 | 6.95 ± 0.34 | $18.86 \pm 4.04^{1)}$ |

1) $P < 0.05$

2.4 肝脏线粒体 ATP、丙二醛(MDA),超氧化物歧化酶(SOD),肝、肌糖原和总钙的比较

(1)力竭运动后大鼠 ATP 的变化

大鼠在力竭运动后肝脏线粒体 ATP 合成能力迅速降低,但服药组中大鼠 ATP 的合成能力明显高于对照组,差异非常显著 $P < 0.01$ (见表 4)。

表 4 力竭运动后大鼠肝脏线粒体 ATP、MDA、SOD 和总钙的比较

| 组别 | $0.02b(\text{ATP})/(\text{nmol} \cdot \mu\text{g}^{-1})$ | $b(\text{MDA})/(\text{nmol} \cdot \text{mg}^{-1})$ | $b(\text{SOD})/(\text{nmol} \cdot \text{mg}^{-1})$ | $b(\text{总钙})/(\text{nmol} \cdot \text{mg}^{-1})$ |
|-----|--|--|--|---|
| 对照组 | 0.38 ± 0.23 | 4.56 ± 0.51 | 22.83 ± 8.16 | 211.95 ± 78.33 |
| 服药组 | $0.58 \pm 0.15^{1)}$ | $3.71 \pm 0.63^{2)}$ | $43.24 \pm 9.54^{1)}$ | $189.67 \pm 75.96^{1)}$ |

1)与对照组比较, $P < 0.01$; 2)与对照组比较, $P < 0.01$

(2)力竭运动后大鼠 MDA 的变化

肝脏线粒体丙二醛(MDA)的变化,大鼠在力竭运动后即刻测出 MDA 含量,两组都明显增高,但服药组中大鼠的 MDA 含量低于对照组,差异显著 $P < 0.05$ (见表 4)。

(3)力竭运动后大鼠 SOD 的变化

SOD 在大鼠力竭运动后即刻测出,肝脏线粒体 SOD 两组都急剧增高,但服药组中大鼠的 SOD 明显高于对照组,差异非常显著, $P < 0.01$ (见表 4)。

(4)力竭运动后大鼠肝脏线粒体总钙的变化

肝脏线粒体总钙在大鼠力竭运动后即刻测出,大鼠力竭运动后肝脏线粒体总钙急剧增加,但从(表 4)中看出大鼠在力竭运动后服药组总钙明显低于对照组,差异非常显著 $P < 0.01$ 。

(5)力竭运动后大鼠肝、肌糖原的变化

大鼠在力竭运动时服药组肝糖原远远高于对照组,高出 $5.87 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$,差异非常显著, $P < 0.01$ 。大鼠在力竭运动时,肌糖原服药组大大高于对照组,高出 $11.62 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$,差异非常显著, $P < 0.01$ (见表 5)。

表 5 大鼠肝、肌糖原含量比较 $\bar{x} \pm s, \text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$

| 组别 | 肝糖原 | 肌糖原 |
|-----|-----------------------|-----------------------|
| 对照组 | 14.67 ± 4.95 | 45.14 ± 4.83 |
| 服药组 | $20.54 \pm 6.69^{1)}$ | $56.76 \pm 5.94^{1)}$ |

1)与对照组比较, $P < 0.01$

3 分析与讨论

3.1 蜂王浆对自由基有抑制作用

国内外大量研究证明大鼠力竭运动时机体组织自由基生成增多,而自由基的化学活性极高,能与多种生物分子发生反应,尤其是攻击生物膜的不饱和脂肪酸,发生脂质过氧化,使机体有关组织细胞结构遭攻击受损^[2]。自由基及脂质过氧化物可对线粒体膜和肌浆网膜造成侵害,这些可能与运动性疲劳的发生密切相关^[3]。因而,预防机体运动性疲劳的过早出现,克服运动后自由基对机体组织的损伤,已成为各国运动医学界研究的热点。而我国中医中药有着几千年灿烂的历史,从中发掘一些既行之有效,又不含违禁成分的抗氧化剂及细胞自由基防御体系功能的促进剂,用于预防和抵抗机体长时间大运动量训练,导致的自由基氧化损伤^[4]。实验结果证明蜂王浆恰恰有利于机体组织细胞抵抗自由基的氧化损伤和维持正常的氧化还原状态。

3.2 蜂王浆对大鼠体重、力竭运动能力的影响

灌服蜂王浆的大鼠其形态方面与对照组发生了变化,灌服组半月后大鼠体重比对照组增加了 20 g。大鼠跑台运动力竭能力测试,服药组比对照组运动持续时间长 26 min,充分证明蜂王浆在延缓大鼠运动性疲劳方面有着积极的作用。

3.3 蜂王浆对大鼠力竭运动 pH、血乳酸的影响

大鼠在力竭运动中,血浆 pH 值显著降低,血乳酸值将显著增高,会出现运动性疲劳。本实验结果表明,服用蜂王

浆组的大鼠在运动力竭后即刻 pH 值高于对照组,而血乳酸值低于对照组,说明大鼠服用蜂王浆后在运动中有助于维持 pH 值和抑制血乳酸的增加。正常生理状态下大鼠血液 pH 值维持在 7.35~7.45 与人基本相同,而大鼠在力竭运动时,主要通过糖酵解系统供能来满足骨骼肌收缩的能量需要,产生大量乳酸进入血液,常常超过血液的缓解能力,使血液 pH 值下降,反过来抑制骨骼肌细胞内的糖酵解过程,使肌肉疲劳而引起运动能力下降,因此维持血液 pH 值的相对稳定,控制血乳酸的快速生长,对提高运动能力是非常重要的。

3.4 蜂王浆对大鼠力竭运动后 ATP、MDA、SOD 和总钙的影响

ATP 是生物体内一种重要的高能化合物,在体内的能量代谢中,ATP 占有中心地位,各种生理活动所需的能量,绝大多数以 ATP 为直接能源物质,在肌肉活动中,它是唯一的直接能量来源。大鼠在力竭运动后肝脏线粒体 ATP 合成能力迅速降低,但服药组中,大鼠的 ATP 合成能力明显高于对照组。

大鼠力竭运动后肝脏线粒体 MDA 增高,而体内 MDA 是细胞脂质过氧化的一种主要产物,生物膜脂质不饱和脂肪酸易受到自由基的攻击而发生过氧化,所以组织线粒体 MDA 含量是反映组织细胞中自由基多少的一个常用指标^[5]。本试验服药组与对照组相比,MDA 含量显著降低,这说明蜂王浆能在一定程度上减少动物力竭运动后体内自由基的增加量,加快自由基的清除,减轻自由基对细胞脂质成分的氧化损伤作用。SOD 是机体消除自由基的一个重要酶^[6-9],本实验服药组与对照组相比,SOD 含量显著增高,这说明服用蜂王浆能非常显著提高大鼠力竭运动肝组织 SOD 活性,对清除机体自由基、减轻自由基对线粒体膜和肌浆网膜造成损伤,以及减轻对酶蛋白的氧化损伤作用。

大鼠力竭运动后,由于肝脏线粒体脂质过氧化水平升高,线粒体钙稳态失调,长时间运动肝脏线粒体总钙增加,反映了线粒体在肝脏细胞高钙环境下,摄钙量的增加,总钙增加抑制了 ATP 合成^[10,11]。本实验结果表明服药组与对照组相比较总钙含量明显低于对照组,这充分说明服用蜂王浆能在一定程度上控制大鼠在力竭运动后体内总钙量的增高,有利于 ATP 的合成,有利于大鼠运动能力的提高。

3.5 蜂王浆对大鼠力竭运动中肝糖原、肌糖原的影响

大鼠在力竭运动中肝、肌糖原大量被消耗,使大鼠一直处在较高的应激状态^[12],影响大鼠的运动能力和恢复。而蜂王浆含有极丰富的葡萄糖、果糖、核糖、蔗糖成分。本实验表明服药组与对照组相比较大鼠在力竭运动后,肝糖原、肌糖原含量明显高于对照组,说明蜂王浆对力竭运动的大鼠肝和运动肌肉中糖的代谢有明显影响。

4 结论

(1)本实验结果表明服用蜂王浆的大鼠半月后与对照组比较体重增加 20 g、运动持续时间长 26 min,充分说明蜂王浆在延缓大鼠运动性疲劳方面有着积极作用。

(2)服用蜂王浆的大鼠在力竭运动后即刻测出的 pH 值高于对照组,而血乳酸值低于对照组,说明服用蜂王浆的大

鼠在维持血液 pH 值的相对稳定和控制血乳酸的快速增长有着显著作用,充分说明服用蜂王浆能延缓大鼠运动疲劳的产生。

(3)大鼠在力竭运动后肝脏线粒体 ATP 合成能力迅速降低,但服药组大鼠 ATP 的合成能力明显高于对照组。在肌肉活动中 ATP 是唯一直接能量来源,因此服用蜂王浆有利于动物运动能力的提高。

(4)本试验服药组 MDA 含量明显低于对照组,这充分说明服用蜂王浆的大鼠在一定程度上减少力竭运动后体内自由基的增加量,加快自由基的清除,减轻自由基对细胞脂质成分的氧化损伤作用。

(5)大鼠在力竭运动后,服药组 SOD 显著高于对照组。这说明蜂王浆能显著提高大鼠力竭运动肝组织 SOD 活性,对清除机体自由基,减轻自由基对线粒体膜和肌浆网膜造成损伤,减轻对酶蛋白的氧化损伤作用。

(6)服药组与对照组比较总钙含量明显低于对照组,说明服用蜂王浆能在一定程度上控制大鼠力竭运动后体内总钙的增高,有利于 ATP 合成,有利于大鼠运动能力的提高。

(7)试验表明服用蜂王浆的大鼠肝、肌糖原含量明显高于对照组。说明蜂王浆对力竭运动的大鼠肝脏和运动肌肉中糖的代谢有明显作用。

综上所述,通过蜂王浆对大鼠力竭运动能力影响的实验研究,充分证明蜂王浆对大鼠运动能力的提高,减轻和防止自由基对动物机体组织的损伤,延缓运动性疲劳都有着积极作用。因此蜂王浆不仅仅是一种营养保健品,它作为抗疲劳和有效的体能恢复剂,在开发和利用上有着广阔的前景。

在实验研究中得到江苏大学医学技术学院副院长、生理学博士肖德生和江苏大学外国语学院赵士泰教授的鼎力指导和帮助,在此一并表示感谢!

参考文献:

[1] 李国莉,黄元庆,杨卫东,等.枸杞多糖对运动训练小鼠

耐力及体内自由基防御体系的影响[J].中国运动医学杂志,1998,17(1):56-57.

[2] Voces J. Effects of administration of the standardized Panax ginseng extract G115 on hepatic antioxidant function after exhaustive exercise[J]. Comp Biochem Physiol C. Pharmacol Toxicol Endocrinol, 1999,123(2):175-184.

[3] Maffei Facino R. Panax ginseng administration in the rat prevents myocardial schemata-reperfusion damage induced by hyperbaric oxygen: evidence for an antioxidant intervention[J]. Planta Med, 1999,65(7):614-619.

[4] Bahrke MS. Evaluation of the ergogenic properties of ginseng: an update[J]. Sports Med, 2000,29(2):113-133.

[5] 杨燕.有氧运动联用人参茎叶皂甙对高脂血症小鼠脂质代谢干预作用[J].中国药理学通报,1999,15(1):65-69.

[6] 李作平,俞发荣,王文己.力竭运动对大鼠脊髓 α 神经元超微结构的影响[J].体育科学,2001,21(1):61-62.

[7] 贺洪,汪保和,唐晖,等.人参皂甙 Rg1 对小鼠力竭游泳恢复期的抗自由基作用[J].体育科学,2002,22(2):104-107.

[8] 崔丽萍,史大卓,杨锡让.清脂片对急性心肌缺血大鼠心电图的影响[J].体育学刊,2002,9(2):29-30.

[9] 王瑞元,冯炜权,苑玉和.一次力竭性离心运动后大鼠骨骼肌 MHC 基因表达及针刺对其影响[J].体育科学,2002,22(5):103-106.

[10] Chen PJ, Hirata F. The effects of long-term training at various loads on immunity and neuroendocrine responses in rats[J]. Journal of National Institute of Fitness and Sports in Kanoya, Japan 1998,9:19-26.

[11] 徐昕.模拟过度训练对大鼠肾脏细胞内钙稳态的影响[J].中国运动医学杂志,1999,18(3):233-235.

[12] 陈佩杰.糖皮质激素受体与运动[J].体育科学,2002,22(3):85-89.

[编辑:郑植友]