

网络出版时间:2014-05-28 11:34

DOI:10.13207/j.cnki.jnwafu.2014.06.029

网络出版地址: <http://www.cnki.net/kcms/doi/10.13207/j.cnki.jnwafu.2014.06.029.html>

阴地蕨提取物对运动训练大鼠不同组织 抗氧化水平的影响

黎远军¹,熊正英²

(1 安康学院 体育系,陕西 安康 725000;2 陕西师范大学 体育学院,陕西 西安 710062)

【摘 要】 【目的】探讨阴地蕨提取物(*Scepteridium ternatum* extract,STE)对运动训练大鼠心、肝、肾、脑、股四头肌等组织抗氧化水平的影响。【方法】将 24 只 SD 雄性大鼠随机分为安静对照组、运动对照组及运动+STE 组,后 2 组大鼠进行 7 周的大强度跑台耐力训练,安静对照组自由活动不进行跑台训练,运动+STE 组大鼠每天灌胃 STE 100 mg/kg,其他 2 组灌服相同体积的生理盐水,每周最后 1 天测各组大鼠的体质量。第 8 周第 1 天取运动对照组和运动+STE 组大鼠心、肝、肾、脑、股四头肌等组织样品,匀浆后分别测试各组大鼠不同组织总抗氧化能力(T-AOC)及超氧化物歧化酶(SOD)、过氧化氢酶(CAT)、谷胱甘肽过氧化物酶(GSH-Px)活性和丙二醛(MDA)、还原型谷胱甘肽(GSH)含量。【结果】运动+STE 组和运动对照组大鼠体质量与安静对照组比较均呈下降的趋势,其中运动+STE 组大鼠体质量变化无显著性差异($P>0.05$),而运动对照组大鼠体质量变化有显著性差异($P<0.05$)。运动+STE 组大鼠各组织 T-AOC、SOD、CAT、GSH-Px 活性和 GSH 含量显著或极显著高于运动对照组。运动+STE 组大鼠各组织(除脑组织外)MDA 含量显著低于运动对照组($P<0.05$),而高于安静对照组。【结论】阴地蕨提取物可以改善长时间大强度耐力运动大鼠心、肝、肾、脑、股四头肌等组织的抗氧化水平,维持各组织抗氧化酶活性和 GSH 含量,降低脂质过氧化反应,减少 MDA 的生成。

【关键词】 阴地蕨提取物;抗氧化水平;力竭运动;大鼠

【中图分类号】 G804.7

【文献标志码】 A

【文章编号】 1671-9387(2014)06-0034-07

Effect of *Scepteridium ternatum* extract on antioxidant levels of different tissues in exercising rats

LI Yuan-jun¹,XIONG Zheng-ying²

(1 Department of Physical Education, Ankang University, Ankang, Shaanxi 725000, China;

2 College of Physical Education, Shaanxi Normal University, Xi'an, Shaanxi 710062, China)

Abstract: 【Objective】Effects of *Scepteridium ternatum* extract (STE) on antioxidant levels of tissues such as heart, liver, kidney, brain, and quadriceps in exercising rats were explored. 【Method】24 male SD rats were randomly divided into sedentary control group, exercise control group and exercise dosing group, for seven weeks of endurance treadmill training exercise. Dosing rats were gavaged with STE 100 mg/kg daily, while the other 2 groups were fed with same volume of saline solution. Body mass was measured in the last day of every week. At the first day of week 8, samples were collected from heart, liver, kidney, spleen, brain, and quadriceps of the exercise control group and exercise dosing group after exhaustive exercise, and total anti oxidative capacity (T-AOC), activities of superoxide dismutase (SOD), hydrogen perox-

【收稿日期】 2013-05-17

【基金项目】 陕西省教育厅 2013 年专项科研计划项目(2013JK0548)

【作者简介】 黎远军(1978—),男,陕西镇坪人,讲师,硕士,主要从事运动人体科学及学校体育研究。E-mail:362911008@qq.com

【通信作者】 熊正英(1952—),男,陕西商南人,教授,硕士生导师,主要从事运动生物化学、运动营养学研究。

E-mail:zzy5201@yahoo.com.cn

ide enzyme (CAT) and glutathione peroxidase (GSH-Px), and contents of malondialdehyde aldehyde (MDA) and reducing valley glutathione (GSH) were measured.【Result】Body weights of exercise control group and exercise dosing group were lower than those of sedentary control group, and there was no significant difference in body weight change of exercise dosing group ($P>0.05$), while there was significant difference in that of exercise control group ($P<0.05$). The activities of T-AOC, SOD, CAT, and GSH-Px, and GSH content after exhaustive exercise of exercise dosing group were significantly or extremely significantly higher than those of exercise control group. The MDA contents in different tissues except brain of exercise dosing group were significantly lower than those of exercise control group ($P<0.05$), but higher than those of sedentary control group.【Conclusion】*Scepteridium ternatum* extract (STE) could improve the antioxidant levels of tissues in rats doing high-intensity endurance exercise, maintaining activities of antioxidant enzymes and GSH content, and reduce lipid peroxidation and MDA formation.

Key words: *Scepteridium ternatum* extract (STE); antioxidant levels; exhaustive trammg; rats

当机体处于一定的条件刺激之下,自由基产生和清除的动态平衡就有可能被打破,运动就是引发打破此动态平衡的应激条件之一。1978年Dil-land^[1]首次报道人在有氧运动后,呼出的气体中脂质过氧化产物戊烷含量明显增加。1982年,Davies^[2]等首次应用电子自旋共振技术(ESR)证实,力竭运动后肝脏、肌肉中自由基明显增多,从而找到了运动诱发自由基生成增多最直接的证据。目前,关于运动产生自由基的机制包括线粒体机制、黄嘌呤氧化酶机制、中性细胞机制、前列腺素机制和钙机制等^[3]。而自由基可以引起脂质过氧化,使不同组织产生氧化损伤,机体机能下降,运动能力丧失。阴地蕨(*Scepteridium ternatum*)含有木犀草素、阴地蕨素以及维生素C、类胡萝卜素等^[4],其提取物(STE)的抗氧化作用目前未见研究报道。在体外试验确定STE具有抗氧化功能(另文报道)的前提下,本研究将其应用到运动医学领域,探讨阴地蕨对运动力竭大鼠体质量和心、肝、肾、脑、股四头肌等组织抗氧化水平的影响,旨在为STE作为抗氧化剂在运动医学领域的应用提供理论和试验依据。

1 材料与方法

1.1 材料

1.1.1 试验动物 2月龄雄性SD大鼠,24只,体质量180~220 g/只,购自西安交通大学医学院动物饲养中心,同时购入大鼠饲料。大鼠适应性喂养1周后进行试验。

1.1.2 仪器与试剂 VIS-723N分光光度计,北京瑞利分析仪器有限公司;TCL-16C台式高速冷冻离心机,上海安亭科学仪器厂;大鼠电动跑台,中国杭州段氏公司;R-200D电子天平,德国赛多利斯公司。

阴地蕨提取物(*S. ternatum* extract, STE),陕西瑞康生物工程有限公司生产。超氧化物歧化酶(Superoxide desmutase, SOD)、过氧化氢酶(Catalase, CAT)和谷胱甘肽过氧化物酶(Glutathione peroxide, GSH-Px)活性以及总抗氧化能力(Total antioxidant capacity, T-AOC)、丙二醛(Malondialdehyde, MDA)含量、组织蛋白质含量测定试剂盒购自南京建成生物工程研究所。

1.2 试验设计

大鼠饲养环境温度为 $(20\pm 2)^{\circ}\text{C}$,空气相对湿度为41%~71%,自然光照,所有大鼠均自由饮水摄食。参照文献[5]的大鼠训练方案,将24只大鼠分为安静对照组、运动对照组和运动+STE组,每组8只。安静对照组大鼠自由活动,不进行跑台训练。运动对照组和运动+STE组大鼠先在跑台上进行5周适应性训练,期间每天训练20 min,跑台坡度为0,每周训练5 d,跑速每周递增,分别为15, 22, 27, 31和35 m/min; 6~7周进行2周大强度耐力训练,每天训练30 min,每周训练7 d,跑台坡度为0,速度为35 m/min。试验期间,运动+STE组大鼠每天06:00灌胃阴地蕨提取物100 mg/kg,体积为2 mL;安静对照组和运动对照组大鼠分别以相同体积的生理盐水进行灌胃。

1.3 样品的采集与制备

取材:第8周第1天,运动和运动+STE组大鼠用乙醚轻度麻醉,立即无菌取其心、肝、肾、脑、股四头肌,置于冰生理盐水中洗净血液,用滤纸吸干, -20°C 保存备用。

样品制备:取适量心、肝、肾、脑、股四头肌湿组织,按每g加10 mL蒸馏水的比例制成100 g/L的匀浆,于低温(4°C)冷冻离心机6 000 r/min离心15

min,取上清液低温保存,备测。

1.4 样品的测定

用 BONSO-TCS-2000A 型电子秤于每周最后一天测试大鼠体质量。T-AOC 采用 ABTS 分光光度法测定,单位定义为 37 ℃时每 mg 蛋白质样品使反应体系 OD₄₁₂增加 0.01 为一个总抗氧化能力单位(U)

SOD 活性采用黄嘌呤氧化分光光度法测定,酶活性单位定义为每 mg 组织蛋白在 1 mL 反应液中 SOD 抑制率达 50%时所对应的 SOD 量为一个 SOD 活力单位(U)。CAT 活性采用 H₂O₂-钼酸氨分光光度法测定,酶活性单位定义为每 mg 组织蛋白每 s 分解 1 μmol H₂O₂ 的量为一个活性单位(U)。GSH-Px 活性采用 H₂O₂-GSH 分光光度法测定,酶活性单位定义为:扣除非酶促反应的作用,每 mg 蛋白质每 min 使反应体系中 GSH 浓度降低 1 μmol/L

为一个酶活性单位(U)。MDA 含量采用硫代巴比妥酸(TBA)分光光度法测定,其单位是 nmol/mg。

1.5 数据统计处理

用 SPSS 12.0 统计软件进行数据处理,结果以“平均值±标准差”表示,并进行 *t* 检验, $P<0.05$ 表示差异具有统计学意义。

2 结果与分析

2.1 STE 对运动训练大鼠体质量的影响

各组大鼠体质量变化见表 1。表 1 结果表明,随着运动时间的延长,3 组大鼠体质量呈增加趋势,且运动对照组和运动+STE 组大鼠的体质量均低于同期安静对照组;除前 2 周外,运动对照组与安静对照组大鼠体质量均有显著性差异($P<0.05$)。运动+STE 组大鼠体质量与运动对照组比较,除前 2 周外,后 5 周均有显著性差异($P<0.05$)。

表 1 阴地厥提取物(STE)对运动训练大鼠体质量的影响

Table 1 Effects of STE on body weights of exercising rats g/只

组别 Group	第 1 周 First week	第 2 周 Second week	第 3 周 Third week	第 4 周 Fourth week
安静对照组 Sedentary control group	209.50±11.47	246.67±16.72	274.50±15.88	294.67±18.99
运动对照组 Exercise control group	212.33±20.62	241.00±20.38	252.50±20.32▲	268.17±21.22▲
运动+STE 组 Exercise dosing group	207.36±17.62	242.58±16.17	269.45±19.26#	286.76±20.01#
组别 Group	第 5 周 Fifth week	第 6 周 Sixth week	第 7 周 Senventh week	
安静对照组 Sedentary control group	310.00±15.74	318.16±15.94	330.67±16.06	
运动对照组 Exercise control group	273.33±23.47▲	281.17±22.19▲	292.83±21.35▲	
运动+STE 组 Exercise dosing group	306.32±23.65#	312.63±21.79#	326.00±19.87#	

注:与安静对照组相比,▲表示差异显著($P<0.05$),▲▲表示差异极显著($P<0.01$);与运动对照组相比,#表示差异显著($P<0.05$),##表示差异极显著($P<0.01$)。下表同。

Note:Compared with sedentary control group,▲ indicates significant difference ($P<0.05$) and ▲▲ indicates extremely significant difference ($P<0.01$). Compared with exercise control group, # indicates significant difference ($P<0.05$) and # # indicates extremely significant difference ($P<0.01$). The same below.

2.2 STE 对运动训练大鼠各组织 T-AOC 的影响

T-AOC 活性的影响结果见表 2。

阴地厥提取物(STE)对运动训练大鼠不同组织

表 2 阴地厥提取物(STE)对运动训练大鼠不同组织 T-AOC 的影响

Table 2 Effects of STE on T-AOC in different tissues of exercising rats U

组别 Group	心肌 Myocardium	肝脏 Liver	脑组织 Brain tissue	肾脏 Kidney	股四头肌 Quadriceps
安静对照组 Sedentary control group	0.44±0.05	1.11±0.19	0.32±0.07	1.78±0.18	0.26±0.05
运动对照组 Exercise control group	0.29±0.06▲▲	0.76±0.14▲	0.31±0.05	1.52±0.21▲	0.17±0.04▲▲
运动+STE 组 Exercise dosing group	0.38±0.04#	0.97±0.19#	0.38±0.04	1.93±0.13# #	0.21±0.03▲# #

表 2 表明,与安静对照组相比,运动对照组大鼠心肌、肝脏、脑组织、肾脏和股四头肌 T-AOC 下降,其中肝脏和肾脏 T-AOC 变化差异显著 ($P<0.05$);心肌和股四头肌 T-AOC 变化差异极显著 ($P<0.01$),脑组织 T-AOC 变化无显著性差异

($P>0.05$)。与运动对照组相比,运动+STE 组大鼠各组织 T-AOC 均上升,其中心脏和肝脏 T-AOC 变化差异显著 ($P<0.05$),肾脏和股四头肌 T-AOC 变化差异极显著 ($P<0.01$),脑组织 T-AOC 变化无显著性差异($P>0.05$)。安静对照组大鼠 T-

AOC 大小为:肾脏>肝脏>心肌>脑组织>股四头肌;运动对照组大鼠 T-AOC 大小为:肾脏>肝脏>脑组织>心肌>股四头肌;运动+STE 组大鼠 T-AOC 大小为:肾脏>肝脏>心肌、脑组织>股四头肌。3 组大鼠 T-AOC 均以肾脏最高,股四头肌最低。

2.3 STE 对运动训练大鼠不同组织 SOD 活性的影响

各组大鼠 SOD 活性变化见表 3。表 3 表明,与

安静对照组相比,运动对照组和运动+STE 组大鼠不同组织 SOD 活性均降低,且有显著($P<0.05$)或极显著($P<0.01$)性差异;与运动对照组相比,运动+STE 组大鼠各组织 SOD 活性升高,且有显著($P<0.05$)或极显著($P<0.01$)性差异。各组大鼠不同组织 SOD 活性均表现为:心肌>肝脏>股四头肌>脑>肾脏。

表 3 阴地厥提取物(STE)对运动训练大鼠不同组织 SOD 活性的影响

Table 3 Effects of STE on SOD activity in different tissues of exercising rats U

组别 Group	心肌 Myocardium	肝脏 Liver	脑组织 Brain tissue	肾脏 Kidney	股四头肌 Quadriceps
安静对照组 Sedentary control group	91.56±7.65	83.58±3.89	65.27±3.03	26.88±1.92	71.06±6.01
运动对照组 Exercise control group	71.05±15.93▲▲	68.46±8.34▲	51.22±4.61▲▲	19.36±3.91▲	59.47±5.58▲
运动+STE 组 Exercise dosing group	86.56±7.65▲# #	73.58±3.89▲#	58.27±3.03▲#	22.88±1.92▲#	62.06±6.01▲#

2.4 STE 对运动训练大鼠不同组织 CAT 活性的影响

各组大鼠 CAT 活性变化见表 4。表 4 表明,与安静对照组相比,运动对照组和运动+STE 组大鼠不同组织 CAT 活性均降低,且有显著($P<0.05$)或极显著($P<0.01$)性差异;与运动对照组大鼠相比,运动+STE 组大鼠各组织 CAT 活性升高,且有显

著($P<0.05$)或极显著($P<0.01$)性差异。安静对照组大鼠 CAT 活性表现为:肾脏>肝脏>脑组织>股四头肌>心肌,运动对照组大鼠表现为:肾脏>脑组织>肝脏>股四头肌>心肌,运动+STE 组大鼠表现为:肝脏>肾脏>脑组织>股四头肌>心肌。3 组大鼠均以肾脏 CAT 活性最高,心肌 CAT 活性最低。

表 4 阴地厥提取物(STE)对运动训练大鼠不同组织 CAT 活性的影响

Table 4 Effects of STE on CAT activity in different tissues of exercising rats U

组别 Group	心肌 Myocardium	肝脏 Liver	脑组织 Brain tissue	肾脏 Kidney	股四头肌 Quadriceps
安静对照组 Sedentary control group	4.86±0.67	8.78±1.37	8.35±0.07	8.81±0.14	5.62±0.03
运动对照组 Exercise control group	3.15±0.37▲	5.30±0.78▲	5.54±0.21▲	6.75±0.37▲	3.52±0.57▲▲
运动+STE 组 Exercise dosing group	3.52±0.33▲#	8.54±0.88# #	6.53±0.57▲#	8.02±0.95▲#	4.58±0.55▲#

2.5 STE 对运动训练大鼠不同组织 GSH-Px 活性的影响

各组大鼠 GSH-Px 活性变化见表 5。表 5 表明,与安静对照组比较,运动对照组大鼠不同组织 GSH-Px 活性均降低,且有显著性差异($P<0.05$);运动+STE 组大鼠各组织 GSH-Px 活性降低,除肾脏组织有显著差异外,肝脏、脑组织、股四头肌和心肌均无显著差异($P>0.05$)。与运动对照组比较,运动+STE 组大鼠不同组织 GSH-Px 活性均升高,且有显著性差异($P<0.05$)。安静对照组和运动+STE 组大鼠不同组织 GSH-Px 活性均表现为:肝脏>心肌>股四头肌>脑组织>肾脏;运动对照组大鼠表现为:肝脏>心肌>股四头肌>肾脏>脑组织。3 组大鼠均以肝脏 GSH-Px 活性最高,安静对

照组和运动+STE 组大鼠以肾脏 GSH-Px 活性最低,运动对照组大鼠以脑组织 GSH-Px 活性最低。

2.6 STE 对运动训练大鼠不同组织 GSH 含量的影响

各组大鼠 GSH 含量变化见表 6。表 6 显示,与安静对照组相比,运动对照组和运动+STE 组大鼠不同组织 GSH 含量均降低,运动对照组大鼠心肌 GSH 含量变化有显著性差异($P<0.05$),而肝脏、股四头肌、肾脏和脑组织 GSH 含量变化均无显著性差异($P>0.05$);运动+STE 组大鼠心肌、脑组织和肾脏 GSH 含量变化有显著性差异($P<0.05$),肝脏和股四头肌 GSH 含量变化均无显著性差异($P>0.05$)。与运动对照组相比,运动+STE 组大鼠不同组织 GSH 含量升高,且均有显著性差异($P<$

0.05)。大鼠不同组织的 GSH 含量排序如下,安静对照组为肝脏>脑组织>心肌>肾脏>股四头肌;运动对照组为肝脏>肾脏>脑组织>股四头肌>心肌;运动+STE 组为心肌>脑组织>肝脏>股四头

肌>肾脏。安静对照组和运动对照组大鼠以肝脏中 GSH 含量最高,GSH 含量最低的分别是股四头肌和心肌;运动+STE 组大鼠 GSH 含量最高的是心肌,最低的是肾脏。

表 5 阴地厥提取物(STE)对运动训练大鼠不同组织 GSH-Px 活性的影响

Table 5 Effects of STE on GSH-Px activity in different tissues of exercising rats

U

组别 Group	心肌 Myocardium	肝脏 Liver	脑组织 Brain tissue	肾脏 Kidney	股四头肌 Quadriceps
安静对照组 Sedentary control group	46.32±1.45	70.41±1.84	26.02±1.04	25.65±1.37	26.09±0.88
运动对照组 Exercise control group	36.93±1.77▲	54.30±2.01▲	18.52±0.58▲	18.86±0.18▲	21.08±0.59▲
运动+STE 组 Exercise dosing group	44.52±0.96#	62.27±7.34#	24.32±1.60#	23.38±1.78▲#	25.32±0.61#

表 6 阴地厥提取物(STE)对运动训练大鼠不同组织 GSH 含量的影响

Table 6 Effects of STE on GSH content in different tissues of exercising rats

μmol/L

组别 Group	心肌 Myocardium	肝脏 Liver	脑组织 Brain tissue	肾脏 Kidney	股四头肌 Quadriceps
安静对照组 Sedentary control group	2.92±0.45	3.10±0.38	3.07±0.29	2.76±0.57	2.75±0.62
运动对照组 Exercise control group	2.10±0.31▲	2.62±0.37	2.42±0.40	2.43±0.43	2.22±0.19
运动+STE 组 Exercise dosing group	2.86±0.71▲#	2.79±0.54#	2.82±0.64▲#	2.53±0.23▲#	2.71±0.47#

2.7 STE 对运动训练大鼠不同组织 MDA 含量的影响

各组大鼠 MDA 含量变化见表 7。表 7 显示,与安静对照组相比,运动对照组和运动+STE 组大鼠不同组织 MDA 含量均上升,运动对照组大鼠各组织 MDA 含量变化均有显著性差异($P<0.05$);运动+STE 组大鼠心肌、肝脏和脑组织 MDA 含量变化有显著性差异($P<0.05$),肾脏和股四头肌均无

显著性差异($P>0.05$)。与运动对照组比较,运动+STE 组大鼠不同组织 MDA 含量均呈下降趋势,其中肝脏、心肌、肾脏和股四头肌 MDA 含量变化均有显著性差异($P<0.05$),脑组织无显著性差异($P>0.05$)。安静对照组、运动对照组和运动+STE 组大鼠不同组织的 MDA 含量从低到高的排序均为:股四头肌<肾脏<脑组织<心肌<肝脏,MDA 含量最低的是股四头肌,最高的是肝脏。

表 7 阴地厥提取物(STE)对运动训练大鼠不同组织 MDA 含量的影响

Table 7 Effects of STE on MDA content in different tissues of exercising rats

nmol/mg

组别 Group	心肌 Myocardium	肝脏 Liver	脑组织 Brain tissue	肾脏 Kidney	股四头肌 Quadriceps
安静对照组 Sedentary control group	2.26±0.13	3.09±2.01	2.12±0.11	2.09±0.07	1.22±0.15
运动对照组 Exercise control group	3.31±0.33▲	4.92±1.74▲	2.92±0.19▲	2.73±0.08▲	1.54±0.30▲
运动+STE 组 Exercise dosing group	2.82±0.43▲#	4.08±1.83▲#	2.72±0.35▲	2.36±0.17#	1.28±0.19#

3 讨 论

3.1 STE 对运动训练大鼠体质量的影响

研究结果显示,安静对照组大鼠的体质量显著高于运动对照组和运动+STE 组。与安静对照组相比,运动对照组大鼠体质量除前 2 周外,后 5 周下降,且有显著性差异,说明运动对大鼠体质量有一定的影响。运动+STE 组大鼠体质量变化与安静对照组比较,无显著性差异。

3.2 STE 对运动训练大鼠不同组织 T-AOC 的影响

总抗氧化能力是反映机体抗氧化水平的重要指标之一^[6]。目前国内在运动科学领域对总抗氧化能力的研究较少。本试验结果显示,运动对照组大鼠不同组织总抗氧化能力低于安静对照组,其机制可能是机体在运动过程中氧化剧烈,一些有机物抗氧化剂大量消耗,当力竭运动后测试总抗氧化能力时,其活性就会有所下降。运动+STE 大鼠不同组织

T-AOC 高于运动对照组,其原因是运动+STE 组大鼠在 STE 的作用下,机体内由于自由基生成量相对减少,还原性物质消耗量下降,或 STE 给机体补充还原性物质,故其 T-AOC 高于运动对照组。

3.3 STE 对运动训练大鼠不同组织 SOD、CAT、GSH-Px 活性的影响

长时间疲劳运动对机体自由基的产生有促进作用,可明显增加活性氧的形成,其中氧自由基产生的主要部位为线粒体,是线粒体在消耗氧的过程中(即在氧分子还原 H_2O 的过程中)生成的^[7]。SOD 活性的高低对维护线粒体自由基代谢的平衡尤为重要^[8]。大强度的力竭性运动使训练大鼠体内 O_2^- 量快速、大量地增多,SOD 也随之被大量利用,以催化 O_2^- 的歧化反应,与此同时,这一反应的产物 H_2O_2 也随之增加。 H_2O_2 可作为金属辅基的还原剂而抑制 SOD 活性^[9]。所以当机体中的 H_2O_2 浓度增加到一定程度时,反而抑制 SOD 活性^[10]。本研究结果显示,由于大强度力竭运动,运动对照组大鼠各组织 SOD 活性均降低。运动+STE 组大鼠各组织 SOD 活性较运动对照组升高,这是因为 STE 中的多种抗氧化剂促进了自由基的清除,减少了 H_2O_2 的积累,使 H_2O_2 对 SOD 活性的抑制作用减弱。STE 中抗氧化剂对 SOD 结构的保护作用也是维持运动+STE 组 SOD 活性的一个重要因素。当然,STE 的作用并不能使运动+STE 组大鼠各组织自由基的产生降低到安静对照组的水平,所以运动+STE 组大鼠各组织 SOD 活性还是低于安静组组的水平。

在机体内过氧化氢酶能有效地催化细胞中产生的高浓度 H_2O_2 ,使 H_2O_2 不至于与细胞有氧代谢中产生的超氧阴离子自由基进一步生成羟自由基($\cdot\text{OH}$),从而防止自由基对细胞的损伤^[11]。此外,CAT 除了可调节体内 H_2O_2 水平外,还可充当血红蛋白和其他含巯基蛋白质的保护剂。它主要与细胞内线粒体及过氧体结合,同 D-氨基酸氧化酶等一系列需氧脱氢酶相偶联;能迅速分解细胞代谢产生的毒性物 H_2O_2 ,从而起到解毒与保护巯基酶、膜蛋白等作用^[12]。本试验结果显示,运动应激使大鼠不同组织 CAT 活性显著低于安静对照组。与运动对照组比较,运动+STE 组大鼠各组织 CAT 活性大幅度提高,并且都有显著性差异,说明 STE 在保护 CAT 结构方面有一定的作用。

通过本试验结果发现,运动对照组大鼠心、肝、脑、肾和股四头肌的 GSH-Px 含量均低于安静组,

且有显著性差异,表明力竭运动可以导致 GSH-Px 的活性下降,这与以往的研究结果^[3-15]相吻合。相同组织中,运动+STE 组的 GSH-Px 活性均高于运动对照组。

3.4 STE 对运动训练大鼠不同组织 GSH、MDA 含量的影响

GSH 能有效捕捉超氧自由基、羟自由基($\cdot\text{OH}$)和单线态氧^[16]。本试验中,在力竭运动的情况下,大鼠各组织中的 GSH 含量下降,可能的原因是,在力竭运动的刺激下,体内产生了大量的自由基,而 GSH 可作为 GSH-Px 催化反应的底物,还原 H_2O_2 和组织过氧化物,2 分子的 GSH 提供 1 对氢后被氧化为 GSSG。这样 GSH 就被大量的消耗,从而导致其含量下降。而运动+STE 组大鼠各组织 GSH 含量都明显高于运动对照组,可能的原因有 STE 补充了还原型物质,降低了 GSH 的消耗;另外 STE 对 G-6PD 的结构发挥了保护作用,促进了氧化型谷胱甘肽还原生成还原型谷胱甘肽^[17]。

MDA 含量越高,脂质过氧化损伤程度也越高^[18-19]。力竭运动使大鼠不同组织 MDA 含量均高于安静对照组。而运动+STE 组明显低于安静对照组和运动对照组,且有显著性差异,这提示 STE 能在一定程度上减轻大鼠力竭运动后体内脂质过氧化的水平,加快体内自由基的清除,减轻自由基对细胞脂质成分的氧化损伤作用。其机制可能与 STE 中富含 β -胡萝卜素、维生素 C 等小分子抗氧化物质,可以提高各组织抗氧化成分的含量,从而提高各组织 T-AOC 水平;也可能是抗氧酶活性增强,从而降低了力竭运动后 MDA 的产生。

[参考文献]

- [1] Dillard C J. Effect of exercise vitamin E and ozone on pulmonary function and lipid peroxidation [J]. J Appl Physiol, 1978, 45:927-933.
- [2] Davies K J, Quintanilha A T, Brooks G A, et al. Free radical and tissue damage produced by exercise [J]. Biophys Res Comm, 1982, 107:1198-1205.
- [3] Goldfarb A H. Nutritional antioxidants as therapeutic and preventive modalities in exercise-induced muscle damage [J]. J Appl Physiol, 1999, 24(3):249-266.
- [4] 王少明,阮君山,庄捷,等.阴地蕨提取物在制备抗肿瘤转移药物中的应用:中国,201010203636 [P]. 2010-10-06.
Wang S M, Ruan J S, Zhuang J, et al. Application of moonwort extract in preparation of medicament for inhibiting tumor metastasis: China, 201010203636 [P]. 2010-10-06. (in Chinese)
- [5] Toby G, Bedford, Charles M, et al. Maximum oxygen consumption

- tion of rats and its changes with various experimental procedures [J]. J Appl Physiol, 1979, 47(6): 1278-1283.
- [6] 孙君志, 王东辉, 王 纯, 等. 不同强度跑台运动对大鼠血清总抗氧化能力、超氧化物歧化酶活性及丙二醛含量的影响 [J]. 中国临床康复, 2006, 48(10): 68.
- Sun J Z, Wang D H, Wang C, et al. Effects of treadmill exercise at different intensities on the serum total antioxidant capacity, activity of superoxide dismutase and content of malondialdehyde in rats [J]. Chinese Journal of Clinical Rehabilitation, 2006, 48(10): 68. (in Chinese)
- [7] 许豪文. 运动生物化学概论 [M]. 北京: 高等教育出版社, 2001.
- Xu H W. Introduction to sports biochemistry [M]. Beijing: Higher Education Press, 2001. (in Chinese)
- [8] 刘铁民, 许豪文. 牛磺酸对疲劳运动大鼠心肌线粒体 SOD 和 GSH-Px 活性的影响 [J]. 山东体育科技, 1998, 20(4): 20-22.
- Liu T M, Xu H W. Effects of taurine on SOD and GSH-Px activity in myocardial mitochondria of rats fatigue movement [J]. Shandong Sport Science and Technology, 1998, 20(4): 20-22. (in Chinese)
- [9] Jenkins R R, Kranse K, Schofield L S. Influence of exercise on clearance of oxidant stress products and loosely bound iron [J]. Med Sci Sports Exerc, 1993, 25(2): 213-217.
- [10] 李 晖, 辛 东, 李静先, 等. 递增负荷力竭性运动时大鼠血液氧化、抗氧化能力及 RBCM 生物物理特性的研究 [J]. 中国运动医学杂志, 2001, 20(3): 256-259.
- Li H, Xin D, Li J X, et al. Study on blood oxidative, antioxidative capability and biophysical properties of erythrocyte membrane in rats during and after incremental exercise to exhaustion [J]. Chinese Journal of Sports Medicine, 2001, 20(3): 256-259. (in Chinese)
- [11] 彭志英, 蒋 黎. 紫外速率直接法测定过氧化氢酶活性 [J]. 华西医学, 1995, 10(1): 4-8.
- Peng Z Y, Jiang L. Catalase activity was measured by UV rate method [J]. West China Medical Journal, 1995, 10(1): 4-8. (in Chinese)
- [12] 王 坤. 实用诊断酶学 [M]. 重庆: 科学技术文献出版社重庆分社, 1989.
- Wang K. Practical diagnosis enzymology [M]. Chongqing: Science and Technology Literature Press Chongqing Branch, 1989. (in Chinese)
- [13] 徐明生, 池爱平, 陈锦屏. 姜黄素对运动大鼠血液、肝和心肌组织部分生化指标的影响 [J]. 食品科学, 2006, 27(1): 2-7, 219.
- Xu M S, Chi A P, Chen J P. Effects of curcumin on the biochemical indices of blood, liver and heart tissues of exercise rat [J]. Food Science, 2006, 27(1): 2-7, 219. (in Chinese)
- [14] 习雪峰, 王单一, 熊正英, 等. 云芝多糖对运动训练大鼠脑组织抗氧化能力和 ATP ase 活性的影响 [J]. 食品科学, 2012, 33(5): 256-259.
- Xi X F, Wang D Y, Xiong Z Y, et al. Effects of conriolus versicolor polysaccharide on anti-oxidation capacity in brain tissue of rats with exercise training and ATP ASE activity [J]. Food Science, 2012, 33(5): 256-259. (in Chinese)
- [15] 熊正英. 运动自由基生物学研究 [M]. 北京: 科学出版社, 2010.
- Xiong Z Y. Study on the movement of free radical biology [M]. Beijing: Science Press, 2010. (in Chinese)
- [16] 毛丽娟, 许豪文. 运动对大鼠肝脏 MDA、GSSG 含量及 MDA/GSSG 的影响 [J]. 体育与科学, 2004, 25(1): 60.
- Mao L J, Xu H W. Effects of exercise on rat liver MDA, GSSG content and MDA/GSSG [J]. Sports and Science, 2004, 25(1): 60. (in Chinese)
- [17] 熊正英, 曲洪刚, 刘海斌. 补充核糖对大强度耐力训练大鼠血清自由基代谢和抗氧化酶活性的影响 [J]. 中国运动医学杂志, 2008, 27(3): 366-368.
- Xiong Z Y, Qu H G, Liu H B. Effects of supplement of ribose on serum free radical metabolism in rats of high intensity endurance training and antioxidant enzyme activity [J]. Chinese Journal of Sports Medicine, 2008, 27(3): 366-368. (in Chinese)
- [18] 熊正英, 张 琳, 武胜奇. 白藜芦醇对大强度耐力训练大鼠部分生化指标的影响 [J]. 武汉体育学院学报, 2008, 42(8): 62-66.
- Xiong Z Y, Zhang L, Wu S Q. Effect of resveratrol on biochemical indices in endurance training rats [J]. Journal of Wuhan Institute of Physical Education, 2008, 42(8): 62-66. (in Chinese)
- [19] 刘丽萍, 李 雷. 运动状态下血液生化指标的变化与细胞凋亡的实验研究 [J]. 北京体育大学学报, 2002, 25(3): 334-336.
- Li L P, Li L. Experimental research on changes of blood biochemical indexes and cell withering during exercises [J]. Journal of Beijing University of Physical Education, 2002, 25(3): 334-336. (in Chinese)