

网络出版时间:2013-01-14 16:29

网络出版地址: <http://www.cnki.net/kcms/detail/61.1390.S.20130114.1629.022.html>

杜仲提取物对运动训练大鼠肝组织 氧化损伤的保护作用

王新军¹, 王一民², 熊正英²

(1 商洛学院 生物医药工程系, 陕西 商洛 726000; 2 陕西师范大学 运动生物研究所, 陕西 西安 710062)

【摘要】 **【目的】**探讨杜仲提取物(*Eucommia ulmoides* Oliver extract, EUOE)对运动训练大鼠肝组织的保护作用以及肝脏标志酶、运动能力的影响。**【方法】**将 24 只 SD 雄性健康大鼠随机均分为安静对照组、运动对照组和运动加药组,运动对照组及运动加药组大鼠进行 6 周的大强度耐力跑台训练,期间运动加药组大鼠每天灌胃 EUOE 2.06 g/kg,其他 2 组灌服相同体积的生理盐水,第 6 周最后 1 天在运动对照组和运动加药组大鼠力竭运动后,取血清及肝组织样品,测试大鼠肝组织总抗氧化能力(T-AOC)、总超氧化物歧化酶(T-SOD)、胞浆 SOD(Cu, Zn-SOD)、线粒体 SOD(Mn-SOD)、过氧化氢酶(CAT)、谷胱甘肽过氧化物酶(GSH-Px)活性,丙二醛(MDA)、还原性谷胱甘肽(GSH)含量以及血清谷丙转氨酶(GPT)活性,并记录力竭时间。**【结果】**服用杜仲提取物组大鼠力竭运动后肝组织 T-AOC、T-SOD 及 Cu, Zn-SOD、Mn-SOD、GSH-Px、CAT 活性均显著($P<0.05$)或极显著($P<0.01$)高于运动对照组,均显著($P<0.05$)或极显著($P<0.01$)低于安静对照组;MDA 含量显著($P<0.05$)低于运动对照组,极显著($P<0.01$)高于安静对照组;肝组织 GSH 含量显著($P<0.05$)高于运动对照组;血清 GPT 活性显著低于运动对照组($P<0.05$)。与运动对照组比较,运动加药组大鼠运动至力竭的时间延长 23.09%。**【结论】**杜仲提取物可以改善长时间大强度耐力运动大鼠肝组织的氧化应激水平,保护肝组织抗氧化酶活性,维持运动训练大鼠肝组织结构和功能,提高大鼠的整体机能,延缓运动疲劳。

【关键词】 杜仲提取物;肝组织;标志酶活性;运动训练;自由基代谢;运动能力

【中图分类号】 G804.7

【文献标志码】 A

【文章编号】 1671-9387(2013)02-0041-05

Protection of *Eucommia ulmoides* Oliver extract on the oxidative damage of rat's liver tissue for taking exercise training

WANG Xin-jun¹, WANG Yi-min², XIONG Zheng-ying²

(1 Department of Biological Medicine Engineering, Shangluo University, Shangluo, Shaanxi 726000, China;

2 Institute of Sports Biology, Shaanxi Normal University, Xi'an, Shaanxi 710062, China)

Abstract: **【Objective】** This study aimed to investigate the influence of eucommia *Eucommia ulmoides* on liver tissues, liver marker enzymes and exercise capacity of rats taking exercise training. **【Method】** 24 healthy male SD rats were randomly divided into 3 groups, sedentary control group, exercise control group and exercise with medicine control group. Rats of exercise group and exercise with medicine control group attended a 6-week exhaustive endurance treadmill training. A model of exercise training, test total antioxidant capacity (T-AOC), total superoxide dismutase (T-SOD), cytoplasmic (Cu, Zn-SOD), mitochondrial (Mn-SOD), catalase (CAT), glutathione peroxidase (GSH-Px), malondialdehyde (MDA), reduced gluta-

【收稿日期】 2012-06-01

【基金项目】 陕西省教育厅自然科学专项计划项目(2010JK524)

【作者简介】 王新军(1968—),男,陕西洛南人,副教授,主要从事植物资源开发及生化营养研究。

E-mail: wangxinjun1988@sohu.com

thione (GSH) content and serum alanine aminotransferase (GPT) activity of liver tissues was established. 【Result】 T-AOC, T-SOD, Cu, Zn-SOD, Mn-SOD, GSH-Px and CAT activities in liver tissues of rats taking extract of *E. ulmoides* and attending exhaustive exercise were significantly ($P<0.05$) or very significantly ($P<0.01$) higher than that of the exercise control group and significantly ($P<0.05$) or very significantly ($P<0.01$) lower than that of the sedentary control group. Contents of MDA and GPT were notably ($P<0.05$) lower than that the exercise control group and notably ($P<0.05$) or very notably ($P<0.01$) higher than that the sedentary control group. Hepatic GSH content was significantly higher than that of the exercise control group ($P<0.05$), and serum GPT activity was significantly lower than that of the exercise control group ($P<0.05$) and very significantly lower than that of the sedentary control group ($P<0.05$). Exercise with medicine control group had 23.09% prolonged exhaustive exercise time compared with exercise control group. 【Conclusion】 *E. ulmoides* extract can improve the level of oxidative stress in liver tissue during long high-intensity endurance exercise, protect antioxidant activity of liver tissue, and maintain the liver tissue structure and function of rats taking exercise training, so as to improve the overall function of rats and slow motion fatigue.

Key words: *Eucommia ulmoides* extract; liver; activity of marker enzyme; sports training; free radicals metabolism; athletic ability

肝脏是身体内以代谢功能为主的一个器官,它与糖原合成、维生素代谢、激素代谢、水平衡、酸碱平衡及矿物质代谢、分泌和排泄胆汁、解毒等重要生理生化反应密切相关。以往的研究表明大强度运动训练会导致肝细胞损伤,其损伤原因,一是运动过程中产生的物理损伤,一是大强度运动训练时产生自由基过多而引起氧化损伤。对于氧化损伤,可采用外源性补充自由基清除剂减少体内自由基浓度,以减轻肝细胞的氧化损伤程度,维持肝脏的正常结构与功能^[1-3]。杜仲提取物(*Eucommia ulmoides* Oliver extract, EUOE)含有木脂素类、环烯醚萜类、苯丙素类、黄酮类化合物以及杜仲多糖等成分,具有抗脂质过氧化、抗衰老、改善血液循环、增强免疫力、保肝利胆、抗菌消炎、抗肿瘤等功效^[4-7]。但目前有关 EUOE 抗运动疲劳的研究尚未见报道。本试验通过对大强度运动训练大鼠补充杜仲提取物,研究杜仲提取物消除自由基,保护肝组织的正常结构、功能,以及与抗运动疲劳的关系,探讨杜仲抗运动疲劳的机理,为秦岭道地中药材杜仲资源的深度开发利用提供试验依据。

1 材料与方法

1.1 材料

1.1.1 试验动物 Sprague-Dawley (SD) 雄性健康大鼠,体质量 180~220 g/只,由西安交通大学医学院实验动物中心提供。国家标准啮齿类动物干燥饲料喂养,自由饮食,动物室温度(23 ± 5)℃,相对湿

度 40%~70%,分笼饲养备用。

1.1.2 主要试剂 杜仲提取物 EUOE (10:1),陕西中鑫生物技术有限公司提供。测定总超氧化物歧化酶(T-SOD)、胞浆 SOD (Cu, Zn-SOD)、线粒体 SOD (Mn-SOD)、谷胱甘肽过氧化物酶(GSH-Px)、丙二醛(MDA)含量、总抗氧化能力(T-AOC)、过氧化氢酶(CAT)、血清谷丙转氨酶(GPT)、还原性谷胱甘肽(GSH)含量的试剂盒,均购自南京建成生物工程研究所。

1.2 试验动物模型的建立

试验动物适应性饲养 7 d 后,以 15 m/min、5 min/d 运动量对动物进行为期 3 d 的筛选,淘汰个别不适应跑台训练者。将筛选出的大鼠随机分为安静对照组、运动对照组、运动加药组 3 组,每组 8 只,按表 1 的运动方案进行为期 6 周的训练。运动加药组大鼠每天在运动训练前灌胃 0.5 mL 2.06 g/kg^[8] 的 EUOE 提取物(陕西中鑫生物技术有限公司提供),灌胃时间为上午 08:00—10:00,其他 2 组灌服相同体积的生理盐水作为对照。大鼠每天训练前以 15 m/min 的速度做适应运动 5 min 后正式训练,训练模型基于 Bedford 等^[9] 的模型结合实际略加调整(表 1)。第 6 周最后 1 天,运动对照组和运动加药组大鼠进行一次力竭运动,测定力竭时间,力竭判定标准为,动物跟不上预定速度,大鼠臀部压在笼具后壁,后肢随传动皮带后拖达 30 s,毛刷刺激驱赶无效;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 plan for experiment rats

周次 Week	速度/ (m·min ⁻¹) Velocity	坡度/(°) Gradient	运动时间/min Exercise time	最大吸氧量 VO ₂ max
1	15.0	0	20	58.4±1.7
2	15.2	5	20	58.4±1.7
3	15.2	5	30	58.4±1.7
4	26.8	5	20	74.3±2.9
5	26.8	5	30	74.3±2.9
6	26.8	10	20	81.0±3.5

1.3 取材及样品制备

运动训练第 6 周最后 1 天,运动对照组和运动加药组大鼠在力竭运动后称体质量,安静对照组大鼠同时称体质量,然后用 20% 乌拉坦(0.5 mL/kg)腹腔麻醉后,断头取血,迅速取肝组织置于预冷的生理盐水中,洗净血污,再用滤纸吸干后置于-20℃冰箱保存备用。

血清的制备:将血液置于 37℃水浴中 30 min,然后以 2 500~3 000 r/min 离心 10 min,收集上清即得血清,并于 4℃冰箱保存备用。

组织匀浆的制备:称取适量大鼠肝组织(0.2~1 g)于烧杯中,按 1:9 的比例(1 g 组织加 9 mL 匀浆介质)加入预冷的匀浆介质(0.8%的 NaCl 溶液),用眼科小剪尽快剪碎组织块(以上全部操作均在冰水浴中进行),3 000 r/min 低温离心 10~15 min,分离提取上清液,4℃冰箱冷藏或-20℃冰箱

冰冻备用。

1.4 指标测试

SOD 活性采用黄嘌呤氧化酶法测定;GSH-Px 活性采用谷胱甘肽氧化法测定;MDA 含量采用硫代巴比妥(TBA)法测定;T-AOC 活性采用 Fe²⁺-菲啉络合法测定;CAT 活性采用钼酸铵法测定,蛋白质定量采用双缩脲法;GPT 活性采用比色法测定;GSH 活性采用 DTNB 法测定。以上各指标测定均严格按照南京建成生物工程研究所试剂盒说明书进行。

1.5 数据处理

由 SPSS12.0 统计软件进行试验数据处理,常规方法计算“均值±标准差”,进行 *t* 检验,确定差异显著性。

2 结果与分析

2.1 杜仲提取物对运动训练大鼠肝组织 SOD 活性的影响

表 2 显示,运动加药组大鼠肝组织 T-AOC、T-SOD、Cu, Zn-SOD、Mn-SOD 活性均显著(*P*<0.05)或极显著(*P*<0.01)高于运动对照组,较运动对照组分别升高了 25.41%,12.72%,11.63%和 8.59%;运动加药组大鼠肝组织上述各指标均显著(*P*<0.05)或极显著(*P*<0.01)低于安静对照组。

表 2 杜仲提取物对运动训练大鼠肝组织 SOD 活性的影响(*n*=8)

Table 2 Effect of EUOE on activities of liver tissue SOD in trained rats(*n*=8) U/mg

组别 Group	T-AOC	T-SOD	Cu, Zn-SOD	Mn-SOD
安静对照组 Sedentary control group	1.72±0.04	488.23±14.69	190.23±17.65	90.22±8.76
运动对照组 Exercise control group	1.22±0.03▲▲	368.14±69.88▲▲	168.81±18.12▲	81.55±8.66▲
运动加药组 Exercise with medicine control group	1.53±0.06▲**	414.98±7.34▲*	182.86±33.55▲▲**	88.56±6.44▲*

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 quiet control group,▲*P*<0.05,▲▲*P*<0.01;Compared with exercise control group,**P*<0.05,***P*<0.01. The following table is the same.

2.2 杜仲提取物对运动训练大鼠肝组织 GSH-Px 和 CAT 活性的影响

表 3 显示,运动加药组和运动对照组大鼠肝组织 GSH-Px、CAT 活性均显著(*P*<0.05)或极显著

(*P*<0.01)低于安静对照组;运动加药组大鼠肝组织 GSH-Px 活性显著(*P*<0.05)高于运动对照组,CAT 活性极显著(*P*<0.01)高于运动对照组,升高幅度分别为 19.18%和 20.29%。

表 3 杜仲提取物对运动训练大鼠肝组织 GSH-Px、CAT 活性的影响(*n*=8)

Table 3 Effect of EUOE on activities of liver tissue GSH-Px and CAT in trained rats (*n*=8) U/mg

组别 Group	GSH-Px	CAT
安静对照组 Sedentary control group	39.86±1.71	21.22±0.78
运动对照组 Exercise control group	27.22±1.09▲▲	16.51±0.82▲▲
运动加药组 Exercise with medicine control group	32.44±1.12▲▲*	19.86±2.00▲▲**

2.3 杜仲提取物对运动训练大鼠肝组织 GSH、MDA 含量及血清 GPT 活性的影响

表 4 显示,运动加药组大鼠肝组织 GSH 含量显著高于运动对照组($P<0.05$),较运动对照组升高 12.19%,而低于安静对照组($P>0.05$);运动加

药组 MDA 含量和血清 GPT 活性均显著低于运动对照组($P<0.05$),较运动对照组分别下降了 12.34%和 22.24%;运动加药组 MDA 含量及运动对照组 MDA 含量和血清 GPT 活性均极显著($P<0.01$)高于安静对照组。

表 4 杜仲提取物对运动训练大鼠肝组织 GSH、MDA 含量及血清 GPT 活性的影响($n=8$)

Table 4 Effect of EUOE on contents of liver tissue GSH,MDA and activities of serum GPT in trained rats ($n=8$)

组别 Group	GSH/(U · mg ⁻¹)	MDA/(nmol · mg ⁻¹)	GPT/(U · L ⁻¹)
安静对照组 Sedentary control group	36.54±2.86	10.22±1.21	38.18±6.67
运动对照组 Exercise control group	30.61±3.89▲	13.55±1.21▲▲	56.88±10.15▲▲
运动加药组 Exercise with medicine control group	34.34±3.27*	11.88±1.25▲▲*	44.23±6.08*

2.4 杜仲提取物对大鼠运动至力竭时间的影响

运动加药组跑台运动至力竭的时间为(129.66±32.78) min,较运动对照组(跑台运动至力竭的时间为(105.34±10.22) min)延长了 23.09%,差异极显著,表明杜仲提取物有一定的抗疲劳作用。

升高 12.19%。

3.2 杜仲提取物与 MDA 含量和 GPT 活性的关系

生物膜是生命系统中最容易发生脂质过氧化的场所,生物膜多不饱和脂肪酸(PUFA)如花生四烯酸等容易被氧化,氧化终产物之一是 MDA^[11]。MDA 会引起生物大分子发生交联。由于膜中的 PUFA 氧化损伤和膜蛋白分子交联,使肝细胞膜的结构被破坏。大强度训练大鼠体内活性氧含量升高,生物膜氧化损伤,MDA 产生增多。本试验结果显示,大强度运动训练大鼠肝组织 MDA 含量为(13.55±1.21) nmol/mg,而运动加药组大鼠肝组织 MDA 含量为(11.88±1.25) nmol/mg,运动加药组大鼠肝组织 MDA 含量均显著低于运动对照组,较运动对照组下降了 12.34%。

3 讨 论

3.1 杜仲提取物与抗氧化酶活性和 GSH 含量的关系

机体抗氧化酶主要有 3 类,即超氧化物歧化酶(SOD)、过氧化氢酶(CAT)、谷胱甘肽过氧化物酶(GSH-Px)^[10]。这 3 类酶的主要功用是消除机体内的超氧阴离子自由基和过氧化氢等活性氧,以减少对肝组织的损伤。大强度运动训练大鼠体内产生了大量自由基,如果补充杜仲提取物,其中的抗氧化成分对抗氧化酶的结构有很好的保护作用,使抗氧化酶的活性维持在较高水平,以保证抗氧化酶发挥正常功用,消除活性氧自由基。本试验结果显示,运动加药组大鼠肝组织 T-AOC、T-SOD、Cu,Zn-SOD、Mn-SOD 活性均显著或极显著高于运动对照组,较运动对照组分别升高了 25.41%,12.72%,11.63%和 8.59%;运动加药组大鼠肝组织 GSH-Px、CAT 活性较运动对照组分别升高 19.18%和 20.29%。

运动达到一定强度时,可引起血清酶活性的明显升高,许多因素能够影响运动时和运动后各种血清酶活性的变化。不同血清酶活性变化可反映脏器的损伤状态。谷丙转氨酶广泛存在于不同脏器,尤其在肝脏组织中活性最高。当肝组织细胞严重损伤或坏死时,谷丙转氨酶即从肝细胞内释放进入血液,使得血清中谷丙转氨酶活性升高,除疾病因素外,由于剧烈的衰竭运动也可使肝细胞氧化损伤,其通透性改变,血清谷丙转氨酶活性显著增加,因此在临床医学和运动医学中,将谷丙转氨酶作为肝脏损伤的标志酶^[12-13]。本研究结果表明,安静时大鼠 GPT 活性为(38.18±6.67) U/L,大强度训练大鼠 GPT 活性为(56.88±10.15) U/L,运动加药组大鼠 GPT 活性为(44.23±6.08) U/L,运动加药组大鼠血清 GPT 活性显著低于运动对照组,较运动对照组下降了 22.24%。说明杜仲提取物具有保护肝脏的功能

3.3 杜仲提取物与运动至力竭时间的关系

通过补充杜仲提取物,维护了肝脏的正常功能,使大鼠的整体机能得以提升,跑台运动至力竭的时

GSH 是谷胱甘肽过氧化物酶发挥催化功能时必需的底物之一,其本身有 2 种形式,一种是还原型(GSH),一种是氧化型(GSSG),当机体还原性物质丰富时,GSSG 可被还原成 GSH。当肝脏中 GSH 含量升高时,GSH-Px 活性也会随之加强,对过氧化氢消除速率提高以减少过氧化氢对肝细胞的氧化损伤。另外 GSH 本身含有巯基(-SH),也可以发挥抗氧化功能。本研究结果表明,补充杜仲提取物后大强度运动训练大鼠体内 GSH 含量较运动对照组

间延长,运动对照组跑台运动至力竭的时间为 (105.34 ± 10.22) min,运动加药组为 (129.66 ± 32.78) min,较运动对照组延长23.09%,表明杜仲提取物有一定的抗疲劳作用,这与以往采用其他植物研究抗疲劳的结果^[14-17]一致。

【参考文献】

- [1] 张婧,熊正英.迷迭香对运动大鼠肝脏组织脂质过氧化损伤保护作用的研究[J].天然产物研究与开发,2011,23(2):365-368,308.
Zhang J, Xiong Z Y. Research on the protection of *Rosemary* from the lipid peroxidation damage of the liver in the exercise rat [J]. Natural Product Research and Development, 2011, 23 (2): 365-368, 308. (in Chinese)
- [2] 王新军,熊正英.葛根总黄酮对力竭运动大鼠肝脏部分抗氧化指标和超微结构的影响[J].中国运动医学杂志,2008,27(2):224-226.
Zhang X J, Xiong Z Y. Effects of pueraric total flavone on anti-oxidation indices and ultrastructure in liver of *Myocardium* in heart of rats [J]. Chinese Journal of Sports Medicine, 2008, 27 (2): 224-226. (in Chinese)
- [3] 刘荣花,马亚妮,熊正英.经络刮痧对耐力训练大鼠肝组织抗氧化能力及运动能力的影响[J].陕西师范大学学报:自然科学版,2010,38(5):105-108.
Liu R H, Ma Y N, Xiong Z Y. Effect of main and collateral channels scraping on rats with tolerance training in antioxidant and exercise capacity [J]. Journal of Shaanxi Normal University: Nat Sci Ed, 2010, 38(5): 105-108. (in Chinese)
- [4] 张康健.杜仲叶与皮有效成分含量的比较研究[J].西北林学院学报,1996,11(2):42-45.
Zhang K J. Comparative study on the content of chemical constituent between leaf and leather of *Eucommia* [J]. Journal of Northwest Forestry University, 1996, 11 (2): 42-45. (in Chinese)
- [5] Gow-Chin Yen, Chiu-luan Hsieh. Inhibitory effects of Duzhong (*Eucommia ulmoides* Oliv.) against low-density lipoprotein oxidative modification [J]. Food Chemistry, 2002, 77 (4): 449-456.
- [6] 辛晓明,冯蕾,王浩,等.杜仲的化学成分及药理活性研究进展[J].医学综述,2007,19(13):1507-1508.
Xin X M, Feng L, Wang H, et al. Study advancement about chemical composition and pharmacological actions of *Eucommia ulmoides* Oliv. [J]. Medical Recapitulate, 2007, 19(13): 1507-1508. (in Chinese)
- [7] 杜红岩.杜仲活性成分与药理研究的新进展[J].经济林研究,2003,21(2):58-61.
Du H Y. The progress in research of the active component from *Eucommia ulmoides* and its pharmacology [J]. Economic Forest Researches, 2003, 21(2): 58-61. (in Chinese)
- [8] 刘月凤,陈建文,龚朋飞,等.杜仲提取物的亚慢性毒理学研究[J].时珍国医国药,2006,17(11):2185-2186.
Liu Y F, Chen J W, Gong P F, et al. Studies on the subchronic toxicology of *Eucommia ulmoides* extract [J]. Lishizhen Medicine and Materia Medica Research, 2006, 17 (11): 2185-2186. (in Chinese)
- [9] Bedford T G, Tipton C M, Wilson N C, et al. Maximum oxygen consumption of rats and its changes with various experimental procedures [J]. J Appl Physiol, 1979, 47(6): 1278-1283.
- [10] 任昭君,郭成吉,刘洪珍.“复方抗氧化剂”对训练大鼠一次运动后骨骼肌谷胱甘肽抗氧化系统影响的研究[J].北京体育大学学报,2005,28(2):194-196,199.
Ren Z J, Guo C J, Liu H Z. Study on effect of “compound antioxidants” on GSH anti-oxidant system of skeletal muscles in training rats after exercise [J]. Journal of Beijing Sport University, 2005, 28(2): 194-196, 199. (in Chinese)
- [11] 魏源,王翔,李良鸣,等.牛磺酸对大鼠力竭运动后肝组织自由基损伤的对抗作用[J].中国运动医学杂志,2002,21(2):213-214.
Wei Y, Wang X, Li L M, et al. Antagonistic effect of the compound *Taurine* against rat liver free radical damage after exhaustive exercise [J]. Chinese Journal of Sports Medicine, 2002, 21(2): 213-214. (in Chinese)
- [12] 范建高,曾民德.脂肪肝[M].上海:上海医科大学出版社,2000.
Fan J G, Zen M D. Fatty liver [M]. Shanghai: Shanghai Medical University Press, 2000. (in Chinese)
- [13] Burgert T S, Taksali S E, James Dziura, et al. Alanine aminotransferase levels and fatty liver in childhood obesity: Associations with insulin resistance, adiponectin, and visceral fat [J]. J Clin Endocrinol Metab, 2006, 91: 4287-4294.
- [14] 熊正英,张全江.补充褪黑激素对耐力训练小鼠一次性力竭运动后肝脏、骨骼肌与肾脏抗氧化酶的影响[J].中国运动医学杂志,2005,24(2):210-213.
Xiong Z Y, Zhang Q J. Effects of melatonin and exhaustive exercise on anti-oxidation system in endurance-trained mice's liver Skeletal Muscle and Kidney [J]. Chinese Journal of Sports Medicine, 2005, 24(2): 210-213. (in Chinese)
- [15] 池爱平,熊正英.服用不同剂量姜黄素对大鼠血清酶及肝、心肌组织运动损伤的影响[J].食品科学,2005,26(8):364-366.
Chi A P, Xiong Z Y. Effects of the different dosage of curcumin on sport injuries in rat's serum enzyme and liver [J]. Food Science, 2005, 26(8): 364-366. (in Chinese)
- [16] 唐量,熊正英.芦荟对运动训练小鼠肝组织自由基代谢及超微结构影响的试验研究[J].中国运动医学杂志,2002,21(6):607-609.
Tang L, Xiong Z Y. Research on the experiment of aloe on free radical metabolisms and ultrastructure of liver in exercised mice [J]. Chinese Journal of Sports Medicine, 2002, 21 (6): 607-609. (in Chinese)
- [17] 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. The study on sports free radical biology [M]. Beijing: Science Press, 2010. (in Chinese)