

锁阳乙醇提取物对运动小鼠抗疲劳能力的影响

万丽娜^{1,2}, 王劫^{1,2}, 杜玉枝¹, 孙菁¹, 孟卫东³, 卢学峰¹, 周玉碧¹

(1. 中国科学院藏药研究重点实验室, 中国科学院西北高原生物研究所, 青海省青藏高原特色生物资源研究重点实验室, 青海 西宁 810001; 2. 中国科学院大学, 北京 100049; 3. 青海道康农牧科技有限公司, 青海 都兰 816100)

摘要:【目的】研究锁阳乙醇提取物对小鼠抗运动性疲劳作用的影响。【方法】选取青海产药材锁阳, 通过加热回流提取获得锁阳乙醇提取物, 将小鼠随机分为模型对照组, 阳性对照组(红景天口服液、维生素 E 软胶囊), 锁阳乙醇提取物低、中、高剂量组(0.125、0.25、0.5 g/mL), 连续灌胃给药 14 d 后, 记录小鼠爬杆时间、负重游泳时间及测定小鼠三磷酸腺苷(ATP)、肝糖原、肌糖原、血糖、血尿素氮(BUN)、血乳酸(LD)、丙二醛(MDA)、肌酸激酶(CK)生化指标。【结果】与模型对照组比较, 锁阳乙醇提取物不同剂量组均能明显延长小鼠爬杆及负重游泳时间; 显著增加 ATP、肝糖原、肌糖原、血糖含量; 显著减少 CK、LD、BUN 含量; 锁阳乙醇提取物中、高剂量组显著减少 MDA 含量($P < 0.05$)。【结论】在一定剂量范围内, 锁阳乙醇提取物可以增强运动耐力、提高氧化应激能力和改善能量代谢, 有显著的抗疲劳作用。

关键词: 锁阳; 乙醇提取物; 抗疲劳

中图分类号: R965.1

文献标志码: A

文章编号: 1003-4315(2019)03-0023-08

DOI: 10.13432/j.cnki.jgsau.2019.03.004

Effect of ethanol extract of *Cynomorium songaricum* Rupr. on anti-fatigue ability in exercise mice

WAN Li-na^{1,2}, WANG Jie^{1,2}, DU Yu-zhi¹, SUN Jing¹, MENG Wei-dong³,
LU Xue-Feng¹, ZHOU Yu-bi¹

(1. Key Laboratory of Tibetan Medicine Research and Qinghai Key Laboratory of Qinghai-Tibet Plateau Biological Resources, Northwest Institute of Plateau Biology, Chinese Academy of Sciences, Xining 810008; 2. Graduate University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049; 3. Qinghai Daokang Agriculture and Animal Husbandry Technology Co Ltd, Dulan 816100, China)

Abstract:【Objective】To observe the effect of ethanol extract of *C. songaricum* on anti-fatigue in mice. 【Method】The herbal medicine of *C. songaricum* in Qinghai Province was selected and the extract was extracted by refluxing with ethanol. The mice were randomly divided into blank control group, positive control group (*Rhodiola* oral liquid, vitamin E soft capsule), ethanol extract of *C. songaricum* high-dose, middle-dose, low-dose group (0.5, 0.25, 0.125 g/mL). After 14 days of continuous intragastric administration, the mice were recorded for climbing time, weight-bearing swimming time and determination of adenosine triphosphate (ATP), hepatic glycogen, muscle glycogen, blood glucose, blood urea nitrogen (BUN), blood

第一作者: 万丽娜, 硕士研究生. E-mail: wanlina@nwipb.cas.cn

通信作者: 周玉碧, 博士, 副研究员, 研究方向为资源生态学. E-mail: ybzhou@nwipb.cas.cn

基金项目: 青海省基础研究计划项目(2016-ZJ-765); 青海省重点研发与转化项目(2019-SF-171); 青海省重点实验室发展建设专项(2017-ZJ-Y10).

收稿日期: 2018-09-13; 修回日期: 2018-11-28

lactic acid (LD), malondialdehyde (MDA), creatine kinase (CK). 【Result】 Compared with the blank control group, the different doses of ethanol extract of *C. songaricum* significantly prolonged the time of climbing rod and weight-bearing swimming ($P < 0.01$); significantly increased ATP, hepatic glycogen, muscle glycogen, and blood glucose levels ($P < 0.01$); and significantly reduced CK, LD and BUN levels ($P < 0.01, P < 0.05$) in mouse; MDA content in mice was significantly decreased in medium and high dose groups of ethanol extract of *C. songaricum*. 【Conclusion】 In a certain dose range, ethanol extract of *C. songaricum* has significant anti-fatigue effect by enhancing exercise tolerance, improving oxidative stress and improving energy metabolism.

Key words: *C. songaricum*; ethanol extract; anti-fatigue function

疲劳是机体生理机能减退的一种现象,造成这一现象的原因多种多样^[1]. 1982年第五届国际运动生化会议统一了疲劳的概念^[2]. 据WHO调查,全球有35%以上的人处于疲劳状态,中年男性人群疲劳状态达60%^[3]. 随着生活压力的增大,疲劳已成为影响人们生活质量的重要因素. 疲劳发生后,如得不到及时消除,则易导致机体内环境紊乱、免疫力下降、大脑反应迟钝、甚至出现器质性病变,如:帕金森病、中风等^[4]. 因此,如何缓解疲劳,实现高质量的生活成为人们研究的热点. 越来越多的证据表明,不同中药材中的提取物,如竹节人参提取物、黄秋葵水提取物、黄芪提取物、野生水芹提取物在抗疲劳方面均具有较好的功效^[5-8].

锁阳(*Cynomorium songaricum* Rupr.)为锁阳科锁阳属植物,多年生肉质寄生草本,多寄生于白刺属植物的根上^[9-10],主要分布于青海、内蒙古、甘肃、宁夏和新疆等荒漠化地区^[11]. 锁阳是我国珍贵的传统中药材,素有“沙漠人参”的美称^[12],与肉苁蓉并称为“大漠双雄”^[13]. 锁阳中含有蛋白质、脂肪、无机离子及糖类等重要营养成分,同时锁阳中还含有丰富的三萜类、甾体类、黄酮类、鞣质和有机酸等多种活性成分^[14-16]. 近年来随着现代药理学研究表明,锁阳有增强免疫^[17]、抗氧化^[18]、抗衰老^[19]、抗应激^[20]、清除自由基^[21]、抑制血小板聚集^[22]等作用,且对心血管疾病有显著疗效^[23].

研究表明甘肃产锁阳黄酮对大鼠有增强运动耐力、提高机体抗氧化、抗疲劳等方面的作用^[24],甘肃产锁阳水煎剂可提高机体抗疲劳能力^[25-26];熊正英等^[27]研究表明,锁阳多糖具有抗疲劳作用. 尽管针对锁阳抗疲劳方面的研究已有报道,但针对青

海产锁阳的抗疲劳功效研究还未见报道^[28]. 锁阳是青海省著名的道地药材,资源储量大,具有极大的开发价值^[29]. 因此,本试验以采自于青海都兰的锁阳为原料,探究锁阳乙醇提取物在小鼠抗运动性疲劳方面的作用,以期为我国西部地区锁阳资源的开发利用提供参考依据.

1 材料与方法

1.1 试验动物

昆明种小鼠60只,SPF级,雌雄各半,体质量(20±2)g,由甘肃中医药大学动物实验中心提供. 小鼠饲养于SPF级动物室,喂饲全价颗粒饲料. 饲养条件湿度为50%~80%,温度21~23℃,每12h明暗循环.

60只小鼠适应性喂养3d后,随机分为6组,每组10只,雌雄各半,分别为模型对照组(超纯水)、锁阳乙醇提取物低剂量组(0.125g提取物/mL)、锁阳乙醇提取物中剂量组(0.25g提取物/mL)、锁阳乙醇提取物高剂量组(0.5g提取物/mL)、红景天口服液阳性对照组,维生素E软胶囊阳性对照组.

1.2 药物与试剂

红景天口服液产自阿坝州九寨沟生物科技有限公司,维生素E软胶囊产自青岛双鲸药业有限公司,锁阳乙醇提取物由本课题组自行制备,质量浓度为0.125、0.25、0.5g/mL. ATP(武汉基因美科技有限公司,货号JYM0723Mo);肝糖原(南京建成生物工程研究所,批号20171218);肌糖原(南京建成生物工程研究所,批号20171218);血糖(苏州科铭生物技术有限公司,批号20171221);BUN(苏州科铭生物技术有限公司,批号20171221);LD(南京建成生

物工程研究所,批号 20171218);MDA(武汉基因美科技有限公司,货号 JYM0345Mo);CK 武汉基因美科技有限公司,货号 JYM0627Mo)。

1.3 主要仪器与设备

离心机(3K15,美国 Sigma 公司);恒温干燥箱(上海一恒科学仪器有限公司);超纯水器(Milli-QA-10,美国 Millipore 公司);循环水真空泵(SHZ-III,上海亚荣生化仪器厂);电子天平(AL104,上海天平仪器总厂);多功能酶标仪(EnSpire,珀金埃尔默企业管理(上海)有限公司);可见分光光度计(722,上海棱光技术有限公司);游泳箱;有机玻璃杆;记时器;温度计;直尺。

1.4 试验方法

1.4.1 锁阳乙醇提取物的制备 锁阳采自青海省都兰县,由中国科学院西北高原生物研究所卢学峰研究员鉴定为锁阳科锁阳属锁阳(*Cynomorium songaricum* Rupr.)的干燥肉质茎。清洗,晾干,取已晾干的锁阳茎 1 000 g 粉碎,用 75%乙醇提取,固液比 1:4,提取温度 80 °C,提取 6 次,分别为 8、8、6、6、6、6 h,将每次提取液合并后,利用负压回流浓缩提取液,获得浓缩液,然后将浓缩液至于 80 °C 烘箱中烘干,备用。

1.4.2 药物处理 将锁阳乙醇提取物用超纯水配成药物浓度为 0.125,0.25,0.5 g/mL 的溶液,记为锁阳乙醇提取物(低、中、高)剂量;红景天口服液拆除包装后直接取用;维生素 E 软胶囊去除胶囊外壳后使用;超纯水直接取自纯水机。

1.4.3 动物给药 每天上午固定时间按小鼠体质量比例给药一次,锁阳乙醇提取物(低、中、高)剂量组每次均给予 15 mL/kg,模型对照组小鼠用等体积超纯水进行灌胃,红景天口服液阳性对照组每次给予 7 mL/kg,维生素 E 软胶囊阳性对照组每次给予 5 mL/kg,连续灌胃给药。

1.4.4 体质量测量 分组方法同 1.4,给药方法同 2.3,连续灌胃给药 14 d 后,用电子秤称量体质量,与给药前的体质量进行比较(禁食不禁水 12 h)。

1.4.5 抗疲劳试验

1.4.5.1 小鼠爬杆试验 分组方法同 1.4,给药方法同 2.3,连续灌胃给药 14 d,末次给药 30 min 后(禁食不禁水 12 h),将小鼠放于一根垂直固定

的直径 8 mm,长 120 cm 的有机玻璃杆上,使肌肉处于静力紧张状态,记录小鼠由于肌肉疲劳从玻璃棒上跌下的时间,联系悬挂 3 次,第 3 次跌落时终止试验,累计 3 次的时间作为小鼠爬杆时间,记录数据。

1.4.5.2 小鼠负重游泳试验 分组方法同 1.4,给药方法同 2.3,连续灌胃给药 14 d,末次给药 30 min 后(禁食不禁水 12 h),于小鼠尾部系一质量为其体重 5%的重物,将小鼠置于水温为(25±1) °C,水深为 30 cm,游泳面积 114.8 cm²/只的游泳箱中,强迫游泳至力竭,以小鼠游泳至死亡结束,记录时间作为小鼠负重游泳时间。

1.4.5.3 生化指标检测 分组方法同 1.4,给药方法同 2.3,连续灌胃给药 14 d,末次给药 30 min 后(禁食不禁水 12 h),将小鼠置于水温为(25±1) °C,水深为 30 cm,游泳面积 114.8 cm²/只的游泳箱中,游泳 90 min 后将小鼠捞起,即刻进行摘眼球采血备用。将所采血液常规分离血清,4 °C 3 000 r/min 离心 20 min,取上清液待测。肝糖原、肌糖原含量的测定采用蒽酮试剂法,血糖含量的测定采用葡萄糖氧化酶法,BUN 含量的测定采用 Fearon 反应,ATP、MDA、CK 采用双抗体一步夹心法酶联免疫吸附实验进行含量测定,LD 采用比色法进行含量测定。

肝糖原、肌糖原、LD 指标测定采用可见分光光度计完成,其余指标测定均采用 EnSpire 多功能酶标仪检测完成。

1.5 数据处理

应用 SPSS 19.0 进行数据统计分析,试验数据均以均值±标准差($\bar{x} \pm s$)表示,选用 F 检验、方差分析、LSD 统计学方法判断结果的显著性,以 $\alpha = 0.05$ 为检验水准, $P < 0.05$ 表示统计学上有显著差异, $P < 0.01$ 表示统计学上有极显著差异。

2 结果与分析

2.1 锁阳乙醇提取物对小鼠体质量的影响

锁阳乙醇提取物(低、中、高)剂量进行灌胃给药 14 d 后,与模型组相比,体质量均有所增加,但差异均不显著($P > 0.05$),说明该剂量锁阳乙醇提取物处理对小鼠肌肉质量和体质量影响不大;组间两两

比较差异均不显著($P>0.05$)(表 1).

2.2 锁阳乙醇提取物对小鼠爬杆及负重游泳时间的影响

在小鼠爬杆及负重游泳试验中,与模型对照组比较,锁阳乙醇提取物(低、中、高)剂量组均能明显延长小鼠爬杆及负重游泳时间,差异具有统计学意

义($P<0.01$).锁阳乙醇提取物高剂量组与维生素 E 软胶囊阳性对照组相比,在延长小鼠爬杆及负重游泳时间上能力相近($P>0.05$).锁阳乙醇提取物(中、高)剂量组在延长小鼠爬杆及负重游泳时间上与锁阳乙醇提取物低剂量组有显著差异($P<0.05$),见表 2.

表 1 锁阳乙醇提取物对小鼠体质量的影响($\bar{x}\pm s, n=10$)

Table 1 Effects of ethanol extract of *C. songaricum* on body mass of mouse ($\bar{x}\pm s, n=10$)

组别 Group	给药前体质量/g Body mass before administration	给药后体质量/g Body mass after administration
模型对照组 Model control group	19.9±5.9 ^a	30.4±3.1 ^a
锁阳乙醇提取物低剂量组 Low dose group of ethanol extract of <i>C. songaricum</i>	22.1±2.5 ^a	30.5±3.6 ^a
锁阳乙醇提取物中剂量组 Middle dose group of ethanol extract of <i>C. songaricum</i>	21.9±2.0 ^a	31.3±3.4 ^a
锁阳乙醇提取物高剂量组 High dose group of ethanol extract of <i>C. songaricum</i>	19.2±5.8 ^a	30.9±4.1 ^a
维生素 E 软胶囊阳性对照组 Vitamin E soft capsule positive control group	21.6±2.5 ^a	30.1±4.0 ^a
红景天口服液阳性对照组 Rhodiola oral liquid positive control group	22.4±1.8 ^a	30.7±4.4 ^a

表 2 锁阳乙醇提取物对小鼠爬杆及负重游泳试验结果($\bar{x}\pm s, n=8$)

Table 2 Results of ethanol extract of *C. songaricum* on climbing and weight-bearing swimming experiments in mouse ($\bar{x}\pm s, n=8$)

组别 Group	爬杆时间/min Climbing time	负重游泳时间/min Weight-bearing swimming time
模型对照组 Model control group	44.6±16.3	78.3±7.7
锁阳乙醇提取物低剂量组 Low dose group of ethanol extract of <i>C. songaricum</i>	48.3±10.1 ^{c**}	88.4±9.6 ^{c*}
锁阳乙醇提取物中剂量组 Middle dose group of ethanol extract of <i>C. songaricum</i>	70.2±8.4 ^{b**}	98.0±14.4 ^{b**}
锁阳乙醇提取物高剂量组 High dose group of ethanol extract of <i>C. songaricum</i>	79.7±15.9 ^{b**}	105.9±17.3 ^{ab**}
维生素 E 软胶囊阳性对照组 Vitamin E soft capsule positive control group	78.8±13.1 ^{b**}	101.0±16.2 ^{ab**}
红景天口服液阳性对照组 Rhodiola oral liquid positive control group	111.6±25.8 ^{a**}	113.0±21.6 ^{a**}

与模型对照组比较*表示差异显著($P<0.05$),**表示差异极显著($P<0.01$);同列不同小写字母表示差异显著($P<0.05$).

Compared with model control, * means significant difference ($P<0.05$); ** means extremely significant difference ($P<0.01$). The different letters in the same column means significant difference ($P<0.05$).

2.3 锁阳乙醇提取物对疲劳小鼠肝糖原、肌糖原、血糖的影响

由表 3 所示,通过检测发现,与模型对照组比较,锁阳乙醇提取物(低、中、高)剂量组能显著增加小鼠血糖、肝糖原、肌糖原含量($P < 0.01$),表明锁阳乙醇提取物具有促进糖原储备的作用,从而有利于机体对抗运动性疲劳。锁阳乙醇提取物

(低、中、高)剂量组与维生素 E 软胶囊、红景天阳性对照组相比,在增加疲劳小鼠肝糖原、肌糖原、血糖含量上能力相近($P > 0.05$)。锁阳(低、中、高)剂量组在增加疲劳小鼠肝糖原、血糖含量上差异不明显($P > 0.05$);在增加疲劳小鼠肌糖原含量上,锁阳高剂量组与锁阳(低、中、)剂量组存在显著差异,结果见表 3。

表 3 锁阳乙醇提取物对小鼠肝糖原、肌糖原、血糖含量的影响($\bar{x} \pm s, n=9$)

Table 3 Effect of ethanol extract of *C. songaricum* on hepatic glycogen, muscle glycogen and blood glucose in mouse ($\bar{x} \pm s, n=9$)

组别 Group	肝糖原/($\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$) Hepatic glycogen	肌糖原/($\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$) Muscle glycogen	血糖/($\mu\text{mol} \cdot \text{mL}^{-1}$) Blood sugar
模型对照组 Model control group	12.3 ± 0.4	13.3 ± 1.0	1.1 ± 0.2
锁阳乙醇提取物低剂量组 Low dose group of ethanol extract of <i>C. songaricum</i>	16.9 ± 2.0 ^{b**}	15.7 ± 1.0 ^{c**}	2.2 ± 0.5 ^{b**}
锁阳乙醇提取物中剂量组 Middle dose group of ethanol extract of <i>C. songaricum</i>	17.4 ± 2.6 ^{b**}	16.6 ± 1.4 ^{c**}	2.4 ± 0.6 ^{b**}
锁阳乙醇提取物高剂量组 High dose group of ethanol extract of <i>C. songaricum</i>	17.7 ± 2.9 ^{b**}	21.0 ± 2.5 ^{ab**}	2.5 ± 0.9 ^{b**}
维生素 E 软胶囊阳性对照组 Vitamin E soft capsule positive control group	18.6 ± 2.3 ^{ab**}	20.2 ± 1.8 ^{b**}	3.3 ± 0.8 ^{a**}
红景天口服液阳性对照组 Rhodiola oral liquid positive control group	20.7 ± 2.2 ^{a**}	22.3 ± 2.2 ^{a**}	3.5 ± 0.6 ^{a**}

与模型对照组比较 * 表示差异显著 ($P < 0.05$), **表示差异极显著 ($P < 0.01$); 同列不同小写字母表示差异显著 ($P < 0.05$).

Compared with model control, * means significant difference ($P < 0.05$); * * means extremely significant difference ($P < 0.01$). The different letters in the same column means significant difference ($P < 0.05$).

2.4 锁阳乙醇提取物对疲劳小鼠 BUN、CK 的影响

通过检测发现,与模型对照组比较,锁阳乙醇提取物(低、中、高)剂量组能极显著降低小鼠 CK 含量($P < 0.01$),提示锁阳乙醇提取物对小鼠力竭游泳后肌肉损伤有较好的保护作用;锁阳乙醇提取物(低、中、高)剂量组能显著降低小鼠 BUN 含量

($P < 0.05$);锁阳乙醇提取物(低、中、高)剂量组与维生素 E 软胶囊、红景天阳性对照组相比,在降低疲劳小鼠 BUN、CK 含量上能力相近($P > 0.05$)。锁阳乙醇提取物不同剂量组之间在降低 CK、BUN 含量上差异不明显,结果见表 4。

表 4 锁阳乙醇提取物对小鼠 BUN、CK 的影响($\bar{x} \pm s, n=9$)

Table 4 Effect of ethanol extract of *C. songaricum* on BUN and CK in mouse ($\bar{x} \pm s, n=9$)

组别 Group	尿素氮/($\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$) BUN	肌酸激酶/($\text{ng} \cdot \text{mL}^{-1}$) CK
模型对照组 Model control group	1.5 ± 0.3	4.4 ± 0.8
锁阳乙醇提取物低剂量组 Low dose group of ethanol extract of <i>C. songaricum</i>	1.0 ± 0.5 ^{a*}	2.4 ± 0.5 ^{a**}
锁阳乙醇提取物中剂量组 Middle dose group of ethanol extract of <i>C. songaricum</i>	1.0 ± 0.3 ^{a*}	2.2 ± 0.7 ^{a**}

续表 4 Continued table 4

组别 Group	尿素氮/(mg · g ⁻¹) BUN	肌酸激酶/(ng · mL ⁻¹) CK
锁阳乙醇提取物高剂量组 High dose group of ethanol extract of <i>C. songaricum</i>	0.7 ± 0.4 ^{a**}	2.0 ± 0.5 ^{a**}
维生素 E 软胶囊阳性对照组 Vitamin E soft capsule positive control group	0.9 ± 0.5 ^{a**}	2.3 ± 0.5 ^{a**}
红景天口服液阳性对照组 Rhodiola oral liquid positive control group	0.7 ± 0.5 ^{a**}	1.9 ± 0.1 ^{a**}

与模型对照组比较 * 表示差异显著 ($P < 0.05$), **表示差异极显著 ($P < 0.01$); 同列不同小写字母表示差异显著 ($P < 0.05$).

Compared with model control, * means significant difference ($P < 0.05$); ** means extremely significant difference ($P < 0.01$). The different letters in the same column means significant difference ($P < 0.05$).

2.5 锁阳乙醇提取物对疲劳小鼠 LD、ATP、MDA 的影响

通过检测发现,与模型对照组比较,锁阳乙醇提取物(低、中、高)剂量组能极显著降低小鼠 LD 含量 ($P < 0.01$),且不同剂量组之间差异显著;锁阳乙醇提取物(低、中、高)剂量组极显著增加了小鼠 ATP 含量 ($P < 0.01$),且锁阳乙醇提取物高剂量组与锁

阳乙醇提取物(低、中)剂量组存在明显差异;锁阳乙醇提取物中、高剂量组能显著降低小鼠 MDA 含量 ($P < 0.05$),说明锁阳乙醇提取物能提高力竭游泳小鼠抗氧化及抗疲劳能力.与阳性对照组比较,在降低疲劳小鼠血清中 LD 含量以及增加 ATP 含量上,锁阳乙醇提取物各剂量组与维生素 E 软胶囊阳性对照组相比能力相近 ($P > 0.05$),结果见表 5.

表 5 锁阳乙醇提取物对疲劳小鼠 LD、ATP、MDA 的影响 ($\bar{x} \pm s, n=9$)Table 5 Effect of ethanol extract of *C. songaricum* on LD, ATP and MDA in mouse ($\bar{x} \pm s, n=9$)

组别 Group	乳酸/ (mmol · L ⁻¹) LD	三磷酸腺苷/ (ng · mL ⁻¹) ATP	丙二醛/ (ng · mL ⁻¹) MDA
模型对照组 Model control group	17.5 ± 1.6	15.5 ± 1.1	139.8 ± 17.2
锁阳乙醇提取物低剂量组 Low dose group of ethanol extract of <i>C. songaricum</i>	14.1 ± 0.9 ^{a**}	18.4 ± 2.7 ^{b*}	131.8 ± 21.1 ^a
锁阳乙醇提取物中剂量组 Middle dose group of ethanol extract of <i>C. songaricum</i>	8.4 ± 1.7 ^{b**}	19.0 ± 3.5 ^{b**}	121.3 ± 8.8 ^{a*}
锁阳乙醇提取物高剂量组 High dose group of ethanol extract of <i>C. songaricum</i>	6.6 ± 1.2 ^{c**}	20.35 ± 2.5 ^{ab**}	121.7 ± 15.1 ^{a*}
维生素 E 软胶囊阳性对照组 Vitamin E soft capsule positive control group	6.2 ± 1.3 ^{cd**}	20.9 ± 4.7 ^{a**}	68.2 ± 5.8 ^{b**}
红景天口服液阳性对照组 Rhodiola oral liquid positive control group	5.2 ± 1.6 ^{d**}	22.4 ± 2.8 ^{a**}	76.6 ± 20.7 ^{b**}

与模型对照组比较 * 表示差异显著 ($P < 0.05$), **表示差异极显著 ($P < 0.01$); 同列不同小写字母表示差异显著 ($P < 0.05$).

Compared with model control, * means significant difference ($P < 0.05$); ** means extremely significant difference ($P < 0.01$). The different letters in the same column means significant difference ($P < 0.05$).

3 讨论

力竭时间是衡量机体运动能力的重要指标,运动能力的提高表明机体抗疲劳能力的增强^[30].在抗疲劳研究领域,常以负重游泳力竭时间来反映机

体的运动耐力,机体运动耐力的提高,则可直接反映机体抗疲劳能力的增强.本研究通过爬杆实验、负重游泳试验发现锁阳乙醇提取物能明显延长小鼠的运动时间,说明在一定剂量下,锁阳乙醇提取物能提高小鼠运动耐力,具有一定的抗运动性疲劳的作用.

本试验测定了与疲劳密切相关的肝糖原、肌糖原、血糖、BUN、LD、ATP、MDA、CK 八项生化指标。血糖水平不仅可以用来反映机体的糖代谢水平,还可以反映中枢疲劳状况^[31]。通常情况下,机体血糖浓度保持在一定的平衡状态,但在激烈运动过程中,血糖大量消耗且得不到及时补充时,血糖水平会逐渐下降。与模型组比较,锁阳乙醇提取物低、中、高剂量组能显著增加小鼠体内血糖含量,说明锁阳乙醇提取物可改善疲劳后的能量供应,具有一定的抗疲劳功效。糖原是机体运动的主要能量来源,可以通过肝糖原、肌糖原的储备量来说明疲劳产生的快慢或程度。与模型组比较,锁阳乙醇提取物低、中、高剂量组可显著增加小鼠体内肝糖原和肌糖原的含量,进而说明锁阳乙醇提取物可通过提高小鼠游泳力竭后的糖原储备能力,有一定缓解小鼠运动性疲劳产生的作用。

机体运动时所需能量直接来源于 ATP 的分解,开始运动时,机体首先以消耗 ATP 为主,ATP 含量的高低可直接衡量机体的供能状态和运动能力。与模型组比较,锁阳乙醇提取物低、中、高剂量组显著增加了小鼠血清中的 ATP 含量,为运动小鼠直接提供了能量来源,有一定抗小鼠运动性疲劳产生的作用。

乳酸是丙酮酸在乳酸脱氢酶作用下还原生成的一种酸性代谢产物,乳酸堆积是生理性运动疲劳产生的重要原因之一。尿素氮是氨基酸和蛋白质代谢的终产物,与机体疲劳程度以及负荷量的大小密切相关且呈正相关,可被用来作为评定运动量的指标^[32]。一般在短时运动时,蛋白质不参与机体供能,当长时间剧烈运动使正常的能量代谢平衡受到破坏,机体不能通过糖或脂肪分解获得足够的能量时,机体便会增加蛋白质和氨基酸的分解代谢用以供能。与模型组比较,锁阳乙醇提取物低、中、高剂量组显著降低了运动小鼠体内 LD 的产生,减少了代谢产物的堆积,同时显著降低了 BUN 水平,减少了体内蛋白质和氨基酸的分解代谢,具有改善能量代谢,加速疲劳消除的作用。

CK 主要存在于细胞质和线粒体中,是一个与细胞内能量运转、肌肉收缩、ATP 再生有直接关系的重要激酶,当肌膜严重损伤或细胞膜通透性改变

时,骨骼肌中的 CK 会通过细胞膜渗出并进入血液中,使得血清中的 CK 含量升高。运动后可导致 CK 明显增高,且运动越剧烈、时间越长,CK 升高越明显,因此血清中的 CK 含量可间接反映出机体运动肌肉损伤程度^[33]。锁阳乙醇提取物低、中、高剂量组可降低游泳小鼠血清中 CK 的含量,对运动肌肉损伤有一定的保护作用。MDA 是脂质过氧化的终产物,其含量既可以反映机体内发生脂质过氧化的程度,也可以反映生物膜的受损程度。锁阳乙醇提取物低、中、高剂量组 MDA 含量均显著低于模型对照组,说明锁阳乙醇提取物低、中、高剂量组可以消除自由基的攻击,降低力竭及恢复状态下 MDA 的生成,保护机体,对延缓运动性疲劳的发生有积极的作用^[34]。

综上所述,锁阳乙醇提取物可在一定程度上通过增强小鼠运动耐力,改善小鼠力竭游泳后氧化应激和能量代谢能力,有显著抗疲劳作用。

参考文献

- [1] 段金成,罗顺迪,曹祖高,等.西归粗多糖对游泳力竭小鼠的抗运动性疲劳作用[J].中成药,2018,40(3):681-684.
- [2] 郑哲君,李晓莉,王朔.抗疲劳功能食品的研究进展[J].食品科技,2006,(2):4-7.
- [3] Maclaren D P, Gibson H, Parry-Billings M, et al. A review of metabolic and physiological factors in fatigue[J]. Exerc Sport Sci Rev, 1989, 17(1): 29-66.
- [4] Finsterer J, Mahjoub S Z. Fatigue in healthy and diseased individuals[J]. Am J Hosp Palliat Care, 2014, 31(5): 562-575.
- [5] 刘红.竹节人参提取物抗疲劳的实验研究[J].湖北民族学院学报(医学版),2001(3):4-6.
- [6] 杨毅,金祖汉,毛培江,等.黄秋葵提取物抗疲劳的实验研究[J].中国现代应用药学,2012,29(12):1091-1094.
- [7] 武云,吴大正,胡之璧.黄芪提取物对大鼠负重力竭游泳的抗疲劳作用[J].上海中医药大学学报,2008(1):36-39.
- [8] 苏艳丽,韦隆华,何钰英,等.黔产野生水芹提取物对小鼠的抗疲劳作用[J].贵州医科大学学报,2017,42(3):292-295.
- [9] 中国科学院西北高原生物研究所.青海植物志·第二卷[M].西宁:青海人民出版社,1999:377.
- [10] 中国科学院中国植物志编辑委员会.中国植物志·第

- 五十二卷·二册[M].北京:科技出版社,2000:152-154.
- [11] 韩多红,孟红梅,张勇.“沙漠人参”锁阳植物资源的研究和开发利用[J].中国野生植物资源,2003,22(4):42-46.
- [12] Nickrent D L, Der J P, Anderson F E. Discovery of the photosynthetic relatives of the “Maltese mushroom” *Cynomorium* [J]. *Bmc Evolutionary Biology*, 2005,5(1):38.
- [13] 赵阳武.不同接种年限肉苁蓉指标成分和功效的研究[D].兰州:甘肃农业大学,2018.
- [14] 谢石安,李国玉,王航宇,等.锁阳化学成分的研究[J].中国药师,2012,15(7):911-914.
- [15] 康新平,安哲,热娜·卡斯木.锁阳的化学成分及指标性成分含量分析的研究进展[J].西北药学杂志,2012,27(1):81-83.
- [16] 常艳旭.锁阳药材有效成分及指标性成分研究[D].呼和浩特:内蒙古大学,2006.
- [17] 张汝学,贾正平,李茂星,等.锁阳 Part III 对环磷酰胺致免疫抑制小鼠免疫功能的影响[J].中药材,2008,31(3):407-409.
- [18] Zhang T, Wu W L, Li D Y, et al. Anti-oxidant and anti-apoptotic effects of luteolin on mice peritoneal macrophages stimulated by angiotensin II[J]. *International Immunopharmacol*, 2014,20(2):346-351.
- [19] 尚林,李建菊,尚军.锁阳多糖的抗衰老作用[J].中国老年学杂志,2018,38(6):1458-1460.
- [20] 罗军德,张汝学,贾正平.锁阳抗应激药理作用及机理研究进展[J].中药材,2006(7):744-747.
- [21] 李红兵,刘晔玮,李立,等.锁阳清除自由基活性的研究[J].食品科技,2009,34(10):166-169.
- [22] 张丙云,相炎红,周青钰.锁阳的研究现状及开发[J].酿酒,2002,29(4):72-73.
- [23] 江苏新医学院.中药大词典:下册[M].上海:上海人民出版社,1997.
- [24] 俞发荣,冯书涛,谢明仁,等.锁阳黄酮对老年大鼠的抗疲劳作用[J].中国康复理论与实践,2008,14(12):1141-1142.
- [25] 王宗兵,李洁.锁阳对雄性大鼠耐力及生化指标的影响[J].西北师范大学学报(自然科学版),2011,47(2):112-119.
- [26] 郭伟,曹建民,周海涛.锁阳对运动训练大鼠睾酮含量、物质代谢及抗运动疲劳能力的影响[J].天然产物研究与开发,2014,26(1):27-32.
- [27] 熊正英,马晓莲,孙岩,等.锁阳多糖对运动训练大鼠睾酮含量、物质代谢与运动能力的影响[J].陕西师范大学学报(自然科学版),2011,39(1):103-108.
- [28] Zhou Y B, Ye R R, Lu X F, et al. GC/MS analysis of liposoluble constituents from the stems of *Cynomorium songaricum* [J]. *Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis*, 2009, (49):1097-1100.
- [29] 拉公加.青海省同仁县野生药用植物的调查[J].草原与草坪,2012,32(3):94-96.
- [30] 张平,李明学,李岚.锌对力竭运动时大鼠肝脑组织自由基代谢的影响[J].体育科学,2005,(5):63-64.
- [31] 李永超.肉苁蓉有效部位抗疲劳作用机制研究[D].北京:中国协和医科大学,2007.
- [32] Zhang X, Geoffroy P, Miesch M, et al. Gram-scale chromatographic purification of β -sitosterol; Synthesis and characterization of β -sitosterol oxides [J]. *Steroids*, 2005,70(13):886-895.
- [33] 段金成,罗顺迪,曹祖高,等.西归粗多糖对游泳力竭小鼠的抗运动性疲劳作用[J].中成药,2018,40(3):681-684.
- [34] 吴涛,杨建雄,李宝茹,等.芦丁抗疲劳作用的实验研究[J].临床医学,2013,33(3):90-92.

(责任编辑 胡文忠)

(上接第 22 页)

- [23] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局,中国国家标准化管理委员会. GB/T 33111-2016 达氏鲟[S]. 2016.
- [24] 赵金良,李思发,蔡完其,等.团头鲂雌核发育生化遗传标记的初步研究[J].上海水产大学学报,2000,9(2):166-168.
- [25] Chen Y F, He D K, Chen Y Y. Electrophoretic analysis of isozymes and discussion about species differentiation in three species of *Genus Gymnocypris* [J]. *Zool Res*, 2001,22(1):9-19.

(责任编辑 李辛)