

蝉花子实体抗疲劳作用研究

孙长胜^{1,2,3,4}, 陈桃宝^{3,4}, 龙文君^{3,4}, 李春如^{3,4}, 周宏灏^{1,2*}, 王玉芹^{3,4*}

1. 中南大学湘雅医院 临床药理研究所, 湖南 长沙 410008

2. 遗传药理学湖南省重点实验室, 湖南 长沙 410078

3. 浙江泛亚生命科学研究院, 浙江 平湖 314200

4. 浙江泛亚生物医药股份有限公司, 浙江 平湖 314200

摘要: 目的 研究蝉花子实体的抗疲劳、增强运动耐力作用。方法 ICR 雄性小鼠随机分为对照组、人参乙醇提取物(阳性药, 2.5 g/kg)组以及蝉花子实体低、中、高剂量(0.075、0.150、0.300 g/kg)组, 连续ig给药15 d后, 测定小鼠负重游泳力竭时间, 试剂盒法检测小鼠经游泳运动后肝糖原、肌糖原、全血乳酸(LD)、血清尿素氮(BUN)、超氧化歧化酶(SOD)和乳酸脱氢酶(LDH)等与疲劳相关联的生化指标变化。结果 与对照组比较, 蝉花子实体低、中剂量对小鼠力竭游泳时间有显著延长作用($P < 0.05$), 低剂量组LD水平显著下降($P < 0.05$), 高剂量LDH含量显著升高($P < 0.05$), 低剂量组SOD含量显著升高($P < 0.05$); 中、高剂量组BUN含量显著降低($P < 0.05$), 低剂量组肝糖原水平显著升高($P < 0.05$); 中剂量组肌糖原水平显著升高($P < 0.05$)。结论 蝉花子实体对运动后的小鼠有抗疲劳作用。

关键词: 蝉花子实体; 抗疲劳; 运动耐力; 肝糖原; 肌糖原; 乳酸; 超氧化歧化酶

中图分类号: R285.5

文献标志码: A

文章编号: 1674-6376(2020)04-0642-06

DOI: 10.7501/j.issn.1674-6376.2020.04.010

Study of anti-fatigue effect for Cicada flower fruiting body

SUN Changsheng^{1,2,3,4}, CHEN Taobao^{3,4}, LONG Wenjun^{3,4}, LI Chunru^{3,4}, ZHOU Honghao^{1,2}, WANG Yuqin^{3,4}

1. Department of Clinical Pharmacology, Xiangya Hospital, Central South University, Changsha 410008, China

2. Hunan Key Laboratory of Pharmacogenetics, Changsha 410078, China

3. Zhejiang Bioasia Life Science Institute, Pinghu 314200, China

4. Zhejiang Bioasia Pharmaceutical Co., Ltd., Pinghu 314200, China

Abstract: **Objective** To study cicadae anti-fatigue and enhance exercise endurance effects. **Methods** ICR male mice were randomly divided into different groups, control group, the ginseng group, cicadae high, medium and low dose (0.075, 0.150, and 0.300 g/kg) group, continuous ig administration of 15 d, different groups were measured by loading swimming time, liver glycogen, muscle glycogen, blood urea nitrogen (BUN), blood lactic acid (LD), superoxide dismutase (SOD) and lactate dehydrogenase (LDH), fatigue associated with changes in biochemical markers. **Results** Compared with the control group, the low and middle dose of Cicada flower body significantly prolonged the exhaustive swimming time of mice ($P < 0.05$), the level of LD in the low dose group significantly decreased ($P < 0.05$), the content of LDH in the high dose group significantly increased ($P < 0.05$), the content of SOD in the low dose group significantly increased ($P < 0.05$), the content of BUN in the middle and high dose groups significantly decreased ($P < 0.05$), and the level of liver glycogen in the low dose group significantly increased ($P < 0.05$). In the middle dose group, the level of muscle glycogen was significantly increased ($P < 0.05$). **Conclusion** Cicada flower fruiting body has anti-fatigue effect on mice after exercise.

Key words: Cicada flower fruiting body; anti-fatigue; exercise endurance; liver glycogen; muscle glycogen; lactic acid; superoxide dismutase

据世界卫生组织(WHO)调查,全球有35%以上的人处于疲劳状态,其中中年男性疲劳状态达

60%,这个数据依然呈上升趋势^[1]。疲劳是机体失去其完成所从事的正常活动或工作能力的现象,是

收稿日期: 2019-12-23

基金项目: 国家星火计划(2015GA700011)

第一作者: 孙长胜(1964—),男,在读博士研究生,研究方向为遗传药理学。E-mail: davidsun@bioasia.com.cn

*通信作者: 周宏灏,中国工程院院士,研究方向为遗传药理学和临床药理学。E-mail: hhzhou2003@163.com

王玉芹(1971—),女,博士,研究方向为中药、天然药物新资源研究与开发。E-mail: wyq@bioasia.com.cn

机体内所发生的一系列复杂的生化变化过程,其产生与机体中能源物质消耗、代谢产物堆积、内环境稳定性失调等因素密切相关。现代社会生活节奏加快,使处于亚健康状态的人群增多,一定程度上影响了工作效率和生活质量,因此寻找有效抗疲劳,提高运动耐力作用的物质成为关注的热点。而“回归自然”,从天然产物中寻找毒副作用小、安全有效的资源是有效途径之一。

蝉花为虫草科真菌蝉蛹束孢 *Isaria cicadae* Miquel 菌种经固体发酵培养所得子实体的干燥粉末^[2-4],蝉花具有广泛的药理作用^[5-6],同时可补脾肾、益精气,临床用于脾肾虚引起的慢性肾功能不全取得良好疗效^[7]。脾和肾作为人体的重要脏器,与运动疲劳有一定关联,中医理论认为肾藏精,主骨生髓,骨为骨骼,具有支撑、保护人体,主司运动的生理功能。肾精充盛,骨髓生化有源,骨髓充足,骨骼得养,坚韧有力,耐久立而强劳作。脾主运化,主四肢,人体的四肢、肌肉需要脾胃运化的水谷精微的充养,只有脾气健运,气血生化有源,周身肌肉才能等到充养,从而保持肌肉丰满,健壮有力。虫草类对缓解体力疲劳的作用已有文献报道^[8-14],蝉花作为虫草的一种,与冬虫夏草的活性成分相近^[15],但其抗疲劳作用尚未有研究报道。

本研究观察蝉花子实体在提高运动耐力方面的作用,以期针对性的药物及保健食品开发及合理应用奠定工作基础。通过对疲劳小鼠肝糖原、肌糖原、超氧化物歧化酶(SOD)、乳酸脱氢酶(LDH)、乳酸(LD)与血清尿素氮(BUN)等与生物体疲劳程度相关联的生化指标的检测,评价蝉花子实体在抗疲劳中的作用。

1 材料

1.1 实验动物

雄性ICR小鼠,18~20 g,上海西普尔-必凯实验动物有限公司,实验动物生产许可证号SCXK(沪)2013-0016。标准饲料喂养,室温(22±2)℃,湿度(55±5)%,12/12 h光暗循环。

1.2 试验用药

固体发酵培养蝉花子实体,由浙江泛亚生物医药股份有限公司提供,批号P01C150326M150504;人参,批号150601,购自上海康桥中药饮片有限公司。

1.3 试剂及耗材

肝/肌糖原试剂盒,批号20150609;全血LD试剂盒,批号20150609;LDH试剂盒,批号20150612;

血BUN试剂盒,批号20150605;SOD试剂盒,批号20150610,均购自南京建成生物工程研究所。

1.4 主要仪器

全波长酶标仪PowerWave XS2,美国Biotek公司;自制游泳箱(50 cm × 50 cm × 40 cm)。

1.5 试药的制备

将蝉花子实体[所用菌种(BAI0101)由中国科学院微生物研究所鉴定为蝉蛹束孢 *Isaria cicadae* Miquel, 鉴定编号为2012-406]低温干燥后进行粉碎,每100克子实体中含虫草多糖7 g、虫草酸6 g、腺苷100 mg,将其溶解于0.3%的羟甲基纤维素钠(CMC-Na)中。

人参乙醇提取物的制备:称取人参药材粗粉60 g,80%乙醇10倍量回流提取2次,每次1 h,滤过,合并2次滤液。减压回收乙醇后干燥,得含人参总皂苷30%的浸膏,浸膏以蒸馏水溶解后配制成0.25 g/L溶液。

2 方法

2.1 动物分组与给药

50只ICR小鼠随机分为5组:对照组,蝉花子实体低、中、高剂量(0.075、0.150、0.300 g/kg)组,人参乙醇提取物(2.5 g/kg)组,每组10只,以上组别各重复设置1组进行负重力竭游泳试验。ig给药,对照组ig 0.3%的CMC-Na溶液,连续给药15 d。

2.2 负重力竭游泳时间测定

运动耐力作为机体疲劳的最直接也是最客观的指标之一,能够有效反映机体疲劳情况。小鼠连续给药15 d后,于末次ig给药30 min后,在各组小鼠尾部负重小鼠体质量5%的铅片,放入水深30 cm,水温(30±2)℃的水箱中游泳,直至小鼠的头部沉入水中,经10 s仍不能返回水面视为力竭。记录小鼠游泳开始至力竭时间作为小鼠的力竭游泳时间。

2.3 SOD、LDH、BUN测定

SOD、LDH、BUN等指标对机体的氧化与抗氧化平衡起着至关重要的作用,能够反映肌肉LD清除代谢率,此酶能清除超氧阴离子自由基保护细胞免受损伤。对于衡量运动疲劳后的细胞损伤程度具有重要意义。

小鼠连续给药15 d后,于末次给药30 min后,将小鼠置于水深30 cm,水温(30±2)℃的水箱中游泳60 min,将小鼠捞出擦干,休息30 min,摘眼球取血,置于1.5 mL离心管,室温静置30 min,3 500 r/min离心15 min,分离血清,用SOD、LDH、BUN试剂盒分别测定。

2.4 全血LD测定

LD是糖无氧化(糖酵解)的代谢产物,LD产生于骨骼、肌肉、脑和红细胞,经肝脏代谢后由肾分泌排泄。血LD测定可反映组织氧供和代谢状态以及灌注量不足,LD在体内的增加主要是血氧缺乏和糖酵解速度增加。LD测定对疲劳引起的组织缺氧的研究有非常重要的作用。

按照“2.3”项方法使小鼠游泳,游泳休息后摘眼球取血,取0.1 mL置于肝素钠处理过的离心管中,加入试剂盒中的蛋白沉淀剂,混匀,3 500 r/min离心10 min取上清,用LD试剂盒测定并计算含量。

2.5 肝/肌糖原测定

肝/肌糖原是一种氧化能力很强的自由基,其性质很活泼,氧化各种有机物和无机物的反应速率极快,是造成组织脂质过氧化、核酸断裂、蛋白质和多糖分解的主要因素,与机体的疲劳、损伤、衰老和细胞吞噬能力有重要关系。

按照“2.3”项方法使小鼠游泳,取血后立即取肝脏和后肢肌肉组织,用生理盐水漂洗后,滤纸吸干,称质量,精确称取肝脏、后肢肌肉各100 mg,按照检测试剂盒要求将样本与碱液按1:3加入试管,沸水浴20 min,流水冷却,将肝糖原水解液配置成1%检测液,肌糖原水解液配置成5%检测液,配置空白与标准液,混匀,沸水浴5 min,冷却,于620 nm波长比色,计算糖原含量。

2.6 统计方法

应用SPSS 18.0软件处理数据,以 $\bar{x} \pm s$ 表示,采用方差分析,先进行方差齐性检验,用各组间均数的两两比较方法LSD进行统计;对非正态或方差不齐的数据进行适当的变量转换,待满足正态或者方差齐要求后,用转换后的数据进行统计;若变量转换后仍未达到正态或方差齐的目的,改用秩和检验进行统计。

3 结果

3.1 蝉花子实体对负重力竭游泳时间的影响

蝉花子实体对负重力竭游泳时间的影响结果如表1所示,与对照组比较,蝉花子实体低、中剂量和人参乙醇提取物对小鼠力竭游泳时间有显著延长作用($P < 0.05, 0.01$),且蝉花子实体低、中剂量和人参乙醇提取物组之间无显著性差异,说明这3组对延长小鼠力竭游泳时间的作用效果相当。

3.2 LD、LDH测定

表2结果显示,与对照组比较,蝉花子实体中、高剂量组全血LD水平无显著变化;人参乙醇提取

表1 蝉花子实体对小鼠负重力竭游泳时间的影响($\bar{x} \pm s, n=10$)

Table 1 Effect of Cicada flower fruiting body on mice swimming time ($\bar{x} \pm s, n=10$)

组别	剂量/ (g·kg ⁻¹)	游泳时间/s	游泳时间增加 率/%
对照	—	201.900±51.232	—
蝉花子	0.075	287.500±65.029**	42.40%
实体	0.150	271.091±56.836*	34.27%
	0.300	258.100±65.336	27.84%
人参乙醇	2.500	317.818±79.336*	57.41%
提取物			

与对照组比较: * $P < 0.05$ ** $P < 0.01$

* $P < 0.05$ ** $P < 0.01$ vs control group

物和蝉花子实体低剂量组LD水平显著下降($P < 0.05$)。与对照组比较,蝉花子实体高剂量组和人参乙醇提取物组血清中LDH含量显著升高($P < 0.05$)。

表2 蝉花子实体对运动后小鼠全血中LD、血清中LDH含量影响($\bar{x} \pm s, n=10$)

Table 2 Effects of Cicada flower fruiting body on blood LD and serum LDH in mice after exercise ($\bar{x} \pm s, n=10$)

组别	剂量/ (g·kg ⁻¹)	LD/(mmol·L ⁻¹)	LDH/(U·L ⁻¹)
对照	—	9.438±2.721	412.178±141.035
蝉花子	0.075	6.250±1.40*	374.707±140.515
实体	0.150	8.186±4.334	459.016±142.753
	0.300	10.010±4.080	614.104±163.002*
人参乙醇	2.500	5.387±1.945*	624.512±140.515*
提取物			

与对照组比较: * $P < 0.05$

* $P < 0.05$ vs control group

3.3 血清SOD、BUN测定

表3结果显示,与对照组比较,蝉花子实体低剂量和人参乙醇提取物组SOD含量显著升高($P < 0.05, 0.01$);蝉花子实体中、高剂量和人参乙醇提取物组BUN含量显著降低($P < 0.05, 0.01$)。

3.4 肝/肌糖原测定

如表4所示,与对照组比较,蝉花子实体低剂量组、人参乙醇提取物肝糖原水平显著升高($P < 0.05, 0.01$);蝉花子实体中剂量、人参乙醇提取物组肌糖原显著升高($P < 0.05, 0.01$)。

4 讨论

人参是传统中药,具有“大补元气,复脉固脱,补脾益肺,生津止渴,安神益智”之功效。在抗衰老、抗疲劳,提高机体免疫力方面具有显著效

表3 蝉花子实体对运动后小鼠血清中SOD、BUN含量影响($\bar{x} \pm s, n=10$)Table 3 Effects of Cicada flower fruiting body on serum SOD and BUN levels after exercise ($\bar{x} \pm s, n=10$)

组别	剂量/ (g·kg ⁻¹)	SOD/ (U·mL ⁻¹)	BUN/ (mmol·L ⁻¹)
对照	—	130.64±15.92	8.090±1.063
蝉花子实体	0.075	152.19±8.98*	7.881±1.399
	0.150	140.19±24.00	6.845±0.997*
	0.300	128.97±23.93	6.698±0.963**
人参乙醇提取物	2.500	173.25±28.32**	6.635±0.966**

与对照组比较: * $P < 0.05$ ** $P < 0.01$ * $P < 0.05$ ** $P < 0.01$ vs control group表4 蝉花子实体对运动后小鼠肝脏/肌肉组织中肝/肌糖元含量的影响($\bar{x} \pm s, n=10$)Table 4 Effect of Cicada flower fruiting body on content of glycogen in liver/muscle of mice after exercise ($\bar{x} \pm s, n=10$)

组别	剂量/ (g·kg ⁻¹)	肝糖原/(mg·g ⁻¹ 肝组织)	肌糖原/(mg·g ⁻¹ 肌肉组织)
对照	—	30.935±2.825	0.934±0.146
蝉花子实体	0.075	34.716±3.306*	0.888±0.236
	0.150	26.342±5.698	1.288±0.312**
	0.300	19.935±4.100	1.107±0.191
人参乙醇提取物	2.500	37.502±3.907**	1.218±0.193**

与对照组比较: * $P < 0.05$ ** $P < 0.01$ * $P < 0.05$ ** $P < 0.01$ vs control group

果^[16-19]。其治疗劳伤虚损、久虚不复、气血津液不足等证方面的作用多有报道。本项研究以人参作为阳性对照药物,旨在为评价蝉花抗运动疲劳方面的作用提供参考。

疲劳是指机体生理功能不能持续在特定水平,或不能维持预期的运动负荷强度,致使体力和运动耐力下降,造成工作能力和效率的降低,属于一种复杂的生理状态,主要由体内能量消耗过多和BUN、LD等代谢物质的累积而导致^[20-23]。疲劳主要体现为运动耐力下降,而负重游泳时间则作为反映运动耐力的最重要指标。与对照组比较,蝉花子实体低、中剂量和人参乙醇提取物对小鼠力竭游泳时间有显著延长作用,且蝉花子实体低、中剂量和人参对照组之间无显著差异,说明这3组对延长小鼠力竭游泳时间的作用效果相当。揭示蝉花子实体能明显延长小鼠负重游泳时间,从而提高受试动物的运动耐力。

SOD为自由基清除剂,它广泛存在于生物体的各种组织中,是清除超氧阴离子自由基的特异性酶,也是机体内清除活性氧自由基的第一道防线^[24-25]。因此,其活力是反映机体清除氧自由基能力的重要指标之一。本实验结果显示,与对照组比较,蝉花子实体低剂量和人参乙醇提取物组SOD含量显著升高。说明蝉花子实体低剂量及人参乙醇提取物能显著升高血清中SOD含量,进而有效清除疲劳过后机体产生的氧自由基,缓解并保护机体因疲劳引起的进一步损伤。

BUN是蛋白质的代谢产物,一般在短时间运动时,蛋白质不参与机体供能,而较长时间运动后,可利用的糖元耗竭,机体不能通过糖、脂肪代谢获得足够的能量时,蛋白质与氨基酸就会进入分解代谢,使血清中BUN含量增加^[26]。血清BUN如果不能及时运输,在体内积累后,将表现为肌体对负荷的适应能力差,肌体显示疲劳的现象。本实验结果表明,与对照组比较,蝉花子实体中、高剂量和人参乙醇提取物组BUN含量显著降低,说明蝉花子实体及人参提取物能够促进疲劳及体血清BUN的及时运输,使肌体对负荷的适应能力增强,进而有改善小鼠因运动分解体内蛋白质而造成疲劳的作用。

小鼠在力竭运动时,血浆pH值显著下降,血LDH值显著升高,是引起疲劳的重要原因之一。当组织的能量无法通过有氧呼吸得以满足,组织无法获得足够的氧或者无法足够快地处理氧的情况下LDH的浓度会上升。剧烈运动所产LDH供骨骼肌等组织氧化利用或运送肝脏再合肝糖元、而LDH堆积有可能导致骨骼肌细胞膜损伤和通透性增加^[27-28]。LDH是糖无氧酵解及糖异生的重要酶系之一,LDH可催化丙酮酸与LDH之间的还原与氧化反应,也可催化相关的 α -酮酸,为机体提供能量的同时可缓解机体因LDH堆积产生的疼痛和不适。运动可使骨骼肌LDH活力降低,骨骼肌与心肌中LDH在运动后大量进入血液,血清中LDH升高,而骨骼肌中的LDH活力却下降,从而血液中的pH值升高,致使了血LDH浓度的积累。本研究结果显示,与对照组比较,人参乙醇提取物和蝉花子实体低剂量组LDH水平显著下降,表明小鼠服用低剂量的蝉花子实体后可明显降低血浆LDH含量。LDH含量测定结果显示,与对照组比较,蝉花子实体高剂量组和人参乙醇提取物组血清中LDH含量显著升高,说明蝉花子实体高剂量组和人参乙醇提取物能显著升高血清中LDH含量。表明高剂量蝉花子实体可激活LDH,使血液中LDH

活力升高,进而促进机体的LD吸收和利用,缓解机体疲劳损伤。

BUN为蛋白质与氨基酸分解代谢的最终产物。当剧烈运动时,机体蛋白质及氨基酸的分解代谢也增强,生成尿素,血液内的BUN含量与机体功能、疲劳程度及负荷量大小成正相关^[26]。本实验结果显示,蝉花子实体中、高剂量和人参乙醇提取物组BUN含量显著降低,提示其可增加动物自身能量供给,增加肝糖原储备,从而减少蛋白质分解代谢供能,延缓机体出现疲劳感。

糖原是体内糖的主要储存形式,也是机体运动时主要能量来源。肌糖原在运动时提供供能;肝糖原在机体需要时分解功能,当其储备充足时,可增强抵抗力。在运动中,最容易被消耗的就是单糖原,任何糖原都要经过单糖原才能被身体所吸收。所以糖原的储备量,影响机体抗疲劳能力^[29-35]。本实验结果表明,蝉花子实体低、中剂量组可较显著增加肝糖原和肌糖原储备量,进而提高机体运动能力,延缓产生运动性疲劳。

中药是一个复杂的体系,如何能更有效的利用好特定的中药资源的开发极为关键,但研究者对于如何针对于特定病症的最优剂量筛选鲜有报道,事实上很多中药的对于特殊病症的治疗并不呈剂量相关关系,例如白术小剂量止泻,大剂量致泻^[36],麦芽小剂量催乳,大剂量回乳^[37]等不同用量会有完全不同的作用。本实验结果显示,蝉花子实体抗疲劳作用对于多数指标均呈现低、中剂量有效而高剂量效果不显著的现象,同样说明了蝉花子实体对于疲劳的相关指标的影响不呈剂量相关性,小剂量的蝉花子实体就能达到很好的抗疲劳效果,为蝉花子实体抗疲劳保健品开发的剂量选择奠定了基础。另一方面中药的作用机制复杂,低剂量能有效缓解疲劳的机制会在后续的实验中加以证实和补充。

本实验所选择测定的各生化指标与运动疲劳都有一定相关性。在疲劳感觉出现之前,机体已经发生了各种生化变化,正是由于这些生化指标的变化,才导致疲劳感觉发生。笔者推测蝉花子实体能够通过改善肌肉活动到疲劳时能源物质(如糖元、三磷酸腺苷、磷酸肌酸等)含量,使肌肉或血液中LD及丙酮酸等酸性物质的代谢速率增加。促进运动中产生的酸性代谢,使机体体液酸度值恢复,进而调节机体内环境。同时又可通过清除氧自由基攻击细胞膜及线粒体等其它生物膜,使膜的流动性增加,进而缓解疲劳过后的能量代谢紊乱。其机制

会在后续实验中进一步加以证实。

参考文献

- [1] 张颖捷,杜万红. 国内外抗疲劳研究进展 [J]. 实用预防医学, 2012, 19(7): 1112-1116.
- [2] 张忠亮,陈桃宝,尹彬,等. 不同培养基对蝉花培养物核苷类成分的影响 [J]. 药物评价研究, 2016, 39(5): 804-812.
- [3] 刘艳菊,张忠亮,董建飞,等. 不同培养因素对蝉花培养物中麦角甾醇的影响 [J]. 药物评价研究, 2016, 39(4): 608-614.
- [4] 张红霞,高新华,陈伟,等. 人工培育蝉花与天然蝉花中化学成分的比较 [J]. 食用菌学报, 2012, 19(3): 59-62.
- [5] 王琪,刘作易. 药用真菌蝉花的研究进展 [J]. 中草药, 2004, 34(4): 469-471.
- [6] 王琼,王春雷,何福根,等. 地方药材金蝉花的研究进展 [J]. 肿瘤学杂志, 2013, 19(3): 227-230.
- [7] 杜兰屏,陈以平,张春崧,等. 金蝉补肾汤治疗慢性间质性肾炎的临床观察 [J]. 中国中西医结合肾病杂志, 2007, 8(4): 214-216.
- [8] 韩彦彬,赵鹏,李彬,等. 虫草片抗疲劳功能的动物实验研究 [J]. 中国卫生检验杂志, 2009, 19(11): 2498-2499.
- [9] 宁青,宋捷,陈斌,等. 复方蛹虫草制剂抗疲劳作用的实验研究 [J]. 江苏中医药, 2011, 43(11): 88-89.
- [10] 徐廷万,王丽波,段文健,等. 人工蛹虫草胞外多糖对受抑制的免疫功能的影响及抗疲劳作用 [J]. 中药药理与临床, 2002, 18(6): 17-18.
- [11] 樊柏林,李宇红,李新兰. 冬虫夏草的抗疲劳作用研究 [J]. 公共卫生与预防医学, 2000(2): 25-25.
- [12] 吴炳英,高玉清,刘桂香,等. 人工培养冬虫夏草菌丝的毒性及其抗疲劳、降血脂作用的研究 [J]. 现代预防医学, 2007, 34(16): 3096-3097.
- [13] 陈新霞,吕中明,石根勇,等. 冬虫夏草菌丝体的抗疲劳作用研究 [J]. 中国生化药物杂志, 2009, 30(5): 321-323.
- [14] 栾洁,陈雅琳,储智勇,等. 冬虫夏草子实体对小鼠抗疲劳及耐缺氧能力的影响 [J]. 时珍国医国药, 2013, 24(1): 47-48.
- [15] 温鲁,唐玉玲,张平. 蝉花与有关虫草活性成分检测比较 [J]. 江苏中医药, 2006, 27(1): 45-46.
- [16] 龚梦鹃,谢媛媛,邹忠杰. 基于小鼠游泳计算机自动控制系统的人参抗疲劳作用研究 [J]. 中国实验方剂学杂志, 2014, 20(03): 140-143.
- [17] 李波. 人参陈皮及其配伍抗疲劳实验研究 [D]. 沈阳: 辽宁中医药大学, 2001.
- [18] 林雅,尚尔鑫,徐颖,等. 基于生理病理条件考察藜芦对人参抗疲劳作用的影响 [J]. 中国实验方剂学杂志, 2014, 20(3): 124-128.
- [19] 姚根兰,张娅萍,欧阳柳凤,等. 人参抗疲劳作用的研究进展 [J]. 世界中西医结合杂志, 2015(8): 1174-1177.

- [20] 肖国强. 对乳酸在肌肉疲劳中作用的再认识 [J]. 体育科学, 2007, 27(9): 92-96.
- [21] 王 静, 刘洪涛, 马 强, 等. 运动性中枢疲劳及乳酸对大鼠大脑皮质神经细胞MCT mRNA表达的影响 [J]. 中国运动医学杂志, 2007, 26(1): 52-55.
- [22] 周 越, 王瑞元. 骨骼肌运动性疲劳乳酸机制研究进展 [J]. 天津体育学院学报, 2010, 25(6): 518-521.
- [23] 冯毅翀, 赵自明, 陈 媛, 等. 人参皂苷Re对运动性疲劳模型大鼠MDA含量和SOD活性的影响 [J]. 中药新药与临床药理, 2009, 20(6): 542-544.
- [24] 刘树滔, 陈 航, 蔡玉婷, 等. 重组SOD抗运动性疲劳和抗氧化的初步研究 [J]. 中国应用生理学杂志, 2009(1): 137-138.
- [25] 张笑天, 郑晓琰. 氧化自由基清除剂超氧化物歧化酶与疾病 [J]. 中国公共卫生, 2014, 30(10): 1349-1352.
- [26] 黄林章, 黄宝康, 秦路平. 中药抗疲劳作用机制的研究进展 [J]. 现代药物与临床, 2010, 25(3): 161-165.
- [27] 金 菊. 大鼠死后肝脏组织糖原能量物质变化规律与死亡时间关系的研究 [D]. 成都: 四川大学, 2007.
- [28] 单发波. 缺氧大鼠心肌AMPK磷酸化和糖原含量的改变及其机制的初步研究 [D]. 重庆: 第三军医大学, 2011.
- [29] 张 超, 卢 艳, 郭贯新, 等. 苦荞麦蛋白质抗疲劳功能机理的研究 [J]. 食品与生物技术学报, 2005, 24(6): 78-82.
- [30] 沈维治, 邹宇晓, 林光月, 等. 玛咖抗疲劳作用及活性组分研究 [J]. 食品与生物技术学报, 2014(7): 721-726.
- [31] 张慧云. 玫瑰红景天中络塞维的纯化及抗疲劳特性研究 [D]. 无锡: 江南大学, 2013.
- [32] 齐红霞. 藏灵菇发酵乳的抗疲劳作用研究 [D]. 长春: 吉林大学, 2008.
- [33] 林 楠, 钟琳琳, 李 娜, 等. 人参花提取物抗疲劳作用的研究 [J]. 长春中医药大学学报, 2010, 26(6): 336-337.
- [34] 胡 春, 谭晓东. 某保健品抗疲劳作用的实验研究 [J]. 武汉科技大学学报(自然科学版), 2006, 29(2): 197-198.
- [35] 史丽萍, 马东明, 解丽芳, 等. 力竭性运动对小鼠肝脏超微结构及肝糖原肌糖原含量的影响 [J]. 辽宁中医杂志, 2005, 32(9): 971-972.
- [36] 张佳艺, 闫梓乔, 李 应, 等. 大剂量白术临床应用现状 [J]. 河南中医, 2018, 31(5): 801-803.
- [37] 田秋扬. 浅谈土家药麦芽剂量与催乳回乳的关系 [J]. 中国民族医药杂志, 2008, 5(5): 37-38.