

DOI: 10.16210/j.cnki.1007-7561.2022.05.018

吴名草, 王晶, 沈旭丹, 等. 人参葛根植物饮料对小鼠体力疲劳的缓解作用研究[J]. 粮油食品科技, 2022, 30(5): 212-218.

WU M C, WANG J, SHEN X D, et al. Research on relieving effect of botanical beverage with ginseng extract and pueraria extract on physical fatigue in mice[J]. Science and Technology of Cereals, Oils and Foods, 2022, 30(5): 212-218.

# 人参葛根植物饮料对小鼠体力疲劳的缓解作用研究

吴名草, 王晶, 沈旭丹, 郁星

(江阴天江药业有限公司, 江苏 无锡 214429)

**摘要:** 体力疲劳已经成为困扰公众健康的重要问题之一。考察以人参、枸杞、黄精、葛根、烟酸等为主要原料的人参葛根植物饮料对缓解小鼠体力疲劳作用的效果。将60只ICR雄性小鼠随机分成6组,依次是空白对照组、试验对照组(游泳组)、阳性对照组(咖啡因组)、人参葛根植物饮料低剂量组(3.33 g/kg BW)、人参葛根植物饮料中剂量组(6.67 g/kg BW)、人参葛根植物饮料高剂量组(13.33 g/kg BW),连续灌胃30 d,进行抓力和转棒行为学试验以及疲劳相关生化指标检测。相比于空白对照组,人参葛根植物饮料中、高剂量组和咖啡因组显著提高了小鼠的疲劳转棒时间以及前肢拉力;与游泳组相比,中剂量组能使体力疲劳小鼠的血糖水平、肝糖原和肌糖原的储备量分别提升53.58%、18.75%和45.00%,体内血乳酸、尿素氮的堆积量以及乳酸脱氢酶、肌酸激酶的活性分别降低5.56%、18.78%、27.18%和9.45%。综上,人参葛根植物饮料具备缓解体力疲劳的效用。

**关键词:** 体力疲劳; 人参; 葛根; 负重游泳模型; 行为学; 血清生化指标

中图分类号: TS201.4 文献标识码: A 文章编号: 1007-7561(2022)05-0212-07

## Research on Relieving Effect of Botanical Beverage with Ginseng Extract and Pueraria Extract on Physical Fatigue in Mice

WU Ming-cao, WANG Jing, SHEN Xu-dan, YU Xing

(Jiangyin Tianjiang Pharmaceutical Co., Ltd, Wuxi, Jiangsu 214429, China)

**Abstract:** Physical fatigue is one of the important problems that plague public health. Our objective is to investigate the anti-fatigue effect of a botanical beverage with ginseng extract and pueraria extract, including ginseng, wolfberry, Polygonatum, Pueraria, and niacin. Sixty ICR male mice were randomly divided into 6 groups, namely blank control group, experimental control group (swimming group), positive control group (caffeine group), low-dose group (3.33 g/kg BW), medium-dose group (6.67 g/kg BW), and high-dose group (13.33 g/kg BW) of botanical beverage. Then we performed behavioral examination, including grip and turn-club test, and investigated fatigue-related biochemical indexes and behavioral tests after consecutive gavage administration for 30 days. Results showed that the fatigue rotarod time and forelimb pulling force of the mice are significantly increased in the middle and high dose groups of botanical beverage and the caffeine group, compared with the blank control group. The contents of blood sugar level, liver glycogen,

收稿日期: 2022-03-04

作者简介: 吴名草, 女, 1988年出生, 硕士, 中级工程师, 研究方向为食品营养学。E-mail: wumc@tianjiang.com.

and muscle glycogen of the mice in the middle dose group increased by 53.58%, 18.75%, and 45.00%, respectively, compared with the swimming group. While the contents of blood lactate and urea nitrogen and the activities of lactate dehydrogenase and creatine kinase in the middle-dose group decreased by 5.56%, 18.78% and 27.18%, 9.45%, respectively. It's concluded that botanical beverage with ginseng extract and pueraria extract had the effect on relieving physical fatigue.

**Key words:** physical fatigue; ginseng; pueraria; loaded swimming model; behavior; serum biochemical indexes

随着工作和生活压力日益加大,人们经常会产生疲劳感。疲劳是指机体经超长时间或超高强度的体力或脑力劳动后,无法继续保持其生理机能在特定水平或其运动强度在预定的强度<sup>[1]</sup>。现代医学认为,疲劳可被划分为脑力、体力、病理及心理四方面的疲劳状态。其中,体力疲劳会使机体出现各种生物调节和各大系统运行障碍,一般呈现出情绪低落、精神不振、记忆减退、动作迟缓、周身无力、腰膝酸软、肌肉酸痛等症状,严重时能够造成慢性疲劳综合征的发生<sup>[2]</sup>。据统计,疲劳的发生率约为 7%~45%,已成为困扰现代人身心健康的关键问题<sup>[3]</sup>。诸多因素均会导致体力疲劳的发生,主要发生机制可概括为三大类,分别为能量耗竭、代谢产物蓄积以及机体氧化应激失衡<sup>[4]</sup>。

目前,市场上常见的抗疲劳产品一般通过添加咖啡因等成分发挥作用,且部分产品添加量都超过了人体安全极限。咖啡因只能刺激中枢神经产生短时的兴奋,长期服用会出现耐受性,且过量摄入还可能会引发心血管疾病<sup>[5]</sup>。研究显示,部分药食同源物质的摄入,能促进糖原的合成、缓解机体的氧化应激反应,加快机体清除代谢物的速度,从而表现出了缓解体力疲劳相关的潜力<sup>[6-10]</sup>。

根据 2003 版《保健食品检验与评价技术规范》<sup>[11]</sup>的要求,本研究针对由人参、枸杞、黄精、葛根与烟酸等物质复配而成的人参葛根植物饮料,进行缓解体力疲劳的效果评价,为人参葛根植物饮料的应用和推广提供理论依据。

## 1 材料与方 法

### 1.1 材料与试剂

人参葛根植物饮料:江阴天江药业有限公司;

咖啡因标准品(标准值:99.8%):北京中科质检生物技术有限公司;乳酸测定试剂盒(blood lactic acid, BLA)、糖原测定试剂盒、血尿素氮测定试剂盒(blood urea nitrogen, BUN):南京建成生物科技公司;乳酸脱氢酶(lactate dehydrogenase, LDH)ELISA 试剂盒、肌酸激酶(creatine kinase, CK)ELISA 试剂盒:南京森贝伽生物科技公司。

### 1.2 仪器与设备

小鼠抓力测定仪(YLS-13A):济南益延科技发展有限公司;疲劳转棒仪(ZB-200):成都开东科技有限公司;罗氏血糖仪(ACCU-Chek):Roche Diabetes Care GmbH;多功能酶标仪(BioTekInstruments):美国赛默飞世尔科技公司。

### 1.3 试验动物

5 周龄雄性 SPF 级 ICR 小鼠:浙江维通利华实验动物技术有限公司。

### 1.4 试验方法

#### 1.4.1 动物试验设计

60 只 5 周龄的 ICR 雄性小鼠,经过 7 d 的适应期后,按每组 10 只随机分为 6 组,具体分组见表 1。小鼠的饲养环境为温度(23.1±0.9)℃、相对湿度 52.8%±3.0%、换气次数为 10~20 次/h、光照 12 h 和黑夜 12 h 清洁干燥条件下,并能够自由饮食、饮水。试验方案经江南大学实验动物中心伦理委员会审查批准(JN.No20210415i1200610)。

如表 1 所示,小鼠随机分成 6 组,依次是灌胃无菌生理盐水的空白组、灌胃无菌生理盐水的试验对照游泳组、灌胃咖啡因的咖啡因组、以及分别灌胃低、中、高剂量组人参葛根植物饮料的 3 组,根据分组情况和灌胃物质要求,各组小鼠连续 30 d 灌胃 0.02 mL/g·bw 的灌胃物质进行干预

表 1 试验小鼠的分组及处理方式

Table 1 Grouping and processing methods of experimental mice

| 组别          | 灌胃物质     | 灌胃剂量/(g/kg)          | 相当于人体推荐摄入量倍数/倍 |
|-------------|----------|----------------------|----------------|
| 空白组 (n=10)  | 无菌生理盐水   | /                    | /              |
| 游泳组 (n=10)  | 无菌生理盐水   | /                    | /              |
| 咖啡因组 (n=10) | 咖啡因溶液    | 0.01 <sup>[12]</sup> | /              |
| 低剂量组 (n=10) | 人参葛根植物饮料 | 3.33                 | 5              |
| 中剂量组 (n=10) | 人参葛根植物饮料 | 6.67                 | 10             |
| 高剂量组 (n=10) | 人参葛根植物饮料 | 13.33                | 20             |

注: 无菌生理盐水、咖啡因溶液、人参葛根植物饮料均通过口服灌胃给予小鼠。人参葛根植物饮料的剂量选择依据《保健食品检验与评价技术规范》<sup>[11]</sup>、预试验结果和毒性试验相关资料, 本次试验设人参葛根低、中、高 3 个剂量组, 以人参葛根植物饮料的人体推荐剂量为每日 40 g/60 kg、标准人体体重 60 kg 进行换算, 相当于人体推荐摄入量的 5 倍量为低剂量组, 10 倍量为中剂量组, 20 倍量为高剂量组。

Notes: Sterile normal saline, caffeine solution, and botanical beverage with ginseng extract and pueraria extract were all administered to mice by oral gavage. The dose selection of botanical beverage with ginseng extract and pueraria extract was based on the "Technical Standards for Testing & Assessment of Health Foods"<sup>[11]</sup>, pre-test results and toxicity test data. This test set up three dose groups of botanical beverage, namely low dose group, middle dose group and high dose group. The recommended human dose was calculated as 40 g/60 kg per day, and the standard human body weight is calculated as 60 kg. The low-dose group, medium-dose group and high-dose group of botanical beverage were equivalent to 5 times, 10 times and 20 times the recommended nutrient intake, respectively.

试验。且在第 30 d 时, 除空白组外, 其余各组均建立负重游泳运动性疲劳模型。

#### 1.4.2 小鼠转棒持续时间的测定

小鼠转棒试验参考王艺博等<sup>[13]</sup>的方法, 在第 27 d 和第 28 d 灌胃结束 30 min 后进行转棒试验, 前一天为转棒训练, 记录后一天正式试验中各组小鼠的转棒持续时间以评估小鼠的运动平衡性。

#### 1.4.3 小鼠抓力的测定

小鼠抓力试验参考 HSU 等<sup>[14]</sup>的方法, 在第 28 d 灌胃结束 30 min 后, 测定并记录小鼠的前肢抓力用于考察小鼠的肌肉力量。

#### 1.4.4 小鼠负重游泳模型的建立

第 30 d, 灌胃结束 30 min 后, 参考《保健食品检验与评价技术规范》中缓解体力疲劳功能评价方法<sup>[11]</sup>, 针对游泳组、咖啡因组、低剂量组、中剂量组、高剂量组小鼠建立负重游泳运动性疲劳模型。

#### 1.4.5 小鼠疲劳相关指标的测定

造模结束后, 取眼球血处理后得血清。参照相应试剂盒说明书测定血清中尿素氮、乳酸、血糖、肝糖原、肌糖原、乳酸脱氢酶、肌酸激酶的含量。

### 1.5 数据分析

数据结果以“平均数±标准差”表示, 以 GraphPad Prism 7.0 进行数据统计分析和绘图。数

据统计采用单因素方差分析和 Dunnett-t 检验进行显著性差异分析,  $P < 0.05$  表示显著性差异具有统计学意义。

## 2 结果与讨论

### 2.1 人参葛根植物饮料对小鼠运动能力的影响

体力疲劳通常表现为中枢性疲劳及外周性疲劳两种, 其中, 中枢性疲劳的产生原因为中枢神经系统发生损伤, 其损伤情况可以直接用行为学试验评价。目前, 评价小鼠运动能力和疲劳程度常用的方法有前肢抓力试验和转棒试验。前肢抓力试验作为评估运动后神经系统损伤的重要指标, 常用于检测机体的肌肉力量, 能直观反映机体的疲劳程度<sup>[15-16]</sup>。转棒试验是评价小鼠运动的协调性和平衡性的关键指标, 能反映出机体运动的持续稳定时间从而直接反映疲劳程度<sup>[17]</sup>。

结果如图 1 所示, 各剂量组人参葛根植物饮料相比于空白组均能够提高小鼠的前肢抓力、延长转棒持续时间, 且随着剂量增加, 小鼠的抓力和转棒持续时间呈现先提高后降低的趋势, 其中中剂量组效果最佳, 达到咖啡因组小鼠的运动水平。说明人参葛根植物饮料具有减轻神经疲劳损伤程度、提高小鼠运动能力的作用。研究显示, 小鼠抓力和转棒时间等行为学指标与机体运动耐

力和疲劳状态紧密相关, 人参葛根植物饮料中的人参、黄精、烟酸等组分通过刺激下丘脑-垂体-肾上腺轴, 抑制 5-羟色胺、 $\gamma$ -氨基丁酸等抑制性神经递质的分泌, 促进多巴胺等兴奋性神经递质的合成, 引起大脑皮质细胞的神经兴奋度, 使其释放神经冲动的频率提高, 从而达到延长运动时间、延缓中枢神经疲劳的目的, 这与 MA 等<sup>[18]</sup>、

付莉慧<sup>[19]</sup>、LUO 等<sup>[20]</sup>的研究结果相同。

同时, 本试验表明, 人参葛根植物饮料的缓解体力疲劳效果呈现出一定的剂量依赖性, 其中中剂量人参葛根植物饮料提高小鼠运动能力效果最佳。这可能是由于人参能够双向调节机体的中枢神经系统, 小剂量人参的摄入能提高机体的兴奋度, 而大剂量人参的摄入会产生抑制效果<sup>[21]</sup>。

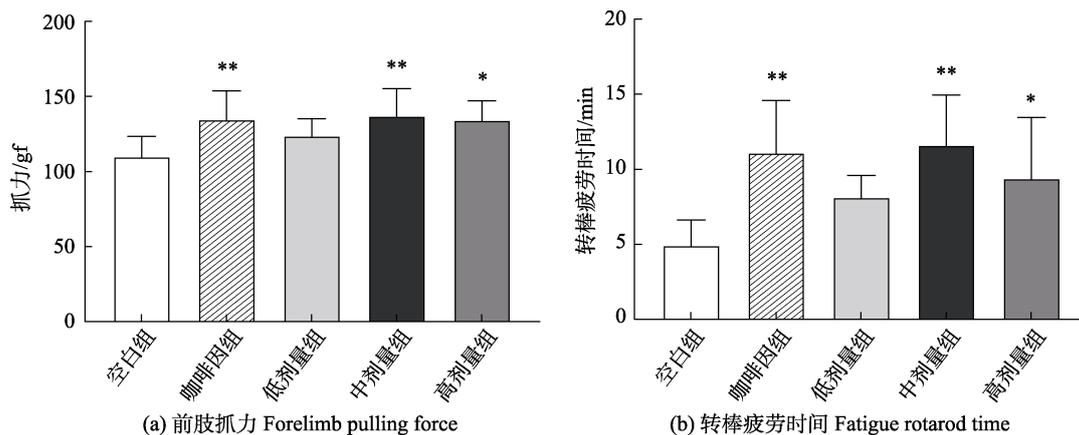


图 1 人参葛根植物饮料对小鼠前肢抓力和转棒疲劳时间的影响

Fig.1 The effect of botanical beverage with ginseng extract and pueraria extract on the forelimb pulling force and the fatigue rotarod time of the rotating rod of mice

注: 与空白组比较, \* $P < 0.05$ , \*\* $P < 0.01$

Notes: Compared with blank group, \* $P < 0.05$ , \*\* $P < 0.01$

## 2.2 人参葛根植物饮料对小鼠疲劳相关生化指标的影响

负重游泳试验能增加机体氧化损伤水平, 提高肌细胞膜通透性, 促进血清中尿素和乳酸等代谢产物的堆积, 并提高乳酸脱氢酶的活性, 达到产生体力疲劳的目的。本试验参考《保健食品功能评价》中缓解体力疲劳试验方法, 评估了不同试验组小鼠在负重游泳后的相关代谢产物水平。

### 2.2.1 人参葛根植物饮料对小鼠运动后机体代谢产物的影响

机体尿素氮和乳酸含量为机体运动疲劳程度的衡量提供关键判定标准。当运动量达到一定程度后, 糖和脂肪代谢分解速率不足以满足机体能量所需, 此时机体开始提高蛋白质和氨基酸分解水平, 继而引起血尿素氮含量显著增加, 机体疲劳感增强; 而随着疲劳程度的加重, 机体氧气量不足, 为满足机体运动需求, 无氧代谢水平提高, 但其在保证能量供应的同时伴随着乳酸的生成,

造成乳酸大量堆积, 产生肌肉疲劳现象<sup>[22]</sup>。

由图 2 可知, 游泳组小鼠的 BUN 含量 (9.61 mmol/L) 和 BLA 含量 (480.7  $\mu$ g/L) 显著高于空白组 ( $P < 0.01$ ), 说明利用负重力竭游泳法成功建立了小鼠运动性疲劳模型。与游泳组相比, 中剂量组和高剂量组小鼠的 BLA 水平显著降低, 且结果呈剂量依赖性, 中剂量组小鼠的 BUN 含量显著降低 ( $P < 0.05$ ), 与咖啡组效果相近。结果表明, 人参葛根植物饮料可以有效清除 BUN 和 BLA 积累, 且中剂量组的效果最优, 说明人参葛根植物饮料具有良好的清除机体运动代谢产物的作用。可能是人参葛根植物饮料增强 BLA 和 BUN 的代谢分解, 清除机体运动疲劳产生的氧化自由基, 从而减轻体力疲劳, 这与其组成成分紧密相关<sup>[18-20]</sup>。此外, 试验发现, 低、中、高剂量组小鼠 3 个指标水平呈现剂量依赖性的兴奋-抑制的趋势, 其中中剂量组效果相对较突出, 与小鼠运动能力的剂量依赖性趋势一致。

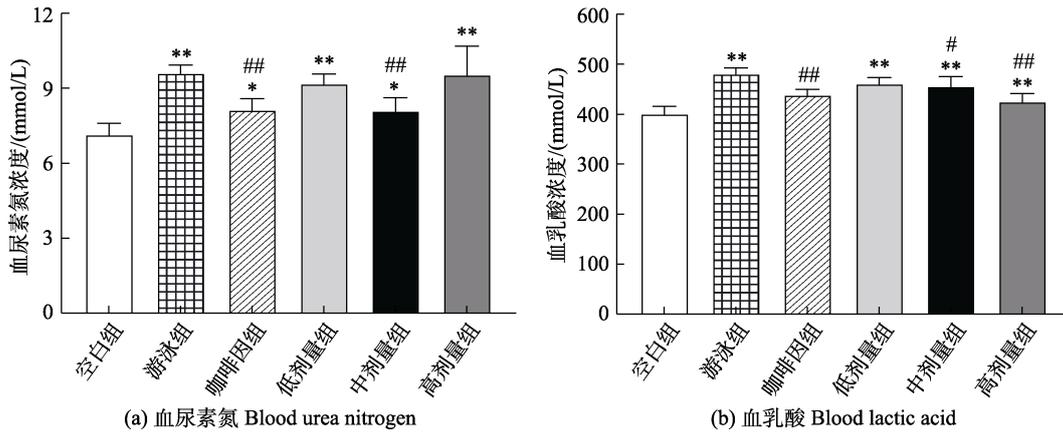


图 2 人参葛根植物饮料对运动小鼠尿素氮、乳酸的影响

Fig.2 The effect of botanical beverage with ginseng extract and pueraria extract on blood urea nitrogen and blood lactic acid in exercised mice

注: \* $P < 0.05$ , \*\* $P < 0.01$ , 与空白组比较; # $P < 0.05$ , ## $P < 0.01$ , 与游泳组比较。下同

Notes: \* $P < 0.05$ , \*\* $P < 0.01$ , compared with the blank group; # $P < 0.05$ , ## $P < 0.01$ , compared with the swimming group. The same below.

### 2.2.2 人参葛根植物饮料对小鼠运动后机体能源物质的影响

在一定程度上, 机体内糖原的存量及糖原的代谢分解情况能够代表其抗疲劳的水平。在运动中, 肌糖原首先为肌肉供应了主要能量, 随后肝脏组织中储备的肝糖原分解, 以血糖形式运输全身供能。因此, 血糖、肝脏和肌肉中糖原水平都是与疲劳有关的重要因素, 是疲劳产生快慢程度的直接表现<sup>[23]</sup>。

如图 3 所示, 高剂量组肝糖原含量和低、中、高剂量组肌糖原含量均显著高于游泳组, 且各剂量组的肝糖原和肌糖原水平呈剂量依赖性。此外, 中高剂量人参葛根植物饮料的摄入, 能在一定程度上提高游泳后小鼠的能量物质的转化, 提高血

糖水平, 防止因大脑能量供应不足而引起中枢疲劳, 这是其组成原料人参、黄精等共同作用的结果<sup>[6-10]</sup>。但摄入高剂量人参葛根植物饮料的小鼠血糖水平无法持续升高, 这可能是由于高剂量人参葛根植物饮料的摄入使小鼠的血糖含量恢复到正常水平后, 并进一步促进了其转化为糖原进行储备, 其结果与肝糖原及肌糖原含量的变化趋势相呼应。结果表明人参葛根植物饮料的摄入使小鼠能量的储备呈剂量依赖性的增加, 并提高能量分解产物的浓度, 提供持久的能量以支撑持续性运动, 从而延缓因能量耗竭而引起的体力疲劳。

### 2.2.3 人参葛根植物饮料对小鼠运动后氧化应激相关指标的影响

乳酸脱氢酶和肌酸激酶的活性是判断机体肌

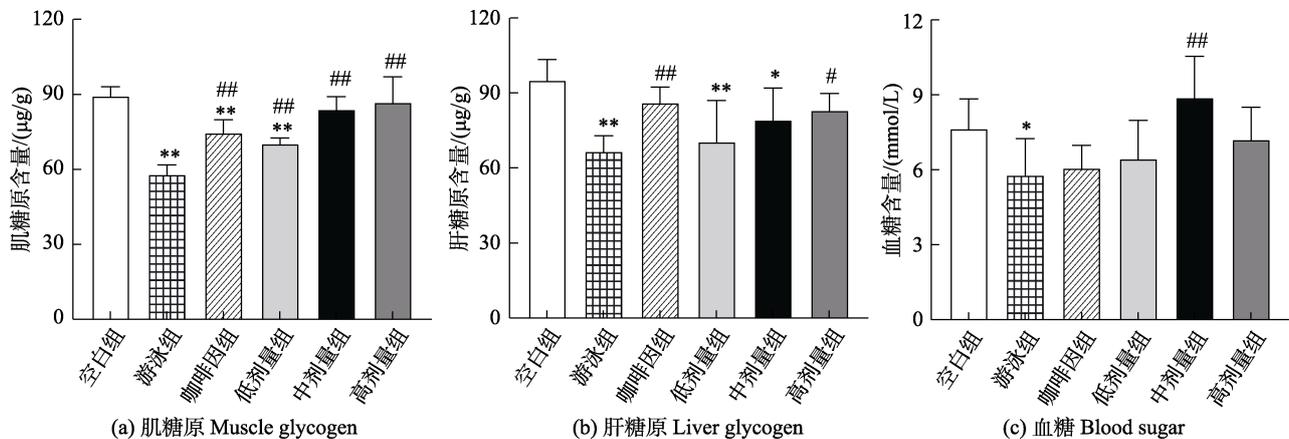


图 3 人参葛根植物饮料对运动小鼠的肌糖原、肝糖原、血糖水平的影响

Fig.3 The effect of botanical beverage with ginseng extract and pueraria extract on muscle glycogen, liver glycogen and blood sugar levels in exercised mice

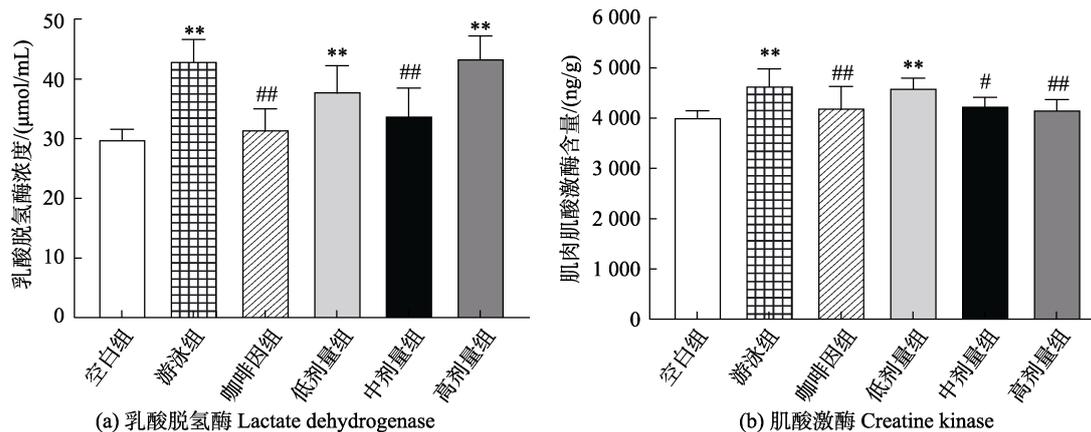


图4 人参葛根植物饮料对运动小鼠的乳酸脱氢酶和肌酸激酶水平的影响

Fig.4 The effect of botanical beverage with ginseng extract and pueraria extract on the levels of lactate dehydrogenase and creatine kinase in exercised mice

肉损伤程度的关键参数。乳酸脱氢酶作为无氧代谢的标志性酶，在剧烈运动时，机体会发生氧化应激反应，破坏肌细胞的完整性，增大细胞膜通透性，进而使血清中乳酸脱氢酶活性提升。同时，肌酸激酶作为一种重要激酶，能够直接参与细胞内能量的再生和运转等过程，也是影响肌肉收缩的关键因素之一，此外，还是确定肌肉损伤程度的重要标志物质<sup>[24]</sup>。

由图4可知，与游泳组相比，中剂量组的LDH活性以及中剂量组、高剂量组的CK活性均显著降低，且呈现一定的剂量依赖性，表明口服中剂量人参葛根植物饮料能缓解机体氧化应激反应、减轻急性运动对肌肉组织造成的损伤。这可能是因为人参葛根植物饮料各组分<sup>[18-20]</sup>能通过抑制细胞膜通透性、降低LDH的活性，促进乳糖的糖异生过程，进而加快运动能力的恢复，同时，其还能达到降低运动后肌肉损伤的目的。

### 3 结论

通过建立负重游泳诱导的运动性疲劳模型，探讨了人参葛根植物饮料对缓解体力疲劳作用的效果。结果表明，人参葛根植物饮料具有缓解体力疲劳的作用，且其作用效果呈一定的剂量依赖性，其中，中剂量人参葛根植物饮料对体力疲劳的改善效果最优。灌胃中剂量、高剂量的人参葛根植物饮料使小鼠的疲劳转棒时间和前肢拉力显著增加，且中剂量人参葛根植物饮料能够显著提高体力疲劳小鼠的血糖水平和糖原储备、减少血

乳酸和尿素氮堆积、降低乳酸脱氢酶和肌酸激酶活性。综上，人参葛根植物饮料能够有效缓解负重游泳引起的小鼠体力疲劳。

### 参考文献:

- [1] 李雍, 林峰, 秦勇, 等. 玉米肽缓解小鼠体力疲劳的作用[J]. 中国食品学报, 2020, 20(12): 141-146.  
LI Y, LIN F, QIN Y, et al. Effect of corn peptide on alleviating physical fatigue in mice[J]. Journal of Chinese Institute of Food Science and Technology, 2020, 20(12): 141-146.
- [2] VERCOULEN J, BAZELMANS E, SWANINK C M A, et al. Physical activity in chronic fatigue syndrome: assessment and its role in fatigue[J]. Journal of Psychiatric Research, 1997, 31(6): 661-673.
- [3] 张宏霞, 武宏伟, 刘新民. 抗疲劳药食两用中药现状分析[J]. 湖南中医药大学学报, 2017, 37(10): 1166-1172.  
ZHANG H X, WU H W, LIU X M. Analysis of anti-fatigue herbal products originated from food-drug herbs[J]. Journal of Hunan University of Chinese Medicine, 2017, 37(10): 1166-1172.
- [4] TANAKA M, ISHII A, WATANABE Y. Neural mechanism of facilitation system during physical fatigue[J]. PLoS One, 2013, 8(11): 80731-80738.
- [5] KUMAR V, KAUR J, PANGHAL A, et al. Caffeine: a boon or bane[J]. Nutrition & Food Science, 2018, 48(1): 1-28.
- [6] LU G, LIU Z, WANG X, et al. Recent advances in *Panax ginseng* CA Meyer as a herb for anti-fatigue: an effects and mechanisms review[J]. Foods, 2021, 10(5): 1030-1052.
- [7] ZHANG Q W. Development of *physalis pubescens* L. and *wolfberry* compound liquid nutrition beverage and its anti-fatigue effect on sports[J]. Food Research and Development, 2020, 41(9): 141-145.
- [8] SHEN W D, LI X Y, DENG Y Y, et al. *Polygonatum cyrtonea* Hua polysaccharide exhibits anti-fatigue activity via regulating osteocalcin signaling[J]. International Journal of Biological

- Macromolecules, 2021, 175: 235-241.
- [9] YE H T S, CHAN K H, HSU M C, et al. Supplementation with soybean peptides, taurine, *Pueraria* isoflavone, and *ginseng* saponin complex improves endurance exercise capacity in humans[J]. Journal of medicinal food, 2011, 14(3): 219-225.
- [10] TANG Y, LI S, LI S, et al. Screening and isolation of potential lactate dehydrogenase inhibitors from five Chinese medicinal herbs: Soybean, *Radix pueraria*, *Flos pueraria*, *Rhizoma belamcandae*, and *Radix astragalii*[J]. Journal of Separation Science, 2016, 39(11): 2043-2049.
- [11] 中华人民共和国卫生部. 保健食品检验与评价技术规范[M]. 2003.  
Ministry of Health of the People's Republic of China. Technical Standards for Testing & Assessment of Health Foods[M]. 2003.
- [12] ZHU M J, ZHU H Z, DING X M, et al. Analysis of the anti-fatigue activity of polysaccharide from *Spirulina platensis*: role of central 5-hydroxytryptamine mechanisms[J]. Food & Function, 2020, 11(2): 1826-1834.
- [13] 王艺博, 王峰, 肖智勇, 等. 大株红景天胶囊提高小鼠耐常压缺氧能力和抗疲劳作用[J]. 中国药理学与毒理学杂志, 2021, 35(6): 420-426.  
WANG Y B, WANG F, XIAO Z Y, et al. Large plant *Rhodiola* capsules improve normobaric hypoxia tolerance and anti-fatigue action in mice[J]. Chinese Journal of Pharmacology and Toxicology, 2021, 35(6): 420-426.
- [14] HSU Y J, HUANG W C, LIN J S, et al. Kefir supplementation modifies gut microbiota composition, reduces physical fatigue, and improves exercise performance in mice[J]. Nutrients, 2018, 10(7): 862-878.
- [15] ZHU H, XU W, WANG N, et al. Anti-fatigue effect of *Lepidium meyenii* Walp. (Maca) on preventing mitochondria-mediated muscle damage and oxidative stress in vivo and vitro[J]. Food & Function, 2021, 12(7): 3132-3141.
- [16] 刘旭东, 刘文俊, 孙大宇, 等. 脾气虚证模型大鼠神疲乏力的客观化评价[J]. 中华中医药杂志, 2015, 30(3): 699-701.  
LIU X D, LIU W J, SUN D Y, et al. Objective evaluation study of physical and mental fatigue in rats with spleen qi deficiency syndrome[J]. China Journal of Traditional Chinese Medicine and Pharmacy, 2015, 30(3): 699-701.
- [17] 周博宇, 孙兰, 隋自洁, 等. 人参茎叶水提取物对ICR小鼠耐力的影响[J]. 医学动物防制, 2021, 37(1): 61-63.  
ZHOU B Y, SUN L, SUI Z J, et al. Effects of water extracts of ginseng stems and leaves on endurance of ICR mice[J]. Journal of Medical Pest Control, 2021, 37(1): 61-63.
- [18] MA G D, CHIU C H, HSU Y J, et al. Changbai Mountain ginseng (*Panax ginseng* CA Mey) extract supplementation improves exercise performance and energy utilization and decreases fatigue-associated parameters in mice[J]. Molecules, 2017, 22(2): 237-251.
- [19] 付莉慧. 滇黄精粗多糖含片制备工艺及其抗疲劳作用的初步研究[D]. 云南: 云南中医药大学, 2019.  
FU L H. Preliminary study on the preparation process and anti-fatigue effect of *polygonatum kingianum* crude polysaccharide[D]. Yunnan: Yunnan University of Traditional Chinese Medicine, 2019.
- [20] LUO C H, XU X R, WEI X C, et al. Natural medicines for the treatment of fatigue: bioactive components, pharmacology, and mechanisms[J]. Pharmacological Research, 2019, 148: 104409.
- [21] 贾执瑛, 谢燮, 王晓艳, 等. 人参主要成分对大鼠免疫功能的比较研究[J]. 中国中药杂志, 2014, 39(17): 3363-3366.  
JIA Z Y, XIE X, WANG X Y, et al. Comparative study of main components of ginseng on immune function of rats[J]. China Journal of Chinese Materia Medica, 2014, 39(17): 3363-3366.
- [22] WANG P X, ZENG H L, LIN S L, et al. Anti-fatigue activities of hairtail (*Trichiurus lepturus*) hydrolysate in an endurance swimming mice model[J]. Journal of Functional Foods, 2020, 74: 104207-104217.
- [23] ALGHANNAM A F, GONZALEZ J T, BETTS J A. Restoration of muscle glycogen and functional capacity: role of post-exercise carbohydrate and protein co-ingestion[J]. Nutrients, 2018, 10(2): 253-280.
- [24] 甘昌胜, 王珊珊, 李鸿, 等. 复方红景天缓解体力疲劳活性的研究[J]. 食品与生物技术学报, 2019, 38(8): 134-141.  
GAN C S, WANG S S, LI H, et al. Study on the anti-fatigue activity of the compound of *rhodiola*[J]. Journal of Food Science and Biotechnology, 2019, 38(8): 134-141. 