

DOI: 10.13652/j.spjx.1003.5788.2024.80835

食源性复方人参水提物的抗疲劳作用

熊武青¹ 麻秀萍^{1,2,3,4} 郭江涛^{1,4} 白志文^{4,5} 罗仕西¹

(1. 贵州中医药大学药学院, 贵州 贵阳 550025; 2. 国家苗药工程技术研究中心, 贵州 贵阳 550025; 3. 贵州中药炮制与制剂工程技术研究中心, 贵州 贵阳 550025; 4. 贵州中医药大学茶+大健康食品开发研究中心, 贵州 贵阳 550025; 5. 贵州吾茶大健康产业发展有限公司, 贵州 贵阳 550002)

摘要: [目的] 探究药食同源中药人参、黄精、玉竹及陈皮复合水提物对小鼠抗疲劳作用的影响。[方法] 该试验分为空白对照组、阳性对照组(大株红景天胶囊, 0.70 g/kg)和复方人参水提物低、中、高(1.56, 3.30, 6.60 g/kg)剂量组, 连续灌胃给药 30 d。通过小鼠负重力竭游泳试验及肝糖原、血乳酸、血尿素氮等生化指标, 评价复方人参水提物的抗疲劳作用。[结果] 与空白对照组相比, 复方人参水提物对小鼠正常生长及精神状态无显著影响($P > 0.05$)。中、高剂量组显著延长小鼠负重力竭游泳时间($P < 0.05$), 高剂量组显著提高肝糖原水平($P < 0.05$), 降低血乳酸、血尿素氮及丙二醛水平($P < 0.05$)。[结论] 复方人参水提物有助于缓解小鼠运动疲劳, 具有较强的抗疲劳作用。

关键词: 复方人参; 抗疲劳; 药食同源; 负重力竭游泳; 小鼠

Anti-fatigue effect of food-derived compound ginseng aqueous extracts

XIONG Wuqing¹ MA Xiuping^{1,2,3,4} GUO Jiangtao^{1,4} BAI Zhiwen^{4,5} LUO Shixi¹

(1. School of Pharmacy, Guizhou University of Traditional Chinese Medicine, Guiyang, Guizhou 550025, China; 2. National Engineering and Technology Research Centre for Miao Medicine, Guiyang, Guizhou 550025, China; 3. Guizhou Engineering and Technology Research Centre for Chinese Medicine Concoction and Preparation, Guiyang, Guizhou 550025, China; 4. Research Centre for Tea and Healthy Foods Development, Guizhou University of Traditional Chinese Medicine, Guiyang, Guizhou 550025, China; 5. Guizhou Wucha Healthy Industry Development Co., Ltd., Guiyang, Guizhou 550002, China)

Abstract: [Objective] To investigate the anti-fatigue effect of compound aqueous extracts of Ginseng Radix et Rhizoma, Polygonati Rhizoma, Polygonati Odorati Rhizoma, and Citri Reticulatae Pericarpium in mice. [Methods] The experiment included a blank control group, a positive control group (*Rhodiola rosea* capsules, 0.70 g/kg), and low, medium, and high dose groups of compound ginseng aqueous extracts (1.56, 3.30, and 6.60 g/kg, respectively), which were administered by gavage for 30 days. The anti-fatigue effect was evaluated using the weight-bearing exhaustion swimming test and by measuring biochemical markers, including hepatic glycogen, blood lactate, and blood urea nitrogen. [Results] Compared with the blank control group, the compound ginseng aqueous extracts had no significant effect on the normal weight gain or mental state of the mice ($P > 0.05$). The medium and high dose groups significantly prolonged the swimming time during weight-bearing exhaustion ($P < 0.05$). The high dose group significantly increased hepatic glycogen levels ($P < 0.05$) and reduced blood lactate, blood urea nitrogen, and malondialdehyde levels ($P < 0.05$). [Conclusion] The compound ginseng aqueous extracts help alleviate exercise-induced fatigue in mice and demonstrate strong anti-fatigue effect.

Keywords: compound ginseng; anti-fatigue; medicinal food; weight-bearing exhaustion swimming; mice

现代生活节奏快、饮食不规律、缺乏锻炼、作息混乱以及心理压力增加等因素, 导致越来越多的人面临无法解释的疲劳现象^[1]。如果疲劳长期得不到及时缓解, 可能引发焦虑、抑郁、癌症等多种疾病, 严重影响生活质量^[2]。目前, 大多数化学抗疲劳药物存在安全性风险和成瘾性等副作用, 因此抗疲劳研究逐渐转向天然药物及其

基金项目: 贵州省科技计划项目(编号: 黔科合支撑[2022]重点 011 号)

通信作者: 麻秀萍(1971—), 女, 贵州中医药大学教授, 学士。E-mail: mxp001130@sina.com

收稿日期: 2024-08-20 改回日期: 2025-01-13

提取物。这些天然药物不仅安全性较高,还具有预防和治疗疾病的潜力。由于中药具有多成分、多靶点、多通路的特点,在治疗疲劳方面展现出独特的优势。中药复方作为中医药的一大特色,能够从多个角度促进疲劳的缓解,实现综合调理。在调治疲劳方面,中药复方便具有单方或单味中药无法比拟的优势^[3]。药食同源中药在抗疲劳方面的研究较为广泛,并作为功能性食品原料应用在大健康产业^[4]。据报道,人参^[5]、黄精^[6]、玉竹^[7]中所含的皂苷、多糖等成分均具有较好的抗疲劳作用,非常适合应用于抗疲劳食品开发。因此,基于中医药理论和现代药理学研究,拟以人参为方中之君,辅以黄精、玉竹为臣,再佐以陈皮,综合调理因耗气伤阴所致的疲劳。古籍记载人参和黄精两药合用可协同增效,增强补益之功^[8]。人参补气之功与玉竹滋阴药效相结合,可起到协同增效的作用^[9]。依中医理论,陈皮味辛而善行,具有行气理滞、健脾燥湿之功用,与人参等补益药物配伍,可发挥协同增效的功效^[10]。基于理论和文献,认为该食源性复方人参有望发挥协同增效的抗疲劳作用。为了研究中药复方对疲劳的作用及机制,选取人参为主药,并结合药食同源中药中常见的抗疲劳药物,组成了抗疲劳复方。该复方中所含药材皆为药食同源的植物资源,即使长期服用,安全性也很高。虽然人参、黄精等中药在抗疲劳领域被广泛应用,但其复方在该领域的作用及机制仍未明确。

研究拟以人参等中药组成的复方人参水提物为研究对象,通过测定小鼠体重、脏器指数、负重力竭游泳时间及肝糖原、血乳酸、血尿素氮等生化指标,评价复方人参水提物的抗疲劳作用效果,旨在为中药复方作为抗疲劳功能食品原料的应用提供依据。

1 材料与方法

1.1 材料与仪器

1.1.1 试验动物

KM 雄性小鼠:清洁级(SPF级),50只,体重18~22g,长沙市天勤生物技术有限公司,试验动物生产许可证号SCXK(湘)2022-0011,动物质量合格证号430726230100132183;饲养条件:温度(23±2)℃,相对湿度(55±5)%,12h/12h昼夜循环,小鼠分笼后适应性饲养1周,期间喂养普通饲料,保持自由饮水。

1.1.2 主要材料与试剂

中药饮片:人参(产地吉林,批号230202)、黄精(产地贵州,批号230301)、玉竹(产地湖南,批号220901)、陈皮(产地四川,批号230201),贵阳道生健康产业有限公司;

大株红景天胶囊:江苏康缘药业股份有限公司;

生理盐水:贵州科伦药业有限公司;

蒸馏水:实验室自制;

肝糖原(LG)、血乳酸(BLA)、血尿素氮(BUN)、超氧化物歧化酶(SOD)、丙二醛(MDA)检测试剂盒:南京建成生物工程研究所。

1.1.3 主要仪器与设备

电子天平:FA2204N型,上海菁海仪器有限公司;

高速多功能粉碎机:JP-150A型,永康市久品工贸有限公司;

电子调温电热套:PTHW型,巩义市予华仪器有限公司;

旋转蒸发仪:N-1300型,上海爱朗仪器有限公司;

冷冻干燥机:FD-1A-50型,长沙巴跃仪器有限公司;

紫外可见分光光度计:UV752N型,上海佑科仪器仪表有限公司;

离心机:D3024R型,大龙兴创实验仪器有限公司;

高速低温组织研磨仪:KZ-III-F型,武汉赛维尔生物科技有限公司。

1.2 试验方法

1.2.1 复方人参组方用量确定 根据《中国药典》2020年修订版一部的规定,成人每日用量的生药量范围为:人参3~9g,黄精9~15g,玉竹6~12g,陈皮3~10g。依据“关于批准人参(人工种植)为新资源食品的公告要求”,人参日用量不应超过3g。综合文献资料和《中国药典》中各药材的用量范围,确定复方人参的日用量为:人参2g,黄精9g,玉竹6g,陈皮3g。这一用量选择考虑了人参的特殊性和相关监管要求,旨在确保复方人参的安全性和有效性。

1.2.2 复方人参给药剂量确定 假设复方人参4味药材人参、黄精、玉竹、陈皮的人日服处方量分别为*a*、*b*、*c*、*d*(以生药量计,单位均为g),按照成人体重60kg的标准计算每1kg体重的成人日服总生药量为(*a*+*b*+*c*+*d*)g/60kg,则复方人参成人日服总生药量(组方4种饮片质量之和为20g)为0.33g/kg^[11]。试验以成人日服推荐量的10倍为中剂量组,3个剂量组给药剂量分别相当于成人日服推荐剂量的5倍、10倍和20倍。因此,低、中、高3个剂量组剂量分别为1.65、3.30、6.60g/kg(以生药量计)。

1.2.3 复方人参水提取物的制备 按照1.2.1的处方比例称取人参、黄精、玉竹和陈皮,混合并适当粉碎。按液料比8:1(mL/g)加入80℃的热水,浸泡30min,在常压下加热回流提取2次,每次1h。过滤后,将滤液合并,以3000r/min离心10min,然后减压浓缩,最后进行冷冻干燥和粉碎,即可得复方人参水提物冻干粉^[11]。

1.2.4 动物分组及给药 小鼠经过1周的适应性喂养后,随机分为5个组别:空白对照组(C组)、阳性药对照组(PC组)、复方人参低剂量组(LD组)、复方人参中剂量组(MD组)和复方人参高剂量组(HD组),每组各10只小鼠。复方人参低、中、高剂量组的小鼠每天灌胃相应剂量的药液一次。复方人参水提物冻干粉的得率为46.76%,其抗疲劳的有效成分群主要包括皂苷和多糖等成分,经紫外—可见分光光度法测得总皂苷和总多糖的含量分别为1.056、4.919mg/g。由冻干粉得率计算得低、中、高剂量组的剂量分别为0.77、1.54、3.09g/kg,每10g体重灌胃体积

为 0.2 mL^[12]。阳性对照组的小鼠则给予 0.70 g/kg 的大株红景天胶囊^[13]，而空白对照组只灌胃等体积的生理盐水，连续给药 30 d。

1.2.5 小鼠负重力竭游泳试验 参照“保健食品功能检验与评价方法(2023年版)”及文献^[14]的方法，并稍作修改。试验前 1 h，小鼠禁食不禁水，末次灌胃 30 min 后，在每只小鼠尾根部绑上相当于其体重 5% 的铅丝负重。然后，将其置于水深超过 30 cm、水温(25±1.0) °C 的游泳箱中进行负重游泳试验。记录小鼠从开始游泳到完全力竭没入水中且在 10 s 内无法浮出水面呼吸的时间^[15]。试验过程中用棍棒轻轻搅拌，使游泳箱中的水不断流动，待小鼠游泳至力竭，迅速将小鼠从水中捞出并用吹风机吹干小鼠毛发。

1.2.6 小鼠体重及脏器指数(organ index, OI)测定 饲养周期内，每 6 d 记录小鼠体重，末次灌胃前进行终体重称量。负重力竭游泳试验结束后解剖小鼠心、肝、脾、肺、肾，并剔除脏器多余脂肪组织，用生理盐水漂洗脏器以去除其表面的血液，然后用滤纸轻轻吸干多余的水分，最后称重，并参照文献^[16]计算脏器指数。

1.2.7 小鼠血清及组织样本收集 在负重力竭游泳试验结束后，休息 30 min，然后对小鼠进行麻醉。随后，通过拔眼球的方法采集血液，装入 EP 管中。静置 1 h 后，3 500 r/min 离心 15 min，收集上层清液并将其置于-80 °C 的冰箱中冷冻保存备用。取血后立即对小鼠进行脱颈处

死，迅速摘取肝脏，用生理盐水漂洗，并用滤纸拭干水分^[17]，称重(样本重量≤100 mg 为宜)，随后将肝脏置于匀浆机中低温粉碎匀浆 15 min(3 500 r/min)，取上清液于试管中，置于-80 °C 冰箱中冻存备用^[18]。

1.2.8 小鼠疲劳相关生化指标检测 将上述制备的血清用于检测血乳酸(BLA)、血尿素氮(BUN)含量，肝组织匀浆用于检测肝糖原(LG)、丙二醛(MDA)含量和超氧化物歧化酶(SOD)活性，指标检测方法均按照试剂盒说明书操作。

1.2.9 统计学方法 运用 SPSS 26.0 软件进行统计学分析，并使用 Origin 2021 进行绘图。对于服从正态分布的计量资料，数据结果以平均值±标准差表示，组间比较采用单因素方差分析(One-way ANOVA)，两两比较采用 LSD-t 法(方差齐性)或 Tamhane's T2 检验(方差不齐性)。

2 结果与分析

2.1 复方人参水提物对小鼠体重的影响

小鼠体重的变化可作为评估复方人参水提物对小鼠健康影响的重要指标，同时也可根据体重变化调整药液配制。如表 1 所示，经过 30 d 的干预，空白对照组、阳性对照组以及复方人参各剂量组之间的体重变化均无显著性差异($P>0.05$)。结果表明，在整个饲养周期中，小鼠表现出正常的日常活动和良好的精神状态，且未发生任何死亡事件，表明复方人参水提物对小鼠的正常生长没有明显影响。

表 1 复方人参水提物对小鼠体重的影响

Table 1 Effect of aqueous extracts of compound ginseng on body weight of mice

组别	体重/g					
	第 0 天	第 6 天	第 12 天	第 18 天	第 24 天	第 30 天
C 组	33.10±3.57	33.60±4.77	35.40±4.33	35.60±4.55	35.90±3.78	37.80±3.55
PC 组	32.50±2.55	35.80±3.05	36.90±3.35	38.90±3.57	38.90±4.12	39.20±3.16
LD 组	32.10±3.70	33.30±4.37	35.50±5.04	37.80±3.91	37.80±3.19	39.80±4.10
MD 组	31.80±3.58	33.30±3.53	34.20±3.43	36.30±2.41	35.20±3.88	38.20±3.29
HD 组	31.50±2.12	35.10±1.91	36.50±1.84	37.80±1.87	37.90±3.18	39.50±3.62

2.2 复方人参水提物对小鼠脏器指数的影响

如表 2 所示，空白对照组、阳性对照组以及不同剂量组之间小鼠的心、脾、肺及肾脏指数均无显著差异($P>0.05$)。然而，与空白对照组相比，阳性对照组肝脏指数极显著低于空白对照组($P<0.01$)，复方人参水提物中剂量组肝脏指数显著低于空白对照组($P<0.05$)。阳性对照组肝脏指数极显著低于空白对照组，可能由于阳性药大株红景天胶囊对小鼠肝脏的代谢功能产生了一定影响。复方人参水提物中剂量组的肝脏指数显著低于空白对照组，而低剂量组和高剂量组并未呈现一致的变化趋势。此外，在小鼠取材过程中并未观察到中剂量组小鼠肝脏病变的情况。因此，推测导致该现象的原因可能是不同

剂量下，物质在体内的代谢存在差异从而影响其对肝脏的作用效果。需要注意的是，这些结果是初步的，尚不能确定对肝脏的长期影响。后期将继续优化试验设计，以确保数据的全面性和准确性。

2.3 复方人参水提物对小鼠负重力竭游泳时间的影响

由图 1 可知，经连续给药 30 d 后，与空白对照组相比，随着复方人参水提物剂量的增加，小鼠负重力竭游泳时间相应增加。特别是中、高剂量组小鼠负重力竭游泳时间显著延长($P<0.05$)。试验结果显示，高于人日剂量的 10 倍和 20 倍的剂量具有明显的抗疲劳效果，而 5 倍剂量未表现出相同效果。通常，小鼠的试验剂量约为成人剂量的 10 倍，以便在小鼠模型中观察到相应的生物效应。

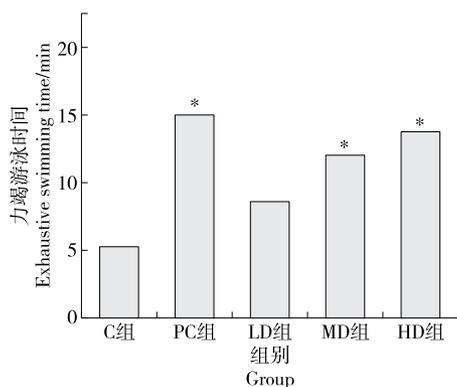
表2 复方人参水提取物对小鼠脏器指数的影响[†]

Table 2 Effect of aqueous extracts of compound ginseng on organ indices in mice

组别	脏器指数/%				
	心脏	肝脏	脾	肺	肾
C组	0.54±0.09	4.39±0.28	0.30±0.07	0.70±0.22	1.21±0.17
PC组	0.52±0.11	3.70±0.31**	0.31±0.08	0.58±0.06	1.09±0.10
LD组	0.48±0.06	4.00±0.33	0.31±0.07	0.69±0.21	1.16±0.11
MD组	0.48±0.05	3.97±0.46*	0.27±0.03	0.53±0.04	1.09±0.07
HD组	0.47±0.08	4.18±0.66	0.30±0.07	0.54±0.09	1.15±0.16

† *表示与C组比较差异显著($P<0.05$);**表示与C组比较差异极显著($P<0.01$)。

小鼠在高于人日剂量10倍时表现出抗疲劳效果,提示该剂量可能在人体中也具有类似的作用。需要注意的是,小鼠模型的结果仅为初步筛选,具体的人体效果还需通过临床试验来验证。睢博文等^[11]研究也发现,相较空白对照组,复方人参健体方各剂量组小鼠负重游泳时间均显著延长,且在一定剂量范围内呈剂量依赖性。由此可知,复方人参水提取物可延长小鼠负重力竭游泳时间,一定程度上缓解体力疲劳。



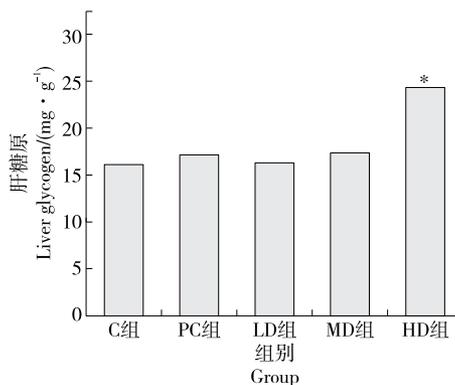
*表示与C组比较差异显著($P<0.05$)

图1 复方人参水提取物对小鼠负重力竭游泳时间的影响

Figure 1 Effect of aqueous extracts of compound ginseng on swimming time in mice with weight-bearing exhaustion

2.4 复方人参水提取物对小鼠肝糖原(LG)含量的影响

长时间运动会导致糖原分解,补充运动中消耗的血糖,可为身体提供能量。糖原水平可以反映身体的疲劳程度。由图2可知,复方人参水提取物各剂量组与空白对照组比较,其高剂量组的肝糖原含量显著高于空白对照组($P<0.05$),表明复方人参水提取物可以明显增加小鼠的肝糖原含量,从而提高其疲劳耐受力。研究^[19]发现,巴西人参复方各剂量组小鼠的肝糖原、肌糖原含量均增加,而中、高剂量组两种糖原含量显著增加。肝糖原是肝脏中的关键能量储备,其含量变化能够反映机体能量代谢状态的改变。说明复方人参水提取物具有缓解运动疲劳,增强机体能量储存的作用。



*表示与C组比较差异显著($P<0.05$)

图2 复方人参水提取物对小鼠LG的影响

Figure 2 Effect of aqueous extracts of compound ginseng on LG in mice

2.5 复方人参水提取物对小鼠血乳酸(BLA)和血尿素氮(BUN)含量的影响

在运动过程中,过量的BLA积累和 H^+ 水平升高会导致酸中毒,进而干扰ATP和非氧化ATP的生成、糖原分解以及骨骼肌的兴奋-收缩耦合过程。氨基酸代谢产生的氨会降低耐力,引发疲劳。由图3可知,与空白对照组相比,复方人参水提取物低、中、高剂量组BLA和BUN含量均降低,而高剂量组BLA和BUN含量显著降低($P<0.05$)。Zhou等^[20]研究表明,疲劳模型组相较空白对照组显著提高了大鼠血清BLA和BUN。与模型组相比,人参水提取物组能显著降低大鼠血清BLA和BUN的水平。综上,复方人参水提取物能降低小鼠体内BLA和BUN代谢物的堆积,从而提高机体的运动耐受能力。

2.6 复方人参水提取物对小鼠脏器组织中超氧化物歧化酶(SOD)活性和丙二醛(MDA)含量的影响

在机体运动过程中,会产生大量活性氧(reactive oxygen species, ROS),这些自由基容易导致骨骼肌和肝脏线粒体的脂质过氧化损伤^[21]。酶促抗氧化系统,如超氧化物歧化酶(SOD),能够通过清除肌肉细胞中的ROS来提供防御机制。当ROS的生成超过抗氧化系统的处理能力时,ROS的积累会引发氧化应激反应,攻击脂质、蛋

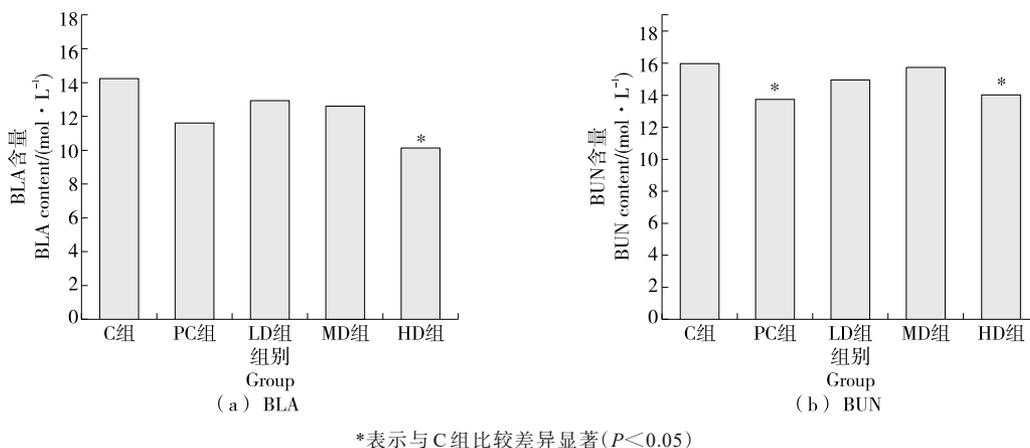


图 3 复方人参水提取物对小鼠 BLA 和 BUN 的影响

Figure 3 Effect of aqueous extracts of compound ginseng on BLA and BUN in mice

白质、DNA 等大分子和细胞器,生成脂质过氧化产物 MDA,从而对机体造成损害^[1]。因此,增强内源性抗氧化酶的活性、抑制脂质过氧化并保护细胞膜免受氧化损伤,有助于缓解疲劳。由图 4 可知,复方人参水提取物低、中、高剂量组与空白对照组相比,SOD 活性均有升高,但并无显

著差异(P>0.05);各剂量组的 MDA 含量均降低,而高剂量组的 MDA 含量显著降低(P<0.05)。这与人参山羊奶粉在缓解体力疲劳上的研究结果^[22]一致。由此可知,复方人参水提取物在一定剂量下具有减轻细胞氧化损伤和增强机体抗氧化能力的作用。

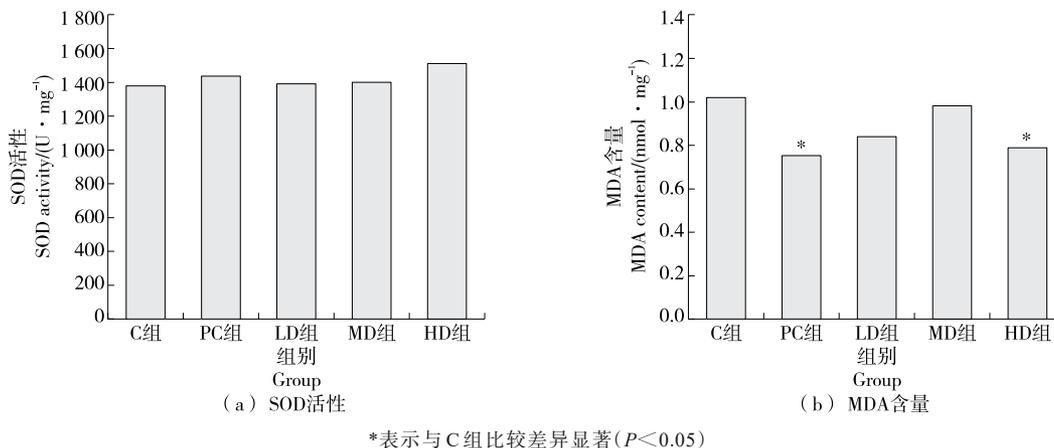


图 4 复方人参水提取物对小鼠 SOD 和 MDA 的影响

Figure 4 Effect of aqueous extracts of compound ginseng on SOD and MDA in mice

3 结论

研究通过小鼠负重力竭游泳试验和相关生化指标系统评价了复方人参水提取物的抗疲劳作用。结果显示,复方人参水提取物在一定剂量下显著延长小鼠负重力竭游泳时间,增加力竭运动过程中肝糖原的储备,降低血清中的代谢产物血乳酸和血尿素氮以及肝组织中的脂质过氧化产物丙二醛水平。这些结果揭示复方人参水提取物作为抗疲劳功能食品的潜在机制。尽管动物试验结果表明复方人参水提取物具有显著的抗疲劳效果,但其在人体中的效果尚需临床验证,具体成分的作用机制和相互作用仍待深入研究。未来应聚焦于分子机制的揭示和更广泛的应用探索。

参考文献

[1] 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: 1044-1049.
 [2] LIU G Y, YANG X, ZHANG J X, et al. Synthesis, stability and anti-fatigue activity of selenium nanoparticles stabilized by *Lycium barbarum* polysaccharides[J]. *International Journal of Biological Macromolecules*, 2021, 179: 418-428.
 [3] 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.

- [4] 稽晶,张云羽,王令充,等.基于经典名方的药食同源大健康产品开发应用探讨[J].南京中医药大学学报,2023,39(9):961-966.
JI J, ZHANG Y Y, WANG L C, et al. Development of big health products based on classic famous prescriptions and homology of medicine and food[J]. Journal of Nanjing University of Traditional Chinese Medicine, 2023, 39(9): 961-966.
- [5] LU G Y, LIU Z T, WANG X, et al. Recent advances in *Panax ginseng* C. A. Meyer as a herb for anti-fatigue: an effects and mechanisms review[J]. Foods, 2021, 10(5): 1 030.
- [6] 李彦力,苏艺,袁晚晴,等.黄精主要活性成分、功能及其作用机制研究进展[J].现代食品科技,2023,39(12):354-363.
LI Y L, SU Y, YUAN W Q, et al. Advances in characterizing the main active components, functions, and mechanisms of polygonatum species[J]. Modern Food Science and Technology, 2023, 39(12): 354-363.
- [7] 牛友芽.玉竹多糖对小鼠的抗疲劳作用[J].天然产物研究与开发,2018,30(7):1 202-1 207.
NIU Y Y. Effects of *Polygonatum odoratum* polysaccharide on anti-fatigue in mice[J]. Natural Product Research and Development, 2018, 30(7): 1 202-1 207.
- [8] 姜雨桐,赵垠旭,姜昊轩,等.黄精及其药对配伍应用浅析[J].河南中医,2022,42(9):1 435-1 440.
JIANG Y T, ZHAO Y X, JIANG H X, et al. An analysis of the compatibility application of Huangjing and its drug pairs[J]. Henan Traditional Chinese Medicine, 2022, 42(9): 1 435-1 440.
- [9] 曹佳璐,张华宇,郑冰元,等.人参-玉竹药对改善抑郁伴认知障碍机制研究[J].时珍国医国药,2024,35(13):2 939-2 945.
CAO J L, ZHANG H Y, ZHENG B Y, et al. Ginseng and polygonatum medicine for improving mechanisms of depression with cognitive impairment[J]. Lishizhen Medicine and Materia Medica Research, 2024, 35(13): 2 939-2 945.
- [10] 沈龙宇,朱昕鸣,胡宇,等.异功散中人参皂苷类成分在脾虚大鼠模型肠吸收动力学变化及其陈皮的影响[J].世界科学技术—中医药现代化,2024,26(5):1 298-1 307.
SHEN L Y, ZHU X Y, HU Y, et al. Changes in intestinal absorption kinetics of ginsenosides in Yi Gong San in the rat model of spleen deficiency and its effect of pericarpium citri reticulatae[J]. Modernization of Traditional Chinese Medicine and Materia Medica-World Science and Technology, 2024, 26(5): 1 298-1 307.
- [11] 睢博文,马翠霞,苗磊,等.复方人参健体方的处方优化及其抗疲劳活性和急性毒性研究[J].中国药房,2020,31(8):926-932.
SUI B W, MA C X, MIAO L, et al. Formulation optimization of compound Renshen Jianti formulation and study on its anti-fatigue activity and acute toxicity[J]. China Pharmacy, 2020, 31(8): 926-932.
- [12] 黄彩云,何吉福,宋春虹,等.当归多糖抗运动疲劳作用及其机制研究[J].康复学报,2022,32(5):434-440.
HUANG C Y, HE J F, SONG C H, et al. Study on anti-fatigue effect and mechanism of angelica sinensis polysaccharide[J]. Rehabilitation Medicine, 2022, 32(5): 434-440.
- [13] 李娟,张一唱,崔光红,等.九香虫提取物的抗疲劳和补肾壮阳活性评价[J].中南民族大学学报(自然科学版),2018,37(2):45-48.
LI J, ZHANG Y C, CUI G H, et al. Evaluation of anti-fatigue and aphrodisiac activity of extract from *Aspongopus chinensis* [J]. Journal of South-Central University for Nationalities (Natural Science Edition), 2018, 37(2): 45-48.
- [14] ZOU X X, YOKOYAMA W, LIU X H, et al. Milk fat globule membrane relieves fatigue via regulation of oxidative stress and gut microbiota in BALB/c mice[J]. Antioxidants, 2023, 12(3): 712.
- [15] 李祥坤,曾亦茜.响应面优化霍山石斛百香果复合饮料工艺及抗运动疲劳研究[J].中国食品添加剂,2023,34(1):272-281.
LI X K, ZENG Y H. Optimization of compound beverage of *Dendrobium huoshanense* and passion fruit by response surface method and its anti-fatigue effect [J]. China Food Additives, 2023, 34(1): 272-281.
- [16] CHEN Y, WANG J J, JING Z H, et al. Anti-fatigue and antioxidant effects of curcumin supplementation in exhaustive swimming mice via Nrf2/Keap1 signal pathway[J]. Current Research in Food Science, 2022, 5: 1 148-1 157.
- [17] 李欣.鹿茸菇多糖对小鼠抗疲劳能力的影响[J].食品研究与开发,2022,43(16):44-50.
LI X. Anti-fatigue effects of *Lyophyllum decastes* polysaccharides in mice[J]. Food Research and Development, 2022, 43(16): 44-50.
- [18] GUAN T Y, LI S S, GUAN Q J, et al. Spore powder of *Paecilomyces hepiali* shapes gut microbiota to relieve exercise-induced fatigue in mice[J]. Nutrients, 2022, 14(14): 2 973.
- [19] 刘志青,王飞,颜冬梅,等.基于多指标优化巴西人参复方提取工艺及其抗疲劳研究[J].中药材,2022,45(10):2 452-2 456.
LIU Z Q, WANG F, YAN D M, et al. Optimisation of the extraction process of Brazilian ginseng compound and its anti-fatigue effects based on multiple indicators[J]. Journal of Chinese Medicinal Materials, 2022, 45(10): 2 452-2 456.
- [20] ZHOU S S, ZHOU J, XU J D, et al. Ginseng ameliorates exercise-induced fatigue potentially by regulating the gut microbiota[J]. Food & Function, 2021, 12(9): 3 954-3 964.
- [21] WANG X, QU Y D, ZHANG Y F, et al. Antifatigue potential activity of *Sarcodon imbricatus* in acute excise-treated and chronic fatigue syndrome in mice via regulation of Nrf2-mediated oxidative stress[J]. Oxidative Medicine and Cellular Longevity, 2018, 2 018: 9140896.
- [22] 韩燕燕,吴巍,王悦宏,等.人参山羊奶粉缓解体力疲劳作用及其标志性成分含量测定[J].食品工业科技,2020,41(19):20-25,32.
HAN Y Y, WU W, WANG Y H, et al. Evaluation of ginseng-goat milk powder on anti-fatigue effect and quantitative analysis of its functional components[J]. Science and Technology of Food Industry, 2020, 41(19): 20-25, 32.