

火麻仁低聚肽对小鼠的抗疲劳作用及其作用于性别间的差异

Anti-fatigue effect of hemp seed oligopeptide in mice and its sex difference

缪文玉¹ 李云飞² 宋露露² 王晶晶² 程建军³ 秦楠²

MIAO Wenyu¹ LI Yunfei² SONG Lulu² WANG Jingjing² CHENG Jianjun³ QIN Nan²

(1. 太原城市职业技术学院, 山西 太原 030027; 2. 山西中医药大学中药与食品工程学院, 山西 晋中 030619; 3. 榆社县田禾生物科技有限公司, 山西 晋中 030600)

(1. Taiyuan City Vocational College, Taiyuan, Shanxi 030027, China; 2. Shanxi University of Chinese Medicine, Jinzhong, Shanxi 030619, China; 3. Yushe Tianhe Biotechnology Co., Ltd., Jinzhong, Shanxi 030600, China)

摘要:目的:探究火麻仁低聚肽的抗疲劳功效,及其作用于雌雄个体间的效果与机制。方法:昆明小鼠雌雄各半,随机分为空白对照组(生理盐水组)、阳性对照组(乳清蛋白组)和低、中、高剂量组,各组灌胃相应药物,灌胃28 d。测定小鼠体重、力竭游泳时间、血乳酸(blood lactic acid, BLA)、血尿素氮(blood urea nitrogen, BUN)、肝糖原(liver glycogen, LG)含量。结果:不考虑性别,火麻仁低聚肽对小鼠体重无显著影响,能明显延长小鼠力竭游泳时间,减少小鼠血乳酸与血尿素氮水平,提高小鼠肝糖原含量。考虑性别因素,中剂量火麻仁低聚肽使雌性小鼠体重显著升高,使雄性小鼠体重显著降低;低剂量火麻仁低聚肽能明显使雄性小鼠力竭游泳时间延长,血尿素氮含量降低,使雌性小鼠体重、力竭游泳时间、肝糖原含量明显升高,血尿素氮含量明显下降;高剂量火麻仁低聚肽使雄性小鼠力竭游泳时间和肝糖原含量明显升高,体重和血尿素氮含量明显降低,而雌性小鼠体重、力竭游泳时间和肝糖原含量明显升高,血乳酸值和血尿素氮含量明显下降。结论:火麻仁低聚肽具有抗疲劳功效,剂量在不同性别中对抗疲劳效果有显著影响。

关键词:火麻仁;低聚肽;抗疲劳;性别

Abstract: Objective: To explore the anti-fatigue effect of hemp seed oligopeptides, and its effect and mechanism between male

and female individuals. **Methods:** Equal number of male and female mice were randomly divided into a blank control group, a positive control group and low, medium and high dose groups. The blank control group was given normal saline, the positive control group was given whey protein. Gavage treatment was carried out with the corresponding drug for 28 days. Body weight, exhaustive swimming time, blood lactic acid (BLA), urea nitrogen (BUN), liver glycogen (LG) contents of mice were measured. **Results:** Regardless of gender, flax seed oligopeptide had no significant effect on the body weight of mice, but could significantly prolong the exhaustive swimming time of mice, reduce the levels of blood lactic acid and blood urea nitrogen, and increase the content of liver glycogen. Considering gender factors, the body weight of female mice was significantly increased by medium dose of hemp seed oligopeptide, while the body weight of male mice was significantly decreased. Low dose of flax seed oligopeptide significantly prolonged exhaustive swimming time and decreased blood urea nitrogen content of male mice, but significantly increased body weight, exhaustive swimming time and liver glycogen content and decreased blood urea nitrogen content of female mice. High dose of hemp seed oligopeptide significantly increased the exhaustive swimming time and liver glycogen content, and significantly decreased the body weight and blood urea nitrogen content of male mice, while significantly increased the body weight, exhaustive swimming time and liver glycogen content, and significantly decreased the blood lactic acid value and blood urea nitrogen content of female mice. **Conclusion:** Hemp seed oligopeptide has anti-fatigue effect, and the dose has a significant effect on anti-fatigue effect in different genders.

Keywords: hemp seed; oligopeptide; anti-fatigue; gender

基金项目:中国营养学会科研基金(编号:CNS-ZD2021-78);山西中医药大学科技创新团队项目(编号:2022TD2008);企业横向课题(编号:20220520)

作者简介:缪文玉,女,太原城市职业技术学院讲师,硕士。

通信作者:秦楠(1981—),男,山西中医药大学副教授,博士。

E-mail: bszy6688@163.com

收稿日期:2023-04-28 **改回日期:**2023-09-16

目前疲劳产生的机制尚未明了,大致有能量耗竭、代谢产物堆积、内环境失调、保护抑制、自由基等几种学说^[1]。疲劳会降低一般人群的工作效率,爱好锻炼人群和运动员易产生的运动性疲劳会降低其运动能力,长期疲劳则使机体产生功能失调等损伤影响健康^[2],如何有效地改善疲劳受到运动、医学、食品等领域的关注。

火麻仁是桑科草本植物大麻的种仁,又称麻子仁、大麻仁,是中国由来已久的药食同源类植物资源。肽是2个或以上的氨基酸残基以肽键相连的化合物,生物活性肽是从二肽到复杂的线性、环形结构的不同肽类的总称,具有多功能活性^[3-4]。有研究表明,鹰嘴豆低聚肽具有抗疲劳活性^[5],火麻仁蛋白和火麻仁酶解发酵液具有抗疲劳功能^[6-7],提示火麻仁低聚肽可能具有抗疲劳功效。

目前少有对食品和药品在不同性别间利用差异的报道,相关研究表明女性较男性在抗疲劳方面更有优势^[8],在男性身上获得的结果直接转化到医学和营养领域的妇女身上可能达不到最佳效果^[9]。研究以不同剂量的火麻仁低聚肽溶液对雌、雄小鼠进行灌胃处理,探索火麻仁低聚肽的抗疲劳作用,同时观察其作用在不同性别间是否存在效果和机制上的不同,以期对火麻仁低聚肽开发为抗疲劳功能食品提供理论依据。

1 材料与方 法

1.1 材料与试剂

火麻仁低聚肽:晋中市榆社县田禾生物科技有限公司;

乳清蛋白粉:深圳金富源生物科技有限公司;

100T/96 样血尿素氮(BUN)试剂盒(二乙酰一脲法):南京建成生物工程研究所;

小鼠:SPF 级昆明种小白鼠,雌雄各半,体重 18~22 g,许可证号:SCXK(晋)2015-0001,山西医科大学。

1.2 仪器与设备

紫外分光光度计:Ultra-360 型,北京普源精仪科技有限公司;

台式离心机:D-37520osterode 型,德国 Biofagestratos 公司;

数显恒温水浴锅:HH-2 型,金坛市杰瑞尔电器有限公司;

分析天平:AR223CN 型,奥豪斯仪器有限公司。

1.3 方 法

1.3.1 分组及给药 60 只昆明小鼠适应性喂养 1 周后,随机分为对照组、阳性组、低剂量组、中剂量组、高剂量组,每组 12 只,雌雄各半。按相当于人体推荐量的 5,10,30 倍确定小鼠的低、中、高剂量,分别为 0.83,1.67,5.00 g/kg BW,灌胃体积按照 0.1 mL/10 g 计算^[10]。灌胃周期为 28 d,试验周期内小鼠自由饮水、进食,体重每

周测量一次调整给药剂量。

1.3.2 体重测定 小鼠首次灌胃前测量体重为初始体重,末次灌胃后测量体重为最终体重。

1.3.3 力竭游泳试验 根据文献^[11]修改如下:小鼠尾尖采血后,用酒精及时处理伤口并止血,将小鼠置于游泳箱中游泳。控制箱中水深至少 30 cm,水温(14±1)℃,记录小鼠从开始游泳直至头部全部沉入水中 8 s 不露出水面所用的时间。

1.3.4 血乳酸测定 采用对羟基联苯法。末次灌胃 30 min 后,力竭游泳前小鼠尾尖采血 20 μL;力竭游泳后立刻进行眼球采血 20 μL,称取乳酸钙 173 mg 用蒸馏水溶解至 10 mL,准确称量 1 mL 于 100 mL 容量瓶中加蒸馏水稀释至刻度线,作为乳酸标准应用液。将 1% 的氟化钠溶液和 10% 的三氯醋酸溶液按体积比 1:3 混合制得乳酸空白液。将 0.48 mL 1% 氟化钠溶液、0.02 mL 新鲜血液、1.5 mL 10% 三氯乙酸溶液充分混匀后,离心 5 min (3 000 r/min)收集上清液得到无蛋白血滤液。取乳酸空白液、乳酸标准应用液、无蛋白血滤液各 0.5 mL 于三支试管各加入 1 滴 4% 硫酸铜溶液、3 mL 浓硫酸,充分混匀,沸水浴 5 min,冷水浴冷却至 15℃,加入 2 滴对羟基联苯,混匀后,37℃ 水浴保温 15 min,其间每 5 min 振荡一次。沸水浴 90 s,冷水浴冷却至室温,以空白管调零,560 nm 处比色。

1.3.5 血尿素氮测定 力竭游泳后立刻进行眼球采血 20 μL;按照血尿素氮(BUN)测试盒说明进行操作,测定其值。

1.3.6 肝糖原测定 采用蒽酮比色法。眼球采血结束后立即摘取肝脏,用生理盐水漂洗后用滤纸吸干,精确称量肝组织的重量;取鼠肝 10 g 加入 30% KOH 1.5 mL,沸水浴 15 min,冷却后转入 100 mL 容量瓶中,加水至刻度线,混匀,得糖原提取液。取 3 支试管分别装入 1.0 mL 蒸馏水、1.0 mL 标准葡萄糖溶液、1.0 mL 糖原提取液,加入 2.5 mL 0.2% 蒽酮溶液,混匀,沸水浴 10 min,冷却,在分光光度计 620 nm 处,用空白管溶液调零,读取各管溶液的吸光度。

1.4 计 算

(1) 血乳酸含量:

$$c = \frac{A_1}{A_2} \times 0.165 \times \frac{25}{9}, \quad (1)$$

式中:

C——血乳酸含量,mmol/L;

A₁——OD 测定值;

A₂——OD 标准值。

(2) 肝糖原含量:

$$m = \frac{A_1}{A_2} \times 0.05 \times \frac{100}{m_1} \times 0.1 \times 1.11, \quad (2)$$

式中:

m ——肝糖原含量, g/100 g 肝组织;

A_1 ——样品吸光度;

A_2 ——标准品吸光度;

m_1 ——肝组织重量, g。

1.5 统计方法

数据结果表示为平均值±标准差,数据用 SPSS 24.0 统计软件分析,采用单因素方差分析(ANOVA)进行统计学处理, $P < 0.05$ 表示差异显著。

表 1 火麻仁低聚肽对不同组别与性别小鼠体重的影响[†]

组别	总体小鼠($n=12$)		雄性小鼠($n=6$)		雌性小鼠($n=6$)	
	初次体重	末次体重	初次体重	末次体重	初次体重	末次体重
空白对照组	24.02±2.96	30.78±7.15	25.63±3.68	37.15±0.76 ^a	20.03±4.80	22.57±0.86 ^c
乳清蛋白组	24.32±2.66	31.99±4.56	26.67±0.90	35.64±3.07 ^{ab}	21.97±0.60	28.33±1.61 ^a
低剂量组	23.95±3.75	29.61±4.83	27.00±1.74	33.74±2.73 ^{abc}	20.90±2.07	25.48±1.26 ^b
中剂量组	24.83±3.37	28.80±4.09	27.88±1.03	32.54±0.88 ^{bc}	21.78±0.75	25.07±1.04 ^b
高剂量组	24.23±2.64	28.85±3.82	25.92±2.21	31.63±2.41 ^c	22.13±1.20	25.37±1.51 ^b

[†] 字母不同的组别之间存在显著性差异($P < 0.05$)。

综上所述,中、高剂量火麻仁蛋白低聚肽可显著降低雌性小鼠体重;灌胃乳清蛋白与火麻仁低聚肽均会使雌性小鼠体重升高,但火麻仁低聚肽的增重能力明显低于乳清蛋白。以上结果表明,火麻仁低聚肽对不同性别小鼠的体重影响不同,首要原因可能是雌性对营养物质有更高的利用率,将转化为脂肪储存;其次徐梅等^[12]研究发现一定条件下酶解火麻仁蛋白可得到具有 α -淀粉酶抑制活性的多肽,在高热量摄入的情况下这种多肽可明显降低体重。可能是火麻仁低聚肽经小鼠体内消化分解出这种具有 α -淀粉酶抑制活性的多肽,且雌性对 α -淀粉酶抑制性多肽的利用率不如雄性。此外,某些天然物质会促进脂肪的分解,可能雌性对过氧化物酶体增殖物激活受体 γ 辅助活化因子 1α 的调控更加敏感。因此,在火麻仁低聚肽的影响下雌性小鼠较雌性有更少的脂肪储存及更多的脂肪分解,最终减肥效果更明显。

2.2 火麻仁低聚肽对小鼠力竭游泳时间的影响

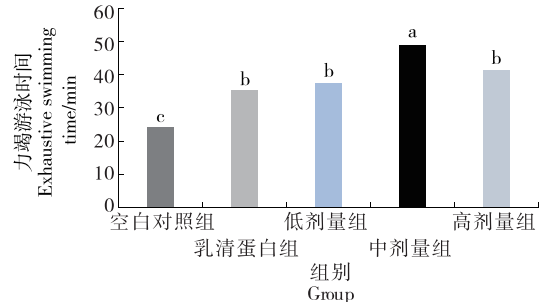
总体上火麻仁低聚肽组小鼠力竭游泳时间明显长于空白组,其中中剂量组小鼠力竭游泳时间明显长于其他组,低剂量组、高剂量组间无明显差异($P > 0.05$)(图 1);雌、雄小鼠火麻仁低聚肽组力竭游泳时间较空白组明显延长,其中中剂量组小鼠力竭游泳时间明显长于其他组;且雄性小鼠低、高剂量组力竭游泳时间明显长于乳清蛋白组(图 2),雌性小鼠高剂量组力竭游泳时间明显长于低剂量组($P < 0.05$)(图 3)。

试验中,火麻仁低聚肽 3 个剂量组的游泳时间较空白组都有显著延长,但是雌雄个体之间表现有所差异,对于雄性小鼠来说,火麻仁低聚肽各个剂量延长游泳时间

2 结果与分析

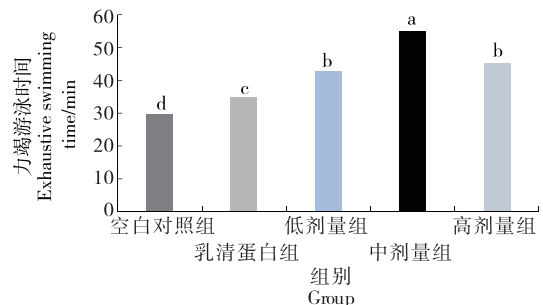
2.1 火麻仁低聚肽对小鼠体重的影响

总体上各组小鼠之间最终体重均不存在显著性差异($P > 0.05$)(表 1);雄性小鼠中剂量组和高剂量组最终体重明显低于空白组,高剂量组最终体重明显低于乳清蛋白组($P < 0.05$)(表 1);雌性小鼠空白组最终体重明显低于火麻仁低聚肽组($P < 0.05$),火麻仁低聚肽组最终体重明显低于乳清蛋白组($P < 0.05$)(表 1)。



字母不同的组别之间存在显著性差异($P < 0.05$)

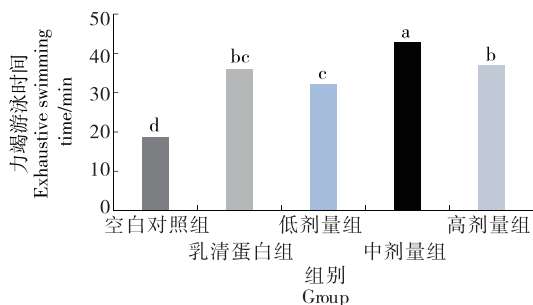
图 1 火麻仁低聚肽对小鼠力竭游泳时间的影响
Figure 1 Effects of hemp seed oligopeptide on exhaustion swimming time of mice



字母不同的组别之间存在显著性差异($P < 0.05$)

图 2 火麻仁低聚肽对雄性小鼠力竭游泳时间的影响
Figure 2 Effects of hemp seed oligopeptide on exhaustion swimming time of male mice

显著高于乳清蛋白,中剂量组时间是空白组的 1.9 倍。而对于雌性小鼠来说,低、高剂量火麻仁低聚肽延长小鼠游



字母不同的组别之间存在显著性差异 ($P < 0.05$)

图 3 火麻仁低聚肽对雌性小鼠力竭游泳时间的影响

Figure 3 Effects of hemp seed oligopeptide on exhaustion swimming time of female mice

泳时间效果与乳清蛋白无显著差异,中剂量组时间则达到了空白组的 2.3 倍。可见火麻仁低聚肽尤其中剂量用量可显著提升小鼠的机体耐力,这种作用与方磊等^[13]发现的大豆肽能显著延长小鼠负重游泳时间一致,表明小鼠的抗疲劳能力得到增强,这种情况可能通过多途径产

生,可能是植物蛋白肽更易被机体吸收利用,通过补充支链氨基酸参与三磷酸循环为机体提供了能量,也可能是该蛋白肽具有修复机体损伤功能,过度运动会过氧化损伤线粒体继而影响三磷酸循环,而大豆肽、花生肽等植物蛋白肽可保护机体自由基减少损伤^[14],或者参与了神经激素的调节等。而且火麻仁低聚肽对雌性小鼠耐力提高要比雄性更明显,可能是因为雌性对火麻仁低聚肽吸收、利用能力更强,剂量变化对雌性疲劳相关指标的影响更大。

2.3 火麻仁低聚肽对小鼠血乳酸含量的影响

总体上小鼠力竭游泳后中、高剂量组血乳酸值和血乳酸生成速率明显低于空白组 ($P < 0.05$) (表 2),而雄性小鼠游泳后仅中剂量组血乳酸值和血乳酸生成速率明显低于空白组 ($P < 0.05$) (表 3)。雌性小鼠游泳后中剂量、高剂量组血乳酸值和血乳酸生成速率明显低于空白组 ($P < 0.05$) (表 4)。以上说明火麻仁低聚肽可通过降低血乳酸生成进而降低其含量发挥抗疲劳作用。

乳酸在供能体系中占有重要地位,它是糖酵解供能

表 2 火麻仁低聚肽对总体小鼠血乳酸的影响[†]

Table 2 Effects of hemp seed oligopeptide on blood lactic acid in mice ($n = 12$)

组别	游泳前血乳酸值/(mmol · L ⁻¹)	游泳后血乳酸值/(mmol · L ⁻¹)	乳酸生成速率/(mmol · L ⁻¹ · min ⁻¹)
空白对照组	2.82 ± 0.04	3.60 ± 0.16 ^a	0.039 1 ± 0.006 1 ^a
乳清蛋白组	2.76 ± 0.40	2.94 ± 0.22 ^{bc}	0.009 0 ± 0.180 0 ^{bc}
低剂量组	2.68 ± 0.09	3.62 ± 0.31 ^a	0.047 2 ± 0.011 2 ^a
中剂量组	2.62 ± 0.23	2.83 ± 0.22 ^c	0.011 4 ± 0.001 3 ^c
高剂量组	2.73 ± 0.25	3.16 ± 0.30 ^b	0.022 1 ± 0.003 1 ^b

† 字母不同的组别之间存在显著性差异 ($P < 0.05$)。

表 3 火麻仁低聚肽对雄性小鼠血乳酸的影响[†]

Table 3 Effects of flax seed oligopeptide on blood lactic acid of male mice ($n = 6$)

组别	游泳前血乳酸值/(mmol · L ⁻¹)	游泳后血乳酸值/(mmol · L ⁻¹)	乳酸生成速率/(mmol · L ⁻¹ · min ⁻¹)
空白对照组	2.81 ± 0.05	3.56 ± 0.16 ^a	0.037 5 ± 0.005 1 ^a
乳清蛋白组	2.71 ± 0.19	2.86 ± 0.32 ^b	0.007 5 ± 0.006 3 ^b
低剂量组	2.69 ± 0.09	3.45 ± 0.37 ^a	0.042 0 ± 0.014 2 ^a
中剂量组	2.60 ± 0.31	2.71 ± 0.21 ^b	0.015 0 ± 0.005 6 ^b
高剂量组	2.74 ± 0.33	3.36 ± 0.24 ^a	0.050 0 ± 0.005 3 ^a

† 字母不同的组别之间存在显著性差异 ($P < 0.05$)。

表 4 火麻仁低聚肽对雌性小鼠血乳酸的影响[†]

Table 4 Effects of flax seed oligopeptide on blood lactic acid of female mice ($n = 6$)

组别	游泳前血乳酸值/(mmol · L ⁻¹)	游泳后血乳酸值/(mmol · L ⁻¹)	乳酸生成速率/(mmol · L ⁻¹ · min ⁻¹)
空白对照组	2.83 ± 0.04	3.64 ± 0.19 ^a	0.040 5 ± 0.007 3 ^a
乳清蛋白组	2.80 ± 0.08	3.01 ± 0.01 ^b	0.010 5 ± 0.003 7 ^b
低剂量组	2.74 ± 0.03	3.79 ± 0.13 ^a	0.052 5 ± 0.005 4 ^a
中剂量组	2.61 ± 0.17	2.95 ± 0.19 ^b	0.017 0 ± 0.001 8 ^b
高剂量组	2.65 ± 0.04	2.90 ± 0.08 ^b	0.012 5 ± 0.002 1 ^b

† 字母不同的组别之间存在显著性差异 ($P < 0.05$)。

系统的终产物,又是氧化代谢供能系统的重要氧化基质。乳酸具有弱酸性,正常情况下人体的缓冲物质与氢离子结合可以保持机体 pH 值处于稳态,在机体剧烈运动时,细胞处于相对缺氧的状态,糖酵解加快,从而产生大量乳酸,引起肌肉中 pH 值下降,影响相关酶的活性,进而又会限制糖的无氧酵解,影响 ATP 的再合成,导致机体疲劳^[15-16],且氢离子与钙离子竞争性结合肌钙蛋白影响肌肉收缩,导致机体疲劳。因此,血乳酸含量既反映骨骼肌的供能水平又反映机体的疲劳情况。

中剂量的火麻仁低聚肽可显著降低雌性和雄性小鼠体内血乳酸的含量与生成速率,且高剂量低聚肽对雌性小鼠也能起到同等作用,这种剂量在性别上的差异表明雌鼠有更广的剂量选择范围,但其机制尚不明确。火麻仁低聚肽降低血乳酸可能是具有与大豆肽类似的红细胞修复功能,从而减少剧烈运动对红细胞的损害,提高红细胞的供

氧能力,抑制了无氧酵解的发生^[17],也可能与乳酸脱氢酶降解乳酸有关。目前不能定论乳酸的增加促进了疲劳的产生,相反乳酸可能起到抵抗疲劳的作用,因此尚不能确定乳酸含量降低是小鼠疲劳程度降低的原因还是结果^[18]。

2.4 火麻仁低聚肽对小鼠血尿素氮和肝糖原的影响

总体上乳清蛋白组、火麻仁低聚肽低、中、高剂量组血尿素氮含量分别为空白组的 64.56%, 68.89%, 37.98%, 80.37%, 各组较空白组血尿素氮含量均有显著降低($P < 0.05$),其中中剂量组血尿素氮含量显著低于乳清蛋白组($P < 0.05$)(表 5);肝糖原方面低剂量组含量与空白组无明显区别,乳清蛋白组、火麻仁低聚肽中、高剂量组则分别为空白组的 2.25, 2.83, 2.33 倍,其中中剂量组肝糖原含量要显著高于乳清蛋白组($P < 0.05$)(表 5)。说明火麻仁低聚肽可通过降低血尿素氮含量、提高肝糖原含量发挥抗疲劳作用。

表 5 火麻仁低聚肽对不同组别与性别小鼠血尿素氮和肝糖原的影响[†]

Table 5 Effects of hemp seed oligopeptide on BUN and LG in mice of different groups and genders

组别	总体小鼠($n=12$)		雄性小鼠($n=6$)		雌性小鼠($n=6$)	
	血尿素氮/ ($\text{mmol} \cdot \text{L}^{-1}$)	肝糖原/ ($10^{-2} \text{g} \cdot \text{g}^{-1}$)	血尿素氮/ ($\text{mmol} \cdot \text{L}^{-1}$)	肝糖原/ ($10^{-2} \text{g} \cdot \text{g}^{-1}$)	血尿素氮/ ($\text{mmol} \cdot \text{L}^{-1}$)	肝糖原/ ($10^{-2} \text{g} \cdot \text{g}^{-1}$)
空白对照组	10.19±1.03 ^a	0.12±0.03 ^c	9.35±0.26 ^a	0.12±0.16 ^c	11.02±0.71 ^a	0.10±0.03 ^d
乳清蛋白组	6.58±1.69 ^d	0.27±0.03 ^b	6.72±0.14 ^c	0.27±0.03 ^{ab}	6.44±0.39 ^c	0.28±0.03 ^b
低剂量组	7.02±0.79 ^c	0.17±0.06 ^c	6.36±0.48 ^c	0.20±0.08 ^{bc}	7.67±0.23 ^b	0.15±0.00 ^c
中剂量组	3.87±1.00 ^e	0.34±0.04 ^a	2.95±0.13 ^d	0.33±0.05 ^a	4.80±0.14 ^d	0.35±0.04 ^a
高剂量组	8.19±0.50 ^b	0.28±0.13 ^b	8.57±0.25 ^b	0.24±0.06 ^{ab}	7.72±0.19 ^b	0.35±0.03 ^a

[†] 字母不同的组别之间存在显著性差异($P < 0.05$)。

从表 5 可知,火麻仁低聚肽各剂量对雌、雄小鼠均有降低血尿素氮作用,通过长时间的运动后,蛋白质和氨基酸分解代谢会加强,生成的氨经肝脏生成血尿素氮。有研究^[15]表明,体内尿素氮含量和身体抗疲劳能力呈负相关。雄性小鼠空白组与低剂量组降低血尿素氮效果优于高剂量组;雌性小鼠低剂量组降低血尿素氮效果与高剂量组相当。以上结果表明,中剂量的火麻仁低聚肽在降低血尿素氮的抗疲劳方面作用最为显著,雌、雄鼠缓解疲劳能力依然存在剂量上的差异,可能由于性别不同导致减少代谢物堆积存在差异。

机体长时间剧烈运动,体内糖原过度消耗分解,当糖原含量较低时,分解产生的葡萄糖不足以维持机体继续运动,此时表现出力竭疲劳状态^[19]。雄性小鼠乳清蛋白组、中、高剂量组肝糖原含量均无显著差异,较空白组有明显提高($P < 0.05$);而雌性小鼠低剂量组肝糖原含量较空白组有显著提高($P < 0.05$),中、高剂量组肝糖原含量已明显高于乳清蛋白组($P < 0.05$)。可见火麻仁低聚肽可以显著提高小鼠肝糖原含量。这种提高可能来源于机体对蛋白质的摄入,雌性小鼠可能对蛋白质有更

高的利用率,因此摄入低剂量火麻仁低聚肽时肝糖原含量就有提高;而雄性小鼠对火麻仁蛋白摄入的敏感性可能不如雌性小鼠,因此低剂量摄入时肝糖原较空白组无明显变化。这种对机体肝糖原的补充可能是血尿素氮含量降低的一个原因,充足的肝糖原为剧烈运动时供能从而减少了对蛋白质与氨基酸的分解,使血尿素氮生成减少。

3 结论

火麻仁低聚肽能降低小鼠体内血乳酸和血尿素氮含量、提高肝糖原含量和机体耐受力。尤其 1.67 g/kg BW 的火麻仁低聚肽抗疲劳表现优异,相较乳清蛋白粉而言中剂量火麻仁低聚肽对雌、雄小鼠均具有更明显的抗疲劳作用,这与大部分药物用量越大、效果越好的情况不一致,而且剂量的变化在雌、雄个体中对某些指标影响较大,进而影响抗疲劳效果,如雌性小鼠可通过高剂量火麻仁低聚肽降低血乳酸含量发挥抗疲劳作用,而雄性小鼠不可以,说明通过火麻仁低聚肽抗疲劳需要将用量控制在合适的范围内才能取得最佳效果。火麻仁低聚肽抗疲劳能力在作用于不同性别时存在一定差异的详细机制,

火麻仁低聚肽中剂量和高剂量与抗疲劳效果呈负相关等问题有待进一步研究, 解决这些问题将为针对不同需要的人群制成更加合适的产品具有现实意义。

参考文献

- [1] 余刚. 运动性疲劳及其产生机制研究综述[J]. 科技信息, 2013(19): 272-273.
YU G. A review of exercise-induced fatigue and its mechanism[J]. Science & Technology Information, 2013(19): 272-273.
- [2] 李福荣, 赵爽, 张秋, 等. 食源性生物活性肽的功能及其在食品中的应用[J]. 食品研究与开发, 2020, 41(20): 210-217.
LI F R, ZHAO S, ZHANG Q, et al. Functions of dietary peptides and its applications in food industry [J]. Food Research and Development, 2020, 41(20): 210-217.
- [3] 姚旭航, 袁进成. 植物活性肽的研究进展[J]. 河北北方学院学报(自然科学版), 2023, 39(1): 58-62.
YAO X H, YUAN J C. Research progress of plant active peptides[J]. Journal of Hebei North University (Natural Science Edition), 2023, 39(1): 58-62.
- [4] 陈月华, 程云辉, 许宙, 等. 食源性生物活性肽免疫调节功能研究进展[J]. 食品与机械, 2016, 32(5): 209-213.
CHEN Y H, CHENG Y H, XU Z, et al. Research progress in immune regulation of food-derived bioactive peptides[J]. Food & Machinery, 2016, 32(5): 209-213.
- [5] 贾前生, 刘远洋, 李丹. 鹰嘴豆低聚肽抗疲劳活性研究[J]. 食品与机械, 2022, 38(6): 151-155.
JIA Q S, LIU Y Y, LI D. Study on anti-fatigue activities of chickpea oligopeptides[J]. Food & Machinery, 2022, 38(6): 151-155.
- [6] 李永进, 杨睿悦, 扈学俸, 等. 火麻仁蛋白对小鼠抗疲劳和免疫调节功能的初步研究[J]. 卫生研究, 2008(2): 175-178.
LI Y J, YANG R Y, HU X F, et al. Initial study of Hemp seeds protein on antifatigue and the immunomodulation effects in mice[J]. Journal of Hygiene Research, 2008(2): 175-178.
- [7] 刁秋霞, 李硕, 王晶, 等. 火麻仁酶解发酵液对小鼠抗疲劳的作用[J]. 武警医学, 2013, 24(11): 945-947.
DIAO Q X, LI S, WANG J, et al. Effect of hempseed fermented liquid on fatiguingmices[J]. Medical Journal of the Chinese People's Armed Police Forces, 2013, 24(11): 945-947.
- [8] HICKS A L, KENT-BRAUN J, DITOR D S. Sex differences in human skeletal muscle fatigue [J]. Exercise and Sport Sciences Reviews, 2001, 29(3): 109-112.
- [9] MARINO M, MASELLA R, BULZOMI P, et al. Nutrition and human health from a sex-gender perspective[J]. Molecular Aspects of Medicine, 2011, 32(1): 1-70.
- [10] 尹利端, 黄静, 张厚森, 等. 复合低聚肽增强免疫力功能研究[J]. 食品研究与开发, 2015, 36(19): 195-198.
YIN L D, HUANG J, ZHANG H S, et al. Study on immunity enhancing function of compound oligopeptide[J]. Food Research and Development, 2015, 36(19): 195-198.
- [11] 齐婷, 房磊. 响应面优化提取美藤果油及其对高强度运动大鼠腓肠肌功能恢复和 ATP 酶的影响[J]. 食品研究与开发, 2021, 42(19): 53-58.
QI T, FANG L. Response surface methodology for optimization of rattan oil extraction and effects of the oil on the functional recovery of the gastrocnemius and ATPase in rats after high intensity exercise[J]. Food Research and Development, 2021, 42(19): 53-58.
- [12] 徐梅, 王常青, 赵大洲. 火麻仁多肽的制备及减肥功能研究[J]. 现代食品, 2022, 28(7): 190-194.
XU M, WANG C Q, ZHAO D Z. Study on preparation and anti-obesity effect of Cannabis sativa L. polypeptide[J]. Modern Food, 2022, 28(7): 190-194.
- [13] 方磊, 张瑞雪, 魏颖. 发酵大豆蛋白肽增强小鼠机体免疫力及抗疲劳能力[J]. 粮食与油脂, 2022, 35(12): 146-150.
FANG L, ZHANG R X, WEI Y. Fermented soybean protein peptide enhances immunity and anti-fatigue ability of mice [J]. Cereals & Oils, 2022, 35(12): 146-150.
- [14] 刘恋. 植物蛋白肽压片糖果对短跑运动员训练效果的提升与分析[J]. 食品研究与开发, 2023, 44(2): 235-236.
LIU L. The improvement and analysis of plant protein peptidetabling candy on the training effect of sprinters[J]. Food Research and Development, 2023, 44(2): 235-236.
- [15] 陈星星, 胡晓, 李来好, 等. 抗疲劳肽的研究进展[J]. 食品工业科技, 2015, 36(4): 365-369.
CHEN X X, HU X, LI L H, et al. The research progress of anti-fatigue peptides [J]. Science and Technology of Food Industry, 2015, 36(4): 365-369.
- [16] 邓落霞. 乳酸生成和消除及其在速度耐力训练中的应用[J]. 科技资讯, 2009(14): 224-225.
DENG L X. Lactic acid production and elimination and its application in speed endurance training[J]. Science & Technology Information, 2009(14): 224-225.
- [17] 李松涛. 植物蛋白肽饮料对缓解篮球运动员疲劳的功能研究[J]. 食品研究与开发, 2023, 44(9): 233-234.
LI S T. Study on the function of plant protein peptide beverage in alleviating fatigue of basketball players [J]. Food Research and Development, 2023, 44(9): 233-234.
- [18] 李博雅, 房栋栋, 闻坚强. 乳酸与骨骼肌运动性疲劳关系的研究进展[J]. 医学综述, 2016, 22(4): 640-643.
LI B Y, FANG D D, LU J Q. Research progress of correlation between latic acid and skeletal muscle fatigue [J]. Medical Recapitulate, 2016, 22(4): 640-643.
- [19] 刘嘉宁, 国旭祺, 李明哲, 等. 基于药食同源的复方制剂抗疲劳效果评价[J]. 营养学报, 2022, 44(4): 326-331.
LIU J N, GUO X Q, LI M Z, et al. Evaluation of anti-fatigue action of compound preparations based on the principle of medicine and food homology[J]. Acta Nutrimenta Sinica, 2022, 44(4): 326-331.