

槐米提取物对衰老模型小鼠运动能力的影响及机制研究

王荣, 吴成蓉, 李冰, 罗倩, 冯怡, 秦蓓(西安医学院药学院, 陕西 西安 710021; 西安交通大学第一附属医院超声科, 陕西 西安 710061)

摘要: **目的** 探讨槐米提取物对 D-半乳糖致衰老模型小鼠运动能力的影响及相关机制。**方法** 采用小鼠颈背部皮下注射 D-半乳糖($500\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$)建立衰老小鼠模型, 每日 1 次, 连续 9 周。将 48 只小鼠随机分为 6 组: 空白组、模型组、维生素 C 组($200\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$)和槐米提取物低、中、高剂量组(100 、 200 、 $400\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$), 造模第 5 周开始, 同时灌胃相应药物($10\text{ mL}\cdot\text{kg}^{-1}$), 每日 1 次, 连续 4 周。观察小鼠的行为变化并定时记录小鼠体质量; 通过行为学疲劳实验和负重游泳实验考察小鼠的运动能力; 测定小鼠胸腺、脾脏及脑组织的脏器指数; 检测血清及脑组织中的总超氧化物歧化酶(T-SOD)、谷胱甘肽过氧化物酶(GSH-Px)活性和丙二醛(MDA)含量; 采用 HE 染色法观察小鼠脑组织病理变化。**结果** 与空白组比较, 模型组小鼠的在棒时间及游泳时间显著缩短($P<0.01$); 小鼠胸腺、脾脏及脑指数明显降低($P<0.05$, $P<0.01$); 小鼠血清及脑组织中 MDA 含量明显增高($P<0.05$, $P<0.01$), T-SOD、GSH-Px 活性明显降低($P<0.05$, $P<0.01$)。与模型组比较, 槐米提取物中剂量组小鼠的在棒时间和游泳时间明显延长($P<0.05$), 小鼠胸腺指数明显升高($P<0.05$); 槐米提取物中、低剂量组小鼠的血清 T-SOD、GSH-Px 活性显著升高($P<0.01$), 脑组织中 T-SOD 活性显著升高($P<0.01$), 血清及脑组织中的 MDA 含量显著降低($P<0.01$)。**结论** 槐米提取物可提高衰老模型小鼠的运动能力, 其作用机制可能与提高机体内抗氧化酶活性、降低脂质过氧化有关。

关键词: 槐米提取物; D-半乳糖; 衰老模型; 抗氧化; 小鼠

中图分类号: R285.5 **文献标志码:** A **文章编号:** 1003-9783(2021)12-1752-05

doi: 10.19378/j.issn.1003-9783.2021.12.003

Study on Effects and Mechanism of Sophorae Flos Extract on Exercise Performance of Subacute Aging Model Mice

WANG Rong, WU Chengrong, LI Bing, LUO Qian, FENG Yi, QIN Bei(Department of Pharmacy, Xi'an Medical University, Xi'an 710021 Shaanxi, China; Department of Ultrasound, The First Affiliated Hospital of Xi'an Jiao Tong University, Xi'an 710061 Shaanxi, China)

Abstract: Objective To investigate the effects and mechanism of Sophorae flos extract on exercise performance of D-galactose induced aging model mice. **Methods** Mice were subcutaneously injected with D-galactose($500\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$) into the napes once a day for consecutive 9 weeks, to establish the aging mouse model. 48 successfully modeled mice were randomly divided into blank group, model group, VC group, and low, medium, high doses of Sophorae flos extract groups (100 , 200 , and $1400\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$). Drugs were intragastrically administered once daily for 4 consecutive weeks. Changes in behavior and body mass were observed regularly. The behavioral fatigue test and weight-bearing swimming test were conducted after the last administration. The thymus, spleen and brain indexes of the mice were measured, and the activities of T-SOD, GSH-Px and content of MDA in serum and brain tissues were determined. The pathological morphological changes of brain of the mice were observed by HE staining. **Results**

收稿日期: 2020-12-03

作者简介: 王荣, 女, 副教授, 研究方向: 药物毒理研究。Email: wr_ljz@163.com。通信作者: 秦蓓, 女, 教授, 研究方向: 新药研发。Email: qinbei0526@163.com。

基金项目: 国家自然科学基金项目(81903288); 血管活性药物筛选与成药性评价创新团队(2021TD03); 西安市科技计划项目(2020KJRC0135); 西安医学院药学院省级重点学科建设项目(2016YXXK09, 2016YXXK16)。

Compared with the blank group, mice in the model group had significantly shorter rod time and swimming time ($P < 0.01$). The thymus, spleen and brain indexes of the model group were significantly decreased ($P < 0.05$, $P < 0.01$). The MDA contents in serum and brain tissue were significantly increased ($P < 0.05$, $P < 0.01$), while the activities of T-SOD and GSH-Px were significantly decreased ($P < 0.05$, $P < 0.01$). Compared with the model group, the mice in the medium dose Sophorae flos extract group had significantly longer rod time and swimming time ($P < 0.05$); the indexes of thymus of mice were increased ($P < 0.05$). For mice in medium and low dose Sophorae flos extract groups, the activities of T-SOD and GSH-Px in serum and T-SOD activities in brain tissues were increased ($P < 0.01$), and the levels of MDA in serum and brain tissue were decreased ($P < 0.01$). **Conclusion** Sophorae flos extract can improve exercise performance of subacute aging model mice, its mechanism may be related to improve the activities of antioxidant enzymes and reduce lipid peroxidation.

Keywords: Sophorae flos extract; D-galactose; aging model; antioxidation; mice

衰老是一个综合性的生理变化过程,是生物个体必然经历的阶段。目前社会老龄化不断加剧,预计到 2050 年全球 60 岁以上人口将达到 21 亿^[1]。衰老伴随着疾病的发生,许多年龄相关性疾病的发病率逐年升高。自由基学说是目前公认的衰老机制之一^[1-2],该理论认为在机体衰老的有氧代谢过程中,自由基水平的升高或抗氧化剂的缺失使机体抗氧化能力下降和细胞毒性增加,最终造成生物膜、氨基酸链及 DNA 的分子结构的不可逆改变损伤,导致机体衰老相关退行性疾病的产生,加速衰老进程。

中药槐米为豆科植物槐 *Sophora japonica* L. 的干燥花蕾^[3],药食两用,具有较好的营养保健价值^[4]。槐米中富含黄酮类成分,是一种天然的抗氧化剂。研究显示,槐米具有抑菌^[5]、抗肿瘤^[3]、抗氧化^[6]及免疫调节^[7]等作用。槐米具有很好的抗氧化活性,但目前尚未见槐米提取物的体内抗衰老作用研究报道。故本研究拟通过 D-半乳糖注射法构建小鼠衰老模型,探究槐米提取物的体内抗氧化作用,为其作为抗氧化剂在功能性食品和药品领域的开发应用提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 动物 雄性昆明小鼠 48 只,体质量 18~22 g,购自成都达硕实验动物有限公司,动物生产许可证号:SCXK(川)2015-030。垫料及饲料均由成都达硕实验动物有限公司提供。自由饮用蒸馏水,饲养条件:温度为 20~25 ℃,湿度为 40%~55%,自然光照,正常饲养,隔天更换垫料。本实验方案由西安医学院伦理委员会批准。

1.2 药物及试剂 槐米,购自西安贝斯特药材市场,批号:20200315,由西安医学院药学院张寒教授鉴定为槐 *Sophora japonica* L. 的干燥花蕾。槐米提取物制备:取槐米药材 500 g,粉碎;加 20 倍体积 85% 乙醇回流提取,提取 2 次,每次 1 h;减压浓缩,得槐米乙醇提取物(1 g 提取物相当于 4 g 原药材)。维生素 C(批号: B21293)、D-半乳糖(批号: H20J9C53453),上海源叶生物科技有限公司;总超氧化物歧化酶(T-SOD)检测试剂盒,批号: 20190412、谷胱甘肽过氧化物酶(GSH-Px)检测试剂盒(批号: 20190309)、丙二醛(MDA)检测试剂盒(批号: 20190315)、总蛋白定量检测试剂盒(批号: 20190420),均购自南京建成生物工程研究所。

1.3 主要仪器 1510 型自动全波长酶标仪、Biofuge Stratos 高速冷冻离心机、PacificTII7 型纯水机,美国 Thermo Fisher 科技公司;AX224ZH 型分析天平,美国奥豪斯仪器有限公司;T10 型手持匀浆机,宁波新芝生物科技股份有限公司;YSL-4C 型转棒式疲劳仪,济南益延科技发展有限公司;RM2245 型转轮式切片机,德国 Leica 公司;U-LH100HG 型倒置显微镜,日本 Olympus 公司。

1.4 分组及给药^[8-10] 将 48 只小鼠在适应性饲养后随机分为 6 组:空白组、模型组、维生素 C 组(200 mg·kg⁻¹)和槐米提取物低、中、高剂量组(100、200、400 mg·kg⁻¹)。除空白组外,其余各组小鼠颈背部皮下注射 500 mg·kg⁻¹ 的 D-半乳糖,每日 1 次,连续 9 周,空白组注射等量生理盐水。第 5 周开始,D-半乳糖造模的同时,各给药组按照上述剂量灌胃相应药物(10 mL·kg⁻¹),每日 1 次,连续给药 4 周,空白组与模型组灌胃等量蒸馏水。以小鼠行

为(行动迟缓、毛松散竖及脱落)和生化指标(T-SOD、GSH-Px 及 MDA)变化衡量造模成功与否^[9]。槐米提取物剂量依据预试验确定有效剂量为 200 mg·kg⁻¹。

1.5 行为学观察 从第 1 周开始每隔 2 周测定小鼠体质量, 观察并记录小鼠的精神状态、饮食情况及皮肤毛发状况。末次给药后利用转棒式疲劳仪和负重游泳实验检测小鼠的运动能力, 记录在棒时长与游泳时长。

1.6 样本采集 小鼠在末次给药后禁食 24 h, 自由饮水, 称完体质量后眼眶取血, 静置一段时间后于 4 ℃ 下 3 000 r·min⁻¹(离心半径 13.5 cm)离心 10 min, 取上清液, 即得血清, -20 ℃冻存备用。然后脱颈椎处死小鼠, 迅速取出胸腺、脾脏及脑组织, 小心剔除周围粘连组织及结缔组织, 精密称定其质量, 计算: 脏器指数(mg·g⁻¹)=脏器质量(mg)/小鼠体质量(g)。最后, 脑组织按照 1: 9(m: V)加入冰生理盐水, 制备 10%脑组织匀浆液, 于 4 ℃下 2 500 r·min⁻¹(离心半径 13.5 cm)离心 10 min, 取上清液, -20 ℃冻存备用。

1.7 生化指标检测 采用 BCA 法对脑组织进行蛋白含量测定; 严格按照试剂盒说明书步骤操作, 检测小鼠血清和脑组织中 T-SOD、GSH-Px 活性及 MDA 含量。

1.8 脑组织病理学观察 取部分小鼠脑组织, 以 10%

多聚甲醛固定, 经常规乙醇脱水、包埋、切片后, 行常规 HE 染色, 中性树胶封固, 光学显微镜下观察小鼠脑组织病理变化。

1.9 统计学处理方法 采用 SPSS 22.0 统计软件进行数据分析; 计量资料以均数±标准差($\bar{x} \pm s$)表示; 多组间比较采用单因素方差分析(One-way ANOVA), 两两比较采用 LSD-*t* 检验; 以 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 槐米提取物对衰老模型小鼠一般行为学的影响

与空白组比较, 模型组小鼠出现明显的衰老特征, 如行动明显迟缓、精神不振、嗜睡、反应力下降, 被毛干枯无光泽、出现炸毛, 且有严重脱落现象等; 与模型组比较, 维生素 C 组及槐米提取物中剂量组小鼠的精神状态及活动情况明显好转, 被毛光滑。

2.2 槐米提取物对衰老模型小鼠体质量的影响 结果见表 1。随着时间的延长, 空白组小鼠的平均体质量增长明显, 与空白组比较, 模型组小鼠体质量在第 9 周明显降低, 差异有统计学意义($P < 0.05$)。与模型组比较, 维生素 C 组及槐米提取物中剂量组小鼠的体质量在第 7、9 周有所增长, 但差异无统计学意义($P > 0.05$)。结果表明, 槐米提取物对衰老模型小鼠体质量的改善作用不明显。

表 1 槐米提取物对衰老模型小鼠体质量的影响($\bar{x} \pm s$, $n=8$)

Table 1 The effect of Sophorae flos extract on body mass of aging model mice($\bar{x} \pm s$, $n=8$)

组别	剂量/ (mg·kg ⁻¹)	体质量/g				
		第 1 周	第 3 周	第 5 周	第 7 周	第 9 周
空白组	—	25.35 ± 2.08	33.00 ± 2.79	35.67 ± 2.96	39.75 ± 2.60	41.19 ± 2.56
模型组	—	27.56 ± 1.27	34.00 ± 3.25	36.38 ± 3.62	37.94 ± 3.22	37.75 ± 2.48*
维生素 C 组	200	27.00 ± 1.67	33.75 ± 2.12	36.31 ± 3.49	38.19 ± 4.87	38.88 ± 2.55
槐米提取物高剂量组	400	28.50 ± 0.71	33.25 ± 2.12	36.75 ± 3.92	36.81 ± 3.27	36.63 ± 3.51
槐米提取物中剂量组	200	27.56 ± 1.92	33.38 ± 2.20	36.50 ± 2.73	38.81 ± 2.28	38.44 ± 3.72
槐米提取物低剂量组	100	25.38 ± 1.41	31.06 ± 3.57	35.13 ± 3.72	35.07 ± 3.68	33.71 ± 3.09*

注: 与空白组比较, * $P < 0.05$; 与模型组比较, * $P < 0.05$

2.3 槐米提取物对衰老模型小鼠运动能力的影响 结果见表 2。与空白组比较, 模型组小鼠的在棒时间和游泳时间均明显缩短($P < 0.01$)。与模型组小鼠比较, 维生素 C 组及槐米提取物中剂量组小鼠的在棒时间和游泳时间明显延长, 差异具有统计学意义($P < 0.05$, $P < 0.01$)。结果表明, 槐米提取物可提高衰老模型小鼠的运动能力。

2.4 槐米提取物对衰老模型小鼠胸腺、脾脏及脑脏器

指数的影响 结果见表 3。与空白组比较, 模型组小鼠胸腺、脾脏及脑脏器指数明显降低, 差异具有统计学意义($P < 0.05$, $P < 0.01$), 说明模型组小鼠胸腺、脾脏和脑出现萎缩。与模型组比较, 槐米提取物中剂量组的小鼠胸腺指数明显升高($P < 0.05$), 但脾脏指数、脑指数无明显变化($P > 0.05$)。

2.5 槐米提取物对衰老模型小鼠血清 T-SOD、GSH-Px 活性及 MDA 含量的影响 结果见表 4。与

表 2 槐米提取物对衰老模型小鼠在棒时间与负重游泳时间的影响($\bar{x} \pm s$, $n=8$)

Table 2 The effect of Sophorae flos extract on staying on the bar and swimming time of aging model mice($\bar{x} \pm s$, $n=8$)

组别	剂量/(mg·kg ⁻¹)	在棒时间/s	游泳时间/s
空白组	-	201.25 ± 26.43	214.75 ± 15.01
模型组	-	56.50 ± 24.20**	44.00 ± 12.14**
维生素 C 组	200	98.25 ± 25.14**	71.88 ± 15.37**
槐米提取物高剂量组	400	66.50 ± 19.24	64.63 ± 23.37
槐米提取物中剂量组	200	96.00 ± 22.19*	69.63 ± 22.61*
槐米提取物低剂量组	100	63.75 ± 23.49	53.88 ± 7.59

注: 与空白组比较, ** $P < 0.01$; 与模型组比较, * $P < 0.05$, ** $P < 0.01$

表 3 槐米提取物对衰老模型小鼠胸腺、脾脏及脑脏器指数的影响($\bar{x} \pm s$, $n=8$)

Table 3 The effect of Sophorae flos extract on thymus, spleen and brain indexes in aging model mice($\bar{x} \pm s$, $n=8$)

组别	剂量/(mg·kg ⁻¹)	胸腺指数/(mg·g ⁻¹)	脾脏指数/(mg·g ⁻¹)	脑指数/(mg·g ⁻¹)
空白组	-	1.45 ± 0.30	4.51 ± 0.38	10.73 ± 1.23
模型组	-	0.71 ± 0.12**	3.27 ± 0.31**	9.16 ± 0.64*
维生素 C 组	200	0.84 ± 0.15	3.49 ± 0.91	9.62 ± 0.23
槐米提取物高剂量组	400	0.70 ± 0.09	3.20 ± 0.50	9.10 ± 0.91
槐米提取物中剂量组	200	0.91 ± 0.17*	3.46 ± 0.29	9.48 ± 0.79
槐米提取物低剂量组	100	0.76 ± 0.17	3.36 ± 0.39	9.26 ± 0.69

注: 与空白组比较, * $P < 0.05$, ** $P < 0.01$; 与模型组比较, * $P < 0.05$

空白组比较, 模型组小鼠血清中的 MDA 含量明显升高($P < 0.05$), T-SOD、GSH-Px 活力明显降低($P < 0.05$, $P < 0.01$), 表明 D-半乳糖致衰老模型小鼠的血清抗氧化能力明显降低。与模型组比较, 槐米提取物中、低剂量组小鼠的血清 T-SOD、GSH-Px 活性显著升高($P < 0.01$), MDA 含量显著降低($P < 0.01$)。结果表明, 槐米提取物能明显提高衰老模型小鼠的血清抗氧化能力。

表 4 槐米提取物对衰老模型小鼠血清中 T-SOD、GSH-Px、MDA 含量的影响($\bar{x} \pm s$, $n=8$)

Table 4 The effect of Sophorae flos extract on activities of T-SOD, GSH-Px and MDA level in serum of aging model mice($\bar{x} \pm s$, $n=8$)

组别	剂量/(mg·kg ⁻¹)	T-SOD/(U·mL ⁻¹)	GSH-Px/(U·mL ⁻¹)	MDA/(nmol·mL ⁻¹)
空白组	-	65.82 ± 12.55	406.08 ± 21.87	9.61 ± 4.00
模型组	-	46.12 ± 11.75**	375.74 ± 15.58*	16.16 ± 5.58*
维生素 C 组	200	65.11 ± 8.19**	422.13 ± 22.18**	11.99 ± 3.87
槐米提取物高剂量组	400	58.83 ± 9.56	399.00 ± 27.58	11.37 ± 3.62
槐米提取物中剂量组	200	87.28 ± 10.33**	418.31 ± 36.21**	7.18 ± 2.71**
槐米提取物低剂量组	100	78.78 ± 5.29**	411.23 ± 18.65**	8.27 ± 2.12**

注: 与空白组比较, * $P < 0.05$, ** $P < 0.01$; 与模型组比较, ** $P < 0.01$

2.6 槐米提取物对衰老模型小鼠脑组织 T-SOD、GSH-Px 活性及 MDA 含量的影响 结果见表 5。与空白组比较, 模型组小鼠脑组织的 MDA 含量显著升高($P < 0.01$), T-SOD、GSH-Px 活力均显著降低($P < 0.01$)。与模型组比较, 维生素 C 组及槐米提取物高、中、低剂量组小鼠脑组织的 MDA 含量均显著降低($P < 0.01$), T-SOD 活力均显著升高($P < 0.01$); 维生素 C 组的 GSH-Px 活力明显升高($P < 0.05$)。结果表明, 槐米提取物能明显提高衰老模型小鼠的脑组织抗氧化能力。

表 5 槐米提取物对衰老模型小鼠脑组织 T-SOD、GSH-Px、MDA 含量的影响($\bar{x} \pm s$, $n=8$)

Table 5 The effect of Sophorae flos extract on activities of T-SOD, GSH-Px and MDA content in brain tissue of aging model mice($\bar{x} \pm s$, $n=8$)

组别	剂量/(mg·kg ⁻¹)	T-SOD/(U·mg ⁻¹)	GSH-Px/(U·mg ⁻¹)	MDA/(nmol·mg ⁻¹)
空白组	-	24.46 ± 0.77	22.29 ± 3.01	6.11 ± 0.47
模型组	-	17.87 ± 0.71**	14.65 ± 4.76**	7.80 ± 0.26**
维生素 C 组	200	23.95 ± 0.95**	20.06 ± 4.42*	6.53 ± 0.63**
槐米提取物高剂量组	400	23.91 ± 0.68**	15.32 ± 2.72	6.83 ± 0.62**
槐米提取物中剂量组	200	27.52 ± 0.44**	16.33 ± 2.38	6.29 ± 0.52**
槐米提取物低剂量组	100	20.08 ± 0.64**	14.84 ± 2.80	6.48 ± 0.54**

注: 与空白组比较, ** $P < 0.01$; 与模型组比较, * $P < 0.05$, ** $P < 0.01$

2.7 槐米提取物对衰老模型小鼠脑组织病理形态的影响 结果见图 1。正常组小鼠的脑细胞形态完整, 细胞核大且圆, 细胞排列层次紧密。与空白组比较, 模型组小鼠脑组织的细胞结构紊乱, 细胞核分裂、固缩。与模型组比较, 维生素 C 组小鼠脑组织细胞核清晰, 细胞边缘清晰; 槐米提取物组随着给药剂量的增加可见小鼠脑组织细胞排列趋向整齐, 细胞完整, 细胞核大。结果表明, 槐米提取物能改善衰老模型小鼠的脑组织病理变化。

3 讨论

D-半乳糖致衰老模型是目前常用的衰老动物模型, 小鼠连续大剂量注射 D-半乳糖可引起糖代谢紊乱, 造成亚急性衰老状态。神经系统衰退引起运动能力减弱是衰老的重要特征之一。本研究通过转棒实验和负重游泳实验评价了衰老模型小鼠的运动能力, 结果显示其在棒时间和游泳时间明显缩短, 而槐米提取物高、中、低剂量组小鼠的在棒时间和游泳时间均有延长, 其中以槐米提取物中剂量组最为明显($P < 0.05$), 表明槐米提取物可提高衰老小鼠的

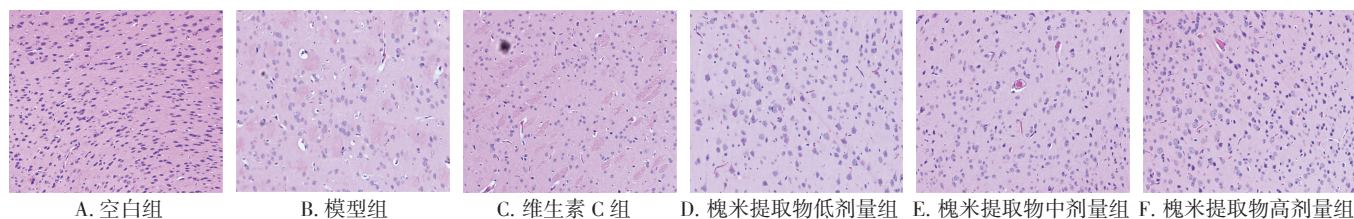


图 1 槐米提取物对衰老模型小鼠脑组织病理形态的影响(HE 染色, $\times 400$)

Figure 1 Effect of Sophorae flos extract on the pathological morphological changes in brain tissue of aging model mice (HE staining, $\times 400$)

运动能力。

衰老的发生发展还与免疫系统的功能有关。动物的脏器质量变化在一定程度上可以反映机体的衰老程度。胸腺和脾脏作为生命体重要的免疫器官,随着衰老的发生,胸腺和脾脏会出现体积缩小、功能减退、质量下降等情况。胸腺、脾脏指数高低可以反映机体胸腺及脾脏的免疫功能状况^[11-12]。脑指数可反映动物神经组织的衰老程度。本研究结果显示,衰老模型小鼠出现行动明显迟缓、毛发脱落等现象,胸腺、脾脏及脑指数显著降低,而槐米提取物能明显改善小鼠的精神状态,特别是槐米提取物中剂量还能明显提高小鼠的胸腺指数。

自由基学说是目前公认的衰老机制之一,自由基的清除与体内的抗氧化酶系活性有关。SOD 是体内重要的抗氧化酶,能够清除超氧阴离子自由基($O_2^{\cdot-}$),从而保护细胞免受损伤。SOD 活力的高低可间接反映机体清除氧自由基的能力,从而判断机体的衰老程度。GSH-Px 是广泛存在于机体组织器官中的可以催化 GSH 对 H_2O_2 发生还原反应的一种酶^[13],该酶的活性中心是硒原子,可以保护细胞膜结构和功能的完整性。MDA 是机体内的氧自由基引发生物膜中脂质过氧化物形成的一种产物,MDA 含量的多少可反映机体细胞受自由基攻击的严重程度,间接地反映细胞的损伤程度^[14-15]。本研究结果显示,与衰老模型组小鼠比较,槐米提取物中、低剂量能显著增加血清中的 T-SOD 及 GSH-Px 活力,以及脑组织中的 T-SOD 活力,说明槐米提取物能够提高衰老小鼠对氧自由基的抵抗能力。同时,槐米提取物中、低剂量还能显著降低血清和脑组织中 MDA 的含量,表明槐米提取物在一定程度上能抑制氧自由基对小鼠体内的脂质过氧化损伤程度,起到延缓衰老的作用。

综上所述,槐米提取物能够增强衰老模型小鼠的运动能力,提高小鼠胸腺指数,改善衰老症状,其

作用可能与提高血清和脑组织中抗氧化酶的活性及降低 MDA 的含量有关。

参考文献:

- [1] 莫睿,魏智民,杨云生. 抗衰老机制研究进展[J]. 解放军医学杂志, 2017, 42(8): 743-748.
- [2] 卢春雪,杨绍杰,陶荟竹,等. 衰老机制研究进展[J]. 中国老年学杂志, 2018, 38(1): 248-250.
- [3] 金念祖,茅力,朱燕萍,等. 槐米提取物对小鼠Lewis肺癌移植瘤细胞周期和PCNA表达的影响[J]. 中药新药与临床药理, 2005, 16(3): 164-168.
- [4] 王丽英,马玉青,于志彬,等. 槐米的营养价值及其速溶饮料的研究[J]. 中国农学通报, 2008, 24(6): 70-73.
- [5] 刘敬,王琼,赵斌. 天然抑菌剂的提取工艺及抗芒果病原菌作用研究[J]. 安徽农业科学, 2011, 39(13): 7729-7730.
- [6] 沈密,马存林,梁少华,等. 槐米提取物的抗氧化性能研究[J]. 河南工业大学学报(自然科学版), 2012, 33(6): 72-76.
- [7] 梁仲秋,向月,李秋红,等. 槐米提取物对类风湿关节炎大鼠 Th17/Treg 细胞平衡的调节作用[J]. 中国医药导报, 2019, 16(20): 25-28.
- [8] 罗磊,张冰洁,关宁宁,等. 金银花叶黄酮对衰老模型小鼠的体内抗氧化作用[J]. 食品科学, 2017, 38(19): 171-176.
- [9] 曾露露,丁传波,杨烁,等. 红参提取物对D-半乳糖所致衰老小鼠的抗衰老作用及其机制研究[J]. 中国药理学杂志, 2018, 53(17): 1470-1476.
- [10] 孙荣花,李爽,邵莹,等. D-半乳糖致小鼠亚急性衰老模型方法优化[J]. 中药药理与临床, 2015, 31(4): 293-297.
- [11] 龚张斌,金国琴. 胸腺衰老与免疫衰老[J]. 国外医学(老年医学分册), 2009, 30(4): 145-149.
- [12] 毕凯媛,李娜,崔珊珊,等. 红树莓花色苷对D-半乳糖衰老模型小鼠的保护作用[J]. 食品工业科技, 2019, 40(6): 279-284.
- [13] 张典,王园,王晓,等. 远志苗水提物对D-半乳糖所致衰老小鼠的抗氧化作用[J]. 中华中医药杂志, 2019, 34(9): 4322-4326.
- [14] 武铮,程木子,安士恩,等. 当归多糖对D-半乳糖致衰老模型小鼠的影响[J]. 中国临床药理学杂志, 2021, 37(12): 1577-1580.
- [15] 王玲玲,边祥雨,高蔚娜,等. 辣木叶总黄酮提取物抗疲劳功效的研究[J]. 营养学报, 2020, 42(1): 68-73.

(编辑: 邹元平)